

Titel

ENTWICKLUNG UND EVALUIERUNG EINES
PHÄNOLOGISCHEN INDIKATORSYSTEMS ZUR
OPTIMIERUNG VON MAHDTERMINEN FÜR
MAHDGUTÜBERTRAGUNGEN UND WIESENPFLEGE AM
MODELL SUBMONTANER UND MONTANER WIESEN IM
OSTERZGEBIRGE

Abschlussbericht 2010

Projektleiter

PROF. DR. CHRISTOPH NEINHUIS

Projektträger

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN
INSTITUT FÜR BOTANIK

Projektzeitraum

01.01.2007 – 31.03.2010



AZ: 23477

Dresden, den 31.03.2010

Projektinformationen

AZ: 23477	 TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN	 DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt
Titel	Entwicklung und Evaluierung eines phänologischen Indikatorsystems zur Optimierung von Mahdterminen für Mahdgutübertragungen und Wiesenpflege am Modell submontaner und montaner Wiesen im Osterzgebirge	
Laufzeit: 3,25 Jahre	Projektbeginn: 01.01.2007	Projektende: 31.03.2010
Bewilligungsempfänger:	Technische Universität Dresden Institut für Botanik Professur Botanik Helmholtz Str. 10 1069 Dresden	Projektleitung: Prof. Dr. Christoph Neinhuis Bearbeitung: Dipl. Biologe Frank Richter
Kooperationspartner:	Landesverein Sächsischer Heimatschutz e.V. Wilsdruffer Straße 11/13 01067 Dresden	Ansprechpartner: Prof. Dr. H.-J. Hardtke Dr. Peter Kandler
Abschlussbericht		
Verfasser	Frank Richter	
		
		Dresden, den 31.03.2010

Mitwirkende

Projektleitung	Prof. Dr. Christoph Neinhuis	
Projektbearbeitung	Frank Richter	
Mitarbeiterinnen	Katrin Landgraf Beatrix Schnabel	Gesamtprojekt Gesamtprojekt
Studentinnen	Anne Fiebig Maria Mersiowsky Jennifer Mittag Katja Reichel Sabine Schumann Sonja Sprengel Maria Trepte	Mahdgutinhalt common-garden Phänologie Mahdgutübertrag Spenderflächen common-garden Mahdgutübertrag
technische Hilfskraft	Bernd Schulz	
Beratung & Unterstützung	Birgit Zöphel René Schubert	

10/01		Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt		 Deutsche Bundesstiftung Umwelt	
Az	23477	Referat	33/2	Fördersumme	76.900,00 €
Antragstitel		Entwicklung und Evaluierung eines phänologischen Indikatorsystems zur Optimierung von Mahdterminen für Mahdgutübertragungen und Wiesenpflege am Modell submontaner und montaner Wiesen im Osterzgebirge			
Stichworte		Naturschutz, Arten-Biotopschutz, Revitalisierung			
Laufzeit		Projektbeginn		Projektende	
3 Jahre		01.01.2007		31.03.2010	
Zwischenberichte		1. Zwischenbericht:		31.12.2007	
		2. Zwischenbericht:		31.12.2008	
		3. Zwischenbericht:		31.12.2009	
Bewilligungsempfänger		Technische Universität Dresden Institut für Botanik Professur Botanik Helmholtz Str. 10 1069 Dresden Technische Universität Dresden			Tel: 0351/46336032 Fax: 0351/46337032 Projektleitung Prof. Dr. Christoph Neinhuis Bearbeiter Dipl. Biologe Frank Richter
Kooperationspartner		Landesverein Sächsischer Heimatschutz e.V. Wilsdruffer Straße 11/13, 01067 Dresden			
<u>Zielsetzung und Anlass des Vorhabens</u>					
Ziel des Vorhabens ist die Aufstellung eines phänologischen Indikatorsystems, welches die Berücksichtigung der standörtlichen Unterschiede in der Entwicklung der Vegetation ermöglicht. Das zu entwickelnde Indikatorsystem soll auf diesem Wege die Effektivität von Mahdgutübertragungen steigern, aber ebenso helfen die Pflege von naturschutzfachlich wertvollen Wiesen zu optimieren. Die Untersuchungen zum Indikatorsystem werden modellhaft für die geschützten (sub)-montanen Wiesen des Osterzgebirges durchgeführt.					
<u>Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden</u>					
Das Projekt gliedert sich in 2 große Teilbereiche: Zum einen in die phänologische Kartierung von mehreren Bergwiesen unterschiedlicher Standorte über den gesamten Projektzeitraum um symphänologische Artengruppen zu ermitteln. Neben dieser Kartierung werden aber auch Keimtests durchgeführt um Auskunft über das Reifeverhalten der Arten zu erhalten. Außerdem sind Pflanzversuche geplant, um die Variabilität des phänologischen Verhaltens einiger Arten genauer untersuchen zu können.					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornaue 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • http://www.dbu.de					

Der zweite Projektteil betrifft das Monitoring eines Renaturierungsvorhabens, bei dem Mahdgutübertragungen gemäß der vorläufigen symphänologischen Artengruppen (RICHTER & ZÖPHEL 2006) vorgenommen werden. Innerhalb dieses Monitorings ist, neben den genauen Erfassungen der Spenderflächen (inklusive ihres Diasporenangebots zum Zeitpunkt der Mahd), auch die regelmäßige Bonitur der Empfängerflächen vorgesehen. Im Rahmen der Bonitur wird sowohl das Artenspektrum der Gesamtfläche betrachtet, als auch die detaillierte Vegetationsentwicklung auf ausgewählten Dauerbeobachtungsflächen beobachtet.

Ergebnisse und Diskussion

Es wurde eine Methode zur Erhebung phänologischen Daten aufgestellt und angewendet. Mit diesen Daten kann unter Verwendung von abgeleiteten Ähnlichkeits- und Distanzmatrizen per Clustering eine Aufstellung von phänologischen Artengruppen erfolgen.

Die entwickelte Methodik wurde auf einen selbst erhobenen Datensatz (4Jahre, >70 Arten, 22 Wiesen) angewandt, so dass blüh-, frucht- und ausstreuphänologische Gruppen für die submontanen Wiesen des Osterzgebirge aufgestellt werden konnten.

Mit Hilfe der erhobenen Daten und den aufgestellten phänologischen Artengruppen können Indikatorarten ermittelt werden. Die Auswahl einer Indikatorart hängt aber sowohl von dem Ziel, was erreicht werden soll, als auch vom Anwender der Indikatorart ab. Wie derartige Indikatorarten einfach anhand der erhobenen Daten ermittelt werden können, ist dargestellt.

Auf der Grundlage des jetzigen Wissenstandes sollten für eine Aufstellung von phänologischen Artengruppen vorzugsweise Daten von mehr als 2 Jahre herangezogen werden.

Auf Grundlage der Ergebnisse muss davon ausgegangen werden, dass die beobachtete hohe, phänologische Variabilität der Pflanzenarten vor allem auf einer hohen Plastizität der Arten beruht.

Bei den durchgeführten Mahdgutübertragungen hatte der Mahdtermin keinen nachweisebaren Effekt auf die Vegetationsstruktur oder auf Artenzahl, Deckung sowie Homogenität der Vegetation.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

- Posterbeitrag bei der Jahrestagung des GfÖ-Arbeitskreises Renaturierungsökologie 2008 Bernburg
- Vortrag bei der Niederlausitzer Botanikertagung 2008 Cottbus
- Abschlussworkshop am 19.03.2010 an der TU Dresden (60 Teilnehmer aus 8 Bundesländern)

Fazit

Es konnte im Projekt gezeigt werden, wie wichtig es ist, bei der Pflege und Renaturierung von Grünlandbiotopen auch auf die Phänologie der Wiesenarten zu achten. Im Hinblick auf die notwendige generative Vermehrung der Arten kommt der Fruchtphänologie eine große Bedeutung zu.

Die aufgestellten phänologischen Artengruppen können sehr hilfreich bei der Ableitung von Mahdterminen sein. Diese Artengruppen sind aber nicht auf alle Naturräume übertragbar.

Im Projekt ist aber deutlich geworden, wie wichtig eine räumliche und zeitliche Varianz bei der Pflege unserer Grünlandbiotope ist. Denn mit konstanten kalendarischen oder phänologischen Mahdterminen wird sich eine artenreiche Grünlandgesellschaft auf Dauer nicht erhalten lassen.

Весенний вечер, синний час
Ну как же не любить мне вас,
как не любить мне вас, цветы?
Я с вами выпил бы на «ты».

из «Цветы»
С. Есенин

Frühling. Die blaue Stunde. Blüten
Und wie denn soll ich euch nicht lieben?
Wie soll ich euch nicht lieben, Blumen?
Ich trank mit euch auf Du und Du.

aus dem Gedicht «Blumen»
S. Jesenin (dt. R. Kirsch)

Inhaltsverzeichnis

Projektinformationen	1
Mitwirkende	2
Projektkennblatt.....	3
Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis	8
Quellennachweis	8
1. Vorwort.....	9
2. Anlass und Zielstellung des Projekts.....	10
2.1. Anlass	10
2.2. Zielsetzung	14
3. Methodik und Vorgehen	16
3.1. Übersichtskarte.....	17
3.2. Erhebung der phänologisch relevanten Daten	18
3.2.1. Phänologische Kartierung	18
3.2.1.1. Durchführung der phänologischen Kartierung.....	18
3.2.1.2. Auswertung der phänologischen Daten	19
3.2.2. Temperaturmessung.....	21
3.2.3. Reifetests	21
3.3. Common garden Experiment.....	22
3.4. Mahdgutübertragungen	24
3.4.1. Einleitung	24
3.4.2. Spenderflächen	24
3.4.3. Empfängerflächen.....	25
3.4.4. Auswertung der Monitoringdaten zu den Mahdgutübertragungen	26
4. Ergebnisse.....	28
4.1. Phänologische Kartierung	28
4.2. Common-garden Experiment	37
4.3. Mahdgutübertrag	39
5. Diskussion	44
5.1. Phänologische Kartierung	44
5.2. Common-garden Experiment	45
5.3. Mahdgutübertrag	46
6. Zusammenfassung der Ergebnisse & Ziele, Erfolge.....	48
7. Kooperationen.....	50
8. Öffentlichkeitsarbeit.....	51
8.1. Allgemeine Öffentlichkeitsarbeit	51
8.2. Abschlussworkshop	51
9. Ausblick.....	52
10. Literaturverzeichnis	53
11. Anhang.....	56

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Untersuchungsfläche mit Temperaturlogger.....	15
Abbildung 2: Untersuchungsgebiet in Sachsen.....	16
Abbildung 3: Übersichtskarte zu den Untersuchungsflächen.....	17
Abbildung 4: Schematische Darstellung zur Erstellung der Strukturfotos.....	27
Abbildung 5: Blüh- und Fruchtfolge der kartierten Arten.....	28
Abbildung 6: Histogramme für die Häufigkeitsverteilung von verschiedenen Dauern bei ausgewählten phänologischen Abständen.....	29
Abbildung 7: Histogramme zur Häufigkeitsverteilung der Spannweite von bestimmten phänologischen Abständen.....	30
Abbildung 8: Ursachen für die beobachteten Schwankungen.....	31
Abbildung 9: Clusterdendrogramm zur Bildung von Blühgruppen.....	32
Abbildung 10: Darstellung der Soerensen- und Distanzwerte zur Überprüfung der phänologischen Gruppen...	32
Abbildung 11: Darstellung der Blühgruppen auf dem Zeitstrahl.....	33
Abbildung 12: Histogrammdarstellung der Schwankungsbreiten bei Soerensen- und Distanzwerten.....	34
Abbildung 13: Ergebnisse der Reifetests für <i>Betonica officinalis</i>	35
Abbildung 14: Boxplot-Darstellung der Abweichungen der Tagesmittelwerttemperatur einer Wiese von der Tagesmittelwerttemperatur aller Wiesen.....	35
Abbildung 15: Auftragsflächen vor Beginn der Mahdgutübertragungen.....	36
Abbildung 16: Auftragsflächen ein Jahr nach den Mahdgutübertragungen.....	36
Abbildung 17: Phänologischer Vergleich von Pflanzen mit unterschiedlicher Herkunft.....	37
Abbildung 18: Vergleich der Phänostufen pro Kalenderwoche in Garten und Freiland.....	38
Abbildung 19: <i>Bistorta officinalis</i> im Botanischen Garten Dresden.....	38
Abbildung 20: Vergleich von Spender- und Empfängerflächen anhand ausgewählter Bodenparameter.....	39
Abbildung 21: Analyse des Mahdguts hinsichtlich Qualität und Quantität der enthaltenen Diasporen.....	40
Abbildung 22: Übersicht zur Entwicklung der Kennwerte der Vegetation auf der Empfangsfläche.....	40
Abbildung 23: Dreiecksdiagramm zu den Anteilen der CSR-Strategen in der Vegetationsaufnahme.....	41
Abbildung 24: Balkendiagramm zu den Anteilen fkt. Gruppen in der Vegetationsaufnahme.....	41
Abbildung 25: Vergleich der Entwicklung der Vegetationshöhe auf den Auftragsflächen.....	42
Abbildung 26: Vergleich der Entwicklung der Phytomasse auf den Auftragsflächen.....	42
Abbildung 27: Vergleich der Entwicklung des Strukturreichtums der Vegetation auf den Auftragsflächen.....	43
Abbildung 28: Ähnlichkeit zwischen Spender- und Empfängerfläche.....	43
Abbildung 29: Handmahd der Auftragsflächen 2009 mit Unterstützung von Freiwilligen.....	47
Abbildung 30: Keimschalen zur Bestimmung des Diasporengehalts im Mahdgut im Gewächshaus am Institut für Botanik.....	49
Abbildung 31: Zusammensetzung der Teilnehmer des Abschlussworkshops.....	51
Abbildung 32: Blühende Bergwiese am Geisingberg.....	52

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verwendeter phänologischer Kartierschlüssel.....	18
Tabelle 2: Übersicht über die phänologischen Beobachtungsflächen.....	19
Tabelle 3: Übersicht über die bezüglich des Reifezustands untersuchte Arten.....	22
Tabelle 4: Übersicht über die Pflanzen des common-garden-Experiments.....	23
Tabelle 5: Übersicht über die Spenderflächen für die Mahdgutübertragungen.....	24
Tabelle 6: Verwendeter semiquantitativer Schlüssel zur Erfassung der Abundanz.....	25
Tabelle 7: Übersicht über die Kooperationen im Projekt.....	50

Quellennachweis

Abbildung	Urheber
Titelbild (Seite 1)	Katrin Landgraf
Abbildung 1	Katrin Landgraf
Abbildung 2	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Saxony_relief_location_map.jpg
Abbildung 3	Kartengrundlage: www.openstreetmap.org , Layout: Beatrix Schnabel
Abbildung 4	Katja Reichel
Abbildung 17	Sonja Sprengel
Abbildung 18	Sonja Sprengel
Abbildung 19	Sonja Sprengel
Abbildung 22	Katja Reichel
Abbildung 23	Katja Reichel
Abbildung 24	Katja Reichel
Abbildung 25	Katja Reichel
Abbildung 26	Katja Reichel
Abbildung 27	Katja Reichel
Abbildung 29	Katrin Landgraf
Abbildung 32	Katrin Landgraf
allen übrigen	Frank Richter

1. Vorwort

Hiermit liegt der Abschlussbericht zu einem Projekt vor, das sich intensiv mit der Phänologie heimischer Wiesenpflanzen beschäftigt hat. Dieses Projekt ist aus den Überlegungen heraus entstanden, wann eigentlich der richtige Mahdtermin für unsere artenreichen Wiesen wäre. Bei dieser Suche wurde offenbar, dass es noch erhebliche Wissenslücken zu dem phänologischen Verhalten unserer Wiesenpflanzen, insbesondere was die Fruchtbiologie angeht, gibt. Mit diesem Projekt sollte ein Teil dieser Wissenslücke geschlossen werden.

Das Projekt wurde im Osterzgebirge (Sachsen) durchgeführt und hat sich dort modellhaft mit der Phänologie der Wiesen in der montanen und submontanen Stufe auseinandergesetzt.

Das Vorhaben gliederte sich in zwei große Teilbereiche. Der erste Abschnitt beinhaltete die phänologische Kartierung ausgewählter Bergwiesenarten im Osterzgebirge. Der zweite Projektteil beschäftigte sich mit der Durchführung und dem Monitoring von 6 Mahdgutübertragungen, um die Relevanz von Mahdterminen bei der Renaturierung zu verdeutlichen.

Dieser Bericht stellt noch einmal den Anlass und die Zielstellungen des Projektes detailliert dar. Er geht dann auf die einzelnen Projektteile und die dort angewendeten Methoden ein. Anschließend werden exemplarisch die wichtigsten Ergebnisse aufgezeigt und kurz diskutiert. Dieser Bericht kann aber keine vollständige, wissenschaftliche Erörterung aller erhobenen Daten liefern.

Für die Auswertung der phänologischen Daten wurde eine spezielle Methodik entwickelt, welche hier kurz erklärt und beurteilt wird. Die Methodik, wie auch die Mehrheit der hier dargestellten Ergebnisse sind bisher noch nicht wissenschaftlich publiziert. Nach vorheriger Absprache werden die Daten, Ergebnisse und Diagramme aber gerne für eine gemeinsame Nutzung und Auswertung zur Verfügung gestellt.

Wie so viele andere Projekte, wäre auch dieses Vorhaben nicht ohne die Unterstützung zahlreicher Personen möglich gewesen. Ihnen sei an dieser Stelle auf das herzlichste gedankt, vor allem Birgit Zöphel, Beatrix Schnabel, René Schubert, Katrin Landgraf, Bernd König, Jens Weber, Astrid Hanetzog, Andreas Wegener. Ein aufrichtiger Dank geht auch an die zahlreichen Kooperationspartner, insbesondere an den Förderverein für die Natur des Osterzgebirges e.V., die Grüne Liga Osterzgebirge e.V. und den Landesverein Sächsischer Heimatschutz e.V..

Ohne die finanzielle Unterstützung von Seiten der DBU aber wäre dieses Projekt nie zu Stande gekommen. Ihr und Herrn Dr. Wachendörfer sei für die Unterstützung und die stets freundliche und konstruktive Zusammenarbeit unser innigster Dank gewiss.

2. Anlass und Zielstellung des Projekts

2.1. Anlass

Die Nutzung diasporenreichen Naturschutzheus als autochthones Ansaatmaterial gewinnt als eine mögliche Verwertungslinie zunehmend an Bedeutung. Die Einsatzmöglichkeiten sind vielfältig; in Frage kommt die Verwendung:

- im Rahmen von Erstbegrünungen als Erosionsschutz in Tagebau-, Steinbruch- und Haldengebieten sowie im Straßen- und Landschaftsbau (KIRMER & TISCHEW 2006, TRÄNKLE 2002, KRAUTZER 1999, WISMUT 2005)
- bei der Initialisierung von standorttypischen Grünländern im Zuge von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen nach Bundesnaturschutzgesetz (§ 19)
- bei der Initialisierung von Beständen gefährdeter und schützenswerter Grünlandgesellschaften (u. a. KIEHL & WAGNER 2006 - Sandmagerrasen, PFADENHAUER & MILLER 2000 - Kalkmagerrasen, HÖLZEL & OTTE 2003 - Stromtalwiesen, PATZELT et al. 2001 - Niedermoore)
- zur Aufwertung bestehenden artenarmen Grünlandes im Sinne naturschutzfachlicher Forderungen (BIEWER & POSCHLOD 1997 - Niedermoore; HACHMÖLLER et al. 2003, HÖLZEL 2005 - Bergwiesen; LOSVIK & AUSTAD 2002).
- zur Vermehrung und Verbreitung von Populationen gefährdeter Grünlandarten

Im Falle der ersten beiden Punkte stellt die Verwendung diasporenreichen Naturschutzheus eine Alternative zu den üblichen Regel-Saatgut-Mischungen (RSM 7 und RSM 8) dar. Deren breite Verwendung wird wegen der Gefahr der Einschleppung standortuntypischer Ökotypen oder Varianten mit invasivem Potential zunehmend kritisch diskutiert (BISCHOFF et al. 2006, MOLDER 1997). Nur wenige Anbieter von RSM garantieren die gebietseigene Herkunft der in den Mischungen enthaltenen Gräser und Kräuter. Hauptanliegen im Rahmen dieser Anwendungen ist der Stopp der Florenverfälschungen durch eingeführte RSM und die Nutzung heimischer Ressourcen in kurzen Kreisläufen.

Die weiteren Punkte basieren auf der sich im Renaturierungsnaturschutz durchsetzenden Überzeugung, dass die Entwicklung artenreicher Grünländer kurz- und mittelfristig nicht allein durch Pflegemaßnahmen erreicht werden kann, sondern die Entwicklungsbarriere, die durch das Fehlen entsprechender Samen entsteht, aktiv überwunden werden muss (BISCHOFF 2002; HÖLZEL & OTTE 2003; RASRAN et al. 2006, PATZELT 1998). Vor allem die Verinselung gut erhaltener artenreicher Wiesen, in einer durch Zerschneidung und Nutzungsumwidmung geprägten Landschaft, macht

einerseits eine Vernetzung ihres Genpools und andererseits eine unterstützte Ausbreitung der Arten in potentielle Entwicklungsflächen hinein zunehmend nötig (JACKEL 1999, HACHMÖLLER 2000). Die Förderung solcher Maßnahmen auch in der regulären Landschaftspflege könnte langfristig zu einer Art „mechanischem Biotopverbund“ führen, der der Erhaltung und Vernetzung genetischer Ressourcen förderlich ist.

Besonderes Augenmerk liegt dabei jeweils auf gefährdeten und schutzwürdigen Grünlandgesellschaften. Im Falle des beantragten Projektes werden Bergwiesen der unteren bis oberen Montanstufe im Osterzgebirge als Modellvegetation ausgewählt. Bergwiesen gehören in Deutschland zu den stark gefährdeten Grünlandgesellschaften (RENNWALD 2000) und sind nach der FFH-Richtlinie Lebensraumtypen von gemeinschaftlichem Interesse der Europäischen Union. Deutschlandweit werden von den Naturschutz- und Landschaftspflegeverbänden große Anstrengungen unternommen, diesen Lebensraum mit seiner Vielzahl an gefährdeten Arten vor allem durch den Vertragsnaturschutz zu erhalten. Die bestehenden Restpopulationen zu sichern, zu erweitern und zu vernetzen steht im Mittelpunkt vieler Projekte.

Die Übertragung des Mahdguts von Bergwiesen artenreicher Restflächen der Region Osterzgebirge wird in letzter Zeit sehr stark zur Wiedereinrichtung typischer Vegetationseinheiten in ehemals intensiv bewirtschafteten Wiesen und Weiden genutzt (MENZER 2003, HACHMÖLLER et al. 2003). Das Verfahren der Übertragung von Langheu ist bereits erprobt (BIEWER & POSCHLOD 1997, PATZELT 1998, HÖLZEL 2000). Der Bedarf, diese Maßnahmen weiterzuführen und auszudehnen, ist hinsichtlich des großen Potentials an regenerationsfähigen Grünlandbeständen auf Jahrzehnte gegeben. Die konkrete Flächenplanung und Nutzung der Maßnahme wird dabei wesentlich von der zukünftigen Ausgestaltung der Förderrichtlinien im Grünland abhängen.

Daneben wird derzeit die Verwendung diasporenreichen Heus in verschiedenen Begrünungsprojekten (Halden- und Kippenflächen, Straßenböschungen, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen) vor allem durch das DVL-Grünlandprojekt „Artenreiches Grünland in Sachsen“ intensiv forciert. Erfolge erster Projekte können und sollen zu langfristigen Anwendungslinien in derartigen oder ähnlichen Maßnahmen führen.

An das Verfahren der Mahdgutübertragung sind eine Reihe ingenieurbioologischer Fragestellungen, wie etwa die Art und Weise schonender Beerntung, die Aufbereitung des Mahdgutes (Häcksel, Langheu, Heudrusch), die Vorbehandlung der Empfängerflächen, die Technik der Materialaufbringung, die Gestaltung der Keimungsphase und die Abschätzung des Wiederholungsbedarfs gebunden.

Ein zentrales Problem ist vor allem die Auswahl des richtigen Mahdtermins, da es das ökonomische und ökologische Ziel dieses Verfahrens ist, in möglichst einem Arbeitsgang eine große Anzahl keimfähiger Diasporen der jeweiligen Zielarten zu transportieren.

Je nach Zweck der Mahdgutübertragung müssen dabei unterschiedliche Voraussetzungen erfüllt werden. Folgende Einschränkungen und Zielorientierungen können einzeln oder in Kombination eine Rolle spielen:

- Die Mahdtermine müssen im Rahmen der geltenden Förderrichtlinien liegen.
- Eine möglichst große Anzahl von Diasporen der Haupt(gras-)arten einer Fläche soll zum Zweck rascher Begrünung der Empfängerfläche übertragen werden.
- Die größtmögliche Diasporenzahl sowie die größtmögliche Artenzahl sollen gleichermaßen übertragen werden.
- Eine möglichst große Diasporenzahl von Arten eines bestimmten Vegetationstyps soll von einer strukturreichen Wiese geerntet werden.
- Eine möglichst große Anzahl von Diasporen bestimmter Zielarten soll zum Zweck der Artenanreicherung artenarmer Grünländer oder zur Populationserweiterung übertragen werden.
- Auf der Mahdgutgewinnungsfläche soll die Aussamung naturschutzfachlich wertvoller Arten (vorrangig annueller) gewährleistet werden.

Erste Erfahrungen aus Erhebungen im E+E Vorhaben „Regeneration montanen Grünlandes“ 2004 zeigen, dass zwar über 50 % der Arten der Spenderflächen übertragen werden können, dass jedoch vor allem gefährdete Zielarten häufig nur in suboptimalen Mengen oder gar nicht enthalten sind (ZÖPHEL 2004). Erfahrungen anderer Projekte zeigen, dass sich für einzelne Zwecke sehr wohl hohe Mahdgutübertragungsraten von bis zu 80 % erzielen lassen; etwa für die Übertragung der insgesamt spätfruchtenden Zielarten von Streuwiesen auf Niedermooren mit Mahdterminen ab August (BIEWER & POSCHLOD 1997), für die Übertragung einer Reihe typischer Sandmagerrasenarten mit Mahd ab Ende Juni (KIEHL & WAGNER 2006) oder für die Ansabung von Stromtalwiesenarten bei mittleren bis späten Mahdterminen (HÖLZEL & OTTE 2003), wenn eine fachkundige und beobachtungsbasierte Einschätzung des Mahdtermins vorgenommen wurde.

Dies impliziert die Frage, ob sich diese Maßnahme in der Praxis mit den, unabhängig von der Vegetationsentwicklung, per Stichtag geregelten Schnitt-Terminen in Einklang bringen lässt. Vom Übertragungserfolg hängen jedoch die Effektivität und die ökonomische Vertretbarkeit des Verfahrens ab.

Auch im Rahmen der Pflegemahd zur Erhaltung artenreicher (Berg-) Wiesenbestände kommt der sinnvollen Terminierung, beziehungsweise der Ausarbeitung von Mustern jährlicher Mahdterminwechsel im Rahmen der engen Förderrichtlinien große Bedeutung zu. RENNWALD (2000) nennt als eine der Gefährdungsursachen für das Berggrünland die falsche Terminierung und nicht bestandsgerechte Durchführung der Pflegemaßnahmen. Leistungsfähige Mahdtechnik und ökonomische Zwänge haben zur Folge, dass alle Flächen eines Gebietes innerhalb eines sehr kurzen Zeitraumes bewirtschaftet werden. Der richtige Mahdtermin ist neben der Erzielung einer ausgewogenen Nährstoffbilanz entscheidend für die generative Reproduktion der Wiesenarten. In den von perennen Arten dominierten Grünlandgesellschaften spielt sie eine wesentliche Rolle für:

- die Verhinderung der Überalterung von Populationen gefährdeter Arten (vgl. ZIEVERINK & HACHMÖLLER 2003)
- die Erhaltung kurzlebiger Sippen (z.B. *Rhinanthus spec.*, *Euphrasia spec.*, *Pedicularis sylvatica*)
- die Besiedlung neuer Lebensräume auf natürliche (zoochor, anemochor, myrmekochor) Weise
- die meisten der Bergwiesenarten, denn da diese nicht über eine ausdauernde Diasporenbank verfügen (WAESCH 2003, THOMPSON et al. 1997, HACHMÖLLER 2000, ZÖPHEL 2001), kommt der regelmäßigen Diasporenbildung eine große Bedeutung zu

In Bergwiesen scheint die Fokussierung auf den richtigen phänologischen Mahdzeitpunkt besonders nötig. Wichtige Ziel- und Leitarten der Vegetation streuen in ihrem Reifeverhalten zwischen Mitte Juni und Ende September, die Kurven maximaler Artenabschöpfung sind zum Teil mehrgipflig (ZÖPHEL 2005, RICHTER 2005).

Sowohl für die verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten von Naturschutzheide (hier speziell von Bergwiesen) als auch für Managementpläne, die im Rahmen der FFH-Thematik erstellt werden (Verschlechterungsverbot), wird ein ökonomisch vertretbares, variables Pflegemodell benötigt, welches die Erhaltung bestehender wertvoller Grünlandgesellschaften sowie die Regeneration ehemaliger Intensivgrünländer bzw. Brachen und die Erstbegrünung von Roh- oder Schwarzböden ermöglicht.

Mit Hilfe eines phänologisch basierten Indikatormodells, das im Rahmen dieses Projektes erstellt, erprobt und anwenderfreundlich gestaltet werden soll, sind solche Pflegemodelle leichter anzufertigen und zu verwirklichen als bisher.

Im Rahmen des Projektes sollen fundierte Daten für eine begründete Mahdterminfestlegung für verschiedene Zwecke erarbeitet und ausgewertet werden. Zudem sollen wesentliche Kenntnislücken

zur Aut- und Symphänologie weitverbreiteter sowie regionalspezifischer Grünlandarten geschlossen werden.

Vor allem die Notwendigkeit für ein aus den Kenntnissen zur Frucht-Phänologie der Arten und Vegetationseinheiten, deren Abhängigkeiten und Variabilität, fundiert abgeleitetes und zugleich in der Umsetzung praktikables Artengruppenmodell, gab Anlass zur Beantragung des Projektes in dieser Form. Die Prüfung auf minimalen Erfassungs- und Ableitungsaufwand zur Erstellung praxistauglicher Handlungsrichtlinien kann die Entwicklung ähnlicher Konzepte in anderen Naturräumen unterstützen.

Konkrete Fragestellungen für den Naturraum Osterzgebirge ergeben sich aus den bisherigen Erfahrungen und Erkenntnissen der im Gebiet durchgeführter Naturschutzprojekte (Naturschutzgroßprojekt Osterzgebirge, E+E-Vorhaben „Grünlandverbund Oelsen“, DVL-Grünlandprojekt) und der darin involvierten Pflegebetriebe.

Durch die Bündelung von verschiedenen Vorhaben und eine bereits gut funktionierende Kooperation von Flächeneignern, Pflegebetrieben und Naturschutzforschung im Gebiet, versprechen wir uns Synergieeffekte, die sich positiv auf den Erfolg des Vorhabens und die rasche Überführung in die Praxis auswirken.

Der dringende Informationsbedarf hat bereits zu einer Diplomarbeit zur Phänologie von Arten montaner Grünlandgesellschaften geführt (RICHTER 2005), auf welcher das Projekt aufbaut. Im Rahmen der Diplomarbeit konnten phänologische Beobachtungen nur für den Zeitraum eines Jahres durchgeführt werden. Diese Datengrundlage liefert erste Erkenntnisse, ist aber unzureichend für eine sichere Aussage über das phänologische Verhalten. Daher sollen die Beobachtungen mit den bereits erprobten Methoden fortgeführt und ausgebaut werden.

Vor allem die unmittelbare Erprobung des phänologiebasierten Mahdsystems im Rahmen einer großflächigen Ausgleichsmaßnahme (Entwicklung von Bergwiesen bzw. submontanen Wiesen auf ehemaligen Ackerflächen) als Studie zum Erfolg bei unterschiedlichen Mahdterminen, verspricht, das angestrebte Pflegemodell in Zwischenschritten zu überprüfen und einen Erfolg zu fördern.

2.2. Zielsetzung

Ziel des Vorhabens war es, ein phänologisches Indikatorsystem zu entwickeln, das es ermöglicht, den optimalen Mahdzeitpunkt für Mahdgutübertragungen verschiedener Zweckorientierungen sowie für die Pflegemahd einfach zu ermitteln. Dieses System soll mit der Unterstützung der regionalen Akteure in eine praxisrelevante Form gebracht werden. Das Vorhaben richtet sich somit primär an die praktischen Landschaftspfleger, an die Autoren von Pflege- und Entwicklungsplänen bzw. FFH-Managementplänen sowie an den Landschaftsbau im weitesten Sinne. Es ist Anspruch des

Vorhabens, die angewandte Methode und deren Ergebnisse zu testen und einen allgemein gültigen Standard für die Entwicklung von phänologischen Indikatorsystemen zu schaffen.

Folgende Teilziele sollen im Projektzeitraum erreicht werden:

- (1) Aufstellung einer allgemein gültigen und übertragbaren Methode zur Ermittlung phänologischer Artengruppen
- (2) Aufstellung phänologischer Artengruppen (sub)montaner Wiesen für das Osterzgebirge unter besonderer Berücksichtigung der Fruchtphänologie
- (3) Benennung einfach anzusprechender Indikatorarten für optimale Mahdtermine (bezüglich Pflegemahd und Mahdgutübertragung)
- (4) Abschätzung des Mindestzeitraums an nötigen Beobachtungen für die Bildung zuverlässiger phänologischer Gruppen
- (5) Beurteilung von Arten mit besonders hoher phänologischer Variabilität, um diese bei der Erstellung phänologischer Artengruppen besser einordnen zu können
- (6) Evaluierung des Einflusses von Mahdterminen auf den Diasporengleichgewicht von Mahdgut



Abbildung 1: Untersuchungsfläche mit Temperaturlogger

3. Methodik und Vorgehen

Für die Untersuchungen des phänologischen Verhaltens der Pflanzenarten wurden über den gesamten Projektzeitraum Erfassungen im Freiland vorgenommen. Die verwendete Methodik ist im Kapitel 3.2 beschrieben. Für die Auswertung der synphänologischen Daten wurden verschiedene statistische Verfahren angewandt, diese sind in Kapitel 3.2.1.2 erläutert.

Untersuchungen zur beobachteten phänologischen Variabilität wurden in einem so genannten common-garden-Experiment durchgeführt. Die verwendete Methodik und die genutzten Auswertungsverfahren sind in Kapitel 3.3 dargestellt.

Der Einfluss von Mahdterminen auf den Diasporengehalt von Mahdgut wurde anhand von Mahdgutübertragungen in einem praktischen Beispiel untersucht. Diese Arbeiten umfassen die vegetationskundliche und phänologische Kartierung der Spenderflächen, ein Monitoring der Vegetation der Empfängerflächen sowie Erhebungen zum Diasporengehalt des ausgebrachten Mahdgutes im Labor. Die angewandte Methodik und benutzte Auswertungsverfahren sind in Kapitel 3.4 aufgeführt.



Abbildung 2: Untersuchungsgebiet in Sachsen

3.1.Übersichtskarte

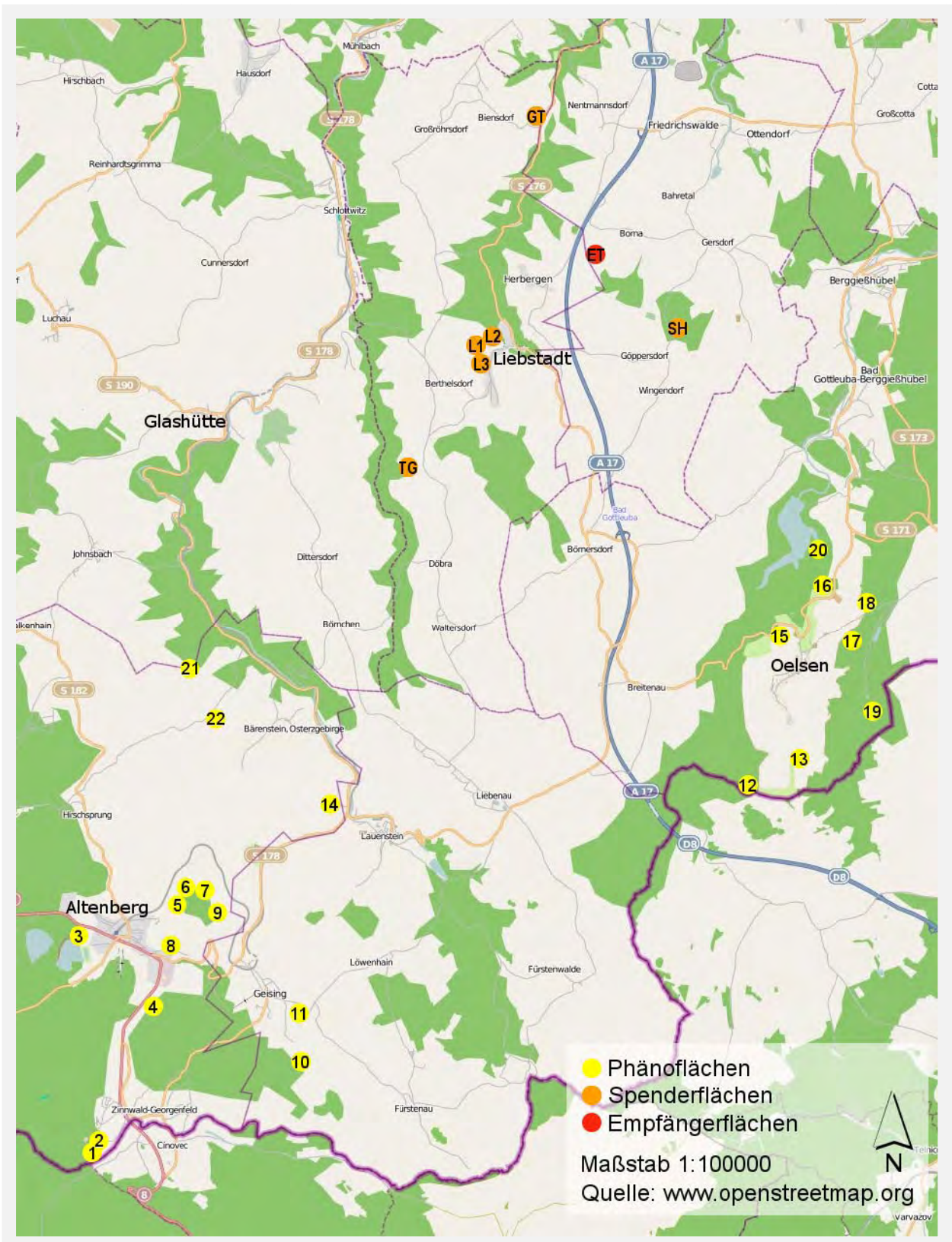


Abbildung 3: Übersichtskarte zu den Untersuchungsflächen

3.2. Erhebung der phänologisch relevanten Daten

Die Erhebungen zur Phänologie gliedern sich in drei Teilbereiche.

Zentraler Bestandteil ist natürlich die Kartierung der Phänologie ausgewählter Pflanzenarten (Kapitel 3.2.1.1).

Um die Erfassung des Reifestadiums von Früchten und Samen im Felde genauer zu überprüfen, wurden außerdem Keimtests im Labor durchgeführt (Kapitel 3.2.3).

Wesentlicher Einflussfaktor auf die Phänologie ist vermutlich die Temperatur. Um die Untersuchungsflächen diesbezüglich genauer zu differenzieren, wurde mit Hilfe von Temperaturdataloggern die Lufttemperatur auf den Untersuchungsflächen erfasst (Kapitel 3.2.2).

3.2.1. Phänologische Kartierung

3.2.1.1. Durchführung der phänologischen Kartierung

Für die Ermittlung der phänologischen Gruppen wurden mehr als 50 ausgewählte Pflanzenarten auf insgesamt 19 verschiedenen Wiesen im wöchentlichen Rhythmus kartiert (Tabelle 2, Abbildung 3).

Die untersuchten Wiesen unterscheiden sich unter anderem in Höhenlage und Exposition, so dass ein möglichst großer standörtlicher Gradient abgedeckt wird. Für die Kartierung der einzelnen Phasen des generativen Zyklus einer Pflanzenart wird ein 2004 erstellter und erprobter Schlüssel angewandt (Tabelle 1) (RICHTER & ZÖPHEL 2006). Die Blüte, der Zustand der Fruchtreife und der Ausstreu werden dabei getrennt erfasst. Kartiert wird das Stadium, das mindestens 50 % der Individuen eines Standortes aufweisen. Betrachtet werden nur Populationen mit mindestens 15 Individuen.

Tabelle 1: Verwendeter phänologischer Kartierschlüssel

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

Tabelle 2: Übersicht über die phänologischen Beobachtungsflächen

ID	Wiese	Abk.	Höhe	Exposition	Pflege	Kartierung 2004	Kartierung 2007	Kartierung 2008	Kartierung 2009
22	Bielatal bei Bärenstein	BT	460	keine	GL		x	x	x
21	unteres Schilfbachtal	SCH	460	keine	GL		x	x	x
20	Moggenswiese Oelsen	MW	475	NW	LVSH	x	x	x	x
19	Mordgrund Oelsen	MG	495	keine	LVSH	x			
18	Sommerschuhwiese Oelsen	SS	500	O	LVSH	x			
17	Höckelwiese Oelsen	HW	510	NO	LVSH	x			
16	Stockwiese Oelsen	SW	510	NW	LVSH	x	x	x	x
15	Kalkgrundwiese Oelsen	KW	525	N	LVSH	x	x	x	x
14	Steinbruchwiese Lauenstein	StB	550 - 575	S	GL		x	x	x
13	Hinteres Gründel Oelsen	HG	625	SO	LVSH	x			
12	Scheibe Oelsen	SB	625	N	LVSH	x			
11	Finnhütten	FH	640 - 660	W	FVNO		x	x	x
10	Wiese am Haus	WaH	675	NO	FVNO		x	x	x
9	Geising-Berg Baude	GB	725	NO	FVNO	x	x	x	x
8	Pinge Süd Altenberg	PS	725	S	FVNO	x	x	x	x
7	Gesing-Berg Lift	GL	750	N	FVNO	x	x	x	x
6	Gesing-Berg Klengelsteig	GK	750	SO	FVNO	x			
5	Geising-Berg Süd	GS	755	S	FVNO	x	x	x	x
4	Sanatorium Altenberg	SA	775	O		x	x	x	x
3	Galgenteich Altenberg	GT	780	NNO	FVNO	x	x	x	x
2	Lugstein Zinnwald	LU	850	O		x			
1	Hochmoor Zinnwald	HO	875	keine	FVNO	x	x	x	x

3.2.1.2. Auswertung der phänologischen Daten

Die Auswertung der erhobenen Daten ist sehr komplex. Für verschiedene Fragestellungen wurde daher auf unterschiedliche Methoden zurückgegriffen.

Für die Ausweisung von phänologischen Gruppen wurde eine Clusteranalyse nach der Ward-Methode verwendet. Als Grundlage für die Clusterung wurden zwei verschiedene Matrizen verwendet. Dies ist zum einen eine Ähnlichkeitsmatrix, welche auf dem Soerensen-Index basiert. Diese beschreibt, wie stark zwei Arten hinsichtlich ihrer Phänologie zeitlich überlappen. Ein Artenpaar, welches nie zur selben Zeit im gleichen phänologischen Stadium ist, hat einen Soerensen-Wert von Null, während einem Artenpaar mit völliger Übereinstimmung der Soerensen-Wert Eins zugeordnet wird. Um aber auch beschreiben zu können, wie weit zwei Arten zeitlich auseinander liegen, wurde noch eine weitere Matrix errechnet, welche den Abstand zweier Arten in Kalenderwochen wiedergibt. Also zum Beispiel wie viele Wochen zwischen dem Blühende der einen Art und dem Blühbeginn der anderen Art liegen. Die Distanzmatrix enthält damit nicht nur den zeitlich Abstand, sondern auch die Informationen über die Reihenfolge der Arten. Beide Matrixtypen wurden für jede Wiese und jedes Jahr errechnet und für die weitere Verarbeitung der Mittelwert für jedes Artpaar ermittelt, so dass am Ende je eine Matrix mit den mittleren Soerensen-Werten und den mittleren Abstandswerten vorliegt. Diese beiden Matrizen wurden dann für eine Clusteranalyse nach der Ward-Methode auf der Basis euklidischer Abstände genutzt. Um die erhaltenen Gruppen aus der


Clusteranalyse zu überprüfen, wurden Boxplots anhand der Originalwerte sowohl für die Soerensen-Werte als auch für die Abstandswerte für die Elemente innerhalb einer Gruppe und für die Beziehungen aller Gruppenelemente zur Restmenge geplottet. Bei den Soerensen-Werten sollten sich dann deutlich höhere Werte innerhalb der Gruppe als in der Beziehung zwischen den Gruppenelementen zum Rest darstellen. Bei den Abstandswerten sollte sich für gut differenzierte Gruppen ein entgegengesetztes Bild ergeben. Die Ausweisung von phänologischen Gruppen geschah getrennt anhand 3 phänologischer Phasen:

- der Blühphänologie, von Blühbeginn (B3) bis Ende der Vollblüte (B7)
- der Fruchtphänologie, von Beginn Fruchtreife (F2) bis Vollreife (F5)
- der Ausstreuphänologie, von Beginn Ausstreu (A2) bis Ende Ausstreu (A6)

Um die Stabilität der so ermittelten Gruppen zu überprüfen, wurden außerdem die Schwankungsbreite (als Differenz zwischen beobachteten Maximum und Minimum) der errechneten Soerensen- und Abstands-Werte für die jeweiligen Artenpaare errechnet und in Form von Histogrammen dargestellt.

Da bei vielen der beobachteten phänologischen Parameter eine große Schwankungsbreite oder Varianz zu beobachten ist, wurde versucht, den Einfluss des Standortes (also der Wiese) und der Witterung (also des Jahres) zu vergleichen. Dafür wurde für einen phänologischen Parameter zum einen der Schwankungsbereich innerhalb eines Jahres (also zwischen den Wiesen) und zum anderen innerhalb einer Wiese (also zwischen den Jahren) errechnet. Die maximalen beobachteten Schwankungsbreiten wurden dann für jede Art und jeden phänologischen Parameter verglichen. Wobei die beobachteten Unterschiede größer als eine Kalenderwoche sein müssen, um als Unterschied gewertet zu werden. Die Ergebnisse werden dann anhand von Balkendiagrammen dargestellt, wo zu sehen ist, bei wie vielen Arten welcher Einfluss (Standort vs. Witterung) größer ist bzw. bei wie vielen Arten beide Einflussfaktoren gleich sind. Diese Analyse wurde für die Stadien Beginn Blüte (B3), Beginn der Vollblüte (B6_A), Ende der Vollblüte (B7), Beginn Fruchtreife (F2), Vollreife (F5), Beginn Ausstreu (A2) und Ende der Ausstreu (A6) durchgeführt.

Zusätzlich wurde zu den erhobenen phänologischen Stadien auch die Dauer zwischen ausgewählten Stadien und deren Schwankungsbreite (als Differenz zwischen beobachteten Maximum und Minimum) errechnet und in Form von Histogrammen dargestellt.

Alle geschilderten Analysen wurden in dem Programm  (Version 2.10.1.) durchgeführt. Die notwendigen Scripts können auf Nachfrage eingesehen werden.

3.2.2. Temperaturmessung

Einer der wichtigsten Einflussfaktoren auf die Phänologie ist die Temperatur, die parallel zu den Kartierungen durch Datalogger im halbstündigen Takt erfasst wurde, um bestimmte phänologische Verhaltensmuster erkennen und im Modell berücksichtigen zu können.

Für die Temperaturmessung wurde in den Jahren 2004, 2007, 2008 der Datalogger Tinytag Talk 2 / TK-4014 der Firma Gemini Data Loggers verwendet. Im Jahre 2009 wurde dann der Datalogger MicroLite der Firma Fourier Systems Ltd. benutzt. Die Datalogger wurden so weit wie möglich in der Mitte der Wiese aufgestellt und so platziert, dass sie die Lufttemperatur knapp über der Vegetation gemessen haben.

3.2.3. Reifetests

Zur Kontrolle der im Feld kartierten Reife und der Quantifizierung der vorhandenen Diasporen wurden bei kritischen Arten Reifetests durchgeführt.

Für die Überprüfung des Reifezustandes wurden komplette Fruchtstände einer Art von mindestens 10 Individuen pro Population aus meist 3 verschiedenen Populationen gesammelt. Diese Fruchtstände wurden einzeln in Papiertüten verpackt und eine Woche trocken und bei Zimmertemperatur gelagert, um die Nachreife während des Heumachens zu simulieren.

Um die während des Heumachens auf das Mahdgut wirkenden Kräfte grob zu simulieren, wurden die Papiertüten danach geschüttelt. Damit dieser Vorgang möglichst konstant und vergleichbar ist, wurde ein speziell dafür konstruierter Apparat eingesetzt. Anschließend wurden die Diasporen gezählt, wobei die Diasporen entsprechend folgender Parameter eingeordnet wurden:

- Haftzustand am Fruchtstand (ausgefallen vs. haftend),
- Reifezustand nach optischer Beurteilung (reif vs. unreif)
- Entwicklungszustand (taub vs. parasitiert vs. intakt)

Anschließend wurden die Samen mit Hilfe klassischer Keimtest versucht zur Keimung zu bringen. Die Bedingungen für die Keimtests waren folgende:

- Ansatz von 25 Diasporen mit dreifacher Wiederholung
- Ansatz in Petrischalen auf feuchtem Filterpapier
- Inkubation im Keimschrank bei Wechseltemperatur 20°C (10 h bei Beleuchtung) und 8°C (14 h ohne Beleuchtung)
- wöchentliche Kontrolle

Eine Übersicht über die so untersuchten Arten bietet Tabelle 3.

Tabelle 3: Übersicht über die bezüglich des Reifezustands untersuchte Arten

Art	besamelte Wiesen	Sammeljahr
<i>Agrostis capillaris</i>	Geising Baude, Hochmoor, Kalkgrundwiese	2007
<i>Astrantia major</i>	Kalkgrundwiese, Scheibe, Stockwiese	2004
<i>Betonica officinalis</i>	Höckelwiese, Moggenswiese, Stockwiese	2004
<i>Bistorta officinalis</i>	Mordgrundwiese, Scheibe, Vergrabungsfläche	2004
<i>Carex pallescens</i>	Moggenswiese, Scheibe, Stockwiese,	2004
<i>Centaurea pseudophrygia</i>	Finnhütte, Geising Lift, Kalkgrundwiese, Steinbruch, Stockwiese	2008
<i>Cirsium heterophyllum</i>	Finnhütte, Sanatorium, Stockwiese	2007
<i>Galium boreale</i>	Moggenswiese, Stockwiese	2007
<i>Galium pumilum</i>	Finnhütte, Stockwiese	2007
<i>Galium saxatile</i>	Galgenteich, Sanatorium	2007
<i>Helianthemum nummularium</i>	Hinteres Gründel, Stockwiese	2004
<i>Hypericum perforatum</i>	Kalkgrundwiese	2008
<i>Leucanthemum ircutianum</i>	Galgenteich, Steinbruch, Stockwiese	2008
<i>Meum athamanticum</i>	Finnhütte, Geising Süd, Moggenswiese	2008
<i>Nardus stricta</i>	Hinteres Gründel, Scheibe, Stockwiese	2004
<i>Sanguisorba officinalis</i>	Moggenswiese, Stockwiese	2008
<i>Trifolium medium</i>	Geising Lift, Moggenswiese, Stockwiese	2007
<i>Trisetum flavescens</i>	Geising Baude, Schilfbachtal, Steinbruch	2007

3.3. Common garden Experiment

Eines der größten Probleme der phänologischen Kartierung und der Erstellung eines Indikatorsystems ist die hohe Variabilität der Phänologie einiger Arten innerhalb einer Wiesenpopulation. Für einige dieser Arten wurde in einem Pflanzversuch geprüft, wie sich die Variabilität unter gleichen Standortbedingungen verhält. Um besser entscheiden zu können, wie diese Arten in dem Indikatormodell beachtet werden müssen, wurde untersucht, ob die beobachtete Varianz den heterogenen Standortbedingungen in der Natur oder arttypischem Verhalten zuzuordnen ist. Diese Versuche wurden als zusätzliche Pflanzversuche im Jahre 2009 im Botanischen Garten der TU Dresden durchgeführt.

Dieser Versuch konnte auf Grund der Platzverhältnisse im Botanischen Garten leider nur recht eingeschränkt und nur für 1 Jahr erfolgen. Als Untersuchungsobjekte wurden die Rhizomstauden *Bistorta officinalis* und *Sanguisorba officinalis* ausgewählt, da diese bei den phänologischen Kartierungen im Felde als phänologisch sehr variabel wahrgenommen wurden. Für den Versuch wurden im Frühjahr 2009 Rhizomstücke etwa gleicher Länge auf verschiedenen Wiesen ausgegraben und in großen Pflanztöpfen (Durchmesser 22 cm) unter möglichst homogenen Bedingungen im Botanischen Garten der TU Dresden kultiviert.

Sowohl im Botanischen Garten als auch in den Ursprungspopulationen im Osterzgebirge wurden dann markierte Einzelindividuen im wöchentlichen Rhythmus nach dem oben angegebenen phänologischen Schlüssel kartiert. Für die Kartierung im Freiland wurden dazu Individuen entlang eines Transektes über die Wiese individuell markiert. Zwischen diesen markierten Pflanzen befand sich ein Mindestabstand von 2 Schritten.

Tabelle 4: Übersicht über die Pflanzen des common-garden-Experiments

Art	Wiese	Teilbereich	Label	Anzahl an Individuen
<i>Bistorta officinalis</i>	Oelsen S1		H	27
<i>Bistorta officinalis</i>	Finnhütte		I	29
<i>Bistorta officinalis</i>	Geising Süd	unten	K	15
<i>Bistorta officinalis</i>	Geising Süd	mittig	L	14
<i>Sanguisorba officinalis</i>	Stockwiese	oben	A	16
<i>Sanguisorba officinalis</i>	Stockwiese	mittig	B	17
<i>Sanguisorba officinalis</i>	Moggenswiese	oben	C	15
<i>Sanguisorba officinalis</i>	Moggenswiese	mittig	D	15
<i>Sanguisorba officinalis</i>	Oelsen S2	oben	F	15
<i>Sanguisorba officinalis</i>	Oelsen S2	unten	G	15

Mit den erhobenen Daten konnten verschiedene Vergleiche angestellt werden:

- Vergleich des phänologischen Verhaltens von Individuen unterschiedlicher Herkunft unter homogenen Bedingungen. Dieser Vergleich kann Hinweise auf die Ausbildung von phänologischen Ökotypen geben. Die Gegenüberstellung fand zum einen anhand der relativen Häufigkeit von phänologischen Stadien und zum anderen anhand des kalendarischen Beginns von phänologischen Stadien statt.
- Vergleich des phänologischen Verhaltens zwischen Individuen im Freiland und im Botanischen Garten. Diese Gegenüberstellung fand anhand der Anzahl der zur selben Zeit (Kalenderwoche) erfassten unterschiedlichen phänologischen Stadien statt. Diese Anzahl dient als Maßzahl für die Variabilität in einer Population. Sie sinkt mit sinkender Variabilität und umgekehrt.

3.4. Mahdgutübertragungen

3.4.1. Einleitung

Die Bedeutung des Mahdtermins für den Diasporengehalt des Mahdguts wurde anhand von Mahdgutübertragungen untersucht. Die dazu nötigen Erhebungen und Maßnahmen wurden kostenneutral parallel zu den oben beschriebenen Untersuchungen durchgeführt.

Bei dem einbezogenen Renaturierungsvorhaben der DEGES GmbH handelt es sich um Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen im Zuge des Autobahnbaus von Dresden nach Prag (A17). Dabei sollen auf einer Fläche von ca. 25 ha Grünlandbestände durch die Übertragung von Mahdgut mehrerer artenreicher Wiesen (insgesamt 30 Spenderflächen) etabliert werden. Die verschiedenen Spenderflächen werden in unterschiedlichen phänologischen Phasen gemäht, um mit dem Mahdgut spezielle Artenkombinationen besonders effizient abzuschöpfen. Ziel der Maßnahme ist sowohl ein rascher Begrünungserfolg (Bestandschluss) als auch die Ansiedlung typischer montaner Grünlandarten geeigneter Vegetationseinheiten.

Die hier dargestellten Untersuchungen wurden im Rahmen eines Vorversuches für die DEGES GmbH durchgeführt. In diesem Rahmen konnten Mahdgutübertragungen gewährleistet werden, wie sie für eine Vergleichsstudie nötig sind (Mähgutaufbringung spenderflächengetreu und abgegrenzt, Ausrichtung an durch das Modell vorgegebenen Terminen). Daher bot sich die Möglichkeit, zu untersuchen, welche qualitativen und quantitativen Unterschiede sich aus verschiedenen Mahdterminen für die Etablierung artenreichen Grünlandes ergeben.

3.4.2. Spenderflächen

Für die versuchsweisen Mahdgutübertragungen wurden 6 Spenderflächen ausgewählt, deren Mahdgut der Begrünung von jeweils 6 mal 1000 m² ehemaligen Ackers am Ehrlichteich dienen sollte. Die Lage der Flächen ist der Abbildung 3 zu entnehmen.

Tabelle 5: Übersicht über die Spenderflächen für die Mahdgutübertragungen

Abk.	Spenderfläche	Gemarkung	Größe	Mahdtermin	Auftragsfläche	Auftragsverhältnis
L3	Hangwiese SW Liebstadt 149	Liebstadt	0,87 ha	26. KW	1	1:3
TG	Streuobstwiese Trebnitzgrund	Berthelsdorf	5,48 ha	26. KW	2	1:3
L2	FND Liebstädter Wiese 218	Liebstadt	0,5 ha	28. KW	3	1:2
L1	FND Liebstädter Wiese 267/091	Liebstadt	0,9 ha	28. KW	4	1:2
GT	Grüttner Hang	Liebstadt	0,98 ha	31. KW	5	1:3
SCH	Schärfling	Bahretal	1,17 ha	31. KW	6	1:3

Bei der floristischen, phänologischen Kartierung der Spenderfläche wurden sowohl die Pflanzenarten als auch deren Abundanz und Samenangebot erfasst. Die Erfassung des Samenangebots erfolgte mit

Hilfe des phänologischen Kartierschlüssels. Die Abundanz der Pflanzenarten wurde anhand eines semiquantitativen Schlüssels erfasst.

Tabelle 6: Verwendeter semiquantitativer Schlüssel zur Erfassung der Abundanz

Klasse	A	B	C	D	E	F
Anzahl Blütenstände	bis 10	11 – 50	51 – 100	101 – 500	501 – 1000	über 1000

3.4.3. Empfängerflächen

Als Auftragsfläche wurde ein Acker ausgewählt, der vorher mit Getreide bestellt war. Das Getreide wurde gemäht und die Fläche ca. 2 Wochen vor der ersten Mahdgutübertragung durch die Forstbaumschule „Fürst Pückler“ gescheibt.

Für das Monitoring wurde die Spenderfläche in 6 gleich große Teilbereiche von je 1000 m² unterteilt (Blockversuchsanlage), auf welche das Mahdgut spenderflächengetreu aufgebracht wurde.

Die Mahdgutübertragung erfolgte durch die Beschäftigungsgesellschaft Pirna e.V. Durch die Gesellschaft wurden die Flächen per Scheibenmäher gemäht, das Mahdgut per Maschine geschwadet und mit einem Heuladewagen aufgenommen und zur Auftragsfläche transportiert. Das Abladen dort erfolgte ebenfalls mit dem Ladewagen, wobei die Verteilung mit einem großen Heuwender vollzogen wurde.

Die 6 Spenderflächen sollten durch die Beschäftigungsgesellschaft Pirna e.V. zu drei verschiedenen Terminen und in verschiedenen Auftragsverhältnissen (siehe Tabelle 5) gemäht werden. Um die potentiell mögliche Artenanzahl, welche durch die Mahdgutübertragung transportiert werden kann, zu bestimmen, sollte der konkrete Mahdtermin durch die Beschäftigungsgesellschaft mit dem Institut für Botanik abgestimmt werden. Auf diesem Wege sollte eine floristische, phänologische Erfassung unmittelbar (etwa einen Tag) vor der Mahd ermöglicht werden.

Die Pflege der Auftragsflächen bestand von 2007 bis 2009 in einer jährlichen Mahd inklusive Beräumung des Mahdguts. Aufgrund der sehr starken Entwicklung der Ackerunkräuter auf den Auftragsflächen wurden diese im Oktober 2007 per Hand gemäht und beräumt, um so einer zu dichten Bedeckung der Keimlinge und möglichen Fäulnisprozessen nach dem Absterben der Vegetation im Winter vorzubeugen. In den Jahren 2008 und 2009 wurden die Flächen in der zweiten Junihälfte ebenfalls mit der Hand gemäht und beräumt.

Für die Kontrolle des Übertragungserfolgs wurden zum einen pro Auftragsfläche 6 Dauerbeobachtungsflächen mit einer Größe von 4 x 4 m durch Magneten vermarktet. Diese Dauerbeobachtungsflächen dienen der jährlichen Erfassung der Vegetation im Sommer unter Verwendung der LONDO-Skala (vgl. DIERSCHKE 1994).

Ein weiterer Baustein des Monitorings ist das qualitative Erfassen aller Pflanzenarten auf den verschiedenen Auftragsflächen im September 2007.

Zusätzlich zur floristischen und pflanzensoziologischen Kartierung wurde die Vegetationsstruktur fotografisch erfasst und dokumentiert. Für die fotografische Erfassung der Vegetationsstruktur wird eine schwarze Leinwand mit den Maßen 1,0 m x 1,80 m genutzt. Fotografiert wird ein 30 cm breiter Vegetationsstreifen vor der senkrecht stehenden Leinwand. Wobei sich der Fotoapparat stets mittig vor der Leinwand in einem Abstand von 1,50 m befindet.

Die digitalen Fotografien werden mit dem Programm Photoshop auf die Rahmengröße der Leinwand ausgeschnitten, entzerrt, in Schwarz-Weiß-Bilder umgewandelt und hinsichtlich Schärfe und Kontrast nachbearbeitet. Das resultierende Bild wird dann mit dem Programm Sidelook (Version 1.1.01) hinsichtlich horizontaler und vertikaler Struktur ausgewertet (siehe ZEHM et al 2003).

Als zusätzliche Kontrollmaßnahme zu den Mahdgutübertragungen wurden mit Hilfe ausgelegter Planen auf dem Ackerboden der Auftragsfläche Proben aus dem Mahdgut genommen. Die darin enthaltenen Diasporen durch intensive Schütteln extrahiert und in Pflanzschalen im Gewächshaus des Instituts für Botanik zum Auflaufen gebracht. Die Pflanzschalen wurden bis Frühjahr 2009 im Gewächshaus betreut. Die keimenden Pflanzen wurden regelmäßig qualitativ und quantitativ erfasst und anschließend entfernt, um Selektion durch Konkurrenz zu vermeiden.

Die von den Planen für die Mahdgutprobennahme belegten Flächen dienen zum anderen als Kontrollflächen, da dort keine Diasporen per Mahdgut eingebracht wurden.

3.4.4. Auswertung der Monitoringdaten zu den Mahdgutübertragungen

Die Auswertung der im Rahmen des Monitorings erhobenen Vegetationsaufnahmen wurde auf unterschiedliche Weise vorgenommen:

- anhand von ökologischen Artinformationen, wie ELLENBERG Zeigerwerte, Nutzwertzahlen, CSR-Strategietypen nach GRIME, der Einordnung der Arten in funktionelle Gruppen. Quantitative Werte wurden dann zur Berechnung gewichteter Mittelwerte genutzt, während kategoriale Werte für eine Berechnung des Anteils der jeweiligen Kategorie an der Gesamtdeckung verwendet wurden. (ELLENBERG et al. 2003, DIERSCHKE & BRIEMLE 2008, KLOTZ et al. 2002)
- anhand von spezifischen Kennwerten der Vegetationsaufnahme wie Artenzahl, Gesamtdeckung, Shannon-Index, Evenness-Index.
- anhand von Ähnlichkeiten zwischen Vegetationsaufnahmen basierend auf dem Soerensen-Index

Die Auswertung der erfassten Daten zur Vegetationsstruktur fand als erstes mit dem Programm Sidelook statt. Die damit erhobenen Parameter sind sehr stark korreliert und autokorreliert. Deshalb fand vor der weiteren Verwendung eine Auswahl an aussagekräftigen Parametern statt. Hier dargestellt sind 3 Strukturmerkmale:

- Vegetationshöhe, welche aber nicht als absolute Vegetationshöhe verwendet wird, sondern als Verhältnis der Vegetationshöhe unter der sich 50 % der Phytomasse befinden zur Gesamtvegetationshöhe.
- Phytomasse als einheitenloser Parameter der anhand des Verhältnisses schwarzer Pixel zu weißen Pixeln im Strukturfoto geschätzt wird.
- Fraktale Dimension, welche als Kennwert des Strukturfotos eine Maßzahl für den Strukturreichtum liefert. Die „fraktale Dimension“ vergleicht das Verhältnis von Linien zu Flächen eines Bildes unabhängig der Größe des betrachteten Objektes. Für die Ermittlung der fraktalen Dimension wurde die so genannte Box-counting-Methode verwendet. Die fraktale Dimension kann zwischen den Werten eins und zwei schwanken, wobei mit zunehmenden Wert die Heterogenität des Vegetationsbestandes steigt. (siehe z.B. Zehm et al 2003)

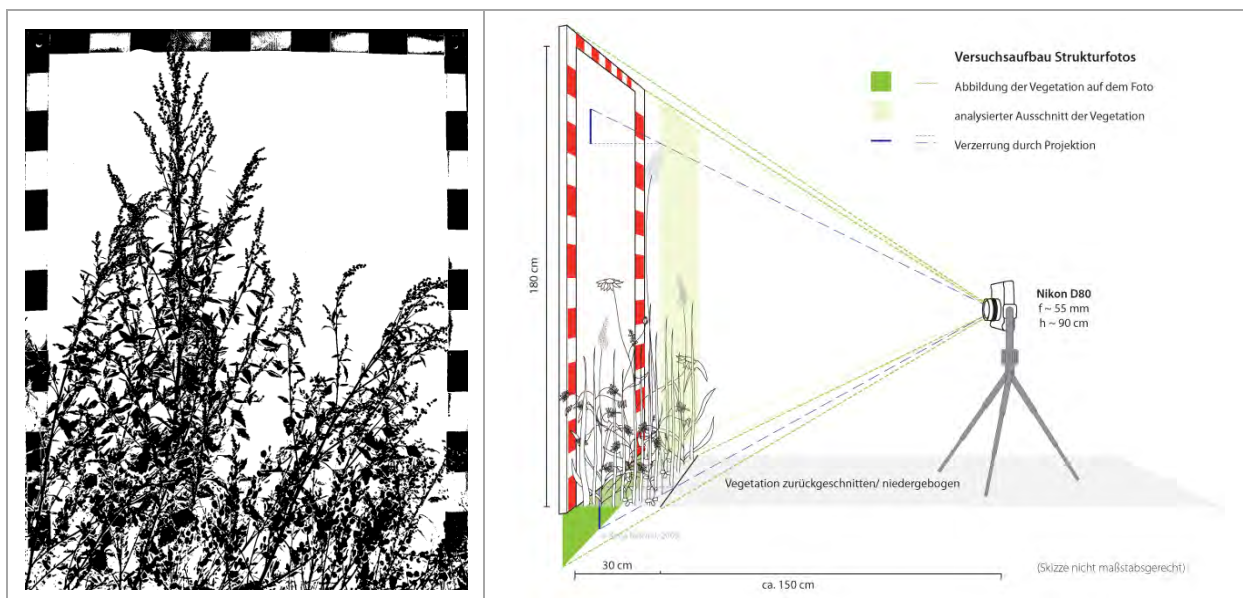


Abbildung 4: Schematische Darstellung zur Erstellung der Strukturfotos

4. Ergebnisse

4.1. Phänologische Kartierung

Es wurden 2197 Datensätze zu 77 Arten von insgesamt 22 Wiesen in insgesamt 4 Jahren erhoben. Eine Übersicht über die erhobenen Daten und artspezifische phänologische Werte befindet sich im Anhang.

Nachfolgend werden die wichtigsten Ergebnisse der phänologischen Kartierung anhand einzelner, ausgewählter Grafiken verdeutlicht. Alle erstellten Diagramme sind in großformatiger Auflösung im Anhang zu finden.

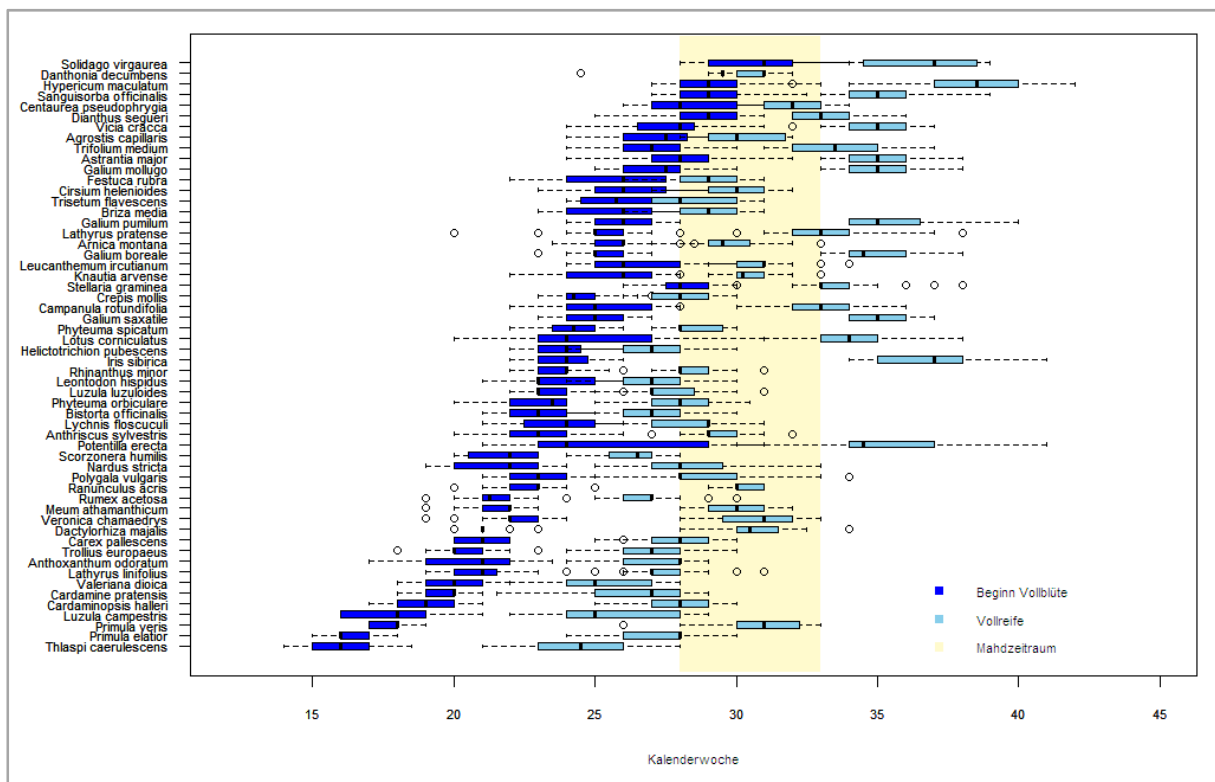


Abbildung 5: Blüh- und Fruchtfolge der kartierten Arten

In Abbildung 5 sind die Arten entsprechend ihrem Blühbeginn auf der y-Achse angeordnet. Die horizontalen Boxplots geben den Beginn der Vollblüte (dunkelblau) bzw. den Beginn der Vollreife (hellblau) wieder. Die Spanne des Boxplots verdeutlicht, welche Abweichungen bei diesen Terminen zu beobachten sind, wobei sich diese Abweichungen aus den Schwankungen zwischen den verschiedenen Wiesen und zwischen den verschiedenen Jahren zusammensetzen. Das Diagramm verdeutlicht außerdem, dass die Fruchtduern für die verschiedenen Arten sehr unterschiedlich sein können und die Abfolge der Fruchtreife keinesfalls der der Blühabfolge entsprechen muss.

Gelb hinterlegt ist der Zeitraum, in dem Bergwiesen entsprechend dem aktuellen Naturschutzförderprogramm in Sachsen gemäht werden sollen. Das entspricht dem Zeitraum von 6 Wochen ab dem 15. Juli wie es in der Maßnahme G3b (Förderprogramm AUW) vorgesehen ist.

Je nachdem wann in diesem Zeitraum gemäht wird, kann man mit Hilfe einer Linie durch das Diagramm nachvollziehen, welche Arten bis zur Blüte und Fruchtreife gelangen konnten oder nicht. Arten, deren Boxplot vor der "Mahdlinie" liegt, haben das jeweilige phänologische Stadium noch vor der Mahd erreicht. Während Arten, deren Boxplot hinter der "Mahdlinie" liegt, es nicht mehr erreichen konnten. Arten, deren Boxplot von der Mahdlinie geschnitten wird, können bei diesem Mahdtermin das entsprechende Stadium (Beginn Vollblüte für dunkelblaue Boxplots, Beginn Vollreife für hellblaue Boxplots) nur auf einzelnen Wiese und / oder in einzelnen Jahre erreichen.

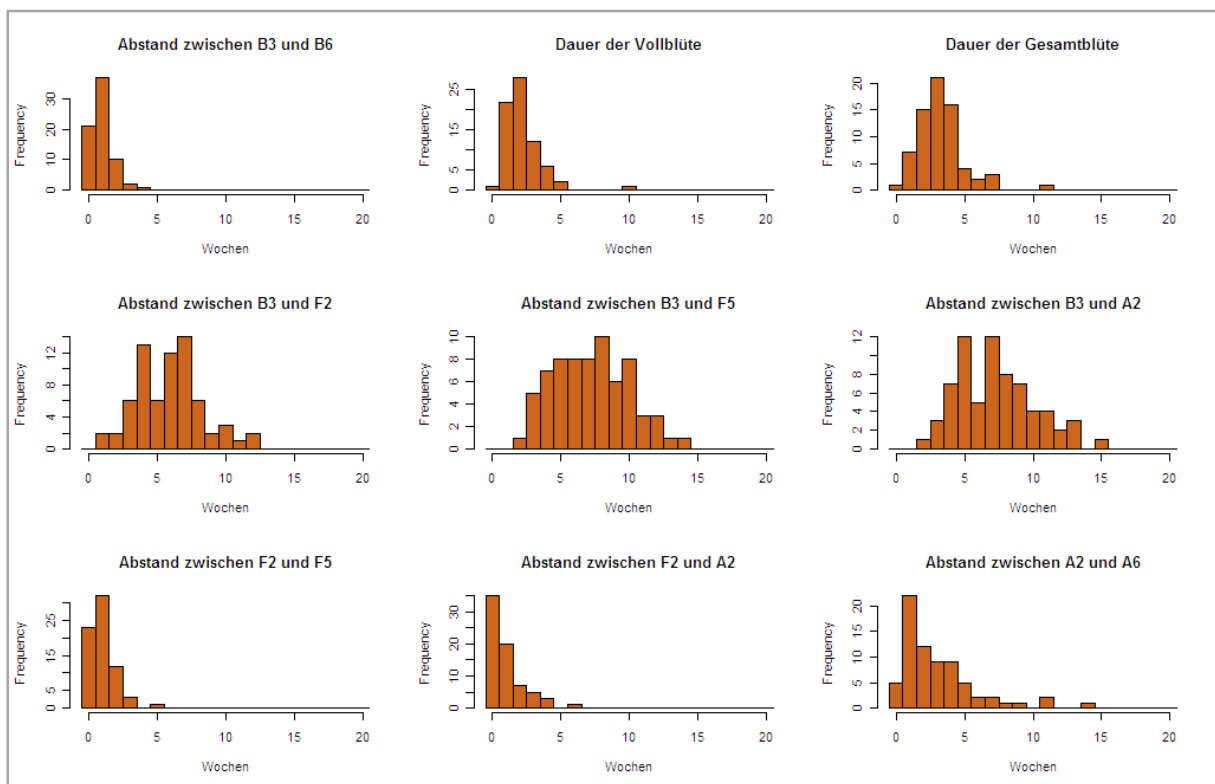


Abbildung 6: Histogramme für die Häufigkeitsverteilung von verschiedenen Dauern bei ausgewählten phänologischen Abständen

In Abbildung 6 ist anhand von Histogrammen dargestellt, welche Abstände zwischen verschiedenen phänologischen Terminen vorkommen und wie viele Arten ähnlich viel Zeit benötigen (bzw. in einer Klasse sind). Für die hier dargestellten Histogramme wurden die Mittelwerte der Arten verwendet. Zum Beispiel sieht man am oberen linken Diagramm wie viel Zeit zwischen dem Beginn der Blüte und dem Beginn der Vollblüte vergeht. Anhand der x-Achse sieht man, dass der Bereich von 0 Wochen bis 5 Wochen schwanken kann und dass die Mehrheit der Arten, nämlich über 30 Arten, durchschnittlich eine Woche für die Entwicklung von Beginn Blüte bis Beginn Vollblüte benötigt.

Insbesondere das linke Histogramm in der zweiten Reihe ist besonders interessant, denn es zeigt den Abstand von Beginn Blüte bis Beginn Fruchtreife an. Das ist also die Zeit, die eine Art benötigt, um wenigstens einige erste reife Früchte bzw. Samen zu produzieren. Wie im Diagramm ersichtlich, gibt es Arten, die dafür bis zu 12 Wochen benötigen können. Die Mehrheit der Arten benötigt bis zu 7 Wochen. So viel Zeit sollte man also den Arten bzw. der Vegetation geben um die generative Vermehrung der meisten Wiesenpflanzen zu ermöglichen.

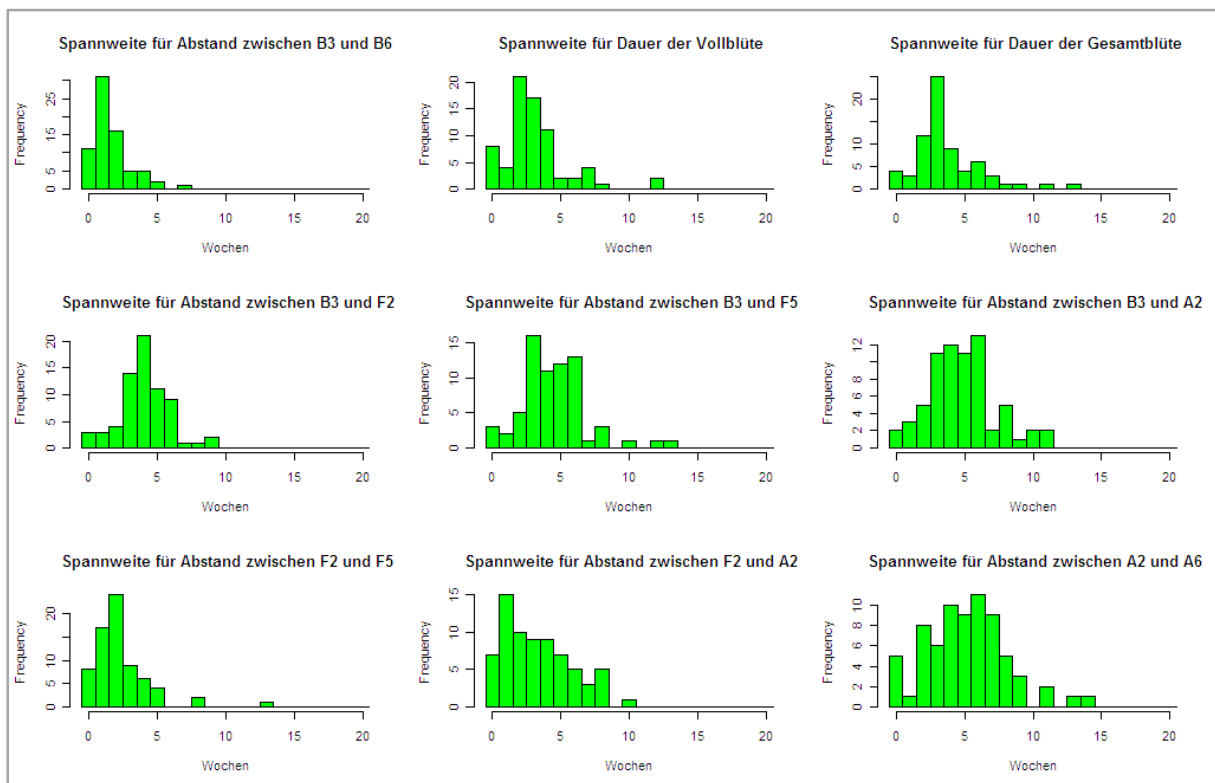


Abbildung 7: Histogramme zur Häufigkeitsverteilung der Spannweite von bestimmten phänologischen Abständen

Die Abbildung 7 baut auf das vorhergehende Diagramm auf. Hier sind die Schwankungsbreiten der im vorhergehenden Diagramm abgebildeten phänologischen Abstände abgebildet. Die Schwankungsbreite wurde als Abstand zwischen dem beobachteten Maximum und Minimum von einer Art ermittelt. Im linken oberen Histogramm sieht man also, dass bei einer Art der Abstand zwischen Beginn Blüte und Beginn Vollblüte um bis zu 7 Wochen differieren kann. Bei der Mehrzahl der Arten differiert der Abstand aber nur um 1 bis manchmal 2 Wochen. Das Diagramm verdeutlicht wie stark die verschiedenen Abstände zwischen phänologischen Ereignissen für eine Art schwanken können.

Für die Abbildung 8 wurde wie im Kapitel 3.2.1.2 beschrieben untersucht, ob für eine Art die Schwankungen zwischen den Standorten oder zwischen Jahren mit unterschiedlicher Witterung größer sind. Für jedes ausgewählte phänologische Stadium gibt es einen Balken, in dem die Höhe der verschiedenen Farbbereiche demonstriert bei wie vielen Arten die Witterung, der Standort oder eben doch die Kombination von beiden die größten Schwankungen verursacht. Am stärksten von der

Witterung beeinflusst sind vor allem die Gräser, während große Unterschiede zwischen den Wiesen vor allen bei Kräutern wie zum Beispiel *Solidago virgaurea* auftreten.

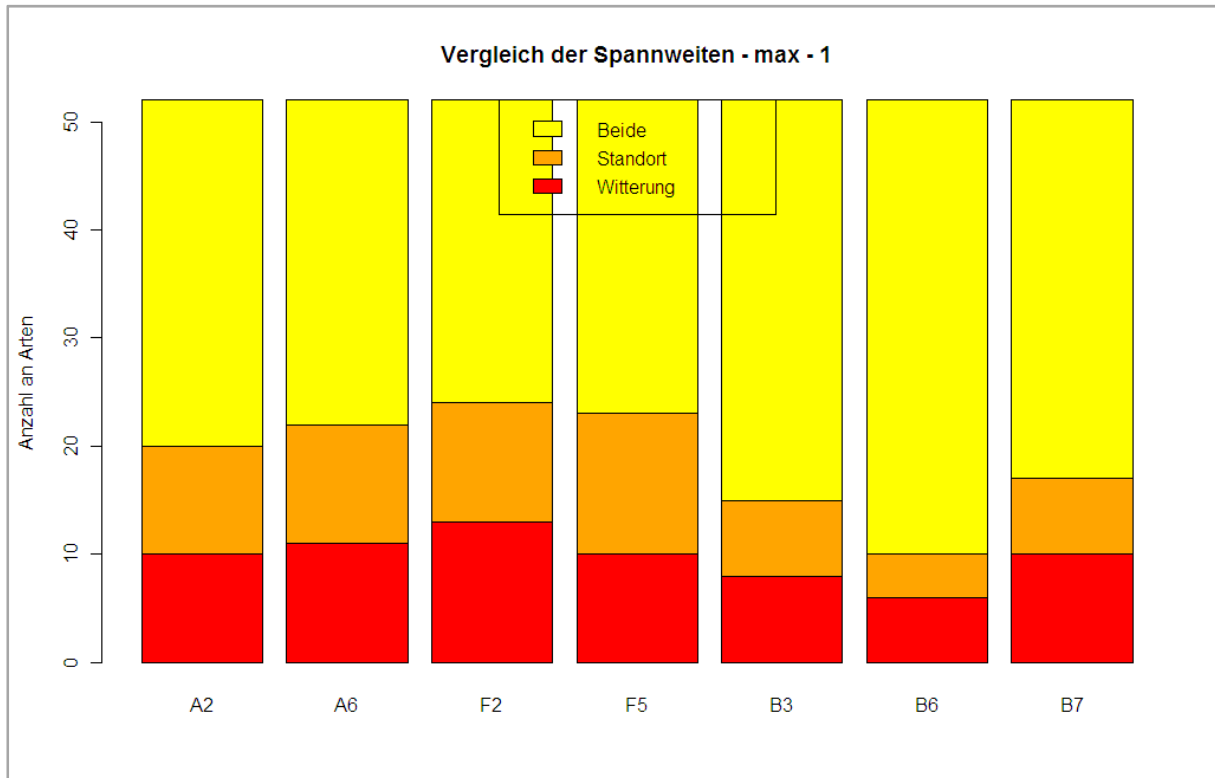


Abbildung 8: Ursachen für die beobachteten Schwankungen

Im nachfolgenden Dendrogramm (Abbildung 9) sieht man das Ergebnis der Clusteranalyse (siehe Kapitel 3.2.1.2) unter Verwendung der Soerensen- und Distanzmatrix für die Blühphänologie der Arten. Rot umrandet sind die abgegrenzten Artengruppen.

Die anschließende Abbildung 10 stellt die, wie in Kapitel 3.2.1.2 beschriebene, Überprüfung der Gruppenbildung anhand der original Soerensen- und Distanzwerte dar. Die Mehrzahl der Gruppen besitzt deutlich höhere Soerensen-Werte für die Beziehung der Arten innerhalb einer Gruppen (rote Boxplots) als für die Beziehungen der Arten einer Gruppe zum restlichen Artenspektrum (graue Boxplots).

Bei den Distanzwerten ist ersichtlich, dass innerhalb einer Gruppe der Abstand zwischen den Arten meistens Null beträgt. Der Boxplot für diese Werte ist daher nur als dicker Strich auf dem Nullmeridian abgebildet. Die Abstände zwischen den Arten einer Gruppe zu allen anderen Arten können zwar auch Null betragen, erreichen aber auch deutlich höhere Werte. Dies kann man an den grauen Boxplots erkennen, welche zwar auch auf dem Nullmeridian aufsitzen aber mit den oberen Quartilabständen auch deutlich höhere Werte erreichen. Dies bedeutet, dass die zeitliche Auflösung dieser phänologischen Gruppen weniger deutlich ist. Die stärkste zeitliche Differenzierung tritt bei den Gruppen 6 und 9 auf.

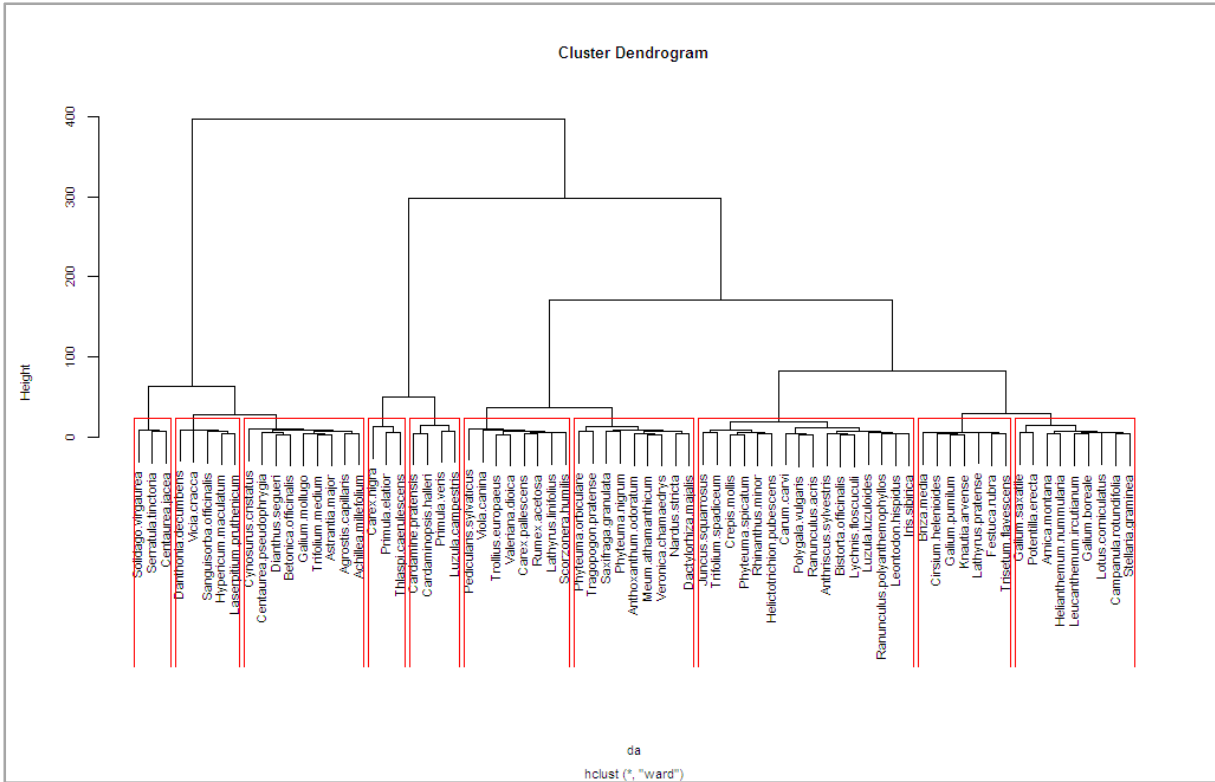


Abbildung 9: Clusterdendrogramm zur Bildung von Blühgruppen

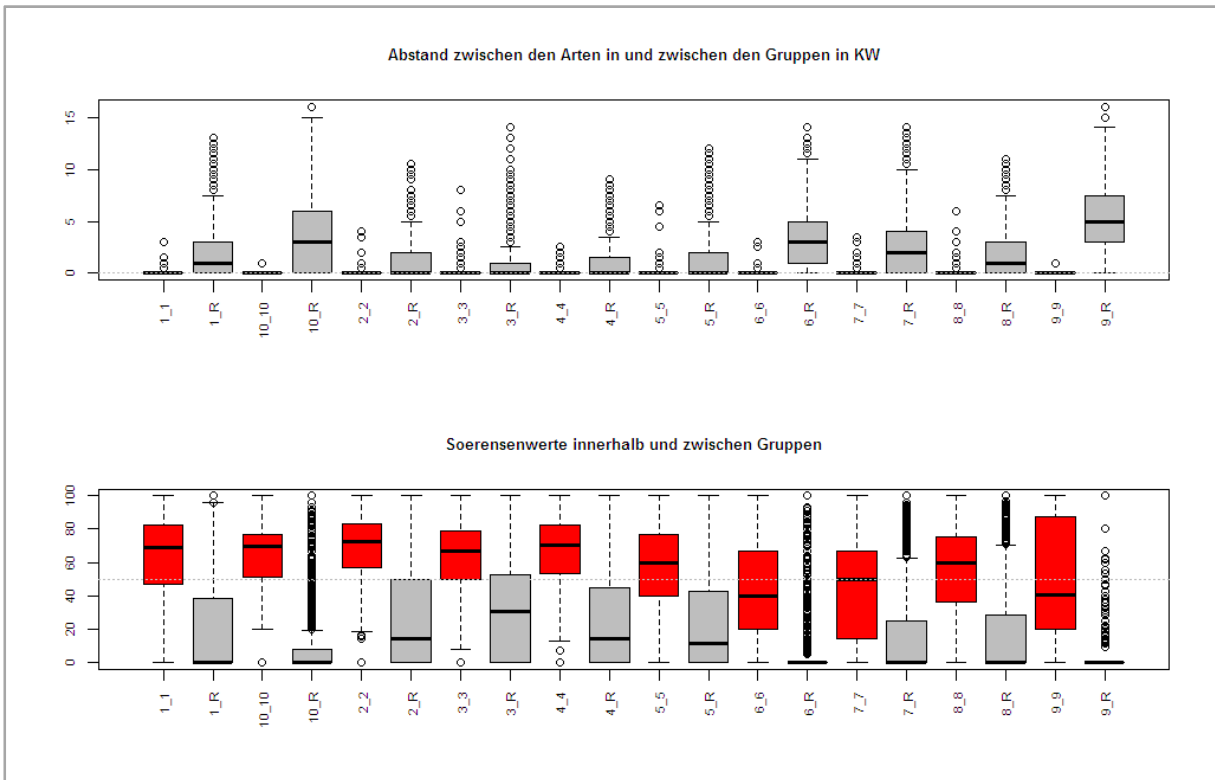


Abbildung 10: Darstellung der Soerensen- und Distanzwerte zur Überprüfung der phänologischen Gruppen

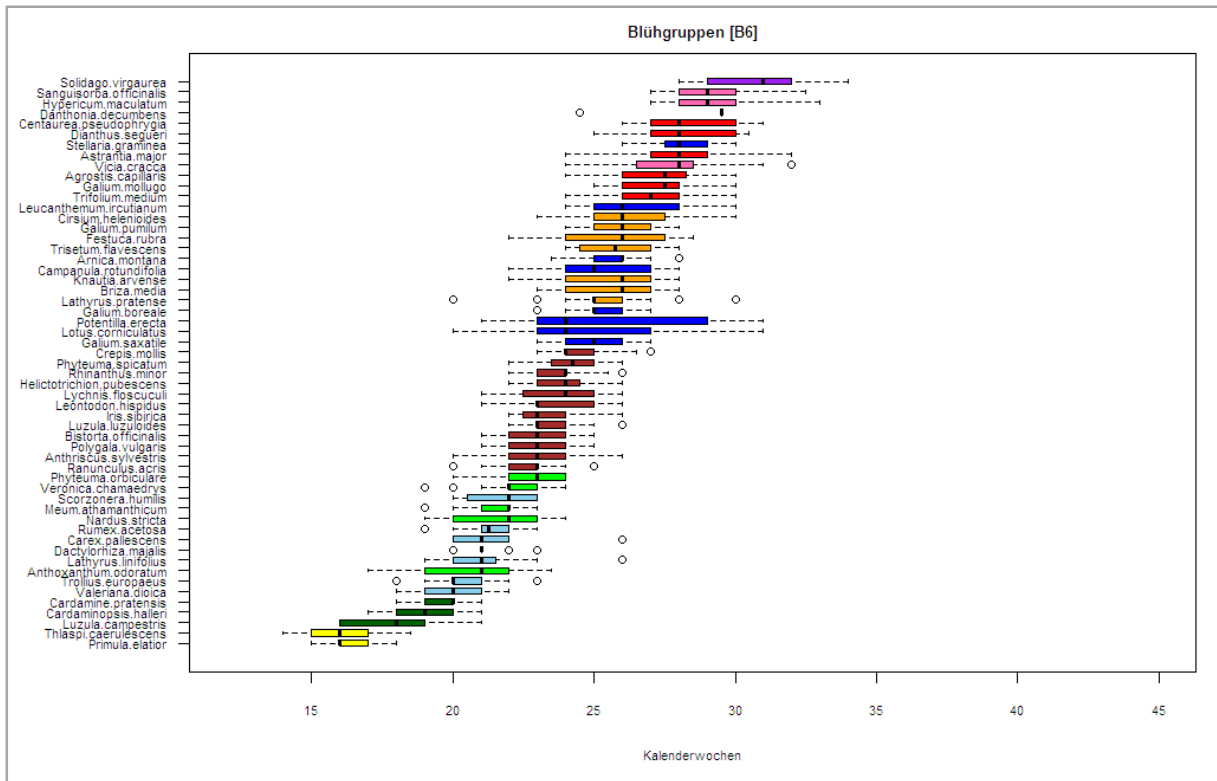


Abbildung 11: Darstellung der Blühgruppen auf dem Zeitstrahl

Um die gebildeten Blühgruppen noch einmal besser zu verdeutlichen, wurden sie in einem Diagramm (Abbildung 11) noch einmal auf dem Zeitstrahl abgebildet. Die x-Achse stellt also wieder die Zeit in Kalenderwochen dar, während auf der y-Achse die Arten entsprechend dem Beginn der Vollblüte aufgereiht sind. Im Diagramm selbst sind dann die horizontalen Boxplots für den Beginn der Vollblüte eingezeichnet, wobei die verwendete Farbe die Zugehörigkeit zur Gruppe symbolisiert.

Man sieht so noch einmal, welche Arten in eine Gruppe gehören, aber auch welche Gruppen aufeinander abfolgen. Ebenso kann man erkennen, dass die Gruppen zeitlich nicht sicher voneinander getrennt sind, denn manchmal sind Arten verschiedener Gruppen (also mit verschiedenen Farben) vermischt. Dies ist aufgrund der Boxplot-Darstellung der Distanzwerte im vorhergehenden Diagramm schon zu erwarten gewesen. Zum anderen beruht die hier gezeigte grafische Darstellung der Gruppen nur auf dem Wert für den Beginn der Vollblüte. Die Gruppenbildung erfolgte aber auf der Grundlage aller blühphänologischen Werte. Arten, welche sich beim Beginn der Vollblüte unterscheiden, können sich aber z.B. beim Beginn und Ende der Blüte ähneln und werden somit trotzdem derselben phänologischen Gruppe zugeordnet.

Die nachfolgende, letzte Abbildung (Abbildung 12) beschäftigt sich noch einmal mit den Schwankungsbreiten, welche bei den phänologischen Werten zu beobachten sind. Dargestellt sind die Schwankungsbreiten, welche die Soerensen- oder Distanzwerte für ein Artpaar erreichen können. Dies wurde getrennt für Blüte, Frucht und Ausstreu errechnet. Man kann in dem Histogramm also

wieder erkennen, welche Schwankungsbreiten möglich sind und wieviele Artpaare eine bestimmte Schwankungsbreite aufweisen.

Bei den Soerensen-Werten sind zum Teil sehr große Schwankungswerte möglich, denn sie decken den vollen Definitionsbereich (von 0 bis 1) des Index ab. Bei einzelnen Artpaaren kann es also einen Wechsel zwischen den beiden Extremsituationen (völlig ungleich und völlig gleich) geben. Eine sehr große Anzahl an Artpaaren hat dagegen eine Schwankungsbreite von Null. Dabei handelt es sich um jene Artpaare, welche nie zur selben Zeit im selben phänologischen Zustand sind.

Bei den Distanzwerten sind im Einzelfall Schwankungswerte von mehr als 10 Wochen möglich. Das bedeutet, dass es bei einem Artpaar Unterschiede im Abstand zwischen den beiden Arten von mehr als 10 Wochen geben kann. Also wäre es zum Beispiel möglich, dass einmal nur 1 Woche zwischen zwei Arten liegt und im nächsten Beobachtungsfall 11 Wochen Abstand zwischen beiden Arten sind. Dies ist allerdings ein extremer Einzelfall. Wie oft bestimmte Schwankungsbreiten auftauchen, ist in den Histogrammen ersichtlich.

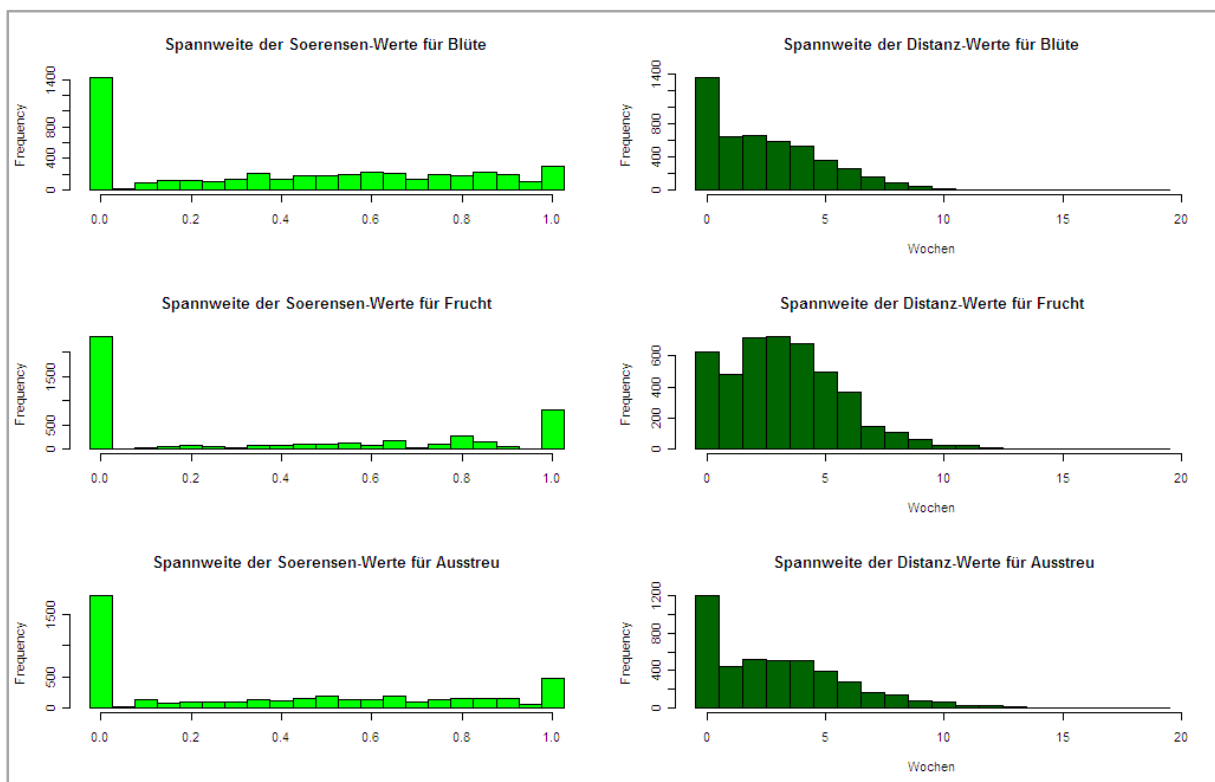


Abbildung 12: Histogrammdarstellung der Schwankungsbreiten bei Soerensen- und Distanzwerten

Die Keimtest zur Überprüfung des Reifezustand der Arten haben gezeigt, dass auch scheinbar unreife Samen oft in der Lage sind zu keimen. Bei Diasporen mit augenscheinlich voll ausgebildeter Samenreife ist die Keimung unter Laborbedingungen dagegen zum Teil nur sehr schwer zu induzieren. Die beobachtete Keimrate schwankt sowohl stark über den zeitlichen Verlauf als auch zwischen den Populationen, so dass es oft schwer ist, einheitliche Muster zu erkennen. Festzuhalten bleibt aber, dass die optische Beurteilung des Reifezustands bei den heimischen Wiesenkräutern nur bedingt für

eine Vorhersage zur Keimfähigkeit geeignet ist. Die Ergebnisse der Reifetests sind hier exemplarisch für *Betonica officinalis* dargestellt (Abbildung 13).

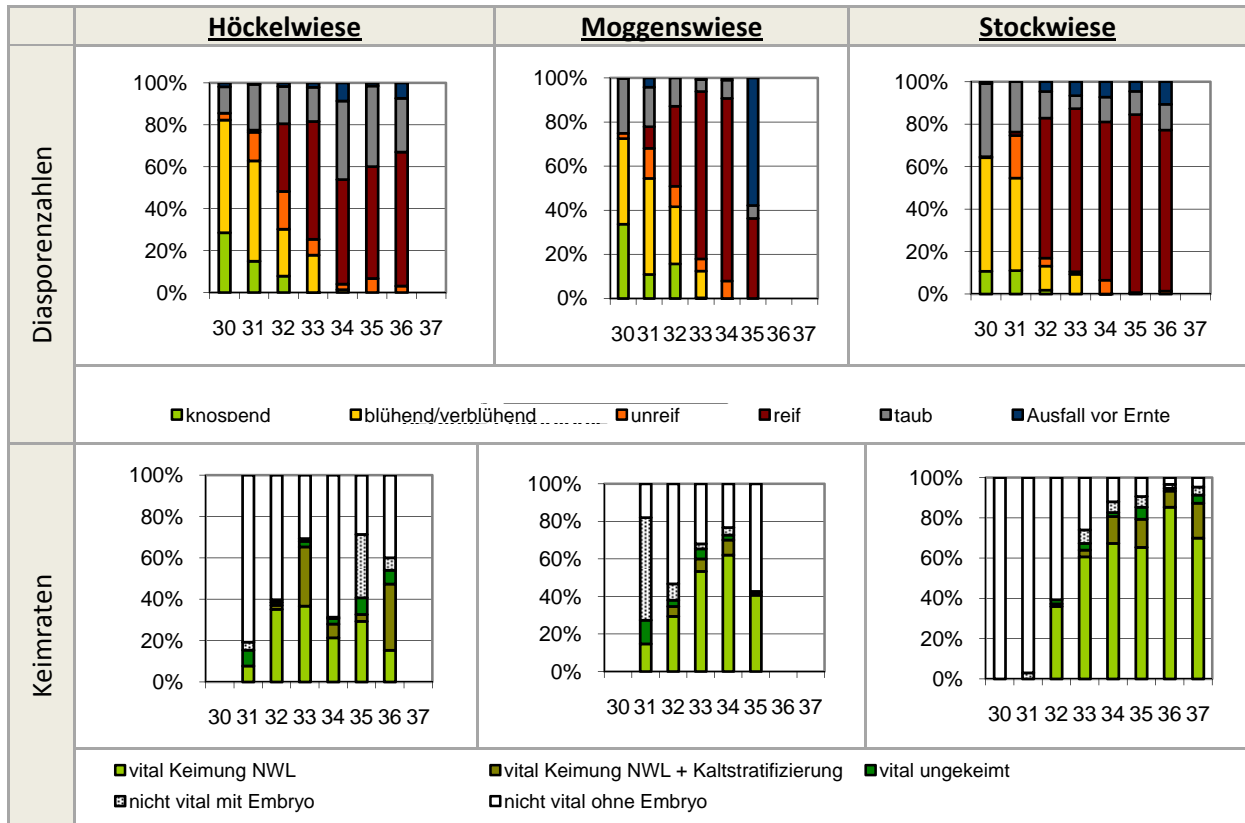


Abbildung 13: Ergebnisse der Reifetests für *Betonica officinalis*

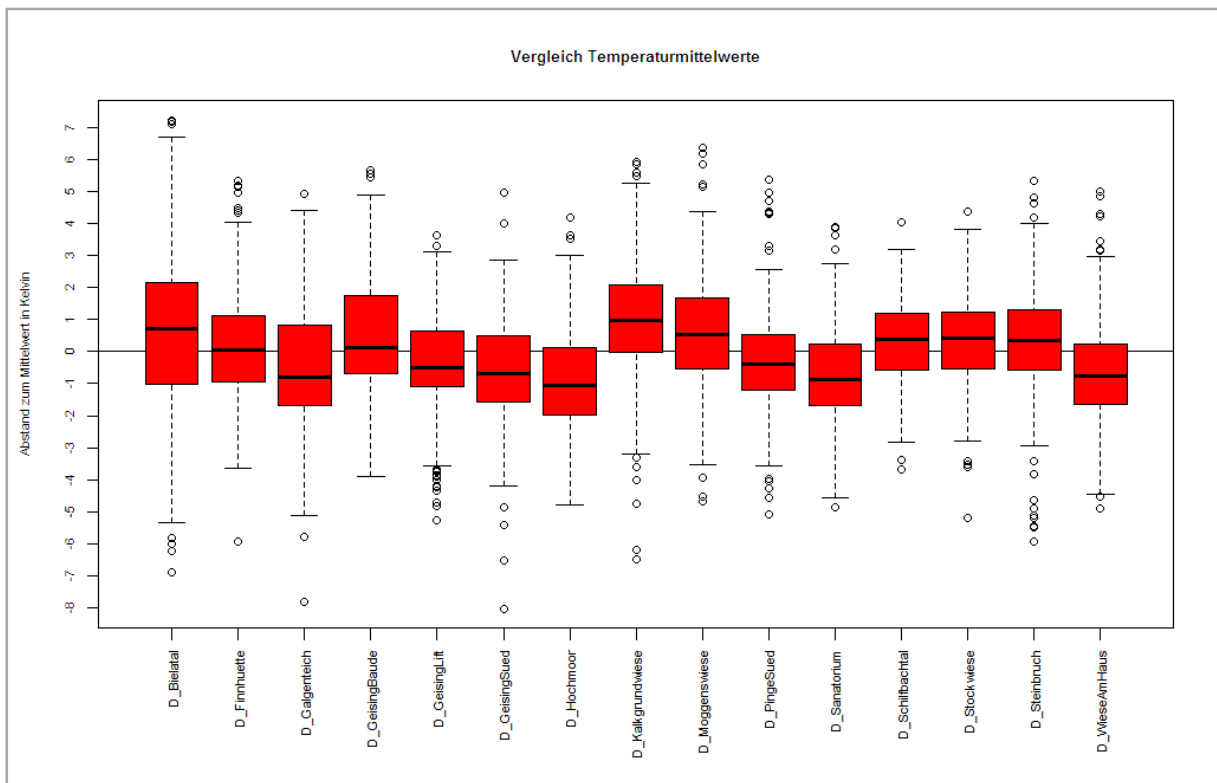


Abbildung 14: Boxplot-Darstellung der Abweichungen der Tagesmittelwerttemperatur einer Wiese von der Tagesmittelwerttemperatur aller Wiesen

Die Auswertung der erhobenen Temperaturdaten ist sehr komplex, da anzunehmen ist, dass die einzelnen Pflanzenarten unterschiedlich auf bestimmte Temperaturkennwerte (z.B. die Tiefstemperaturen, das erste Auftreten von Schwellenwerten als Startpunkt für neue Entwicklungsphasen, Temperatursummen) reagieren. Um zu verdeutlichen, wie stark sich die Wiesen hinsichtlich der Lufttemperatur unterscheiden, ist hier Abbildung 14 dargestellt. Man kann in der Abbildung erkennen, welche Wiesen wärmer oder kälter als der Durchschnitt sind und wie stark die Mehrheit der Werte von diesem Durchschnitt abweicht. In Anbetracht der Tatsache das die meisten Differenzen der Tagesmittelwerte nur $\pm 1\text{K}$ betragen, scheinen die Schwankungen im Vergleich zu den Unterschieden bei der Phänologie eher gering.



Abbildung 15: Auftragsflächen vor Beginn der Mahdgutübertragungen



Abbildung 16: Auftragsflächen ein Jahr nach den Mahdgutübertragungen

4.2. Common-garden Experiment

Mit den im common-garden-Experiment erhobenen Daten sind zahlreiche verschiedene Vergleiche für verschiedene phänologische Parameter möglich (siehe Kapitel 3.3). Da sich die Ergebnisse für die unterschiedlichen phänologischen Parameter nicht wesentlich unterscheiden, sind diese hier nur anhand einiger Blühparameter dargestellt.

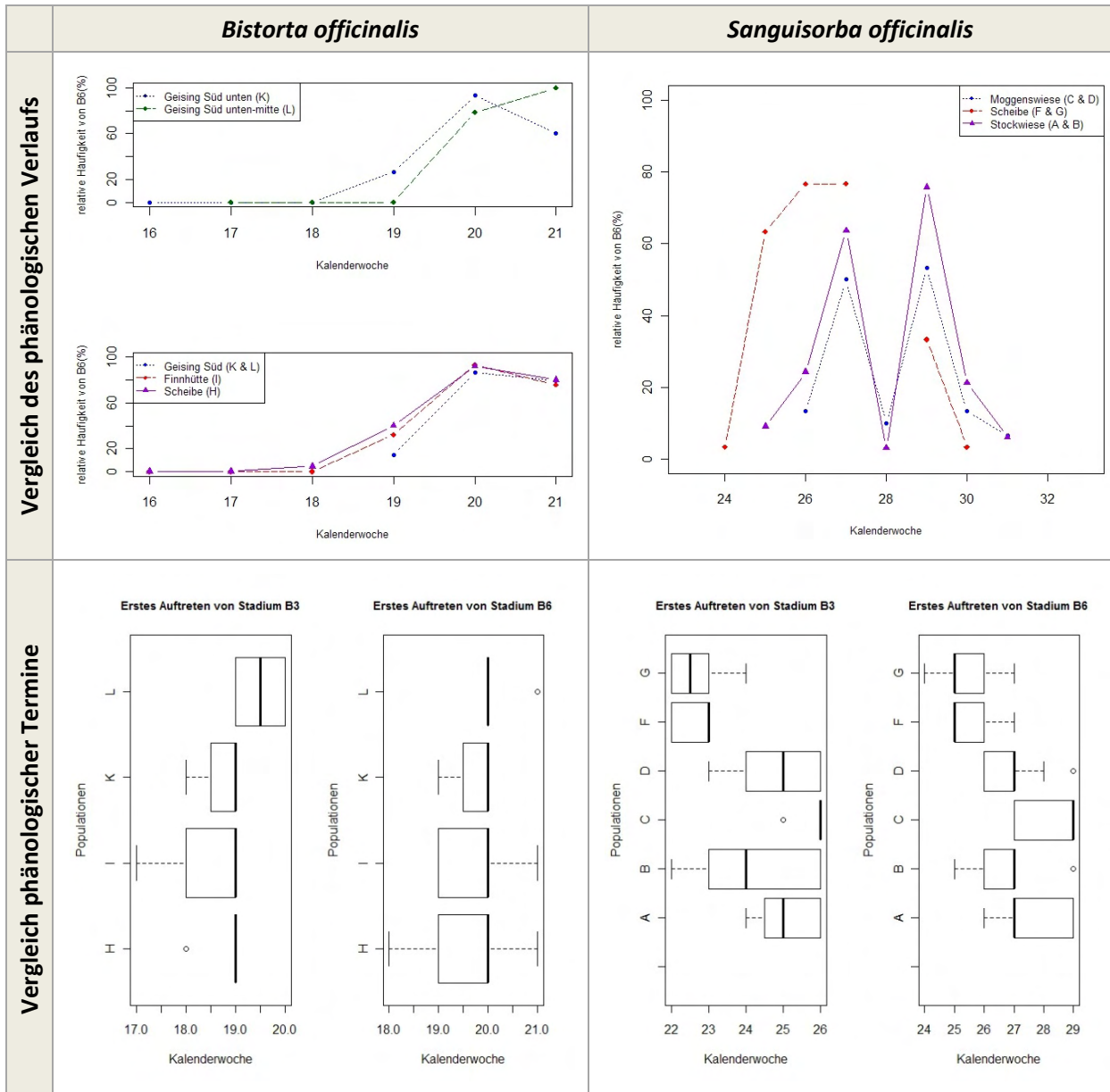


Abbildung 17: Phänologischer Vergleich von Pflanzen mit unterschiedlicher Herkunft

Vergleicht man das phänologische Verhalten der unterschiedlichen Herkünfte im botanischen Garten, so sind für *Bistorta officinalis* keine wesentlichen Unterschiede erkennbar. Bei *Sanguisorba officinalis* weichen die Subpopulationen F, G mit einem früheren Blühbeginn deutlich von den anderen Herkunftsregionen ab.

Der Vergleich der Freilanddaten mit den Beobachtungen im Botanischen Garten wurde, wie in Kapitel 3.3 erläutert, anhand der Anzahl an kartierten phänologischen Stufen pro Kalenderwoche vorgenommen. Die nachstehende Abbildung stellt die Ergebnisse dieses Vergleichs mit Hilfe von Boxplots dar. Man kann erkennen, dass die Anzahl an phänologischen Stadien im Botanischen Garten leicht verringert ist. Aufgrund der geringen Anzahl an Wiederholungen ist ein statistischer Test dieser Unterschiede jedoch nicht aussagekräftig.

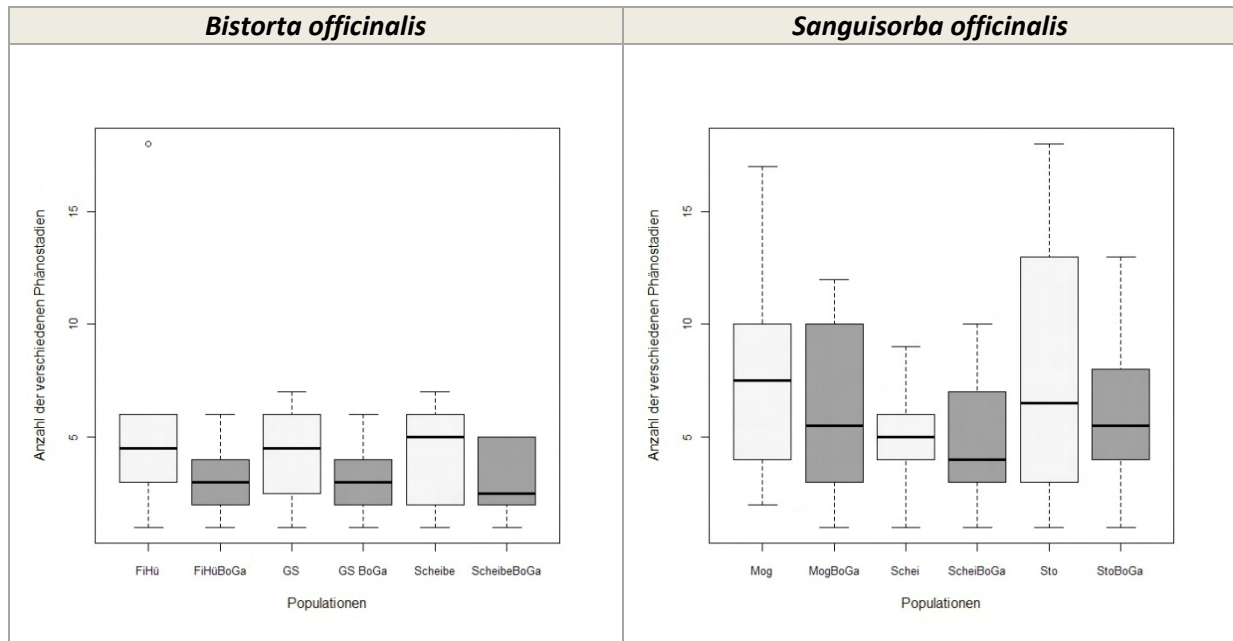


Abbildung 18: Vergleich der Phänostufen pro Kalenderwoche in Garten und Freiland



Abbildung 19: *Bistorta officinalis* im Botanischen Garten Dresden

4.3. Mahdgutübertrag

Wie in Kapitel 3.4 dargestellt, wurden im Zusammenhang mit den Mahdgutübertragungen zahlreiche Daten erhoben. Die folgenden Abbildungen sollen die Ausgangssituation, den Gehalt des verwendeten Mahdguts und die Vegetationsentwicklung auf der Empfängerfläche verdeutlichen.

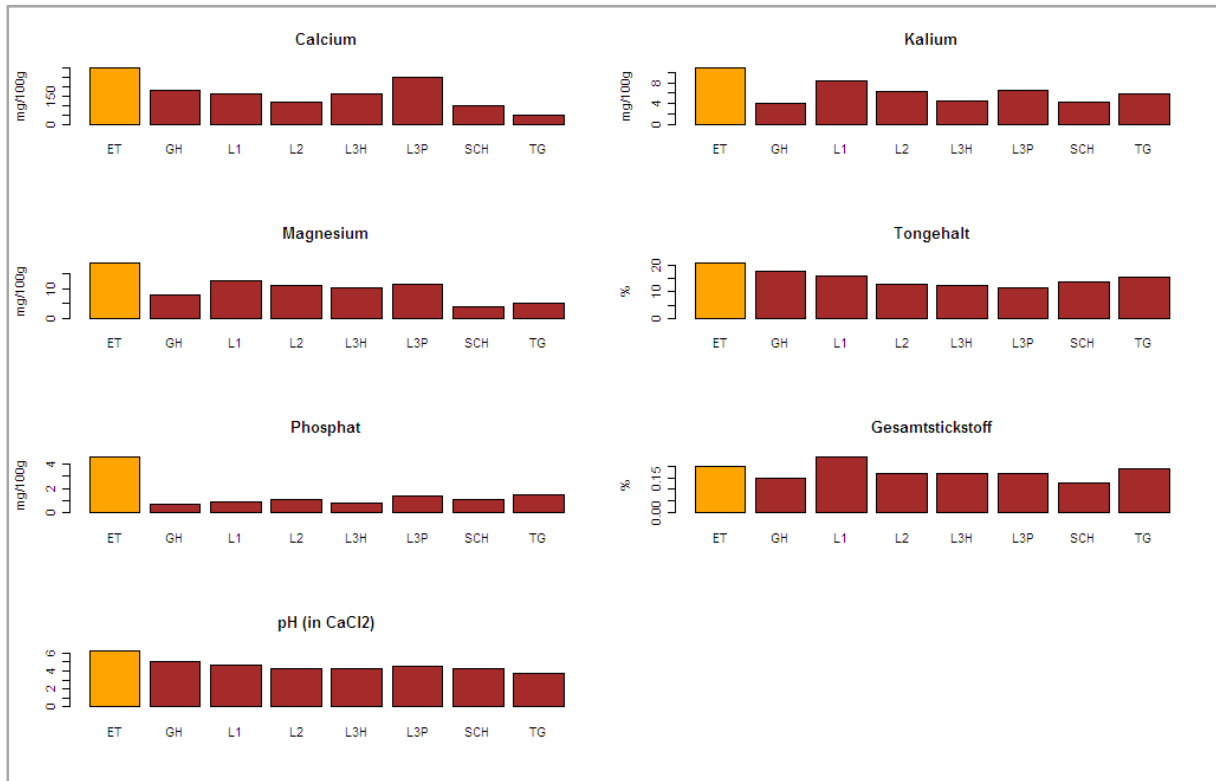


Abbildung 20: Vergleich von Spender- und Empfängerflächen anhand ausgewählter Bodenparameter

Hinsichtlich der Bodenparameter weicht die Empfängerfläche für das Mahdgut zum Teil erheblich von den Spenderflächen ab (Abbildung 20). Sie ist deutlich besser mit Nährstoffen versorgt und basenreicher .

Die Analyse des Diasporengehalts im Mahdgut mit Hilfe von Keimschalen im Gewächshaus brachte Artenzahlen von meist deutlich mehr als 20 Pflanzenarten des Grünlandes (Abbildung 21). Nur das auf Block 6 aufgebrachte Mahdgut von der Spenderfläche "Schärfling" enthielt lediglich 19 Arten. Rechnet man die Keimlinge aus den Keimschalen hoch, so ergeben sich Diasporenzahlen von durchschnittlich 100.000 Diasporen pro Art. Wobei die Grasarten mit deutlich höheren und nicht mehr exakt zählbaren Diasporenzahlen für diese Analyse nicht berücksichtigt wurden. Hinsichtlich der Anzahl an Diasporen pro Art sind die letzten beiden Blöcke und demnach der letzte "Erntetermin" Anfang August (31. Kalenderwoche) deutlich besser versorgt (Abbildung 21).

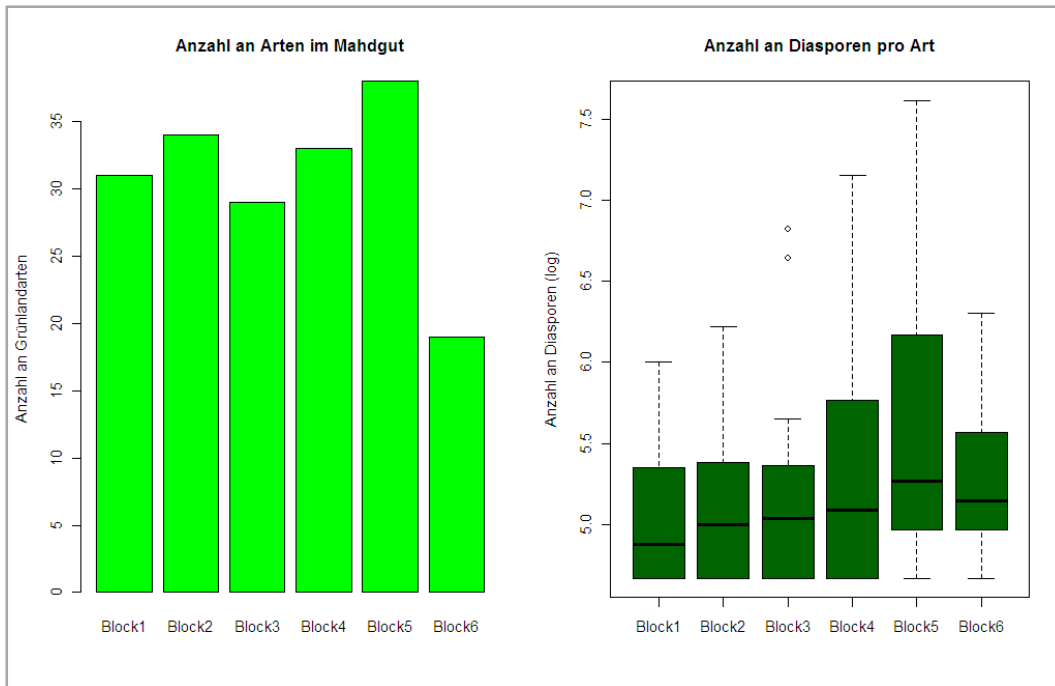


Abbildung 21: Analyse des Mahdgruts hinsichtlich Qualität und Quantität der enthaltenen Diasporen

Bei der Auswertung der Vegetationsaufnahmen von der Auftragsfläche ergibt sich hinsichtlich der Artenzahl in den Vegetationsaufnahmen ein differenzierteres Bild (Abbildung 22). Die Artenanzahl auf der Fläche wurde im Verhältnis zur Ruderalflur im ersten Jahr zwar deutlich erhöht. Aber die Artenzahlen sind zum einen nicht so hoch, wie es die Ergebnisse aus dem Keimschalen erwarten lassen und zum anderen sind zum Teil große Schwankungen innerhalb eines Blockes zu beobachten.

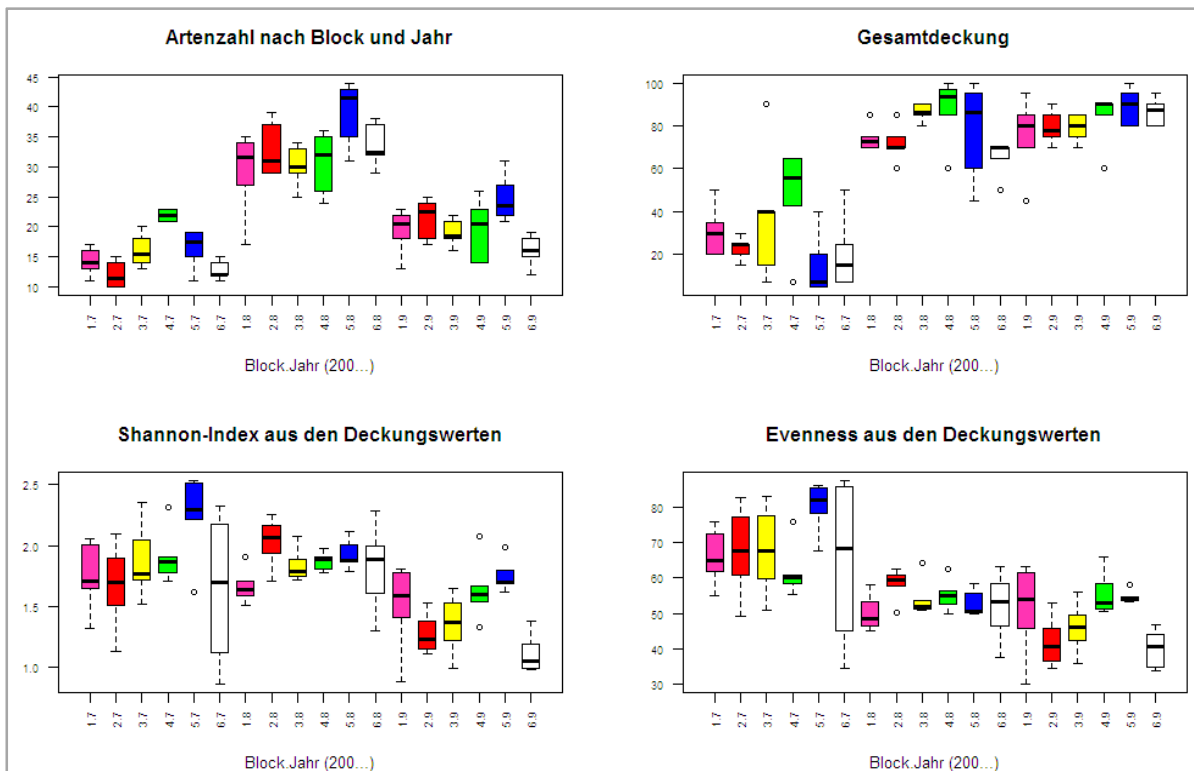


Abbildung 22: Übersicht zur Entwicklung der Kennwerte der Vegetation auf der Empfangsfläche

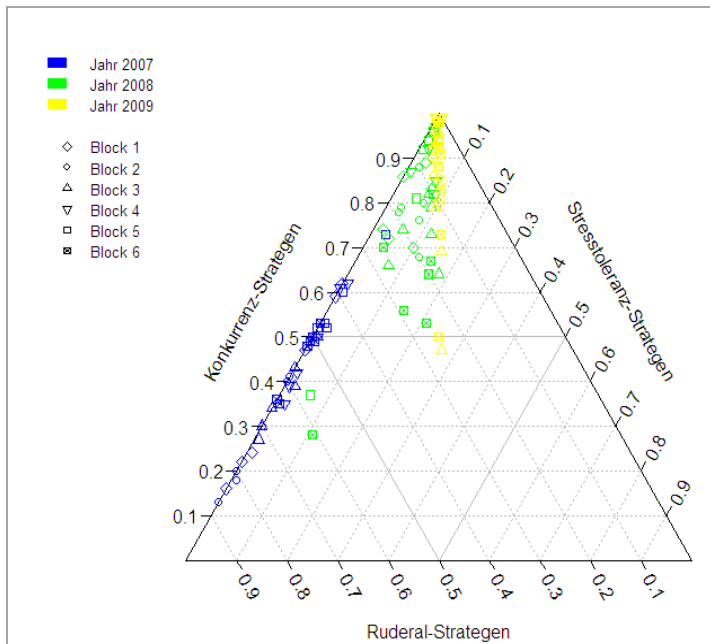


Abbildung 23: Dreiecksdiagramm zu den Anteilen der CSR-Strategien in der Vegetationsaufnahme

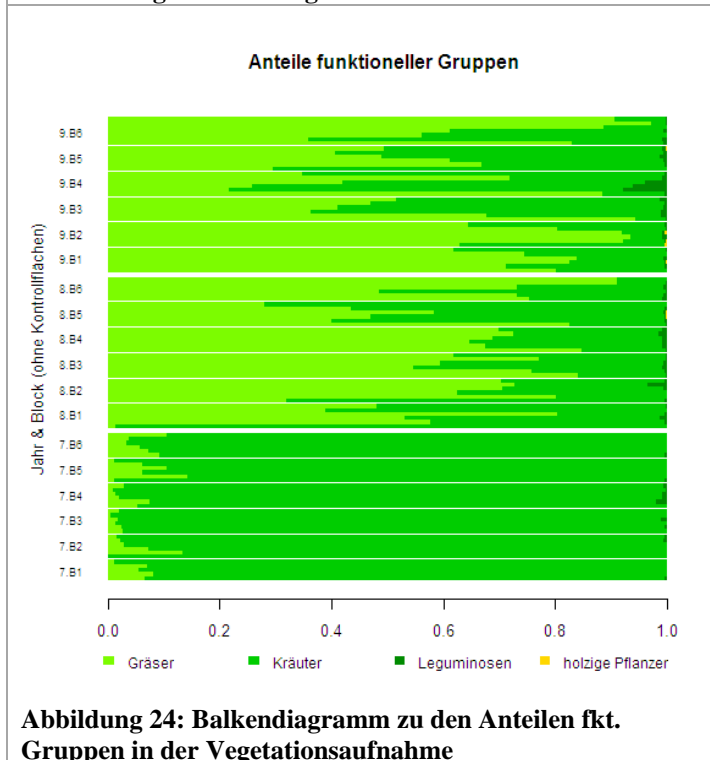


Abbildung 24: Balkendiagramm zu den Anteilen funkt. Gruppen in der Vegetationsaufnahme

Mit Hilfe der Mahdgutübertragung wurde nicht nur die Anzahl an Arten erhöht, sondern auch ein rascher Bestandesschluss erreicht, was an den hohen Deckungsgraden zu erkennen ist (Abbildung 22). Wie stark sich die Anteile der verschiedenen Arten an der Gesamtdeckung unterscheiden, kann man mit dem Evenness-Wert abschätzen. Dieser sinkt bereits im zweiten Jahre trotz eines umfassenden Artenwechsels und weist damit auf die Dominanz von einer oder wenigen Arten hin (Abbildung 22).

In Abbildung 23 und Abbildung 24 ist erkennbar, dass es durch die Mahdgutübertragung nicht nur zu einer Zunahme an Arten sondern zu einem kompletten Wechsel der Artengarnitur gekommen ist. Ruderalstrategen, welche 2007 noch die Mehrzahl der Kräuter vertraten, sind weitestgehend verschwunden. Der Anteil an Gräsern hat dagegen 2008 stark zugenommen und bei den Kräutern handelt es sich eher um Konkurrenzstrategen und nicht wie noch 2007 vor allem um Ruderalstrategen.

Die Entwicklung der Vegetationsstruktur ist hier (Abbildung 25 - Abbildung 27) mit drei Parametern verdeutlicht:

- die Vegetationshöhe (hier als Verhältnis der Vegetationshöhe unter der sich 50 % der Biomasse befinden im Verhältnis zur Gesamthöhe)
- der Biomasse und
- dem Strukturreichtum der Vegetation (hier durch die fraktale Dimension indiziert)

Während die allgemeine Vegetationshöhe zunimmt (hier nicht dargestellt), befinden sich 50 % der Biomasse weiterhin im unteren Drittel der Vegetation (Abbildung 25). Wobei es einen leicht ansteigenden Trend zu geben scheint. Die Phytomasse nimmt 2008 deutlich zu und ändert sich 2009 nur noch geringfügig (Abbildung 26).

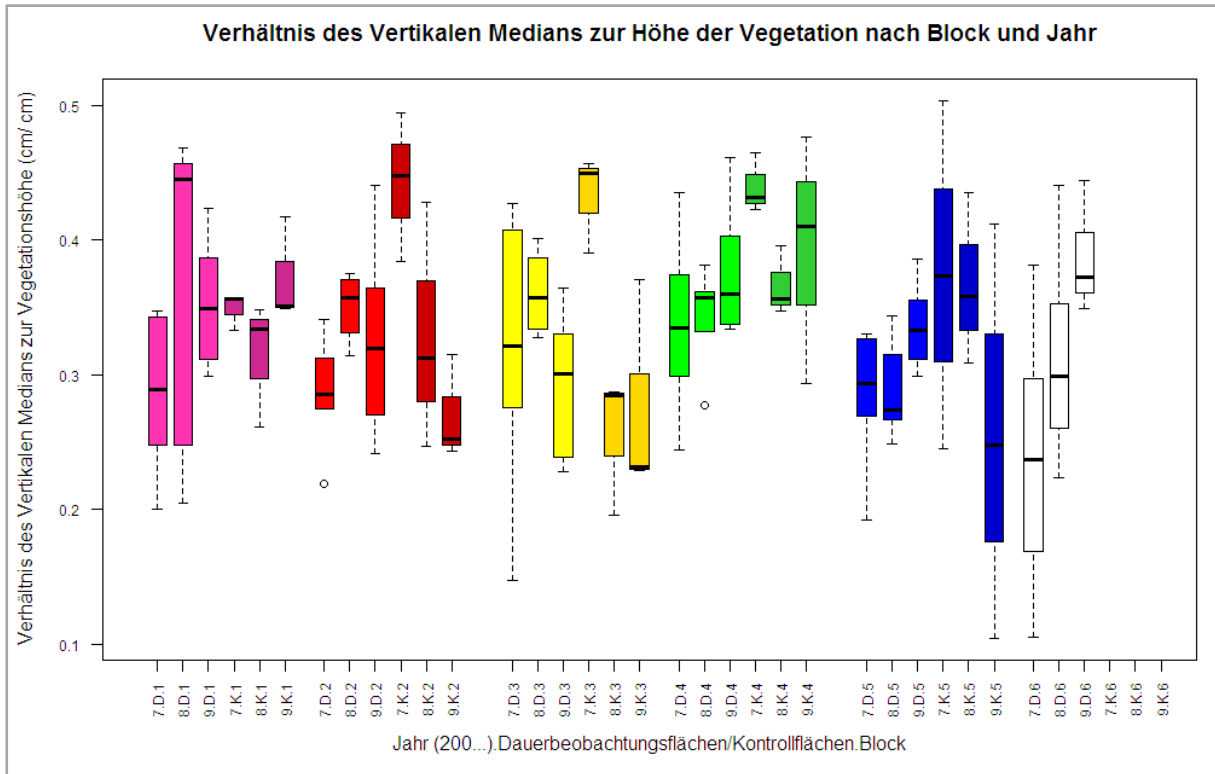


Abbildung 25: Vergleich der Entwicklung der Vegetationshöhe auf den Auftragsflächen

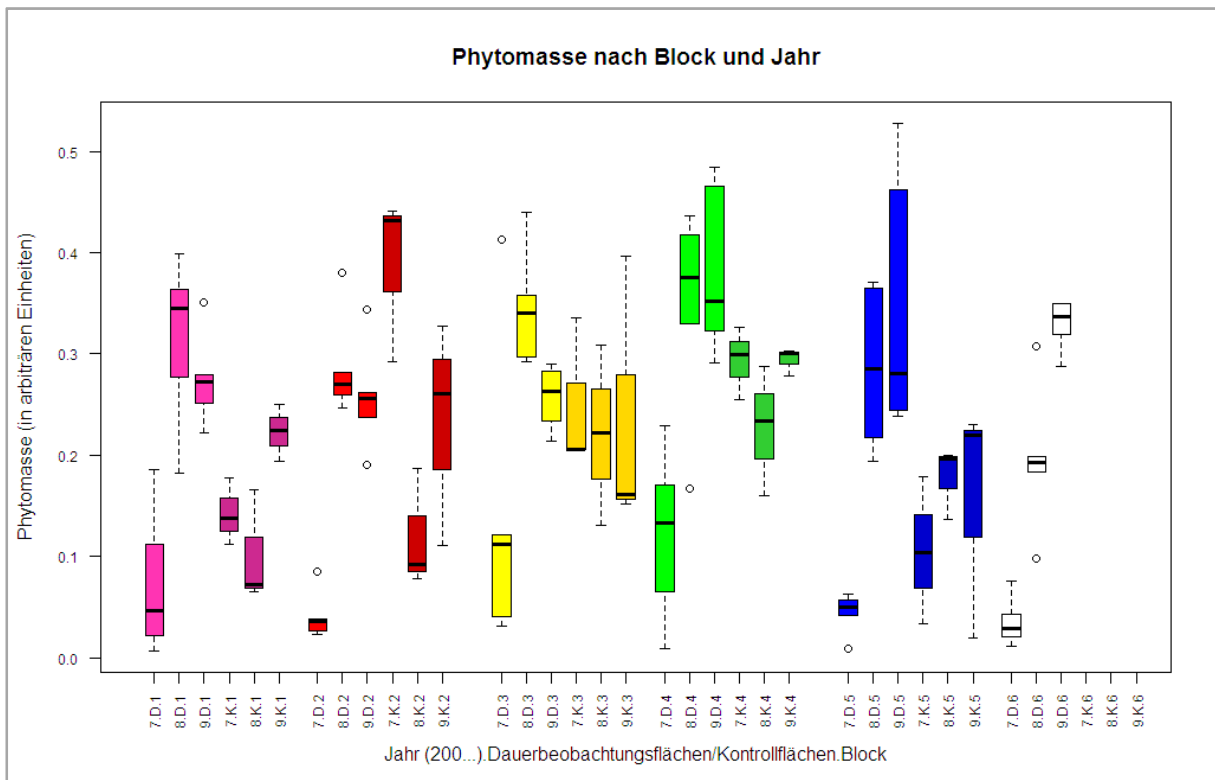


Abbildung 26: Vergleich der Entwicklung der Phytomasse auf den Auftragsflächen

Die fraktale Dimension der Vegetationsfotografien zeigt einen großen Strukturreichtum in der Vegetation an, welcher in den drei Jahren stark anwächst, so dass sich die einzelnen Jahre deutlich unterscheiden. Die Werte beginnen im Jahr 2007 mit einer ausgeprägten Ruderalvegetation bei ca. 1,8 und haben 2009 mit dominierenden Grünlandpflanzen bei ca. 1,9. Bedeutungsvolle Differenzen zwischen den einzelnen Blöcken sind trotz der Unterschiede in der Artenausstattung hingegen nicht erkennbar (Abbildung 27). Die von ZEHM (2003) untersuchten Sandtrockenrasen weisen fraktale Dimensionen zwischen 1,5 und 1,9 auf.

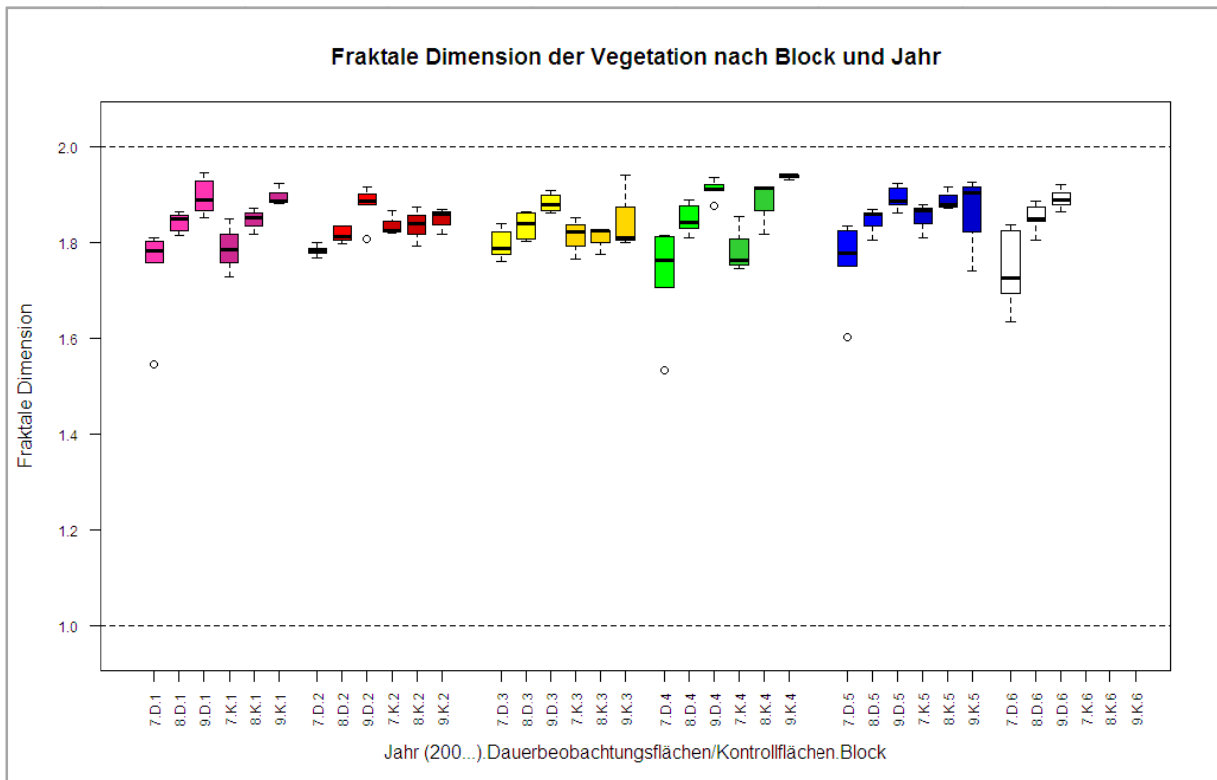


Abbildung 27: Vergleich der Entwicklung des Strukturreichtums der Vegetation auf den Auftragsflächen

Der Vergleich der Vegetation von Spenderfläche mit Auftragsfläche basierend auf der Artenzusammensetzung, zeigt einen starken Anstieg der Ähnlichkeit, wie es auch zu erwarten war (Abbildung 28). Trotzdem ähnelten sich die Flächen nach dem Soerensen-Index zu weniger als 25 %.

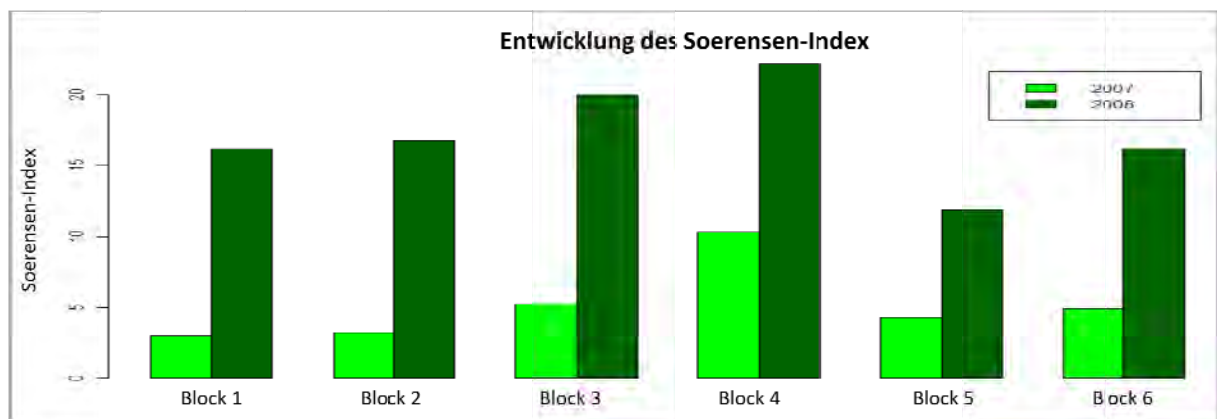


Abbildung 28: Ähnlichkeit zwischen Spender- und Empfängerfläche

5. Diskussion

5.1. Phänologische Kartierung

Mit der verwendeten Clustermethode ist es möglich phänologische Artengruppen auszuweisen, welche sich hinsichtlich ihrer Blüh-, Frucht oder Ausstreuphänologie ähneln. Die Güte der so gebildeten Gruppen kann mit Hilfe der Boxplot-Darstellung der original Soerensen- und Distanzwerte überprüft werden.

Die Schwankungen, welche in den phänologischen Werten enthalten sind, sind sehr groß. Für die meisten Arten kann die Ursache dieser hohen Schwankungen nicht näher spezifiziert werden, was in Angesicht der sehr komplexen Steuerung der Phänologie nicht weiter verwundert (vgl. z.B. GLOVER 2007). Ein direkter Zusammenhang zwischen der Lufttemperatur und der beobachteten Phänologie konnte aufgrund der Komplexitäten noch nicht hergestellt werden. Die Unterschiede bei der Temperatur zwischen den Wiesen sind jedoch unerwartet klein. Sehr deutlich ist jedoch zu erkennen, dass bei dem untersuchten Höhengradient von ca. 400 m weniger die Höhenlage als kleinklimatische Faktoren (z.B. Exposition, Kaltluftschneise) das Mikroklima einer Wiese beeinflussen (vgl. z.B. GEIGER 1961).

Wie gezeigt werden konnte, handelt es sich bei der phänologischen Abfolge der Arten um ein stetiges Kontinuum (vgl. z.B. DIERSCHKE 1995, NOWAK 2002). Die Abgrenzung von Gruppen in diesem Kontinuum ist immer ein künstlicher Vorgang. Dies und die Tatsache, dass die Phänologie der einzelnen Arten unterschiedlichen Schwankungen unterliegt, hat zur Folge, dass die abgegrenzten Artengruppen immer nur als statistische Gruppen verstanden werden dürfen! Arten aus einer gemeinsamen phänologischen Gruppe werden sich mit großer Wahrscheinlichkeit zur selben Zeit im selben phänologischen Stadium befinden, sie müssen es aber nicht. Hier gilt: Ausnahmen bestätigen die Regel.

Die erhobenen Daten verdeutlichen aber auch, welche Bedeutung dem Mahdtermin zukommt. Sowohl bei der Mahd der Wiesen zu einem festen Kalendertermin als auch bei Mahd zu einem konkreten phänologischen Termin wird es nie möglich sein, allen hier untersuchten Arten die Ausbildung voll ausgereifter Fruchtstände zu erlauben. Insbesondere bei Wiesen, welche sich aus Arten verschiedener Grünlandtypen zusammensetzen, bedarf es für den Erhalt wechselnder Mahdtermine, wie z.B. schon von WEGENER 1998 oder BÖHNERT & HEMPEL 1987 vorgeschlagen.

Wichtig für die Nutzung der phänologischen Daten bei der Festlegung von Mahdterminen für Pflege und Renaturierung sind die Informationen zur Fruchtphänologie. Bei den Reifetests konnte jedoch gezeigt werden, dass die Einschätzung des Reifezustands im Feld sehr problematisch ist.

Insbesondere für Mahdgutübertragungen kann es indes sehr nützlich sein, auch noch unreife Früchte oder Diasporen zu "ernten". Diese sind bereits oft keimfähig aber noch nicht dormant, so dass es relativ zeitnah zu einem Begrünungseffekt kommen kann. Im Rahmen der Pflege- und Erhaltungsmahd ist darauf hinzuweisen, dass es auch hier abzuwägen ist, ob eine vollständige Ausreifung des gesamten Fruchtstandes für den Erhalt der Population immer notwendig ist.

Sowohl für die Gewinnung von Mahdgut als auch für die Pflegemahd können die erfassten Daten zur Ermittlung von Indikatorarten genutzt werden. Welche Art eine Indikatorart sein kann, hängt zum einen von dem Zustand, welcher von der Indikatorart angezeigt werden soll ab, zum anderen natürlich, welcher Personenkreis diese Indikatorart nutzen soll bzw. möchte und welche Anforderungen an Erkennbarkeit, Verwechslungsgefahr, Häufigkeit etc. gestellt werden müssen. Die Ermittlung einer potentiellen Indikatorart kann anhand der dargestellten Ergebnisse auf zwei Wegen erfolgen. Zum einen kann ein Diagramm wie Abbildung 5 genutzt werden, in dem sinnvolle Mahdtermine ermittelt werden. Arten, welche von der Linie des Mahdtermins geschnitten werden, könnten dann als Indikatorart genutzt werden. Zum anderen sind natürlich die Arten einer phänologischen Gruppe in der Lage anzuzeigen, in welchem phänologischen Zustand sich die anderen Arten derselben Gruppe wahrscheinlich befinden werden.

Über die Übertragbarkeit der phänologischen Gruppen in andere Naturräume oder Regionen kann hier nur spekuliert werden. Angaben in der Literatur (vgl. z.B. STÖHR 2002, CHEN 1994) weisen jedoch darauf hin, dass sich die Arten in unterschiedlichen Naturräumen unterschiedlich verhalten können. Die starken beobachteten Schwankungen bei den einzelnen Arten lassen vermuten, dass sich unter anderen Bedingungen andere Gruppen einstellen könnten. Auch für die Neubildung von phänologischen Gruppen in anderen Regionen stellen die hohen Schwankungen ein Hindernis dar, denn um einigermaßen sichere Gruppen auszuweisen, bedarf es dann mehrjähriger Beobachtungen.

5.2. Common-garden Experiment

Bei den Experimenten im Botanischen Garten konnten nur geringe Indizien für phänologische Ökotypen (wie z.B. bei *Rhinanthus*, *Euphrasia* u.a.) festgestellt werden. Die homogenen Bedingungen im Botanischen Garten können die Varianz in der Phänologie nur geringfügig verringern. Dies führt zu der Vermutung, dass es sich bei der Varianz die innerhalb einer Population im Feld beobachtet wird, zum größten Teil um individuelle Unterschiede handelt. Eine endgültige Klärung dieses Sachverhalts kann aufgrund des geringen Probenumfangs und der nur einjährigen Laufzeit aber nicht geleistet werden.

Aufgrund der zahlreichen und sehr verschiedenen Selektionsfaktoren (siehe z.B. die Zusammenstellung bei KUDO 2006), welche auf die Blüh- und Fruchtphänologie wirken, scheint es sehr

einleuchtend, dass die Pflanzenarten zu einer hohen Plastizität bezüglich der Phänologie in der Lage sind.

Im Sinne eines Erhalts der Arten und ihrer Biodiversität sollte bei der Pflege der Wiesen darauf geachtet werden, auch diese Diversität innerhalb der Arten zu erhalten. Auch dafür sind abwechselnde verschiedene Mahdtermine geeigneter als stets zum selben Kalender- oder phänologischen Termin zu mähen.

5.3. Mahdgutübertrag

Die durchgeführten Mahdgutübertragungen fanden unter zum Teil leicht suboptimalen Bedingungen (geringe Bodenvorbereitung, Vornutzung) statt. Trotzdem ist es augenscheinlich, gelungen mit Hilfe des Mahdguts eine Wiesenvegetation zu initialisieren. Mit jeder der 6 Mahdgutübertragungen konnten etliche Grünlandarten mit zum Teil sehr großen Diasporenmengen übertragen werden. Ein großer Teil dieser Arten hat sich bis jetzt auch auf der Auftragsfläche etablieren können.

Den Einfluss des Mahdtermins zu quantifizieren, ist aufgrund der zahlreichen Einflussfaktoren sehr schwierig. Für statistisch belastbare Aussagen ist ein vollfaktorisierte Versuch mit zahlreichen Wiederholungen notwendig. Dies war im Rahmen dieses Projekts nicht leistbar. Die hier vorgestellten Ergebnisse sind stets mit dieser Einschränkung zu betrachten und können nur als Indiz verstanden werden.

Hinsichtlich der Artenzahl, der Gesamtdeckung oder dem Evenness-Index (Gleichverteilung der Arten) sind keine belastbaren Unterschiede zwischen den verschiedenen Blöcken oder Mahdterminen sichtbar. Geht man beim Vergleich etwas stärker auf die Pflanzenarten ein, so werden auch keine Unterschiede bei den CSR-Strategietypen zwischen den Blöcken oder Mahdterminen sichtbar. Die Einteilung der Arten in funktionelle Gruppen dagegen weist schon daraufhin, dass es Unterschiede in der Artenzusammensetzung der Blöcke gibt, was vor allem auf die unterschiedliche Flora der Spenderflächen zurückgeht. Bei einzelnen Blöcken (insbesondere Block 4 und Block 5) konnten wesentlich mehr Kräuter übertragen werden. Dies ist für die Wiederherstellung von artenreichem Grünland sehr wichtig. Ob die Ursache für diesen Übertragungserfolg aber in dem Mahdtermin oder der Artenzusammensetzung der Spenderfläche liegt, kann nicht sicher geklärt werden.

Neben der floristischen Zusammensetzung der Vegetation wurde auch die Struktur des sich entwickelnden Grünlandes untersucht, aber auch hier sind keine belastbaren Unterschiede zwischen den Mahdterminen oder Blöcken sichtbar. Die Vegetationsstruktur wird auf direktem Wege vor allem durch die Zusammensetzung verschiedener Wuchstypen beeinflusst. Aber hier haben sich zumindest bis zum jetzigen Zeitpunkt noch keine Unterschiede herausgebildet.

Die Zeit ist bei der Auswertung der Daten ein weiterer wichtiger Einflussfaktor. Denn für den Erfolg der Mahdgutübertragungen sind nicht nur die Startbedingungen wie gute Bodenvorbereitung, Konkurrenzdruck aus der Samenbank, Durchführung der Mahdgutübertragung etc. entscheidend, sondern auch die anschließenden Pflegemaßnahmen. Die Diasporen der eingebrachten Kräuter müssen erst zu Keimung kommen, der Keimling muss sich etablieren können und geeignete Wachstumsbedingungen vorfinden. Zwischen der Einsaat des autochthonen Saatguts aus dem Mahdgut und der Entwicklung einer Wiesengesellschaft vergehen daher einige Jahre. Welche Artenzusammensetzung sich dabei einstellt, hängt dabei nicht unwesentlich davon ab, welche Konkurrenzverhältnisse herrschen und wie man diese mit geeigneter Pflege beeinflusst. Es ist also möglich, dass sich bei optimaler Pflege in der Zukunft noch Unterscheide zwischen den Blöcken herausbilden.



Abbildung 29: Handmähd der Auftragsflächen 2009 mit Unterstützung von Freiwilligen

6. Zusammenfassung der Ergebnisse & Ziele, Erfolge

(1) Aufstellung einer allgemein gültigen und übertragbaren Methode zur Ermittlung phänologischer Artengruppen

Es wurde eine Methode zur Erhebung phänologischer Daten aufgestellt und angewendet. Mit diesen Daten kann unter Verwendung von abgeleiteten Ähnlichkeits- und Distanzmatrizen per Clustering eine Aufstellung von phänologischen Artengruppen erfolgen.

(2) Aufstellung phänologischer Artengruppen (sub)montaner Wiesen für das Osterzgebirge unter besonderer Berücksichtigung der Fruchtphänologie

Die entwickelte Methodik wurde auf einen selbst erhobenen Datensatz (4Jahre, >70 Arten, 22 Wiesen) angewandt, so dass blüh-, frucht- und ausstreuphänologische Gruppen für die submontanen Wiesen des Osterzgebirge aufgestellt werden konnten.

(3) Benennung einfach anzusprechender Indikatorarten für optimale Mahdtermine (bezüglich Pflegemahd und Mahdgutübertragung)

Mit Hilfe der erhobenen Daten und den aufgestellten phänologischen Artengruppen können Indikatorarten ermittelt werden. Die Auswahl einer Indikatorart hängt aber sowohl von dem Ziel, was erreicht werden soll, als auch vom Anwender der Indikatorart ab. Hier wurde daher nur der Weg zur Ermittlung einer Indikatorart aufgezeigt.

(4) Abschätzung des Mindestzeitraums an nötigen Beobachtungen für die Bildung zuverlässiger phänologischer Gruppen

Die Schwankungen, welche innerhalb der phänologischen Daten liegen, sind sehr groß! Man benötigt daher sehr viele Beobachtungen für die Aufstellung von phänologischen Gruppen. Diese Beobachtungen sollten sowohl auf möglichst vielen verschiedenen Standorten als auch in verschiedenen Jahren erfolgen. Denn sowohl Standort wie auch die unterschiedliche jährliche Witterung hat einen großen Einfluss auf die Schwankungsbreite im phänologischen Verhalten einer Art. Auf der Grundlage des jetzigen Wissensstandes sollten also vorzugsweise Daten von mehr als 2 Jahren für eine Aufstellung von phänologischen Artengruppen herangezogen werden.

(5) Beurteilung von Arten mit besonders hoher phänologischer Variabilität, um diese bei der Erstellung phänologischer Artengruppen besser einordnen zu können.

Hinsichtlich ihrer hohen phänologischen Variabilität wurden zwei Arten (*Bistorta officinalis*, *Sanguisorba officinalis*) genauer untersucht. Es gab jedoch nur sehr schwache Hinweise für phänologische Ökotypen oder den Einfluss von kleinräumigen, standörtlichen Unterschieden als Ursache für die beobachtete hohe phänologische Variabilität. Auf Grundlage dieser Ergebnisse muss

davon ausgegangen werden, dass diese Variabilität vor allem auf einer hohen Plastizität der Arten beruht.

(6) Evaluierung des Einflusses von Mahdterminen auf den Diasporengehalt von Mahdgut

Der Diasporengehalt von Mahdgut eines bestimmten Mahdtermins kann zum einen anhand der erhobenen phänologischen Daten abgeschätzt werden. Bei den durchgeführten Mahdgutübertragungen hatte der Mahdtermin keinen nachweisebaren Effekt auf die Vegetationsstruktur oder auf Artenzahl, Deckung sowie Homogenität der Vegetation. Der Einfluss des Mahdtermins auf die Artenzusammensetzung konnte nicht zweifelsfrei ermittelt werden.



Abbildung 30: Keimschalen zur Bestimmung des Diasporengehalts im Mahdgut im Gewächshaus am Institut für Botanik

7. Kooperationen

Eine Übersicht zu den verschiedenen Kooperationen im Rahmen des Projektes gibt Tabelle 7.

Tabelle 7: Übersicht über die Kooperationen im Projekt

Kooperationspartner		Kooperationsbereich	
	Beschäftigungsgesellschaft Pirna e.V. Waldweg 10 01816 Bad Gottleuba	PK MÜ	Pflege der phänologischen Untersuchungsflächen Durchführung der Mahdgutübertragungen
	DEGES GmbH Zimmerstraße 54 10117 Berlin	MÜ	Auftraggeber der Mahdgutübertragung im Rahmen der A/E-Maßnahme
	DVL, Projekt „Artenreiches Grünland in Sachsen“ Lange Str. 43 01796 Pirna	MÜ	Beratung bei der praktischen Durchführung der Mahdgutübertragungen
	Gartenbaubetrieb Familie Dietze Gartenstr. 12 01156 Dresden	MÜ	stellt Material für die Untersuchungen des Diasporengehalt des Mahdguts zur Verfügung
	Grüne Liga e.V. Projekt Streuobstwiesen Schützengasse 16 – 18 01067 Dresden	PK MÜ	Zurverfügungstellung von Technik für die Mahd der Untersuchungsflächen
	Plan-T Wichernstraße 1b 01445 Radebeul	MÜ	Planung der Mahdgutübertragungen für die DEGES GmbH
	Forstbaumschule „Fürst Pückler“ Dorfstraße 15b 04924 Bad Liebenwerda	MÜ	Vorbereitung der Auftragsflächen vor der Mahdgutübertragung
	Landesverein Sächsischer Heimatschutz e.V. Wilsdruffer Straße 11/13 01067 Dresden	PK	Eigentümer der phänologischen Untersuchungsflächen im Raum Oelsen
	Förderverein für die Natur des Osterzgebirges e.V. Bielatalstr. 14 01768 Bärenstein	PK	Pflege von 4 phänologischen Untersuchungsflächen
	Naturschutzgroßprojekt "Bergwiesen im Osterzgebirge" Am Bahnhof 1 01773 Kurort Altenberg	PK	Koordination der Pflege der phänologischen Untersuchungsflächen im Raum Geising / Altenberg
	Grüne Liga Osterzgebirge e.V. Große Wassergasse 17 01744 Dippoldiswalde	PK	Pflegt 2 der phänologischen Untersuchungsflächen

8. Öffentlichkeitsarbeit

8.1. Allgemeine Öffentlichkeitsarbeit

Präsentation des Projektes und dessen Ergebnisse:

- Workshop des E+E Projekts „Grünlandverbund Osterzgebirge (Oelsen)“ mit regionalen und überregionalen Akteuren
- Jahrestagung der AG Renaturierung der GfÖ-Tagung 2008 in Bernburg mit einem Poster
- Niederlausitzer Botanikertagung 2008 in Cottbus. Ähnliche Probleme bei der Pflege und Renaturierung bei den Brenndolde-Auwiesen der Havel wurden dabei diskutiert.

Ein Erfahrungsaustausch zum Projekt und zu Pflege- und Renaturierungsmaßnahmen fand mit folgenden Projekten statt:

- „Wiederherstellung und Neuschaffung artenreicher Mähwiesen durch Mähgut-Aufbringung – ein Beitrag zum Naturschutz in intensiv genutzten Landschaften“
(Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Prof. R. Buchwald)
- DBU Grünlandprojekt Biosphärenreservat Rhön
- „Nachhaltiges Bergwiesenmanagement im Zittauer und Lausitzer Gebirge (Machbarkeitsstudie)“
- DVL Landesbüro Sachsen, Projekt "Biodiversität im Sächsischen Offenland"

8.2. Abschlussworkshop

Am 19.03.2010 fand am Institut für Botanik der TU Dresden ein Abschlussworkshop zum Projekt statt. Der Titel der Veranstaltung war "Wann mähen? Der richtige Termin für Pflege und Renaturierung von (Berg-) Wiesen".

Zu dem Workshop konnten 60 Teilnehmer aus 3 Nationen und 8 Bundesländern begrüßt werden. Es gab Beiträge von insgesamt 12 Referenten zu den Themenbereichen phänologisch bestimmte Mahdtermine, Mahdtermine bei der Renaturierung und Mahdtermine bei der praktischen Wiesenpflege.

Im Rahmen des Workshops wurde auch das DBU-Projekt vorgestellt und die erhobenen phänologischen Daten intensiv diskutiert.

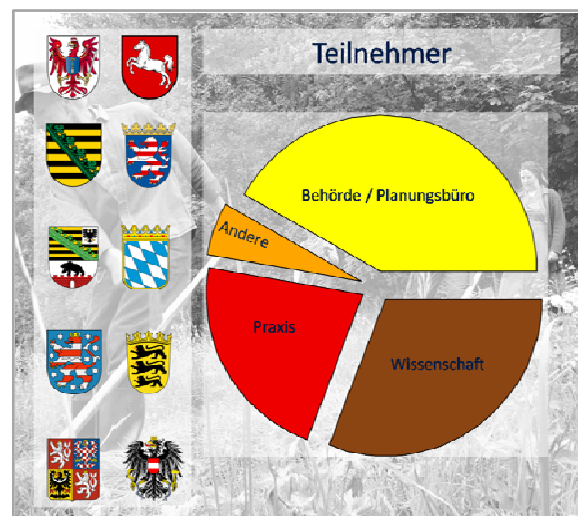


Abbildung 31: Zusammensetzung der Teilnehmer des Abschlussworkshops

9. Ausblicks

Während der Laufzeit des Projektes wurden umfangreiche Datensätze unter anderem zur Phänologie der Wiesenarten, zur Temperaturlausstattung der Untersuchungsflächen, zur Sukzession auf Mahd-
gutauftragsflächen erhoben. Diese Daten konnten bis jetzt nur teilweise ausgewertet werden. Die Analyse dieser Daten soll jedoch unabhängig vom Projektzeitraum fortgeführt werden.

Das Monitoring der Auftragsflächen am Ehrlichteich soll ebenso soweit wie möglich fortgeführt werden, um den Fortgang der initiierten Wiesenentwicklung weiter verfolgen zu können.

Eine Fortführung oder Ausdehnung der phänologischen Erfassungen ist indes ohne institutionelle und finanzielle Unterstützung nicht möglich.

Insbesondere die Daten zur Phänologie werden für zukünftige gemeinsame Auswertungen gerne jederzeit zur Verfügung gestellt. Insbesondere bei der Ableitung von Mahdterminen und Indikatorarten kann gerne jederzeit Unterstützung gegeben werden. Erste Kontakte diesbezüglich zum Beispiel zum LfULG in Sachsen wurden auf dem Abschlussworkshop bereits geknüpft.

Es ist vorgesehen, die Ergebnisse des Projektes in der unmittelbaren Zukunft in den einschlägigen Fachzeitschriften zu veröffentlichen und so auch zur stärkeren Verbreitung der gewonnenen Erkenntnisse beizutragen.



Abbildung 32: Blühende Bergwiese am Geisingberg

10. Literaturverzeichnis

- BIEWER, H. & POSCHLOD, P. (1997): Regeneration artenreicher Feuchtwiesen im Federseeried – Vegetation, Standorte und Bestandsdynamik nach Diasporeneintrag, Veröffentlichungen der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Projekt Angewandte Ökologie
- BISCHOFF, A., (2002): Dispersal and establishment of floodplain grassland species as limiting factors in restoration. - *Biological Conservation* 104: 25-33.
- BISCHOFF, A.; CRÉMIEUX, L. ; SMILAUEROVA, M.; LAWSON, C.L.; MORTIMER, S.R.; DOLEZAL, J.; LANTA, V.; EDWARDS, E.A.; BROOK, A.J.; MACEL, M.; LEPS, J.; STEINGER, T. & MÜLLER-SCHÄRER, H. (2006): Detecting local adaptation in widespread grassland species – the importance of scale and local plant community (in press)
- BÖHNERT, W. & HEMPEL, W. (1987): Nutzungs- und Pflegehinweise für die geschützte Vegetation des Graslandes und der Zwergstrauchheiden Sachsens, *Naturschutzarbeit in Sachsen* 29: 3-14
- BOSSHARD, A.J. (1998): Renaturierung artenreicher Wiesen auf nährstoffreichen Böden - Ein Beitrag zur Optimierung der ökologischen Aufwertung der Kulturlandschaft und zum Verständnis mesischer Wiesen-Ökosysteme, *Dissertationes Botanicae* Bd. 303
- CHEN, X. (1994): Untersuchungen zur zeitlich-räumlichen Ähnlichkeit von phänologischen und klimatischen Parametern in Westdeutschland und zum Einfluß geoökologischer Faktoren auf die phänologische Entwicklung im Gebiet des Taunus, *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* 189
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie, Stuttgart: Ulmer
- DIERSCHKE, H. (1995): Phänologische und symphänologische Artengruppen von Blütenpflanzen Mitteleuropas, *Tuexenia* 15: 523-560
- DIERSCHKE, H. & BRIEMLE, G. (2008): Kulturgrasland : Wiesen, Weiden und verwandte Staudenfluren ; Stuttgart : Ulmer , 2008. - 239 S.
- ELLENBERG, H. & WEBER, H.E. & DÜLL, R. & WIRTH, W. & WERNER, W. (2003): Zeigerwerte der Pflanzen in Mitteleuropa, *Script Geobotanica* XVIII
- GEIGER, R. (1961): Das Klima der bodennahen Luftschichten – Ein Lehrbuch der Mikroklimatologie, Friedr. Vieweg & Sohn Braunschweig 1961 4. neubearbeitete und erweiterte Auflage
- GLOVER, B. J. (2007): Understanding flowers and flowering : an integrated approach - 1. publ. Oxford : Oxford University Press , 227 S.
- HACHMÖLLER, B. (2000): Vegetation, Schutz und Regeneration von Bergwiesen im Osterzgebirge – eine Fallstudie zu Entwicklung und Dynamik montaner Grünlandgesellschaften, *Dissertationes Botanicae* Band 338
- HACHMÖLLER, B. & BÖHNERT, W. & P.A. SCHMIDT (2003): Vegetationsentwicklung von Bergwiesen-Regenerationsflaechen am Geisingberg im Osterzgebirge - Bewertung mit Hilfe vegetationskundlicher Dauerbeobachtungsflaechen. – *Hercynia* 36/2: 171-195
- HAPPEL, E. & NOWAK, B. (2000): Blüh- und Fruchtphänologie von Pflanzen magerer Wiesen im Oberwald des Vogelsberges (Hessen). *Botanik und Naturschutz in Hessen* 12: 55-90.
- HÖLZEL, M., (2005): Anhang zum Zwischenbericht 2004 Projektteil I 1.6 „Vegetationskundliche Untersuchungen“ im Rahmen des Erprobungs- und Entwicklungsvorhabens „Grünlandverbund Osterzgebirge am Beispiel des Oelsener Gebietes“, pp. 51, Dresden.
- HÖLZEL, N. & OTTE, A. (2003): Restoration of a species-rich flood meadow by topsoil removal and diaspore transfer with plant material. – *Applied Vegetation Science* 6: 131-140.
- HÖLZEL, N. (2000): Renaturierung von Stromtalwiesen durch Oberbodenabtrag und Mahdgutübertragung. – *Verh. Ges. Ökol.* 30: 114
- HÖLZEL, N. & OTTE, A. (2003): Restoration of a species-rich flood meadow by topsoil removal and diaspore transfer with plant material. – *Applied Vegetation Science* 6: 131-140.

- HUNDT, R. (1965): Die Geisingbergwiesen im Osterzgebirge. – Berichte der Arbeitsgemeinschaft sächsischer Botaniker. Neue Folge V/VI (1963/64) Heft 1: 155-181
- JACKEL, A.K. (1999): Strategien der Pflanzenarten einer fragmentierten Trockenrasengesellschaft, Dissertationes Botanicae Band 309: 253 S.
- KIEHL, K. & WAGNER, CH. (2006): Effect of Hay Transfer on Long-Term Establishment of Vegetation and Grasshoppers on Former Arable Fields. – Restoration Ecology 14, 1: 157-166.
- KIRMER, A. & TISCHEW, S. (2006): Handbuch naturnahe Begrünung von Rohböden. – Teubner-Verlag.
- KLOTZ, S., KÜHN, I. & DURKA, W. [HRSG.] (2002): BIOLFLOR - Eine Datenbank zu biologisch-ökologischen Merkmalen der Gefäßpflanzen in Deutschland. - Schriftenreihe für Vegetationskunde 38. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- KRAUTZER, B. (1999): Standortgerechte Saatgutmischungen zur Wiederbegrünung in Hochlagen. Halten sie, was sie versprechen? – Tagungsband XXIX. Internationales Rasenkolloquium 1999. Celerina, Schweiz, 55.
- KUDO, G. (2006): "Flowering phenologies of animal pollinated plants: reproductive strategies and agents of selection in LAWRENCE D. H. (ed.) (2006): Ecology and evolution of flowers, Oxford Univ. Press: 139-158
- LOSVIK, M. H., and I. AUSTAD, (2002): Species introduction through seeds from an old, species-rich hay meadow: Effects of management. - Applied Vegetation Science 5: 185-194.
- MANNSELD, K. & H. RICHTER (1995): Naturräume in Sachsen. Forschungen zur Deutschen Landeskunde. Bd. 238. Zentralausschuß für deutsche Landeskunde, Selbstverlag, Trier. - 228 S.
- MENZER, H. (2003): Erste Erfahrungen im Naturschutzgroßprojekt „Bergwiesen im Osterzgebirge“. – Naturschutzarbeit in Sachsen 45: 35-42
- MOLDER, F. (1997): Begrünungen mit samenreifem Heu zur Umgehung der Ökotypenproblematik bei der Anlage artenreicher Grünlandbestände im Landschaftsbau. – Rasen Turf Gazon 3: 64-81.
- NOBIS, M. (2005): SideLook 1.1 - Imaging software for the analysis of vegetation structure with true-colour photographs; <http://www.appleco.ch>.
- NOWAK, B. & SCHULZ, B (2002): Wiesen. Nutzung, Vegetation, Biologie und Naturschutz am Beispiel der Wiesen des Südschwarzwaldes und Hochrheingebietes., Hrsg.: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. Verlag Regionalkultur, 368 S. Ubstadt-Weiher
- PATZELT, A. (1998): Vegetationsökologische und populationsbiologische Grundlagen für die Etablierung von Magerwiesen in Niedermooren. – Diss. Bot. 297, Cramer, Stuttgart
- PATZELT, A.; WILD, U. & PFADENHAUER, J. (2001): Restoration of wet fen meadows by topsoil removal: vegetation development and germination biology of fen species. – Restoration Ecology 9: 127-136.
- PFADENHAUER, J. & MILLER, U. (2000): Verfahren zur Ansiedlung von Kalkmagerrasen auf Ackerflächen. – Angewandte Landschaftsökologie 32: 37-87.
- RASRAN, L., K. VOGT and K. JENSEN, (2006): Seed content and conservation evaluation of hay material of fen grasslands. - Journal for Nature Conservation 14: 34-45.
- RENNWALD, E. (2000): Verzeichnis und Rote Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands, Schriftenreihe für Vegetationskunde 35
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2009). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- RICHTER, F. (2005): Die Phänologie von Arten montaner Grünlandgesellschaften im Osterzgebirge im Hinblick auf die Entwicklung eines phänologischen Indikatorsystems zur Optimierung eines naturschutzgerechten Mahdtermins, unveröffentlichte Diplomarbeit TU Dresden
- RICHTER, F. & ZÖPHEL, B. (2006) : Ausweisung von symphänologischen Gruppen montaner Grünlandgesellschaften des Osterzgebirges mittels Clusteranalyse, Hercynia 39: 51-68
- STÖHR (2002): Zur Phänologie von Streuwiesen des Unterberg-Gebietes (Salzburger Alpenrand), 10. Österreichisches Botanikertreffen 30. Mai – 1. Juni 2002: 121-122

- THOMPSON, K. & BAKKER, J.P. & BEKKER, R.M. (1997): The soil seed banks of North West Europe: methodology, density and longevity, Cambridge University Press
- TRÄNKLE, U. (2002): sieben Jahre Mähgutflächen. Sukzessionsuntersuchungen zur standorts- und naturschutzrechtlichen renaturierung von Steinbrüchen durch Mähgut – 1992-1998. – Themenhefte der Umweltberatung im ISTE Baden-Württemberg e.V. Heft 1: 1-56.
- WAESCH, G. (2003): Montane Graslandvegetation des Thüringer Waldes: Aktueller Zustand, historische Analyse und Entwicklungsmöglichkeiten, CUVILLIER VERLAG, Göttingen
- WEGENER, U. (ed.) (1998): Naturschutz in der Kulturlandschaft, Jena; Stuttgart; Lübeck; Ulm: G. Fischer
- WISMUT (2005): Testfläche für alternative Begrünungsverfahren angelegt, Wismutnews (www.wismut.de)
- ZEHM, A. & NOBIS, M. & SCHWABE, A. (2003): Multiparameter analysis of vertical vegetation structure based on digital image processing, Flora 198: 142-160
- ZIEVERINK, M. & HACHMÖLLER, B. (2003): Populationsökologische Untersuchungen an ausgewählten Zielarten des Grünlandes im Osterzgebirge als Grundlage für Schutzmaßnahmen. - Hercynia N.F. 36: 75-89.
- ZÖPHEL. B. (2001): Zwischenbericht des E+E Vorhabens „Regeneration montanen Grünlandes im Osterzgebirge“, Teilprojekt Diasporenökologie, unveröffentlicht
- ZÖPHEL. B. (2004): Zwischenbericht des E+E Vorhabens „Regeneration montanen Grünlandes im Osterzgebirge“, Teilprojekt Diasporenökologie, unveröffentlicht

11. Anhang

11.1. Blühgruppen

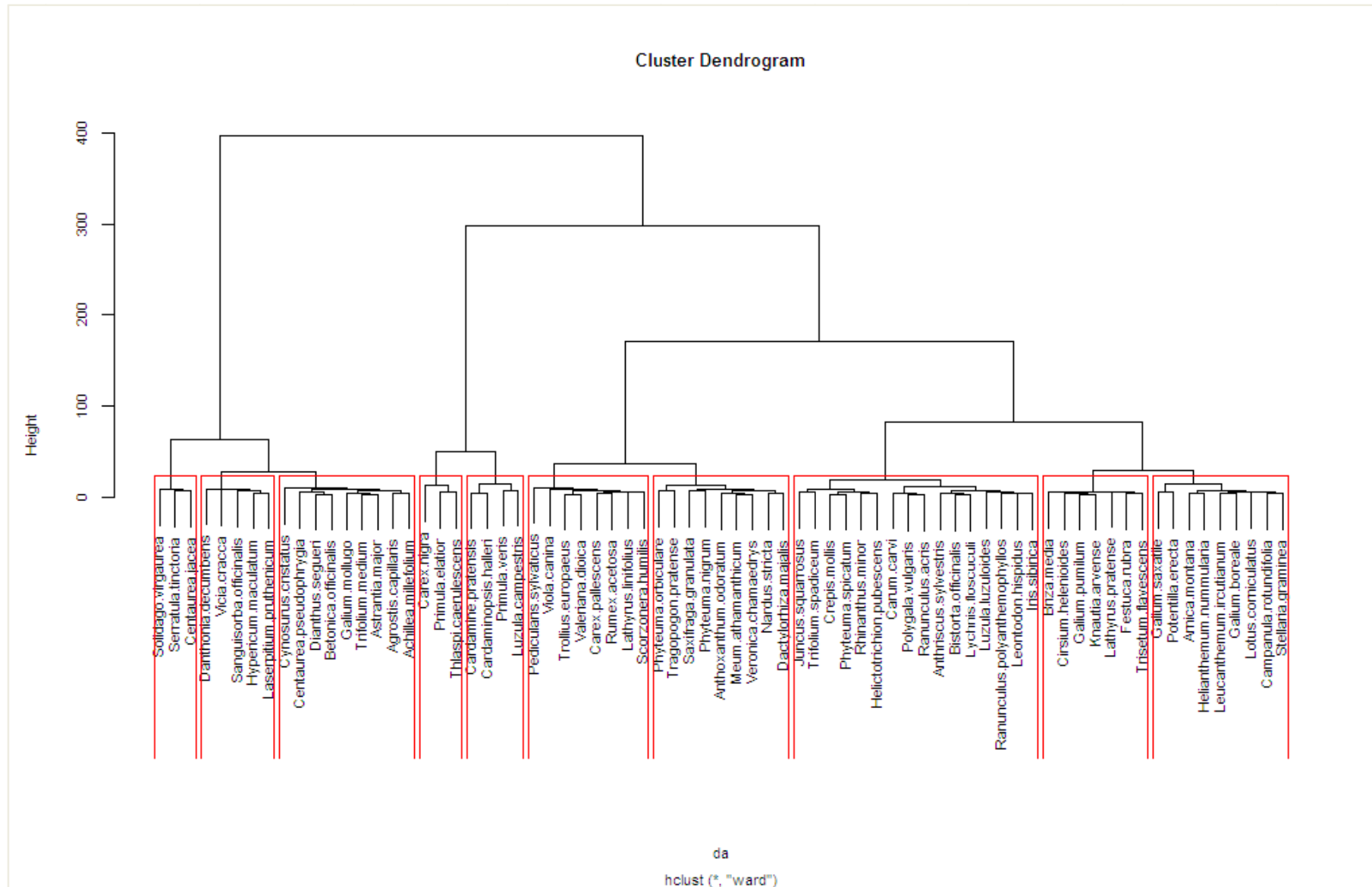


Abbildung 1: Dendrogramm zu den Blühgruppen

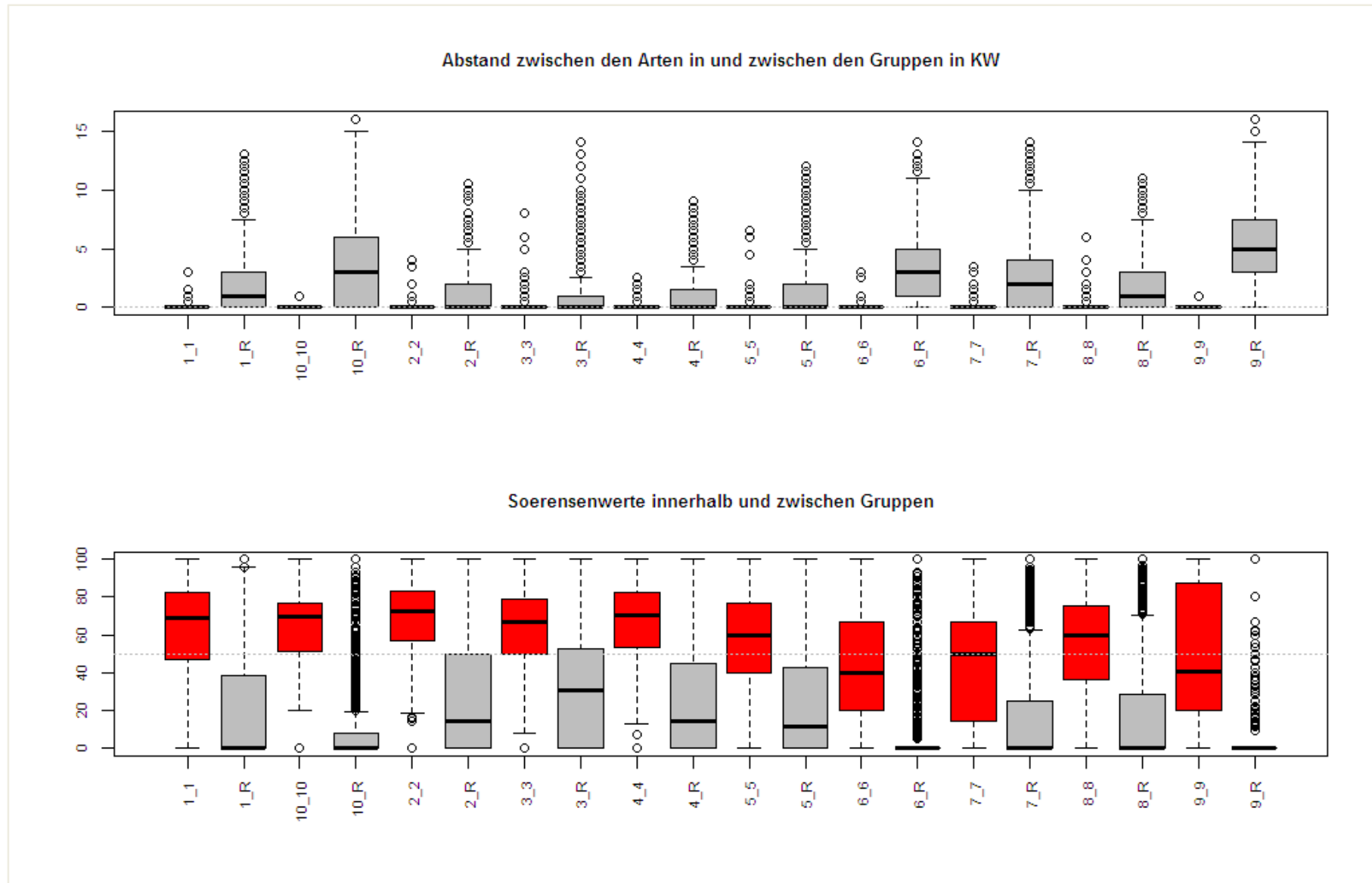


Abbildung 2: Boxplotdarstellung der original Soerensen- und Distanzwerte für die Blühgruppen

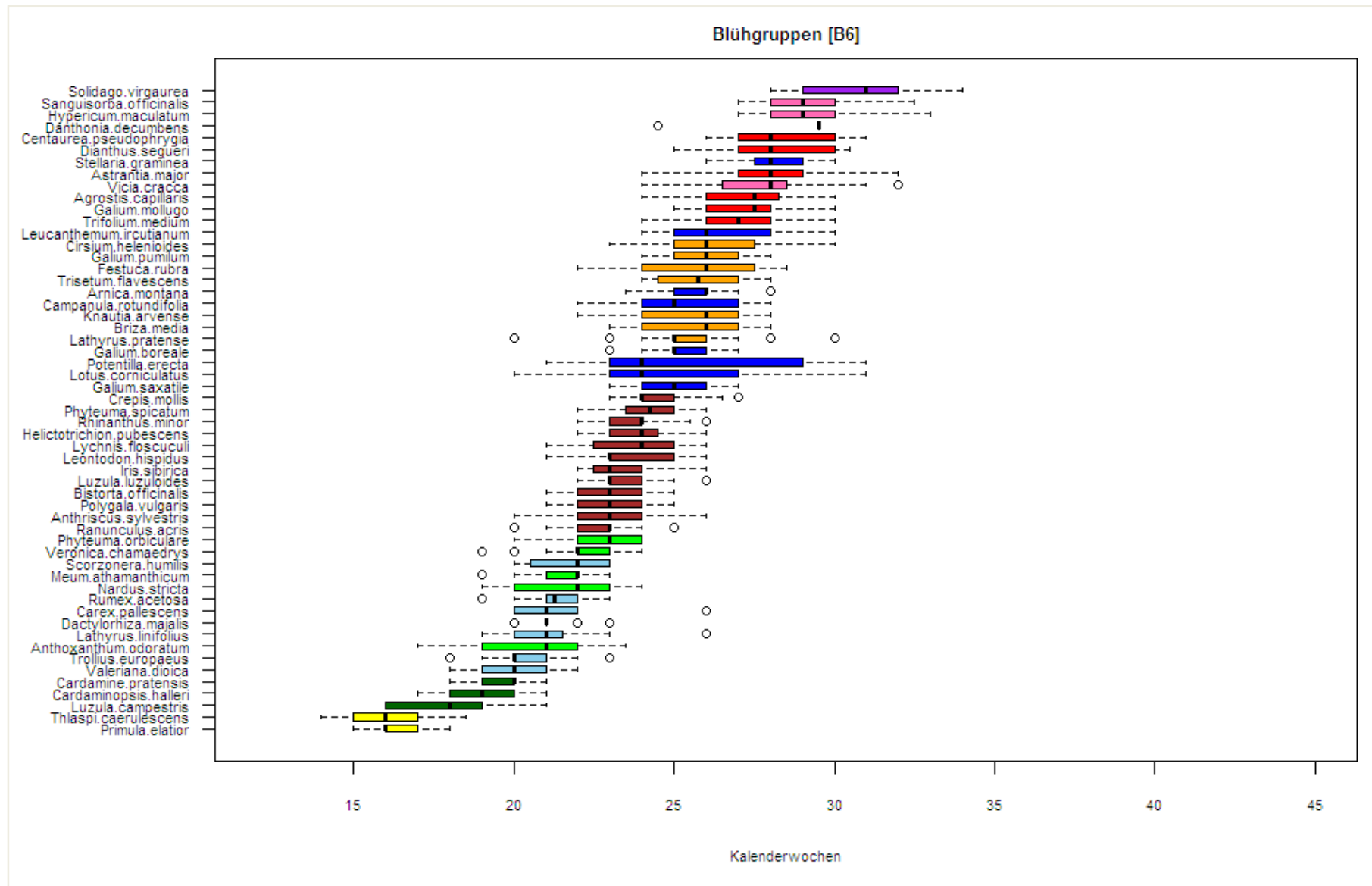


Abbildung 3: Zeitliche Abfolge der Blühgruppen entsprechend dem Beginn der Vollblüte (B6)

11.2. Fruchtgruppen

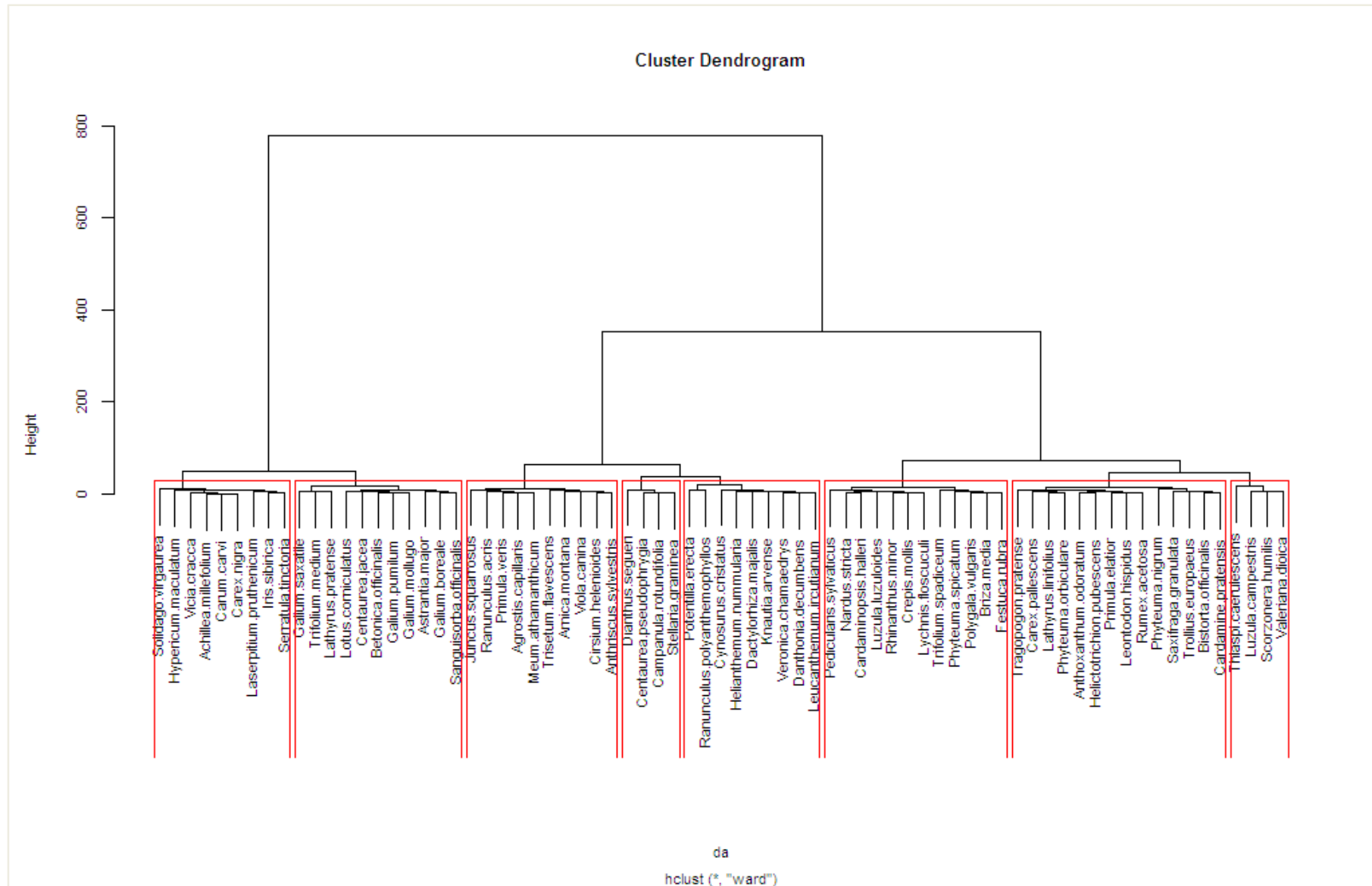


Abbildung 4: Dendrogramm für die Fruchtgruppen

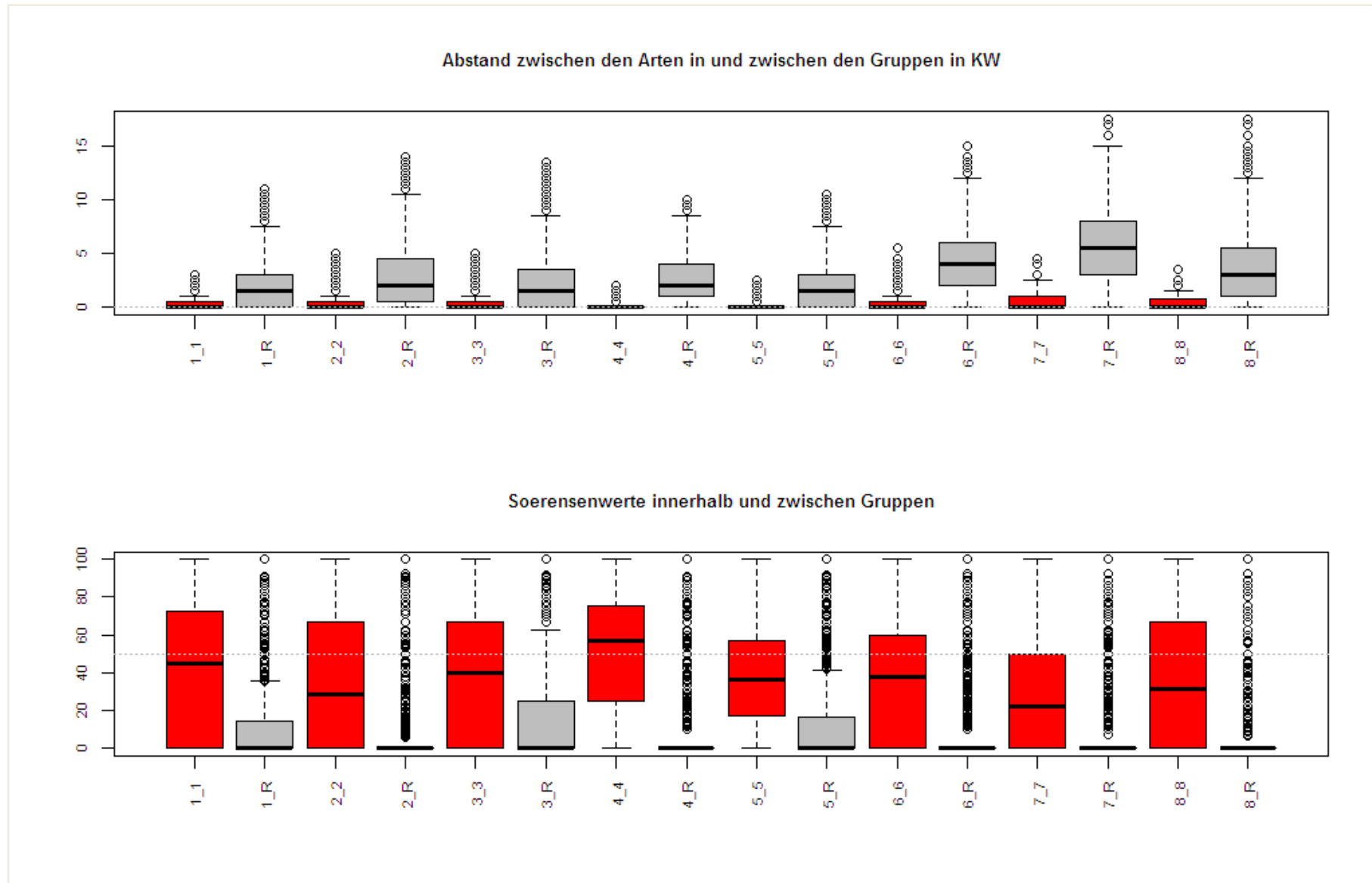


Abbildung 5: Boxplotdarstellung der original Soerensen- und Distanzwerte für die Fruchtgruppen

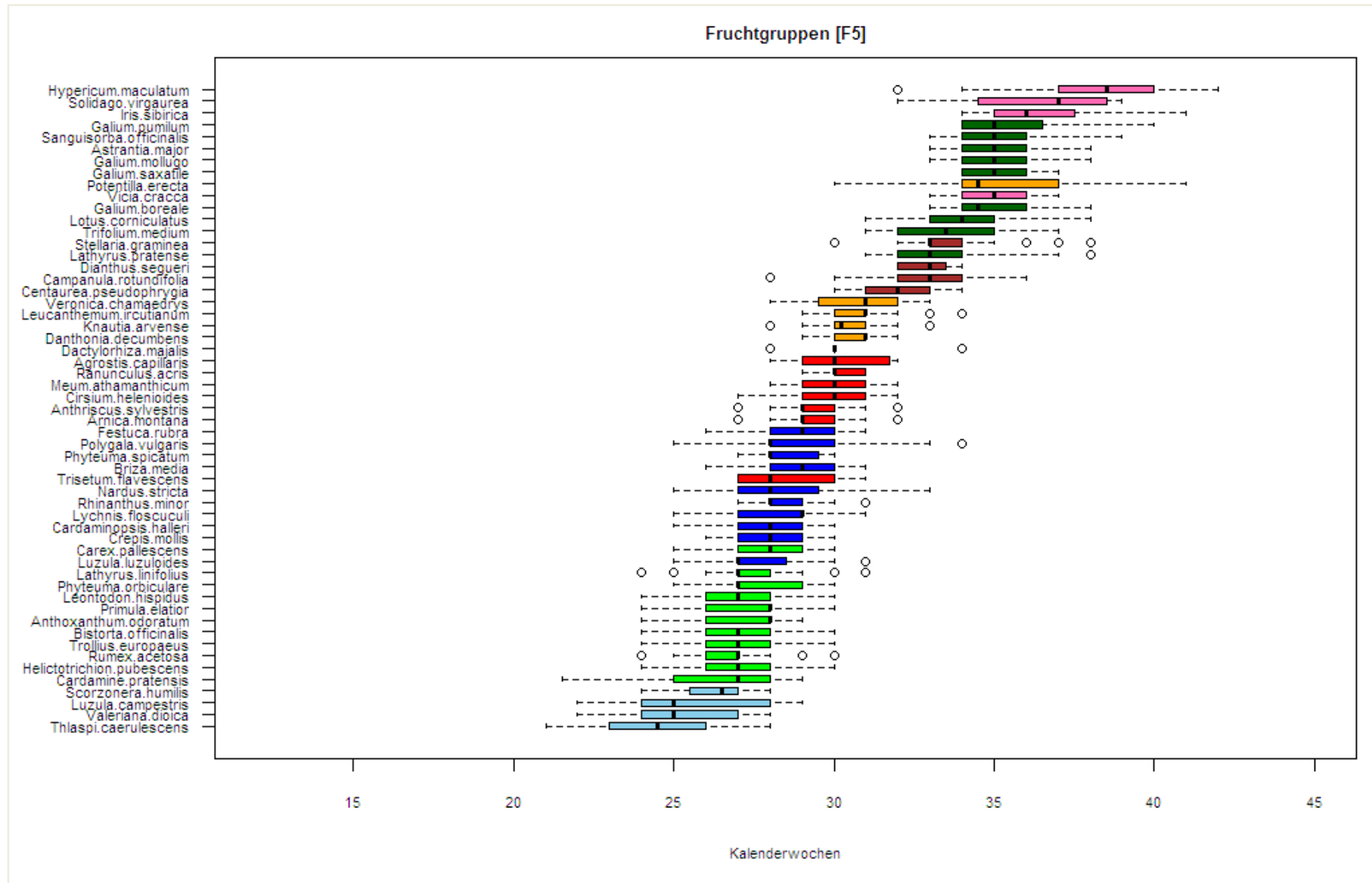


Abbildung 6: zeitlicher Ablauf der Fruchtgruppen entsprechend dem Beginn der Vollreife (F5)

11.3. Ausstreugruppen

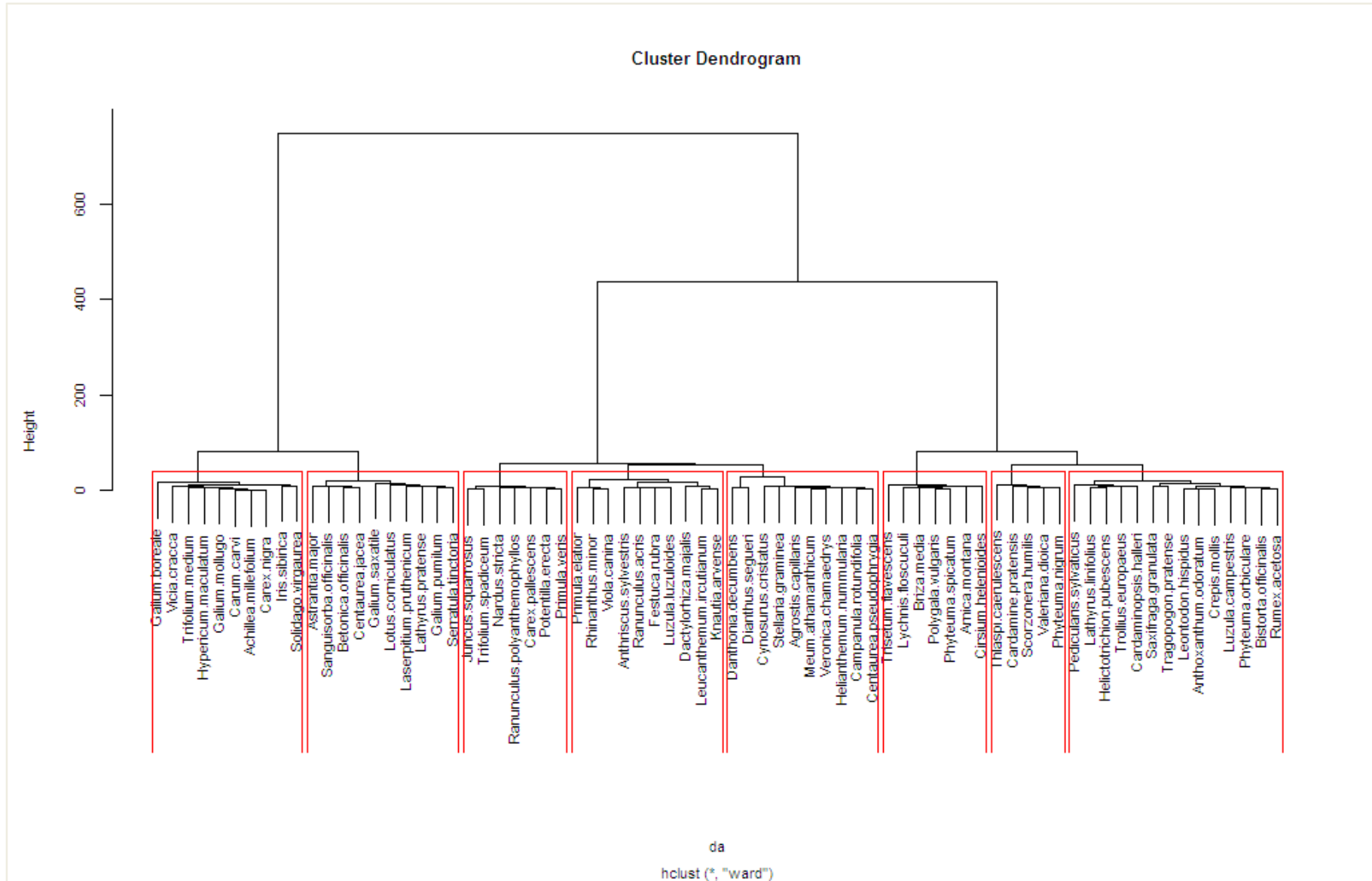


Abbildung 7: Dendrogramm zu den Ausstreugruppen

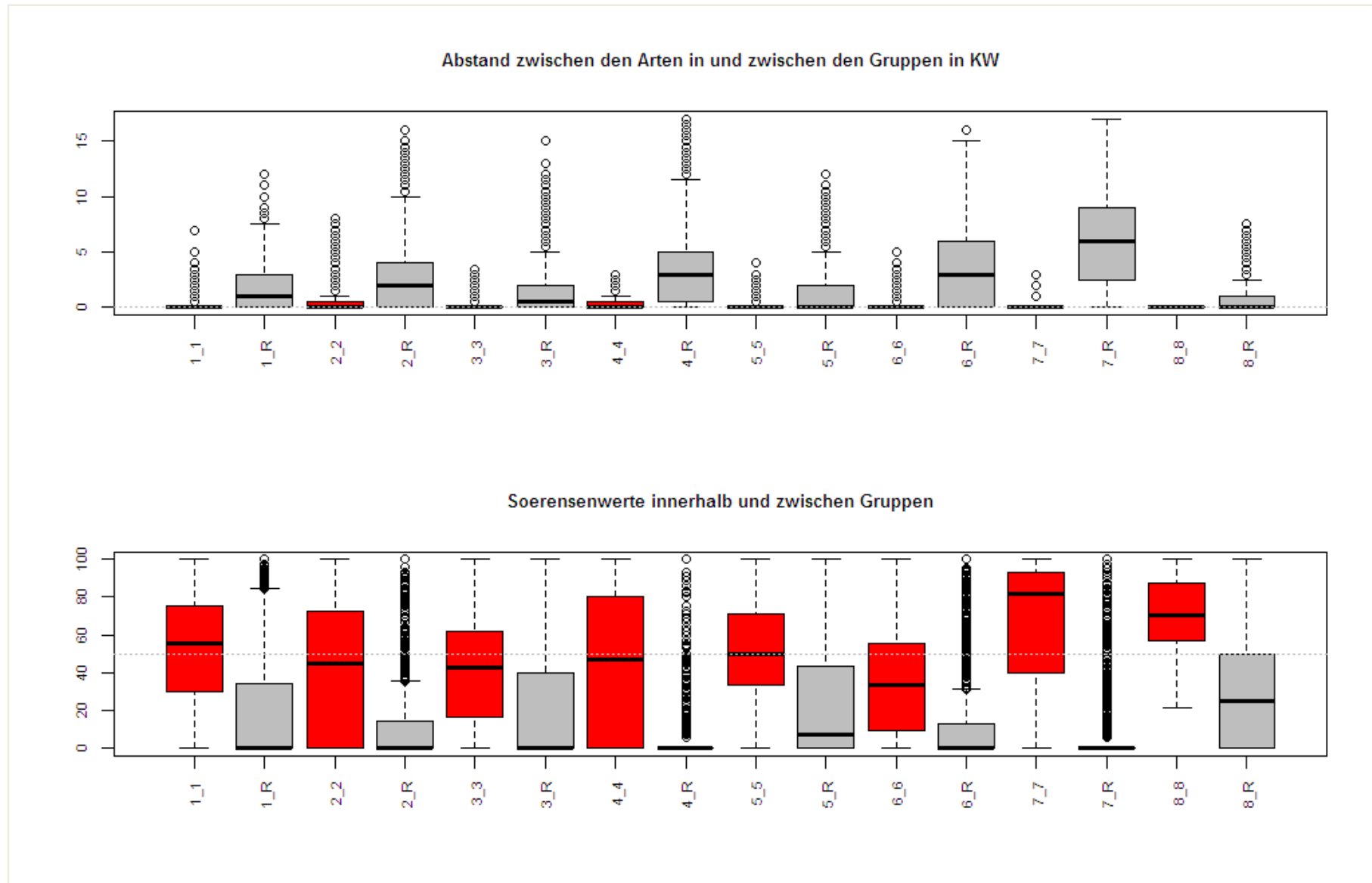


Abbildung 8: Boxplotdarstellung der original Soerensen- und Distanzwerte für die Ausstreugruppen

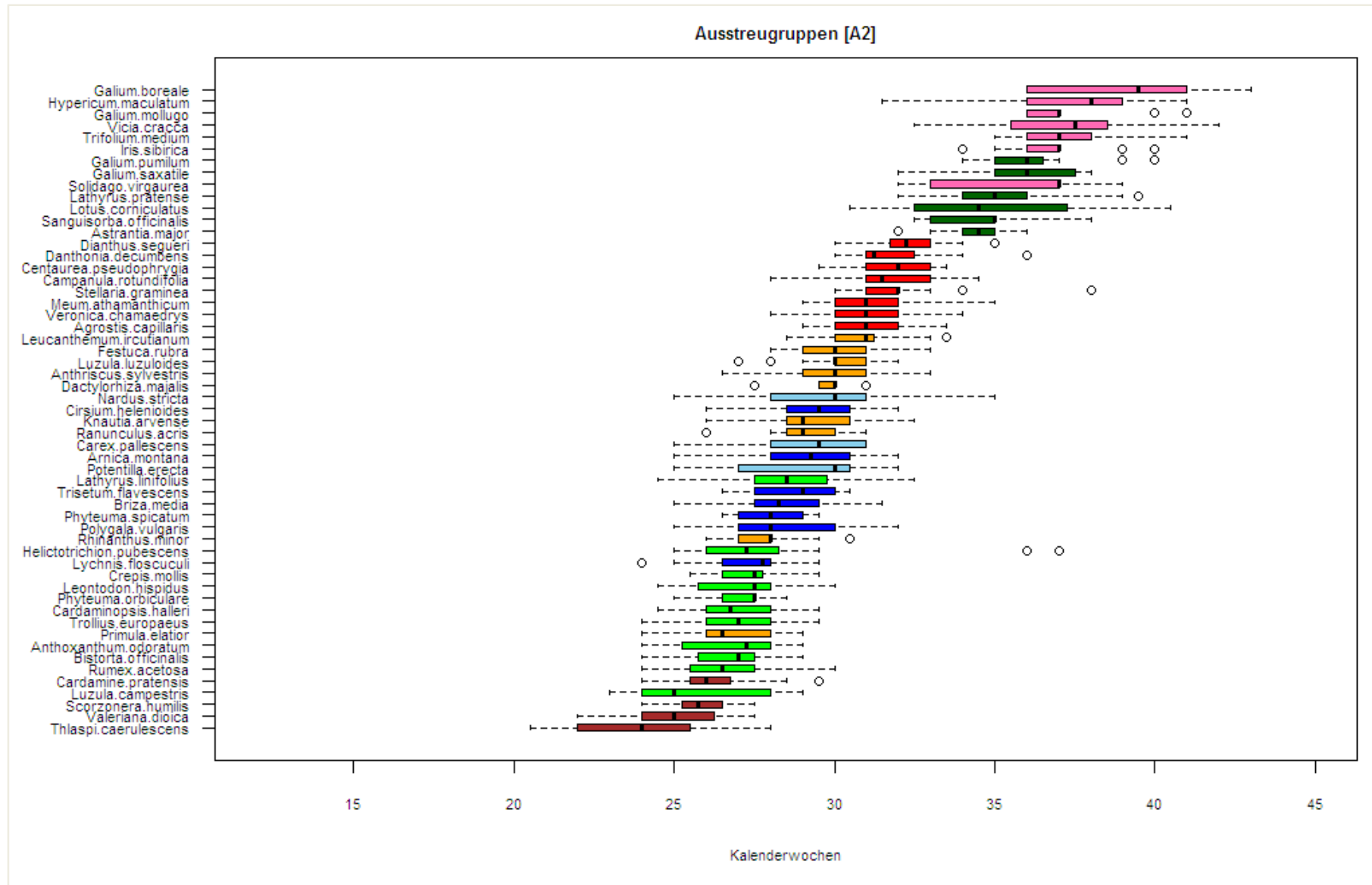


Abbildung 9: zeitlicher Ablauf der Ausstreugruppen entsprechend dem Beginn der Ausstreue (A2)

11.4. Darstellung der Phänologie auf dem Zeitstrahl

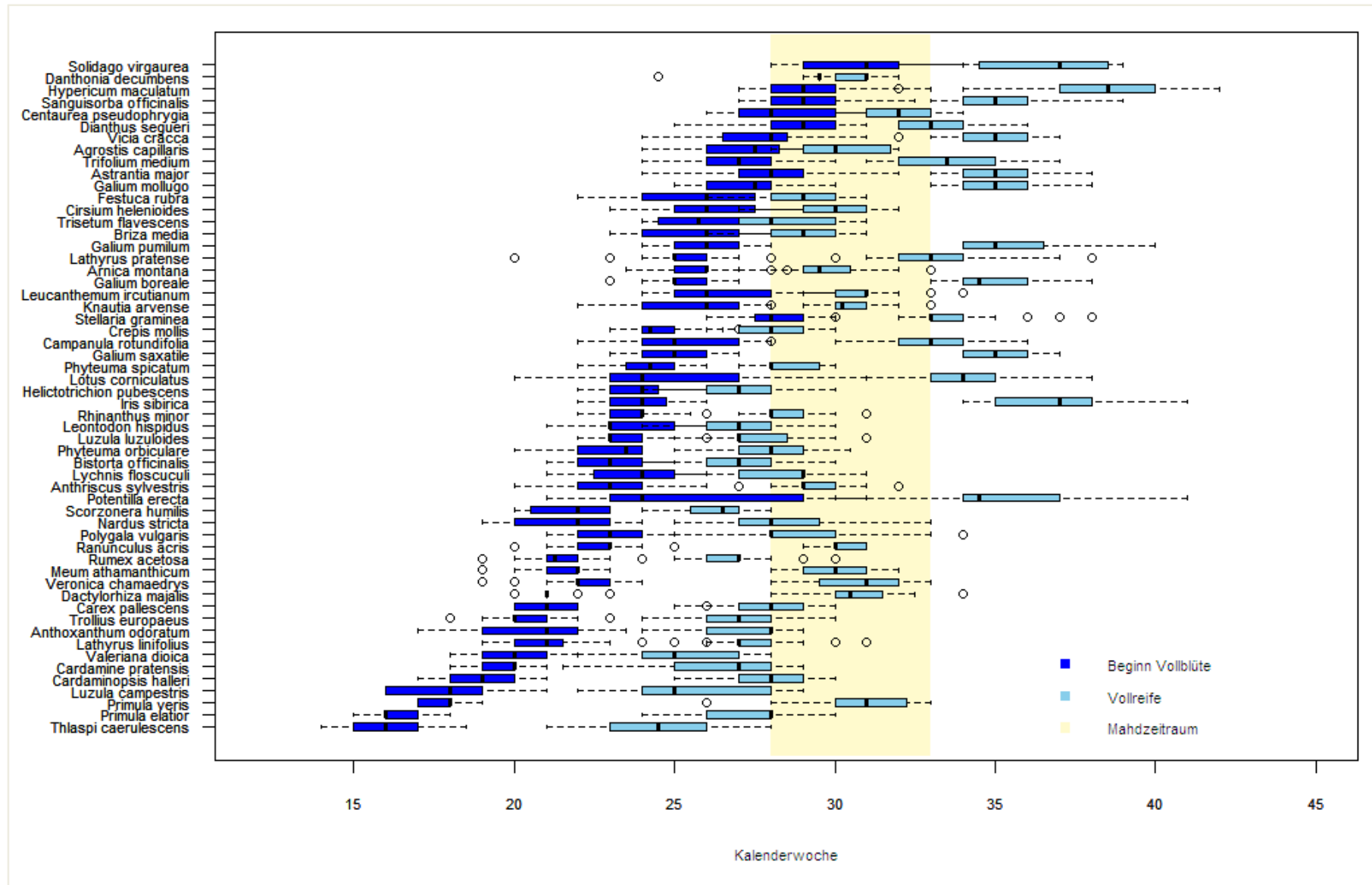


Abbildung 10: Darstellung von dem Beginn der Vollblüte (B6) und dem Beginn der Vollreife (F5) auf dem Zeitstrahl

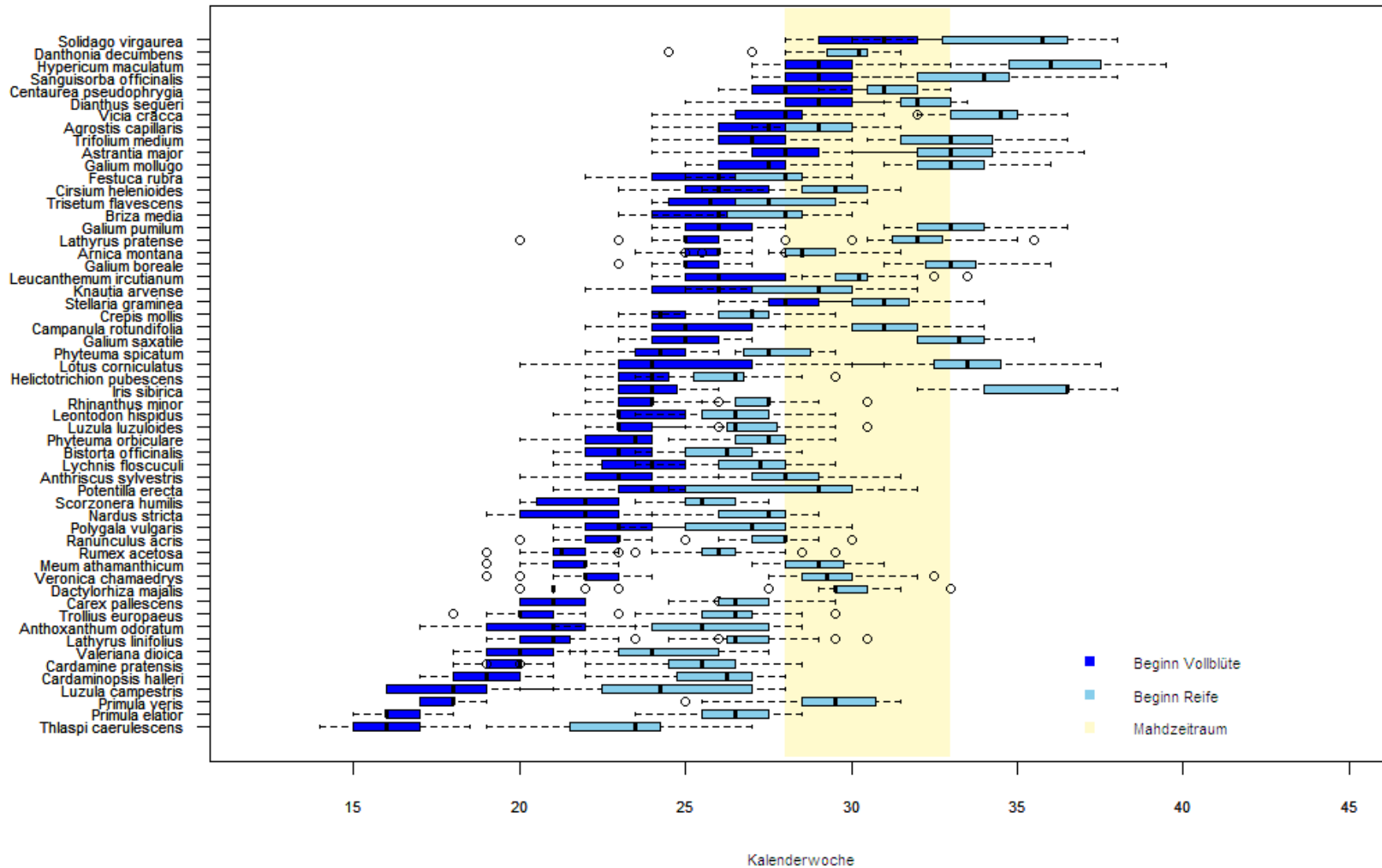


Abbildung 11: Darstellung von dem Beginn der Vollblüte (B6) und dem Beginn der Reife (F2) auf dem Zeitstrahl

11.5. tabellarische Darstellung wichtiger phänologischer Kennwerte für die erfassten Arten

Art	B3	B6	B7	F2	F5	A2	A6	B3-B6	DB6	DB	B3-F2	F2-F5	B3-F5	F2-A2	A2-A6	B3-A2	BlühG.	FruchtG.	AusstreUG.	Wiese	Jahre
<i>Achillea.millefolium</i>	26,5	27	30	34	37	38	39	1	4	NA	NA	3	NA	4	1	NA	1	7	7	2	2
<i>Agrostis.capillaris</i>	27	27,5	28	29	30	31	33	0,5	1	1,5	2,5	1	3,5	1,5	3	4,5	1	1	1	16	4
<i>Anthoxanthum.odoratum</i>	20	21	24	25,5	28	27,25	28,5	1	4	4,5	6	1	7,5	1	2	7	2	2	2	15	4
<i>Anthriscus.sylvestris</i>	21,5	23	26	28	29	30	34	1	3	4,5	7	1	8	1,5	4	8,5	4	1	5	13	3
<i>Arnica.montana</i>	24,5	26	27	28,5	29	29,25	30	1	1,5	2,75	4,5	0,5	5	0,5	0,5	4,75	3	1	3	6	4
<i>Astrantia.major</i>	26,5	28	31	33	35	34,5	37	2	3	5	7	2	9	1	2,5	8	1	6	6	7	4
<i>Betonica.officinalis</i>	27	29	31	33,25	35	34,25	42	1,75	2,5	4,25	6,75	1	8,25	1	7,5	8,5	1	6	6	4	4
<i>Bistorta.officinalis</i>	22,5	23	26	26,25	27	27	28	0,5	3	3,5	3,5	1	4,5	0,5	1,5	4	4	2	2	13	4
<i>Briza.media</i>	25,5	26	27	28	29	28,25	30,5	0,5	1	1,5	2,5	1	3,5	1	1,5	3,5	5	3	3	11	4
<i>Campanula.rotundifolia</i>	24	25	30	31	33	31,5	33	2	4	7	7,5	1	9	0	1,5	8	3	4	1	16	4
<i>Cardamine.pratensis</i>	19	20	21	25,5	27	26	27	1	2	3	6,5	1	8	0	1	7,5	6	2	4	15	4
<i>Cardaminopsis.halleri</i>	18	19	21	26,25	28	26,75	29	1	1	2,5	8,5	2	10	1	1	9	6	3	2	6	4
<i>Carex.nigra</i>	NA	17	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	9	7	7	1	1
<i>Carex.pallescens</i>	19,75	21	22	26,5	28	29,5	40	0,5	2	2,5	6,25	1	7,5	2,5	11	9	8	2	8	10	4
<i>Carum.carvi</i>	23	24	25	NA	NA	NA	NA	1	1	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	4	7	7	1	2
<i>Centaurea.jacea</i>	30	31	33	33,25	34,5	34,5	36	1	2	3	4	0,75	5	0,75	2	5	10	6	6	2	2
<i>Centaurea.pseudophrygia</i>	27	28	31	31	32	32	35	1	2	4	4	1	5	0,5	2	5	1	4	1	14	4
<i>Cirsium.helenioides</i>	25	26	28	29,5	30	29,5	30,5	1	2	2,5	3,5	0,5	4,5	0,5	1	4,5	5	1	3	14	4
<i>Crepis.mollis</i>	23,5	24	26	27	28	27,5	28	1	1	2,5	3,5	1	4,5	0,5	1	3,5	4	3	2	15	4
<i>Cynosurus.cristatus</i>	25,5	26	28	30,25	31	32	33	0,5	1	1,5	3,5	0,75	4,5	1,75	2	5,5	1	5	1	1	2
<i>Dactylorhiza.majalis</i>	20,25	21	24	29,5	30	30	31	1	3	4	9	0,5	9,75	0,5	1	9,5	2	5	5	8	3
<i>Danthonia.decumbens</i>	29,5	29,5	27,5	30,25	31	31,25	42	0	0,5	0,5	1	0,5	2	1	11	2,25	7	5	1	6	4
<i>Dianthus.segueri</i>	27	28	31	31,75	33	32,25	38,5	1	2	4	5	1	6	0,5	6	5,5	1	4	1	8	4
<i>Festuca.rubra</i>	25,5	26	27	28	29	30	35	0,5	1	1,5	1,5	1	3,5	2,5	4	4,5	5	3	5	16	4
<i>Galium.boreale</i>	24,25	25	27,5	33	34,5	39,5	42	1	2,5	3,25	8,5	1,75	10,25	6	2	14,75	3	6	7	5	4
<i>Galium.mollugo</i>	26,25	27,5	29,5	33	35	37	42	1	2	3	7	2,75	9	4	5	11	1	6	7	11	3
<i>Galium.pumilum</i>	25	26	28	33	35	36	42	1	2	3	8	2,75	10,75	3	5	11	5	6	6	9	4
<i>Galium.saxatile</i>	24	25	29	33,25	35	36	42	1	4	6	10	2	12	3	4	13	3	6	6	5	4
<i>Helianthemum.nummularia</i>	23,5	25,25	27	30	31,5	30,5	33,75	2,5	2	4,5	6,5	2	8	2	3	8,25	3	5	1	2	4
<i>Helictotrichion.pubescens</i>	23,5	24	25	26,5	27	27,25	28	0,5	1	1,5	3	0,5	3,5	0,5	1	4	4	2	2	13	4
<i>Hypericum.maculatum</i>	27,5	29	30	36	38,5	38	42	1	1	2,5	7,5	2	10	1	4	9,5	7	7	7	15	4
<i>Iris.sibirica</i>	22,5	23	25	34	36	37	42	0,5	1	2	12,5	1	13,5	1	5,5	13,5	4	7	7	5	4
<i>Juncus.squarrosus</i>	24,75	26	27	30	30,5	31	39	0,75	1	1,75	5	1	6	1,5	8	7	4	1	8	4	4
<i>Knautia.arvensis</i>	24,5	26	28	29	30,25	29	31	1	2	3,5	4,25	1,75	6,5	0,5	2	5	5	5	5	11	3

<i>Laserpitium.pruthenicum</i>	27,5	29,5	32	34,25	35	35	36,5	1,25	3	4,75	6,5	0,75	7,25	0,5	1,5	7,25	7	7	6	2	4
<i>Lathyrus.linifolius</i>	19	21	22	26,5	27	28,5	29	1	2	3	7	0,5	8	1	0,5	9,5	8	2	2	12	4
<i>Lathyrus.pratense</i>	24,5	25	29	32	33	35	36	0,5	4	4,5	7,5	0,5	8,5	3	0,5	10,5	5	6	6	15	3
<i>Leontodon.hispidus</i>	22,5	23	25	26,5	27	27,5	28	0,5	2	3	4	0,5	4,5	0,5	1	4,5	4	2	2	8	4
<i>Leucanthemum.ircutianum</i>	24,5	26	28	30,25	31	31	32	2	2	4	5,5	0,5	6	0,5	1,5	6	3	5	5	15	4
<i>Lotus.corniculatus</i>	22,5	24	30	33,5	34	34,5	36,5	1	5	6,75	10	0,5	11	1,5	1,5	12	3	6	6	12	4
<i>Luzula.campestris</i>	17	18	19	24,25	25	25	28	1	1,5	2	7,5	0,5	8	1	2	8,5	6	8	2	15	3
<i>Luzula.luzuloides</i>	22,5	23	24	26,5	27	30	33	0,5	1	2	4	0,5	4,5	3,5	3	7,5	4	3	5	11	4
<i>Lychnis.flos cuculi</i>	22,5	24	25	27,25	29	27,75	30	1	2	3	4,5	1	5,5	0,5	3	5	4	3	3	17	4
<i>Meum.athamanthicum</i>	20,5	22	25	29	30	31	35	1	3	4	8,5	1	10	2	4	10,5	2	1	1	17	4
<i>Nardus.stricta</i>	21	22	24,5	27,5	28	30	42	0,5	3,5	4,25	6,5	1	7,5	2,25	14	8,5	2	3	8	10	4
<i>Pedicularis.sylvaticus</i>	19,5	20,5	23	27,5	28	27,75	30	1	2	3	8,25	1	9	0,25	1,5	8,5	8	3	2	4	4
<i>Phyteuma.orbiculare</i>	22,5	23	24	26,5	27	27,5	28,5	0,5	1	1,5	4	0,5	5,5	0	1,5	4,75	2	2	2	6	4
<i>Phyteuma.spicatum</i>	23,75	24,25	26	27,5	28	28	30	1	1	2	4	1	5,5	0,5	1,5	5	4	3	3	7	4
<i>Polygala.vulgaris</i>	20,5	23	25	27	28	28	30	2	2	5	5,75	2	8	1	2,5	7	4	3	3	12	4
<i>Potentilla.erecta</i>	22	24	33	29	34,5	30	38	3	10	11	7	5,5	12,25	0	9	7,5	3	5	8	14	4
<i>Primula.elatior</i>	15,25	16	18	26,5	28	26,5	32	1	2	3	11,5	0,5	12	0,5	5,5	12,25	9	2	5	10	4
<i>Primula.veris</i>	17	18	20	28,5	30	30	35,5	1	2,5	3,5	12,5	1,5	14	0,5	5,75	13	6	1	8	4	4
<i>Ranunculus.acris</i>	21	23	25	28	30	29	33	2	2	4,25	7	2	9,75	1,25	4	8,75	4	1	5	15	3
<i>Ranunculus.polyanthemophyllos</i>	23	26	28	30	33	30,75	38	3	2	4,5	7	2	9	0,5	7	7,5	4	5	8	4	1
<i>Rhinanthus.minor</i>	23,5	24	25	27,5	28	28	31,5	1	2	2,5	4,5	0,5	5,5	0,5	4	5	4	3	5	12	4
<i>Rumex.acetosa</i>	20,5	21,25	22	26	27	26,5	27	0,5	1	2	5	0,5	6	0,5	1	5,5	8	2	2	15	3
<i>Sanguisorba.officinalis</i>	27,5	29	32	34	35	35	39	1,5	2	4	6	2	8	1	3	7	7	6	6	8	4
<i>Saxifraga.granulata</i>	21	21,5	24	26	26,5	25,75	27	1	2	3	6	0,75	6,5	0	1,5	5,75	2	2	2	3	3
<i>Scorzonera.humilis</i>	21,5	22	23	25,5	26,5	25,75	27,5	0,5	1,5	2	4	0,5	4,5	0	1,25	4,5	8	8	4	6	4
<i>Serratula.tinctoria</i>	30	31	32	34,5	36	36	39	1,5	2	3	5	1	7	1	3,5	6	10	7	6	3	4
<i>Solidago.virgaurea</i>	30	31	34	35,75	37	37	41	1	3	4	6	1,5	7	0,5	3,5	6,5	10	7	7	6	4
<i>Stellaria.graminea</i>	24	28	31	31	33	32	36	4	3	7	6,5	2,5	9	0,5	4	7	3	4	1	15	4
<i>Thlaspi.caerulescens</i>	15	16	18	23,5	24,5	24	26	1,75	2	3	8	1	9,75	0,5	2	9	9	8	4	9	4
<i>Tragopogon.pratense</i>	22,25	23	24,5	26,5	27	26,5	27,5	1	1,5	2,5	4	0,75	5	0,25	1	4,75	2	2	2	3	2
<i>Trifolium.medium</i>	26,5	27	31	33	33,5	37	42	0,5	4	4,5	6,75	0,5	7,5	4,5	5	11,5	1	6	7	10	4
<i>Trifolium.spadicum</i>	22,75	23,5	25,5	27,25	28	30	34	0,5	2	2,75	4,5	1	6,5	2,5	4	7	4	3	8	4	3
<i>Trisetum.flavescens</i>	25,25	25,75	26,5	27,5	28	29	31	0,5	1	1,5	3	0,5	3,5	0,5	2,5	3,5	5	1	3	10	4
<i>Trollius.europaeus</i>	19,5	20	23	26,5	27	27	29	0,5	2,75	3,25	6,5	0,5	7	0,5	2	7	8	2	2	12	4
<i>Valeriana.dioica</i>	19,5	20	22	24	25	25	27	0,75	3	3,5	5,25	1	6,5	0,5	1,5	6	8	8	4	8	4
<i>Veronica.chamaedrys</i>	21	22	24	29,25	31	31	34	2	1	3	9	1	10	1,5	3	10	2	5	1	15	3
<i>Vicia.cracca</i>	26,5	28	32	34,5	35	37,5	38	0,5	5	6	7,5	0,5	8,5	3	0,5	11	7	7	7	14	3
<i>Viola.canina</i>	19	21	24	29,5	30	29,5	32,5	2	3	5	10,5	0,5	11	0	3	10,5	8	1	5	1	1