

Ausweisung von symphenologischen Gruppen montaner Grünlandgesellschaften des Osterzgebirges mittels Clusteranalyse

Frank RICHTER und Birgit ZÖPHEL

3 Abbildungen und 10 Tabellen

ABSTRACT

RICHTER, F.; ZÖPHEL, B.: Symphenological species groups of mountain meadows in the Eastern Ore Mountains (Germany) based on cluster analysis. – Hercynia N.F. 39 (2006): 51–68.

In this study we tested a method for classifying symphenological groups according to the generative part of the life cycle of species typical for mountain grasslands. We realized a need for harmonising grassland management as mowing, grazing or hay transfer with phenological characteristics during work in a restoration project for mountain meadows.

The study is based on weekly recorded phenological data for 54 grassland species at 17 mountain meadow sites in the Eastern Ore Mountains at an altitude of 475–875 m above sea level in the course of the vegetation period 2004. We used a semiquantitative key of the phenological stages of species.

Using different criteria for defining groups following hierarchical cluster analysis we classified symphenological groups of flowering, ripening and dispersal behaviour. The analysis included data for specific phenological stages related by the beginning of full flowering of a very common and representative species as well as durations of selected stages.

The resulting groups, especially flowering groups, show high accordance with the established symphenological groups from DIERSCHKE (1995). Some species however were found to be classified differing from the suggestions of DIERSCHKE (1995). In several cases the species composition of the ripening and dispersal groups follows another classification than that of the flowering groups. This underlines the expedience of separate groups for fruit stages according to their relevance for nature conservation.

Generalized types of fruit phenology were determined by considering classes of durations of ripening and dispersal stages. Their response to grassland management is discussed.

It is obvious that for use in practical grassland management time ranges of groups are still too large. One reason is that concerning to cluster analysis method time strictness of groups is equal independent of their real duration. On the other hand wide ranges are the result of different response of phenological characteristics to site factors specific to the species. Also the differing behaviour of individuals and populations in some species complicates a more constricted classification. Due to this the use of phenological indicator species is limited. Thus further studies and improved analysis methods are required to develop well founded and practicable phenologically based concepts in grassland management.

Key words: grassland communities, symphenology, nature management, cluster analysis, mountain meadows

1 EINLEITUNG

Phänologische Untersuchungen erfassen die Abfolge pflanzlicher Lebensphasen im Jahresrhythmus. Eine sehr lange Tradition hat die Kartierung von Blühterminen charakteristischer Arten zur Abgrenzung einheitlicher Regionen in Bezug auf landwirtschaftliche Eckdaten und zur Erfassung mittelfristiger Klimaschwankungen (z.B. DRUDE 1891). Eine Renaissance der Phänologie in neuerer Zeit hat zum einen durch die Klimaforschung im Fokus globaler Erwärmung aber auch durch neue Fragestellungen in der Vegetationskunde stattgefunden (z.B. DEFILA 2001; DUNNE et al. 2003; DOSE et MENZEL 2004; LIETH 1974; SCHWARTZ 2003; SUNDERMEIER 1997). SUNDERMEIER (1997) empfiehlt phänologische Erhebungen im

Rahmen vegetationsökologischer Monitoringvorhaben und zur Synchronisierung vegetationskundlicher Erfassungen.

Grundlegende Definitionen der Phänologie von Pflanzengesellschaften und Vorschläge zur Erfassungsmethodik wurden 1989 und 1994 von DIERSCHKE erarbeitet. Breite Anwendung finden die phänologischen Phasen und symphänologischen Artengruppen, wobei DIERSCHKE (z.B. 1995) deutlich auf deren regionale Variabilität verweist.

Im Rahmen eines Erprobungs- und Entwicklungsvorhabens zur Regeneration montaner Grünländer im Osterzgebirge ergab sich die Problemstellung, für Naturschutzmaßnahmen wie einschürige Pflegemahd, Mahd zur Mähgutübertragung, Sondermahd zur Erhaltung gefährdeter Arten und Populationen oder Nachbeweidung optimale, an die Ziele der Wiesenpflege und -umgestaltung angepasste, Termine zu finden (ZÖPHEL 2004). Dafür müssen Mahdtermine nach der Naturschutzrichtlinie bzw. nach Vorgaben von Agrarumweltprogrammen in Übereinklang mit spezifischen Zielen der Grünlandpflege gebracht werden.

Um die Möglichkeiten eines phänologiebasierten Pflegekonzeptes abzuschätzen, wurde zunächst eine einjährige phänologische Kartierung von 54 Bergwiesenarten auf 17 Flächen im Osterzgebirge über Höhenlagen von 475–875 m üNN durchgeführt. Neben dem Blühaspekt stand vor allem das Frucht- und Reifeverhalten der Arten im Mittelpunkt.

Ziel dieser Untersuchungen war zu testen, in wie weit die symphänologischen Artengruppen nach DIERSCHKE (1995) bzw. DIERSCHKE et BRIEMLE (2002) im Osterzgebirge zutreffen und wie hoch deren Variabilität unter verschiedenen Standortsbedingungen (zum Beispiel Exposition oder Hangneigung) sowie der konkreten Pflanzengesellschaften in einem Naturraum ist. Darüber hinaus interessierte uns besonders, wie eng sich die Gruppen zeitlich eingrenzen lassen.

Die besondere Bedeutung von Reife- und Ausstreuverhalten für den Erfolg von Naturschutzmaßnahmen warf die Frage auf, inwieweit die leicht erfassbaren blühphänologischen Artengruppen mit denen nach Fruchtreife oder Ausstreue übereinstimmen. Des weiteren war von Interesse, ob sich bestimmte Typen von phänologischen Verhaltensmustern erkennen lassen, welche die Bildung der symphänologischen Gruppen beeinflussen.

Wir verstehen diese Arbeit als einen Beitrag zur Methodenfindung, da sich die durch jahres- und vorjahresklimatische Bedingungen beeinflussten und stark fluktuierenden phänologischen Charakteristika hinreichend erst nach mehrjährigen Erhebungen beurteilen lassen (HAPPEL et NOWAK 2000, SUNDERMEIER 1997). Die Erfassungs- und Auswertungsmethodik wird vorgestellt und erste mögliche Ergebnisse werden diskutiert.

2 UNTERSUCHUNGSGEBIET UND FLÄCHENAUSWAHL

Die phänologischen Beobachtungen wurden im Naturraum Osterzgebirge (MANNSFELD et RICHTER 1995) durchgeführt. Das Erzgebirge stellt ein tertiäres Bruchschollengebirge mit charakteristischen Kerbtälern, ebenen Hochflächen und exponierten Kammlagen dar. Das Klima wird wie folgt klassifiziert (Tab.1):

Tab.1: Klimatische Normalwerte des Osterzgebirges aus MANNSFELD et RICHTER (1995)

	Höhe in m NN	Lufttemperatur in ° C				Niederschläge in mm		
		Mittelwert			Tage > 5 °C	mittl. Jahres-NS	Winter	Sommer
		Jahr	Januar	Juli				
Täler	300 – 600	7,5 – 8,0	-1,5	16,5	215	750 – 960	300 – 380	260 – 290
Hochflächen	400 – 750	5,0 – 7,5	-2,5	15,5	190 – 210	860 – 960	350 – 460	290 – 340
Kamm	über 700	4,5 – 5,5	-3,0	14,0	185	870 – 990	350 – 460	290 – 340

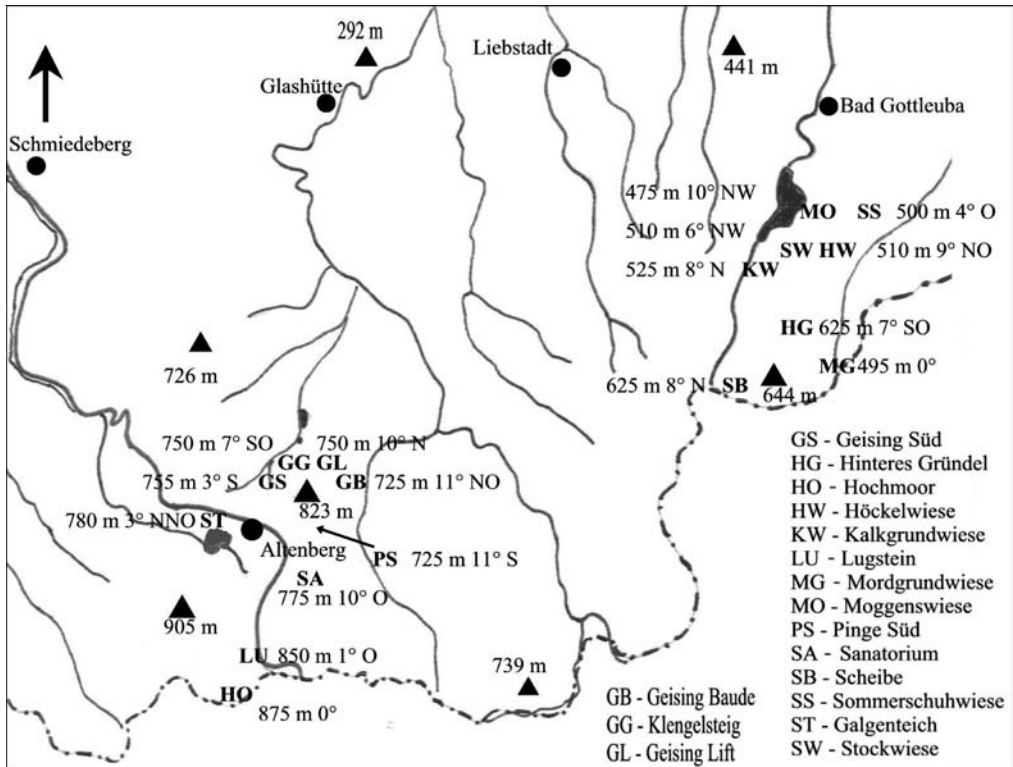


Abb. 1 Lage der untersuchten Wiesen.

Innerhalb des Osterzgebirges wurden 17 Wiesenflächen an möglichst verschiedenen Standorten phänologisch kartiert (Abb.1).

Bei den Beobachtungsflächen handelte es sich um artenreiche Bergwiesen. Charakteristisch für diese naturschutzfachlich wertvollen Wiesen ist das oft kleinräumige Mosaik verschiedener Grünlandgesellschaften. Deshalb wurden pro Wiese mehrere Beobachtungsflächen eingerichtet. Die erfassten Vegetationseinheiten sind den in Tab. 2 aufgeführten Grünlandgesellschaften des Osterzgebirges zuzuordnen.

Entsprechend der Nutzung und des Standortes der jeweiligen Pflanzengesellschaft ergeben sich unterschiedliche Ausprägungen. Die zum Teil starken Unterschiede abiotischer Standortsfaktoren einzelner Gesellschaften spiegeln sich auch im Ökogramm der Vegetationsaufnahmen zu jeder Beobachtungsfläche wider (Abb. 2). Die Vegetationsaufnahmen wurden hierfür im Spannungsfeld von mittlerer gewichteter Feuchte- und Nährstoffzahl nach ELLENBERG et al. (2001) dargestellt.

3 METHODEN

Auf den 17 verschiedenen Wiesen wurden innerhalb der Beobachtungsflächen 54 Arten phänologisch kartiert (Tab. 3).

Vom Institut für Landeskultur und Naturschutz der TU Dresden, Projektgruppe Populationsbiologie, wurden freundlicherweise Daten von 7 Flächen für die Arten *Arnica montana*, *Crepis mollis*, *Dactylorhiza majalis*, *Dianthus seguieri*, *Laserpitium prutenicum*, *Phyteuma orbiculare* und *Primula veris* zur Verfügung gestellt.

Tab. 2 Phänologisch erfasste Grünlandgesellschaften im Osterzgebirge

Grünlandgesellschaft des Osterzgebirges nach BÖHNERT et al. (2001)
Geranio sylvatici-Trisetetum R. Knapp ex Oberdorfer 1957
<i>Festuca rubra</i> - <i>Agrostis capillaris</i> -Arrhenatheretalia-Gesellschaft
<i>Carex panicea</i> -Calthion-Gesellschaft
<i>Crepis paludosa</i> - <i>Juncus acutiflorus</i> -Gesellschaft
Polygalo-Nardetum (Preisling 1953) Oberd. 1957 em. 1978
Juncetum squarrosi Nordhagen 1922
<i>Galium saxatile</i> - <i>Nardus stricta</i> -Violion-Gesellschaft

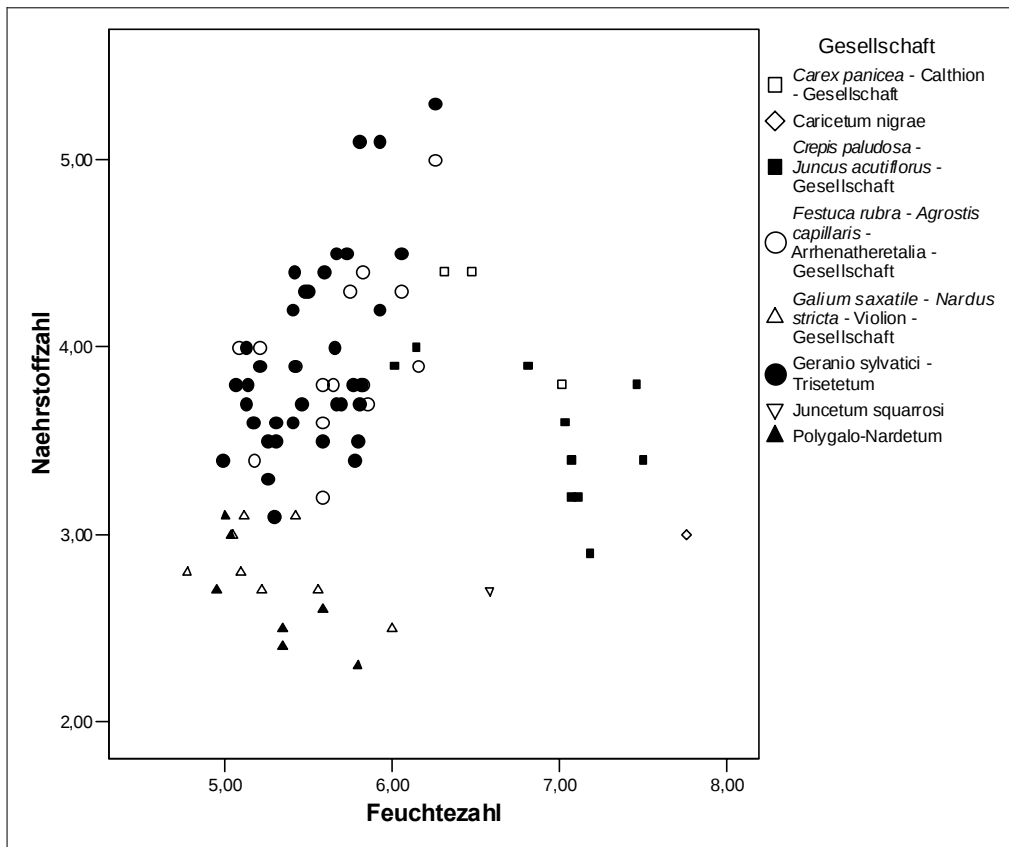


Abb. 2 Ökogramm der Beobachtungsflächen

Für die Kartierung wurde der in Tab. 4 dargestellte halbquantitative Schlüssel benutzt.

Die Blüte sowie der Zustand der Fruchtreife und der Austreu werden dabei getrennt erfasst. Die Kombination des Buchstaben für das phänologische Merkmal mit der dem Stadium entsprechenden Ziffer ergibt einen 6-stelligen Code. Kartiert wurde das Stadium, das mindestens 50 % der Individuen eines Standortes aufwies. Betrachtet wurden nur Populationen mit mindestens 15 Individuen. Die Kartierungen erfolgen im wöchentlichen Rhythmus. Als Zeitskala dient die Kalenderwoche.

Tab. 3: Phänologisch kartierte Arten mit Abkürzungen

AgC	<i>Agrostis capillaris</i> L.	LaL	<i>Lathyrus linifolius</i> (REICHARD) BÄSSLER
AnO	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	LeH	<i>Leontodon hispidus</i> L.
ArM	<i>Arnica montana</i> L.	LeI	<i>Leucanthemum ircutianum</i> DC.
AsM	<i>Astrantia major</i> L.	LoC	<i>Lotus corniculatus</i> L.
BeO	<i>Betonica officinalis</i> L.	LuL	<i>Luzula luzuloides</i> (LAM.) DANDY et WILMOT subsp. <i>luzuloides</i>
BiO	<i>Bistorta officinalis</i> DELARBE	LyF	<i>Lychnis flos-cuculi</i> L.
BrM	<i>Briza media</i> L.	MeA	<i>Meum athamanticum</i> JACQ.
CaR	<i>Campanula rotundifolia</i> L.	NaS	<i>Nardus stricta</i> L.
CaP	<i>Cardamine pratensis</i> L.	PeS	<i>Pedicularis sylvatica</i> L.
CaH	<i>Cardaminopsis halleri</i> (L.) HAYEK	PhO	<i>Phyteuma orbiculare</i> L.
CaP	<i>Carex pallescens</i> L.	PhS	<i>Phyteuma spicatum</i> L.
CeP	<i>Centaurea pseudophrygia</i> C. A. MEY	PoV	<i>Polygala vulgaris</i> L. subsp. <i>vulgaris</i>
CiH	<i>Cirsium heterophyllum</i> (L.) HILL	PoE	<i>Potentilla erecta</i> (L.) RAEUSCH
CrM	<i>Crepis mollis</i> (JACQ.) ASCH.	PrE	<i>Primula elatior</i> (L.) HILL
DaM	<i>Dactylorhiza majalis</i> (RCHB.) P.F. HUNT et SUMMERH.	PrV	<i>Primula veris</i> L.
DaD	<i>Danthonia decumbens</i> (L.) DC.	RaP	<i>Ranunculus polyanthemophyllus</i> W. KOCH et H. HESS
DiS	<i>Dianthus seguieri</i> VILL.	RhM	<i>Rhinanthus minor</i> L.
FeR	<i>Festuca rubra</i> L.	SaO	<i>Sanguisorba officinalis</i> L.
GaS	<i>Galium saxatile</i> L.	ScH	<i>Scorzonera humilis</i> L.
GaB	<i>Galium boreale</i> L.	SeT	<i>Serratula tinctoria</i> L.
GaP	<i>Galium pumilum</i> MURRAY	SoV	<i>Solidago virgaurea</i> L. subsp. <i>virgaurea</i>
HeN	<i>Helianthemum nummularium</i> subsp. <i>obscurum</i> (CELAK.) HOLUB	StG	<i>Stellaria graminea</i> L.
HeP	<i>Helictotrichon pubescens</i> (HUDS.) PILG	ThC	<i>Thlaspi caerulescens</i> J. PREST et C. PREST subsp. <i>caerulescens</i>
HyM	<i>Hypericum maculatum</i> CRANTZ subsp. <i>maculatum</i>	TrM	<i>Trifolium medium</i> L.
IrS	<i>Iris sibirica</i> L.	TrS	<i>Trifolium spadiceum</i> L.
JuS	<i>Juncus squarrosus</i> L.	TrE	<i>Trollius europaeus</i> L.
LaP	<i>Laserpitium prutenicum</i> L.	VaD	<i>Valeriana dioica</i> L.

Tab. 4 Halbquantitativer phänologischer Kartierschlüssel

	B – Blühstadien	F – Fruchtreifestadien	A – Ausbreitungsstadien
1	Blütenknospen erkennbar	erste Früchte erkennbar (noch unreif)	erste Diasporen ausgestreut
2	Blütenknospen stark angeschwollen	erste reife Früchte erkennbar	bis 25 % der Diasporen ausgestreut
3	beginnende Blüte	bis 25 % aller Früchte reif	bis 50 % der Diasporen ausgestreut
4	bis 25 % aller Knospen erblüht	bis 50 % aller Früchte reif	50 – 100 % der Diasporen ausgestreut
5	bis 50 % aller Knospen erblüht	Vollreife (über 50 %)	nur noch einzelnen Diasporen an der Pflanze
6	Vollblüte (50 – 100 % aller Knospen erblüht)		alle Diasporen komplett ausgestreut
7	abblühend (nur noch einzelne Nachblüten)		
8	völlig verblüht		

Für die Ermittlung der symphänologischen Gruppen wurden folgende Parameter verwendet:

- Beginn der Blüte (B3),
- Beginn der Vollblüte (B6),
- erste reife Früchte (F2),

- Beginn der Vollreife (F5)
- Beginn der Ausbreitung (A2),
- fast beendete Ausbreitung der Diasporen (A5).
- Blühdauer, als Zeitspanne zwischen Blühbeginn und Vollblüte (DB3-B6)
- Blühdauer, als Dauer der Vollblüte (DB6),
- Fruchtreife, als Zeitspanne zwischen Beginn der Blüte und erster reifer Frucht (DB3-F2)
- Fruchtreife, als Zeitspanne zwischen dem Erscheinen der ersten reifen Frucht und der Vollreife (DF2-F5)
- die Zeitspanne zwischen dem Erscheinen der ersten reifen Frucht und dem Beginn der Ausbreitung der Diasporen (DF2-A2)
- die Dauer der Ausbreitung der Diasporen, als Zeitspanne zwischen dem Beginn der Ausbreitung und der fast beendeten Ausbreitung (DA2-A5)

Zeitliche Abstände und die Dauer von Stadien wurden unter anderem deshalb einbezogen, da diese Parameter weniger stark durch exogene Faktoren beeinflusst werden und so günstige artspezifische Parameter darstellen sollen (Nowak et Schulz 2002). Die Termine Beginn der Vollblüte und Vollreife wurden den statistisch günstigeren Terminen Mitte der Vollblüte und Vollreife vorgezogen, da diese Termine künftig auch von Praxispartnern leichter erkannt werden können.

Bei phänologischen Stadien die zwischen zwei Aufnahmeterminen lagen musste auf Halbwochenwerte interpoliert werden. Diesem Umstand ist es geschuldet, dass die Daten als verhältnisskalierte Werte verwendet werden mussten.

Da Artengruppen nicht termin-, sondern abfolgegebunden ausgewiesen werden sollten, wurden die Daten relativiert. Dafür wurden alle Terminangaben einer Wiese als Abstand zur Hauptblüte (B6) der repräsentativen, im Untersuchungsgebiet weit verbreiteten Art *Lychnis flos-cuculi* an diesem Standort angegeben.

Die in die Clusteranalysen zur Ausweisung von Artengruppen unterschiedlicher generativer Phasen eingegangenen Parameter sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Zur Abgrenzung der symphänologischen Artengruppen wurden hierarchische Clusteranalysen nach der Ward-Methode unter Verwendung des quadratischen euklidischen Abstandes der Werte mit dem Statistikprogramm SPSS 12.0 durchgeführt.

Für die Ableitung von Artengruppen aus den Ergebnissen der Clusteranalyse wurden verschiedene Verfahren erprobt. Zum einen wurde über alle Arten und Flächen gleichzeitig geclustert. Aus dem Dendrogramm, das die Clusteranalyse lieferte, wurde die geeignete Anzahl an Artengruppen ermittelt, indem bestimmt wurde, für welche maximale Anzahl an Clustern die meisten Populationen einer Art nur einem Cluster zugeordnet wurden. Die Zusammenfassung der Arten zu Gruppen geschah nach der Zuordnungsübersicht, in dem Arten, deren Populationen ausschließlich oder zumindest fast vollständig dem selbem Cluster zugeordnet waren, in eine Artengruppe gestellt wurden.

Da die Gruppengröße und vor allem die Streubreite der einzelnen Parameter in den Artengruppen, die aus diesem Verfahren resultieren, sich als unzureichend für eine Umsetzung in die Naturschutzpraxis erwiesen, wurde anhand eines Datensatzes aus einem Teilgebiet und nur mit hochsteten Arten getestet, inwieweit sich gut abgegrenzte Artengruppen häufiger Wiesenarten ermitteln lassen, denen in einem zweiten Schritt seltenere Arten zugeordnet werden können. Hierfür wurden nur fruchtphänologische Parameter herangezogen. Für jeden Standort wurde einzeln geclustert und als Gruppenbildungskriterium das konstant gemeinsame Auftreten von Arten in Clustern unabhängig von der Clusterbindung benutzt.

Tab. 5 Datenbasis für die Ausweisung symphänologischer Gruppen

symphänologische Gruppen	verwendete Parameter
symphänologische Blühgruppen (BAG)	B3; B6; DB3-B6
symphänologische Fruchtreifegruppen (FAG):	F2; F5; A2; DF2-F5; DF2-A2
symphänologische Ausstreugruppen (AAG)	A2; A5; DA2-A5

Um das generelle phänologische Verhalten der Arten zu charakterisieren, wurden phänologische Zeitspannen verwendet. Ausgewählt wurden hierfür die Blühdauer vom Beginn der Blüte bis zum Ende der Hauptblüte (DB3-B6 + DB6), die Dauer der Fruchtreife vom Beginn der Blüte bis zur Hälfte der Vollreife (DB3-F2 + $\frac{1}{2}$ *DF2-F5) und die Dauer der Ausstreu vom Beginn bis zur fast vollendeten Ausstreu (DA2-A6). Jede Zeitspanne wurde in zwei Klassen geteilt (Tab. 6)

Tab. 6 Klasseneinteilung phänologischer Zeitspannen zur Ermittlung allgemeiner Muster

Dauer	1. Klasse		2. Klasse
Blühdauer	kurz	< 3 Wochen <	lang
Dauer der Fruchtreife	kurz	< 5 Wochen <	lang

So entstanden 8 theoretische Verhaltensmuster, denen die beobachteten Arten zugeordnet wurden.

4 ERGEBNISSE

4.1 Ausweisung von Artengruppen über alle Flächen und Arten

Es konnten 6 blüh-, 6 fruchtreife- und 6 ausstreu-phänologische Artengruppen abgegrenzt werden.

Nicht alle untersuchten Arten lassen sich eindeutig einer Gruppe zuordnen. Zusammensetzung und nachträgliche chronologische Einordnung der Gruppen ist Tabelle 7 zu entnehmen. Zum Vergleich sind dort auch die Zuordnungen zu den symphänologischen Artengruppen nach DIERSCHKE (1995) aufgeführt.

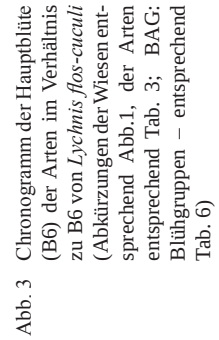
Die Tabelle der Blühgruppen muss um eine weitere Gruppe ergänzt werden, die konstant nur *Potentilla erecta* enthält. Diese Art ließ sich aufgrund der langen Blüh- und Fruchtzeit nicht sinnvoll in die chronologische Abfolge der Gruppen einordnen. Einzelne Arten, die durch die Clusteranalyse zwei Gruppen zu etwa gleichen Teilen zugeordnet wurden, stehen in der Tabelle zwischen diesen. Arten in Klammern wurden durch die Clusteranalyse nicht ausschließlich in eine Gruppe gestellt. Die Nummern entsprechen den Clusternummern der Analyse. Während die Darstellung der Artengruppen chronologisch ist, entspricht die angegebene Reihenfolge innerhalb einer Gruppe keiner zeitlichen Abfolge.

In Abb. 3 sind die Abfolgen der Arten nach der Hauptblüte (B6) für jede einzelne Wiese entlang einer relativen Zeitachse dargestellt, um einen Eindruck von der Variationsbreite einzelner Merkmale über die Standorte zu vermitteln. Die Klassen entsprechen den Hauptclustern der Blühgruppen.

4.2 Ausweisung von Artengruppen aus einem Teildatensatz des Gebietes Oelsen

Für das Teilgebiet Oelsen wurden aus einem Set hochsteter Arten Gruppen entsprechend zeitlicher Unterschiede von Fruchtreife und Diasporenausstreu abgegrenzt (Tab. 8). Sie ergeben sich aus dem Übereinstimmungsgrad von Clusteranalysen für die Einzelflächen. Seltene Arten wurden entsprechend der Übereinstimmung wichtiger phänologischer Termine mit den Mittelwerten der Gruppen nachträglich zugeordnet.

Vor allem für die erste Fruchtreifegruppe besteht weitgehende Übereinstimmung mit den Ergebnissen des im ersten Teil beschriebenen Verfahrens. Arten der Gruppen 2 und 3 des Teilgebietes finden sich bei der Clusterung für das Gesamtgebiet überwiegend nur in einer Gruppe wieder. Hier ist für das Teilgebiet eine größere Trennschärfe erkennbar. *Centaurea pseudophrygia* wurde für das Teilgebiet einer wesentlich früheren Fruchtreifegruppe als für das Gesamtgebiet zugewiesen. Von den spätflechtenden Arten wurden für das Teilgebiet *Betonica officinalis* und *Sanguisorba officinalis* einer späteren Gruppe zugeordnet als für das Gesamtgebiet.



BAG	FAG	AAG	SAG DIERSCHKE (1995)
Primula elatior Primula veris Thlaspi caerulescens Anthoxanthum odoratum Cardamine pratensis Cardaminopsis halleri Carex pallescens Dactylorhiza majalis Lathyrus linifolius 3 Meum athamanticum Nardus stricta Pedicularis sylvatica Scorzonera humilis Trollius europaeus Valeriana dioica Viola canina Polygala vulgaris (Arnica montana) Bistorta officinalis (Cirsium heterophyllum) Crepis mollis Galium saxatile (Galium boreale) (Galium pumilum) Helictotrichon pubescens Iris sibirica (Juncus squarrosus) Leontodon hispidus Lotus corniculatus Luzula luzuloides Lychnis flos-cuculi Phyteuma orbiculare Phyteuma spicatum Ranunculus polyanthemophyllos Rhinanthus minor Campanula rotundifolia 4 Leucanthemum irticum Helianthemum nummularium Stellaria graminea (Sanguisorba officinalis) Agrostis capillaris (Arnica montana) Astrantia major Briza media (Cirsium heterophyllum) (Dianthus seguieri) Festuca rubra (Galium boreale) (Galium pumilum) (Sanguisorba officinalis) Trifolium medium Betonica officinalis Centaurea pseudophrygia Danthonia decumbens Hypericum maculatum Laserpitium prutenicum Serratula tinctoria Solidago virgaurea (Sanguisorba officinalis)	5 Helictotrichon pubescens 3 Anthoxanthum odoratum (Arnica montana) Bistorta officinalis Cardamine pratensis Crepis mollis Leontodon hispidus Lychnis flos-cuculi Pedicularis sylvatica Phyteuma orbiculare (Phyteuma spicatum) Primula elatior Rhinanthus minor Scorzonera humilis Thlaspi caerulescens Trifolium spadicum Trollius europaeus Valeriana dioica Cardaminopsis halleri Briza media 1 Agrostis capillaris (Arnica montana) Carex pallescens Cirsium heterophyllum Dactylorhiza majalis (Danthonia decumbens) Festuca rubra Helianthemum nummularium Lathyrus linifolius (Leucanthemum irticum) Luzula luzuloides Meum athamanticum Nardus stricta (Phyteuma spicatum) (Polygala vulgaris) Trisetum flavescens Viola canina 6 Galium boreale Primula veris (Ranunculus polyanthemophyllos) 2 (Arnica montana) Astrantia major Betonica officinalis Campanula rotundifolia Centaurea pseudophrygia (Danthonia decumbens) Dianthus seguieri (Juncus squarrosus) (Leucanthemum irticum) Lotus corniculatus Potentilla erecta Sanguisorba officinalis Stellaria graminea Galium pumilum Galium saxatile Laserpitium prutenicum Serratula tinctoria 4 Galium boreale Hypericum maculatum Iris sibirica Solidago virgaurea	Anthoxanthum odoratum (Arnica montana) Bistorta officinalis Briza media Cardamine pratensis Cardaminopsis halleri Crepis mollis Lathyrus linifolius Leontodon hispidus Pedicularis sylvatica Phyteuma orbiculare Phyteuma spicatum Scorzonera humilis Thlaspi caerulescens Trollius europaeus Valeriana dioica Lychnis flos-cuculi Primula elatior Rhinanthus minor (Centaurea pseudophrygia) (Luzula luzuloides) Primula veris Trifolium spadicum (Stellaria graminea) Cirsium heterophyllum Dactylorhiza majalis (Arnica montana) (Campanula rotundifolia) (Dactylorhiza majalis) Helictotrichon pubescens (Leucanthemum irticum) (Polygala vulgaris) (Trisetum flavescens) (Viola canina) (Helianthemum nummularium) Carex pallescens (Danthonia decumbens) (Festuca rubra) Meum athamanticum (Potentilla erecta) Ranunculus polyanthemophyllos (Sanguisorba officinalis) (Stellaria graminea) Agrostis capillaris Dianthus seguieri Juncus squarrosus Astrantia major Betonica officinalis (Centaurea pseudophrygia) (Galium pumilum) (Lotus corniculatus) Potentilla erecta (Stellaria graminea) (Dactylorhiza majalis) (Galium saxatile) Hypericum maculatum (Laserpitium prutenicum) (Sanguisorba officinalis) (Solidago officinalis) Galium boreale Iris sibirica Nardus stricta Serratula tinctoria Trifolium medium	2 Primula elatior Primula veris 3 Cardamine pratensis Thlaspi caerulescens Viola canina (?) 4 Anthoxanthum odoratum Cardaminopsis halleri 5 Carex pallescens Dactylorhiza majalis Lathyrus linifolius Meum athamanticum Nardus stricta Pedicularis sylvatica Polygala vulgaris Potentilla erecta Trifolium spadicum Trollius europaeus Valeriana dioica 6 Arnica montana Astrantia major Bistorta officinalis Campanula rotundifolia Crepis mollis Dianthus seguieri Festuca rubra Galium pumilum Helianthemum nummularium Helictotrichon pubescens Iris sibirica Juncus squarrosus Leontodon hispidus Leucanthemum irticum Lotus corniculatus Luzula luzuloides Lychnis flos-cuculi Phyteuma orbiculare Phyteuma spicatum Ranunculus polyanthemophyllos Rhinanthus minor Scorzonera humilis Stellaria graminea 7 Briza media Cirsium heterophyllum Galium boreale Galium saxatile Laserpitium prutenicum Trifolium medium 8 Agrostis capillaris Betonica officinalis Centaurea pseudophrygia Danthonia decumbens Hypericum maculatum Sanguisorba officinalis Serratula tinctoria 9 Solidago virgaurea

Tab. 8 Phänologische Gruppen entsprechend Frucht reife und Ausstreuverhalten für das Teilgebiet Oelsen auf der Basis hochsteter Arten und Clusteranalysen für jede Einzelfläche

Gruppe	Hochstete Arten (Clusteranalyse)	Seltene Arten (nachträgliche Zuordnung)	Minimum und Maximum wichtiger phänologischer Termine der Gruppe über die sieben untersuchten Wiesen in Kalenderwochen (Standardabweichung)			
			F2	F5	A2	A6
		<i>Scorzonera humilis</i>				
1	<i>Anthoxanthum odoratum</i> <i>Bistorta officinalis</i> (Hauptblüte) <i>Briza media</i> <i>Cardamine pratensis</i> <i>Crepis mollis</i> <i>Lychnis flos-cuculi</i> <i>Phyteuma orbiculare</i> <i>Trollius europaeus</i> <i>Valeriana dioica</i> <i>Primula elatior</i>	<i>Leontodon hispidus</i> <i>Helictotrichon pubescens</i> <i>Rhinanthus minor</i>	27 (0,7) – 28 (1,0)	28 (0,8) – 29 (0,9)	27 (0,7) – 28 (1,0)	29 (1,2) – 30 (1,3)
2	<i>Cirsium heterophyllum</i> <i>Leucanthemum ircutianum</i> <i>Polygala vulgaris</i>	<i>Arnica montana</i>	29 (1,4) – 30 (0,7)	30 (0,5) – 31 (0,4)	30 (0,6) – 31 (0,4)	32 (0,8) – 34 (0,3)
3	<i>Agrostis capillaris</i> <i>Centaurea pseudophrygia</i> <i>Carex pallescens</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Meum athamanticum</i> <i>Potentilla erecta</i>	<i>Primula veris</i>	29 (1,5) – 29 (2,2)	31 (2,3) – 32 (2,3)	31 (1,4) – 32 (1,3)	38 (1,8) – 40 (2,4)
4	<i>Astrantia major</i> <i>Dianthus seguieri</i> <i>Stellaria graminea</i>	<i>Lotus corniculatus</i>	31 (0,7) – 32 (0,7)	33 (0,9) – 35 (1,7)	32 (0,8) – 33 (1,5)	36 (1,5) – 39 (1,2)
5	<i>Hypericum maculatum</i> <i>Sanguisorba officinalis</i> <i>Trifolium medium</i>	<i>Iris sibirica</i> <i>Betonica officinalis</i> <i>Galium boreale</i>	34 (0,5) – 36 (1,6)	36 (1,7) – 37 (2,5)	36 (2,1) – 38 (0,0)	40 (1,1) – 42 (0,7)

4.3 Generelle phänologische Verhaltensmuster

Ausgehend von der Dauer der phänologischen Stadien wurden die Arten verschiedenen phänologischen Grundmustern zugeordnet (Tab. 9). Für Arten mit hoher phänologischer Variabilität von Teilpopulationen oder Individuen (z.B. *Anthoxanthum odoratum*) muss zwischen dem Verhalten des Individuums und der Population unterschieden werden. Durch kontinuierliche generative Abfolgen einzelner Populationsglieder wird hier ein Dehnungseffekt der generativen Phase erreicht, den auch kontinuierlich aber weitgehend synchron abblühende Individuen beispielsweise der Arten *Centaurea pseudophrygia* oder *Potentilla erecta* erreichen. Dies kann auch als eigene phänologische Strategie interpretiert werden.

5 DISKUSSION

5.1 Methoden

Die getrennte Erfassung von Blüte-, Frucht reife- und Ausstrestadien hat wesentliche Vorteile gegenüber der synthetischen Erfassung nach DIERSCHKE (1994). Eine Vielzahl von kontinuierlich blühenden und fruchtenden Arten (beispielsweise *Helianthemum nummularium*, *Cirsium heterophyllum*, *Potentilla erecta*) können gleichzeitig blühen, fruchten und erste reife Diasporen ausstreuen. Die getrennte Erfassung

Tab. 9 Zuordnung der Bergwiesenarten zu phänologischen Verhaltensmustern
 Erläuterungen: 1 – parasitiert; 2 – nicht parasitiert; ? - unsichere Einordnung

Blüte	Fruchtreife	Ausstreue	Typ	Arten (<u>individuelles Verhalten</u>)	Arten (<u>Verhalten der Population</u>)
kurz	kurz	kurz	I	<i>Arnica montana</i> ; <i>Bistorta officinalis</i> ; <i>Briza media</i> ; <i>Cirsium heterophyllum</i> ¹ ; <i>Crepis mollis</i> ; <i>Helictotrichon pubescens</i> ; <i>Phyteuma orbiculare</i> ; <i>Scorzonera humilis</i>	
		lang	II	<i>Agrostis capillaris</i> ; <i>Cirsium heterophyllum</i> ² ; <i>Danthonia decumbens</i> ; <i>Festuca rubra</i> ; <i>Luzula luzuloides</i> ; <i>Lychnis flos-cuculi</i> ; <i>Rhinanthus minor</i> ; <i>Trisetum flavescens</i>	
	lang	kurz	III	<i>Anthoxanthum odoratum</i> ; <i>Campanula rotundifolia</i> ; <i>Cardamine pratensis</i> ; <i>Cardaminopsis halleri</i> ; <i>Leontodon hispidus</i> ; <i>Valeriana dioica</i>	
		lang	IV	<i>Carex pallescens</i> ; <i>Hypericum maculatum</i> ?; <i>Iris sibirica</i> ; <i>Juncus squarrosus</i> ; <i>Laserpitium prutenicum</i> ?; <i>Primula elatior</i> ; <i>Primula veris</i> ; <i>Serratula tinctoria</i> ; <i>Trifolium spadicum</i> ; <i>Trollius europaeus</i> ; <i>Viola canina</i>	
lang	kurz	kurz	V		
		lang	VI		
	lang	kurz	VII	<i>Astrantia major</i> ; <i>Lotus corniculatus</i> ; <i>Phyteuma spicatum</i> ?; <i>Thlaspi caerulescens</i>	
		lang	VIII	<i>Betonica officinalis</i> ; <i>Centaurea pseudophrygia</i> ; <i>Dactylorhiza majalis</i> ; <i>Dianthus seguieri</i> ; <i>Galium boreale</i> ; <i>Galium pumilum</i> ; <i>Galium saxatile</i> ; <i>Helianthemum nummularium</i> ; <i>Lathyrus linifolius</i> ; <i>Trifolium medium</i> ; <i>Meum athamanticum</i> ; <i>Nardus stricta</i> ?; <i>Pedicularis sylvatica</i> ; <i>Polygala vulgaris</i> ; <i>Potentilla erecta</i> ; <i>Ranunculus polyanthemphyllus</i> ; <i>Sanguisorba officinalis</i> ; <i>Solidago virgaurea</i> ; <i>Stellaria graminea</i>	<i>Anthoxanthum odoratum</i> ; <i>Campanula rotundifolia</i> ; <i>Leontodon hispidus</i>

ermöglicht die Auswertung nach einzelnen Schwerpunkten des generativen Zyklus. Eine Vielzahl phänologischer Arbeiten konzentriert sich auf die Blühphase (z.B. FÜLLEKRUG 1969). Ansätze, den phänologischen Kartierschlüssel flexibler zu gestalten, finden sich unter anderem bei BERGMIEIER et MATTHÄS (1996). Quantitative Methoden, welche die Überschneidung von Phänostufen berücksichtigen, werden unter anderem von WEBER et PFADENHAUER (1987) und GRUNICKE et POSCHLOD (1991) vorgeschlagen, wobei der Anteil reproduktiver Organe, die einer bestimmten Phänostufe zuzuordnen sind, geschätzt wird. Schwierigkeiten entstehen bei der Beurteilung von Arten mit sehr kontinuierlichem generativem Verhalten sowie bei der Eichung der Blüten-Gesamtmenge. Zudem ist die Gefahr der Überschätzung der Blühmenge relativ hoch (SUNDERMEIER 1997). Objektiver ist eine direkte Zählung der reproduktiven Organe oder Individuen. Der hohe Zeitaufwand verhindert jedoch synchrone Aufnahmen größerer Flächenanzahlen. Der von uns verwendete Schlüssel zur Beurteilung von Populationen ist in der Erfassungsgenauigkeit zwischen den Vorschlägen von DIERSCHKE (1994) und denen von WEBER et PFADENHAUER (1987) einzu-

ordnen. Im Einzelfall kann die Einstufung von Arten Schwierigkeiten bereiten, wenn Blüten nur zu bestimmten Tageszeiten auftreten, nur sehr kurzfristig erscheinen oder der Reifezustand der Diasporen nicht eindeutig zu beurteilen ist.

Die Abhängigkeit fast aller Schätzverfahren von subjektiven Faktoren stellt ein generelles Problem dar (vgl. SUNDERMEIER 1997). Zeitgleiche Erfassungen einzelner Arten auf denselben Flächen durch die Arbeitsgruppe Populationsbiologie des Instituts für Landeskultur und Naturschutz der TU Dresden zeigten, dass für Arten ohne große phänologische Variabilität innerhalb der Population, leichte Erkennbarkeit der einzelnen Stufen und deren relativ kurze Dauer (*Crepis mollis*, *Phyteuma orbiculare* und *Iris sibirica*) die Kartiерergebnisse sehr gut übereinstimmten. Die Populationen von *Arnica montana*, *Dianthus seguieri* und *Primula veris* wurden jedoch so unterschiedlich kartiert, dass sie je nach Kartierer teilweise unterschiedlichen Artengruppen zugeordnet wurden. Neben dem Effekt der populationsinternen Variabilität der Phänologie zeigt sich die Notwendigkeit genauer Kartiervorgaben. So muss zum Beispiel bei *Arnica montana* beachtet werden, dass der Blütenkorb bereits eine Infloreszenz darstellt. Für *Primula veris* war die Quantifizierung der sehr langen Ausstreuphase sehr unterschiedlich. Erfahrung des Kartierers, gute Einarbeitung und genaue Kartiervorgaben sind demzufolge dringend nötig (vgl. SUNDERMEIER 1997, GRUNICKE et POSCHLOD 1991). Für alle Arten wurden deshalb Kartieranleitungen für geplante Wiederholungskartierungen angefertigt.

Wöchentliche Kartierungen werden von SUNDERMEIER (1997) als ausreichend bewertet. Die dadurch entstehende Unschärfe muss zugunsten eines großen Flächenvolumens in Kauf genommen werden (vgl. JACKSON 1966; PFLUME et BRUELHEIDE 1994).

Die Gruppenbildung nach Clusterung über phänologische Kenndaten sollte zu einer Objektivierung der Abgrenzung tatsächlicher phänologischer Gruppen und unter Beachtung von Zeitspannen bestimmter Stadien beitragen. Bisher werden Gruppenbildungen meist subjektiv nach Abgrenzungen in visualisierten Chronogrammen vorgenommen. Ein generelles Problem einer Clusterung entlang der Zeitachse besteht allerdings in der ungleichmäßigen Zeitdauer im Gelände klar abgrenzbarer phänologischer Wellen. So haben einige Blühgruppen des Frühsommers eine sehr viel kürzere Dauer als Blühgruppen des Spätsommers. Da die Clusteranalyse alle Unterschiedsmerkmale gleich behandelt, werden bei der Verarbeitung der Daten des gesamten Jahres Blühgruppen des Frühsommers nur mit einer Trennschärfe der Blühgruppen des Spätsommers erkannt, was zu Unschärfen im Bereich kurzfristiger phänologischer Gruppen führt. Arten, welche in allen erhobenen phänologischen Kennwerten stark variieren, sich in ihrem phänologischen Gesamtverhalten aber trotzdem ähneln, werden mit der verwendeten Methode der Clusterung nicht als ähnliche Arten erkannt. Die Gruppen müssen demzufolge nicht alle möglichen phänologischen Artengruppen darstellen. Es bleibt zu prüfen, ob die Verwendung weiterer Parameter bzw. die Verwendung von Teildatensätzen dieses Problem lösen kann.

Arten mit einer ausgeprägten Standortsabhängigkeit ihrer phänologischen Kenndaten werden bei der gemeinsamen Verarbeitung mit Arten, die in ihrer Phänologie weniger von den konkreten Standortbedingungen beeinflusst werden, nicht sinnvoll zugeordnet. In unserem Fall betrifft dies unter anderem *Arnica montana* oder *Lotus corniculatus*. Eventuell müssen diese Arten in eigene Gruppen gefasst werden oder das Artenset muss primär entsprechend der Einflussstärke exogener Parameter aufgeteilt werden.

5.2 Symphänologische Gruppen

Im Vergleich der blühphänologischen Gruppen mit den symphänologischen Artengruppen weichen im Untersuchungsjahr einige Arten von der Einordnung nach DIERSCHKE (1995) ab. Beispielfhaft seien hier *Scorzonera humilis*, *Betonica officinalis*, *Cirsium heterophyllum* und *Astrantia major* genannt. Dass die Artengruppen naturräumlich unterschiedlich gefasst werden können, wird aus verschiedenen regionalen Studien deutlich (CHEN 1994, STÖHR 2002). Die Ergebnisse der phänologischen Beobachtungen im Osterzgebirge lassen den Schluss zu, dass die Artengruppen auch für dieses Gebiet regionalisiert werden müssen, ähnlich wie dies auch für die Zeigerwerte nach ELLENBERG gefordert wird (KOWARIK et SEIDLING 1989).

Der Vergleich der phänologischen Artengruppen nach Blütezeit, Fruchtreife und Ausstreu weist deutliche Unterschiede in der Artenzusammensetzung der Gruppen auf. Die blühphänologischen Gruppen zeigen die größten Übereinstimmungen mit den symphänologischen Gruppen nach [DIERSCHKE \(1995\)](#). Die unterschiedlichen Fruchtreifezeiten und –termine der verschiedenen Arten lassen neue und andere Gruppen entstehen. Ebenso verhält es sich bei der Gruppierung nach dem Ausstreuverhalten, wodurch unterstrichen wird, dass die Strategie des Ausstreuverhaltens nicht in einem unmittelbaren Zusammenhang mit dem Blühverhalten steht ([BONN et POSCHLOD 1998](#)). Für naturschutzfachliche Fragestellungen kann entscheidend sein, dass ähnliches Blühverhalten nicht ähnliches zeitliches Diasporenangebot voraussagen muss.

Die ausgewiesenen Artengruppen haben einen gewissen Abstraktionsgrad und stellen nur bedingt eine chronologische Abfolge dar, was in der Einbeziehung mehrerer Terminparameter und Zeitdauer-Parameter begründet liegt. Für einzelne Parameter können durchaus Überlappungen der Gruppen entstehen. Für einzelne Phänophasen bzw. symphänologische Artengruppen bestätigen dies unter anderen auch [FÜLLEKRUG \(1969\)](#) und [BERGMEIER et MATTHÁS \(1996\)](#).

Die beispielhafte Darstellung der Blühabfolge (Abb. 3) zeigt aber auch, dass die Reihenfolge der Arten innerhalb einer Gruppe nicht konstant ist. Mitglieder einer Artengruppe erreichen die jeweiligen phänologischen Stadien unabhängig vom Standort zu ähnlichen Zeiten, ohne dass eine Aussage über die gruppeninterne Reihenfolge der Arten möglich ist. Dieser Effekt deutet daraufhin, dass die Arten verschieden stark auf standörtliche Unterschiede reagieren ([KREEB 1954](#); [BAUMGÄRTNER et HARTMANN 2000](#)). Dieser Effekt wird vielfach bemerkt, aber meist nicht näher untersucht und durch Mittelwertbildungen außer Acht gelassen (z.B. [BERGMEIER et MATTHÁS 1996](#); [FÜLLEKRUG 1969](#)). Sollen Arten trotz Standortvariabilität der Parameter in einer Gruppe enthalten sein, müssen die Gruppen entsprechend weit gefasst werden.

Die größte inter- und intraspezifische Variabilität innerhalb der phänologischen Parameter wies die Ausstreudauer auf. Anemochore Arten mit sofortiger und vollständiger Ausstreu (*Valeriana dioica*) stehen kapselfrüchtigen Arten mit extrem langen, zum Teil in die nächste Vegetationsperiode dauernden Ausstreuphasen gegenüber (*Primula elatior*, *Juncus squarrosus*). [BONN et POSCHLOD \(1998\)](#) verweisen auf die verbreitungsökologische Bedeutung der Portionierung der Diasporenausstreu aus Kapselfrüchten. Je weniger Diasporen verbleiben, desto größere Kräfte müssen zur Ausstreu einwirken, was eine weitere Verbreitung zur Folge hat. Andererseits kann eine zeitliche Portionierung von Vorteil sein, wenn am Boden mit hoher Prädation oder ungünstigen Lagerungsbedingungen (z.B. Wasserüberstauung) zu rechnen ist. Die Asynchronität des Ausstreuverhaltens der einzelnen Individuen einer Population verlängert die Dauer der Ausstreu auf Populationsniveau und streut so das Risiko, dass die Diasporen ungünstige Etablierungsbedingungen vorfinden ([BONN et POSCHLOD 1998](#)). Zudem scheinen für die Dehiscenz der Früchte und die Ausstreu der Diasporen die mikroklimatischen Bedingungen von so großer Relevanz, dass schon geringe Distanzen zwischen den Individuen Auswirkungen auf die Phänologie haben können ([KREEB 1954](#)). In der Gruppenbildung schlägt sich dieser Fakt nieder, indem Arten mit sehr langen Ausstreuphasen in Abhängigkeit von der aktuellen Ausstreusituation auf einzelnen Flächen unterschiedlichen Gruppen zugeordnet werden.

Asynchronität trifft artspezifisch auch für viele andere Wiesenarten und Parameter zu. Je nach Parameter wurden Zeitspannen von bis zu 4 Wochen zwischen einzelnen Teilpopulationen von *Anthoxanthum odoratum*, bis zu 6 Wochen bei solchen von *Bistorta officinalis* festgestellt. Solches Verhalten wird im Falle der Blüte zum Beispiel als Reduzierung des intraspezifischen Wettbewerbs um den Bestäuber gewertet ([RATHCKE et LACEY 1985](#)), führt aber in jedem Fall zu einer Verkleinerung der effektiven Populationsgröße zu einem Termin und erhöht andererseits die Wahrscheinlichkeit für optimale Bestäubung, Diasporenreife oder Übertragung zumindest für einen Teil der Population. Über die Ursachen phänologischer Asynchronität ist wenig bekannt. Populationsgenetische Variabilität, die Populationsgröße wie auch Unterschiede in den Nährstoffverhältnissen des Bodens ([WIDEN 1991](#); [PORS et WERNER 1989](#)) oder mikroklimatische Abweichungen kommen in Betracht. Neben den Gattungen *Rhinanthus* und *Euphrasia* ([ROTHMALER 2005](#)) gibt es möglicherweise weitere Gattungen, die sich in phänologische Untergruppen gliedern lassen. Vermutet wird dies aus den Erhebungen z.B. für *Sanguisorba officinalis*.

Die Clusteranalyse wurde verwendet, um Artengruppen zu ermitteln, deren Mitglieder standortsunabhängig stets gemeinsam dieselben phänologischen Stadien erreichen. Das bedeutet, dass sich auch die Höhenkorrelation von Arten in der Gruppenbildung niederschlagen muss.

Um dies zu überprüfen wurde eine bivariate Korrelationsanalyse mit Berechnung der PEARSON- und des SPEARMANN-Koeffizienten für alle verwendeten phänologischen Stadien und Zeitspannen im Vergleich mit der Höhe durchgeführt. Nur für einige Arten ergab sich eine signifikante Korrelation. Für die Arten *Briza media*, *Crepis mollis*, *Festuca rubra*, *Meum athamanticum* und *Trollius europaeus* bestätigte sich die Hypothese der konstanten Gruppenzuordnung entsprechend der korrelierenden phänologischen Stadien. Beachtet werden muss jedoch, dass schon bei fehlender Korrelation einiger Stadien, die in die jeweilige Clusteranalyse eingingen, Abweichungen bei der Zuordnung auftreten können. Auch nichtlineare Korrelationen können zu Abweichungen führen.

Der Eindruck, dass in höheren Lagen gleiche phänologische Abfolgen synchron zu denen tieferer Lagen, jedoch gestaucht und insgesamt später auftreten, bestätigt sich so nur teilweise. Bei nicht korrelierenden Arten wird die Phänologie im Wesentlichen von anderen exogenen Faktoren, wie Exposition, Bodenfeuchte oder Nährstoffgehalt des Bodens (TREFFLICH et FRITZSCH 1997; KREEB 1954; WIDEN 1991) bestimmt, deren Zusammenwirken vielfältig und schwierig quantifizierbar ist. Der erwartete klare Nord-Südhang-Effekt konnte beispielsweise nicht bestätigt werden.

Dass nicht alle Arten mit steigender Höhe später blühen, fruchten und ihre Diasporen ausstreuen hat entscheidende Auswirkungen auf die Bildung der Artengruppen, da Artengruppen einer Höhenlage auf einer anderen Höhe nicht mehr zu rekonstruieren sind, wenn sie sich aus korrelierenden und nicht korrelierenden Arten zusammensetzen.

Hier liegt einer der Hauptgründe für die relativ grobe Fassung der Artengruppen, die einer praktischen Anwendung nicht genügen kann. Die etwas schärfere Auftrennung der im Juli fruchtenden Arten in einem Teilgebiet mit einer Höhenamplitude von nur 170 m scheint dies zu bestätigen.

Ist die phänologische Variabilität einer Art trotz verschiedener Standorte sehr gering (z.B. Blüte von *Danthonia decumbens*), können standortsunabhängige Faktoren, wie zum Beispiel die Tageslänge, Blühstimulatoren sein (THOMAS 1993). Auch NOWAK et SCHULZ (2002) konnten im Südschwarzwald Arten nachweisen, deren Populationen unabhängig vom Standort zu gleicher Zeit blühen.

5.3 Phänologische Verhaltensmuster

Unterschiedliche zeitliche Verhaltensmuster stellen eine ökologische Anpassung und Einnischung im Spannungsfeld von Bestäubern, Prädatoren, Vektoren und Parasiten dar. So sind beispielsweise Arten, welche in sehr kurzer Zeit ihre generative Lebensphase abschließen, weniger stark durch Parasiten oder Prädatoren bedroht als Arten, welche sehr lange ihre Blüten und Früchte präsentieren (RATHCKE et LACEY 1985, BRODY 1997). Andererseits besteht die Gefahr, dass durch einzelne, witterungsbedingte Ungunstphasen die generative Vermehrung und Verbreitung einer ganzen Population unterbunden wird. Vor allem Zeitspannen und Abstände von phänologischen Stadien scheinen sich für die Abgrenzung von Typen zu eignen (RABINOWITZ et al. 1981).

Beachtenswert ist, dass mit *Arnica montana*, *Phyteuma orbiculare* und *Scorzonera humilis* gleich drei der im Untersuchungsgebiet sehr stark gefährdeten Arten zum Strategietyp I (kurze Dauer von Blüte, Fruchtreife und Ausstreu) gehören. Möglicherweise ist hier einer der limitierenden Faktoren für den Erfolg von Regenerationsmaßnahmen in Bezug auf diese Arten zu suchen.

Dass Arten mit langer Blühzeit und kurzer Fruchtreife fehlen, liegt in der Definition der Fruchtreifezeit begründet. Da eine Blüte bereits zu Beginn des Aufblühens bestäubt werden kann, wurde die gesamte Blühzeit mit in die Fruchtreife einbezogen.

Eine evolutionsbiologische Interpretation der Verhaltensmuster wird hier nicht unternommen. Hierfür ist der Kontext der biotischen Wechselwirkungen einer jeden Art entscheidend (BRODY 1997; KRATOCHWIL 1983; OLLERTON et LACK 1998; PELMYR 1989; BIERE et HONDERS 1996).

Von naturschutzfachlicher Bedeutung ist, dass Arten mit langen Blüh- und Fruchtreifezyklen auf Individuen- oder Populationsniveau wesentlich günstigere Chancen haben, durch Mähgerät oder Mahdgut übertragen zu werden, als solche mit kurzen Zyklen. Für das generative Regenerationspotential am Standort selbst ist eher der Zeitpunkt des ersten Diasporenangebots und das Maß an Asynchronität entscheidend.

5.4 Naturschutzfachliche Anwendung / Ausweisung von Indikatorarten / Ausblick

Aufgrund der erheblichen Variabilität des phänologischen Zyklus mit der Höhe und dem Standort und vor allem durch die sehr unterschiedlich starke Reaktion der Wiesenarten auf veränderte Standortparameter ist es schwierig, Artengruppen mit einer Spanne von weniger als drei Wochen für einzelne Phänophasen abzugrenzen. Die Länge des Zeitraumes, den die einzelnen Artengruppen abdecken, ergibt sich aus der Variabilität zwischen den Populationen einer Art und den in die Clusteranalyse einbezogenen phänologischen Zeitspannen (z.B. Blühdauer).

Aus den über eine Vielzahl phänologischer Parameter abgeleiteten Artengruppen konnte bisher kein befriedigendes, praxistaugliches Konzept für eine konkrete Pflegeterminierung abgeleitet werden. Die Beschränkung auf ein Teilgebiet und ein höchstes Artenset führte ebenfalls zu nur teilweise praktikablen Ergebnissen. Im weiteren Vorgehen muss geprüft werden, ob Erweiterungen des Untersuchungszeitraumes und Änderungen im Gruppenausweisungsverfahren eindeutigere Zuordnungen erlauben.

Ziel ist vor allem die Ausweisung von Indikatorarten für Phänostufen ganzer Artengruppen, wobei besonderes Augenmerk auf der Fruchtphänologie liegt. Dabei werden an die Indikatorarten folgende Anforderungen gestellt:

- weite Verbreitung im Anwendungsgebiet
- einfache Ansprache im Gelände
- einfache Erkennbarkeit der phänologischen Stadien
- geringe populationsinterne Variabilität bezüglich ihrer Phänologie
- das indizierende Merkmal sollte den Beginn bzw. das Zentrum der verbundenen Artengruppe anzeigen.

Eine Auswahl möglicher Indikatoren im Rahmen einer Pflegemahd, bei der das Ausreifen naturschutzfachlich wertvoller Arten gesichert werden soll, zeigt Tabelle 10.

Bei Arten mit einer konstant lang andauernden Fruchtreife kann bereits die Blüte auf einen günstigen Mahdtermin hinweisen. So kann einerseits die Fruchtreife von naturschutzfachlich besonders interessanten Arten ohne Indikatorart rechnerisch bestimmt werden und andererseits bereits durch die Blüte von Indikatorarten ein späterer günstiger Mahdtermin weiterer Arten bestimmt werden (BAUMGÄRTNER et HARTMANN 2000).

In jüngerer Zeit wird unter anderem die Vorverlegung von Mahdterminen in montanen Grünländern aufgrund landschaftspflegerischer Erfordernisse diskutiert. Dies kann unter anderem zur Verhinderung

Tab. 10 Mögliche Indikatorarten für drei verschiedene Mahdtermine

Indikatorart	Indikatorzustand	Mahdzeitraum	generativer Zyklus abgeschlossen bei
<i>Leucanthemum ircuti-anum</i>	Vollreife	früh	<i>Arnica montana</i> , <i>Phyteuma orbiculare</i> <i>Crepis mollis</i> <i>Trollius europaeus</i>
<i>Centaurea pseudophrygia</i>	Vollreife	spät	<i>Helianthemum nummularium</i> , <i>Dianthus seguieri</i> <i>Polygala vulgaris</i>
<i>Hypericum maculatum</i>	Vollreife	sehr spät	<i>Serratula tinctoria</i> , <i>Laserpitium prutenicum</i> , <i>Betonica officinalis</i>

einer "Pseudo-Verbrachung" der Wiesen (HÖLZEL mdl. Mitt.), zur Zurückdrängung von Problemarten wie der Stauden-Lupine (*Lupinus polyphyllus* Lindl., OTTE et MAUL 2005) oder zur Erhaltung konkurrenzschwacher Sippen erforderlich sein. Eine phänologische Terminierung wird dann besonders sinnvoll, wenn außerdem die generative Regeneration Annueller oder wichtiger Zielarten gestützt werden soll. Bei Frühmahdzyklen müssen allerdings Arten mit einer zweiten Blüte neu gewertet werden.

6 ZUSAMMENFASSUNG

RICHTER, F.; ZÖPHEL, B.: Ausweisung von symphänologischen Gruppen montaner Grünlandgesellschaften des Osterzgebirges mittels Clusteranalyse. – *Hercynia* N.F. **39** (2006): 51–68.

In der Arbeit werden Versuche zur Ausweisung symphänologischer Artengruppen des generativen Lebensabschnittes für Arten naturschutzfachlich wertvoller montaner Grasländer mittels Clusteranalyse dargestellt. Ausgangspunkt der Untersuchungen ist die Notwendigkeit der Abstimmung von Pflegekonzepten für Bergwiesen mit phänologischen Aspekten. Zu diesem Zweck wurden 2004 in einer ersten Studie wöchentliche phänologische Kennwerte für 54 Grünlandarten auf 17 Bergwiesenflächen im Osterzgebirge mit einer Höhenamplitude von 475–875 m üNN unter Verwendung eines semiquantitativen Erfassungsschlüssels erhoben.

Mittels verschiedener Gruppenbildungskriterien können nach hierarchischer Clusteranalyse des relativierten Datensatzes phänologische Gruppen für Blütezeit, Frucht reife und Ausstreu ausgewiesen werden. Neben relativierten Terminkennwerten werden Zeitspannen von Entwicklungsstadien einbezogen.

Die ermittelten symphänologischen Gruppen zeigen vor allem für die Blühgruppen deutliche Übereinstimmungen mit den symphänologischen Artengruppen nach DIERSCHKE (1995). Einige Arten zeigen jedoch erhebliche Abweichungen. Frucht reife- und Ausstreu gruppen entstehen in zum Teil stark abweichender Zusammensetzung, was die Zweckmäßigkeit entsprechender eigenständiger Gruppen in Hinblick auf ihre Naturschutzrelevanz unterstreicht. Fruchtphänologische Grundtypen, die unterschiedliche Reaktionen auf Pflegemaßnahmen erwarten lassen, werden anhand von Stadiendauern gebildet.

Die Praxistauglichkeit der ermittelten phänologischen Gruppen ist noch unbefriedigend. Zum einen ist die Trennschärfe engbegrenzter zeitlicher Gruppen gegenüber Gruppen mit langen Stadien durch die Merkmalsgleichbehandlung in der Clusteranalyse ungenügend. Zum anderen entstehen Unschärfen durch die artspezifisch sehr unterschiedliche Abhängigkeit phänologischer Abläufe von Standortsfaktoren und das differente Verhalten von Individuen und Populationen. Die Ausweisung phänologischer Indikatorarten ist dadurch nur begrenzt möglich.

Die Notwendigkeit der Weiterentwicklung phänologiebasierter Pflegekonzepte für montane Grünländer wird diskutiert.

7 DANKSAGUNG

Die Ergebnisse entstanden zum Teil als Diplomarbeit am Institut für Botanik der TU Dresden (RICHTER 2004). Wir danken dem Landesverein Sächsischer Heimatschutz e.V., der diese Arbeit im Rahmen des vom BfN geförderten E+E-Vorhabens "Regeneration montanen Grünlandes im Osterzgebirge" unterstützte sowie Herrn König vom Förderverein für die Natur des Osterzgebirges e.V. für die Bereitstellung von Untersuchungsflächen. Herrn Dr. F. Müller danken wir für kritische Anmerkungen.

8 LITERATURVERZEICHNIS

- BAUMGÄRTNER, J.; HARTMANN, J. (2000): The use of phenology models in plant conservation programmes: the establishment of the earliest cutting date for the wild daffodil *Narcissus radiiflorus*. – Biological Conservation 93: 155-161.
- BERGMEIER, E.; MATTHÄS, U. (1996): Phänologisches Spektrum einer kretischen Phrygana. – Tuexenia 16: 433-450.
- BIERE, A.; HONDERS, S. (1996): Impact of flowering phenology of *Silene alba* and *S. dioica* on susceptibility to fungal infection and seed predation. – Oikos 77: 467-480.
- BÖHNERT, W.; GUTTE, P.; SCHMIDT, P.A. (2001): Verzeichnis und Rote Liste der Pflanzengesellschaften Sachsens. – Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Ed.), Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege. Dresden.
- BONN, S.; POSCHLOD, P. (1998): Ausbreitungsbiologie der Pflanzen Mitteleuropas. – Wiesbaden.
- BRODY, A. K. (1997): Effects of pollinators, herbivores, and seed predators on flowering phenology. – Ecology 78: 1624-1631.
- CHEN, X. (1994): Untersuchungen zur zeitlich-räumlichen Ähnlichkeit von phänologischen und klimatischen Parametern in Westdeutschland und zum Einfluß geoökologischer Faktoren auf die phänologische Entwicklung im Gebiet des Taunus. – Berichte des Deutschen Wetterdienstes 189.
- DEFILA, C. (2001): Do phytophenological series contribute to vegetation monitoring? – In: Biomonitoring: General and applied aspects on regional and global scales, Dordrecht: 97-105.
- DIERSCHKE, H. (1989): Symphänologische Aufnahme- und Bestimmungsschlüssel für Blütenpflanzen und ihre Gesellschaften in Mitteleuropa. – Tuexenia 9: 477-484.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. – Stuttgart.
- DIERSCHKE, H. (1995): Phänologische und symphänologische Artengruppen von Blütenpflanzen Mitteleuropas. – Tuexenia 15: 523-560.
- DIERSCHKE, H.; BRIEMLE, C. (2002): Kulturgrasland: Wiesen, Weiden und verwandte Staudenfluren. – Stuttgart.
- DOSE, V.; MENZEL, A. (2004): Bayesian Analysis of Climate Change Impacts in Phenology. – Global Change Biology 10: 259-272.
- DRUDE, O. (1891): VI. Die Ergebnisse der in Sachsen seit dem Jahre 1882 nach gemeinsamen Plane angestellten pflanzenphänologischen Beobachtungen. – Sitzungsber. U. Abh. Naturwiss. Gesell. ISIS zu Dresden (1): 59-70.
- DUNNE, J. A.; HARTE, J.; TAYLOR, K.J. (2003): Subalpine meadow flowering phenology responses to climate change: integrating experimental and gradient methods. – Ecol. monographs 73(1): 69-86.
- ELLENBERG, H.; WEBER, H. E.; DÜLL, R.; WIRTH, V.; WERNER, W. (2001): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. – Scripta Geobotanica 18.
- FÜLLEKRUG, E. (1969): Phänologische Diagramme von Glatthaferwiesen und Halbtrockenrasen. – Mitt. Flor. soz. Arbeitsgem. NF 14: 255-273.
- GRUNICKE, U.; POSCHLOD, P. (1991): Phänologische Untersuchungen in beweideten und brachgefallenen Kalkmagerrasen. – Jh. Ges. Naturk. Württ. 146: 43-84.
- HAPPEL, E.; NOWAK, B. (2000): Blüh- und Fruchtphänologie von Pflanzen magerer Wiesen im Oberwald des Vogelsberges (Hessen). – Bot. Natursch. Hessen 12: 55-90.
- JACKSON, M.T. (1966): Effects of microclimate on spring flowering phenology. – Ecology 57: 407-415.
- KREIB (1954): Phänologische Untersuchungen auf kleinem Raum. – Meteorol. Rundsch. 5/6: 95-100.
- KOWARIK, J.; SEIDLING, W. (1989): Zeigerwertberechnung nach ELLENBERG – zu Problemen und Einschränkungen einer sinnvollen Methode. – Landschaft und Stadt 21 (4): 132-143.
- KRATOCHWIL, A. (1983): Blumen-Insekten-Gemeinschaften eines nicht mehr bewirtschafteten Halbtrockenrasens im Kaiserstuhl: Aspekte der Co-Phänologie, der Biogeographie und der Co-Evolution. Ein Beitrag zur Blütenökologie auf pflanzensoziologischer Grundlage. – Diss. Univ. Freiburg.
- LIETH, H. (1974): Phenology and seasonality modeling [chiefly papers pres. at a symposium held during the 25. annual AIBS meeting in Minneapolis, Aug. 1972]. – Berlin.
- MANNSFELD, K.; RICHTER, H. (1995): Naturräume in Sachsen. – Forschungen zur Deutschen Landeskunde. Bd. 238. Zentralaussschuß für deutsche Landeskunde (Ed.). – Trier.
- NOWAK, B.; SCHULZ, B. (2002): Wiesen. Nutzung, Vegetation, Biologie und Naturschutz am Beispiel der Wiesen des Südschwarzwaldes und Hochrheingebietes. – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Ed.). Ubstadt-Weiher.
- OLLERTON, J.; LACK, A.J. (1998): Relationships between flowering phenology, plant size and reproductive success in *Lotus corniculatus* (Fabaceae). – Plant Ecology 139: 35-47.
- OTTE, A.; MAUL, P. (2005): Verbreitungsschwerpunkte und strukturelle Einnischung der Stauden-Lupine (*Lupinus polyphyllus* Lindl.) in Bergwiesen der Rhön. – Tuexenia 25: 151-182.

- PELMYR, O. (1989): The cost of mutualism: interactions between *Trollius europaeus* and its pollinating parasites. – *Oecologia* **78**: 53-59.
- PELUME, S.; BRUELHEIDE, H. (1994): Wärmestufen-Karte des Harzes auf phänologischer Grundlage. – *Tuexenia* **14**: 479-486.
- PORS, B.; WERNER, P.A. (1989): Individual flowering time in a Goldenrod (*Solidago canadensis*): field experiment shows genotype more important than environment. – *Am. J. Bot.* **76** (11): 1681-1688.
- RABINOWITZ, D.; RAPP, J.K.; SORK, V.L.; RATHCKE, B.R.; REESE, G.A.; WEAVER, J.C. (1981): Phenological properties of wind- and insectpollinated prairie plants. – *Ecology* **62**: 49–56.
- RATHCKE, B.; LACEY, E.P. (1985): Phenological patterns of terrestrial plants. – *Ann. Rev. Ecol. Syst.* **16**: 179–214.
- RICHTER, F. (2004): Die Phänologie von Arten montaner Grünlandgesellschaften im Osterzgebirge im Hinblick auf die Entwicklung eines phänologischen Indikatorsystems zur Optimierung eines naturschutzgerechten Mahdtermins. – Dipl.arbeit TU Dresden.
- ROTHMALER, W. (Begr.); JÄGER, E.J.; WERNER, K. (Hrsg.) (2005): *Exkursionsflora von Deutschland*, Bd 4. - 10. Auflage – München.
- SCHWARTZ, M.D. (2003): Phenology - an integrative environmental science. – Tasks for vegetation science. Dordrecht.
- STÖHR, O. (2002): Zur Phänologie von Streuwiesen des Unterberg-Gebietes (Salzburger Alpenrand). – 10. Österreichisches Botanikertreffen 30. Mai – 1. Juni 2002: 121-122.
- SUNDERMEIER, A. (1997): Phänologische Beobachtungen. – In: TRAXLER, A. (Ed.) *Handbuch des Vegetationsökologischen Monitorings Teil A. – Monographie des Umweltbundesamtes Österreich, Band 89A*, Wien: 158-165.
- THOMAS, B. (1993): Internal and external controls on flowering. – In: JORDAN, B.R. (Ed.) *The Molecular Biology of Flowering*. - Wallingford: 1-19.
- TREFFLICH, A.; FRITZSCH, J. (1997): Mikroklimatische Parameter und Symphänologie der Vegetation auf verschiedenen Brachen. – In: FELDMANN, R.; HENLE, K.; AUGÉ, H.; FLACHOWSKI, J.; KLOTZ, S.; KRÖNERT, R. (Ed.) *Regeneration und nachhaltige Landnutzung. Konzepte für belastete Regionen*. – Berlin: 169–181.
- WEBER, J.; PFADENHAUER, J. (1987): Phänologische Beobachtungen auf Streuwiesen unter Berücksichtigung des Nutzungseinflusses (Rothenrainer Moorgebiet bei Bad Tölz). – *Ber. Bayer. Bot. Ges.* **58**: 158-177.
- WIDEN, B. (1991): Environmental and genetic influences on phenology and plant size in a perennial herb, *Senecio integrifolius*. – *Can. J. Bot.* **69**: 209-217.
- ZÖPHEL, B. (2004): Zwischenbericht 2004 zum E+E-Vorhaben „Regeneration montanen Grünlandes im Osterzgebirge des BfN“, Teilprojekt Diasporenökologie. – TU Dresden, unveröff.

Manuskript angenommen: 6. März 2006

Dipl.-Biol. Frank Richter, Dipl.-Biol. Birgit Zöpchel
 Institut für Botanik
 TU Dresden
 01062 Dresden
 e-mail: Birgit.Zoepfel@tu-dresden.de, frank_richt@hotmail.com

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Hercynia](#)

Jahr/Year: 2006

Band/Volume: [39](#)

Autor(en)/Author(s): Richter Frank, Zöphel Birgit

Artikel/Article: [Ausweisung von symphänologischen Gruppen montaner Grünlandgesellschaften des Osterzgebirges mittels Clusteranalyse 51-68](#)