

## Zur Keimungsbiologie acht ausgewählter Xerothermrassenarten - Teil 3: Asteraceae

Monika PARTZSCH\*

4 Abbildungen und 7 Tabellen

### Abstract

PARTZSCH, M.: Germination biology of xerothermic grassland species - Part 3: Asteraceae. - *Hercynia N. F.* 44 (2011): 211 – 227.

Currently, restoration of species-rich dry grassland communities is in focus of vegetation ecology. The experimental approaches are seed addition and hay transfer. A requirement for the prediction of success is a good knowledge of the germination biology of the introduced species. In this study eight xerothermic species of the family Asteraceae were investigated: *Achillea nobilis*, *A. pannonica*, *Centaurea jacea* subsp. *angustifolia*, *C. scabiosa* subsp. *scabiosa*, *Hieracium pilosella*, *H. umbellatum*, *Tanacetum corymbosum* and *Taraxacum laevigatum*.

The germination experiments were carried out under three temperature-light regimes (8 / 4 °C, 20 / 10 °C, 32 / 20 °C; 12 h light : 12 h darkness; 45 days). The collected seeds were divided in two parts. The first experiment was carried out in the year of harvest. The other diaspores were buried in soil from November till March, to ensure hibernation until the next experimental phase in following spring. Seed viability was tested before and after the experiments.

Results show that seeds of all species are not fully dormant. Seeds of *Achillea nobilis* und *Taraxacum laevigatum* germinated completely in the year of harvest and also after hibernation. But only a half or two-thirds of seeds of the other species germinated. This indicates an asynchronous germination and means that, even under favourable conditions, only a proportion of seeds germinate in a certain time. *Achillea nobilis* showed an optimal germination at 20 / 10 °C, and *Hieracium umbellatum* at 32 / 20 °C, while *Achillea pannonica*, *Centaurea scabiosa*, *Hieracium pilosella* and *Tanacetum corymbosum* germinated in a broad range of temperatures between 20 / 10 °C and 32 / 20 °C. *Taraxacum laevigatum*, however, germinated between 8 / 4 °C and 20 / 10 °C. *Centaurea jacea* and *Hieracium pilosella* showed an optimal germination at 20 / 10 °C and 32 / 20 °C, but also relatively high germination rates at 8 / 4 °C. Germination of *Centaurea jacea* and *Taraxacum laevigatum* was not significantly affected by natural cold stratification. The other species showed a change in temperature sensitivity. Because of the early start of germination under warm and hot conditions, germination velocity is very high. After hibernation the germination started few days earlier.

Results regarding the germination behaviour and seed viability allow to assign the species to two types of the diaspore bank: (1) transient: *Achillea nobilis* and *Taraxacum laevigatum* and (2) short-term persistent: *Achillea pannonica*, *Centaurea jacea*, *C. scabiosa*, *Hieracium pilosella*, *H. umbellatum* and *Tanacetum corymbosum*.

Results suggest that the investigated species are well suitable for restoration of species-rich dry grassland communities.

*Key words:* Germination, dormancy, natural stratification, seed bank type, viability

\* Diese Arbeit sei Herrn Dr. Dietrich Heidecke in freundlichem Gedenken gewidmet, mit dem mich eine lange und gute Zusammenarbeit in der Hercynia-Redaktion verband.

## 1 Einleitung

Xerothermrassen gehören in Mitteleuropa zu den halbnatürlichen Vegetationseinheiten, die bereits in prähistorischer Zeit kleinflächig auf nährstoffarmen, flachgründigen und meist wärmebegünstigten Standorten existierten. Sie wurden durch die bewirtschaftende Tätigkeit des Menschen gefördert und dehnten sich dadurch flächenmäßig aus (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010). Die Standortbedingungen ließen aber nur eine extensive Bewirtschaftung durch Beweidung oder Mahd zu.

Der Bedarf der Landwirtschaft an solchen Flächen ging in den letzten Jahrzehnten stark zurück. Die Flächen fielen aufgrund der ausbleibenden traditionellen Bewirtschaftung zumeist brach. Ein Teil wurde aber auch einer Nutzungsintensivierung zugeführt (WALLIS DE VRIES et al. 2002). In den kleinflächig verbliebenen, oft isolierten Xerothermrassen-Fragmenten (nicht nur der Brachen) veränderte sich häufig die Vegetationsstruktur erheblich – Gräser expandierten und konkurrenzschwächere dikotyle Pflanzenarten gingen zurück (PARTZSCH 2000, BORNKAMM 2006, ENYEDI et al. 2008). Anschließend kamen häufig Büsche und Bäume auf (DOSTÁLEK & FRANTIK 2008).

Mittlerweile werden große Anstrengungen unternommen, um eine Renaturierung der ehemals artenreichen Bestände einzuleiten (HANSSON & FOLGEFORS 2000). Dies erweist sich aber meist als problematisch. Eine Erneuerung durch Aktivierung des Diasporenvorrates im Boden wird dabei nicht zum gewünschten Erfolg führen, da viele dieser Xerothermrassenarten nur eine kurzlebige Diasporenbank aufbauen (PARTZSCH 2005). Häufig werden deshalb Diasporen von Arten eingesät (TURNBULL et al. 2000, MÜNZBERGOVÁ 2004, ZEITER et al. 2006, WAHL & PARTZSCH 2008), die zuvor auf noch artenreichen Habitaten geerntet worden sind, oder es erfolgt ein entsprechender Übertrag von Heu (MANN & TISCHEW 2010).

WAGNER et al. (2011) betonen in diesem Zusammenhang den Wert des Wissens um die Keimungsbiologie der Arten. So sollte bekannt sein, wie die Temperatur die Keimung der Diasporen beeinflusst. Nach BASKIN & BASKIN (2001) sind Temperatur, Licht und Wasser wesentliche Faktoren für die Keimung. Wichtig sind zudem Kenntnisse zur Dormanz und deren mögliche Beeinflussung. BASKIN & BASKIN (2004) und FENNER & THOMPSON (2005) unterscheiden drei Formen der Dormanz. Bei (1) „physiologischer Dormanz“ können die Diasporen erst nach Abbau von im Samen akkumulierten, keimungshemmenden Substanzen keimen. Diasporen mit (2) „morphologischer Dormanz“ sind beim Ausstreuen noch unreif und benötigen eine gewisse Zeit vor der Keimung für das Wachstum und die Entwicklung des Embryos. Bei (3) „physikalischer Dormanz“ sind die Diasporen von einer nicht permeablen Testa oder einem Perikarp umhüllt, welche den Wassereintritt und somit die Quellung des Embryos verhindern. Die Dormanz lässt sich ggf. mit Stratifikation (durch Kälte oder Wärme), Skarifikation (mechanische oder chemische Verletzung der Testa) oder der Behandlung mit Phytohormonen (z.B. Gibberellinsäure) brechen.

Ebenso ist die Kenntnis des Diasporenbanktyps wichtig, um bewerten zu können, wie lange eine Art mit lebensfähigen Diasporen im Boden verharren und anschließend bei günstigen Bedingungen auskeimen kann. Nach THOMPSON et al. (1997) lassen sich vier Typen unterscheiden. Beim Diasporenbanktyp „transient“ ist die Lebensfähigkeit der Diasporen im Boden auf weniger als ein Jahr beschränkt. Diasporen von Arten des Typs „kurzlebig“ („short-term persistent“) bleiben teils bis zu vier Jahre lebensfähig. Arten des Typs „langlebig“ („long-term persistent“) hingegen können fünf Jahre und teils noch weit länger mit lebensfähigen Diasporen im Boden überdauern. Ferner gibt es Diasporen (Typ vier), die sich keinem der genannten Diasporenbanktypen zuordnen lassen (englische Typbezeichnung: „present“).

Angaben zur Keimungsbiologie von weit verbreiteten Ruderal- bzw. Segetalarten sind bereits sehr gut dokumentiert (OTTE et al. 2006, PARTZSCH 2010a). Für die meisten Xerothermrassenarten hingegen fehlen in der Literatur detaillierte Angaben. Die vorliegende Studie soll diese Lücke schmälern. Vorgestellt wird das Keimverhalten von acht typischen Xerothermrassenarten aus der Familie der Asteraceae (*Achillea nobilis*, *A. pannonica*, *Centaurea jacea*, *C. scabiosa*, *Hieracium pilosella*, *H. umbellatum*, *Tanacetum corymbosum*, *Taraxacum laevigatum*) untersucht. Es wurde aus jeder der drei Gattungen jeweils ein Artenpaar untersucht, um so auch einen Vergleich innerhalb der Gattungen zu ermöglichen. Überdies sollen folgende Fragen beantwortet werden:

1. Weisen die Arten eine Dormanz auf?
2. In welchem Temperaturbereich erfolgt jeweils eine optimale Keimung?
3. Welchen Effekt hat die natürliche Kältestratifikation auf das Keimverhalten?
4. Welchem Diasporenbanktyps lassen sich die Arten zuordnen?

## 2 Charakterisierung der Arten

Bei den acht ausgewählten Arten handelt es sich um langlebige Spezies aus der Familie der Asteraceae. Die Beschreibung ihrer biologischen Eigenschaften folgt JÄGER (2011). Tabelle 1 enthält Angaben zur Größe und zum Gewicht der Diasporen.

*Achillea nobilis* L. (Edel-Schafgarbe) ist ein halbrosettiger, ausdauernder Hemikryptophyt, der eine Wuchshöhe zwischen 20 und 60 cm erreicht. Die Art ist basenhold und siedelt in Felsfluren, Trockenrasen und auf trockenen Ruderalstellen wie Mauern und Bahnanlagen. Sie blüht zwischen Juni und Oktober.

*Achillea pannonica* SCHELLE (Ungarische Schafgarbe) ist ein (20-)30 bis 60(-100) cm hoher, rosettenloser, ausdauernder Chamaephyt. Die Blütezeit erstreckt sich von Juni bis August. Die Art besiedelt Felsfluren, kontinentale Trockenrasen und Trockengebüschsäume.

*Centaurea jacea* L. subsp. *angustifolia* GREMLI (Wiesen-Flockenblume) ist ein halbrosettiger, ausdauernder Hemikryptophyt mit einer Wuchshöhe zwischen 15 und 150 cm. Die Art ist basenhold, blüht zwischen Juni und Oktober und siedelt auf Halbtrockenrasen, trockenen Waldsäumen und Ruderalstellen (Wegränder).

*Centaurea scabiosa* L. subsp. *scabiosa* (Skabiosen-Flockenblume) ist ein halbrosettiger, ausdauernder Hemikryptophyt mit einer Wuchshöhe zwischen 50 und 120 cm. Die Art ist kalkhold, blüht zwischen Juli und August und besiedelt Trocken- und Halbtrockenrasen, trockene Frischwiesen, Trockengebüsch- und Trockenwaldsäume, mäßig trockene Ruderalstellen und extensive Äcker.

*Hieracium pilosella* L. (Kleines Habichtskraut) ist ein immergrüner, rosettenbildender, ausdauernder Hemikryptophyt mit einer Wuchshöhe zwischen 5 und 30 cm. Die Art blüht zwischen Mai und Oktober und besiedelt Xerothermrasen, Silikatmagerrasen, sandige Brachen, trockene bis mäßig trockene Ruderalstellen, Heiden, lichte Wälder, Gebüsche und ihre Säume.

*Hieracium umbellatum* L. (Dolden-Habichtskraut) ist ein sommergrüner, rosettenloser, ausdauernder Hemikryptophyt mit einer Wuchshöhe zwischen 10 und 120 cm. Die Art blüht zwischen Juli und Oktober, ist kalkmeidend und siedelt in mäßig frischen bis mäßig trockenen, lichten Eichen- und Kiefernwäldern, lichten Gebüschern und an deren Rändern, ferner in Zwergstrauchheiden, Silikatmagerrasen und Sandtrockenrasen sowie auf Dünen und an Ruderalstellen.

*Tanacetum corymbosum* (L.) SCH. BP. (Gewöhnliche Straußmargerite) ist ein immergrüner, halbrosettiger, ausdauernder Hemikryptophyt mit einer Wuchshöhe zwischen 50 und 100 cm. Die Art blüht zwischen Juni und August, ist basenhold und siedelt in xerothermen Trockengebüsch- und Trockenwaldsäumen sowie lichten Eichen- und Buchenwäldern.

*Taraxacum laevigatum* (WILLD.) DC. s. l. (Rotfrüchtige Kuhblume, Rotfrüchtiger Löwenzahn) ist ein immergrüner, rosettenbildender, ausdauernder Hemikryptophyt mit einer Wuchshöhe zwischen 5 und 25 (-35) cm. Die Art ist basenhold, blüht zwischen April und Juni und besiedelt lückige Xerothermrasen, Sandtrockenrasen, Silikatmagerrasen, Dünen, trockene Ruderalstellen, Weinberge und Äcker.

Tab. 1 Diasporenmerkmale der untersuchten Arten. Daten zu Gewicht und Größe aus Biolflor (OTTO 2002) oder \*) eigenen Messungen.

Table 1 Traits of diaspores of the species. Data of weight and size follow Biolflor (OTTO 2002) or \*) own measurements.

Zielart	Gewicht [mg]	Länge [mm]	Breite [mm]
<i>Achillea nobilis</i>	0,1	1,1	0,4
<i>Achillea pannonica</i> *)	0,1	1,0	0,4
<i>Centaurea jacea</i>	2,0	3,0	1,4
<i>Centaurea scabiosa</i>	6,9	4,4	2,2
<i>Hieracium pilosella</i>	0,1	1,9	0,4
<i>Hieracium umbellatum</i>	0,2	2,6	0,5
<i>Tanacetum corymbosum</i> *)	0,4	4,2	0,8
<i>Taraxacum laevigatum</i> *)	0,5	2,9	0,7

### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Sammlung und Versuchsansätze

Die Diasporen der Arten wurden zwischen Mai und September (s. Tab. 2) im reifen Zustand an Mutterpflanzen geerntet. Die Sammelorte (jeweils trocken-warme Standorte) verteilen sich auf den Saalekreis (Sachsen-Anhalt), Wiedemar (Sachsen) und das Unstruttal bei Freyburg. Die Diasporenproben (Mischproben von mindestens 30 Individuen) wurden geteilt, wobei ein Teil für den ersten Keimversuch genutzt wurde, der im Herbst des Erntejahres stattfand. Bis dahin wurden die Diasporen zur Nachreife bei Zimmertemperatur trocken gelagert. Im Herbst wurde der restliche Teil der Diasporen in luftdurchlässige Säckchen verpackt, im Boden vergraben (ca. 5 cm tief) und den Witterungsbedingungen im Freiland zwischen Anfang November und Mitte März ausgesetzt (natürliche Kältestratifikation). Die Bodentemperaturen in 5 cm Tiefe schwankten von Jahr zu Jahr (Tab. 3). Die Klimaaufzeichnungen stammen aus der Klimastation Halle-Seeben, die von Herrn Dr. Döring zur Verfügung gestellt worden sind (DÖRING & BORG 2008).

#### 3.2 Untersuchungen zur optimalen Keimtemperatur

Die Untersuchungen zur Keimungsbiologie erfolgten in speziellen Keimschränken (Firma Rumet, Memmert), wobei der erste Ansatz nach der Ernte und der zweite Keimansatz nach der Überwinterung im nächsten Frühjahr gestartet wurden (Tab. 2). Es wurde jeweils ein Lichtregime von 12 Stunden Helligkeit und 12 Stunden Dunkelheit beibehalten. Die Temperaturen in den verschiedenen Lichtphasen variierten. Folgende Varianten wurden getestet: a) 8 °C bei Licht und 4 °C im Dunkeln; b) 20 °C bei Licht und 10 °C im Dunkeln; c) 32 °C bei Licht und 20 °C im Dunkeln. Dies sollte kalte, warme und heiße Klimabedingungen simulieren. Je Pflanzenart wurden vier Parallelproben zu jeweils 25 oder 40 Diasporen (je nach verfügbarem Material) in eine Petrischale auf gut durchfeuchtetes Filterpapier (Befeuchtung mit Aqua dest.; pH = 7,05) ausgelegt. Auf dem Grund der Petrischalen wurde ein Abstandshalter positioniert, um die Diasporen vor Sauerstoffmangel und Fäulnis zu schützen und den Rundfilter gleichmäßig feucht zu halten.

Der Keimungsverlauf (deutlich hervortretende Radikula) wurde über 45 Tage im zwei- bis dreitägigen Abstand kontrolliert. Dabei wurden gekeimte Diasporen aus der Petrischale entfernt.

Tab. 2 Ort und Zeit der Diasporenaufsammlung, Zeit des ersten Keimversuches nach der Ernte und Zeit des zweiten Keimversuches nach der Überwinterung.

Table 2 Location and date of seed collection, date of the first germination experiment after harvest, and date of the second experiment after hibernation.

Zielart	Sammelort	Sammeldatum	Ansatz nach Ernte	Ansatz nach Überwinterung
<i>Achillea nobilis</i>	Hohenthurm	03.10.2007	16.10.2007	17.03.2008
<i>Achillea pannonica</i>	Wettin/Mücheln	24.08.2001	05.10.2001	18.03.2002
<i>Centaurea jacea</i>	Gimritz/Küsterberg	24.08.2004	09.09.2004	09.03.2005
<i>Centaurea scabiosa</i>	Wiedemar	18.08.2004	19.10.2004	22.03.2005
<i>Hieracium pilosella</i>	Gimritz/Küsterberg	24.08.2004	09.09.2004	09.03.2005
<i>Hieracium umbellatum</i>	Gimritz/Küsterberg	24.08.2004	09.09.2004	09.03.2005
<i>Tanacetum corymbosum</i>	Neue Göhle/Freyburg	20.07.2010	13.09.2010	16.03.2011
<i>Taraxacum laevigatum</i>	Ennsberg/Laucha	19.06.2006	31.08.2006	18.03.2007

Mitte März wurden die Diasporen ausgegraben, gegebenenfalls bei Zimmertemperaturen kurzzeitig zwischengelagert und einem weiteren Keimversuch unterzogen.

Tab. 3 Spanne der Minima und Maxima der Bodentemperatur (5 cm) in den Jahren der Überwinterung (1. November bis 15. März)

Table 3 Range of soil temperature (minima and maxima, measured in a depth of 5 cm) in the years of hibernation (from 1<sup>st</sup> November to 15<sup>th</sup> March).

Jahre	Maximale Temperaturen		Minimale Temperaturen	
	von	bis	von	bis
2001/2002	-3,4	15,3	-5,2	7,2
2004/2005	-0,5	13,3	-1,5	10,3
2006/2007	-6,2	7,9	-1,6	10,1
2007/2008	-1,7	15,9	-4,5	8,6
2010/2011	-2.1	11,2	-3.9	9,8

### 3.3 Test auf Lebensfähigkeit

Die Diasporen wurden sowohl vor als auch nach den Keimversuchen mit dem Tetrazoliumtest (TTC-Test) auf Lebensfähigkeit geprüft (HENDRY & GRIME 1993). Sie wurden dazu angeschnitten, so dass der Embryo sichtbar war und die 1%ige TTC-Lösung (2,3,5 Triphenyl-Tetrazolium-Chlorid) in das Sameninnere eindringen konnte. Die Inkubation erfolgt über 24 Stunden bei Zimmertemperatur und in Dunkelheit. Dringt die farblose Lösung in die lebenden Zellen ein, so wird sie durch eine NADH+H<sup>+</sup>(Nicotinamid-adenin-dinukleotid)-abhängige Dehydrogenase reduziert. Die H<sup>+</sup>-Ionen werden dabei von den Zellen der Diaspore geliefert. Es entsteht das wasserunlösliche Formazan, welches zur Rotfärbung noch lebensfähiger Embryos beiträgt. Bei sehr kleinen Samen ist die Färbung teils sehr schwer erkennbar, weshalb weitere Merkmale wie die Konsistenz und Verfärbung des Embryos und des Endosperms herangezogen wurden (COCHRANE et al. 1999, ISTA 2003).

### 3.4 Berechnungsverfahren

Die Berechnungen der Keimergebnisse beziehen sich immer auf die Anzahl der in den Petrischalen ausgelegten Diasporen. 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 ins Unendliche steigen kann, wurde sensu KHAN & UNGAR (1996, 1997) ein modifizierter Timson-Index verwendet, bei dem die täglichen prozentualen Keimwerte addiert und durch die Anzahl der Versuchstage dividiert werden (PÉREZ-FERNÁNDEZ et al. 2006). Der modifizierte Timson-Index berücksichtigt neben der prozentualen Endkeimung auch die Keimgeschwindigkeit einer Art und kann maximal den Wert 100 erreichen.

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, um damit die Voraussetzung für eine ANOVA zu testen. Zum Vergleich der Mittelwerte in Abhängigkeit von den verschiedenen Temperaturregimen wurde eine einfaktorielle ANOVA und der Post hoc Tukey-Test mit dem Programm WINstat (2003) auf dem Signifikanzniveau von  $p \leq 0,05$  durchgeführt. Um die Interaktionen zwischen den unterschiedlichen Zeiten der beiden Versuchsansätze (nach Ernte und nach Überwinterung) und den Temperaturregimen auf Signifikanz zu prüfen, wurde eine zweifaktorielle ANOVA mit dem Programm SPSS 2009 durchgeführt.

Die Ergebnisse der zweifaktoriellen ANOVA wurden durch Interaktionsplots dargestellt. Sie sollen das Zusammenspiel von zwei Umweltfaktoren auf die Entwicklung der pflanzlichen Parameter darstellen. In diesen Untersuchungen sind es das variable Temperatur-Licht-Regime und die natürliche Kältestratifikation, die das Keimverhalten der Arten unterschiedlich beeinflussen können. Dabei kann einer der beiden Umweltfaktoren die Sensitivität der Arten gegenüber dem anderen verändern, was durch signifikante Interaktionen verdeutlicht wird. Verlaufen die Linien in den Interaktionsplots nahezu parallel, so liegen keine signifikanten Interaktionen vor.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Keimung nach Ernte

*Achillea nobilis* begann unter warmen und heißen Bedingungen am dritten Tag und unter kalten Bedingungen am 13. Tag zu keimen. Die optimalen Keimtemperaturen lagen bei 20 / 10 °C mit einem Keimerfolg von 86 %. Unter heißen (ca. 38 %) und kalten Bedingungen (ca. 9 %) keimte die Art signifikant schlechter (Abb. 1, Tab. 4).

*Achillea pannonica* begann unter allen drei Temperatur-Licht-Regimen bereits am dritten Tag mit der Keimung. Unter warmen und heißen Bedingungen lag der Keimerfolg zwischen 67 und 71 %. Unter kalten Bedingungen war der Keimerfolg signifikant geringer (13 %).

*Centaurea jacea* und *Centaurea scabiosa* zeigten ein sehr ähnliches Keimverhalten. Beide Arten begannen mit der Keimung unter warmen und heißen Bedingungen bereits am dritten Tag. Während die prozentuale Keimung am Versuchsende bei *C. jacea* zwischen 81 und 83 % lag, lag sie bei *C. scabiosa* um 74 %. Die Temperaturverringering führte bei beiden Arten zu einer signifikanten Abnahme der Keimung – bei *C. jacea* jedoch nur auf 67 %, bei *C. scabiosa* auf ca. 4 %. Unter kalten Bedingungen begann *C. jacea* am 12. und *C. scabiosa* am 23. Tag mit der Keimung.

Bei *Hieracium pilosella* keimte unter allen drei Temperatur-Licht-Regimen ca. die Hälfte aller Diasporen, wobei der Keimstart unter warmen und heißen Bedingungen ebenso am dritten Tag und kalten Bedingungen am 18. Tag war (Abb. 2, Tab. 1).

Die Keimung von *Hieracium umbellatum* hingegen begann deutlich verzögert: bei 8 / 4 °C am 29., bei 20 / 10 °C am 18. und unter 32 / 20 °C am achten Tag. Unter kalten und warmen Bedingungen erreichte die Art nur eine Endkeimung von ca. 3 %, unter heißen Bedingungen jedoch von 42 %.

*Tanacetum corymbosum* begann unter warmen und heißen Bedingungen am dritten Tag mit der Keimung und erreichte unter beiden Bedingungen eine Endkeimung von ca. 60 – 62 %; unter kalten Bedingungen war die Keimung signifikant niedriger (ca. 6 %; Keimstart: 11. Tag).

Obwohl *Taraxacum laevigatum* unter kalten Bedingungen erst am 11. Tag zu keimen begann, erreichte sie unter diesen Bedingungen ähnlich hohe Keimprozente (ca. 88 %) wie unter warmen Bedingungen (ca. 92 %; Keimstart: 4 Tag). Eine Temperaturerhöhung wirkte sich ungünstig aus; die prozentuale Keimung erreichte nur 55 % (Keimstart: 4. Tag).

Bei *Achillea nobilis*, *Centaurea jacea*, *Hieracium pilosella*, *Tanacetum corymbosum* und *Taraxacum laevigatum* war der Timson-Index unter warmen Bedingungen am höchsten. *Achillea pannonica* und *Centaurea scabiosa* keimten jedoch unter heißen Bedingungen am schnellsten. Es bestand jedoch kein signifikanter Unterschied zum Timson-Index bei warmen Bedingungen. Nur bei *Hieracium umbellatum* war die Keimgeschwindigkeit unter heißen Bedingungen signifikant höher als unter den beiden anderen Temperatur-Licht-Regimen.

Tab. 4 Prozentuale Endkeimung und Timson-Index der acht untersuchten Arten unter verschiedenen Temperatur- und Licht-Regimen nach der Ernte (Versuchsdauer: 45 Tage). Die arcsinus-wurzel-transformierten Daten wurden mit der Varianzanalyse (ANOVA) auf signifikante Unterschiede getestet. Die Prüfgröße F und der P-Wert sind angegeben. Die Buchstaben geben signifikante Untermengen an (n = 4).

Table 4 Percentage of final germination and the Timson's index of the eight species under different temperature and light regimes after harvest (duration of experiment: 45 days). 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 = 4).

Nach Ernte	8 / 4 °C	20 / 10 °C	32 / 20 °C	ANOVA	
				F-Wert	P-Wert
<i>Achillea nobilis</i>					
Endkeimung	8,13 a	86,25 c	37,50 b	84,551	< 0,0001
Timson-Index	4,47 a	77,63 c	28,96 b	139,790	< 0,0001
<i>Achillea pannonica</i>					
Endkeimung	13,33 a	66,67 b	70,67 b	108,585	< 0,0001
Timson-Index	10,43 a	62,40 b	65,04 b	633,563	< 0,0001
<i>Centaurea jacea</i>					
Endkeimung	67,00 a	83,00 b	81,00 ab	5,787	< 0,05
Timson-Index	33,56 a	78,36 b	76,33 b	54,923	< 0,0001
<i>Centaurea scabiosa</i>					
Endkeimung	3,75 a	73,75 b	73,13 b	107,442	< 0,0001
Timson-Index	0,91 a	65,24 b	67,81 b	156,482	< 0,0001
<i>Hieracium pilosella</i>					
Endkeimung	41,00 a	62,00 b	50,00 ab	6,362	< 0,05
Timson-Index	19,47 a	55,96 c	33,93 b	23,710	0,0003
<i>Hieracium umbellatum</i>					
Endkeimung	2,00 a	3,00 a	42,00 b	47,199	< 0,0001
Timson-Index	0,76 a	1,73 a	29,58 b	71,519	< 0,0001
<i>Tanacetum corymbosum</i>					
Endkeimung	5,63 a	61,88 b	60,00 b	174,941	< 0,0001
Timson-Index	2,75 a	56,01 b	51,89 b	158,046	< 0,0001
<i>Taraxacum laevigatum</i>					
Endkeimung	87,50 a	91,88 a	55,00 b	12,902	< 0,05
Timson-Index	57,58 a	77,50 b	25,04 c	105,309	< 0,0001

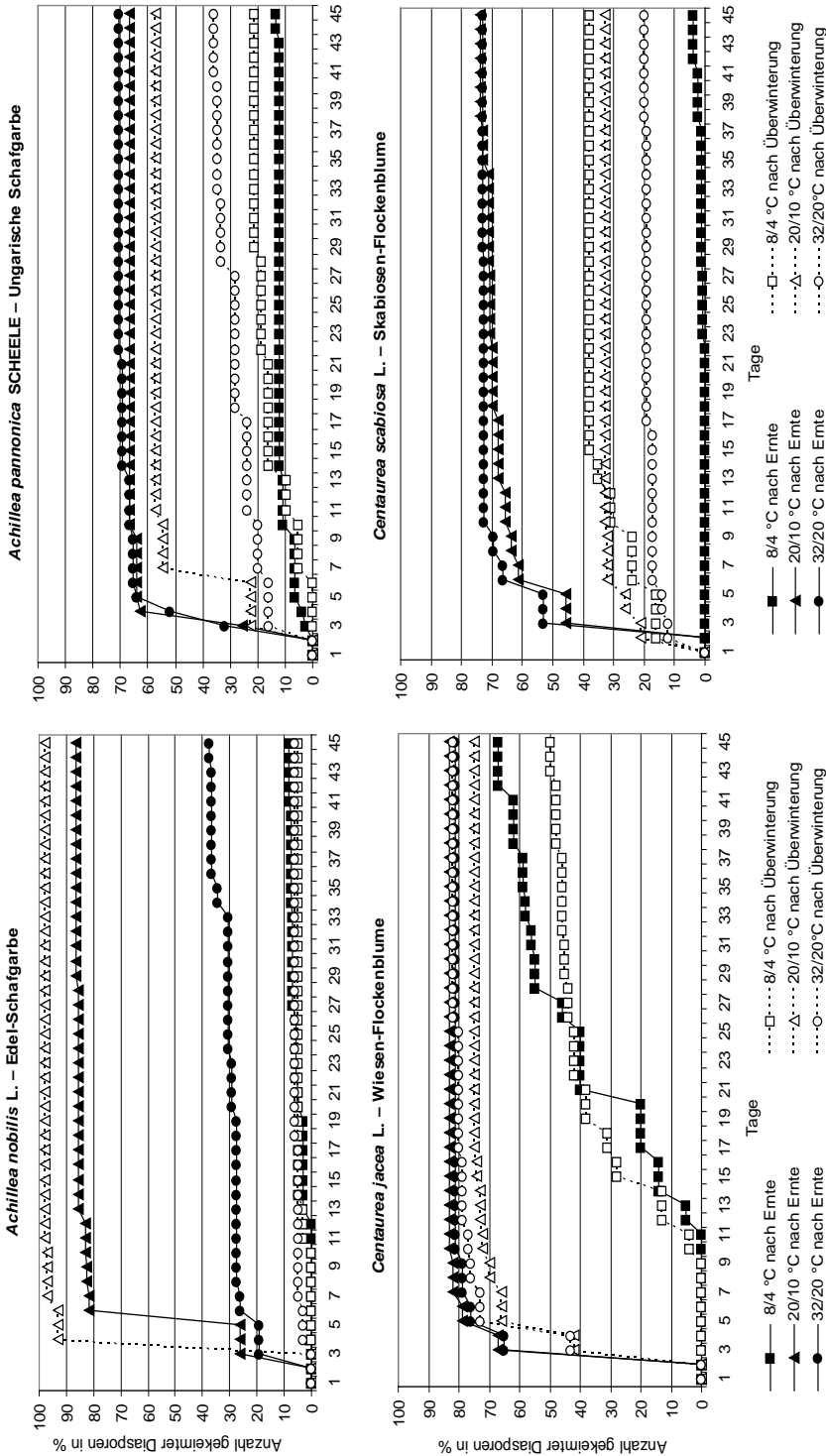


Abb. 1 Kumulativer Keimverlauf von *Achillea nobilis*, *A. pannonica*, *Centaurea jacea* subsp. *angustifolia* und *C. scabiosa* subsp. *scabiosa* unter den verschiedenen Temperatur- und Licht-Regimen nach Ernte und nach Überwinterung (Versuchsdauer: 45 Tage).

Fig. 1 Cumulative germination of *Achillea nobilis*, *A. pannonica*, *Centaurea jacea* subsp. *angustifolia* and *C. scabiosa* subsp. *scabiosa* under different temperature and light regimes after harvest and hibernation (duration of experiment: 45 days).



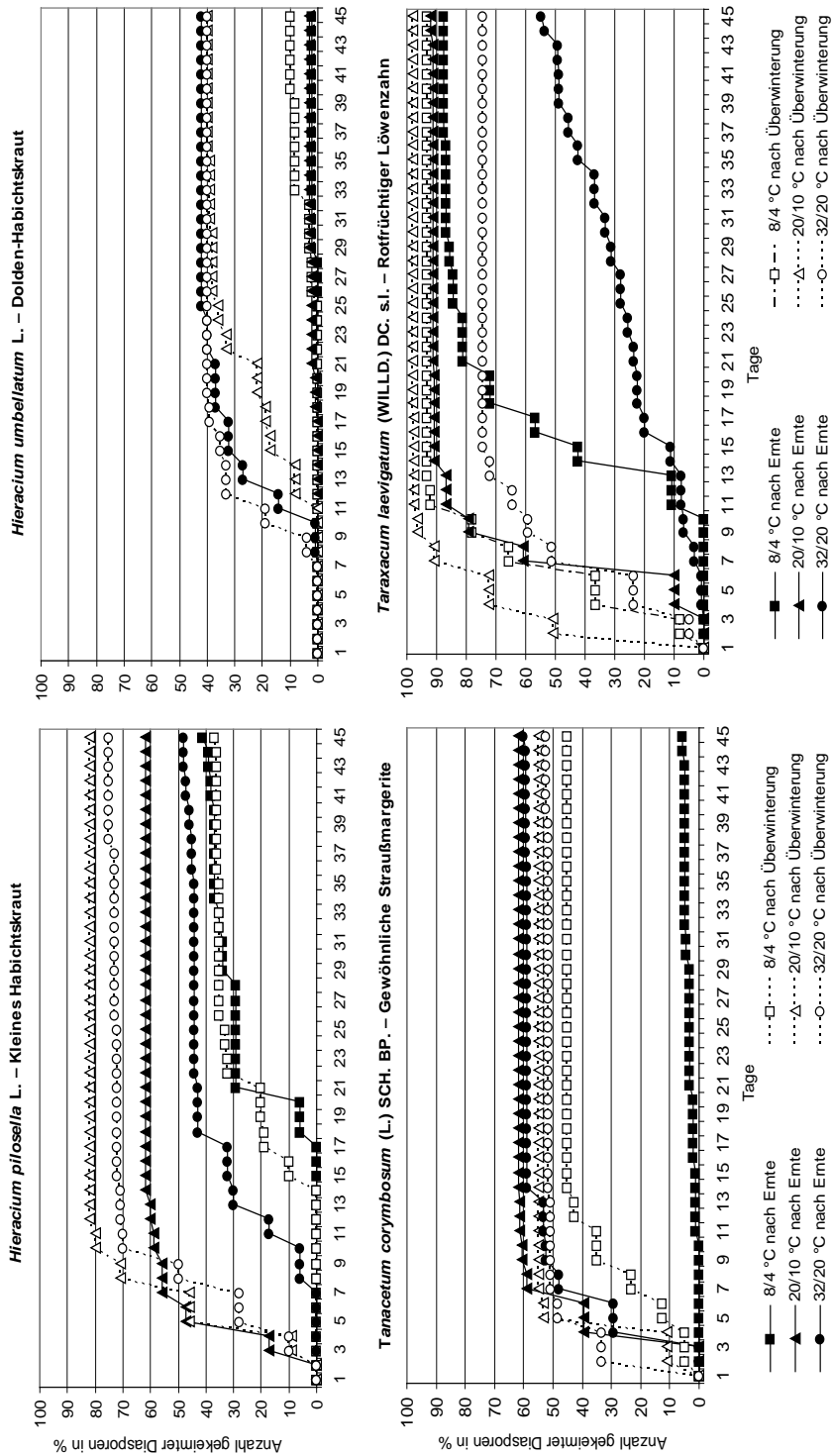


Abb. 2 Kumulativer Keimverlauf von *Hieracium pilosella*, *H. umbellatum*, *Tanacetum corymbosum* und *Taraxacum laevigatum* unter verschiedenen Temperatur- und Licht-Regimen nach Ernte und nach Überwinterung (Versuchsdauer: 45 Tage).

Fig. 2 Cumulative germination of *Hieracium pilosella*, *H. umbellatum*, *Tanacetum corymbosum* and *Taraxacum laevigatum* under different temperature and light regimes after harvest and hibernation (duration of experiment: 45 days).

#### 4.2 Keimung nach Überwinterung

Nach Überwinterung keimten die Diasporen von *Achillea nobilis* fast vollständig unter warmen Bedingungen aus, wohingegen Temperaturverringerung bzw. -erhöhung zu einer stark verminderten Keimung (5 – 6 %) führten. Die Keimung begann unter warmen und heißen Bedingungen jeweils am vierten Tag und unter kalten Bedingungen am 11. Tag (Abb. 1, Tab. 5). *Achillea pannonica* begann unter warmen und heißen Bedingungen, ebenso wie im Erntejahr, am dritten Tag zu keimen. Unter kalten Bedingungen keimte sie erst am siebenten Tag. Auch bei dieser Art war die prozentuale Keimung unter 20 / 10 °C am höchsten, erreichte allerdings im Vergleich zu *Achillea nobilis* nur 57 %. Bei 32 / 20 °C lag die Endkeimung bei 36 % und bei 8 / 4 °C bei 21 %. *Centaurea jacea* zeigte nach Überwinterung einen ähnlichen Keimverlauf wie im Erntejahr. Unter warmen und heißen Bedingungen ergaben sich keine signifikanten Unterschiede; die Werte lagen zwischen 75 und 82 %. Unter kalten Bedingungen keimte immer noch die Hälfte der Diasporen. *Centaurea scabiosa* erreichte die höchsten Keimprozente nach Überwinterung bei 8 / 4 °C (38 %), wobei die Werte nicht signifikant verschieden zu denen unter 20 / 10 °C (33 %) waren. Unter 32 / 20 °C lagen die Werte nur noch bei 20 %. Die Keimung startete bei allen drei Temperatur-Licht-Bedingungen am zweiten Tag. *Hieracium pilosella* keimte unter warmen und heißen Bedingungen ähnlich (zwischen 75 und 82 %; Keimstart: 3. Tag), unter kalten Bedingungen lief jedoch nur noch ca. ein Drittel der Diasporen auf (Keimstart: 15. Tag) (Abb. 2, Tab. 5). *Hieracium umbellatum* keimte mit 40 % unter warmen und heißen Bedingungen etwa gleich, unter kalten Bedingungen aber nur zu 10 %. Der Keimstart erfolgte bei 8 / 4 °C am 26., bei 20 / 10 °C am 12. und bei 32 / 10 °C am 8. Tag. *Tanacetum corymbosum* zeigte nach Überwinterungen keine signifikanten Unterschiede im Keimverhalten in Abhängigkeit von den Temperaturen; die Werte lagen zwischen 45 und 55 %. Die Keimung startete unter allen Bedingungen bereits am zweiten Tag. Somit ist auch die Keimgeschwindigkeit unter allen drei Temperaturen ähnlich. *Taraxacum laevigatum* keimte unter kalten und warmen Bedingungen nahezu vollständig aus, unter heißen Bedingungen war die Keimung jedoch etwas geringer (75 %). Auch bei dieser Art war der Keimbeginn nach Überwinterung auf den zweiten Tag vorverlegt. Die Keimgeschwindigkeit war bei *Centaurea scabiosa* und *Taraxacum laevigatum* unter kalten und warmen Bedingungen, bei *Achillea nobilis* und *A. pannonica* unter warmen und bei *Centaurea jacea*, *Hieracium pilosella* und *H. umbellatum* unter warmen und heißen Bedingungen am höchsten. Nur *Tanacetum corymbosum* wies keine signifikanten Unterschiede in den Keimgeschwindigkeiten bei allen drei Temperatur-Licht-Regimen auf.

#### 4.3 Vergleich der Keimung nach Ernte und nach Überwinterung

Die Interaktionsplots von *Centaurea jacea* und *Taraxacum laevigatum* zeigen einen nahezu identischen Verlauf der prozentualen Keimung im Erntejahr und nach Überwinterungen bei allen drei Temperatur-Licht-Regimen (Abb. 4). Somit hat sich das temperaturabhängige Keimverhalten durch die natürliche Kältestratifikation nicht signifikant verändert (Tab. 6). Allerdings konnten bei *Taraxacum laevigatum* signifikante Interaktionen von Temperaturen und Überwinterung in der Keimgeschwindigkeit festgestellt werden. Diese Art keimte nach Überwinterung deutlich schneller aus.

Bei den übrigen Arten zeigten sich signifikante Interaktionen sowohl bei der prozentualen Keimung als auch beim Timson-Index. Bei *Achillea nobilis* und *A. pannonica* wirkte sich die Kältestratifikation vor allem negativ auf die Keimung unter heißen Bedingungen aus. Demgegenüber wurde die Keimung von *Centaurea scabiosa* unter kalten Bedingungen stark gefördert, unter warmen und heißen Bedingungen jedoch reduziert. *Hieracium pilosella* keimte unter warmen und heißen Bedingungen und *Hieracium umbellatum* unter warmen Bedingungen besser. Bei *Tanacetum corymbosum* hingegen war nach Überwinterung eine (deutlich) bessere Keimung bei kalten Bedingungen zu beobachten.

#### 4.4 Lebensfähigkeit der Diasporen

Die Lebensfähigkeit der Diasporen der untersuchten Asteraceen-Arten war nach der Ernte sehr hoch und lag zwischen 97 und 100 % (Tab. 7). Die meisten jener Diasporen, die nach Versuchsabschluss noch in

Tab. 5 Prozentuale Endkeimung und Timson-Index unter verschiedenen Temperatur-Licht-Regimen nach der Überwinterung (Versuchsdauer: 45 Tagen). Die arcsinus-wurzel-transformierten Daten wurden mit der Varianzanalyse (ANOVA) auf signifikante Unterschiede getestet. Die Prüfgröße F und der P-Wert sind angegeben. Die Buchstaben geben signifikante Untermengen an (n = 4).

Table 5 Percentage of final germination and Timson's index under different temperature and light regimes after hibernation (duration of experiment: 45 days). 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 = 4).

Nach Überwinterung	8 / 4 °C	20 / 10 °C	32 / 20 °C	ANOVA	
				F-Wert	P-Wert
<i>Achillea nobilis</i>					
Endkeimung	5,00 a	98,00 b	6,00 a	290,477	< 0,0001
Timson-Index	3,76 a	91,04 b	5,16 a	532,015	< 0,0001
<i>Achillea pannonica</i>					
Endkeimung	21,33 a	57,33 c	36,00 b	42,384	< 0,001
Timson-Index	14,90 a	51,47 c	27,02 b	45,639	< 0,001
<i>Centaurea jacea</i>					
Endkeimung	50,00 a	75,00 b	82,00 b	20,118	< 0,001
Timson-Index	30,67 a	69,07 b	74,80 b	59,695	< 0,0001
<i>Centaurea scabiosa</i>					
Endkeimung	38,00 a	33,00 a	20,00 b	48,631	< 0,0001
Timson-Index	33,36 a	31,33 a	17,73 b	76,855	< 0,0001
<i>Hieracium pilosella</i>					
Endkeimung	37,00 a	82,00 b	75,00 b	25,099	< 0,001
Timson-Index	21,53 a	72,13 b	62,82 b	37,981	< 0,0001
<i>Hieracium umbellatum</i>					
Endkeimung	10,00 a	40,00 b	40,00 b	36,945	< 0,0001
Timson-Index	3,13 a	24,11 b	30,51 b	659,847	< 0,0001
<i>Tanacetum corymbosum</i>					
Endkeimung	45,00	55,00	52,50	1,310	n.s.
Timson-Index	38,15	50,76	49,13	2,435	n.s.
<i>Taraxacum laevigatum</i>					
Endkeimung	93,13 a	98,13 a	74,38 b	14,161	< 0,05
Timson-Index	81,54 a	91,61 b	64,01 c	43,473	< 0,0001

den Petrischalen verblieben, zeigten eine gute Lebensfähigkeit, wobei immer einige Achänen – vor allem unter heißen Bedingungen – stark verpilzt waren. Bei *Hieracium pilosella*, *H. umbellatum* und *Tanacetum corymbosum* fiel auf, dass viele Diasporen nach Überwinterung und Abschluss des zweiten Versuches nicht mehr lebensfähig waren.

## 5 Diskussion

Die taxonomisch eng verwandten und hinsichtlich ihrer Habitatsprüche recht ähnlichen Arten (Besiedler trocken-warmer Standorte) zeigen hinsichtlich ihrer Keimungsbiologie sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede. Ebenso wiesen die drei Artenpaare aus den Gattungen *Achillea*, *Centaurea* und *Hieracium* keine stärkere Übereinstimmungen im Keimverhalten auf.

Keine der Arten zeigte eine ausgeprägte Dormanz – im Jahr der Ernte keimten alle mindestens zu 50 % bei einem der drei Temperatur-Licht-Regime. BASKIN et al. (1992) konnten am Beispiel von *Echinacea angustifolia* (einem Kraut der Prärie), zeigen, dass Dormanz in der Familie Asteraceae aber auftreten und diese

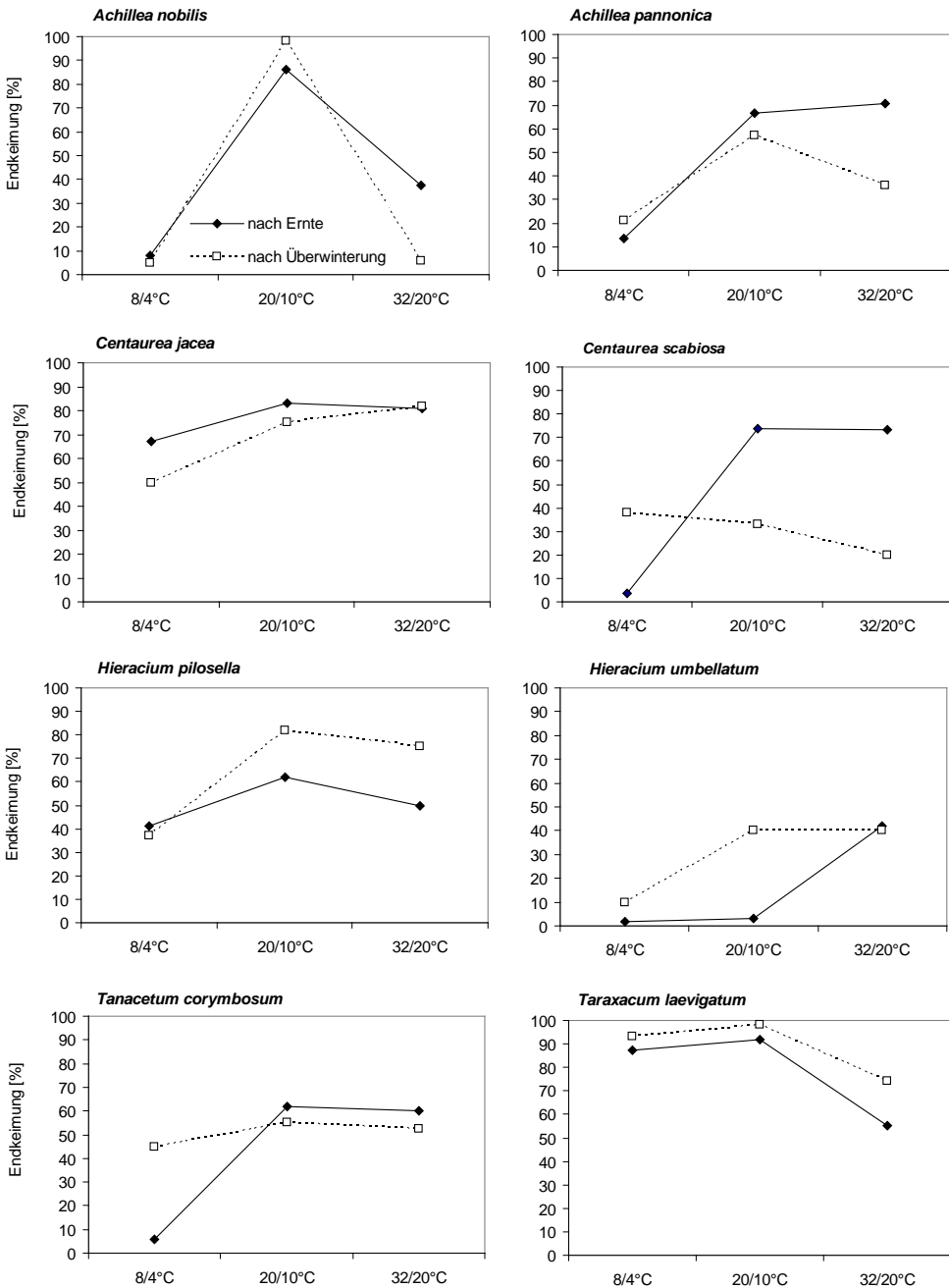


Abb. 4 Interaktionsplots der Endkeimung zur Darstellung der Interaktionen zwischen dem Zeitpunkt des Keimansatzes (nach Ernte und nach Überwinterung) und den verschiedenen Temperatur-Licht-Regimen.

Fig. 4 Interaction plots of final germination. Graphs show the interactions between the time of the experiment (after harvest and after hibernation) and different temperature-light regimes.

Tab. 6 Interaktionen zwischen dem Zeitpunkt des Versuchsansatzes (nach Ernte und nach Überwinterung) und den verschiedenen Temperatur-Licht-Regimen in Bezug auf die prozentuale Endkeimung und den Timson-Index. Die arcsinus-wurzel-transformierten Daten wurden mit einer zweifaktoriellen ANOVA auf signifikante Unterschiede getestet (n. s. = nicht signifikant).

Table 6 Interactions between the time of the experiments (after harvest and after hibernation) and the different temperature-light regimes in relation to the percentage of final germination and the Timson's index. The arcsinus square root transformed data were calculated by a Two-Way ANOVA (n. s. = not significant).

	df	mittlere Quadratsumme	F-Wert	P-Wert
<i>Achillea nobilis</i>				
Endkeimung	2	0,236	27,321	< 0,0001
Timson-Index	2	0,145	34,677	< 0,0001
<i>Achillea pannonica</i>				
Endkeimung	2	0,081	27,055	< 0,0001
Timson-Index	2	0,084	19,460	< 0,001
<i>Centaurea jacea</i>				
Endkeimung	2	0,017	2,472	n.s.
Timson-Index	2	0,004	0,897	n.s.
<i>Centaurea scabiosa</i>				
Endkeimung	2	0,636	131,178	< 0,0001
Timson-Index	2	0,640	185,781	< 0,0001
<i>Hieracium pilosella</i>				
Endkeimung	2	0,057	6,384	< 0,05
Timson-Index	2	0,0369	4,899	< 0,05
<i>Hieracium umbellatum</i>				
Endkeimung	2	0,155	21,352	< 0,0001
Timson-Index	2	0,082	21,938	< 0,0002
<i>Tanacetum corymbosum</i>				
Endkeimung	2	0,216	36,877	< 0,0001
Timson-Index	2	0,199	34,142	< 0,0001
<i>Taraxacum laevigatum</i>				
Endkeimung	2	0,003	0,208	n.s.
Timson-Index	2	0,022	7,492	< 0,05

durch Kältestratifikation gebrochen werden kann. SCHÜTZ et al. (2002) konnten zudem Dormanz bei vier annualen Asteraceae-Arten aus dem südwestlichen Australien nachweisen. Diese Spezies zeigten Muster der Nachreifung, welches ein typisches Merkmal für Arten sei, die in mediterranen Klima wachsen und deren Keimung erst nach Durchlaufen der Wintertemperaturen erfolgt.

Der Keimstart setzte im Erntejahr mit Ausnahme von *Hieracium umbellatum* bei allen Arten unter warmen und heißen Bedingungen sehr früh ein, und zwar jeweils am zweiten oder dritten Tag. Bei allen Arten verzögerte sich der Keimstart unter kalten Bedingungen deutlich. Nach Überwinterung wurde der Keimstart unter allen drei Temperatur-Licht-Regimen jeweils um ein bis mehrere Tage vorverlegt. Über ein ähnliches Verhalten von *Centaurea maculosa* (nach feuchter Kältestratifikation) berichten EDDLEMAN & ROMO (1988).

Einige Arten keimten in einem breiten Temperaturbereich sehr gut, wohingegen andere bei Temperaturerhöhung oder auch -verringerung einen starken Abfall in der prozentualen Keimung aufwiesen. Ein schmales Temperaturfenster haben *Achillea nobilis* (nahezu vollständige Auskeimung sowohl im Erntejahr als auch nach Überwinterungen bei 20 / 10°C) sowie *Hieracium umbellatum* (beste Keimung bei 32 / 20°C). *Achillea*

Tab. 7 Vergleich der Lebensfähigkeit der Diasporen nach der Ernte (vor Beginn der Keimversuche) und nach dem ersten und zweiten Keimungsversuch unter verschiedenen Temperatur- und Licht-Regimen. Die Lebensfähigkeit nach den beiden Keimversuchen bezieht sich auf die restlichen, nicht gekeimten Diasporen in den Petrischalen.

Table 7 Comparison of diaspore viability of the eight species after harvest (before experiment) and after the first and second germination experiment under different temperature and light regimes.

	Lebensfähigkeit nach Ernte (%)	Lebensfähigkeit (%) nach 1. Keimversuch			Lebensfähigkeit (%) nach 2. Keimversuch		
		8/4 °C	20/10 °C	32/20 °C	8/4 °C	20/10 °C	32/20 °C
		<i>Achillea nobilis</i>	100	79	4	36	24
<i>Achillea panonica</i>	100	23	39	17	24	32	33
<i>Centaurea jacea</i>	98	33	17	19	50	25	18
<i>Cetaurea scabiosa</i>	97	96	11	1	40	48	39
<i>Hieracium pilosella</i>	100	33	1	9	29	3	3
<i>Hieracium umbellatum</i>	100	48	51	7	11	9	7
<i>Tanacetum corymbosum</i>	98	59	7	22	14	1	7
<i>Taraxacum laevigatum</i>	98	9	3	31	4	2	8

*panonica*, *Centaurea scabiosa* und *Tanacetum corymbosum* keimten in einem breiten Temperaturbereich zwischen warmen und heißen Bedingungen im Erntejahr gleich gut, bei Temperaturverringern auf 8 / 4 °C lag die Keimung bei weniger als 10 %. Ebenso keimte *Taraxacum laevigatum* über einen breiten Temperaturbereich, der sich jedoch vom kalten bis zum warmen Bereich erstreckte. Eine weitere Temperaturerhöhung ließ die Keimungsrate deutlich abfallen. *Centaurea jacea* und *Hieracium pilosella* keimten zwar unter warmen und heißen Bedingungen am besten, waren aber auch noch unter kalten Bedingungen recht erfolgreich, was für ein sehr breites Temperaturoptimum spricht. MORGAN (1998) stellte in einer Studie zum Keimverhalten von 28 Graslandarten der temperaten Zone fest, dass deren optimale Keimtemperatur bei 20 / 10 °C liegt. Und PARTZSCH (2011) zeigte für einige xerotherme Vertreter der Familie Caryophyllaceae, dass deren Keimoptimum bei 20 / 10 °C liegt und – in einem breiten Temperaturbereich von warmen zu heißen bzw. von kalten zu warmen (*Dianthus carthusianorum*) Bedingungen – gute Keimraten zu beobachten sind. Für drei weitere Asteraceae-Arten fand zudem PARTZSCH (2009) ähnliche Keimmuster wie für die hier vorgestellten Arten. *Carlina vulgaris* wies eine nahezu vollständige Keimung unter warmen und heißen Bedingungen auf. *Hypochaeris radicata* keimte am besten bei 20 / 10 °C und *Leontodon hispidus* bei 32 / 20 °C. Der Keimstart der drei Arten lag zwischen dem dritten und siebenten Tag und wurde nach Überwinterung ebenfalls vorverlegt. Die natürliche Kältestratifikation bewirkte außerdem eine Erhöhung der Keimungsraten.

Die Arbeit von BASKIN & BASKIN (2001) enthält keine Angaben zur Keimungsbiologie der in der vorliegenden Studie untersuchten Arten. GRIME et al. (2007) geben für die Keimung von *Centaurea scabiosa*, *Hieracium pilosella* und *Taraxacum laevigatum* Temperaturbereiche von 13 bis 34 °C, 6 bis 27 °C resp. 7 bis 34 °C an. Die Hälfte der Diasporen dieser Arten keimte innerhalb von drei Tagen aus. Dies korreliert mit den hohen Keimgeschwindigkeiten und frühen Keimstarts bei optimalen Keimtemperaturen, die auch in dieser Studie nachgewiesen werden konnten.

Während *Achillea nobilis* und *Taraxacum laevigatum* sowohl im Erntejahr als auch nach Überwinterung unter optimalen Temperaturen nahezu vollständig keimten, liefen die Diasporen von *Achillea panonica*, *Centaurea scabiosa*, *Hieracium pilosella*, *H. umbellatum* (ca. 40 %) und *Tanacetum corymbosum* im Erntejahr nur zwischen ca. der Hälfte oder zwei Drittel auf, trotz optimaler Keimbedingungen. Zumeist konnten die Keimraten durch natürliche Kältestratifikation nicht gesteigert werden. Eine Ausnahme ist *Hieracium pilosella* (Steigerung um ca. 20 %). Dieses Keimverhalten entspricht einer „asynchronen Keimung“ (vgl. GASQUE & GARCIA-FAYOS 2003), bei der selbst unter guten Umweltbedingungen nur ein Teil der Samenpopulation zu einer bestimmten Zeit auskeimt (GUTTERMANN 1992). Verbreitet ist diese

Form der Keimung vor allem in der Familie Poaceae (FENNER 1985, PARTZSCH 2010). Trotz Kältestratifikation durch Überwinterung, die häufig zum Brechen der physiologischen Dormanz führt (BASKIN & BASKIN 2001, 2004), sind die Keimerfolge der oben genannten Arten ähnlich jenen im Erntejahr. Auch die Beobachtung, dass nach den Keimungsexperimenten ein Großteil der in den Petrischalen verbliebenen Diasporen noch lebensfähig war, spricht für diese Form der Keimung.

In der Datenbank von THOMPSON et al. (1997) finden sich nur für drei der untersuchten Arten Angaben zum Diasporenbanktyp (1 = transient, 2 = short-term persistent, 3 = long-term persistent, 4 = unklarer Diasporenbanktyp). Für *Centaurea jacea* wurden 15 mal Typ 1, vier mal Typ 2 und zwei mal Typ 4, für *Centaurea scabiosa* wurden fünf mal Typ 1, zwei mal Typ 2 und einmal Typ 4 angegeben. Für *Hieracium pilosella* wurden einmal Typ 1 und einmal Typ 2 sowie eine Lebensfähigkeit von mehr als einem Jahr vermerkt.

Die untersuchten Arten lassen sich aufgrund ihres Keimverhaltens sowie der Lebensfähigkeit der Achänen folgenden Diasporenbanktypen (vgl. OTTE et al. 2006) zuordnen: (1) Typ „transient“: *Achillea nobilis*, *Taraxacum laevigatum*; (2) Typ „short-term persistent“: *Achillea pannonica*, *Centaurea jacea*, *C. scabiosa*, *Hieracium pilosella*, *H. umbellatum*, *Tanacetum corymbosum*.

Alle in dieser Studie untersuchten Xerothermrassenarten aus der Familie Asteraceae dürften hinsichtlich ihrer Keimungsbiologie für Projekte der Xerothermrassen-Renaturierung (Samenaddition) geeignet sein. Voraussetzung für ihre erfolgreiche Etablierung ist allerdings die Übereinstimmung der sonstigen Habitatsprüche mit den konkreten Bedingungen der ausgewählten Empfängerstandorte.

## 6 Zusammenfassung

PARTZSCH, M.: Zur Keimungsbiologie acht ausgewählter Xerothermrassenarten – Teil 3: Asteraceae. – Hercynia N. F. 44 (2011): 211 – 227.

In vielen Studien wird gegenwärtig versucht, eine Renaturierung von artenverarmten Xerothermrassen über Samenaddition oder Heuübertrag aus artenreichen Habitaten zu erzielen. Voraussetzung für die Erfolgsprognose ist die Kenntnis, wie gut die Diasporen keimen, ob eine Dormanz vorliegt und wie die Dormanz eventuell gebrochen werden kann. Da für viele der Xerothermrassenarten noch keine ausreichende Kenntnis zum Keimverhalten vorliegt, wurden folgende acht Vertreter aus der Familie Asteraceae untersucht: *Achillea nobilis*, *A. pannonica*, *Centaurea jacea* subsp. *angustifolia*, *C. scabiosa* subsp. *scabiosa*, *Hieracium pilosella*, *H. umbellatum*, *Tanacetum corymbosum* und *Taraxacum laevigatum*.

Unter drei verschiedenen Temperatur-Licht-Regimen (8 / 4 °C, 20 / 10 °C, 32 / 20 °C; 12 h Licht; 12 h Dunkelheit; 45 Tage) wurden die optimalen Keimansprüche der Arten im Erntejahr untersucht. Ein Teil der Diasporen wurde einer natürlichen Stratifikation durch Überwinterung ausgesetzt und im darauf folgenden Frühjahr einem weiteren Keimtest unterzogen. Vor und nach den Keimtests wurden die Diasporen auf Lebensfähigkeit geprüft.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei keiner der Arten eine vollständige Dormanz vorlag. Während *Achillea nobilis* und *Taraxacum laevigatum* sowohl im Erntejahr als auch nach Überwinterungen vollständig auf-liefen, keimten die übrigen Arten nur zu ca. der Hälfte oder zwei Dritteln, was für eine asymmetrische Keimung spricht. Bei dieser Form der Keimung ist trotz optimaler Keimbedingungen immer nur ein Teil der Diasporen einer Art bereit, zu einer bestimmten Zeit zu keimen.

*Achillea nobilis* weist eine optimale Keimung bei 20/10 °C und *Hieracium umbellatum* bei 32/20 °C auf. Bei *Achillea pannonica*, *Centaurea scabiosa*, *Hieracium pilosella* und *Tanacetum corymbosum* erstreckt sich der optimale Temperaturbereich von 20/10 °C bis 32/20 °C und bei *Taraxacum laevigatum* von 8/4 °C bis 20/10 °C. *Centaurea jacea* und *Hieracium pilosella* zeigen neben einer optimalen Keimung bei 20/10 °C und 32/20 °C sogar noch gute Keimraten bei 8/4 °C. Die natürliche Kältestratifikation hatte keinen signifikanten Effekt auf die Keimung von *Centaurea scabiosa* und *Hieracium umbellatum*, wohingegen bei den anderen Arten die Sensibilität gegenüber der Temperatur beeinflusst wurde. Generell wurde jedoch die prozentuale Keimung durch Kältestratifikation nicht gesteigert. Nach Überwinterung

verhielten sich *Centaurea jacea* und *Taraxacum laevigatum* sehr ähnlich wie im Erntejahr. Durch einen frühen Keimstart unter warmen und heißen Bedingungen waren die Keimgeschwindigkeiten bei allen Arten sehr hoch. Nach Überwinterung setzte die Keimung sogar um einige Tage früher ein.

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse werden *Achillea nobilis* und *Taraxacum laevigatum* dem transienten und *Achillea pannonica*, *Centaurea jacea*, *C. scabiosa*, *Hieracium pilosella*, *H. umbellatum* sowie *Tanacetum corymbosum* dem Diasporenbanktyp „short-term persistent“ zugeordnet.

Abschließend kann gesagt werden, dass die hier untersuchten Vertreter der Familie Asteraceae sich aufgrund ihres Keimverhaltens sehr gut zur Renaturierung von artenarmen Xerothermrassen eignen.

## 7 Danksagung

Für die Unterstützung bei der Durchführung der Keimversuche bedanke ich mich ganz herzlich bei Frau Christine Voigt. Für die Bereitstellung der Klimadaten danke ich Herrn Dr. Jürgen Döring. Für die kritische Durchsicht des Manuskriptes bedanke ich mich bei Frau Prof. Isabell Hensen und Herrn Dr. Anselm Krumbiegel.

## 8 Literatur

- BASKIN C. C., BASKIN, J. M. (2001): Seeds - Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. - Academic Press, Chapman & Hall, London.
- BASKIN C. C., BASKIN, J. M. (2004): A classification system for seed dormancy. - Seed Sci. Res. 14: 1 – 16.
- BASKIN, C. C., BASKIN, J. M., HOFFMAN, G.R. (1992): Seed dormancy in the Prairie forb *Echinacea angustifolia* var. *angustifolia* (Asteraceae): Afterripening pattern during cold stratification. - Int. J. Plant Sc. 153: 239 – 243.
- BORNKAMM, R. (2006): Fifty years vegetation development of a xerothermic calcareous grassland in Central Europe after heavy disturbance. - Flora 201: 249 – 267.
- COCHRANE, A., BROWN, K., MEESON, N., HARDING, C. (1999): The germination requirements of *Hernigenia exilis* (Laminaceae) - seed plug removal and gibberellic acid as a successful technique to break dormancy in an arid zone shrub from Western Australia. - CALMScience 3: 21 – 30.
- 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.
- DOSTÁLEK, J., FRANTIČEK, T. (2008): Dry grassland plant diversity conservation using low-intensity sheep and goat grazing management: case study in Prague (Czech Republic. - Biodivers. Conserv 17: 1439–1454.
- EDDLEMAN, L. E., ROMO, J. T. (1988): Spotted knapweed germination response to stratification, temperature, and water stress. - Can. J. Bot. 66: 653 – 657.
- ELLENBERG, H., LEUSCHNER, C. (2010): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. - Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- ENYEDI, Z. K., RUPRECHT, E., DEÁK, M. (2008): Long-term effects of the abandonment of grazing on steppe-like grasslands. - Appl. Veg. Sci. 11: 53 – 60.
- FENNER, M. (1985): Seed Ecology. - Chapman & Hall, London.
- FENNER, M., THOMPSON, K. (2005): The ecology of seeds. - Cambridge University Press, Cambridge.
- GASQUE, M., GARCIA-FAYOS, P. (2003): Seed dormancy and longevity in *Stipa tenacissima* L. (Poaceae). - Plant Ecol. 168: 279 – 290.
- GRIME, J. P., HODGSON, J. G., HUNT, R. (2007): Comparative plant ecology. A functional approach to common British species. - Castlepoint Press, Colvend.
- GUTTERMANN, Y. (1992): Maternal effects on seed germinability: phenotypic maternal effects during seed maturation. - Israel J. Bot. 29: 105 – 117.
- HANSSON, M., FOGELFORS, H. (2000): Management of a semi-natural grassland; results from a 15-year-old experiment in southern Sweden. - J. Veg. Sc. 11: 31 – 38.
- HENDRY, G. A., GRIME, J. P. (1993): Methods in Comparative Plant Ecology. - Chapman & Hall, London.
- ISTA (2003): International rules for seed testing. - Zurich, Switzerland.
- JÄGER, E. J. (ed.) (2011): Exkursionsflora von Deutschland, begründet von W. Rothmaler, Gefäßpflanzen: Grundband. - Spektrum Akad. Verlag, Heidelberg.



- KHAN, M. A., UNGAR, I. A. (1996): Influence of salinity and temperature on the germination of *Haloxylon fecurvum* 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.
- MANN, S., TISCHEW, S. (2010): Die Entwicklung von ehemaligen Ackerflächen unter extensiver Beweidung (Wulfener Bruch). - *Hercynia N. F.* 43: 119 – 147.
- MÜNZBERGOVÁ, Z. (2004): Effect of spatial scale on factors limiting species distributions in dry grassland fragments. - *J. Ecol.* 92: 854 – 867.
- 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. Veg.kunde* 38: 177 – 196.
- OTTE, A., BISSELS, S., WALDHARDT, R. (2006): Samen-, Keimungs- und Habitateigenschaften: Welcher Parameter erklärt Veränderungstendenzen in der Häufigkeit von Ackerwildkräutern in Deutschland? - *J. Plant Diseases and Protection, Sonderh. XX*: 507 – 516.
- 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.
- PARTZSCH, M. (2009): Zur Keimungsbiologie ausgewählter Xerothermrasenarten - Teil 1. - *Hercynia N. F.* 42: 239 – 254.
- PARTZSCH, M. (2010a): Zur Keimungsbiologie acht ausgewählter kurzlebiger Ruderal- und Segetalarten. - *Hercynia N. F.* 43: 149 – 166.
- PARTZSCH, M. (2010b): Zur Keimungsbiologie von zehn ausgewählten xerothermen Grasarten. - *Hercynia N. F.* 43: 299 – 317.
- PARTZSCH, M. (2011): Zur Keimungsbiologie ausgewählter Xerothermrasenarten. - Teil 2: Caryophyllaceae. - *Hercynia N. F.* 44: 127 – 144.
- PARTZSCH, M., CREMER, J., ZIMMERMANN, G., GOLTZ, H. (2006): *Acker- und Gartenunkräuter*. – Agrimedia GmbH, Bergen/Dumme.
- 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. Environ. Biol.* 27 (1): 13 – 20.
- SCHÜTZ, W., MILBERG, P., LAMONT, B. B. (2002): Seed dormancy, after-ripening and light requirements of four annual Asteraceae in south-western Australia. - *Ann. Bot.* 90: 707 – 714.
- SPSS (2010): *SPSS for Windows 19.0*. - SPSS, Chicago.
- 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.
- TURNBULL, L. A., CRAWLEY, M. J., REES, M. (2000): Are plant populations seed-limited? A review of seed sowing experiments. - *Oikos* 88: 225 – 238.
- WAGNER, M., PYWELL, R. F., KNOPP, T., BULLOCK, J. M., HEARD, M. S. (2011): The germination niches of grassland species targeted for restoration: effects of seed pre-treatments. - *Seed Sc. Res.* 21: 117 – 131.
- WAHL, S., PARTZSCH, M. (2008): Untersuchungen zur Neuansiedlung von drei seltenen Xerothermrasenarten in artenarmen Dominanzbeständen von *Festuca rupicola* Heuff. - *Hercynia N. F.* 41: 99 – 119.
- WALLIS DE VRIES, M. F., POSCHLOD, P., WILLEMS, J. H. (2002): Challenges for the conservation of calcareous grasslands in northwestern Europe: integrating the requirements of flora and fauna. - *Biol. Conserv.* 104: 265 – 273.
- ZEITER, A., STAMPFLI, A., NEWBERY, D. M. (2006): Recruitment limitation constrains local species richness and productivity in dry grassland. - *Ecol.* 87: 942 – 951.

*Manuskript angenommen: 12. August 2011*

Anschrift der Autorin:

Dr. rer. nat. Monika Partzsch

Martin-Luther-Universität, Institut für Biologie/Geobotanik und Botanischer Garten, Am Kirchtor 1, D-06108 Halle (Saale)

E-Mail: monika.partzsch@botanik.uni-halle.de

### Fortsetzung von S. 190

Allgemein als Speisepilze bekannte, z.T. auch geschätzte Arten wie Erdtrichterlinge (*Tricholoma terreum*), Butter- oder Waldfreundröblinge (*Collybia butyracea*, *C. dryophila*), Schwarzschneidige Dachpilze (*Pluteus umbrosus*), Graue Wulstlinge (*Amanita excelsa*) oder Saumpilze (*Psathyrella candolleana*) sind als „kein Speisepilz“ kategorisiert, während die nur mühselig zu sammelnden Fichtenzapfenröblinge (*Strobilurus esculentus*) oder die Winterhelmlinge (*Mycena tintinnabulum*), die kaum jemand als Nahrungsmittel vom Stamm kratzen kann, als „essbar“ bezeichnet werden. Der Große Scheidling (*Volvarella speciosa*) hingegen, der sogar als Speisepilz in Kultur genommen wurde, ist „kein Speisepilz“. Die gefährlich giftigen Mutterkörner (*Claviceps purpurea*) sind nicht als giftig, sondern ebenfalls als „kein Speisepilz“ bezeichnet. Was bei dieser Zuordnung den Ausschlag gegeben haben mag, bleibt das Geheimnis des Autors.

Andererseits zeugen die Angaben zum Speisewert ebenso wie die Bemerkungen zum Pilzschutz in den einleitenden Abschnitten vom redlichen Bemühen um Pilzaufklärung. Dietmar Keil ist auch als Pilzberater der Deutschen Gesellschaft für Mykologie und der Thüringer Arbeitsgemeinschaft für Mykologie tätig. Er verurteilt „maßloses Sammeln von Speisepilzen“ und ist der Meinung, dass dies zur „Ausdünnung der heimischen Pilzflora und schließlich auch zum Seltenerwerden einzelner Arten beitragen kann“ (S. 14). Belege für Veränderungen im Bestand der Pilzflora des Gebietes, die sich aus der lokalen Pilzliteratur durchaus stichhaltig ableiten ließen, fehlen jedoch. Lediglich wird auf einige Arten aufmerksam gemacht (S. 13), die sich nach Beobachtung des Autors seit wenigen Jahren „beinahe explosionsartig [...] vermehrt“ haben. Es bleibt dahingestellt, ob derartige Aussagen, die auf einer Beobachtungszeit von nur wenigen Jahren beruhen, einen tatsächlichen Trend widerspiegeln.

Die Angaben zu den Phytoparasiten in der Liste und in den Bildtexten entsprechen in vielen Fällen nicht den Anforderungen an die floristische Arbeit mit diesen Pilzen. Oft sind nur Gattungen der Wirtspflanzen, keine Arten genannt. Hinweise auf die Entwicklungsstadien der Rostpilze fehlen teilweise. Nicht alle Abbildungen sind korrekt beschriftet. Die Telien auf *Juniperus communis* (S. 306) gehören z. B. nicht – wie angegeben – zu *Gymnosporangium sabinae*. Viele Gruppen – z. B. die falschen Mehлтаupilze mit einer einzigen Art – sind unterrepräsentiert. Die Befallsbilder der Phytoparasiten sind z. T. wenig instruktiv. Man kann z. B. nicht nachvollziehen, ob die dunklen oder die hellen Flecken auf den Blättern von „*Tilia*“ (S. 316), oder vielleicht das danebenliegende welke Hochblatt des Fruchtstandes, durch den Befall mit *Cercospora microsora* verursacht werden. Dafür wird man belehrt, dass dieser Pilz nicht gegessen werden kann. Man hätte sich zur Methodik der Erfassung und Bestimmung dieser Pilze Erläuterungen gewünscht.

In der „kommentierten Fundliste“ (S. 325 – 401) sind lediglich allgemeine Standortangaben (z. B. „Unter alten Laubbäumen“, „Grasige Stellen in allen Waldtypen“), mitunter auch konkrete Fundorte (z. B. „Im Stadtpark Greiz“, „Im Kalkbuchenwald Waldhaus“), genannt, so dass eine Zuordnung für Kartierungsvorhaben mit kleinmaschigen Rasterpunkten wenigstens teilweise möglich ist. Die Liste umfasst auch Häufigkeitsangaben, Erscheinungszeiten und ggf. Hinweise auf gefährdete Arten. Beschreibungen der Pilze, Hinweise auf mikroskopische Merkmale oder Probleme der Zuordnung fehlen vollkommen.

Das Literaturverzeichnis (S. 403 – 404) steht nicht in Beziehung zu Literaturzitaten im Text. Es ist vermutlich lediglich eine Aufzählung dessen, was dem Autor zur Verfügung stand. Dies geht auch aus den zitierten Zeitschriftenbänden hervor.

Ein Register (S. 405 – 427) der wissenschaftlichen und der deutschen Pilznamen ermöglicht dem Benutzer den raschen Zugriff auf die Artenliste und die nummerierten Farbbilder. Die Namen von Wirts- oder Substratpflanzen sind nicht registriert.

Der Serien-Titel des Buches „Pilze Thüringens, Band 1“ lässt eine Folge von Büchern erwarten, deren Konzept und Ziel kurz auf der Rückseite des Buches erläutert werden. Es sollen „in loser Abfolge Ergebnisse mykologischer Feldforschung aus Thüringen“ präsentiert werden, wobei der „Schwerpunkt [...] auf einer reichen Bebilderung der behandelten Pilze“ liegen soll. Man kann den Thüringer Mykologen nur wünschen, dass diese Vorhaben zielstrebig realisiert werden, um letztlich zu einer Pilzflora Thüringens zu führen, da von diesem Bundesland, trotz fundierter Grundlagen aus der Vergangenheit, eine aktuelle Gesamtübersicht fehlt, wie sie z.B. aus Nachbarländern Sachsen und Sachsen-Anhalt vorliegt.

### Fortsetzung S. 252