

## Zur Besiedlung von Ackerbrachen im Kyffhäusergebirge durch *Stipa pennata* L., *Stipa pulcherrima* K. Koch, *Stipa tirsia* Steven em. Čelak. und *Stipa capillata* L. aus populationsökologischer und pflanzensoziologischer Sicht

Kirstin HOFMANN, Jürgen PUSCH, Sandra MANN und Sabine TISCHEW

4 Abbildungen und 2 Tabellen

### Abstract

HOFMANN, K.; PUSCH J.; MANN, S.; TISCHEW, S.: Colonization of fallow fields in the Kyffhäuser mountains by *Stipa pennata* L., *Stipa pulcherrima* K. KOCH, *Stipa tirsia* STEVEN em. ČELAK. and *Stipa capillata* L. considering aspects of population ecology and plant sociology. – *Hercynia N.F.* 41 (2008): 83–97.

This paper focuses on the question why *Stipa pennata*, *Stipa pulcherrima*, *Stipa tirsia* und *Stipa capillata* could not colonize old fallow fields in the Kyffhäuser Mountains in a time period of several decades even though adjacent donor populations are available. We carried out germination experiments in open beds under controlled conditions and found that a high amount of the introduced seeds were able to germinate and develop to juvenile plants. Best results were obtained in *Stipa tirsia* where at least 70 percent of the seeds germinated. However, we also detected for *Stipa pennata*, *Stipa pulcherrima* und *Stipa tirsia* a primary dormancy that postponed the germination at least until the next spring. In the third year a high share of the *Stipa pennata*, *Stipa pulcherrima* und *Stipa capillata* individuals developed inflorescences whereas only few *Stipa tirsia* individuals showed inflorescences obviously due to intraspecific competition in the dense stands.

Our field mappings showed a distinct dominance of *Bromus erectus* or *Brachypodium pinnatum* on the fallow fields at the Mittelberg and the Falkenburg in contrast to a low density of these species on the *Stipa*-rich old grazing sites. The phytosociological analyses and the calculation of quantitative Ellenberg indicator values revealed also distinct differences between the fallow fields and the *Stipa*-rich old grazing sites. The vegetation types on the fallow fields showed higher Ellenberg indicator values for nitrogen availability and lower Ellenberg indicator values for continental climate whereas the vegetation types on the *Stipa*-rich old grazing sites displayed lower Ellenberg indicator values for nitrogen availability and higher indicator values for continental climate. The vegetation type Festuco valesiacae - Stipetum capillatae and Stipetum stenophyllae could establish only on the more exposed and less nutrient-rich sites. Therefore we conclude that a large-scale and permanent colonization of the investigated fallow fields by *Stipa pennata*, *Stipa pulcherrima* und *Stipa tirsia* is only possible if elaborate restoration measures are carried out. Due to this fact we would like to point out that management and protection of the existing *Stipa*-rich vegetation types in the Kyffhäuser Mountains is very important.

*Key words:* *Stipa*, germination experiments, colonization, fallow fields, Kyffhäuser Mountains

## 1 Einleitung

Die kontinental verbreiteten *Stipa*-Arten sind in der Lage, vegetationsarme Flächen xerothermer Standortbedingungen schnell zu besiedeln (ELLENBERG 1996). Brachflächen in entsprechenden Trockengebieten stellen somit potentielle Standorte für Federgräser dar. Dominanzbestände von Federgräsern sind daher meist ein Hinweis auf eine ehemalige landwirtschaftliche Nutzung (ELLENBERG 1996). SENDTKO (1999) konnte diese Aussagen durch seine Untersuchungen zur Entwicklung *Stipa*-reicher Trockenrasen auf Weinbergbrachen des Tokajer Gebirges im Nordosten Ungarns, mit kontinentalen Klimaverhältnissen, bestätigen. Er fand heraus, dass sich auf ca. 8 bis 13 Jahre alten Brachflächen ausgedehnte federgrasreiche

Trockenrasen entwickelt hatten. PUSCH & BARTHEL (2003) stellten jedoch bei der Erfassung der *Stipa*-Arten im Kyffhäusergebirge trotz des hier herrschenden kontinental geprägten Lokalklimas (BARTHEL & PUSCH 1999) und der anscheinend ausreichenden Diasporenbildung fest, dass nahezu keine der überprüften 15 extensiv beweideten, vor 10 bis 70 Jahren aufgelassenen Ackerflächen im Südkyffhäuser durch die im Gebiet vorkommenden Arten *S. pennata*, *S. pulcherrima*, *S. tirsia* und *S. capillata* besiedelt wurden. Nur die für Halbtrockenrasen typische *S. tirsia* konnte auf einer Ackerbrache nachgewiesen werden. Diese Ergebnisse waren umso überraschender, da in der unmittelbaren Nähe (5 m bis maximal 100 m) aller Ackerbrachen reichhaltige Federgras-Populationen vorhanden waren. Da die sehr gute Ausbreitungsfähigkeit der *Stipa*-Arten hinreichend bekannt ist (u. a. CONERT 1992), vermuteten sie die Ursache vor allem in einer stark eingeschränkten generativen Reproduktionsfähigkeit dieser Federgrasarten an ihrem nordwestlichen Arealrand. Auch SENDTKO (1999) ermittelte in Ungarn eine äußerst geringe generative Reproduktionsfähigkeit für einige der oben genannten *Stipa*-Arten.

Vor diesem Hintergrund wurden im Rahmen einer Diplomarbeit (HOFMANN 2007) folgende Fragestellungen bearbeitet:

- Wie hoch ist die Keimfähigkeit der Samen von *S. pennata*, *S. pulcherrima*, *S. tirsia* und *S. capillata* im Freiland und ist diese für eine Besiedlung der Ackerbrachen prinzipiell ausreichend?
- Können sich aus den Keimlingen adulte und fertile Individuen entwickeln?
- Inwiefern begrenzen die gegebenen abiotischen und biotischen Standortfaktoren die Besiedlung der Ackerbrachen durch die Arten *S. pennata*, *S. pulcherrima*, *S. tirsia* und *S. capillata* im Kyffhäusergebirge?

## 2 Untersuchungsgebiet Kyffhäusergebirge

Das Kyffhäusergebirge und seine Randzonen gehören klimatisch zum Mitteldeutschen Trockengebiet. Durch den Regenschatten des Harzes und der westlichen Hainleite sind in diesem Gebiet niedrige mittlere Jahresniederschläge von 450 mm bis 600 mm zu verzeichnen (BARTHEL & PUSCH 1999, BRUELHEIDE & JANDT 2007). Des Weiteren gibt auch das durchschnittliche Jahresmittel der Temperatur von 8,5 °C bis 9 °C dem hier herrschenden Klima kontinentale Züge (BARTHEL & PUSCH 1999). Das stark wechselnde Relief des Gebirges hat darüber hinaus auch größere mikroklimatische Unterschiede zur Folge und wirkt sich somit auf die regionale Verbreitung von Arten aus.

Geologisch gehören der Kyffhäuser und die nähere Umgebung zum Harzsüdrand und zum Nordrand des Thüringer Beckens. Der enge Zusammenhang zwischen geologischem Bau und den Oberflächenformen wird in den Randbereichen des Kyffhäusergebirges sichtbar. Dies wird vor allem am Südrand dieses Gebirges deutlich. Hier präsentiert sich die Landschaft als Karstgebiet, welches aus wasserlöslichen Gesteinen wie z. B. Gips, Kalk und Dolomit besteht. Dadurch entstehen Karsterscheinungen wie Höhlen, Erdfälle, Rillen oder Karren, Dolinen und Schwinden.

## 3 Biologie und Ökologie der untersuchten *Stipa*-Arten

Im Kyffhäusergebirge und dessen Umfeld kommen Arten der Gattung *Stipa* auf sonnigen Felsen, in lückigen Xerothermrasen und lichten Trockenwäldern vor. Sie gedeihen auf Gips, Stinkschiefer sowie Muschelkalk, seltener auch auf Sandstein, Gneis oder Löß (PUSCH & BARTHEL 2003). Die mitteldeutschen *Stipa*-Arten haben ihr Hauptverbreitungsgebiet in den mittelasiatischen, südrussischen, ukrainischen und pannonischen Steppen bzw. Steppenrasen (MEUSEL et al. 1965). In diesen Gebieten herrschen kontinentale Klimaverhältnisse, die vor allem durch starke Temperaturschwankungen im Tages- und Jahresverlauf geprägt sind (BICK 1999). Die Federgrasarten konnten vermutlich in der nacheiszeitlichen Wärmeperiode weit westwärts bis nach Mitteleuropa vordringen und hier an geeigneten Standorten größere Flächen besiedeln. Spätestens im Atlantikum, mit dem Übergang zu einem feuchteren Klima und der Ausbil-

dung geschlossener Wälder (POTT 1996), wurden die Federgräser hier auf wenige, klimatisch begünstigte Standorte zurückgedrängt. Daher sind sie im Kyffhäusergebirge als Reliktarten anzusehen (WALTER & STRAKA 1970).

In ihrem Bau sind die *Stipa*-Arten den klimatischen Bedingungen der Steppe sehr gut angepasst. Die Spaltöffnungen dieser Arten sind auf der stark gerippten und borstenhaarigen Blattoberseite platziert, befinden sich aber durch ein mehr oder weniger starkes Einfalten der sehr schmalen Blätter in einer Rinne. Dadurch kann die Verdunstung stark herabgesetzt werden (RAUSCHERT 1966, CONERT 1992). Die Ausbreitung der Diasporen erfolgt über Anemochorie (Windausbreitung) und Epizoochorie (Klettausbreitung durch Tiere).

Die untersuchten Arten *S. pennata* L., *S. pulcherrima* K. KOCH, *S. tirsia* STEVEN em. ČELAK. und *S. capillata* L. wurden mit dem Bestimmungsschlüssel nach BARTHEL & PUSCH (1999) im Gelände identifiziert.

## 4 Methoden und Materialien

### 4.1 Sammlung der Samen im Gelände

Im Jahr 2004 wurden von *S. pennata* und *S. pulcherrima* am 22.06., von *S. tirsia* am 09.07. und 13.07. sowie von *S. capillata* am 03.08. und 17.08., während der jeweiligen Reifetermine (Ablösung der Früchte von der Mutterpflanze) Früchte von verschiedenen gut mit *Stipa* besetzten Lokalitäten am Südbabfall des Kyffhäusers getrennt gesammelt (Kosakenberg, Falkenburg-Plateau, Vatersberg, Ochsenburg, Dorl, Badraer Lehde, Große Eller, Mittelberg). Die Auswahl der Standorte erfolgte zufällig. Kriterium für die Reife der Karyopsen war, dass sie sich sehr leicht von ihren Blütenständen abstreifen ließen.

Die Karyopsen wurden bis zur Ausbringung in die Versuchsbeete in Papiertüten bei Zimmertemperatur gelagert. Augenscheinlich keimungsunfähig erscheinende Samen wurden im Vorfeld aussortiert. Auslese-kriterium war die „Taubheit“ der Karyopsen (d. h. leere Karyopsen). Dies betraf aber nur ca. ein Viertel der gesammelten Karyopsen.

### 4.2 Keimversuche in Freilandbeeten

Die Karyopsen aller besammelten Lokalitäten wurden im Jahr 2004 in für jede Art vorbereitete Freilandversuchsbeete, welche sich in einem Garten in Sangerhausen (nur ca. 20 km nordöstlich des Kyffhäusergebirges mit ähnlichen klimatischen Bedingungen) befanden, eingebracht. Aus organisatorischen Gründen erfolgte das Ausbringen zu verschiedenen Terminen: *S. pennata* am 04.07., *S. pulcherrima* am 06.07., *S. tirsia* am 18.07. und *S. capillata* am 08./18./23.09. Auf Grund dessen, dass sich die Karyopsen dieser Arten normalerweise mit Hilfe ihrer Grannen in den Boden schrauben (CONERT 1992), wurden die Samen bis zum Ansatz der Granne in den Boden eingebracht und waren damit vollständig von Erde umgeben.

In die Versuchsbeete mit einer Größe von ca. 1 m x 1 m wurden jeweils 1024 Karyopsen der Arten *S. pennata*, *S. pulcherrima*, *S. tirsia* und *S. capillata* eingebracht. Der Abstand zwischen den Karyopsen wurde auf 3 cm festgelegt. Die Erde in den Beeten setzte sich aus keim- und unkrautsamenfreier Blumenerde, aus Sand und aus gipsreichem Erdboden eines *Stipa*-Standortes (Grauer Berg nordöstlich Bad Frankenhausen) im Verhältnis 1:1:2 zusammen. Die Erde von dem natürlichen Standort wurde durch Hitzebehandlung sterilisiert. Die Bodenaufgabe betrug ca. 10 cm. Zum Schutz der Versuchsflächen wurden diese mit Holz eingeschalt und nach oben mit Gaze abgedeckt. Eine künstliche Bewässerung wurde nicht durchgeführt. Die Beete wurden regelmäßig von Beikräutern befreit und am 12.11., 13.11. bzw. 14.11.2004, 12.06.2005 sowie 18.05., 07.06. bzw. 28.07.2006 nach *Stipa*-Individuen überprüft. Eine Markierung der einzelnen Individuen fand nicht statt.

Es war angedacht, die Individuen je Sammelstandort zu betrachten. Jedoch war eine eindeutige Zuordnung der *Stipa*-Keimlinge bzw. -Pflanzen zu den jeweiligen besammelten Lokalitäten nur im ersten Untersuchungsjahr 2004 möglich. In den folgenden Untersuchungsjahren gelang diese Zuordnung nicht mehr,

da sich in den Beeten Ameisen angesiedelt hatten und die Karyopsen innerhalb der Beete offensichtlich verschleppten. Außerdem trugen verschiedene Arten der Turbation (Bodendurchmischung), wie die Bio-turbation (verursacht durch Bodenlebewesen), die Hydroturbation (verursacht durch wechselnde Wassergehalte) und die Kryoturbation (verursacht durch Eisbildung im Winter) (SCHRÖDER 1984), zur „Unordnung“ in den Freilandversuchsbeeten bei.

Die sich 2006 entwickelnden Blütenstände wurden am 18.05., 07.06. bzw. 28.07.2006 gezählt, um sicher zu stellen, dass die Bildung der Blütenstände abgeschlossen war. Es wurde die jeweilige Gesamtblütenzahl pro Federgrasart ermittelt und ausgewertet, da die eindeutige Zuordnung der Blütenstände zu den jeweiligen Individuen in den Beeten aufgrund der hohen Dichte im Jahr 2006 nur bedingt möglich war.

### 4.3 Vegetationskundliche Erfassung

In der Vegetationsperiode 2006 wurden Vegetationsaufnahmen auf zwei *Stipa*-Standorten, Mittelberg und Falkenburg-Plateau, sowie auf einer Brachfläche der Falkenburg und auf der Brache auf dem Plateau des Mittelbergs durchführt (Tab. 1). Die Auswahl der Standorte konzentrierte sich einerseits auf möglichst optimale Standorte mit hohem Deckungsgrad der einzelnen *Stipa*-Arten und andererseits auf repräsentativ ausgewählte Trockenrasenbestände der Brachflächen. Dies gestaltete sich aufgrund der z. T. kleinflächigen und heterogenen Ausprägung oft als sehr schwierig. Von den durch *S. pennata*, *S. pulcherrima*, *S. tirsata* oder *S. capillata* charakterisierten Beständen wurden auf den Standorten Mittelberg und Falkenburg-Plateau jeweils zwei Vegetationsaufnahmen erstellt. Auf der Brache auf dem Plateau des Mittelberges und auf der Brache der Falkenburg wurden je vier Vegetationsaufnahmen in quasi-homogenen Bereichen angefertigt. Auf der Brachfläche der Falkenburg wurden zusätzlich zwei Transekte mit einer Länge von 36 m und 40 m mit 9 bzw. 10 Einzelflächen angelegt. Beide Transekte beginnen in einem *Stipa*-Bestand (*S. pennata*, *S. pulcherrima* und *S. capillata*) und gehen in die Ackerbrache über. Die Größe aller Aufnahmeflächen betrug 4 m x 4 m.

Tab. 1 Standorte im Kyffhäusergebirge und die dazugehörigen Vegetationsaufnahmeflächen

Tab. 1 Locations in the Kyffhäuser Mountains and the appendant observation plots

Standort	Vegetationsaufnahmeflächen
Mittelberg (natürl. Standorte)	StirM5, StirM9, SpenM1, SpenM2, ScapM7, ScapM8, SpulM3, SpulM4
Mittelberg/Brache	PMV1, PMV2, PMV3, PMV4
Falkenburg/Plateau (natürl. Standorte)	StirF1, StirF2, SpenF3, SpenF4, ScapF6, ScapF7, SpulF8, SpulF9
Falkenburg/Brache	BFBTI, BFBTII, BFBTIII, BFBTIV, BFBTV, BFBTVI, BFBTVII, BFBTVIII, BFBTIX, BFBTX, BFBT1, BFBT2, BFBT3, BFBT4, BFBT5, BFBT6, BFBT7, BFBT8, BFBT9, BFBV1, BFBV2, BFBV 3, BFBV4,

Für die Schätzung der Deckungsgrade der Gefäßpflanzen wurden die LONDO-Skala (LONDO 1976 aus PFADENHAUER 1997, verändert) und die daraus berechneten Mittelwerte verwendet. Die Nomenklatur der Höheren Pflanzen erfolgte nach ROTHMALER (2002).

Für die Kryptogamen wurde die Gesamtdeckung aller Arten je Aufnahmefläche geschätzt.

Für die pflanzensoziologische Tabellenarbeit wurden SCHUBERT et al. (2001) und SCHUBERT (2001) verwandt. Zur Charakterisierung der Standortfaktoren wurde das System der Zeigerwerte (ELLENBERG et al. 1992) herangezogen. Dazu wurden die quantitativen mittleren Zeigerwerte Kontinentalität und Stickstoff nach folgender Formel berechnet:

Berechnung des mittleren quantitativen Zeigerwertes nach DURWEN (1982), verändert:

$$\text{Einzelaufnahme: } mZ_{\text{quant.}} = \frac{\sum (\text{Zeigerwert} \times \text{Mittelwert des Deckungsgrades } \%)}{\sum \text{Mittelwerte der Deckungsgrade } \%}$$

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Keimversuche in Freilandbeeten

Im Jahr der Ausbringung der Diasporen (2004) wurden von *S. pennata* 33 (Keimrate = 3,2 %), von *S. pulcherrima* und *S. tirsia* je 19 Keimlinge bzw. Jungpflanzen (Keimrate = 1,9 %) gezählt. Im Beet von *S. capillata* konnten hingegen 318 Individuen (Keimrate = 31,1 %) festgestellt werden (Abb. 1). Somit bestand zwischen *S. capillata* und den drei anderen Arten im Jahr 2004 ein deutlicher Unterschied bezüglich der Individuenzahlen. Im Jahr 2005 erhöhte sich die Anzahl der Individuen, im Vergleich zum Vorjahr, bei *S. pennata*, *S. pulcherrima* und *S. tirsia* prägnant (Abb. 1). Im Versuchsbeet von *S. pennata* konnten 437 (Keimrate = 39,5 %), im Beet von *S. pulcherrima* 377 (Keimrate = 35,0 %) und in dem von *S. tirsia* sogar 740 Pflanzen (Keimrate = 70,4 %) nachgewiesen werden. Im Freilandversuchsbeet der Art *S. capillata* wurden im Jahr 2005 603 Horste (Keimrate = 27,8 %) ermittelt. *S. tirsia* wies demzufolge im Untersuchungsjahr 2005 die höchste Individuenzahl auf, gefolgt von *S. capillata*, *S. pennata* und *S. pulcherrima*.

Eine effektive Keimung der Samen von *S. pennata*, *S. pulcherrima* und *S. tirsia* setzte somit erst im Frühjahr 2005 ein (Abb. 1). Im Unterschied zu *S. pennata*, *S. pulcherrima* und *S. tirsia* wiesen die Karyopsen von *S. capillata* bereits Mitte November 2004, ca. zwei Monate nach der Ausbringung, eine hohe Individuenzahl auf. Im darauf folgenden Jahr 2005 konnte diese Art ihre Individuenzahl jedoch nochmals fast verdoppeln (Abb. 1). Im letzten Untersuchungsjahr 2006 konnten bei *S. pennata* 339 Individuen (Überlebensrate = 77,6 %) festgestellt werden. Bei *S. pulcherrima* wurden in diesem Jahr 231 Pflanzen (Über-

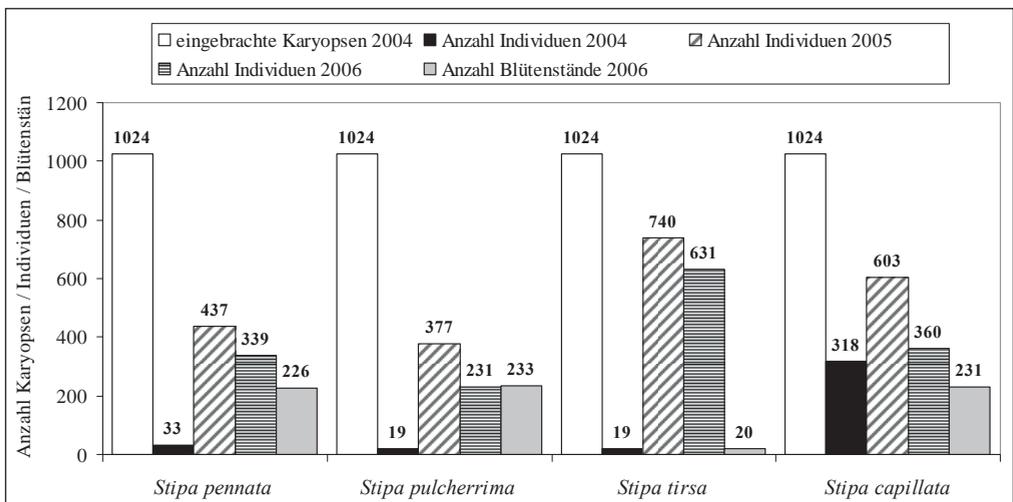


Abb. 1 Anzahl der eingebrachten Karyopsen je *Stipa*-Art im Jahr 2004; Anzahl der Individuen in den Jahren 2004, 2005 und 2006 sowie Anzahl der Blütenstände im Jahr 2006 je *Stipa*-Art

Fig. 1 Number of *Stipa*-seeds introduced in the year 2004, number of individuals in the years 2004, 2005 and 2006 as well as number of inflorescences in the year 2006 per *Stipa*-species

lebensrate = 61,3 %) gezählt. Im Versuchsbeet von *S. tirsas* überlebten 631 Individuen (Überlebensrate = 85,3 %). Von *S. capillata* konnten 360 Pflanzen vom Jahr 2005 zum Jahr 2006 (Überlebensrate = 59,7 %) überleben. Der ausgeprägte Habitus der Individuen der Federgrasarten in den Freilandversuchsbeeten im Jahr 2006 ließ die Vermutung zu, dass keine neuen Keimlinge in diesem Jahr aufgekommen waren.

Die untersuchten Arten wiesen bei den Kontrollen der Beete in den Untersuchungsjahren 2005 und 2006, trotz der stark divergierenden Individuenzahlen (Abb. 1), annähernd gleiche Gesamtdeckungsgrade zwischen 35 % bis 40 % im Jahr 2005 und zwischen 90 % bis 100 % im Jahr 2006 auf. Die ähnlichen Deckungsgrade im Jahr 2005 resultierten einerseits daraus, dass bei höheren Individuenzahlen eine größere Anzahl von Einzelindividuen einen kleineren Wuchs aufwiesen (*S. capillata* und *S. tirsas*). Bei *S. tirsas* kam hierbei der artspezifisch generell filigranere Bau der Pflanzen zum Tragen. Andererseits wiesen die Jungpflanzen von *S. pennata* und insbesondere von *S. pulcherrima* schon im Jahr 2005 einen einheitlicheren und größeren Habitus auf, so dass trotz geringerer Individuenzahlen der Deckungsgrad 2005 und 2006 ähnlich dem von *S. capillata* und *S. tirsas* war.

Des Weiteren zeigt die Abbildung 1 die Anzahl der vorhandenen Blütenstände je Art. Alle vier Federgrasarten blühten erstmalig im dritten Untersuchungsjahr 2006. Die Anzahl der Blütenstände der Arten *S. pennata*, *S. pulcherrima* und *S. capillata* glich sich annähernd. *S. tirsas* wies, im Unterschied zu den o. g. Arten, die niedrigste Anzahl von Blütenständen auf.

## 5.2 Vegetationskundliche Analysen

Alle Vegetationseinheiten sind zur Klasse Festuco-Brometea (Schwingel-Trespen-Trocken- und Halbtrockenrasen) zu stellen (Tab. 2).

Die Bestände der natürlichen Standorte StirM9, StirM5, StirF2 und StirF1 mit Dominanz von *S. tirsas* können dem Stipetum stenophyllae (Halbtrockenrasen des Schmalblättrigen Federgrases) zugeordnet werden. Diese Pflanzengesellschaft gedeiht auf ± tiefgründigen Feinerdedecken über anstehendem Gestein (MEUSEL 1939). Die aufgenommenen Bereiche waren zum Großteil stark süd- bis südwestexponiert. Diese Assoziation gehört zum Verband Cirsio-Brachypodium (Kontinentale Halbtrockenrasen).

Die Vegetationsaufnahmen auf den natürlichen Standorten SpenM1, SpenM2, SpenF3, SpenF4, ScapF6, ScapM8, ScapM7, ScapF7, SpulM4, SpulM3, SpulF9, SpulF8 und auf den einzelnen Transektflächen BFBT I, BFBT II und BFBT1 der Ackerbrache wiesen zumeist eine deutliche Dominanz von *S. pennata*, *S. pulcherrima* oder *S. capillata* auf und wurden der Assoziation Festuco valesiacae-Stipetum capillatae (Trockenrasen des Walliser Schwingel und Haarpfriemengrases) zugeordnet. Diese Assoziation hat ihren Schwerpunkt auf Protorendzinen oder Rendzinen (MAHN 1959) und gehört zum Verband Festucion valesiacae (Kontinentale Schwingel-Trockenrasen). Die aufgenommenen Standorte waren flachgründig und ebenfalls stark süd bis südwestlich exponiert.

Die Vegetationsaufnahmen der Ackerbrache „Falkenburg“ BFBT VI, BFBT2, BFBT6, BFBT7, BFBT3, BFBT4 und BFBT5 wurden keiner der genannten Assoziationen direkt zugewiesen. Sie stellen vielmehr Übergangsbereiche zwischen dem Festuco valesiacae-Stipetum capillatae mit einer starken Tendenz zum Onobrychido-Brometum erecti (Esparsetten-Trespen-Halbtrockenrasen) dar. Die Flächen der Ackerbrache „Falkenburg“ BFBT VII, BFBT V, BFBT8, BFBT9, BFBT IV, BFBT III, BFBV1, BFBV2, BFBT VIII, BFBV3, BFBV4, BFBT IX und BFBT X mit Dominanzbeständen von *Bromus erectus* können dem Onobrychido-Brometum erecti zugeordnet werden (Verband Bromion erecti). Das Onobrychido-Brometum erecti kommt auf basenreichen Böden mit Lößeintrag vor (SCHUBERT 2001). Die von uns untersuchten Standorte dieser Assoziation wiesen eine tiefere Gründigkeit auf, als die des Festuco valesiacae-Stipetum capillatae.

Die Brachflächen PMV1, PMV2, PMV3 und PMV4 auf dem „Mittelberg/Plateau“ mit Dominanzbeständen von *Brachypodium pinnatum* sind zur Assoziation Festuco rupicolae-Brachypodietum pinnati (Furchenschwingel-Fiederzwenken-Halbtrockenrasen) und dem Verband Cirsio-Brachypodium zu stellen. Die Assoziation hat ihren Verbreitungsschwerpunkt auf mittel- bis tiefgründigen Lockergesteinsböden, aber

Tab. 2 Pflanzensoziologische Übersichtstabelle (charakteristische Arten)

Tab. 2 Synoptical table of plant sociology-classification (characteristic plants)

	<b>Stipetum stenophyllae</b> mittlerer Deckungsgrad in % (natürl. Standorte)	<b>Festuco valesiacae-Stipetum capillatae</b> mittlerer Deckungsgrad in % (natürl. Standorte)	<b>Festuco valesiacae-Stipetum capillatae</b> mittlerer Deckungsgrad in % (natürl. Standort - Transektflächen)	<b>Übergangsbereiche Stipetum cap. / Brometum</b> mittlerer Deckungsgrad in % (Brachflächen)	<b>Onobrychido-Brometum erecti</b> mittlerer Deckungsgrad in % (Brachflächen)	<b>Festuco rupicolae-Brachypodietum pinnati</b> mittlerer Deckungsgrad in % (Brachflächen)
Anzahl Vegetationsaufnahmen	4	12	3	7	13	4
Größe der Aufnahmeflächen in m <sup>2</sup>	16	16	16	16	16	16
durchschnittl. Artenzahl	26	31	35	33	29	36
durchschnittl. Gesamtdeckung	70	55	63	66	76	88
Höhere Pflanzen in %						
Hangneigung in °	18 bis 24	18 bis 32	15 bis 23	16 bis 20	15 bis 20	4 bis 10
durchschnittl. vegetationsfrei in %	30	41	27	29	21	9
<i>Dianthus carthusianorum</i>	. . .	II 0.5	. . .	. . .	. . .	III 0.5
<i>Koeleria macrantha</i>	III 1.3	III 0.8	. . .	. . .	. . .	. . .
<i>Sanguisorba minor</i>	V 0.5	V 1.1	. . .	. . .	I 0.5	III 0.5
<i>Salvia pratensis</i>	IV 1.0	V 1.4	IV 0.5	IV 1.1	III 1.1	V 2.1
<i>Thymus praecox</i>	V 0.5	V 0.9	V 0.5	V 1.3	V 1.1	III 0.5
<i>Pseudolysimachion spicatum</i>	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	II 0.5
<i>Centaurea stoebe</i>	II 2.0	III 0.5	V 2.2	V 0.9	IV 1.1	. . .
<i>Scabiosa canescens</i>	IV 0.5	V 1.3	V 2.0	V 1.9	V 1.6	IV 0.5
<i>Adonis vernalis</i>	II 0.5	III 0.8	II 0.5	IV 0.8	IV 0.5	. . .
<i>Cirsium acaule</i>	. . .	I 1.3	V 0.5	IV 0.5	IV 0.5	IV 1.7
<i>Medicago falcata</i>	III 1.3	I 0.5	. . .	. . .	+ 0.5	V 3.3
<i>Potentilla tabernaemontani</i>	V 0.5	IV 0.5	V 1.0	V 1.9	V 2.0	III 0.5
<i>Stipa tirsia</i>	V 42.5	III 3.1	. . .	. . .	. . .	III 0.5
<i>Fragaria viridis</i>	V 0.9	III 0.5	. . .	. . .	II 0.5	V 2.3
<i>Achillea setacea</i>	III 0.5	II 0.5	IV 0.5	III 0.5	III 0.5	III 0.5
<i>Brachypodium pinnatum</i>	III 2.3	III 0.8	V 1.0	V 3.9	V 2.5	V 37.5
<i>Festuca rupicola</i>	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	IV 5.3
<i>Eryngium campestre</i>	IV 0.5	III 0.8	II 0.5	. . .	+ 0.5	II 0.5
<i>Carex humilis</i>	V 3.8	V 3.0	V 13.3	V 20.0	V 11.5	IV 4.8
<i>Stipa pennata</i>	. . .	IV 9.0	. . .	. . .	. . .	. . .
<i>Stipa capillata</i>	IV 1.0	IV 14.1	IV 1.3	IV 0.8	I 0.5	. . .
<i>Stipa pulcherrima</i>	. . .	II 20.0	V 14.7	III 0.5	I 1.3	. . .
<i>Festuca valesiaca</i>	III 0.5	IV 1.1	II 0.5	III 0.5	I 1.3	II 2.0
<i>Teucrium chamaedrys</i>	V 3.5	IV 2.6	IV 0.5	IV 0.5	II 0.5	. . .
<i>Teucrium montanum</i>	III 0.5	IV 0.7	IV 0.5	V 1.1	IV 0.5	. . .
<i>Asperula cynanchica</i>	II 0.5	IV 0.5	II 0.5	V 0.5	IV 0.5	. . .
<i>Acinos arvensis</i>	. . .	III 0.5	II 0.5	. . .	. . .	. . .
<i>Allysum montanum</i>	III 0.5	III 0.5	II 0.5	. . .	. . .	. . .
<i>Centaurea scabiosa</i>	III 0.5	II 1.3	. . .	. . .	I 0.5	II 10.0
<i>Hippocrepis comosa</i>	II 0.5	III 0.8	V 0.5	V 1.3	V 1.1	IV 1.5
<i>Helianthemum nummularium</i>	II 0.5	IV 1.0	V 2.0	V 0.7	IV 1.2	. . .
<i>Bromus erectus</i>	V 3.3	III 4.5	V 10.0	V 13.4	V 39.2	III 3.0
<i>Euphorbia cyparissias</i>	V 1.3	V 1.1	V 1.5	V 0.7	V 0.9	IV 0.5
<i>Pimpinella saxifraga</i>	. . .	. . .	IV 0.5	V 0.5	V 0.8	. . .
<i>Galium verum</i>	IV 1.0	V 0.6	. . .	V 0.5	V 0.8	V 1.3
<i>Plantago media</i>	. . .	. . .	II 0.5	III 1.0	III 1.4	. . .
<i>Rosa cf. canina</i>	V 0.9	V 1.8	II 0.5	III 0.5	II 0.5	V 0.9
<i>Agrimonia eupatoria</i>	. . .	+ 0.5	. . .	I 0.5	III 1.3	IV 0.5
<i>Hieracium pilosella</i>	. . .	+ 0.5	. . .	I 2.0	II 1.2	. . .
<i>Origanum vulgare</i>	. . .	. . .	. . .	I 0.5	I 2.3	III 1.3
<i>Prunus spinosa</i>	. . .	. . .	. . .	III 0.5	I 0.5	III 0.5
<i>Campanula rotundifolia</i>	. . .	. . .	IV 0.5	II 0.5	II 0.5	II 0.5
<i>Carlina vulgaris</i>	. . .	. . .	. . .	. . .	I 0.5	. . .
<i>Ranunculus bulbosus</i>	. . .	. . .	. . .	I 0.5	I 0.5	. . .
<i>Euphrasia officinalis</i>	. . .	+ 0.5	. . .	I 0.5	II 0.5	. . .

auch über Karbonatgestein auf wärmegetönten Standorten mit einem ausgeglichenen Feuchtehaushalt (SCHUBERT 2001). Die hier untersuchten Flächen wiesen nur eine geringe Hangneigung mit südlicher Ausrichtung auf.

Die Abbildung 2 stellt das Vorkommen bzw. die Deckung der Arten *Bromus erectus* und *Brachypodium pinnatum* sowie der untersuchten *Stipa*-Arten auf den Aufnahmeflächen gegenüber. Sehr gut lässt sich das erhöhte Vorkommen von *Bromus erectus* und *Brachypodium pinnatum*, welche hierbei Vergrasungszeiger darstellen, und das Ausbleiben der *Stipa*-Arten auf den Ackerbrachen, also im Onobrychido-Brometum erecti und Festuco rupicolae-Brachypodium pinnati, erkennen. Ferner wird durch diese Abbildung ersichtlich, dass die Arten *Bromus erectus* und *Brachypodium pinnatum* in den Bereichen der gut ausgeprägten Stipeten nur geringe Deckungswerte erreichen können.

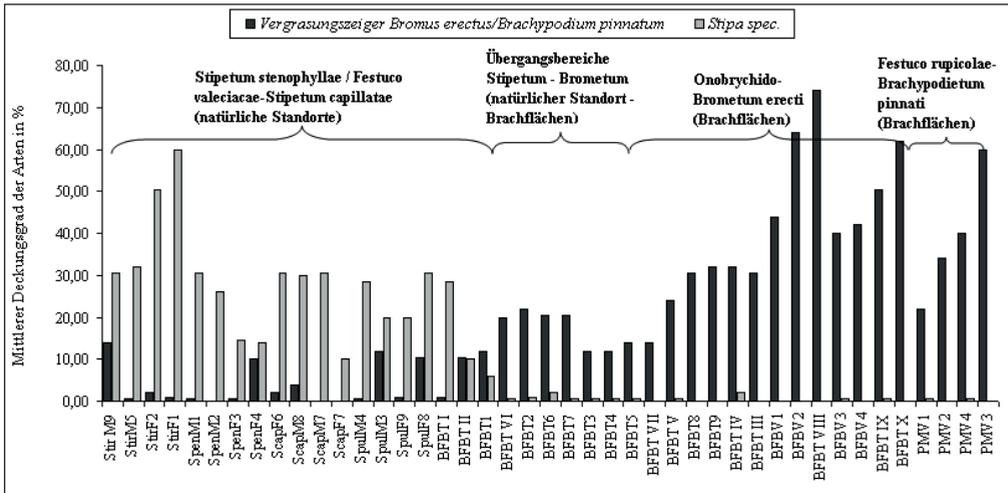


Abb. 2 Gesamtdeckungsgrade der Arten *Bromus erectus* und *Brachypodium pinnatum* sowie der *Stipa*-Arten auf den einzelnen Vegetationsaufnahmeflächen

Fig. 2 Total dominances of *Bromus erectus* und *Brachypodium pinnatum* as well as of the *Stipa*-species on observation plots

### 5.3 Standortanalyse mittels Zeigerwerte

Für das Stipetum stenophyllae (StirM9, StirM5, StirF2, StirF1) wurde eine Kontinentalitätszahl von 6,7 und eine Stickstoffzahl von 2,2 ermittelt (Abb. 3 und 4), was auf subkontinentale bis kontinentale sowie extrem stickstoff- bis stickstoffarme Standortverhältnisse hinweist.

Die Kontinentalitätszahl von 6,0 und die Stickstoffzahl von 2,2 weisen für das Festuco valesiacae-Stipetum capillatae (SpenM1, SpenM2, SpenF3, SpenF4, ScapF6, ScapM8, ScapM7, ScapF7, SpulM4, SpulM3, SpulF9, SpulF8) auf noch deutlich subkontinentale sowie extrem stickstoff- bis stickstoffarme Standortbedingungen hin (Abb. 3 und 4).

Die Transektflächen BFBT I, BFBT II und BFBT1 der Ackerbrache „Falkenburg“, welche aufgrund ihres Arteninventars gleichfalls dem Festuco valesiacae-Stipetum capillatae zugeordnet werden konnten, zeigen mit einer Kontinentalitätszahl von 5,0 dagegen schwach subkontinentale Verhältnisse an, aber mit einer Stickstoffzahl von 2,3 ebenfalls extrem stickstoff- bis stickstoffarme Standortverhältnisse (Abb. 3 und 4). Die niedrigere Kontinentalitätszahl ist vor allem auf den höheren Deckungsgrad von *Bromus erectus* zurückzuführen und lässt damit den beginnenden Übergang vom Festuco valesiacae-Stipetum capillatae zum Onobrychido-Brometum erecti erkennen. Jedoch wurden diese Flächen aufgrund ihres

recht ausgeprägten Vorkommens vor allem der Art *S. pulcherrima* und ihrer Flachgründigkeit der o. g. Assoziation zugeordnet.

Die Übergangsbereiche vom *Festuco valesiaca*-*Stipetum capillatae* zum *Onobrychido-Brometum erecti* weisen schwach subkontinentale bis schwach subozeanische (Kontinentalitätszahl 4,3) und tendenziell stickstoffarme Standortverhältnisse (Stickstoffzahl 2,7) auf (Abb. 3 und 4).

Für das *Onobrychido-Brometum erecti* wurde eine Kontinentalitätszahl von 3,4 und eine Stickstoffzahl von 2,8 ermittelt. Diese Zeigerwerte lassen auf subozeanische sowie extrem stickstoff- bis stickstoffarme Standortverhältnisse schließen (Abb. 3 und 4).

Die Kontinentalitätszahl von 5,1 und die Stickstoffzahl von 3,7 weisen in Bezug auf die Standorte des *Festuco rupicolae-Brachypodietum pinnati* auf schwach subozeanische bis schwach subkontinentale sowie stickstoffarme bis mäßig stickstoffreiche Standortverhältnisse hin. Die Werte gehen vor allem auf die Dominanz von *Brachypodium pinnatum* zurück (Abb. 3 und 4). *Brachypodium pinnatum* ist eine Art mit einer relativ weiten Verbreitung, also schwach subozeanisch bis schwach subkontinental und weist auf stickstoffarme bis mäßig stickstoffreiche Standorte hin.

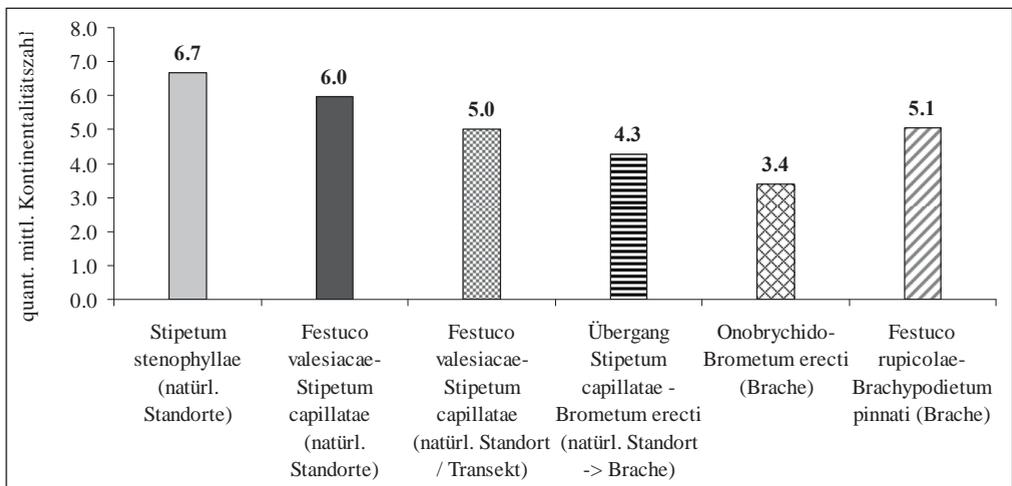


Abb. 3 Quantitativer mittlerer Zeigerwert Kontinentalität der ermittelten Assoziationen

Fig. 3 Quantitative average indicator value of continental climate of the detected vegetation types

Es zeigte sich, dass die Bereiche, in denen die Federgrasarten höhere Dominanzanteile aufweisen, aufgrund ihrer starken Hangneigung, ihrer südlichen bis südwestlichen Exposition, ihres teilweise geringen Gesamtdeckungsgrades durch den Pflanzenbewuchs und ihrer Flachgründigkeit, mikroklimatisch deutlich kontinentale Züge aufwiesen, die durch starke Temperaturschwankungen im Tages- und Jahresverlauf charakterisiert sind (u. a. MAHN 1985). Dies traf vor allem auf die Bestände des *Festuco valesiaca*-*Stipetum capillatae* zu. Die Flächen mit Dominanzen von *Bromus erectus* besaßen durch die vorhandene Süd- bis Südwestexposition, dem ausgeglicheneren Wärme- und Wasserhaushalt, durch die tiefere Gründigkeit der Bodenauflage und durch die Dichte der Bestände und demzufolge einer herabgesetzten Wirkung des Windes ein eher submediterranes Klima (JANDT 1999), welches durch geringe Winterkälte und hohe Sommertemperaturen gekennzeichnet ist (BICK 1999). Das auf den *Brachypodium pinnatum*-Standorten herrschende Mikroklima wies, durch die hier ebenfalls vorzufindende tiefere Gründigkeit des Bodens und die hohen Gesamtdeckungsgrade der vorhandenen Pflanzenarten schwach subozeanische bis schwach subkontinentale Klimaverhältnisse auf. Demzufolge herrschten hier gemäßigte klimatische Bedingungen.

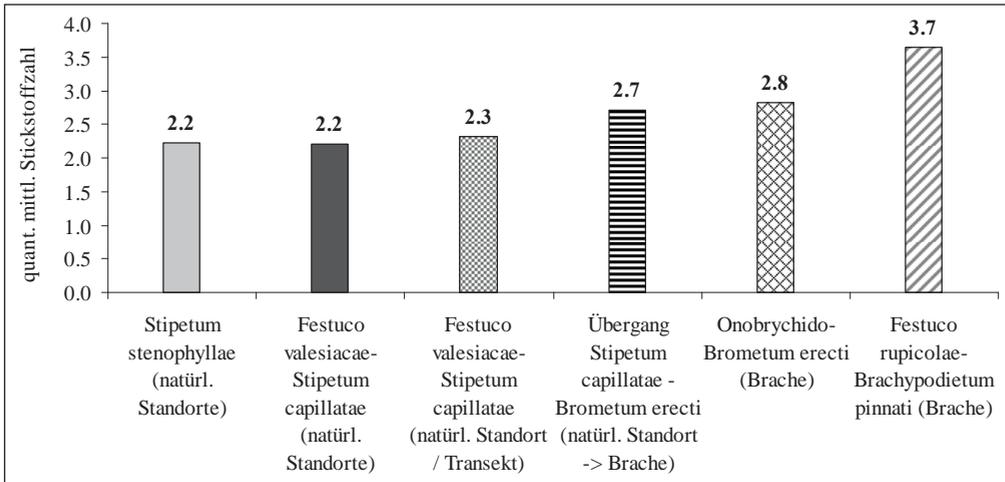


Abb. 4 Quantitativer mittlerer Zeigerwert Stickstoff der ermittelten Assoziationen

Fig. 4 Quantitative average indicator value of nitrogen availability of the detected vegetation types

## 6 Diskussion

### 6.1 Keimversuche in Freilandbeeten

Die Ergebnisse des Keimversuches in den Freilandbeeten zeigten, dass die untersuchten *Stipa*-Arten des Kyffhäusergebirges in der Lage sind, sich ausreichend generativ zu reproduzieren.

Die geringen Individuenzahlen der Arten *S. pennata*, *S. pulcherrima* und *S. tirsia* im Untersuchungsyear 2004 ließen die Vermutung zu, dass eine angeborene Dormanz vorlag. Diese Annahme wurde durch die Tatsache gestützt, dass sich die Anzahl der Individuen der drei Arten im Jahr 2005 deutlich erhöhten, vor allem bei *S. tirsia*. SENDTKO (1999) verwies diesbezüglich auf Keimungsexperimente mit *Stipa*-Arten von OVESNOV & OVESNOV (1972) und MOLÍKOVÁ (1983). Erstere lagerten bei ihrem Keimungsexperiment mit *Stipa*-Arten die Karyopsen in einem kontinuierlichen Wasserstrom und erzielten dadurch signifikant höhere Keimraten als ohne diese Maßnahme. Sie führten dieses Ergebnis auf das Vorhandensein eines physiologischen Keimungsinhibitors zurück, welcher durch die erhöhte Zufuhr von Wasser aus den Samen ausgewaschen wurde. MOLÍKOVÁ (1983) vermutete, dass die fest anliegenden Hüll- und Deckspelzen als mechanische Keimungsinhibitoren wirken. Sie entfernte diese und erreichte mit dieser Methode ebenfalls signifikant höhere Keimraten als ohne das Entfernen der beiden Spelzen. Unter natürlichen Bedingungen geschieht das Aufbrechen solcher Hüll- und Deckspelzen vor allem durch häufige Temperaturwechsel (SENDTKO 1999). Die angeborene Dormanz der *Stipa*-Arten lässt sich somit auf das kontinentale Klima in ihrem Hauptverbreitungsgebiet zurückführen. Würde die Keimung dieser sommergrünen Arten zeitnah nach der Ausbreitung beginnen, könnten die Keimlinge oder Jungpflanzen aufgrund des noch fehlenden adäquaten Wurzelsystems nicht oder nur bedingt erfolgreich überwintern. Durch die Keimung im Frühjahr sind die Überlebenschancen daher deutlich höher. Die fest anliegenden Hüll- und Deckspelzen stellen demnach einen Schutzmechanismus dar, der die zu früh einsetzende Keimung unterbinden soll. Die Samen von *S. pennata*, *S. pulcherrima* und *S. tirsia* benötigen offensichtlich für die Keimung mehrfache und vermutlich stärkere Temperaturschwankungen, um ihre Dormanz zu überwinden. Diese sind unter kontinentalen Klimabedingungen gegeben und sichern den Fortbestand dieser Arten in ihrem kontinentalen Verbreitungsgebiet. Die Keimung von *S. capillata* setzte dagegen relativ kurz nach der Einbringung in das Versuchsbeet ein. Deshalb wird angenommen, dass die Samen dieser Art entweder eine angeborene Dormanz schneller überwinden oder derartige Mechanismen trotz ihrer kontinentalen Herkunft nicht

ausgeprägt sind. MOLÍKOVÁ (1983) stellte bei ihren Keimversuchen hohe Keimraten ohne das Entfernen der Spelzen bei *S. capillata* fest. Auch eine Stratifizierung oder das Entfernen von Hüll- und Deckspelze ergaben keine statistisch signifikant höheren Keimraten. Bei Untersuchungen im tschechischen Mittelgebirge (Oblik) fand MOLÍKOVÁ (1983) allerdings erst im Frühjahr *S. capillata*-Keimlinge und schloss daraus, dass zum Zeitpunkt der Ausbreitung der Samen die vorhandenen Umweltbedingungen ungünstig waren (im Speziellen der Wassermangel). Demzufolge lag hier vermutlich eine aufgezwungene Dormanz durch ungenügende Wasserzufuhr vor (BEGON et al. 1997). Da bei dem im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Versuch aber bereits relativ zeitnah nach der Ausbringung der Karyopsen im Jahr 2004 und im folgenden Frühjahr 2005 hohe Keimraten festgestellt werden konnten, wird von einer, durch den Rückgang der Bodentemperaturen im Herbst, induzierten Dormanz bei den nicht sofort gekeimten *S. capillata*-Samen ausgegangen.

Im Jahr 2006 waren keine neuen Keimlinge mehr aufgekommen. Somit kann bei den *Stipa*-Arten von einer relativ kurzlebigen Samenbank ausgegangen werden. Auch SENDTKO (1999) geht für *S. pulcherrima* von einer Diasporenlebensdauer von nur ein bis maximal zwei Jahren aus und verwies auf Versuche von OVESNOV & OVESNOV (1972) und MOLÍKOVÁ (1983) mit ähnlichen Ergebnissen für andere Vertreter der *Stipa pennata*-Gruppe.

Vom Jahr 2005 bis zum Jahr 2006 sanken die Individuenzahlen bei allen untersuchten Arten. Die Verluste, vor allem in den Versuchsbeeten von *S. pulcherrima* und *S. capillata*, sind möglicherweise mit einer erhöhten Wurzelkonkurrenz, die sich aus dem zunehmenden Wachstum begründet und eine dichteabhängige Auffichtung darstellt, zu erklären. Daher ist anzunehmen, dass die z. T. hohen Ausfälle durch ein progressives Wachstum der Überlebenden kompensiert wurden (BEGON et al. 1997). Auf Grund dessen wurde angenommen, dass sich der überwiegende Teil der Individuen der Arten *S. pennata*, *S. pulcherrima* und *S. capillata* im Jahr 2006 in einem fortgeschritteneren Entwicklungsstadium befanden als die sehr dicht stehenden *S. tirsia*-Individuen. Somit würde sich die deutliche Differenz in der Anzahl der Blütenstände von *S. pennata*, *S. pulcherrima* und *S. capillata* im Vergleich zur (sehr geringen) Anzahl von Blütenständen bei *S. tirsia* erklären lassen.

## 6.2 Pflanzensoziologische und populationsökologische Analysen der Vegetationsaufnahmen

Angesichts der Ergebnisse des Keimversuches in den Freilandbeeten hat sich die Vermutung von PUSCH & BARTHEL (2003), dass die Besiedlung der Ackerbrachen durch die Federgrasarten des Kyffhäusergebirges aufgrund ihrer stark eingeschränkten generativen Reproduktionsfähigkeit an ihrem nordwestlichen Arealrand ausbleibt, nicht bestätigt. Demzufolge müssen die Gründe für dieses Phänomen mit den spezifischen biotischen und abiotischen Standortbedingungen der Ackerbrachen in Verbindung gebracht werden.

Die ermittelten Deckungsgrade in den beschriebenen Beständen erlauben Rückschlüsse auf die standortspezifische Konkurrenzkraft der darin bestimmten Arten gegenüber interspezifischen Konkurrenten. Die vorhandenen geschlossenen Bestände von *Brachypodium pinnatum* und *Bromus erectus* auf den Ackerbrachen im Kyffhäusergebirge weisen auf eine hohe Konkurrenzkraft dieser Arten auf den insgesamt weniger kontinental geprägten und etwas nährstoffreicheren Standorten hin. *Bromus erectus* ist in Süd- und Mitteleuropa weit verbreitet. Ihr Verbreitungsschwergewicht liegt als subozeanische Art (ELLENBERG et al. 1992) in Westeuropa. Demzufolge ist unter anderem das Keimungsverhalten dieser Art an die dortigen klimatischen Bedingungen angepasst, die sich vor allem durch geringere Temperaturschwankungen im Tages- und Jahresverlauf auszeichnen. Da die Standortverhältnisse in den Beständen des *Onobrychido-Brometum erecti* denen in diesen Verbreitungsgebieten stärker ähneln, ist *Bromus erectus* in der Lage, kurz nach der Ausbreitung der Samen zu keimen. Dadurch kann diese Art etwaige vorhandene Lücken in den Beständen schnell besetzen. *Brachypodium pinnatum* bezieht dagegen ihren Konkurrenzvorteil gegenüber den *Stipa*-Arten aus ihrem klonalen Wachstum. Durch eine effiziente Rückverlagerung von Nährstoffen in die unterirdischen Ausläufer profitiert die Art stärker als die *Stipa*-Arten von einer erhöhten Nährstoffverfügbarkeit (WAGNER 1972). Außerdem kann sie die mit Risiken behaftete Keimlingsphase stärker einschränken und schnell potentielle Lebensräume in der Umgebung besiedeln.

Die Dominanzbestände von *S. pennata*, *S. pulcherrima*, *S. tirsia* und *S. capillata* zeugen von ihrer hohen Konkurrenzkraft unter den mikroklimatisch kontinental geprägten Standortbedingungen. Demzufolge fanden vor allem die Arten *S. pennata*, *S. pulcherrima* und *S. tirsia* auf diesen Flächen die Standortbedingungen vor, welche es ihnen ermöglichte, trotz ihrer auf das Frühjahr beschränkten Keimung immer wieder genügend offene Standorte (Schutzstellen) zur Etablierung vorzufinden. *S. capillata* scheint dagegen durch abweichendes Keimungsverhalten nur bedingt und nicht ausschließlich auf solche mikroklimatisch stark kontinental geprägten Standorte angewiesen zu sein. Daraus lässt sich offensichtlich auch ihr vereinzeltes Vorkommen auf der untersuchten Ackerbrache der Falkenburg und ihr häufiges Vorkommen im Kyffhäusergebirge (PUSCH & BARTHEL 2003) erklären. Generell gilt jedoch für die *Stipa*-Arten des Kyffhäusergebirges, dass sie das, im Vergleich zu ihren makroklimatisch kontinental geprägten Arealzentrum, schwächer ausgeprägte kontinentale Lokalklima im Kyffhäusergebirge kompensieren, in dem sie in die mikroklimatisch stärker kontinental geprägten (mit den stärksten Temperaturschwankungen im Tages- und Jahresverlauf) und somit klimatisch „hauptarealähnlichsten“ Biotope ausweichen (Gesetz der relativen Standortkonstanz von WALTER & WALTER 1953). Dadurch können sie die interspezifische Konkurrenz mit *Bromus erectus* und *Brachypodium pinnatum* offensichtlich verringern. Die Ergebnisse des Keimversuches in den Freilandbeeten sprachen zwar dafür, dass die untersuchten Federgrasarten durchaus in der Lage sind, auf gemäßigteren (bezüglich des Mikroklimas) und nährstoffreicheren Standorten, wie sie z. B. die Bereiche des Onobrychido-Brometum erecti und des Festuco rupicolae-Brachypodietum pinnati darstellen, zu keimen und sich zu adulten bzw. fertilen Individuen zu entwickeln. Sie könnten sich auf diesen Standorten aber in Konkurrenz mit anderen weniger kontinental geprägten Arten (v. a. *Bromus erectus* und *Brachypodium pinnatum*) nicht oder nur sehr schwer durchsetzen. Lediglich *S. tirsia* besitzt offenbar hierbei eine etwas stärkere Konkurrenzkraft und scheint auch unter den derzeit vorherrschenden klimatischen Bedingungen am ehesten in der Lage zu sein, neue, bisher unbesiedelte Standorte (wohl auch Ackerbrachen) zu besiedeln (jüngste Geländebeobachtungen von J. Pusch, 2007).

## 7 Fazit

Die Ergebnisse des Keimversuches in Freilandbeeten und der pflanzensoziologischen Analysen der Vegetationsaufnahmen zeigen, dass sich die Federgrasarten auf den ca. 10 bis 70 Jahre alten Ackerbrachen im Kyffhäusergebirge nicht etablieren konnten, obwohl sie in ihrer generativen Reproduktionsfähigkeit nicht eingeschränkt sind. Dies erscheint auch für die weitere Zukunft eher unwahrscheinlich, da durch die seit längerem statt findende Beweidung die vorrangigen Konkurrenten *Bromus erectus* und *Brachypodium pinnatum* nicht zurückgedrängt werden konnten. Lediglich bei *S. tirsia* scheint eine Etablierung auch auf Ackerbrachen nicht völlig ausgeschlossen zu sein. Des Weiteren verweist ELLENBERG (1996) darauf, dass Federgrasarten sogar in Gebieten mit kontinentalem Klima auf weniger extremen Standorten von anderen Arten abgelöst werden. Es kann geschlossen werden, dass nur massive Eingriffe zur dauerhaften oder zumindest mittelfristigen Verminderung der Konkurrenzkraft von *Bromus erectus* und *Brachypodium pinnatum* eine Ansiedlung der *Stipa*-Arten auf den Ackerbrachen ermöglichen könnten. Da aber derartige Verfahren, wie das Abschieben der oberen nährstoffreichen Bodenschichten, in den Hanglagen des Kyffhäusers nur bedingt umsetzbar sind, erscheint es zielführender, den bestehenden *Stipa*-Beständen bei allen Schutz- und Erhaltungsbemühungen den Vorrang zu geben. Außerdem stellt die Mehrzahl der Ackerbrachen auch in Bezug auf die Exposition und die tiefere Gründigkeit nur bedingt geeignete Standorte für eine dauerhafte Besiedlung mit den untersuchten *Stipa*-Arten dar. Dies betrifft vor allem *S. pennata*- und *S. pulcherrima*-reiche Bestände (v. a. Festuco valesiacae-Stipetum capillatae). Interessant erscheint es dagegen, die kleinflächigen und flachgründigen Übergangsbereiche vom Festuco valesiacae-Stipetum capillatae zum schwach ausgeprägten Onobrychido-Brometum erecti auf den Ackerbrachen versuchsweise abzuplaggen und der natürlichen Sukzession zu überlassen, um zu sehen, ob sich die Federgrasarten ohne weitere Eingriffe etablieren können. Auch das kleinflächige Abbrennen der Ackerbrachen könnte auf diesen generell besser geeigneten Teilflächen zur stärkeren Etablierung der *Stipa*-Arten führen. PUSCH & BARTHEL (2003) verwiesen dahingehend auf Untersuchungen von SENDTKO (1999), der nach dem Ab-

brennen überalterter Federgrasbestände eine positive Wirkung auf die Fertilität dieser feststellen konnte, und führten gleichfalls an, dass ein ähnlicher Effekt der Förderung bei *S. tirs*a im Kyffhäusergebirge durch Mahd und intensives Ausharken beobachtet werden konnte.

## 8 Zusammenfassung

HOFMANN, K.; PUSCH J.; MANN, S.; TISCHEW, S.: Zur Besiedlung von Ackerbrachen im Kyffhäusergebirge durch *Stipa pennata* L., *Stipa pulcherrima* K. KOCH, *Stipa tirs*a STEVEN em. ČELAK. und *Stipa capillata* L. aus populationsökologischer und pflanzensoziologischer Sicht. – *Hercynia N.F.* 41 (2008): 83–97.

In dieser Arbeit wird der Frage nachgegangen, warum sich die Arten *S. pennata*, *S. pulcherrima*, *S. tirs*a und *S. capillata* trotz einer extensiven Beweidung nicht auf den ca. 10 bis 70 Jahre alten Ackerbrachen im Kyffhäusergebirge etablieren konnten.

Durch Keimversuche in Freilandbeeten konnte nachgewiesen werden, dass die Arten nicht in ihrer generativen Reproduktionsfähigkeit eingeschränkt sind. Für *S. pennata*, *S. pulcherrima* und *S. tirs*a wurde aber eine ausgeprägte Dormanz der Diasporen festgestellt, so dass erst im Frühjahr nach dem Ausbringen der Samen eine nennenswerte Keimung festgestellt wurde. Dabei zeigte *S. tirs*a die höchste Anzahl an Keimlingen und an sich entwickelnden juvenilen Pflanzen. Im dritten Jahr der Versuche konnten ein hoher Anteil der Individuen von *S. pennata*, *S. pulcherrima* und *S. capillata* bereits Blütenstände ausbilden, während bei den dicht stehenden *S. tirs*a-Individuen offensichtlich die höhere intraspezifische Konkurrenz den Übergang zur generativen Entwicklungsphase verzögerte.

Die vergleichenden vegetationskundlichen Untersuchungen in *Stipa*-reichen naturnahen Beständen sowie auf Ackerbrachen am Mittelberg und an der Falkenburg zeigten eine starke Dominanz von *Bromus erectus* oder *Brachypodium pinnatum* auf den Ackerbrachen. Im Gegensatz dazu wiesen diese beiden Arten in den untersuchten *Stipa*-reichen Beständen nur einen sehr geringen Deckungsgrad auf. Auch die pflanzensoziologische Analyse und die Ermittlung von quantitativen mittleren Zeigerwerten zeigen für die Ackerbrachen im Gegensatz zu den *Stipa*-reichen Beständen deutliche Unterschiede. Die Bestände auf den Ackerbrachen haben höhere mittlere Nährstoffzahlen und niedrigere Kontinentalitätszahlen. Nur auf den am stärksten exponierten und weniger nährstoffreichen Standorten haben sich Bestände entwickelt, die pflanzensoziologisch dem Festuco valesiacae – Stipetum capillatae und dem Stipetum stenophyllae zugeordnet werden können. Es wird geschlussfolgert, dass eine dauerhafte und großflächige Besiedlung der untersuchten Ackerbrachen durch *S. pennata*, *S. pulcherrima* und *S. tirs*a nur durch aufwendige Renaturierungsmaßnahmen möglich erscheint und auf die Notwendigkeit des Schutzes und der Entwicklung der bestehenden *Stipa*-reichen Bestände hingewiesen.

## 9 Danksagung

Für die wertvollen Hinweise sei Prof. Dr. Arno Bogenrieder (Freiburg), Prof. Dr. Isabell Hensen (Halle/Saale), Frau Christine Voigt (Halle/Saale), Dr. Andreas Sendtko (Weinheim) und Dr. Friedrich Ebel (Halle/Saale) gedankt. Ferner bedanken wir uns bei dem Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt sowie dem Thüringer Landesverwaltungsamt für die Erteilung der erforderlichen Genehmigungen.

## 10 Literaturverzeichnis

- BARTHEL, K.-J.; PUSCH, J. (1999): Flora des Kyffhäusergebirges und der näheren Umgebung. – Ahorn-Verlag, Jena; Bad Frankenhausen.
- BEGON, M.; MORTIMER, M.; THOMPSON, D. J. (1997): Populationsökologie. – Spektrum, Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford.
- BICK, H. (1999): Grundzüge der Ökologie. 3. überarb. und erg. Aufl., Nachdr. – Spektrum, Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.
- BRUELHEIDE, H.; JANDT, U. (2007): The relationship between dry grassland vegetation and microclimate along a west-east gradient in Central Germany. – *Hercynia N.F.* **40**: 153-176.
- CONERT, H. J. (1992): *Stipa*. – In: HEGI, G. (Begr.): Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Bd. 1, Teil 3, 3. Aufl. (6. Lieferung). – Parey Buchverlag, Berlin.
- DURWEN, K.-J. (1982): Zur Nutzung von Zeigerwerten und artspezifischen Merkmalen der Gefäßpflanzen Mitteleuropas für Zwecke der Landschaftsökologie und -planung mit Hilfe der EDV. Voraussetzungen, Instrumentarien, Methoden und Möglichkeiten. – Arbeitsber. Lehrstuhl f. Landschaftsökologie Münster 5, Münster.
- ELLENBERG, H. (1996): Die Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 5., stark veränd. und bearb. Aufl. – Ulmer Verlag, Stuttgart.
- ELLENBERG, H.; WEBER, H.; DÜLL, R.; WIRTH V.; WERNER, W.; PAULISSEN, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 2., verb. und erw. Aufl. – In: *Scripta Geobotanica*, Bd. 18.
- HOFMANN, K. (2007): Die Besiedlung von Ackerbrachen im Kyffhäusergebirge durch *Stipa pennata* L., *Stipa pulcherrima* K. KOCH, *Stipa tirsia* STEVEN em. ČELAK. und *Stipa capillata* L. unter Betrachtung populationsökologischer und pflanzensoziologischer Aspekte. – Dipl.arb., Hochschule Anhalt (FH), Bernburg.
- JANDT, U. (1999): Kalkmagerrasen am Südharz und im Kyffhäuser. – Diss. Bot. **322**: 1-246
- KREEB, K. (1977): Methoden der Pflanzenökologie. 1. Aufl. – Gustav Fischer Verlag, Jena.
- MAHN, E.-G. (1959): Vegetations- und standortkundliche Untersuchungen an Felsfluren, Trocken- und Halbtrockenrasen Mitteldeutschlands. – Diss. Univ. Halle.
- MAHN, E.-G. (1985): Expositionsbedingte Vegetations- und Standortdifferenzierung und ihre makroklimatische Beeinflussung. – *Colloques phytosociologiques (Bailleul)* **13**: 133-147.
- MEUSEL, H. (1939): Die Vegetationsverhältnisse der Gipsberge im Kyffhäuser und im südlichen Harzvorland. – *Hercynia* **2**: 1-372.
- MEUSEL, H.; JÄGER, E.; WEINERT, E. (1965): Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. Bd. 1. Text. – Gustav Fischer Verlag, Jena.
- MOLÍKOVÁ, M. (1983): Reproduction of *Stipa* species as steppe vegetation dominants. – In: SLAVÍKOVÁ, J.: Ecology and vegetation differentiation of a solitary conic hill (Oblík in České stedohof Mts.). – *Vegetace SSR A 13*. Academia, Prag.
- OVESNOV, A. M.; OVESNOV, S. A. (1972): Ecology of germination of *Stipa* grass seeds. – *Soviet J. Ecol.* **2**: 220-224.
- PFADENHAUER, J. (1997): Vegetationsökologie - ein Skriptum. 2. Auf. – IHW-Verlag, Eiching.
- POTT, R. (1996): Die Entwicklung und Verbreitung xerothermer Vegetationseinheiten in Mitteleuropa unter Einfluss des Menschen. – *Tuexenia* **16**: 337-369.
- PUSCH, J.; BARTHEL, K.-J. (2003): Zum Vorkommen der *Stipa*-Arten im Kyffhäusergebirge. – *Hercynia N. F.* **36**: 23-45.
- RAUSCHERT, S. (1966): Das Federgras (*Stipa pennata* L.) in Mitteldeutschland. – *Landschaftspfl. Natursch. Thür.* **2**: 9-16.
- ROTHMALER, W. (Begr.) (2002): Exkursionsflora von Deutschland. Bd. 4: Gefäßpflanzen: Kritischer Band, 9. Auflage. Hrsg.: JÄGER, E. J.; WERNER, K. – Spektrum, Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.
- SCHRÖDER, D. W. (1984): Bodenkunde in Stichworten. 4. Aufl. – Verlag Ferdinand Hirt, Kiel.
- SCHUBERT, R. (2001): Prodrum der Pflanzengesellschaften Sachsen-Anhalts. – Bot. Verein Sachsen-Anhalt, Halle.
- SCHUBERT, R.; HILBIG W.; KLOTZ S.: (2001): Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Deutschlands. – Spektrum, Akademischer Verlag, Heidelberg.
- SENDTKO, A. (1999): Die Entwicklung *stipa*-reicher Trockenrasen auf Weinbergbrachen in Ost-Mitteleuropa – pflanzensoziologische, nutzungsgeschichtliche und populationsbiologische Aspekte. – *Ber. Reinh.-Tüxen-Ges.* **11**: 179-200.
- WAGNER, P. (1972): Untersuchungen über Biomasse und Stickstoffhaushalt eines Halbtrockenrasens. – Dipl.arb., Univ. Göttingen.

WALTER, H.; STRAKA, H. (1970): Arealkunde. Floristisch-historische Geobotanik. 2. neubearb. Aufl. – Ulmer-Verlag, Stuttgart.

WALTER, H.; WALTER, E. (1953): Das Gesetz der relativen Standortkonstanz, das Wesen der Pflanzengesellschaften. – Ber. Deut. Bot. Ges. **66**: 227-235.

*Manuskript angenommen: 22.April 2008*

Anschriften der Autoren:

Dipl. Ing. (FH) Kirstin Hofmann, Dipl. Ing. (FH) Sandra Mann, Prof. Dr. Sabine Tischew  
Hochschule Anhalt (FH), Fachbereich LOEL, Strenzfelder Allee 28, D-06406 Bernburg

Dr. rer. nat. Jürgen Pusch, Landratsamt Kyffhäuserkreis, Amt für Umwelt, Natur und Wasserwirtschaft  
Markt 8, D-99706 Sondershausen

Email: kirstin-hofmann@gmx.de  
mann@loel.hs-anhalt.de  
tischew@loel.hs-anhalt.de

**LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG (Hrsg.): Adler, Otter, Orchideen. Brandenburgs Naturlandschaften.** – L&H Verlag Hamburg, Berlin, 2007. 298 S., zahlr. Farbfotos. – ISBN 978-3-938608-03-6. Preis: 16,80 Euro.

Der Naturreichtum von Brandenburg ist äußerst vielfältig, und zu den zahlreichen Schutzgebieten nationaler und internationaler Kategorien gehören auch 15 Großschutzgebiete, die das vorliegende Buch dem Leser näher bringen und damit zu eigenen Erkundungen anregen will. Elf Naturparks (z. B. Märkische Schweiz, Dahme-Heideseen, Schlaubetal, Niederlausitzer Heidelandschaft), drei Biosphärenreservate (Flusslandschaft Elbe-Brandenburg, Schorfheide-Chorin und Spreewald) sowie der Nationalpark Unteres Odertal werden vorgestellt.

Jedes Schutzgebiet wird in einem eigenen Kapitel behandelt. Hierbei wird der Schwerpunkt entsprechend dem Anliegen des Buches auf die Beschreibung der charakteristischen Naturausstattung sowie ihrer Besonderheiten gelegt, aber ebenso die Aufmerksamkeit auf bedeutende kulturelle, technische und historische Sehenswürdigkeiten und Hintergründe gelenkt. Darüber hinaus wird auf viele eher weniger bekannte Sachverhalte zu den genannten Themenschwerpunkten verwiesen, was die Liebe der Verfasser zum Detail widerspiegelt. Zahlreiche ansprechende Farbfotos illustrieren die Texte. Am Ende jedes Kapitels befindet sich eine Zusammenstellung mit Adressen und Hinweisen zu Besucher- und Tourismusinformation, Reiseführern und Karten. Am Anfang jeder Gebietsbeschreibung befindet sich ein kleinmaßstäblicher Kartenausschnitt mit der Lage des Großschutzgebietes und dem Ort des dazugehörigen Besucherzentrums. Ungeachtet der Hinweise auf Kartenmaterial wird das Fehlen jeglicher detaillierterer Orientierungsmöglichkeit im Buch sehr vermisst. Hierdurch lässt sich die Fülle topographischer Angaben in den Gebietsbeschreibungen kaum nachvollziehen und ordnen, so dass viele Informationen dadurch untergehen. Eine Karte im Format einer Doppel- oder wenigstens einer einzelnen Seite mit mindestens allen im Text vorkommenden topographischen Bezeichnungen würde den Anspruch des Buches als „Führer in die Großschutzgebiete“ wesentlich effizienter erfüllen. Verwiesen sei hierbei u. a. auf die „Botanischen Wanderungen Berlin und Brandenburg“ (Fischer/Pötsch), die übrigens teilweise ebenfalls Routen in den Großschutzgebieten beschreiben, im vorliegenden Buch jedoch nicht erwähnt sind. So bleibt es eine faktenreiche Beschreibung, die für sich allein als Reiseführer vor Ort zur Routenplanung und Orientierung weniger geeignet erscheint und eher zur Vor- und Nachbereitung von Ausflügen zu empfehlen ist.

Anselm KRUMBIEGEL, Halle (Saale)