

**LANDSCHAFTSPFLEGE DURCH GROÙE PFLANZENFRESSER IM  
NATURSCHUTZGEBIET „STADTWALD AUGSBURG“  
– SICHERUNG NATIONAL BEDEUTSAMER PRÄALPINER  
KIEFERNWÄLDER AUF FLUSSSCHOTTERN**

**Abschlussbericht der Wissenschaftlichen Begleituntersuchung:  
Vegetations- und Populationsökologisches Monitoring**

*Bearbeiter: Dipl.-Biol. Maria Hanauer, Dr. Christina Meindl,  
Prof. Dr. Peter Poschlod*



Universität Regensburg, Januar 2012

Ziel des Beweidungsprojektes war es, die lichten, halboffenen Strukturen im Gebiet des NSG „Stadtwald Augsburg“ zu erhalten und zu fördern. Die Auswirkungen der verschiedenen Weidetiere auf den lichten Kiefernwald sollten durch wissenschaftliche Begleituntersuchungen erfasst werden. Die botanischen Begleituntersuchungen wurden vom Lehrstuhl für Botanik der Universität Regensburg durchgeführt. Es wurde ein vegetationsökologisches Monitoring durchgeführt um die Auswirkungen auf die Vegetation zu dokumentieren. Ein populationsökologisches Monitoring wurde durchgeführt um die Auswirkungen der Beweidung auf die beweidungs- und trittempfindliche Zielart *Gladiolus palustris* und auf die gegen Tritt und Verbiss unempfindlich reagierende Zielart *Chamaecytisus ratisbonensis* zu dokumentieren.

Im Rahmen der Zusammenarbeit vom Lehrstuhl für Botanik der Universität Regensburg und dem Landschaftspflegeverband Stadt Augsburg sind folgende wissenschaftliche Arbeiten entstanden:

- Diplomarbeit von Maria Hanauer mit dem Titel: Untersuchungen zur Wiederherstellung artenreicher Kalkmagerrasen nach Brachfallen (Verbuschung, Verwilderung und Aufforstung)
- Diplomarbeit von Barbara Hinterschwepfinger mit dem Titel: Populationsökologie und –genetik der gefährdeten Magerrasenart *Linum viscosum* – eine Populationsgefährdungsanalyse
- Praktikumsbericht von Josef Simmel mit dem Titel: Der Faulbaum im Stadtwald Augsburg

# Inhaltsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| <b>Modul 1: Vegetationsökologisches Monitoring von lichten Kiefernwäldern</b> .....   | 4  |
| 1 Allgemeines.....  | 4  |
| 2 Methoden .....  | 5  |
| 2.1 Vegetationsaufnahmen .....  | 5  |
| 2.2 Statistische Auswertung.....  | 6  |
| 3 Ergebnisse .....  | 7  |
| 3.1 Multivariate statistische Auswertung der Vegetationsentwicklung 2007 bis 2011<br>innerhalb der Dauerbeobachtungsplots entlang der Transekte ..... | 7  |
| 3.3 Auswirkungen der Beweidung auf die Deckung ausgewählter Arten .....   | 11 |
| 3.4 Vegetationsaufnahmen der Dauerbeobachtungsflächen für die Zielart <i>Gladiolus<br/>palustris</i> .....  | 17 |
| 3.5 Vegetationsaufnahmen der Dauerbeobachtungsflächen für die Zielart<br><i>Chamaecytisus ratisbonensis</i> .....                                     | 18 |
| 4 Bewertung der Ergebnisse .....  | 19 |
| <b>Modul 2: Populationsbiologisches Monitoring der Zielarten <i>Gladiolus palustris</i> und<br/><i>Chamaecytisus ratisbonensis</i></b> .....          | 20 |
| 1 Allgemeines.....  | 20 |
| 2 Zielart 1: <i>Gladiolus palustris</i> (Sumpfgladiole) .....   | 21 |
| 2.1 Methoden & statistische Analyse .....   | 21 |
| 2.2 Ergebnisse .....  | 22 |
| 2.3 Bewertung der Ergebnisse .....  | 31 |
| 3 Zielart 2: <i>Chamaecytisus ratisbonensis</i> (Regensburger Geißklee).....  | 32 |
| 3.1 Methoden & statistische Analysen .....  | 32 |
| 3.1.1 Lage und Größe der Dauerflächen .....   | 32 |
| 3.1.2 Einmessen der Individuen .....  | 33 |
| 3.2 Ergebnisse .....  | 34 |
| 3.3 Bewertung der Ergebnisse .....  | 42 |
| Weitere Beobachtungen .....   | 43 |
| 1 Allgemeines.....  | 43 |
| 2 Diasporenbankuntersuchungen.....  | 45 |
| 2.1 Material und Methoden .....   | 45 |
| 2.2 Ergebnisse der Diasporenbankuntersuchungen.....   | 46 |
| 2.2.1 Diasporenbank der Transekte.....  | 46 |
| 2.2.2 Diasporenbank der Dauerbeobachtungsflächen von <i>Gladiolus palustris</i> .....   | 48 |
| 2.3 Bewertung der Ergebnisse.....   | 49 |
| Literatur .....   | 51 |
| Anhang .....  | 52 |

# Modul 1: Vegetationsökologisches Monitoring von lichten Kiefernwäldern

## 1 Allgemeines

Der Schneeheide-Kiefernwald (*Erico-Pinetum*) bildet, auf höheren nicht mehr überschwemmten Flussterrassen mit hohem Grobschotteranteil, das Endstadium der Auensukzession. Die sehr lichten und schwach wüchsigen Kiefernwälder zeichnen sich durch eine hohe Biodiversität aus. Aufgrund der fortschreitenden Einwanderung von Gehölzen und konkurrenzkräftigeren Kräutern, wie Faulbaum und Berberitze verlieren die Kiefernwälder im Bereich des Augsburgers Stadtwaldes immer mehr ihren typischen lichten Charakter. Durch diese Entwicklung nimmt nicht nur die Strauchschicht immer stärker zu. Eine immer dichter werdende Streuauflage durch fehlenden Verbiss bzw. Entfernen des Aufwuchses von Gräsern und Kräutern ist die Folge. Die charakteristische, hohe Biodiversität der Kiefernwälder geht dadurch zunehmend verloren. Viele konkurrenzschwache Arten haben keine Möglichkeit mehr sich erfolgreich zu vermehren oder gar anzusiedeln. Auch die Kiefernverjüngung, die notwendig ist, um die Kiefernbestände langfristig zu erhalten, geht immer stärker zurück. Als Rohbodenkeimer kann sich die Kiefer in grasigen Beständen mit dichten Moos- und Streufilzdecken nicht verjüngen. Im Rahmen des durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt geförderten Projektes wurde daher untersucht, inwieweit die Beweidung mit Przewalski-Pferden und Rotwild einen Beitrag zum Erhalt lichter Kiefernwälder leisten konnte. Dazu wurde mit Hilfe vegetationsökologischer Untersuchungen kontrolliert, ob es bereits nach einer fünfjährigen Projektlaufzeit zu einer ausreichenden Reduktion der Streuschicht und des Unterwuchses durch Großsäuger kommen konnte und ob der lichte Charakter dieses artenreichen Lebensraumes in Ansätzen wiederhergestellt werden konnte.



**Abb. 1: Unterschiede im Vegetationsbild im August zwischen Rotwild- (links) und Pferdegatter (rechts).** (Fotos: M. Hanauer)

## 2 Methoden

### 2.1 Vegetationsaufnahmen

Um den Einfluss der Beweidung auf die Vegetation zu dokumentieren, wurden von der Universität Regensburg (Lehrstuhl für Botanik) über die gesamte Laufzeit des Projektes Untersuchungen zur Vegetationsökologie durchgeführt. Auch die Entwicklung der Kiefernverjüngung wurde mit Hilfe der vegetationsökologischen Untersuchungen verfolgt. Zu diesem Zweck wurden im Jahr 2007 96 Dauerbeobachtungsplots entlang von 12 Transekten angelegt (siehe Abbildungen im Anhang). Entlang dieser Transekte befinden sich je acht Dauerbeobachtungsplots mit einer Größe von 2 m x 2 m. Die Transekte wurden so angelegt, dass möglichst alle im Gebiet vorkommenden Vegetationsstrukturen und -einheiten (Bereiche mit dichter Strauchschicht, halboffene Kiefernwaldbereiche, Heideflächen) in ausreichendem Maße abgedeckt wurden. Jeweils zwei Transekte wurden im Wald (Wald I, Wald II), ein Transekt im offenen Bereich der Heideflächen innerhalb der Gatter (Pferdegatter offen, Rotwildgatter offen) und ein Transekt im Bereich des Übergangs von Wald zu Offenland (Pferdegatter Übergang, Rotwildgatter Übergang) eingerichtet. Um beweidungsunabhängige Veränderungen der Vegetation, wie etwa klima- oder umweltbedingte Veränderungen, ausschließen zu können, wurden zusätzlich zu den Transekten in den Gattern noch Referenztransekte angelegt. Zwei davon befanden sich in bewaldetem Gebiet außerhalb der beiden Beweidungsflächen (Kontrolle Wald I, Kontrolle Wald II). Weitere Referenztransekte befanden sich jeweils auf der Königsbrunner Heide und der Hasenheide (Leitbildreferenz). Die Lage der Transekte ist im Anhang grafisch dokumentiert, eine Übersicht über die angelegten Transekte und entsprechende Abkürzungen gibt Tabelle 1. Vor dem Einsetzen der Tiere im Jahr 2007 wurden die ersten Vegetationsaufnahmen erhoben (Nullaufnahme), welche als direkter Vergleich für die Vegetationsentwicklung in den Folgejahren herangezogen wurden. Die Datenerhebung fand jeweils im Juni und Juli der Vegetationsperiode statt. Die Pflanzenszusammensetzung wurde anhand der Deckungsskala nach Braun-Blanquet geschätzt. Die letzte Vegetationserhebung nach Ende der Projektlaufzeit fand im Jahr 2011 statt.

**Tab. 1: Übersicht über die angelegten Transekte mit jeweils 8 Dauerbeobachtungsplots und verwendete Abkürzungen.**

| Bezeichnung der Transekte | Abkürzung | Bezeichnung der Transekte | Abkürzung |
|---------------------------|-----------|---------------------------|-----------|
| Königsbrunner Heide       | KH        | Pferdegatter Wald I       | PW I      |
| Hasenheide                | HH        | Pferdegatter Wald II      | PW II     |
| Kontrolle Wald I          | KW I      | Rotwildgatter offen       | RO        |
| Kontrolle Wald II         | KW II     | Rotwildgatter Übergang    | RÜ        |
| Pferdegatter offen        | PO        | Rotwildgatter Wald I      | RW I      |
| Pferdegatter Übergang     | PÜ        | Rotwildgatter Wald II     | RW II     |

## 2.2 Statistische Auswertung

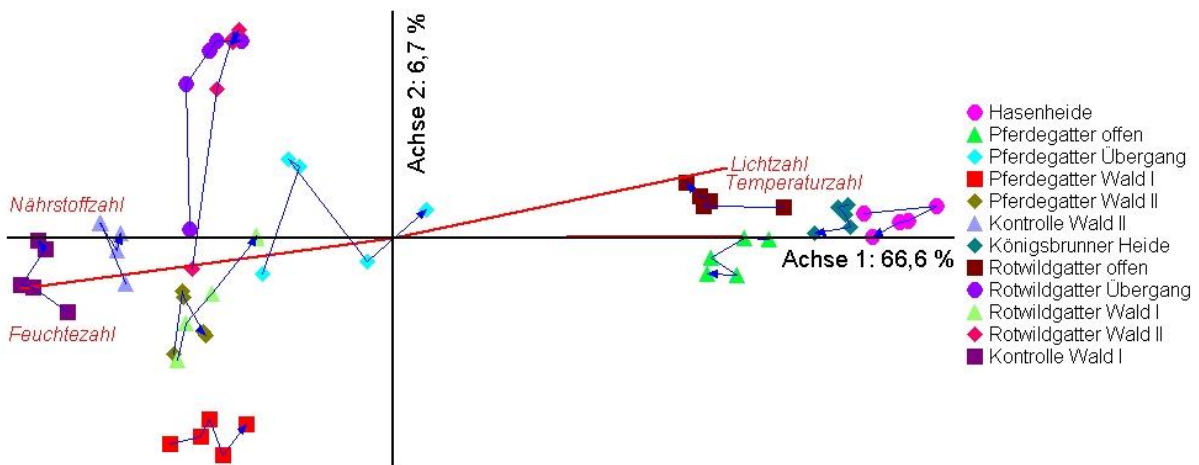
Die Vegetationsaufnahmen wurden mit uni- und multivariater Statistik ausgewertet. Um einen generellen Überblick über die Aufnahmetransekte und den dort vorkommenden Arten und ihren Deckungsgraden zu erhalten, wurden eine Korrespondenzanalyse (DCA) bzw. eine Hauptkomponentenanalyse (PCA) durchgeführt. Dies sind Ordinationsverfahren, welche eine übersichtliche Darstellung der Vegetationsverhältnisse auf den Dauerbeobachtungsplots ermöglichen, da Plots, die sich bezüglich ihrer Artenzusammensetzung und der Artmächtigkeit ähneln, räumlich nahe beieinander dargestellt werden. Flächen, die bezüglich der Artenzusammensetzung und Mächtigkeit der einzelnen Arten unähnlicher sind, werden räumlich weiter voneinander entfernt dargestellt. Zusätzlich kann anhand der Gradientenlängen abgeschätzt werden, ob Aufnahmeplots gemeinsame Arten besitzen oder aber eine unterschiedliche Artenzusammensetzung zeigen (Gradientenlänge > 4 bedeutet kompletten Arten-Turnover). Eine nachträgliche Korrelation Deckungsgrade einzelner Arten mit den Achsen gibt Aufschluss darüber, welche Aufnahmeplots durch welche Arten charakterisiert werden können. Die Aussagekraft der Achsen wird als erklärte Varianz angegeben. Je größer dieser Wert ist, desto besser können die Unterschiede zwischen den Aufnahmen durch die entsprechende Achse dargestellt werden bzw. desto wichtiger ist diese Achse für die Interpretation der Vegetationsverhältnisse.

Um einen Überblick über die Artendiversität der Aufnahmeplots zu geben, wurden folgende Parameter berechnet: Artenzahl pro Transekt, Evenness und Diversität nach Shannon. Evenness ist die Gleichmäßigkeit der Häufigkeit, mit der Arten in einem Plot auftreten. Das heißt sind alle Arten mit gleichem Anteil vertreten, so beträgt die Evenness 1. Wenn zum Beispiel wenige, sehr dominante Arten in den Aufnahmen vorhanden sind, geht der Wert der Evenness gegen Null. Der Shannon-Index beschreibt die Diversität der Arten in einer Aufnahme. Je höher der Shannon-Index einer Fläche ist, desto größer ist die Artenvielfalt auf dieser Fläche. Ist der Shannon-Index für eine Fläche sehr niedrig, dann sind auf dieser Fläche sehr wenige Arten vorhanden. Die statistische Auswertung dieser Parameter erfolgte mit univariater Statistik. Das hierfür verwendete Statistikprogramm war SPSS für Windows Version 18.0. Als Nichtparametrische Tests zum Mittelwertvergleich unabhängiger Stichproben wurden der Kruskal-Wallis-H-Test und der Mann-Whitney-U-Test für den paarweisen Vergleich der einzelner Mediane verwendet. Lagen verbundene Stichproben vor, so wurde ein Wilcoxon- Test durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde auf  $p \leq 0,05$  festgelegt.

### 3 Ergebnisse

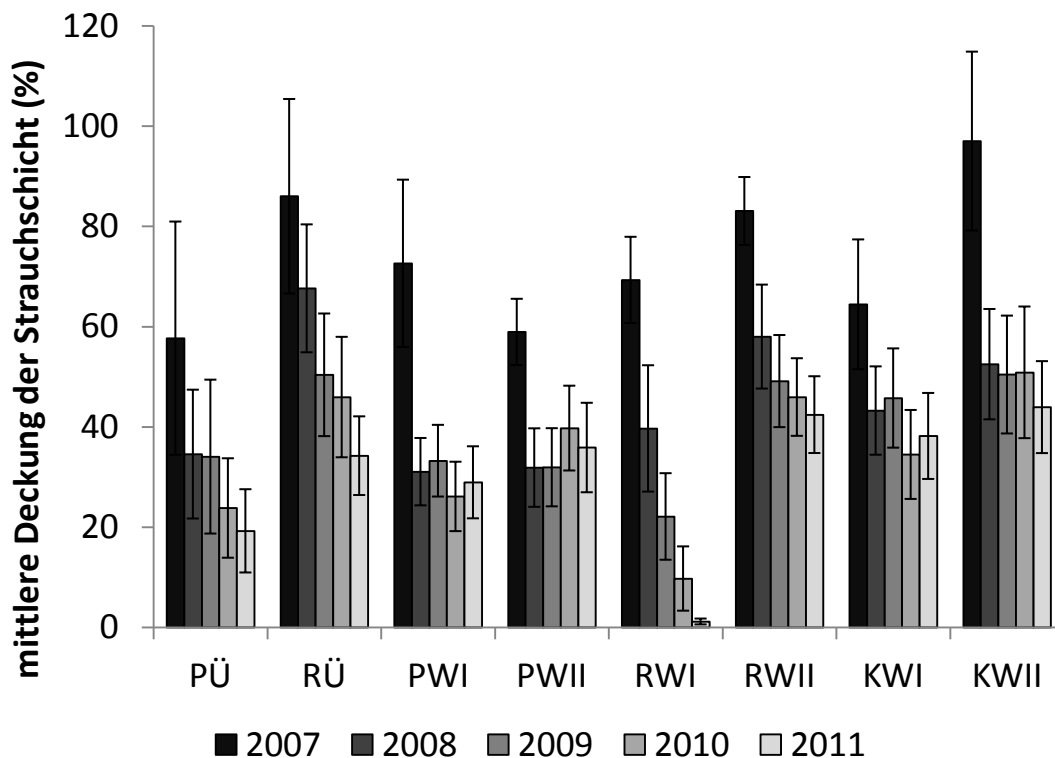
#### 3.1 Multivariate statistische Auswertung der Vegetationsentwicklung 2007 bis 2011 innerhalb der Dauerbeobachtungsplots entlang der Transekte

Um die Vegetationsentwicklungen der Flächen in den vier Aufnahmejahren 2007 bis 2011 zu verdeutlichen, wurde eine DCA durchgeführt. Der aus der DCA resultierende Biplot (Abbildung 2) zeigt die Abgrenzung der Offenlandtransekte von den Waldtransekten entlang der ersten Achse. Die vier Kontrollflächen (Hasenheide, Königsbrunner Heide, Kontrolle Wald I, Kontrolle Wald II) sowie die Offenlandtransekte „Pferdegatter offen“ und „Rotwildgatter offen“ lassen keine eindeutige Entwicklungsrichtung erkennen. Die Transekte im Pferdegatter („Pferdegatter Übergang“, „Pferdegatter Wald I“, „Pferdegatter Wald II“) zeigen eine Entwicklung entlang der ersten Achse, während die Transekte im Rotwildgatter („Rotwildgatter Übergang“, „Rotwildgatter Wald I“, „Rotwildgatter Wald II“) eine Entwicklung entlang der zweiten Achse zeigen. Um die Veränderungen der Vegetation genauer zu charakterisieren, wurden gewichtete mittlere Zeigerwerte nach Ellenberg verwendet. Dabei ergaben sich für die Lichtzahl ( $r = 0,85$ ) und für die Temperaturzahl ( $r = 0,87$ ) positive Korrelationen mit der ersten Achse. Die Feuchtezahl ( $r = -0,90$ ) und die Stickstoffzahl ( $r = -0,77$ ) wiesen dagegen eine negative Korrelation mit der ersten Achse auf. Dies zeigte, dass die Waldtransekte sich v.a. durch einen hohen Anteil an nährstoff- und feuchteliebenden Arten auszeichneten, während sich die Offenlandtransekte durch einen hohen Anteil an licht- und wärmeliebenden Arten gekennzeichnet waren.



**Abb. 2:** DCA der Vegetationsentwicklung in den 12 Transekten für die Jahre 2007 bis 2011. Die Vegetationsveränderungen der Flächen über die Zeit sind durch Pfeile dargestellt. Die erklärte kumulative Varianz der ersten 3 Achsen beträgt  $r^2 = 0,76$ . Die Gradientenlänge der ersten Achse beträgt 4,41 Standardabweichungen. Die Darstellung erfolgt mit einem Cut-off- $r^2$  von 0,50. Am stärksten mit der ersten Achse korrelieren die gewichtete, mittlere Feuchtezahl mit  $r = -0,90$  und die gewichtete, mittlere Temperaturzahl mit  $r = 0,87$ .

Abbildung 3 zeigt, wie sich die mittlere Deckung der Strauchschicht in den Jahren 2007 bis 2011 entwickelt hat. Von 2007 bis 2008 nahm die Deckung der Strauchschicht in allen Transekten stark ab. Von 2008 bis 2011 waren auf den Kontrolltransekten („Kontrolle Wald I“, „Kontrolle Wald II“) und den Waldtransekten im Pferdegatter („Pferdegatter Wald I“, „Pferdegatter Wald II“) nur leichte Schwankungen erkennbar. Signifikante Unterschiede konnten dabei nicht festgestellt werden. Innerhalb der Transekte im Rotwildgatter („Rotwildgatter Wald I“, „Rotwildgatter Wald II“) und den beiden Übergangstransekten („Pferdegatter Übergang“, „Rotwildgatter Übergang“) hingegen ist die Deckung der Strauchschicht kontinuierlich gesunken.

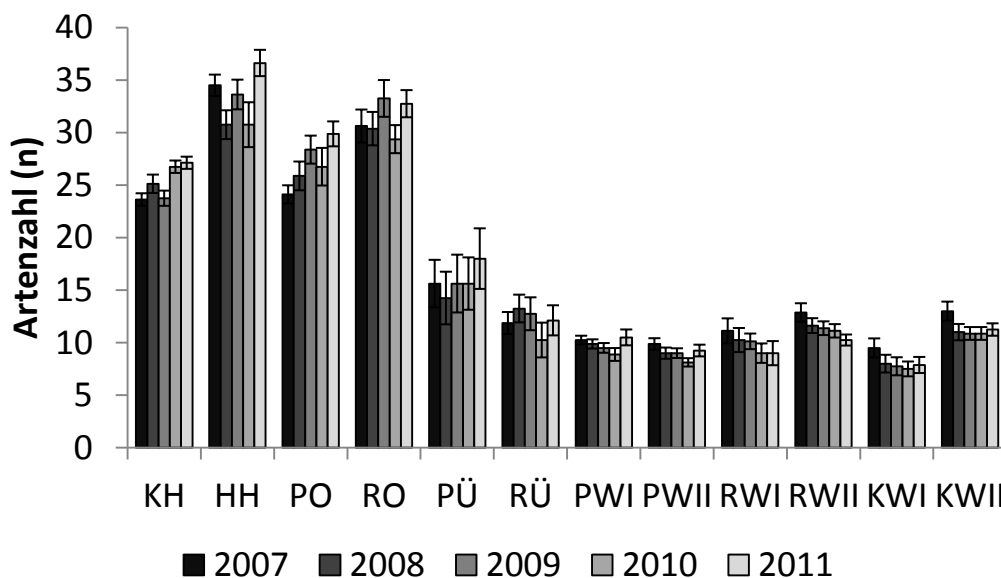


**Abb. 3: Mittlere Deckung der Strauchschicht in Prozent je Untersuchungstransekt in den Jahren 2007 bis 2011.** PÜ = Pferdegatter Übergang, RÜ = Rotwildgatter Übergang, PWI = Pferdegatter Wald I, PWII = Pferdegatter Wald II, RWI = Rotwildgatter Wald I, RWII = Rotwildgatter Wald II, KWI = Kontrolle Wald I, KWII = Kontrolle Wald II. Die Standardfehler sind beidseitig angegeben.



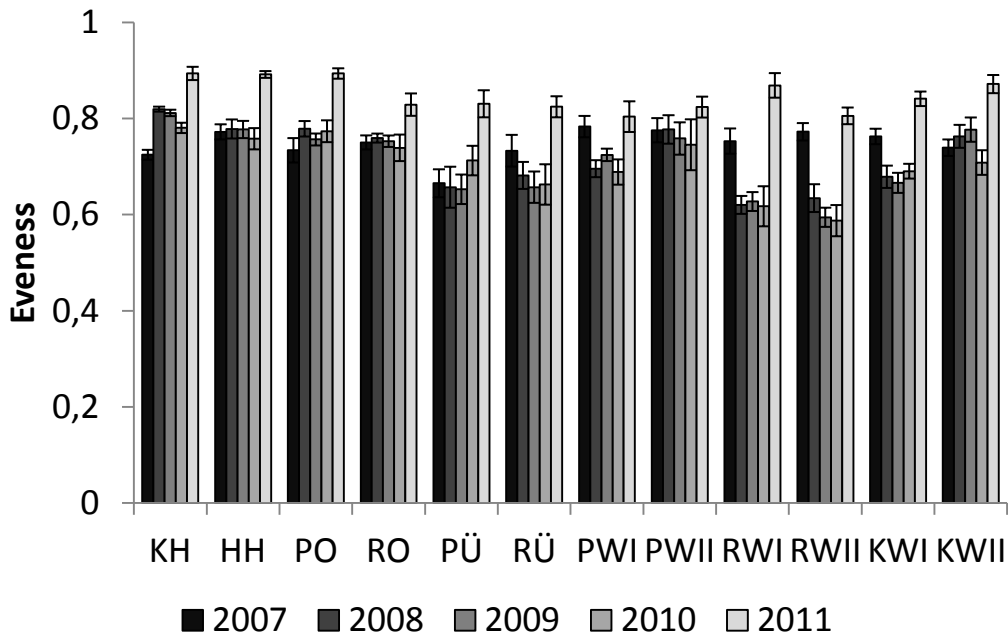
### 3.2 Biodiversität - Artenzahl, Eveness, Shannon-Index

Abbildung 4 zeigt die mittlere Artenzahl je Transekt. Nach Ende der Projektlaufzeit im Jahr 2011 schwankte die mittlere Artenzahl in den Offenlandtransekten zwischen 27 auf der „Königsbrunner Heide“ und 37 Arten auf der „Hasenheide“. Die Waldtransekte waren mit 8 bis 11 Arten wesentlich artenärmer. Die Artenzahl stieg von 2007 bis 2011 auf den Referenztransekten „Hasenheide“ und „Königsbrunner Heide“ leicht an. Auch auf den Transekten in den offenen und halboffenen Bereichen beider Gatter stieg die Artenzahl an. Der höchste Anstieg konnte beim Transekt „Pferdegatter offen“ festgestellt werden. Hier stieg die Artenzahl von 24 im Jahr 2007 auf 30 im Jahr 2011. Die Artenzahl auf den Waldtransekten in den Gattern hingegen nahm in den fünf Projektjahren ab. Auch auf den Referenztransekten „Kontrolle Wald I“ und „Kontrolle Wald II“ nahm die mittlere Artenzahl leicht ab. Signifikante Unterschiede konnten nicht festgestellt werden.



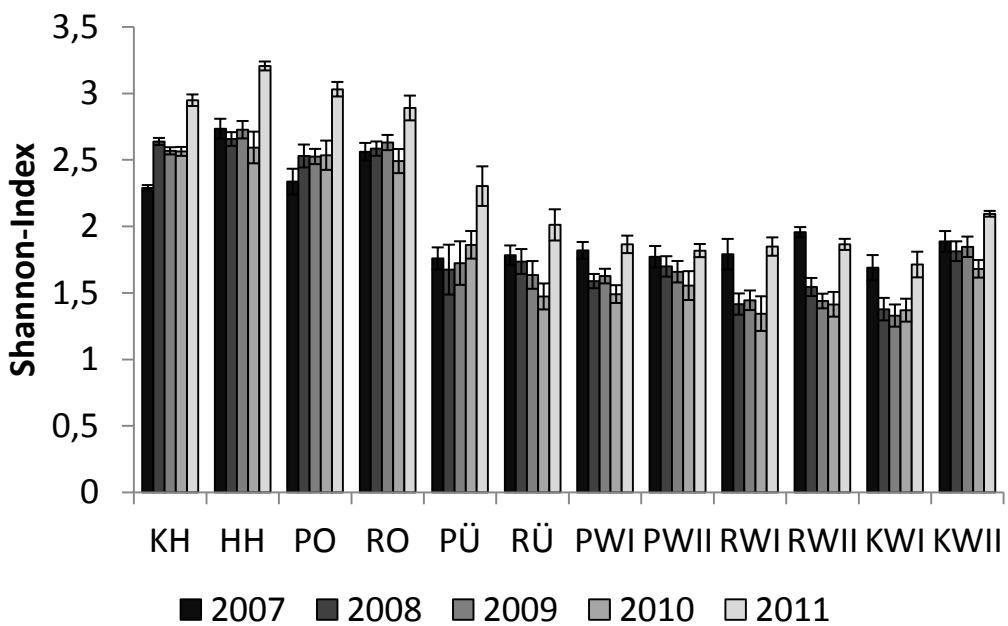
**Abb. 4: Mittlere Gesamtartenzahl je Untersuchungstransekt in den Jahren 2007 bis 2011.** KH = Königsbrunner Heide, HH = Hasenheide, PO = Pferdegatter offen, RO = Rotwildgatter offen, PÜ = Pferdegatter Übergang, RÜ = Rotwildgatter Übergang, PWI = Pferdegatter Wald I, PWII = Pferdegatter Wald II, RWI = Rotwildgatter Wald I, RWII = Rotwildgatter Wald II, KWI = Kontrolle Wald I, KWII = Kontrolle Wald II. Die Standardfehler sind beidseitig angegeben.

Im Jahr 2011 nahm die Eveness im Vergleich zu 2007 auf allen Flächen zu (Abb. 5). Es konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Von 2007 bis 2008 war die Abnahme der Eveness auf den Flächen „Rotwildgatter Übergang“, „Pferdegatter Wald II“, „Rotwildgatter Wald I“, „Rotwildgatter Wald II“ und „Kontrolle Wald I“ sehr groß. Auch hier konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.



**Abb. 5: Mittlere Evenness (Gleichmäßigkeit der Artverteilung) in den Untersuchungstransekten in den Jahren 2007 bis 2011.** KH = Königsbrunner Heide, HH = Hasenheide, PO = Pferdegatter offen, RO = Rotwildgatter offen, PÜ = Pferdegatter Übergang, RÜ = Rotwildgatter Übergang, PWI = Pferdegatter Wald I, PWII = Pferdegatter Wald II, RWI = Rotwildgatter Wald I, RWII = Rotwildgatter Wald II, KWI = Kontrolle Wald I, KWII = Kontrolle Wald II. Die Standardfehler sind beidseitig angegeben.

Die Abbildung 6 zeigt, dass die Diversität der Arten in den Waldtransekten wesentlich geringer ist als in den Offenlandtransekten. Der Shannon-Index hatte im Jahr 2011 auf dem Referenztransekt „Hasenheide“ mit 3,2 den höchsten Wert. Im Jahr 2011 nahm der Shannon-Index im Vergleich zu 2007 auf fast allen Flächen zu. Nur im Transekt „Rotwildgatter Wald II“ kam es zu einer Abnahme. Es konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.



**Abb. 6: Shannon-Diversitätsindex ± Standardfehler in den Untersuchungstransekten in den Jahren 2007 bis 2011.** KH = Königsbrunner Heide, HH = Hasenheide, PO = Pferdegatter offen, RO = Rotwildgatter offen, PÜ = Pferdegatter Übergang, RÜ = Rotwildgatter Übergang, PWI = Pferdegatter Wald I, PWII = Pferdegatter Wald II, RWI = Rotwildgatter Wald I, RWII = Rotwildgatter Wald II, KWI = Kontrolle Wald I, KWII = Kontrolle Wald II. Die Standardfehler sind beidseitig angegeben.

### 3.3 Auswirkungen der Beweidung auf die Deckung ausgewählter Arten

#### Offenland-Kennarten

Durch die Beweidung veränderten sich im Laufe der Jahre je nach Vegetationsstruktur bzw. –einheit die mittleren Deckungsgrade der Arten. Tabelle 2 gibt für alle Arten einen Überblick darüber. Typische Offenlandarten sind beispielsweise *Euphorbia cyparissias*, *Carex caryophylla*, *Plantago media*, *Potentilla tabernaemontani*, *Prunella grandiflora*, *Bromus erectus* und *Carex humilis*. Die mittlere Deckung von *Euphorbia cyparissias* nahm auf den Transekten „Hasenheide“, „Pferdegatter offen“ und „Pferdegatter Übergang“ zu. In den Transekten „Pferdegatter Wald I“ und „Rotwildgatter Wald I“ kam *Euphorbia cyparissias* über die fünf Projektjahre neu hinzu. In den Transekten „Pferdegatter offen“, „Rotwildgatter offen“ und „Königsbrunner Heide“ nahm die mittlere Deckung von *Carex caryophylla* zu. Die Art kam im Transekt „Pferdegatter Übergang“ neu hinzu. *Plantago media* und *Potentilla tabernaemontani* kamen im Transekt „Pferdegatter Übergang“ neu hinzu. Die mittlere Deckung von *Potentilla tabernaemontani* nahm im Transekt „Rotwildgatter offen“ zu. In den Transekten „Hasenheide“, „Pferdegatter offen“ und „Pferdegatter Übergang“ nahm die mittlere Deckung der Art *Prunella grandiflora* zu. Für die Art *Bromus erectus* konnte in fünf Transekten („Hasenheide“, „Pferdegatter offen“, „Pferdegatter Übergang“, „Königsbrunner Heide“, „Rotwildgatter offen“) eine Abnahme der mittleren Deckung festgestellt werden. Im Transekt „Rotwildgatter Wald I“ verschwand die Art. Die mittlere Deckung der Art *Carex humilis* nahm in den Transekten „Hasenheide“, „Pferdegatter offen“, „Königsbrunner Heide“ und „Rotwildgatter offen“ ab. Die Art verschwand über die Jahre im Transekt „Rotwildgatter Wald I“.

#### Gefährdete Arten

Beispiele für Rote Liste Arten, die im Projektgebiet vorkommen, sind *Allium carinatum* (RL 3, gefährdet), *Asperula tinctoria* (RL 3, gefährdet), *Danthonia decumbens* (RL 3, gefährdet) und *Scabiosa canescens* (RL 2, stark gefährdet). Die mittlere Deckung von *Allium carinatum* nahm in den Transekten „Hasenheide“ und „Pferdegatter offen“ zu. In den Transekten „Pferdegatter Übergang“ und „Rotwildgatter offen“ kam die Art über die Jahre neu hinzu. Für *Asperula tinctoria* blieb die mittlere Deckung in den Übergangstransekten der Gatter gleich, in allen Referenztransekten nahm die Deckung allerdings ab. *Danthonia decumbens* nahm in den Transekten „Hasenheide“, „Pferdegatter offen“, „Pferdegatter Übergang“, „Rotwildgatter offen“, „Rotwildgatter Übergang“ und „Rotwildgatter Wald I“ über die Jahre zu. Im Transekt „Königsbrunner Heide“ nahm die mittlere Deckung von *Danthonia decumbens* ab. Zu einer Zunahme der mittleren Deckung kam es für die Art *Scabiosa canescens* in den Transekten „Pferdegatter offen“, „Rotwildgatter offen“ und „Königsbrunner Heide“.

### **Konkurrenzkräftige Arten**

Die Art *Calamagrostis epigejos* nahm in den Transekten „Pferdegatter Übergang“, „Pferdegatter Wald II“, „Kontrolle Wald II“ und „Rotwildgatter Wald I“ zu. Die mittlere Deckung der Art *Calamagrostis varia* nahm im Transekt „Pferdegatter Wald I“ ab und im Transekt „Kontrolle Wald I“ zu. Im Transekt „Pferdegatter Übergang“ verschwand die Art und im Transekt „Rotwildgatter Übergang“ kam sie über die Jahre neu hinzu. Die mittlere Deckung der Art *Molinia caerulea* nahm in den Transekten „Kontrolle Wald II“, „Kontrolle Wald I“ und „Rotwildgatter offen“ zu. Für die Transekte „Pferdegatter Übergang“ und „Pferdegatter Wald I“ konnte eine Abnahme der mittleren Deckung festgestellt werden. Im Transekt „Pferdegatter offen“ kam *Molinia caerulea* über die Jahre neu hinzu.

### **Strauchschicht**

Die mittlere Deckung des Faulbaums (*Frangula alnus*) nahm in sechs Transekten („Pferdegatter Übergang“, „Pferdegatter Wald I“, „Rotwildgatter Übergang“, „Rotwildgatter Wald I“, „Rotwildgatter Wald II“, „Kontrolle Wald I“) ab. Verschwunden ist die Art im Transekt „Rotwildgatter offen“. Die Art *Fraxinus excelsior* (Esche) ist über den Untersuchungsjahren auf vier Transekten („Pferdegatter Übergang“, „Kontrolle Wald II“, „Rotwildgatter Wald I“, „Rotwildgatter Wald II“) verschwunden. Im Transekt „Rotwildgatter Übergang“ kam es zu einem Rückgang der mittleren Deckung von *Fraxinus excelsior*. Für die Art *Rhamnus cathartica* (Kreuzdorn) konnte in fünf Transekten („Pferdegatter Wald II“, „Kontrolle Wald II“, „Rotwildgatter Übergang“, „Rotwildgatter Wald I“, „Rotwildgatter Wald II“) eine Abnahme der mittleren Deckung festgestellt werden. Im Transekt „Rotwildgatter offen“ verschwand die Art über die Jahre.

**Tab. 2: Gesamtartenliste.** ↓: Abnahme der Deckung von 2007 bis 2011; ↑: Zunahme der Deckung von 2007 bis 2011; →: Deckung bleibt gleich von 2007 bis 2011; +: Art von 2007 bis 2011 hinzugekommen; -: Art von 2007 bis 2011 verschwunden. HH = Hasenheide, PO = Pferdegatter offen, PÜ = Pferdegatter Übergang, PWI = Pferdegatter Wald I, PWII = Pferdegatter Wald II, KWII = Kontrolle Wald II, KH = Königsbrunner Heide, RÜ = Rotwildgatter Übergang, RO = Rotwildgatter offen, RWI = Rotwildgatter Wald I, RWII = Rotwildgatter Wald II, KWI = Kontrolle Wald I. Die Referenzflächen sind grau hinterlegt.

|   | HH | PO | PÜ | PWI | PWII | KWII | KH | RO | RÜ | RWI | RWII | KWI |
|---|----|----|----|-----|------|------|----|----|----|-----|------|-----|
| <i>Acer pseudoplatanus</i> (Berg-Ahorn)   |    |    | -  |     |      |      |    |    |    | -   |      | ↑   |
| <i>Achillea millefolium</i> agg. (Wiesen-Schafgarbe)                            | ↑  | +  |    |     |      |      |    | +  |    |     |      |     |
| <i>Agrimonia eupatoria</i> (Kleiner Odermennig)                                 |    |    |    |     |      |      |    |    | -  |     |      |     |
| <i>Agrostis capillaris</i> (Rotes Straußgras)                                   |    | +  |    |     |      |      |    |    |    |     |      |     |
| <i>Allium carinatum</i> ssp. <i>carinatum</i><br>(Gekielter Lauch)              | ↑  | ↑  | +  |     |      |      |    | +  |    |     |      |     |
| <i>Allium senescens</i> ssp. <i>montanum</i> (Berg-Lauch)                       | ↑  | ↑  |    |     |      |      |    | →  |    |     |      |     |
| <i>Anthericum ramosum</i> (Rispige Graslilie)                                   | ↑  | ↑  | ↓  | ↑   | ↑    | ↓    | ↑  | ↓  | ↓  | ↓   | ↓    | ↓   |
| <i>Anthyllis vulneraria</i> (Wundklee)  | →  |    |    |     |      |      | →  |    |    |     |      |     |
| <i>Aquilegia atrata</i> (Schwarzwiolette Akelei)                                |    |    |    |     |      |      |    |    | ↑  |     |      |     |
| <i>Asperula cynanchica</i> (Hügel-Meier)  | ↑  | +  |    |     |      |      | ↑  | ↑  |    |     |      |     |
| <i>Asperula tinctoria</i> (Färber-Meier)  | -  | -  | →  |     |      |      | -  | ↓  | ↑  |     |      |     |
| <i>Aster amellus</i> (Kalk-Aster)   |    |    |    |     |      |      | →  |    |    |     |      |     |
| <i>Berberis vulgaris</i> (Gewöhnliche Berberitze)                               |    |    | ↓  |     | →    | ↓    |    |    | →  |     | ↑    | →   |
| <i>Betonica officinalis</i> (Heil-Ziest)  | →  | ↑  | →  |     |      |      | →  | ↑  |    |     |      |     |
| <i>Betula pendula</i> (Hänge-Birke)   |    |    |    |     |      |      |    | -  |    |     |      | →   |
| <i>Biscutella laevigata</i> ssp. <i>laevigata</i><br>(Glattes Brillenschötchen) | -  | -  |    |     |      |      | -  |    |    |     |      |     |
| <i>Brachypodium rupestre</i> (Felsen-Fiederzwenke)                              | ↑  | ↑  | ↓  | ↑   | ↑    | ↓    | ↑  | ↑  | ↑  | ↑   | ↑    | ↓   |
| <i>Briza media</i> (Gewöhnliches Zittergras)                                    | ↓  | ↑  | ↓  |     |      |      | ↓  | →  | →  |     |      |     |
| <i>Bromus erectus</i> (Aufrechte Trespe)  | ↓  | ↓  | ↓  |     |      |      | ↓  | ↓  | +  | -   |      |     |
| <i>Buphthalmum salicifolium</i><br>(Weidenblättriges Ochsenauge)                | →  | ↑  | ↑  |     |      |      | ↑  | →  |    |     |      |     |
| <i>Calamagrostis epigejos</i> (Land-Reitgras)                                   |    |    | ↑  |     | ↑    | ↑    |    |    |    | ↑   |      |     |
| <i>Calamagrostis varia</i> (Buntes Reitgras)                                    |    |    | -  | ↓   | →    |      |    |    | +  |     |      | ↑   |
| <i>Campanula rotundifolia</i><br>(Rundblättrige Glockenblume)                   |    | →  | ↑  | +   |      |      | +  | →  | +  | →   | →    |     |
| <i>Carduus defloratus</i> (Alpen-Distel)  |    | →  | →  |     |      |      |    | →  |    |     |      |     |
| <i>Carex alba</i> (Weiße Segge)   |    |    | ↓  | ↑   | ↑    | ↑    |    |    | ↑  | ↑   | ↑    | ↑   |
| <i>Carex caryophylla</i> (Frühlings-Segge)                                      | ↓  | ↑  | +  |     |      |      | ↑  | ↑  |    |     |      |     |
| <i>Carex flacca</i> (Blaugrüne Segge)   | ↑  | ↑  | ↑  | ↓   |      |      |    | →  | ↓  | →   | →    | ↓   |
| <i>Carex humilis</i> (Erd-Segge)  | ↓  | ↓  | +  |     |      |      | ↓  | ↓  |    | -   |      |     |
| <i>Carex sempervirens</i> (Immergrüne Segge)                                    |    | -  |    |     |      |      |    | +  |    |     |      |     |
| <i>Carex tomentosa</i> (Filz-Segge)   |    |    |    |     |      |      |    |    |    |     |      | →   |
| <i>Carlina acaulis</i> ssp. <i>acaulis</i> (Silberdistel)                       | -  | →  |    |     |      |      |    | →  |    |     |      |     |
| <i>Centaurea jacea</i> (Wiesen-Flockenblume)                                    | →  | ↓  | →  |     |      |      |    | -  |    |     |      |     |
| <i>Centaurea scabiosa</i> (Skabiosen-Flockenblume)                              |    | +  | →  |     |      |      |    |    |    |     |      |     |
| <i>Cerastium holosteam</i> (Gewöhnliches Hornklee)                              | +  |    |    |     |      |      |    |    |    |     |      |     |
| <i>Chamaecytisus ratisbonensis</i><br>(Regensburger Geißklee)                   | -  | →  |    |     |      |      | →  | ↓  |    |     |      |     |
| <i>Cirsium vulgare</i> (Gewöhnliche Kratzdistel)                                | →  |    | -  |     |      |      |    |    |    |     |      |     |
| <i>Convallaria majalis</i> (Maiglöckchen)                                       |    |    |    |     |      |      |    |    |    |     |      | →   |
| <i>Cornus sanguinea</i> ssp. <i>sanguinea</i><br>(Blutroter Hartriegel)         |    |    |    |     | ↓    | -    |    |    |    |     |      |     |

**Tab. 2 Fortsetzung: Gesamtartenliste.** ↓: Abnahme der Deckung von 2007 bis 2011; ↑: Zunahme der Deckung von 2007 bis 2011; →: Deckung bleibt gleich von 2007 bis 2011; +: Art von 2007 bis 2011 hinzugekommen; -: Art von 2007 bis 2011 verschwunden. HH = Hasenheide, PO = Pferdegatter offen, PÜ = Pferdegatter Übergang, PWI = Pferdegatter Wald I, PWII = Pferdegatter Wald II, KWII = Kontrolle Wald II, KH = Königsbrunner Heide, RÜ = Rotwildgatter Übergang, RO = Rotwildgatter offen, RWI = Rotwildgatter Wald I, RWII = Rotwildgatter Wald II, KWI = Kontrolle Wald I. Die Referenzflächen sind grau hinterlegt.

|  | HH | PO | PÜ | PWI | PWII | KWII | KH | RO | RÜ | RWI | RWII | KWI |
|--|----|----|----|-----|------|------|----|----|----|-----|------|-----|
| <i>Crataegus monogyna</i> agg.<br>(Eingrifflicher Weißdorn)  |    |    | ↓  | ↓   | →    | ↓    |    |    | ↓  |     | ↓    |     |
| <i>Crepis alpestris</i> (Alpen-Pippau)   | -  |    | -  |     |      |      |    |    |    |     |      |     |
| <i>Dactylis glomerata</i> (Wiesen-Knäuelgras)  | ↑  | ↑  | -  |     |      |      |    | ↓  |    | →   |      |     |
| <i>Danthonia decumbens</i> ssp. <i>decumbens</i><br>(Dreizahn)                                       | +  | +  | +  |     |      |      | ↓  | ↑  | +  | +   |      |     |
| <i>Daphne mezereum</i> (Gewöhnlicher Seidelbast)   |    |    |    |     | →    |      |    |    | →  |     | →    | +   |
| <i>Echium vulgare</i> (Gewöhnlicher Natternkopf)   | ↑  |    |    |     |      |      |    |    |    |     |      |     |
| <i>Epipactis atrorubens</i> (Rotbraune Stendelwurz)  |    |    | +  | +   | →    | -    |    | →  |    |     |      |     |
| <i>Equisetum ramosissimum</i><br>(Ästiger Schachtelhalm)   | →  |    |    |     |      |      |    |    |    |     |      |     |
| <i>Erica carnea</i> (Schnee-Heide)   |    |    | →  |     | →    |      |    |    |    |     |      | →   |
| <i>Euonymus europaea</i><br>(Gewöhnliches Pfaffenhütchen)  |    |    |    |     |      | →    |    |    |    |     | -    | -   |
| <i>Euphorbia cyparissias</i> (Zypressen-Wolfsmilch)  | ↑  | ↑  | ↑  | +   | →    | -    |    | ↓  | →  | +   | →    |     |
| <i>Festuca ovina</i> agg. (Schaf-Schwingel)  | ↓  | ↓  | →  |     |      |      | ↑  | ↓  | ↑  | +   |      |     |
| <i>Filipendula vulgaris</i> (Kleines Mädesüß)  |    | ↓  | ↑  |     |      |      | ↑  | →  | →  |     |      |     |
| <i>Fragaria viridis</i> (Hügel-Erdbeere)   |    |    | +  |     |      |      |    |    |    |     |      |     |
| <i>Frangula alnus</i> (Faulbaum)   |    |    | ↓  | ↓   | ↑    | ↑    |    | -  | ↓  | ↓   | ↓    | ↓   |
| <i>Fraxinus excelsior</i> (Gewöhnliche Esche)  |    |    | -  |     |      | -    |    |    | ↓  | -   | -    |     |
| <i>Galium boreale</i> (Nordisches Labkraut)  | ↑  | ↓  | -  | →   |      | →    | ↑  | →  | →  | ↓   | →    |     |
| <i>Galium mollugo</i> (Wiesen-Labkraut)  | -  | →  | ↓  | →   | →    | ↓    |    | ↓  | ↑  | →   | ↑    | →   |
| <i>Galium verum</i> (Echtes Labkraut)  | →  | ↑  |    | -   |      |      | →  | ↑  | →  | →   |      |     |
| <i>Gladiolus palustris</i> (Sumpfgladiole)   | -  |    | →  |     |      |      | ↓  | →  |    |     |      |     |
| <i>Globularia punctata</i> (Gewöhnliche Kugelblume)  | -  |    |    |     |      |      | ↓  |    |    |     |      |     |
| <i>Gymnadenia conopsea</i> ssp. <i>conopsea</i><br>(Gewöhnliche Mücken-Händelwurz)                   | -  |    |    |     |      |      | -  |    |    |     |      |     |
| <i>Helianthemum nummularium</i> ssp. <i>nummularium</i><br>(Zweifarbigen Gewöhnliches Sonnenröschen) | →  | ↑  |    |     |      |      | ↑  | →  |    |     |      |     |
| <i>Helictotrichon pratense</i> (Echter Wiesenhafer)  | →  | ↓  |    |     |      |      | ↑  | ↓  |    |     |      |     |
| <i>Hieracium pilosella</i> (Kleines Habichtskraut)   | ↑  | →  |    |     |      |      |    | →  |    |     |      |     |
| <i>Hippocrepis comosa</i> (Hufeisenklee)   | ↓  | →  | →  |     |      |      | ↓  | ↓  |    |     |      |     |
| <i>Inula hirta</i> (Rauhaariger Alant)   | →  | ↓  | →  |     |      |      | →  | ↓  |    |     |      |     |
| <i>Juniperus communis</i> ssp. <i>communis</i><br>(Gewöhnlicher Heide-Wachholder)                    | →  |    | ↓  |     |      |      |    | ↑  | ↑  |     | ↑    |     |
| <i>Koeleria pyramidata</i> (Großes Schillergras)   | ↑  | ↑  | -  |     |      |      | +  | →  |    | →   |      |     |
| <i>Leontodon hispidus</i> ssp. <i>hispidus</i><br>(Rauer Löwenzahn)                                  | ↑  | →  | +  |     |      |      |    |    |    |     |      |     |
| <i>Leontodon incanus</i> (Grauer Löwenzahn)  |    |    |    |     |      |      | →  |    |    |     |      |     |
| <i>Leucanthemum vulgare</i><br>(Gewöhnliche Margerite)   | →  |    |    |     |      |      |    |    |    |     |      |     |
| <i>Ligustrum vulgare</i> (Gewöhnlicher Liguster)   |    |    | ↑  | →   | →    | ↓    |    | ↓  | →  |     | ↓    |     |
| <i>Linum catharticum</i> ssp. <i>catharticum</i><br>(Gewöhnlicher Purgier-Lein)                      | →  | +  | →  | +   |      |      |    | +  |    |     |      |     |
| <i>Lonicera xylosteum</i> (Rote Heckenkirsche)   |    |    |    |     | -    | →    |    |    |    |     |      |     |

**Tab. 2 Fortsetzung: Gesamtartenliste.** ↓: Abnahme der Deckung von 2007 bis 2011; ↑: Zunahme der Deckung von 2007 bis 2011; →: Deckung bleibt gleich von 2007 bis 2011; +: Art von 2007 bis 2011 hinzugekommen; -: Art von 2007 bis 2011 verschwunden. HH = Hasenheide, PO = Pferdegatter offen, PÜ = Pferdegatter Übergang, PWI = Pferdegatter Wald I, PWII = Pferdegatter Wald II, KWII = Kontrolle Wald II, KH = Königsbrunner Heide, RÜ = Rotwildgatter Übergang, RO = Rotwildgatter offen, RWI = Rotwildgatter Wald I, RWII = Rotwildgatter Wald II, KWI = Kontrolle Wald I. Die Referenzflächen sind grau hinterlegt.

|   | HH | PO | PÜ | PWI | PWII | KWII | KH | RO | RÜ | RWI | RWII | KWI |
|---|----|----|----|-----|------|------|----|----|----|-----|------|-----|
| <i>Lotus corniculatus</i> (Gewöhnlicher Hornklee)                         | ↑  | →  | →  |     |      |      | ↓  | →  |    |     |      |     |
| <i>Medicago lupulina</i> (Hopfenklee)                                     | +  |    | +  |     |      |      |    |    |    |     |      |     |
| <i>Melica nutans</i> (Nickendes Perlgras)                                 |    |    | ↓  | ↓   | ↓    | ↓    |    | →  | →  | ↓   | →    | ↓   |
| <i>Molinia caerulea</i> (Gewöhnliches Pfeifengras)                        |    | +  | ↓  | ↓   |      | ↑    |    | ↑  |    | →   |      | ↑   |
| <i>Ononis spinosa ssp. spinosa</i><br>(Dorniger Hauhechel)                | →  |    |    |     |      |      |    |    |    |     |      |     |
| <i>Peucedanum oreoselinum</i> (Berg-Haarstrang)                           | →  | ↓  | →  |     |      |      | →  | ↓  | +  | -   |      |     |
| <i>Phyteuma orbiculare ssp. orbiculare</i><br>(Kugelige Teufelskralle)    | -  |    |    |     |      |      |    | →  |    |     |      |     |
| <i>Picea abies</i> (Fichte)   |    |    |    | →   |      |      |    |    |    |     | -    |     |
| <i>Pimpinella saxifraga</i> (Kleine Bibernelle)                           | +  | +  |    |     |      |      |    |    |    |     |      |     |
| <i>Pinus sylvestris ssp. sylvestris</i> (Wald-Kiefer)                     | -  |    | +  |     | →    |      |    |    |    | →   |      |     |
| <i>Plantago lanceolata</i> (Spitz-Wegerich)                               | ↑  | ↑  |    |     |      |      |    | →  |    |     |      |     |
| <i>Plantago major ssp. major</i><br>(Gewöhnlicher Breit-Wegerich)         |    |    | -  |     |      |      |    |    |    |     |      |     |
| <i>Plantago media</i> (Mittlerer Wegerich)                                |    | →  | +  |     |      |      |    | →  |    |     |      |     |
| <i>Polygala chamaebuxus</i><br>(Buchsblättriges Kreuzblümchen)            | →  |    | →  |     |      |      | +  | ↑  | +  | →   |      |     |
| <i>Polygala vulgaris ssp. vulgaris</i><br>(Gewöhnliches Kreuzblümchen)    | +  |    |    |     |      |      |    |    |    |     |      |     |
| <i>Polygonatum odoratum</i><br>(Wohlriechende Weißwurz)                   | -  | ↑  | →  | →   | -    | -    | ↑  | ↓  | →  | ↓   |      |     |
| <i>Potentilla erecta</i> (Blutwurz)                                       |    |    | ↑  |     |      |      | -  | +  | →  |     |      |     |
| <i>Potentilla heptaphylla</i> (Rötliches Fingerkraut)                     | +  | +  |    |     |      |      | +  | ↑  |    |     |      |     |
| <i>Potentilla tabernaemontani</i><br>(Gewöhnliches Frühlings-Fingerkraut) | ↓  | →  | +  |     |      |      | →  | ↑  |    |     |      |     |
| <i>Prunella grandiflora</i> (Großblütige Braunelle)                       | ↑  | ↑  | ↑  |     |      |      | →  | →  |    |     |      |     |
| <i>Prunus spinosa</i> (Gewöhnliche Schlehe)                               |    | +  |    |     |      | ↑    |    | +  | →  |     | -    |     |
| <i>Quercus robur</i> (Stiel-Eiche)  |    | -  | →  | +   |      | -    |    |    | -  |     |      |     |
| <i>Ranunculus bulbosus</i> (Knolliger Hahnenfuß)                          | →  |    |    |     |      |      |    |    |    |     |      |     |
| <i>Ranunculus nemorosus</i><br>(Gewöhnlicher Hain-Hahnenfuß)              | +  |    |    |     |      |      |    |    |    |     |      |     |
| <i>Rhamnus cathartica</i> (Purgier-Kreuzdorn)                             |    | +  | ↑  | +   | ↓    | ↓    | →  | -  | ↓  | ↓   | ↓    | ↑   |
| <i>Rhamnus saxatilis</i> (Felsen-Kreuzdorn)                               |    | -  |    |     |      |      |    | ↓  |    |     |      |     |
| <i>Rhinanthus glacialis</i> (Grannen-Klappertopf)                         |    |    |    |     |      |      | +  | -  |    |     |      |     |
| <i>Rubus bavaricus</i> (Bayerische Brombeere)                             |    |    | +  |     | ↑    | ↑    |    |    |    |     |      |     |
| <i>Rubus caesius</i> (Kratzbeere)   |    |    |    |     |      | ↑    |    |    |    |     | →    |     |
| <i>Rubus idaeus</i> (Himbeere)  |    |    |    | →   |      |      |    |    |    |     |      |     |
| <i>Salvia pratensis</i> (Wiesen-Salbei)                                   | →  | →  | ↓  |     |      |      | →  | +  |    |     |      |     |
| <i>Scabiosa canescens</i> (Graue Skabiose)                                |    | ↑  |    |     |      |      | ↑  | ↑  |    |     |      |     |
| <i>Sedum sexangulare</i> (Milder Mauerpfeffer)                            | ↑  |    |    |     |      |      |    |    |    |     |      |     |
| <i>Senecio jacobaea</i> (Jakobs-Greiskraut)                               | →  |    |    |     |      |      |    |    |    |     |      |     |
| <i>Seseli annuum</i> (Steppen-Bergfenchel)                                | ↑  |    |    |     |      |      |    |    |    |     |      |     |
| <i>Sesleria albicans</i> (Kalk-Blaugras)                                  |    |    |    |     |      | ↓    |    |    |    |     |      |     |
| <i>Silene nutans</i> (Nickendes Leinkraut)                                | -  |    |    |     |      |      |    |    |    |     |      |     |

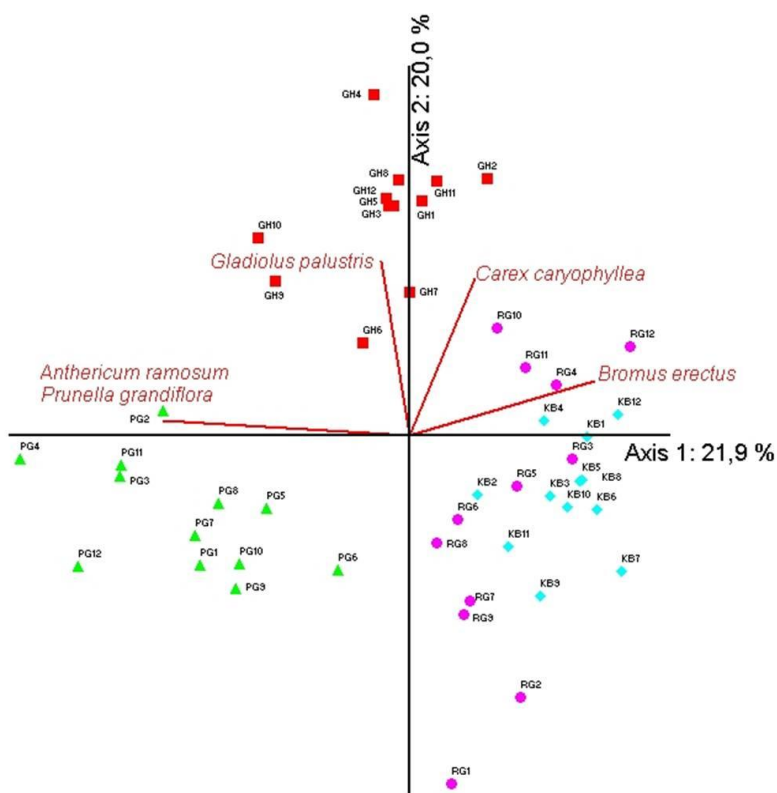
**Tab. 2 Fortsetzung: Gesamtartenliste.** ↓: Abnahme der Deckung von 2007 bis 2011; ↑: Zunahme der Deckung von 2007 bis 2011; →: Deckung bleibt gleich von 2007 bis 2011; +: Art von 2007 bis 2011 hinzugekommen; -: Art von 2007 bis 2011 verschwunden. HH = Hasenheide, PO = Pferdegatter offen, PÜ = Pferdegatter Übergang, PWI = Pferdegatter Wald I, PWII = Pferdegatter Wald II, KWII = Kontrolle Wald II, KH = Königsbrunner Heide, RÜ = Rotwildgatter Übergang, RO = Rotwildgatter offen, RWI = Rotwildgatter Wald I, RWII = Rotwildgatter Wald II, KWI = Kontrolle Wald I. Die Referenzflächen sind grau hinterlegt.

|  | HH | PO | PÜ | PWI | PWII | KWII | KH | RO | RÜ | RWI | RWII | KWI |
|--|----|----|----|-----|------|------|----|----|----|-----|------|-----|
| <i>Sorbus aucuparia ssp. aucuparia</i> (Vogelbeere)        |    |    |    |     |      | ↑    |    |    |    |     |      |     |
| <i>Taraxacum officinale agg.</i> (Wiesen-Löwenzahn)        | -  | →  | →  | +   |      |      |    | →  | +  |     | -    |     |
| <i>Teucrium montanum</i> (Berg-Gamander)                   |    |    |    |     |      |      | +  |    |    |     |      |     |
| <i>Thesium linophyllum</i> (Mittleres Leinblatt)           |    |    |    |     |      |      | +  |    |    |     |      |     |
| <i>Thesium rostratum</i><br>(Schnabelfrüchtiges Leinkraut) | →  |    |    |     |      |      | →  |    |    |     |      |     |
| <i>Thymus praecox</i> (Frühblühender Thymian)              | ↑  | -  |    |     |      |      | ↓  | +  |    |     |      |     |
| <i>Trifolium montanum</i> (Berg-Klee)                      | ↑  |    |    |     |      |      |    | -  |    |     |      |     |
| <i>Viburnum lantana</i> (Wolliger Schneeball)              |    |    | →  | -   |      | ↓    |    |    |    |     | -    |     |
| <i>Viburnum opulus</i> (Gewöhnlicher Schneeball)           |    |    |    |     | →    |      |    |    | ↓  |     |      |     |
| <i>Vicia cracca</i> (Gewöhnliche Vogelwicke)               |    |    |    |     |      | -    |    |    | →  |     | →    |     |
| <i>Vincetoxicum hirundinaria</i> (Schwalbenwurz)           |    |    | -  | →   | →    |      |    |    |    |     |      |     |
| <i>Viola hirta</i> (Rauhaariges Veilchen)                  |    | ↑  | ↓  |     |      |      | →  | ↑  | →  | +   |      |     |
| <i>Viola riviniana</i> (Hain-Veilchen)                     |    |    | -  |     |      | →    |    |    |    |     | -    |     |



### 3.4 Vegetationsaufnahmen der Dauerbeobachtungsflächen für die Zielart *Gladiolus palustris*

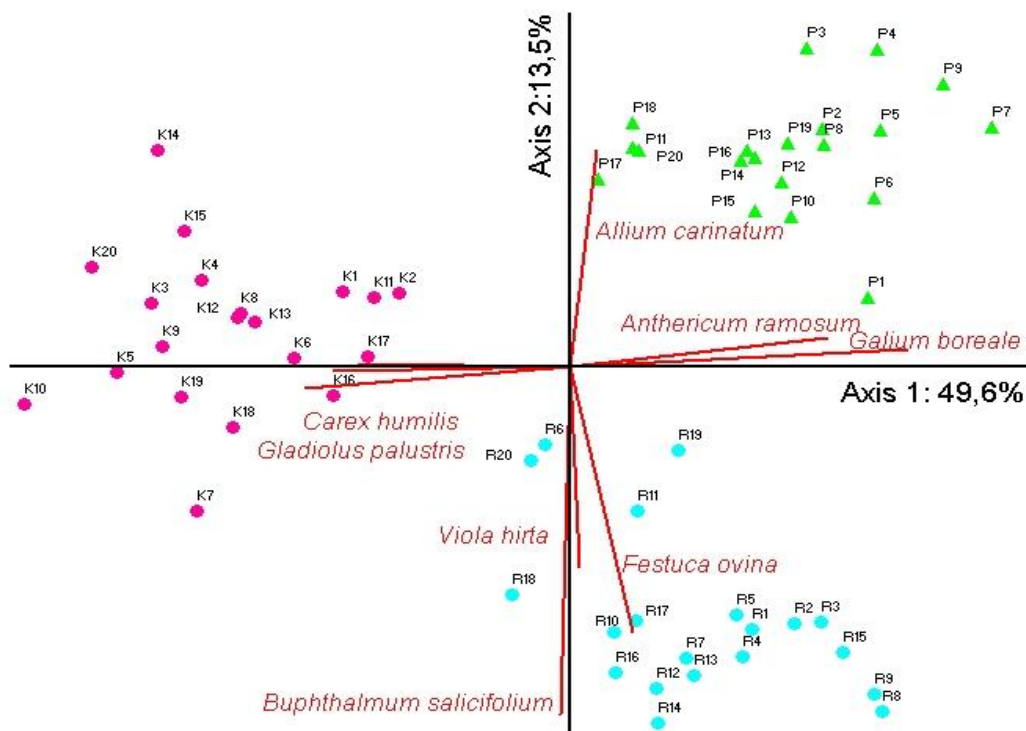
Abbildung 7 zeigt eine Hauptkomponentenanalyse (PCA) der Dauerbeobachtungsflächen für die Zielart *Gladiolus palustris*. Die vier Flächen lassen sich mehr oder weniger klar voneinander abgrenzen. Die Referenzfläche „Gegenüber Hasenheide“ spaltet sich, gegenüber den anderen Fläche, entlang der zweiten Achse auf. Die Flächen in den Gattern und die Referenzfläche „Königsbrunner Heide“ unterscheiden sich entlang der ersten Achse. Die Fläche „Gegenüber Hasenheide“ wird durch Offenlandarten wie *Carex caryophylla* und *Gladiolus palustris* charakterisiert. Die Art *Bromus erectus* charakterisiert die Fläche im Rotwildgatter und die Referenzfläche „Königsbrunner Heide“. Für die Fläche im Pferdegatter sind Arten wie *Anthericum ramosum* und *Prunella grandiflora* typisch.



**Abb. 7:** Hauptkomponentenanalyse von Vegetationsaufnahmen der vier *Gladiolus palustris*- Flächen im Bereich des NSG „Stadtwald Augsburg“ im Jahr 2008. ● pink: Rotwildgatter, ▲ grün: Pferdegatter, ◆ türkis: Königsbrunner Heide, ■ rot: Gegenüber Hasenheide. Die kumulative Varianz der ersten drei Achsen beträgt  $r^2 = 0,51$ . Eigenvalue der ersten Achse = 23183,55 und der zweiten Achse = 21181,49. Die Gradientenlänge der ersten Achse beträgt 1,88 Standardabweichungen. Die Darstellung erfolgt mit einem Cut-off- $r^2$  von 0,40. *Anthericum ramosum* ( $r = -0,88$ ) korreliert am stärksten mit der ersten Achse und *Gladiolus palustris* ( $r = -0,71$ ) am stärksten mit der zweiten Achse.

### 3.5 Vegetationsaufnahmen der Dauerbeobachtungsflächen für die Zielart *Chamaecytisus ratisbonensis*

Abbildung 8 zeigt eine Hauptkomponentenanalyse der Dauerbeobachtungsflächen für die Zielart *Chamaecytisus ratisbonensis*. Die Referenzfläche „Hasenheide“ wurde aus der Analyse ausgeschlossen, da auf ihr vergleichsweise sehr wenige Individuen des Regensburger Geißklees wachsen. Das Ordinationsdiagramm zeigt, dass sich die drei Untersuchungsflächen klar voneinander abgrenzen lassen. Die Referenzfläche „Königsbrunner Heide“ grenzt sich, gegenüber den Flächen in den Gattern, entlang der ersten Achse ab. Die Untersuchungsflächen in den Gattern verteilen sich entlang der zweiten Achse. Die Untersuchungsfläche „Königsbrunner Heide“ wird durch Offenlandarten wie *Carex humilis* und *Gladiolus palustris* charakterisiert. Für die Fläche im Rotwildgatter sind Arten wie *Viola hirta* und *Bupthalmum salicifolium* typisch. Die Art *Allium carinatum* charakterisiert die Untersuchungsfläche „Pferdegatter“.



**Abb. 8:** Hauptkomponentenanalyse von Vegetationsaufnahmen der drei *Chamaecytisus ratisbonensis*- Flächen im Bereich des NSG „Stadtwald Augsburg“ im Jahr 2009. ● pink: Königsbrunner Heide, ▲ grün: Pferdegatter, ◆ türkis: Rotwildgatter. Die kumulative Varianz der ersten drei Achsen beträgt  $r^2 = 0,71$ . Eigenvalue der ersten Achse = 174,03 und der zweiten Achse = 121,80. Die Gradientenlänge der ersten Achse beträgt 1,95 Standardabweichungen. Die Darstellung erfolgt mit einem Cut-off- $r^2$  von 0,40. *Anthericum ramosum* ( $r = 0,84$ ) korreliert am stärksten mit der ersten Achse und *Bupthalmum salicifolium* ( $r = -0,88$ ) am stärksten mit der zweiten Achse.

## 4 Bewertung der Ergebnisse

Für den Untersuchungszeitraum von 4 Jahren bewegten sich die Vegetationsveränderungen in den Offenlandtransekten, ebenso wie in den Kontrolltransekten, in einem sehr engen Bereich und ließen nur sehr geringe Entwicklungstendenzen erkennen. Bei den Waldtransekten im Rotwildgatter konnte dagegen eine leichte Veränderung der Vegetationsstruktur festgestellt werden. Da diese jedoch nur 6,7 % der Gesamt-Varianz beträgt, ist diese Veränderung eher gering. Im Pferdegatter entwickelten sich die Waldtransekte hin zu einer Vegetationsstruktur mit offenerem Charakter. Dies liegt hauptsächlich an der steigenden mittleren Deckung von typischen Offenlandarten (z.B. *Euphorbia cyparissias*, *Prunella grandiflora*) in diesen Transekten festgestellt werden. Betrachtet man die Entwicklung der mittleren Deckung der Strauchschicht so zeigen sich erste Trends. Die mittlere Deckung der Strauchschicht nahm in den Waldtransekten im Rotwildgatter und den Übergangstransekten in beiden Gattern während der fünf Untersuchungsjahre kontinuierlich, jedoch statistisch noch nicht belegbar, ab. Wenn man die Parameter mittlere Artenzahl, Evenness und Shannon-Index betrachtet, kann man Tendenzen zwischen den Jahren erkennen. Diese Tendenzen sind jedoch statistisch nicht belegbar, da es keine signifikanten Unterschiede gibt. Die Flächen wurden über die Jahre immer heterogener und auch die Artenanzahl stieg an. Das die Flächen immer heterogener wurden könnte daran liegen, dass durch die Beweidung Arten mit höheren Deckungen zurückgedrängt wurden. Durch die Beweidung hat sich auch die Vegetationsstruktur verändert, wodurch sich Arten neu etabliert haben. Da die Entwicklung, in geringerem Maß, auch auf den Referenzflächen feststellbar war, spielen auch umweltbedingte Einflüsse eine Rolle. Auch für einige Rote-Liste-Arten konnte ein Anstieg der mittleren Deckung auf den beweideten Transekten festgestellt werden. Eine Reduktion der mittleren Deckung von *Calamagrostis epigejos*, *Calamagrostis varia* und *Molinia caerulea* konnte noch nicht festgestellt werden. Im Rotwildgatter liegt dies wahrscheinlich daran, dass die Rothirsche die Grasschicht in den ersten Jahren sehr wenig beeinträchtigt haben. Erst seit letztem Jahr wurde durch den neuen Hirsch auch das Gras vermehrt verbissen. Die Pferde hingegen reduzierten schon seit Beginn des Beweidungsprojektes die Grasschicht. Eventuell war dies für die Reduktion von Pfeifengras und Reitgras noch zu wenig Beweidungsdruck.

Nach fünf Projektjahren kann man sagen, dass beide Beweidungsformen positive Auswirkungen auf die Vegetation haben. Die Pferdebeweidung fördert eine Vegetation mit offenerem Charakter und die Rotwildbeweidung führt zu einer Reduktion der Strauchschicht.

Die Vegetationsaufnahmen auf den Dauerbeobachtungsflächen der Zielarten *Gladiolus palustris* und *Chamaecytisus ratisbonensis* waren Momentaufnahmen. Um die Vegetationsentwicklung auf diesen Flächen zu verdeutlichen müssten erneute Vegetationsaufnahmen gemacht werden.

## Modul 2: Populationsbiologisches Monitoring der Zielarten *Gladiolus palustris* und *Chamaecytisus ratisbonensis*

### 1 Allgemeines

Die Untersuchungen zur Populationsdynamik von Arten sind wichtig, damit man feststellen kann, ob es sich um natürliche oder beweidungsinduzierte Populationsschwankungen handelt. Um die Auswirkungen unterschiedlicher Beweidungsregime (Przewalski-Pferde bzw. Rothirsche) auf Bestände ausgewählter Pflanzenarten zu dokumentieren, wurden im Rahmen des populationsbiologischen Monitorings im Jahr 2007 auf vier Flächen im Bereich des Augsburgers Stadtwaldes Dauerbeobachtungsflächen eingerichtet. In diesen Dauerflächen werden potentielle Bestandsänderungen durch eine punktgenaue Kartierung von Individuen bzw. Patches über die Zeit aufgezeichnet. Zusätzlich werden biologische Parameter (Anzahl der Sprosse, Höhe des Blütenstandes, Anzahl der Blüten etc.) erfasst, um Rückschlüsse über den Fitnesszustand der Populationen ziehen zu können. Um potentielle klima- bzw. umweltbedingte Veränderungen der Populationsstruktur auszuschließen, wurden zusätzlich zu den Dauerflächen im Rotwild- bzw. Pferdegatter Referenzflächen mit in die Untersuchung einbezogen. Diese Referenzflächen befinden sich auf der Königsbrunner und der Hasenheide bzw. einer der Hasenheide benachbarten, lückig mit Kiefern bestandenen Fläche (im Weiteren als „Gegenüber Hasenheide“ bezeichnet).

Als Zielarten wurden zwei für das NSG „Stadtwald Augsburg“ typische Pflanzenarten ausgewählt. Die Sumpfgladiole (*Gladiolus palustris*), eine stark gefährdete FFH-Art, die ihren vermutlich größten Bestand Mitteleuropas im Bereich des Augsburgers Stadtwaldes ausbildet, gilt bei zu starkem Weidedruck vor allem in der Hauptentwicklungsphase (Mai bis Juli) als besonders empfindlich gegenüber Verbiss und Tritt (RIEGEL 2007). Weniger empfindlich gegenüber Beweidung gilt der Regensburger Geißklee (*Chamaecytisus ratisbonensis*). Dieser klonal wachsende, zum Teil stark verholzende Halbstrauch bildet aus einem zentralen Punkt mehrere niederliegende oder leicht aufsteigende Triebe aus, die weitgehend robust gegen Tritt und Verbiss sind.

Vor dem Einsetzen der Tiere in die Gehege fand im Jahr 2007 eine erste Bestandskartierung in den vier Dauerflächen statt. Das Ergebnis dieser Kartierung dokumentiert den „Nullzustand“ der Zielarten-Populationen und dient als Vergleichssituation für Kartierungen in den Folgejahren. 2011 fand die vierte Folgeuntersuchung der Bestandssituation nach dem Einsetzen der Tiere statt. Neben der Erfassung der Populationsstruktur, wurden auch weitere Parameter, wie Blühhöhen und Blütenstandshöhen erhoben.

## 2 Zielart 1: *Gladiolus palustris* (Sumpfgladiole)

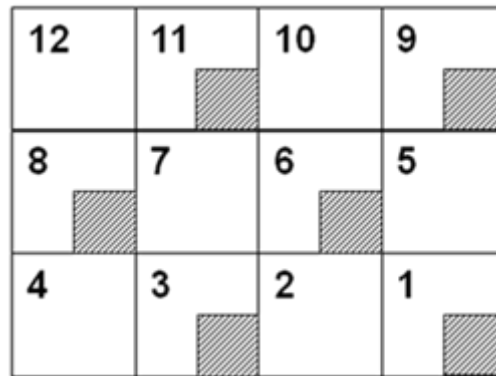


Abb. 9: Blütenstand von *Gladiolus palustris*. (Foto: B. Hinterschwepfinger)

### 2.1 Methoden & statistische Analyse

Im Jahr 2007 wurde in den beiden Gattern (Pferde bzw. Rotwild) und auf den Referenzflächen (Königsbrunner Heide bzw. gegenüber Hasenheide) jeweils eine Dauerbeobachtungsfläche von 6 m x 8 m eingerichtet. Jedes Dauerquadrat wurde in zwölf 2 m x 2 m Unterquadrate unterteilt. Das Einmessen der Individuen folgte der von WELLS (1967) beschriebenen „klassischen Koordinatenmethode“. Bei *Gladiolus palustris* wurden auf Grund der hohen Individuendichte in den Dauerbeobachtungsflächen nur kleinere 1 m x 1 m - Bereiche punktgenau eingemessen. Für die restlichen Bereiche wurde die Anzahl generativer und vegetativer Individuen bestimmt (Abb. 10). Die fünfte Zustandserhebung erfolgte Anfang Juli 2011.

Statistische Auswertungen der populationsbiologischen Untersuchungen erfolgten mit Hilfe univariater Statistik. Das hierfür verwendete Statistikprogramm war SPSS für Windows Version 18.0. Als Nichtparametrische Tests zum Mittelwertvergleich unabhängiger Stichproben wurden der Kruskal-Wallis-H-Test und der Mann-Whitney-U-Test für den paarweisen Vergleich der einzelner Mediane verwendet. Lagen verbundene Stichproben vor, so wurde ein Wilcoxon Test durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde auf  $p \leq 0,05$  festgelegt.



**Abb. 10: Übersicht über eine Dauerbeobachtungsfläche für *Gladiolus palustris*.** Individuen in den schraffierten Bereichen (1 m x 1 m) wurden punktgenau eingemessen. In den übrigen Bereichen wurde die Anzahl an generativen und vegetativen Individuen geschätzt.

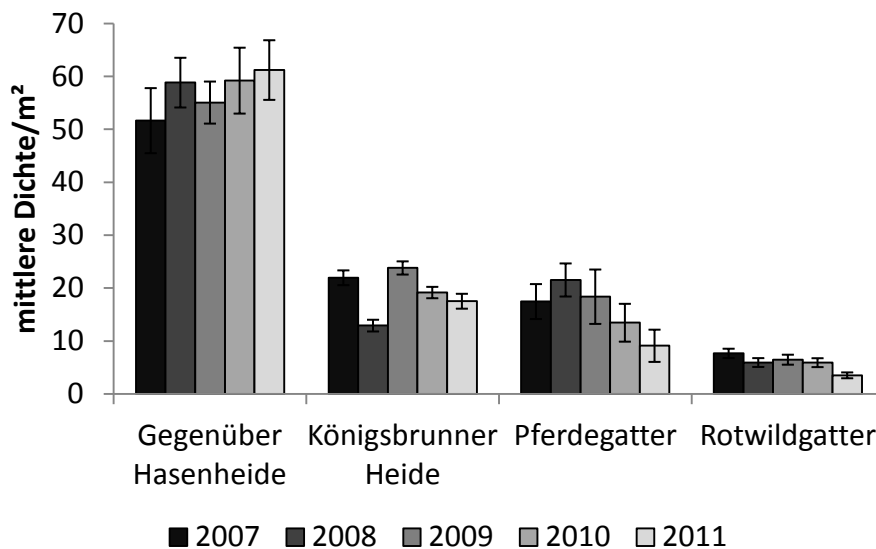
## 2.2 Ergebnisse

Die Kartierung der Populationsstruktur innerhalb der vier Dauerbeobachtungsflächen (jeweils 48 m<sup>2</sup>) von *Gladiolus palustris* in den Jahren 2007 bis 2011 brachte folgende Ergebnisse (Tab. 3): Auf der Referenzfläche „Gegenüber Hasenheide“ konnten 2011 insgesamt 2938 Individuen festgestellt werden, von denen 672 blühten. Die Blütrate betrug hier 22,9 %, dies bedeutet eine Zunahme im Vergleich zum Vorjahr. Auf der „Königsbrunner Heide“, ebenfalls eine Referenzfläche, konnten im Jahr 2011 841 Individuen gezählt werden, von denen 29 blühten. Somit nahm die Blütrate im Vergleich zum Vorjahr auf 3,4 % ab. Im Vergleich zum Jahr 2010 nahmen die Individuenanzahl und die Blütrate im Rotwildgatter 2011 ab. Im Pferdegatter sank die Individuenanzahl auf 437 ab und die Blütrate sank auf 7,6 %.

**Tab. 3: Übersicht über die Populationsstruktur von *Gladiolus palustris* im Bereich der Dauerbeobachtungsflächen (je 48 m<sup>2</sup>) Gegenüber Hasenheide, Königsbrunner Heide, Pferdegatter und Rotwildgatter in den Jahren 2007 bis 2011.**

| Fläche                          | Gegenüber Hasenheide |      |      |      |      | Königsbrunner Heide |      |      |      |      | Pferdegatter |      |      |      |      | Rotwildgatter |      |      |      |      |
|---------------------------------|----------------------|------|------|------|------|---------------------|------|------|------|------|--------------|------|------|------|------|---------------|------|------|------|------|
|                                 | 2007                 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2007                | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2007         | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2007          | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| Anzahl Individuen gesamt (N)    | 2479                 | 2824 | 2643 | 2842 | 2938 | 1054                | 620  | 1143 | 920  | 841  | 838          | 1034 | 882  | 646  | 437  | 368           | 285  | 311  | 284  | 169  |
| Anzahl Individuen generativ (N) | 429                  | 999  | 353  | 604  | 672  | 46                  | 138  | 73   | 52   | 29   | 140          | 290  | 196  | 165  | 33   | 92            | 64   | 20   | 11   | 3    |
| Anzahl Individuen vegetativ (N) | 2050                 | 1825 | 2290 | 2238 | 2266 | 1008                | 482  | 1070 | 868  | 812  | 698          | 744  | 686  | 481  | 424  | 276           | 221  | 291  | 273  | 166  |
| Blütrate (%)                    | 17,3                 | 35,4 | 13,4 | 21,3 | 22,9 | 4,4                 | 22,3 | 6,4  | 5,6  | 3,4  | 16,7         | 28,1 | 22,2 | 25,5 | 7,6  | 25            | 22,5 | 6,4  | 3,8  | 1,8  |
| Mittlere Dichte/m <sup>2</sup>  | 51,6                 | 58,8 | 55,1 | 59,2 | 61,2 | 22                  | 12,9 | 23,8 | 19,2 | 17,5 | 17,5         | 21,5 | 18,4 | 13,5 | 9,1  | 7,7           | 5,9  | 6,5  | 5,9  | 3,5  |

Die mittlere Dichte war 2011 auf der Fläche „Gegenüber Hasenheide“ mit 61,21 Individuen pro m<sup>2</sup> am höchsten (Abb. 11). Seit 2007 kam es auf dieser Fläche zu einem Anstieg der mittleren Dichte. Auf der Referenzfläche „Königsbrunner Heide“ hingegen nahm die mittlere Dichte im Vergleich zum Jahr 2007 leicht ab. Auf der Fläche im Pferdegatter nahm die mittlere Dichte von 2007 auf 2011 von 17 auf 9 Individuen pro m<sup>2</sup> um fast die Hälfte ab. Im Rotwildgatter kam es zu einer Abnahme um mehr als die Hälfte (7,7 -> 3,5 Individuen pro m<sup>2</sup>). Auf allen Flächen konnten zwischen 2007 und 2011 keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

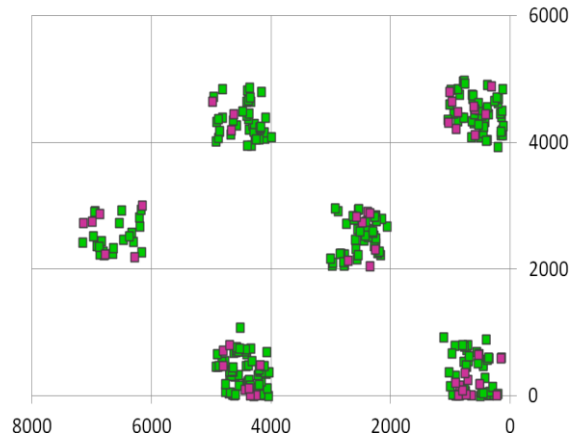


**Abb. 11: Mittlere Dichte/m<sup>2</sup> der *Gladiolus palustris* Individuen je Dauerbeobachtungsfläche (jeweils 48 m<sup>2</sup>) in den Jahren 2007 bis 2011.** Die Standardfehler sind beidseitig angegeben.

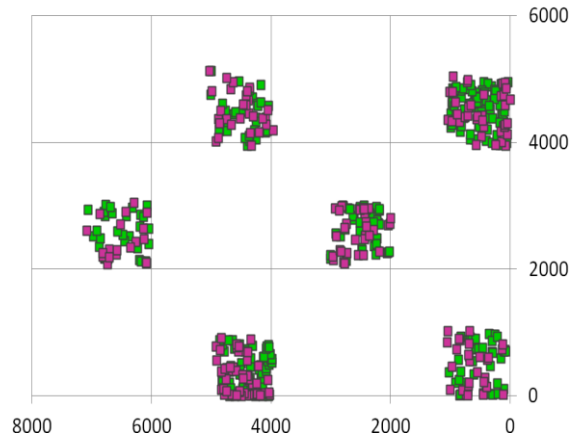
In den Abbildungen 12 bis 15 ist das räumliche Verteilungsmuster der kartierten Sumpfgladiolen in den 1 m x 1 m subplots der vier Dauerbeobachtungsflächen dargestellt. Die räumliche Dynamik der *Gladiolus palustris* – Population auf den vier Untersuchungsflächen im NSG „ Stadtwald Augsburg“ war, wie schon die Jahre zuvor, innerhalb der Vegetationsperiode 2010/2011 sehr hoch. Das heißt, es hatten sich sehr viele Individuen neu etabliert und dafür sind sehr viele Individuen aus den Vorjahren verschwunden.



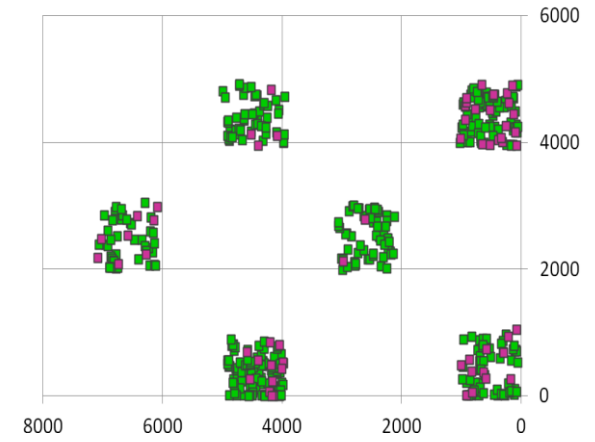
Gegenüber Hasenheide 2007



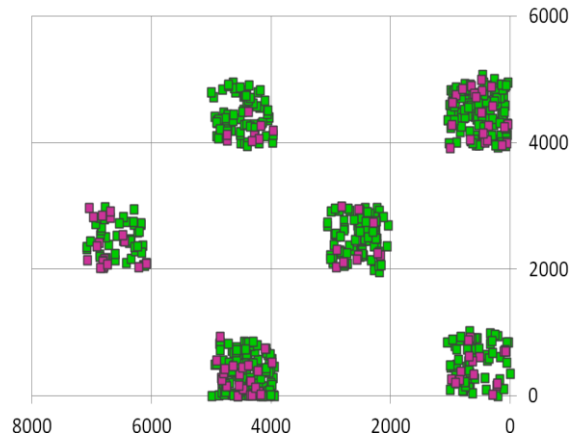
Gegenüber Hasenheide 2008



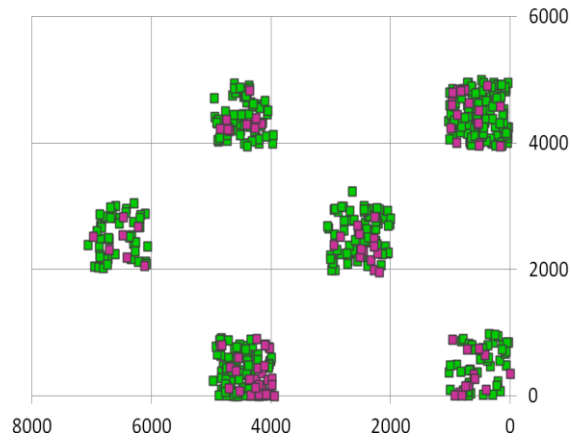
Gegenüber Hasenheide 2009



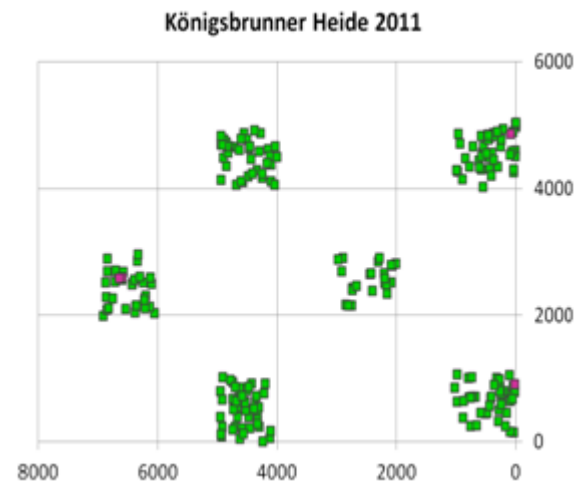
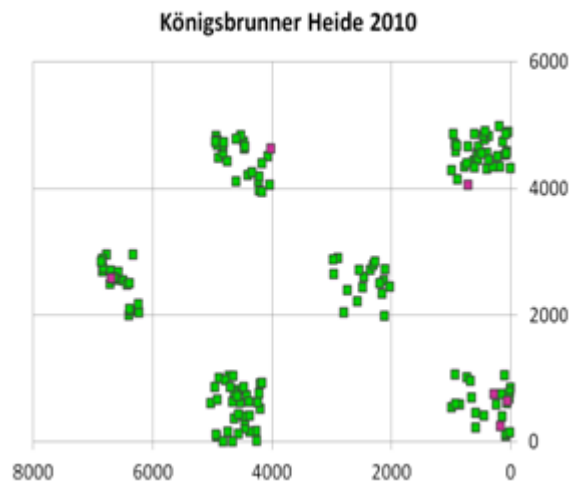
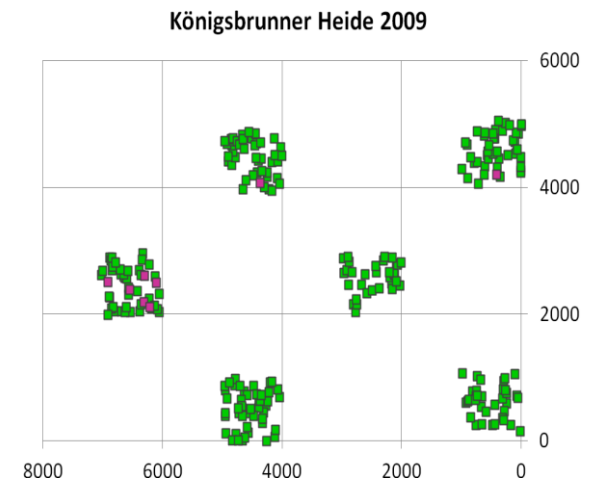
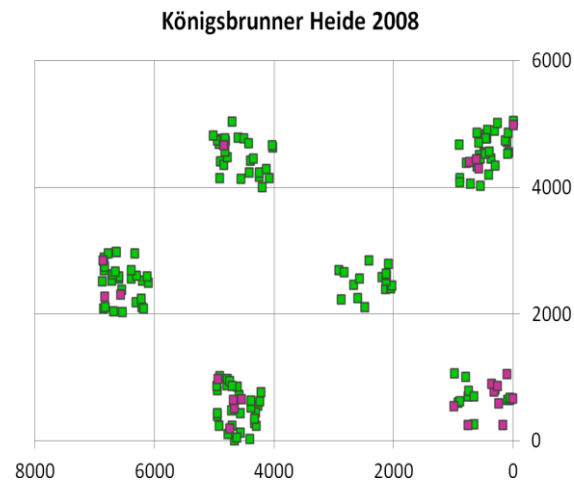
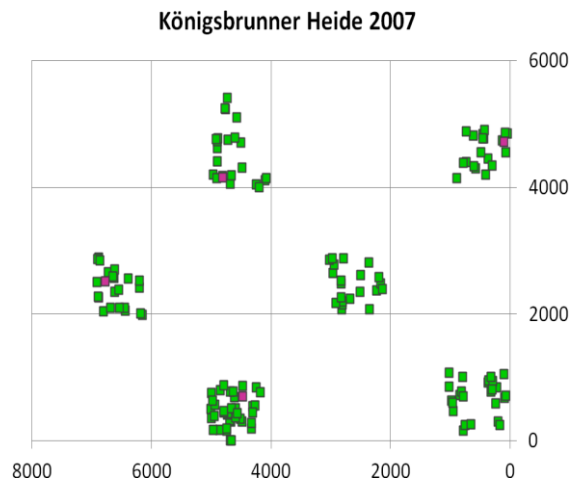
Gegenüber Hasenheide 2010



Gegenüber Hasenheide 2011

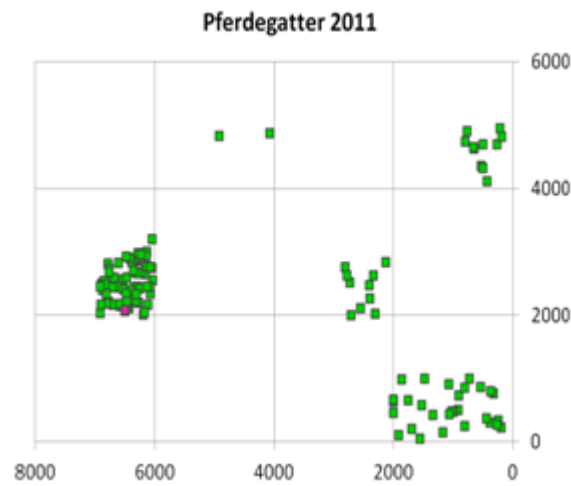


**Abb. 12:** Räumliche Verteilung der *Gladiolus palustris*-Individuen in der Dauerbeobachtungsfläche Gegenüber Hasenheide im Bereich des NSG „Stadtwald Augsburg“ in den Jahren 2007 bis 2011.  
■ grün: vegetative Individuen, ■ pink: generative Individuen.

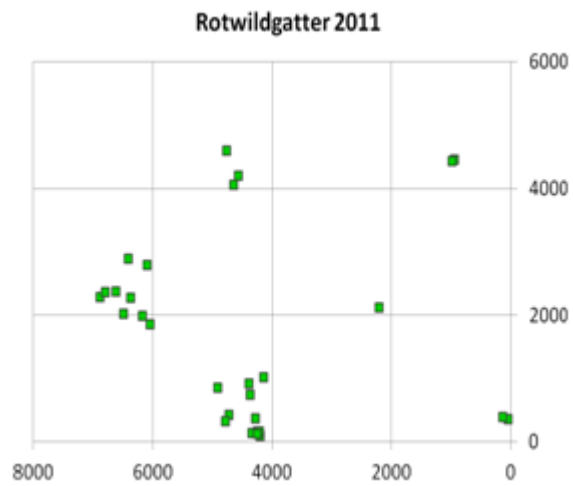
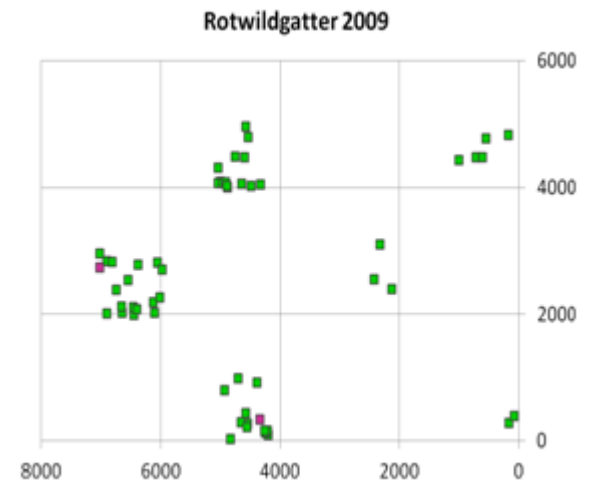


**Abb. 13: Räumliche Verteilung der *Gladiolus palustris*-Individuen in der Dauerbeobachtungsfläche Königsbrunner Heide im Bereich des NSG „Stadtwald Augsburg“ in den Jahren 2007 bis 2011.**

■ grün: vegetative Individuen, ■ pink: generative Individuen.

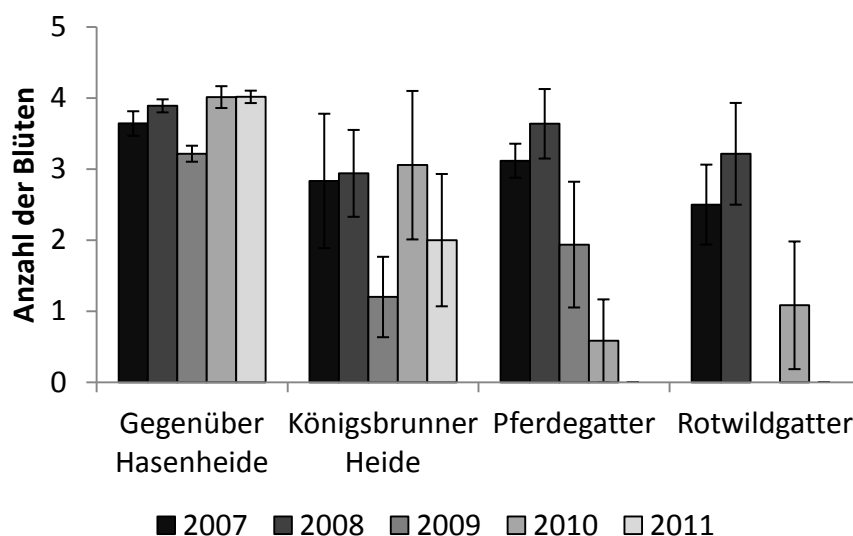


**Abb. 14:** Räumliche Verteilung der *Gladiolus palustris*-Individuen in der Dauerbeobachtungsfläche im Pferdegatter im Bereich des NSG „Stadtwald Augsburg“ in den Jahren 2007 bis 2011.  
 ■ grün: vegetative Individuen, ■ pink: generative Individuen.



**Abb. 15: Räumliche Verteilung der *Gladiolus palustris*-Individuen in der Dauerbeobachtungsfläche im Rotwildgatter im Bereich des NSG „Stadtwald Augsburg“ in den Jahren 2007 bis 2011.**  
 ■ grün: vegetative Individuen, ■ pink: generative Individuen.

Die mittlere Anzahl an Blüten pro Blütenstand reichte 2011 von 0 in den Gattern bis 4,0 auf der Referenzfläche „Gegenüber Hasenheide“ (Abb. 16). Die mittlere Anzahl an Blüten stieg auf der Referenzfläche „Gegenüber Hasenheide“ von 2007 auf 2011 leicht an (3,6 -> 4). Auf der Referenzfläche „Königsbrunner Heide“ nahm die mittlere Anzahl an Blüten von 2007 auf 2011 leicht ab (2,8 -> 2). Seit 2008 kam es auf der Fläche im Pferdegatter zu einer kontinuierlichen Abnahme der mittleren Anzahl an Blüten. Auch auf der Fläche im Rotwildgatter wurde eine Abnahme seit 2008 festgestellt. Im Jahr 2011 kam in den Gattern kein eingemessenes Individuum zur Blüte. Auf allen Flächen konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.



**Abb. 16: Vergleich der durchschnittlichen Anzahl an Blüten pro Blütenstand von *Gladiolus palustris*-Individuen im Bereich der vier Dauerbeobachtungsflächen in den Jahren 2007 bis 2011.** Die Standardfehler sind beidseitig angegeben. 2009 kam im Rotwildgatter und 2011 in beiden Gattern kein Individuum zur Blüte.

Die Höhe des Blütenstandes lag 2011 zwischen 0 in den Gattern und 43 cm auf der Referenzfläche „Gegenüber Hasenheide“ (Abb. 17). Zwischen 2007 und 2011 blieb die Höhe des Blütenstandes auf der Referenzfläche „Gegenüber Hasenheide“ fast gleich (43,75 cm -> 42,65 cm). Auf der Referenzfläche „Königsbrunner Heide“ hingegen nahm die Höhe des Blütenstandes von 2007 auf 2011 ab (34,2 cm -> 23,3 cm). Seit 2007 kam es auf der Fläche im Pferdegatter zu einer kontinuierlichen Abnahme der Höhe des Blütenstandes. Auch auf der Fläche „Rotwildgatter“ wurde eine Abnahme seit 2007 festgestellt. Im Jahr 2011 kam in den Gattern kein eingemessenes Individuum zur Blüte. Auf allen Flächen konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

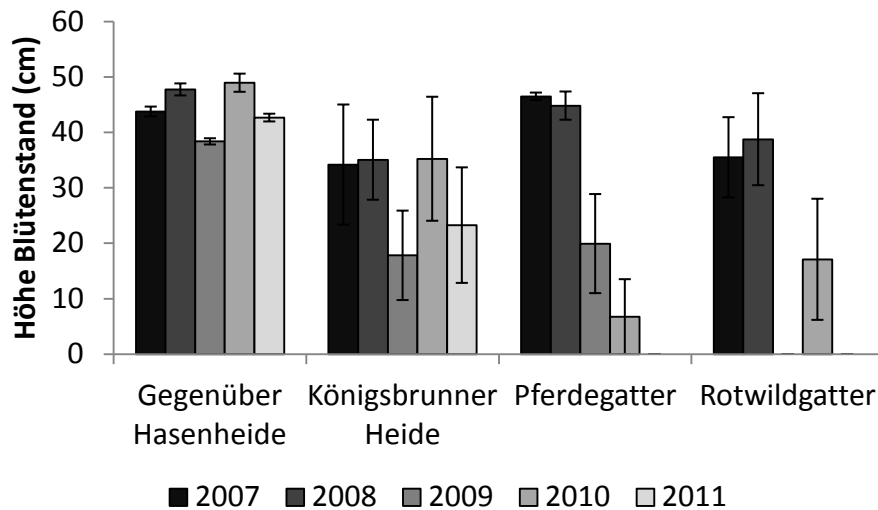


Abb. 17: Vergleich der mittleren Blütenstandshöhen von *Gadiolus palustris*-Individuen im Bereich der vier Dauerbeobachtungsflächen in den Jahren 2007 bis 2011. Die Standardfehler sind beidseitig angegeben. 2009 kam im Rotwildgatter und 2011 in beiden Gattern kein Individuum zur Blüte.

Vergleicht man den Anteil an verbissenen Blütenständen (Abb. 18) jeder Fläche in den vier Untersuchungsjahren, so zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass der Standardfehler relativ hoch ist. Dies kommt dadurch zustande, dass in manchen Quadraten kein Individuum verbissen wurde und in anderen der Anteil an verbissenen Individuen sehr groß war. Obwohl es keine signifikanten Unterschiede gab sind durchaus leichte Trends erkennbar. Auf der Referenzfläche „Gegenüber Hasenheide“ sank der Anteil an verbissenen Blütenständen kontinuierlich seit 2008 (7,6 % -> 1,6 %). Auf der Referenzfläche „Königsbrunner Heide“ war der Verbiss schon immer sehr gering (0,9 %) und in den Jahren 2010 und 2011 konnte gar kein Verbiss festgestellt werden. Im Pferdegatter stieg der Anteil an verbissenen Blütenständen bis 2010 stark an (4,6 % -> 21,4 %) und erreichte 2011 wieder den Ausgangswert. Auf der Fläche „Rotwildgatter“ stieg der Anteil an verbissenen Blütenständen von 2007 auf 2011 an (5,0 % -> 8,3 %).

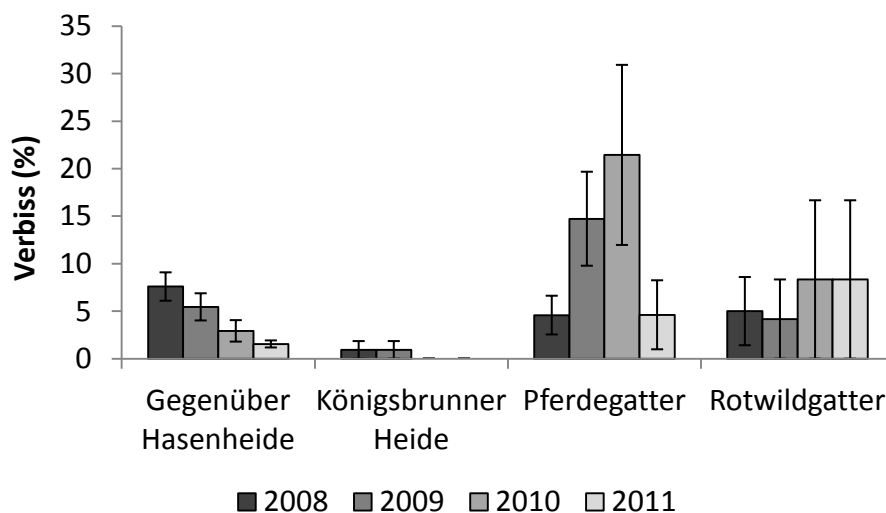


Abb. 18: Anteil der verbissenen Blütenstände von *Gadiolus palustris* auf den vier Dauerbeobachtungsflächen im Bereich des NSG „Stadtwald Augsburg“ in den Jahren 2008 bis 2011. Die Standardfehler sind beidseitig angegeben.

### 2.3 Bewertung der Ergebnisse

Nach fünf Projektjahren lässt sich der Einfluss der Beweidung auf die Populationsstruktur von *Gladiolus palustris* noch nicht statistisch belegen, da keine signifikanten Unterschiede zwischen den Jahren festgestellt werden konnten. Es sind jedoch schon klare Trends erkennbar. So nahm die Individuenzahl pro m<sup>2</sup> in den Gattern kontinuierlich ab, während es auf der Referenzfläche „Gegenüber Hasenheide“ zu einem Anstieg kam. Auf der Referenzfläche „Königsbrunner Heide“ kam es zu einer leichten Abnahme der Individuenzahl pro m<sup>2</sup>. Dieselben Entwicklungen konnten auch für die Blütrate festgestellt werden. Auch bei den Fitnessparametern „Anzahl der Blüten pro Blütenstand“ und „Höhe des Blütenstandes“ konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden. Doch auch hier sind Trends erkennbar. So kam es auf der Referenzfläche „Gegenüber Hasenheide“ zu einer Zunahme beider Parameter. Auf der Referenzfläche „Königsbrunner Heide“ kam es zu einer leichten Abnahme. In den beiden Gattern konnte nach einer kontinuierlichen Abnahme in den Vorjahren in diesem Jahr kein blühendes Individuum festgestellt werden. Verbissene Blütenstände von *Gladiolus palustris* konnten auch auf den Referenzflächen festgestellt werden. Die Sumpfgladiole wird von beiden Tierarten verbissen. Bei der Betrachtung des Verbisses von Blütenständen ist zu berücksichtigen, dass die Blütenstände auch durch Hasen und/oder Rehe verbissen werden können, da auch auf den Referenzflächen Verbiss stattfindet. Zu welchem Anteil der Verbiss in den Gattern auf Rehe und Hasen zurückgeht, kann nicht exakt ermittelt werden. Auf der Referenzfläche „Gegenüber Hasenheide“ konnte also eine durchwegs positive Entwicklung der Population festgestellt werden. Diese ist vermutlich auf günstige Wuchsbedingungen aufgrund wechselfeuchter Bodenverhältnisse zurückzuführen. Da die Fläche gut beschattet wird und der Boden somit wahrscheinlich nicht so schnell austrocknet und *Gladiolus palustris* genau solche Bedingungen benötigt. Um eine gesicherte Aussage treffen zu können wären Untersuchungen der Bodenverhältnisse (z. B. Bodentiefe, Bodenfeuchte) notwendig. Die leicht negativen Entwicklungstendenzen auf der Referenzfläche „Königsbrunner Heide“ könnten auch im Zusammenhang mit einer stärkeren Austrocknung der Fläche stehen. Bei beiden Beweidungsformen sind negative Einflüsse auf die Population der Sumpfgladiole festzustellen. Es zeigte sich jedoch bei Rothirschen und Przewalski-Pferden kein selektives Fressverhalten gegenüber *Gladiolus palustris*. Die Pferdebeweidung führt in Teilbereichen zu einem stärkeren Verbiss der Sumpfgladiole. Allerdings kommt es in anderen Bereichen des Gatters durch die Auflichtung der Vegetationsstruktur zur Schaffung neuer geeigneter Lebensräume.

### 3 Zielart 2: *Chamaecytisus ratisbonensis* (Regensburger Geißklee)



**Abb. 19: *Chamaecytisus ratisbonensis*.** Individuen bestehen aus mehreren Sprossen, die an der Basis mehr oder weniger verholzt sind. Pro Spross können mehrere Blüten ausgebildet werden. (Fotos: C. Meindl)

#### 3.1 Methoden & statistische Analysen

##### 3.1.1 Lage und Größe der Dauerflächen

Bereits 2007 wurde in den beiden Gattern (Rotwild bzw. Pferde) und auf den Referenzflächen (Königsbrunner Heide bzw. Hasenheide) jeweils eine Dauerbeobachtungsfläche von 8 m x 10 m für den Regensburger Geißklee (Abb. 19, 20) eingerichtet. Jedes Dauerquadrat wurde mit einem Raster von 2 m x 2 m Maschenweite überzogen und die Eckpunkte mit 30 cm langen Eisenhohnägeln markiert. Die Lage der Dauerbeobachtungsflächen wurde mit einem Hand-GPS-Gerät von Garmin eingemessen und jeweils ein Eckpunkt mit einem rot markierten Holzpflock zum leichteren Wiederfinden versehen. Das Einmessen der Pflanzen folgte der von WELLS (1967) beschriebenen „klassischen Koordinatenmethode“.





**Abb. 20:** Dauerbeobachtungsfläche von *Chamaecytisus ratisbonensis* im Hirschgatter im Frühjahr 2008. In dem 8 m x 10 m großen Bereich findet die jährliche Einmessung der Geißklee-Individuen statt. (Foto: C. Meindl)

### 3.1.2 Einmessen der Individuen

Die Dokumentation des Ausgangszustandes („Nullaufnahme“) für *Chamaecytisus ratisbonensis* erfolgte am 21./22. Mai 2007 vor Beginn der Beweidungsmaßnahmen. Da es sich bei dem Regensburger Geißklee um eine mehrjährige, klonal wachsende Pflanze handelt, besteht ein Individuum meist aus mehreren bis vielen Sprossen, die unterirdisch über Ausläufer mit der Mutterpflanze verbunden sind. Sie bilden mehr oder weniger räumlich klar abgegrenzte Cluster, die im Weiteren als Patches bezeichnet werden. Ein Patch kann aus einem bis mehreren Individuen bestehen, die ineinander verwoben sein können. Da ohne detaillierte Betrachtung der Patches (Ausgraben, genetische Analysen) keine exakte Zuordnung der einzelnen Sprosse zu einem Individuum erfolgen kann, wurden bei der Kartierung ganze Patches eingemessen und ihre Sprosszahl ermittelt.

Im Jahr 2011 fand die Kartierung Ende Mai statt. Bei der Aufnahme im Jahr 2008 wurde festgestellt, dass die Wiedererkennung der letztjährigen Patches nicht immer ohne weiteres möglich war, da sich durch Neuzuwachs bzw. Absterben von Sprossen die Form und Ausdehnung der Patches verändert hatte. So gab es Bereiche, in denen vermutlich zwei benachbarte Patches zusammengewachsen waren oder Bereiche, in denen durch die Bildung extrem langer Ausläufer eine räumliche Unterteilung eines vormals zusammenhängenden Patches erfolgte. Da es in diesen Fällen schwierig war den Ursprungszustand nachzuvollziehen, wurden Patches auch in diesem Jahr strikt nach räumlicher Trennung kartiert. Auf Grund dieser naturbedingten Unsicherheit erfolgten statistische Vergleiche nicht auf Patch-, sondern auf Sprossebene. Die eingemessenen Patches dienten vor allem der graphischen Darstellung grundlegender räumlicher Verhältnisse in den Dauerflächen. Aufgrund

der schlechten Witterungsverhältnisse und der daraus resultierenden Zeitknappheit konnten im Jahr 2010 auf der Referenzfläche Hasenheide keine Aufnahmen gemacht werden.

Der Vergleich von Bestandssituationen der Jahre 2007, 2008, 2009, 2010 und 2011 erfolgte mit Hilfe univariater Statistik. Das hierfür verwendete Statistikprogramm war SPSS für Windows Version 18.0. Als Nichtparametrische Tests zum Mittelwertvergleich wurden der Kruskal-Wallis-H-Test und der Mann-Whitney-U-Test für den paarweisen Vergleich einzelner Mediane verwendet. Das Signifikanzniveau wurde auf  $p \leq 0,05$  festgelegt.

### **3.2 Ergebnisse**

In den Abbildungen 21 bis 24 ist das räumliche Verteilungsmuster des Regensburger Geißklee dargestellt. Die räumliche Dynamik der *Chamaecytisus ratisbonensis* – Populationen auf den vier Untersuchungsflächen war über die fünf Jahre sehr gering.

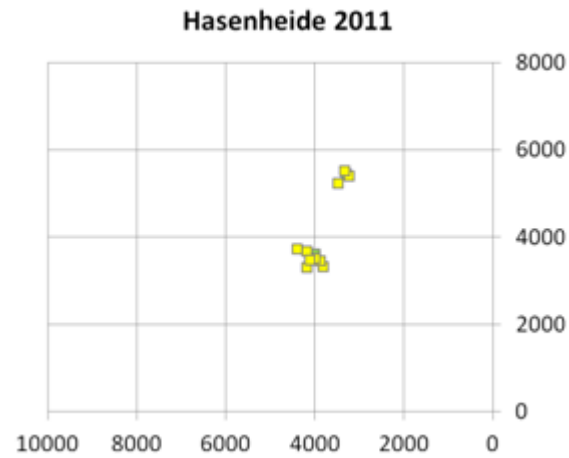
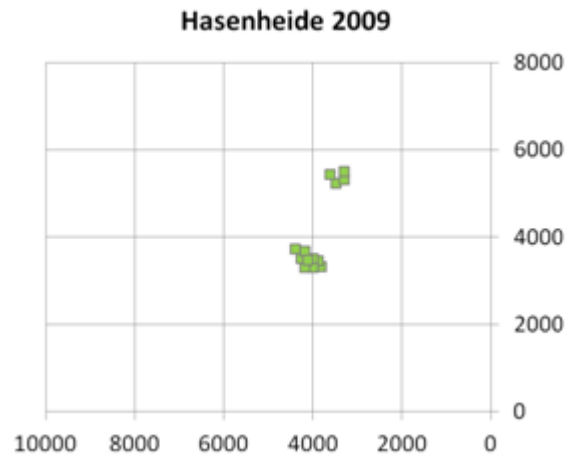
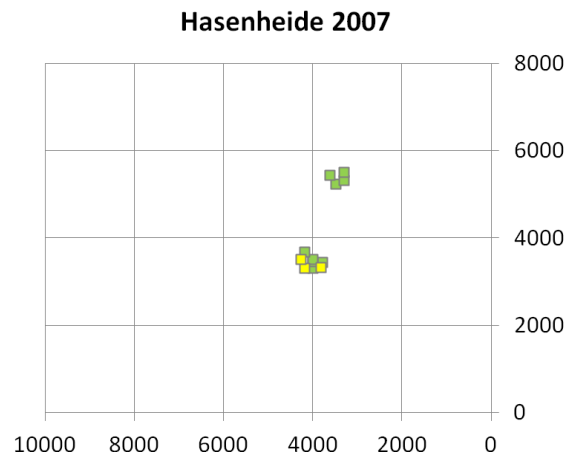
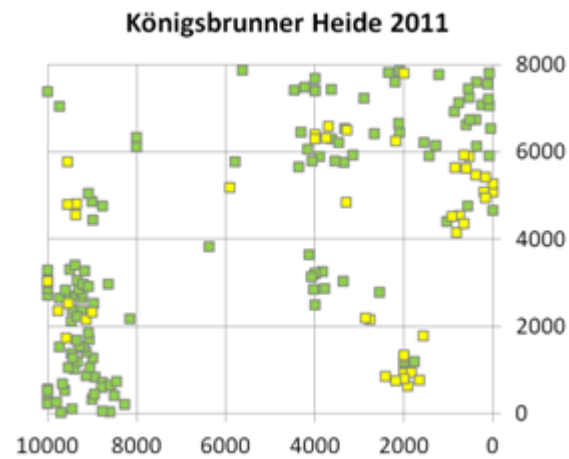
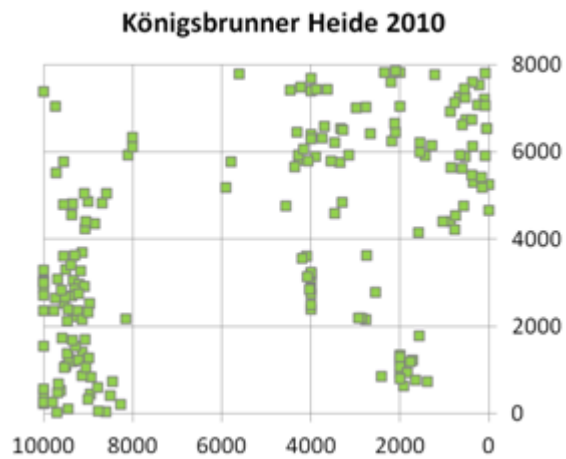
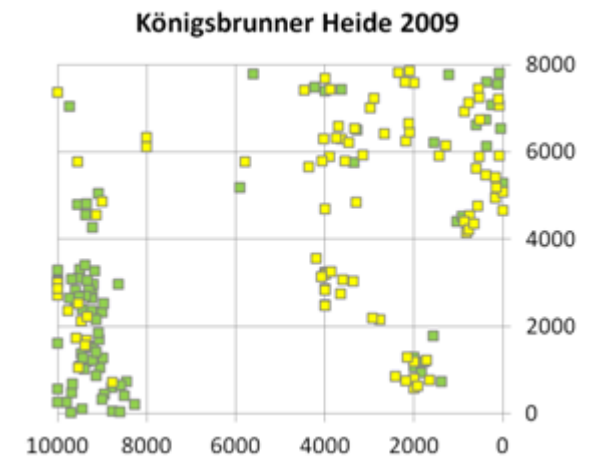
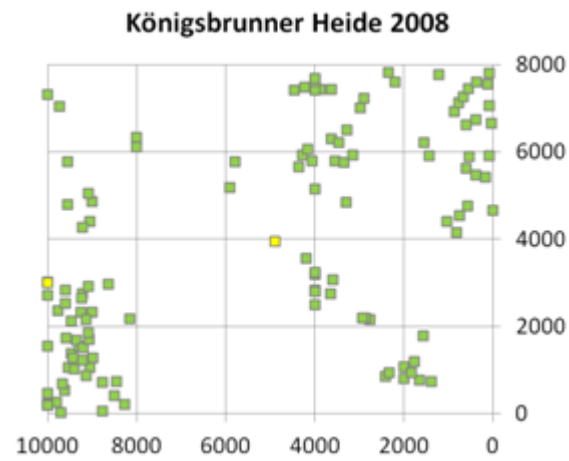
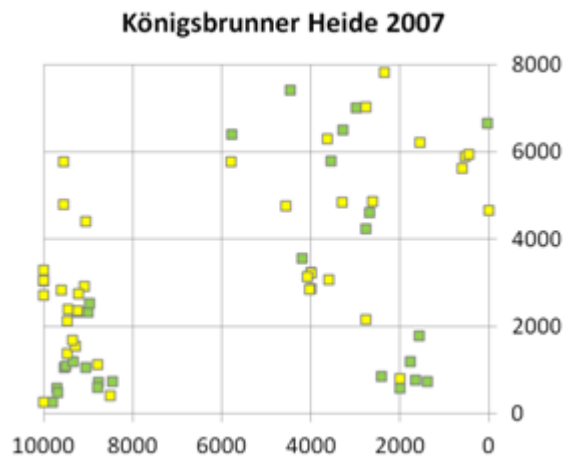
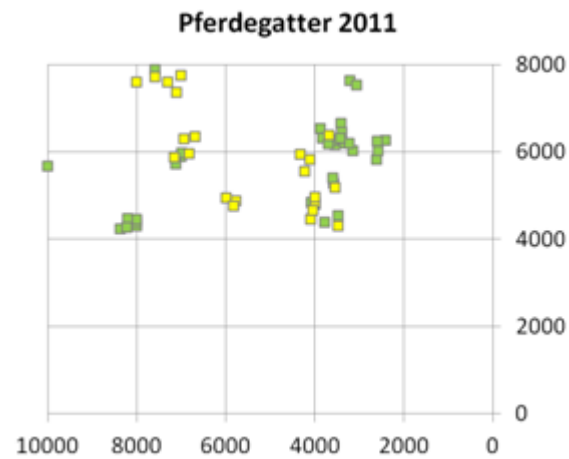
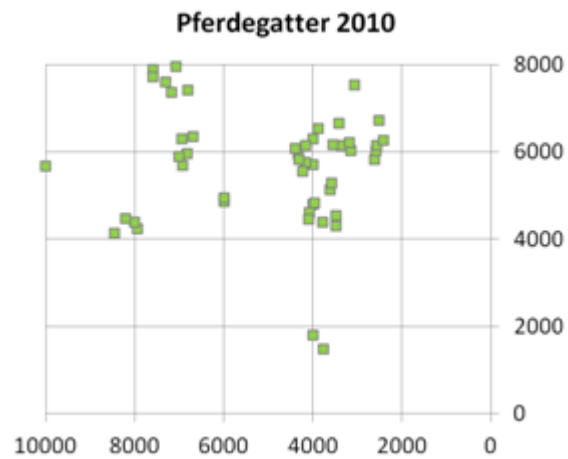
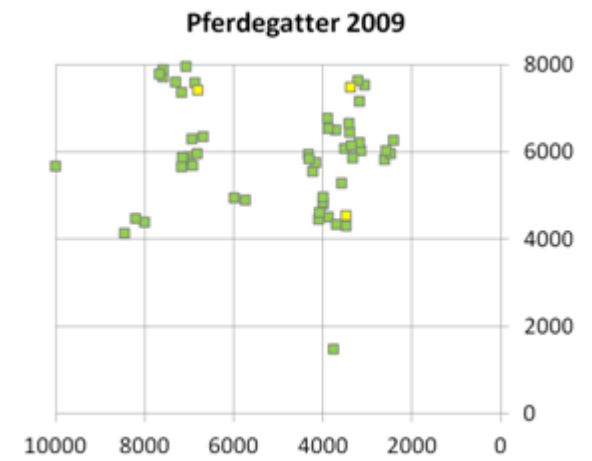
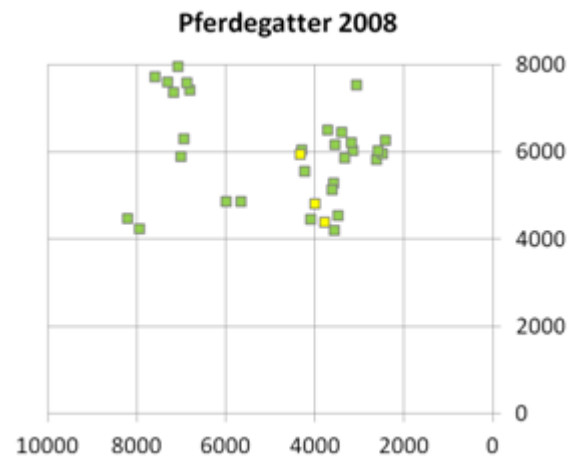
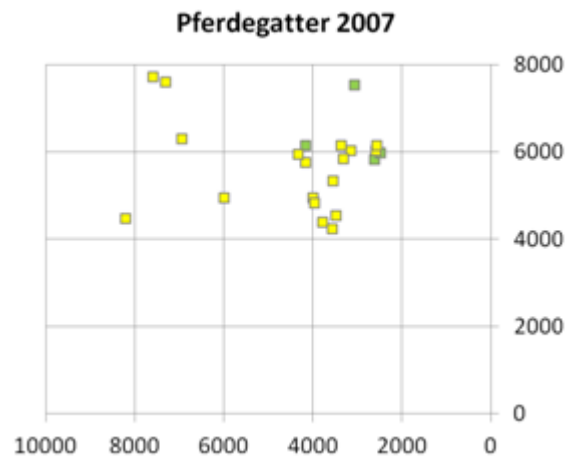


Abb. 21: Räumliche Verteilung der Patches von *Chamaecytisus ratisbonensis* in der Dauerbeobachtungsfläche Hasenheide im Bereich des NSG „Stadtwald Augsburg“ in den Jahren 2007, 2008, 2009 und 2011. ■ grün: vegetative Sprosse, ■ gelb: generative Sprosse.



**Abb. 22:** Räumliche Verteilung der Patches von *Chamaecytisus ratibonensis* in der Dauerbeobachtungsfläche Königsbrunner Heide im Bereich des NSG „Stadtwald Augsburg“ in den Jahren 2007, 2008, 2009 und 2011. ■ grün: vegetative Sprosse, ■ gelb: generative Sprosse.



**Abb. 23:** Räumliche Verteilung der Patches von *Chamaecytisus ratisbonensis* in der Dauerbeobachtungsfläche im Pferdegatter im Bereich des NSG „Stadtwald Augsburg“ in den Jahren 2007, 2008, 2009 und 2011. ■ grün: vegetative Sprosse, ■ gelb: generative Sprosse.

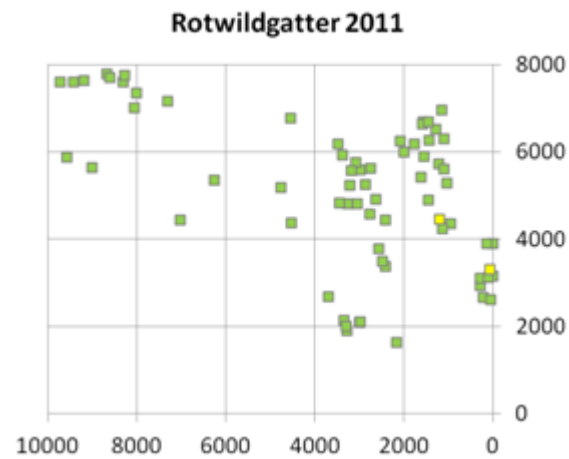
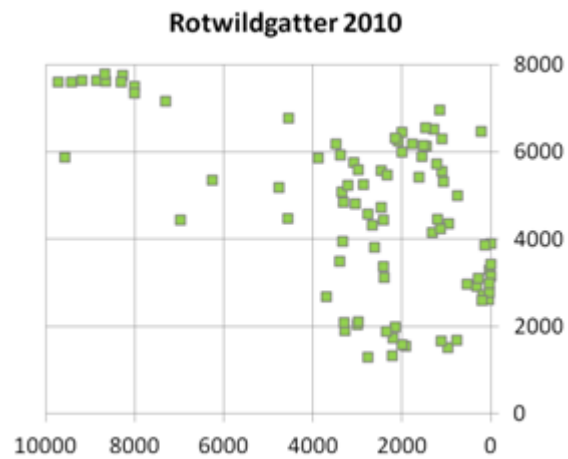
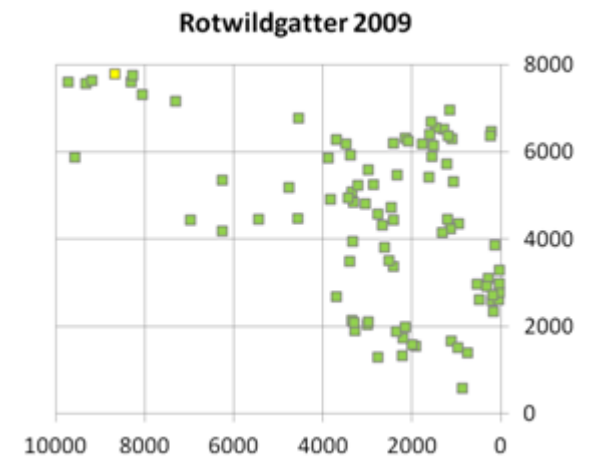
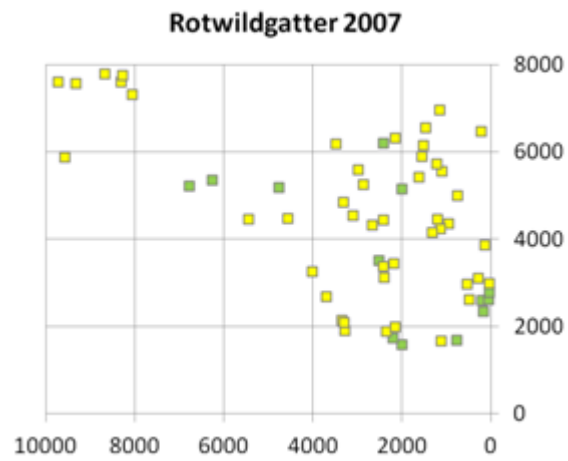
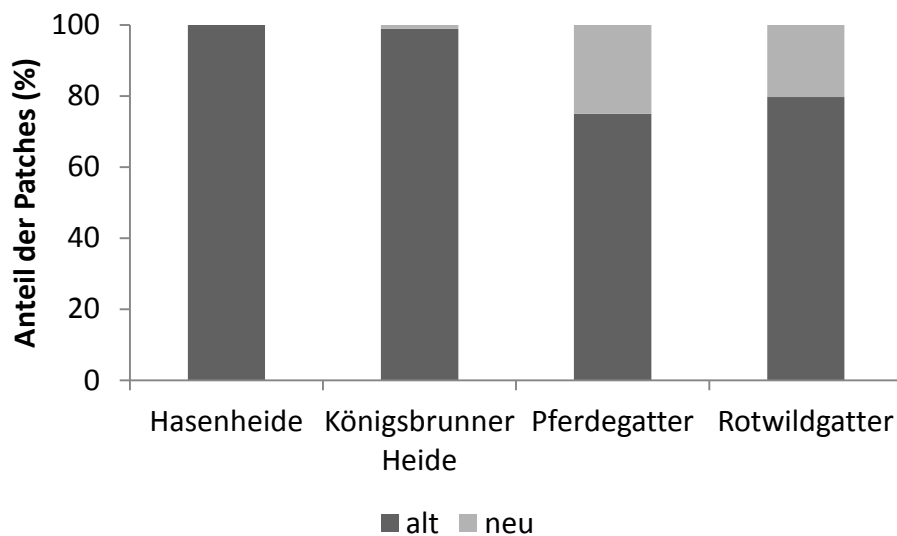


Abb. 24: Räumliche Verteilung der Patches von *Chamaecytisus ratisbonensis* in der Dauerbeobachtungsfläche im Rotwildgatter im Bereich des NSG „Stadtwald Augsburg“ in den Jahren 2007, 2008, 2009 und 2011. ■ grün: vegetative Sprosse, ■ gelb: generative Sprosse.

Die meisten Patches von *Chamaecytisus ratisbonensis* in der 80 m<sup>2</sup> großen Untersuchungsfläche konnten auch im Jahr 2011 auf der Königsbrunner Heide (178 Patches) festgestellt werden. Dabei stammten 176 (98,9 %) Patches aus den letzten Jahren, 2 (1,1 %) Patches waren neu hinzugekommen (Abb. 25). Auf der Referenzfläche „Hasenheide“ konnten 2011 12 Patches festgestellt werden, die allesamt aus den Vorjahren bekannt waren. Im Pferdegatter stieg die Patchzahl von 49 im Jahr 2010 auf 56 (75 % alte, 25 % neue) an. Im Rotwildgatter sank die Patchzahl von 88 im Jahr 2010 auf 69 (79,7 % alte, 20,3 % neue) ab.



**Abb. 25: Anteil der alten und neuen Patches (%) von *Chamaecytisus ratisbonensis* in den vier Dauerbeobachtungsflächen im NSG „Stadtwald Augsburg“.** Verglichen wird das Jahr 2011 mit dem Jahr 2010.

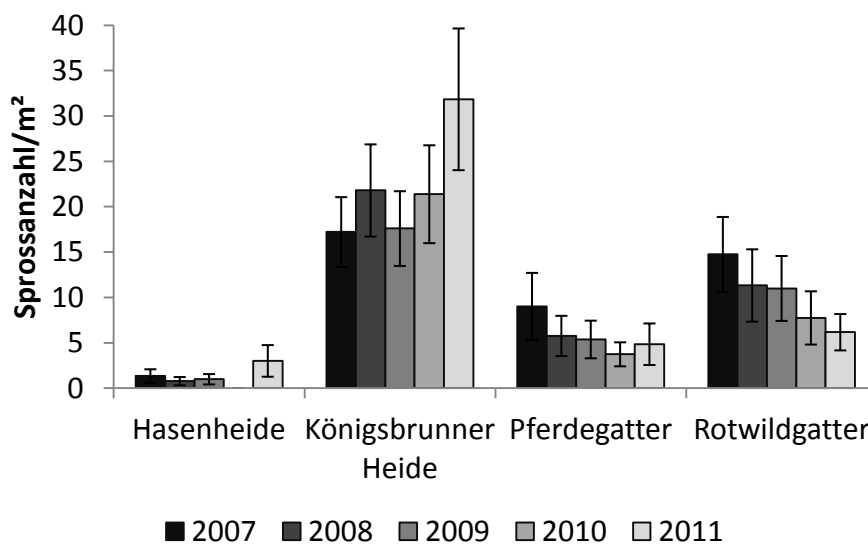
Die Blütrate, das Verhältnis von der Anzahl blühender Sprosse zur Gesamtzahl der Sprosse, reichte im Jahr 2011 von 0,4 % im Rotwildgatter bis 37,8 % auf der Referenzfläche „Hasenheide“ (Tab. 4). Auf der Referenzfläche „Hasenheide“ stieg die Blütrate auch von 2,8 % im Jahr 2007 auf 37,8 % an. Auf der Referenzfläche „Königsbrunner Heide“ hingegen ist sie von 12,6 % auf 4,1 % sehr stark gesunken. Im Pferdegatter ist die Blütrate nur sehr leicht gesunken von 18,6 % auf 16,2 %. Eine sehr starke Abnahme der Blütrate fand auch im Rotwildgatter statt (18,4 % -> 0,4 %).

**Tab. 4: Übersicht über die Populationsstruktur von *Chamaecytisus ratisbonensis* im Bereich der Daueruntersuchungsflächen Königsbrunner Heide, Rotwildgatter und Pferdegatter in den Jahren 2007 bis 2011.**

| Jahr                                       | Hasenheide |      |      |      | Königsbrunner Heide |      |      |      |      | Pferdegatter |      |      |      |      | Rotwildgatter |      |      |      |      |
|--|------------|------|------|------|---------------------|------|------|------|------|--------------|------|------|------|------|---------------|------|------|------|------|
|  | 2007       | 2008 | 2009 | 2011 | 2007                | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2007         | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2007          | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| Anzahl Patches (N)                         | 12         | 10   | 13   | 12   | 66                  | 123  | 183  | 196  | 178  | 22           | 33   | 54   | 49   | 56   | 59            | 65   | 92   | 88   | 69   |
| Anzahl Patches blühend (N)                 | 3          | 0    | 0    | 10   | 38                  | 2    | 92   | 0    | 46   | 18           | 3    | 3    | 0    | 22   | 35            | 11   | 1    | 0    | 2    |
| Anzahl Patches vegetativ (N)               | 9          | 10   | 13   | 2    | 28                  | 121  | 91   | 196  | 132  | 4            | 30   | 51   | 49   | 34   | 24            | 54   | 91   | 88   | 67   |
| Anzahl Sprosse gesamt pro Fläche           | 108        | 62   | 79   | 241  | 1373                | 1739 | 1408 | 1711 | 2548 | 721          | 461  | 431  | 299  | 388  | 1180          | 906  | 880  | 620  | 494  |
| Anzahl Sprosse blühend pro Fläche          | 3          | 0    | 0    | 91   | 173                 | 3    | 337  | 0    | 104  | 134          | 5    | 15   | 0    | 63   | 215           | 28   | 1    | 0    | 2    |
| Anzahl Sprosse vegetativ pro Fläche        | 105        | 62   | 79   | 150  | 1200                | 1736 | 1071 | 1711 | 2444 | 587          | 456  | 416  | 299  | 325  | 965           | 878  | 879  | 620  | 492  |
| Anzahl der Blüten                          | 12         | 0    | 0    | 317  | 357                 | 8    | 1212 | 0    | 343  | 353          | 15   | 31   | 0    | 459  | 981           | 84   | 1    | 0    | 4    |
| Blütrate (%)                               | 2,8        | 0    | 0    | 37,8 | 12,6                | 0,2  | 23,9 | 0    | 4,1  | 18,6         | 1,1  | 3,5  | 0    | 16,2 | 18,2          | 3,1  | 0,1  | 0    | 0,4  |
| Mittlere Dichte der Patches/m <sup>2</sup> | 0,15       | 0,13 | 0,16 | 0,15 | 0,83                | 1,54 | 2,29 | 2,45 | 2,23 | 0,28         | 0,41 | 0,68 | 0,61 | 0,7  | 0,74          | 0,81 | 1,15 | 1,1  | 0,86 |
| Mittlere Dichte der Sprosse/m <sup>2</sup> | 1,4        | 0,8  | 1    | 3    | 17,2                | 21,7 | 17,6 | 21,4 | 31,9 | 9            | 5,8  | 5,39 | 3,74 | 4,9  | 14,8          | 11,3 | 11   | 7,8  | 6,2  |



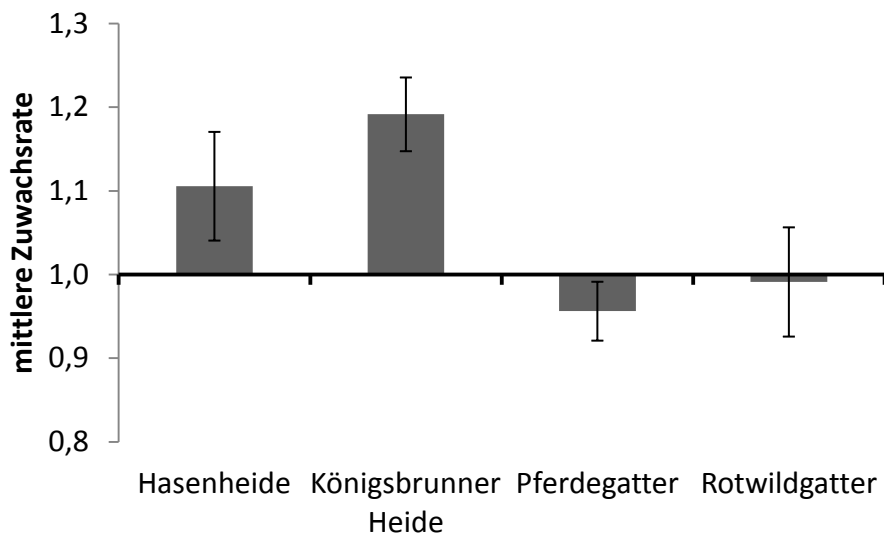
Zur vergleichenden statistischen Analyse der jährlichen Bestandsänderung wurde im Weiteren nicht die Patchzahl, sondern die mittlere Sprossdichte pro  $m^2$  verwendet. Auf den  $80 m^2$  großen Untersuchungsflächen wurden im Jahr 2011 Sprossdichten im Bereich von 3,0 (Hasenheide) bis 31,9 (Königsbrunner Heide) ermittelt. Vergleicht man die Veränderung der mittleren Sprossdichte jeder Fläche in den fünf Untersuchungsjahren, so zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Die Bestandsänderungen der einzelnen Flächen lagen in den vier Jahren in ihrem natürlichen Schwankungsbereich (Abb. 26). Allerdings muss berücksichtigt werden, dass dieser mathematisch berechnete Schwankungsbereich durch zahlreiche unbesetzte Quadrate relativ groß ist und dadurch feine Unterschiede schwer zu erfassen sind. Leichte Trends sind aber durchaus erkennbar. So nahm auf den beiden Gatterflächen die Sprossdichte über die fünf Untersuchungsjahre immer weiter ab. Auf der Referenzfläche „Hasenheide“ nahm mittlere Sprossdichte von 2007 auf 2011 zu (1,4  $\rightarrow$  3,0 Sprosse/ $m^2$ ). Eine Zunahme der mittleren Sprossdichte konnte auch auf der Referenzfläche „Königsbrunner Heide“ (17,2  $\rightarrow$  31,9 Sprosse/ $m^2$ ) festgestellt werden.



**Abb. 26:** Mittlere Spross-Dichte pro  $m^2$  der Populationen von *Chamaecytisus ratisbonensis* auf den vier Untersuchungsflächen des NSG „Stadtwald Augsburg“. Die Standardfehler sind beidseitig angegeben.

In Abbildung 27 ist die mittlere Zuwachsrate von *Chamaecytisus ratisbonensis* über die fünf Untersuchungsjahre dargestellt. Werte über 1 zeigen demnach Spross-Zuwachs, Werte unter 1 eine Abnahme. Werte gleich eins bedeuten keine Veränderung über die Jahre. Die beiden Gatterflächen wiesen geringere mittlere Zuwachsraten auf als die Referenzflächen. Bei der Referenzfläche „Königsbrunner Heide“ lag der Wert mit 1,19 über eins und spricht für eine Zunahme der Sprosse in diesem Bereich. Die Werte der Gatterflächen lagen dagegen beide knapp unter eins (Rotwild = 0,99;

Pferde = 0,96) und kennzeichnen damit einen Rückgang der Sprosse. Zwischen den Gatterflächen und der Referenzfläche „Königsbrunner Heide“ konnten signifikante Unterschiede festgestellt werden.



**Abb. 27: Mittlere Zuwachsrate von *Chamaecytisus ratisbonensis* in den Jahren 2007 bis 2011.** Formel für die Zuwachsrate  $x = N(t+1)/N(t)$ . N = Anzahl der Sprosse; t = Jahr. Werte >1: Zuwachs, < 1: Abnahme. Die Standardfehler sind beidseitig angegeben.

### 3.3 Bewertung der Ergebnisse

Nach fünf Jahren Beweidung zeigten sich hinsichtlich der Populationsstruktur von *Chamaecytisus ratisbonensis* Entwicklungstrends. Entgegen der Annahme, dass der verholzende Regensburger Geißklee unempfindlich gegenüber Beweidung ist, nahmen die Sprossdichten in beiden Gatterflächen im Vergleich zu den Vorjahren und der Referenzfläche ab. Die Sprossdichte auf der Referenzfläche „Königsbrunner Heide“ stieg sogar an. Es gibt also Hinweise für einen negativen Trend der Sprossdichte, der durchaus eine Auswirkung der Beweidung sein könnte. Die Blütrate sank in den Gattern und der Referenzfläche „Königsbrunner Heide“ von 2007 auf 2011 ab. Hier könnte es eventuell einen Zusammenhang mit klimatischen Veränderungen geben, da der Trend auch auf der Referenzfläche zu beobachten war. Betrachtet man sich den Anteil an neuen und alten Individuen, so kann man feststellen, dass es auf der Referenzfläche „Königsbrunner Heide“ 1,1 % neue Individuen gab. In den Gattern hingegen waren es 20,3 % (Rotwildgatter) bzw. 25 % (Pferdegatter) neue Individuen. Durch die Beweidung nahm die Sprossdichte des Regensburger Geißklee in den Gattern ab. Es kam jedoch auch zu einer höheren Verjüngungsrate der Populationen in den Gattern, die durch Schaffung von Keimnischen mittels Beweidung bedingt war.

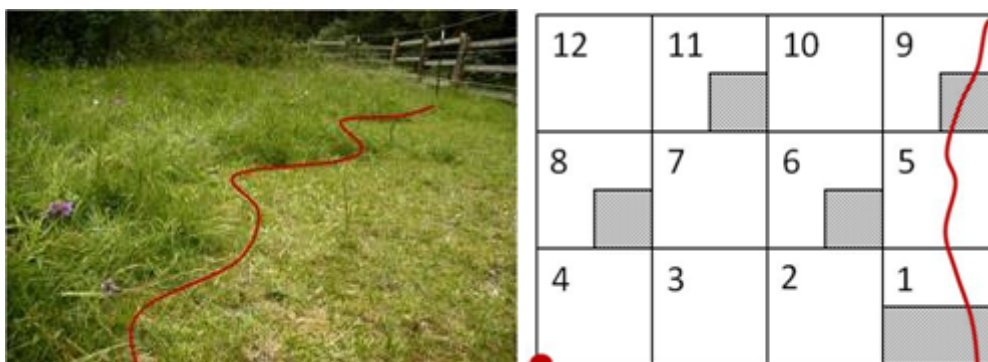
# Weitere Beobachtungen

## 1 Allgemeines

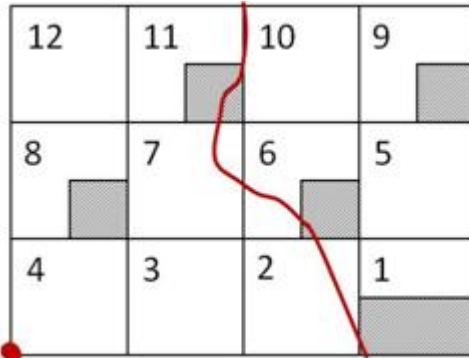
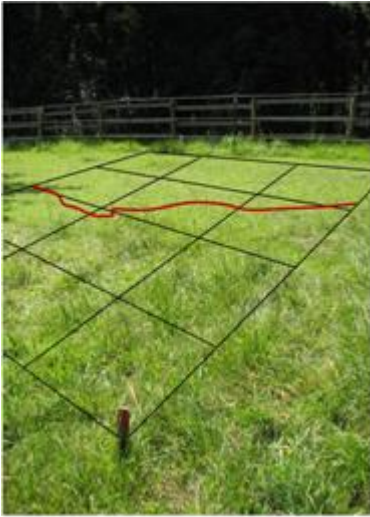
Außerhalb der festinstallierten Dauerbeobachtungsflächen konnten weitere Vegetationsentwicklungen festgestellt werden. Es konnte beobachtet werden, dass die Weidetiere die Vegetation z.T. sehr unterschiedlich stark abfressen. Durch die Beweidung mit Rotwild entstand eine eher unregelmäßig abgefressene Struktur mit langen Grasbüscheln und dazwischen bis zur Grasnarbe abgefressenen Bereichen (Abb. 28 links). Die Pferde hingegen fressen die Vegetation teilweise „rasenmäherartig“ ab (Abb. 28 rechts). So entstanden einheitliche abgefressene Strukturen bzw. Bereiche mit nahezu unversehrter Vegetation. Dies beeinflusste im Pferdegatter auch Bereiche der Dauerbeobachtungsflächen, so konnte beobachtet werden, dass die Fläche für die Untersuchung der Populationsstruktur von *Gladiolus palustris* im Laufe der Jahre immer weiter abgefressen wurde (Abb. 29 bis Abb. 32). So kam in den Jahren 2010 und 2011 die Sumpfgladiole im Pferdegatter nur noch in Plot 8 zur Blüte (Abb. 31, 32).



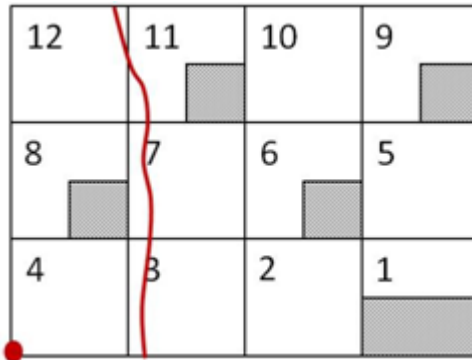
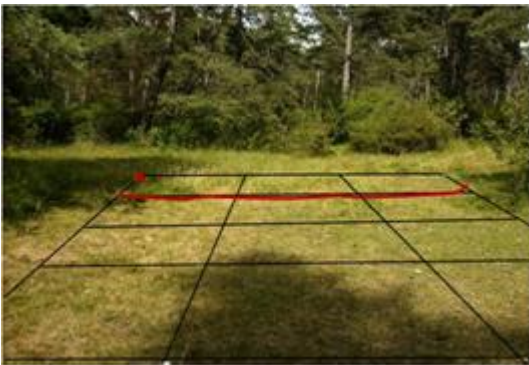
**Abb. 28: Vegetation im Rotwildgatter (links) und im Pferdegatter (rechts) im August 2009.** Durch die Beweidung mit Rotwild entsteht eine unregelmäßige Struktur der Vegetation (links). Durch die Beweidung mit Pferden entsteht eine großflächige Struktur aus einheitlich bis zum Grund abgefressener und unversehrter Vegetation (rechts). (Fotos: C. Meindl)



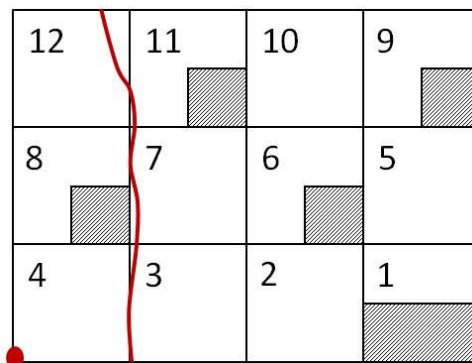
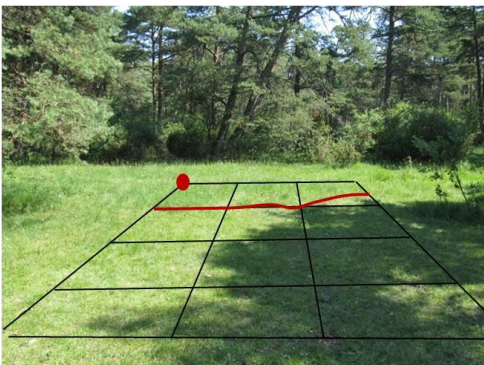
**Abb. 29: Vegetation im Bereich der Dauerbeobachtungsfläche im Pferdegatter im Jahr 2008.** Die rote Linie zeigt die Grenze zwischen „rasenmäherartig“ abgefressener Vegetation und nicht abgefressener Vegetation. In Teilen der Plots 1, 5 und 9 war die Vegetation bis zum Grund abgefressen. In den schraffierten Bereichen wurde die Populationsstruktur von *Gladiolus palustris* punktgenau eingemessen. (Foto: M. Hanauer)



**Abb. 30: Vegetation im Bereich der Dauerbeobachtungsfläche im Pferdegatter im Jahr 2009.** Die rote Linie zeigt die Grenze zwischen „rasenmäherartig“ abgefressener Vegetation und nicht abgefressener Vegetation. In den Plots 1, 5, 6, 9 und 10 war die Vegetation bis zum Grund abgefressen. In den schraffierten Bereichen wurde die Populationsstruktur von *Gladiolus palustris* punktgenau eingemessen. (Foto: M. Hanauer)



**Abb. 31: Vegetation im Bereich der Dauerbeobachtungsfläche im Pferdegatter im Jahr 2010.** Die rote Linie zeigt die Grenze zwischen „rasenmäherartig“ abgefressener Vegetation und nicht abgefressener Vegetation. In den Plots 4, 8 und 12 war die Vegetation nicht abgefressen. In den schraffierten Bereichen wurde die Populationsstruktur von *Gladiolus palustris* punktgenau eingemessen. (Foto: M. Hanauer)



**Abb. 32: Vegetation im Bereich der Dauerbeobachtungsfläche im Pferdegatter im Jahr 2011.** Die rote Linie zeigt die Grenze zwischen „rasenmäherartig“ abgefressener Vegetation und nicht abgefressener Vegetation. In den Plots 4, 8 und 12 war die Vegetation nicht abgefressen. In den schraffierten Bereichen wurde die Populationsstruktur von *Gladiolus palustris* punktgenau eingemessen. (Foto: M. Hanauer)

Im Rotwildgatter konnte im Jahr 2009 zusätzlich noch ein sehr starker Verbiss von *Chamaecytisus ratisbonensis*, im Vergleich zu den anderen Flächen, festgestellt werden. Teilweise waren nur noch die holzigen Teile einer Pflanze vorhanden. Auch im Jahr 2010 konnte Verbiss am Regensburger Geißklee festgestellt werden, doch dieser war nicht so stark wie im Vorjahr.

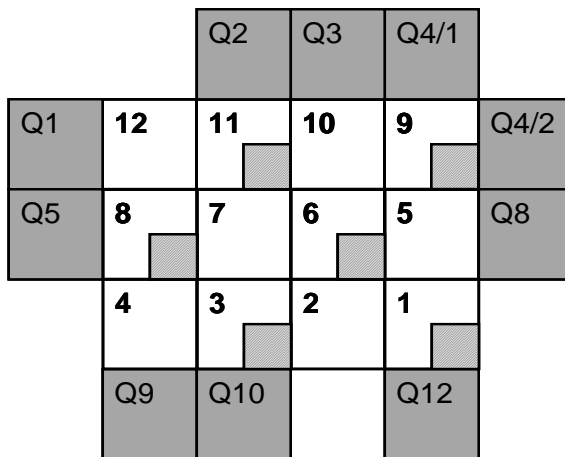
## **2 Diasporenbankuntersuchungen**

### **2.1 Material und Methoden**

Die Entnahmen von Bodenproben zur Untersuchung der Diasporenbank fanden im März und April 2008 statt. Stratifikationsprobleme konnten bereits im Vorfeld ohne künstliche Zusatzbehandlungen durch das frühe Sammeln der Proben vermieden werden. Beprobte wurden jeweils zehn Plots eines Offenlandtransektes, eines Transektes, der den Übergang von Offenland zu Wald darstellt, und eines Waldtransektes. Zur Überprüfung der Diasporenbank von *Gladiolus palustris* wurden auf der Dauerbeobachtungsfläche Königsbrunner Heide zusätzlich zehn Plots, im Pferdegatter sechs Plots und im Rotwildgatter vier Plots beprobt. Die Entnahme der Bodenproben fand nicht auf den Dauerflächen statt, sondern in der direkten Nachbarschaft (Abb. 33). Die Plots hatten eine Größe von 2 m x 2 m. In diesem Bereich wurden mit dem Wurzelbohrer ( $\varnothing$  4 cm) zehn Proben entnommen. Die zehn Zentimeter langen Bohrkerne wurden in zwei Schichten, nämlich von 0-5 cm und von 5-10 cm unterteilt. Dies geschah um festzustellen, ob die Pflanzen eine kurzfristige oder eine langfristige Diasporenbank aufbauen. Die entsprechenden Schichten der jeweils zehn Wiederholungen wurden zu Mischproben zusammengefasst. Bis zu ihrer Weiterverarbeitung wurden diese an der Universität Regensburg bei 5 °C kühl gelagert.

Das weitere Vorgehen erfolgte nach der von POSCHLOD (1991) beschriebenen Auflaufmethode. Dazu wurden die Bodenproben über Analysesieben mit unterschiedlichen Maschenweiten geschlämmt. Die so aufkonzentrierten Proben wurden in Kunststoffpflanzschalen mit einer Mischung aus Pikiererde und Sand in einer dünnen Schicht ausgebracht. Diese Pflanzschalen standen über Filzdochte in Verbindung mit einem Wasserreservoir, so dass eine ständige optimale Wasserversorgung der Keimlinge gesichert war. Diese wurden anschließend unter kontrollierten Bedingungen im Gewächshaus kultiviert. Es waren mehrere Kontrollschalen notwendig, da die Proben im Freiland-Gewächshaus aufgestellt wurden. So konnten etwaige „Kontaminationen“ durch vom Wind zugetragene oder in dem Pikiererde-Sand-Gemisch enthaltene Samen überprüft werden.

Die Anzahl der Keimlinge pro Quadratmeter wurde durch den Quotienten aus der Gesamtzahl der aufgelaufenen Keimlinge pro Fläche und den beprobten Quadratmetern bestimmt. Auf den Flächen Transekt Hasenheide, Transekt Pferdegatter und Transekt Forst wurden jeweils 0,125 m<sup>2</sup> beprobt. Die Probenentnahme auf den Dauerbeobachtungsflächen fand nur statt, wenn in direkter Nachbarschaft *Gladiolus palustris* vorkam. Die beprobte Fläche betrug daher auf der Königsbrunner Heide 0,125 m<sup>2</sup>, im Pferdegatter 0,075 m<sup>2</sup> und im Rotwildgatter 0,050 m<sup>2</sup>.



**Abb. 33: Übersicht über die Entnahme der Bodenproben auf der Dauerbeobachtungsfläche Königsbrunner Heide.** In den grau unterlegten Bereichen wurden jeweils 10 Proben entnommen. In den schraffierten Bereichen fand das Einmessen der Individuen statt.

## 2.2 Ergebnisse der Diasporenbankuntersuchungen

### 2.2.1 Diasporenbank der Transekte

In der Diasporenbank der drei verschiedenen Transekte wurden insgesamt 50 Arten nachgewiesen. Von diesen kamen 48 % ausschließlich in der Diasporenbank vor, die restlichen 52 % waren auch in der aktuellen Vegetation anzutreffen. 18 % der Arten kamen nur in der Diasporenbank des Transektes, das in aufgeforstetem Gebiet liegt, vor. Die Arten *Danthonia decumbens ssp. decumbens*, *Hieracium pilosella* und *Carex flacca* kommen in der aktuellen Vegetation der Referenzflächen „Königsbrunner Heide“ und „Hasenheide“ vor und befinden sich im Pferdegatter ausschließlich in der Diasporenbank. Die Anzahl der Arten betrug, pro Transekt im Durchschnitt, in der aktuellen Vegetation 42 und in der Diasporenbank 24. Nur in der Diasporenbank des Forstes war eine Art mehr vorhanden, als in der aktuellen Vegetation des Transektes.

Die Arten *Centaurium pulchellum* und *Juncus bufonius* haben mit über 320 die höchste Anzahl an Keimlingen pro Quadratmeter (Tab. 5). *Bupthalmum salicifolium*, *Molinia caerulea*, *Fragaria vesca* und *Galium mollugo* haben mit über 160 eine relative hohe Zahl an Keimlingen/m<sup>2</sup> und sind auch mit einer hohen Stetigkeit in der aktuellen Vegetation vorhanden. Es gab aber auch Arten, die mit einem

hohen Deckungsgrad und einer großen Stetigkeit in der aktuellen Vegetation vorkamen, aber in der Diasporenbank mit einer sehr geringen Anzahl an Keimlingen pro m<sup>2</sup> auftauchten. So hatte zum Beispiel *Carex caryophyllea* eine Stetigkeit von V und einen maximalen Deckungsgrad von 3, war aber nur mit 24 Keimlingen/m<sup>2</sup> in der Diasporenbank vertreten. *Bromus erectus* war trotz einer Stetigkeit von V und einem maximalen Deckungsgrad von 2, sogar nur mit 8 Keimlinge/m<sup>2</sup> vertreten.

In der Diasporenbank des Transektes, das sich in aufgeforstetem Gebiet befindet, kamen Arten wie *Mentha arvensis* (224 Keimlinge/m<sup>2</sup>) und *Ranunculus reptans* (48 Keimlinge/m<sup>2</sup>) vor. Dies deutet daraufhin, dass es in diesem Gebiet auch feuchte Perioden gab. Es befanden sich in der Diasporenbank des Forstes 11 typische Offenlandarten: *Asperula cynanchica*, *Carex caryophyllea*, *Carex flacca*, *Carlina acaulis*, *Cirsium vulgare*, *Helianthemum nummularium* ssp. *nummularium*, *Hieracium pilosella*, *Leucanthemum vulgare*, *Plantago media*, *Poa pratensis*, *Potentilla tabernaemontani* und *Prunella grandiflora*. Insgesamt befanden sich 22 Arten in der Diasporenbank des Transektes „Forst“. 36,4 % dieser Arten waren auch in der aktuellen Vegetation des Offenlandtransektes „Hasenheide“, dieser liegt dem Transekt „Forst“ am nächsten, anzutreffen. Hingegen nur 13,6 % dieser Arten waren in der aktuellen Vegetation des Transektes „Forst“ vorzufinden.

**Tab. 5: Arten, die in der Diasporenbank aufgelaufen sind (Anzahl Keimlinge/m<sup>2</sup>) und deren minimale und maximale Deckung und Stetigkeit in der aktuellen Vegetation der Transekte.** VEG = Vegetation; Sk = Stetigkeit; DB = Diasporenbank. Die Deckungsgrade wurden nach Braun-Blanquet geschätzt. Je Fläche wurden zehn 2 m x 2 m Plots beprobt.

| Art  | Transekt Hasenheide |     |     | Transekt Pferdegatter |     |    | Transekt Forst |     |     |
|--|---------------------|-----|-----|-----------------------|-----|----|----------------|-----|-----|
|  | VEG                 |     | DB  | VEG                   |     | DB | VEG            |     | DB  |
|  | min                 | max | Sk  | min                   | max | Sk | min            | max | Sk  |
| <i>Arenaria serpyllifolia</i>                  |                     |     | 40  |                       |     |    |                |     |     |
| <i>Centaurium pulchellum</i>                   |                     |     | 368 |                       |     |    |                |     |     |
| <i>Hypericum perforatum</i>                    |                     |     | 272 |                       |     |    |                |     |     |
| <i>Juncus bufonius</i>                         |                     |     | 320 |                       |     |    |                |     |     |
| <i>Medicago lupulina</i>                       |                     |     | 24  |                       |     |    |                |     |     |
| <i>Populus tremula</i>                         |                     |     | 8   |                       |     |    |                |     |     |
| <i>Reseda lutea</i>                            |                     |     | 8   |                       |     |    |                |     |     |
| <i>Trifolium pratense</i> ssp. <i>pratense</i> |                     |     | 8   |                       |     |    |                |     |     |
| <i>Angelica sylvestris</i>                     |                     |     |     |                       |     | 8  |                |     |     |
| <i>Juncus articulatus</i>                      |                     |     |     |                       |     | 8  |                |     |     |
| <i>Juncus conglomeratus</i>                    |                     |     |     |                       |     | 8  |                |     |     |
| <i>Carlina acaulis</i> ssp. <i>acaulis</i>     |                     |     |     |                       |     |    |                |     | 8   |
| <i>Cirsium acaule</i>                          |                     |     |     |                       |     |    |                |     | 16  |
| <i>Mentha arvensis</i>                         |                     |     |     |                       |     |    |                |     | 224 |
| <i>Plantago major</i> ssp. <i>major</i>        |                     |     |     |                       |     |    |                |     | 72  |
| <i>Plantago media</i>                          |                     |     |     |                       |     |    |                |     | 32  |
| <i>Poa pratensis</i>                           |                     |     |     |                       |     |    |                |     | 96  |
| <i>Prunella grandiflora</i>                    |                     |     |     |                       |     |    |                |     | 64  |
| <i>Ranunculus reptans</i>                      |                     |     |     |                       |     |    |                |     | 48  |
| <i>Verbascum thapsus</i>                       |                     |     |     |                       |     |    |                |     | 8   |

**Tab. 5 Fortsetzung: Arten, die in der Diasporenbank aufgelaufen sind (Anzahl Keimlinge/m<sup>2</sup>) und deren minimale und maximale Deckung und Stetigkeit in der aktuellen Vegetation der Transekte.** VEG = Vegetation; Sk = Stetigkeit; DB = Diasporenbank. Die Deckungsgrade wurden nach Braun-Blanquet geschätzt. Je Fläche wurden zehn 2 m x 2 m Plots beprobt.

| Art  | Transekt Hasenheide |     |     |     | Transekt Pferdegatter |     |    |     | Transekt Forst |     |    |     |
|--|---------------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----|----|-----|----------------|-----|----|-----|
|  | VEG                 |     | Sk  | DB  | VEG                   |     | Sk | DB  | VEG            |     | Sk | DB  |
|  | min                 | max |     |     | min                   | max |    |     | min            | max |    |     |
| <i>Agrostis stolonifera</i>                      |                     |     |     | 80  |                       |     |    | 8   |                |     |    | 112 |
| <i>Carex flacca</i>                              |                     |     |     | 40  |                       |     |    | 408 |                |     |    | 32  |
| <i>Carex humilis</i>                             |                     |     |     | 80  |                       |     |    | 80  |                |     |    |     |
| <i>Glechoma hederacea</i>                        |                     |     |     | 48  |                       |     |    |     |                |     |    | 8   |
| <i>Achillea millefolium agg.</i>                 | r                   | 1   | V   | 16  |                       |     |    |     |                |     |    |     |
| <i>Bromus erectus</i>                            | +                   | 2   | V   | 8   |                       |     |    |     |                |     |    |     |
| <i>Buphthalmum salicifolium</i>                  | r                   | 2   | V   | 184 |                       |     |    |     |                |     |    |     |
| <i>Centaurea jacea</i>                           | +                   | 1   | V   | 24  |                       |     |    |     |                |     |    |     |
| <i>Danthonia decumbens ssp. decumbens</i>        | +                   | +   | III | 16  |                       |     |    |     |                |     |    |     |
| <i>Echium vulgare</i>                            | +                   | 1   | II  | 24  |                       |     |    |     |                |     |    |     |
| <i>Galium boreale</i>                            | +                   | 1   | II  | 16  |                       |     |    |     |                |     |    |     |
| <i>Hippocrepis comosa</i>                        | 1                   | 3   | V   | 32  |                       |     |    |     |                |     |    |     |
| <i>Leontodon hispidus ssp. hispidus</i>          | +                   | 1   | V   | 8   |                       |     |    |     |                |     |    |     |
| <i>Lotus corniculatus</i>                        | r                   | +   | II  | 8   |                       |     |    |     |                |     |    |     |
| <i>Plantago lanceolata</i>                       | r                   | 1   | IV  | 56  |                       |     |    |     |                |     |    |     |
| <i>Trifolium montanum</i>                        | +                   | 1   | V   | 8   |                       |     |    |     |                |     |    |     |
| <i>Calamagrostis epigejos</i>                    |                     |     |     |     | 1                     | 1   | I  | 8   |                |     |    |     |
| <i>Molinia caerulea</i>                          |                     |     |     |     | 1                     | 2   | IV | 160 |                |     |    |     |
| <i>Viola hirta</i>                               |                     |     |     |     | +                     | 1   | IV | 8   |                |     |    |     |
| <i>Rubus bavaricus</i>                           |                     |     |     |     |                       |     |    |     | r              | r   | I  | 16  |
| <i>Asperula cynanchica</i>                       | r                   | 1   | V   | 24  |                       |     |    |     |                |     |    | 8   |
| <i>Carduus defloratus</i>                        |                     |     |     | 8   | r                     | r   | II | 8   |                |     |    | 8   |
| <i>Carex caryophyllea</i>                        | 2                   | 3   | V   | 24  |                       |     |    |     |                |     |    |     |
| <i>Fragaria vesca</i>                            |                     |     |     |     |                       |     |    | 8   | r              | 1   | V  | 168 |
| <i>Galium mollugo</i>                            |                     |     |     | 8   | +                     | 1   | IV | 184 | r              | 1   | IV | 96  |
| <i>Helianthemum nummularium ssp. nummularium</i> | +                   | 1   | V   | 40  |                       |     |    |     |                |     |    | 8   |
| <i>Hieracium pilosella</i>                       | 1                   | 2   | V   | 24  |                       |     |    | 8   |                |     |    | 8   |
| <i>Leucanthemum vulgare</i>                      | r                   | r   | I   | 24  |                       |     |    |     |                |     |    | 8   |
| <i>Potentilla erecta</i>                         |                     |     |     | 8   | 1                     | 1   | II | 136 |                |     |    |     |
| <i>Potentilla tabernaemontani</i>                | r                   | 2   | IV  | 208 |                       |     |    | 32  |                |     |    | 8   |

## 2.2.2 Diasporenbank der Dauerbeobachtungsflächen von *Gladiolus palustris*

Um herauszufinden, ob *Gladiolus palustris* eine Diasporenbank aufbaut wurden an drei verschiedenen Daueruntersuchungsflächen Bodenproben gezogen. Es sind jedoch keine Keimlinge der Sumpfgladiole aufgelaufen. Insgesamt befanden sich 24 Arten in der Diasporenbank der drei unterschiedlichen Flächen. 70,8 % der Arten waren ausschließlich in der Diasporenbank anzutreffen. Die Anzahl der Arten betrug, pro Fläche im Durchschnitt, in der aktuellen Vegetation 52 und in der



Diasporenbank 12. Die Arten *Carex humilis* und *Carex flacca* haben mit über 350 die höchste Anzahl an Keimlingen pro Quadratmeter (Tab. 6). *Bupthalmum salicifolium* und *Carex flacca* haben mit über 200 eine relative hohe Zahl an Keimlingen/m<sup>2</sup> und sind auch mit einer hohen Stetigkeit in der aktuellen Vegetation vorhanden.

**Tab. 6: Arten, die in der Diasporenbank aufgelaufen sind (Anzahl Keimlinge/m<sup>2</sup>) und deren minimale und maximale Deckung und Stetigkeit in der aktuellen Vegetation der Untersuchungsflächen von *Gladiolus palustris*.** VEG = Vegetation; Sk = Stetigkeit; DB = Diasporenbank. Die Deckungsgrade wurden nach Braun-Blanquet geschätzt. Auf der Königsbrunner Heide wurden zehn 2 m x 2 m Plots, im Pferdegatter sechs 2 m x 2 m Plots und im Rotwildgatter vier 2 m x 2 m Plots beprobt.

| Art                                       | Königsbrunner Heide |     |     |     | Pferdegatter |     |    |      | Rotwildgatter |     |     |     |
|---|---------------------|-----|-----|-----|--------------|-----|----|------|---------------|-----|-----|-----|
|   | VEG                 |     | Sk  | DB  | VEG          |     | Sk | DB   | VEG           |     | Sk  | DB  |
|   | min                 | max |     |     | min          | max |    |      | min           | max |     |     |
| <i>Agrostis stolonifera</i>               |                     |     |     | 40  |              |     |    |      |               |     |     |     |
| <i>Cirsium acaule</i>                     |                     |     |     | 8   |              |     |    |      |               |     |     |     |
| <i>Hypericum perforatum</i>               |                     |     |     | 40  |              |     |    |      |               |     |     |     |
| <i>Juncus articulatus</i>                 |                     |     |     | 8   |              |     |    |      |               |     |     |     |
| <i>Poa pratensis</i>                      |                     |     |     | 8   |              |     |    |      |               |     |     |     |
| <i>Seseli annuum</i>                      |                     |     |     | 8   |              |     |    |      |               |     |     |     |
| <i>Calluna vulgaris</i>                   |                     |     |     |     |              |     |    | 12,5 |               |     |     |     |
| <i>Capsella bursa-pastoris</i>            |                     |     |     |     |              |     |    | 12,5 |               |     |     |     |
| <i>Carex alba</i>                         |                     |     |     |     |              |     |    | 12,5 |               |     |     |     |
| <i>Centaureum pulchellum</i>              |                     |     |     |     |              |     |    | 12,5 |               |     |     |     |
| <i>Juncus tenuis</i>                      |                     |     |     |     |              |     |    | 12,5 |               |     |     |     |
| <i>Pimpinella saxifraga</i>               |                     |     |     |     |              |     |    | 12,5 |               |     |     |     |
| <i>Juncus conglomeratus</i>               |                     |     |     |     |              |     |    |      |               |     |     | 60  |
| <i>Verbascum thapsus</i>                  |                     |     |     |     |              |     |    |      |               |     |     | 40  |
| <i>Carex humilis</i>                      |                     |     |     | 152 |              |     |    | 300  |               |     |     | 100 |
| <i>Fragaria vesca</i>                     |                     |     |     | 8   |              |     |    |      |               |     |     | 20  |
| <i>Juncus bufonius</i>                    |                     |     |     | 24  |              |     |    | 12,5 |               |     |     | 40  |
| <i>Carduus defloratus</i>                 | +                   | 1   | II  | 8   |              |     |    |      |               |     |     |     |
| <i>Molinia caerulea</i>                   | +                   | 2   | III | 24  |              |     |    |      |               |     |     |     |
| <i>Bupthalmum salicifolium</i>            | +                   | 2   | V   | 112 | 1            | 2   | V  | 37,5 | 1             | 2   | V   | 100 |
| <i>Carex flacca</i>                       | +                   | 2   | V   | 88  | +            | 2   | IV | 350  |               |     |     |     |
| <i>Danthonia decumbens ssp. decumbens</i> | +                   | 1   | IV  | 80  |              |     |    | 12,5 |               |     |     |     |
| <i>Hieracium pilosella</i>                | r                   | +   | II  | 64  |              |     |    | 50   |               |     |     |     |
| <i>Potentilla tabernaemontani</i>         | r                   | +   | II  | 32  | +            | r   | II | 37,5 | +             | 1   | III | 60  |

## 2.3 Bewertung der Ergebnisse

Da nur eine einmalige Probenentnahme stattgefunden hat, nämlich im Frühjahr 2008, lässt sich zur Dauerhaftigkeit der Diasporenbank der aufgelaufenen Arten keine Aussage treffen, wohl aber zur ihrer momentanen Zusammensetzung. So enthielt die Diasporenbank des Transektes Forst sehr viele Offenlandarten. Sie stand auch in ihrer Artzusammensetzung der aktuellen Vegetation auf den Heideflächen näher als der aktuellen Vegetation des Transektes. Auf den anderen Flächen glichen sich Diasporenbank und aktuelle Vegetation weitestgehend in ihrer Artzusammensetzung. Auffallend

war das Auftreten von *Mentha arvensis* und *Ranunculus reptans* als eher feuchtigkeitsliebende Arten in der Diasporenbank des Forstes. Diese Beobachtung lässt vermuten, dass dort der Boden schon einmal nasser war, oder Samen aus der näheren Umgebung von Stellen eingetragen werden, wo der Untergrund feuchter ist.

Um nach einer Renaturierungsmaßnahme die Artenvielfalt von brachgefallenen und aufgeforsteten Kalkmagerrasen wiederherzustellen spielt die Ausbreitung über die Zeit (Diasporenbank) eine wichtige Rolle. So könnten durch den Einfluss der Beweidung im Pferdegatter eventuell die Arten *Danthonia decumbens ssp. decumbens*, *Hieracium pilosella* und *Carex flacca* eine Chance zur Etablierung bekommen. Diese Arten traten nicht in der aktuellen Vegetation des Transektes „Pferdegatter“ auf, waren aber in der Diasporenbank vorhanden. In der aktuellen Vegetation der Referenzflächen „Königsbrunner Heide“ und „Hasenheide“ waren diese Arten jedoch vertreten.

Eine permanente Samenbank spielt eine wichtige Rolle bei der Renaturierung oder Wiederherstellung ehemaliger Lebensräume. Um eine Diasporenbank aufzubauen, benötigen die Samen neben Anpassungen an Gefahren wie Krankheitsbefall oder Fraß einen Mechanismus, der die Keimung solange verhindert, bis geeignete Bedingungen vorherrschen. Des Weiteren ist für alle Arten mit dauerhafter Diasporenbank kennzeichnend, dass durch externe Faktoren (z.B. Dunkelheit) die Keimung gehemmt wird. Die Samen der Sumpfgladiole scheinen ideale Voraussetzungen zum Aufbau einer Diasporenbank zu besitzen. Denn die Versuche zum Keimverhalten haben gezeigt, dass sie eine angeborene Dormanz besitzen, die durch Stratifikation aufgehoben werden kann. Außerdem wird die Keimung durch Dunkelheit gehemmt und durch Dunkelheit scheint zudem eine sekundäre Dormanz induziert zu werden. THOMPSON et al. (1993) stellten fest, dass kleine, leichte und runde Samen eher in der Lage sind, eine Diasporenbank aufzubauen, als große schwere, abgeflachte und/oder längliche Samen. So lassen die Größe und das Gewicht von Diasporen häufig auf den Diasporenbanktyp schließen. Beispielsweise sind die Diasporen von Samenpflanzen der Kalkmagerrasen, die eine vorübergehende Diasporenbank aufbauen, meist länger als 4 mm und häufig schwerer als 1 mg. Bei der Art *Gladiolus palustris* sind die Samen im Durchschnitt 5,5 mm groß und haben ein Gewicht von 1,9 mg. Diese Beobachtung könnte gegen den Aufbau einer dauerhaften Diasporenbank sprechen. So konnten CERABOLINI et al. (2003) für *Gladiolus palustris* nur eine transiente Diasporenbank nachweisen. Auch bei den Untersuchungen in dieser Arbeit konnte die Sumpfgladiole in der Diasporenbank nicht nachgewiesen werden. Da die Eigenschaften für eine persistente Diasporenbank sprechen, spielen möglicherweise neben der Größe und des Gewichtes, weitere Faktoren wie Prädation und/oder Pathogenbefall eine große Rolle bei der Tatsache, dass die Sumpfgladiole keine persistente Diasporenbank im Gelände aufweist.

## Literatur

CERABOLINI, B., CERIANI, R. M., CACCIANIGA, M., DEANDREIS, R. & RAIMONDI, B. (2003): Seed size, shape and persistence in soil: a test on Italian flora from Alps to Mediterranean coasts. – *Seed Science Research* **13**, S. 75–85.

POSCHLOD, P. (1991): Diasporenbanken in Böden – Grundlagen und Bedeutung. – In: SCHMID, B. & STÖCKLIN, J. (Hrsg.): *Populationsbiologie der Pflanzen*. – S. 15–35, Basel.

THOMPSON, K., BAND, S. R. & HODGSON, J. G. (1993): Seed size and shape predict persistence in soil. – *Functional Ecology* **7**, S. 236–241.

WELLS, T. C. E. (1967): Changes in a population of *Spiranthes spiralis* (L.) Chevall. At Knocking Hoe National Nature Reserve, Bedfordshire, 1962–1965. – *Journal of Ecology* **55**: S. 83–99.

# Anhang

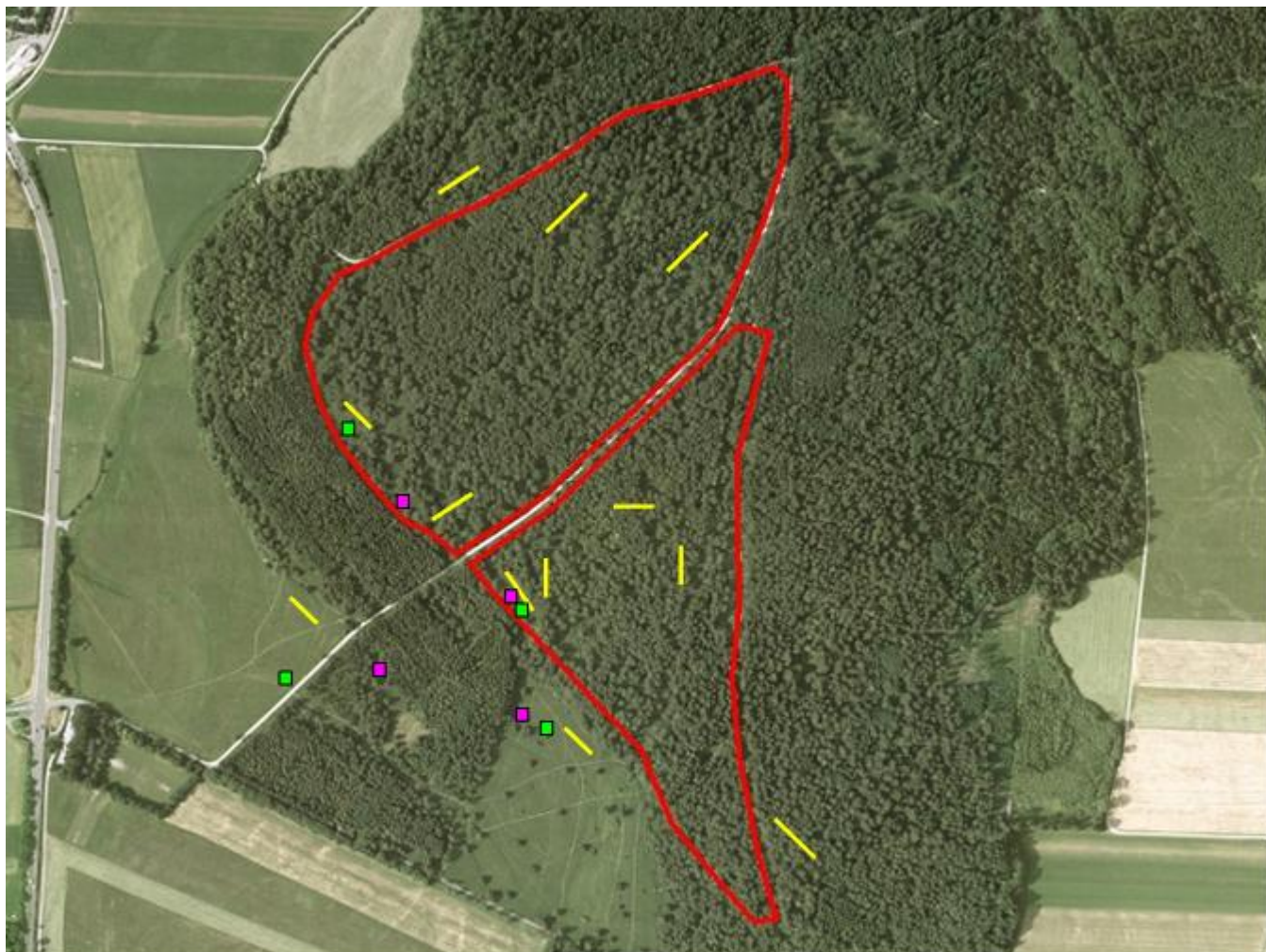
## Lage der Dauerbeobachtungsflächen im Augsburger Stadtwald:

Alle 2m x 2m Plots sind entlang von Transekten angeordnet, abwechselnd rechts und links, jeweils mit 2m Abstand; GPS-Koordinaten für alle Flächen: N 48°16', E 10°54' - Sekunden siehe Tabelle

| Bezeichnung         | GPS-Sekunden | Ausrichtung | Landmarken, Bemerkungen   | 1. Plot |
|---------------------|--------------|-------------|---|---------|
| Königsbrunner Heide |              | SO          | Aus Richtung Hirschgatter links vom Trampelpfad, Pflock   | rechts  |
| Hasenheide          |              | NW          | Parallel zum Trampelpfad zur Wasserstelle, Pflock   | rechts  |
| Pferde offen        |              | NW          | Vorderes Tor, hinter <i>Chamaecytisus</i> -Fläche, Pflock   | rechts  |
| Pferde Wald 1       |              | SSW         | Bei Pfosten D 160, Verlauf parallel zum Zaun, nah an dem Fichtenbestand, aber nicht darunter, Pflock  | links   |
| Pferde Wald 2       |              | WSW         | Senkrecht in Flucht auf Pfosten E 106 steht große Fichte, in diese Richtung ca. 50 m gehen, an Kiefer roter Pfeil, vor Kiefer steht Berberitze, Pflock steht vor einem Faulbaum und ist ca. 8 m von der großen Fichte entfernt (in Richtung Zaun)                 | rechts  |
| Pferde Übergang     |              |             | Vorderes Tor, Richtung Hirschgatter gehen, Transekt senkrecht zum Zaun in Flucht auf Pfosten F 121, Pflock am hinteren Ende des Transekts   | rechts  |
| Rotwild offen       |              | NW          | Vorderes Tor, bei <i>Chamaecytisus</i> -Fläche, Flucht auf Pfosten C89, Pflock  | rechts  |
| Rotwild Wald 1      |              | ONO         | In Flucht auf Pfosten C 61 ca. 50 m in den Wald, Pflock steht direkt neben einer Kiefer, links neben Transekt steht in ca. 10 m Kiefer mit einer roten 2 auf dem Stamm  | links   |
| Rotwild Wald 2      |              | NW          | Hinteres Tor, in Flucht auf Pfosten B 81 (etwas weiter in den Wald) mit Pfeil markierte Kiefer, Hochsitz (aus Metall), liegender Baumstamm, Pflock unter Berberitze, Plot 2 und 5 sind abseits (links) des Transekts und sind mit roten Nagelabdeckungen markiert | rechts  |
| Rotwild Übergang    |              |             | Vorderes Tor, mittig hinter Offenbereich, bei Pflock von <i>Gladiolus</i> -Fläche in den Wald gehen (ca. 10 m), Pflock links unter Berberitze, nach 6. Plot 6 m Abstand (Plot 7 wieder rechts)  | links   |
| Kontrolle Wald 1    |              | SSO         | Bei Pfosten B7 (gegenüber Hirschgatter), Pflock   | links   |
| Kontrolle Wald 2    |              | NW          | Bei Pfosten E 137 links in den Wald, Transekt links von <i>Rubus</i> Gebüsch, 5. Plot links statt rechts, anschließend 6 m Abstand, Pflock  | rechts  |

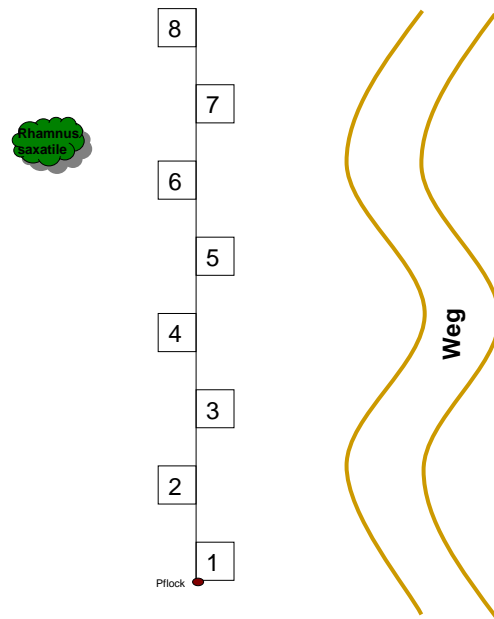
### Lage der Transekte und Dauerflächen im Luftbild:

Transekte (gelb), Dauerflächen von *Gladiolus palustris* (pink), Dauerflächen von *Chamaecytisus ratisbonensis* (grün)

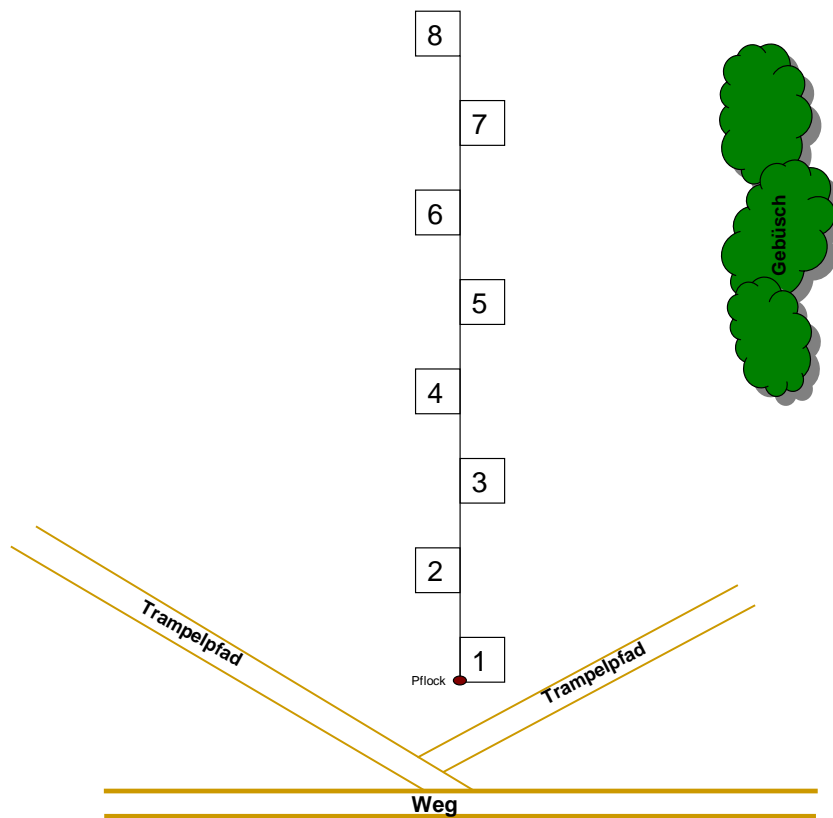


# Transektskizzen (K $\hat{=}$ Kiefer)

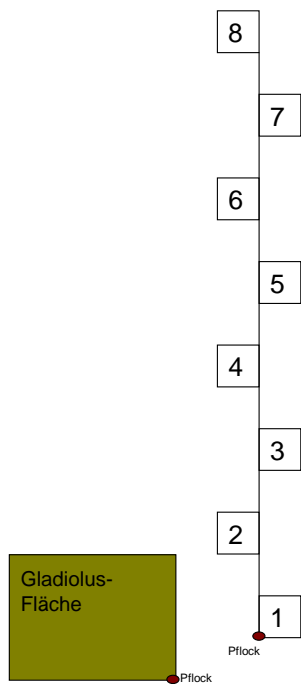
## Transekt 1 – Königsbrunner Heide



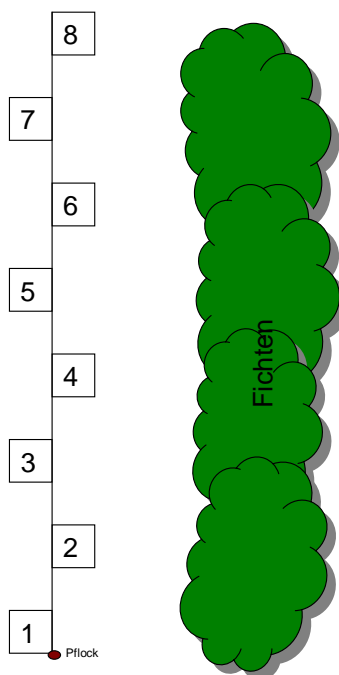
## Transekt 2 – Hasenheide



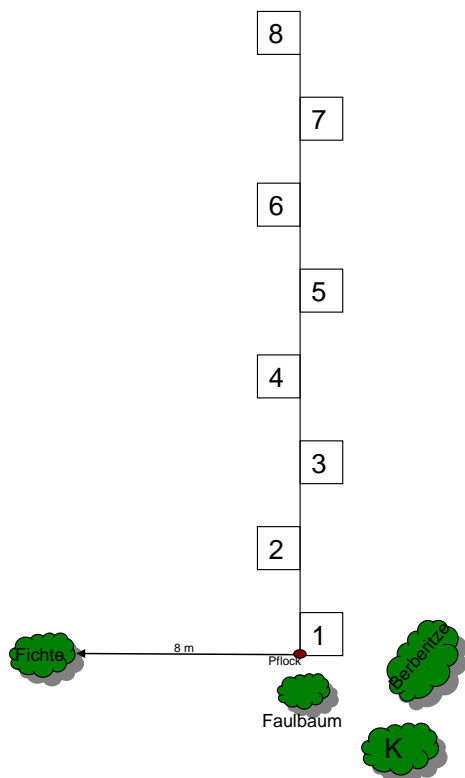
Transekt 3 – Pferdegatter offen



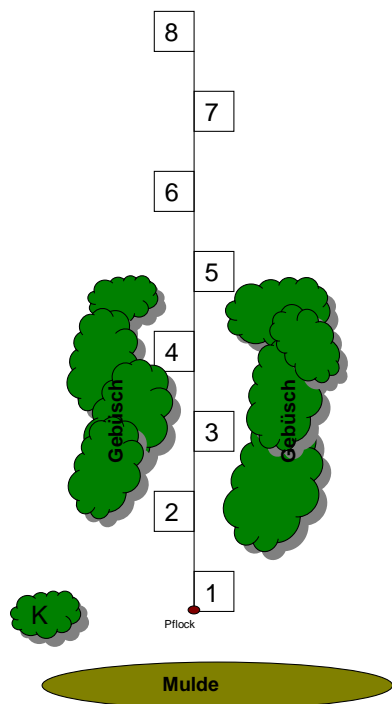
Transekt 4 – Pferdegatter Wald I



### Transept 5 – Pferdegatter Wald II

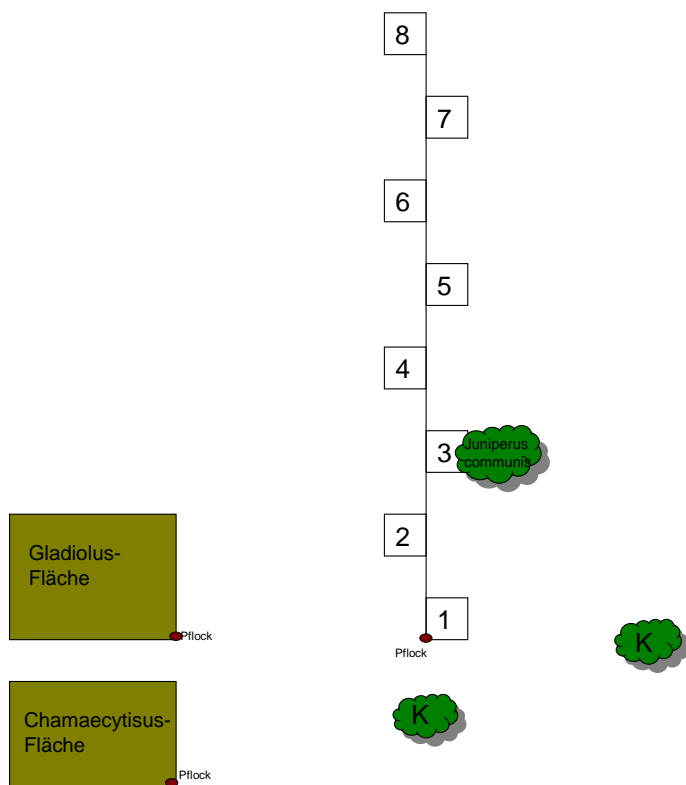


### Transept 6 – Pferdegatter Übergang

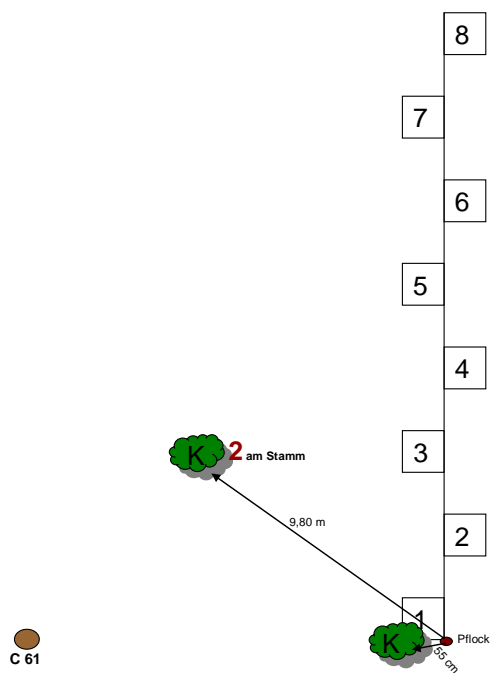




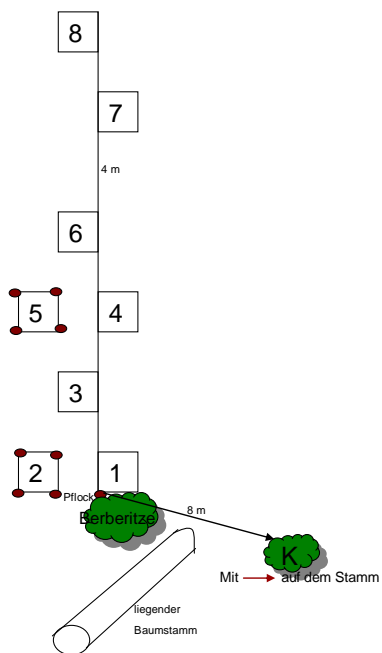
### Transekt 7 – Rotwildgatter offen



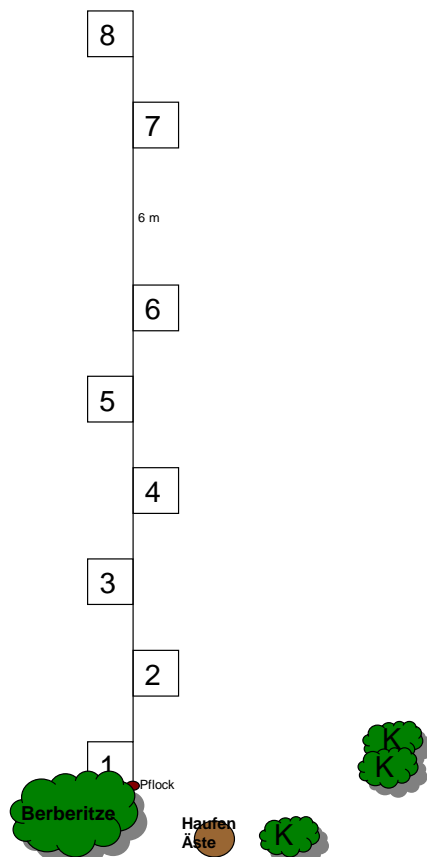
### Transekt 8 – Rotwildgatter Wald I



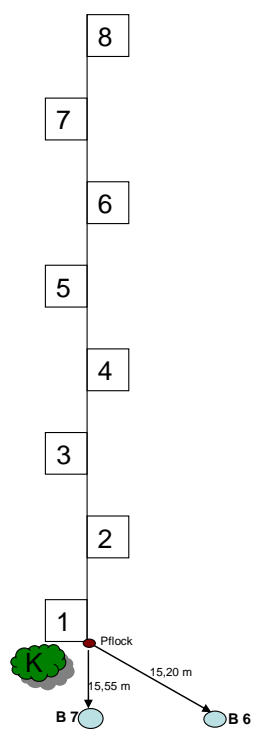
### Transekt 9 – Rotwildgatter Wald II



### Transekt 10 – Rotwildgatter Übergang



### Transekt 11 – Kontrolle Wald I



### Transekt 12 – Kontrolle Wald II

