

Welchen Einfluss haben Temperatur und Azidität der Bodenlösung auf die Keimungsbiologie ausgewählter xerothermer Graslandsarten?

Monika PARTZSCH

2 Abbildungen und 4 Tabellen

Abstract

PARTZSCH, M.: What influences do temperature and acidity of soil solution have on the germination biology of four typical xerothermic grassland species? – *Hercynia N.F.* 41 (2008): 239-252.

Germination represents the most sensitive stage in the life cycle of any plant species. For this study we investigated which temperature and light conditions favoured diaspore germination most. In addition we monitored the influence of pH on this process. We chose *Calluna vulgaris*, *Filipendula vulgaris*, *Jurinea cyanooides* and *Seseli hippomarathrum* as target species as they are important members of the xerothermic grasslands that exist under the typically dry climatic conditions of Central Germany (DÖRING & BORG 2008) They also count as indicator species of acidic or alkaline conditions (ELLENBERG 2001, ROTHMALER et al. 2005).

The experiment was started after collection of seeds in autumn 2003. Results show that all four species germinate most successfully and quickest under a temperature-light regime of 20°C light / 10°C dark. Under cold conditions (8/4°C) *Filipendula vulgaris* germinated to a minor degree, while the other species showed no germination at all. At high temperatures (32/20°C) the germination of both *Jurinea cyanooides* and *Seseli hippomarathrum* were greatly reduced. *Calluna vulgaris* and *Filipendula vulgaris* showed reduced germination velocity, but almost the same final germination success as at 20/10°C.

In another experiment the effect of various pH-values (3.5, 4.5, 5.5, 6.5, 7.5 and 8.5) on germination behaviour was tested under optimal germination conditions (20/10°C; in April 2004). Results showed that the diaspores of all four species germinated a broad range of pH-levels and showed no significant differences between the final germination and velocity (results of ANOVA); don't mean that they are indicators of acid or alkali soil conditions.

As the experiment of the influence of temperature on germination was carried out in autumn 2003 and the pH-value experiment in the following spring (2004), we found that the germination of *Jurinea cyanooides* was reduce in spring. *Filipendula vulgaris* showed no significant differences in the final germination or in germination speed between autumn and spring. *Calluna vulgaris* and *Seseli hippomarathrum* show no significant differences in final germination, but diaspores germinated faster in spring.

The germination behaviour and the size and morphology of the diaspores allowed us to come to conclusions about the species' types of seed bank: *Filipendula vulgaris*, *Jurinea cyanooides* and *Seseli hippomarathrum* build *transient* or *short-term-persistent* seed banks, while *Calluna vulgaris* develops a more *long-term-persistent* type.

Key words: final germination, germination velocity, temperature, pH-value, seed bank type

1 Einleitung

Die Keimung ist die Voraussetzung für die Entstehung einer neuen Generation von Individuen einer Art, wobei dieser Prozess zu den sensibelsten Phasen im Lebenszyklus einer Pflanze gehört. Die Keimung schließt die Wasseraufnahme, den schnellen Anstieg der Atmungsaktivität, die Mobilisierung der Nährstoffreserven und das Auslösen des Wachstums des Embryos ein. Es ist ein irreversibler Prozess, der mit dem Durchdringen der Radikula durch die Testa deutlich wird (THANOS & RUNDEL 1996). Dieser Vor-

gang wird von einer Vielzahl von Umweltfaktoren sowohl positiv als auch negativ beeinflusst (FENNER & THOMPSON 2005). Dabei gehören Temperatur, Licht und Wasser zu den wichtigsten Faktoren. Dies wurde bereits in vielfältiger Weise dokumentiert (BASKIN & BASKIN 2001). Demgegenüber wurde der Wirkung der Wasserstoffionen-Konzentration (pH-Wert) auf diesen Prozess wenig Aufmerksamkeit entgegen gebracht (STUBBENDIECK 1974). Der Einfluss des pH-Wertes der Bodenlösung auf das Keimungsverhalten wurde zwar für verschiedene Arten untersucht (JUSTICE & REECE 1954), doch wurden artspezifisch unterschiedliche Angaben über dessen Einfluss gemacht. Manche Arten keimen zu einem hohen Prozentsatz relativ gleichmäßig über einen weiten pH-Wert-Bereich (STUBBENDIECK 1974, SINGH et al. 1975, MABO et al. 1988, RIVARD & WOODARD 1989, ARTS & VAN DER HEIJDEN 1990), während für andere Arten ein pH-Wert-Optimum für die Keimung nachgewiesen werden konnte (POEL 1949, RAMAKRISHNAN 1965, RAMAKRISHNAN & JAIN 1965, AHLAWAT & DAGAR 1980). GOUBITZ et al. (2003) wiesen nach, dass ein hoher pH-Wert die Keimung von *Pinus halepensis* negativ beeinflusst, während KILLI (2004) zeigen konnte, dass die Keimung von *Gossypium* spp. mit steigenden pH-Werten zunimmt.

In der naturnahen Xerothermvegetation der Porphyrkuppenlandschaft nahe Halle (PARTZSCH 2000) finden wir in Abhängigkeit von den standörtlichen Gegebenheiten Pflanzenarten vor, die eine mehr oder weniger enge Bindung an saure bzw. basische Standorte zeigen. Die Frage ist, in wieweit diese bereits Einfluss auf die frühesten Entwicklungsprozesse der Pflanzen ausübt. Für die Untersuchungen der Keimungsbiologie wurden die Arten *Calluna vulgaris*, *Filipendula vulgaris*, *Jurinea cyanoides* und *Seseli hippomarathrum* ausgewählt, die entweder als typische Säure- oder Basenzeiger in der Literatur angegeben werden. Zunächst wurde untersucht, in welchem Temperaturbereich die Arten ein Keimungsoptimum aufweisen. Um zu prüfen, ob die Azidität der Bodenlösung einen Einfluss auf das Keimverhalten zeigt, wurden die Untersuchungen bei sechs verschiedenen pH-Wertstufen zwischen 3,5 und 8,5 durchgeführt. Hierbei wurde sich an den unter natürlichen Standortbedingungen auftretenden pH-Werten der Bodenreaktion orientiert.

2 Charakterisierung der Arten

Die vier ausgewählten Arten werden im Folgenden hinsichtlich ihrer ökologischen und phytozoologischen Bindung kurz charakterisiert. Die Diasporenmerkmale sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Calluna vulgaris (L.) HULL (Ericaceae), ein Zwergstrauch, der von ROTHMALER et al. (2005) als kalkmeidend beschrieben wird. Bei den Ellenbergschen Zeigerwerten erhielt die Art die Reaktionszahl 1, d. h., dass es sich um einen Starksäurezeiger handelt, der niemals auf schwachsauren bis alkalischen Böden vorkommt (ELLENBERG et al. 2001). In der Porphyrkuppenlandschaft tritt die Art weit verbreitet in der Gesellschaft des Euphorbio-Callunetum auf, welches in der Hauptsache die nordexponierten Hänge der Porphyrkuppen auf saurem Ranker (pH-Wert 3,5-3,9) besiedelt (PARTZSCH 2000, RICHTER et al. 2003).

Filipendula vulgaris MOENCH (Rosaceae) ist eine immergrüne hemikryptophytische Halbrosetten-Rhizomstaude mit Speicherwurzeln (KRUMBIEGEL 2002), die nach ROTHMALER et al. (2005) als basenhold gilt und von ELLENBERG et al. (2001) die Reaktionszahl 8 erhielt, wonach die Art Kalk zeigend ist. In der Porphyrkuppenlandschaft bei Halle hat das Kleine Mädesüß jedoch einen Vorkommensschwerpunkt im Filipendulo-Helictotrichetum pratensis, welches auf mäßig saurer (pH-Wert 4,7 bis 5), mitteltiefgründiger, oligotropher Braunerde siedelt (PARTZSCH 2000, RICHTER et al. 2003).

Jurinea cyanoides (L.) RCHB. (Asteraceae) ist nach ROTHMALER et al. (2005) eine basenholde, sommergrüne, hemikryptophytische Halbrosetten-Pleiokormstaude mit der Fähigkeit zur Wurzelsprossbildung (KRUMBIEGEL 2002). Von ELLENBERG et al. (2001) erhielt die Art die Reaktionszahl 7, wonach es sich um einen Schwachsäure- bis Schwachbasenzeiger handelt, der niemals auf stark sauren Böden vorkommt. In der Porphyrkuppenlandschaft besiedelt die Art einen Standort bei Wettin auf nahezu vegetationsfreiem und feinerdearmem Porphyrfels (pH-Wert 3,5). In ihrem deutschen Hauptverbreitungsgebiet, den Mainzer Sanden, kommt die Art jedoch auf basischen Standorten vor.

Seseli hippomarathrum JACQ. (Apiaceae) ist eine sommergrüne hemikryptophytische Rüben-Pleiokormstaude (KRUMBIEGEL 2002). ROTHMALER et al. (2005) stufen die Art als kalkhold ein. Von ELLENBERG

et al. (2001) erhielt sie die Reaktionszahl 9, d. h. sie gilt als Basen- und Kalkzeiger, der stets auf kalkreichen Böden vorkommt. In der Porphyrkuppenlandschaft zeigt die Art eine enge Bindung an das Festuco valesiacae-Stipetum capillatae, welches auf Lößstandorten mit basischem pH-Wert (7,4) zu finden ist (PARTZSCH 2000, RICHTER et al. 2003).

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

Tab. 1 Traits of diaspores of the four target species: Data of weight and size follow Bioflor (OTTO 2002)

Zielart	Diasporentyp	Gewicht [mg]	Länge [mm]	Breite [mm]	Dicke [mm]
<i>Calluna vulgaris</i>	Same	< 0,1	0,7	0,3	0,2
<i>Filipendula vulgaris</i>	Nüsschen	0,8	3,0	1,4	0,7
<i>Jurinea cyanooides</i>	Achäne	6,3	4,0	2,2	1,9
<i>Seseli hippomarathrum</i>	Doppelachäne (Teilfrucht)	1,5	4,5	1,6	0,8

3 Material und Methoden

3.1 Untersuchungen zum Keimtemperaturoptimum

Die Diasporen wurden zwischen August und September 2003 auf den Porphyrkuppen bei Mücheln/Wettin im Zustand der Reife von den Mutterpflanzen geerntet, drei bis vier Wochen für die Nachreife trocken gelagert und danach unter drei verschiedenen Temperaturbedingungen in speziellen Keimschränken (Rumet, Memmert) getestet (Beginn des Versuches: 19.10.2003). Dabei wurde jeweils ein Lichtregime von 12 Stunden Helligkeit und 12 Stunden Dunkelheit beibehalten; die Temperaturen in den verschiedenen Phasen variierten jedoch. Folgende Varianten wurden getestet: 8 °C bei Licht und 4 °C im Dunkeln, 20 °C bei Licht und 10 °C in der Dunkelphase sowie 32 °C bei Licht und 20 °C in der Dunkelphase. Je Pflanzenart wurden drei Parallelproben zu jeweils 25 Diasporen in eine Petrischale auf gut durchfeuchtetem Filterpapier (Befeuchtung mit Aqua dest.; pH 7,05) ausgelegt. Auf dem Grund der Petrischalen wurde ein Abstandhalter positioniert, damit der darauf liegende Rundfilter mit den Diasporen nicht direkt in der Flüssigkeit schwimmt, sondern gleichmäßig feucht gehalten wird.

Der Verlauf der Keimung (deutlich hervortretende Radikula) wurde im zwei- bis dreitägigen Abstand kontrolliert und die gekeimten Diasporen von der Petrischale entfernt. Die Versuche wurden über einen Zeitraum von 45 Tage durchgeführt.

3.2 Untersuchungen zum Einfluss der Azidität

Die Untersuchung zum Einfluss der Azidität der Bodenlösung auf die Keimfähigkeit wurde Anfang April 2004 angesetzt. In der Zwischenzeit wurden die Diasporen trocken, bei Zimmertemperatur, in Papiertüten gelagert. Für diese Untersuchungen wurden Lösungen von 6 verschiedenen pH-Wertstufen von 3,5 bis 8,5 hergestellt. Dazu wurden von jeder Art jeweils 25 Diasporen in 6 Petrischalen ausgebracht und bei den einzelnen pH-Wertstufen getestet. Die unterschiedlichen pH-Wert-Lösungen wurden durch Zugabe von 25 %iger Schwefelsäure (für die pH-Bereiche <5,5), bzw. von 50 %iger Kalilauge (für die pH-Bereiche >5,5) zu destilliertem Wasser hergestellt und den Petrischalen zugegeben.

Der Versuch wurde unter kontrollierten Bedingungen im Keimschrank bei 12 Stunden Licht bei 20 °C und 12 Stunden Dunkelheit bei 10 °C durchgeführt.

3.3 Test auf Lebensfähigkeit

Sowohl vor Beginn als auch nach Beendigung der Keimversuche wurden die Diasporen auf Lebensfähigkeit mit dem Tetrazoliumtest (TTC-Test) geprüft (RIEDER & KOCH 1967). Die Diasporen wurden dazu angeschnitten, so dass der Embryo sichtbar war und die 1 %ige TTC-Lösung (2,3,5 Triphenyl-Tetrazolium-Chlorid) in das Samennere eindringen konnte. Die Inkubation erfolgte über 24 Stunden bei Zimmertemperatur und in Dunkelheit. Dringt die farblose Lösung in die lebenden Zellen ein, so wird sie durch eine NADH+H⁺ (Nicotinamidadeninukleotid) abhängige Dehydrogenase reduziert. Die H⁺-Ionen werden dabei von den Zellen der Diaspore geliefert. Es entsteht das wasserunlösliche Formazan, welches zur Rotfärbung der Embryos beiträgt, die noch lebensfähig sind.

3.4 Berechnungsverfahren

Um das Keimverhalten der Arten bei den unterschiedlichen Versuchsansätzen zu vergleichen, wurde der Timson-Index, ein Wert zur Berechnung der Keimgeschwindigkeit, herangezogen (TIMSON 1965). Hierbei wurde die Anzahl der täglich gekeimten Diasporen summiert (BASKIN & BASKIN 2001). Da dieser Wert von der Versuchsdauer abhängig ist und gegebenenfalls ins Unermessliche steigen kann, folgten wir dem Vorschlag von KHAN & UNGAR (1996,1997) einen modifizierten Timson-Index zu verwenden, bei dem die täglichen prozentualen Keimwerte addiert und durch die Anzahl der Versuchstage dividiert werden (PÉREZ-FERNÁNDEZ et al. 2006):

Modifizierter Timson-Index:

$$T_j = \frac{G}{t}$$

G = Keimrate in %

t = totale Keimperiode (Länge des Versuches in Tagen)

Der modifizierte Timson-Index berücksichtigt neben der prozentualen Keimung auch die Keimgeschwindigkeit einer Art und kann maximal den Wert 100 erreichen. Als Berechnungsgrundlage für die prozentuale Keimung als auch für den Timson-Index wurde die Anzahl der in den Petrischalen ausgelegten Diasporen genutzt.

Für die statistische Auswertung wurden die Prozentwerte und der Timson-Index arcsinus-wurzel-transformiert und mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung geprüft. Die Homogenität der Varianzen wurde mittels Bartlett-Test geprüft. Zum Vergleich der Mittelwerte wurde eine einfaktorielle ANOVA und der Post hoc Tukey-Test mit dem Programm WinSTAT 2003 auf dem Signifikanzniveau von p=0,05 durchgeführt.

4 Ergebnisse

4.1 Keimung unter variablen Temperatur-Licht-Bedingungen

Die Prüfung der Lebensfähigkeit (LFK) der Diasporen vor Beginn des Keimversuches ergab, dass der Großteil der Diasporen der vier Arten lebensfähig war. Bei *Calluna vulgaris* wurde der höchste Wert mit 98 % ermittelt. Die Lebensfähigkeit der Diasporen von *Filipendula vulgaris* lag mit 87 % deutlich darunter, und bei *Seseli hippomarathrum* und *Jurinea cyanoides* waren 83 % bzw. 81 % der Diasporen lebensfähig.

Bei den Untersuchungen zur Bestimmung der optimalen Keimtemperatur wiesen die vier ausgewählten Diasporen sehr unterschiedliche Keimverläufe auf (Abb. 1). Bei den Temperaturverhältnissen 8 °C bei Licht und 4 °C bei Dunkelheit keimte nur eine Diaspore von *Filipendula vulgaris* am 21. Tag nach Versuchsansatz; bis Ende des Versuches waren nur 3 Diasporen gekeimt. Bei den drei anderen Arten konnte bei der niedrigen Temperaturstufe kein einziger Keimling im gesamten Versuchszeitraum gefunden werden.

Im mittleren Temperaturbereich von 20 °C bei Licht und 10 °C bei Dunkelheit begannen *Filipendula vulgaris* am 6. Tag, *Calluna vulgaris* und *Jurinea cyanoides* am 10. Tag und *Seseli hippomarathrum* am 17.

Tag mit der Keimung. *Filipendula vulgaris* erreichte bereits am 17. Tag die höchste Keimung von 72 %, die im Verlauf des Versuchs auch nicht mehr anstieg. Die nächst höhere prozentuale Keimung erreichte *Seseli hippomarathrum* mit 57 %, wobei deren Diasporen über den gesamten Versuchszeitraum zeitlich versetzt aufkamen. Dies gilt ebenso für die beiden anderen Arten, wobei von *Calluna vulgaris* insgesamt ca. 43 % der Samen gekeimt sind und von *Jurinea cyanooides* ca. 38 %.

Im hohen Temperaturbereich von 32 °C bei Licht und 20 °C bei Dunkelheit begann *Seseli hippomarathrum* bereits am 2. Tag mit der Keimung, erreichte aber unter diesen Bedingungen nur eine Keimrate von 5,4 %. Der Keimstart von *Calluna vulgaris* lag am 6. Tag, für *Filipendula vulgaris* am 15. und *Jurinea cyanooides* am 20. Tag. Dabei keimten die Diasporen von *Calluna vulgaris* zu ca. 20 % und *Jurinea cyanooides* zu nur 7,5 %. Trotz relativ spätem Keimstart erreichte *Filipendula vulgaris* am Ende des Versuches eine Keimung von ca. 65 %.

Der statistische Test (ANOVA) ergab, dass die prozentuale Keimung nur bei *Calluna vulgaris* bei allen drei Temperatur- und Lichtregimen hoch signifikant unterschiedlich war (Tab. 2), bei *Filipendula vulgaris* gab es zwischen den 20/10 °C- und 32/20 °C-Varianten jedoch keine signifikanten Unterschiede. Die beiden anderen Arten keimten bei 20/10 °C signifikant besser als unter kälteren oder wärmeren Bedingungen. Diese zeigten auch signifikant höhere Keimgeschwindigkeiten (Timson-Index) bei 20/10 °C. Die Geschwindigkeiten der Keimung von *Calluna vulgaris* und *Filipendula vulgaris* waren bei den drei verschiedenen Bedingungen signifikant unterschiedlich, wobei sie jeweils am schnellsten bei 20/10 °C keimten. *Filipendula vulgaris* keimte generell am schnellsten und *Jurinea cyanooides* am langsamsten.

Die Untersuchung der Lebensfähigkeit der Diasporen nach Beendigung des Keimversuches ergab (Abb. 1), dass trotz Lagerung der Diasporen unter relativ feuchten Bedingungen über 45 Tage hinweg die meisten der noch nicht gekeimten Diasporen lebensfähig waren, wobei vor allem unter den mittleren und hohen Temperaturbedingungen einige stark durch den Befall von Schimmelpilzen geschädigt und somit abgestorben waren.

4.2 Untersuchung des pH-Wert-Einflusses auf die Keimung

Für die Untersuchungen zum Einfluss des pH-Wertes der Bodenlösung auf das Keimverhalten der Arten wurde der optimale Temperaturbereich für die Arten ausgewählt, der bei einer Temperatur von 20 °C im Licht und 10 °C bei Dunkelheit liegt (Tab. 2). Hierbei unterscheiden sich die Arten im Keimstart und in der prozentualen Keimung, wobei die Keimverläufe der einzelnen Arten bei den verschiedenen pH-Wertstufen relativ identisch sind (Abb. 2).

So startet *Calluna vulgaris* bei allen pH-Wertstufen am 11. Tag mit der Keimung und hat am 27. Tag in allen pH-Wertstufen die maximale Keimung erreicht. Diese variiert zwischen 61,6 und 64,0 % bei den pH-Wertstufen 4,5 bis 7,5 (Abb. 2). Sowohl bei pH-Wert 3,5 als auch 8,5 liegt die Keimung etwas höher, bei 67,2 bzw. 71,2 %. Der Timson-Index variiert zwischen 40,4 und 47,3. Die ANOVA ergab jedoch keine signifikanten Unterschiede (Tab. 3).

Für *Filipendula vulgaris* liegt der Keimstart am 5. bzw. 7. Tag und die maximalen Keimwerte wurden am 11. bzw. 13. Tag erreicht. Die prozentuale Keimung schwankte zwischen minimal 72 % (bei pH 6,5) und maximal 80,8 % (bei pH 3,5). Der Timson-Index weist auf eine höhere Keimgeschwindigkeit als bei *Calluna vulgaris* hin. Er liegt zwischen minimal 56,4 (pH 8,5) und maximal 67,8 (pH 5,5). Sowohl prozentuale Keimung als auch Timson-Index ergaben keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen pH-Wertstufen.

Bei *Jurinea cyanooides* ist die Keimung generell sehr niedrig, bei Werten zwischen minimal 10,4 % (pH 5,5) und maximal 20 % (pH 6,5 und 8,5). Bei den pH-Werten 4,5, 5,5 und 7,5 liegen die Werte zwischen 10,4 und 12,8. Der Timson-Index ist ebenso sehr niedrig. Mit 6,0 hat er bei pH 5,5 den niedrigsten und mit 15,3 bei pH 3,5 und 14,9 bei pH 8,5 die höchsten Werte. Die ANOVA zeigt keine signifikanten Unterschiede bei der Keimung, jedoch beim Timson-Index. Der Poc-Hoc Tukey-Test weist jedoch keine Untergruppen aus.

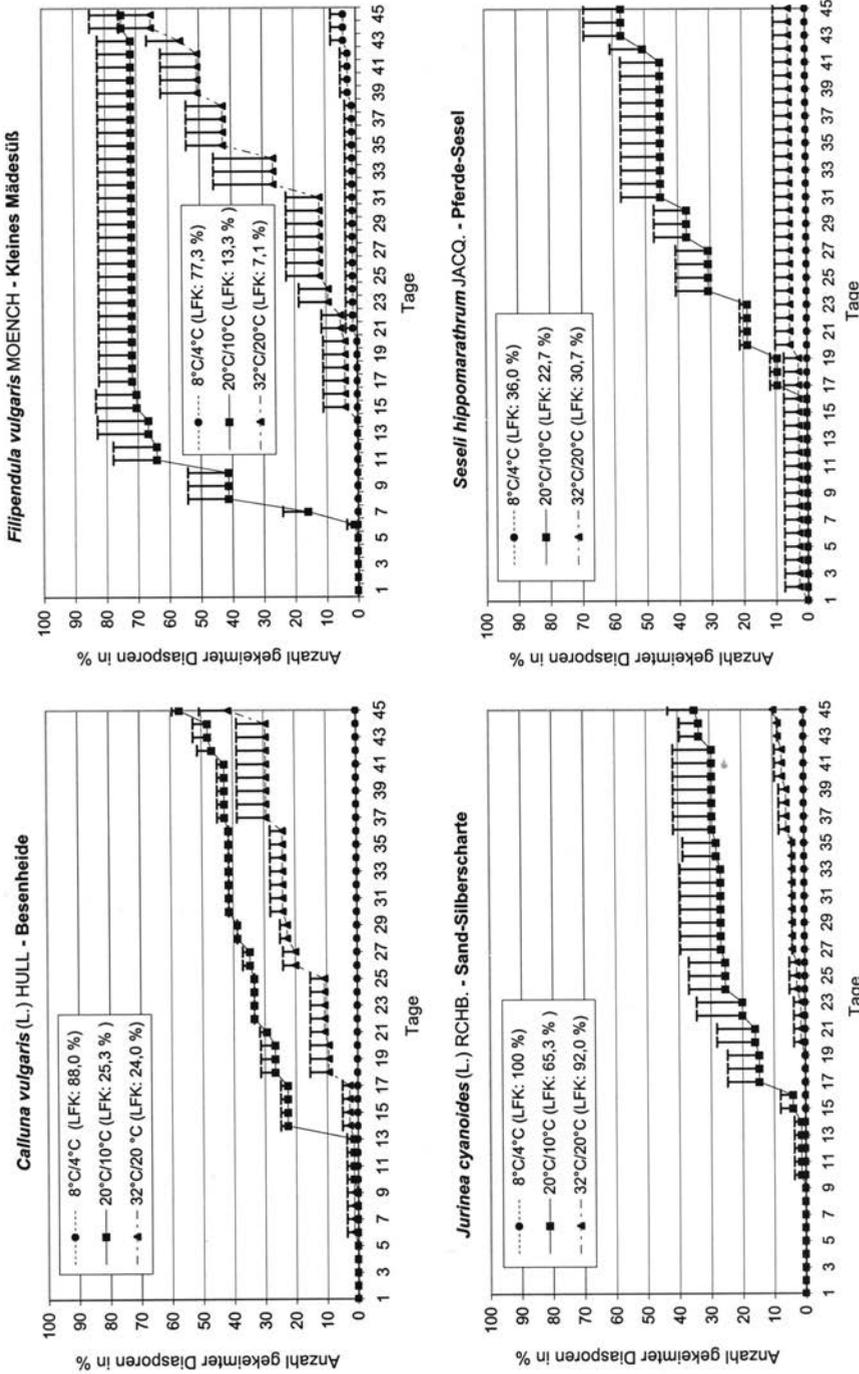


Abb. 1 Kumulativer Keimverlauf von vier Arten unter drei verschiedenen Temperatur- und Licht-Dunkelregimen (Versuchsbeginn: Oktober 2003; Versuchsdauer: 45 Tage; Balken geben Standardabweichung an, n = 3; LFK = Lebensfähigkeit am Ende des Versuches)

Fig. 1 Cumulative germination of the four species under three temperature- and light-dark-regime (start of the experiment: October 2003; duration of experiment: 45 days; bars indicate standard deviation, n = 3; LFK = viability on the end of experiment)

Tab. 2 Prozentuale Keimung und Timson-Index der vier Zielarten unter drei Temperatur- und Licht-Dunkelregimen während einer Versuchsdauer von 45 Tagen (Versuchsbeginn: Oktober 2003). Die arcsinus-wurzel-transformierten Daten wurden mit der Varianzanalyse (ANOVA) auf signifikante Unterschiede getestet. Die Prüfgröße F und die P-Werte werden angegeben. Die Buchstaben geben signifikante Untermengen an (n = 3)

Tab. 2 Percentage of final germination and Timson-Index of the four target species under three temperature- and light-dark-regimes during the experiment of 45 days (Start of experiment: October 2003). The arcsinus square root transformed data were calculated by factorial ANOVA. Test statistic F-values and P-values are shown. The small letters show significant groups (n = 3)

		8/4 °C	20/10 °C	32/20 °C	ANOVA	
					F-Wert	P-Wert
<i>Calluna vulgaris</i>						
	%-keimung	0.00 a	57.33 b	41.33 c	202.0	< 0.0001
	Timson-Index	0.00 a	19.76 b	14.04 c	619.5	< 0.0001
<i>Filipendula vulgaris</i>						
	%-keimung	4.00 a	74.67 b	65.33 b	43.94	0.0003
	Timson-Index	1.04 a	58.61 b	17.27 c	65.95	< 0.0001
<i>Jurinea cyanooides</i>						
	%-keimung	0.00 a	34.67 b	8.00 a	117.6	< 0.0001
	Timson-Index	0.00 a	16.8 b	2.55 a	34.99	0.0005
<i>Seseli hippomarathrum</i>						
	%-keimung	0.00 a	57.33 b	5.33 a	44.74	0.0002
	Timson-Index	0.00 a	23.53 b	4.15 a	22.53	0.0016

Bei *Seseli hippomarathrum* findet die Keimung zwischen dem 11. und 19. Tag statt. Bei pH-Wert 4,5 bzw. 5,5 ist die Keimung mit 57,6 bzw. 59,2 % am niedrigsten, wohingegen sie beim niedrigsten pH-Wert (3,5) mit 65,6 % am höchsten ist. Bei den pH-Werten 6,5 bis 8,5 variiert die Keimung zwischen 64,8 und 64 %. Der Timson-Index ist bei pH 5,5 mit 38,7 am niedrigsten, bei pH 3,5 mit 65,6 am höchsten. Auch hier gibt die Varianzanalyse keinen Hinweis auf signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Behandlungen.

Durch den zeitlich unterschiedlichen Ansatz der beiden Versuche konnte festgestellt werden, wie sich eine 7 bis 8-monatige, trockene Lagerung der Diasporen bei Zimmertemperatur auf die Keimung bzw. die Keimgeschwindigkeiten auswirkt (Tab. 3). Für *Filipendula vulgaris* ergaben sich weder signifikante Unterschiede in der prozentualen Keimung noch in der Keimgeschwindigkeit. *Calluna vulgaris* und *Seseli hippomarathrum* wiesen keine Unterschiede in der Keimung auf, jedoch keimten die beiden Arten im Frühjahr signifikant schneller als im Herbst. Demgegenüber keimte *Jurinea cyanooides* signifikant besser und schneller im Herbst.

5 Diskussion

Das Keimverhalten der vier Zielarten wies sowohl gleiche als auch unterschiedliche Charakteristika auf. So lag bei den Diasporen keine Dormanz vor, obwohl nach BASKIN & BASKIN (2001) die physiologische Dormanz bei Arten von Trockenstandorten verbreitet ist. Hinsichtlich der Anzahl der gekeimten

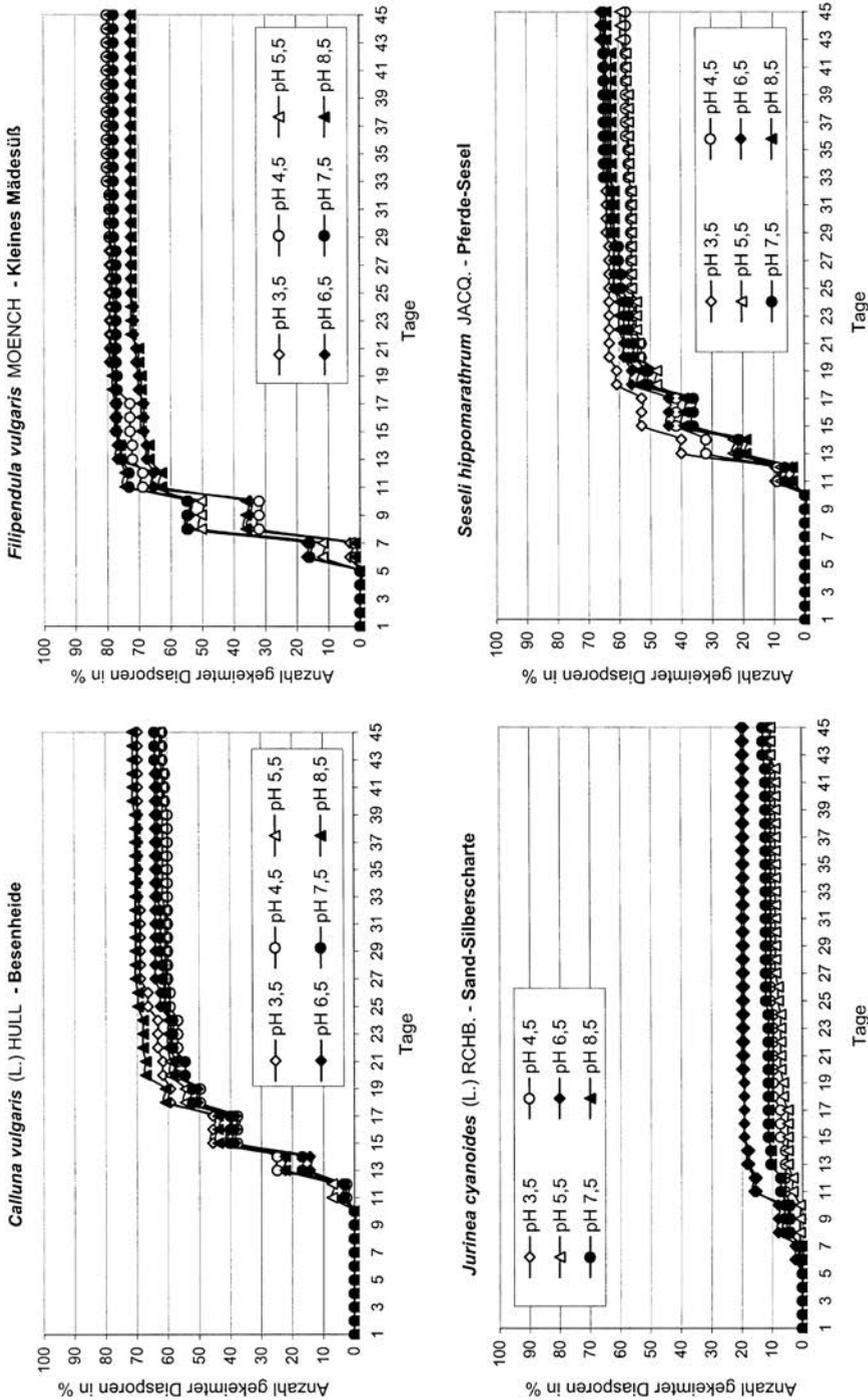


Abb. 2 Kumulativer Keimverlauf der vier Arten unter sechs verschiedenen pH-Wertstufen bei 20/10 °C Temperatur-Licht-Dunkel-Regime (Versuchsbeginn: April 2004, Versuchsdauer: 45 Tage; zur besseren Übersicht sind die Standardabweichungen nicht angegeben; n = 6)

Fig. 2 Cumulative germination of the four species under six pH-levels on 20/10 °C temperature- and light-dark-regimes during the experiment of 45 days (start of the experiment: April 2004; duration of experiment: 45 days; for a better overview the standard deviation are not shown; n = 6)

Tab. 3 Prozentuale Keimung und Keimgeschwindigkeit (Timson-Index) der vier Zielarten in Abhängigkeit von fünf verschiedenen pH-Wertstufen bei einem 20/10 °C Temperatur-Licht-Dunkel-Regime während einer Versuchsdauer von 45 Tagen (Versuchsbeginn: April 2004). Die arcsinus-wurzel-transformierten Daten wurden mit der Varianzanalyse (ANOVA) auf signifikante Unterschiede getestet. Die Prüfgröße F und die P-Werte werden angegeben (n = 6)

Tab. 3 Final germination percentage and germination velocity (Timson-Index) of the four target species under six pH-levels on 20/10 °C temperature-light-dark-regime during the experiment of 45 days (start of experiment: April 2004). The arcsinus square root transformed data were calculated by factorial ANOVA. Test statistic F-values and P-values are shown (n = 6)

	pH 3,5	pH 4,5	pH 5,5	pH 6,5	pH 7,5	pH 8,5	ANOVA		
							F-Wert	P-Wert	
<i>Calluna vulgaris</i>									
%-keimung	67.2	61.6	62.4	64	64	71.2	0,529	0,751	
Timson-Index	44.34	40.36	41.74	41.92	41.48	47.25	0,593	0,705	
<i>Filipendula vulgaris</i>									
%-keimung	80.8	80	79.2	72	78.4	73.6	0,809	0,555	
Timson-Index	56.80	65.98	67.83	58.78	67.13	56.41	0,657	0,659	
<i>Jurinea cyanooides</i>									
%-keimung	19.2	10.4	10.4	20	12.8	20	2,209	0,087	
Timson-Index	15.29	7.63	6.03	15.75	9.24	14.88	3,39	0,018	
<i>Seseli hippomarathrum</i>									
%-keimung	65.6	57.6	59.2	64.8	64.8	64	0,676	0,646	
Timson-Index	45.40	39.40	38.72	42.38	41.72	41.71	0,727	0,610	

Diasporen im Untersuchungszeitraum zeichnen sich zwischen den Arten deutliche Unterschiede ab. Die bevorzugte Keimtemperatur bei allen vier Arten liegt im mittleren Temperaturbereich bei 20/10 °C, d. h. unter solchen klimatischen Bedingungen, die in unseren Breiten zwischen Frühling und Herbst auftreten können. Unter niedrigen bzw. höheren Temperaturen ist die Keimung bei *Jurinea cyanooides* und *Seseli hippomarathrum* deutlich geringer. Bei *Calluna vulgaris* und *Filipendula vulgaris* setzt die Keimung unter erhöhten Temperaturbedingungen zwar verspätet ein, erreicht dann aber relativ hohe Werte. Die Untersuchungen zum Keimverhalten von *Filipendula vulgaris* von WAHL & PARTZSCH (2008) ergaben sehr ähnliche Ergebnisse, obwohl es sich um Diasporenmaterial von einem anderen Standort und aus einem anderen Jahr handelte. Dies könnte ein Hinweis sein, dass das Keimverhalten von Arten in einem gewissen Maß durchaus genetisch festgelegt ist, ungeachtet dessen, dass spezifische Umwelteinflüsse (Witterung, Standort) einen Einfluss ausüben können. So konnte TER BORG (2005) nachweisen, dass die Keimmuster bei *Rhinanthus minor* und *R. alectorolophus* genetisch fixiert sind. Samen, die in verschiedenen Höhenlagen bzw. Breitengraden gesammelt wurden, zeigten sehr ähnliches Keimverhalten.

Unsere Ergebnisse sind vergleichbar mit denen von MORGAN (1998), der in einer ähnlichen Studie zum Keimverhalten von 28 Graslandarten der temperaten Zone feststellte, dass die bevorzugte Keimtemperatur bei 20/10 °C liegt. Die meisten Arten begannen nach wenigen Tagen zu keimen und wiesen eine moderate Keimgeschwindigkeit auf. In Vergleich dazu zeigen Arten der Trockensteppe Zentralasiens die höchste Keimung bei 32/20 °C (WESCHE et al. 2006).

Tab. 4 Vergleich der prozentualen Keimung und Keimgeschwindigkeit bei 20/10 °C Temperatur-Licht-Dunkel-Regime zwischen dem Herbst- und dem Frühjahrsansatz. Die arcsinus-wurzel-transformierten Daten wurden mit der Varianzanalyse (ANOVA) auf signifikante Unterschiede getestet. Die Prüfgröße F und die P-Werte werden angegeben (n = 39)

Tab. 4 Comparison of final germination percentage and germination velocity (Timson-Index) on 20/10 °C temperature-light-dark-regime between the autumn and spring experiment. The arcsinus square root transformed data were calculated by factorial ANOVA. Test statistic F-value and P-values are shown (n = 39)

		ANOVA		Unterschiede zwischen Herbst- und Frühjahrskeimung
		F-Wert	P-Wert	
<i>Calluna vulgaris</i>				
	%-keimung	0.767	0.603	nein
	Timson-Index	17.226	<0,0001	ja
<i>Filipendula vulgaris</i>				
	%-keimung	0.708	0.646	nein
	Timson-Index	2.397	0.056	nein
<i>Jurinea cyanooides</i>				
	%-keimung	4.146	0.0047	ja
	Timson-Index	3.134	0.019	ja
<i>Seseli hippomarathrum</i>				
	%-keimung	0.691	0.659	nein
	Timson-Index	4.906	0.002	ja

PONS (1991) stellte fest, dass verschiedene Graslandarten (*Arenaria serpyllifolia*, *Linum catharticum*, *Daucus carota*, *Scabiosa columbaria*, *Plantago lanceolata*, *P. media*, *Rhinanthus minor*, *R. alectorolophus*) einen saisonalen Wechsel in der Dormanz mit höchsten Keimraten im Frühling und niedrigsten im Herbst aufweisen. In unseren Untersuchungen konnten wir nur eine signifikant höhere Keimgeschwindigkeit bei ähnlicher prozentualer Keimung bei *Calluna vulgaris* und *Seseli hippomarathrum* in Frühjahr feststellen. Demgegenüber ergab sich bei *Jurinea cyanooides* im Herbst sowohl eine höhere als auch schnellere Keimung als im Frühjahr. Bei *Filipendula vulgaris* zeigten beide Parameter keine signifikanten Unterschiede zwischen den zeitlich gestaffelten Versuchsansätzen (Tab. 4).

Nach PONS (1991) lässt sich über den Langzeit-Wechsel in der Dormanz und das Überlebenspotential der Diasporen auf den Diasporenbanktyp schlussfolgern. Nach der Datenbank von THOMPSON et al. (1997) handelt es sich bei *Filipendula vulgaris* um eine Art, die dem transientem Diasporenbanktyp angehört. Für die anderen drei Arten gibt es jedoch keine Angaben. Aufgrund der abnehmenden Keimung zwischen Herbst- und dem darauf folgenden Frühjahrsansatz bei *Jurinea cyanooides* könnte die Art ebenfalls zu diesem Typ bzw. dem short-term persistenten Diasporenbanktyp gehören. Es wäre jedoch auch denkbar, dass eine sekundäre Dormanz vorliegt. Nach MOLES et al. (2000) und FENNER & THOMPSON (2005) besteht ein Zusammenhang zwischen der Größe der Diasporen und dem Diasporenbanktyp, wobei kleine Diasporen vorwiegend eine langlebige Diasporenbank und große eine kurzlebige aufbauen. So weisen die Diasporengrößen (Tab. 1) bei *Jurinea cyanooides* und *Seseli hippomarathrum* eher auf eine kurzlebige Diasporenbank und bei *Calluna vulgaris* auf einen langlebigen Typ hin. Dies kann ebenso von unserer Beobachtung

unterstützt werden, dass Diasporen, die noch von einem reich strukturierten Perikarp umschlossen sind, vor allem bei höheren Temperaturen sehr stark und schnell verpilzen und somit absterben. Dass vor allem der transiente bzw. der kurzlebige persistente Diasporentyp bei einem Großteil von Xerothermrasenarten auftritt, konnte bereits PARTZSCH (2005) nachweisen.

Zum Einfluss der Azidität auf die Keimung sind in der Literatur sehr unterschiedliche Angaben zu finden. Während FENNER & THOMPSON (2005) dazu keine Aussagen machen, stellte STUBBENDIECK (1974) fest, dass *Andropogon hallii* am besten im leicht sauren Bereich, *Panicum antidotale* in stark basischen Bereich und *Eragrostis curvula* über den gesamten pH-Wertbereich von 4 bis 11,5 keimten. In den Untersuchungen von SINGH et al. (1975) keimten im Gegensatz zu *Apluda mutica* die beiden Gräser *Iseilema antheperoides* und *Sehima nervosum* im sauren Bereich, die vierte Grasart *Dactyloctenium aegyptium* jedoch über den gesamten pH-Wertbereich. GOUBITZ et al. (2003) stellten fest, dass nach Feuer die akkumulierte Ascheschicht und entstandene Holzkohle den pH-Wert des Oberbodens ansteigen lässt, der somit einen negativen Effekt auf die Keimung von *Pinus halepensis* ausübt. Ähnliche Effekte nach Feuer konnten auch HENIG-SEVER et al. (1996) ebenso an *P. halepensis*, aber auch an *Cistus salviifolius*, *Raphanus sativus* und *Avena sativa* nachweisen. Demgegenüber konnten ROEM et al. (2002) zeigen, dass die Keimung von verschiedenen Heidearten bei einem pH-Wert unter 5 stark reduziert war und somit die Artendiversität negativ beeinflusst wurde. KEELEY & FOTHERINGHAM (1998) und PÉREZ-FERNÁNDEZ & RODRIGUEZ-ECHEVERRIA (2003) fanden bei einem niedrigen pH-Wert einen positiven Effekt auf die Keimung von annuellen und biennen Arten. MAYER & POLJAKOFF-MAYBER (1989) stellten fest, dass hohe pH-Werte die Keimung hemmen, während KILLI (2004) eine Steigerung nachweisen konnte.

Obwohl für meine Untersuchungen speziell Arten ausgewählt wurden, die als Säure- oder Basenzeiger eine bestimmte Affinität zum pH-Wert der Bodenlösung zeigen, konnten wir hinsichtlich der prozentualen Keimung bzw. Keimgeschwindigkeit keine signifikanten Unterschiede zwischen den sechs verschiedenen pH-Wertstufen feststellen. Dies steht im Widerspruch zu den Ergebnissen von POEL (1949), der für *Calluna vulgaris* ein Keimoptimum bei einem pH-Wert von 4.0 gefunden hatte. Eine Bräunung der Keimwurzelspitze, die in den pH-Stufen 6.5 und 7.5 partiell auftrat, ist jedoch nach JUSTICE & REECE (1954) ein Zeichen für einen ungeeigneten pH-Bereich.

Die Ergebnisse der hier vorgestellten Untersuchungen decken sich mit den Schlussfolgerungen von PÉREZ-FERNÁNDEZ et al. (2006), dass sowohl der pH-Wert als auch die Nährstoffkomponenten, sowohl getrennt als auch in Kombination, keine Auswirkung auf die Keimung der Arten haben und die Keimung durch sehr komplexe Mechanismen gesteuert wird. Dies wird auch durch die Tatsache gestützt, dass *Jurinea cyanoides* und *Filipendula vulgaris* nach ELLENBERG (2001) als Basenzeiger (Reaktionszahl 7 bzw. 8) angegeben werden, bei uns in der Porphyrkuppenlandschaft jedoch auf saurem Syrosem bzw. Ranker siedeln können.

6 Zusammenfassung

PARTZSCH, M.: Welchen Einfluss haben Temperatur und Azidität der Bodenlösung auf die Keimungsbiologie ausgewählter xerothermer Graslandsarten? – *Hercynia N.F.* 41 (2008): 239–252.

Die Keimung gehört zu den sensibelsten Prozessen im Lebenszyklus einer Pflanze. Mit den hier vorgestellten Untersuchungen sollte geprüft werden, unter welchen Temperatur- und Licht-Bedingungen eine optimale Keimung erfolgt und welchen Einfluss der pH-Wert der Bodenlösung auf die Keimung ausübt. Dazu wurden die vier Zielarten *Calluna vulgaris*, *Filipendula vulgaris*, *Jurinea cyanoides* und *Seseli hipomarathrum* ausgewählt, die typische Vertreter der Xerothermrasen sind und die unter den klimatischen Bedingungen des Mitteldeutschen Trockengebietes um Halle (Saale) verbreitet vorkommen. Es wurden gezielt Arten ausgewählt, die zum einen als typische Säure-, zum anderen als typische Basenzeiger gelten (ELLENBERG 2001, ROTHMALER et al. 2005).

Nach der Ernte (August/September 2003) der Diasporen wurde das Experiment im Oktober 2003 begonnen. Die bevorzugten Bedingungen für alle vier Arten waren bei einem Temperatur-Licht-Wechsel von 20 °C bei

Licht und 10 °C bei Dunkelheit mit höchsten Werten für die prozentuale Keimung als auch für die Keimgeschwindigkeit zu finden. Unter kalten Bedingungen (8/4 °C) keimte nur *Filipendula vulgaris* mit niedrigen Werten, die anderen Arten gar nicht. Hohe Temperaturen von 32/20 °C bewirkten eine stark verminderte Keimung bei *Jurinea cyanoides* und *Seseli hippomarathrum*; bei *Calluna vulgaris* und *Filipendula vulgaris* war die Keimgeschwindigkeit zwar reduziert, die Keimung aber nicht signifikant niedriger als bei 20/10 °C.

Der Einfluss des pH-Wertes wurde bei sechs verschiedenen Stufen (3,5, 4,5, 5,5, 6,5, 7,5, 8,5) unter optimalen Keimbedingungen (20/10 °C; im April 2004) getestet. Die Ergebnisse zeigten, dass die Diasporen aller vier Arten über diesen breiten pH-Wertbereich relativ ähnliche prozentuale Keimungen und Keimgeschwindigkeiten aufwiesen. Signifikante Unterschiede ließen sich mittels einfaktorieller Varianzanalyse (ANOVA), ungeachtet, ob es sich um Säure- oder Basenzeiger handelt, nicht erkennen.

Da die Untersuchungen zum Temperaturoptimum der Keimung nach der Ernte der Diasporen im Herbst, die Untersuchungen zum pH-Wert-Einfluss jedoch erst im darauf folgenden Frühjahr erfolgten, konnte festgestellt werden, dass nur bei *Jurinea cyanoides* eine deutliche Keimverminderung in Frühjahr auftrat. Bei *Filipendula vulgaris* gab es für die prozentuale Keimung und Keimgeschwindigkeit keine signifikanten Unterschiede zwischen Herbst und Frühjahr; bei *Calluna vulgaris* und *Seseli hippomarathrum* gab es keine signifikanten Unterschiede in der Keimung, die Diasporen keimten jedoch im Frühjahr schneller.

Entsprechend dem Keimverhalten sowie der Größe und Morphologie der Diasporen wird vermutet, dass *Filipendula vulgaris*, *Jurinea cyanoides* und *Seseli hippomarathrum* eine transiente oder short-term-persistente Diasporenbank aufbauen, *Calluna vulgaris* jedoch eine langlebige.

7 Danksagung

Für die artenschutzrechtliche Genehmigung zur Durchführung der Keimversuche bedanke ich mich beim Referat für Naturschutz und Landschaftspflege des Landesverwaltungsamtes Sachsen-Anhalt in Halle, bei Herrn Dr. Jentzsch.

Frau Silke Schiebold und Frau Christine Voigt möchte ich herzlich für die Unterstützung bei der Durchführung der Keimversuche danken.

Bei der Firma DOW Olefinverbund GmbH, möchte ich mich ganz besonders für die finanzielle Unterstützung meiner 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

- AHLAWAT, A. S.; DAGAR, J. C. (1980): Effect of different pH, light qualities and some growth regulators on seed germination of *Bidens biternata* (Lour.) Merr and Sherff. – *Indian For.* **106**: 617-620.
- ARTS, G. H. P.; VAN DER HEIJDEN, R. A. J. M. (1990): Germination ecology of *Littorella uniflora* (L.) Aschers. – *Aquat. Bot.* **37**: 139-151.
- BASKIN C. C.; BASKIN, J. M. (2001): Seeds - Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. – Academic Press Chapman & Hall, London.
- DÖRING, J.; BORG, H. (2008): Ist das Klima von Halle (Saale) noch "normal"? Betrachtungen anhand der Temperatur- und Niederschlagsreihe von 1851 bis heute. – *Hercynia* **41**: 3-21.
- ELLENBERG, H.; WEBER, H. E.; DÜLL, R.; WIRTH, V.; WERNER, W. (2001): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 3. Aufl. Scripta Geobotanica XVIII. – Verlag Erich Goltze, Göttingen.
- FENNER, M.; THOMPSON, K. (2005): The ecology of seeds. – Cambridge University Press, Cambridge.
- GOUBITZ, S.; WERGER, M. J. A.; NE'EMANN, G. (2003): Germination response to fire-related factors of seeds from non-serotinous and serotinous cones. – *Plant Ecol.* **169**: 195-204
- HENIG-SEVER, N.; ESHEL, A.; NE'EMAN, G. (1996): pH and osmotic potential of pine ash as post-fire germination inhibitors. – *Physiologia Plantarum* **96**: 71-76.

- JUSTICE, O. L.; REECE, M. H. (1954): A review of literature and investigation on the effects of hydrogen-ion concentration on the germination of seeds. – Proc. Assoc. Offic. Seed Anal. **44**: 144-149.
- KHAN, M. A.; UNGAR, I. A. (1996): Influence of salinity and temperature on the germination of *Haloxylon recurvum* Bunge ex. Boiss. – Annals of Botany **78**: 547-551.
- KHAN, M. A.; UNGAR, I. A. (1997): Alleviation of seed dormancy on the desert forb *Zygophyllum simplex* L. from Pakistan. – Annals of Botany **80**: 395-400.
- KEELEY, J. E.; FOTHERINGHAM, C. J. (1998): Mechanisms of smoke-induced seed germination in a post-fire chaparral annual. – J. Ecol. **86**: 27-36.
- KILLI, F. (2004): Effects of potassium humate solution and soaking periods on germination characteristics of undelinet cotton seeds (*Gossypium hirsutum* L.). – J. Environ. Biol. **25** (4): 395-398.
- KRUMBIEGEL, A. (2002): Morphologie der vegetativen Organe (außer Blätter). – In: KLOTZ, S.; KÜHN, I.; DURKA, W.: BIOLFLOR – Eine Datenbank mit biologisch-ökologischen Merkmalen zur Flora von Deutschland. – Schr. R. f. Veg.kde **38**: 93-118.
- MABO, O. O.; LAKANMI, O. O.; OKUSANYA, O. T. (1988): Germination ecology of *Treulia africana* (Decne). – Nigerian J. Bot. **1**: 66-72.
- MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. (1989): The germination of seeds. – Pergamon Press, Oxford.
- MOLES, A. T.; HODSON, D. W.; WEBB, C. J. (2000): Seed size and shape and persistence in the soil in the New Zealand flora. – Oikos **89**: 541-545.
- MORGAN, J. W. (1998): Comparative germination responses of 28 temperate grassland species. – Austr. J. Bot. **46** (2): 209-219.
- 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. f. 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. (2005): Das reproduktive Potential der Diasporenbanken unterschiedlicher Pflanzengesellschaften xerothermer Standorte. – Tuexenia **25**: 341-355.
- PÉREZ-FERNÁNDEZ, M. A.; RODRIGUEZ-ECHEVERRIA, S. (2003): Effect of smoke, charred wood and nitrogenous compounds on seed germination of ten species from woodland in Central-Western Spain. – J. Chem. Ecol. **29**: 237-251.
- PÉREZ-FERNÁNDEZ, M. A.; CALVO-MAGRO, E.; MONTANERO-FERNÁNDEZ, J.; OYOLA-VELASCO, J.A. (2006): Seed germination in response to chemicals: Effect of nitrogen and pH in the media. – J. Envir. Biol. **27** (1): 13-20.
- POEL, L. W. (1949): Germination and development of heather and the hydrogen ion concentration of the medium. – Nature **163**: 647-648.
- PONS, T. L. (1991): Dormancy, germination and mortality of seeds in a chalk-grassland flora. – J. Ecol. **79**: 765-780.
- RAMAKRISHNAN, P. S. (1965): Studies on edaphic ecotypes in Euphorbia thymifolia L. – J. Ecol. **53**: 157-162.
- RAMAKRISHNAN, P. S.; JAIN, R. S. (1965): Germinability of the seeds of the edaphic ecotypes in Tridax. – Procumbens L. Trop. Ecol. **6**: 47-55.
- 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.
- RIEDER, G.; KOCH, W. (1967): Die Bestimmung der Keimpotenz von Unkrautsamen nach der TTC-Methode. – Mitt. Biol. Bundesanstalt **121**: 210-213.
- RIVARD, P. G.; WOODARD, P. M. (1989): Light, ash, and pH effects on the germination and seedling growth of *Typha latifolia* (cattail). – Can. J. Bot. **67**: 2783-2787.
- ROEM, W. J.; KLEES, H.; BERENDSE, F. (2002): Effects of nutrient addition and acidification on plant species diversity and seed germination in heathland. – J. App. Ecol. **39**: 937-948.
- ROTHMALER, W. (Begr.), JÄGER E.; WERNER, K. (Hrsg.) (2005): Exkursionsflora von Deutschland. Bd. 4: Kritischer Band. 10. Aufl. – Spektrum, Akademischer Verlag Elsevier, München.
- SINGH, V. P.; MALL, S. L.; BILLORE, S. K. (1975): Effect of pH on germination of four common grass species of Ujjain (India). – J. Range Manage. **28**: 497-498.
- STUBBENDIECK, J. (1974): Effect of pH on germination of three grass species. – J. Range Manage. **27**: 78-79.
- TER BORG (2005): Dormancy and germination of six *Rhinanthus* species in relation to climate. – Folia Geobot. **40**: 243-260
- THANOS, C. A.; RUNDEL, P. W. (1996): Fire-followers in chaparral: nitrogenous compounds trigger seed germination. – J. Ecol. **83**: 207-216.
- THOMPSON, K.; BAKKER, J. P.; BEKKER, R. M. (1997): The soil seed banks of north west Europe: methodology, density and longevity. – University Press, Cambridge.
- TIMSON, J. (1965): New method of recording germination data. – Nature **207**: 216 – 217.

- WAHL, S.; PARTZSCH, M. (2008): Untersuchungen zur Neuansiedlung von drei seltenen Xerothermrasenarten in arten-armen Dominanzbeständen von *Festuca rupicola* Heuff. – *Hercynia N.F.* **41**: 99-119.
- WESCHE, K.; PIETZSCH, M.; RONNENBERG, K.; UNDRAKH, R.; HENSEN, I. (2006): Germination of fresh and frost-treated seeds from dry Central Asian steppes. – *Seed Science Research* **16**: 123-136.

Manuskript angenommen: 26. August 2008

Anschrift der Autorin:

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

PÄLCHEN, W. & WALTER, H. (Hrsg.): Geologie von Sachsen – Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte. – E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Nägele & Obermüller, Stuttgart, 2008, XV1, 537 S. – ISBN: 978-3-510-65239-6. Preis 69,00 Euro.

Nach fast 50 Jahren (PIETZSCH 1962: Die Geologie von Sachsen, Berlin) ist kürzlich ein wichtiger und vielversprechender geologischer Titel erschienen, den sich schon lange viele Geo- und andere Naturwissenschaftler wegen des hohen Wissenszuwachses in den vergangenen Jahren gewünscht haben: Die Geologie von Sachsen.

Die renommierte E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermüller) in Stuttgart hätte kein besseres Autorenteam an ausgewiesenen Fachwissenschaftlern auswählen können, das ein so umfangreiches und z. T. schwieriges Thema wissenschaftlich klar und nach modernen Gesichtspunkten darstellen konnte. 42 national und international anerkannten Autoren ist es voll gelungen, einen klaren Überblick über den geologischen Bau und die Entwicklungsgeschichte des Landes Sachsen zu geben. Die äußerlich ansprechende abgedeckte geologische Karte von Sachsen lässt einiges im Inneren des Buches erwarten.

Das umfangreiche geowissenschaftliche Thema ist in vier Hauptkapitel untergliedert und stratigraphisch mit seinen geologischen Einheiten detailliert dargestellt: 1. Geographisch-geologischer Überblick, 2. Baueinheiten des Grundgebirgsstockwerkes, 3. Baueinheiten des Molassestockwerkes, 4. Postvariszisches Deckgebirge.

Tabellen (16 Stück), ein umfassendes Literaturverzeichnis mit zitierter und aktueller Schlüsselliteratur (14 Seiten) sowie das den Stoff leichter aufzuarbeitende, umfangreiche Sachregister (11 Seiten) vervollständigen das Ganze und erleichtern die Arbeit mit dem Buch.

Der dargestellte Stoff wird durch eine Vielzahl instruktiver, gut lesbarer Karten, geologischer Schnitte, stratigraphischer Tabellen, schematischer Reliefbilder, regionaler Korrelationsschnitte und -schemata ergänzt, was zu einem besseren Verständnis des schwierig darzustellenden Stoffes beiträgt und nicht zuletzt auch mit den Preis von 69 € rechtfertigt.

Von besonderem Interesse ist das aufschlussreiche Kapitel „Zur Geschichte der geologischen Erforschung“ Sachsens, die bis ins 12. Jahrhundert zurückreicht. Die engen Beziehungen zwischen dem traditionellen Erzbergbau, der Halbedelsteingewinnung, dem Kaolinabbau und der Porzellanherstellung werden hierbei u. a. angedeutet. Auch die Leistungen der Geologie unter dem Nestor der sächsischen Geologie, Kurt Pietzsch (1884–1964), werden gebührend gewürdigt (Landeskartierung). Auf die ökonomisch ausgerichtete Entwicklung der geologischen Wissenschaften (Wismut) während der DDR-Zeit wird eingegangen. Der Platz reicht hier nicht aus, um alle die Bereiche der Geowissenschaften zu würdigen, die zu einer vielseitigen historischen Entwicklung beigetragen haben.

Von Nachteil für das Verständnis des Inhaltes ist, dass die angekündigte Dokumentation des Geopotentials von Sachsen, seiner vielseitigen Rohstoffe (Gesteine, Wasser, Braunkohlen, Erze, Spate) und Georisiken noch nicht zur Verfügung steht und erst für eine gesonderte Publikation angekündigt wird.

Fortsetzung S. 262