

## Untersuchungen zur Neuansiedlung von drei seltenen Xerothermrasenarten in artenarmen Dominanzbeständen von *Festuca rupicola* Heuff.

Susanne WAHL und Monika PARTZSCH

9 Abbildungen und 3 Tabellen

### Abstract

WAHL, S.; PARTZSCH, M.: Investigations into the introduction of three rare xerothermic plant species into species-poor stands dominated by *Festuca rupicola*. – *Hercynia N.F.* 41 (2008): 99–119.

Recently developed porphyry outcrops are caused by anthropogenic impacts near Halle (Saale). They characteristically differ from prehistorically outcrops in that they are now dominated by species-poor xerothermic grassland communities. In line with ecological regeneration investigations, we wish to evaluate the possibility of introducing three rare xerothermic species (*Muscari tenuiflorum*, *Filipendula vulgaris* and *Pseudolysimachion spicatum*) into *Festuca rupicola* dominated stands. The target species are commonly found in neighbouring, more species-rich outcrops. The three species are bloomed and fruited rich throughout the open field, but it is hard to find seedlings. Germination biology investigations revealed that *F. vulgaris* and *P. spicatum* become viable for germination on reaching maturity and prefer medium-temperature conditions (20 °C by day and 10 °C by night). *M. tenuiflorum* shows a morphophysiological dormancy, germinates in the following spring, and, favours the lower temperatures of 8 °C by day and 4 °C by night.

*F. vulgaris* and *P. spicatum* became rapidly established under standardized conditions in the climate chamber but not in the open field. In contrast, *M. tenuiflorum* did not develop in the climate chamber due to its dormancy and the warm experimental conditions, but establishment was successful in the open field. Emergence of individuals was highest in the subplots without vegetation, intermediate in the plots with gaps and with clipped vegetation, and low in the plots with intact vegetation. The development of *M. tenuiflorum* was very slow, with an annual production of only one single leaf for the whole investigation period. In the 1<sup>st</sup> year the individuals were, on average, 1.5-5 cm high, with best growth in the gaps, in the 2<sup>nd</sup> year the individuals averaged 6-7 cm, and in the 3<sup>rd</sup> year the individuals averaged 5-7 cm, the highest measurements being in the plots without vegetation. However, there were no significant differences between the plots with different levels of disturbance in the three years.

Survival percentages of *M. tenuiflorum* declined from year to year: In the 1<sup>st</sup> year survival was high in the plots without vegetation, gaps, and clipped vegetation (62-80 %), and low in the plots with intact vegetation (27 %). In the 3<sup>rd</sup> year survival was highest in the plots without vegetation (30 %), intermediate in the gaps and plots with clipped vegetation (ca. 20 %), and low in the plots with intact vegetation (2 %). Mortality between the years varied: between the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> years ca. 50 % of individuals died in the plots with gaps, clipped vegetation and intact vegetation, while only 20 % died in the plots without vegetation. Between the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> years 85 % died in the intact vegetation; in the other plots between 38 and 52 % died.

Certain conclusions can be drawn from the results with relevance to nature conservation:

The present form of land use, which implies a lack of grazing, represents the greatest obstacle to the establishment and thus reintroduction of rarer xerothermic species. Disturbance of the grassland communities provides regeneration niches. Small clearings formed by the burrows of small mammals and the tracks of sheep and goats can aid the emergence and establishment of certain plant species. A successful approach toward regenerating species-poor xerothermic grasslands may therefore involve the reintroduction of traditional land use measures.

**Key words:** regeneration, germination, establishment, survival, mortality, disturbance, *Filipendula vulgaris*, *Muscari tenuiflorum*, *Pseudolysimachion spicatum*

## 1 Einleitung

Im Fokus der Naturschutzbiologie stehen heute Arten, die immer seltener werden, gefährdet oder sogar von Aussterben bedroht sind. Diese Abundanzveränderungen bis hin zu einem völligen Verlust der Arten führen zu Veränderungen in der Vegetationsstruktur, für deren zeitlich-räumlichen Wandel verschiedene Ursachen benannt werden. Dies ist zum einen der globale Wandel, der mit Klimaveränderungen (Erwärmung) und Eutrophierung einher geht (HOUGHTON et al. 1995, DEIL & LODI 2000, WEBER 2000, WALTHER 2000, DIEKMANN & FALKENGREN-GRERUP 2002), zum anderen aber auch die zunehmende Fragmentierung der Landschaft (QUINN & HARRISON 1988) sowie der Wandel in der traditionellen Landnutzung (DONOHUE et al. 2000, PARTZSCH 2000, POSCHLOD & WALLISDEVRIES 2002, RÖMERMANN et al. 2005). Meist ist die demographische Struktur der Arten gestört, was durch einen Mangel an Keimlingen und juvenilen Individuen deutlich wird. JORRITSMAN-WIENK et al. (2006) und JONGEJANS et al. (2006) führten aus, dass die Etablierungsphase zu Beginn der juvenilen Entwicklung der entscheidende "bottleneck" im Lebenszyklus von Pflanzenarten ist. Die Etablierungsphase wird dabei von den genannten Autoren in zwei Schritte unterteilt: zum einen die Keimung der Diasporen, zum anderen das Überleben der Keimlinge und Jungpflanzen (GROSS 1984, TESSIER et al. 2000). Demgegenüber bewerten MAHN (1996) und KOWARIK (2003) eine Art erst als etabliert, wenn sie sich nach erfolgreichem Durchlaufen der ontogenetischen Entwicklung reproduziert.

Voraussetzung für das Auflaufen von Keimlingen im Freiland ist meist das Vorhandensein von Etablierungsnischen, die infolge von Störungen der mehr oder weniger geschlossenen Vegetationsdecke entstehen. Dabei können Störungen im Zug von traditioneller Bewirtschaftung (z. B. Beweidung oder Mahd) oder mehr oder weniger großen Bodenverletzungen (z. B. Grabtätigkeit von Tieren oder anthropogene Schädigungen) entstehen.

Nach oft mehr als einem Jahrzehnt der Nutzungsauffassung sind gegenwärtig viele Arten aus der aktuellen Vegetation von Trocken- und Halbtrockenrasen verschwunden (DONOHUE et al. 2000, PARTZSCH 2000, POSCHLOD & WALLISDEVRIES 2002, RÖMERMANN et al. 2005). So ist es wichtig, nach Wegen für deren Bestandserhalt bzw. Wiederansiedlung zu suchen. Verschiedene Autoren weisen der Diasporenbank eine wichtige Rolle zu (BAKKER et al. 1996, VON BLANCKENHAGEN & POSCHLOD 2005, ERIKSSON & ERIKSSON 1997). Da nach PARTZSCH (2005) die Diasporen vieler Xerothermrasenarten nicht persistent sind, ist eine Regeneration artenreicher Xerothermrasen jedoch schwierig. Um die Degeneration, d. h. sowohl die Verringerung der Populationsgröße, die genetische Verarmung als auch ein gänzlich Verschwinden solcher Arten auszugleichen, scheint häufig nur noch die Möglichkeit einer Nachpflanzung oder aber einer Diasporenaddition gegeben, da eine natürliche Regeneration mangels Diasporenquellen sowie durch Ausbreitungslimitationen vielfach behindert wird (BAKKER & BERENDSEN 1999, ZOBEL et al. 2006).

Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit den Möglichkeiten einer gesteuerten Einflussnahme auf die Regeneration von Xerothermrasen am Beispiel dreier typischer Arten, *Filipendula vulgaris*, *Muscari tenuiflorum* und *Pseudolysimachion spicatum*, in der Porphyrkuppenlandschaft bei Halle.

Folgende Fragen standen im Mittelpunkt der Untersuchungen:

1. Wie keimen die drei Zielarten unter verschiedenen Temperatur- und Lichtbedingungen, und lassen sich Schlussfolgerungen für ihre Etablierung im Freiland ableiten?
2. Wie verlaufen Keimung, Wachstum und Entwicklung der drei Zielarten unter standardisierten Bedingungen im Pflanzenanzuchtschrank?
3. Lassen sich die drei Zielarten unter natürlichen Bedingungen im Freiland etablieren und welche Rolle spielt der unterschiedliche Störungsgrad der umgebenden Vegetation?
4. Verlaufen Keimung, Wachstum und Entwicklung der drei Zielarten unter standardisierten und natürlichen Bedingungen vergleichbar?

## 2 Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Der Naturpark „Unteres Saaletal“ nordwestlich von Halle wird geprägt durch eine Vielzahl von Porphyrkuppen. Diese sind unterschiedlich groß, unterschiedlich alt und verfügen über eine reiche Xerothermvegetation. Klimatisch befindet sich das Gebiet im Regenschatten des Harzes. Mittlere Jahresniederschläge von nur 481 mm prägen das relativ trockene Klima. Gewitterregen im Sommer erbringen dabei den größten Anteil, wobei in den Sommermonaten auch häufig Trockenperioden auftreten. Mit einer Jahresmitteltemperatur von 9,2°C liegt das Gebiet in einer der wärmsten Regionen Mitteldeutschlands (DÖRING 2004).

Die geologische Entwicklung des Porphyrs reicht bis ins Paläozoikum (Karbon und Perm) zurück, als starker Vulkanismus magmatische Gesteine an die Erdoberfläche beförderte. Im Tertiär erfolgte eine intensive Verwitterung. Während der nachfolgenden Kaltzeiten wurde der Gesteinsschutt abtransportiert, wobei sich die festen Kuppen herausmodellierten (KAYSER 2002). Einige Kuppen könnten während der letzten Kaltzeit als Nunatakker auch aus den vergletscherten Gebieten herausgeragt haben (KRUMBIEGEL & SCHWAB 1974 a, b). Nachfolgend kam es zu Lößüberwehungen, die die Grundlage für die heute vorhandenen Böden bilden. Unterschiedliche Erosion dieser äolischen Ablagerungen, vielfach durch Solifluktion oder Abspülungen an stark exponierten Hängen, prägen den jetzigen kleinräumigen edaphischen Wechsel (EXNER & SCHWAB 2000).

Die Entstehungszeit der heute existierenden Porphyrkuppen (ca. 200) ist sehr unterschiedlich. Etwa ein Drittel von ihnen bestand bereits in vor- und frühgeschichtlicher Zeit. Zwei Drittel sind jedoch erst durch Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung entstanden. Traditionell werden die Flächen, in welche die Porphyrkuppen eingebettet sind, ackerbaulich genutzt. Dabei wirkte vor allem das Tiefpflügen stark Boden erodierend. Dies führte seit ca. 150 Jahren zur verstärkten Herausmodellierung von Kuppen (SCHNEIDER et al. 1995). Die artenreichen und wertvollen Xerothermrassen sind vor allem auf den in prähistorischer Zeit entstandenen Kuppen zu finden (PARTZSCH & MAHN 1997, 1998, PARTZSCH 2001, RICHTER et al. 2003). Kuppen aus jüngerer Zeit sind floristisch und phytozoologisch deutlich ärmer (PARTZSCH 2001).

Die ertragsarmen, historisch alten Kuppen wurden wohl schon seit dem Neolithikum als Weideland genutzt. Seit 1990 ist die Schafzucht nicht mehr profitabel. Fehlende Beweidung birgt die Gefahr des Umbaus der artenreichen Xerothermrassen in artenärmere Grasdominanzbestände, die von *Poa angustifolia* sowie *Festuca rupicola* dominiert werden (PARTZSCH 2000). Diese entwickeln sich auch bevorzugt auf den in jüngerer Zeit entstandenen Kuppen (PARTZSCH et al. 2003).

## 3 Material und Methoden

### 3.1 Zielarten

Bei der Wahl der Arten war es wichtig, typische, strukturspezifische Xerothermrassenarten zu finden, die in ihren standörtlichen Ansprüchen den Bedingungen der ausgewählten Standorte mit *Festuca rupicola*-Beständen entsprechen. Alle drei Arten gelten bundesweit oder in verschiedenen Bundesländern als gefährdet (KORNECK et al. 1996, FRANK et al. 2004) und sind in ihrer Bestandsentwicklung rückläufig (FRANK & NEUMANN 1999), was eventuell auf Probleme bei der Neueta-blierung zurückzuführen sein könnte. Wesentliche Auswahlkriterien waren außerdem die Morphologie der Diasporen und die Lebensform der Arten (Hemikryptophyten: *F. vulgaris*, *P. spicatum*; Geophyt: *M. tenuiflorum*).

#### *Filipendula vulgaris* Moench

Das Kleine Mädesüß (Rosaceae) ist ein einheimischer, ausdauernder Hemikryptophyt mit einem Schwerpunkt-vorkommen in Trocken- und Halbtrockenrasen (ROTHMALER et al. 2005). Die Art gilt in Deutschland insgesamt als ungefährdet, ist jedoch durch Nutzungsänderungen im Rückgang begriffen. In Sachsen-Anhalt ist *F. vulgaris* in seinem Bestand gesichert; in acht Bundesländern jedoch gefährdet (Gefährdungsstufen 2

und 3; KORNECK et al. 1996). Die etwa 30-80 cm hohe Pflanze mit aufrechtem und unverzweigtem Spross blüht bevorzugt am Ende des Frühsommers (Blütezeit Juni-Juli) gelblichweiß. Ihre Blüten sind in Schirmrispen angeordnet. Die mittelgroßen, abgeflachten Teilfrüchte (Nüsschen) sind behaart und werden vom Wind bereits ab Juni/Juli ausgebreitet (Tab. 1). Die Blätter sind unterbrochen fiederteilig eingeschnitten und bilden eine grundständige Rosette (ROTHMALER et al. 2005). Die Art ist namensgebend für das *Filipendulo-Helictotrichetum* Mahn 1965. In der Halleschen Porphyrkuppenlandschaft siedelt sie außerdem im *Festuco-Brachypodietum* Mahn 1959 em., im *Festuco valesiaceae-Stipetum* (Libb. 1931) Mahn 1959 em., im *Euphorbio-Callunetum* Schub. 1960 em. Schub. und in der *Festuca rupicola*-Gesellschaft (PARTZSCH 2000).

### *Muscari tenuiflorum* Tausch

Die Schmalblütige Träubelhyazinthe (Liliaceae) ist ein wärmeliebender Zwiebelgeophyt, der in Deutschland in Felsfluren, Trocken- und Halbtrockenrasen sowie in Trockensaumgesellschaften anzutreffen ist (ROTHMALER et al. 2005). Seine Blüten stehen in lockeren Trauben, wobei die fruchtbaren Blüten grünlich-weiß und die unfruchtbaren am Ende der Traube violett gefärbt sind. Die Art erreicht eine Höhe zwischen 25 und 50 cm und blüht zwischen Mai und Juni (ROTHMALER et al. 2005). Da keine Tochterzwiebeln gebildet werden, vermehrt sich die Pflanze ausschließlich generativ. Die relativ großen und schweren, schwarzen Samen (Tab. 1) werden in Kapseln gebildet, die sich bereits ab Ende Mai öffnen und die Samen nach und nach austreuen. Die Samen besitzen eine angeborene Dormanz und keimen im nächsten Frühling (AMLER et al. 1999). Die Samenschale verbleibt an der Spitze des Keimblattes und fällt erst nach mehreren Tagen ab.

*M. tenuiflorum* besitzt im Gebiet bei Halle/Saale isolierte Vorkommen, wobei hier die NW-Grenze der Verbreitung erreicht wird (HERRMANN et al. 2006). Der Siedlungsschwerpunkt liegt im *Filipendulo-Helictotrichetum* Mahn 1965 sowie im *Festuco valesiaceae-Stipetum capillatae* (Libb. 1931) Mahn 1959 em. (PARTZSCH 2000). Die Art ist im gesamten Bundesgebiet in ihrem Bestand gefährdet und gesetzlich geschützt (KORNECK et al. 1996, BENKERT et al. 1996).

### *Pseudolysimachion spicatum* (L.) Opiz

Der Ährige Blauweiderich (Scrophulariaceae) ist ein einheimischer, perennierender und immergrüner Hemikryptophyt. Die Halbrosettenart erreicht eine Höhe zwischen 15 und 40 cm. Ihre zahlreichen, kleinen blauen Blüten (Blütezeit Juni-August) stehen in langen dichten ährenförmigen Trauben am Ende des Sprosses und werden von Bienen bestäubt (ROTHMALER et al. 2005). Zahlreiche, sehr kleine Samen (Tab. 1) werden in zweifächrigen Kapseln gebildet und vom Wind ab August ausgebreitet. Die Keimung erfolgt bevorzugt unter Licht (Lichtkeimer).

Die Art ist gefährdet, gesetzlich geschützt und in ihrer Bestandesentwicklung rückläufig (FRANK & NEUMANN 1999, FRANK et al. 2004). Seit 1949 sind in Ostdeutschland mehrere Vorkommen erloschen (BENKERT et al. 1996). Ausgestorben ist sie bereits in Nordrhein-Westfalen (ROTHMALER et al. 2005). Im Gebiet der Halleschen Porphyrkuppenlandschaft reicht der Siedlungsschwerpunkt von Silikat-Magerrasen (*Filipendulo-Helictotrichetum* Mahn 1965) bis zu kontinentalen Halbtrockenrasen (*Festuco-Brachypodietum* Mahn 1959) (PARTZSCH 2000).

Tab. 1 Diasporenmerkmale der drei Zielarten, Daten zu Gewicht und Größe aus Bioflor (OTTO 2002)

Tab. 1 Traits of diaspores of the three target species, data of weight and size follow Bioflor (OTTO 2002)

Zielart	Gewicht [mg]	Länge [mm]	Breite [mm]	Dicke [mm]
<i>Filipendula vulgaris</i>	0,8	3,0	1,4	0,7
<i>Muscari tenuiflorum</i>	4,5	2,1	1,8	1,7
<i>Pseudolysimachion spicatum</i>	0,1	1,0	0,5	0,3

### 3.2 Untersuchungen zum Keimverhalten

Reife Diasporen der drei Zielarten wurden im Juli/August 2004 und 2005 auf einer Kuppe (Küsterberg bei Brachwitz) geerntet, die der Kuppe mit den Aussaatflächen unmittelbar benachbart liegt. Bei Zimmertemperatur erfolgte anschließend eine ca. 3-wöchige Nachreife.

Die Diasporen von *F. vulgaris* und *P. spicatum* wurden nicht stratifiziert, wohingegen aufgrund einer bekannten Dormanz die Samen von *M. tenuiflorum* (HERRMANN et al. 2006) durch Kälte stratifiziert wurden. Dies erfolgte über eine Dauer von vier Wochen auf zwei Wegen: a) Samen auf mit destilliertem Wasser durchfeuchtem Filterpapier in einem Kühlschrank bei 4 °C und b) in einer Folientüte bei –18 °C unter trockenen Bedingungen aufbewahrt.

Die Untersuchungen zur Keimungsbiologie fanden in Keimschränken mit unterschiedlichen Temperatur- und Licht-Dunkel-Regimen statt: a) 8 °C / 4 °C bei 12 h Licht und 12 h Dunkelheit, b) 20 °C / 10 °C bei 12 h Licht und 12 h Dunkelheit, c) 32 °C / 20 °C bei 12 h Licht und 12 h Dunkelheit. Es wurden jeweils 25 Diasporen auf mit aqua dest. durchfeuchtem Filterpapier in Petrischalen ausgelegt (je vier Wiederholungen). Die Keimung wurde im zwei- bis dreitägigen Abstand kontrolliert und die gekeimten Diasporen danach entfernt. Der Beobachtungszeitraum für *F. vulgaris* und *P. spicatum* betrug 45 Tage; die Keimung der stratifizierten Diasporen von *M. tenuiflorum* wurde über 192 Tage (5 Monate) verfolgt. Vor Beginn und nach Abschluss des Versuches wurde die Lebensfähigkeit der Diasporen mit Hilfe eines TTC-Tests geprüft.

### 3.3 Entwicklung unter standardisierten Bedingungen im Pflanzenanzuchtschrank

Die Keimung der Diasporen sowie das sich anschließende juvenile Wachstum wurde unter standardisierten Bedingungen in einem Pflanzenanzuchtschrank (Typ „Phytotron HPS 1500“ Heraeus Industrietechnik GmbH) untersucht. Die Aussaat erfolgte auf Standortsubstrat (pH 5,3 in H<sub>2</sub>O, 4,6 in KCl; elektrische Leitfähigkeit: 89–99 µS; Kationenkonzentration: Na<sup>+</sup>: 0,026 g/kg, K<sup>+</sup>: 0,261 g/kg, Mg<sup>2+</sup>: 0,189 g/kg; Ca<sup>2+</sup>: 1,548 g/kg, C/N-Verhältnis: 11,6–13,2; siehe WAHL 2007), das den Porphyrkuppen aus den dortigen *Festuca rupicola*-Rasen entnommen wurde. Pro Kuppe waren zwischen 30 und 40 Entnahmestellen notwendig. Mit einem Erdsieb (Maschenweite 2 cm) wurden größere Steine, Wurzeln und Pflanzenreste entfernt. Die eventuell vorhandene Diasporenbank wurde durch eine Sterilisation des Substrates mit heißem Wasserdampf abgetötet.

Als Aussaatgefäße dienten Mitscherlich-Gefäße, deren Untergrund mit gedämpftem Sand befüllt wurde. Die Aussaat erfolgte im Oktober 2004. 20 Diasporen jeder Art wurden gleichmäßig verteilt auf die Bodenoberfläche gelegt. Pro Art und Substrat wurden drei Wiederholungen angelegt. Gekeimte Diasporen wurden mit nummerierten Etiketten markiert. Nach der Aussaat wurden die Töpfe im Pflanzenanzuchtschrank folgenden Bedingungen ausgesetzt: 12-stündiger Wechsel von Beleuchtung und Dunkelheit mit Dämmerungsphasen, Temperatur und Luftfeuchte bei Licht 20 °C und 65 % und 10 °C und 80 % im Dunkel. Da der Innenraum des Pflanzenanzuchtschranks nicht gleichmäßig ausgeleuchtet ist, wurden die Anzuchtgefäße jeweils nach einer Woche randomisiert umgestellt. Die Bewässerung erfolgte nach Bedarf, jeweils erst nach vollständiger oberflächlicher Abtrocknung des Substrates, um xerotherme Verhältnisse zu simulieren.

Bei wöchentlichen Kontrollen (insgesamt über 18 Wochen) wurden die neu gekeimten sowie abgestorbenen Individuen gezählt. *F. vulgaris* und *P. spicatum* bildeten Blattrossetten aus; das Erscheinen neuer Blätter wurde dokumentiert. In Tabelle 2 werden die vier gewählten Entwicklungskategorien beschrieben, in welche die Individuen während ihres Wachstums eingeordnet worden sind. Diese sollten für einen Vergleich der Entwicklung der Arten während der Etablierungsphase unter standardisierten Bedingungen sowie im Freiland dienen.

Tab. 2 Entwicklungsstadien der juvenilen Individuen von *F. vulgaris* und *P. spicatum* während ihres Wachstums unter standardisierten Bedingungen im Pflanzenanzuchtschrank

Tab. 2 Stages of development of the juvenile individuals of *F. vulgaris* and *P. spicatum* during growth under standardized condition in the climate chamber

Kategorien	<i>F. vulgaris</i>	<i>P. spicatum</i>
a	Keimblätter	Keimblätter
b	1-4 ungefiederte Blätter	1. und 2. Folgeblattpaar
c	mehr als 4 ungefiederte Blätter	3. und 4. Folgeblattpaar
d	Fiederblätter	5. und 6. Folgeblattpaar

### 3.4 Entwicklung unter natürlichen Bedingungen im Freiland

Für die Untersuchungen zur Etablierung der Zielarten im Freiland wurden drei nah beieinander liegende Porphyrkuppen nahe der Gemeinde Brachwitz ausgewählt. Der Küsterberg, die größte Kuppe mit einer Fläche von 4.264 m<sup>2</sup>, ist eine alte und sehr artenreiche Kuppe, die als Spender für die Diasporen der Zielarten diente. Die beiden anderen Kuppen mit einer Größe von 1.434 m<sup>2</sup> bzw. 2.058 m<sup>2</sup> und einem Alter von vermutlich 50–60 Jahren (SCHNEIDER et al. 1995) liegen von der erstgenannten Kuppe ca. 220 bzw. 280 m entfernt. Beide Kuppen zeichnen sich vorwiegend durch Grasdominanzbestände von *Festuca rupicola*, *F. glaucina*, *Agrostis tenuis* und *Arrhenatherum elatius* aus.

Für das Etablierungsexperiment wurden im Herbst 2004 Dauerflächen in Form eines Blockdesigns in den *Festuca rupicola*-Dominanzgesellschaften (mittlerer Deckungsgrad 95 %) eingerichtet. Wegen der Kleinräumigkeit der Kuppen wurde das Versuchsdesign auf zwei Kuppen verteilt, so dass auf jeder Kuppe drei Plots mit einer Länge von 2,0 m und einer Breite von 0,5 m eingerichtet wurden. Diese setzten sich aus jeweils 4 Subplots mit einer Größe von 0,5 x 0,5 m zusammen. Die Eckpunkte der Subplots wurden mit Eisenstangen markiert. Um während der Untersuchung Störungen der Plots durch Betreten zu vermeiden, wurden seitlich unbearbeitete Abschnitte von 1,0 m frei gelassen. Die Gesamtgröße der Versuchsfläche betrug auf jeder Kuppe 2,0 m x 3,5 m. Die Vegetation der Subplots (0,5 x 0,5 m) wurde in unterschiedlichem Maße behandelt:

- a) völlige Beseitigung der aktuellen Vegetation, Entnahme aller Pflanzen und ihrer Wurzeln, dabei Durchmischung des gesamten Bodens; zur Simulation von großflächiger Bodenverletzung
- b) in die Vegetation wurden Lücken (ca. 35 mm Ø, „gaps“) gestochen, um die Grabtätigkeit kleiner Tiere zu simulieren,
- c) die Vegetation wurde ca. 3 cm über dem Boden zur Simulation von Mahd geschnitten und
- d) die Vegetation blieb völlig ungestört zur Simulation der aktuellen Verhältnisse durch Nutzungsaufgabe.

Um ein seitliches Zuwachsen der vegetationslosen Flächen zu verhindern, wurden Stahlplatten bis auf das anstehende Gestein (ca. 8 cm tief) in den Boden getrieben. Durch das Auflegen eines Zählrahmens wurde in den Subplots eine Feinrasterkartierung mit Flächen von 10 x 10 cm Größe ermöglicht (insgesamt 25 Teilflächen).

Das Aussaatexperiment umfasst einen Vorversuch, mit dem zunächst der Keimerfolg der drei Zielarten im Freiland ermittelt werden sollte, und einen Hauptversuch. Da sich *F. vulgaris* jedoch im Pflanzenanzuchtschrank schlecht entwickelte, wurde die Art nicht im Freilandversuch eingesetzt. *P. spicatum* und *M. tenuiflorum* wurden jedoch ausgesät, wobei im Hauptversuch *P. spicatum* ebenso nicht keimte. Die Entwicklung im Freiland wurde deshalb nur bei *M. tenuiflorum* verfolgt.

Im September 2004 wurde in beiden Blocks immer ein Plot mit einer Art besät (Vorversuch 2004). Jedes Feinraster der Subplots erhielt eine Diaspore (insgesamt 200 Diasporen pro Art). Die Flächen wurden außer in der Winterperiode wöchentlich kontrolliert. Gekeimte Individuen wurden mit Plastikstäbchen

markiert. Die Datenaufnahme erfolgte genau wie im Hauptversuch. Die Keimung von *P. spicatum* wurde bis Mai 2005 und die aufgelaufenen Individuen von *M. tenuiflorum* bis zum Einziehen der Blätter im Juni 2005 kontrolliert.

Nach Beendigung des Vorversuches waren die Beseitigung aller aufgelaufenen Individuen und eine erneute Störung der Vegetation in den Plots vorgesehen. Da jedoch die Ergebnisse des Vorversuches auf Schwierigkeiten bei der Keimung hinwiesen (*P. spicatum* und *F. vulgaris* keimten nicht), wurde von der Entfernung der schon vorhandenen Individuen von *M. tenuiflorum* abgesehen. Daher standen zur weiteren Versuchsdurchführung nur noch zwei Plots in jedem Block zur Verfügung.

Im Hauptversuch erfolgte die Aussaat von *P. spicatum* unter den für die Art günstigsten Temperaturbedingungen Ende Mai 2005, die von *M. tenuiflorum* im September 2005 (insgesamt 400 Diasporen pro Art). Die Ablagestellen der leicht in den Boden eingedrückten Diasporen wurden mit einem Plastikstäbchen markiert, um das Auflaufen der Keimlinge besser verfolgen zu können. Die Subplots wurden vor der Einsaat erneut gestört. Im Abstand von 7 bis 10 Tagen wurden eine Vielzahl von Merkmalen der Zielarten bzw. der Vegetation erhoben (vgl. WAHL 2007), von denen in dieser Arbeit nur folgende ausgewertet wurden:

- Zählung der aufgelaufenen Individuen der Zielart,
- Messung der Wuchshöhe der Individuen der Zielart,
- Zählung der Individuen der Zielart mit abgestorbenem Laubblatt,

Im Frühjahr 2007 wurden die erneut ausgetriebenen Individuen registriert und vermessen.

### 3.5 Statistische Auswertung

Aus den Ergebnissen der Keimungsuntersuchungen wurden die prozentualen Anteile der gekeimten Diasporen am Ende der Keimversuche sowie der modifizierte Timson-Index (TIMSON 1965, PÉREZ-FERNÁNDEZ et al. 2006) berechnet. Bei letzterem wurden die gekeimten Diasporen über den Versuchszeitraum aufsummiert und durch die Anzahl der Versuchstage dividiert. Dieser Wert berücksichtigt also neben der Endkeimung auch die Keimgeschwindigkeit einer Art. Die Werte wurden jeweils mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung getestet. Die Homogenität der Varianzen wurde mittels Bartlett-Test geprüft. Prozentwerte wurden vor der statistischen Analyse arcsin-transformiert. Zum Vergleich der Mittelwerte wurde eine einfaktorielle ANOVA und der Post hoc Tukey-Test mit dem Programm WINSTAT für Excel 2000 auf dem Signifikanzniveau von  $p=0,05$  durchgeführt. In gleicher Weise wurden auch die Daten für den Freilandversuch (auflaufende Keimlinge und Wuchshöhe der Individuen) einer ANOVA unterzogen.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Keimung im Keimschrank

Die Diasporen aller drei Zielarten waren zu Beginn des Keimversuchs zu 100 % lebensfähig. *F. vulgaris* keimte bei 8/4 °C gar nicht und bei 20/10 °C am besten und schnellsten (Beginn der Keimung nach 7 Tagen; Abb. 1). Bereits nach weiteren 2 Wochen waren ca. 75 % der Diasporen gekeimt. Nach Versuchsende betrug ihre Lebensfähigkeit nur noch 11 %. Bei höherer Temperatur verlief die Keimung zeitlich verzögert, lag jedoch zum Schluss nur wenig unter der von 20/10 °C. Die ANOVA weist daher für den Timson-Index drei signifikante Untermengen aus ( $F=174,90$ ,  $p < 0,0001$ ), während sich bei der Endkeimung nur die Temperaturstufe 8/4 °C signifikant von den anderen beiden unterscheidet ( $F=124,33$ ,  $p < 0,0001$ ) (Tab. 3).

*P. spicatum* keimte bei 20/10 °C bereits nach 7 Tagen zu 99 % aus (Abb. 2). Unter wärmeren Bedingungen (32/20 °C) begann die Keimung erst am 8. Tag, und während der Versuchsdauer von 45 Tagen liefen 30 % der Diasporen auf. Unter kälteren Bedingungen (8/4 °C) setzte die Keimung erst am 21. Tag ein, und es keimten nur 10 %. Nach Versuchsende waren die verbleibenden Diasporen, die bei der Temperatur 8/4 °C

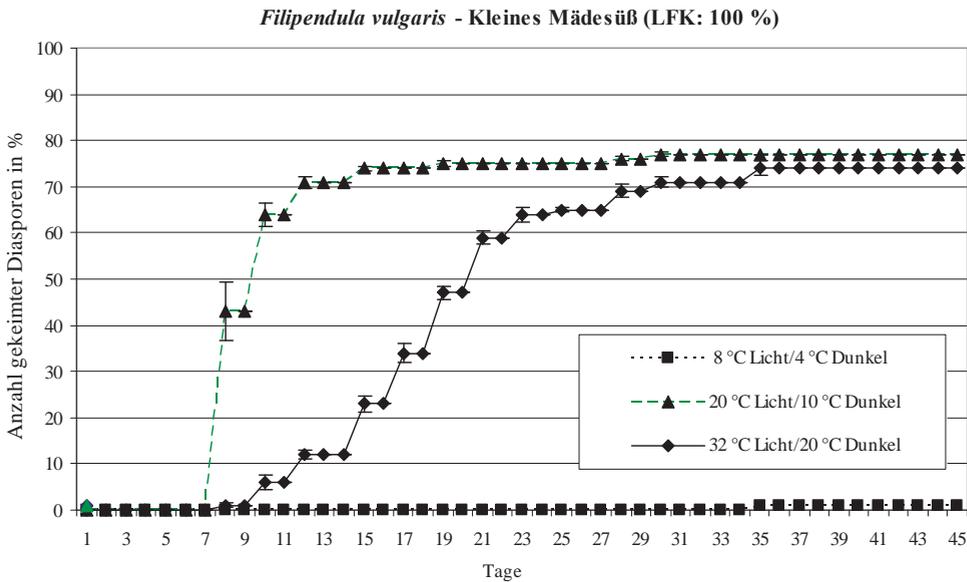


Abb. 1 Kumulativer Keimverlauf von *Filipendula vulgaris* unter drei Temperatur- und Licht-Dunkelregimen bei einer Versuchsdauer von 45 Tagen (Sammelort: Küsterberg, Brachwitz; Sammeldatum: 1.8.2004; LFK = Lebensfähigkeit der Diasporen zu Versuchsbeginn; Balken geben Standardabweichung an)

Fig. 1 Cumulative germination of *Filipendula vulgaris* under three temperature- and light-dark-regimes during the experiment of 45 days (Site of collection: Küsterberg, Brachwitz; date of collection: 1.8.2004; LFK = viability of diaspores at the beginning of the experiment; bars indicate standard deviation)

lagerten, noch zu 89 % und, die unter 32/20 °C zu 65 % keimfähig. Die ANOVA weist für beide Parameter signifikante Unterschiede zwischen allen drei Behandlungen auf (Keimerfolg:  $F = 73.97$ ,  $p < 0,0001$ ; Timson-Index:  $F = 109.63$ ,  $p < 0,0001$ ).

Die bei +4 °C kaltstratifizierten Diasporen von *M. tenuiflorum* begannen erst nach 92 Tagen bei 8/4 °C zu keimen, keimten dann aber innerhalb der nächsten 28 Tage vollständig aus (Abb. 3). Die Keimung der bei -18 °C stratifizierten Samen begann am 125. Tag nach Versuchsansatz und dauerte weitere 55 Tage. Beide Ansätze unterscheiden sich signifikant von den anderen vier Behandlungen, da *M. tenuiflorum* trotz Stratifizierung weder bei 20/10 °C noch bei 32/20 °C innerhalb des Versuchszeitraumes von 192 Tagen keimte ( $F = 394,18$ ,  $p < 0,0001$ ). Für den Timson-Index weist die ANOVA wegen der unterschiedlichen Keimgeschwindigkeit der unterschiedlich stratifizierten Diasporen drei signifikante Untermengen aus ( $F = 4456,26$   $p < 0,0001$ ).

#### 4.2 Entwicklung unter standardisierten Bedingungen im Pflanzenanzuchtschrank

Im Pflanzenanzuchtschrank keimten die Zielarten auf den verwendeten Standortsubstraten unterschiedlich; *M. tenuiflorum* keimte gar nicht, *F. vulgaris* und *P. spicatum* hingegen bereits ab der 2. Woche. Bis zur 15. Woche liefen bei *F. vulgaris* immer neue Keimlinge auf (Abb. 4). Bereits in der 3. Woche erschienen bei einigen Individuen die ersten ein bis vier Folgeblätter, ab der 8. Woche traten mehr als 4 ungefederte Folgeblätter auf. Die ersten gefiederten Laubblätter traten ab der 12. Woche auf. Zwischen der Keimung und der Bildung von Fiederblättern lag jeweils ein Zeitraum von mindestens 10 Wochen. Insgesamt war jedoch der Keimerfolg mit ca. 33 % (Substrat von Kuppe a) und 36 % (Substrat von Kuppe b) recht niedrig.

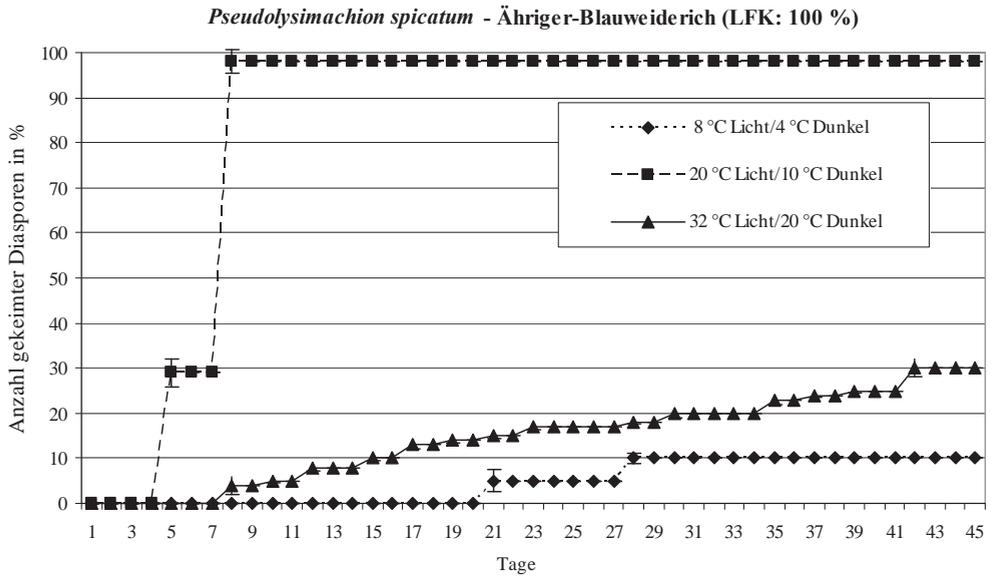


Abb. 2 Kumulativer Keimverlauf von *Pseudolysimachion spicatum* unter drei Temperatur- und Licht-Dunkelregimen bei einer Versuchsdauer von 45 Tagen (Sammelort: Küsterberg, Brachwitz, Sammeldatum: 1.8.2004; LFK = Lebensfähigkeit der Diasporen zu Versuchsbeginn; Balken geben Standardabweichung an)

Fig. 2 Cumulative germination of *Pseudolysimachion spicatum* under three temperature- and light-dark-regimes during the experiment of 45 days (Site of collection: Küsterberg, Brachwitz; date of collection: 1.8.2004; LFK = viability of diaspores at the beginning of the experiment; bars indicate standard deviation)

Tab. 3 Prozentuale Keimung der Diasporen der drei Zielarten zu Versuchsende und Timson-Index bei unterschiedlichen Temperatur-Licht-Regimen

Tab. 3 Percentage germination of diaspores of the three target species at the end of the experiment and Timson-Index under the different temperature-light-regimes

	Behandlungen	maximale Keimung in %	Timson-Index
<i>Filipendula vulgaris</i>			
	8/4 °C	1	0,24
	20/10 °C	77	61,82
	32/20 °C	74	44,58
<i>Pseudolysimachion spicatum</i>			
	8/4 °C	10	4,78
	20/10 °C	98	84,69
	32/20 °C	30	14,67
<i>Muscari tenuiflorum</i>			
	8/4 °C – Stratifizierung +4 °C	98	14,45
	20/10 °C – Stratifizierung +4 °C	0	0
	32/20 °C – Stratifizierung +4 °C	0	0
	8/4 °C – Stratifizierung -18 °C	97	7,34
	20/10 °C – Stratifizierung -18 °C	0	0
	32/20 °C – Stratifizierung -18 °C	0	0

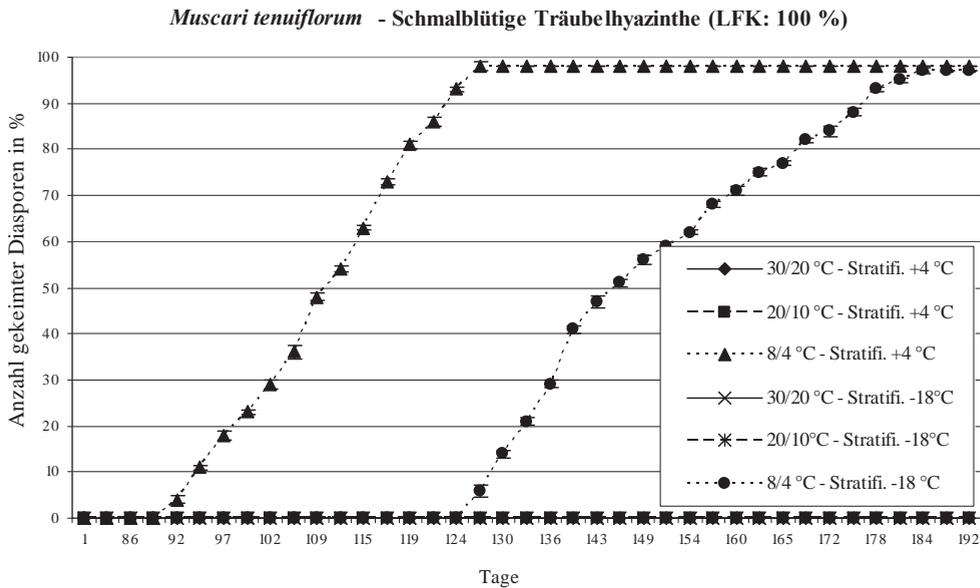


Abb. 3 Kumulativer Keimverlauf von verschiedenen stratifizierten *Muscari tenuiflorum*-Samen unter drei Temperatur- und Licht-Dunkelregimen bei einer Versuchsdauer von 192 Tagen (Sammelort: Küsterberg, Brachwitz, Sammeldatum: 1.8.2004; LFK = Lebensfähigkeit der Diasporen zu Versuchsbeginn; Balken geben Standardabweichung an)

Fig. 3 Cumulative germination of *Muscari tenuiflorum* under three temperature- and light-dark-regimes during the experiment of 192 days (Site of collection: Küsterberg, Brachwitz; date of collection: 1.8.2004; LFK = viability of diaspores at the beginning of the experiment; bars indicate standard deviation)

Bei *P. spicatum* erstreckte sich die Keimung von der 2. bis zur 5. Woche (Abb. 5). Ab der 3. Woche erschienen die ersten ein bis zwei Folgeblattpaare, ab der 7. Woche das dritte und vierte und ab der 10. Woche das fünfte und sechste Folgeblattpaar, die sich zu einer Blattrosette formierten. Diese erreichten nach 18 Wochen einen Durchmesser von bis zu 6 cm. Ab der 12. Woche bildeten einige große Exemplare bereits Seitensprosse aus. Auf dem Substrat von Kuppe b lag der Keimerfolg bei 80 %, auf dem Substrat von Kuppe a liefen überhaupt keine Keimlinge auf (vielleicht wegen unterschiedlicher Austrocknung der Bodenoberfläche).

### 4.3 Entwicklung unter natürlichen Bedingungen im Freiland

#### 4.3.1 Keimung

Weder im Vorversuch noch im Hauptversuch wurden Keimlinge von *P. spicatum* im Freiland gefunden. Die ersten Keimpflanzen von *M. tenuiflorum* konnten im Vorversuch am 15. März 2005 im Freiland auf den vegetationslosen Plots beobachtet werden (Abb. 6). In den anderen Plots erfolgte die Keimung um ca. zwei Wochen verzögert. Die meisten Individuen keimten in den vegetationslosen Plots (80 %). In den gemähten Plots und in den Flächen mit „gaps“ lag der Keimerfolg etwas darunter (69 % bzw. 62 %). In den Plots mit ungestörter Vegetation keimten nur 28 % der ausgesäten Diasporen. Infolge sehr niedriger Temperaturen im März 2006 (Hauptversuch), mit Frösten bis zu  $-8,9$  °C und einem monatlichen Mittel von nur  $1,8$  °C, setzte die Keimung später als im Jahr 2005 ein; erste Keimlinge waren am 9. April sichtbar (in allen Plots). In diesem Jahr waren die meisten Keimlinge in den vegetationslosen Flächen (67 %) sowie in denen mit

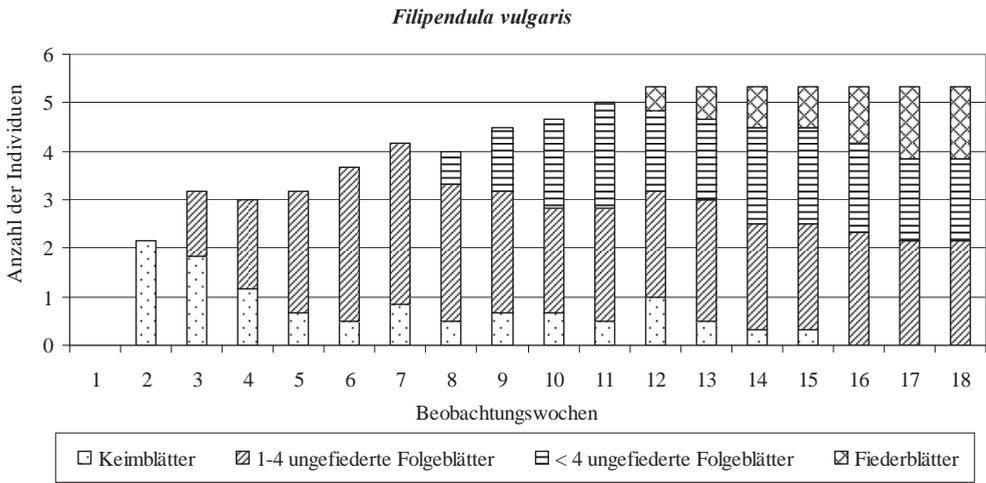


Abb. 4 Kumulativer Entwicklungsverlauf von *Filipendula vulgaris* unter standardisierten Bedingungen im Pflanzenanzuchtschrank innerhalb eines Zeitraumes von 18 Wochen

Fig. 4 Cumulative development of *Filipendula vulgaris* under standardized conditions in the climate chamber within 18 weeks

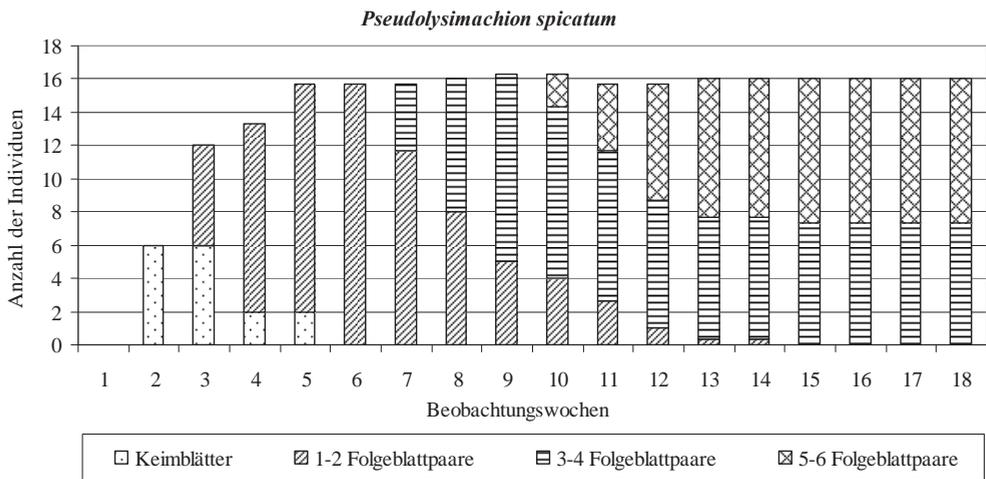


Abb. 5 Kumulativer Entwicklungsverlauf von *Pseudolysimachion spicatum* unter standardisierten Bedingungen im Pflanzenanzuchtschrank innerhalb eines Zeitraumes von 18 Wochen

Fig. 5 Cumulative development of *Pseudolysimachion spicatum* under standardized conditions in the climate chamber within 18 weeks

„gaps“ (68 %) zu finden. In den gemähten Flächen keimten nur 32 % der Diasporen und in den ungestörten Flächen nur 14 %. In der ANOVA, für die die Ergebnisse beider Jahre zusammengefasst wurden, unterscheidet sich das Auflaufen der *M. tenuiflorum*-Keimlinge demzufolge in den vegetationslosen Flächen und in denen mit „gaps“ signifikant von den anderen beiden Behandlungen ( $F= 6.032, p=0,004$ ).

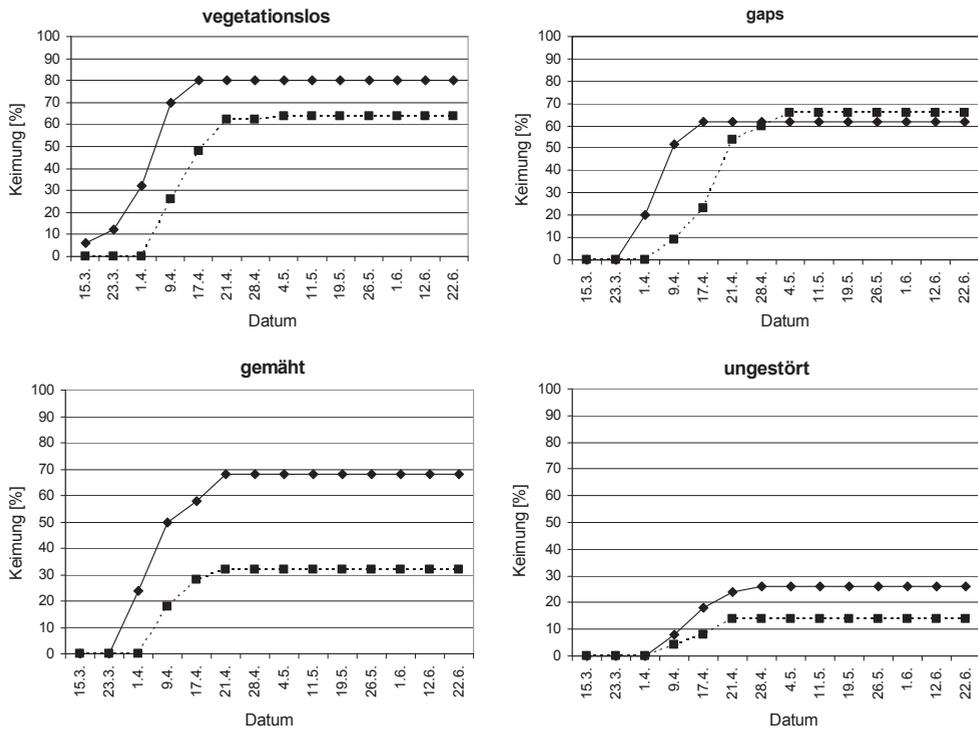


Abb. 6 Prozentualer Anteil der auflaufenden Keimlinge von *Muscari tenuiflorum* (bezogen auf n = 25 Samen je Subplot) in den vier unterschiedlich gestörten Flächen in Vergleich zwischen den Jahren 2005 (durchgezogene Linie) und 2006 (gepunktete Linie)

Fig. 6 Percentage of emerging seedlings of *Muscari tenuiflorum* (n = 25 seeds per plot) on four plots with different level of disturbance in comparing of years 2005 (solid line) and 2006 (dotted line)

### 4.3.2 Entwicklung

Die einjährigen Individuen von *M. tenuiflorum* bestehen nur aus einem relativ zarten, unifacialen Blatt. Ihre mittlere Wuchshöhe liegt zwischen 1,7 und ca. 5 cm, wobei sie in den Flächen mit „gaps“ im ersten Jahr am höchsten wurden (Abb. 7). In den vegetationslosen Plots lag die mittlere Wuchshöhe bei ca. 3,8 cm. In den gemähten und ungestörten Plots waren die Individuen am kleinsten. Die zwei- und dreijährigen Individuen besitzen ebenfalls nur ein Laubblatt. Im 2. Jahr wurden die Individuen in allen Plots im Mittel ca. 6 cm hoch. Im 3. Jahr war die durchschnittliche Wuchshöhe mit ca. 5–5,8 cm sogar etwas geringer, und die Individuen wuchsen in den vegetationslosen Flächen am höchsten (ca. 6,8 cm). Die Mittelwerte der Wuchshöhen der ein-, zwei- und dreijährigen Individuen unterscheiden sich jedoch nicht signifikant (ANOVA,  $p > 0,05$ ).

### 4.3.3 Überlebens- und Sterberate

Die meisten überlebenden Individuen waren in den vegetationslosen Flächen zu finden (Abb. 8; prozentualer Anteil der überlebende Individuen jeweils bezogen auf die im 1. Jahr ausgelegten Diasporen, n=100). Hier trieben im 2. Jahr ca. 64 % und in 3. Jahr 30 % der Individuen neu aus. In den gemähten Flächen und den Flächen mit „gaps“ erschienen im 2. Jahr jeweils etwa 32 %. Im 3. Jahr waren es 20 % in den Flächen

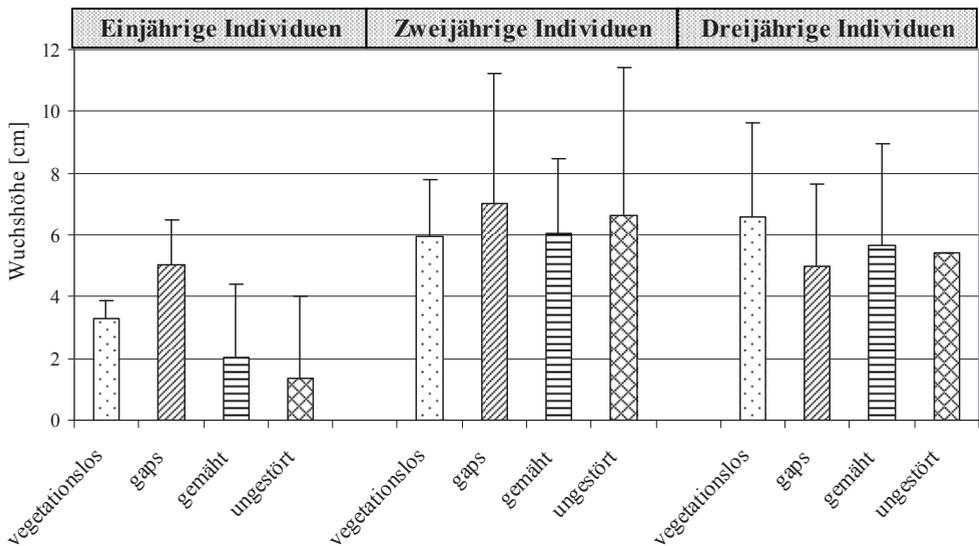


Abb. 7 Wuchshöhen der Individuen von *Muscari tenuiflorum* in den unterschiedlich gestörten Flächen in drei aufeinander folgenden Jahren (2005–2007, Mittelwerte und Standardabweichung; letzte Säule nur 1 Individuum)

Fig. 7 Growth height of the individuals of *Muscari tenuiflorum* in the differently disturbed plots in three following years (2005–2007). The standard deviation shows the distribution of the values (last bar just one individual)

mit „gaps“ und 17 % in den gemähten Flächen. In den Flächen mit intakter Vegetation trieben im 2. Jahr 15 % und im 3. Jahr nur noch 2 % erneut aus.

Die Mortalität der *M. tenuiflorum*-Individuen (Abb. 9; prozentuale Sterberate jeweils bezogen auf die im Vorjahr aufgelaufenen Individuen) zwischen den Jahren 2005 und 2006 war in den vegetationslosen Flächen am geringsten (20 %), stieg aber zwischen 2006 und 2007 auf 53 %. In den Flächen mit „gaps“ sowie in den gemähten Flächen betrug die Sterberate zwischen 38 und 51 %. Dabei war der Anteil der abgestorbenen Individuen zwischen 2006 und 2007 sogar etwas geringer als zwischen dem 1. und 2. Jahr. In den ungestörten Flächen trieben ca. 46 % im 2. und sogar 85 % im 3. Jahr nicht wieder aus.

## 5 Diskussion

### 5.1 Keimungsbiologie

Die drei Zielarten zeichneten sich unter Laborbedingungen im Keimschrank durch eine sehr hohe Keimfähigkeit aus, wobei *F. vulgaris* und *P. spicatum* am besten unter mittleren Temperaturen bei 20/10 °C keimten, d. h. unter solchen Bedingungen, die in unseren Breiten zwischen Frühling und Herbst auftreten können. Temperaturerhöhung führt jedoch bei *F. vulgaris* zu einer verzögerten, bei *P. spicatum* zu einer stark verminderten Keimung. Demgegenüber keimte *M. tenuiflorum* ausschließlich unter kalten Bedingungen von 8/4 °C nach der Überdauerung einer Keimruhe von etwa drei Monaten. Die Art benötigte diesen Zeitraum ungeachtet des Versuchs, die Keimruhe durch Kältestratifizierung zu brechen. Das spricht für eine morphophysiologische Dormanz bei *M. tenuiflorum* (HERRMANN et al. 2006). Nach FENNER & THOMPSON (2005) liegt die entscheidende Funktion der Dormanz darin, die Keimung zu verhindern, wenn zwar die Umweltbedingungen für eine Keimung, nicht aber für das Überleben und das Wachstum der Keimlinge geeignet sind. *M. tenuiflorum* gilt, wie in der Literatur erwähnt (ROTHMALER et al. 2005), als

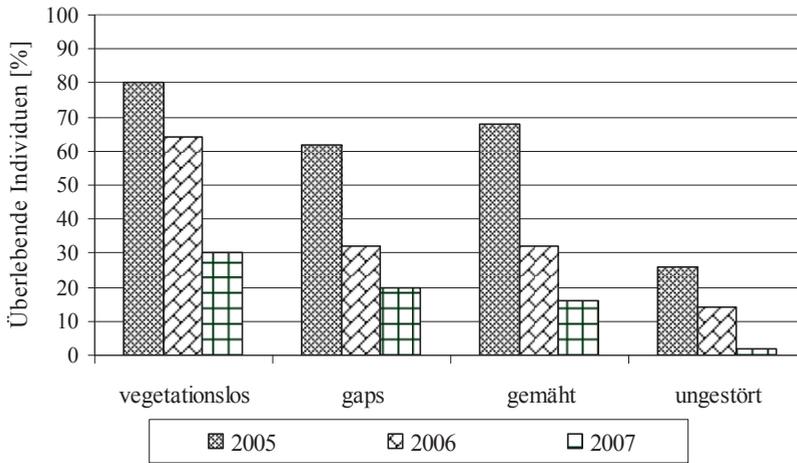


Abb. 8 Vergleich der gekeimten und überlebenden Individuen von *Muscari tenuiflorum* in den unterschiedlich gestörten Flächen in drei aufeinander folgenden Jahren 2005–2007 (pro Behandlung: n = 100)

Fig. 8 Comparison of the emerged and survived individuals of *Muscari tenuiflorum* in the different disturbed areas in the three following years 2005–2007 (per treatment: n= 100)

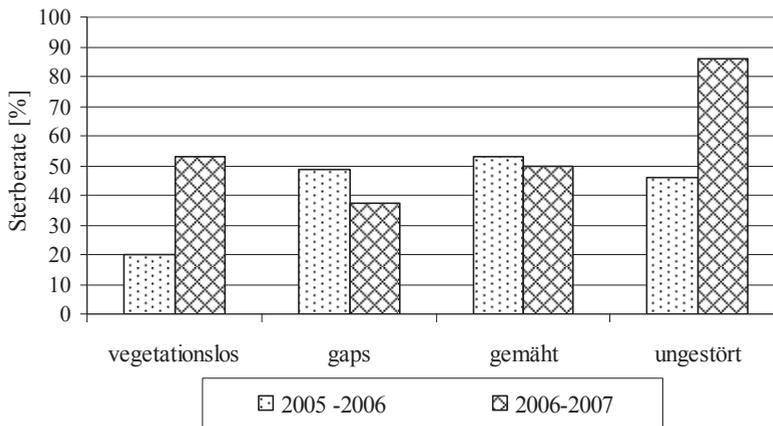


Abb. 9 Vergleich der abgestorbenen Individuen von *Muscari tenuiflorum* in den unterschiedlich gestörten Flächen zwischen den Jahren 2005 und 2006 sowie 2006 und 2007

Fig. 9 Comparison of the dead individuals of *Muscari tenuiflorum* in the different disturbed plots in the three following years (2005–2007)

echter Kältekeimer, da sie nur unter niedrigen Temperaturen auskeimt. Dies überrascht im Vergleich zu *F. vulgaris* und *P. spicatum*, da alle drei Arten in den xerothermen Vegetationseinheiten von Mitteleuropa bis in den kontinentalen Bereich verbreitet sind (ROTHMALER et al. 2005).

Nach der Datenbank von THOMPSON et al. (1997) ist *F. vulgaris* eine Art mit transientem Diasporenbanktyp. Für *P. spicatum* gibt es gegensätzlichen Angaben: während zwei Angaben die Art dem transienten

Diasporenbanktyp zuordnen, weist eine weitere sie als long-term persistent aus. Aufgrund des Keimverhaltens würden auch wir diese Art eher dem transienten Typ zuordnen, bei dem die Samen weniger als ein Jahr im Boden überdauern. Für *M. tenuiflorum* sind in THOMPSON et al. (1997) keine Angaben zu finden. Da die Diasporen zur Überwindung der Dormanz (unter unseren Versuchsbedingungen nach erfolgter Kältestratifizierung von 92 Tagen) den Winter im Boden überdauern müssen und erst im nächsten Frühjahr keimen können, entspricht dies eher dem ausdauernden Samenbanktyp. Da die Samen dann jedoch innerhalb von weniger als 30 Tagen vollständig auskeimen, würden wir die Art dem short-term persistenten Diasporenbanktyp zuordnen, bei dem die Diasporen zwischen 1 und 5 Jahre im Boden lebensfähig bleiben.

## 5.2 Auflaufen, Wachstum, Überleben und Mortalität

Unter standardisierten Bedingungen und auf natürlichem Substrat liefen die ersten Keimlinge von *F. vulgaris* und *P. spicatum* bereits nach einer Woche auf. Im Vergleich zur Keimung auf wasserdurchtränktem Filterpapier ergab sich nur für *P. spicatum* eine geringe zeitliche Verzögerung. Die Folgeblätter entwickelten sich bei beiden Arten recht schnell, so dass am Ende des Versuches, nach 18 Wochen, recht kräftige Individuen entstanden waren. WILSON (2000) bestätigt, dass ähnlich unseren Ergebnissen, *P. spicatum* unter Gewächshausbedingungen zwei Wochen nach der Keimung bereits das erste Laubblattpaar ausbildet und die Art im Freiland bereits in der ersten Saison nach dem Auflaufen zur Blüte kommt. Für *F. vulgaris* sind in der Literatur leider keine Angaben zu finden, die Auskunft über die juvenile Entwicklung dieser Art gibt.

*M. tenuiflorum* kam im entsprechenden Versuchszeitraum trotz vorheriger Kältestratifizierung aufgrund ihrer Dormanz sowie den für sie ungünstigen Bedingungen im Pflanzenanzuchtschrank (20 °C bei Licht und 10 °C bei Dunkelheit) nicht zur Entwicklung. Sie war jedoch die einzige Art, die sich im Freiland erfolgreich etablieren konnte. Eine Ursache hierfür könnte durchaus im Keimverhalten der Arten zu finden sein. *F. vulgaris* und *P. spicatum* bevorzugen zur Keimung höhere Temperaturen, die bei uns in den Sommermonaten erreicht werden. Dies sind aber auch Zeiten, in denen Regenfälle nur sporadisch fallen und die Standorte anschließend schnell austrocknen. So war im Jahr 2005 die mittlere Niederschlagsmenge im Monat Juni ausgesprochen gering (DÖRING & BORG 2008), was das Auflaufen von *P. spicatum* verhindert haben könnte. Dies könnte aber auch auf das leichte Eindringen der Samen in den Boden zu Versuchsbeginn zurückzuführen sein, da die Art als Lichtkeimer gilt. Da die Keimung ein irreversibler Prozess ist, können die Keimlinge bei anschließender Austrocknung schnell absterben. *M. tenuiflorum* hingegen übersteht infolge der Dormanz die Wintermonate als Samen, kann dann bereits bei niedrigen Frühjahrstemperaturen (unter unseren Bedingungen bei 8/4 °C) zu einer Zeit keimen, in der noch genügend Feuchtigkeit im Boden vorhanden ist. Aufgrund des unterschiedlichen Verhaltens der drei Zielarten war ein Vergleich von Keimung, Wachstum und Entwicklung unter standardisierten und natürlichen Bedingungen leider nicht möglich.

Die drei Zielarten unterscheiden sich auch in ihrer Diasporenmorphologie: *M. tenuiflorum* bildet große, schwere, rundliche Samen, *F. vulgaris* besitzt mittelgroße, leichte Nüsschen und *P. spicatum* sehr kleine, nahezu staubfeine Samen. Die Diasporengröße ist ein wichtiges funktionales Merkmal, das die Prozesse von Fortpflanzungs- und Ausbreitungsbiologie verknüpft, da Zusammenhänge hinsichtlich des Lebenszyklusses, der Persistenz und der Keimlingsetablierung bestehen (BEKKER et al. 1998, THOMPSON et al. 2001). MOLES & WESTOBY (2004b) wiesen nach, dass großsamige Arten einen Überlebensvorteil während der Keimlingsetablierung gegenüber kleinsamigen Vertretern besitzen. Somit sind größere Diasporen aufgrund des höheren Gehaltes an Reservestoffen generell toleranter gegenüber Streß, wie Trockenheit (HENDRIX et al. 1991), Beschattung, Nährstoffmangel (WESTOBY et al. 1996) und Konkurrenz durch andere Arten (LEISHMAN et al. 2000, LEISHMAN 2001). Nach den Untersuchungen von AARSEN & JORDAN (2001) und MOLES & WESTOBY (2004a) führt aber eine 10-fache Vergrößerung des Samengewichts zu einer 10-fachen Verringerung der Anzahl der gebildeten Samen, die eine Pflanze pro Jahr und Bedeckungseinheit produzieren kann. Dies trifft auch für unsere Zielarten zu: Nach HERRMANN et al. (2006) produziert *M. tenuiflorum* im Durchschnitt 3,7 Samen pro Kapsel und somit zwischen 55 und 106 (im

Mittel 77) Samen pro Pflanze. *F. vulgaris* besitzt pro Blüte zwischen 6 und 12 einsamige Fruchtblätter; je Individuum ca. 50 Blüten. Pro Pflanze können sich somit zwischen 300 und 600 Samen entwickeln. In den zweifächrigen Kapseln von *P. spicatum* können ca. 10 Samenanlagen vorhanden sein. Aufgrund der sehr hohen Anzahl von kleinen Blüten kann ein Individuum zwischen 1.500 und 2.700 Samen produzieren (WILSON et al. 2000). Wegen der erhöhten Samenproduktion kann unsere kleinsamige Zielart *P. spicatum* den Nachteil, den die Kleinsamigkeit mit sich bringt, kompensieren. Die Chance, dass bei günstigen Bedingungen – die ggf. nur alle paar Jahre auftreten – sehr viele Keimlinge auflaufen, ist relativ groß. Ist die Art einmal etabliert, reproduziert sie sich überwiegend vegetativ (WILSON et al. 2000).

Bei unseren Untersuchungen konnte sich unter den natürlichen Bedingungen im Freiland nur *M. tenuiflorum* etablieren. Dabei gab es große Unterschiede zwischen den unterschiedlich gestörten Flächen, wobei höchste Keimraten in den völlig vegetationsfreien Flächen zu verzeichnen waren, in denen sowohl die ober- als auch die unterirdische Konkurrenz beseitigt worden war. In den „gaps“, die in die intakte Vegetation eingestochen waren, war der Keimerfolg ebenfalls relativ hoch. MORGAN (1997) konnte anhand von Etablierungsversuchen einer gefährdeten Asteraceen-Art in verschiedenen Graslandtypen nachweisen, dass die Größe der „gaps“ (0 cm, 15 cm, 30 cm, 50 cm, 100 cm) großen Einfluss auf Keimung, Überleben und Wachstum hat. Dabei keimten mehr Diasporen in den Lücken ab einer Größe von 30 cm im Durchmesser. Dies gilt ebenso für die Etablierung von Baumkeimlingen (*Acer pseudoplatanus*, *Fagus sylvatica*, *Picea abies*), die in großen „gaps“ erfolgreicher war als in kleinen (VANDENBERGHE et al. 2006). Ähnliches konnte auch HITCHMOUGH (2003) bei Etablierungsversuchen von *Trollius europaeus* nachweisen.

Im Vergleich zu unserem Experiment mit einerseits völlig vegetationslosen Plots, die wir den großen Lücken (50 x 50cm) gleichsetzen können, und andererseits „gaps“ von 35 mm Durchmesser, hat sich gezeigt, dass sich in den sehr viel kleineren „gaps“ nur ein um ca. 10 % verringerter Keimerfolg einstellte. Das lässt den Schluss zu, dass für das Auflaufen von *M. tenuiflorum* auch kleine Vegetationslücken reichen, die durch Kleinsäuger oder Trittsverletzungen durch Weidevieh entstehen können. Diese sind als Etablierungsnische durchaus geeignet. Der Keimerfolg von *M. tenuiflorum* war in den gemähten Flächen deutlich niedriger als in den „gaps“, und in den ungestörten Flächen lag er nur zwischen 15 und 28 %. Aufgrund der Aussaatergebnisse in zwei aufeinander folgenden Jahren wird deutlich, dass Witterungseffekte eine große Rolle spielen. Generell kann aber festgestellt werden, dass die ungestörte, intakte Vegetation das größte Hindernis für eine Neuansiedlung der Art darstellt. Grund hierfür ist die zum Teil hohe Streuauflage sowie die dichte Vegetationsdecke (VELLEND et al. 2000, BACHMANN et al. 2005). VANDERBERGHE et al. (2006) konnten beobachten, dass die Radikula der Baumkeimlinge (s.o.) bereits ausgetrocknet ist, bevor sie in den Boden eindringt. GRACE (1999) bezeichnete die Unterdrückung der Keimung durch die umgebende Vegetationsdecke als eine kryptische Form von Konkurrenz.

VANDERBERGHE et al. (2006) stellten fest, dass die Biomasse von Baumkeimlingen (s.o.) bei steigender Lückengröße zunimmt. In unseren Untersuchungen haben wir den Zuwachs indirekt über die Bestimmung der mittleren Wuchshöhe der Individuen ermittelt, wobei die größten Individuen tatsächlich im ersten Jahr in den vegetationslosen Plots bzw. in den „gaps“ zu finden waren. In den Folgejahren nivellierte sich jedoch der Unterschied zwischen den unterschiedlich gestörten Flächen, so dass es keine signifikanten Unterschiede gab. Generell war der Zuwachs von *M. tenuiflorum* in den ersten drei Jahren sehr gering. Es wurde jeweils nur ein Laubblatt gebildet. Dies stimmt mit den Untersuchungen von HERRMANN et al. (2006) überein, die beschreiben, dass die Blattlänge der zwei- und dreijährigen Individuen maximal 9 bzw. 12 cm (bei einer Breite von 2–3 mm) betragen kann. Die Art investiert zunächst in das Wachstum der unterirdischen Zwiebel. Erst ab einem Alter von 6 bis 7 Jahren werden zwei und etwa ab dem 10. Jahr drei bifaciale Blätter gebildet. Das Alter, in dem die Individuen erstmals blühen, ist nicht exakt bekannt. Blüten wurden erst im Dreiblatt-Stadium beobachtet.

Das Überleben der Individuen bzw. die Mortalität von *M. tenuiflorum* zwischen den Jahren ist demgegenüber stark vom Störungsgrad der Vegetation beeinflusst. In den vegetationslosen Flächen hatten im 2. Jahr über 64 % und im 3. Jahr ca. 30 % der Individuen wieder ausgetrieben. Einen Grund für relativ hohe Überlebensraten sehen verschiedene Autoren (MC CONNAUGHAY & BAZZAZ 1991, AGUILERA & LAUENROTH 1993) in der völligen Beseitigung von Wurzelkonkurrenz. In den Flächen mit kleinen Lücken sowie in den

gemähten Flächen war das Überleben relativ ähnlich: im 2. Jahr trieben ca. 30 % und im 3. Jahr zwischen 17 und 20 % der Individuen wieder aus, was sicher verstärkt sowohl auf unter- als auch auf oberirdische Konkurrenz zurückzuführen ist. In den ungestörten Flächen überlebten nur 2 % (ein Individuum) im 3. Jahr. Die Mortalität war deshalb in den ungestörten Flächen sehr hoch, ansonsten lag sie in allen Flächen zwischen 2005 und 2006 sowie zwischen 2006 und 2007 zwischen 38 und 52 %, d. h. die Anzahl der Individuen sinkt von Jahr zu Jahr ca. um die Hälfte.

In den vegetationslosen Flächen starben nur ca. 20 % der *M. tenuiflorum*-Individuen zwischen dem 1. und 2. Jahr, dafür aber 52 % zwischen dem 2. und 3. Jahr. Ursache hierfür ist, dass sich die zunächst günstigen Bedingungen, vor allem die mangelnde Wurzelkonkurrenz und günstigere Lichtverhältnisse, wegen der spontanen Ansiedlung von Annuellen (*Viola arvensis*, *Anagallis arvensis*, *Arabidopsis thaliana*, *Myosotis stricta*) sowie konkurrenzkräftigen Ruderalarten (*Carduus acanthoides*, *Chenopodium album*, *Fallopia convolvulus*) in den Folgejahren verschlechtern. Erst durch Langzeituntersuchungen lässt sich klären, ob sich infolge der Wiederbesiedlung der großen Lücken der Trend umdreht. Ergebnisse hierfür sind in der Literatur kaum zu finden, da die Untersuchungen meist nur ein Jahr dauerten (MORGAN 1998, HITCHMOUGH 2003, VANDERBERGHE et al. 2006).

Nach MOLES & WESTERBOY (2004b) wird die Mortalität von Keimlingen durch verschiedene Faktoren mit unterschiedlicher Bedeutung bestimmt. So entfallen 38 % auf Herbivorie, 35 % auf Trockenheit, 20 % auf Pilzbefall und 4,6 % auf mechanische Beschädigung. Nur ein sehr geringer Anteil an Keimlingen (1,3 %) soll durch die etablierte Vegetation bzw. durch die Konkurrenz zwischen den Keimlingen (1,6 %) geschädigt werden. Bei HITCHMOUGH (2003) waren alle Keimlinge von *Trollius europaeus* innerhalb von 305 Tage durch Schneckenfraß vernichtet worden. Wir vermuten aufgrund eigener Beobachtungen, dass in unseren Halbtrockenrasen Herbivorie nur eine untergeordnete Rolle spielt, wohingegen die größte Mortalität der Individuen auf die unter- und oberirdische Konkurrenz zurückzuführen ist.

### 5.3 Schlussfolgerungen

Unsere Ergebnisse haben gezeigt, dass die drei Zielarten hinsichtlich ihrer Keimungsbiologie sowie Wachstum und Entwicklung durchaus in der Lage sind, sich an geeigneten Standorten zu regenerieren. Neben stochastischen Ereignissen (Witterung, Substratbedingungen, Störungen durch Tiere oder Menschen u.a.) ist das größte Hindernis für eine Regeneration der artenreichen Xerothermvegetation unter den gegenwärtigen Bedingungen jedoch die Nutzungsauffassung durch Wegfall der Beweidung seit 1990. Anhand von *M. tenuiflorum* konnten wir nachweisen, dass Regenerationsnischen für eine erfolgreiche Etablierung nötig sind. Dabei würden wir von größeren Störungen, wie sie z. B. mit den vegetationsfreien Flächen (Größe 0,5 x 0,5) simuliert wurden, abraten, obwohl sich hier zunächst ein etwas höherer Keimerfolg als auf den kleinen Störflächen (Lücken von 35 mm) eingestellt hat. Die großen Störflächen bergen das Risiko, dass durch spontane Ansiedlung von konkurrenzstarken Ruderalarten in den Folgejahren ein höherer Konkurrenzdruck sowohl für die juvenilen Individuen als auch für den gesamten Xerothermrasen ausgehen kann. Die kleinen Störstellen, die durch die Tätigkeit von Kleinsäugetern bzw. durch Trittbelastung infolge von Beweidung entstehen, sind durchaus zur Regeneration der Populationen geeignet (BULLOCK et al. 2001, WATKINSON & ORMEROD 2001), zerstören aber nicht das intakte Gefüge des Halbtrockenrasens. Dass die Keimungs- und frühe Etablierungsphase, wie JORRITSMAN-WIENK et al. (2006) und JONGEJANS et al. (2006) auswiesen, die entscheidende Schwachstelle im Lebenszyklus der Arten ist, konnte auch mit unseren Untersuchungen am Beispiel der drei Zielarten nachgewiesen werden. Hierin liegt neben der Möglichkeit des Diasporeneintrags die entscheidende Ursache, weshalb das floristische und phytozöologische Inventar der zahlreichen Porphyrkuppen nordwestlich von Halle bis heute noch so große Unterschiede aufweist (PARTZSCH 2000, 2007). So benötigt zum Beispiel *M. tenuiflorum* für eine vollständige Etablierung im Sinne von MAHN (1996) und KOWARIK (2003) mindestens 8 bis 10 Jahre bis zur ersten generativen Reproduktion (HERRMANN et al. 2006). Wir werden die Entwicklung der Art in den nächsten Jahren weiter verfolgen.

## 6 Zusammenfassung

WAHL, S.; PARTZSCH, M.: Untersuchungen zur Neuansiedlung von drei seltenen Xerothermrasenarten in artenarmen Dominanzbeständen von *Festuca rupicola*. – *Hercynia N. F.* **41** (2008): 99–119.

Die Xerothermrasen auf den anthropogen bedingt, neu entstandenen Porphyrkuppen nordwestlich von Halle sind im Vergleich zu denen aus prähistorischer Zeit sehr artenarm. In Rahmen von regenerations-ökologischen Untersuchungen überprüften wir die Chancen für die Neuansiedlung von drei seltenen Xerothermrasenarten (*Muscari tenuiflorum*, *Filipendula vulgaris* und *Pseudolysimachion spicatum*) in *Festuca rupicola*-Dominanzbeständen. Dabei handelt es sich um Arten, die auf den benachbarten, sehr alten, artenreichen Kuppen siedeln und auf den jüngeren Kuppen fehlen. Alle drei Arten blühen und fruchten im Freiland reichlich, Keimlinge findet man jedoch kaum. Durch Untersuchungen zur Keimungsbiologie konnten wir feststellen, dass *F. vulgaris* und *P. spicatum* sofort keimbereit sind und bevorzugt bei mittleren Temperaturbedingungen (20 °C bei Tag und 10 °C bei Nacht) keimen. *M. tenuiflorum* besitzt eine morphophysiologische Dormanz und keimt erst im nächsten Frühjahr, aber schon bei sehr niedrigen Temperaturen von 8 °C bei Tag und 4 °C bei Nacht.

Unter standardisierten Bedingungen im Pflanzenanzuchtschrank wuchsen *F. vulgaris* und *P. spicatum* mehr oder weniger gut; unter natürlichen Bedingungen im Freiland konnten sie sich jedoch nicht etablieren. *M. tenuiflorum* entwickelte sich im Pflanzenanzuchtschrank aufgrund der spezifischen Versuchsbedingungen (20 °C Licht/10 °C Dunkelheit) und ihrer morphophysiologischen Dormanz nicht, war aber im Freiland erfolgreich. Von dieser Art liefen signifikant die meisten Individuen (in den vegetationslosen Flächen bzw. den Flächen mit Lücken („gaps“) auf. Die Keimung in den gemähten Flächen war geringer und in der unbehandelten intakten Vegetation am geringsten. Die Keimrate im Freiland wird jedoch stark von den jeweiligen Witterungsbedingungen bestimmt. Die Entwicklung von *M. tenuiflorum* in den drei aufeinander folgenden Vegetationsperioden war gering. Die mittlere Wuchshöhe schwankte im ersten Jahr zwischen 1,5 und 5 cm, im zweiten Jahr zwischen 6 und 7 cm und im 3. Jahr zwischen 5 und 7 cm. In allen drei Jahren wurde jeweils nur ein Laubblatt ausgebildet. Die mittlere Wuchshöhe der Individuen war im 1. Jahr am höchsten in den Flächen mit „gaps“ bzw. in den vegetationslosen Flächen. Dies nivellierte sich jedoch in den Folgejahren; signifikante Unterschiede gab es nicht.

Die Anzahl der überlebenden Individuen von *M. tenuiflorum* verringerte sich von Jahr zu Jahr. Im 1. Jahr überlebten die meisten Keimlinge in den vegetationslosen Plots, den Flächen mit „gaps“ sowie in den mit geschnittener Vegetation (62-80 %) und die wenigsten in den Flächen mit intakter Vegetation (27 %). Im 3. Jahr war die Überlebensrate in den vegetationslosen Plots (30 %) am höchsten. In den Flächen mit „gaps“ und geschnittener Vegetation lag sie bei 20 % und in den Flächen mit intakter Vegetation überlebten nur 2 %.

Die Mortalitätsrate zwischen den Jahren variiert: zwischen dem 1. und 2. Jahr war sie in den vegetationslosen Flächen am geringsten (20 %), ansonsten schwankt sie um ca. 50 %. Diese war dann auch für die vegetationslosen Flächen zwischen den Jahren 2006 und 2007 zu verzeichnen, da hier die Konkurrenz durch sich wieder ansiedelnde Arten zunahm. Die höchste Mortalitätsrate wurde in den Flächen der intakten Vegetation zwischen dem 2. und 3. Jahr registriert (85 %). Hier überlebte im 3. Jahr nur noch ein Individuum.

Aus unseren Untersuchungen lassen sich folgende naturschutzfachliche Hinweise ableiten: Die gegenwärtige Verbrachung durch Wegfall der Beweidung ist für die Neuansiedlung von seltenen Xerothermrasenarten das größte Hindernis. Störungen, durch die die Vegetationsdecke teilweise geschädigt wurde, sind Voraussetzungen für die erfolgreiche Etablierung von *M. tenuiflorum*. Dabei sind schon kleine Lücken, wie sie durch die Tätigkeit von Kleinsäugetern, aber auch durch die Trittbelastung durch Schafe und Ziegen entstehen können, hilfreich. Für die Renaturierungen artenreicher Xerothermrasen ist die Wiederaufnahme der traditionellen Bewirtschaftung durch Beweidung zwingend erforderlich.

## 7 Danksagung

Für die artenschutzrechtliche Genehmigung zur Durchführung des Etablierungsversuches bedanken wir uns herzlich beim Referat für Naturschutz und Landschaftspflege des Landesverwaltungsamtes Sachsen-Anhalt in Halle, bei Frau Ch. Matschat.

Bei der Firma DOW Olefinverbund GmbH möchten wir uns ganz herzlich für die finanzielle Unterstützung unserer naturschutzrelevanten Forschung in der Region um Halle bedanken.

Frau Prof. Isabell Hensen und Herrn Dr. Anselm Krumbiegel sowie den beiden anonymen Gutachtern sei für die kritische Durchsicht des Manuskriptes gedankt.

## 8 Literatur

- AARSEN, L.W.; JORDAN, C. (2001): Between-species patterns of covariation in plant size, seed size and fecundity in monocarpic herbs. – *Ecoscience* **8**: 471-477.
- AGUILERA, M.O.; LAUENROTH, W.K. (1993): Seedling establishment in adult neighbourhoods – intraspecific constraints in the regeneration of the bunchgrass *Bouteloua gracilis*. – *J. Ecol.* **81**: 253-261.
- AMLER, K.; BAHL, A.; HENLE, K.; KAULE, G.; POSCHLOD, P.; SETTELE, J. (Hrsg.) (1999): Populationsbiologie in der Naturschutzpraxis: Isolation, Flächenbedarf und Biotopansprüche von Pflanzen und Tieren. – Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- BACHMANN, U.; HENSEN, I.; PARTZSCH, M. (2005): Is *Campanula glomerata* threatened by competition of expanding grasses? – *Plant Ecology* **180**: 257-265.
- BAKKER, J.P.; BERENDSE, F. (1999): Constraints in the restoration of ecological diversity in grassland and heathlands. – *Trends Ecol. Evol.* **14**: 63-68.
- BAKKER, J.P.; POSCHLOD, P.; STRYKSTRA, R.J.; BEKKER, R.M.; THOMPSON, K. (1996): Seed bank and seed dispersal: important topics in restoration ecology. – *Act. Bot. Neerl.* **45**: 461-490.
- BEKKER, R.M.; BAKKER, J.P.; GRANDIN, U.; KALAMEES, R.; MILBERG, P.; POSCHLOD, P.; THOMPSON, K. & WILLEMS J.H. (1998): Seed size, shape and vertical distribution in the soil: indicators of seed longevity. – *Funct. Ecol.* **12**: 834-842.
- BENKERT, D.; FUKAREK, F.; KORSCH, H. (1996): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Ostdeutschlands. – Fischer, Jena, Stuttgart, Lübeck, Ulm.
- BULLOCK, J.M.; FRANKLIN, J.; STEVENSON, M.J.; SILVERTOWN, J.; COULSON, S.J.; GREGORY, S.J.; TOFTS, R. (2001): A plant trait analysis of responses to grazing in a long-term experiment. – *J. Appl. Ecol.* **38**: 689-267.
- DEIL, U.; LODI, F. (2000): Vegetation and climate – an introduction. – *Phytocoenologia* **30**: 275-277.
- DIEKMANN, M.; FALKENGREN-GRERUP, U. (2002): Prediction of species response to atmospheric nitrogen deposition by means of ecological measures and life history traits. – *J. Ecol.* **90**: 108-120.
- DONOHUE, K.; FOSTER, D.R.; MOTZKIN, G. (2000): Effects of the past and the present on species distribution: land-use history and demography of wintergreen. – *J. Ecol.* **88**: 303-316.
- DÖRING, J. (2004): Zu den Klimaverhältnissen im östlichen Harzvorland. – *Hercynia N.F.* **37**: 137-154.
- DÖRING, J.; BORG, H. (2008) Ist das Klima von Halle (Saale) noch „normal“? Betrachtungen anhand der Temperatur- und Niederschlagsreihe von 1851 bis heute. – *Hercynia N.F.* **41**: 3-21.
- ERIKSSON, O.; ERIKSSON, A. (1997): Seedling recruitment in semi-natural pastures: the effects of disturbance, seed size, phenology and seed bank. – *Nordic J. Bot.* **17**: 469-482.
- EXNER, M.; SCHWAB, M. (2000): Der Wettin-Rhyolith - Beitrag zur Oberflächenverbreitung und Entstehung eines Halleschen Quarzporphyrs. – *Hercynia N.F.* **33/2**:173-190.
- FENNER, M.; THOMPSON, K. (2005): The ecology of seeds. – University Press, Cambridge.
- FRANK, D.; HERDAM, H.; HILBIG, W.; JAGE, H.; JOHN, H.; G., KISON, H.-U.; KORSCH, H.; STOLLE, J. mit Beiträgen von BRÄUTIGAM, S.; THIEL, H.; UHLEMANN, I.; WEBER, H. E.; WELK, E. (2004). Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzengesellschaften des Landes Sachsen-Anhalt. – *Ber. LA f. Umweltschutz Sachsen-Anh.* **39**: 91-110.
- FRANK, D.; NEUMANN, V. (HRSG.)(1999): Bestandssituation der Pflanzen und Tiere Sachsen-Anhalts. – Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- GRACE, J.B. (1999): The factors controlling species density in herbaceous plant communities: an assessment. – *Perspect. Plant Ecol., Evol. Systemat.* **2**:1-28.
- GROSS, K.L. (1984): Effects of seed size and growth form on seedling establishment of six monocarpic perennial plants. – *J. Ecol.* **72**: 369-387.

- HENDRIX, S.; NIELSEN, E.; NIELSEN, T.; SCHUTT, M. (1991): Are seedlings from small seeds always inferior to seedlings from large seeds? Effects of seed biomass on seedling growth in *Pastinaca sativa* L. – *New Phytologist* **119**: 299-305.
- HERRMANN, N.; WEISS, G.; DURKA, W. (2006): Biological flora of central Europe: *Muscari tenuiflorum* Tausch. – *Flora* **201**: 81-101.
- HITCHMOUGH, J.D. (2003): Effects of sward height, gap size, and slug grazing on emergence and establishment of *Trollius europaeus* (Globeflower). – *Rest. Ecol.* **11**: 20-28.
- HOUGHTON, J.J.; MEIRO FILHO, L.G.; CALLANDER, B.A.; HARRIS, N.; KATTENBERG, A.; MASKELL, K. (Eds.) (1995): Climate change 1995 – The science of climate change. Contribution of working group I to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change. – University Press, Cambridge.
- JONGEJANS, E.; SOONS, M.B.; DE KROON, H. (2006): Bottlenecks and spatiotemporal variation in the sexual reproduction pathway of perennial meadow plants. – *Basic and Appl. Ecol.* **7**: 71-81.
- JORRITSMA-WIENK, L. D.; AMELOOT, E.; LENSSEN, J.P.M.; DE KROON, H. (2006): Differential responses of germination and seedling establishment in populations of *Tragopogon pratensis* (Asteraceae). – *Plant Biol.* **9**: 109-115.
- KAYSER, M. (2002): Aspekte zum Wasserhaushalt von Sandlössen im Mitteldeutschen Trockengebiet. – Diss., Techn. Univ. Berlin.
- KORNECK, D.; SCHNITTLER, M.; VOLLMER, I. (1996): Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. – *Schr.R. Veg. kde* **28**: 21-187.
- KOWARIK, I. (2003): Biologische Invasionen : Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa. – Ulmer, Stuttgart.
- KRUMBIEGEL, G.; SCHWAB, M. (1974 a): Saaletadt Halle und Umgebung. Ein geologischer Führer. Teil 1. Geologische Grundlagen. – Martin-Luther-Univ., Halle/S.
- KRUMBIEGEL, G.; SCHWAB, M. (1974 b): Saaletadt Halle und Umgebung. Ein geologischer Führer. Teil 2. Geologische Spazier- und Wanderwege in und um Halle. – Martin-Luther-Univ., Halle/S.
- LEISHMAN, M.R. (2001): Does the seed size/number trade-off model determine plant community structure? An assessment of the model mechanism and their generality. – *Oikos* **93**: 294-302.
- LEISHMAN, M. R.; WRIGHT, I.J.; MOLES, A.T.; WESTOBY, M. (2000): The evolutionary ecology of seed size. – In: FENNER, M. (ed.): Seeds – the ecology of regeneration in plant communities. – CAB International, pp. 31-57.
- MAHN, E.-G. (1996): Einfluß spontaner und gelenkter Sukzessionsprozesse in Braunkohlentagebaulandschaften auf die Entwicklung einer ressourcenangepaßten Vegetationsstruktur. – *Hercynia N.F.* **30**: 5-12.
- MC CONNAUGHAY, K.D.M.; BAZZAZ, F.A. (1991): Is physical space a soil resource? – *Ecol.* **72**: 94-103.
- MOLES, A.T.; WESTOBY, M. (2004a): Seedling survival and seed size: a synthesis of the literature. – *J. Ecol.* **92**: 372: 383.
- MOLES, A.T.; WESTOBY, M. (2004b): What do seedlings die from and what are the implications for evolution of seed size? – *Oikos* **106**: 193-199.
- MORGAN, J.W. (1998): The effect of grassland gap size on establishment, growth and flowering of the endangered *Ruidosis leptorrhynchoides* (Asteraceae). – *J. Appl. Ecol.* **34**: 566-576.
- OTTO, B. (2002): Merkmale von Samen, Früchten, generativen Geminulen und generativen Diasporen. – In: KLOTZ, S.; KÜHN, I.; DURKA, W. : *BIOLFLOR* – Eine Datenbank mit biologisch-ökologischen Merkmalen zur Flora von Deutschland. – *Schr. R. Veg.kde* **38**: 177-196.
- PARTZSCH, M. (2000): Die Porphyrkuppenlandschaft des unteren Saaletals – Strukturwandel ihrer Vegetation in den letzten vier Jahrzehnten. – *Tuexenia* **20**: 153-187.
- PARTZSCH, M. (2001): Die Porphyrkuppenlandschaft des unteren Saaletals – Vergleich der Vegetation in Abhängigkeit von Flächengröße und Genese der Porphyrkuppen. – *Bot. Jahrbücher Syst.* **123/1**: 1–45.
- PARTZSCH, M. (2005): Das reproduktive Potential der Diasporenbanken unterschiedlicher Pflanzengesellschaften xerothermer Standorte. – *Tuexenia* **25**: 341-355.
- PARTZSCH, M. (2007): Flora, Vegetation und historische Entwicklung der Porphyrkuppenlandschaft zwischen Halle und Wettin (Sachsen-Anhalt). – *Schlechtendalia* **15**: 1-91.
- PARTZSCH, M.; MAHN, E.-G. (1997): Welchen Einfluß haben Flächengröße, Entwicklungszeit und standörtliche Vielfalt isolierter Offenstandorte auf die floristisch-phytozoologische Struktur xerothermer Vegetationskomplexe? – *Verh. Gesell. Ökol.* **27**: 93–99.
- PARTZSCH, M.; MAHN, E.-G. (1998): Einfluss von Flächengröße, Entwicklungszeit und standörtlicher Vielfalt isolierter Offenstandorte auf die Struktur xerothermer Vegetationskomplexe. – *Braunsch. Geobot. Arb.* **5**: 95–112.
- PARTZSCH, M.; SCHERF, W.; HENSEN, I. (2003): Die Porphyrkuppenlandschaft des unteren Saaletals – Vegetationsdynamische Untersuchungen auf kleinflächigen Kuppen unterschiedlicher Entstehungszeit. – *Tuexenia* **23**: 227-255.
- PÉREZ-FERNÁNDEZ, M.A.; CALVO-MAGRO, E.; FERRER-CASTÁN, D. (2006) : Simulation of germination of pioneer species along an experimental drought gradient. – *J. Environ. Biol.* **27(4)**: 679-685.
- POSCHLOD, P.; WALLISDEVRIES, M.F. (2002): The historical and socioeconomic perspective of calcareous grasslands – lessons from the distant and recent past. – *Biol. Conserv.* **104**: 362-376.

- QUINN, J.F.; HARRISON, S.P. (1988): Effects of habitat fragmentation and isolation on species richness: evidence from biogeographic patterns. – *Oecologia* **75**: 132-140.
- RICHTER, B.; PARTZSCH, M.; HENSEN, I. (2003): Vegetation, Kultur- und Nutzungsgeschichte der xerothermen Hügellandschaft bei Mücheln/Wettin (Sachsen-Anhalt). – *Hercynia N.F.* **36**: 91–121.
- RÖRMERMANN, C.; DUTOIT, T.; POSCHLOD, P.; BUISSON, E. (2005): Influence of former cultivation on the unique Mediterranean steppe of France and consequences for conservation management. – *Biol. Conserv.* **121**: 21-33.
- ROTHMALER W. (begründet); JÄGER E.; WERNER K. (Hrsg.) (2005): Exkursionsflora von Deutschland. Bd. 4: Kritischer Band. 10. Aufl. – Spektrum, Akademischer Verlag Elsevier, München.
- SCHNEIDER, K.; DANN, C.; KIRCHSTEIN, B. (1995): Historische Nutzungsanalyse und Grundlagenermittlung für die Bewertung des durch Flächenstillegungen in der Porphyrkuppenlandschaft nördlich von Halle stattfindenden Landschaftsstrukturwandels. – Unveröff. Forsch.ber., Univ. Halle-Wittenberg.
- TESSIER, M.; CLOAGUEN, J.C.; LEFEUVRE, J.C. (2000): Factors affecting the population dynamics of *Suaeda maritima* at initial stages of development. – *Plant Ecol.* **147**: 193-203.
- THOMPSON, K.; BAKKER, J.P.; BEKKER, R.M. (1997): The soil seed banks of north west Europe: methodology, density and longevity. – University Press, Cambridge.
- THOMPSON, K.; HODGSON, J.G.; GRIME, J.P.; BURKE, M.J.W. (2001): Plant traits and temporal scale: evidence from a 5-year invasion experiment using native species. – *J. Ecol.* **89**: 1054-1060.
- TIMSON, J. (1965): New method of recording germination data. – *Nature* **207**: 216-217.
- VANDEBERGHE, C.; FRELÉCHOUX, F.; GADALLAH, F.; BUTTLER, A. (2006): Competitive effects of herbaceous vegetation on tree seedling emergence, growth and survival: Doses gap size matter? – *J. Veg. Sci.* **17**: 481-488.
- VELLEND, M.; LECHOWICZ, J.; WATERWAY, M.J. (2000): Germination and establishment of forest sedges (Carex, Cyperaceae): tests for home-site advantage and effects of leaf litter. – *Am. J. Bot.* **87**(10): 1517-1525.
- VON BLANCKENHAGEN, B.; POSCHLOD, P. (2005): Restoration of calcareous grasslands: the role of the soil seed bank and seed dispersal for recolonisation processes. – *Biotechn., Agron., Soc. and Environ.* **9**(2): 143-149.
- WAHL, S. (2007): Untersuchungen zur Neuansiedlung dreier typischer Xerothermarten in artenarmen Dominanzbeständen von *Festuca rupicola*. Ergebnisse eines Aussaatexperimentes im Freiland und im Phytotron. – Dipl.arb. Univ. Halle.
- WALTHER, G.-R. (2000): Climatic forcing on the dispersal of exotic species. – *Phytocoenologia* **30**(3–4): 409-430.
- WATKINSON, A.R.; ORMEROD, S.J. (2001): Grasslands, grazing and biodiversity: editors' introduction. – *J. Appl. Ecol.* **38**: 233–237.
- WEBER, E. (2000): Switzerland and the invasive plant species issue. – *Bot. Helv.* **110**: 1-24.
- WESTOBY, M.; LEISHMANN, M.; LORD, J. (1996): Comparative ecology of seed size and dispersal. – *Philosophical Transactions: Biol. Sci.* **151**: (1345): 1309-1317.
- WILSON, G.B.; HOUSTON, L.; WHITTINGTON, W.J.; HUMPHRIES, R.N. (2000): *Veronica spicata* L. ssp. *spicata* and ssp. *hybrida* (L.) GAUDIN (*Pseudolysimachium spicatum* (L.) OPITZ). – *J. Ecol.* **88**: 890-909.
- ZOBEL, M.; ÖPIK, M.; MOORA, M.; PÄRTEL, M. (2006): Biodiversity and ecosystem functioning: It is time for dispersal experiments. – *J. Veg. Sci.* **17**: 543-547.

*Manuskript angenommen: 22. April 2008*

Adressen der Autoren:

Dipl.Biol. Susanne Wahl

Siedlung 30, D-06295 Eisleben, OT Unterrißdorf

Dr. rer. nat. Monika Partzsch

Martin-Luther-Universität, Institut für Biologie/Geobotanik und Botanischer Garten, Am Kirchtor 1, 06108 Halle/ S.

e-mail: monika.partzsch@botanik.uni-halle.de

**WOLFF, M & GRUSS, O.: Orchideenatlas.** – Eugen Ulmer-Verlag, Stuttgart, 2007. 468 Seiten, 867 Farbfotos, 20 Zeichnungen, 22,5 x 28,5 cm, Hardcover mit farbigem Schutzumschlag. – ISBN 978-3-8001-3870-8. Preis: 49,90 Euro.

Der neue Orchideenatlas aus dem Ulmer Verlag ist als Fortsetzung der gleichnamigen, in mehrfacher Auflage erschienenen, Publikation von BECHTEL, CRIBB und LAUNERT in überarbeiteter Form erschienen. Das Werk soll sowohl Anfängern als auch erfahrenen Orchideenliebhabern als Enzyklopädie beim Studium der Orchideen und ihrer Lebensweise zur Seite stehen. Neben traditionellen Elementen wurden auch moderne Kriterien einer Orchideen-Enzyklopädie berücksichtigt, die nicht nur Hobbyzüchtern sondern auch Botanikern und Orchideenspezialisten eine wertvolle Hilfe sein können.

In traditioneller und bewährter Weise erklärt es den Aufbau und die Lebensweise der Orchideen, stellt ihre natürlichen Wachstumsbedingungen vor und weist auf historische und nomenklatorische Besonderheiten hin. Aber auch kulturgeschichtliche Aspekte wie die Verwendung von Orchideen in der Medizin und die Geschichte der Orchideenzucht werden angesprochen und in informativer und verständlicher Weise behandelt.

Die modernen Kriterien, in denen sich dieser Orchideenatlas von anderen zeitgenössischen Werken unterscheidet, liegen in den umfangreichen Informationen mit denen sowohl Anfänger als auch erfahrene Spezialisten versorgt werden. Zu jeder Spezies werden neben der ausführlichen Beschreibung und speziellen Kulturhinweisen umfassende Anmerkungen z.B. über charakteristische Merkmale, Verwandtschaftsbeziehungen zu anderen Arten, spezielle Kulturbedingungen, nomenklatorische Veränderungen und Variationen innerhalb der Art gegeben. In diesem Zusammenhang wurden von den Autoren zahlreiche Neukombinationen vorgenommen. Weiterhin sind Informationen zur Blütezeit, geografischen Verbreitung und zur Etymologie, der Bedeutung der Namen, für die einzelnen Arten angegeben. Besonders hervorzuheben ist, dass die Bearbeiter die Artnamen vollständig sowohl mit Autor als auch mit Jahreszahl nennen und eine umfangreiche Auflistung der jeweiligen Synonyme erfolgt, was in den meisten Enzyklopädien leider nicht der Fall ist. Das leichte Auffinden aller Synonyme wird dem Benutzer durch eine sehr umfangreiche und ausführliche Auflistung aller Namen am Ende des Werkes ermöglicht. In mehr als 850 farbigen Portraitbildern erfolgt die Abbildung der meisten der behandelten Arten.

Insgesamt werden 911 Arten in 195 Gattungen in alphabetischer Reihenfolge vorgestellt. Die Auflistung der behandelten Gattungen mit Anzahl der jeweiligen Arten erfolgt am Ende des Einführungsteils. Hier wird auch die Systematik der Orchideen dargestellt und eine Betrachtung zum Artenschutz vorgenommen.

Den neuesten Änderungen der Orchideen-Nomenklatur auf der Basis von DNA-Analysen stehen die Autoren recht konservativ gegenüber. So wird man Gattungen wie *Acronia*, *Acianthera* oder *Prosthechea* vergeblich suchen. Aber auch bei älteren taxonomischen Änderungen gibt es eine sehr unterschiedliche Haltung. Während z.B. Gattungen wie *Tolumnia* (ehemals bei *Oncidium*) oder *Portillia* (*Masdevallia*) akzeptiert werden, sind Gattungen wie *Lophiaris* (ebenfalls *Oncidium*) oder *Guarianthe* (*Cattleya*) nicht berücksichtigt. Dafür werden von den Autoren zwei neue Gattungen vorgestellt, *Neowolffia* Gruss gen. nov. (*Angraecum*) und *Grussia* M.Wolff 2007 (*Phalaenopsis*) jeweils mit einer Art.

In zahlreichen Artikeln in unterschiedlichen Orchideen-Zeitschriften weltweit und in einer Monografie über die Gattung *Phalaenopsis* haben die Autoren ihre redaktionelle Erfahrung sammeln können. M. Wolff ist Orchideengärtner mit einer eigenen Gärtnerei in der über 2000 Arten und Hybriden kultiviert werden. Sein besonderes Interesse gilt der *Encyclia*-Verwandtschaft und den Mini-Orchideen (z.B. *Pleurothallidinae*). O. Gruss ist von Beruf Lehrer mit einer umfangreichen Publikationsliste zum Thema Orchideen. Sein Spezialgebiet sind die Gattungen *Paphiopedilum* und *Phragmipedium* sowie *Phalaenopsis*. Beide Autoren gehören dem „Panel of Experts“ an, welches den Königlichen Botanischen Garten in Kew, England, in Bezug auf Orchideen und deren Gefährdung berät.

**Fortsetzung S. 155**