

Vergesellschaftung und Ökologie der Sumpf-Siegwurz (*Gladiolus palustris*) in Südbayern

– Barbara Schmitt, Thomas Fartmann und Norbert Hölzel –

Zusammenfassung

Die seltene und in den Anhängen II und IV der FFH-Richtlinie aufgeführte Sumpf-Siegwurz (*Gladiolus palustris*) kommt deutschlandweit in größeren Populationen nur noch in Südbayern vor. Trotz der hohen naturschutzfachlichen Bedeutung liegen keine überregionalen wissenschaftlichen Studien zur Vergesellschaftung und Ökologie der Art vor. Diese Arbeit analysiert mit Hilfe von numerischen Klassifikations- und Ordinationsverfahren anhand von 151 Vegetationsaufnahmen die Vergesellschaftung und Standortbindung der Art in Südbayern. Die Sumpf-Siegwurz hat ihren Vorkommensschwerpunkt in regelmäßig spät gemähten Pfeifengras-Streuwiesen (*Molinion caeruleae*), tritt aber fast ebenso häufig in gemähten Kalkflachmooren (*Caricion davallianae*) und Kalk-Halbtrockenrasen (*Bromion erecti*) sowie in grasreichen Schneeheide-Kiefernwäldern (*Erico-Pinion*) auf. Diesen Standorten gemeinsam ist eine sehr geringe Nährstoffversorgung sowie die neutrale bis schwach saure Reaktion der meist kalkreichen Böden. Neben der Nutzung (späte Mahd) hat vor allem die Bodenfeuchte eine entscheidende Bedeutung für die Differenzierung der Bestände. Die *Erico-Pinion*-Bestände als Primärhabitats der Art wurden früher regelmäßig beweidet. Gegenwärtig ist noch unklar, ob das langfristige Brachfallen dieser Standorte auf lange Sicht eine Gefahr für den Erhalt der *G. palustris*-Populationen darstellt. Anhand der Ergebnisse der vorliegenden Studie werden Empfehlungen für das Management von *G. palustris*-Populationen gegeben.

Abstract: Phytosociology and ecology of *Gladiolus palustris* in southern Bavaria

Gladiolus palustris was added to the Annexes II and IV of the EU Habitats Directive following the EU's eastward expansion in 2004. The strongholds of the species in Germany are in southern Bavaria. Although the species is highly endangered, detailed information on its phytosociology and ecology is still scarce. In this study, the floristic composition of *G. palustris* stands in southern Bavaria was examined on the basis of 151 relevés, using numerical classification and ordination techniques. *G. palustris* occurs in regularly managed calcareous fens (*Caricion davallianae*), wet straw meadows (*Molinion caeruleae*) and semi-dry calcareous grasslands (*Bromion erecti*) but also in currently unmanaged semi-dry pine forests on calcareous soils (*Erico-Pinion*). Besides management (mowing), moisture is the major ecological gradient within the analyzed stands. Although the *Erico-Pinion* stands are thought to be a primary habitat of the species, they were subject to regular forest grazing with mixed flocks of livestock in former times. At present, it is unclear whether abandonment will threaten *G. palustris* populations of pine forests in the long run. Based on our investigations, management recommendations are given.

Keywords: Bavarian pre-Alps, community assemblage, *Gladiolus palustris*, EU Habitats Directive, habitat requirement, semi-natural grassland.

1. Einleitung

Die Sumpf-Siegwurz (*Gladiolus palustris* Gaudin) (Abb. 1) wurde mit der EU-Osterweiterung als FFH-Art in die Anhang II und IV aufgenommen (SSYMANK 2006). Aufgrund weltweiter Seltenheit und eines Anteils von 10–33 % am Gesamtareal hat Deutschland eine besondere Verantwortung für ihren Erhalt (WELK 2002). In den Roten Listen Deutschlands, Bayerns und Baden-Württembergs wird die Art als stark gefährdet bzw. vom Aussterben bedroht geführt (KORNECK et al. 1996, SCHEUERER & AHLMER 2002, BREUNIG & DEMUTH 1999). Hauptgefährdungsursachen sind der Verlust geeigneter Lebensräume durch landwirtschaftliche Intensivierungsmaßnahmen (Eutrophierung, Grundwasserabsenkung, Vorverlegung des Schnitzeitpunktes und Erhöhung der jährlichen Schnitzzahl), Aufforstung und Brachfallen nach Nutzungsaufgabe (HIMMLER 1992, KORNECK et al. 1996). Populationen in



Abb. 1: *Gladiolus palustris* in der Loisachau bei Murnau (B. Schmitt 2007).

Fig. 1: *Gladiolus palustris* in the Loisach floodplain near Murnau (B. Schmitt 2007).

Steillagen der Schneeheide-Kiefernwälder sind stellenweise durch Schutzwaldsanierungsmaßnahmen bedroht (HÖLZEL 1996a).

Obwohl die attraktive Sumpf-Siegwurz stark öffentlichkeitswirksam ist und im Naturschutz große Beachtung findet (WITTMANN 1989, STROHWASSER et al. 2006, 2007), herrscht nach wie vor ein Mangel an Erkenntnissen zur Vergesellschaftung und Standortbindung der Art. Einige neuere Arbeiten aus Österreich, Norditalien und Frankreich beschäftigen sich mit ihrer Vermehrung und Wiederansiedlung (NOWOTNY 2000, NOWOTNY & TRÖSTER 2002, FORT 2005, 2006) sowie ihrer genetischen Struktur (DA CANAL et al. 2003, MAURICE et al. 2007). Für die deutschen Vorkommen liegen bislang nur einzelne Beobachtungen zur Vergesellschaftung, Phänologie und Biologie vor (STEINGEN 1988, QUINGER et al. 1994, 1995, HERRMANN 2000, PEINTINGER 2000). Umfassendere vergleichende Untersuchungen zur Vergesellschaftung und Standortbindung der Art fehlen bislang vollständig.

In dieser Studie wird erstmals auf der Basis von 151 Vegetationsaufnahmen eine umfassende Analyse der Vergesellschaftung und Standortbindung von *G. palustris* durchgeführt,

die alle bedeutenden Vorkommen in Deutschland abdeckt. Dabei soll insbesondere folgenden Fragen nachgegangen werden:

- Mit welchen Arten tritt *G. palustris* bevorzugt auf? Durch welche Standorteigenschaften sind die unterschiedlichen Lebensräume charakterisiert und welche Standortansprüche hat *G. palustris*?
- Welchen Einfluss hat die Nutzung auf die Artenzusammensetzung der untersuchten Bestände und auf *G. palustris*?
- Welche Management-Empfehlungen können für *G. palustris*-Populationen gegeben werden?

2. Biologie und Verbreitung der Sumpf-Siegwurz (*Gladiolus palustris* Gaudin)

Die Sumpf-Siegwurz zählt zu den Irisgewächsen. Als Überdauerungsorgan dient eine Sprossknolle (HEGI 1939). Die Vermehrung erfolgt überwiegend generativ; vegetative Vermehrung über Tochterknollen ist möglich, aber wahrscheinlich eher die Ausnahme (QUINGER et al. 1995, HERRMANN 2000, SSYMANK 2006). Der Entwicklungszyklus von *G. palustris* dauert mindestens drei bis vier Jahre. Selbstbestäubung ist prinzipiell möglich, wird aber in der Regel durch Protandrie vermieden (KIRCHNER et al. 1934). Die Blüten sind entomophil (KIRCHNER et al. 1934, NOWOTNY & TRÖSTER 2002). Die Frucht beinhaltet recht große (Durchmesser rund 0,5 cm), ca. 2,5 mg schwere Samen (KLOTZ et. al. 2002, SCHMITT 2008), die stark geflügelt sind (DIELS 1930, HEGI 1939) und durch Wind (Nahausbreitung) ausbreitet werden (HERRMANN 2000, SSYMANK 2006). Wasserausbreitung ist ebenfalls möglich (HEGI 1939).

Die ersten Blätter treiben im späten Frühjahr, Mitte bis Ende Mai, aus (SSYMANK 2006). Die Blütezeit liegt in Deutschland zwischen Ende Mai und Juli mit Hauptblütezeit Ende Juni/Anfang Juli (STEINGEN 1988, SSYMANK 2006). Die Samenreife tritt Mitte August bis Anfang September ein. In Abhängigkeit von Standort und Lage werden die Samen in der zweiten Septemberhälfte entlassen (QUINGER et al. 1994, 1995).

Unter den 150 Arten der Gattung *Gladiolus* mit Diversitätszentrum in Südafrika und im Mittelmeergebiet ist *G. palustris* neben der östlicher verbreiteten Art *G. imbricatus* der einzige in Mitteleuropa heimische Vertreter der Gattung (HEGI 1939, STEINGEN 1988). Als prä-alpin-submediterran-(sub)kontinentales Florenelement ist das Areal der Art auf Europa mit einem Verbreitungsschwerpunkt in Südosteuropa beschränkt (HEGI 1939, MEUSEL et al. 1965, TUTIN et al. 1980, HÖLZEL 1996a, GRIESE 1998, SSYMANK 2006). Die Höhenverbreitung reicht von der kollinen bis in die montane Stufe. In der Schweiz kommt *G. palustris* bis auf 700 m NN, in den bayerischen nördlichen Kalkalpen an wärmebegünstigten Standorten bis 1300 m NN (HÖLZEL 1996a) und in den italienischen Südalpen sogar bis 1500 m NN (SSYMANK 2006) vor.

Die deutschen Populationen befinden sich zu über 95 % in den nördlichen Kalkalpen und im bayerischen Alpenvorland (Abb. 2). Verbreitungsschwerpunkte liegen im Füssener Winkel, am mittleren und unteren Lech, im östlichen Murnauer Moos und der Loisachau, im Raum Garmisch-Partenkirchen, in der Magnetsrieder Hardt bei Weilheim und am Mesner Bichl bei Andechs. Weitere Vorkommen befinden sich bei Bad Reichenhall-Berchtesgaden (Ettenberger Buckelwiesen), bei Deggendorf (Sammerner Heide, Isarmündung), westlich Ingolstadt, an der Donau und bei Lindau am Bodensee; zudem gibt es spärliche Restbestände im Erdinger und Dachauer Moos (LfU schriftl.). Die Populationen in Südbayern sind aufgrund ihrer Größe von internationaler Bedeutung. Der heute größte Bestand liegt mit über 400.000 blühenden Individuen in den Kalkmagerrasen der Königsbrunner Heide bei Augsburg. Außerhalb Bayerns gibt es eine kleine Population im Wollmatinger Ried in Baden-Württemberg (PEINTINGER 1990, GRIESE 1998) sowie vereinzelte Wiederfunde in der Vorderpfalz (HIMMLER 1992). Ehemalige nördlichere Vorkommen in Franken, Sachsen-Anhalt und in Thüringen sind erloschen (HAEUPLER & SCHÖNFELDER 1988, STOLLE & KLOTZ 2004, ZÜNDORF et al. 2006).

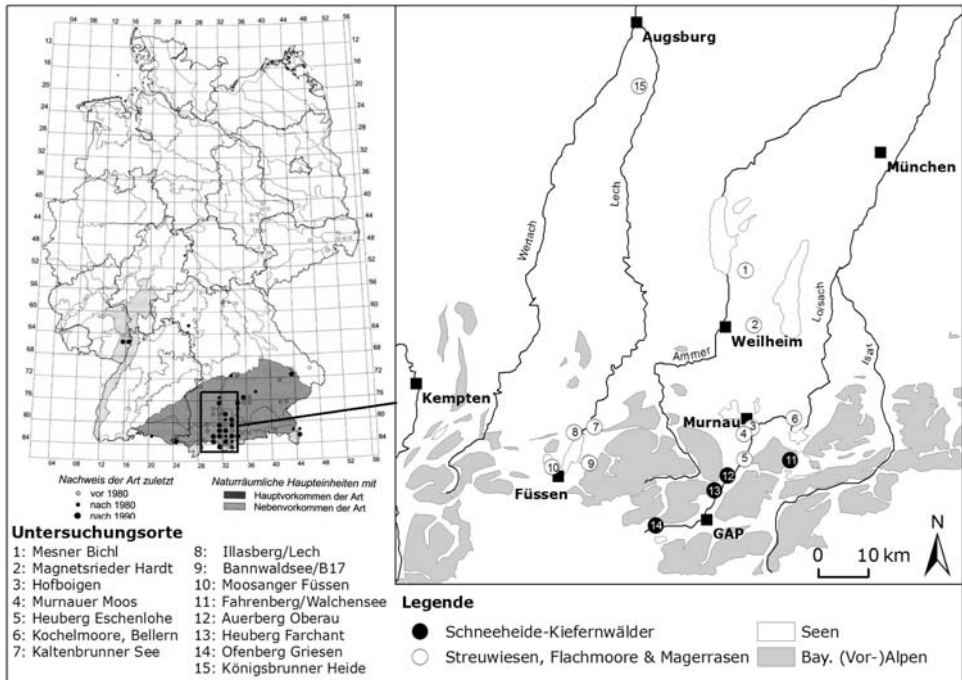


Abb. 2: Lage der Untersuchungsflächen in Südbayern und Verbreitung von *Gladiolus palustris* in Deutschland. (Verbreitungskarte von SSYMANK 2006).

Fig. 2: Study sites in southern Bavaria and distribution of *Gladiolus palustris* in Germany (Distribution map of SSYMANK 2006).

3. Untersuchungsgebiet

Die Vorkommen von *G. palustris* in Südbayern konzentrieren sich auf die nördlichen Kalkalpen, die Jungmoränenlandschaft des Alpenvorlandes sowie die nördlich daran angrenzenden fluvio-glazialen Schotterfelder (BGL 1996). Entlang der Schotterterrassen von Lech und Isar reichen sie vereinzelt bis zur Donau.

3.1. Geologie, Geomorphologie und Böden

Das Spektrum der geomorphologischen Strukturen und Substrate reicht von jungen holozänen Flussablagerungen (Lech, Loisach, Isar, Donau) über lehmige Grundmoränen der Drumlin-Landschaften (Messner Bichl, Magnetsrieder Hardt) bis hin zu Seebeckenablagerungen in den großen Zungenbecken des südlichen Alpenvorlandes. Die Vorkommen in Schneeheide-Kiefernwäldern der Kalk-Voralpen befinden sich fast durchweg in steilen Südhanglagen auf schwer verwitterndem Hauptdolomit. Alle besiedelten Substrate sind sehr nährstoffarm und in der Regel kalkhaltig. Das Spektrum an Bodentypen reicht von Rendzinen und flachgründigen Parabraunerden bis hin zu Gleyen und Niedermoortorfen. Fast alle Standorte zeichnen sich durch mehr oder weniger starke Wechselfeuchte aus.

3.2. Klima

Einhergehend mit der zunehmenden Höhenlage von Nord nach Süd nehmen die jährlichen Niederschlagssummen durch den Alpenrückstau von 750 bis 850 mm im Bereich der Königsbrunner Heide bis auf über 1500 mm bei Garmisch-Partenkirchen und am Walchensee zu. Das Niederschlagsmaximum am Alpenrand liegt bei über 200 mm im Juni (BAYKLIM 1996). Die hohen Sommerniederschläge am Alpenrand bedingen selbst auf edaphisch trockene-

nen Standorten wie skelettreichen Rendzinen einen betont wechselfeuchten Standortcharakter. Die Jahresmitteltemperaturen liegen im Bereich der Schotterplatten des nördlichen Alpenvorlandes und der warmen Seebecken bei 7–8 °C und sinken in den montanen Hanglagen der Kalkalpen auf 5–6 °C ab (BAYKLIM 1996).

Im Bereich der nördlichen Kalkalpen werden fast durchweg stark Föhn-beeinflusste Hänge besiedelt. Die trockenadiabatisch erwärmten Luftmassen mit südlicher Anströmung nutzen die größeren, meridional durchgängigen Täler als Korridore in das Alpenvorland (BAYKLIM 1996). Besonders im Frühjahr und Herbst ist an den entsprechenden Talhängen mit Schneeheide-Kiefernwald-Komplexen eine thermische Begünstigung mit hohen Verdunstungsraten zu verzeichnen (HÖLZEL 1996a).

4. Material und Methoden

4.1. Datensatz

Im Rahmen dieser Studie wurden alle verfügbaren Vegetationsaufnahmen (insgesamt 151) aus Südbayern mit Vorkommen von *G. palustris* analysiert. Neben ca. 100 eigenen Aufnahmen ist darin auch weiteres publiziertes und unpubliziertes Material anderer Autoren verarbeitet (Tab. 1). Zur Vereinheitlichung des Aufnahmesatzes war es bei Anwendung der aktuellen Nomenklatur der Gefäßpflanzen nach WISSKIRCHEN & HAEUPLER (1998) teilweise notwendig, Varietäten, Unterarten und Arten zu übergeordneten Taxa zusammenzuführen. Den Artmächtigkeitsangaben lag zumeist die erweiterte Braun-Blanquet Skala nach REICHELT & WILMANN (1973) mit folgenden Prozentmittelwerten zu Grunde: r – 1 %, + – 2 %, 1 – 3 %, 2m – 4 %, 2a – 10 %, 2b – 20 %, 3 – 38 %, 4 – 63 %, 5 – 88 %.

Feiner aufgeschlüsselte Werte wurden in diese überführt. Für die weitere Datenanalyse lagen folgende Umweltvariablen für jede Aufnahme vor: Aufnahmejahr, Höhe (m NN), Gauß-Krüger-Koordinaten, Inklination und Exposition sowie Nutzungstyp. Außerdem wurden die mittlere jährliche Niederschlagssumme der Lokalität, wie auch die mittlere jährliche Lufttemperatur aus BAYKLIM (1996) sowie die Luftlinien-Distanz zu den Alpen (Top 50 Bayern) als Umweltvariablen übernommen.

4.2. Berechnung der Mittelwerte für funktionale Merkmale

Die Berechnung der quantitativen mittleren Zeigerwerte, Nutzungswertzahlen und Strategietypenanteile erfolgte mittels der Software Tabula 5.0. Zugrunde gelegt wurde jeweils das arithmetische Mittel der Zeigerwerte als Lagemaß, die Gewichtung wurde über die den jeweiligen Stufen der Braun-Blanquet-Skala zugewiesenen Prozentwerte vorgenommen.

Tabelle 1: Übersicht über die verwendeten Vegetationsaufnahmen ($n_{\text{Aufnahmen}} = 151$)

Table 1: Overview of the analysed vegetation relevés ($n_{\text{relevés}} = 151$)

Anzahl	Jahr	Ort	Quelle
47	2007	14 Wuchsorte im bayerischen Alpenvorland und am Alpenrand	Schmitt (2008)
14	1999	Mesner Bichl und Magnetsrieder Hardt	QUINGER (2003)
14	1996	Alpenrand (Schneeheide-Kiefernwälder)	HÖLZEL (1996a)
39	1995	Bayerisches Alpenvorland	HÖLZEL (schriftl., unveröffentl.)
2	1993	Fahrenbergkopf/Walchensee	MAIER (schriftl., unveröff.)
4	1993	Mesner Bichl	GÖTZ (schriftl., unveröffentl.)
1	1987	Kochelsee Moor	WALENTOWSKI (schriftl., unveröffentl.)
6	1985	Moosanger/Füssen	STEINGEN (1989)
19	1983–1990	Königsbrunner Heide	MÜLLER (1991)
5	1974	Magnetsrieder Hardt	PREISS (1974)

Die Zeigerwertangaben entstammen ELLENBERG et al. (2001), die Angaben zu den Nutzungswertzahlen BRIEMLE & ELLENBERG (1994) sowie DIERSCHKE & BRIEMLE (2002). Die Arealtypen wurden OBERDORFER (2001) entnommen. Die Strategietypen wurden ausschließlich für die in GRIME et al. (2007) aufgelisteten Arten berechnet. Dabei konnten 45 % des Gesamtartenpools und durchschnittlich 42 % (11–72 %) der Arten pro Aufnahme einer Grime-Kategorie zugeordnet werden. Um die Position der Arten mit Strategietyp, besonders auch der Arten mit sekundären und intermediären Strategietypen, im Grime-Dreiecksmodell gleichwertig als kontinuierliche Variablen mit Anteilen von Konkurrenz (C), Stress (S) und Störung (R) darstellen zu können, wurde entsprechend der Methode bei ECKE & RYDIN (2000), EJRNAES & BRUUN (2000) und HÖLZEL (2003) jeder Art für C, S und R ein numerischer Wert zugeordnet.

4.3. TWINSPAN-Analyse und Tabellenarbeit

Da ein deutlicher Hauptgradient (nahezu gleichgerichteter Feuchte- und Nutzungsgradient) im Datensatz vorhanden ist, wurde die Klassifikation der Aufnahmen mit Hilfe des divisiven TWINSPAN-Verfahrens (Programmpaket PC-Ord 5) durchgeführt (HILL 1979, BELBIN & MCDONALD 1993, JONGMAN et al. 1995, LEYER & WESCHE 2007). Die in Deckungswerte überführten Artdaten gingen wurzeltransformiert und maskiert, d. h. mit Entfernung der Arten, die in weniger als 5 % der Aufnahmen vorkamen (McCUNE & GRACE 2002), in die Analyse ein. Es wurden neun *pseudo species cut levels* (für jede Deckungswertskalenstufe ein Level) gesetzt, sowie die maximale Anzahl von Indikatorarten auf zehn, die Anzahl an Teilungsebenen bis zum Stopp der Analyse auf zwei begrenzt und ein Verzicht auf Teilung von Gruppen mit weniger als drei Aufnahmen festgelegt (LEYER & WESCHE 2007).

Als Kriterium für Differenzialarten galten die Regeln nach DENGLE & BERG (2001). Außerdem durfte eine Differenzialart in der vorliegenden Studie im Vergleichssyntaxon nur eine maximale Stetigkeit von 40 % annehmen. Weiterhin musste sie in dem durch sie differenzierten Syntaxon eine Mindeststetigkeit von 15 % aufweisen.

Die syntaxonomische Einordnung der Vegetationsaufnahmen folgt für das *Molinion* BURKART et al. (2004), für das *Erico-Pinion* HÖLZEL (1996b) und für die weiteren Verbände OBERDORFER (1993a, 1993b). Die Nomenklatur der pflanzensoziologischen Klassen, Ordnungen und Verbände orientiert sich an RENNWALD (2000), die der Assoziationen an den genannten Referenzwerken.

4.4. Indicator Species Analysis (ISA)

Mit Hilfe der Indicator Species Analysis (ISA, Softwarepaket PC-Ord 5; DUFRENE & LEGENDRE 1997, McCUNE & GRACE 2002, LEYER & WESCHE 2007) konnten für die vorher festgelegten Aufnahmegruppen Indikatorarten ermittelt werden. Es ging zunächst die höchste Anzahl an Gruppen in die Analyse ein. Für Arten mit gruppenübergreifender Verbreitung wurden die entsprechenden Gruppen zusammengefasst und gegen alle weiteren Einzelgruppen analysiert. Die Artmächtigkeiten wurden zuvor wurzeltransformiert.

4.5. Ordination

Die Gradientenanalysen wurden mit Hilfe des Programmpakets CANOCO für Windows 4.5 durchgeführt (LEPŠ & ŠMILAUER 2003). Eine DCA zur Modellentscheidung (*detrending by segments*) erbrachte Gradientenlängen von 3,124 SD-Einheiten. Somit ist von einer unimodalen Verteilung der Arten auszugehen und die DCA (HILL & GAUCH 1980) als adäquates Verfahren der indirekten Gradientenanalyse anzusehen (JONGMAN et al. 1995, LEYER & WESCHE 2007). Die prozentualen Artmächtigkeitsangaben wurden wurzeltransformiert, um einen übermäßigen Einfluss von Arten mit hoher Deckung zu vermeiden und stete, aber mit geringer Deckung vorkommende Arten höher zu gewichten (VAN DER MAAREL 1979). Analog zur TWINSPAN-Analyse wurden Arten mit einer Stetigkeit von weniger als 5 % aus dem Datensatz entfernt (McCUNE & GRACE 2002, LEYER & WESCHE 2007). Als Interpretationshilfe wurden Umweltvariablen als Overlay hinzugefügt. Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten zwischen den Achsenwerten und den Umweltdaten der Aufnahmen spiegeln die Bedeutung der einzelnen Variablen für die Interpretation der Varianz im Datensatz wider. Da die Aufnahmen einen größeren geographischen Raum abdecken, spielt neben der durch lokale Standortvariablen erklärten Varianz auch die durch die Lage – besonders entlang eines Nord-Süd-Gradienten – erklärable Variabilität eine bedeutende Rolle. Es wurde daher zusätzlich eine partielle DCA (LEGENDRE & LEGENDRE 2004, LEYER & WESCHE 2007) mit der durchschnittlichen jährlichen Niederschlagssumme, der Lufttemperatur, dem Gauß-Krügerwert und der Distanz zu den Alpen als Kovariablen durchgeführt.

4.6. ANOVA

Signifikante Unterschiede der mittleren Zeigerwerte zwischen den Gruppen der TWINSPAN-Analyse wurde mit Hilfe einer einfaktoriellem Varianzanalyse getestet. Waren die Voraussetzungen der Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Test) und Varianzhomogenität (Levene-Test) gegeben, folgte eine ANOVA mit Tukey-Test für ungleiche Stichprobengrößen als post-hoc-Test. Konnten auch durch Logarithmus- oder Wurzeltransformation sowie bei prozentualskalierten Variablen mit ArcSin-Transformation (SOKAL & ROHLF 1995) keine Normalverteilung und Varianzhomogenität hergestellt werden, wurde auf den Kruskal-Wallis-H-Test zurückgegriffen. Bei signifikanten Unterschieden schlossen sich multiple Vergleiche mittels Mann-Whitney-U-Test und Bonferroni-Korrektur an (SOKAL & ROHLF 1995). Die Berechnung der Korrelationskoeffizienten wurde mit SPSS 16.0, die Teststatistik mit STATISTICA 8 durchgeführt.

5. Ergebnisse

5.1. Floristische Differenzierung

Die Tabellensortierung und Indicator Species Analysis ergibt fünf durch Artenblöcke gekennzeichnete Hauptgruppen (Tab. 2, 3, 4 und 5 im Anhang). Die Gruppen entsprechen den pflanzensoziologischen Verbänden des *Caricion davallianae* (*Car dav*), *Molinion caeruleae* (*Mol*), *Bromion erecti* (*Brom*) und *Erico-Pinion* (*Eri-Pin*). Beim *Bromion* können zudem zwei geographische Ausprägungen unterschieden werden. Der Gruppe des Alpenrandes und Alpenvorlandes stehen die durch (sub-)kontinental verbreitete Arten geprägten Bestände der alpenferneren Königsbrunner Heide (Kön H) gegenüber. Zur *Caricion davallianae*-Gruppe wurden auch Aufnahmen mit Dominanz von *Schoenus ferrugineus* und ansonsten geringer Artenzahl gestellt.

5.1.1. Verbände

Die Indikatorartenanalyse (Tab. 2) ergibt als differenzierende Arten für das *Caricion davallianae* die Verbandscharakterarten *Carex hostiana*, *Eriophorum latifolium* und *Tofieldia calyculata*. An *Scheuchzerietalia*-Ordnungskennarten treten *Carex davalliana*, *Juncus alpinus* und *Primula farinosa* in dieser Gruppe höchstet auf. Nässemeidende Arten wie *Anthericum ramosum*, *Carex sempervirens*, *Galium verum* s.str. und *Lotus corniculatus* agg. treten demgegenüber deutlich zurück; *Bromus erectus* fehlt den *Caricion*-Beständen gänzlich.

Der Großteil der Aufnahmen kann dem *Schoenetum ferruginei* mit *Schoenus ferrugineus* als Bestandsbildner zugeordnet werden (Tab. 3). Drei Aufnahmen mit höherer Deckung von *Carex davalliana* sind pflanzensoziologisch als *Caricetum davallianae* einzustufen. Die Aufnahmen mit *Schoenus nigricans* können zum *Juncus subnodulosi-Schoenetum nigricantis* gestellt werden.

Als Indikatorarten für das *Molinion* (Abb. 3) gehen die *Molinietalia*-Ordnungscharakterart *Equisetum palustre* und die *Molinio-Arrhenatheretea*-Klassencharakterart *Colchicum autumnale* sowie *Pimpinella major* subsp. *major* hervor (Tab. 2). Daneben kommen in den Untersuchungsflächen die *Molinietalia*-Ordnungscharakterarten *Deschampsia cespitosa*, *Angelica sylvestris* und *Silaum silaus* sowie die Arten des frischen Grünlandes *Galium mollugo* s. str. und *Ranunculus acris* schwerpunktmäßig im *Molinion* vor (Tab. 3).

Als *Molinietum caeruleae*, Ausbildung mit *Cirsium tuberosum*, zu der der überwiegende Teil der Bestände zählt, werden Aufnahmen mit hoher Deckung von *Cirsium tuberosum* und einer Garnitur an Arten der Kalkmagerrasen wie *Brachypodium rupestre*, *Galium verum* agg., *Koeleria pyramidata* oder *Prunella grandiflora* eingestuft (Tab. 3). Eine einzelne Aufnahme mit mäßiger Deckung von *Laserpitium prutenicum* und *Allium suaveolens* entspricht der Ausbildung von *Allium suaveolens* (BURKART et. al. 2004). Die restlichen Aufnahmen sind dem kennartenlosen, submontan bis montan verbreiteten *Molinietum caeruleae* zu zuordnen. Sowohl für die Ausbildung mit *Cirsium tuberosum* als auch die kennartenlose Ausbildung des *Molinietum caeruleae* kann für einen Teil der Bestände eine präalpine Ausbildung mit den Differentialarten *Gentiana asclepiadea*, *Phyteuma orbiculare* subsp. *orbiculare*, *Rhinanthus glacialis*, *Bistorta vivipara*, *Astrantia major*, *Trollius europaeus* und *Veratrum album* ausgedehnt werden.



Abb. 3: *Molinion*-Streuweise mit *Gladiolus palustris* in der Loisachau (Hofboigen Nähe Murnauer Moos; B. Schmitt 2007).

Fig. 3: *Molinion* straw meadow with *Gladiolus palustris* in the Loisach floodplain (Hofboigen near the Murnauer Moss; B. Schmitt 2007).

Das *Bromion* des Alpenvorlandes und -randes (Abb. 4) ist gekennzeichnet durch die *Festuco-Brometea*- bzw. *Bromion*-Charakterarten *Euphorbia verrucosa* und *Sanguisorba minor* subsp. *minor* (Tab. 2). Eine besonders starke Indikatorart für diese Gruppe ist *Carex montana*. Auch die Frischwiesenarten *Plantago media* und *Knautia arvensis* s.str. sowie die *Molinion*-Verbandskennart *Scorzonera humilis* sind im vorliegenden Aufnahmematerial typisch für das *Bromion* (Tab. 2).

Die Aufnahmen können zwei Gesellschaften zugeordnet werden. Bestände des *Bromion* mit Dominanz von *Carex sempervirens* im südlichen Alpenvorland und den Tälern der Kalkalpen mit deutlichem Zurücktreten der Gräser *Bromus erectus* und *Brachypodium pinnatum* bzw. im Alpenvorland *B. rupestre* entsprechen dem *Carlino-Caricetum sempervirentis* (vgl. QUINGER et al. 1994, QUINGER 2005). Eine Besonderheit der Assoziation ist der hohe Anteil an dealpinen und präalpinen Arten – darunter im vorliegenden Aufnahmematerial Arten der *Erico-Pinetea*, *Elyno-Seslerietea* und *Trifolio-Geranietea*. Derartige Bestände



Abb. 4: *Bromion*-Bestand mit *Gladiolus palustris* in der Magnetsrieder Hardt bei Weilheim (B. Schmitt 2007).

Fig. 4: *Bromion* stand with *Gladiolus palustris* in the Magnetsrieder Hardt near Weilheim (B. Schmitt 2007).



Abb. 5: Artenarmer Lavinarrasen mit *Gladiolus palustris* (*Calamagrostio-Pinetum sylvestris*) am Ofenberg bei Griesen westlich Garmisch-Partenkirchen (B. Schmitt 2007).

Fig. 5: Species-poor stand of a *Calamagrostio-Pinetum sylvestris* with *Gladiolus palustris* at the Ofenberg near Griesen west of Garmisch-Partenkirchen (B. Schmitt 2007).

leiten zum *Erico-Pinion* über. Demgegenüber können grasdominierte Bestände mit einer Reihe von de- und präalpinen Arten wie *Brachypodium rupestre*, *Buphthalmum salicifolium*, *Polygala chamaebuxus* und *Phyteuma orbiculare* subsp. *orbiculare* als ***Brachypodium rupestre-Bromus erectus*-Gesellschaft**, einer präalpin-montanen Form des *Brometum*, eingestuft werden (vgl. QUINGER 2005).

Das *Bromion* der Königsbrunner Heide hebt sich durch Arten mit (gemäßigt) kontinentalem oder submediterrane Arealtyp ab: *Equisetum ramosissimum*, *Reseda lutea*, *Chamaecytisus ratisbonensis*. Die *Festucetalia*-Ordnungscharakterarten *Scabiosa canescens* und *Thesium linophyllum* kommen ebenfalls nur hier vor (Tab. 2). Besonders gute Indikatoren für diese Gruppe sind außerdem *Inula hirta*, *Peucedanum oreoselinum* und *Asperula tinctoria*. *Elyno-Seslerietea*- und *Trifolia-Geranietea*-Arten sind hier häufiger vertreten als im *Bromion* des Alpenvorlandes. Auch diese Aufnahmen sind überwiegend der *Brachypodium rupestre-Bromus erectus*-Gesellschaft zuzuordnen. Die hohe Stetigkeit und Artmächtigkeit von *Carex humilis* in diesen Aufnahmen spricht für Übergänge zum *Pulsatillo-Caricetum humilis* (MÜLLER 1991).

Die **Schneeheide-Kiefernwälder** sind durch eine hohe Anzahl an *Erico-Pinetea*- und *Geranion sanguinei*-Arten differenziert. Zur ersten Gruppe zählen *Amelanchier ovalis*, *Epipactis atrorubens*, *Erica carnea*, *Leontodon incanus*, *Polygala chamaebuxus* sowie die *Calamagrostio-Pinetum*-Charakterart *Festuca amethystina* subsp. *amethystina*, die gänzlich auf die Schneeheide-Kiefernwälder beschränkt bleibt (Tab. 2). Differenzierende thermophile Saumarten sind u. a. *Laserpitium siler*, *Polygonatum odoratum* und *Vincetoxicum hirundinaria*. Auch *Elyno-Seslerietea*-Charakterarten wie *Galium anisophyllum*, *Globularia cordifolia* und *Thymus praecox* subsp. *polytrichus* sind eng an die *Erico-Pinion*-Standorte gebunden.

Die Schneeheide-Kiefernwaldbestände mit *G. palustris* sind als „Gras-Kiefernwald“ mit *Molinia caerulea* agg., *Anthericum ramosum*, *Calamagrostis varia*, *Carex flacca*, *C. humilis*, *C. montana*, *C. sempervirens*, *Festuca amethystina* subsp. *amethystina* und *Sesleria varia* bzw. als ***Calamagrostio-Pinetum*** (HÖLZEL 1996a) anzusprechen (Abb. 5). Die mit den Schneeheide-Kiefernwäldern Komplexe bildenden, floristisch heterogenen Lückerrasen mit in der Regel individuenreicheren Sumpf-Siegwurz-Vorkommen können als Lichtphase des *Calamagrostio-Pinetum* bezeichnet werden (HÖLZEL 1996a). Als Differenzialarten treten *Gentiana utriculosa*, *Helianthemum nummularium* subsp. *obscurum*, *Linum viscosum*, *Allium carinatum* und *A. montanum* auf.

5.1.2. Übergänge zwischen den Verbänden

Bezeichnend für die *G. palustris*-Wuchsorte ist weniger die scharfe Abgrenzung der pflanzensoziologisch definierten Gruppen als vielmehr ein Übergreifen von Arten über mehrere Einheiten sowie die negative Charakterisierung einiger Gruppen in Abhängigkeit von Klima-, Standort- und Nutzungsverhältnissen. So sind die Aufnahmen des *Caricion davallianae* und *Molinion* über einen Artenblock an Feuchte-, Nässe- und Wechselwasserzeigern verbunden (*Carex panicea*, *Epipactis palustris*, *Gentiana asclepiadea*, *Lysimachia vulgaris*, *Phragmites australis*) (Tab. 2).

Besonders fließend sind die floristischen Übergänge zwischen *Molinion*- und *Bromion*-Aufnahmen. Sie haben einen hohen Anteil an gemeinsamen Arten, darunter *Festuco-Brometea*-Arten wie *Trifolium montanum* (Tab. 2) und *Pimpinella saxifraga* (Tab. 3, Tab. 4). Auch einige Versauerung anzeigende *Violion*-Arten wie *Arnica montana* und *Polygala vulgaris* s. l. (Tab. 2) zählen hierzu. Überwiegend handelt es sich aber um mesophytische Arten des frischen Wirtschaftsgrünlandes wie *Plantago lanceolata*, *Dactylis glomerata* s. str., *Lathyrus pratensis* sowie die präalpine Art *Rhinanthus glacialis*.

Die *Festuco-Brometea*-Arten *Anthyllis vulneraria* s. l., *Centaurea scabiosa* subsp. *scabiosa*, *Helianthemum nummularium* subsp. *obscurum* und *Hippocrepis comosa* bleiben dagegen auf die *Bromion*- und *Erico-Pinion*-Bestände beschränkt und grenzen somit das *Bromion* vom *Molinion* ab. Zu dieser Artengruppe zählen auch *Buphthalmum salicifolium* (*Erico-Pinion*) und *Carlina acaulis* (*Elyno-Seslerietea*).

Einige Arten weisen ein Schwerpunktorkommen im teilweise schwach verbrachten *Bromion* des Alpenvorlandes und im ungenutzten *Erico-Pinion* auf. Es handelte sich hierbei um die *Trifolio-Geranietae*-Arten *Peucedanum cervaria* und *Viola hirta*, einige *Erico-Pinion*-Arten wie *Thesium rostratum* sowie *Globularia nudicaulis* (*Elyno-Seslerietea*) oder Brachen bevorzugende *Bromion*-Arten wie *Linum viscosum*.

Ausgesprochene Xerotherm-Arten wie *Carex humilis* und *Teucrium montanum* erreichen signifikant höhere Stetigkeiten und Abundanzen in den nördlichen *Bromion*-Flächen der Königsbrunner Heide sowie in den wärmebegünstigten Schneeheide-Kiefernwäldern.

Ein Artenblock kennzeichnet die Bestände am Alpenrand und im Alpenvorland, tritt jedoch in den unter dem Einfluss eines relativ trockeneren und wärmeren Klimas stehenden *Bromion*-Flächen der Königsbrunner Heide deutlich zurück. Hierzu zählen u. a. *Potentilla erecta*, *Galium boreale*, *Phyteuma orbiculare* subsp. *orbiculare*, *Sesleria albicans* und *Succisa pratensis*.

5.1.3. Häufigste Begleiter von *Gladiolus palustris*

Die an nahezu allen Wuchsorten mit *G. palustris* auftretenden Arten (Stetigkeit 80–100 % über alle 151 Aufnahmen) sind *Anthericum ramosum*, *Brachypodium rupestre*, *Briza media*, *Carex flacca*, *C. sempervirens*, *Galium boreale*, *G. verum* agg., *Lotus corniculatus* agg., *Linum catharticum*, *Molinia caerulea* agg., *Potentilla erecta* und *Prunella grandiflora* (Tab. 3, 4, 5). Es handelt sich um stickstoffärmste bis stickstoffarme und basenreiche Standorte anzeigende Arten, die mittlere Feuchteverhältnisse bevorzugen oder sich gegenüber der Feuchte indifferent verhalten.

5.2. Nutzung

Der Einfluss der Nutzung spiegelt sich deutlich in der Artenzusammensetzung der untersuchten *Gladiolus*-Vorkommen wider. *Brachypodium rupestre*, *Briza media*, *Cirsium tuberosum*, *Danthonia decumbens* und *Festuca ovina* agg. sind mit Mahdzahlen von 4 bis 6 als Extensivnutzungszeiger in den genutzten Beständen signifikant häufiger präsent als in den brachliegenden *Erico-Pinion*-Aufnahmeflächen (Tab. 2). *Koeleria pyramidata*, *Leucanthemum vulgare* agg. sowie *Filipendula vulgaris* und *Helictotrichon pratense* fehlen den Brachen und Schneeheide-Kiefernwäldern fast ganz. Auch *G. palustris* – obwohl in allen Aufnahmen vorhanden – weist einen signifikant höheren Indikatorwert für die genutzten Bestände auf (Tab. 2).

Die genutzten Flächen im Alpenvorland sind, abgesehen von den Aufnahmen der Königsbrunner Heide, mit einer Reihe regelmäßigen Schnitt ertragender, etwas nährstoffanspruchsvollerer Grünlandarten ausgestattet. Dazu zählen unter anderem *Agrostis capillaris*, *Anthoxanthum odoratum* s.str., *Centaurea jacea* subsp. *jacea*, *Prunella vulgaris*, *Ranunculus nemorosus* und *Sanguisorba officinalis* (Tab. 2).

Als Brachezeiger kann eine Reihe von *Trifolio-Geranietae*-Arten mit hohen Indikatorwerten für die Gruppe der *Erico-Pinion*-Aufnahmen bzw. der *Bromion*- und *Erico-Pinion*-Aufnahmen gewertet werden. *Laserpitium siler*, *Thesium rostratum*, *Peucedanum cervaria*, *Polygonatum odoratum*, *Linum viscosum*, *Vincetoxicum hirundinaria*, *Geranium sanguineum*, *Globularia nudicaulis* und *Viola hirta* gehören zu dieser Gruppe (Tab. 2 und 4). Daneben ist die Dominanz einzelner Arten für Brachen typisch. Obwohl *Molinia caerulea* agg. in nahezu allen Beständen vertreten ist, wird sie aufgrund ihrer hohen Deckung als Indikatorart für die *Erico-Pinion*-Bestände ausgegeben (Tab. 2). Auch die Dominanz von *Schoenus ferrugineus* und *S. nigricans* in den Kalkflachmooren oder moorigen Rutschrinne der Schneeheide-Kiefernwälder lässt auf unregelmäßige oder keine Nutzung schließen. Die brachliegenden Bestände weisen zudem einen hohen Anteil an Gehölzjungwuchs von *Ame-lanchier ovalis*, *Frangula alnus* und *Sorbus aria* agg. auf.

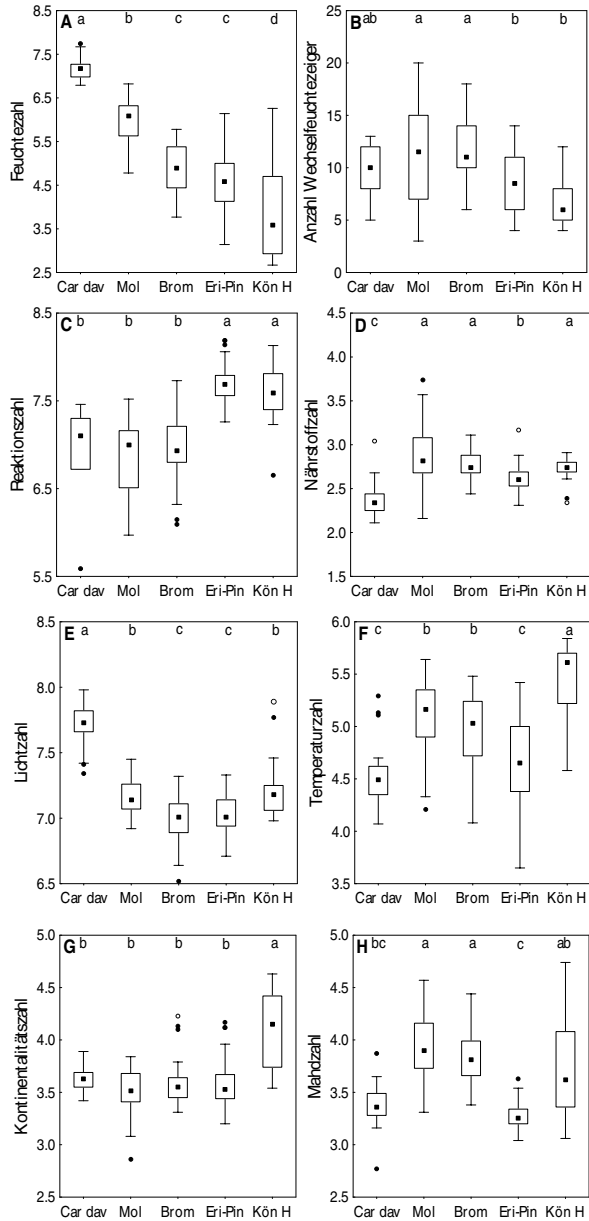


Abb. 6: Vergleich der mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerte, der Mahdzahl und des mittleren Anteils an Wechselfeuchtezeigern für die Gefäßpflanzen. $n_{\text{Aufnahmen}} = 151$ ($n_{\text{Car dav}} = 17$, $n_{\text{Molinion}} = 34$, $n_{\text{Bromion}} = 39$, $n_{\text{Erico-Pinion}} = 42$, $n_{\text{Kön Heide}} = 19$); kategoriale Variable = Verband; dargestellt sind Median (Quadrate), Interquartilsabstand (Box), Maximum und Minimum (Whisker), Ausreißer (ausgefüllte Punkte), Extremwerte (leere Punkte); unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede auf dem Niveau $p < 0,05$.

Fig. 6: Comparison of weighted mean Ellenberg indicator values, mowing indicator value and mean portion of indicators of changing moisture for all vascular plants. $n_{\text{relevés}} = 151$ ($n_{\text{Car dav}} = 17$, $n_{\text{Molinion}} = 34$, $n_{\text{Bromion}} = 39$, $n_{\text{Erico-Pinion}} = 42$, $n_{\text{Kön Heide}} = 19$); categorical variable = alliance. Shown are median (quadrates), interquartile distance (box), maximum and minimum (whisker), outlier (filled circles), extreme values (empty circles); different letters indicate significant differences at $p < 0.05$.

5.3. Beziehung zwischen Standort und Vegetation

5.3.1. ANOVA für Zeigerwerte, Strategietypen und Artenzahl

Die ökologische Differenzierung der Hauptvegetationstypen wird besonders deutlich anhand der mittleren Feuchtezahl (Abb. 6 A). Die Feuchtezahl nimmt mit einem Mittelwert von $7,2 \pm 0,3$ im *Caricion davallianae* kontinuierlich über das *Molinion*, *Bromion* und *Erico-Pinion* bis hin zu den Beständen der Königsbrunner Heide (Mittelwert $3,9 \pm 1,2$) ab. Das *Molinion* und *Bromion* zeichnet sich durch eine signifikant höhere Anzahl an Wechselfeuchtezeigern (Mittelwerte 12 ± 5 bzw. 12 ± 3) aus (Abb. 6 B). Die aus den Aufnahmen der Schneeheide-Kiefernwälder und der Königsbrunner Heide berechneten Reaktionszahlen (Mittelwert $7,7 \pm 0,2/7,6 \pm 0,3$) liegen deutlich über den Werten der anderen Gruppen (Abb. 6 C). Die Nährstoffzahl ist in den Beständen der Streuwiesen ($2,9 \pm 0,4$), Kalkmagerasen ($2,8 \pm 0,2$) und Königsbrunner Heide ($2,7 \pm 0,1$) signifikant höher als in den Kalkflachmooren ($2,4 \pm 0,2$) und Schneeheide-Kiefernwäldern ($2,6 \pm 0,2$) (Abb. 6 D). Die Lichtzahl der Kalkflachmoore ist signifikant höher als in den restlichen Beständen und liegt am niedrigsten im *Bromion* und *Erico-Pinion* (Abb. 6 E). Die Bestände der Königsbrunner Heide zeichnen sich durch signifikant höhere Temperatur- und Kontinentalitätszahlen aus (Abb. 6 F, G). Besonders niedrig liegt die Temperaturzahl dagegen in den Kalkflachmooren. Der Einfluss der Mahd spiegelt sich durch hohe Mahdzahlen im *Molinion* und *Bromion* wider (Abb. 6 H). Auf relativ niedrigem Niveau liegen die Mahdzahlen nicht nur in den Schneeheide-Kiefernwäldern, sondern auch in den Kalkflachmooren.

Alle Vegetationstypen zeichnen sich durch einen hohen Anteil an stressertragenden und mäßig konkurrenzstarken Arten aus (Abb. 7). Besonders hoch ist der Anteil stressadaptierter Arten in der Königsbrunner Heide. Im *Molinion* liegt der Anteil stresstoleranter Arten signifikant unter den Werten der anderen Verbände. Dagegen hat hier die Konkurrenzstrategie unter den Arten recht hohe Bedeutung. Ein etwas höherer Anteil an Ruderal-Strategen findet sich im *Molinion* und im *Bromion* der Königsbrunner Heide.

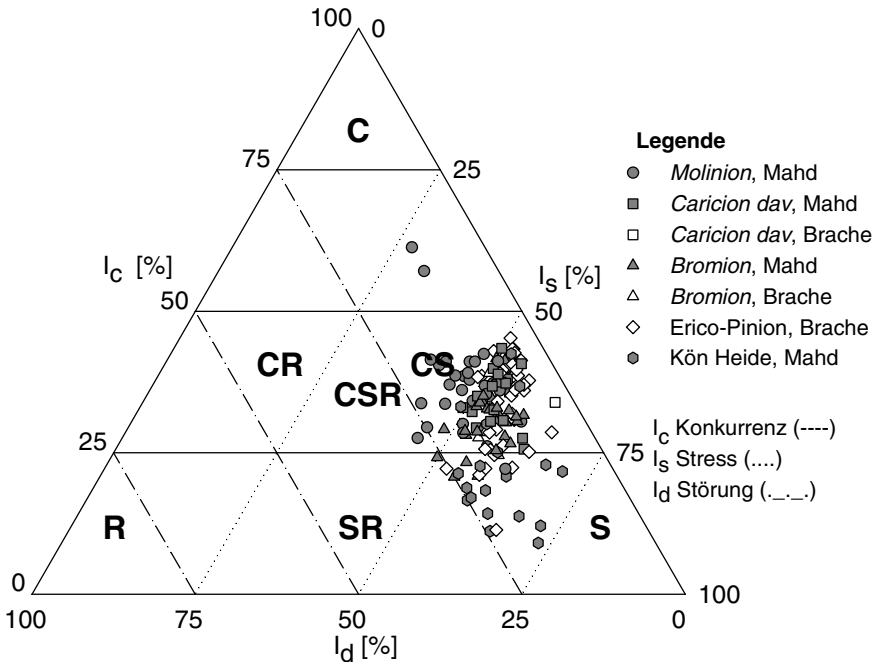


Abb. 7: Lage der Aufnahmen im Grime-Dreiecksmodell der Konkurrenz (C)-, Ruderal (R)- und Stresstoleranz (S)-Strategien. $n_{\text{Aufnahmen}} = 151$.

Fig. 7: Position of relevés in the Grimes model of C, R, and S strategists. $n_{\text{relevés}} = 151$.

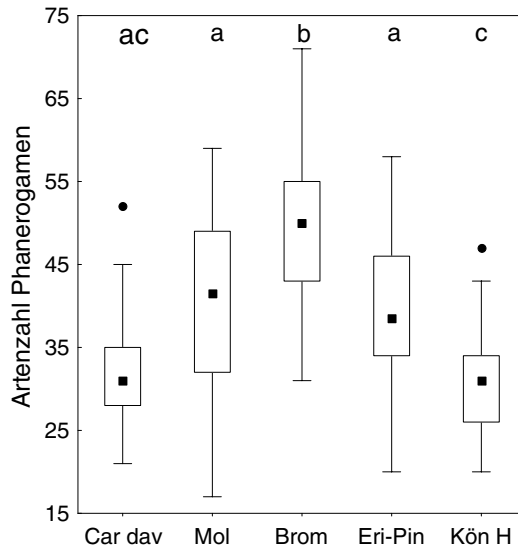


Abb. 8: Vergleich der Artenzahl zwischen den Verbänden. $n_{\text{Aufnahmen}} = 151$ ($n_{\text{Car dav}} = 17$, $n_{\text{Molinion}} = 34$, $n_{\text{Bromion}} = 39$, $n_{\text{Erico-Pinion}} = 42$, $n_{\text{Kön Heide}} = 19$); dargestellt sind Median (Quadrate), Interquartilsabstand (Box), Maximum und Minimum (Whisker), Ausreißer (ausgefüllte Punkte), Extremwerte (leere Punkte); unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede auf dem Niveau $p < 0,05$.

Fig. 8: Comparison of species richness across alliances. $n_{\text{relevés}} = 151$ ($n_{\text{Car dav}} = 17$, $n_{\text{Molinion}} = 34$, $n_{\text{Bromion}} = 39$, $n_{\text{Erico-Pinion}} = 42$, $n_{\text{Kön Heide}} = 19$); median (quadrats), interquartile distance (box), maximum and minimum (whisker), outlier (filled circles) and extreme values (empty circles) are shown; different letters indicate significant differences at $p < 0.05$.

Im *Bromion* (Mittelwert 49, Maximum 71) sind die Artenzahlen am höchsten. Im *Molinion* und *Erico-Pinion* sind durchschnittlich 40 Arten erfasst. Die Aufnahmen des *Caricion davallianae* und *Bromion* der Königsbrunner Heide sind mit durchschnittlich 33 bzw. 31 Arten etwas artenärmer (Tab. 2, Abb. 8).

5.3.2. Ordination

Mit einem Eigenwert von 2,593 im Datensatz erklärt die erste Achse der DCA 12,1 % der Varianz der Artdaten, die zweite Achse 7,1 % (Tab. 6). Das Entfernen des geographischen Einflusses über die Variablen Lufttemperatur, Distanz zu den Alpen, jährliche Niederschlagssumme und Gauß-Krügerwert durch partielle Analyse führte bei gleich bleibender Gesamtvarianz zu einem Absinken des Eigenwertes auf 2,259. Die Achsen erklären nun 10,9 % (erste Achse) und 16,7 % (zweite Achse) (Tab. 6). Ohne den Einfluss der geographischen Lage erklärt die zweite Achse somit einen deutlich höheren prozentualen Varianzanteil. Die Standortvariablen Meereshöhe, Anteil an der Konkurrenz-Strategie sowie die gewichtete mittlere Temperaturzahl erreichen nach partieller Ordination keine signifikanten Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten über |0,4|, während die mittlere gewichtete Lichtzahl hinzukommt.

Die Ordination führt zu einer Gruppierung der Aufnahmen nach Verbandszugehörigkeit (Abb. 9 A). Dabei liegen die genutzten Bestände des *Caricion*, *Molinion* und *Bromion* mit fließenden Übergängen dicht beieinander. Die *Bromion*-Aufnahmen der Königsbrunner Heide und die brachliegenden *Erico-Pinion*-Bestände sind deutlich abgesetzt. Nach partieller Analyse sind die Aufnahmen der Königsbrunner Heide im Bereich der Schneeheide-Kiefernwälder angeordnet (Abb. 9 B). Insgesamt verringert sich der Abstand zwischen den genutzten und ungenutzten Beständen. Die Übergänge sind fließend.

Tabelle 6: Bedeutung der DCA-Achsen sowie Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten (r_s) zwischen den ersten beiden Achsen und ausgewählten Standort-Variablen

$n_{\text{Aufnahmen}} = 151$; Ellenberg-Zeigerwerte, Mahdverträglichkeitszahl, C-S-R-Strategietypen-Anteile gingen als gewichtete Mittelwerte ein; aufgenommen wurden nur Variablen mit $r_s \geq |0,4|$ für mindestens eine Achse (Fettdruck); * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$, ns: nicht signifikant.

Table 6: Importance of the DCA axes and Spearman's rank correlation coefficient between the first two axes and a subset of site variables

$n_{\text{relevés}} = 151$; Ellenberg indicator values, the mowing indicator value and C-S-R strategy proportions were used as weighted means; only variables with $r_s \geq |0,4|$ for at least one axis (in bold) are shown; * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$, ns: not significant.

	Achse 1		Achse 2	
	gesamt	partiell	gesamt	partiell
Erklärte Varianz [%]	12,1	10,9	7,1	16,7
Jährliche Niederschlagssumme [mm/a] (Niederschlag)	0,199*	-	-0,600**	-
Jährliche mittlere Lufttemperatur [°C] (Lufttemperatur)	-0,330**	-	0,599**	-
Distanz zu Alpen	-0,250**	-	0,588**	-
Gauß-Krüger-Hochwert	-0,206*	-	0,556**	-
Meereshöhe [m NN]	0,263**	< 0,4 ns	-0,610**	< 0,4 ns
Inklination [°]	0,550**	0,403**	-0,546 ns	-0,208*
Mahdverträglichkeitszahl (MAHD)	-0,498 ns	-0,201*	0,567**	0,577**
Konkurrenz	-0,191*	< 0,4	-0,395**	< 0,4
Stress	0,420**	0,442**	0,046 ns	-0,196*
Störung	-0,088 ns	0,145	0,530**	0,527**
Lichtzahl (L)	< 0,4	-0,447**	< 0,4	-0,260**
Temperaturzahl (T)	-0,020 ns	< 0,4 ns	0,754**	< 0,4 ns
Feuchtezahl (F)	-0,807	-0,867*	-0,325**	-0,239**
Reaktionszahl (R)	0,736**	0,447**	-0,193*	-0,383**
Nährstoffzahl (N)	-0,094 ns	-0,033 ns	0,472**	0,528**
Anteil Wechselfeuchtezeiger [%] (F~)	-0,571**	-0,494**	0,052 ns	-0,039

Die erste Achse spiegelt einen Feuchte- und Bodenreaktionsgradienten wider: Von den *Caricion davallianae*-Aufnahmen über die *Molinion*- hin zu den *Bromion*- und *Erico-Pinion*-Beständen nehmen die mittlere gewichtete Feuchtezahl (Korrelationskoeffizient $r_s = -0,81$) sowie der Anteil an Wechselfeuchtezeigern ($r_s = -0,57$) stetig ab (Abb. 9 A, Tab. 6). Die mittlere gewichtete Reaktionszahl steigt mit einer Achsenkorrelation von 0,74 zu den Schneeheide-Kiefernwäldern auf flachgründigen Dolomit-Rendzinen deutlich an. In Richtung der *Molinion*-, *Bromion*- und *Caricion davallianae*-Bestände nehmen die Mahdzahl und die Nährstoffzahl zu.

Die zweite Achse spiegelt die durch die geographische Lage bedingte floristische Variabilität im Datensatz wider. Von den Schneeheide-Kiefernwäldern zu den Kalkmagerrasen der Königsbrunner Heide nimmt die Distanz zu den Alpen ($r_s = 0,59$) und damit die mittlere jährliche Lufttemperatur ($r_s = 0,60$) sowie die Temperaturzahl ($r_s = 0,75$) zu (Abb. 9 A, Tab. 6). Die mittlere jährliche Niederschlagssumme ($r_s = -0,60$) nimmt dagegen ab. Die *Erico-Pinion*-Bestände liegen auf deutlich höherem Meeresniveau ($r_s = -0,61$) und sind stark geneigt ($r_s = -0,55$). Nach partieller Analyse kommen die vom Klima unabhängigen Standortbedingungen stärker zum tragen und bilden drei deutliche Gruppen. Entlang der zweiten Achse verläuft ein Nutzungsgradient mit ansteigender mittlerer gewichteter Mahd- sowie mittlerer gewichteter Nährstoffzahl und einer Zunahme an störungstoleranteren Arten hin zu den genutzten *Molinion*- und *Bromion*-Aufnahmen des Alpenvorlandes (Abb. 9 B).

Trotz einem hohen Anteil stresstoleranter Arten auf allen Untersuchungsflächen können feine Differenzen festgestellt werden. Der Anteil stresstoleranter Arten nimmt in Richtung der Schneeheide-Kiefernwälder und der Aufnahmen der Königsbrunner Heide zu (Abb. 9 A). Der Anteil an Arten mit hoher Konkurrenzkraft ist in den Kalkflachmooren und einigen artenarmen *Molinia caerulea* agg.-dominierten Schneeheide-Kiefernwäldern recht hoch und in der Königsbrunner Heide sehr niedrig. Der Anteil störungstoleranter Arten ist in den genutzten Beständen höher.

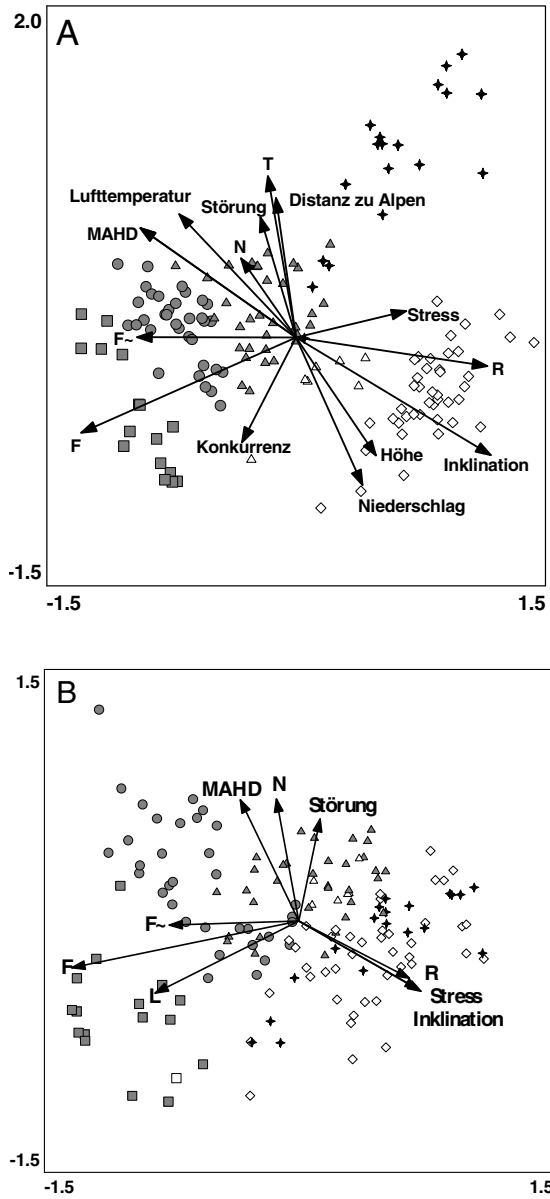


Abb. 9: DCA-Jointplots. $n_{\text{Aufnahmen}} = 151$; ● – *Molinion*, Mahd; ■ – *Caricion davallianae*, Mahd; □ – *Caricion davallianae*, Brache; ▲ – *Bromion*, Mahd; △ – *Bromion*, Brache; ◇ – *Erico-Pinion*, Brache; † – *Bromion* Königsbrunner Heide, Mahd; MAHD – mittlere Mahdzahl nach Briemle, F – mittlere Ellenberg-Feuchtezahl, F~ – Anteil (%) Wechselfeuchtezeiger, R – mittlere Ellenberg-Reaktionszahl, T – mittlere Ellenberg-Temperaturzahl; A) Jointplot der Aufnahmen und Variablen der Gesamt-DCA, B) Jointplot der Aufnahmen und Variablen nach partieller Analyse

Fig. 9: DCA joint plots. $n_{\text{relevés}} = 151$; ● – *Molinion*, managed; ■ – *Caricion davallianae*, managed; □ – *Caricion davallianae*, unmanaged; ▲ – *Bromion*, managed; △ – *Bromion*, unmanaged; ◇ – *Erico-Pinion*, unmanaged; † – *Bromion* Königsbrunner Heide, managed; mowing – mean mowing value according to Briemle, F – mean Ellenberg moisture value, F~ – portion of indicators of changing moisture (%), R – mean Ellenberg alkalinity value, T – mean Ellenberg temperature value; A) joint plot of relevés and site variables, B) joint plot of relevés and site variables according to partial analysis.

6. Diskussion

Die Analyse von 151 Vegetationsaufnahmen aus dem Hauptverbreitungsgebiet von *G. palustris* in Deutschland offenbart eine bemerkenswert breite soziologische Amplitude der Art. Diese reicht von nassen Kalkflachmooren bis zu vergleichsweise trockenen randalpinen Kalkmagerrasen und Schneeheide-Kiefernwäldern. Die Einstufung als *Molinion*-Verbandscharakterart (OBERDORFER 1993a, ELLENBERG 1996, JÄGER & WERNER 2005) beschreibt zwar *einen* Verbreitungsschwerpunkt der Art, jedoch ist das Lebensraumspektrum gerade in Südbayern wesentlich breiter und vielfältiger. Die von BRAUN (1983) und STEINGEN (1988) sehr spezifisch vorgenommene Bezeichnung als Charakterart des *Cirsio tuberosi*-*Molinietum* ist zu eng gefasst. Überlebensfähige Populationen wurden in der vorliegenden Studie im *Caricion davallianae*, *Molinion*, *Bromion* (OBERDORFER 2001, JÄGER & WERNER 2005) und *Erico-Pinion* (OBERDORFER 2001, HÖLZEL 1996a, b) gefunden (vgl. Populationsstrukturanalyse in SCHMITT 2008).

Bemerkenswert ist die weite Standortamplitude der Art bezüglich der Feuchte, die von Standorten mit hohem Anteil von Nässezeigern bis hin zu Aufnahmen mit einem hohen Anteil von Trockniszeigern reicht. Alle Standorte weisen einen recht hohen Anteil an Wechselfeuchtezeigern auf. *G. palustris* ist nach ELLENBERG et al. (2001) ebenfalls ein Wechselfeuchtezeiger. Als Geophyt mit einer resistenten Knolle kann *G. palustris* sowohl kurzfristige Überstauung als auch längere Trockenperioden überdauern (QUINGER et al. 1994, 1995). Die Art meidet nur dauernasse Standorte ohne Sauerstoffzufuhr im Wurzelhorizont sowie Standorte mit dauerhafter Trockenheit.

G. palustris wächst nur auf äußerst nährstoffarmen Standorten (Nährstoffzahl 2) (ELLENBERG et al. 2001, SCHMITT 2008). Mit einer Reaktionszahl von 8 bevorzugt die Sumpf-Siegwurz zwar kalk- und basenreiche Standorte (STEINGEN 1988, QUINGER et al. 1995, ELLENBERG et al. 2001), sie kommt aber auch in oberflächlich versauerten Pfeifengraswiesen in Vergesellschaftung mit mäßigen Säurezeigern vor (HEGI 1939, HIMMLER 1992). Weitere für das Vorkommen von *G. palustris* bestimmende Faktoren sind hohe Humusgehalte der Böden und relativ große Sommerwärme (STEINGEN 1988, ELLENBERG et al. 2001, QUINGER 2005).

Bedingt durch die hohen Niederschläge am nördlichen Alpenrand zeigen viele Arten eine wesentlich breitere standörtliche Amplitude als in ihrem sonstigen Verbreitungsareal, was häufig zum gemeinsamen Auftreten von Arten mit an sich sehr unterschiedlichen Feuchtepräferenzen führt. Letzteres bestätigt auch HÖLZEL (1996a) für die Schneeheide-Kiefernwälder: Das sommerliche Niederschlagsmaximum im extrem humiden Klima der Bayerischen Kalkalpen ermöglicht es selbst Arten, die normalerweise streng an wechselfeuchte bis wechselfrockene Standorte gebunden sind, auf edaphisch trockene, konkurrenzarme Extremstandorte überzugreifen und dort Vergesellschaftungen mit ausgesprochenen Xerothermarten wie *Carex humilis* einzugehen.

Bei der Klassifizierung der *G. palustris*-Aufnahmen anhand allgemeingültiger diagnostischer Arten ergaben sich einige Abweichungen vom klassischen pflanzensoziologischen System. Als Ökotonart (QUINGER et al. 1995) und ausgeprägter Wechselfeuchtezeiger bildet *G. palustris* gerade in den Übergangsbereichen zwischen nass-feuchten und mäßig trockenen Magerrasen individuenreiche Populationen aus. Entsprechend des Kontinuum-Konzepts (DIERSCHKE 1994) gehen die Bestände floristisch und standörtlich langsam mit einem hohen Anteil überlappender Arten ineinander über. Dementsprechend waren die Aufnahmen auch recht artenreich. Dies gilt besonders für die Wuchsorte in Komplexlebensräumen aus Kalkmagerrasen, Streuwiesen und Kalkflachmooren. Unter Berücksichtigung von Dominanzverhältnissen und des aus Abundanz und Frequenz berechneten Indikatorwertes konnten die unterschiedlichen Lebensräume dennoch hinreichend abgegrenzt und beschrieben werden.

Die an nahezu allen Wuchsorten mit *G. palustris* auftretenden Arten kennzeichnen diese als sehr stickstoffarme und basenreiche Standorte mittlerer Feuchte. *Anthericum ramosum* und *Brachypodium rupestre* stehen dabei für leicht versauerte bzw. verbrachte Standorte. Auch die klassischen *Molinietalia*- bzw. *Molinion*-Arten wie *Allium suaveolens*, *Serratula*

tinctoria, *Succisa pratensis*, *Galium boreale* kamen – mit Ausnahme der Königsbrunner Heide – an nahezu allen Standorten vor und können daher eher als Zeigerarten für *G. palustris*-geeignete Standorte gelten, sind aber kaum zur Abgrenzung des *Molinion* im Alpenvorland brauchbar.

Besonders bemerkenswert ist das Auftreten der Sumpf-Siegwurz in Schneeheide-Kiefernwald-Komplexen der Nördlichen Randalpen. Geschlossene Bestände der randalpinischen „Gras-Kiefernwald“-Gesellschaft des *Calamagrostio variae-Pinetum sylvestris* werden dabei weitgehend gemieden. Bei den hier anzutreffenden individuenarmen Populationen dürfte es sich vielfach um letzte Einstrahlungen benachbarter Lückenrasen oder Relikte einer ehemaligen Beweidung oder Streunutzung handeln (HÖLZEL 1996a).

Wesentlich individuenreicher sind die Sumpf-Siegwurz-Vorkommen in offenen Lückenrasen der Schneeheide-Kiefernwälder, welche auch als Lichtphase des *Calamagrostio-Pinetum* (HÖLZEL 1996a) aufgefasst werden können. Floristisch ähneln diese Lückenrasen dem von OBERDORFER (1993b) aus der Schwäbischen Alb beschriebenen *Laserpitio-Seslerietum*, könnten aber auch als tiefmontane Höhenform dem *Seslerio-Caricetum sempervirentis* zugeordnet werden. *G. palustris* besiedelt bevorzugt den frischeren Flügel der Lückenrasen mit *Molinio*-Arten und weiteren Wechselfrischezeigern (HÖLZEL 1996a). Erstaunlich ist, dass diese Ausbildung keineswegs auf tiefgründigeren und feinerdereicheren Substraten, sondern selbst auf extrem steilen und sehr flachgründigen Standorten mit zum Teil zu Tage tretendem Fels vorkommt. Es handelt sich durchweg um konkave Hangbereiche, die nach größeren Niederschlagsereignissen regelmäßig für einige Tage von seichtem Interflow durchrieselt werden (HÖLZEL 1996a).

Innerhalb der Schneeheide-Kiefernwald-Komplexe zeigt *G. palustris* eine enge Bindung an waldfeindliche, steilwandige Rinnen und Gräben. Der hohe Natürlichkeitsgrad dieser Standorte im Vergleich zu den nutzungsgeprägten Streuwiesen und Halbtrockenrasen spricht dafür, dass es sich um nacheiszeitliche Überdauerungszentren handelt (HÖLZEL 1996a). Möglicherweise hat sich die ausbreitungsträge Art mit ihren schwimmfähigen Samen von diesen Primärstandorten über die Flüsse Lech, Isar und Loisach in das Alpenvorland ausgebreitet und dort neue Sekundärlebensräume besiedelt. Das Verbreitungsmuster mit konzentrierten Vorkommen entlang der Flüsse und deren Umgebung unterstützt diese These. Auch ELLENBERG (1996) betont, dass manche der Trockenrasen- und Feuchtwiesenpflanzen ihre natürlichen Lebensräume in lichten Kiefernwäldern haben.

Insgesamt sind die Schneeheide-Kiefernwälder als außergewöhnliche – aber gleichwohl besonders naturnahe – Standorte für die thermophile, schwerpunktmäßig submontan bis montan verbreitete Sumpf-Siegwurz zu werten. Hier kann sie neben anderen thermophilen Arten wie z. B. den xerothermen, submediterranen Sippen *Carex humilis* und *Teucrium montanum* aufgrund der lokalklimatischen Wärmebegünstigung bis in Höhen von 1300 m NN aufsteigen.

7. Nutzung und Management

Der Einfluss der Nutzung lässt sich in der Artenzusammensetzung der analysierten Aufnahmen deutlich nachvollziehen und ist unter den humiden Klimaverhältnissen im Alpenvorland sogar ein stärkerer differenzierender Faktor als edaphische Gegebenheiten. Bei einem Vergleich der regelmäßig gemähten und brachliegenden *G. palustris*-Wuchsorte spiegelt sich sogar extensive Nutzung in einem beträchtlichen Anteil an mesophilen Grünlandarten der *Molinio-Arrhenatheretea* wider, während die standorttypischen Verbandscharakterarten überwiegend eine weitere Amplitude aufweisen.

Die Grünlandarten besitzen zum Teil eine für Streuwiesen hohe Mahdzahl (BRIEMLE & ELLENBERG 1994), was auf eine früher regelmäßige Nutzung schließen lässt. Die Dominanz von *Molinia caerulea* agg. einerseits oder *Bromus erectus* und *Brachypodium rupestre* andererseits ist in den präalpinen Kalkmagerrasen in erster Linie auf den Nutzungsrhythmus zurückzuführen. Nach QUINGER (2005) und BURKART et. al. (2004) dominiert *Molinia caerulea* agg. auf den langfristig spät gemähten Flächen. Bei Sommermahd dagegen verschiebt sich das Artengefüge hin zu *Bromus erectus* und *Brachypodium rupestre*. Da der

Mahdtermin auf den von *G. palustris* besiedelten Kalkmagerrasen überwiegend erst in den letzten Jahrzehnten von traditioneller Sommer- auf eine Herbstmahd umgestellt wurde, kam es zu einer deutlichen Zunahme der Deckung von *Molinia caerulea* agg. bei gleichzeitiger Ausbreitung von *G. palustris*.

G. palustris wird in der vorliegenden Studie unter Berücksichtigung der Artmächtigkeit als Indikatorart der genutzten Bestände angesehen. Die Einstufung der Art als *Molinion*-Charakterart (OBERDORFER 1993a, ELLENBERG 1996, JÄGER & WERNER 2005) ist daher im Alpenvorland nur unter Annahme der früher üblichen traditionellen Nutzungsformen mit Herbstmahd auf Streuwiesen und Sommermahd auf Magerrasen gültig. Im Alpenvorland kann die Art heute auch auf spät gemähten Kalkmagerrasen individuenreiche Populationen ausbilden.

Dem Strategietypenspektrum zufolge prägen Stress und Konkurrenz mit einem hohen Anteil an CS-Strategen (darunter viele Gräser, Seggen und Binsen wie *Molinia caerulea* agg., *Festuca rubra*, *Schoenus nigricans*) die *G. palustris*-Standorte. Diese Verteilung ist charakteristisch für Vegetationstypen mit moderater Produktivität und geringer Störungsintensität, wie sehr extensiv genutzte und brachgefallene Grünländer, Heiden und Moore der temperaten Region (GRIME 2001, GÜSEWELL 2004). Nach GRIME (2001) kommt es bei fehlender Vernichtung der Biomasse auf flachgründigen, unfruchtbaren Böden im Grünland zur Ausbildung von artenarmen Dominanzbeständen mit wenigen CS-Strategen, die eine persistente Streuschicht aufbauen. Dies lässt sich besonders in einigen Kalkflachmoor- und Schneeheide-Kiefernwald-Beständen mit geringer bis fehlender Nutzung und fehlender natürlicher Dynamik nachweisen. Es handelt sich hierbei um artenarme, bultbildende Dominanzbestände der CS-Strategen *Schoenus ferrugineus* oder *S. nigricans* bzw. *Molinia caerulea* agg. Die langfristige und regelmäßige Nutzung von Streuwiesen und Kalkmagerrasen macht sich auch in einem geringfügig höheren Anteil an einjährigen oder mehrjährigen R-Strategen bemerkbar.

Der höhere Anteil an S-Strategen in Aufnahmen aus der Königsbrunner Heide und der Schneeheide-Kiefernwälder ist dagegen nicht auf die Nutzung zurückzuführen, sondern edaphisch bedingt. Diese Standorte weisen bezüglich der Bodengründigkeit, des Wasserhaushaltes und der Temperaturverhältnisse vergleichsweise extreme Bedingungen auf. Die Schneeheide-Kiefernwald-Bestände stocken auf flachgründigen Rendzinen über schwer verwitterbarem Hauptdolomit; die Bestände der Königsbrunner Heide befinden sich auf grobschotterigen, wasserdurchlässigen Flussalluvionen mit geringer Humus- und Schwemmsandaufgabe (MÜLLER 1991).

Wie die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, fördert die traditionell im Herbst – nach der Samenreife von *G. palustris* – durchgeführte Streuwiesenmahd hohe Individuendichten der Sumpf-Siegwurz. Auch in Kalkmagerrasen begünstigt eine Herbstmahd hohe Dichten von *G. palustris*. Für die Streuwiesen, Kalkflachmoore und Kalkmagerrasen ist daher die Fortführung der regelmäßigen Herbstmahd das zielführende Management. Um eine erfolgreiche Reproduktion zu ermöglichen, sollte die Mahd nach dem Öffnen der Kapseln und Entlassen der Samen auf Magerrasen Ende August, in Streuwiesen und Kalkflachmooren zumeist in der ersten Septemberhälfte, stattfinden. Für aktuell noch im Sommer gemähte Magerrasen ist eine Rückverlegung der Mahd auf Ende August dringend anzuraten.

Von einer Beweidung mit Schafen ist abzuraten, da diese die Vegetation sehr gezielt und kurz über dem Boden abreißen und die Keimlinge und Juvenilen schädigen (MOORA et al. 2007). Der negative Effekt intensiver Schafbeweidung auf die Bestände von *G. palustris* lässt sich anhand der Populationsdynamik in der Königsbrunner Heide nachweisen: Zur Zeit der Schafbeweidung war die Art verschollen. Nach Aufgabe der Beweidung und Einführung der Mahd konnte *G. palustris* im Laufe der letzten 50 Jahre ihre größte mitteleuropäische Population aufbauen (MÜLLER 1991). Eine Vor- und Nachweide mit Rindern zur Ergänzung der Alpung im Frühjahr und Herbst in den zugänglichen Bereichen der Schneeheide-Kiefernwälder ist dagegen als unproblematisch zu betrachten, da *G. palustris* wie viele Knollen-Geophyten nur innerhalb einer kurzen Zeitspanne von ca. drei Monaten (Juni–August)

grüne Blattmasse aufweist (QUINGER et al. 1995). Nach Untersuchungen von BRUDI (1995 zit. in LEDERBOGEN et al. 2004) in Kalkflachmooren treten dealpine Pflanzenarten und hochwüchsige spätblühende Saumarten des *Molinion* wie *G. palustris* in Moorweiden im Vergleich zu Streuwiesen zurück. Die wenigsten fallen aber ganz aus, sondern koexistieren mit den typischen Weidearten. Das scheint auch für *G. palustris* zu gelten, da sie in den Schneeheide-Kiefernwäldern während der Phase der Waldweidenutzung lebensfähige Populationen hatte.

Brachfallen wird von *G. palustris* toleriert, solange die Streuauflage nicht zu hoch und dicht wird oder hochwüchsige Arten wie Schilf und Großseggen zu starker Dominanz gelangen (vgl. NOWOTNY & TRÖSTER 2002). Etwa 4–5-jährige Brachezeiten führen nach Beobachtungen von QUINGER et al. (1995) nicht zu gravierenden Bestandesrückgängen. In *Molinia arundinacea*-dominierten Streuwiesen-Brachen konnte sich die Sumpf-Siegwurz bei Brache jahrzehntelang halten (STROHWASSER et al. 2006). Auch in den Schneeheide-Kiefernwäldern unterliegt sie nach QUINGER et al. (1995) und HÖLZEL (1996a) einer weitgehenden Bracheresistenz. HÖLZEL (1996a) zufolge hat die Art nach Aufgabe der Streu- und Waldweidenutzung in sehr lichten Bereichen und Bestandeslücken vorübergehend sogar zugenommen. Aufgrund der zunehmenden Dominanz konkurrenzkräftiger Stauden und von Baumjungwuchs ist langfristig allerdings in *Molinia caerulea* agg.-dominierten Waldbeständen und Lavinarrinnen, besonders bei ausbleibender Dynamik durch Schutzwaldsanierung, mit einem Rückgang der Art zu rechnen.

Da Nutzung der Brache dauerhaft vorzuziehen ist, um ein Überwachsen mit Gehölzen zu vermeiden (BÜHLER & SCHMID 2001, MOORA et al. 2007), ist der Einbezug der *G. palustris*-Wuchsorte in eine extensive Waldbeweidung vor und nach der Alpengung zu empfehlen. An den Lavinarrasen und Rutschrinnen können durch gezielte Entnahme einzelner beschattender Bäume der Lichtgenuss für die Bodenvegetation erhöht und damit die ursprünglichen Standorteigenschaften bei natürlicher Dynamik nachgeahmt werden, sofern keine Gefährdung der Talräume vorliegt. Für die höher gelegenen Bestände wäre ein Lebensraumschutz durch Erhalt der dynamischen Prozesse erstrebenswert. HÖLZEL (1996a) spricht sich deshalb für einen Verzicht auf Schutzwaldsanierungs- und Verbauungsmaßnahmen in Schneeheide-Kiefernwäldern aus, sofern mit keiner Gefahr für Infrastruktureinrichtungen zu rechnen ist.

Danksagung

Wolfgang Kraus, Peter Strohwasser (beide UNB Garmisch-Partenkirchen), Burkhardt Quinger (Herrsching), Ingrid und Alfred Wagner (Unterammergau) unterstützen die Arbeiten zu diesem Beitrag in vielfältiger Weise durch Diskussionen, Informationen zu *Gladiolus*-Vorkommen, gemeinsame Exkursionen und die Bereitstellung von unveröffentlichtem Aufnahme material. Ihnen allen sei hierfür herzlichst gedankt. Unser Dank gilt auch dem Bayerischen Landesamt für Umwelt, insbesondere Dr. Andreas Zehm, für die konstruktive Zusammenarbeit und die Bereitstellung von digitalen Karten.

Literatur

- BAYKLIM/BAYERISCHER KLIMAFORSCHUNGSVERBUND (Hrsg.) (1996): Klimaatlas von Bayern. – Hanns Lindner Verlag, München.
- BELBIN, L. & MCDONALD, C. (1993): Comparing 3 classification strategies for use in ecology. – J. Veg. Sci. 4(3): 341–348.
- BGL/BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT (Hrsg.) (1996): Geologische Karte 1:500.000 Bayern.
- BRAUN, W. (1983): Die Pfeifengras-Streuwiesen (*Molinion*) des Murnauer Mooses und ihre Standortverhältnisse. – Ber. Bayer. Bot. Ges. 54: 187–214.
- BREUNIG, T. & DEMUTH, S. (1999): Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württemberg. – Naturschutz-Praxis, Artenschutz 2: 1–161.
- BRIEMLE, G. & ELLENBERG, H. (1994): Zur Mahdverträglichkeit von Grünlandpflanzen. Möglichkeiten der praktischen Anwendung von Zeigerwerten. – Natur und Landschaft 69(4): 139–147.
- BÜHLER, C. & SCHMID, B. (2001): The influence of management regime and altitude on the population structure of *Succisa pratensis*: implications for vegetation monitoring. – J. Appl. Ecol. 38: 689–698.
- BURKART, M., DIERSCHKE, H., HÖLZEL, N., NOWAK, B. & FARTMANN, T. (2004): *Molinio-Arrhenatheretea* (E1). Kulturgrasland und verwandte Vegetationstypen. Teil 2: *Molinietalia*. Futter- und Streu-

- wiesen feucht-nasser Standorte und Klassenübersicht *Molinio-Arrhenatheretea*. – Synopsis Pflanzenges. Deutshl. 9: 1–103.
- DA CANAL, M. T., MARCUCCI, R. & TORNADORE, N. (2003): Biocoenotic and karyological characterization of four upspring critical taxa of the eastern Po Plain (North-Eastern Italy). – *Plant Biosystems* 137(1): 21–27.
- DENGLER, J. & BERG, C. (2001): Vegetationsklassifikation. – In: BERG, C., DENGLER, J. & ABDANK, A. (Hrsg.): Die Pflanzengesellschaften Mecklenburg-Vorpommerns und ihre Gefährdung. Textband. – Weissdorn-Verlag, Jena: 301–307.
- DIELS, L. (1930): Iridaceae. – In: ENGLER, A. (Hrsg.): Die natürlichen Pflanzenfamilien nebst ihrer Gattungen und wichtigeren Arten, insbesondere den Nutzpflanzen. – Wilhelm Engelmann, Leipzig 15 a: 463–505.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden. – Ulmer, Stuttgart.
- & BRIEMLE, G. (2002): Kulturgrasland. Wiesen, Weiden und verwandte Staudenfluren. – Ulmer, Stuttgart.
- DUFRENE, M. & LEGENDRE, P. (1997): Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. – *Ecol. Monogr.* 67(3): 345–366.
- ECKE, F. & RYDIN, H. (2000): Succession on a land uplift coast in relation to plant strategy theory. – *Ann. Bot. Fennici* 37(3): 163–171.
- EJRNAES, R. & BRUUN, H. H. (2000): Gradient analysis of dry grassland vegetation in Denmark. – *J. Veg. Sci.* 11(4): 573–584.
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 5. Aufl. – Ulmer, Stuttgart.
- , WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V. & WERNER, W. (2001): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. – *Scripta Geobot.* 18: 1–262.
- FORT, N. (2005): Rapport technique. Bilan des réimplantations de *Gladiolus palustris* Gaudin. Département de Haute-Savoie (74). – Conservatoire Botanique National Alpin de Gap-Charance, Rapport d'étude, ASTERS: 1–9.
- (2006): Rapport technique. Bilan des réimplantations de *Gladiolus palustris* Gaudin. Département de Haute-Savoie (74). – Conservatoire Botanique National Alpin de Gap-Charance, Rapport d'étude, ASTERS: 1–17.
- GRIESE, J. (1998): Iridaceae, Irisgewächse, Schwertliliengewächse. – In: SEBALD, O., SEYBOLD, S., PHILIPPI, G. & WÖRZ, A. (Hrsg.): Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. Band 7: Spezieller Teil (Spermatophyta, Unterklassen Alismatidae, Lilidae Teil 1, Commelinidae Teil 1) Butomaceae bis Poaceae. – Ulmer, Stuttgart.
- GRIME, J. P. (2001): Plant strategies, vegetation processes and ecosystem properties. 2. Aufl. – John Wiley & Sons Ltd., Chichester u. a.
- , HODGSON, J. G. & HUNT, R. (2007): Comparative plant ecology. A functional approach to common British species. 2. Aufl. – Castlepoint Press, Sheffield.
- GÜSEWELL, S. (2004): N : P ratios in terrestrial plants: variation and functional significance. – *New Phytol.* 164: 243–266.
- HAEUPLER, H. & SCHÖNFELDER, P. (Hrsg.) (1988): Atlas der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland. – Ulmer, Stuttgart.
- HEGI, G. (Hrsg.) (1939): Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Mit besonderer Berücksichtigung von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Monocotyledones (II. Teil). – Carl Hanser Verlag, München.
- HERRMANN, N. (2000): Beiträge zur Morphologie und Biologie von *Gladiolus palustris*. – *Schlechtendalia* 5: 19–25.
- HILL, M. O. (1979): TWINSPLAN – A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of individuals and attributes. – Cornell University Ithaca, New York.
- & GAUCH, H. G. (1980): Detrended Correspondence-Analysis – an improved ordination technique. – *Vegetatio* 42: 47–58.
- HIMMLER, H. (1992): Die Sumpf-Siegwurz (*Gladiolus palustris* Gaudin) wieder in Rheinland-Pfalz. – *Fauna Flora Rheinland-Pfalz* 6 (4): 1035–1043.
- HÖLZEL, N. (1996a): Schneeheide-Kiefernwälder in den mittleren Nördlichen Kalkalpen. – *Laufener Forschungsber.* 3: 1–192.
- (1996b): *Erico-Pinetea* (H 6). Alpisch-Dinarische Karbonat-Kiefernwälder. – Synopsis Pflanzenges. Deutshl. 1: 1–49.
- (2003): Re-assessing the ecology of rare flood-meadow violets (*Viola elatior*, *V. pumila* and *V. persicifolia*) with large phytosociological data sets. – *Folia Geobot.* 38: 281–298.

- JÄGER, E. J. & WERNER, K. (Hrsg.) (2005): Rothmaler. Exkursionsflora von Deutschland. Band 4: Gefäßpflanzen: Kritischer Band. Exkursionsflora von Deutschland. – Spektrum, Heidelberg, Berlin.
- JONGMAN, R. H. G., TER BRAAK, C. J. F. & VAN TONGEREN, O. F. R. (Hrsg.) (1995): Data analysis in community and landscape ecology. – Cambridge University Press, Cambridge.
- KIRCHNER, O. V., LOEW, E., SCHRÖTER, C. & WANGERIN, W. (1934): Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas – Spezielle Ökologie der Blütenpflanzen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. – Ulmer, Stuttgart.
- KLOTZ, S., KÜHN, I. & DURKA, W. (2002): BIOLFLOR – Eine Datenbank mit biologisch-ökologischen Merkmalen zur Flora von Deutschland. – Schriftenr. Vegetationskd. 38: 1–334.
- KORNECK, D., SCHNITTLER, M. & VOLLMER, I. (1996): Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen (Pteridopyta et Spermatophyta) Deutschlands. – Schriftenr. Vegetationskd. 28: 21–187.
- LEDERBOGEN, D., ROSENTHAL, G., SCHOLLE, D., TRAUTNER, J., ZIMMERMANN, B. & KAULE, G. (2004): Allmendweiden in Südbayern: Naturschutz durch landwirtschaftliche Nutzung. – Angew. Landschaftsökol. 62: 1–469.
- LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. (2004): Numerical ecology. 2. Aufl. – Elsevier, Amsterdam.
- LEPŠ, J. & ŠMILAUER, P. (2003): Multivariate analysis of ecological data using Canoco. – University Press, Cambridge.
- LEYER, I. & WESCHE, K. (2007): Multivariate Statistik in der Ökologie. – Springer, Berlin u.a.
- MAURICE, T., COLLING, G., HERMANT, S. & MULLER, S. (2007): Diversité génétique des populations de *Gladiolus palustris* dans la partie occidentale de son aire de répartition. – Soumission d'un résumé pour une présentation orale pour le thème "Exploitation temporelle et spatiale des données".
- MCCUNE, B. & GRACE, J. B. (2002): Analyses of ecological communities. – MjM Software Design, Oregon.
- MEUSEL, H., E. JÄGER & WEINERT, E. (1965): Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. Text und Karten. Band 3. – Gustav Fischer Verlag, Jena.
- MOORA, M., KOSE, M. & JOGAR, U. (2007): Optimal management of the rare *Gladiolus imbricatus* in Estonian coastal meadows indicated by its population structure. – Appl. Veg. Sci. 10(2): 161–168.
- MÜLLER, N. (1991): Auenvvegetation des Lech bei Augsburg und ihre Veränderungen infolge von Flußbaumaßnahmen. – Augsburg. Ökol. Schr. 2: 80–108.
- NOWOTNY, G. (2000): Die Sumpfgladiole im Bundesland Salzburg. – Natur-Land Salzburg: Naturschutzinformationsschrift 7 (4): 25–29.
- & TRÖSTER, B. (2002): Zur Bestandesentwicklung der Sumpf-Gladiole (*Gladiolus palustris* Gaudin) im Bundesland Salzburg. – 10. Österreichisches Botanikertreffen, 30. Mai–1. Juni 2002, Irding (Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein): 45–49.
- OBERDORFER, E. (1993a): Wirtschaftswiesen und Unkrautgesellschaften. – Süddeutsche Pflanzengesellschaften 3: 1–455. – Gustav Fischer Verlag, Jena u.a.
- (1993b): Sand- und Trockenrasen, Heide- und Borstgrasgesellschaften, alpine Magerrasen, Saumgesellschaften, Schlag- und Hochstauden-Fluren. – Süddeutsche Pflanzengesellschaften 2: 1–355. – Gustav Fischer Verlag, Jena u.a.
- (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete. 8. Aufl. – Ulmer, Stuttgart.
- PEINTINGER, M. (1990): Bestandsschwankungen bei seltenen Pflanzenarten in Pfeifengraswiesen des westlichen Bodenseegebietes. – Carolea 48: 69–84.
- (2000): Langfristige Veränderung der Blühhäufigkeit seltener Geophyten in Pfeifengraswiesen. Zeitlicher Trend oder Einfluss von Wasserstand und Wetter? – Bauhinia 14: 33–44.
- PREISS, H. (1974): Typen von ungedüngten Trockenrasen und deren Verbreitung im Landschaftsschutzgebiet „Eberfinger Drumlinfeld“. – Zulassungsarbeit zur wissenschaftlichen Prüfung für das Lehramt an Gymnasien, Botanisches Institut der Technischen Universität München.
- QUINGER, B. (2003): Effizienzkontrollen zur Streuwiesen-Bewirtschaftung im Rahmen des Programms „Erschwernisausgleich“, Phase VII. Kulmbach, – Unveröffentl. Gutachten i. A. d. Bayerischen Landesamt für Umweltschutz, Außenstelle Nordbayern.
- (2005): Wiederherstellung und Neuschaffung von Magerrasen und artenreichem Magergrünland. Fachlicher Teil (aktualisierte Version). – Unveröffentl. Gutachten i. A. d. Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz, Augsburg.
- , BRÄU, M. & KORNPÖBST, M. (Hrsg.) (1994): Lebensraumtyp Kalkmagerrasen. 1. und 2. Teilbd. Landschaftspflegekonzept Bayern, Bd. II.1. – München.
- , SCHWAB, U., RINGLER, A., BRÄU, M., STROHWASSER, R. & WEBER, J. (Hrsg.) (1995): Lebensraumtyp Streuwiesen. Landschaftspflegekonzept Bayern. – München.
- REICHEL, G. & WILMANN, O. (1973): Vegetationsgeographie. – Westermann, Braunschweig.

- RENNWALD, E. (Hrsg.) (2000): Verzeichnis der Pflanzengesellschaften Deutschlands mit Synonymen und Formationseinteilung. – Schriftenr. Vegetationskd. 35: 1–820. Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup.
- SCHEUERER, M. & AHLMER, W. (2002): Rote Liste gefährdeter Gefäßpflanzen Bayerns mit regionalisierter Florenliste. – Schriftenr. Bayer. Landesamt f. Umweltschutz 165: 1–372.
- SCHMITT, B. (2008): Ökologie der FFH-Art Sumpf-Siegwurz (*Gladiolus palustris*) in Südbayern – Vergesellschaftung, Populationsstruktur und Nutzung. – Unveröffentl. Dipl.-Arb. Institut für Landschaftsökologie, Universität Münster.
- SOKAL, R. R. & ROHLF, J. F. (1995): Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. 3. Aufl. – W.H. Freeman and Company, New York.
- SSYMANK, A. (2006): *Gladiolus palustris* Gaudin. – In: PETERSEN, B. & ELLWANGER, G. (Hrsg.): Das europäische Schutzgebietsystem Natura 2000. Ökologie und Verbreitung von Arten der FFH-Richtlinie in Deutschland. Arten der EU-Osterweiterung. Schriftenr. Landschaftspf. Naturschutz 69: 45–57. Landwirtschaftsverlag, Münster.
- STEINGEN, S. E. (1988): Die Sumpf-Siegwurz (*Gladiolus palustris* Gaudin) am Moosanger bei Füssen. – Ber. Bayer. Bot. Ges. 59: 65–74.
- (1989): Grünlandgesellschaften in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsintensität am Beispiel Moosanger bei Füssen. – Ber. Naturwiss. Ver. Schwaben e.V. 93(3): 57–80.
- STOLLE, J. & KLOTZ, S. (2004): Flora der Stadt Halle (Saale). – Calendula. Hallesche Umweltbl. 5. Sonderheft: 164 S.
- STROHWASSER, R., QUINGER, B., RIEGEL, G. & SCHEUERER, M. (2006): Indikator „Besondere Arten“: Erfassung ausgewählter Wuchsorte von *Gladiolus palustris* in Bayern 2006. – Unveröffentl. Gutachten i. A. des Bayerischen Landesamtes für Umwelt: 1–86.
- (2007): Indikator „Besondere Arten“: Erfassung ausgewählter Wuchsorte von *Gladiolus palustris* in Bayern 2007. – Unveröffentl. Gutachten i. A. des Bayerischen Landesamtes für Umwelt: 1–46.
- TUTIN, T. G., HEYWOOD, V. H., BURGESS, N. A. & VALENTINE, D. H. (Hrsg.) (1980): Flora Europaea 5: Alismataceae to Orchidaceae. – Cambridge University Press, Cambridge u.a.
- VAN DER MAAREL, E. (1979): Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. – Vegetatio 39: 97–114.
- WELK, E. (2002): Arealökologische Analyse und Bewertung der Schutzrelevanz seltener und gefährdeter Gefäßpflanzen Deutschlands. – Schriftenr. Vegetationskd. 37: 1–337. Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup.
- WISSKIRCHEN, R. & HAEUPLER, H. (1998): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. – Ulmer, Stuttgart.
- WITTMANN, H. (1989): Floristische und pflanzensoziologische Erhebung der Vorkommen von *Gladiolus palustris* Gaudin im Bundesland Salzburg, inklusive Gefährdungspotential und Sanierungs- bzw. Pflegemöglichkeiten der einzelnen Populationen. – Unveröff. Gutachten i. A. d. Österreichischen Naturschutzbundes, Landesgruppe Salzburg: 1–66.
- ZÜNDORF, H.-J., GÜNTER, K.-F., KORSCH, H. & WESTHUS, W. (2006): Flora von Thüringen. – Weissdorn, Jena.

Barbara Schmitt
 Petrinistrasse 22
 D-97080 Würzburg
 E-Mail: schmittb@uni-muenster.de

PD Dr. Thomas Fartmann
 AG Bioökologie
 Institut für Landschaftsökologie
 Westfälische Wilhelms-Universität Münster
 Robert-Koch-Straße 26
 D-48149 Münster
 E-Mail: fartmann@uni-muenster.de

Prof. Dr. Norbert Hölzel
 AG Ökosystemforschung
 Institut für Landschaftsökologie
 Westfälische Wilhelms-Universität Münster
 Robert-Koch-Straße 26
 D-48149 Münster
 E-Mail: nhoelzel@uni-muenster.de

Manuskript eingereicht am 25.11.2009, endgültig angenommen am 31.03.2010.