

# Pflanzensoziologische Dauerflächen-Untersuchungen im Bannwald „Flüh“ (Südschwarzwald) unter besonderer Berücksichtigung der Weidfeld-Sukzession

## Phytosociological permanent-plot studies in the forest preserve 'Flüh' (Southern Black Forest), particularly with regard to the successional processes in a fallow grazing area

ANGELIKA SCHWABE, ANSELM KRATOCHWIL

Dem Andenken an Dr. Franz Schuhwerk gewidmet, dem leider viel zu früh verstorbenen Kollegen, der mit seiner Studie über den Bannwald „Wehratal“ eine der ersten pflanzensoziologischen Bannwald-Bearbeitungen im Südschwarzwald vorlegte, und dem wir neben bedeutenden taxonomischen Arbeiten u. a. die wegweisende pflanzensoziologische Monographie des Hotzenwaldes verdanken.

### Abstract

Forest preserves ('Bannwälder') within Baden-Württemberg are protected areas without direct human influence. Hunting is solely allowed to ensure substantially reduced impact of game animals. Our study area ('Bannwald Flüh'; 50.4 ha; 513-740 m a. s. l.) is situated in the lower montane belt of the Southern Black Forest near Schönau/Wiesetal. It was established as a forest preserve in 1970. The most characteristic forest type is the Luzulo-Fagetum with an ecological amplitude from nutrient-poor (Luzulo-Fagetum vaccinietosum myrtilli) to richer and slightly moister sites (Luzulo-Fagetum with *Abies alba*).

A former common grazing area (1970: about 4 ha) within the preserve was abandoned in 1960; the characteristic vegetation was the Festuco-Genistetum sagittalis. It provides an excellent opportunity to study the processes of secondary succession within a large area. Hence, the results give valuable information to design modified management approaches guaranteeing site-specific biodiversity in low-nutrient grasslands within the Black Forest.

In 1977 we established four permanent plots within the forest area and one plot within the formerly grazed area. In 1996, additionally four pairs of fenced and non-fenced plots were created in the Festuco-Genistetum sagittalis. Fencing was necessary to compare processes of secondary succession with and without deer impact (here: roe deer *Capreolus capreolus*). We sampled the plots by means of phytosociological relevés until 2014. Ordination methods (Non-metric Multi-dimensional Scaling; NMDS) revealed that fenced and non-fenced plots in the former grazing area show similar developments of the vegetation in the course of succession. Strong

decreases of total species numbers and numbers of Red-List species occurred, especially in plots enriched with *Calluna vulgaris* or *Vaccinium myrtilus*. Two pairs of plots were characterized by grass-encroachment; one is still disturbed by rodents and ants and shows higher species numbers. Only fenced plots within the neighbourhood of Luzulo-Fagetum showed higher shrub cover compared to non-fenced ones.

The permanent plots in the forest area represent stands of Luzulo-Fagetum vaccinietosum myrtilli and Luzulo-Fagetum with *Abies alba* as well as planted *Picea abies* forest and pioneer forest with *Betula pendula*. It was possible to analyze effects of downed logs and gap dynamics in the two studied Luzulo-Fagetum stands. These gaps caused, e. g., an increased graminoid cover for some years. A planted *Picea abies* stand with only one species in 1977 (potential Luzulo-Fagetum site) gradually changed its floristic composition and showed more and more similarities with the 'Luzulo-Fagetum with *Abies alba*' which is characterized e. g. by ferns (*Dryopteris dilatata* and others). A pioneer forest with *Betula pendula* (potential Luzulo-Fagetum site) increasingly revealed a decrease of species in the field layer and the development of a forest type with *Carpinus betulus* and *Quercus petraea*. *Fagus sylvatica* had a long 'lag phase', but occurred after nearly 40 years in the lower tree layer.

The floristic relationship between the studied forest types was analyzed by ordination methods (NMDS).

Ellenberg indicator values (weighted) show a decrease for the factor 'light' in different community types. Nutrient indicator values are rather low without evidence for an increase throughout the studied time period. For the forest stands indicator values demonstrate the floristic relationship between 'Luzulo-Fagetum vaccinietosum myrtilli' and 'Pioneer forest with *Betula pendula*' as well as similarities between 'Luzulo-Fagetum with *Abies alba*' and later phases of the planted *Picea abies* forest.

**Keywords:** biodiversity, browsing by roe deer, Festuco-Genistetum sagittalis, gap dynamics, initial floristic composition, long-term vegetation study, Luzulo-Fagetum, planted *Picea abies* forest, pioneer forest with *Betula pendula*, species turnover

## Zusammenfassung

Bannwälder in Baden-Württemberg sind Totalreservate ohne direkten menschlichen Einfluss. Nur die Jagd ist erlaubt, um den Einfluss des Wildes gering zu halten. Unser Untersuchungsgebiet (Bannwald „Flüh“; 50,4 ha; 513 m-740 m ü. M.) liegt in der unteren montanen Stufe des Südschwarzwaldes bei Schönau/Wiesetal und wurde im Jahr 1970 als Bannwald ausgewiesen. Die typische Waldgesellschaft ist das Luzulo-Fagetum mit einer ökologischen Amplitude von sehr nährstoffarmem Substrat (Luzulo-Fagetum *vaccinietosum myrtilli*) zu einem reicheren und frischeren Standort (Luzulo-Fagetum mit *Abies alba*).

Es gibt im Bannwald eine ehemalige Allmendweide (1970: ca. 4 ha), die seit dem Jahr 1960 brachgefallen ist; der dortige charakteristische Vegetationstyp war die Flügelginster-Weide (Festuco-Genistetum *sagittalis*). Es ist eine Ausnahme, dass Sukzessionsprozesse vom Offenland zum Wald in einem so großen Modellgebiet studiert werden können. Die Ergebnisse sind wichtig z. B. für die Entwicklung von Management-Plänen, um die standortspezifische Biodiversität von nährstoffarmem Grasland im Schwarzwald zu garantieren.

Wir markierten im Jahr 1977 vier Dauerflächen im Wald sowie eine Dauerfläche in der brachliegenden Weidefläche. Im Jahr 1996 konnten weitere Flächen in der brachliegenden Flügelginster-Weide eingerichtet werden (vier Doppel-Probeflächen, jeweils gezäunt/nicht-gezäunt). Die Flächen wurden mit Hilfe pflanzensoziologischer Aufnahmen bis zum Jahr 2014 dokumentiert. Die Zäunung war notwendig, um die Prozesse der sekundären Sukzession mit und ohne Schalenwild-Einfluss (in diesem Falle Rehwild *Capreolus capreolus*) dokumentieren zu können. Nach den Ergebnissen der Ordination (Non-metric Multidimensional Scaling: NMDS) zeigen die gezäunten und nicht-gezäunten Untersuchungsflächen ähnliche Vegetationsentwicklungen im Laufe der Sukzession. Es kam zu erheblichen Abnahmen der Artenzahlen und der Rote-Liste-Arten, insbesondere in den Flächen, die reich sind an Besenheide (*Calluna vulgaris*) oder Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*). Zwei Doppel-Probeflächen (gezäunt/nicht-gezäunt) waren durch Vordringen von Grasartigen gekennzeichnet, eine von diesen Doppel-Probeflächen wird noch stetig durch Nagetiere und Ameisen gestört und weist höhere Artenzahlen auf. Nur diejenigen gezäunten Flächen, die benachbart zum Luzulo-Fagetum liegen, zeigten höhere Gebüsch-Deckung in den gezäunten Flächen im Vergleich zu den nicht-gezäunten.

Die Dauerflächen im Wald repräsentieren Bestände des Luzulo-Fagetum *vaccinietosum myrtilli* und des Luzulo-

Fagetum mit *Abies alba*, hinzu kommen ein Fichtenforst und ein *Betula pendula*-Pionierwald. Es war möglich, die Effekte von Baumwürfen und solche der Lückendynamik in zwei Flächen des Luzulo-Fagetum zu untersuchen. Diese Lücken im Kronendach führten z. B. zu einer zeitweiligen Erhöhung der Deckung der Graminoiden. Ein gepflanzter Fichtenforst mit nur einer Art im Jahr 1977 (potenzielles Luzulo-Fagetum) entwickelte sich im Laufe der Jahre mehr und mehr in Richtung auf das Luzulo-Fagetum mit Tanne (*Abies alba*), das z. B. durch Farne (*Dryopteris dilatata* und andere) charakterisiert wird. Ein Pionierwald mit Hänge-Birke (*Betula pendula*) (potenzielles Luzulo-Fagetum) zeigte im Laufe der Jahre eine Abnahme an Pflanzenarten in der Feldschicht, und mit der Zeit entwickelte sich ein Waldtyp mit Hainbuche (*Carpinus betulus*) und Trauben-Eiche (*Quercus petraea*). Die Rotbuche (*Fagus sylvatica*) hatte eine lange „Lag-Phase“, aber etablierte sich nach knapp 40 Jahren in der unteren Baumschicht.

Die floristischen Gemeinsamkeiten zwischen den untersuchten Waldgesellschaften werden mit Hilfe von Ordinationsmethoden dargestellt (NMDS).

Die Ellenberg-Zeigerwerte (gewichtet) dokumentieren in verschiedenen Gesellschaftstypen Abnahmen für den Faktor Licht. Stickstoff- bzw. Nährstoff-Zeigerwerte sind relativ niedrig; es gibt keine Anzeichen für eine Zunahme im Untersuchungszeitraum. Für die Wald-Dauerflächen belegen Zeigerwerte standörtliche Ähnlichkeiten zwischen dem Luzulo-Fagetum *vaccinietosum myrtilli* und dem Pionierwald mit *Betula pendula*, ebenso gilt dies für die Ähnlichkeiten zwischen Luzulo-Fagetum mit *Abies alba* und die späten Phasen des Fichtenforstes.

**Schlüsselworte:** Artenwechsel, Biodiversität, Festuco-Genistetum *sagittalis*, Fichtenforst, floristische Struktur des Ausgangsbestandes, Langzeituntersuchung der Vegetation, Lückendynamik, Luzulo-Fagetum, Pionierwald mit *Betula pendula*, Rehwild-Verbiss

### Kontaktdaten der Autoren:

Prof. Dr. Angelika Schwabe, Technische Universität Darmstadt, Fachbereich Biologie, Schnittspahnstr. 4, D-64287 Darmstadt; [schwabe@bio.tu-darmstadt.de](mailto:schwabe@bio.tu-darmstadt.de)

Prof. Dr. Anselm Kratochwil, Universität Osnabrück, Fachbereich Biologie/Chemie, Ökologie, Barbarastr. 13, D-49076 Osnabrück; [kratochwil@biologie.uni-osnabrueck.de](mailto:kratochwil@biologie.uni-osnabrueck.de)

## 1 Einführung

Die baden-württembergischen Bannwälder sind Wald-Totalreservate ohne forstliche Nutzung in denen die spontane Waldentwicklung gewährleistet ist (s. z. B. DIETERICH et al. 1970; BÜCKING u. DIETERICH 1976; BÜCKING et al. 1994; BÜCKING 2003). Bannwälder sind u. a. Forschungsobjekte für kontinuierliche wissenschaftliche Langzeituntersuchungen, z. B. der spontanen Vegetationsdynamik (WILMANN 1977; BÜCKING 1984).

Das wissenschaftliche Interesse an den Bannwäldern gilt den Waldgesellschaften in ihrer Gesamtheit (BÜCKING 1985), wie auch verschiedenste pflanzensoziologische Untersuchungen in Bannwäldern zeigen. Für den Süd- und Mittleren Schwarzwald liegen pflanzensoziologische Bearbeitungen für folgende Gebiete vor: Wehratal (SCHUHWERK 1973), Flüh (SCHWABE-BRAUN 1977, 1979; KRAFT 1995), Conventwald (BÜCKING 1985, 2004), Scheibenfelsen (DENZ 1991, s. auch die Karte bei ABEL & RIEDEL 2002), Zweribach (MÜLLER 1969; LUDEMANN 1992), Feldseewand (LUDEMANN u. SCHOTTMÜLLER 2000).

Der in dieser Arbeit behandelte Bannwald „Flüh“ im Südschwarzwald, der viele für die untere montane Stufe im westlichen Schwarzwald repräsentative Pflanzengesellschaften aufweist, besteht seit dem 27.01.1970 aus einem Kerngebiet von 37 ha und wurde im Jahr 1988 auf 50,4 ha erweitert (Abb. 1). Der Schutzzweck ist „die unbeeinflusste, spontane Entwicklung des Waldes mit seinen Tier- und Pflanzenarten (Schutz des Sukzessionsablaufs, Prozessschutz) sowie die wissenschaftliche Beobachtung der Entwicklung zu gewährleisten. Dies beinhaltet den Schutz der Lebensräume und -gemeinschaften, die sich im Gebiet befinden, sich im Verlauf der eigendynamischen Entwicklung des Waldbestandes innerhalb des Schutzgebietes ändern oder durch die eigendynamische Entwicklung entstehen.“ (Sammelerordnung der Körperschaftsforstdirektion Freiburg und der Forstdirektion Freiburg vom 01.03.2004).

Besonders spannend ist die Vegetationsdynamik nicht nur in Wäldern, sondern auch auf Flächen, wo spontane Sukzessionen im noch bestehenden Offenland studiert werden können. Eine Analyse der sekundären Sukzession im Offenland ermöglicht im Bannwald „Flüh“ ein aufgelassenes Weidfeld, das bei der Ausweisung des Bannwaldes integriert wurde und seit dem Jahr 1960 nicht mehr beweidet wird (Abb. 2). Die Bedeutung einer solchen Untersuchung wurde von den Autoren des Bandes „Urwald von morgen“ (DIETERICH et al. 1970) bereits zum Ausdruck gebracht: „Das besondere Interesse gilt der weiteren Entwicklung von aufgelassenem Weidfeld...“ (S. 52).

Dieses Weidfeld stellte noch bei der botanischen Erstbearbeitung im Jahr 1976 eine montane Flügelginster-Weide (*Festuco-Genistetum sagittalis*) mit typischem Arteninventar dar, so wie sie auf den Allmendweiden des Südschwarzwaldes über Jahrhunderte charakteristisch war und heute in manchen Gebieten noch ist (z. B. in der näheren Umgebung: Fröhd, Schönenberg, Tunau, Prag). Die Bestände im Weidfeld „Flüh“ waren reich an Nährstoff-Fliehern wie z. B. Arnika (*Arnica montana*) und zeigten z. T. Faziesbildungen z. B. von Heidekraut (*Calluna vulgaris*). Es kamen lokal

auch Ausbildungen mit Adlerfarn (*Pteridium aquilinum*) vor (SCHWABE-BRAUN 1977, 1979).

Für den Bannwald „Flüh“ liegt neben der Dokumentation der Vegetation mit pflanzensoziologischen Aufnahmen (Jahr 1976) eine Vegetationskarte aus demselben Jahr im Maßstab 1: 2.500 vor (SCHWABE-BRAUN 1977, 1979). Im Jahr 1977 wurden im Bannwald insgesamt fünf Dauerflächen durch Dr. W. Bücking, Dr. D. Dieterich (FVA) und die Autorin ausgewählt und durch die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, Baden-Württemberg, versteint (vier im Waldbereich, eine im Weidfeld; I-V, s. Abb. 1). Im Jahr 1994 erfolgte eine weitere pflanzensoziologische Bestandaufnahme (Aufnahmen und Vegetationskarte) durch eine Diplomandin der Technischen Universität Darmstadt im Zusammenhang mit einer flächenmäßigen Erweiterung des Bannwaldes (KRAFT 1995).

Das Weidfeld wurde dann noch einmal vergleichend vegetationskundlich mit Quasi-Dauerflächen für das Zeitfenster: 1987/88 im Vergleich zu 1976/77 untersucht (SCHWABE et al. 1989). „Quasi-Dauerflächen“ sind weitgehend identische Untersuchungsflächen; der Vergleich weist jedoch, da es mit einer Ausnahme keine exakten Markierungen gab, Unschärfen bis zu ca. 1 m auf. Der relativ große Datensatz von je 16 Aufnahmen zu beiden Zeitpunkten ermöglichte einen typologischen Vergleich mit statistischen Methoden und zeigte, dass in den Jahren 1987/88 einige Lückenzeiger bereits abgenommen hatten, z. B. Gewöhnliche Kreuzblume (*Polygala vulgaris*) und Zierliches Labkraut (*Galium pumilum*). Einige konkurrenzkräftige Klonbildner nahmen zu, z. B. Rotes Straußgras (*Agrostis capillaris*) und als Art der Staudensäume Salbei-Gamander (*Teucrium scorodonia*).

Die Jagdausübung ist in Bannwäldern gestattet, um den Wildverbiss zu minimieren. Da es jedoch Spuren von Schalenwild-Gehölzverbiss gab (in der Regel Rehwild), der die spontane Sukzession insbesondere im Weidfeld nachhaltig beeinflussen könnte, wurden im Jahr 1996 Dauerflächen im Weidfeld eingerichtet, die jeweils einen gezäunten und einen im Vegetationsbestand vergleichbaren nicht-gezäunten Ansatz aufweisen (2 x 4 Flächen: 1-4; Fläche 2, identisch mit der Alt-Dauerfläche II), s. Abb. 1. Die Flächen wurden von der Autorin und Dr. Bücking (FVA) unter dem Gesichtspunkt ausgewählt, die Palette der brachliegenden Flügelginster-Weide von grasreichen Beständen der „Typischen Ausbildung“ (zwei Doppelflächen: Nr. 2 und 4) bis zu Zwergstrauch-reichen Beständen (zwei Doppelflächen: Nr. 1 und 3) abzubilden.

Die Untersuchung der Sukzession langjährig gezäunter Dauerflächen im Komplex der submontan-montanen Flügelginster-Weiden ist unseres Wissens in dieser Pflanzengesellschaft noch nicht durchgeführt worden. Vergleiche sind vor allem mit einer Sukzessionsparzelle in Fröhd (zwei Dauerflächen à 25 m<sup>2</sup>) möglich, die oberhalb des Weidfeldes „Flüh“ liegen (820-850 m ü. M.), früher mit Kalium und Phosphat gedüngt sowie zu Versuchsbeginn enthurstet wurden (nicht wildsicher gezäunt). Die Vegetation der Parzelle ist der nährstoffreicheren Ausbildung



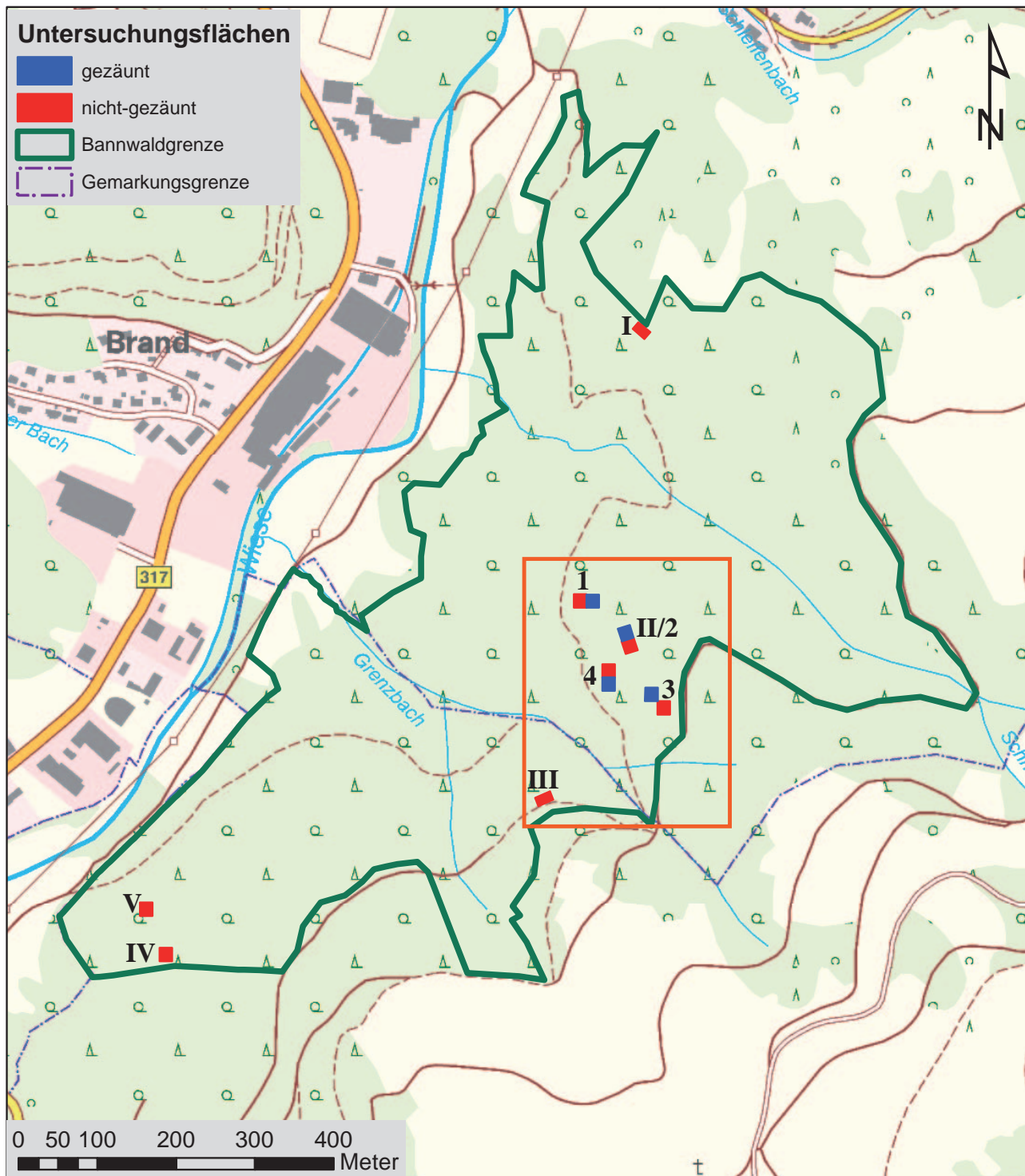


Abb. 1: Karte des Gebietes „Bannwald Flüh“ mit der noch gültigen Bannwaldgrenze aus dem Jahr 1988 (Wiesetal, Südschwarzwald). Der nördliche Teil gehört zur Gemarkung Schönau, der südliche zur Gemarkung Fröhnd. Die Symbole für die Dauerflächen sind vergrößert dargestellt und nicht maßstabsgetreu. I: Birken-Pionierwald; III: Fichtenforst; IV: Luzulo-Fagetum vaccinietosum myrtilli; V: Luzulo-Fagetum mit Tanne; zentrales Weidfeld mit den Flächen 1-4 der brachliegenden Flügelginster-Weide (jeweils gezäunt z, nicht-gezäunt n): 1z, n; 3z, n; Zwergstrauch-reich; 2(= II)z, n; 4z, n: Typische Ausbildung. Gestrichelt im Bannwald: Waldlehrpfad; Umrandung (orange): Lage des Luftbild-Ausschnittes Abb. 5.



der Flügelginster-Weide zuzuordnen (*Festuco-Genistetum sagittalis trifolietosum*) und gehört zu den langjährigen Offenland-Feldversuchen des Landes Baden-Württemberg (s. dazu z. B. SCHIEFER 1981; SCHREIBER u. SCHIEFER 1985; SCHREIBER 1986, 1997, 2005; SCHREIBER et al. 2009). Die anderen Dauerflächen dieses Projektes im Südschwarzwald sind entweder deutlich hochmontan geprägt (*Nardus*-Flügelginster-Weide im Kaltluftgebiet von Bernau, 1.100 m ü. M. mit Aufkommen der Fichte und starkem Wildverbiss-Druck auf Laubhölzer durch Rehwild sowie Flügelginster-Weide bei Todtmoos, 1.080 m ü. M.) oder weisen Düngezeiger aus ehemaliger Acker- bzw. Wiesennutzung auf (Mambach, Schönau). Die Ergebnisse der Untersuchungen in Fröhnd, Bernau und Todtmoos werden in der Diskussion vergleichend betrachtet.

Zwei der vier versteinten Dauerflächen im Wald (IV, V) liegen im Altholzbereich des Hainsimsen-Buchenwaldes (Luzulo-Fagetum) südlich der Gemarkungsgrenze von Schönau im Staatswald (Abb. 1). Die beiden anderen Wald-Dauerflächen (Birken-Pionierwald I, Fichtenforst III) stocken auf potenziellem Luzulo-Fagetum-Standort (Abb. 1).

Unsere Auswertungen gründen sich auf die oben beschriebenen Datensätze mit jeweils differenzierten Fragestellungen:

Datensatz 1: gezäunte versus nicht-gezäunte Untersuchungsflächen im Weidfeld „Flüh“ (1977) 1996 bis 2014

- a) Welche floristisch-strukturellen Veränderungen zeigen sich im Weidfeld auf nicht-gezäunten bzw. gezäunten Flächen während der zeitlichen Entwicklung auch unter Berücksichtigung der gesamten Phytodiversität?
- b) Entspricht der Verlauf der Entwicklung im Weidfeld allgemeinen Prinzipien der sekundären Sukzession; wie sicher ist insbesondere die Prognostizierbarkeit der Gebüsch-Sukzession?

Datensatz 2: Waldaufnahmen im Luzulo-Fagetum-Vegetationskomplex, einschließlich eines Birken-Pionierwaldes und eines Fichtenforstes 1977-2014

Welche Vegetationsentwicklungen gibt es in Altbeständen des Luzulo-Fagetum im Vergleich zu Fichtenforst und Birken-Pionierwald (die beiden letzteren auf potenziellem Luzulo-Fagetum Standort)?

Nach der Sammelverordnung, die diesen Bannwald einschließt (s. o.), ist der Schutzzweck u. a., eine wissenschaftliche Analyse der Bestandsentwicklung zu gewährleisten (§ 3). Die oben formulierten Fragestellungen und ihre Untersuchung erfüllen somit das Anforderungsprofil des Schutzzweckes.

## 2 Daten zum Untersuchungsgebiet

Der Bannwald „Flüh“ liegt im montanen Südschwarzwald im Bereich der Gemarkungen Schönau (nördlicher Teil) und Fröhnd (südlicher Teil, s. Abb. 1) an der vorwiegend Nordwest-exponierten Talflanke des würmeiszeitlich vergletscherten Wiesetales. Der Name „Flüh“ leitet sich von den Felswänden an der Trogtal-Wand ab, die den Bannwald durchziehen (BÜCKING et al. 1994). Das Gebiet umspannt eine Höhenlage von 513-740 m ü. M. Schönau weist eine mittlere Jahrestemperatur von 8,1 °C auf mit einem Januar-mittel von -0,7 °C, einem Juli-Mittel von 16,6 °C und 1580 mm Jahresniederschlag (534 m ü. M., 1931-1960, HARLFINGER 1989). In der standortkundlichen regionalen Gliederung gehört das Gebiet zum Bereich des montanen Buchen-Tannen-Waldes (MICHELIS 2014), in der Kartierung der potenziellen natürlichen Vegetation zum Hainsimsen-Tannen-Buchenwaldgebiet (REIDL et al. 2013). Die Verzahnung von Eichen-, Buchen- und Tannenvorkommen beschreibt die



Abb. 2: Blick über die Flügelginster-Weide im noch offenen Weidfeld im Jahr 1976 (Mai). Besenheide (*Calluna vulgaris*)-Fazies, einzelne Weißdorn (*Crataegus monogyna*)-Sträucher, oben im Bild eine solitäre Weidbuche und unten Hänge-Birke (*Betula pendula*), Schlehe (*Prunus spinosa*) und Steinrasseln (Lebensraum der Schlingnatter *Coronella austriaca*) sind erkennbar. Unten rechts, oben in das Bild hineinragend: Kronenschatten und Blattwerk eines großen solitären Spitzahorns (*Acer platanoides*) am Weg, der auch in Abb. 5a gut sichtbar ist. Foto: O. Wilmanns.

Übergangslage des Gebietes in der unteren montanen Stufe (paenemontan), so dass durchaus Traubeneichen (*Quercus petraea*) im Luzulo-Fagetum auftreten können, auch in der Verjüngung (s. auch REIDL et al. 2013: 77).

Vor allem im Bereich des ehemaligen Weidfeldes gab es eine trocken-warme Prägung, die durch die fortschreitende Gebüsch-Sukzession mehr und mehr schwindet (Abb. 3a, b; 4a, b, c). Diese warm-trockene Charakteristik wurde z. B. in der Weidfeld-Brache noch bis in das Jahr 2010 durch den Mittleren Klee (*Trifolium medium*) angezeigt. Auch das Vorkommen der Schlingnatter (*Coronella austriaca*) auf den kleinen eingestreuten Steinrasseln im Weidfeld (FFH-Art, Anhang IV, s. LUBW 2013) zeigte die ehemalige Wärmebegünstigung des Standortes an. Die montane Prägung einiger Standorte wird z. B. durch das Vorkommen der Alpen-Heckenrose (*Rosa pendulina*) auf beschattetem Felsschutt deutlich, die subatlantischen Züge durch das Vorkommen der Vogelfuß-Wicke (*Ornithopus perpusillus*) und die gute Vitalität des bei Schönau eingebürgerten, atlantisch verbreiteten Englischen Ginsters (*Genista anglica*).

Insgesamt konnten bisher 246 Sippen Höherer Pflanzen nachgewiesen werden (SCHWABE-BRAUN 1979; KRAFT 1995; SCHWABE n. p.), von denen inzwischen im ehemaligen Weidfeld die Quendelblättrige Kreuzblume (*Polygala serpyllifolia*) und die Gewöhnliche Kreuzblume (*P. vulgaris*) durch fortschreitende Sukzession erloschen sind. Die Moos- und Flechtenflora ist leider noch nicht vollständig bearbeitet worden.

Es besteht bei Bannwäldern die Vorgabe, dass der Wildbestand niedrig gehalten werden soll (s. o.). Der relativ warme Standortskomplex des untersuchten Weidfeldes ist jedoch Zuwanderungsgebiet für Rehwild im Winter (DRESCHER 1979). Auch in der Vegetationsperiode konnten immer wieder im Weidfeld Verbiss-Spuren nachgewiesen werden. Im Sommer 2000 bis zum Winter 2000/01 war eine freilaufende Ziege im Gebiet (GEMEINDEVERWALTUNGSVERBAND SCHÖNAU 2001). Es konnte jedoch kein erhöhter Gehölzverbiss in den Dauerflächen des Weidfeldes im Sommer 2001 festgestellt werden.



Abb. 3a: Aspekt des Weidfeldes mit kleinen Steinrasseln und direkt oberhalb dieses Sonderstandorts mit zwei Weißdorn (*Crataegus monogyna*)-Sträuchern sowie auftretenden Fichten und einer solitären Weidbuche am oberen Weg (Bannwaldgrenze). Der Aufnahmeort des Fotos liegt direkt unterhalb der späteren Dauerfläche 4 (nicht-gezäunt); Blick nach Ostnordost. Nach SCHWABE (1979), Juli 1976.



Abb. 3b: Das Bild zeigt den Ausschnitt der Abb. 3a insgesamt 17 Jahre später. Die zwei Weißdorn-Sträucher (mit erheblichem Zuwachs der Kronen) sind im Zentrum erkennbar, weitere *Crataegus*-Sträucher haben ihre Kronen vergrößert. Die Fichten sind stark aufgewachsen, und die obere Weidbuche ist durch Verdichtung der Gehölze am Hang kaum noch erkennbar. Am Rande der Steinrasseln haben sich Himbeere (*Rubus idaeus*) und Salbei-Gamander (*Teucrium scorodonia*) angesiedelt. Juli 1993. Dieses und folgende Fotos (wenn nicht anders angegeben): A. Schwabe.





Abb. 4a: Blick vom oberen Weg am Weidfeld (Bannwaldgrenze) über das noch relativ offene Weidfeld in das Wiesetal. Besenheide (*Calluna vulgaris*)-Fazies und einzelne kleinere Weißdorn-Sträucher sind in der Flügelginster-Weide zu erkennen. Der Aufnahmepunkt des Fotos liegt oberhalb der späteren Dauerfläche 3. Nach SCHWABE (1979), Juli 1976.



Abb. 4b: Das Bild zeigt den Ausschnitt der Abb. 4a insgesamt 23 Jahre später. Die Weißdorn-Sträucher sind aufgewachsen und schließen z.T. dicht; halbschattierte Bereiche im Vordergrund sind vermehrt mit Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*), nicht mehr mit Besenheide (*Calluna vulgaris*) bewachsen. Dennoch fehlen Gehölze noch in einzelnen Bereichen; die Geschlängelte Schmiele (*Deschampsia flexuosa*) charakterisiert dort einen Brache-Aspekt. Juli 1999.



Abb. 4c: Weitwinkel-Aufnahme, die den Ausschnitt der Abb. 4a, b umschließt; 36 Jahre nach der Darstellung in Abb. 4a sind immer noch Bereiche nicht von Gehölzen erobert worden. Die Weißdorn-Sträucher haben sich weiter vergrößert und ebenso die Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*)-Fazies (durchsetzt von Salbei-Gamander *Teucrium scorodonia* im Vordergrund). Juli 2012.



Auf der Karte der Vogtei Schönau von Geometer Walz (abgedruckt bei DRESCHER 1989) aus dem Jahr 1772 ist der nördliche Teil des Bannwaldes erfasst und wird als Weidfeld mit einzelnen frei stehenden Bäumen dargestellt. Somit war der Gemeinewald Schönau mit der Wald-Dauerfläche I zu diesem Zeitpunkt Weidfeld; dies belegt auch eine Karte aus dem Jahr 1899 (s. u.). Insgesamt war Ende des 18. Jahrhunderts (der Zeitraum mit der geringsten Waldbedeckung) nur ein Drittel der Bannwald-Fläche mit Wald bestockt (DRESCHER 1972). Der Teil des Bannwaldes südlich der Gemarkungsgrenze Schönau/Fröhnd (s. Abb. 1) mit den Dauerflächen III-V gehörte historisch zum Staatswald (s. o.). Die steilen Kernbereiche des Staatswaldes („Pfaffenwald“) mit den Dauerflächen IV und V waren wahrscheinlich stets waldbestockt, wenn auch verschiedenste Holznutzungen das Gebiet beeinflusst haben (z. B. sind noch Reste von mindestens einem Kohlplatz zu finden). Auf einer Karte aus dem Jahr 1899 (Beilage zu: GROSSHERZOGL. BAD. MIN. DES INNERN 1889) trägt der „Pfaffenwald“ die Waldsignatur.

Die Waldvegetation wird vor allem durch den Hainsimsen-Buchenwald (Luzulo-Fagetum) geprägt, z. T. gibt es Ausbildungen mit Tanne (*Abies alba*). In den Bachtälern treten Bestände von Schluchtwäldern (*Aceri-Fraxinetum*) oder deren Fragmenten auf. An Rändern zum Weidfeld wachsen Pionierwälder, die reich an Hänge-Birke (*Betula pendula*) sind. Vor allem am Rande von Felsstandorten stocken auf flachgründigerem Braunerde-Ranker Traubeneichen (*Quercus petraea*)-reiche Bestände vom Typ des Birken-Traubeneichenwaldes (*Betulo-Quercetum petraeae*). Auch die Übergänge zum Luzulo-Fagetum sind reich an *Quercus petraea*. Der Bannwald „Flüh“ weist auch einige Fichtenforste auf Luzulo-Fagetum-Standort auf. In den unteren Bereichen der Talflanke kommen auf Anreicherungsstandorten Bestände des Waldmeister-Buchenwaldes (*Galio odorati-Fagetum*) und der durch Stockausschläge geprägten Hainbuchen (*Carpinus betulus*)-Hasel (*Corylus avellana*)-Gesellschaft vor, die beide reich an Mullboden-Pflanzenarten sind (s. zur Verbreitung der Waldgesellschaften die Vegetationskarten im Maßstab 1:2.500 aus den Jahren 1976 und 1994 von SCHWABE-BRAUN 1977, 1979 und KRAFT 1995). Damit spiegeln die Waldgesellschaften die charakteristischen Waldtypen im rhenanisch geprägten Südschwarzwald wider (s. OBERDORFER 1957; WILMANN 2001). Sonderstandorte und anthropogen bedingte Typen treten hinzu. Es sind somit „loci typici“ für die natürliche Waldentwicklung (MÖLDER et al. 2009) weit verbreiteter Waldgesellschaften vertreten, die als „Urwälder von morgen“ durch verschiedene Wissenschaftsdisziplinen intensiver studiert werden können.

Bei den anstehenden Gesteinen handelt es sich vorwiegend um Granite, Gneise und ihre Umwandlungsprodukte sowie Syntexit (METZ u. REIN 1958). Die Böden stellen im Bereich des im Rahmen der Dauerflächen-Untersuchungen analysierten Luzulo-Fagetum und dessen Ersatzgesellschaften Braunerden dar mit zumeist Moder als Humusform, in reicheren Beständen auch zum Mull vermittelnd. Im Luzulo-Fagetum *vaccinietosum myrtilli* (mit Heidelbeere) tritt auch podsolige Braunerde auf (BÜCKING 1979). Auch BÜRGER (2004) dokumentierte im Luzulo-Fagetum des Bannwaldes „Flüh“ Braunerden. Die pH-Werte ( $H_2O$ ) im Oberboden (0-6 cm) liegen deutlich im sauren Bereich (3,60; 3,70 im Fichtenforst und Luzulo-Fagetum *vaccinietosum myrtilli*, 4,15-4,40 im Luzulo-Fagetum-Komplex und 3,95-4,80 im Weidfeld; BÜCKING 1979). Die Werte der CN-Verhältnisse im Oberboden betragen 13 im Luzulo-Fagetum mit Tanne (Dauerfläche V), und liegen ungünstiger bei 15 in den Dauerflächen I, IV sowie bei 16 im Fichtenforst (Dauerfläche III); BÜCKING (1979).

BÜCKING (1979) führt das Vorkommen von reicheren Waldgesellschaften mit Mullboden-Pflanzenarten (*Galio odorati-Fagetum*, Schluchtwald-Fragmente auf Anreicherungsstandorten in Mulden bzw. im Falle des *Galio-Fagetum* am Unterhang) auf den günstigeren Calcium-Haushalt der Böden zurück.

Das zentrale und obere Weidfeld (Größe ca. 4 ha bei der Bannwald-Ausweisung) war schon bei der Erstaufnahme im Jahr 1976 durch locker stehende *Crataegus monogyna*-Büsche charakterisiert (s. Abb. 2, 3a), die sich bis heute mehr und mehr verdichtet haben, so dass ein zentraler *Crataegus monogyna*-Hain (noch mit Lücken in der Überschildung) entstand, der sich von Randbeständen des Weidfeldes im nahen Kontakt zu Buchenwäldern abgrenzen lässt. Die Verdichtung zeigt sich deutlich beim Vergleich der Bilder: 1976 (Abb. 3a, 4a) mit späteren Jahren (1993: Abb. 3b; 1999 und 2012: Abb. 4b, c).

Die Luftbild-Dokumentation mit Color-Infrarot-Bildern (Abb. 5a: 1971, 5b: 1981, 5c: 1999, 5d: 2005) zeigt in den Jahren 1971 und 1981 die zunächst nur punktuelle Verdichtung der Gehölze, die dann in den Jahren 1995 und 2005 dichter schließen. Aber auch die Existenz offener Flächen ist noch im Jahre 2005 sichtbar.

Auch einzelne einst durch das Vieh verbissene Weidbuchen (*Fagus sylvatica*) prägten im Jahr 1976 als solitäre Baumgestalten das Weidfeld (Abb. 2, 3a). Die traditionelle Beweidung im Wiesetal und Randgebieten ist durch das endemische Hinterwälder Vieh gekennzeichnet; der Verbiss an Weidbuchen führt zu den oft bizarren Formen der Einzelbäume (s. dazu SCHWABE u. KRATOCHWIL 1987; KRATOCHWIL u. SCHWABE 1987; MÜLLER 1989; LUDEMANN u. BETTING 2009).

Abb. 5 (rechte Seite): Color-Infrarot (CIR)-Luftbildausschnitte des zentralen Weidfeldes (mit den Dauerflächen 1-4) im Bannwald „Flüh“, das seit 1960 brach liegt (zur Position der Ausschnitte, s. Abb. 1). Im Südwesten des Ausschnittes (unten links): Fichtenforst mit der Dauerfläche III, der im CIR-Bild dunkel gefärbt ist. Der Waldlehrpfad im Weidfeld ist besonders bei Abb. 5a gut sichtbar. Die Luftbilder wurden von der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg zur Verfügung gestellt.

Weitere Erläuterungen Abb. 5a: Direkt am nördlichen scharfen Knick der östlichen Bannwaldgrenze befindet sich die Weidbuche der Abb. 2, 3a, die dort links oben im Bild zu sehen ist. Die südlichen Bereiche des Weidfeldes (ohne Dauerflächen) werden durch die im CIR-Bild pinkfarbenen Fazies des Adlerfarns (*Pteridium aquilinum*) geprägt.

Weitere Erläuterungen Abb. 5d: Es gibt immer noch offene Bereiche, vor allem am nordöstlichen Hangbereich mit noch bestehenden Besenheide (*Calluna*)-Fazies.





Abb. 5a: Zustand 1971 (Juli). Laubbaum-Solitäre (Weidbuchen, ein großer Spitzahorn mit glockenförmigem Schattenwurf am Pfad, s. auch Abb. 2), kleine Steinraseln, große braunrote Besenheide (*Calluna*)-Fazies und kleine rundliche Sträucher des Eingrifflichen Weißdorns (*Crataegus monogyna*) prägen das noch offene Weidfeld.

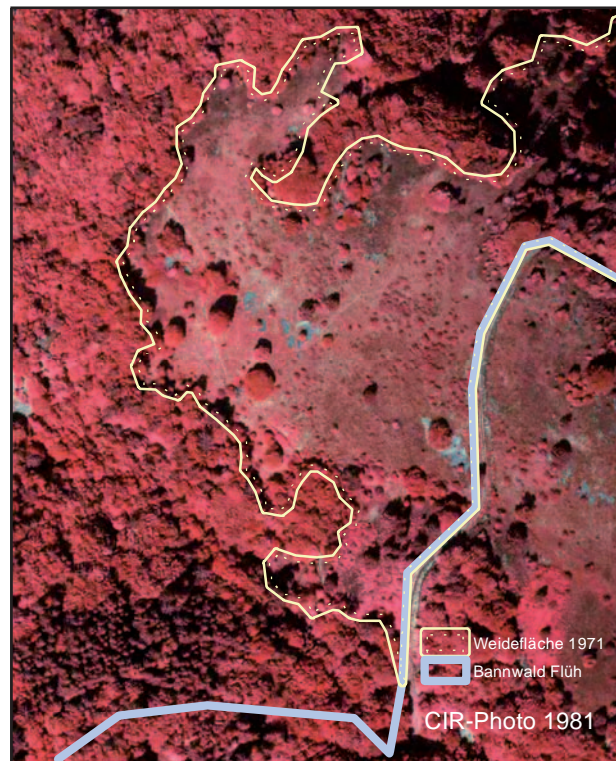


Abb. 5b: Zustand 1981 (August). Die Gebüsch-Sukzession ist nur in einigen Bereichen sichtbar fortgeschritten (z. B. hat sich direkt nördlich des großen Spitzahorns ein Schlehen (*Prunus spinosa*)-Polykormon vergrößert); im Nachbarbereich der großen Weidbuche an der NO-Grenze des Bannwaldes siedelte sich u. a. Buchen-Jungwuchs an.



Abb. 5c: Zustand 1999. Es ist ein zentraler Weißdorn-Hain (vor allem durch Kronenvergrößerungen) entstanden; es gibt jedoch immer noch offene Partien.



Abb. 5d: Zustand 2005. Der Weißdorn-Hain hat sich noch stärker geschlossen, Einzel-Laubbäume zeigen erheblichen Zuwachs (Rotbuche, Bergahorn u. a.).



### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Abkürzungen

Im Text, in den Tabellen und Abbildungslegenden verwendete Abkürzungen:

z = gezäunte Flächen, n = nicht-gezäunte Flächen

1z96 = Flächennummer, gezäunte Fläche und Jahr der Bestandsaufnahme

1n96 = Flächennummer, nicht-gezäunte Fläche und Jahr der Bestandsaufnahme

in den Tabellen: v = Wildverbiss, juv = juvenil

NMDS = Non-metric Multidimensional Scaling (Methode der multivariaten Ordination).

#### 3.2 Nomenklatur, Referenzwerke

Die Nomenklatur der Höheren Pflanzen folgt OBERDORFER (2001). Eine Ausnahme bildet *Carex pairae* F. W. SCHULTZ (det. T. Gregor); diese Sippe führen wir hier mit dem Namen des Autors an (s. zur Verbreitung dieser azidophytischen Pflanze in Südwestdeutschland, die ihren Schwerpunkt in Saumhabitaten im Westen des Gebietes hat, GREGOR 2014). Die Nomenklatur der Moose richtet sich nach KOPERSKI et al. (2000) und die der Pflanzengesellschaften im wesentlichen nach OBERDORFER (1992, 1993a). Die Angaben zur Samenbank im Boden folgen OBERDORFER (2001), ergänzend bei Sträuchern auch KOLLMANN (1994). Echte Gräser, Seggen, Binsengewächse fassen wir im Text und in den Tabellen unter „Graminoide“ bzw. „Grasartige“ zusammen. Die Doppelflächen n/z werden jeweils als Subplots bezeichnet.

Himbeere (*Rubus idaeus*) und Brombeer-Sippen (*Rubus fruticosus* agg.) sind Scheinsträucher; wir führen sie daher in den Tabellen bei den krautigen Arten und nicht bei den Gehölzen.

#### 3.3 Lage der Aufnahmeflächen, pflanzensoziologische Aufnahmen

Die Dauerflächen im Wald (I, III-V) und die Weidfeld-Fläche II (im Rahmen der Weidfeld-Auswertung als 2n bezeichnet) wurden im Jahr 1977 angelegt und durch die FVA versteint. Erstere repräsentieren mit dem Luzulo-Fagetum (IV, V) die verbreitetste Waldgesellschaft im westlichen Schwarzwald. Zwei weitere Flächen auf potenziellem Luzulo-Fagetum-Standort stellen ein frühes Wald-Sukzessionsstadium mit *Betula pendula* (I) sowie einen Fichtenforst (III, 1977 im Stangenholz-Alter) dar. Die Flächen liegen jeweils in homogenen Beständen; die Flächengrößen mussten – um die Homogenität zu gewährleisten – bei I (59 m<sup>2</sup>) und III (77 m<sup>2</sup>) kleiner gewählt werden als im Luzulo-Fagetum (IV: 101 m<sup>2</sup>, V: 96 m<sup>2</sup>). Nach der Erstaufnahme im Jahr 1977 gab es eine Aufnahmelücke; ab 1993 wurden die Erhebungen im zumeist zweijährigen Turnus weitergeführt.

Der Bestand der Fläche I (Birken-Pionierwald) stockt auf ehemaligen Weidfeld, die Flächen III (Fichtenforst) und die Bestände des Luzulo-Fagetum liegen im Staatswald (s. o.). Die beiden Altholz-Bestände des Luzulo-Fagetum sind der forstlichen Teilfläche 46 auf altem Wald-Standort im „Pfafenwald“ (Staatswald im Wesentlichen seit dem Jahr 1901, s.

DRESCHER 1979; südlicher Teil des Bannwaldes) zuzuordnen. Die Altholz-Bestände dieser Teilfläche wurden von der FORSTAUFNAHME FORSTAMT SCHÖNAU (1971, unveröff.) und DIETERICH (1979, Stand 1971) als 120-180jährig und von Buche (93 %) dominiert eingestuft, in geringerem Umfang ist die Tanne (2,3 %) beteiligt. Hochgerechnet bedeutet das für die Zeit der letzten Aufnahme aus dem Jahr 2014 ein Alter von etwa 160 bis gut 200 Jahren.

Die vier Doppelflächen im Weidfeld (jeweils ein gezäunter und nicht-gezäunter Subplot mit einem Pufferbereich von mindestens 5 m dazwischen) repräsentieren die Amplitude des Festuco-Genistetum sagittalis (s. Einführung). Lediglich in den im Jahr 1996 bereits stark an Pflanzenarten verarmten Adlerfarn (*Pteridium aquilinum*)-reichen Beständen (südlicher Teil des Weidfeldes, s. Luftbildauschnitte Abb. 5a, b) legten wir keine Dauerfläche an. Die Flächengröße im Weidfeld wurde auf die Alt-Dauerfläche II abgestimmt und beträgt pro Subplot 19 m<sup>2</sup>. Dabei ist die Zäunung der z-Flächen großzügig bemessen worden, so dass der innere Subplot nicht direkt am Zaun liegt. Die Flächengröße der Subplots ist geeignet, das Arteninventar der Flügelginster-Weiden repräsentativ zu erfassen (SCHWABE-BRAUN 1980a). Die Subplots sind von den Autoren mit Magneten der Firma Attenberger markiert und jeweils zum Aufnahmezeitpunkt im Juli mit einem Magnet-Suchgerät dieser Firma detektiert worden. Die Aufnahmen erfolgten in der Regel im zweijährigen Turnus.

Die pflanzensoziologischen Aufnahmen wurden nach der modifizierten Braun-Blanquet-Skala durchgeführt unter Verwendung der Schätzskala von WILMANN'S (1973, 1998); für die meisten Aufnahmen liegen auch Angaben zur Soziabilität (Geselligkeit) der Arten vor (Tab. 1).

Tab. 1: Schätzskala zur Artmächtigkeit und Soziabilität in den pflanzensoziologischen Aufnahmen (nach WILMANN'S 1973, 1998).

Schätzung der Artmächtigkeit (Menge)	
r	1 Individuum in der Aufnahmefläche
+	2-5 Individuen in der Aufnahmefläche, Deckung < 5 %
1	6-50 Individuen in der Aufnahmefläche, Deckung < 5 %
2m	>50 Individuen in der Aufnahmefläche, Deckung < 5 %
2a	Individuenzahl beliebig, Deckung 5-15 %
2b	Individuenzahl beliebig, Deckung 16-25 %
3	Individuenzahl beliebig, Deckung 26-50 %
4	Individuenzahl beliebig, Deckung 51-75 %
5	Individuenzahl beliebig, Deckung 76-100 %
Schätzung der Soziabilität (Geselligkeit, Häufungsweise)	
1	einzelnd wachsend
2	gruppen- oder horstweise wachsend
3	trupweise wachsend (kleine Polster oder Flecken bildend)
4	in kleinen Kolonien wachsend oder größere Flecken oder Teppiche bildend
5	in großen Herden wachsend



### 3.4 Auswertungen

Die Datensätze sind neben der konventionellen Tabellen-Darstellung, die alle Daten zur floristischen Struktur und zum Artenwechsel sowie verschiedene Zusatzinformationen enthält, mit Hilfe von multivariaten Ordinationen und mit einer Analyse der Ellenberg-Zeigerwerte ausgewertet worden.

#### Non-metric Multidimensional Scaling (NMDS)

Ähnlichkeiten und Unähnlichkeiten zwischen den pflanzensoziologischen Aufnahmen wurden für die verschiedenen Untersuchungsjahre und unter Berücksichtigung gezäunter und nicht-gezäunter Flächen mit dem Ordinationsverfahren: „Non-metric Multidimensional Scaling“ (NMDS) durchgeführt (Software-Paket PC-ORD Version 6, MCCUNE u. MEFFORD 2011). Diese Methode eignet sich für nicht normalverteilte Datensätze und spiegelt auch unter Berücksichtigung quantitativer Merkmale den Verwandtschaftsgrad der Datensätze mathematisch abgesichert wider (MCCUNE u. GRACE 2002).

Mittels iterativer Verfahren können die jeweiligen Aufnahmekollektive in  $n$  Achsen eines Koordinatensystems angeordnet werden. Über einem Probelauf der Datensätze, der mit einem Autopiloten des Softwareprogramms gesteuert wird, kann die optimale Anzahl der für den Test notwendigen Achsen festgestellt werden („ $n$ -dimensionale Lösung bei einem sogenannten minimalen Stress“). Der „Stress“-Wert gibt an, wie stark die tatsächlichen Ähnlichkeitsverhältnisse der Aufnahmen durch das Ordinationsdiagramm verzerrt werden. Eine mathematisch optimale NMDS-Lösung besitzt immer einen „Stress“-Wert von genau Null. In der Realität liegt dieser Wert jedoch immer über Null. Anzustreben ist bei diesem Ordinationsverfahren ein Zustand der Anordnung der Datenkollektive im Koordinationsdiagramm, bei dem der „Stress“-Wert des realen Datensatzes deutlich kleiner ist als ein Wert, der über ein stochastisch mit denselben Datenwerten erzeugten Nullmodell berechnet wurde. Lösungen werden innerhalb des verwendeten Programms PC-ORD nur zugelassen, wenn der „Stress“-Wert kleiner als für 95 % der Fälle des Nullmodells ist (z. B.  $p \leq 0,05$ ; Monte-Carlo-Test). Der  $p$ -Wert liegt in den vorliegenden Ordinationen immer bei 0,001.

Innerhalb des Autopiloten des NMSD-Programms wurde die Einstellung „Medium“ gewählt (Maximum number of iterations = 200, instability criterion = 0.00001, starting number of axes = 4, number of real runs = 50, number of randomized runs = 50). Als Distanzmaß dient der Sørensen-Index, welcher für quantitative pflanzensoziologische Daten sehr gut geeignet ist (LEGENDRE u. LEGENDRE 1998).

Basierend auf den vorläufigen Ergebnissen mit dem Autopiloten wurden für die End-Ordination folgende Parameter gewählt: Maximum number of iterations = 500, instability criterion = 0.0000001, starting number of axes = 2, number of real runs = 9999, number of randomized runs = 1000, Distanzmaß Sørensen-Index. Als Rotationsverfahren wurde die bevorzugte Varimax-Methode gewählt. Der Prozentsatz der erklärten Varianz der Matrix wurde auf der Basis des Sørensen-Index ermittelt, ergänzt durch den jeweiligen Orthogonalitätswert (in %).

#### Zeigerwerte nach ELLENBERG

Die Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (1991) wurden mit dem Programm ELLEX 2005 (KESEL 2005) berechnet. Diese Zeigerwerte für Licht, Feuchte, Reaktion, Kontinentalität, Temperatur und Nährstoffe stellen relative Angaben dar, die aufgrund der Auswertung vieler pflanzensoziologischen Aufnahmen auf einer Skala von 1 (geringe Licht-, Feuchte-Ansprüche usw. bzw. Prägung durch Azidophyten) bis 9 (hohe Licht-, Feuchte-Ansprüche usw. bzw. Prägung durch Basiphyten) liegen. Die Stickstoff (N) bzw. besser: Nährstoff-Indikatorwerte sind z. T. wegen mangelnder Datensicherheit kritisch zu sehen (s. z. B. DIEKMANN 2003).

Wir verwenden für die Datensätze aus dem Bannwald vor allem die gewichteten Zeigerwerte (unter Einberechnung der Deckung der Arten), da Dominanzen bei einzelnen Arten auftreten.

Für die Analyse der zeitlichen Entwicklung im Weidfeld und den Vergleich der Flächen sollen insbesondere die Licht- und die Reaktionswerte, im Wald auch zusätzlich die Feuchte-Zeigerwerte vorgestellt werden. Mit Letzteren kann z. B. ein Vergleich zwischen den beiden Typen des Luzulo-Fagetum und den Ersatzgesellschaften Birken-Pionierwald und Fichtenforst geführt werden.

Da sowohl die Besenheide (*Calluna vulgaris*) als auch die Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*) nach ELLENBERG et al. (1991) indifferente Temperaturwerte haben, ist eine Interpretation für diesen Faktor nicht sinnvoll. Auch die Kontinentalität hat in diesen Datensätzen aus nur einem kleineren Gebiet keine Relevanz.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Entwicklungen im aufgelassenen Weidfeld: gezäunte und nicht-gezäunte Dauerflächen

#### 4.1.1 Ordination der gezäunten und nicht-gezäunten Flächen 1-4 (Abb. 6)

Die NMDS mit der besonders aussagekräftigen Achse 1 (66 % der Varianz) zeigt, dass sich die Sub-Habitattypen der Flügelginster-Weide „Zwergstrauch-reich“ und „Typisch“ in den Achsenräumen deutlich voneinander differenzieren. Im linken Bereich des Ordinationsdiagramms finden sich die Bestände der „Typischen Ausbildung“ des Festuco-Genistetum sagittalis (Flächen 2z, n und 4z, n) und im rechten Bereich die beiden Zwergstrauch-reichen Bestände (1z, n und 3z, n). Dabei zeigen in der Regel die gezäunten bzw. nicht-gezäunten Flächen eine gleichsinnige Entwicklungsrichtung, die verschieden stark in der Zeitachse ausgeprägt ist. Diese gerichtete zeitliche Entwicklung ist besonders klar bei den Flächen 3 und 1 (Zwergstrauch-reich) erkennbar.

Bei der Fläche 2n liegt eine Altaufnahme der Flügelginster-Weide aus dem Jahr 1977 vor, die damals noch eine typische Artenverbindung mit Lückenzeigern aufwies. Dieser Aufnahme-Punkt grenzt sich stärker von den anderen ab. Die ebenfalls nur bei dieser nicht-gezäunten Fläche vorhandenen Aufnahmen aus den Jahren 1988, 1993 und 1994 vermitteln bereits zum Datensatz der Jahre 1996 bis 2014.

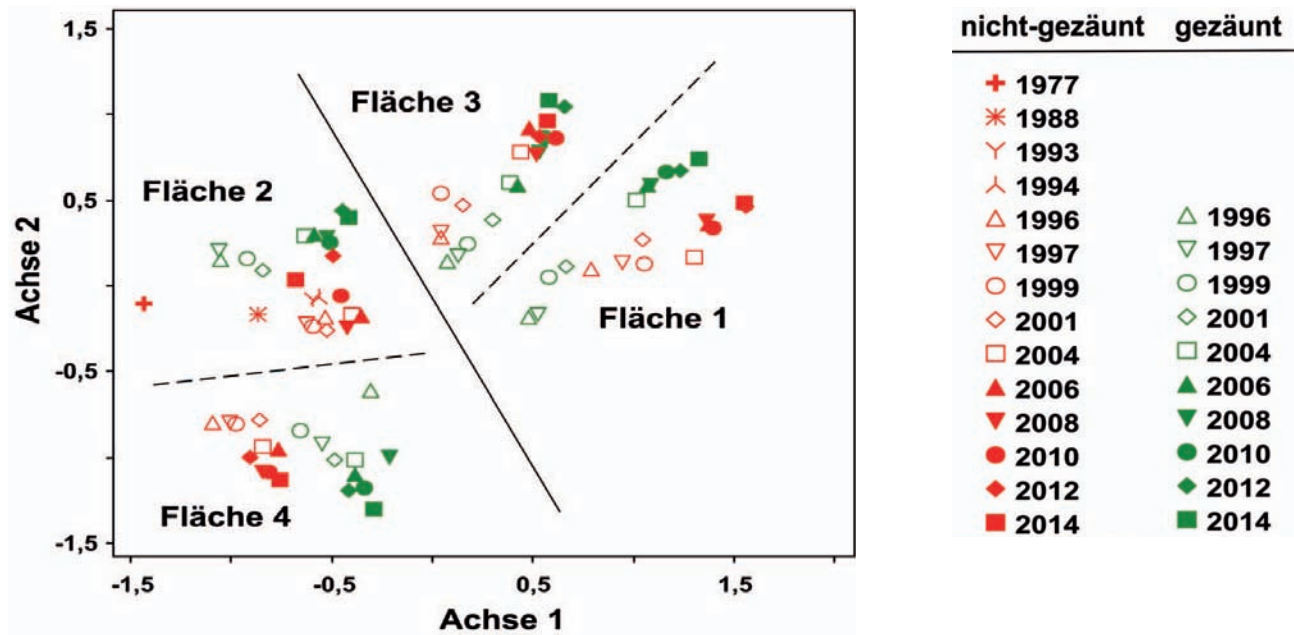


Abb. 6: NMDS aller Dauerflächen im Weidfeld (1996-2014: gezäunt - nicht-gezäunt) und bei Fläche 2n(II) 1977 bis 2014. Daten zur NMDS: Final stress: 9,5; final instability: 0,0000; explained variance: axis 1: 66,0 %, axis 2: 26,3 %; orthogonality of axes: 61,9 %.

In den letzten Jahren erfolgte nach der NMDS-Auswertung eine nur geringe Weiterentwicklung der Bestände, vor allem in der Fläche 2n (s. u.). Die grasreiche Fläche 4 zeigt eine gerichtete Entwicklung, jedoch auf der Achse 1 von sehr viel schwächerer Ausprägung als bei den Flächen 1 und 3.

#### 4.1.2 Entwicklungen der Einzelflächen\*

Flügelginster-Weide (*Festuco-Genistetum sagittalis*); Zwergstrauch-reiche Ausbildungen: Dauerfläche 1 (Tab. 2, Abb. 7, Abb. 8a-d)

Die Fläche ist *außerhalb des zentralen „Weißdorn-Hains“* lokalisiert. Sie liegt am schwach geneigten unteren Mittelhang des Weidfeldes in Nähe des nördlich anschließenden Luzulo-Fagetum und war im Jahr 1997 durch reiche Besenheide (*Calluna vulgaris*)-Vorkommen in der Flügelginster-Weide geprägt (Abb. 8a, c). Bei gezäunten und nicht-gezäunten Subplots vergrößerte sich im Laufe der 18 Untersuchungsjahre die Deckung von Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*) zu Ungunsten der Besenheide (*Calluna vulgaris*) in einem reziproken Verhältnis (s. Abb. 8b mit absterbender *Calluna* und Abb. 8d).

Typische Arten der Flügelginster-Weide wie Flügelginster (*Genista sagittalis*) erloschen in den ersten 5-8 Jahren. Lückenzeiger wie z. B. Rundblättrige Glockenblume (*Campanula rotundifolia*), Niederes Labkraut (*Galium pumilum*) und die Rote-Liste-Arten Hundsvielchen (*Viola canina*) und Thymian-Seide (*Cuscuta epithimum*) traten nur sporadisch auf und fehlen seit dem Jahr 2004. Die myrmekochore Pillensegge (*Carex pilulifera*) zeigte in Fläche 1n größere Fluktuationen und trat in den Jahren 2008/2010 noch ein-

mal auf. Die Artenzahlen sanken von 12/1 auf 5/1 (1z) bzw. 12/4 auf 6/4 (1n). Lediglich die Geschlingelte Schmiehe (*Deschampsia flexuosa*) und die Moose *Pleurozium schreberi* und *Hylocomium splendens* (in 1n auch *Dicranum scoparium*) konnten in der Feld-/Mooschicht zusammen mit Zwergsträuchern koexistieren. Im gezäunten Subplot (1z) erreichte die Rotbuche (*Fagus sylvatica*) nach 18 Jahren eine Deckung von 40 % (ausgehend von 5 %). Im nicht-gezäunten Subplot (1n) deckten Rotbuche, Fichte (*Picea abies*), Hasel (*Corylus avellana*) und Tanne (*Abies alba*) 20 % (ausgehend von 2 %); wobei bei allen Gehölzen außer bei Fichte Wildverbiss festgestellt werden konnte. Die Hainbuche (*Carpinus betulus*) wurde durch Verbiss sogar vollständig eliminiert. In beiden Flächen gab es regelmäßigen Befall der jungen Rotbuchen mit der Buchen-Gallmücke (*Mikiola fagi*, Cecidomyiidae).

Zum Artenwechsel zeichnen sich folgende Ergebnisse ab: Seit dem Jahr 2004 (z) bzw. 2006 (n) sind beide Subplots durch einen stetigen Verlust an krautigen bzw. graminoiden Arten gekennzeichnet, nachdem zu Beginn durchaus noch neue Arten hinzukamen (1999 bei z: vier Arten; 1997 bei n: drei Arten). Arten-Dynamik bei den Gehölzen gab es nur in der nicht-gezäunten Fläche.

Die Ordination (Abb. 7) zeichnet die gerichteten floristischen Entwicklungen in der Zeitachse auf der Achse 1 von links nach rechts nach (63,6 % erklärte Varianz). Die Vektoren markieren die starke Zunahme der Strauchschicht und Abnahme der Feldschicht in der gezäunten Fläche. Die Effekte sind in der nicht-gezäunten Fläche schwächer ausgeprägt.

\*Artenzahlen im Text z. B. 12/1: ohne Gehölze/Gehölze

Tab. 2: Pflanzensoziologische Aufnahmen der Fläche 1 im Weidfeld. Spontane Sukzession in der Zwergstrauch-reichen Ausbildung der Flügelginster-Weide: 1996-2014; gezäunt und nicht-gezäunt.

RL* Fläche	1z	1z	1z	1z	1z	1z	1z	1z	1z	1z	1n	1n	1n	1n	1n	1n	1n	1n	1n	1n
Jahr 1996-2014	96	97	99	01	04	06	08	10	12	14	96	97	99	01	04	06	08	10	12	14
Meereshöhe m ü.M.	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640
Exposition	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE
Neigung (°)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Gesamtdeckung (%)	100	98	95	95	95	100	100	100	100	100	98	98	95	95	100	100	100	100	100	100
Strauchschicht (%)	5	5	5	10	10	10	20	25	35	40	2	2	2	2	2	2	4	10	12	20
Feldschicht (%)	90	90	90	90	80	80	80	80	70	60	80	80	80	80	80	80	80	80	80	70
Moosschicht (%)	60	60	70	70	70	70	60	50	50	50	70	70	70	70	70	70	80	80	70	70
Artenzahl ohne Gehölze	12	14	17	14	9	7	7	6	6	5	12	13	11	11	10	7	8	8	6	6
Artenzahl Grasartige	5	6	5	4	3	2	2	2	2	1	4	3	3	3	3	2	3	3	1	1
Artenzahl Krautige	6	7	10	8	4	3	3	2	2	2	5	7	5	5	4	2	2	2	2	2
Artenzahl Kryptogamen	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Artenzahl Gehölze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	5	5	5	5	6	5	4	4	4
<b>Grasartige</b>																				
Deschampsia flexuosa	2a.2	2a.2	2m.2	2m.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	2a.2	2a.2	3a.2	2m.2	2m.2	2m.2	2m.2	1.2	1.2	
Holcus mollis	2a.2	2m.2	2m.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	+		1.2	1.2	+2	1.2	+	+	+	+		
Carex pitulifera	+2	+2	1.2	1.2	+						+2	1.2	1.1	+2	r		r	+		
Agrostis capillaris	2m.2	1.2	+	+2							1.2									
Festuca nigrescens	1.2	1.2																		
Anthoxanthum odoratum		+2	1.2																	
<b>Krautige, Zwergsträucher</b>																				
Calluna vulgaris	4.4	5.5	5.5	4.4	3.3	3.3	3.3	3.3	2b.2	2b.2	3.3	3.3	2b.2	2b.2	2a.2	2a.2	2a.2	2a.2	2a.2	2b.2
Vaccinium myrtillus	2b.3	2b.3	2b.3	3.3	3.3	3.3	3.3	4.4	3.3	3.3	3.3	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
Potentilla erecta	2m.2	2m.2	1.2	1.2	+	+	+				1.2	1.2	+	+						
Genista sagittalis	2m.2	2m.2	1.2	1.2	+						+	1.2	1.2	+						
Galium hircynicum	2m.2	2m.2	2m.2	2m.2							2m.2	+2	1.2	+	1.2					
Achillea millefolium	+	+	+	+																
3 Cuscuta epithymum		1.2	1.2	1.2																
Stellaria graminea			+																	
Galium pumilum			+								+									
3 Viola canina			+																	
Campanula rotundifolia				+																
Rumex acetosa											r									
Melampyrum pratense														+						
<b>Moose</b>																				
Pleurozium schreberi	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	3.3	3.3	3.3	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
Hylocomium splendens			2m.2	2a.2	2a.2	2a.2	2a.2	2a.2	2a.2	2a.2	2a.2	2a.2	2m.2	2m.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Dicranum scoparium											2m.2	2m.2	2m.2	2m.2	2m.2	2m.2	2m.2	2m.2	2m.2	2m.2
<b>Gehölze</b>																				
<b>Feldschicht</b>																				
Abies alba											r	r	r	r	r	rv	rv	rv	rv	
cm Wuchshöhe											25	40	40	40	45	40	45	44	45	
Fagus sylvatica	r	r	r	r	r															
cm Wuchshöhe		12	25	32	45															
Quercus petraea													r	r	r	r				
cm Wuchshöhe													18	15	20	15				
Carpinus betulus																rv	rv	tot		
cm Wuchshöhe																40	40			
Picea abies																				
cm Wuchshöhe																				
<b>Strauchschicht</b>																				
Fagus sylvatica	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2b	2b	3	3	rv	rv	rv	rv	rv	rv	rv	rv	rv	2av
cm Wuchshöhe	50	75	99	140	170	190	260	300	320	350	150	150	150	200	310	350	400	450	500	600
cm Wuchshöhe	170	180	308	290	380	420	470	550	600	650										
cm Wuchshöhe						50	130	200	230	400										
Corylus avellana																				
cm Wuchshöhe																				
Picea abies Str																				
cm Wuchshöhe																				
cm Wuchshöhe																				
Abies alba																				
cm Wuchshöhe																				
Zwischen 2 Zeitpunkten ...																				
neu hinzugekommene Arten		2	4	1																
<b>Verlust an Arten</b>			<b>1</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>2</b>		<b>1</b>		<b>1</b>										
<u>davon Gehölze, neu hinzugek.</u>																				
<u>davon Gehölze, Verlust</u>																				
Koordinaten:	417520		5293634																	

\* RL = Rote Liste



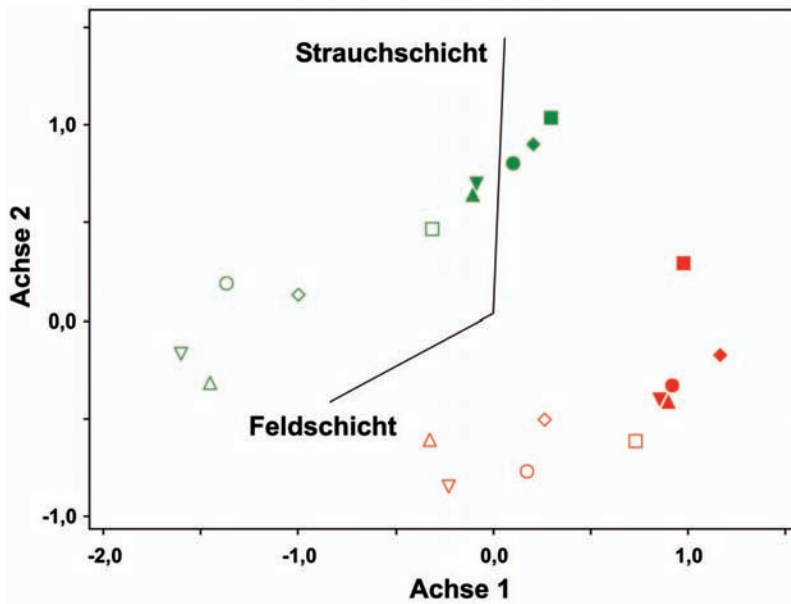


Abb. 7: NMDS der Dauerfläche 1z, 1n im Weidfeld (1996-2014). Erläuterungen zur NMDS: Final stress: 5,0; final instability: 0,0000; explained variance: axis 1: 63,6 %, axis 2: 33,9 %, orthogonality of axes: 99,6 %. Legende, s. Abb. 6.



Abb. 8a: Aspekt der Fläche 1n im Jahr 1997 (August). Die junge Rotbuche (1,50 m hoch) rechts im Bild bildet den oberen nördlichen Eckpunkt der Fläche. Zu diesem Zeitpunkt deckt die Besenheide (*Calluna vulgaris*) noch gut  $\frac{1}{4}$  der Fläche, des Weiteren ist die Geschlängelte Schmiehe (*Deschampsia flexuosa*) vertreten.



Abb. 8b: Fläche 1n im Jahr 2010 (August). Die obere junge Rotbuche (s. Abb. 8a) ist nicht mehr erkennbar, darunter wuchs *Picea abies* im Jahr 1999 in die Strauchschicht auf und erreichte 2,4 m Höhe im Jahr 2010, die daneben stehende Hasel (seit 2001 stetig verbissen) 85 cm. Im Zentrum des Bildes sieht man Besenheide (*Calluna vulgaris*) mit z.T. absterbenden Trieben, die im Jahr 2010 nur noch 5-15 % deckte.





Abb. 8c: Fläche 1z (durch den Zaun fotografiert: unscharfer Draht im unteren Drittel des Bildes) mit dem Aspekt der Geschlängelten Schmieie (*Deschampsia flexuosa*), Besenheide (*Calluna vulgaris*) und Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*) im Jahr 1997 (August). Darunter ist die Fläche 1n mit der oberen jungen Rotbuche (s. Abb. 8a) zu sehen.



Abb. 8d: Blick in die Fläche 1z in Gegenrichtung wie im Falle der Abb. 8c im Jahr 2014 (August). Der Buchen-Jungwuchs ist zwischen 3,5 m und 6,5 m hoch. Die Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*) deckt nun 50-75 % (im Ausgangsstadium 15-25 %).

Flügelginster-Weide (*Festuco-Genistetum sagittalis*); Zwergstrauch-reiche Ausbildungen: Dauerfläche 3 (Tab. 3, Abb. 9, Abb. 10a-c)

Die im zentralen „Weißdorn-Hain“ zu findende Fläche liegt am stark geneigten, warmen Westhang. Im Jahr 1996 waren hier noch in der Flügelginster-Weide Arnika-Bestände mit 36 (3z) bzw. 56 (3n) Stängeln mit Blütenständen vorhanden (s. Tab. 3). In den Jahren 2012 (3z) bzw. 2014 (3n) konnte *Arnica montana* nicht mehr nachgewiesen werden (s. die genauere Analyse im Abschnitt: „Rote-Liste-Pflanzenarten“).

Die ausgeprägte Besenheide-Fazies hat sich über 18 Jahre bei guter Vitalität gehalten (Abb. 10 a-c) und in 3z sogar vergrößert. Typische Arten der Flügelginster-Weide wie der Flügelginster (*Genista sagittalis*) fehlten in beiden Flächen seit den Jahren 2004 bzw. 2008. Der Rückgang gilt auch für den Englischen Ginster (*Genista anglica*) in Fläche 3n (fehlte nach 2004). Das myrmekochore Hundsvielchen (*Viola canina*) zeigt Fluktuationen und trat in Subplot 3z

sogar im Jahr 2014 wieder neu auf. Erstaunlich war, dass in den Jahren 1997 und 1999 in beiden Subplots auf kleinen offenen Stellen *Teucrium scorodonia*-Keimlinge festgestellt werden konnten, in 3n im Jahr 1999 über 50 Individuen (Tab. 3). Die Artenzahlen sanken von 16/0 auf 7/1 (3z) bzw. 19/1 auf 7/1 (3n).

Bemerkenswert ist das in den Subplots 3z und 3n weitgehend fehlende Gehölzaufkommen. Im dichten Bewuchs der Besenheide (*Calluna vulgaris*) und des Salbei-Gamanders (*Teucrium scorodonia*) sowie im Filz des Rotstengelmoores (*Pleurozium schreberi*) konnte sich mit Ausnahme einer dann wieder abgestorbenen Bergahorn-Jungpflanze (*Acer pseudoplatanus*) kein einziges Gehölz etablieren. Im Jahr 2014 bildete sich jedoch in beiden Flächen eine Strauchschicht (je 2 %) aus, bedingt durch seitliches Hineinwachsen von benachbarten Individuen des Eingriffeligen Weißdorns (*Crataegus monogyna*).

Tab. 3: Pflanzensoziologische Aufnahmen der Fläche 3 im Weidfeld. Spontane Sukzession in der Zwergstrauch-reichen Ausbildung der Flügelginster-Weide: 1996-2014; gezäunt und nicht-gezäunt.

RL*	Fläche	3z	3z	3z	3z	3z	3z	3z	3z	3z	3z	3n	3n	3n	3n	3n	3n	3n	3n	3n	
	Jahr 1996-2014	96	97	99	01	04	06	08	10	12	14	96	97	99	01	04	06	08	10	12	14
	Meereshöhe	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660
	Exposition	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W
	Neigung (°)	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
	Gesamtdeckung (%)	100	100	95	100	95	100	100	100	95	100	95	100	98	100	100	100	100	100	100	100
	Strauchschicht (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	Feldschicht (%)	70	70	70	80	80	90	95	90	90	90	70	70	70	80	80	90	90	90	90	90
	Moosschicht (%)	60	60	60	75	70	50	50	50	50	40	60	60	60	60	60	50	50	50	50	40
	Artenzahl ohne Gehölze	16	15	15	11	10	9	9	7	6	7	19	20	19	18	10	9	8	7	7	7
	Artenzahl Grasartige	4	4	3	3	2	2	2	2	1	1	5	5	4	3	2	2	2	2	2	2
	Artenzahl Krautige	10	9	10	6	6	5	5	3	3	4	12	13	13	13	6	5	4	3	3	3
	Artenzahl Kryptogamen	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Artenzahl Gehölze	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	<b>Grasartige</b>																				
	Deschampsia flexuosa	2a.2	2a.2	2a.2	2m.2	2m.2	2m.2	1.2	1.2	1.2	1.2	2a.2	2a.2	2m.2	2m.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	Holcus mollis	2a.2	2m.2	2m.2	2m.2	1.2	1.2	1.2	1.2			2m.2	2m.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	+
	Agrostis capillaris	1.2	+2									+	+	1.2	+2						
	Festuca nigrescens	1.2	1.2	1.2	1.2							1.2	1.2								
	Anthoxanthum odoratum											1.2	1.2								
	Luzula campestris													+							
	<b>Krautige</b>																				
	Calluna vulgaris	4.4	4.4	4.4	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	4.4	4.4	4.4	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	4.4
	Teucrium scorodonia	2a.2	2b.2	2b.2	2a.2	2a.2	2a.2	2m.2	2a.2	2a.2	2a.2	2a.2	2b.2	2b.2	2a.2	2b.2	2a.2	2a.2	2a.2	2a.2	2b.2
	Teucrium Keimlinge		1.1	1.1									1.1	2m.2							
3	Arnica montana	2m.2	2a.2	2a.2	2m.2	1.2	+	1.2	1.2			2a.2	2a.2	2a.2	2m.2	1.2	2m.2	1.2	1.2	1.2	
	Zahl Stängel m. Blütenständen	36	32	18	15	3	0	2	0			56	48	22	10	2	3	3	2	6	
	Potentilla erecta	2m.2	2m.2	1.2	2m.2	1.2	1.2	+				2m.2	2m.2	1.2	1.2	+		+			
	Genista sagittalis	2m.2	1.2	1.2	2m.2	1.2	1.2					2m.2	2m.2	1.2	+2						
	Galium saxatile	2m.2	2m.2	1.2	+							2m.2	2m.2	1.2	2m.2						
	Fragaria vesca	+	1.2	1.2								1.2	1.2	1.1	+						
3	Cuscuta epithymum			1.2								+	1.2	+2	1.2	+	+				
	Genista anglica											2a.2	2a.2	2a.2	1.2	1.2					
	Hypericum perforatum											+	1.1	+	+	+					
	Galium pumilum	1.2	+2	+2								1.2									
3	Viola canina	+			1.2		r			r		1.2	1.2	1.2	+						
	Genista tinctoria																				
	Achillea millefolium	+	+	+																	
	Senecio ovatus									+	+										+
	Knautia arvensis																				
	Veronica officinalis																				
	Carlina acaulis																				
	<b>Moose</b>																				
	Pleurozium schreberi	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
	Hylocomium splendens	2a.2	2a.2	2a.2	2b.2	2a.2	2a.2	2m.2	2m.2	2m.2	2m.2	2m.2	1.2	1.2	1.2	2m.2	2m.2	2m.2	2m.2	2m.2	2m.2
	<b>Gehölze</b>																				
	<b>Feldschicht</b>																				
	Acer pseudoplatanus											r									
	<b>Strauchschicht</b>																				
	Crataegus monogyna										r										r
	cm Wuchshöhe										300										170
	Zwischen 2 Zeitpunkten...																				
	neu hinzugekommene Arten			1		1		1		1	2					1	1				2
	<b>Verlust an Arten</b>		1	1	4	2	1	1	2	2			1	3	1	5	2	2	1		1
	davon Gehölze, neu hinzugek.										1										1
	<b>davon Gehölze, Verlust</b>																				

Koordinaten: 3417610 5293507

\* RL = Rote Liste



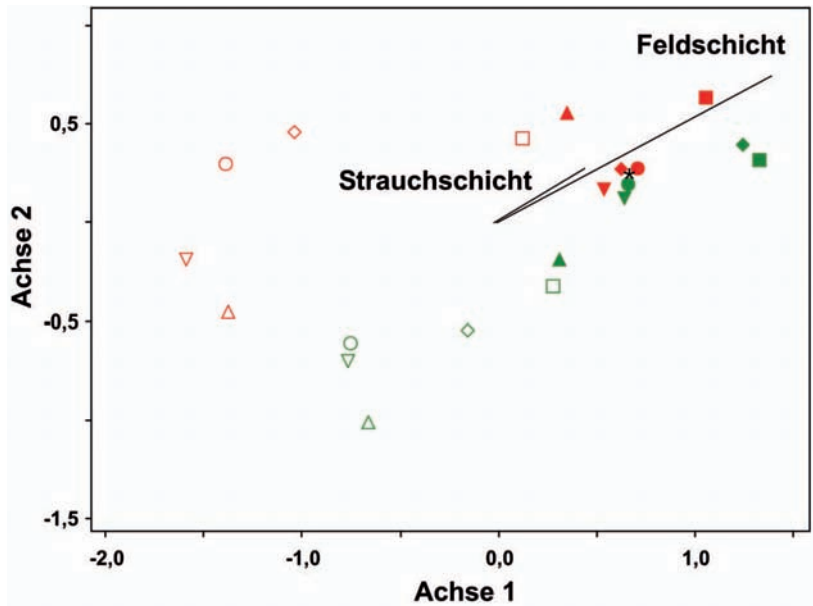


Abb. 9: NMDS der Dauerfläche 3z, 3n im Weidfeld (1996-2014, 1n: 1977-2014). Erläuterungen zur NMDS: Final stress: 3,8; final instability: 0,0000; explained variance: axis 1: 89,1 %, axis 2: 9,4 %; orthogonality of axes: 74,5 %. Legende, s. Abb. 6.



Abb. 10a: Fläche 3n im Jahr 1997, dominiert von Besenheide (*Calluna vulgaris*) und Salbei-Gamander (*Teucrium scorodonia*). Die Dauerfläche ist frei von Gehölzen.



Abb. 10b: Im Jahr 2014 (August) hat sich die Fläche bei grober Betrachtung nicht stark verändert im Vergleich zu Abb. 10a, jedoch ist bei genauerer Analyse die Artenzahl von 20 auf 7 gesunken. Der Eingriffliche Weißdorn (*Crataegus monogyna*) wuchs im Jahr 2014 von der Seite in die Dauerfläche (Kronenbeschattung 2 %). (Weitwinkel-Aufnahme)





Abb. 10c: Fläche 3z im Jahr 2014 (August). Die Fläche wird von Besenheide (*Calluna vulgaris*) und Salbei-Gamander (*Teucrium scorodonia*) bestimmt; die Artenzahl sank von 16 (1996) auf 7 (2014). Es etablierte sich kein Gehölz, der Weißdorn (*Crataegus monogyna*) wuchs im Jahr 2014 von der Seite ein (unter 2 % Deckung). Die obere linke Ecke der Flächenabgrenzung ist weiß markiert. Es hat sich oberhalb der Fläche ein Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) etabliert, der die Weißdorn-Sträucher und *Calluna* in absehbarer Zeit ausdunkeln wird.

Der Artenverlust zwischen zwei Aufnahmetermi-  
nen erreichte in den Jahren 2001 (z) bzw. 2004 (n) den Hö-  
hepunkt; geringe Artengewinne betreffen vor allem die  
windausgebreitete Schlagpflanze Fuchs' Greiskraut (*Senecio  
ovatus*), die seit den Jahren 2012 (z) bzw. 2014 (n) in den  
Aufnahmen vorhanden ist.

Die Ordination (Abb. 9) zeichnet die gerichteten floris-  
tischen Entwicklungen im Laufe der Sukzession auf der  
Achse 1 von links nach rechts nach (89,1 % erklärte Vari-  
anz). Dieser Verlauf korreliert mit einer stärker werdenden  
Deckung der Feldschicht (zu Ungunsten der Mooschicht),  
bedingt insbesondere durch *Calluna vulgaris* (1z) und *Teu-  
crium scorodonia* (1n) und dem seitlichen Eindringen einer  
Strauchschicht (s. o.).

Flügelginster-Weide (*Festuco-Genistetum sagittalis*);  
Typische Ausbildung: Dauerfläche 2 (Tab. 4, Abb. 11,  
Abb. 12a-c)

Die Fläche im zentralen Weißdorn-Hain liegt am warmen,  
West-exponierten Mittelhang. Für die nicht-gezäunte Flä-  
che gibt es noch Altdaten aus den Jahren 1977 bis 1994 (s.  
o.). Im Jahr 1977 dokumentiert die pflanzensoziologische  
Aufnahme eine typische Flügelginster-Weide (20/0 Arten),  
die reichlich Horst-Rotschwengel (*Festuca nigrescens*) und  
als Lückenzeiger z. B. eine typische *Violion caninae*-Art, die  
Gewöhnliche Kreuzblume (*Polygala vulgaris*), enthielt. Die  
Datensätze der Jahre 1996 bis 2014, die den Vergleich mit  
der gezäunten Fläche ermöglichen, zeigen eine erstaunliche  
Konstanz in den Artenzahlen bei beiden Subplots, die nur  
in sehr kleinen Schritten abnahmen (von 24/2 auf 19/7 bei  
2n und von 25/2 auf 17/2 bei 2z). Sowohl in der Fläche 2n  
als auch in 2z gab es am warmen Hang, z. B. mit der Kleinen  
Pimpernelle (*Pimpinella saxifraga*) als Wärmezeiger (Abb.  
12a), und ohne die Dominanz von Zwergsträuchern (s. o.)  
immer noch kleinere lückige Störstellen, z. B. von Ameisen  
oder Nagern (s. u.) hervorgerufen, so dass der Feld-Thymi-  
an (*Thymus pulegioides*) sich bis in die Jahre 2010 (2z) bzw.

2014 (2n) im Vegetationsbestand hielt (Abb. 12b). Auch  
die myrmekochore Pillensegge (*Carex pilulifera*) trat noch  
im Jahr 2014 in 2z und 2n auf. Im Jahr 2004 konnte ein  
Nest der Schermaus (*Arvicola terrestris*) mit Jungtieren in  
der Fläche 2n dokumentiert werden. Es kam auch – vor al-  
lem in Fläche 2n – immer wieder zu kleinen offenen Stellen  
nach Regengüssen. Dennoch sind typische Arten der Flüg-  
elginster-Weide nach 2008 in beiden Flächen ausgedünnt  
(*Genista sagittalis*, *Viola canina*). Die in Brachen geförderte  
Geschlängelte Schmiele (*Deschampsia flexuosa*) erreichte  
fortlaufend höhere Deckungswerte (Abb. 12c). Erstaunlich  
ist, dass sich *Arnica montana* im Jahr 2014 in 2n noch hielt  
(< fünf Triebe vorhanden).

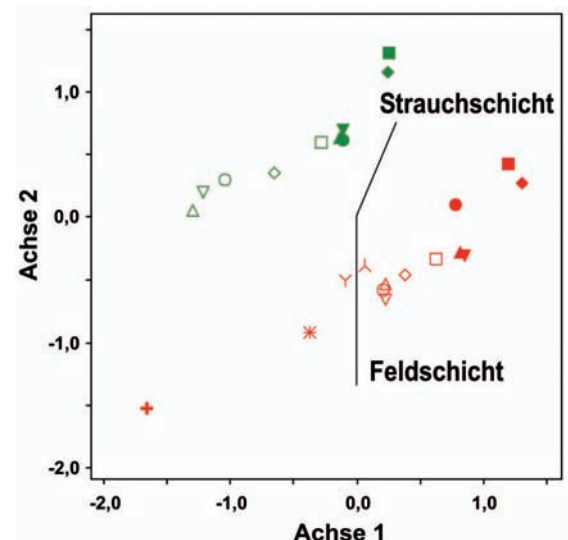


Abb. 11: NMDS der Dauerfläche 2z, 2n im Weidfeld  
(1996-2014, 1n: 1977-2014). Erläuterungen zur NMDS:  
Final stress: 6,6; final instability: 0,0000; explained  
variance: axis 1: 53,7 %, axis 2: 42,1 %; orthogonality of  
axes: 97,4 %. Legende, s. Abb. 6.







Abb. 12a: Unterer Teil der Fläche 2z im Jahr 1997 (August) mit dem Blühaspekt der damals noch 5-15 % deckenden Kleinen Pimpernelle (*Pimpinella saxifraga*). Im Jahr 2014 waren nur noch weniger als fünf Triebe vorhanden. Auch der Horst-Rotschwengel (*Festuca nigrescens*), eine typische Grasart der Flügelginster-Weiden, ist vertreten sowie das stark deckende klonal wachsende Weiche Honiggras (*Holcus mollis*), ein kurzwüchsiges Brachegrass, das mit zunehmendem Alter der Brache ab dem Jahr 2006 nur noch unter 5 % deckte.



Abb. 12c (unten): Fläche 2n (= II) im Jahr 2012 (Juli). Große Teile der Dauerfläche (vorn, vor den Gehölzen liegend) sind noch nach gut 50 Jahren von Brachegräsern dominiert (Geschlängelte Schmieie *Deschampsia flexuosa* mit 25-50 % Deckung im Jahr 2012), dennoch gibt es noch lückige Stellen mit entsprechenden Arten (z.B. Feld-Thymian *Thymus pulegioides*) wie auch in 2z (s. Abb. 12b). Die Bildung einer Strauchschicht erfolgte von der Seite durch Kronenvergrößerung des Weißdorns (im Jahr 2012: 7 m hoch, 20 % deckend).

Abb. 12b: Lückige Vegetation mit offenen Stellen in der Fläche 2z, die noch im Jahr 2004 (August), gut 40 Jahre nach Brachlegung, ausgeprägt sind und Regenerationsnischen bilden. Der Lückenzeiger Feld-Thymian (*Thymus pulegioides*) ist erkennbar, dahinter als Brachezeiger der klonal wachsende Salbei-Gamander (*Teucrium scorodonia*) sowie ein fruchtender Schlehen (*Prunus spinosa*)-Strauch (2004: 1,8 m Höhe). An der oberen linken Ecke der Fläche befindet sich das gelbe Magnet-Suchgerät, und oben rechts ist ein Zaunpfahl der oberen Umzäunung sichtbar.





Beide Flächentypen waren im Jahr 2014 durch 20 % Deckung des Eingriffeligen Weißdorns (*Crataegus monogyna*) geprägt; im Falle der Fläche 2n wuchs der Strauch von der Seite mit der Krone in die Fläche. In Fläche 2n kam es zu einer artenreichen Gehölz-Verjüngung (sieben Arten, s. o.).

Insbesondere der Subplot 2n mit dem Langzeit-Datensatz zeigt hohe Artendynamik von 10 hinzugekommenen und 4 erloschenen Arten im Zeitraum 1977 und 1988 (hier liegen allerdings nur zwei Aufnahmetermine vor). Die Verluste hatten ein Maximum im Jahr 2014. Im Jahr 2012 traten in Fläche 2n fünf neue Gehölzarten auf, von denen drei im Jahr 2014 wiederum erloschen sind.

Die Ordination (NMDS, Abb. 11) zeichnet die Entwicklungen der floristischen Struktur auf der Achse 1 und 2 nach (53,7 bzw. 42,1 % erklärte Varianz); die Vektoren geben die Zunahme der Strauchschicht um 15-20 % sowie die Abnahme der Feldschicht-Deckung an.

Flügelginster-Weide (*Festuco-Genistetum sagittalis*);  
Typische Ausbildung: Dauerfläche 4 (Tab. 5, Abb. 13, Abb. 14a-c)

Die Fläche liegt *außerhalb des Weißdorn-Hains* im schwach geneigten unteren Bereich des Weidfeldes und ließ sich im Jahr 1996 noch als Typische Ausbildung der Flügelginsterweide einordnen (relativ artenarm mit 18/0 in 4z bzw. 16/0 Arten in 4n). Die Artenzahlen sanken dann auf 9/5 (4z) bzw. 12/2 (4n). Im Laufe der 18 Untersuchungsjahre kam es zu starker Dominanz der Geschlängelten Schmiele (*Deschampsia flexuosa*), s. Abb. 14a, b, die in der gezäunten Fläche allerdings – parallel zu höherem Gehölzaufkommen (Abb. 14c) – seit dem Jahr 2012 zurückging. Die verfilzten Teppiche dieses Grases sind im Gebiet arm an Gehölzen. Die Artenkombination von durch Brache geförderten Gräsern (*Deschampsia flexuosa*, *Agrostis capillaris*) und der Saumart Salbei-Gamander (*Teucrium scorodonia*) beherrschte über 18 Jahre hinweg den Bestand; mit dem Aufkommen der Strauchschicht (vor allem in der gezäunten Fläche) ging *Teucrium scorodonia* dort deutlich zurück. Der Flügelginster (*Genista sagittalis*) fehlte nach dem Aufnahmeterrain im Jahr 2004. Der Lückenzeiger Feld-Thymian (*Thymus pulegioides*) trat nur auf Ameisen-Erdhügeln in der nicht-gezäunten Fläche auf und wuchs dort sogar noch im Jahr 2012 in kleiner Menge. Das Moos *Rhytidiadelphus squarrosus* verlor in der verfilzten Fläche an Dominanz (von 60 % auf 40 % in beiden Subplots).

Eine Strauchschicht etablierte sich in der nicht-gezäunten Fläche seit 2010 nur schwach (2 %), und die seitlich stockende strauchige Rotbuche zeigte deutliche Verbiss-

Spuren (in den Jahren 2013/14 war der Strauch 2, dann 3 m hoch und der Gipfeltrieb dem Verbiss durch Rehwild entwachsen, s. Abb. 14b). In der gezäunten Fläche entwickelte sich seit dem Jahr 2001 eine Strauchschicht, die z. T. von der Seite einwuchs und hauptsächlich aus *Quercus petraea* bestand (Abb. 14c). Im Jahr 2014 erreichte die Strauchschicht 50 % Deckung.

In Bezug auf den Artenwechsel zeigen beide Subplots trotz ausgeprägter Abnahmen (z. B. vier Arten in 4z im Jahr 1997, jeweils drei Arten in 4n z. B. 2004 und 2008) auch immer wieder neu hinzugekommene Arten. Im Jahr 2014 gab es noch einen Artengewinn unter den krautigen Sippen (die Schlagpflanze *Senecio ovatus*).

Die Ordination (NMDS, Abb. 13) zeichnet die gerichteten Entwicklungen der floristischen Struktur auf der Achse 2 (59,8 % erklärte Varianz) von oben nach unten nach, verbunden mit den Vektoren: Zunahme der Feldschicht vor allem in der nicht-gezäunten Fläche – bedingt durch die Rasenfilze von *Deschampsia flexuosa* mit über 50 % Deckung – und Zunahme der Strauchschicht vor allem in der gezäunten Fläche. Die gesamte floristische Struktur änderte sich in den letzten Jahren nur wenig mit Ausnahme der Gehölzdeckung.

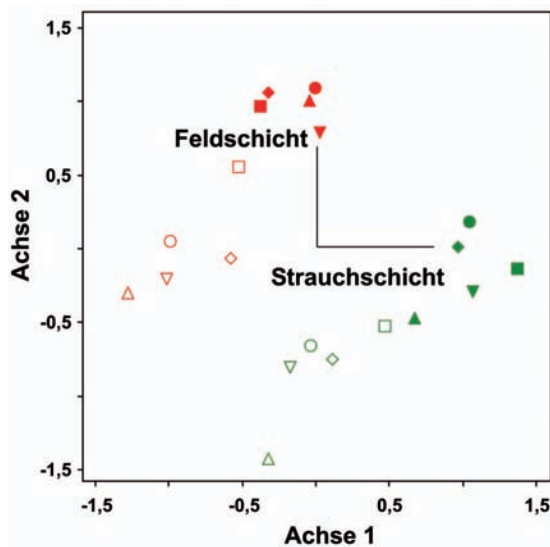


Abb. 13: NMDS der Dauerfläche 4z, 4n im Weidfeld (1996-2014). Erläuterungen zur NMDS: Final stress: 7,9; final instability: 0,0000; explained variance axis 1: 33,6 %, axis 2: 59,8 %, orthogonality of axes: 99,4 %. Legende, s. Abb. 6.

Tab. 5: Pflanzensoziologische Aufnahmen der Fläche 4 im Weidfeld. Spontane Sukzession in der Typischen Ausbildung der Flügelginster-Weide: 1996-2014; gezäunt und nicht-gezäunt.

RL* Fläche	4z	4z	4z	4z	4z	4z	4z	4z	4z	4z	4n	4n	4n	4n	4n	4n	4n	4n	4n	4n
Jahr 1996-2014	96	97	99	01	04	06	08	10	12	14	96	97	99	01	04	06	08	10	12	14
Meereshöhe	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630
Exposition	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW
Neigung (°)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Gesamtdeckung (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Strauchschicht (%)	0	0	0	4	10	20	20	20	30	50	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
Feldschicht (%)	70	70	70	70	70	80	80	80	70	55	70	70	70	70	70	80	100	100	100	100
Moosschicht (%)	60	60	60	60	45	40	40	40	40	40	60	60	60	60	40	40	40	40	40	40
Artenzahl ohne Gehölze	18	14	15	13	14	13	12	12	10	9	16	14	15	16	15	15	13	14	13	12
Artenzahl Grasartige	5	5	5	5	5	5	3	3	4	4	5	5	5	5	4	4	3	3	4	4
Artenzahl Krautige	11	8	9	7	8	7	7	7	5	4	10	8	9	10	10	10	9	10	8	7
Artenzahl Kryptogamen	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Artenzahl Gehölze	0	0	0	2	2	2	3	2	4	5	0	1	1	0	1	1	1	2	2	2
<b>Grasartige</b>																				
Deschampsia flexuosa	2a.2	2b.2	3.3	2b.2	3.3	4.4	4.4	3.3	3.3	2b.2	2a.2	3.3	3.3	3.3	3.3	4.4	4.4	3.3	4.4	4.4
Agrostis capillaris	2b.2	2b.2	2a.2	2b.2	2a.2	2m.2	2m.2	2m.2	2m.2	2m.2	2a.2	2b.2	2b.2	2b.3	2m.2	2m.2	2a.2	2m.2	2m.2	2m.2
Festuca nigrescens	3.3	2b.2	2m.2	2m.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	2b.2	3.3	2a.2	2a.2	2m.2	1.2	1.2	2m.2	2m.2	2m.2
Holcus mollis	3.3	2a.2	2a.2	2a.2	2m.2	1.2			1.2	1.2	3.3	2b.2	2m.2	2m.2	2m.2	1.2			+	+
Carex pairae	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	2m.2														
Poa pratensis																				
<b>Krautige, Zwergsträucher</b>																				
Galium saxatile	2m.2	2m.2	2a.3	2b.3	2a.2	2a.2	2b.2	2a.2	2a.2	2a.2	2a.2	2a.2	2b.3	2b.3	2a.2	2m.2	2a.2	2m.2	2m.2	2m.2
Teucrium scorodonia	1.2	1.2	2a.2	1.2	1.2	1.2	1.2	2m.2	2m.2	1.2	1.2	2a.2	2b.3	2b.3	2a.2	2m.2	2a.2	2m.2	2m.2	2a.2
Stellaria graminea	+	2m.2	2m.2	1.2	2m.2	1.2	1.2	1.2	+		+	2m.2	2m.2	2m.2	2m.2	1.2	+	1.2	1.2	2m.2
Galeopsis tetrahit	+	+	1.1	1.1	1.1	+	+	+			1.1	1.1	1.2	1.2	+	+	r			
Potentilla erecta	2m.2	2m.2	2m.2	2m.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2				1.2		+2	+2	1.2		
Genista tinctoria	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	+	+	+	+										
Achillea millefolium											+	+	+	1.2	+	1.2	+2	1.2	1.2	1.2
Veronica chamaedrys	1.2										+			+	+	r	+	+	+	+
Calluna vulgaris	2a.3	+2	+2	1.2	1.2	1.2	1.2				1.2	1.2	1.2	+	+					
Genista sagittalis	1.2	1.2			+															
3 Cuscuta epithymum								1.2							+	2a.2	2a.2	1.2	2m.2	
Campanula rotundifolia															+	+	1.2	1.2	1.2	
Thymus pulegioides											2m.2	2m.2	2m.2	1.2					+	
Heracleum sphondylium											r	r	r		r	r				
Ranunculus nemorosus																+		+	+	+
3 Viola canina	+2		+																	
Galium pumilum	+																			
Veronica officinalis			+																	
Pimpinella saxifraga											+									
Senecio ovatus																				+
<b>Moose</b>																				
Rhynchospora squarrosa	4.4	4.4	4.4	4.4	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	4.4	4.4	4.4	4.4	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Pleurozium schreberi	2m.2						2m.2	1.2												
<b>Gehölze</b>																				
<b>Feldschicht</b>																				
Quercus petraea				+	+					+					+	+	r	r	r	r
cm Wuchshöhe				10	20					10					10	15	15	20	25	10
Fagus sylvatica				r			r	+			r	r								
cm Wuchshöhe				10			6	8			15	35								
Acer pseudoplatanus							r		r	+										
cm Wuchshöhe							15		5	juv										
Sorbus aucuparia									r	r										
cm Wuchshöhe									10	45										
Frangula alnus										r										
										juv										
<b>Strauchschicht</b>																				
Fagus sylvatica					r	r	r	r	r	r								rv	rv	r
cm Wuchshöhe					55	55	53	70	110	210								117	130	300
Quercus petraea				r	2a	2b	2b	2b	3	3										
cm Wuchshöhe				90	120	130	180	210	250	300										
cm Wuchshöhe					160	220	310	360	400	500										
cm Wuchshöhe					250	270	370	400	500	600										
cm Wuchshöhe									70	80										
Zwischen 2 Zeitpunkten...																				
neu hinzugekommene Arten			2	2	1		1	1	3	1	1	1	4	3	2	1	2	2	1	
<b>Verlust an Arten</b>		<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		<b>3</b>	<b>2</b>	
davon Gehölze, neu hinzugek.				2					2	1	1			1			1			
<b>davon Gehölze, Verlust</b>									<b>1</b>					<b>1</b>						

Koordinaten: 3417548 52935376

\*RL = Rote Liste





Abb. 14a: Juli-Aspekt der Fläche 4n im Jahr 2012 mit dominierender Geschlängelter Schmiele (*Deschampsia flexuosa*). Die Magnet-Markierung der südöstlichen Begrenzung der Probefläche (weiße Plastikscheibe) ist unten rechts im Bild sichtbar (der *Vaccinium myrtillus*-Streifen an der darüberliegenden Steinrassel gehört nicht zur Fläche); die untere Flächenbegrenzung liegt an der verbissenen Rotbuche (1,3 m). Diese Fläche ist ein Beispiel für die charakteristische Ausbildung einer 50-jährigen Brache mit dem Beharren von Grasartigen. Der Flügelginster erlosch hier nach 2004.



Abb. 14b: Oktober-Aspekt der Fläche 4n (2013; zum selben Zeitpunkt aufgenommen wie Abb. 14c). Die verbissene Rotbuche ist inzwischen der kritischen Marke des Verbisses durch Rehwild (1,3 m nach KÖNIG u. BAUMANN 1990) entwachsen und gut 2 m hoch (2014: 3 m).



Abb. 14c: Oktober-Aspekt der Fläche 4z (2013), die wie die Fläche 4n teilweise von starker Graminoiden-Dominanz geprägt ist, aber auch vermehrt Gehölzaufkommen von Rotbuche und Traubeneiche zeigt. Der Flügelginster erlosch hier nach 2004.

## 4.1.3 Überblick: ausgewählte Parameter

## Entwicklung der Artenzahlen (ohne Gehölze)

In allen Flächen zeigt sich eine z. T. dramatische Abnahme der Artenzahlen im Zeitraum zwischen den Jahren 1996 und 2014 (Abb. 15). Diese ist besonders stark in den Flächen 1 und 3, wo sich eine ausgeprägte Zwergstrauch-Dominanz ausgebildet hat (Heidelbeere *Vaccinium myrtillus* bei Fläche 1, Besenheide *Calluna vulgaris* bei Fläche 3). Hohe Artendiversität hatte die Alt-Dauerfläche 2n bis zum Jahr 2001, bis auch hier nach und nach ein Schwund zu beobachten ist; im Jahr 2014 fällt der Wert dann auf 19, der aber noch nicht die Ausgangssituation des Jahres 1977 wesentlich unterschreitet. Der gezäunte Subplot, der erst ab 1996 verfolgt werden konnte, zeigte ab dem Jahr 2012 Artenzahl-Werte von 18 bzw. 17.

Die höchsten Werte (um 25 Arten) werden bei Fläche 2n in einer Transitionsperiode der gut 30- bis zur 40-jährigen Brache erreicht, wo noch Lückenzeiger da sind, aber auch bereits typische Arten der Brache (s. Diskussion). Bei der Fläche 2z trifft dies für den erfassten Zeitraum ebenfalls zu.

Es gibt bisher in der untersuchten Zeitperiode kaum Hinweise auf Unterschiede in der Artendiversität der Krautigen, Grasartigen und Moose zwischen gezäunten und nicht-gezäunten Subplots. Lediglich bei Fläche 4z deutet sich eine stärkere Abnahme an, die parallel zu der höheren Gehölzdeckung erfolgte (s. u.).

## Deckung einer sich entwickelnden Strauchschicht: gezäunt versus nicht gezäunt

Eine synoptische Darstellung (Abb. 16) zeigt, dass die Flächen 2 und 3, die im Bereich des sich entwickelnden Weißdorn-Hains in West-exponierter Hanglage liegen, nach den 18 Untersuchungsjahren maximal 20 % Gebüschdeckung aufweisen (ausgehend von 5 % bei 2z und 0 % bei 2n), ohne Unterschiede zwischen gezäunten/nicht-gezäunten Typen. Die *Calluna vulgaris*-Fläche 3 wies nur 2 % Gehölzdeckung nach 18 Jahren auf, ohne Unterschied zwischen 3z und 3n.

Die Flächen 1 und 4 hingegen, außerhalb des Weißdorn-Hains in Nähe zu fruktifizierenden Rotbuchen und Traubeneichen gelegen, besaßen nach 18 Jahren in den gezäunten Bereichen Deckungen von 40 bis 50 % mit starken Unterschieden zu den nicht-gezäunten Subplots (minus 20 % bzw. minus 48 % Gehölzdeckung) sowie Verbiss-Schäden an Gehölzen der nicht gezäunten Flächen.

## Rote-Liste-Pflanzenarten (s. Tab. 2-5)

Fast alle nach der Roten Liste von Baden-Württemberg (BREUNIG u. DEMUTH 1999) vorkommenden Pflanzenarten (*Arnica montana*, *Cuscuta epithimum*, *Viola canina*), die zu Beginn der Untersuchungen noch vertreten waren, sind im Laufe der fortschreitenden Sukzession erloschen. Im Jahr 2014 waren lediglich noch < fünf Triebe von *Arnica montana* in Fläche 2n vorhanden sowie *Viola canina* mit r in Fläche 3z. Die Tab. 3 führt den langsam fortschreitenden

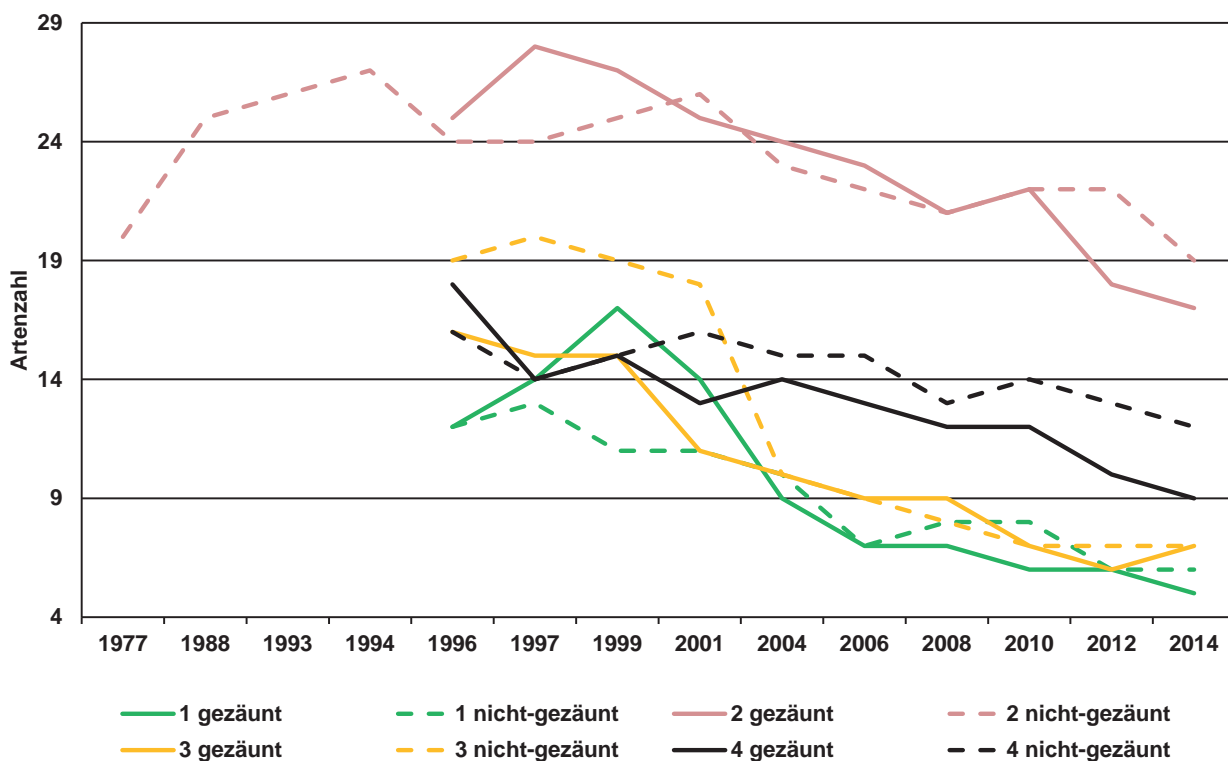


Abb. 15: Synoptische Darstellung der Entwicklung der Artenzahlen (ohne Gehölzarten) für alle Weidfeld-Flächen. Die Zeitskala der x-Achse ist teilweise gestaucht und nicht proportional dargestellt.



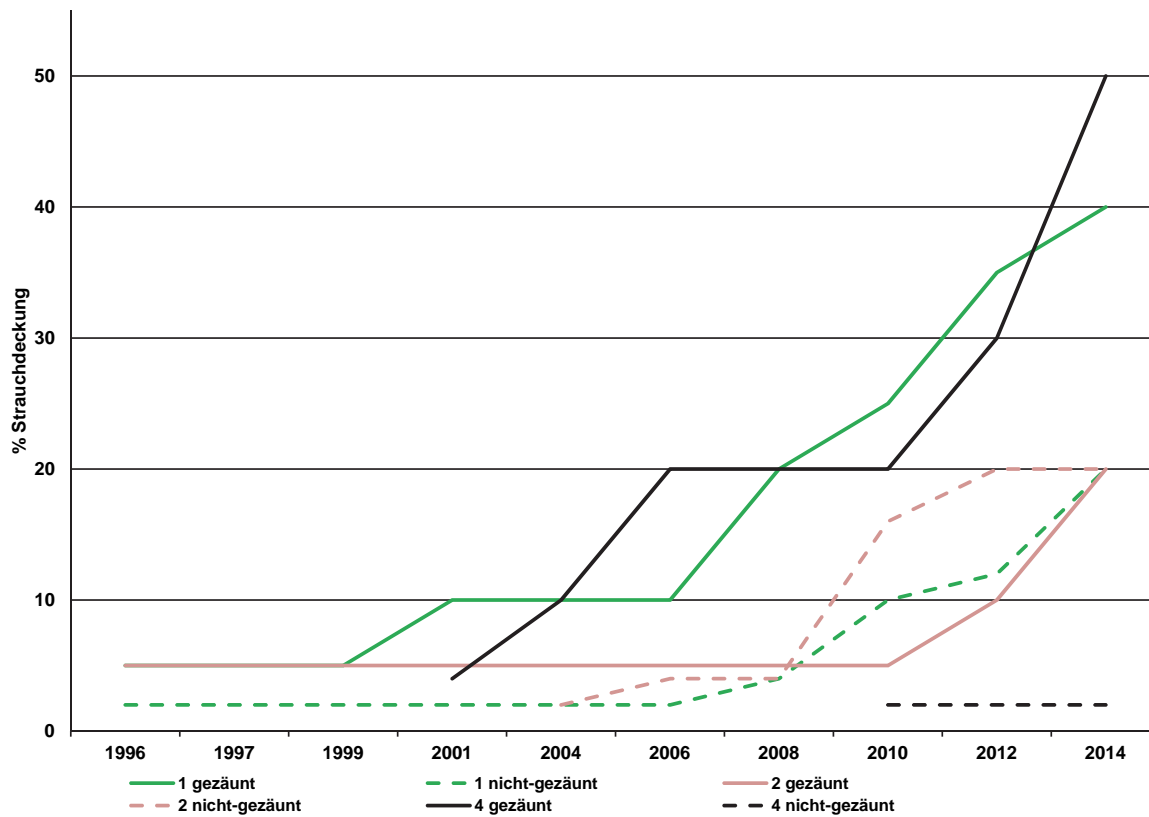


Abb. 16: Synoptische Darstellung der Entwicklung der Gehölzdeckung. Die Zeitskala der x-Achse ist teilweise gestaucht und nicht proportional dargestellt. Die Subplots 3z und 3n wurden nicht integriert; es stellte sich in beiden Typen nur ein Gehölz vom Rand her ein (im letzten Untersuchungsjahr 2014).

Verlust von immer mehr Arnika-Blütenständen in Fläche 3n und 3z genau an; beginnend mit 36 (3z) bzw. 56 (n) und endend mit 2 (z) im Jahr 2008 und dem Erlöschen 2012 bzw. mit 6 (n) im Jahre 2012 und Erlöschen im Jahr 2014.

Gewichtete Zeigerwerte der Feld- und Mooschicht nach Ellenberg (Tab. 6)

**Licht (Skala: 1-9):** Die *Calluna*-reiche Fläche (3) zeigt geringe Veränderungen des Licht-Zeigerwertes in der Zeitachse; die Fläche wird durch *Calluna vulgaris* mit hoher Lichtzahl 8 geprägt. Demgegenüber spiegelt sich vor allem die Zunahme von *Vaccinium myrtillus* (Lichtzahl 5) gegenüber *Calluna vulgaris* in einer Abnahme des Licht-Zeigerwertes der Fläche 1z von 6,6 auf 6,1 und bei 1n von 6,4 auf 5,9 wider. Die Flächen der Typischen Ausbildung der Flügelginster-Weide (2, 4) veränderten sich nur gering bezüglich dieses Faktors. Wenn man die Daten der Altfläche 2n aus dem Jahr 1977 betrachtet, sank der Licht-Zeigerwert in den knapp 40 Jahren von 6,7 auf 6,4.

**Feuchte (Skala trocken-nass: 1-9 für terrestrische Pflanzen):** Die Feuchte-Zeigerwerte weisen bei den Zwergstrauch-reichen Ausbildungen insgesamt eine Amplitude von 4,0 bis 4,4 auf, bei der Typischen Ausbildung von 4,2 bis 4,7 (Fläche 2) und 4,9-5,6 (Fläche 4). Die letztere Fläche in leichter Muldenlage zeigt somit frischere Bedingungen an, z. B. mit dem Moos *Rhytidiadelphus squarrosus* (Feuchte-Zeigerwert 6). Die Jahre 2012 und 2014 (mit höherer

Gehölzdeckung in 4z) weisen auch die höchsten Feuchte-Zeigerwerte auf (5,5; 5,6). Diese Tendenz gilt auch für die ungewichteten Werte.

**Reaktion (Skala 1-9):** Die Zwergstrauch-reichen Plots 1 und 3 liegen in stark durch Säurezeiger geprägter Vegetation (Werte von 1,5 bis 2,2); die Bestände der „Typischen Ausbildung“ der Flügelginster-Weide bei 2,4 bis 3,2 (Fläche 2) und 3,0-3,5 (Fläche 4). Die Deckungszunahme von *Calluna vulgaris* in 3z und 3n bedingt ein Sinken der Werte von 2,2 auf 1,5/1,6 im Laufe der 18 Jahre. Auch die Fläche 2 zeigt einen Abnahme (Zunahme von Säurezeigern wie Salbei-Gamander *Teucrium scorodonia*, Erlöschen von stärker basiphytischen Arten wie Hornklee *Lotus corniculatus*). Die Fläche 4 weist für diesen Faktor keine zeitlich gerichtete Entwicklung auf.

**Stickstoff, Nährstoffe (Skala 1-9):** Alle untersuchten Bestände im Weidfeld sind durch N-fliehende Pflanzenarten geprägt und weisen niedrige Werte zwischen 1,4 und 3,2 auf. Die niedrigen Werte unterstreichen für die untersuchten Flächen den Charakter der Flügelginster-Weiden auf nährstoffarmem Substrat. Die Abnahme der Werte in Fläche 3 von 2,4 auf 1,5 (3z) bzw. 2,3 auf 1,8 (3n) ist wiederum vor allem im Zusammenhang mit der Deckungszunahme von *Calluna vulgaris* zu sehen (N-Indikatorwert: 1). Die ungewichteten Werte weisen diese Abnahme nicht auf. Die anderen Flächen zeigen keine zeitlich gleichsinnig gerichteten Entwicklungen für diesen Faktor.

Tab. 6: Ellenberg-Zeigerwerte (ELLENBERG et al. 1991) der Aufnahmen in Tab. 2-5. Angegeben sind Mittelwerte pro Aufnahme, gewichtet und ungewichtet.

gezäumte Flächen 1996-2014													nicht-gezäumte Flächen (1996-2014, Fläche 2n auch 1977-1994)												
<b>Fläche 1</b>													<b>Fläche 2</b>												
<b>Gewichtet</b>													<b>Gewichtet</b>												
mLicht	1z96	1z97	1z99	1z01	1z04	1z06	1z08	1z10	1z12	1z14	1z14	1z14	1n96	1n97	1n99	1n01	1n04	1n06	1n08	1n10	1n12	1n14			
mFeuchte	6,6	6,7	6,6	6,4	6,3	6,3	6,3	6,2	6,1	6,1	6,1	6,1	6,4	6,1	5,9	5,9	5,8	5,7	5,7	5,7	5,7	5,9			
mReaktion	4,2	4,2	4,2	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0	4,2	4,1	4,2	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0			
mStickstoff/Nährstoffe	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	2,1	1,9	2,0	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9			
<b>Ungewichtet</b>													<b>Ungewichtet</b>												
<b>Fläche 1</b>													<b>Fläche 2</b>												
mLicht	1z96	1z97	1z99	1z01	1z04	1z06	1z08	1z10	1z12	1z14	1z14	1z14	1n96	1n97	1n99	1n01	1n04	1n06	1n08	1n10	1n12	1n14			
mFeuchte	6,5	6,5	6,5	6,5	6,1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,3	6,3	6,3	6,8	6,3	5,9	6,1	5,9	5,8	5,7	5,7	6,0	6,0			
mReaktion	4,5	4,5	4,3	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,0	4,0	4,0	4,5	4,4	4,7	4,5	4,6	4,3	4,5	4,5	4,0	4,0			
mStickstoff/Nährstoffe	2,5	2,7	2,9	2,4	2,3	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	3,5	2,6	2,4	2,4	2,3	2,2	2,3	2,3	2,2	2,2			
<b>Fläche 3</b>													<b>Fläche 4</b>												
<b>Gewichtet</b>													<b>Gewichtet</b>												
mLicht	3z96	3z97	3z99	3z01	3z04	3z06	3z08	3z10	3z12	3z14	3z14	3z14	3n96	3n97	3n99	3n01	3n04	3n06	3n08	3n10	3n12	3n14			
mFeuchte	6,8	6,9	6,9	7,0	7,0	7,0	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,0	7,0	7,0	7,0	6,9	7,1	7,1	7,1	7,1	6,9			
mReaktion	4,3	4,3	4,2	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0	4,4	4,4	4,3	4,2	4,1	4,2	4,1	4,1	4,1	4,0			
mStickstoff/Nährstoffe	2,2	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,2	2,1	2,0	1,8	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,6			
<b>Ungewichtet</b>													<b>Ungewichtet</b>												
<b>Fläche 3</b>													<b>Fläche 4</b>												
mLicht	3z96	3z97	3z99	3z01	3z04	3z06	3z08	3z10	3z12	3z14	3z14	3z14	3n96	3n97	3n99	3n01	3n04	3n06	3n08	3n10	3n12	3n14			
mFeuchte	6,9	6,9	6,9	6,8	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6	6,7	6,6	6,7	6,9	7,1	6,9	6,9	6,8	6,7	6,6	6,7	6,7	6,3			
mReaktion	4,5	4,4	4,4	4,5	4,3	4,4	4,4	4,4	4,5	4,3	4,3	4,3	4,5	4,6	4,5	4,6	4,6	4,4	4,5	4,5	4,5	4,5			
mStickstoff/Nährstoffe	3,5	2,6	2,5	2,3	2,4	2,3	2,1	2,0	1,8	2,0	2,0	2,0	3,4	3,1	3,0	3,0	2,0	2,6	2,0	2,0	2,0	1,8			
<b>Fläche 2</b>													<b>Fläche 4</b>												
<b>Gewichtet</b>													<b>Gewichtet</b>												
mLicht	2z96	2z97	2z99	2z01	2z04	2z06	2z08	2z10	2z12	2z14	2z14	2z14	2n96	2n97	2n99	2n01	2n04	2n06	2n08	2n10	2n12	2n14			
mFeuchte	6,7	6,7	6,8	6,9	6,8	6,6	6,7	6,6	6,5	6,5	6,5	6,5	6,7	6,3	6,5	6,4	6,5	6,5	6,4	6,4	6,5	6,4			
mReaktion	4,6	4,6	4,6	4,7	4,6	4,6	4,6	4,3	4,4	4,4	4,4	4,4	4,7	4,7	4,6	4,6	4,5	4,5	4,5	4,4	4,2	4,3			
mStickstoff/Nährstoffe	3,2	3,1	3,1	3,0	2,7	2,6	2,7	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	3,0	2,9	2,8	2,8	2,8	2,7	2,8	2,7	2,8	2,4			
<b>Ungewichtet</b>													<b>Ungewichtet</b>												
<b>Fläche 2</b>													<b>Fläche 4</b>												
<b>Gewichtet</b>													<b>Gewichtet</b>												
mLicht	2z96	2z97	2z99	2z01	2z04	2z06	2z08	2z10	2z12	2z14	2z14	2z14	2n96	2n97	2n99	2n01	2n04	2n06	2n08	2n10	2n12	2n14			
mFeuchte	6,8	6,9	6,8	6,8	6,8	6,8	6,7	6,7	6,5	6,5	6,5	6,5	6,8	6,9	6,8	6,8	6,9	6,7	6,8	6,8	6,7	6,7			
mReaktion	4,3	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,3	4,5	4,4	4,4	4,4	4,5	4,3	4,3	4,3	4,2	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3			
mStickstoff/Nährstoffe	3,7	3,6	3,6	3,4	3,1	2,9	2,9	3,0	2,9	2,8	2,8	2,8	3,3	2,9	3,0	2,9	3,1	3,1	3,0	3,0	3,2	2,9			
<b>Ungewichtet</b>													<b>Ungewichtet</b>												
<b>Fläche 4</b>													<b>Fläche 4</b>												
<b>Gewichtet</b>													<b>Gewichtet</b>												
mLicht	4z96	4z97	4z99	4z01	4z04	4z06	4z08	4z10	4z12	4z14	4z14	4z14	4n96	4n97	4n99	4n01	4n04	4n06	4n08	4n10	4n12	4n14			
mFeuchte	6,6	6,7	6,5	6,7	6,6	6,6	6,6	6,5	6,5	6,6	6,6	6,6	6,5	6,5	6,6	6,6	6,4	6,4	6,5	6,4	6,5	6,5			
mReaktion	5,1	5,4	5,3	5,4	5,4	5,4	5,3	5,4	5,5	5,6	5,6	5,6	5,2	5,2	5,1	5,1	4,9	5,1	5,2	4,9	5,1	5,2			
mStickstoff/Nährstoffe	3,3	3,6	3,3	3,4	3,3	3,2	3,0	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,4	3,2	3,2	3,2	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2			
<b>Ungewichtet</b>													<b>Ungewichtet</b>												
<b>Fläche 4</b>													<b>Fläche 4</b>												
<b>Gewichtet</b>													<b>Gewichtet</b>												
mLicht	4z96	4z97	4z99	4z01	4z04	4z06	4z08	4z10	4z12	4z14	4z14	4z14	4n96	4n97	4n99	4n01	4n04	4n06	4n08	4n10	4n12	4n14			
mFeuchte	6,8	6,8	6,7	6,7	6,8	6,7	6,8	6,6	6,5	6,6	6,6	6,6	6,8	6,7	6,7	6,6	6,7	6,5	6,7	6,6	6,5	6,5			
mReaktion	4,4	4,8	4,7	4,9	4,8	4,9	4,9	4,9	4,9	5,0	5,2	5,2	4,4	4,7	4,7	4,6	4,7	4,8	4,7	4,8	4,8	4,8			
mStickstoff/Nährstoffe	3,6	3,2	3,1	3,1	3,2	3,1	3,1	3,1	3,3	3,3	3,3	3,3	3,6	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,5	3,3			
<b>Ungewichtet</b>													<b>Ungewichtet</b>												
<b>Fläche 4</b>													<b>Fläche 4</b>												
<b>Gewichtet</b>													<b>Gewichtet</b>												
mLicht	3,4	3,0	3,1	3,1	3,0	3,1	2,8	2,9	2,7	2,6	2,6	2,6	3,4	4,0	3,8	3,4	3,5	3,3	3,2	3,2	3,1	3,8			



## 4.2 Entwicklungen im Luzulo-Fagetum-Vegetationskomplex und in seinen Ersatzgesellschaften

### 4.2.1 Dauerflächen im Luzulo-Fagetum (Flächen IV, V)

Die Bestände stocken an einem Hang mit teilweiser Blocküberlagerung (im Falle der Fläche IV 35° Hangneigung, W-exponiert, bei der Fläche V in einer Verflachung am Hang 20° Hangneigung, NNW-exponiert).

Hainsimsen-Buchenwald mit Heidelbeere (Luzulo-Fagetum *vaccinietosum myrtilli*): Dauerfläche IV (Tab. 7, Tab. 8, Abb. 17a-c)

Der untersuchte Altholz-Bestand des Luzulo-Fagetum *vaccinietosum myrtilli* (Abb. 17b-c) ist reich an Säurezeigern wie Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*), Geschlängelter Schmiele (*Deschampsia flexuosa*) und Weißer Hainsimse (*Luzula luzuloides*) sowie den säurezeigenden Moosen *Polytrichum formosum* und *Hypnum cupressiforme*.

Man erwartet in dieser Pflanzengesellschaft in knapp 40 Jahren keine großen Veränderungen. Bemerkenswert ist jedoch, dass die natürliche Dynamik zum Umsturz einer Altbuche führte, die auch noch schwächere Stämme mitriss (Abb. 17a); der Wurf lag in der Dauerfläche seit dem Jahr 2001 und war auch noch im Jahr 2013 physiognomisch prägend (Abb. 17b). Dies führte zu einer Verminderung der Baumschicht-Deckung von 80 % zu nur noch 55 %. Die Lichtstellung bedingte eine Erhöhung der Feld- und Mooschicht-Deckung und eine leichte Erhöhung der Artenzahl von 8 auf 12 in den Folgejahren (z. B. in der Feldschicht trat *Quercus petraea* auf mit Jungpflanzen), bevor die Artenzahl dann wieder ab 2006 leicht absank. Vor allem die Weiße Hainsimse (*Luzula luzuloides*) und die Geschlängelte Schmiele (*Deschampsia flexuosa*) profitierten mit Zunahmen der Deckung (die aber in den Jahren 2006 bzw. 2008 auf die Deckungswerte des Jahres 1999 zurückfielen), und die Moosart *Hypnum cupressiforme* etablierte sich neu.

Insgesamt vermittelte der Bestand im Jahr 1977 den Eindruck des durch die einstige Bewirtschaftung geformten Altersklassenwaldes. Durch den Baumwurf wurde diese Struktur über 10 Jahre hinweg mit einer großen Lichtlücke aufgelockert (Abb. 17b, c), ohne dass sich aber eine stark deckende Strauchschicht der Buche etablieren konnte. Die Strauchschicht blieb im Jahr 2014 immer noch bei nur 4 % Deckung. Die Kronenlücke wurde nach 13 Jahren fast kompensiert; die Kronendeckung lag im Jahr 2014 wieder bei 75 %.

Die gewichteten Reaktions-Zeigerwerte nach Ellenberg (Tab. 8) dokumentieren das Vorherrschen von Azidophyten und variieren im Laufe des Untersuchungszeitraumes zwischen 2,4 und 2,9. Die gewichteten Licht-Zeigerwerte in diesem Buchenbestand am Steilhang liegen zwischen 4,6 und 5,0 und sind damit für Buchenwälder relativ hoch, was der Lage am steilen Hang mit nicht ganz schließender Kronenschicht entspricht. Die Veränderungen nach dem Baumwurf ab dem Jahr 2001 werden von den Licht-Zeigerwerten nicht widerspiegelt. Dies korrespondiert mit der weitgehend fehlenden floristischen Umschichtung, die sich

hauptsächlich in Deckungszunahmen bereits vorhandener Arten zeigt (s. o.). Die Feuchte-Zeigerwerte entsprechen den Daten des alternden Birken-Pionierwaldes (Dauerfläche I) und sind identisch in beiden Flächen (4,9 gewichtet; 4,8 ungewichtet). Die gewichteten N-Zeigerwerte liegen niedrig (2014: 3,5) und veränderten sich praktisch nicht in der Zeitachse.

Hainsimsen-Buchenwald (Luzulo-Fagetum) mit Tanne: Dauerfläche V (Tab. 7, Tab. 8, Abb. 18a, b)

Dieser Bestand des Luzulo-Fagetum mit Tanne (Abb. 18a, b) weist in der Feldschicht sowohl Säurezeiger (z. B. *Luzula luzuloides* und das Moos *Polytrichum formosum*) als auch Mullbodenzeiger (z. B. Vielblütige Weißwurz *Polygonatum multiflorum* und Breitblättrige Stendelwurz *Epipactis helleborine*) auf und repräsentiert die artenreichste Ausbildung des Luzulo-Fagetum im Gebiet. Hinzu treten Luftfeuchte-Zeiger und durch Hangfeuchte geförderte Arten wie z. B. Frauenfarn (*Athyrium filix-femina*), Breitblättriger Dornfarn (*Dryopteris dilatata*) und Wurmfarne (*Dryopteris filix-mas*).

Der Bestand liegt in NNW-Lage am schwächer geneigten Hang im Vergleich zu Fläche IV und zeigte im Jahr 1977 eine Beteiligung der Weißtanne (*Abies alba*) an der Baumschicht von gut 20 %. Auch hier ereignete sich wie in der Fläche IV ein Baumwurf, durch den eine Tanne in die Dauerfläche fiel (Abb. 18a) und sogar im aufgeklappten Wurzelteiler den nordöstlichen Eckpunkt der Flächen-Versteinung hochriss. Dieser Wurf ereignete sich ca. ein Jahr vor der Aufnahme im Jahr 1993 und führte zu einer Tannendeckung von unter 5 %. Die Tannendeckung erhöhte sich erst wieder im Jahr 2012 auf den Braun-Blanquet-Wert 2a (s. Tab. 1). Auch wenn die Baumschicht-Deckung mit 75 % nach dem Baumwurf noch relativ hoch lag, kam es zu einer hohen Deckung der Feldschicht insbesondere durch die Weiße Hainsimse (*Luzula luzuloides*) und den Wald-Sauerklee (*Oxalis acetosella*) und zur Erhöhung der Artenzahlen auf 20 bzw. 23, die dann wieder sanken, aber bisher nicht den niedrigen Wert des Jahres 1977 (11) erreichten. Nach dem Baumwurf waren Schlagarten wie Trauben-Holunder (*Sambucus racemosa*), Himbeere (*Rubus idaeus*), Fuchs' Greiskraut (*Senecio ovatus*) und Gewöhnlicher Hohlzahn (*Galeopsis tetrahit*) im Bereich der Störzonen am Baumwurf vertreten, die seit dem Jahr 2012 (mit Ausnahme von *Sambucus racemosa*) wiederum fehlten. *Luzula luzuloides* zeigte ab dem Jahr 2006 wieder dieselbe Deckung wie im Jahr 1977.

Die gewichteten Ellenberg-Reaktionszahlen (Tab. 8) liegen deutlich höher als bei Fläche IV (zwischen 3,3 und 3,9); die Licht-Zeigerwerte markieren den dunkelsten Bestand der hier untersucht wurde (3,1 bis 3,9; Anstieg 1993, 1994 auf 3,9 nach dem Baumwurf; ungewichtet sogar auf 4,3; 4,2 bei einer Gesamt-Amplitude von 3,1 bis 4,3). Die Feuchte-Zeigerwerte liegen um 0,2 Einheiten höher als im Falle des „*vaccinietosum myrtilli*“ (2014: 5,1 versus 4,9 in Fläche IV; ungewichtet 5,1 versus 4,8). Die gewichteten N-Zeigerwerte steigen von 5,3 auf 6,0, die ungewichteten zeigen nicht diese Veränderungen (5,7 versus 5,6). Ersteres hängt mit der höheren Deckung des Breitblättrigen Dornfarns (*Dryopteris dilatata*) in den letzten beiden Aufnahmejahren zusammen, der den N-Zeigerwert 7 hat (s. dazu die kritische Diskussion).

Tab. 7: Pflanzensoziologische Aufnahmen der untersuchten Waldtypen. Fläche I: Birken-Pionierwald (Bir); III: Fichtenforst (Fi); Fläche IV: Luzulo-Fagetum vaccinietosum myrtilli (LFv); Fläche V: Luzulo-Fagetum mit Tanne (LFT). Zeitraum: 1977 bis 2014.

Table with columns for species names (e.g., Betula pendula, Picea abies, Quercus petraea) and multiple columns for sampling years and plots (e.g., I, Bir, 630, 630, 630, 630, 630). The table is divided into sections: Obere Baumschicht, Untere Baumschicht, Strauchschicht, and Felde schicht: Gehölze, verholzte Lianen.



Species	3417589		5293978		3417466		5293383		3416986		5293185		3416961		5293242	
	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m
<i>Oxalis acetosella</i>																
<i>Athyrium filix femina</i>																
<i>Rubus idaeus</i>																
<i>Dryopteris filix-mas</i>																
<i>Teucrium scorodonia</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Carex pilulifera</i>	+															
<i>Polygonatum multiflorum</i>																
<i>Epipactis helleborine</i>																
<i>Senecio ovatus</i>																
<i>Galeopsis tetralix</i>																
<i>Thelypteris phegopteris</i>																
<i>Agrostis capillaris</i>																
<i>Rubus fruticosus</i> agg.																
<i>Poa nemoralis</i>																
<i>Galium saxatile</i>																
<i>Calluna vulgaris</i>																
<i>Potentilla erecta</i>																
<i>Geranium robertianum</i>																
<i>Viola reichenbachiana</i>																
<i>Solidago virgaurea</i>																
<i>Hieracium muuronum</i>																
<i>Polypodium vulgare</i>																
<i>Phyteuma spicatum</i>																
<b>Moose</b>																
<i>Hypnum cupressiforme</i>																
<i>Dicranum scoparium</i>																
<i>Polytrichum formosum</i>																
<i>Hylacomium splendens</i>																
<i>Pleurozium schreberi</i>																
<i>Thuidium tamariscinum</i>																
<i>Scleropodium purum</i>																
<i>Atrichum undulatum</i>																
<i>Hylacomium brevirostre</i>																
<i>Leucobryum glaucum</i>																
<i>Rhytidolepium loreus</i>																
<i>Scapania nemorea</i>																
<i>Plagiommium cuspidatum</i>																
<i>Koordinaten:</i>																

Tab. 8: Ellenberg-Zeigerwerte (ELLENBERG et al. 1991) der Aufnahmen in Tab. 7. Angegeben sind Mittelwerte (m) der Zeigerwerte pro Aufnahme gewichtet und ungewichtet. x = indifferentes Verhalten bei den Aufnahmen mit sehr wenigen Arten im Fichtenforst.

Wald-Dauerflächen 1977-2014												
<b>Fläche IV Luzulo-Fagetum vaccinietosum myrtilli</b>												
<b>gewichtet</b>	IV77	IV93	IV94	IV97	IV99	IV01	IV04	IV06	IV08	IV10	IV12	IV14
mLicht	5,0	5,2	5,1	4,6	4,6	4,7	4,7	4,9	4,6	4,6	4,7	4,8
mFeuchte	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,9
mReaktion	2,4	2,8	2,7	2,8	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
mStickstoff/Nährstoffe	3,4	3,4	3,3	3,6	3,6	3,6	3,7	3,5	3,6	3,6	3,6	3,5
<b>ungewichtet</b>												
mLicht	5,0	5,0	4,8	4,9	4,8	4,9	5,1	4,9	4,8	4,8	4,8	4,8
mFeuchte	5,0	5,0	5,0	4,8	5,0	4,8	4,9	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
mReaktion	2,3	3,4	3,2	3,0	3,2	3,3	3,3	3,3	2,8	2,8	2,8	2,8
mStickstoff/Nährstoffe	3,5	4,0	3,3	3,0	3,3	3,3	4,0	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
<b>Fläche V Luzulo-Fagetum mit Tanne</b>												
<b>gewichtet</b>	V77	V93	V94	V97	V99	V01	V04	V06	V08	V10	V12	V14
mLicht	3,1	3,9	3,9	3,4	3,3	3,2	3,8	3,7	3,6	3,5	3,5	3,6
mFeuchte	5,2	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,0	5,0	5,0	5,1	5,1	5,1
mReaktion	3,8	3,3	3,4	3,4	3,7	3,6	3,7	3,8	3,8	3,8	3,9	3,8
mStickstoff/Nährstoffe	5,3	5,1	5,0	5,1	5,5	5,5	5,4	5,7	5,7	5,4	6,0	6,0
<b>ungewichtet</b>												
mLicht	3,1	4,3	4,2	4,0	3,7	3,6	4,2	3,9	3,6	3,7	3,4	3,7
mFeuchte	5,6	5,4	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,1
mReaktion	4,0	3,7	4,0	3,8	4,3	4,1	4,1	4,1	4,1	4,0	4,0	4,1
mStickstoff/Nährstoffe	5,7	6,0	6,0	5,4	5,6	5,7	5,8	5,7	5,7	5,8	5,7	5,6
<b>Fläche III Fichtenforst</b>												
<b>gewichtet</b>	III77	III93	III94	III97	III99	III01	III04	III06	III08	III10	III12	III14
mLicht	x	x	5,0	4,9	4,8	4,8	4,5	4,4	4,2	4,4	3,7	3,8
mFeuchte	x	6,0	x	4,2	4,5	4,8	4,4	4,7	4,9	5,2	5,2	5,2
mReaktion	x	x	x	4,0	4,0	3,8	3,8	3,5	3,5	3,6	3,7	3,7
mStickstoff/Nährstoffe	x	7,0	7,0	7,0	7,0	5,6	5,3	5,3	6,0	6,4	6,2	6,2
<b>ungewichtet</b>												
mLicht	x	x	5,0	4,5	4,5	4,7	4,6	4,5	4,1	4,9	4,8	4,8
mFeuchte	x	6,0	x	5,0	5,0	5,2	5,4	5,5	5,7	5,6	5,5	5,5
mReaktion	x	x	x	4,0	4,0	4,5	3,0	2,8	3,0	3,4	3,7	3,6
mStickstoff/Nährstoffe	x	7,0	7,0	7,0	7,0	5,8	5,2	5,2	5,6	5,9	6,1	5,8
<b>Fläche I Birken-Pionierwald</b>												
<b>gewichtet</b>	I77	I93	I94	I97	I99	I01	I04	I06	I08	I10	I12	I14
mLicht	5,6	5,4	5,4	5,4	5,6	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,3	5,3
mFeuchte	4,8	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,5	4,6	4,4	4,5	4,8	4,9
mReaktion	2,2	2,4	2,4	2,5	2,9	2,9	2,8	2,8	2,9	3,0	2,6	2,6
mStickstoff/Nährstoffe	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
<b>ungewichtet</b>												
mLicht	5,8	5,7	5,7	5,8	5,7	5,5	5,4	5,5	5,6	5,6	5,5	5,5
mFeuchte	4,7	4,2	4,2	4,2	4,4	4,4	4,7	4,8	4,6	4,6	4,7	4,8
mReaktion	2,7	3,0	3,0	3,2	3,2	3,1	2,9	3,0	3,2	3,3	3,0	2,8
mStickstoff/Nährstoffe	3,0	3,0	3,0	3,3	3,2	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0





Abb. 17a: Baumwurf im Luzulo-Fagetum vaccinietosum myrtilli (Fläche IV). Vorn rechts im Bild: Fruchtende Weiße Hainsimse (*Luzula luzuloides*). August 2001.



Abb. 17b: Blick auf die Fläche IV mit Baumwurf im Jahr 2013 (Luzulo-Fagetum vaccinietosum myrtilli, Oktober). Die Geschlängelte Schmieie (*Deschampsia flexuosa*) und Moose (u. a. *Polytrichum formosum*) bestimmen den dunkelgrünen Herbstaspekt der Feldschicht. Die Vermorschung der großen gefallenen Rotbuche schreitet voran.



Abb. 17 c: Detailspekt des „Lichtlochs“ im Luzulo-Fagetum vaccinietosum myrtilli, das durch den Baumwurf entstand und im Jahr 2010 noch vorhanden war (August-Aspekt). Des Weiteren sind zu erkennen: Die Moose *Polytrichum formosum* (Mitte), *Hypnum cupressiforme* (links unten) und eingestreut die feinen Blätter der Geschlängelten Schmieie (*Deschampsia flexuosa*) und die breiteren Blätter der Weißen Hainsimse (*Luzula albida*).





Abb. 18a: Baumwurf einer Tanne (*Abies alba*) mit aufgeklapptem Wurzelstumpf an der nordöstlichen Grenze der Dauerfläche V (Luzulo-Fagetum mit Tanne, März 1994). Ein Stein der Dauerflächen-Markierung wurde dadurch hochgehoben. In den Folgejahren senkte sich der Stamm auf den Waldboden (s. Abb. 18b).



Abb. 18b: Dauerfläche V (Luzulo-Fagetum mit Tanne) im August 2014: Blick nach Nordost. Der in Abb. 18a von der anderen Seite dargestellte Wurzelstumpf der gefallenen Tanne ist erkennbar. Wald-Sauerklee (*Oxalis acetosella*, vorn rechts), in der Bildmitte Wurmfarne (*Dryopteris filix-mas*) und Breitblättriger Dornfarn (*D. dilatata*) prägen in besonderer Weise die Feldschicht. Die Rotbuchen-Verjüngung in der Strauchschicht deckt 5 %.

#### 4.2.2 Fichtenforst auf Luzulo-Fagetum-Standort: Dauerfläche III (Tab. 7, Tab. 8, Abb. 19)

Im Jahr 1977 war diese Dauerfläche in einem Fichten-Stangenholz ohne Bewuchs in der Strauch-, Feld- und Moosschicht angelegt worden. In den knapp 40 Jahren sank die Deckung der Fichte (*Picea abies*) vor allem durch Stammbrüche von ursprünglich 95 % auf nur noch 30 % im Jahr 2014, und der Bestand wurde nach und nach von Arten der Feld- und Moosschicht besiedelt (Abb. 19). Eine Strauchschicht entwickelte sich nur schwach. Sie wird charakterisiert von dem für montane Schläge typischen Trauben-Holunder (*Sambucus racemosa*); potenzielle Baumarten der natürlichen Vegetation wie *Fagus sylvatica* und *Abies alba* finden sich mit kleinen Individuenzahlen (je unter fünf) in der Feldschicht. Auch *Picea abies* kommt in der Feldschicht vor. Die Fläche liegt benachbart von Beständen des Luzulo-Fagetum mit Tanne und weist inzwischen einige typische Arten der bodensauren Buchenwälder mit Tanne (in montan-luftfeuchter Lage) auf wie etwa die Farne *Dryopteris dilatata*, *D. filix-mas* und *Athyrium filix-femina*. Auch Schlagarten sind nach 1999 in der Feldschicht vorhanden (*Rubus idaeus*, nach 2008 auch *Senecio ovatus*). Die Artenzahl erhöhte sich von 1 (1977) auf 20 im Jahr 2014, davon 7 Gehölze, 9 Krautige/Gräser/Scheinsträucher und 4

Moosarten. Unter den Moosarten ist auch die bezeichnende Fichtenwald-Art *Rhytidiadelphus loreus*, die nach dem Jahr 2006 die Fläche besiedelte, und sonst in den umliegenden Buchenwäldern fehlt.

Die Ellenberg-Zeigerwerte (Tab. 8) können durch die zunächst sehr geringe Artenzahl für die Zeitreihe kaum interpretiert werden. Die gewichteten Werte für das Aufnahmejahr 2014 korrespondieren jedoch gut zur Dauerfläche V (Luzulo-Fagetum mit Tanne), die ein Modell für die zukünftige Entwicklung der Fläche III darstellt (Licht, gewichtet III: 3,8/ V: 3,6; Feuchte III: 5,2/ V: 5,1; Reaktion: III: 3,7/ V: 3,8). Die gewichteten N-Zeigerwerte entsprechen im Jahr 2014 weitgehend dem Luzulo-Fagetum mit Tanne (III: 6,2 versus V: 6,0 gewichtet bzw. 5,6 versus 5,8 ungewichtet).

#### 4.2.3 Birken-Pionierwald: Dauerfläche I (Tab. 7, Tab. 8, Abb. 20)

Floristisch differenzieren die Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*) und die Geschlängelte Schmiele (*Deschampsia flexuosa*) die Bestände dieser Dauerfläche und die der Fläche IV (Luzulo-Fagetum *vaccinietosum myrtilli*).

Im Laufe der knapp 40 Jahre kam es zu einer Erhöhung der Deckung der Hänge-Birke (*Betula pendula*) und nach dem Jahr 2008 wieder zu einer Abnahme der Deckung





Abb. 19: Fläche III (Fichtenforst) im Jahr 2014 (August). Aus der einartigen Fichten-Monokultur im Jahr 1977 hat sich ein Bestand mit 20 Arten entwickelt, der in der Krautschicht bereits Ähnlichkeiten mit dem Luzulo-Fagetum mit Tanne aufweist (z. B. mit Breitblättrigem Dornfarn *Dryopteris dilatata* in der Bildmitte). Die Stammbrüche, die den Bestand aufhellen, sind ebenfalls erkennbar.



Abb. 20: Alternder Birken-Pionierwald (Fläche I, Oktober 2013) mit (vorn) aufwachsenden Hainbuchen (*Carpinus betulus*). Teile von Stammbrüchen der Birken (*Betula pendula*) liegen am Boden.  
Foto: A. Kratochwil.

durch Stammbrüche. Es erhöhte sich der Anteil von Hainbuche (*Carpinus betulus*) in der unteren Baumschicht. Zusammen mit Trauben-Eiche (*Quercus petraea*) prägt die Hainbuche ein Zwischenwaldstadium (Abb. 20). Nach 2012 wuchs auch *Fagus sylvatica* in die untere Baumschicht auf, nachdem die Baumart nach dem Jahr 1997 in der Strauchschicht auftrat. Obwohl sehr eng benachbart am Hang ein Bestand des Luzulo-Fagetum stockt, traten erst nach den Jahren 1997/1999 regelmäßig *Fagus sylvatica*-Individuen in Feld- und Strauchschicht auf. Mit der Erhöhung der Deckung der Unteren Baumschicht verminderten sich Strauch- und Feldschicht. Lichtliebende Arten wie der Salbei-Gamander (*Teucrium scorodonia*) erloschen nach 2008, nachdem die Besenheide (*Calluna vulgaris*) bereits in der Wiederholungsaufnahme des Jahres 1993 nicht mehr nachweisbar war. Eine Verjüngung von Lichtgehölzen wie *Betula pendula* oder Zit-

terpappel (*Populus tremula*) ließ sich in späteren Jahren nicht mehr feststellen. Die Mooschicht ging ebenfalls zurück, auch im Zusammenhang mit dichteren Laubpackungen, die jetzt dem Boden auflagen. Im Untersuchungszeitraum fiel die Gesamt-Artenzahl von 20 auf 11.

Die Licht-Zeigerwerte (gewichtet) sanken im Gesamtzeitraum kontinuierlich von 5,6 auf 5,3. Die Reaktions-Zeigerwerte (gewichtet) stiegen hingegen von 2,2 auf 2,6, auch im Zusammenhang mit dem Ausfall einiger azidophytischer Arten (z. B. *Calluna vulgaris*, gleichzeitig Lichtzeiger). Die Reaktions-Zeigerwerte korrespondieren mit denen des Luzulo-Fagetum *vaccinietosum myrtilli* der Dauerfläche IV (2,4-2,9); dies trifft auch für die Feuchte-Zeigerwerte zu (beide Flächen 2014: 4,9). Die gewichteten N-Zeigerwerte (3,0-3,1) änderten sich nicht und waren noch geringer als die des Luzulo-Fagetum *vaccinietosum myrtilli* (3,3-3,7); s. dazu Tab. 8.

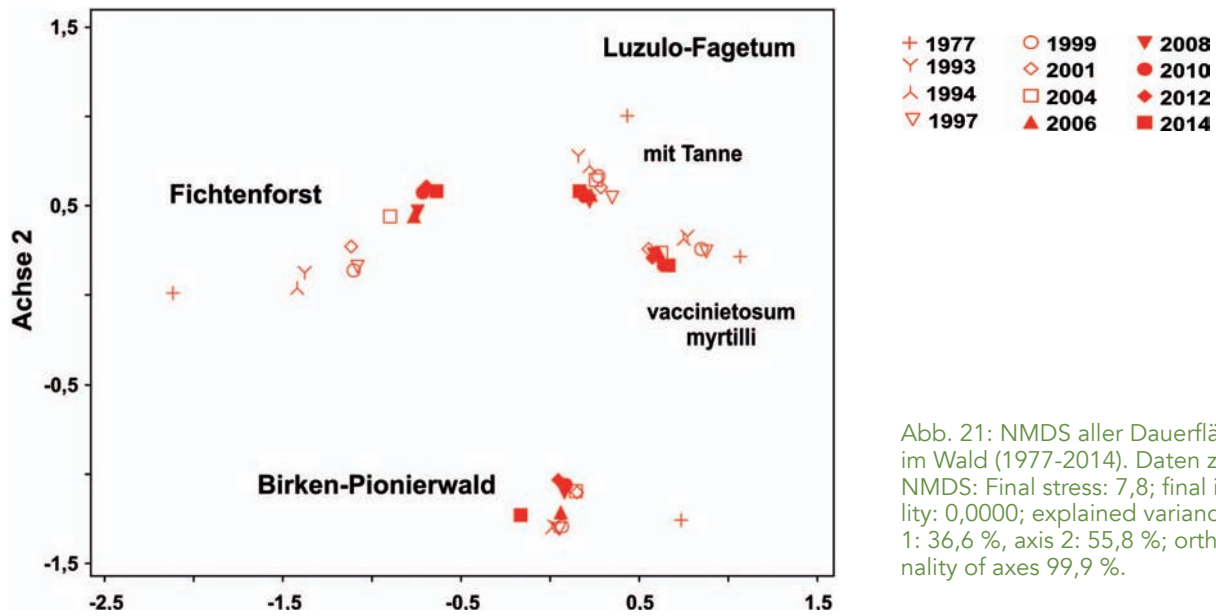


Abb. 21: NMS aller Dauerflächen im Wald (1977-2014). Daten zur NMS: Final stress: 7,8; final instability: 0,0000; explained variance axis 1: 36,6 %, axis 2: 55,8 %; orthogonality of axes 99,9 %.

#### 4.2.4 Überblick: Ordination der Wald-Dauerflächen (Abb. 21)

Die NMS zeigt die Zusammengehörigkeit der beiden Flächen des Luzulo-Fagetum (IV „vaccinietosum myrtilli“ und V mit Tanne) und die relativ geringen floristischen Veränderungen dieser Altholz-Bestände in knapp 40 Jahren (s. o.). Die Achse 2 erklärt hier 55,8 % der Varianz, Achse 1 erklärt 36,6 %.

Der Fichtenforst reicherte sich im Laufe der Untersuchungsperiode mehr und mehr mit Arten an, die eine Verbindung zum Luzulo-Fagetum mit Tanne aufzeigen (z. B. mit *Oxalis acetosella* und Farnpflanzen). Hier zeigt sich auch eine Entwicklung auf der aussagekräftigen Achse 2. Dieses Stadium floristischer Ähnlichkeit mit dem Luzulo-Fagetum

ist im Birken-Pionierwald nach dieser Gesamt-Ordination noch nicht erreicht worden, wenn auch *Fagus sylvatica* hier bereits in der unteren Baumschicht etabliert ist (s. o.). Der Birken-Pionierwald zeigt eine größere Verwandtschaft mit dem „vaccinietosum myrtilli“ als mit dem Tannen-reichen Luzulo-Fagetum (Abstand auf der Achse 2), was die standörtlichen Verhältnisse gut widerspiegelt. Die beiden Bestände des Luzulo-Fagetum entwickelten sich nach dieser Gesamt-Ordination nur wenig, jedoch ist der Ausgangspunkt im Jahre 1977 bei der Fläche V stärker abgesetzt. Zwischen der Altaufnahme und der erneuten Aufnahme im Jahre 1993 ereignete sich der Baumwurf einer Tanne (s. o.).

## 5 Diskussion

### 5.1 Weidfeld

#### 5.1.1 Gesellschafts-Zuordnung und -Charakteristika im Weidfeld

Die Offenland-Gesellschaft des Weidfeldes wurde im Ausgangsbestand dem Festuco-Genistetum sagittalis Issler 1929 zugeordnet. Das Wuchsgebiet der Flügelginster-Weide reicht von den Ardennen bis in den Vorderen Bayerischen Wald mit den Hauptverbreitungsgebieten im südwestlichen Teil des Areals (einschließlich der Vogesen). Die Gesellschaft gilt nach der „Roten Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands“ als stark gefährdet (RENNWALD 2000) und stellt auch einen prioritären Lebensraum innerhalb der Fauna-Flora-Habitatrichtlinie dar („Artenreiche Borstgrasrasen“: Typ 6230, s. LUBW 2013). Die Assoziation gehört zum Violion caninae-Verband mit Wärmezeigern, die den hochmontanen Borstgrasrasen fehlen, wie z. B. das Hundsvielchen (*Viola canina*), das Zierliche Labkraut (*Galium pumilum*), die Gewöhnliche Kreuzblume (*Polygala vulgaris*) und die Kleine Pimpernelle (*Pimpinella saxifraga*) (OBERDORFER 1993b; PEPPLER-LISBACH u. PETERSEN 2001).

Schon zu Beginn der Untersuchungen fehlten Düngezeiger im Weidfeld „Flüh“ weitgehend bzw. kamen in den Beständen der Typischen Ausbildung (Flächen 2, 4) nur mit sehr geringen Mengen vor. Inzwischen gibt es im Schwarzwald nur noch selten Flügelginster-Weiden mit vielen Nährstoff-Fliehern. HOBÖHM u. SCHWABE (1985) zeigten den starken Rückgang für das Messtischblatt 8013, Freiburg i.Br. SO, auf (seit 1954/55); für die extensiv bewirtschafteten Allmendweiden im weiteren Gebiet des Wiesetals wurde der Rückgang seit den 1950er Jahren von KERSTING u. LUDEMANN (1991) dokumentiert. Ein weiterer Rückgang konnte für den Zeitabschnitt 1979/80 bis 1989/90 insbesondere für den westlichen Südschwarzwald aufgezeigt werden (SCHWABE 1991). Die Ausbildung auf nährstoffreicherem Standort („trifolietosum“) charakterisiert heute die meisten Flügelginster-Weiden, wenn nicht die Flächen überhaupt in Fettweiden umgewandelt wurden.

Nach SCHWABE-BRAUN (1980a) liegen die mittleren Artenzahlen im „typicum“ bei 23 Arten (Mittel aus 107 Aufnahmen, Flächengröße zumeist 20-25 m<sup>2</sup>), im „trifolieto-



sum“ bei 27 Arten (Mittel aus 66 Aufnahmen, Flächengröße zumeist 20–25 m<sup>2</sup>). Unsere Aufnahme 2n hatte im Jahr 1977 nur wenige Düngezeiger und diese mit sehr geringer Menge (Rotklee *Trifolium pratense* 1, Sauerampfer *Rumex acetosa* +) bei einer Artenzahl von 20. Die Fläche entsprach noch weitgehend den typisch ausgebildeten Flügelginster-Weiden. Die von SCHREIBER et al. (2009) u. a. unter dem Gesichtspunkt der spontanen Sukzession untersuchte Fläche des „trifolietosum“ im Gebiet Fröhnd (s. Einführung) wies 26 Arten auf, eine daneben liegende Zwergstrauchreiche Fläche 20 Arten (je 25 m<sup>2</sup> Aufnahmefläche).

In Beständen der Flügelginster-Weide können Fazies-Bildungen der Zwergsträucher *Vaccinium myrtillus* und *Calluna vulgaris* auftreten, letztere vor allem an Süd- bzw. Südwest-Hängen, zumeist auf konvex geformten Aushagerungsstandorten. KRAUSE (1954) gibt an, dass im Bereich der Allmendweiden reine *Vaccinium myrtillus*-Fazies in Südwest-Lage fehlen. An voll besonnten Stellen kommt *Vaccinium myrtillus* in niedermontanen Lagen nur auf Sonderstandorten (z. B. Lesesteinhäufen mit feuchten Spalten) vor und ist in dieser Höhenlage auf (Halb-) Schattenstandorte beschränkt (s. aber die Flächen von SCHREIBER et al. 2009 am Waldrand in 800–850 m Höhe, wo sogar Wechsel zwischen den Zwergstrauchfazies in beide Richtungen beobachtet wurden). Auch MÜLLER (1969) beschreibt die Empfindlichkeit der Heidelbeere gegenüber voller Sonnenbestrahlung in der montanen Stufe in Süd- bzw. Westlage im Gebiet Zweribach (s. auch SCHUHWERK 1973).

### 5.1.2 Vegetationsdynamik im Weidfeld

Im Folgenden werden die in der Einführung formulierten Fragen zur strukturell-floristischen Dynamik und allgemein zur Sukzession der untersuchten Dauerflächen des Weidfeldes diskutiert:

- a) Welche floristisch-strukturellen Veränderungen zeigen sich im Weidfeld auf nicht-gezäunten bzw. gezäunten Flächen während der zeitlichen Entwicklung auch unter Berücksichtigung der gesamten Phytodiversität?

In drei der Untersuchungsflächen zeigt sich sowohl bei den gezäunten als auch den nicht-gezäunten Subplots ein bemerkenswerter Rückgang der Artendiversität. Die bereits seit dem Jahr 1960 brachliegenden Flächen hatten noch in den Jahren 1976/77 eine für Flügelginster-Weiden typische Artenzahl (s. o.). Zwischen den Jahren 2001 und 2006 sanken die Artenzahlen insbesondere im Falle der Zwergstrauchreichen Flächen auf sehr niedrige Werte; in der grasreichen Fläche 4 erfolgte der Artenrückgang bis in das Jahr 2012. Die einzige der untersuchten Flächen, die immer noch relativ hohe Artenzahlen hat, ist 2n (eingeschränkt auch 2z). Die Fläche 2n besitzt kleine offene Erdstellen (s. Ergebnisse). Diese belegen schwache bis mittlere Störungen, die allgemein als Schlüsselfaktoren für die Entwicklung einer höheren Phytodiversität gelten, weil hierdurch sogenannte „Regenerationsnischen“ ausgebildet werden (GRUBB 1977). Bei SCHWABE et al. (1989: 361) ist eine Aufnahme aus der Umgebung der Dauerfläche 2n wiedergegeben, die am Rande von Wühlmaus-Löchern auf 10 x 10 cm Keimlinge von *Rumex acetosella*, *Carex pilulifera*

und *Ornithopus perpusillus* aufführt (November 1988). Die Fläche 2n verliert ihre hohe Artenzahl nur sehr langsam; sie wies jedoch im Jahr 2014 bereits eine hohe Diversität an Gehölzen auf (7 Arten); diese Gehölze werden die weitere Sukzession wahrscheinlich beschleunigen.

In der Phase zwischen Aufgabe der Beweidung und den ersten Sukzessionsstadien der Brache sind generell die Artenzahlen in vielen Offenland-Ökosystemen noch relativ hoch, weil einige der Arten der vormaligen Bewirtschaftungsphase noch vorhanden, aber auch schon Versauungszeiger (im Falle der Brachen der Flügelginster-Weide z. B. der klonal wachsende Salbei-Gamander *Teucrium scorodonia*) vertreten sind. Ein einziger Klon des Salbei-Gamanders kann mehrere Quadratmeter bedecken (HUTCHINSON 1968). Auch Zeigerarten einer fortschreitenden Sukzession wie die Schlagart *Senecio ovatus* und einzelne Gehölzarten stellen sich bereits ein. Die Bedeutung von Zwischenstadien als „Diversitäts-Hotspots“ zeigt sich z. B. auch in Halbtrockenrasen (Mesobrometum) des Kaiserstuhls (KRATOCHWIL 1984; WILMANN 2009).

Arten wie Arnika (*Arnica montana*) profitieren in den Flügelginster-Weiden zunächst von der Brachlegung, weil sie sich üppig entfalten können und besonders große Blätter und viele Blütenstände in Brachestadien ausbilden (SCHWABE 1990). Sie können sich dann aber nicht mehr generativ vermehren und sterben lokal aus, wie in Fläche 3 gezeigt wurde, wo sich die Population immer mehr verkleinert hat. Es kommt hinzu, dass kleine Populationen geringere Diasporen-Gewichte und geringere Diasporen-Anzahlen haben (KAHMEN u. POSCHLOD 2000).

Die Ergebnisse zum Artenverlust bei längerer Brachlegung stehen im Einklang mit verschiedenen Untersuchungen zur spontanen Sukzession, konnten aber selten über einen so langen Zeitraum wie hier direkt beobachtet werden. Eine Ausnahme bilden die Untersuchungen von SCHREIBER et al. (2009). Die Autoren stellten auf einer Dauerfläche in Fröhnd (s. Einführung) ebenfalls einen dramatischen Artenrückgang fest (von 20 auf 7 Arten, ohne Moose, in knapp 30 Jahren). In einer daneben liegenden grasreichen Fläche des „trifolietosum“ hielt sich die Artenzahl in dieser Periode bei 26 Arten (ohne Moose, sogar mit *Polygala vulgaris*), aber auch hier erlosch *Arnica montana* nach 25 Jahren.

Aus anderen Untersuchungen liegen vorwiegend aktualistische Vergleiche von verschiedenen alten Brachen im Vergleich mit bewirtschafteten Flächen vor. So stellten DUPRÉ u. DIEKMANN (2001) in einem aktualistischen Vergleich in einem Gebiet in Schweden fest, dass beweidete Flächen durchweg artenreicher waren als brachliegende. Sie führten die Verluste auf das Fehlen von kleinen Störungen zurück, die als „key factor“ die Diversität immer wieder erhöhen (s. o.). Zudem reicherten sich die brachliegenden Flächen mit Gräsern und sonstigen Arten mit vegetativem Regenerationsvermögen an, so wie es auch in unserem Datensatz teilweise der Fall ist. Das Phänomen der zunehmenden Dominanz von bestimmten Gräsern wird auch als „grass encroachment“ (KOOIJMAN u. VANDERMEULEN 1996) bezeichnet und wurde z. B. in holländischen Dünengebieten (KOOIJMAN u. VANDERMEULEN 1996) und in oberrheini-

schen Sandrasen in Brachen belegt (Süss et al. 2010). Im Weidfeld „Flüh“ reicherte sich das Brachegras *Deschampsia flexuosa* zumindestens in einem Übergangszeitraum an (besonders ausgeprägt bei Fläche 2z), was auch anderen Untersuchungsergebnissen in Brachen von Borstgrasrasen im Schwarzwald entspricht (SCHWABE-BRAUN 1980a; SCHWABE 1990; BOGENRIEDER u. WILMANN 1991; SCHREIBER et al. 2009). Die Art tritt auch üppig auf nährstoffarmen Schlägen auf (s. z. B. SAYER u. REIF 1998).

In den Sandrasen der nördlichen Oberrheinebene (Süd-hessen) kam es in unbeweideten Flächen zu starken Streuakkumulationen vor allem durch das Land-Reitgras (*Calamagrostis epigejos*) und zu Abnahmen der Artenzahlen (SCHWABE et al. 2013). In den Flügelginster-Weiden der unteren montanen Stufe gibt es allerdings keine Hochgras-Art, die ähnlich konkurrenzfähig wäre wie *Calamagrostis epigejos* in Sandrasen oder das Wald-Reitgras (*Calamagrostis arundinacea*) in montan-hochmontanen Flächen (SCHWABE u. MANN 1990). Hochwüchsige *Calluna vulgaris*- oder in mehr beschatteten Bereichen *Vaccinium myrtillus*-Bestände, die auch zur Beweidungszeit mit geringerer Deckung sicherlich vorkamen, sind bei nährstoffarmen Bedingungen in den montanen Borstgrasrasen besonders konkurrenzfähig. Die Zunahme der Heidelbeere wurde auch auf den Sukzessionsparzellen von SCHREIBER et al. (2009) in Bernau und Todtmoos (Hochschwarzwald) festgestellt. Auch in England konnte PIGOTT (1983) die Zunahme von *Vaccinium myrtillus* in Brachen feststellen.

Es ist erstaunlich, wie üppig *Calluna vulgaris* noch gut 50 Jahre nach Aufgabe der Beweidung im Weidfeld „Flüh“ mit einer intensiven Vollblüte (in gezäunten und nicht-gezäunten Flächen) entwickelt ist. Dies widerspricht für unser Gebiet den für Großbritannien beschriebenen Phasen von GIMINGHAM (1972); nach seinen Ergebnissen beginnt nach 25-33 Jahren der Zerfall einer *Calluna vulgaris*-Fazies in einem Degenerationsstadium (KRATOCHWIL u. SCHWABE 2001: Abb. 7.71). In dieser Absterbephase können vermehrt Gehölze einwandern. In anderen Gebieten fehlen diese Phasen eher, es kommt z. B. zu azyklischen Fluktuationen durch Klimaextreme oder Phytophage oder zu hoher zeitlicher Konstanz (ELLENBERG u. LEUSCHNER 2010). Letzteres ist im Weidfeld „Flüh“ auf den noch nicht durch Gebüsche oder Bäume beschatteten Flächen in warmen Hanglagen der Fall.

b) Entspricht der Verlauf der Entwicklung im Weidfeld allgemeinen Prinzipien der sekundären Sukzession; wie sicher ist insbesondere die Prognostizierbarkeit der Gebüsch-Sukzession?

Zu den Grundprinzipien der sekundären Sukzessionen gehört die Bedeutung der floristischen Struktur des Ausgangsbestandes (EGLER 1954: „initial floristic composition“). Diese Ausgangssituation spielt auch für die Weidfeld-Sukzession eine große Rolle, denn die Grasfazies-reichen Bestände unterliegen zwar einer floristischen Umschichtung, die Gräser-Dominanz bleibt aber sehr lange erhalten (s. u.). Auch die *Calluna vulgaris*- und *Vaccinium myrtillus*-Bestände vergrößern sich je nach Standort. So korreliert der sogenannte Persistenz-Effekt („law of persistence“ sensu

DANSEREAU 1974) mit der floristischen Struktur des Ausgangsbestandes. Der Persistenz-Effekt besagt, dass manche Arten überleben und ihre räumliche Position behalten können, auch nachdem ihr Lebensraum sich verändert hat. Das trifft z. B. für die langen Sukzessionsstadien zu, die durch Graminoide geprägt werden (z. B. Geschlängelte Schmiehe *Deschampsia flexuosa* und Rotes Straußgras *Agrostis capillaris*, zeitweise auch das klonal wachsende Weiche Honiggras *Holcus mollis*). Dieses Phänomen wurde von KRAUSE (1974) als „Beharrungsvermögen grasreicher Bestände“ bezeichnet.

Wichtige Merkmale, die von DIERSCHKE u. BRIEMLE (2002) für sekundäre Sukzessionen im Kulturgrasland angegeben werden, sind: Strukturveränderungen, Entmischungen der Herden- und Musterbildung, Dominanzbildung, Verkrautung, Vergrasung, Veränderung der Artenverbindung, Versaumung, Artenverarmung, Klonbildung. Diese Merkmale können mit einer Ausnahme (Verkrautung) in den Dauerflächen im Weidfeld „Flüh“ festgestellt werden. Verkrautung spielt z. B. in Feucht- und Frischwiesenbrachen eine große Rolle, entsprechend zeigt sich im Weidfeld die zunehmende Bedeutung von Zwergsträuchern. Es kann auch eine Dominanz des Adlerfarns (*Pteridium aquilinum*) auftreten, so wie es in den Luftbildausschnitten (Abb. 5a, b) im südlichen Teil des Weidfeldes sichtbar ist.

Sekundäre Sukzessionen auf ehemaligem Acker (1) und Grasland-Sukzessionen (2) sind in der Prognose von sich einstellenden Gebüschstadien sehr unterschiedlich zu beurteilen. In manchen Fällen gibt es aber auch Überlappungen (s. u.):

Zu 1: Bei Äckern rekrutieren sich die ersten Sukzessionsstadien aus der Samenbank im Boden; auf ein Stadium mit Annuellen folgen Stauden- und Gebüschstadien. Nach knapp 20 Jahren konnte SCHMIDT (1998) bei seinen Freilandversuchen im „Göttinger Neuen Botanischen Garten“ ein *Fraxinus-Salix*-Stadium feststellen. Es ist ein ausgeprägter Artenwechsel nachweisbar, der nach vielen Untersuchungsergebnissen ähnliche Züge trägt, s. auch Abb. 7.94 bei KRATOCHWIL u. SCHWABE 2001). Distanzeffekte zu Gehölzen spielen aber auch hier eine Rolle (s. u.). Sukzessionen mit einer Samenbank-Art ereignen sich auch auf aufgelassenen Weidfeldern im ehemaligen Reutberg-Gebiet des Mittleren Schwarzwaldes, wo Brachen sehr rasch vom Besenginster (*Sarothamnus scoparius*) aus der Samenbank besiedelt werden (SCHWABE-BRAUN 1980b). In den Reutbergen fand eine turnusmäßige Ackerwirtschaft statt, so dass hier Merkmale von 1) und 2) auftreten.

Zu 2: Sekundäre Sukzessionen im Grasland sind sehr schwer vorherzusagen, das gilt z. B. für die Frage, wann sich Gehölze ansiedeln (KRATOCHWIL u. SCHWABE 2001). Neben der Bedeutung der floristischen Struktur des Ausgangsbestandes, tritt als weitere Steuervariable der Distanzeffekt zu Samenlieferanten hinzu (HARD 1975). Hierbei spielen auch Zufallsprozesse eine große Rolle. Der Distanzeffekt kann gemildert werden, wenn Samenbank-Arten vertreten sind; das trifft z. B. auch für einige Arten der Gehölze zu (z. B. *Crataegus*, der zwar durch Vögel ausgebreitet wird, aber auch eine Samenbank aufbaut, KOLLMANN 1994). Auch krautige Arten, die die neuentstandenen Gebüschkerne besiedeln (wie z. B. das windausgebreitete Fuchs' Greiskraut



*Senecio ovatus*) haben Startvorteile in der Besiedlung im ehemaligen Weidfeld „Flüh“, z. B. in Dauerfläche 3 (s. die Tab. 6 bei SCHWABE et al. 1989: *Crataegus*-Gebüsch mit hoher Stetigkeit von *S. ovatus*).

Bei den 35-jährigen Offenland-Untersuchungen von SCHREIBER et al. (2009) auf verschiedenen Standorten in Baden-Württemberg zeigte sich, dass nach dieser Zeitspanne ein 20 m hoher Pionierwald entstehen kann oder die Untersuchungsfläche völlig gehölzfrei ist mit Übergängen zwischen diesen Extremtypen. Im Bereich der spontanen Sukzession im Festuco-Genistetum sagittalis trifoliosum (Fröhnd, s. o.) lag die Gehölzdeckung nach 25 Jahren spontaner Sukzession bei knapp 5 % durch Pionierbaumarten und bei ca. 2 % durch zumeist von Vögeln ausgebreiteten Straucharten; 6 Jahre später hatte sich die Gehölzdeckung auf gut 25 % bzw. 5 % vergrößert. Die Fläche liegt am Waldrand mit einer angrenzenden Buchengruppe und einem Fichtenforst. SCHREIBER et al. (2009) berichten von Wildverbiss an Buche und Eiche. Das Gehölzarteninventar ist ähnlich wie im Weidfeld „Flüh“: *Fagus*, *Picea*, *Carpinus*, *Quercus*, *Crataegus*, *Prunus spinosa*, *Malus* und *Salix caprea*.

Das Weidfeld „Flüh“ war nach 17 Jahren Brachlegung noch relativ offen (SCHWABE-BRAUN 1977, 1979). Bei den im ehemaligen Weidfeld aufkommenden Gehölzarten handelt es sich zum großen Teil um zoochor ausgebreitete Arten, wie es auch von anderen Autoren für nicht bewirtschaftete Borstgras- und Trockenrasen angegeben wird (KOLLMANN 1992, 1994; HEINRICH et al. 2012; SCHREIBER et al. 2009). Im Bannwald „Flüh“ traten folgende vorwiegend endozoochor ausgebreitete Gehölze auf: *Crataegus*, *Frangula alnus*, *Prunus avium*, *Prunus spinosa*, *Rosa canina*, *Malus*, als Scheinsträucher: *Rubus idaeus* und *Rubus fruticosus* agg. (z. B. *R. bifrons*, *R. canescens*). Als schwerfrüchtige Arten, die dysozoochor (Verschleppen bzw. Verstecken von Diasporen durch Tiere) ausgebreitet werden, treten *Fagus*, *Quercus* und *Corylus* hinzu. Bei *Fagus* spielt auch die barochore Ausbreitung (der Schwerkraft folgend) eine größere Rolle (s. dazu BONN u. POSCHLOD 1998). An anemochor ausgebreiteten Sippen kommen vor: *Abies alba*, *Betula pendula*, *Acer pseudoplatanus* und *A. platanoides*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior*, *Picea abies*, *Populus tremula* und *Salix caprea*. (s. dazu neben den Tab. 2-5 auch die Aufnahmen-Vergleiche von SCHWABE et al. 1989 sowie SCHWABE-BRAUN 1977, 1979; KRAFT 1995). Bemerkenswert ist, dass das Grundmuster der Gehölzverteilung (Dispersion) im zentralen Weidfeld bereits zur Zeit der Beweidung bis in das Jahr 1960 angelegt war und zwar durch selektive Förderung bewehrter Gehölze bei Viehverbiss wie *Crataegus* und *Prunus spinosa*. Diese Entwicklung wurde für *Crataegus* bei SCHWABE et al. (1989) rekonstruiert. Die Gebüschsukzessionen gehen seit dem Brachliegen von diesen Gebüsch-Nuclei aus (Abb. 5), die sich vergrößern und in denen sich auch andere Gehölze im Halbschatten ansiedeln (z. B. als unbewehrtes Gehölz *Acer pseudoplatanus*; s. auch Abb. 10c im Hintergrund). Dies wird von KOLLMANN (1992, 1994) als „Anreicherungsphase“ bezeichnet. So hat sich z. B. in den Flächen 3z und 3n kein Gehölz neu angesiedelt, die Krone von *Crataegus* eroberte aber im Jahr 2014 von der Seite die Fläche. Der Bergahorn in Abb. 10c wird längerfristig durch

Besetzung eines großen Kronenraumes die Weißdorne und die Fläche 3z beschatten. KÜPPERS (1987) konnte diese Prozesse am Beispiel des Feldahorns (*Acer campestre*) untersuchen. Dort, wo *Prunus spinosa* vorkommt (relativ selten im Weidfeld), tritt ausgeprägtes Polykormonwachstum auf (s. Abb. 5a, b). Die Schlehe erobert nach SCHREIBER et al. (2009) auf mittelgründigen Böden 0,5 m im Jahr. Auch *Populus tremula* bildet Polykormone.

In anderen Lebensraum-Typen ist das Gehölzarten-Inventar viel diverser als in Weidfeldern des Südschwarzwaldes. Im aufgelassenen Halbtrockenrasen im Leutratal (Thüringen) erfolgte nach den Untersuchungen von HEINRICH et al. (2012) im Zeitraum von 20 bis 25 Jahren der Übergang von einem Rasen- in ein Gebüsch-Ökosystem. Es hatten sich auf einer 20 x 30 m<sup>2</sup> großen Fläche, ausgehend von vier Gehölzarten im Jahr 1972, im Jahr 1996 insgesamt 19 Arten und bis ins Jahr 2008 sogar 28 Arten eingestellt, darunter nur fünf anemochore Arten (*Fraxinus excelsior*, *Acer pseudoplatanus*, *Acer campestre*, *Clematis vitalba*, *Acer platanoides*). Viele der zoochor ausgebreiteten Gebüscharten sind wärmeliebend und fallen im Gebiet „Flüh“ aus. Daher sind durch die hohe Artenzahl der Gebüscharten auch die Artenzahlen im Leutratal seit dem Jahr 1990 wieder angestiegen, und dies sogar über die Ausgangsartenzahl. Nach einer Modellrechnung von HEINRICH u. VOIGT (2007) wird die Untersuchungsfläche im Leutratal nicht vor dem Jahr 2030 vollständig von Gebüsch bzw. Bäumen bedeckt sein, also 60 Jahre nach Aufgabe der Bewirtschaftung, das wäre im Gebiet „Flüh“ im Jahr 2020. Bedenkt man das eingeschränkte Gehölzinventar und die montane Prägung ist davon auszugehen, dass die Sukzession zum geschlossenen Gehölzbestand im Weidfeld „Flüh“ bei weitem länger dauert.

Nach den Ergebnissen in den Dauerflächen 1z und 4z wirkt hier und in standörtlich entsprechenden Teilbereichen des Weidfeldes auch der Wildverbiss retardierend, so wie es z. B. auch von KNAPP (1977) in Mesobromion-Landschaften festgestellt werden konnte sowie von SCHREIBER et al. (2009) z. B. in der untersuchten Sukzessionsparzelle einer Borstgrasreichen Flügelginsterweide in Bernau (Hochschwarzwald).

Für angewandte Gesichtspunkte (z. B. für die Frage nach dem Management von Flügelginster-Weiden zur Erhaltung der spezifischen Diversität) ist es wichtig, dass zwar die Flächen noch Jahrzehnte (hier gut 50 Jahre) gehölzfrei/-arm sein können, sich aber im Laufe der Brachlegung in der Regel die Artenverluste häufen, wie in dieser Untersuchung gezeigt werden konnte. Eine Ausnahme bilden Flächen, wo kleinflächig natürliche Störungen vorhanden sind; hier kann der Zeitraum der Artenverarmung verzögert sein.

## 5.2 Waldbestände

### 5.2.1 Gesellschafts-Zuordnung und -Charakteristika der Waldbestände

#### Luzulo-Fagetum Meusel 1937

Das Luzulo-Fagetum ist in Süddeutschland weit verbreitet (MÜLLER 1992) und kommt auch in den nördlichen deutschen Silikat-Mittelgebirgen (HEINKEN 1995; HÄRDLE et al. 2004) sowie in den Silikatgebieten von Belgien, Öster-

reich, der Schweiz, Tschechien und Slowenien vor (WILLNER 2002: Karte Fig. 11). Artenarmut mit z. T. nur 10 Pflanzenarten pro 100 m<sup>2</sup> einschließlich der Moosarten ist ein generelles Charakteristikum des Luzulo-Fagetum (HÄRDTELE et al. 2004).

Das Luzulo-Fagetum *vaccinietosum myrtilli* (Fläche IV) ist ein bezeichnendes Element der potenziellen natürlichen Vegetation von Baden-Württemberg und kennzeichnet ausgehagerte, Streu-arme, oft obere Hangstandorte. In der älteren Literatur werden solche Bestände auch als „myrtilletosum“ bezeichnet. Der Bestand entspricht sehr gut der Beschreibung bei REIDL et al. (2013).

Die Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*) erreicht in der Dauerfläche nur geringe Deckungsanteile, die 5 % nicht übersteigen. Die Bestände im Bannwald „Wehratal“ hatten zur Zeit der Untersuchungen von SCHUHWERK (1973) eine Heidelbeer-Deckung zwischen 25 % bis 50 %. Durch die lichtereren Verhältnisse lagen dort (bei z. T. nur 40 % Baumschicht-Deckung in den jüngeren Beständen) die Artenzahlen im Mittel mit 16 Arten höher als in unserer Dauerfläche (maximal 13 Arten). Unserem Bestand entspricht z. B. die Aufnahme von J. u. M. BARTSCH (1940: Tab. 27, Aufn. 3) mit 13 Arten aus Todnau (760 m ü. M., Südwest-exponiert). SCHUHWERK (1973) weist auf die geringe Luftfeuchte in den Beständen dieser Untergesellschaft hin. Auch im Bannwald „Flüh“ fehlen an diesem Aushagerungsstandort am Oberhang jegliche Indikatorpflanzenarten, die höhere Luftfeuchte indizieren. Das Auftreten von *Quercus petraea* in der Feldschicht unterstreicht die Lage des Gebietes an der Nahtstelle zwischen submontaner und montaner Stufe (paenemontan, s. dazu auch REIDL 2013: 77).

Für den Bestand der Dauerfläche V wird die in SCHWABE-BRAUN (1979) gewählte Bezeichnung „Luzulo-Fagetum mit Tanne“ beibehalten. Standörtlich entspricht diese Ausbildung dem Luzulo-Fagetum *athyrietosum*, montane Form, die von SCHUHWERK (1988) für den Hotzenwald ausgeschieden wurde, u. a. mit dem Wald-Frauenfarn (*Athyrium filix femina*) und dem Breitblättrigen Dornfarn (*Dryopteris dilatata*) als Trennarten. Die Artenzahlen betragen bei den 6 Aufnahmen der Typischen Ausbildung von SCHUHWERK (1988): 13, 7, 11, 15, 13, 10 (Tab. 16, 100 m<sup>2</sup>), bei dem hier untersuchten Bestand lag die Artenzahl im Jahr 1977 bei 11 (2014 bei 18), bei SCHWABE-BRAUN (1979, Tab. 2) sind drei weitere Aufnahmen mit Artenzahlen von 14-17 aufgeführt. BÜCKING (1985, 2004) konnte in einer vergleichbaren Gesellschaft (*Oxalis acetosella*-Fazies der *Festuca altissima*-Variante) im Bannwald „Conventwald“ (Mittlerer Schwarzwald, 820 m ü. M.) nur 6 bis 7 Arten auf sogar größeren Probestflächen von 200 m<sup>2</sup> nachweisen. Der Waldschwingel (*Festuca altissima*) fehlt in unserer Dauerfläche, kommt aber im Luzulo-Fagetum des Bannwaldes vor (SCHWABE-BRAUN 1979: Tab. 2, Aufn. 33).

#### Fichtenforst

WILLNER (2002) schreibt in seiner Revision der südmitteleuropäischen Buchenwälder, dass Nadelbäume in vielen Beständen des Luzulo-Fagetum stark überrepräsentiert sind. Die hier bearbeitete Dauerfläche stellt einen Extrem-

fall dar, denn sie wurde bewusst unter dem Gesichtspunkt angelegt, ein Modell für die zu erwartende Rückentwicklung zum Luzulo-Fagetum zu studieren. Typisch gerade für junge Fichten-Stangenhölzer auf Buchenwald-Standorten ist, dass eine Bodenflora weitgehend fehlt und dann allenfalls im fortschreitenden Stangenhholz-Alter eine allmähliche Begrünung durch schattenfeste Arten einsetzt (SCHLÜTER 1965). Durch die fehlende Durchforstung und durch frühe Abgänge der schwächeren Hölzer wurde die dunkle Stangenhholz-Phase jedoch gleich stärker durchlichtet. OBERDORFER (2001) weist darauf hin, dass der Wald-Sauerklee (*Oxalis acetosella*) oft in Fagetalia-Fichtenforst-Gesellschaften wächst; die Art war auch in der Dauerfläche im Gebiet „Flüh“ besonders charakteristisch.

Die Dauerfläche im Bannwald „Flüh“ kommt den von SCHLÜTER (1965) für den Thüringer Wald beschriebenen Sauerklee-Fichtenforsten nahe, die auch Himbeere (*Rubus idaeus*) und Wald-Frauenfarn (*Athyrium filix-femina*) enthalten; diese Gemeinschaft stockt auf frischen Böden und wird durch höhere Luftfeuchte charakterisiert.

#### Birken-Pionierwald

In der Ausgangssituation im Jahr 1977 entspricht der Bestand noch floristisch dem *Betulo-Quercetum petraeae* mit Lichtzeigern wie z. B. *Calluna vulgaris* und *Teucrium scorodonia* (s. dazu auch „Waldbiotopkartierung“ Code 56.30, KERNER u. GEISEL 2013 und WALENTOWSKI et al. 2006). Da der Bestand nur eine Phase repräsentiert und davon auszugehen ist, dass dieser auf Braunerde stockende Birkenwald (Profil bei BÜCKING 1979) auf potenziellem Luzulo-Fagetum *vaccinietosum myrtilli*-Standort wächst, wird hier die Bezeichnung „Birken-Pionierwald“ gewählt, die der Nomenklatur von DIERSCHKE (2014) folgt.

Das *Betulo-Quercetum* tritt im Bannwald auch als potenzielle natürliche Vegetation auf und ist bezeichnend auf flachgründigen Standorten am Fels (SCHWABE-BRAUN 1979: Abb. 1).

#### 5.2.2 Vegetationsdynamik in den Waldbeständen

Im Folgenden wird die in der Einführung formulierte Frage zur Dynamik in den untersuchten Wald-Dauerflächen diskutiert.

Welche Vegetationsentwicklungen gibt es in Altbeständen des Luzulo-Fagetum im Vergleich zum Fichtenforst und Birken-Pionierwald (die beiden letzteren auf potenziellem Luzulo-Fagetum Standort)?

Als „key driver“ der Waldentwicklung in Naturwaldreservaten wird die Baum-Mortalität angesehen (FRANKLIN et al. 1987); somit ist es eine günstige Voraussetzung, dass dieses „Experiment der Natur“ (KÖRNER 2002) sich in beiden Dauerflächen des Luzulo-Fagetum während der Untersuchungsperiode ereignete.

#### Luzulo-Fagetum

Beide Flächen im Luzulo-Fagetum entsprechen dem Befund, dass kleine Lücken („gaps“) für die Dynamik in reifen Buchenwäldern entscheidend sind: „Viele Beispiele zeigen, dass das normale Altern und der Zerfall der Wälder auf klei-



ner Fläche oder oft einzelbaumweise beginnt und schrittweise erfolgt“ (BÜCKING 1995). Untersuchungen in Quasi-Urwäldern der Buche in Albanien und der Slowakei demonstrieren ebenfalls, dass die Regeneration des Buchenwaldes in der Regel innerhalb der Schlussgesellschaft in oft nur kleinen Lücken erfolgt (TABAKU 1999; DRÖSSLER u. v. LÜPKE 2005; DRÖSSLER u. MEYER 2006; s. auch SCHMIDT u. HEINRICHS 2012 und ELLENBERG u. LEUSCHNER 2010).

KOMPA u. SCHMIDT (2003) definieren solche „gaps“ als Lücken im Kronendach, die vom umliegenden Bestand langfristig geschlossen werden können; die Restüberschirmung beträgt mehr als 20 %. Somit wird das Binnenklima des Waldes nicht gestört, was bei unseren Dauerflächen des Luzulo-Fagetum nach den Baumwürfen in beiden Flächen der Fall war.

Der Störung durch den Baumwurf zwischen den Jahren 1999 und 2001 entspricht in Fläche IV eine Erhöhung der Artenzahl (s. Kap. 5.2); zu den neu hinzugekommenen Arten gehören die Samenbank-Arten Gemeiner Hohlzahn (*Galeopsis tetrahit*) und Roter Traubenholunder (*Sambucus racemosa*), die von der Störung durch Quasi-Schlagbedingungen gefördert wurden. In Fläche V erhöhte sich die Artenzahl von 11 auf 20 bzw. 23 und sank erst im Jahr 2012 wieder ab. Die Samenbank-Arten *Rubus idaeus* und *Galeopsis tetrahit* sowie das windausgebreitete Fuchs' Greiskraut (*Senecio ovatus*) traten erst nach der Störung durch den Baumwurf auf. Schlagflur-Elemente waren in Fläche V nur an den Störstellen vorhanden. Das entspricht den Untersuchungen z. B. von FISCHER et al. (1990, 2002) im Bayerischen Wald, die in Fichtenwäldern Schlagflur-Elemente auf belassenen Sturmwürfen nur im Bereich der Wurzelteller fanden, hingegen großflächige Schlagfluren auf geräumten Windwurfflächen mit vielfältigen Bodenstörungen (FISCHER 2003).

Die schnelle Regeneration im Bestand der Flächen IV und V deckt sich mit den Angaben von KOMPA u. SCHMIDT (2003) für das südwestliche Harzvorland: „Es finden ... nur Modulationen nach den Einzelbaumwürfen mit kleinen Störungsflächen statt ohne bemerkenswerte Artenwechsel, es kommt jedoch zu einzelnen Verschiebungen der Dominanzverhältnisse z. B. der Graminoiden.“

Eine leichte Vergrasung, weitgehend vollständige Erhaltung der Waldboden-Flora und das Aufkommen der Buche in der Verjüngung sind in den Dauerflächen IV, V nachweisbar, so wie es auch von KOMPA (2004) für Bestände des Luzulo-Fagetum im Harzvorland beschrieben wurde. Es findet sich in unseren Beständen eine Vergrasung „en miniature“, wohingegen bei Sturmwurf-Flächen oder Schlägen auf saurem Substrat größere Gräser-Fazies z. B. der Geschlängelten Schmiele auftreten (*Deschampsia flexuosa*-Phase nach OBERDORFER 1993c z. B. im Luzulo-Fagion-Gebiet, *Deschampsia flexuosa*-Ges. nach SAYER u. REIF 1998 nach Sturmwürfen im Nordschwarzwald).

An Mulden-reichen Steilhang-Standorten des Luzulo-Fagetum mit Tanne können im Bannwald „Flüh“ nach Baumwürfen mit aufgeklappten Wurzeltellern die Bodenaufrisse großflächiger sein, so dass sich hier punktuell Schlagfluren einschließlich *Sambucus racemosa*-Gebüsche bilden (s. auch SCHWABE-BRAUN 1977, 1979).

Beide Bestände im Luzulo-Fagetum-Altholz stellen im Bannwald „Flüh“ somit ein Modell dar, wie die Regeneration der Waldgemeinschaft in kleinen Lücken stattfindet. Die *Fagus*-Verjüngung in Strauch- und Feldschicht zeigt keine Reaktion, die man zwingend auf die Lichtlücke zurückführen könnte. In beiden Beständen ist im Jahr 2014 eine Buchenverjüngung in der Strauchschicht mit 4-5 % Deckung vorhanden. Die Eichen-Jungpflanzen, die in den Jahren von 2001 bis 2008 in Fläche IV existierten, hätten wohl nur eine Chance auf längerfristige Etablierung gehabt, wenn die Lichtlücke größer gewesen wäre.

Die Artenzahlen der Höheren Pflanzen und Moose ist in beiden untersuchten Beständen des Luzulo-Fagetum recht niedrig (s. o.), wie es für Totalreservate typisch ist. M. SCHMIDT (2013) konnte an umfangreichem Aufnahmemaaterial in hessischen Naturwaldreservaten einen signifikant positiv linearen Zusammenhang zwischen Eingriffsstärke und Artenvielfalt nachweisen. Seine Daten zu Artenzahlen in Beständen des Luzulo-Fagetum liegen ebenfalls entsprechend niedrig. Bestimmte Störungszeiger, die von M. SCHMIDT (2013) beim Vergleich der Totalreservate mit bewirtschafteten Flächen nachgewiesen wurden, so z. B. das Schmalblättrige Weidenröschen (*Epilobium angustifolium*), fehlen unserem Bestand.

Es gibt allgemein bei den Dauerflächen im Altholz-Bereich des Luzulo-Fagetum im Bannwald „Flüh“ kaum Hinweise auf Zunahmen von Arten stickstoffreicher Böden (insbesondere solcher auf Böden mit vorherrschender Nitrifikation wie im Falle von *Urtica dioica*), so wie das z. B. von RÖDER et al. (1996) in der Buntsandstein-Rhön beim Vergleich von Aufnahmen der Jahre 1950 und 1990 festgestellt wurde. Bei unserer Dauerfläche V stiegen die N-Zeigerwerte von 5,3 auf 6,0 (gewichtet), nicht jedoch bei der ungewichteten Berechnung. Ersteres hängt mit dem recht hohen N-Zeigerwert von *Dryopteris dilatata* zusammen, der mit Menge 2a in den letzten beiden Untersuchungs Jahren auftrat (s. Ergebnisteil). Dieser hohe N-Indikatorwert ist allerdings kritisch zu hinterfragen (s. die Bemerkung zu den N-Indikatorwerten im Kap. 4.2).

EWALD et al. (2013) konnten beim Vergleich alter (aus den Jahren 1899-1975) und jüngerer (1976-2006) pflanzensoziologischer Aufnahmen (Anzahl: > 100.000) feststellen, dass für die verglichenen Zeitperioden in ganz Mitteleuropa der N-Zeigerwert (ungewichtet) zunahm.

DIERSCHKE (2013) und HEINRICHS et al. (2014) stellten im Gebiet des Göttinger Waldes Zunahmen von Efeu (*Hedera helix*) fest, die auch großräumig im temperaten Europa mit Hilfe von Dauerquadrat-Vergleichen für die Periode 1987 bis 2009 bestätigt werden können (VERHEYEN et al. 2012). DIERSCHKE (2013) und HEINRICHS et al. (2014) interpretieren die Zunahme dieser subatlantisch verbreiteten Sippe vor allem als Indikator für ein sich erwärmendes Klima, allerdings wird die Art auch durch geringere Schalenwild-Dichte gefördert (SCHMIDT u. HEINRICHS 2013). In unseren Luzulo-Fagetum-Dauerflächen konnte keine Zunahme beobachtet werden.

### Fichten-Forst

NIHLGÅRD (1970) unterscheidet in südschwedischen Fichtenforsten nach einer Phase der Artenverarmung in jungen Beständen (0-15 Jahre) eine Phase nackten Bodens, die nach 30 Jahren durch eine Phase der Wiedereinwanderung und nach 60 Jahren von einer Reifephase abgelöst wird. Unser Bestand zeigte 18 Jahre nach der Erstaufnahme (wo der Bestand die Phase 1 bereits hinter sich gelassen hatte) eine Wiedereinwanderung von krautigen Arten der Feldschicht: zunächst Stinkender Storchschnabel (*Geranium robertianum*), dann Breitblättriger Dornfarn (*Dryopteris dilatata*). Im Jahr 2001 waren vier Arten (Krautige und eine Grasart) vorhanden; nach knapp 25 Jahren kann man demnach von einer ersten Wiedereinwanderung sprechen. Die Reifephase wurde nur annähernd erreicht, bedingt durch Abgänge gebrochener Fichtenstämme und durch eine damit verbundene Auflockerung der Kronenschicht. Die Artenzahl war im Jahr 2014 mit 20 Arten weitaus höher als im Luzulo-Fagetum. Noch hat keine Waldbaumart sich in der Strauchschicht etablieren können, wenn auch *Fagus sylvatica* in der Feldschicht gut vertreten ist.

Die sich etablierenden Arten kommen aus der Samenbank (z. B. *Sambucus racemosa*, *Galeopsis tetrahit*) oder haben sehr kleine, leicht verfrachtbare Diasporen wie die Farnsippen. Der besonders schattentolerante Wald-Sauerklee (*Oxalis acetosella*) (Ellenberg-Lichtzahl 1) ist Selbst-

ausbreiter mit Schleuderfrüchten und Moderzeiger. *Oxalis acetosella* erreicht mit dem Schleudermechanismus maximale Ausstreuweiten von bis zu 2,4 m (BONN u. POSCHLOD 1998), dürfte aber auch bei Fichtenpflanzungen in den Ballen eingeschleppt werden. Die Samenbank von *Oxalis acetosella* ist nur kurzzeitig-temporär.

### Birken-Pionierwald

Im Zeitraum der Jahre 1977 bis 2014 ist es noch nicht zu einer vollständigen Ablösung der Birkenwald-Phase gekommen, wenn auch einige Birken schon abgängig sind und *Fagus sylvatica* im Jahr 2014 bereits die untere Baumschicht erreichte. Es stellten sich neben *Betula pendula* in der unteren Baumschicht *Carpinus betulus* und *Quercus petraea* ein, die eine Zwischenwald-Phase charakterisieren, begleitet von Artenverlusten durch Ausfall lichtliebender Arten der Feldschicht. *Fagus sylvatica* zeigt bei der Etablierung eine ausgesprochene „Lag-Phase“, die Jahrzehnte dauert. Dies deckt sich mit den Untersuchungsergebnissen von GREGOR u. SEIDLING (1997, 1998) auf einer Schlagfläche im osthessischen Bergland über den Zeitraum von 50 Jahren. HÄRDTLE et al. (2004) geben als weitere wichtige Holzart von Birken-Zwischenwald-Stadien auch die Vogelbeere (*Sorbus aucuparia*) an, die auch in unserem Bestand bis in das Jahr 2008 auftritt.

## 6 Synoptische Betrachtung

Das Weidfeld im Bannwald „Flüh“ kann als Modell für die Sukzessionsprozesse dienen, die in Brachen von Flügelnster-Weiden über einen Zeitraum von gut 50 Jahren (seit 1960) ablaufen. Die Fläche dient in besonderem Maße als „Freiland-Laboratorium“ für Untersuchungen, die auf einer entsprechend großen Fläche sonst nicht möglich wären. Es ist erstaunlich, wie lange einige der Flächen frei oder arm an Gehölzen blieben, jedoch spielt sich der dramatische Artenverlust, der weitgehend alle „Rote Liste-Arten“ einschließt, in der Regel bereits in der Offenlandphase ab. Störungen durch Weidetiere, die durch Tritt und Entzug von Pflanzenmasse z. B. Lückenkeimer fördern, können zwar in besonderen Fällen durch Störungen von Ameisen, Nagetieren oder bestimmten abiotischen Faktoren für kleinere Zeitabschnitte kompensiert werden, aber zur Erhaltung artenreicher Flügelnster-Weiden ist das Störregime einer extensiven Beweidung unbedingt notwendig. Eine Offenhaltung nur durch Enthurstungen erbringt diese Leistungen für die Erhaltung des gefährdeten Ökosystems nicht. So kann man aus den Entwicklungen dieser Sukzessionsfläche für die Erhaltung der gewachsenen Kulturlandschaft des montanen Südschwarzwaldes essentielle Schlüsse ziehen. Bemerkenswert ist auch, dass die Retardierung der Sukzession durch Wildverbiss zwar belegt werden konnte, jedoch nicht auf allen Flächentypen. Die Dauerflächen im

zentralen bewehrten Weißdorn-Hain zeigten keine Effekte des Wildverbisses.

Die Walduntersuchungen knüpfen im Falle des Birken-Pionierwaldes an ein Sukzessionsstadium der Weidfeld-Sukzession an und demonstrierten eine „Lag-Phase“ der Besiedlung durch die Rotbuche. Bei der Entwicklung zu einem Zwischenwald-Stadium mit Hainbuche und Traubeneiche in der unteren Baumschicht kommt es zu einem starken Artenrückgang in der Feldschicht, da lichtliebende Arten mehr und mehr ausfallen. Bemerkenswert ist, dass sich beide Wald-Ersatzgesellschaften in die Richtung der prognostizierten Untergesellschaften des Luzulo-Fagetum entwickelten. Die Bestände des Luzulo-Fagetum zeigen schließlich auf, dass die standortstypische Pflanzenarten-Diversität naturnaher bodensaurer Buchenwälder nicht sehr hoch aber spezifisch ist, wobei Moose und (in reicheren Ausbildungen) Farnpflanzen eine große Rolle spielen. Pflanzenarten-Diversität ist kein Wert an sich; es geht vielmehr um die standortsspezifische Diversität von naturnahen Wäldern, die oft niedrig aber frei von Störzeigern ist. Schlagbedingungen spiegeln sich bei Lücken („gap“)-Entstehung nur „en miniature“ wider (z. B. als punktuelle Vergrasung). Die ursprünglichen Standorte von Teilen der Schlagflora werden dabei deutlich. Die Lichtlücken-geprägte Waldgesellschaft restauriert sich relativ rasch aus eigener Kraft.



## Dank

Wir danken insbesondere Dr. W. Bücking (FVA Freiburg) für die jahrelange vertrauensvolle Zusammenarbeit, die auch nach seiner Pensionierung fortgesetzt wurde. Sie begann mit der Staatsexamensarbeit der Autorin und dem gemeinsamen Band über den Bannwald „Flüh“ in der Reihe „Waldschutzgebiete“. Dr. Bücking war bei der Auswahl der Dauerflächen sowohl im Jahr 1977 als auch im Jahr 1996 beteiligt und vermittelte darüber hinaus die technischen Arbeiten (Zaunbau durch das Forstamt Schönau, Kontrolle und gegebenenfalls Reparatur der Zäune durch die FVA). Frau Prof. Dr. O. Wilmanns (Freiburg) betreute 1976/1977 die pflanzensoziologische Untersuchung der Autorin im Bannwald „Flüh“, die als Staatsexamensarbeit an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br., Fakultät für Biologie, angenommen wurde und stellte freundlicherweise ein Foto des Weidfeldes aus dem Jahre 1976 zur Verfügung.

## Literatur

- ABEL, U.; RIEDEL, P. (2002): Bannwald „Scheibenfelsen“. Ber. Freiburger Forstliche Forschung 36, 4-47.
- BARTSCH, J.; BARTSCH, M. (1940): Vegetationskunde des Schwarzwaldes. Pflanzensoziologie 4, 229 S. Jena (G. Fischer).
- BOGENRIEDER, A.; WILMANNS, O. (1991): Der Einfluß von Schaf- und Rinderbeweidung auf die Weidfeldvegetation der Feldbergkuppe. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 66, 7-30.
- BONN, S.; POSCHLOD, P. (1998): Ausbreitungsbiologie der Pflanzen Mitteleuropas. 404 S. Wiesbaden (Quelle u. Meyer).
- BREUNIG, T.; DEMUTH, S. (1999): Rote Liste der Farn- und Samenpflanzen Baden-Württemberg; 3., neu bearbeitete Fassung. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU) (Hrsg.). Naturschutz-Praxis. Artenschutz 2. 161 S.
- BÜCKING, W. (1979): Bodenchemismus und Nährstoffe im Bannwald „Flüh“. In: Der Bannwald „Flüh“, Waldschutzgebiete im Rahmen der Mitt. der FVA 1, 81-101 und Anhang mit Tab. u. Abb.
- BÜCKING, W. (1984): Darstellung und Auswertung vegetationskundlicher Dauerbeobachtungen im Bannwald „Untereck“. Mitt. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg 108, 115-122.
- BÜCKING, W. (1985): Studien zur Vegetation und Ökologie des Bannwaldes „Conventwald“ im mittleren Schwarzwald. Tuexenia 5, 461-471.
- BÜCKING, W. (1995): Naturwaldreservate in Deutschland. Jahreshefte der Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg 151, 41-72.
- BÜCKING, W. (2003): Dynamik der Bannwald-Konzeption seit Gradmann 1900. In: FVA (Hrsg.): Dynamik in Bannwäldern. Erkenntnisse für eine naturnahe Waldwirtschaft. Waldschutzgebiete 1, 6-13. Freiburg i. Br.
- BÜCKING, W. (2004): Vegetation und Flora des Bannwaldes „Conventwald“. In: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) (Hrsg.): Bannwald „Conventwald“. Monographie. Waldschutzgebiete 2, 11-27. Freiburg i.Br.
- Dr. W. Drescher, damaliger Forstamtsleiter in Schönau, unterstützte die pflanzensoziologischen Arbeiten im Bannwald „Flüh“ und stellte unveröffentlichte Daten der Forstaufnahme zur Verfügung.
- Ass. des Forstdienstes P. Riedel (ö.konzept Freiburg) erstellte die Karte für diese Publikation, vermittelte und bearbeitete die Luftbildausschnitte, die von der FVA (Freiburg) zur Verfügung gestellt wurden. Dr. C. Storm (TU Darmstadt) unterstützte uns mit der kritischen Durchsicht der NMDS-Ordinationen. PD Dr. T. Gregor (Senckenberg Forschungsinstitut, Frankfurt a. M.) bestimmte einen Beleg aus der *Carex muricata*-Gruppe. Unser Sohn Claudius hat uns bei vielen Aufnahmeterminen der Dauerflächen begleitet und große Perfektion beim Wiederfinden der stets stark bemoosten Stein-Markierungen der Flächen I bis V entwickelt. Allen sei herzlich für die Hilfe gedankt.
- BÜCKING, W.; DIETERICH, H. (1976): Zur Bannwald-Forschung in Baden-Württemberg. AFZ 31, 327-329.
- BÜCKING, W.; OTT, W.; PÜTTMANN, W. (1994): Geheimnis Wald. Waldschutzgebiete in Baden-Württemberg. 194 S. Leinfelden-Echterdingen (DRW-Verlag).
- BÜRGER, K. (2004): Veränderungen von Waldökosystemen aufgrund historischer Nutzung im Schwarzwald und in den Vogesen. Diss. Freiburg i. Br. 145 S. und Anhang.
- DANSEREAU, P. (1974): Classification of successions and of their terminal stages. In: KNAPP, R. (Hrsg.): Vegetation Dynamics. Handbook of Vegetation Science 8, 123-135. The Hague.
- DENZ, O. (1991): Die Vegetation des Zastler Tales im Südlichen Schwarzwald. Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz N.F. 15 (2), 331-365.
- DIETMANN, M. (2003): Species indicator values as an important tool in applied plant ecology – a review. Basic Appl. Ecology 4, 493-506.
- DIERSCHKE, H. (2013): Konstanz und Dynamik in einem artenreichen Kalkbuchenwald. Veränderungen in einem Großtransekt 1981–2011. Tuexenia 33, 49-92.
- DIERSCHKE, H. (2014): Sekundärsukzession auf Kahlschlagflächen eines Buchenwaldes. Dauerflächenuntersuchungen 1997-2013. Tuexenia 34, 107-130.
- DIERSCHKE, H.; BRIEMLE, G. (2002): Kulturgrasland. 239 S. Stuttgart (Ulmer).
- DIETERICH, H. (1979): Der Bannwald „Flüh“ im Forstbezirk Schönau. In: Der Bannwald „Flüh“, Waldschutzgebiete im Rahmen der Mitt. der FVA 1, 76-80.
- DIETERICH, H.; MÜLLER, S.; SCHLENKER, G. (1970): Urwald von morgen. Bannwaldgebiete der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. 174 S. Stuttgart (Ulmer).
- DRESCHER, W. (1972): Wald- und Landschaft im oberen Wiesental. Das Markgräfler Land 3. 34, 19-33.
- DRESCHER, W. (1979): Bestandesgeschichte des Bannwaldes „Flüh“ im Fbz. Schönau. In: Der Bannwald „Flüh“, Waldschutzgebiete im Rahmen der Mitt. der FVA 1, 70-73.

- DRESCHER, W. (1989): Der Wald im Belchengebiet. In: LfU (Hrsg.): Der Belchen. Geschichtlich-naturkundliche Monographie des schönsten Schwarzwaldberges. Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württemberg 13, 481-536. Karlsruhe.
- DRÖSSLER, L.; LÜPKE, B. (2005): Canopy gaps in two virgin beech forest reserves in Slovakia. *Journal of Forest Science* 51, 446-457.
- DRÖSSLER, L.; MEYER, P. (2006): Waldentwicklungsphasen in zwei Buchen-Urwaldreservaten in der Slowakei. *Forstarchiv* 77, 155-161.
- DUPRÉ, C.; DIEKMANN, M. (2001): Differences in species richness and life history traits between grazed and abandoned grasslands in southern Sweden. *Ecography* 24, 275-286.
- EGLER, F. E. (1954): Vegetation science concepts. I. Initial floristic composition, a factor in old-field vegetation development. *Vegetatio* 4, 412-417.
- ELLENBERG, H.; LEUSCHNER, C. (2010): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 6. Aufl. 1333 S. Stuttgart (Ulmer).
- ELLENBERG, H.; WEBER, H. E.; DÜLL, R.; WIRTH, V.; WERNER, W.; PAULISSEN, D. (1991): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. *Scripta Geobot.* 18. 248 S. Göttingen (E. Goltze).
- EWALD, J.; HENNEKENS, S.; CONRAD, S.; WOHLGEMUTH, T.; JANSEN, F.; JENSSEN, M.; CORNELIS, J.; MICHIELS, H.-G.; KAYSER, J.; CHYTRÝ, M.; GÉGOUT, J.-C.; BREUER, M.; ABS, C.; WALENTOWSKI, H.; STARLINGER, F.; GODEFROID, S. (2013): Spatial and temporal patterns of Ellenberg nutrient values in forests of Germany and adjacent regions – a survey based on phytosociological databases. *Tuexenia* 33, 93-109.
- FISCHER, A. (2003): Forstliche Vegetationskunde. Eine Einführung in die Geobotanik. 3. Aufl. 421 S. Stuttgart (Ulmer).
- FISCHER, A.; ABS, C.; LENZ, F. (1990): Natürliche Entwicklung von Waldbeständen nach Windwurf. Ansätze einer „Urwaldforschung“ in der Bundesrepublik. *Forstwiss. Centralblatt* 109, 309-326.
- FISCHER, A.; LINDNER, A.; ABS, C.; LASCH, P. (2002): Vegetation dynamics in Central European forest ecosystems (near-natural as well as managed) after storm events. *Folia Geobotanica* 37, 17-32.
- FRANKLIN, J.F.; SHUGART, H.H.; HARMON, M.E. (1987): Tree death as an ecological process. *BioScience* 37, 550-556.
- GEMEINDEVERWALTUNGSVERBAND SCHÖNAU (2001): Zurück zum Urwald. Im Bannwald Flüh bleibt die Natur sich selbst überlassen. 33 S. Schönau (Selbstverlag).
- GIMINGHAM, C.H. (1972): Ecology of Heathlands. 266 S. London (Chapman & Hall).
- GREGOR, T. (2014): Die Verbreitung der *Carex-muricata*-Gruppe (Cyperaceae) in Südwestdeutschland. *Carolinea* 72, 63-87.
- GREGOR, T.; SEIDLING, W. (1997): 50 Jahre Vegetationsentwicklung auf einer Schlagfläche im ost-hessischen Bergland. *Forstwiss. Centralblatt* 116, 216-231.
- GREGOR, T.; SEIDLING, W. (1998): 50jährige Sukzession auf einer Schlagfläche im osthessischen Bergland – Folgerungen für den Naturschutz. *Schriftenr. Landschaftspfl. Natursch.* 58, 291-301.
- GROSSHERZOGL. BAD. MIN. DES INNERN (Hrsg.) (1889): Die Erhaltung und Verbesserung der Schwarzwaldweiden im Amtsbezirk Schönau. Amtliche Darstellung. Karlsruhe (mit Karte 1: 50.000).
- GRUBB, P.J. (1977): The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biol. Rev. Cambr. Philos. Soc.* 52, 107-145.
- HARD, G. (1975): Vegetationsdynamik und Verwaldungsprozesse auf den Brachflächen Mitteleuropas. *Die Erde* 106, 243-276.
- HÄRDITZ, W.; EWALD, J.; HÖLZEL, N. (2004): Wälder des Tieflandes und der Mittelgebirge. 252 S. Stuttgart (Ulmer).
- HARLFINGER, O. (1989): Witterung und Klima. In: LfU (Hrsg.): Der Belchen. Geschichtlich-naturkundliche Monographie des schönsten Schwarzwaldberges. Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württemberg 13, 419-440. Karlsruhe.
- HEINKEN, T. (1995): Naturnahe Laub- und Nadelwälder grundwasserferner Standorte im niedersächsischen Tiefland: Gliederung, Standortsbedingungen, Dynamik. *Diss. Bot.* 239, 1-311.
- HEINRICH, W.; VOIGT, W. (2007): Gehölzaufwuchs an den Röt- und Muschelkalkhängen um Jena (Thüringen): Ergebnisse von „Dauerflächenbeobachtungen im NSG „Leutratal“. *Landschaftspflege Naturschutz Thüringen* 44, 1-10.
- HEINRICH, W.; MARSTALLER, R.; VOIGT, W. (2012): Eine Langzeitstudie zur Sukzession in Halbtrockenrasen – Strukturwandlungen in einer Dauerbeobachtungsfläche im Naturschutzgebiet „Leutratal und Cospoth“ bei Jena (Thüringen). *Artenschutzreport* 30, 1-80.
- HEINRICHS, S.; SCHMIDT, W. (2013): Förster, Rehe, Stickstoff – oder doch allein der Klimawandel? Der Efeu (*Hedera helix* L.) als Indikator für Veränderungen in Buchenwäldern. *Schriftenr. Landesforstverw. Nordrhein-Westfalen* 23, 48-65.
- HEINRICHS, S.; WINTERHOFF, W.; SCHMIDT, W. (2014): 50 Jahre Konstanz und Dynamik im Seggen-Hangbuchenwald (Carici-Fagetum) – Ein Vergleich alter und neuer Vegetationsaufnahmen aus dem Göttinger Wald. *Tuexenia* 34, 9-38.
- HOBOHM, C.; SCHWABE, A. (1985): Bestandsaufnahme von Feuchvegetation und Borstgrasrasen bei Freiburg im Breisgau – ein Vergleich mit dem Zustand von 1954/55. *Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.* 75, 5-51.
- HUTCHINSON, T.C. (1968): Biological Flora of the British Isles: *Teucrium scorodonia*. *J. Ecol.* 56 (3), 901-911.
- KAHMEN, S.; POSCHLOD, P. (2000): Population size, plant performance, and genetic variation in the rare plant species *Arnica montana* L. in the Rhön Germany. *Basic Appl. Ecology* 1, 43-51.
- KERNER, A.; GEISEL, M. (2013): Waldbiotopkartierung. Kartierhandbuch. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA). 295 S. Freiburg i. Br.
- KERSTING, G.; LUDEMANN, T. (1991): Allmendweiden im Südschwarzwald – eine vergleichende Vegetationskartierung nach 30 Jahren. *Min. Ländl. Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Bad.-Württ.* (Hrsg.), 117 S. Stuttgart.
- KESEL, R. (2005): ELLEX – Programm zur Auswertung der Ellenbergschen Zeigerwerte. *Ecosurvey*, Büro Bremen.



- KNAPP, R. (1977): Dauerflächen-Untersuchungen über die Einwirkung von Haustieren und Wild während trockener und feuchter Zeiten in Mesobromion-Halbtrockenrasen in Hessen. Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. 19/20, 269-274.
- KOOIJMAN, M.; VAN DER MEULEN, F. (1996): Grazing as a control against 'grass-encroachment' in dry dune grasslands in the Netherlands. Landsc. Urban Plan. 34, 323-333.
- KOLLMANN, J. (1992): Gebüschentwicklung in Halbtrockenrasen des Kaiserstuhls. Natur und Landschaft 67, 20-26.
- KOLLMANN, J. (1994): Ausbreitungsökologie endozochorer Gehölzarten. In: LFU (Hrsg.) Veröff. Projekt „Angewandte Ökologie“ 9, 1-212 und Anhang. Karlsruhe.
- KOMPA, T. (2004): Die Initialphase der Vegetationsentwicklung nach Windwurf in Buchen-Wäldern auf Zechstein- und Buntsandstein-Standorten des südwestlichen Harzvorlandes. Diss. Univ. Göttingen. 190 S.
- KOMPA, T.; SCHMIDT, W. (2003): Buchenwald-Sukzession nach Windwurf auf Buntsandstein im südwestlichen Harzvorland. Tuexenia 23, 95-130.
- KÖNIG, E.; BAUMANN, B. (1990): Der Einfluss des Verbisses durch Rehwild auf die Naturverjüngung von Nadelwaldmischbeständen. Allg. Forst-Jagdzt. 161, 170-176.
- KOPERSKI, M.; SAUER, M.; BRAUN, W.; GRADSTEIN, S. R. (2000): Referenzliste der Moose Deutschlands. Schriftenr. f. Vegetationsk. 34, 3-519.
- KÖRNER, C. (2002): Ökologie. In: SITTE, P.; WEILER, E. W.; KADEREIT, J. W.; BRESINSKY, A.; KÖRNER, C. (Hrsg.): Strasburger Lehrbuch der Botanik. 35. Aufl. 889-1043. Heidelberg (Spektrum).
- KRAFT, S. (1995): Vegetationskundliche Untersuchungen im „Bannwald Flüh“ (Südschwarzwald). Diplomarbeit TH Darmstadt. 93 S. und Anhang (+ Vegetationskarte 1: 2.500).
- KRATOCHWIL, A. (1984): Pflanzengesellschaften und Blütenbesucher-Gemeinschaften: biozönologische Untersuchungen in einem nicht mehr bewirtschafteten Halbtrockenrasen (Mesobrometum) im Kaiserstuhl (Südwestdeutschland). Phytocoenologia 11 (4), 455-669.
- KRATOCHWIL, A.; SCHWABE, A. (1987): Weidbuchen im Schwarzwald als Zeugen extensiver Wirtschaftweisen: Rekonstruktion von Jugend- und Altersstadien durch aktualistischen Vergleich und Analysen von Stammquerschnitten. Forstwissenschaftliches Centralblatt 106, 300-311.
- KRATOCHWIL, A.; SCHWABE, A. (2001): Ökologie der Lebensgemeinschaften. 756 S. Stuttgart (Ulmer)
- KRAUSE, W. (1954): Zur ökologischen und landwirtschaftlichen Auswertung von Vegetationskarten der Allmendflächen im Hoch-Schwarzwald. Angew. Pflanzensoz. 2 (Aichinger-Festschrift), 1076-1100.
- KRAUSE, W. (1974): Bestandsveränderungen auf brachliegenden Wiesen. Das wirtschaftseigene Futter 20 (1), 51-65.
- KÜPPERS, M. (1987): Hecken – ein Modellfall für die Partnerschaft von Physiologie und Morphologie bei der pflanzlichen Produktion in Konkurrenzsituationen. Naturwissenschaften 74, 536-547.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. (1998): Numerical Ecology. 2<sup>nd</sup> English edition. 853 S. Amsterdam (Elsevier Science).
- LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) (2013): FFH-Lebensraumtyp 6230\* Artenreiche Borstgrasrasen\*. www.lubw.baden-wuerttemberg.de. 4 S. Karlsruhe. Zugriff: 28.02.2015.
- LUDEMANN, T. (1992): Im Zweribach – vom nacheiszeitlichen Urwald zum „Urwald von morgen“. Beih. Veröff. Natursch. Landsch.pfl. Bad.-Württ. 63, 1-268.
- LUDEMANN, T.; BETTING, D. (2009): Jahrringanalytische Untersuchungen an Weidbuchen im Südschwarzwald. Mitt. Ver. Forstl. Standortkunde u. Forstpflanzenzüchtung 46, 83-107.
- LUDEMANN, T.; SCHOTTMÜLLER, E. (2000): Bannwald „Feldseewald“ im Schwarzwald. Zur Vegetation und Geschichte des Feldseewaldes. Ber. Freiburger Forstliche Forschung 24, 1-24.
- MCCUNE, B.; GRACE, J. B. (2002): Analysis of Ecological Communities. 304 S. Oregon, USA (MjM Software, Gleneden Beach).
- MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. (2011): PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 6.0 for Windows.
- METZ, R.; REIN, G. (1958): Geologisch-petrographische Übersichtskarte des Südschwarzwaldes 1: 50.000 (mit Erläuterungen). Lahr.
- MICHIELS, H.-G.; unter Mitarbeit von KAYSER, J.; MORELL, M.; PISOKE, T.; SCHMIEDER, M. (2014): Überarbeitung der standortkundlichen regionalen Gliederung von Baden-Württemberg. standort.wald 48, 7-40.
- MÖLDER, A.; MEYER, P.; STEFFENS, R.; PARTH, A.; SCHMIDT, W. (2009): 33 Jahre nach dem letzten Hieb – Zur Entwicklung der Bestandesstruktur im Naturwald „Großer Freeden“ (Teutoburger Wald). Allg. Forst-Jagdzt. 180, 195-205.
- MÜLLER, K. (1989): Die Landwirtschaft um den Belchen mit besonderer Berücksichtigung der Gemeinschaftsweiden. In: LFU (Hrsg.): Der Belchen. Geschichtlich-naturkundliche Monographie des schönsten Schwarzwaldberges. Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württemberg 13, 441-470. Karlsruhe.
- MÜLLER, T. (1969): Die Vegetation im Naturschutzgebiet Zweribach. Veröff. Landesst. Natursch. Landsch.pfl. Bad.-Württ. 37, 81-101.
- MÜLLER, T. (1992): Verband: Fagion sylvaticae. In: OBERDORFER, E. (Hrsg.): Süddeutsche Pflanzengesellschaften Teil IV, 157-172 u. Tab. Stuttgart (Fischer).
- NIHLGÅRD, B. (1970): Vegetation types of planted spruce forests in Scania, Southern Sweden. Bot. Notiser 123, 310-337.
- OBERDORFER, E. (1957): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. 1. Aufl. 564 S. Jena (Fischer).
- OBERDORFER, E. (Hrsg.) (1992): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. 2. Aufl. Teil IV. 2 Bde. 282 S. und 580 S. Jena (Fischer).
- OBERDORFER, E. (Hrsg.) (1993a): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. 3. Aufl. Teil II. 355 S. Jena (Fischer).
- OBERDORFER, E. (1993b): Nardo-Callunetea. In: OBERDORFER, E. (Hrsg.): Süddeutsche Pflanzengesellschaften Bd. II, 208-248. Jena (Fischer).
- OBERDORFER, E. (1993c): Epilobietea angustifolii. In: OBERDORFER, E. (Hrsg.): Süddeutsche Pflanzengesellschaften Bd. II, 299-328. Jena (Fischer).
- OBERDORFER, E. unter Mitarbeit von SCHWABE, A. und MÜLLER, T. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 8. Aufl. 1051 S. Stuttgart (Ulmer).

- PEPLER-LISBACH, C.; PETERSEN, J. (2001): Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands 8. Calluno-Ulicetea Teil 1: Nardetalia strictae. Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft (Hrsg.). 117 S. Göttingen (Goltze).
- PIGOTT, C.D. (1983): Regeneration of oak-birch woodland following exclusion of sheep. *J. Ecol.* 71, 629-646.
- REIDL, K.; SUCK, R.; BUSHART, M.; HERTER, W.; KOLTZENBURG, M.; MICHIELS, H.-G.; WOLF, T. unter Mitarbeit von AMINDE, E.; BORTT, W. (2013): Potentielle Natürliche Vegetation von Baden-Württemberg. LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Hrsg.). Naturschutz-Spectrum. Themen 100. 342 S. + Karten. Heidelberg (Verlag Regionalkultur).
- RENNWALD, E. (Koord.) (2000): Rote Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands mit Anmerkungen zur Gefährdung. *Schriftenr. f. Vegetationsk.* 35, 393-592.
- RÖDER, H.; FISCHER, A.; KLÖCK, W. (1996): Waldentwicklung auf Quasi-Dauerflächen im Luzulo-Fagetum der Buntsandsteinrhön (Forstamt Mittelsinn): zwischen 1950 und 1990. *Forstw. Cbl.* 115, 321-335.
- SAYER, U.; REIF, A. (1998): Entwicklung der Vegetation im überregionalen Vergleich. In: FISCHER, A. (Hrsg.): Die Entwicklung von Wald-Biozönosen nach Sturmwurf: 146-168. Landsberg (Ecomed).
- SCHIEFER, J. (1981): Bracheversuche in Baden-Württemberg. *Beih. Veröff. Natursch. Landschaftspfl. Bad.-Württ.* 22, 1-325. Karlsruhe.
- SCHLÜTER, H. (1965): Vegetationskundliche Untersuchungen an Fichtenforsten im Mittleren Thüringer Wald. *Die Kulturpflanze* 13, 53-99.
- SCHMIDT, M. (2013): Vegetationsentwicklung in Buchenwäldern nach Aufgabe der forstlichen Nutzung. *AFZ-Der Wald* 24, 14-15.
- SCHMIDT, W. (1998): Sukzession auf brachliegenden landwirtschaftlichen Nutzflächen. *Naturschutz u. Landschaftsplanung* 30, 254-258.
- SCHMIDT, W.; HEINRICHS, S. (2012): 13 Jahre nach dem Sturm – Vegetationsentwicklung im Buchenwald „Königsbuche“ (südwestliches Harzvorland, Niedersachsen). *Hercynia* 45, 81-110.
- SCHMIDT, W.; HEINRICHS, S. (2013): Förster, Rehe, Stickstoff – oder doch allein der Klimawandel? Der Efeu (*Hedera helix* L.) als Indikator für Veränderungen in Buchenwäldern. *Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Nordrhein-Westfalen* 23, 48-65.
- SCHREIBER, K.-F. (1986): Sukzessionsstudien an Grünlandbrachen im Hochschwarzwald. *Abh. Westf. Mus. Naturk.* 48 (2/3), 81-92.
- SCHREIBER, K.-F. (1997): Sukzessionen – eine Bilanz der Grünlandbracheversuche in Baden-Württemberg. In: LFU (Hrsg.) Veröff. Projekt „Angewandte Ökologie“ 23, 1-188. Karlsruhe.
- SCHREIBER, K.-F. (2005): Offenhaltung von Landschaften – Wissenschaftliche Begleituntersuchungen auf Brachflächen mit unterschiedlichem Management in Baden-Württemberg. *Laufener Seminarbeiträge* 1/04, 33-53.
- SCHREIBER, K.-F.; BRAUCKMANN, H.-J.; BROLL, G.; KREBS, S.; POSCHLOD, P. (2009): Artenreiches Grünland in der Kulturlandschaft. 35 Jahre Offenhaltungsversuche Baden-Württemberg. LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Hrsg.). *Naturschutz-Spectrum. Themen* 97. 420 S. Heidelberg (Verlag Regionalkultur).
- SCHREIBER K.-F.; SCHIEFER, J. (1985): Vegetations- und Stoffdynamik in Grünlandbrachen – 10 Jahre Bracheversuche in Baden-Württemberg. *Münstersche Geogr. Arb.* 20, 111-154.
- SCHUHWERK, F. (1973): Die Vegetation des Bannwalds Wehratal im Südschwarzwald. Staatsexamensarbeit Fakultät für Biologie. 70 S. und Anhang. Freiburg i. Br.
- SCHUHWERK, F. (1988): Naturnahe Vegetation im Hotzenwald (Südöstlicher Schwarzwald). Diss. Univ. Regensburg. 526 S. und Anhang. (online verfügbar als Sonderband der Bayerischen Botanischen Ges., <http://bbgev.de/sonderbaende.html>)
- SCHWABE, A. (1990): Syndynamische Prozesse in Borstgrasrasen: Reaktionsmuster von Brachen nach erneuter Rinderbeweidung und Lebensrhythmus von *Arnica montana*. *Carolinaea* 48, 45-68.
- SCHWABE, A. (1991): A method for the analysis of temporal changes in vegetation pattern at the landscape level. *Vegetatio* 95, 1-19.
- SCHWABE, A.; KRATOCHWIL, A. (1987): Weidbuchen im Schwarzwald und ihre Entstehung durch Verbiß des Wälderviehs: Verbreitung, Geschichte und Möglichkeiten der Verjüngung. *Beih. Veröff. Naturschutz u. Landschaftspflege Baden-Württemberg* 49. 120 S. Karlsruhe.
- SCHWABE, A.; KRATOCHWIL, A.; BAMMERT, J. (1989): Sukzessionsprozesse im aufgelassenen Weidfeld-Gebiet des „Bannwald Flüh“ (Südschwarzwald): 1976-1988. Mit einer vergleichenden Betrachtung statistischer Auswertungsmethoden. *Tuexenia* 9, 351-370.
- SCHWABE, A.; MANN, P. (1990): Montane Schlagrasen (*Calamagrostis arundinacea-Senecio fuchsii*-Ges.) als Elemente von Zippammer (*Emberiza cia*)-Habitaten im Südschwarzwald. *Mitt. bad. Landesver. Naturk. Naturschutz* N. F. 15 (1), 39-50.
- SCHWABE, A.; SÜSS, K.; STORM, C. (2013): What are the long-term effects of livestock grazing in steppic sandy grassland with high conservation value? Results from a 12-year field study. *Tuexenia* 33, 189-212.
- SCHWABE-BRAUN, A. (1977): Pflanzensoziologische Untersuchung des Bannwaldes „Flüh“ bei Schönau (Südschwarzwald). Staatsexamensarbeit Biol. Inst. II, Universität Freiburg i. Br. 71 S., Tab. u. Vegetationskarte 1 : 2.500.
- SCHWABE-BRAUN, A. (1979): Die Pflanzengesellschaften des Bannwaldes „Flüh“ bei Schönau (Südschwarzwald). In: *Der Bannwald „Flüh“, Waldschutzgebiete im Rahmen der Mitt. der FVA* 1, 1-67 u. Anhang mit Tab. u. Vegetationskarte 1 : 2.500. Freiburg i.Br.
- SCHWABE-BRAUN, A. (1980a): Eine pflanzensoziologische Modelluntersuchung als Grundlage für Naturschutz und Planung. Weidfeld-Vegetation im Schwarzwald. *Urbs et Regio* 18. 212 S. Kassel.
- SCHWABE-BRAUN, A. (1980b): Wirtschaftsbedingte Vegetationstypen auf Extensivweiden im Schwarzwald. *Ber. Naturforsch. Ges. Freiburg i. Br.* 70, 57-95.
- SÜSS, K.; STORM, C.; SCHWABE, A. (2010): Sukzessionslinien in basenreicher offener Sandvegetation des Binnenlandes:



- Ergebnisse aus Untersuchungen von Dauerbeobachtungsflächen. *Tuexenia* 30, 289-318.
- TABAKU, V. (1999): Struktur von Buchen-Urwäldern in Albanien im Vergleich zu deutschen Naturwaldreservaten und Wirtschaftswäldern. Diss. Univ. Göttingen.
- VERHEYEN, C.; BAETEN, L.; DE FRENNE, P.; BERNHARDT-RÖMERMANN, M.; BRUNET, J.; CORNELIS, J.; DECOCQ, G.; DIERSCHKE, H.; ERIKSSON, O.; HÉDL, R.; HEINKEN, T.; HERMY, M.; HOMMEL, P.; KIRBY, K.; NAAF, T.; PETERKEN, G.; PETŘÍK, P.; VAN CALSTER, H.; WALTHER, G.-R.; WULF, M.; VERSTRAETEN, G. (2012): Driving factors behind the eutrophication signal in understorey plant communities of deciduous temperate forests. *J. Ecol.* 100, 352–365.
- WALENTOWSKI, H.; EWALD, J.; FISCHER, A.; KÖLLING, C.; TÜRK, W. (2006): Handbuch der natürlichen Waldgesellschaften Bayerns. 2. Aufl. 441 S. Freising (Geobotanica Verlag).
- WILLNER, W. (2002): Syntaxonomische Revision der südmitteleuropäischen Buchenwälder. *Phytocoenologia* 32 (3), 337-453.
- WILMANN, O. (1973, 1998): Ökologische Pflanzensoziologie. 288 S., 405 S. Wiesbaden (Quelle u. Meyer).
- WILMANN, O. (1977): On forest preserves in the German Federal Republic. *Naturaliste can.* 104, 175-180.
- WILMANN, O. (2001): Exkursionsführer Schwarzwald – eine Einführung in Landschaft und Vegetation. 304 S. Stuttgart (Ulmer).
- WILMANN, O. (2009): Die Lebensräume und ihre Vegetation. In: REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG (Hrsg.): Der Kaiserstuhl. Einzigartige Löss- und Vulkanlandschaft am Oberrhein, 131-240. Ostfildern (Jan Thorbecke).

#### Verordnungen und unveröffentlichte Quellen

FORSTAUFNAHME FORSTAMT SCHÖNAU (1971): Bannwald „Flüh“ (unveröff.)

Sammelerordnung der Körperschaftsforstdirektion Freiburg und der Forstdirektion Freiburg über die Bannwälder „Bechtaler Wald“, „Flüh“, „Windbergschlucht“, „Schwarzhalden“, „Teichschlucht“ vom 01.03.2004. Gesetzblatt Baden-Württemberg 2004(6), 8.4.2004.