



Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald
Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät
Institut für Botanik und Landschaftsökologie

Populationsdynamik und Wiederansiedlungserfolg von *Pulsatilla pratensis*
(L.) MILL. unter unterschiedlichen Habitatbedingungen
- Voruntersuchungen für ein Artenhilfsprogramm -



Diplomarbeit

im

Studiengang Landschaftsökologie und Naturschutz

vorgelegt von

Teresa Kewitsch

Gutachter:

Friedrich Hacker & Prof. Dr. Michael Manthey

Greifswald, April 2007

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
1.1	HINTERGRUND DER ARBEIT.....	1
1.2	FRAGESTELLUNG.....	2
1.3	POPULATIONSBEGRIFF.....	4
2	PULSATILLA PRATENSIS	5
2.1	MORPHOLOGIE UND LEBENSWEISE.....	5
2.2	STANDORTANSPRÜCHE UND LEBENSRAUM	5
2.3	VERBREITUNG	6
3	UNTERSUCHUNGSGBIETE.....	9
3.1	LAGE UND CHARAKTERISIERUNG DER USG	9
3.2	KLIMA UND WITTERUNG	12
3.2.1	<i>Klima</i>	12
3.2.1.1	Klimatische Verhältnisse in den Populationsgebieten.....	12
3.2.1.2	Klimatische Verhältnisse in den Wiederansiedlungsgebieten	13
3.2.2	<i>Witterung im Untersuchungszeitraum</i>	13
4	MATERIAL UND METHODEN.....	15
4.1	KEIMUNGSVERSUCH IM LABOR	15
4.2	AUSWAHL DER UNTERSUCHUNGSGBIETE	16
4.3	ERFASSUNG DER STANDORTSBEDINGUNGEN	17
4.3.1	<i>Relief</i>	18
4.3.2	<i>Klima</i>	18
4.3.2.1	Regionalklima	18
4.3.2.2	Lokalklima	19
4.3.3	<i>Boden</i>	19
4.3.3.1	Wassergehalt.....	20
4.3.3.2	pH-Wert	20
4.3.3.3	Kalkgehalt.....	20
4.3.3.4	Glühverlust.....	21
4.3.3.5	C/N-Verhältnis.....	21
4.3.3.6	Skelettanteil und Korngrößenverhältnis.....	22
4.3.4	<i>Habitatstruktur</i>	22
4.3.5	<i>Vegetation</i>	23
4.4	ERFASSUNG DER POPULATIONSGRÖÖE UND DIASPORENBANK	23
4.5	WIEDERANSIEDLUNGSVERSUCH.....	24
4.5.1	<i>Aussaat</i>	24
4.5.2	<i>Pflanzung</i>	25
4.6	AUSWERTUNG	26
4.6.1	<i>Allgemeines</i>	26
4.6.2	<i>Keimungsversuch</i>	27
4.6.3	<i>Standortsdaten</i>	27
4.6.3.1	Relief-, Boden- und Habitatstrukturparameter	27
4.6.3.2	Vegetation.....	27
4.6.4	<i>Wiederansiedlungsversuch – Statistische Auswertung der Pflanzungsvariante</i>	28
5	ERGEBNISSE	36
5.1	KEIMUNGSVERSUCHE IM LABOR	36
5.1.1	<i>Tausendkorngewichte und Keimungsraten</i>	36
5.1.2	<i>Zusammenhang zwischen Samengewicht und Keimungsrate</i>	38
5.1.3	<i>Einfluß des Kalkzusatzes zum Substrat auf die Keimungsrate</i>	38
5.1.4	<i>Zusammenhang zwischen Populationsgröße und Samengewicht</i>	39
5.2	UNTERSUCHTE POPULATIONEN VON PULSATILLA PRATENSIS IN MECKLENBURG-VORPOMMERN.....	40
5.2.1	<i>Populationsentwicklung und Diasporenbank</i>	40
5.2.2	<i>Standortsbedingungen</i>	43
5.2.2.1	Standort und Relief	43
5.2.2.2	Lokalklima	43

5.2.2.3	Boden.....	43
5.2.2.3.1	Substratzusammensetzung/Bodenart	43
5.2.2.3.2	Wassergehalt	43
5.2.2.3.3	pH-Wert und Kalkgehalt	45
5.2.2.3.4	Nährstoffversorgung.....	45
5.2.2.4	Vegetation und Zeigerwerte.....	46
5.2.2.5	Habitatstruktur	49
5.3	WIEDERANSIEDLUNG	50
5.3.1	<i>Aussaatversuch</i>	50
5.3.2	<i>Auspflanzungsversuch</i>	50
5.3.3	<i>Standortsbedingungen</i>	51
5.3.3.1	Standort/Relief.....	51
5.3.3.2	Lokalklima.....	52
5.3.3.3	Boden.....	53
5.3.3.3.1	Substratzusammensetzung/Bodenart	53
5.3.3.3.2	Wassergehalt	54
5.3.3.3.3	pH-Wert und Kalkgehalt	55
5.3.3.3.4	Nährstoffversorgung.....	56
5.3.3.4	Vegetation und Zeigerwerte.....	57
5.3.3.5	Habitatstruktur	60
5.3.3.6	Multivariate Statistik	62
5.3.3.6.1	Hauptkomponentenanalyse (PCA)	62
5.3.3.6.2	Multiple lineare Regression.....	65
6	DISKUSSION	67
6.1	KEIMUNGSVERSUCHE IM LABOR	67
6.1.1	<i>Verwendetes Material und Stichprobenumfang</i>	67
6.1.2	<i>Zusammenhänge zwischen Populationsgröße, Samengewicht und Keimungsrate</i>	67
6.1.3	<i>Einfluss des Kalkgehaltes im Boden auf die Keimungsrate von <i>Pulsatilla pratensis</i></i>	69
6.1.4	<i>Keimfähigkeit unreifer Samen</i>	69
6.2	ZUSTANDBEWERTUNG DER UNTERSUCHTEN POPULATIONEN VON <i>PULSATILLA PRATENSIS</i> IN MECKLENBURG-VORPOMMERN.....	70
6.2.1	<i>Populationsgröße und Populationsstruktur</i>	71
6.2.2	<i>Standortsbedingungen</i>	72
6.3	STANDÖRTLICHE GEGEBENHEITEN DER WIEDERANSIEDLUNGSGEBIETE IM VERGLEICH ZU DEN POPULATIONSGEBIETEN.....	77
6.4	ERFOLG DER WIEDERANSIEDLUNGSVERSUCHE	79
6.4.1	<i>Erfolg des Aussaatversuches</i>	79
6.4.2	<i>Erfolg des Auspflanzungsversuches</i>	81
6.4.3	<i>Aufwands- und Erfolgsbetrachtung von Aussaat und Pflanzung</i>	87
6.5	EIGNUNG DER WIEDERANSIEDLUNGSGEBIETE FÜR EINE ERFOLGREICHE NEUETABLIERUNG VON <i>PULSATILLA PRATENSIS</i>	88
6.6	DAS OPTIMALE HABITAT FÜR <i>PULSATILLA PRATENSIS</i>	90
7	MÖGLICHE RÜCKGANGSURSACHEN FÜR <i>PULSATILLA PRATENSIS</i> IN MECKLENBURG-VORPOMMERN – RÜCKBLICK AUF DIE HYPOTHESEN	91
7.1	NUTZUNGSAUFGABE UND EUTROPHIERUNG.....	91
7.2	BODENVERSAUERUNG.....	92
7.3	KLIMAWANDEL	92
8	EMPFEHLUNGEN FÜR DAS HABITATMANAGEMENT	93
9	ZUSAMMENFASSUNG	95
10	LITERATURVERZEICHNIS	97

Tabellenverzeichnis

TAB. 2.1 ZEIGERWERTE VON <i>PULSATILLA PRATENSIS</i>	6
TAB. 3.1 REGIONALKLIMATISCHE KENNZEICHNUNG DER UNTERSUCHTEN POPULATIONSGBIETE SOWIE DER ERLOSCHENEN POPULATION MENZLIN.....	12
TAB. 3.2 REGIONALKLIMATISCHE KENNZEICHNUNG DER WIEDERANSIEDLUNGSGBIETE.	13
TAB. 4.1 HERKUNFT UND AUFSAMMLUNGSJAHR DER IM KEIMUNGSVERSUCH VERWENDETEN SAMEN VON <i>PULSATILLA PRATENSIS</i>	15
TAB. 4.2 VERSUCHSVARIANTEN MIT UNREIFEN <i>PULSATILLA PRATENSIS</i>	15
TAB. 4.3 ÜBERSICHT ÜBER DIE DEN UNTERSUCHUNGSGBIETEN AM NÄCHSTEN GELEGENEN KLIMASTATIONEN DES DWD	19
TAB. 4.4 ÜBERBLICK ÜBER DIE IN DEN USG ERMITTELTEN DATEN SOWIE DEN ZEITPUNKT IHRER AUFNAHME	29
TAB. 5.1 TAUSENDKORNGEWICHTE UND KEIMUNGSRATEN DER <i>PULSATILLA PRATENSIS</i> – SAMEN IM LABORVERSUCH.....	36
TAB. 5.2 TAUSENDKORNGEWICHTE UND KEIMUNGSRATEN UNREIFER UND REIFER SAMEN DER POPULATION BARENDORF.....	37
TAB. 5.3 TAUSENDKORNGEWICHTE UND KEIMUNGSRATEN FERTILER UND AUSSORTIERTER STERILER SAMEN DER POPULATION NEU MUKRAN.....	37
TAB. 5.4 FLÄCHENGRÖÙE, INDIVIDUENZAHLE UND ENTWICKLUNGSTREND HINSICHTLICH DER POPULATIONSGRÖÙE IN EINIGEN POPULATIONEN VON <i>PULSATILLA PRATENSIS</i> IN MECKLENBURG- VORPOMMERN.	40
TAB. 5.5 WITTERUNGSBEDINGUNGEN BEI ENTNAHME DER BODENPROBEN	44
TAB. 5.6 EINORDNUNG DER VEGETATIONSAUFNAHMEN DER UNTERSUCHTEN POPULATIONSGBIETE NACH BERG ET AL. (2004).....	47
TAB. 5.7 QUALITATIVE MITTLERE ZEIGERWERTE DER IN DEN VEGETATIONSAUFNAHMEN VORKOMMENDEN ARTEN IN DEN POPULATIONSGBIETEN MEESIGER UND NEU MUKRAN	48
TAB. 5.8 ÜBERLEBENSRALE DER AUSGEBRACHTEN JUNGPFLANZEN IN DEN WIEDERANSIEDLUNGSGBIETEN	50
TAB. 5.9 MITTLERER GRÖÙENZUWACHS UND MITTLERE BLATTZAHLEÄNDERUNG BEI DEN ÜBERLEBENDEN <i>PULSATILLA PRATENSIS</i> - PFLANZEN IN DEN WIEDERANSIEDLUNGSGBIETEN	51
TAB. 5.10 EXPOSITION UND MITTLERER NEIGUNGSGRAD DER TRANSEKTE IN DEN WIEDERANSIEDLUNGSGBIETEN	51
TAB. 5.11 VERGLEICH DER LOKALKLIMATISCHEN BEDINGUNGEN AN DEN TRANSEKTSTANDORTEN DER WIEDERANSIEDLUNGSGBIETE IM ZEITRAUM VOM 13.8. BIS 25.8.2006	52
TAB. 5.12 WITTERUNGSBEDINGUNGEN IN DER ZEIT VOM 13.8. BIS 25.8.2006 WÄHREND DER ERFASSUNG DES LOKALKLIMAS	53
TAB. 5.13 ÜBERSICHT ÜBER DIE BODENARTEN IN DEN WIEDERANSIEDLUNGSGBIETEN	53
TAB. 5.14 EINORDNUNG DER VEGETATIONSAUFNAHMEN DER WIEDERANSIEDLUNGSGBIETE NACH BERG ET AL. (2004).....	57
TAB. 5.15 QUALITATIVE MITTLERE ZEIGERWERTE DER IN DEN VEGETATIONSAUFNAHMEN VORKOMMENDEN ARTEN IN DEN WIEDERANSIEDLUNGSGBIETEN	58
TAB. 5.16 ROTIERTE KOMPONENTENMATRIX DER PCA	63
TAB. 5.17 IN DIE REGRESSIONSGLEICHUNG EINBEZOGENE HAUPTKOMPONENTEN.	66
TAB. 6.1 PROZENTUALE NIEDERSCHLAGSHÖHE IN BEZUG AUF DAS LANGJÄHRIGE MONATSMITTEL IM UNTERSUCHUNGSZEITRAUM (APRIL BIS OKTOBER 2006) IN DEN UNTERSUCHUNGSGBIETEN	78
TAB. 6.2 WITTERUNGSVERHÄLTNISSE IN DEN UNTERSUCHUNGSGBIETEN IN DEN JEWELLS ERSTEN 22 TAGEN NACH AUSBRINGUNG DER SAMEN.....	80
TAB. 6.3 ARBEITSAUFWAND FÜR EINE WIEDERANSIEDLUNG DURCH AUSSAAT BZW. PFLANZUNG.....	87

Abbildungsverzeichnis

ABB. 2.1 WELTWEITE VERBREITUNG VON <i>PULSATILLA PRATENSIS</i>	7
ABB. 2.2 VERBREITUNG VON <i>PULSATILLA PRATENSIS</i> IN MECKLENBURG-VORPOMMERN	8
ABB. 3.1 LAGE DER UNTERSUCHUNGSGBIETE	10
ABB. 3.2 MONATSMITTEL-TEMPERATUREN IM UNTERSUCHUNGSZEITRAUM 2006 IM VERGLEICH ZUM LANGJÄHRIGEN MITTEL	14
ABB. 3.3 MONATLICHE NIEDERSCHLAGSHÖHE IM UNTERSUCHUNGSZEITRAUM 2006 IM VERGLEICH ZUM LANGJÄHRIGEN MITTEL	14
ABB. 4.1 NUMERISCHE KODIERUNG DER EXPOSITION IM HINBLICK AUF DIE SONNENEINSTRAHLUNG.....	18
ABB. 4.2 AUSBRINGUNG DER <i>PULSATILLA PRATENSIS</i> – PFLANZEN IM SCHWINGETAL.....	26
ABB. 4.3 LAGE DER TRANSEKTE IN MEESIGER	31
ABB. 4.4 LAGE DER TRANSEKTE IN NEU MUKRAN	31
ABB. 4.5 LAGE DER TRANSEKTE IN BARENDORF.....	32
ABB. 4.6 LAGE DER TRANSEKTE IN GÜTZKOW WEST.....	32
ABB. 4.7 LAGE DER TRANSEKTE IM SCHWINGETAL.....	33
ABB. 4.8 LAGE DER TRANSEKTE AM GATSCHOWER OS.....	33
ABB. 4.9 (A) BIS (F): VERSUCHSAUFBAU IN DEN UNTERSUCHUNGSGBIETEN	35
ABB. 5.1 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN TAUSENDKORNGEWICHT (TKG) UND KEIMUNGSRATE (KR) VON <i>PULSATILLA PRATENSIS</i> IN MECKLENBURG-VORPOMMERN	38
ABB. 5.2 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN POPULATIONSGRÖÖE (LOG INDIVIDUENZAH) UND DEM TAUSENDKORNGEWICHT (TKG) VON <i>PULSATILLA PRATENSIS</i> IN MECKLENBURG-VORPOMMERN.	39
ABB. 5.3 POPULATION BARENDORF: AUSDEHNUNG DER VON <i>PULSATILLA PRATENSIS</i> BESETZTEN FLÄCHEN IN DEN JAHREN 2004 UND 2006.....	41
ABB. 5.4 ENTWICKLUNG DER INDIVIDUENZAH VON <i>PULSATILLA PRATENSIS</i> AUF DEN UNTERSUCHTEN FLÄCHEN DER POPULATION BARENDORF IM ZEITRAUM VON 2004 BIS 2006	42
ABB. 5.5 VERGLEICH DER BODENWASSERGEHALTE IM OBERBODEN IN DEN UNTERSUCHTEN POPULATIONSGBIETEN SOWIE DER ERLOSCHENEN TEILPOPULATION MENZLIN	44
ABB. 5.6 VERGLEICH DER pH-WERTE UND DER KALKGEHALTE IM OBERBODEN (0 BIS 4CM) ZWISCHEN DEN UNTERSUCHTEN POPULATIONSGBIETEN UND DER ERLOSCHENEN TEILPOPULATION MENZLIN.	45
ABB. 5.7 GLÜHVERLUST UND C/N-VERHÄLTNIS IM OBERBODEN DER UNTERSUCHTEN POPULATIONSGBIETE UND DER ERLOSCHENEN TEILPOPULATION MENZLIN	46
ABB. 5.8 HABITATSTRUKTUR IN DEN POPULATIONSGBIETEN	49
ABB. 5.9 VERGLEICH DER BODENWASSERGEHALTE IM OBERBODEN IN DEN WIEDERANSIEDLUNGSGBIETEN.	54
ABB. 5.10 VERGLEICH DER pH-WERTE UND DER KALKGEHALTE IM OBERBODEN ZWISCHEN DEN WIEDERANSIEDLUNGSGBIETEN.....	55
ABB. 5.11 GLÜHVERLUST UND C/N-VERHÄLTNIS IM OBERBODEN DER WIEDERANSIEDLUNGSGBIETE.....	56
ABB. 5.12 ORDINATION DER UNTERSUCHTEN STANDORTE IN BEZUG AUF DIE MITTLERE FEUCHTE- UND REAKTIONSZAH.....	59
ABB. 5.13 VERGLEICH DER HABITATSTRUKTUR VON WIEDERANSIEDLUNGSGBIETEN UND POPULATIONSGBIETEN.....	61
ABB. 5.14 ORDINATION DER PFLANZUNGSPLOTS MIT DER JEWEILIGEN ÜBERLEBENSRATE ANHAND DER 1. UND 2. HAUPTKOMPONENTE DER PCA	64
ABB. 6.1 NIEDERSCHLAGSVERTEILUNG IN DEN WIEDERANSIEDLUNGSGBIETEN IM ZEITRAUM VON APRIL BIS OKTOBER 2006	82

Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
°	Grad
°C	Grad Celsius
Abb.	Abbildung
anorg.	anorganisch
Apr.	April
Aug.	August
bzw.	beziehungsweise
C	Kohlenstoff
C/N-	Kohlenstoff/Stickstoff
ca.	Circa
CaCl ₂	Calciumchlorid
CaCO ₃	Calciumcarbonat
cm	Zentimeter
CO ₂	Kohlendioxid
DDR	Deutsche Demokratische Republik
Dez.	Dezember
E	Exponent
et. al.	et aliae
F	mittlere Feuchtezahl
Feb.	Februar
g	Gramm
GIS	Geoinformationssystem
GPS	Global Positioning System
h	Stunde
H	Wasserstoff
H ₂ O	Wasser
ha	Hektar
HCl	Salzsäure
Jan.	Januar
Jh.	Jahrhundert
km	Kilometer
KR	Keimungsrate
m	Meter
M%	Masseprozent
m ²	Quadratmeter
mbar	Millibar
Mg	Magnesium
mg	Milligramm
min.	Minute
ml	Milliliter
mm	Millimeter
M-V	Mecklenburg-Vorpommern
mZ	mittlerer Zeigerwert
N	Stickstoff
NN	Normalnull
Nov.	November
Nr.	Nummer

Abkürzungsverzeichnis

NSG	Naturschutzgebiet
Ø	Durchschnitt
Okt.	Oktober
org.	organisch
PCA	Principle Component Analysis
Pop.	Populationsgebiet
R	Mittlere Reaktionszahl
S	Schwefel
S.	Seite
s.o.	Siehe oben
s.u.	Siehe unten
Sec.	Sekunde
Sep.	September
Std.	Stunde
t	Tonne
Tab.	Tabelle
T	Transekt
TKG	Tausendkorngewicht
USG	Untersuchungsgebiet
v.a.	vor allem
vgl.	Vergleiche
Wsdlg	Wiederansiedlungsgebiet
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil
µm	Mikrometer
VH	Vegetationshöhe

Bodenarten:

fU	Feinschluff
gU	Grobschluff
mS	Mittelsand
mU	Mittelschluff
Ss	reiner Sand
SU2	schwach schluffiger Sand
SU4	stark schluffiger Sand
T	Ton

Himmelsrichtungen:

N	Nord
E	Ost
S	Süd
W	West

1 Einleitung

1.1 Hintergrund der Arbeit

Die Vorkommen der Wiesen-Küchenschelle, *Pulsatilla pratensis* (L.) MILL. (Ranunculaceae), gehen derzeit in Mitteleuropa alarmierend schnell zurück. Nach WELK (2002) gilt die Art als „zentral-europaweit gefährdet“. In der Roten Liste Deutschland wird sie – wie auch in der Roten Liste Mecklenburg-Vorpommern – als „stark gefährdet“ (Kategorie 2) eingestuft (FLORAWEB 2007). In Sachsen, Niedersachsen und Bremen sowie in Schleswig-Holstein und Hamburg ist sie bereits vom Aussterben bedroht. *Pulsatilla pratensis* steht dabei stellvertretend für eine größere Gruppe von stark bedrohten Arten der basenreichen Halbtrockenrasen, die wie sie auf nährstoffarme Verhältnisse und Bodenstörung angewiesen sind. Die Vorkommen der Wiesen-Küchenschelle in Mecklenburg-Vorpommern bilden einen Teil des nordwestlichen Arealrandes und sind daher von besonderer Bedeutung. Umweltbedingte Arealverschiebungen lassen sich hier zuerst erfassen.

Im Rahmen des Botanischen Artenmonitoring-Programms Mecklenburg-Vorpommern wurde die Art im Jahre 2003 erstmalig landesweit untersucht. Dabei wurden von 45 Standorten, an denen *Pulsatilla pratensis* seit 1990 nachgewiesen werden konnte, 33 auf Vorhandensein geprüft. 6 davon mussten als erloschen gelten. Die statistische Auswertung von 14 der 27 noch präsenten Populationen ergab einen durchschnittlichen jährlichen Rückgang der Stauden um 14%. Das entspricht einem Gesamtrückgang von 71% gegenüber dem Bestand von 1990. Einzig für die großen Küstenpopulationen im Bereich Ostrügen und an der Lübecker Bucht war ein positiver Entwicklungstrend zu verzeichnen.

Neben der direkten Zerstörung der Lebensräume durch Bebauung, Rohstoffabbau, Aufforstung sowie Befahren und Betreten der von *Pulsatilla* besiedelten Flächen, werden als wesentliche Rückgangsursachen die Aufgabe der Wanderschäferei sowie Standortveränderungen durch Eutrophierung und Bodenversauerung gesehen. Eine genauere Betrachtung der Hypothesen diesbezüglich gibt Abschnitt 1.2.

Die vorliegende Arbeit will einen Beitrag zur Klärung dieser Rückgangsursachen leisten. Dazu galt es, Unterschiede hinsichtlich der Standortbedingungen zwischen unterschiedlich vitalen Populationen in Mecklenburg-Vorpommern aufzudecken. Weiterhin sollte geprüft werden, ob und inwieweit eine Wiederansiedlung als Maßnahme für den Erhalt der Art erfolgversprechend ist.

1.2 Fragestellung

Der Diplomarbeit liegen im Wesentlichen drei Fragen zugrunde. Sie sollen im Folgenden näher spezifiziert werden.

1. Was könnte den Rückgang von *Pulsatilla pratensis* in Mecklenburg-Vorpommern bedingen?

Wie in Abschnitt 1.1. bereits angedeutet, gibt es zu dieser Frage einige Hypothesen.

(1) Nutzungsaufgabe: Der Niedergang der traditionellen Wanderschäferei wirkt sich für *Pulsatilla pratensis* in zweifacher Weise negativ aus. Zum einen fehlen die Schafe als Diasporenvektor (vgl. FISCHER 1996). Durch den fehlenden Diasporenaustausch kommt es zu einer genetischen Isolation räumlich voneinander getrennter Populationen. Inzucht und genetische Drift führen in der Folge vor allem in kleinen Populationen zu einer genetischen Verarmung, die sich in Fitnessverlusten hinsichtlich der Reproduktion sowie in einer geringeren Anpassungsfähigkeit bei sich ändernden Standortsbedingungen zeigt. (vgl. HENSEN et al. 2005) Es wird daher vermutet, dass Pflanzen kleiner Populationen kleinere, leichtere Samen produzieren, die weniger keimungsfähig sind als die großer Populationen. Weiterhin hat die Beweidung einen entscheidenden Einfluss auf die Standortsbedingungen für *Pulsatilla*. Neben dem Austrag von Nährstoffen und dem Verbiss von Konkurrenzarten, werden für die Keimung wichtige Störstellen mit offenem Boden geschaffen und Samen ins Substrat getreten. Bei Aufgabe der Beweidung, kommt es zu einer Sukzession der grundsätzlich waldfähigen Standorte. Keimungsnischen fehlen. *Pulsatilla pratensis* wird durch konkurrenzkräftigere Arten verdrängt.

(2) Eutrophierung: Der atmosphärische Eintrag von Stickstoff beschleunigt den Prozess der Sukzession und der damit verbundenen Verdrängung der Wiesen-Küchenschelle sowie anderer an nährstoffarme Verhältnisse angepasster Arten.

(3) Bodenversauerung: In humiden Klimaten wird aus den oberen Schichten des Bodens Kalk ausgewaschen, was zu einer Basenverarmung und damit zum Absinken des pH-Wertes führt. Zusätzlich trägt sauer Regen infolge von Luftverunreinigungen zur Bodenversauerung bei (vgl. LARCHER 1984). Es ist anzunehmen, dass hierin für *Pulsatilla pratensis* als einer Art, die auf basenreiche Verhältnisse angewiesen ist, ein limitierender Faktor liegt.

(4) Klimawandel: Bei den Lebensräumen der Wiesen-Küchenschelle handelt es sich in vielfacher Hinsicht um Extremstandorte. Sie sind geprägt von starker Sonneneinstrahlung, Trockenheit und hoher Beanspruchung durch den Wind (vgl. QUINGER 2000). Im Zuge

des Klimawandels wird eine Verschärfung dieser Extreme durch trockenere, heißere Sommer, höhere Windgeschwindigkeiten und häufiger auftretende Starkregenereignisse erwartet (KORN & EPPL 2006). Langfristig ist daher anzunehmen, dass die Art nur an Standorten überlebt, an denen das Lokalklima die sich ändernden großklimatischen Verhältnisse ausgleichen kann.

Aus diesen Hypothesen ergaben sich die folgenden konkreten Fragen, die mit Hilfe eines Keimungsversuches im Labor sowie durch eine Untersuchung der Standortsbedingungen in verschiedenen Populationen von *Pulsatilla pratensis* beantwortet werden sollten.

Keimungsversuch:

- Wie hoch ist die Keimungsrate von Samen der untersuchten Populationen unter Idealbedingungen?
- Sind unreife Samen ohne Stratifikation keimfähig?
- Bestehen Zusammenhänge zwischen Populationsgröße, Samengewicht, Kalkgehalt des Keimungssubstrates und der Keimungsrate?

Standorte:

- Wie sehen die Standorte aus, an denen *Pulsatilla pratensis* aktuell vorkommt?
- Wie haben sich die Populationen an diesen Standorten in den letzten Jahren entwickelt?
- Sind aktuell Keimlinge in den Populationen zu finden?
- Welche Rückschlüsse hinsichtlich der Standortsbedingungen lassen sich aus der Vegetation ziehen?

2. Lässt sich *Pulsatilla pratensis* auf mit Schafen beweideten Standorten durch Aussaat oder Pflanzung neu etablieren?

Mit Hilfe experimentell durchgeführter Wiederansiedlungsversuche in drei Untersuchungsgebieten sollten folgende Fragen geklärt werden:

- Welche Methode ist für die Wiederansiedlung erfolgreicher: Aussaat oder Pflanzung?
- Welche Standortfaktoren haben welchen Einfluss auf den Etablierungserfolg?
- Welche der untersuchten Gebiete sind für eine Wiederansiedlung geeignet?
- Spielt der Kalkgehalt des Bodens eine Rolle für den Etablierungserfolg?
- Welche Rückschlüsse hinsichtlich der Standortsbedingungen lassen sich aus der Vegetation ziehen?

3. Wie sieht das derzeit optimale Habitat von *Pulsatilla pratensis* in Mecklenburg-Vorpommern aus?

Aus den Ergebnissen der Standortuntersuchungen in den von *Pulsatilla pratensis* besetzten Gebieten sowie in den Wiederansiedlungsgebieten sollten Aussagen zu Habitatbedingungen getroffen werden, die für die Art besonders geeignet erscheinen.

1.3 Populationsbegriff

In der vorliegenden Arbeit wird als Population eine „Gruppe von Individuen“ bezeichnet, „die der gleichen taxonomischen Einheit angehören und sowohl im gleichen Raum wie zum selben Zeitpunkt zusammen vorkommen“ (URBANSKA 1992). Dabei wird davon ausgegangen, dass die Populationen in Mecklenburg-Vorpommern ursprünglich zu einer Metapopulation gehörten. Unter Metapopulation wird in diesem Zusammenhang eine Population verstanden, „die als eine Reihe von Teil- (Unter-)populationen existiert, die räumlich voneinander getrennt sind.“ (FREY & LÖSCH 2004) Diese Teilpopulationen stehen über den Austausch von Pollen und/oder Diasporen miteinander in Wechselbeziehung (SUKOPP 2001). In Mecklenburg-Vorpommern sind die Populationen von *Pulsatilla pratensis* allerdings so weit fragmentiert und räumlich voneinander getrennt, dass von einem Genaustausch nach Aufgabe der Wanderschäferei nicht auszugehen ist. Deshalb kann von einer Metapopulation – im umfassenden Sinne der Definition – derzeit nicht mehr gesprochen werden.

2 *Pulsatilla pratensis*

2.1 *Morphologie und Lebensweise*

Die Wiesenküchenschelle – *Pulsatilla pratensis* (L.) MILL. (Ranunculaceae) – ist ein rosettenbildender, sommergrüner Hemikryptophyt. Durch ihren mesomorphen bis skleromorphen Bau, eine dichte silbrige Behaarung, mehrfach gefiederte Blätter und ein tief reichendes Pfahlwurzelsystem ist sie an starke Sonneneinstrahlung, Bodentrockenheit und Übersandung angepasst (FLORAWEB 2007). Sie wird 10 bis 50 cm hoch und blüht im Zeitraum von April bis Mai. Nickende Blütenköpfe schützen den Pollen vor Regen. Die Bestäubung erfolgt mit Hilfe von Insekten. Eine Autogamie wird durch Protogynie in der Regel verhindert. Dennoch gilt die Art als nicht völlig selbst-inkompatibel. Selbstbestäubung führt jedoch zu einem geringeren Fruchtansatz. Sie tritt vermutlich nur bei alten Pflanzen als letzter Ausweg zur Reproduktion auf (TORVIK et al. 1998). Schätzungen zufolge werden pro Blüte etwa 100 Samen gebildet. Deren Ausbreitung erfolgt im Fell von Tieren oder durch den Wind, wobei dieser nur für die Nahausbreitung eine Rolle spielt. So zeigte TACKENBERG (2001) in einer Windausbreitungssimulation, dass Samen von *Pulsatilla vulgaris*, die denen von *Pulsatilla pratensis* sehr ähnlich sind, „selbst bei den günstigsten Bedingungen nicht über Distanzen von mehr als 10m ausgebreitet werden“. *Pulsatilla pratensis* bildet eine kurzfristig ausdauernde Diasporenbank.

Eine vegetative Vermehrung erfolgt nur bei älteren Pflanzen und spielt eine eher untergeordnete Rolle. Durch laterale Knospung werden Nebenrosetten gebildet, die zum Wurzelsystem der Mutterpflanze gehören. Sterben alte Wurzelteile ab, können auf diese Weise neue Pflanzen entstehen.

Etablierte Stauden von *Pulsatilla pratensis* sind langlebig. Es ist durchaus wahrscheinlich, dass sie – wie WELLS & BARLING (1958) für *Pulsatilla vulgaris* angeben – ein Alter von 20 Jahren erreichen.

2.2 *Standortansprüche und Lebensraum*

Die Wiesenküchenschelle gilt als konkurrenzschwach. Sie wird in der Literatur dem intermediären Strategietyp nach GRIME zugeordnet. (FLORAWEB 2007)

Nach ELLENBERG et al. (1992) werden für sie folgende Zeigerwerte angegeben.

Tab. 2.1 Zeigerwerte von *Pulsatilla pratensis*

Lichtzahl:	7	Halblichtpflanze
Temperaturzahl:	6	Mäßigwärme- bis Wärmezeiger
Kontinentalitätszahl:	5	Schwach subozeanisch bis schwach subkontinental
Feuchtezahl:	2	Starktrockenheits- bis Trockenheitszeiger
Reaktionszahl:	7	Schwachbasenzeiger
Nährstoffzahl:	2	Nährstoffärmste bis nährstoffarme Standorte zeigend

Pulsatilla pratensis kommt in basen- und kalkreichen Trocken- und Halbtrockenrasen auf Oszügen und Binnendünen vor. Auf den Küstendünen der Ostsee steht sie im Übergangsbereich von der Weiß- zur Graudüne. Sie findet sich häufig an ehemaligen Abgrabungsstandorten und auf Schaftriften, wo zur Keimung benötigte Störstellen mit offenem Boden häufig sind. Vereinzelt Vorkommen in lichten Kiefernwäldern und an Waldrändern sind in Mecklenburg-Vorpommern mindervital und ohne Verjüngung. Sie sind daher als relik-tisch anzusehen.

2.3 Verbreitung

Pulsatilla pratensis (L.) MILL. ist eine einheimische Art. Sie „differenziert sich in schlecht abgrenzbare Kleinarten, die sich beim gegenwärtigen Wissensstand nicht durchgehend getrennt kartieren lassen.“ (FLORAWEB 2007) Die Unterart *pratensis* besiedelt vornehmlich den nördlichen Teil des Areals, das Gebiete in Deutschland, Polen, Tschechien, Österreich und Süd-Russland umfasst. Im Westen reichen die Vorkommen bis nach Südost-Norwegen und West Dänemark. Das Hauptverbreitungsgebiet der Unterart *nigricans* liegt im südlichen Arealteil (vgl. Abb.2.1).

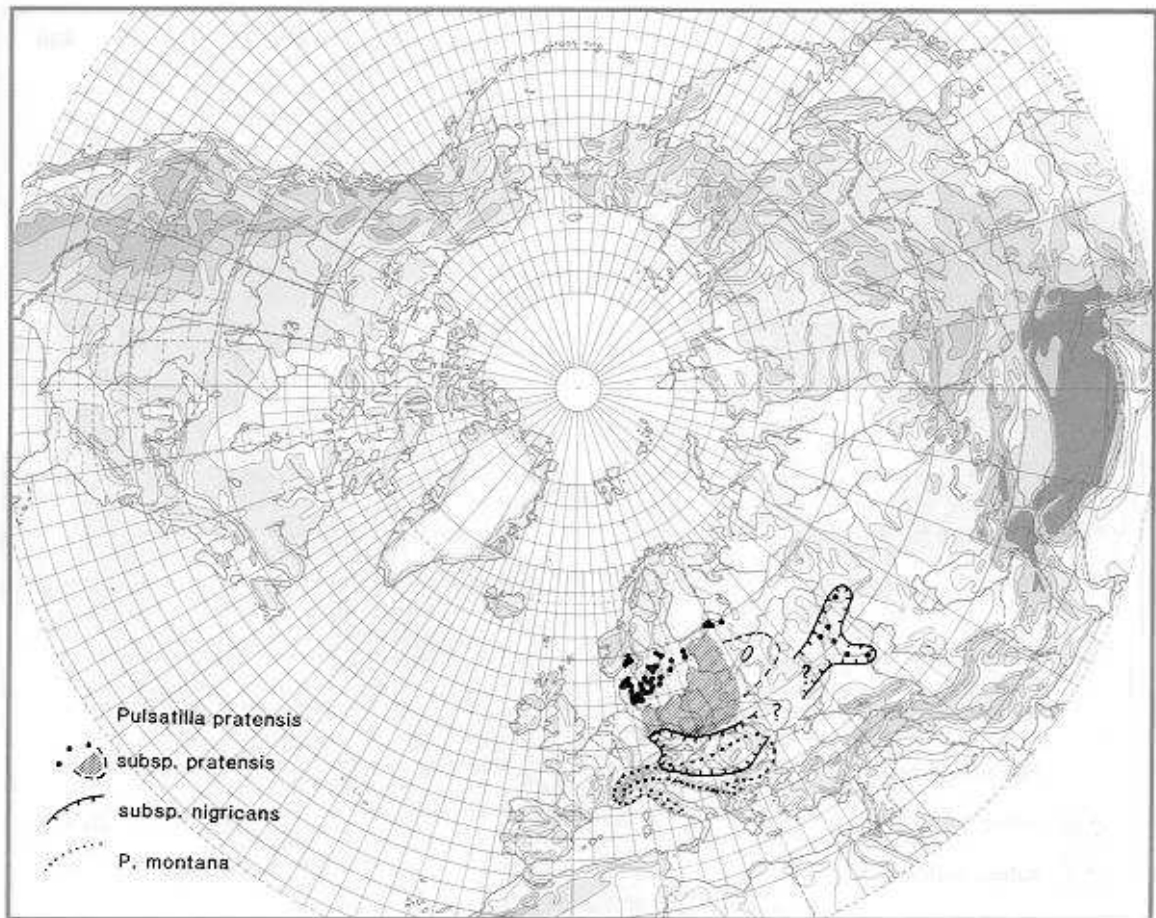


Abb. 2.1 Weltweite Verbreitung von *Pulsatilla pratensis* (Quelle: HULTÉN & FRIES 1986)

Die Populationen in Mecklenburg-Vorpommern bilden einen Teil des nordwestlichen Arealrandes. Hier ist die Unterart *pratensis* häufiger vertreten. Teilweise kommen beide Varietäten aber auch zusammen vor. Sie bilden z.T. Mischpopulationen und Übergangsformen (vgl. EBERLE 1982).

2 *Pulsatilla pratensis*

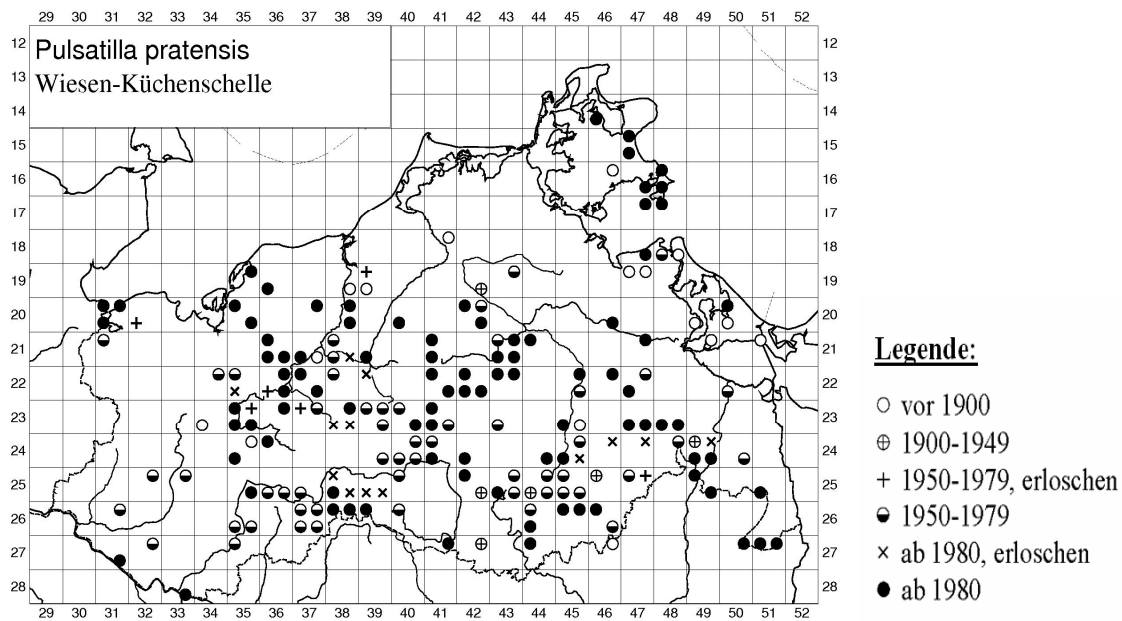


Abb. 2.2 Verbreitung von *Pulsatilla pratensis* in Mecklenburg-Vorpommern (Quelle: FLOREIN 2007)

3 Untersuchungsgebiete

Im Rahmen dieser Arbeit wurden insgesamt 7 Gebiete näher untersucht. Davon sind **Neu Mukran**, **Barendorf** und **Meesiger** die Gebiete, in denen sich aktuell noch Vorkommen von *Pulsatilla pratensis* befinden. Sie werden im Folgenden als Populationsgebiete bezeichnet. Bei **Menzlin** ist das Vorkommen im Bereich der untersuchten Fläche nach 1996 erloschen. Da in dieser Arbeit nur auf dieses Teilgebiet Bezug genommen wird, soll im weiteren Verlauf von der erloschenen Teilpopulation Menzlin gesprochen werden. Außerhalb der Untersuchungsfläche konnten im Jahr 2006 noch etwa 5 bis 10 wenig vitale Exemplare der Art gefunden werden.

Bei **Gützkow West** (NSG „Peenetal westlich des Gützkower Fährdammes“), dem **Schwingetal** (NSG „Schwingetal und Peenewiesen bei Trantow“) und dem **Gatschower Os** (NSG „Wallberge und Kreidescholle bei Alt Gatschow“) handelt es sich um die Gebiete, in denen Wiederansiedlungsversuche durchgeführt wurden. Sie werden im Folgenden als Wiederansiedlungsgebiete bezeichnet.

3.1 Lage und Charakterisierung der USG

Die untersuchten Gebiete liegen im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern nordöstlich der Hauptendmoräne der Weichseleiszeit. Die Landschaft in diesem Bereich wurde morphologisch von mehreren Eisvorstößen dieser letzten Eiszeit sowie von nacheiszeitlichen Prozessen geprägt. Im Vergleich zum Altmoränengebiet sind die Böden hier noch relativ kalkreich.

Einen Überblick über die Lage der einzelnen Untersuchungsgebiete gibt Abbildung 3.1.

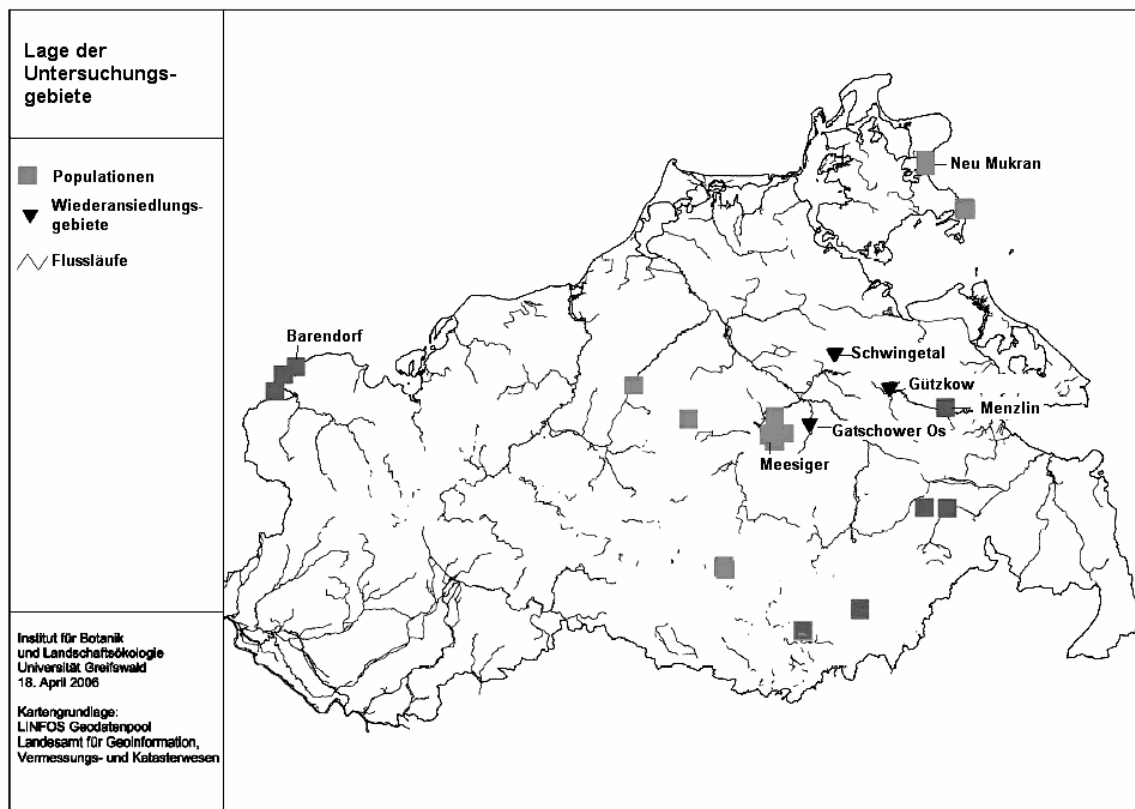


Abb. 3.1 Lage der Untersuchungsgebiete

Die Untersuchungsfläche bei **Neu Mukran** liegt etwa 8 km nördlich von Binz auf Rügen, im Übergangsbereich von der Weißdüne zur Graudüne und gehört zum NSG „Steinfeldern in der Schmalen Heide und Erweiterung“. An den Dünenbereich schließt sich in östlicher Richtung unmittelbar ein Kiefernwaldstreifen an, der vermutlich im Zuge der Aufforstung um 1840 entstand. Bis zu etwa diesem Zeitpunkt erfolgte im Gebiet nachweislich eine Beweidung (UMWELTMINISTERIUM M-V 2003). Derzeit findet keine Nutzung statt. Im Bereich der südlich der Fläche gelegenen Feuersteinfeldern und am Badestrand halten sich jedoch viele Touristen auf, die den betrachteten Dünenabschnitt von Zeit zu Zeit betreten.

Am Südostufer der Mecklenburger Bucht, nördlich von Dassow, befindet sich die Untersuchungsfläche **Barendorf**. Der ca. 1 ha große Sandmagerrasen der Graudüne ist Teil des NSG „Küstenlandschaft zwischen Priwall und Barendorf mit Harkenbäkniederung“. Bis in die 60er Jahre des 20. Jh. wurde der Dünengürtel als Wanderweide genutzt. Es dominierten weitgehend gehölzfreie Magerrasen mit *Pulsatilla pratensis*. In den 1930er Jahren wurden als Küstenschutzmaßnahme im Übergangsbereich zur Weißdüne Gehölze gepflanzt – vorwiegend Sanddorn (*Hippophaë rhamnoides*). Von 1961 bis 1989 war die Region im Zuge

der Grenzsicherung durch das DDR-Regime Sperrgebiet und damit für jegliche Nutzung unzugänglich. Eine rasch einsetzende Sukzession führte zur Verbuschung und Wiederbewaldung der Fläche. Zusätzlich wurde ein Sichtschutzwald aus schnellwüchsigen Pappeln gepflanzt. Die Dünenrasenvegetation konnte sich lediglich auf einigen Lichtungen halten. 1990 wurden der Naturstrand und die Küstendünen weiträumig zum Naturschutzgebiet erklärt. Wenige Jahre später begann man – wohl als gezielte Pflegemaßnahme für *Pulsatilla pratensis* – mit ersten Teilentbuschungen im Bereich der ehemaligen Graudüne. Auf der zurückgewonnenen Offenfläche breiteten sich bedeutende Trockenrasenarten wie Wiesen-Küchenschelle (*Pulsatilla pratensis*) und Sand-Lieschgras (*Phleum arenarium*) wieder verstärkt aus. Seit 1992 wird die Fläche einmal jährlich gemäht. Der nordöstliche Teil der Fläche wurde als vorerst letzter im Jahr 2003 geöffnet und entbuscht. Seit 2004 erfolgt einmal im Jahr eine Beweidung mit Schafen.

Die Untersuchungsfläche bei **Meesiger** liegt im Binnenland am östlichen Hochufer des Kummerower Sees südwestlich von Demmin und gehört zum Naturpark „Mecklenburgische Schweiz und Kummerower See“. Sie wird derzeit einmal jährlich gemäht.

Etwa 4km nordwestlich von Anklam, am Nordufer der Peene, liegt das Flächennaturdenkmal „Altes Lager“ bei **Menzlin**. Die Untersuchungsfläche befindet sich auf einer aus dem Material späteiszeitlicher Sander aufgewehten Binnendüne. Sie ist derzeit in Pflegemahdnutzung.

Das Untersuchungsgebiet **Gützkow West** gehört zum NSG „Peenetal westlich des Gützkower Fährdammes“, das etwa 20 km südlich der Hansestadt Greifswald in Höhen von 0,3 bis 10 m über NN liegt. Die Wiederansiedlungsflächen wurden hier auf einem am nördlichen Rand des NSG gelegenen südexponierten Talhang angelegt, der sich in Weidenutzung befindet. Die sich nördlich anschließende Hochfläche wird ackerbaulich genutzt.

Beim **Schwingetal** (NSG „Schwingetal und Peenewiesen bei Trantow“) handelt es sich um ein „junges Erosionstal im Verbreitungsgebiet des Mecklenburger Eisvorstoßes der Weichselkaltzeit“ (UMWELTMINISTERIUM M-V 2003). Das USG liegt etwa 20 km südöstlich von Greifswald bei Loitz und ist seit etwa 4500 Jahren besiedelt. Im Mittelalter wurden die Hochflächen meist gerodet und in Weidenutzung genommen. Die Wiederansiedlungsflächen liegen auf einem von der Schwinge zerschnittenen Oszug in etwa 20 m über NN an ehemaligen Abgrabungsstandorten. In unmittelbarer Nähe zum NSG wird auch heute noch Kies abgebaut.

Das im Folgenden als **Gatschower Os** bezeichnete Untersuchungsgebiet (NSG „Wallberge und Kreidescholle bei Alt Gatschow“) bildet den nördlichen Teil des insgesamt etwa 80

km langen Demmin-Stavenhagener Oszuges und liegt östlich von Alt Gatschow (WOLLERT 1965). Dem sandigen, kiesigen Material sind in diesem Bereich Geschiebemergel und Kreideschollen aufgelagert. Seit dem Mittelalter ist das Gebiet nachweislich beweidet. Weidetiere waren vor allem Rinder und Gotlandschafe. Um die Fläche offen zu halten, wurden zusätzlich immer wieder Entbuschungsmaßnahmen durchgeführt (vgl. EICHSTÄDT 1993 und EICHSTÄDT & BRIESEMEISTER 1997). Aus den großen, ehemals auf der Fläche verstreuten Geschiebeblöcken, wurden im Zuge der Weidenutzung Trockenmauern errichtet die quer zum Os verlaufen. Bis zur Unterschutzstellung 1941 erfolgte an mehreren Stellen ein Abbau von Kies und Kreide. (UMWELTMINISTERIUM M-V 2003). Von den fünf im Rahmen dieser Arbeit eingerichteten Wiederansiedlungsstandorten liegen drei an solchen Abgrabungshängen. Derzeit wird das Gebiet mit Schafen beweidet.

3.2 Klima und Witterung

3.2.1 Klima

Das Klima in Mecklenburg-Vorpommern zeichnet sich durch einen doppelten Übergangscharakter aus. In West-Ost-Richtung vollzieht sich der Wandel von einem mehr ozeanisch zu einem mehr kontinental geprägten Klima, während von Nord nach Süd das Küstenklima der Ostsee in ein Binnenlandklima übergeht (GLRP Vorpommern).

3.2.1.1 Klimatische Verhältnisse in den Populationsgebieten

Tab. 3.1 Regionalklimatische Kennzeichnung der untersuchten Populationsgebiete sowie der erloschenen Population Menzlin. Großklimabereiche nach KOPP et al. (1982)

	Meesiger	Neu Mukran	Barendorf	Menzlin
Jahresmittel der Lufttemperatur [°C]	7,9 – 8,1	8,2 – 8,4	8,2 – 8,4	7,6 – 7,8
Jahresmittel des Niederschlags [mm]	525	600	575	550
Großklimabereiche	Grenzbereich Mecklenburgisches und Neubrandenburger Klima	Östliches Küstenklima	Westliches Küstenklima	Neubrandenburger Klima

In den Küstenpopulationen Neu Mukran und Barendorf hat die Ostsee einen starken Einfluß auf die Klimaverhältnisse. So sind die Jahresschwankungen der Temperatur geringer als im Binnenland. Die Luftfeuchte ist höher und es treten größere Windgeschwindigkeiten auf. Die Küstenstandorte kennzeichnet ein im Vergleich zum Binnenland späterer

Frühling mit wenig Niederschlag, der von einem niederschlagsreichen, kühlen Sommer abgelöst wird. Der Herbst ist mild. Ihm folgt ein nasskalter Winter. Während das westliche Küstenklima in Barendorf atlantisch geprägt ist, kommen in Neu Mukran stärker kontinentale Einflüsse zum Tragen. Die Sonnenscheindauer nimmt zu, ebenso die Frostgefahr.

In Menzlin und Meesiger fehlt der Ostseeinfluß. Die Temperaturamplituden sind hier größer. Der Herbst ist kälter, die Frostperioden länger. Das Frühjahr ist im Vergleich zur Küste wärmer. Besonders ausgeprägt sind diese Eigenschaften in Menzlin, das schon einem stärker kontinentalen Einfluß unterliegt. In Meesiger hat die große Wasserfläche des nahegelegenen Kummerower Sees eine ausgleichende Wirkung auf das Lokalklima. Hier sind jedoch die mittleren Jahresniederschläge vergleichsweise gering. Der Standort liegt im Regenschatten der Mecklenburgischen Schweiz.

3.2.1.2 Klimatische Verhältnisse in den Wiederansiedlungsgebieten

Tab. 3.2 Regionalklimatische Kennzeichnung der Wiederansiedlungsgebiete. Großklimabereiche nach KOPP et al. (1982)

	Gützkow West	Schwingetal	Gatschower Os
Jahresmittel der Lufttemperatur [°C]	7,9 – 8,1	7,6 – 7,8	7,9 – 8,1
Jahresmittel des Niederschlags [mm]	550	575	550
Großklimabereiche	Neubrandenburger Klima		

Die Wiederansiedlungsgebiete werden – wie Menzlin – dem Bereich des Neubrandenburger Klimas zugeordnet. Sie liegen im Übergangsbereich vom maritim zum kontinentaler beeinflussten Klima. Im Vergleich zu den Küstengebieten sind die Tages- und Jahresamplituden der Temperatur weiter. Spätfröste treten eher auf und die mittlere Luftfeuchte ist aufgrund des Binnenlandcharakters insgesamt geringer.

Unterschiede zwischen den einzelnen Standorten ergeben sich infolge von Hangneigung und Exposition (vgl. Abschnitt 6.3.).

3.2.2 Witterung im Untersuchungszeitraum

Die Witterungsverhältnisse im Untersuchungszeitraum (April bis Oktober 2006) wichen deutlich vom langjährigen Mittel ab. So lagen die Monatsmittel-Temperaturen in den USG zwischen 0,4 und 5,2°C über dem langjährigen Monatsmittel. Juni und Juli 2006 waren von starker Trockenheit geprägt, wogegen im August mehrere Starkregenereignisse auftraten. Die folgenden Abbildungen (Abb. 3.2 und Abb. 3.3) zeigen die Witterungsverhältnisse

3 Untersuchungsgebiete

von April bis Oktober 2006 im Vergleich zu den langjährigen Monatsmitteln in Greifswald. Weitere Diagramme, die den Vergleich der USG untereinander ermöglichen, finden sich in Anhang I.2 bis I.3.

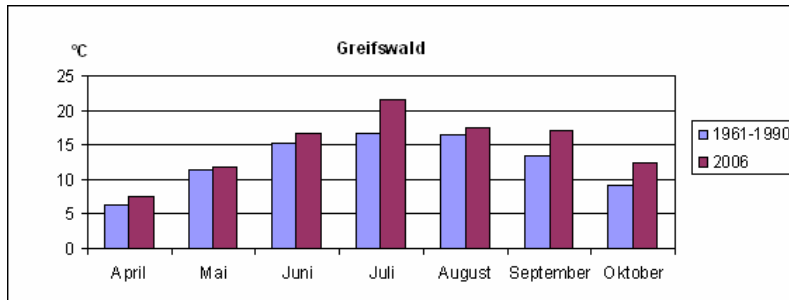


Abb. 3.2 Monatsmittel-Temperaturen im Untersuchungszeitraum 2006 im Vergleich zum langjährigen Mittel (nach Daten vom DWD 2007)

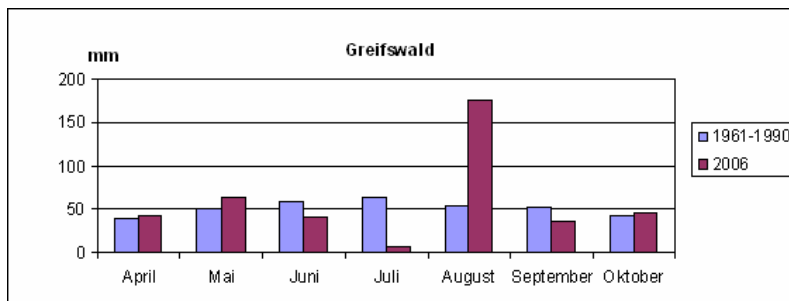


Abb. 3.3 Monatliche Niederschlagshöhe im Untersuchungszeitraum 2006 im Vergleich zum langjährigen Mittel (nach Daten vom DWD 2007)

4 Material und Methoden

4.1 Keimungsversuch im Labor

Einen Überblick über die im Versuch verwendeten Samen gibt Tabelle 4.1.

Tab. 4.1 Herkunft und Aufsammlungsjahr der im Keimungsversuch verwendeten Samen von *Pulsatilla pratensis*

Samenherkunft	Jahr der Aufsammlung
Barendorf	2005
Hollenberg	2004
Neu Mukran	2004
Neu Mukran	2005
Göhren	2004
Göhren	2006

Die Samen wurden in reifem Zustand gesammelt, bei Zimmertemperatur getrocknet und bis zum Beginn des Keimungsversuches (August 2006) im Kühlschrank gelagert.

Pro Population und Jahr wurden im Versuch jeweils 160 Samen verwendet.

Vor der Aussaat wurde das Tausendkorngewicht (TKG) bestimmt. Dazu wurden die pro Population und Jahr ausgezählten Samen ohne Anhängsel gewogen. Das ermittelte Gewicht wurde auf 1000 Samen extrapoliert.

Zum Brechen der Samenruhe erfolgte eine 24tägige Stratifikation im Klimaschrank: tagsüber (6-18Uhr) bei +4°C und Belichtung, nachts (18-6Uhr) bei -4°C und Dunkelheit.

Am 25. August 2006 wurden die Samen in regelmäßigem Abstand ca. 0,5cm tief in Substrat gesät. Rosentöpfe dienten dabei als Keimungsgefäße. Pro Topf wurden 10 Samen ausgebracht.

Das Keimungssubstrat setzt sich zu gleichen Teilen aus Lauberde und Sand zusammen (ERHARDT 1991). Je Population und Jahr wurden jeweils der Hälfte der Töpfe 5% Gartenkalk zugesetzt. Bei Abtrocknung der Bodenoberfläche (etwa aller 3 bis 4 Tage) wurde gegossen.

Neben der Versuchsvariante mit reifen, wurde auch eine Variante mit unreifen Samen getestet (Tab. 4.2).

Tab. 4.2 Versuchsvarianten mit unreifen *Pulsatilla pratensis* - Samen der Population Barendorf

Samenherkunft	Aufsammlung	Reife	Stratifikation	Substratzusatz	Anzahl ausgesäter Samen
Barendorf	2005	grün	ja	Kalk	40
				ohne	40
			nein	Kalk	40
				ohne	40

Von der Gesamtmenge der in den Populationen aufgesammelten Samen mussten für den Keimungsversuch zunächst die sterilen aussortiert werden. Um zu überprüfen, wie gut dabei die visuelle Unterscheidung zwischen sterilen und fertilen Samen war, wurden – von der Aufsammlung 2004 in Neu Mukran – neben den 160 als fertil befundenen Samen auch 160 als steril aussortierte Samen auf ihre Keimfähigkeit hin untersucht. Es wurden je 80 mit und 80 ohne Kalkzusatz zum Substrat getestet.

Die Auszählung der Keimlinge erfolgte am 11. Oktober 2006. Die Keimlinge verblieben nach dem Keimungsversuch zur weiteren Aufzucht im Gewächshaus.

Im Versuchszeitraum war die Zusatzbeleuchtung im Gewächshaus fälschlicherweise auf Langtagsbedingungen eingestellt. Sie wurde am 12. Dezember 2006 auf Kurztag umgestellt.

4.2 Auswahl der Untersuchungsgebiete

Im Rahmen dieser Arbeit wurden zwei große vitale Küstenpopulationen (Neu Mukran, Barendorf), eine weniger vitale Population im Binnenland (Meesiger) und das Gebiet einer erloschenen Population in Mecklenburg –Vorpommern hinsichtlich ihrer Standortbedingungen untersucht und verglichen. Sie obliegen einer unterschiedlichen Nutzung. Während in Neu Mukran keine Nutzung stattfindet, wird der Standort bei Barendorf jährlich einmal gemäht und ist seit 2004 jeweils im Sommer einige Wochen lang mit Schafen beweidet. Die Standorte bei Meesiger und Menzlin sind in Pflegemahdnutzung. Ziel dieser Auswahl war es, aus dem Vergleich der in den unterschiedlich situierten Populationen zu erwartenden Unterschiede in den Standortbedingungen, auf limitierende Faktoren für das Vorkommen von *Pulsatilla pratensis* zu schließen. Soweit dies möglich war und sinnvoll erschien, wurden vorhandene Daten aus weiteren Populationsgebieten in Mecklenburg - Vorpommern in die Arbeit einbezogen.

Bei der Auswahl der Standorte für die Wiederansiedlungsversuche wurde - im Hinblick auf eine dauerhafte Etablierung und Wiederausbreitung von *Pulsatilla pratensis* - auf folgende Faktoren geachtet:

1. eine südexponierte Hanglage der Standorte mit hoher Strahlungsintensität
2. eine lückige Vegetationsstruktur, die Offenbodenstellen als Keimungsnischen aufweist

3. Schafbeweidung zum Erhalt der Vegetationsstruktur mit einem entsprechenden Offenbodenanteil und als Diasporenvektor
4. Schutzstatus der Gebiete zur Sicherung eines zukünftigen Monitorings
5. abgelegene Standorte zum Schutz vor Ausgrabung der Pflanzen

Es wurden Gebiete ausgewählt, die zu den ursprünglichen Verbreitungsräumen von *Pulsatilla pratensis* im Binnenland zählen: Oser, ehemalige Abgrabungsstandorte und Talhänge. Standorte erloschener Populationen wurden nicht in Betracht gezogen, da hier die Bedingungen inzwischen wohl zu stark verändert sind, als dass eine Wiederansiedlung aussichtsreich wäre. Folgende Naturschutzgebiete schienen für den Versuch gut geeignet zu sein: NSG Nr.251 „Peenetal westlich des Gützkower Fährdammes“ (Gützkow West), NSG Nr. 241 „Schwingetal und Peenewiesen bei Trantow“ (Schwingetal), NSG Nr.17 „Wallberge und Kreidescholle bei Alt Gatschow“ (Gatschower Os). Im näheren Umkreis des Gatschower Oses befinden sich mehrere Populationsgebiete, mit denen ein Pollenaustausch möglich erscheint. Der Standort Gützkow West liegt in der Nähe einer ehemaligen Population östlich von Gützkow.

4.3 Erfassung der Standortsbedingungen

Die Erfassung der Standortsbedingungen erfolgte in den Populations- und Wiederansiedlungsgebieten entlang von dauerhaft eingerichteten Transekten. Die Transekte wurden per GPS eingemessen und ihr Verlauf mit Magneten markiert, um ein späteres Wiederauffinden zu ermöglichen. Die Lage der Transekte in den Gebieten ist den Abbildungen 4.3 bis 4.7 zu entnehmen. Entlang der Transekte wurden - im Abstand von jeweils 50cm - Plots mit einer Größe von 50x50cm eingerichtet. Sie dienen als Grundeinheiten für die Untersuchung. In der Population Barendorf erfolgte die Einrichtung der Transekte bereits 2004 im Rahmen des Projektpraktikums „Habitatmanagement von *Pulsatilla pratensis* (L.) MILL.(Ranunculaceae) durch Schafbeweidung auf einem Dünenabschnitt der Ostseeküste“. Die Größe der Plots beträgt hier 1x1m. Abbildung 4.9 (a) bis (f) zeigt den Versuchsaufbau in den einzelnen Gebieten. Einen Überblick über die im jeweiligen USG ermittelten Daten sowie den Zeitpunkt ihrer Aufnahme gibt Tabelle 4.4 am Ende des Kapitels.

4.3.1 Relief

Mit Hilfe von Kompass und Neigungsmesser wurden für jeden Plot Exposition und Inklination [in°] gemessen. Die Exposition wurde nach dem in Abbildung 4.1 dargestellten Modell numerisch codiert. Die den Himmelsrichtungen zugeordneten Werte dienen als Maß für die Sonneneinstrahlung, wobei aufsteigende Werte eine zunehmende Intensität der Sonneneinstrahlung anzeigen.

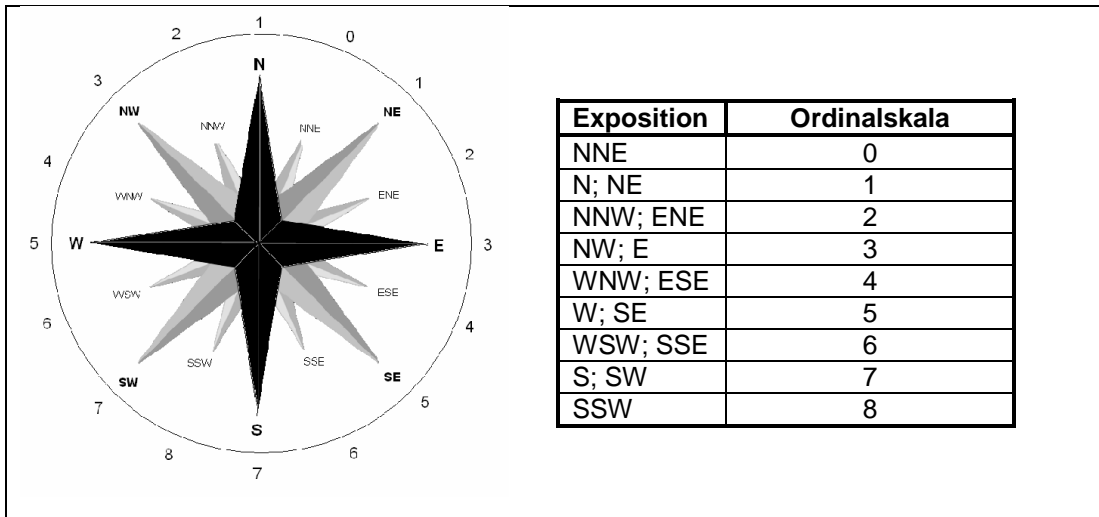


Abb. 4.1 Numerische Kodierung der Exposition im Hinblick auf die Sonneneinstrahlung

4.3.2 Klima

4.3.2.1 Regionalklima

Die in der Arbeit angegebenen Jahresmittelwerte der Temperatur sind den Gutachterlichen Landschaftsrahmenplänen (GLRP Mecklenburgische Seenplatte, GLRP Vorpommern, GLRP Westmecklenburg) Mecklenburg-Vorpommern entnommen, Angaben zum Mittleren Jahresniederschlag entstammen dem Gutachterlichen Landschaftsprogramm (UMWELTMINISTERIUM M-V 1999). Monats- und Tageswerte wurden beim Deutschen Wetterdienst (DWD) für die den Gebieten am nächsten gelegenen Klimastationen angefordert (Tab. 4.3). Die Quellen sind jeweils angegeben.

Tab. 4.3 Übersicht über die den Untersuchungsgebieten am nächsten gelegenen Klimastationen des DWD. Die dort gemessenen Werte, werden für das jeweilige Untersuchungsgebiet angenommen.

Untersuchungsgebiet	Klimastation
Meesiger	Teterow
Neu Mukran	Putbus
Barendorf	Boltenhagen
Menzlin	Anklam
Gützkow West	Anklam
Schwingetal	Greifswald
Gatschower Os	Teterow

4.3.2.2 Lokalklima

Mit Dataloggern des Typs HOBO pro 08 RH/Temp wurden in Meesiger, Neu Mukran, Gützkow West, im Schwingetal und am Gatschower Os der Tagesgang der Temperatur und der Relativen Luftfeuchte etwa 10cm über dem Boden gemessen. Außer im Schwingetal, wo die Messung an zwei Punkten unterschiedlicher Exposition stattfand, wurde pro Gebiet ein Datalogger aufgestellt. Die genauen Messpunkte sind der Abbildung 4.9 (a) bis (f) zu entnehmen. Die Messung erfolgte in allen Gebieten gleichzeitig im einminütigen Intervall. Der Messzeitraum vom 13.8. bis 25.8.2006 betrug genau 12 Tage 6 Stunden und 57 Minuten. Die Ergebnisse der Messung wurden - mit Ausnahme vom Schwingetal - jeweils auf alle anderen Transekte im USG übertragen. Im Schwingetal erfolgte die Übertragung der Ergebnisse vom Messpunkt am Transekt T5 nur auf die gleichartig exponierten Transekte T7 und T8.

4.3.3 Boden

Im Zeitraum vom 27.9. bis 8.10.2006 erfolgte die Entnahme von Bodenproben in den Untersuchungsgebieten. Dazu wurde aus den 4 Ecken eines jeden Plots, in einer Tiefe von 0 bis 4cm mit einem Pflanzenstecher Boden entnommen und gemischt. Die Proben wurden so luftdicht wie möglich in Gefrierbeutel verpackt und im Labor weiter untersucht.

In Barendorf wurden entlang der Transekte 1 und 4 alle Plots beprobt, an Transekt 2 und 3 erfolgte die Beprobung nur in den jeweils definierten Plots (Abb.4.9 (c)).

Die Böden wurden hinsichtlich folgender Parameter analysiert: Wassergehalt, pH-Wert, Kalkgehalt, Humusgehalt (Glühverlust), C/N-Verhältnis, Skelettanteil und Korngrößenverteilung. Die Analyseverfahren sind im Wesentlichen SCHLICHTING et al. (1995) entnommen. Eigene Modifikationen der dort beschriebenen Verfahren werden im Folgenden angegeben.

4.3.3.1 Wassergehalt

Die einmalige Bestimmung des Wassergehaltes erfolgte nach der gravimetrischen Methode.

Ca. 3-4 Esslöffel Probe wurden in Aluminiumschalen eingewogen und im Trockenschrank bei 105°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Anschließend wurde der Masseverlust durch erneutes Wiegen bestimmt. Die Berechnung des Wassergehaltes in Masse-% erfolgte nach der in SCHLICHTING et al. (1995) angegebenen Formel.

4.3.3.2 pH-Wert

Die Messung des pH-Wertes erfolgte mit Indikatorstäbchen der Firma Merck. Verwendet wurden die Typen Neutralit (pH-Bereich 5-10) bzw. Acilit (pH-Bereich 0-6). Die pH-Abstufung beträgt bei beiden Typen 0,5 Einheiten.

Je 10g lutro Feinboden wurden in einen Plastikbecher eingewogen, mit 25ml 0,01 molarer CaCl_2 -Lösung versetzt, mit einem Glasstab umgerührt und bedeckt über Nacht stehen gelassen. Nach erneutem Umrühren wurde die Lösung in ein Zentrifugenröhrchen dekantiert und ein Neutralit-Indikatorstäbchen zugegeben. Das Ablesen erfolgte nach 10 Minuten. Konnte die Farbabstufung nicht eindeutig einer pH-Stufe zugeordnet werden, wurde der Mittelwert zwischen den beiden Stufen angenommen, denen das Farbergebnis am nächsten kam. Lag das Ergebnis im unteren Grenzbereich der Neutralit-Indikatorstäbchen wurde zusätzlich ein Acilit-Indikatorstäbchen verwendet und auch hier nach 10 Minuten abgelesen.

4.3.3.3 Kalkgehalt

Die Bestimmung des Kalkgehaltes erfolgte nach dem gasvolumetrischen Verfahren von SCHEIBLER (KÖNIG, 1923). Es wurde dabei mit einem Calzimeter der Firma Eijkamp/NL gearbeitet.

Die Messung erfolgte nur bei Proben, bei denen sich in der Vorprobe mit HCl eine Reaktion zeigte, sowie bei solchen Proben, bei denen der pH-Wert bei 6,5 und darüber lag.

Nach Kalibrierung der Apparatur mit 250mg CaCO_3 wurden, je nach Stärke der Reaktion bei der Vorprobe, 0,8 bis 12,5 g lutro Feinboden in Erlenmeyerkolben eingewogen und mit 20 ml H_2O versetzt, um mögliche Volumenverluste durch Quellung zu vermeiden. Ein Röhrchen mit 7 ml 14 %iger HCl wurde aufrecht in den Kolben gestellt. Nach Anschluß der Kolben an das Calzimeter wurde das Röhrchen entleert und die Probe in regelmäßigen

Abständen geschüttelt bis keine CO₂-Freisetzung mehr erfolgte. Der Wert des freigesetzten CO₂ wurde abgelesen. Die Berechnung des Gehaltes der Probe an %CaCO₃ erfolgte unter Berücksichtigung des aktuellen Temperatur- und Luftdruckeinflusses nach folgender Formel:

$$\%CaCO_3 = a \cdot 25 \cdot 1/58,54 \cdot 1/E \cdot F \quad \text{wobei}$$

a = aus Probe freigesetztes CO₂-Volumen

E = Einwaage der Probe in g

F = bei Kalibrierung ermittelter Korrekturfaktor;

ergibt sich aus $F = 58,54 \text{ ml/v}$ wobei

58,54 ml = aus 250mg CaCO₃ unter Standardbedingungen (20°C; 1013mbar) freigesetztes CO₂-Volumen

v = aus 250mg CaCO₃ unter Messbedingungen (Raumtemperatur; aktueller Luftdruck) freigesetztes CO₂-Volumen im ml

4.3.3.4 Glühverlust

Etwa 5-10g Feinboden wurden nach Trocknung bis zur Gewichtskonstanz bei 105°C, in einen dem Exsikkator entnommenen Keramiktiegel eingewogen und anschließend bei 550°C im Muffelofen bis zur Gewichtskonstanz geglüht. Nach Abkühlung der Proben im Exsikkator wurde erneut gewogen. Der prozentuale Glühverlust ergibt sich nach der in SCHLICHTING et al. (1995) angegebenen Formel.

4.3.3.5 C/N-Verhältnis

Das C/N-Verhältnis wurde mit einem C/H/N/S-Analysator des Typs Vario EL der Firma Elementar, Hanau, nach den Anweisungen des Herstellers bestimmt. Je 30 bis 100mg feinstgemahlene Probe werden dabei im Sauerstoffstrom bei 950°C verbrannt. Das Gerät misst den Gesamt-N- und den Gesamt-C-Gehalt einer Probe und berechnet aus den beiden Werten das C/N-Verhältnis. Dieses vom Gerät ermittelte Verhältnis wurde anhand der gemessenen Kalkgehalte nachträglich korrigiert. Dazu wurde vom Gesamt-C-Gehalt die Menge des im Kalk enthaltenen anorganischen Kohlenstoffes abgezogen. Mit dem so erhaltenen organischen Kohlenstoffanteil der Probe wurde das C/N-Verhältnis neu berechnet. Der Wert für Gesamt-N bleibt dabei unverändert. Als C/N-Verhältnis wird in der vor-

liegenden Arbeit also das Verhältnis C_{org}/N verwendet. Bei 4 Proben ergab sich durch die Korrektur ein negativer Wert für das C/N-Verhältnis, da der bei der Kalkgehaltsbestimmung ermittelte C_{anorg} -Wert den bei der C/N-Messung festgestellten Gesamt-C-Gehalt überstieg. Grund dafür können Inhomogenitäten in den Proben sein. Hier wurde der unkorrigierte C/N-Wert übernommen. Die Messwerte der Proben von Transekt T16 (Neu Mukan) liegen für C und N unterhalb des niedrigsten Kalibrierstandards des Messgerätes und sind damit nicht mehr verlässlich. Die für dieses Transekt angegebenen C/N-Werte müssen daher kritisch betrachtet werden.

4.3.3.6 Skelettanteil und Korngrößenverhältnis

Von jeder eingewogenen luftgetrockneten Probe wurde mit einem Sieb von 2 mm Maschenweite der Skelettanteil abgeseigt und die Masse des Feinbodens ermittelt. Aus den ermittelten Werten wurde der Skelettanteil der Probe in Masse-% errechnet.

Von mindestens einer Probe pro Transekt und mindestens drei Proben pro Gebiet wurde die Korngrößenzusammensetzung mit der Lasermethode bestimmt. Dies erfolgte mit Hilfe des Laser Particle Sizers Analytste 22 der Firma Fritsch. Der Messbereich des Gerätes reicht von 0,10 μm bis 1002,42 μm . Vor der Messung erfolgt im Gerät eine Dispergierung der Partikel mit Ultraschall. Für die Korngrößenanalyse wurde der Glührückstand der Proben verwendet.

Etwa 4 Spatelspitzen Glührückstand je Probe wurden durch ein Sieb mit einer Maschenweite von 1 mm gespült und anschließend bis zu einer Absorption zwischen 8 und 15% der Einspülkammer des Gerätes zugegeben. Vom Gerät wurden für eine Messung 50 Scans ausgeführt.

Aus den ermittelten Korngrößenverhältnissen wurde mit Hilfe des EXCEL Kalkulationsblattes TRI-PLOT (GRAHAM & MIDGLEY 2000) die Bodenart errechnet.

4.3.4 Habitatstruktur

An den im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Standorten entspricht die Habitatstruktur im Wesentlichen der Vegetationsstruktur. Daher werden die Begriffe im Folgenden synonym verwendet. Die Vegetationsstruktur gibt zum einen Aufschluss über das Vorhandensein oder Fehlen von Keimungsnischen für *Pulsatilla pratensis* auf den Versuchsflächen. Zum

anderen vermittelt sie einen ersten Eindruck von den an den Standorten herrschenden Konkurrenzverhältnissen v.a. in Bezug auf Licht.

Die Aufnahme der Vegetationsstruktur erfolgte einmal Ende April/Anfang Mai 2006 und ein zweites Mal Ende Juli/Anfang August 2006 auf allen Plots in allen USG außer in Menzlin. In Barendorf wurden entlang der Transekte 1 und 4 alle Plots, an Transekt 2 und 3 nur die jeweils definierten Plots bearbeitet (Abb.4.9 (c)). Die Aufnahme erfolgte hier auch nur einmal Ende Juli/Anfang August. Geschätzt wurden jeweils die durchschnittliche Vegetationshöhe, die prozentuale Deckung von Strauch-, Kraut-, Moos- und Streuschicht sowie die Deckung großer Steine und der Offenbodenanteil. Daneben wurde – außer in Barendorf und Menzlin –

auch eine offensichtliche Bioturbation des Bodens durch Insekten oder andere Wühler vermerkt. Da angenommen wurde, dass sich die Deckung der Mooschicht und die großer Steine innerhalb von 3 Monaten nicht nennenswert ändern, wurden sie nur einmal Ende April/Anfang Mai 2006 aufgenommen. Bei der zweiten Aufnahme erfolgte auch eine Messung der maximalen Vegetationshöhe.

4.3.5 Vegetation

Die Aufnahme der Vegetation in den USG erfolgte von Mitte Juni bis Anfang Juli 2006. Ziel war die vegetationskundliche Charakterisierung der Versuchsflächen sowie die Ableitung weiterer Informationen zu den Standortsbedingungen über die mittleren Zeigerwerte. Die Aufnahme erfolgte nach der Braun-Blanquet-Methode auf 4m² großen Flächen entlang der Transekte (Abb. 4.9 (a) bis (f)). Zur Erfassung der Artmächtigkeit wurde die von BARKMAN et al. (1964) erweiterte klassische Braun-Blanquet-Schätzskala verwendet, die auch im Rahmen des Botanischen Artenmonitoring Mecklenburg-Vorpommern zur Anwendung kommt. Die höheren Pflanzen wurden mit ROTHMALER (Band 2, 1999; Band 3, 2000) bestimmt. Die Bestimmung der Moose erfolgte mit FRAHM & FREY (2004). Nach den angegebenen Werken richtet sich auch die Nomenklatur der Arten.

4.4 Erfassung der Populationsgröße und Diasporenbank

Die von *Pulsatilla pratensis* besetzten Flächen in den Populationsgebieten wurden mit einem GPS-Gerät (Typ 72 von Garmin) eingemessen und in ArcView GIS (Version 3.2) dargestellt. Mit Hilfe von GIS erfolgte auch die Berechnung der Flächengröße. Von einigen Populationen wurde lediglich per Hand eine Skizze der besetzten Flächen angefertigt.

Die vorhandenen Stauden der Art wurden in den kleineren Populationen gezählt. Bei größeren Populationen wie Göhren, Neu Mukran und Barendorf erfolgte eine Schätzung der Individuenzahl. Der größte Teil der Daten zur Bestandsgröße aus den Jahren 2003 bis 2006 wurde von Friedrich Hacker zur Verfügung gestellt.

In Barendorf wurde – beginnend mit dem Projektpraktikum der Autorin im Jahr 2004 – jährlich die Anzahl der *Pulsatilla pratensis*-Pflanzen entlang der 4 eingerichteten Transekte ermittelt. Transekt 1 und 4 wurden komplett auf jeweils 20m² bearbeitet. Bei Transekt 2 und 3 erfolgte die Zählung auf je 4 definierten Plots a 1m². Neben den Staudenzahlen liegen für diese Flächen auch Daten zu Blattzahl, Knospenzahl sowie zur Anzahl verbissener Blätter der betrachteten Pflanzen vor. Die Daten sind in Anhang II zu finden.

In den im Rahmen dieser Arbeit näher untersuchten Populationsgebieten – Meesiger, Neu Mukran und Barendorf – wurden 2006 alle betrachteten Plots auf das Vorhandensein von Keimlingen kontrolliert.

4.5 Wiederansiedlungsversuch

Im Rahmen des Wiederansiedlungsversuches sollten die Varianten Aussaat und Pflanzung hinsichtlich des Etablierungserfolges verglichen werden. Per Zufallsfunktion in EXCEL wurden aufgrund dessen die 54 Plots je Gebiet in 36 Aussaatplots und 18 Pflanzungsplots eingeteilt. Für einen Vergleich zwischen Populations- und Wiederansiedlungsgebieten hinsichtlich des Keimungserfolges, wurde auch in Neu Mukran und Meesiger ausgesät. In Neu Mukran verblieben die 18 zugeteilten „Pflanzungsplots“ als Referenzplots ohne Bearbeitung. In Meesiger wurden insgesamt nur 36 Plots angelegt. Auf allen erfolgte Aussaat. Per EXCEL-Zufallsfunktion wurden von diesen aber 18 Plots ausgewählt, bei denen vor der Aussaat die Vegetationsdecke entfernt wurde (vgl. Abb. 4.9 (a) bis (f)).

4.5.1 Aussaat

Die Samen für den Aussaatversuch in den Wiederansiedlungsgebieten stammen aus Aufsammlungen der Jahre 2004 und 2005 in den Populationen Hollenberg und Göhren und wurden zu gleichen Teilen gemischt. Bei den in den Populationsgebieten Neu Mukran und Meesiger verwendeten Samen, handelt es sich um Aufsammlungen von 2005 in der jeweiligen Population. Per Hand wurden die Samen von ihren Anhängseln befreit und ausgezählt. Als steril befundene wurden aussortiert. Vor der Ausbringung erfolgte eine einwöchige Stratifikation der Samen unter den gleichen Bedingungen wie für den Keimungsver-

such im Labor beschrieben (vgl. Abschnitt 4.1.). Pro Aussaatplot wurden Ende Mai 2006 30 Samen im regelmäßigen Abstand mit einer Pinzette etwa 0,5 cm tief in die Erde gebracht. Im Laufe der Vegetationsperiode wurde der Keimungserfolg mehrfach kontrolliert. Da keine Keimlinge zu finden waren, erfolgte Ende September in den Wiederansiedlungsgebieten ein zweiter Aussaatversuch. Diesmal wurden Samen von 2006 aus der Population Göhren verwendet. Es erfolgte keine Stratifikation. Da sich die Vorbereitung der Samen und die Ausbringungsmethode mit Pinzette als zu aufwendig erwiesen, wurden die Samenanhängsel diesmal nur durch Reiben zwischen den Handflächen zerkleinert und nicht entfernt. Die pro Plot auszubringende Samenmenge wurde durch Wägung bestimmt. Sie entspricht etwa 250 Samen pro Plot. Jede Samenportion wurde mit 200ml feinem Quarzsand vermischt. Die Mischung wurde jeweils gleichmäßig auf dem jeweiligen Aussaatplot verteilt. Eine Kontrolle des Keimungserfolges kann erst im Frühjahr 2007 stattfinden. Die Daten stehen für diese Arbeit deshalb noch nicht zur Verfügung.

4.5.2 Pflanzung

Die im Versuch verwendeten Pflanzen wurden im Jahr 2005 im Botanischen Garten aus Samen der Populationen Meesiger, Neu Mukran, Neustrelitz, Genzkow, Göhren, Hollenberg, Lübbersdorf und dem Botanischen Garten Greifswald gezogen. Sie waren zum Zeitpunkt der Pflanzung 9 Monate alt. Vor der Ausbringung wurden die Pflanzen jeweils gekennzeichnet sowie ihre Größe¹ und die Anzahl ihrer Blätter vermerkt.

Die Verteilung der Pflanzen auf die Wiederansiedlungsgebiete erfolgte mit Hilfe der Zufallsfunktion in EXCEL. Damit sollte vermieden werden, dass durch unbewusste Sortierung des Bearbeiters, vitalere Pflanzen in ein Gebiet gelangen und weniger vitale in ein anderes. Pro Pflanzungsplot wurden 4 Pflanzen ausgebracht. Dabei wurden schon vorhandene Offenbodenbereiche nach Möglichkeit als Pflanzstellen genutzt. Da für Gützkow West und das Gatschower Os nur jeweils 71 Pflanzen zur Verfügung standen, wurden im jeweils letzten Pflanzungsplot nur je 3 Pflanzen ausgebracht. Die jeweilige Kennzeichnungsnummer der Pflanze sowie ihr genauer Standort im Plot wurden vermerkt. Die Verteilung der Pflanzen auf die einzelnen Plots erfolgte zufällig. Sie wurden unmittelbar nach der Pflanzung angegossen.

In den beweideten Gebieten (Schwingetal, Gatschower Os) wurden alle bepflanzten Plots mit Drahtkörben abgedeckt, um die Jungpflanzen vor Verbiss zu schützen. Während der

¹ Unter der Pflanzengröße wird hier die Länge des längsten Assimilationsorgans verstanden.

größten Trockenperiode im Sommer 2006 wurden die Pflanzungsplots in Gützkow West und im Schwingetal gegossen. Die Bewässerung erfolgte jedoch nur 2 bis 3mal pro Gebiet in unregelmäßigem Abstand, da der Aufwand für eine häufigere Anfahrt zu groß war.

Ende September/Anfang Oktober wurden alle Pflanzpunkte wieder aufgesucht. Die überlebenden Pflanzen wurden vermessen sowie die Anzahl ihrer Blätter vermerkt. Aus den so gewonnenen Daten wurden die Überlebensrate sowie der mittlere Größenzuwachs und die Änderung der Blattzahl der überlebenden Pflanzen errechnet.

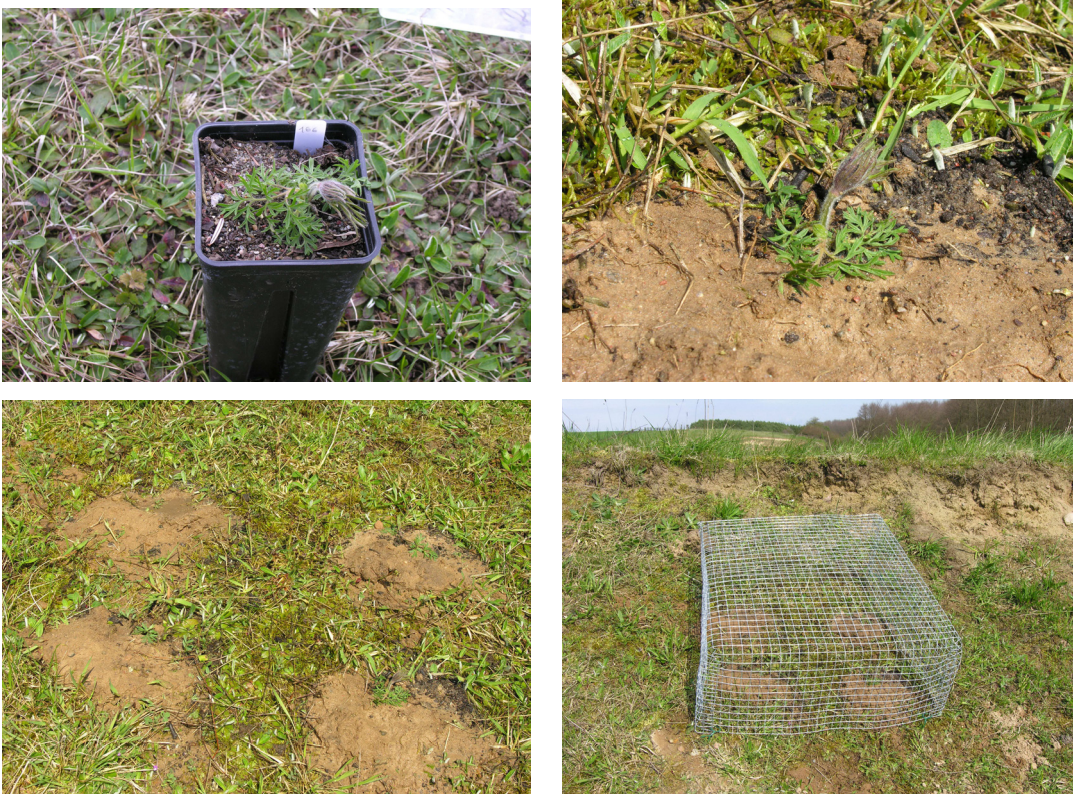


Abb. 4.2 Ausbringung der *Pulsatilla pratensis* – Pflanzen im Schwingetal

4.6 Auswertung

4.6.1 Allgemeines

Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe von EXCEL und SPSS (Version 12.0). Mit diesen Programmen wurden auch die in dieser Arbeit verwendeten Diagramme erstellt. Sie wurden z.T. mit SPSS (Student Version 13.0) nachbearbeitet.

Im Rahmen dieser Arbeit errechnete Korrelationskoeffizienten wurden folgendermaßen bewertet: bis 0,2 sehr geringe, bis 0,5 geringe, bis 0,7 mittlere, bis 0,9 hohe und über 0,9 sehr hohe Korrelation (BÜHL & ZÖFEL 2000). Soweit nicht anders angegeben, wird bei allen vorgenommenen statistischen Analysen Signifikanz bei $p < 0,05$ angenommen.

4.6.2 Keimungsversuch

Laut Definition gilt ein Same als gekeimt, wenn seine Radicula die Samenschale durchbohrt hat. (URBANSKA 1992) Da dies im Substrat nicht zu beobachten war, muss bei der Auswertung des Versuches vom Keimlingsaufkommen ausgegangen werden.

Anhand der am 11. Oktober 2006 ausgezählten Keimlinge, wurden für alle Versuchsvarianten die Keimungsraten berechnet.

Neben dem im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Keimungsversuch, wurden für die Auswertung auch Daten des von Friedrich HACKER 2005 mit einer ähnlichen Methodik durchgeführten Versuches herangezogen. Zur Untersuchung möglicher Zusammenhänge zwischen Populationsgröße, Samengewicht, Kalkgehalt des Keimungssubstrates und der Keimungsrate wurden Korrelationskoeffizienten berechnet und T-Tests durchgeführt. Genaue Angaben zu den im Einzelnen verwendeten Daten und den jeweils durchgeführten statistischen Tests, finden sich in Abschnitt 5.1.

4.6.3 Standortdaten

4.6.3.1 Relief-, Boden- und Habitatstrukturparameter

Mit Hilfe der deskriptiven Statistiken in SPSS, wurden für alle metrisch und ordinal skalierten Daten folgende statistische Kennwerte ermittelt: Minimum, Maximum, Mittelwert, Median, Standardabweichung, Varianz, Spannweite und Perzentile. Zur Veranschaulichung und zum Vergleich der Daten wurden einfache Boxplots erstellt. Lediglich für die Darstellung der Vegetationsstruktur erschien eine Darstellung in Form von Balkendiagrammen übersichtlicher. Die Berechnung der Kennwerte sowie die Darstellung in Diagrammen erfolgten einmal für die einzelnen Transekte und einmal für die Gebiete. Eine ausführliche Übersicht der Ergebnisse diesbezüglich, ist in Anhang I.6 bis I.10 zu finden.

Zur Aufklärung bivariater Zusammenhänge zwischen den gemessenen Parametern, wurden die Rangkorrelationskoeffizienten nach SPEARMAN berechnet. Hierzu findet sich eine Übersicht in Anhang I.13.

4.6.3.2 Vegetation

Die in den Aufnahmeflächen gewonnenen Daten wurden mit EXCEL weiterverarbeitet. Die in diesem Programm erstellte Vegetationstabelle wurde per Hand nach Vorkommen und Fehlen der Arten in den Aufnahmen der Gebiete sortiert. Die Aufnahmen wurden nach

BERG et al. (2004) und BERG et al. (2001) entsprechenden Pflanzengesellschaften zugeordnet. Bei allen gefundenen Species erfolgte die Zuordnung der jeweiligen Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (1992). Für jede Aufnahme wurde daraus der qualitative mittlere Zeigerwert (mZ) ermittelt. Berechnet wurden jeweils Mittelwert und Median der Werte. Für die Darstellung und Kommentierung der Ergebnisse wird in dieser Arbeit aber nur auf den Mittelwert näher eingegangen, da dieser im Vergleich zum Median aussagekräftiger erschien. Um die Ergebnisse übersichtlicher zu gestalten, wurden die mittleren Zeigerwerte der Aufnahmen eines Transektes zu einem mZ zusammengefasst. Die ausführliche Fassung der Daten sowie die Übersicht über die Mediane befinden sich im Anhang.

4.6.4 Wiederansiedlungsversuch – Statistische Auswertung der Pflanzungsvariante

Mit Hilfe multivariater Analyseverfahren sollte ermittelt werden, unter welchen Standortbedingungen die Überlebensrate der ausgebrachten Pflanzen von *Pulsatilla pratensis* am größten ist.

In einer Hauptkomponentenanalyse (Principle Component Analysis – PCA) wurde die große Anzahl der in den Wiederansiedlungsgebieten gemessenen Standortvariablen zunächst auf wenige Faktoren (Hauptkomponenten) reduziert. Dabei werden stark miteinander korrelierende Variablen in einem Faktor zusammengefasst. Neben den Standortdaten ging auch die Vitalität der Pflanzen (Blattzahl, Größe) vor deren Ausbringung mit in die Berechnung ein. Dadurch sollte überprüft werden, ob die hohe Überlebensrate in einem Gebiet v.a. dadurch bedingt ist, dass diesem Gebiet im Rahmen der Zufallsverteilung die vitaleren Pflanzen zugeordnet wurden.

Für die Rotation wurde die Varimax-Methode gewählt.

Mit den im Rahmen der PCA ermittelten Hauptkomponenten wurde eine multiple lineare Regression durchgeführt. Sie soll zeigen, welche der Komponenten (unabhängige Variablen) die Überlebensrate von *Pulsatilla pratensis* in den Wiederansiedlungsgebieten (abhängige Variable) am besten erklären. Die Aufnahme der unabhängigen Variablen in die Regressionsgleichung erfolgte nach der schrittweisen Methode. (BÜHL & ZÖFEL 2000: S. 346)

	POPULATIONSGEBIETE				WIEDERANSIEDLUNGSGEBIETE		
				erloschene Teilpopulation			
	<u>Meesiger</u>	<u>Neu Mukran</u>	<u>Barendorf</u>	<u>Menzlin</u>	<u>Gützkow West</u>	<u>Schwingetal</u>	<u>Gatschower Os</u>
Keimungsversuch im Labor							
TKG	x	x	x	-	-	-	-
Keimungsrate im Labor	x	x	x	-	-	-	-
Einrichtung der Transekte	25.04.2006	27.05.2006	18.-24.07.2004	4.10.2006	27./28.04.2006	29.04.2006	11.05.2006
Anzahl der Transekte	2	3	4	1	4	4	5
Anzahl Plots/Transektmeter	36	54	80	20	54	54	54
Größe der Plots [m]	0,5 x 0,5	0,5 x 0,5	1x1	0,5 x 0,5	0,5 x 0,5	0,5 x 0,5	0,5 x 0,5
Standortsdaten							
Relief	Ebene	Ebene	Ebene		Hang	Hang	Hang
Exposition	x	x	-	-	x	x	x
Inklination	x	x	-	-	x	x	x
Klima (Mesoklima)							
Niederschlag	x	x	x	x	x	x	x
Temperatur	x	x	x	x	x	x	x
Bestandsklimamessung (Mikroklima)							
Tagesg. Temperatur	x	x	-	-	x	x	x
Tagesg. Luftfeuchte	x	x	-	-	x	x	x
Bodenparameter - Probenahme	3.10.2006	4.10.2006	7.10.2006	4.10.2006	27.09.2006	29.09.2006	3.10.2006
Wassergehalt (18.10.2006)	x	x	x	x	x	x	x
pH-Wert (Nov. 2006)	x	x	x	x	x	x	x
Kalkgehalt (Nov. 2006)	x	x	x	x	x	x	x
C/N-Verhältnis (Dez.2006/Jan.2007)	x	x	x	x	x	x	x
Glühverlust (Nov.2006)	x	x	x	x	x	x	x
Skelettanteil (Okt.2006)	x	x	x	x	x	x	x
Korngrößenanteile (29.11.2006)	x	x	x	x	x	x	x
Vegetationsstruktur							
durchschn.VH (Apr./Mai)	x	x	-	-	x	x	x
Deckung Krautschicht (Apr./Mai)	x	x	-	-	x	x	x
Deckung Moose (Apr./Mai)	x	x	-	-	x	x	x
Deckung Offenboden (Apr./Mai)	x	x	-	-	x	x	x
Deckung Streu (Apr./Mai)	x	x	-	-	x	x	x
Deckung Steine	x	x	-	-	x	x	x
Bioturbation	x	x	-	-	x	x	x
max.VH (Juli/Aug.)	x	x	-	-	x	x	x
durchschn.VH (Juli/Aug.)	x	x	x	-	x	x	x
Deckung Krautschicht (Juli/Aug.)	x	x	x	-	x	x	x
Deckung Moose (Juli/Aug.)	x	x	x	-	x	x	x
Deckung Offenboden (Juli/Aug.)	x	x	x	-	x	x	x
Deckung Streu (Juli/Aug.)	x	x	x	-	x	x	x
Vegetationsaufnahme	1./2.07.2006	15.06.2006	18.-24.07.2004	-	16./17.06.2006	20./26.06.2006	27./28.06.2006
Aufnahmeflächen a 4m ²	6	5	9 a 1m ²	-	6	6	8
Populationsgröße und Diasporenbank							
Größe der von P.p. besetzten Fläche	x	x	x	-	-	-	-
Prüfung der Diasporenbank	x	x	x	-	-	-	-
Wiederansiedlungsversuch							
Aussaat			-	-			
1.Aussaat	25.05.2006	27.05.2006	-	-	17./18.05.2006	22.05.2006	24.05.2006
2.Aussaat	-	-	-	-	27.09.2006	29.09.2006	3.10.2006
Pflanzung	-	-	-	-	27./28.04.2006	29.04.2006	11.05.2006
Anzahl Pflanzen pro Gebiet					71	72	71

Abb. 4.4: Überblick über die in den USG ermittelten Daten sowie den Zeitpunkt ihrer Aufnahme

Überblick über die Lage der Untersuchungsgebiete (Abb. 4.3 bis 4.8)

Populationsgebiete

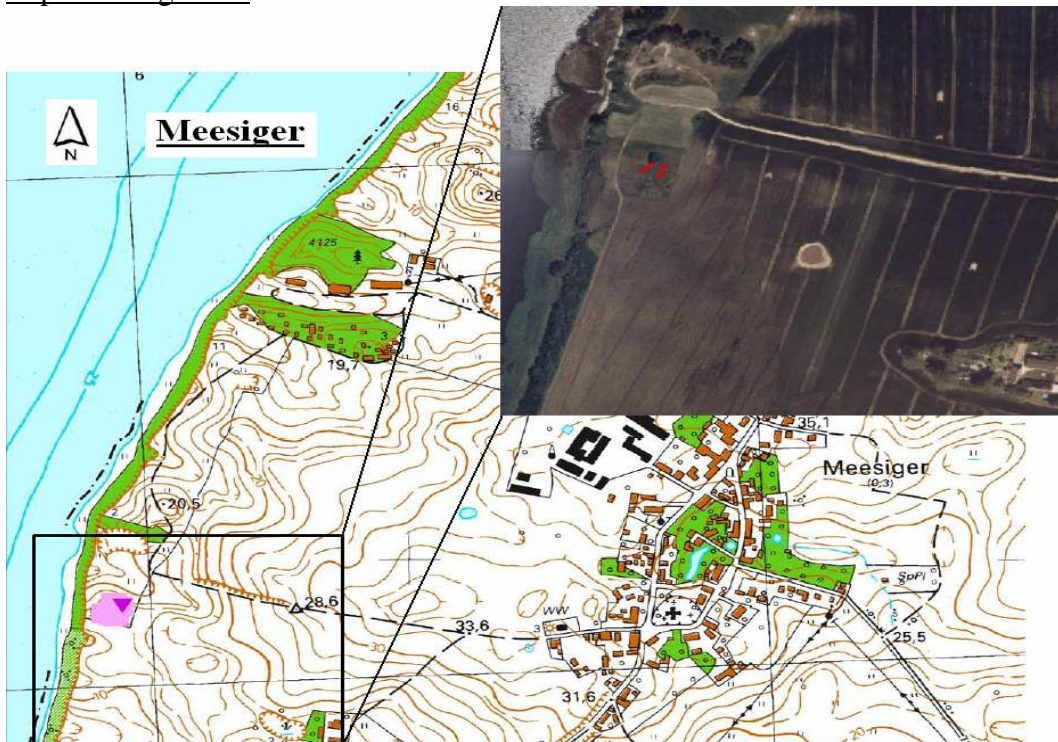


Abb. 4.3 Lage der Transekte in Meesiger

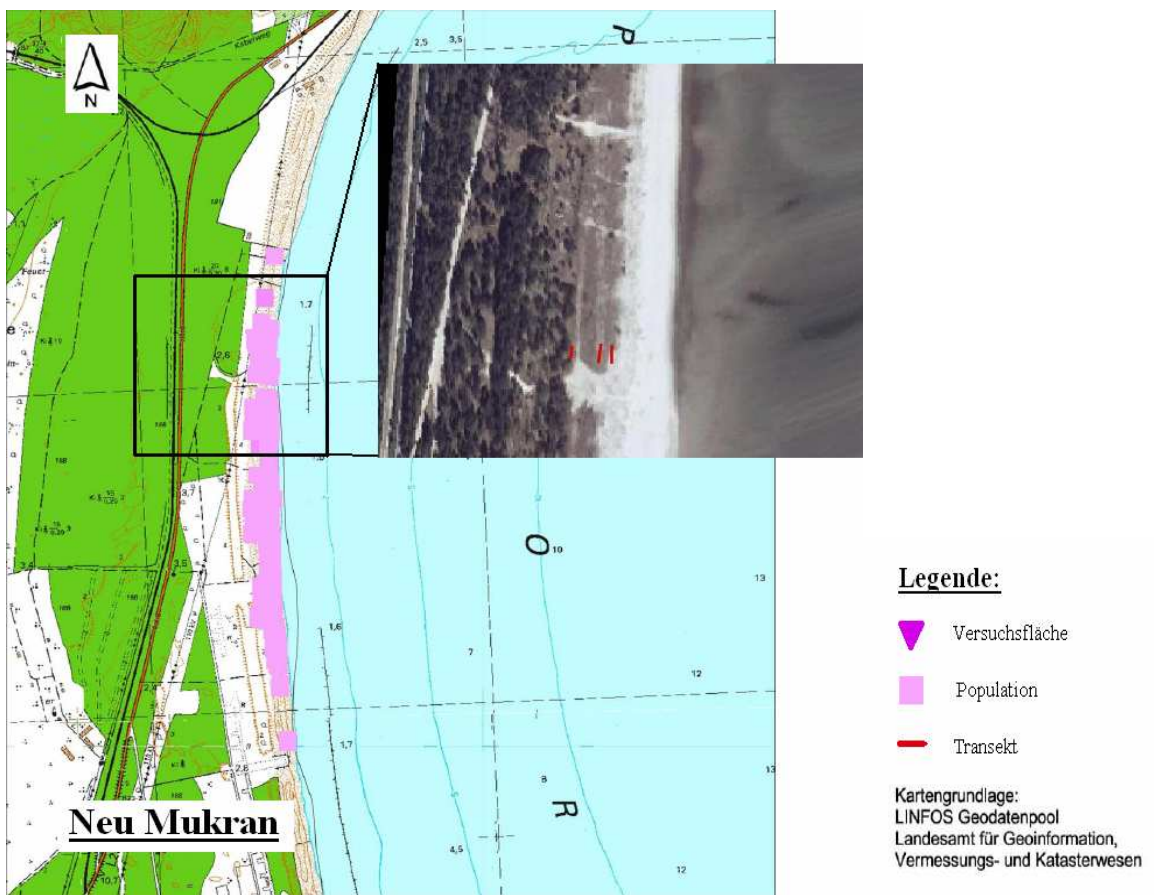





Abb. 4.4 Lage der Transekte in Neu Mukran

Legende:

-  Versuchsfläche
-  Population
-  Transekt

Kartengrundlage:
LINFOS Geodatenpool
Landesamt für Geoinformation,
Vermessungs- und Katasterwesen



Abb. 4.5 Lage der Transekte in Barendorf

Wiederansiedlungsgebiete

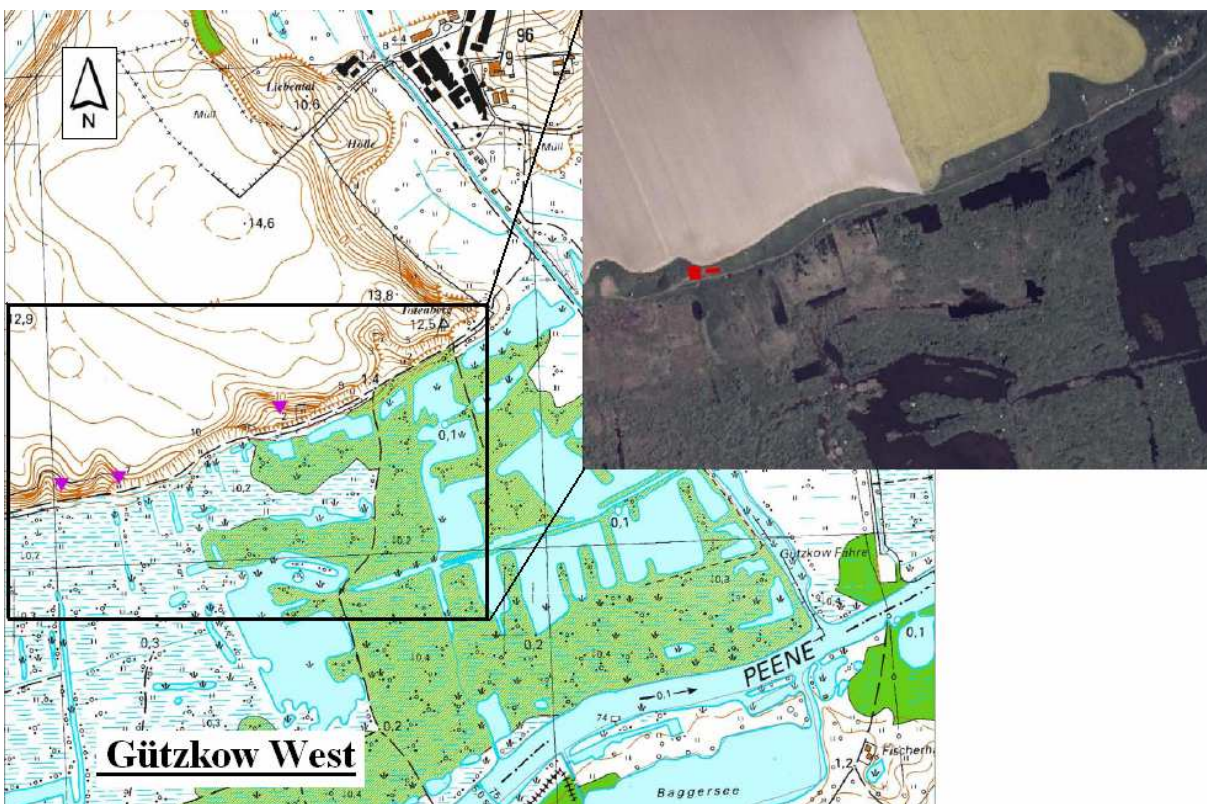


Abb. 4.6 Lage der Transekte in Gützkow West

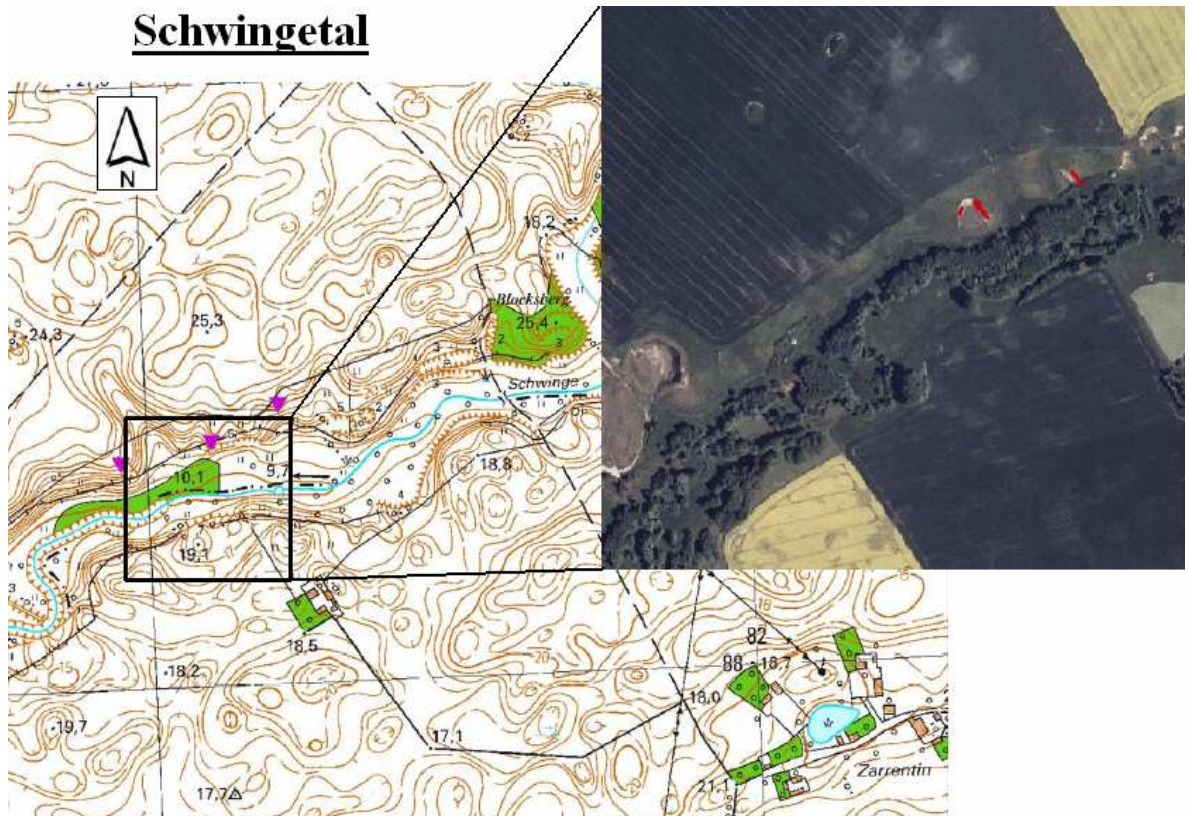


Abb. 4.7 Lage der Transekte im Schwingetal

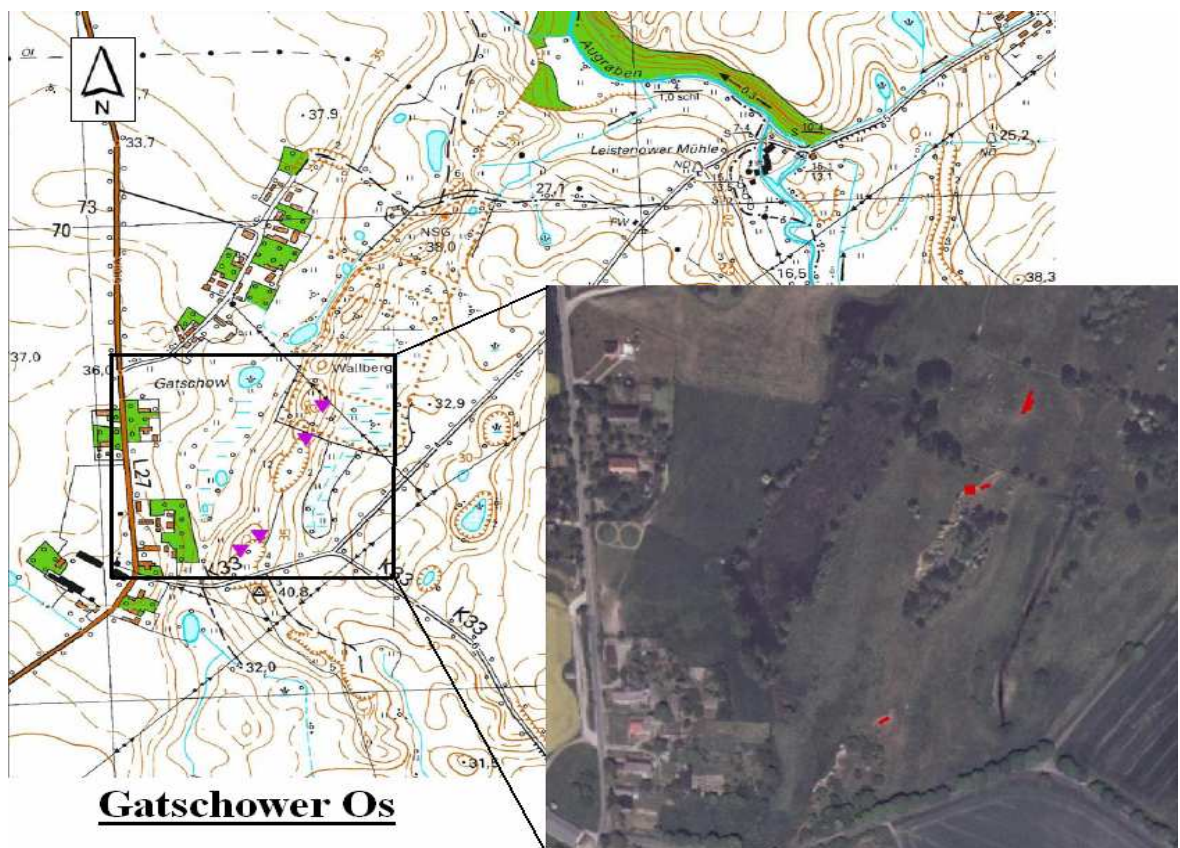
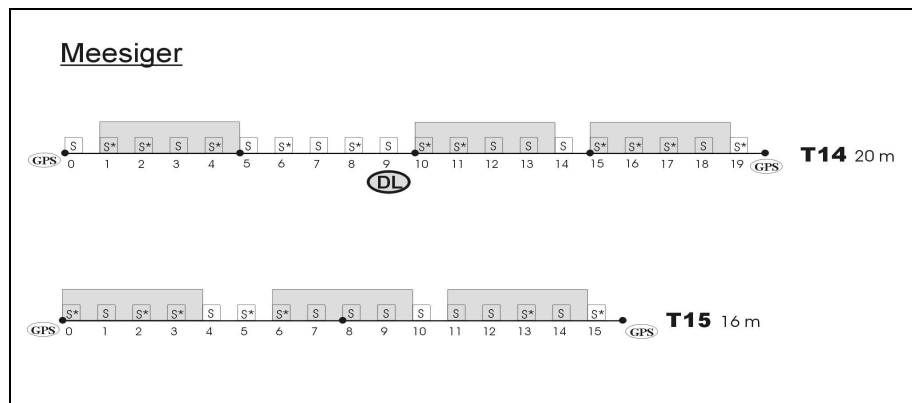
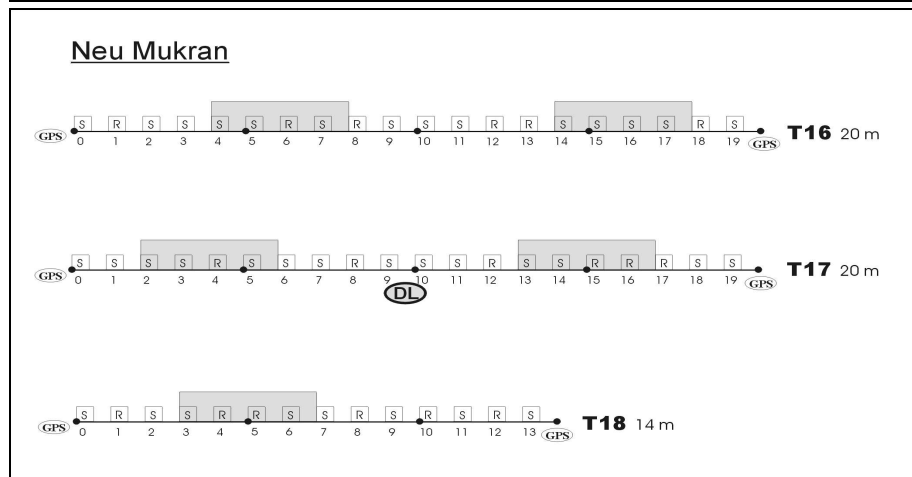


Abb. 4.8 Lage der Transekte am Gatschower Os

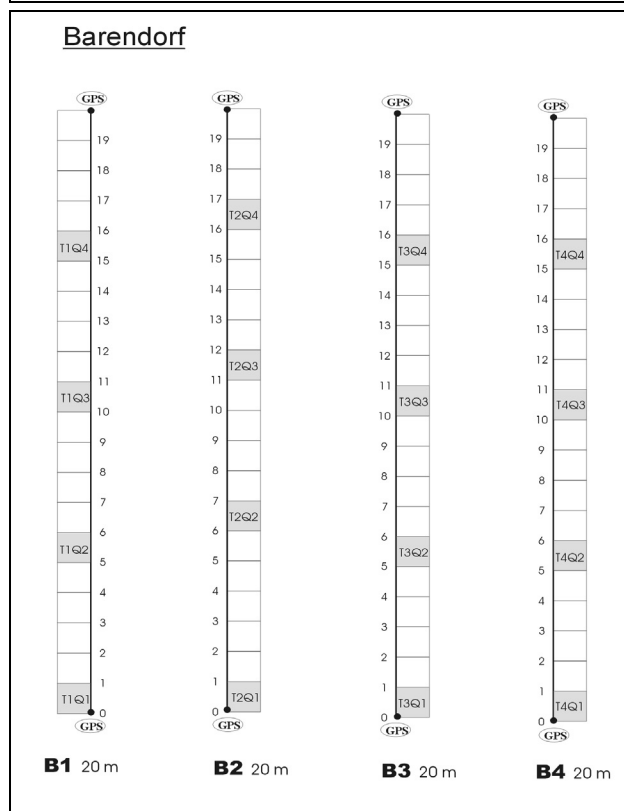
Populationsgebiete



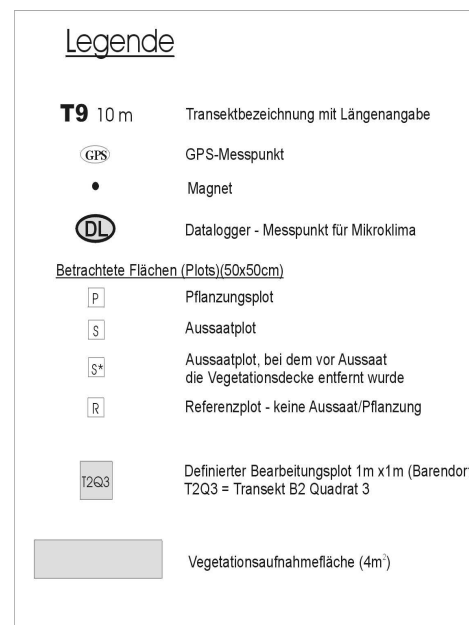
(a)



(b)



(c)



Wiederansiedlungsgebiete

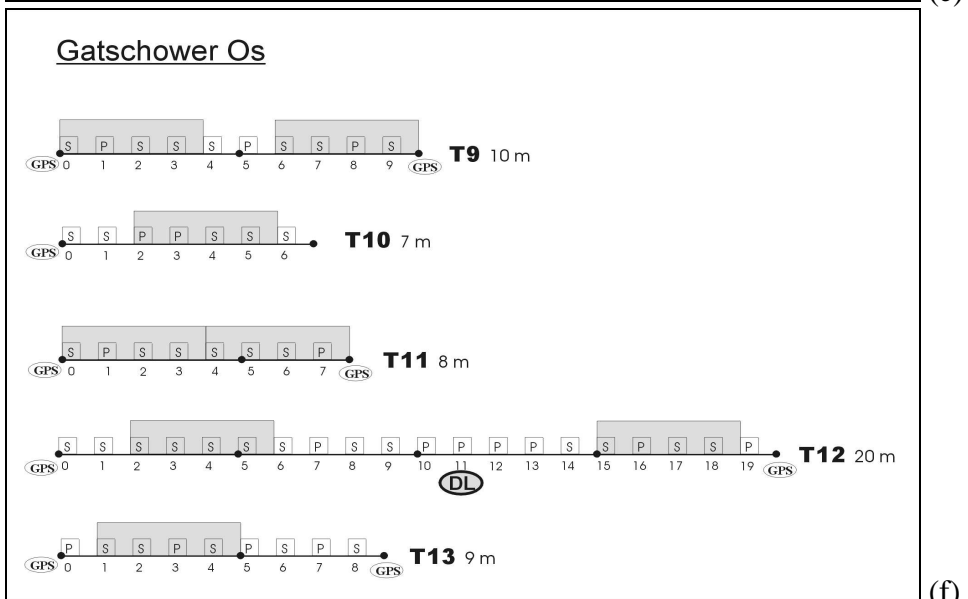
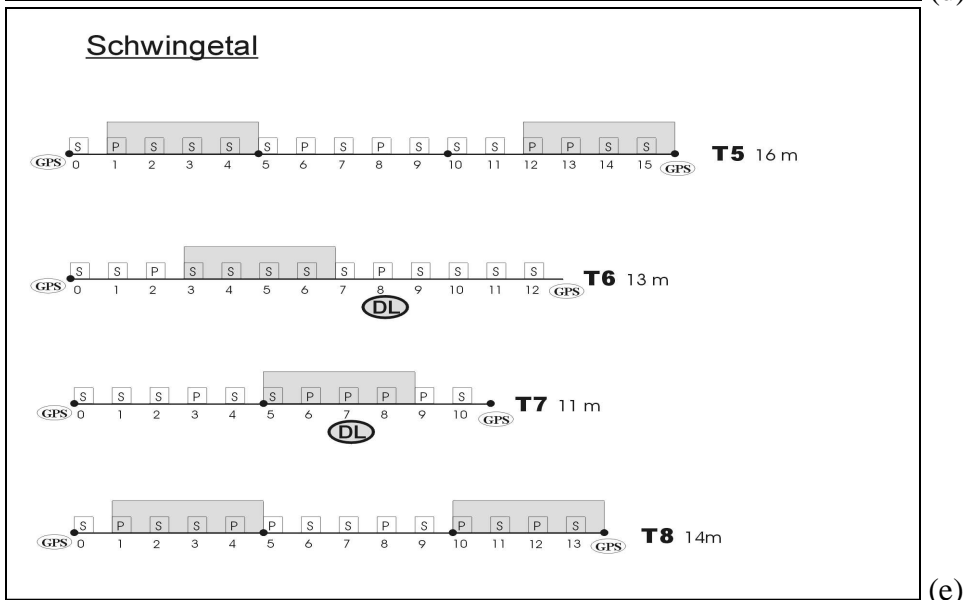
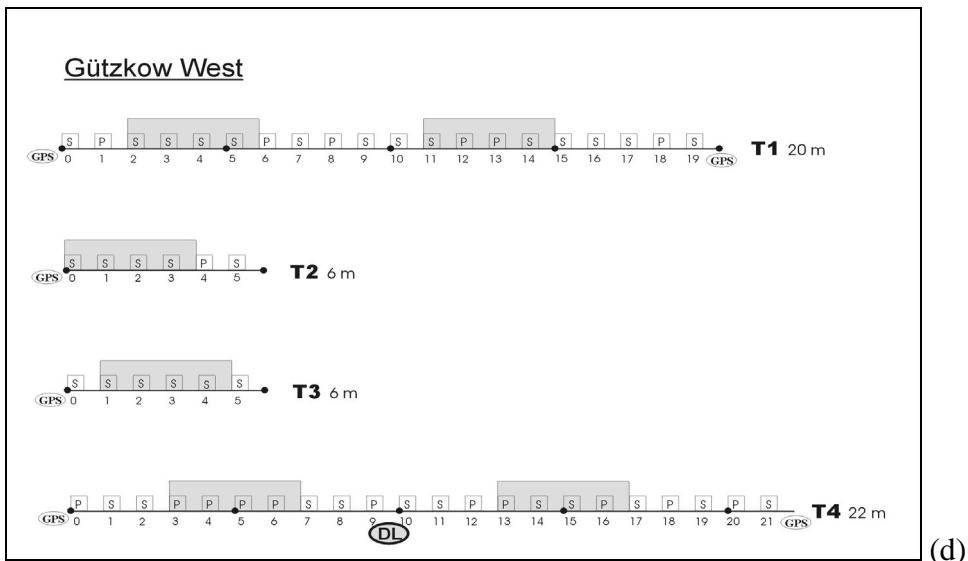


Abb. 4.9 (a) bis (f): Versuchsaufbau in den Untersuchungsgebieten

5 Ergebnisse

5.1 Keimungsversuche im Labor

Den im Folgenden angeführten Ergebnissen liegen die Daten aus zwei Keimungsversuchen zugrunde.

5.1.1 Tausendkorngewichte und Keimungsraten

Tabelle 5.1 zeigt die in den Keimungsversuchen ermittelten Tausendkorngewichte sowie die Keimungsraten einmal bei 5% Kalkzusatz zum Substrat und einmal ohne Kalkzusatz. Die in den Wiederansiedlungsgebieten verwendeten Samenherkünfte sind grau unterlegt. Alle Samen wurden reif geerntet, als fertil befunden und stratifiziert.

Tab. 5.1 Tausendkorngewichte und Keimungsraten der *Pulsatilla pratensis* – Samen im Laborversuch (jeweils mit und ohne Kalkzusatz zum Substrat)

Samenherkunft	Jahr der Aufsammlung	Jahr des Keimungsversuches	TKG [g]	Anzahl der ausgesäten Samen je Substrat-variante	Keimungsrate[%] mit Kalk	Keimungsrate[%] ohne Zusatz
Göhren	2004	2005	1.99	40	67.5	60.0
		2006	2.38	80	66.3	60.0
	2006	2006	2.37	80	72.5	77.5
Neu Mukran	2004	2005	2.04	40	20.0	47.5
		2006	2.08	80	31.3	35.0
	2005	2006	1.98	80	28.8	43.8
Barendorf	2005	2006	1.42	80	27.5	27.5
Hollenberg	2004	2005	0.93	40	22.5	15.0
		2006	0.94	80	8.8	6.3
Meesiger	2004	2005	1.60	40	42.5	45.0
Lübbersdorf	2004	2005	0.80	40	2.5	2.5
Botanischer Garten Greifswald	2004	2005	1.60	40	62.5	67.5
Neustrelitz	2004	2005	1.49	20	10.0	25.0
Genzkow	2004	2005	0.92	20	20.0	10.0

Die Keimfähigkeit der Samen variiert zwischen den einzelnen Populationen stark. Dabei ist zu beachten, dass die auf Keimfähigkeit untersuchte Anzahl der Samen je Population

und Jahr unterschiedlich war. (vgl. Tab. 5.1: Spalte: »Anzahl der ausgesäten Samen je Substratvariante«) Die errechneten Keimungsraten sind dadurch nicht direkt miteinander vergleichbar. Sie geben aber Tendenzen an. Für Göhren konnten mit 60 – 78% die höchsten Keimungsraten ermittelt werden. Ähnlich hoch liegt die Keimungsrate mit mehr als 60% bei den Samen der Pflanze aus dem Botanischen Garten Greifswald, die ursprünglich aus der Population Göhren stammt. Meesiger, Neu Mukran und Barendorf weisen unter Idealbedingungen Keimungsraten im Bereich von 20 bis 48% auf, wobei Neu Mukran die durchschnittlich höchsten Werte erreicht.

Tab. 5.2 Tausendkorngewichte und Keimungsraten unreifer und reifer Samen der Population Barendorf

Samenherkunft	Jahr der Aufsammlung	Jahr des Keimungsversuches	Reife	Behandlung	TKG [g]	Anzahl der ausgesäten Samen je Substratvariante	Keimungsrate [%] mit Kalk	Keimungsrate [%] ohne Zusatz
Barendorf	2005	2006	reif	stratifiziert	1.42	80	27.5	27.5
			grün	stratifiziert	1.39	40	2.5	12.5
				nicht stratifiziert		40	7.5	15

Wie der Versuch zeigt, sind auch nicht vollständig ausgereifte Samen grundsätzlich keimfähig (Tab. 5.2). Die Keimungsrate liegt jedoch um mehr als 50% unter der von reifen Samen. Nach den hier vorliegenden Ergebnissen, scheinen unreife Samen von *Pulsatilla pratensis* ohne Stratifikation noch etwas besser zu keimen als mit Stratifikation.

Bei der Überprüfung der Sortierquote nach sterilen und fertilen Samen vor dem Keimungsversuch, ergab sich das folgende Bild (Tab. 5.3): Von den 80 ausgesäten sterilen Samen je Variante, ist jeweils ein Same ausgekeimt.

Tab. 5.3 Tausendkorngewichte und Keimungsraten fertiler und aussortierter steriler Samen der Population Neu Mukran

Samenherkunft	Jahr der Aufsammlung	Jahr des Keimungsversuches	Fertilität	TKG [g]	Anzahl der ausgesäten Samen je Substratvariante	Keimungsrate [%] mit Kalk	Keimungsrate [%] ohne Zusatz
Neu Mukran	2004	2006	fertil	2.08	80	31.25	35
			steril	0.74	80	1.3	1.3

5.1.2 Zusammenhang zwischen Samengewicht und Keimungsrate

Um die Beschaffenheit des Substrates (mit oder ohne Kalk) als Einflussfaktor auf die Keimungsrate auszuschließen, wurden zur Berechnung des Korrelationskoeffizienten nur Werte der Variante -Substrat ohne Kalkzusatz- herangezogen. Die Lagerungszeit der berücksichtigten Samen betrug von der Aufsammlung bis zum Keimungsversuch jeweils ein Jahr. Der Kolmogorov-Smirnov-Test ließ auf eine hinreichende Normalverteilung für beide Variablen schließen (TKG: $p=0,900$; Keimungsrate: $p=0,943$). Deshalb wurde der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Er liegt bei $0,845$ ($p=0,002$; $N=10$). Damit kann eine signifikante, hohe Korrelation zwischen Samengewicht und Keimungsrate angenommen werden.

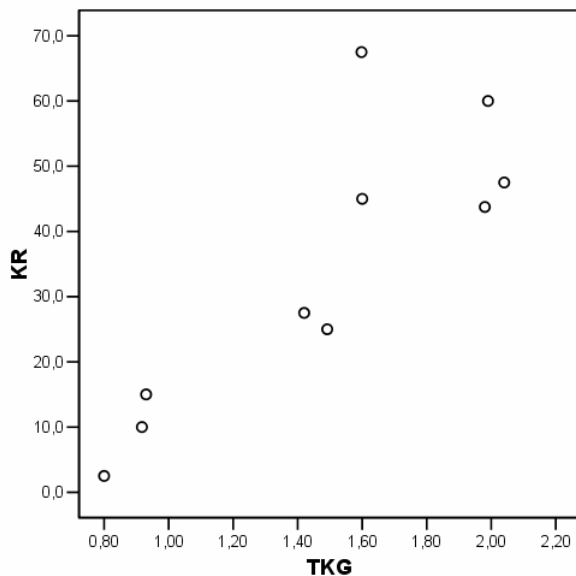


Abb. 5.1 Zusammenhang zwischen Tausendkorngewicht (TKG) und Keimungsrate (KR) von *Pulsatilla pratensis* in Mecklenburg-Vorpommern ($r=0,845$; $p=0,002$)

5.1.3 Einfluß des Kalkzusatzes zum Substrat auf die Keimungsrate

Mit Hilfe eines T-Tests für abhängige Stichproben wurde untersucht, ob sich die Keimungsraten hinsichtlich der Beschaffenheit des Substrates (mit oder ohne Kalkzusatz) signifikant unterscheiden. Der Test ergab für $p=0,325$ bei einer Stichprobenzahl von $N=14$. Die Keimungsrate scheint bei einem Zusatz von Kalk zum Keimungssubstrat also nicht signifikant höher oder niedriger zu sein als bei dem Keimungsversuch ohne Kalkzusatz zum Substrat.

5.1.4 Zusammenhang zwischen Populationsgröße und Samengewicht

Als Maß für die Populationsgröße wurde die Anzahl der Individuen von *Pulsatilla pratensis* pro Population verwendet. Bei den größeren Populationen (Neu Mukran, Göhren, Barendorf, Meesiger) handelt es sich dabei um Schätzwerte. In die Berechnung des Korrelationskoeffizienten wurden nur die TKG von Samen aus Aufsammlungen von 2004 einbezogen. Dadurch sollten Unterschiede in den Umweltfaktoren zwischen einzelnen Jahren als Einfluss auf das Gewicht der Samen ausgeschlossen werden. Weiterhin wurde darauf geachtet, dass Gewichtsunterschiede aufgrund unterschiedlich langer Lagerung der Samen, nicht in die Berechnung eingehen. Das TKG aller einbezogenen Samen wurde im Jahr 2005 berechnet.

Der Korrelationskoeffizient (nach Pearson) zwischen logarithmierter Individuenzahl beträgt 0,824. ($p=0,023$; $N=7$) Es existiert eine hohe positive Korrelation zwischen Populationsgröße und Samengewicht.

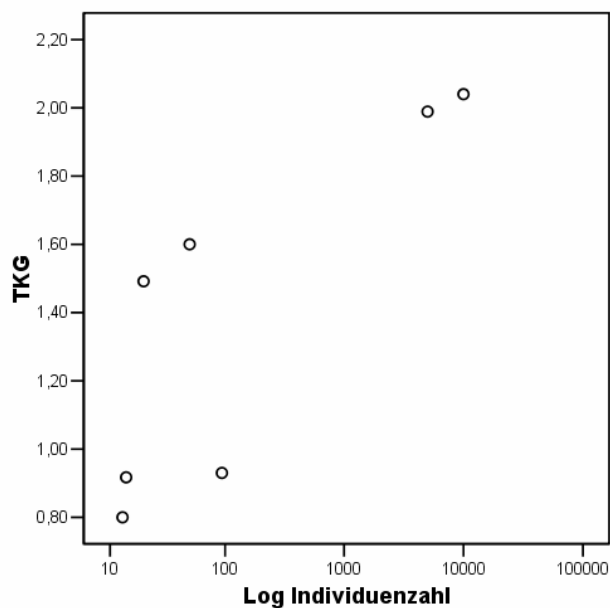


Abb. 5.2 Zusammenhang zwischen Populationsgröße (Log Individuenzahl) und dem Tausendkorngewicht (TKG) von *Pulsatilla pratensis* in Mecklenburg-Vorpommern. (Individuenzahl logarithmiert) ($r=0,824$; $p=0,023$)

5.2 Untersuchte Populationen von *Pulsatilla pratensis* in Mecklenburg-Vorpommern

5.2.1 Populationsentwicklung und Diasporenbank

Tabelle 5.4 gibt einen Überblick über die Flächengröße und die Individuenzahl einiger Populationen von *Pulsatilla pratensis* in Mecklenburg-Vorpommern. Die in dieser Arbeit hinsichtlich ihrer Standortfaktoren näher untersuchten Populationen sind grau unterlegt.

Tab. 5.4 Flächengröße, Individuenzahl und Entwicklungstrend hinsichtlich der Populationsgröße in einigen Populationen von *Pulsatilla pratensis* in Mecklenburg-Vorpommern. Bei den Angaben zur Individuenzahl der Populationen Neu Mukran, Göhren und Barendorf handelt es sich um Schätzwerte.

Ort	Fläche m ²	Flächenmessung	Individuen	Entwicklungstrend	Standort	Nutzung
Neu Mukran	113500	GPS	10000	positiv	Küstendünen	keine
Göhren	14000	GPS	5000	positiv	Küstendünen	keine
Barendorf	7130	GPS	1500	positiv	Küstendünen	Schafbeweidung Pfleagemahd
Hollenberg bei Verchen	50	Skizze	94	positiv		Pfleagemahd
W Meesiger	360	GPS	50	konstant	Oszug	Pfleagemahd
Genzkow	25	Skizze	14	negativ	Oszug	keine
Lübbersdorfer Wald	10	Skizze	13	negativ	Waldrand	keine
FND Ziegenberg bei Karbow	3160	GPS	118	negativ	Hang	Rinderweide
Neustrelitzer Torfstiche	520	GPS	20	negativ		keine
Gross Schoenfeld	-	Skizze	10	negativ	Waldrand	keine
Schanzberge Brietzig	2635	GPS	40	negativ	Oszug	?

In den drei großen Küstenpopulationen – Neu Mukran, Göhren, Barendorf – sowie in der Population Hollenberg bei Verchen konnte sich *Pulsatilla pratensis* in den letzten Jahren weiter ausbreiten.

In Barendorf vergrößerte sich die von *Pulsatilla pratensis* besetzte Fläche von insgesamt 2557m² (2004) auf insgesamt 2945m² (2006) (Abb. 5.3).

Population Barendorf

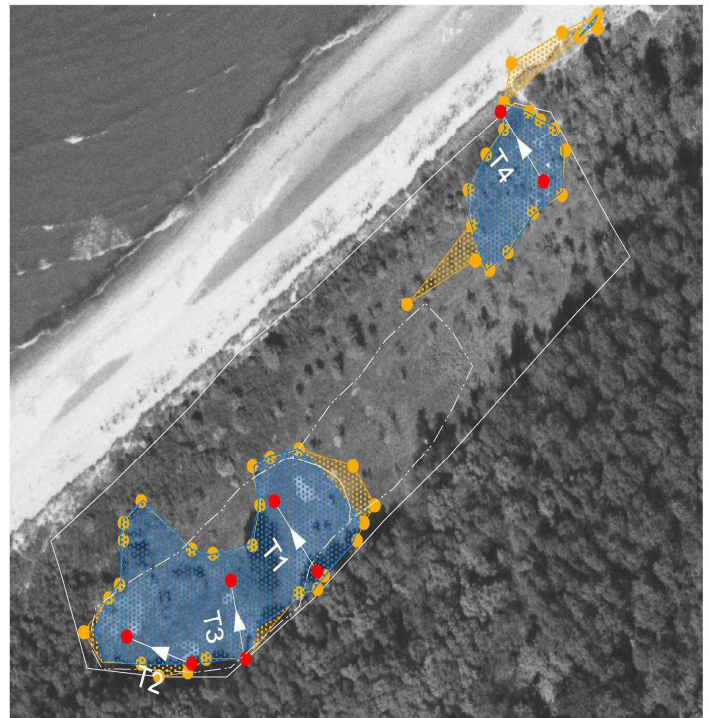
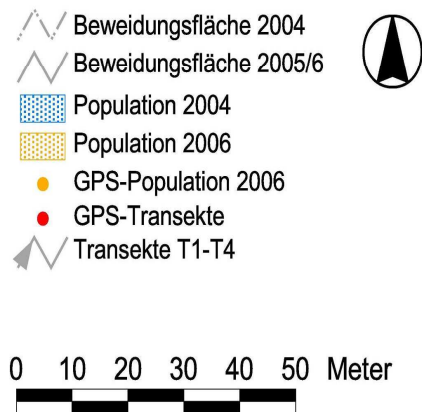


Abb. 5.3 Population Barendorf: Ausdehnung der von *Pulsatilla pratensis* besetzten Flächen in den Jahren 2004 und 2006

Die Flächengröße gibt jedoch lediglich die räumliche Ausdehnung der Population wieder. Sie ist kein Maß für die Zu- oder Abnahme der Individuenzahl innerhalb der besetzten Fläche. Abbildung 5.4 zeigt die Populationsentwicklung in Barendorf hinsichtlich der Individuenzahl. Datengrundlage ist die jährliche Zählung der Individuen im Zeitraum von 2004 bis 2006 entlang von 4 Transekten (siehe Abschnitt 4.4.).

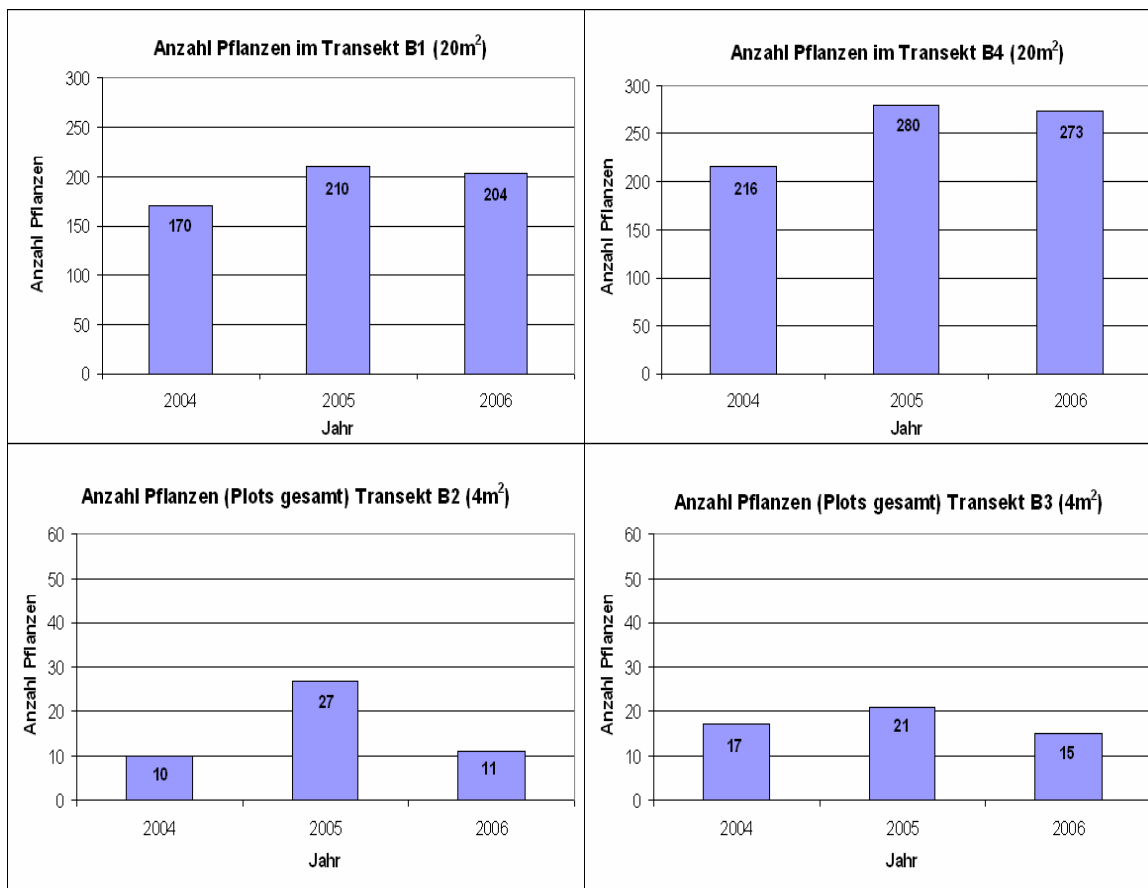


Abb. 5.4 Entwicklung der Individuenzahl von *Pulsatilla pratensis* auf den untersuchten Flächen der Population Barendorf im Zeitraum von 2004 bis 2006

Auf den bearbeiteten Flächen der Population Barendorf stieg die Zahl der Individuen zwischen 2004 und 2006 von insgesamt 413 auf 503 Pflanzen.

Ein negativer Entwicklungstrend lässt sich in den kleinen Populationen im Binnenland beobachten. Dazu gehören u.a. Genzkow, Lübbersdorfer Wald und die Population bei Neustrelitz. Die Samen dieser Standorte wiesen beim Keimungsversuch unter Idealbedingungen, verglichen mit denen der Küstenpopulationen, auch geringere Keimungsraten auf. Eine abnehmende Tendenz zeigte bislang auch die Population Ziegenberg bei Karbow. Sie scheint sich aber zu stabilisieren (HACKER mündlich).

In der Population Meesiger ist der Entwicklungstrend von *Pulsatilla pratensis* konstant.

Im Rahmen der Flächenuntersuchungen dieser Arbeit, wurde in den Gebieten Neu Mukran, Meesiger und Barendorf entlang der Transekte auch die Diasporenbank überprüft. Es konnten 2006 keine Keimlinge gefunden werden.

5.2.2 Standortsbedingungen

5.2.2.1 Standort und Relief

Die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Populationsflächen sind eben bis schwach geneigt. Sie weisen ein schwach welliges Mikrorelief auf. In Meesiger beträgt die maximale Neigung der Plots 5° (Exposition Nordwest), in Neu Mukran liegt sie bei 20° mit unterschiedlicher Exposition. Die durchschnittliche Neigung aller Plots beträgt in Meesiger 0,6°, in Neu Mukran ist sie mit 3,8° etwas höher. Hinsichtlich des Wasserregimes handelt es sich bei allen Populationsflächen um Infiltrationsstandorte.

5.2.2.2 Lokalklima

Lufttemperatur und Luftfeuchte in einer Höhe von etwa 5 bis 10 cm über dem Boden, wurden in Meesiger an Transekt 14 und in Neu Mukran an Transekt 17 gemessen. Eine Tabelle, die die Populationsgebiete den Wiederansiedlungsgebieten gegenüberstellt, findet sich unter Punkt 5.3.3.2.

5.2.2.3 Boden

5.2.2.3.1 Substratzusammensetzung/Bodenart

Bei allen Böden der untersuchten Populationsgebiete, einschließlich der der erloschenen Teilpopulation bei Menzlin, handelt es sich um reine Sandböden, die ein lockeres Einzelkorngefüge aufweisen. Der Anteil der Fraktionen mit einer Größe von unter 20µm (Ton, Feinschluff und Mittelschluff) liegt in Neu Mukran und Barendorf bei unter 1%, in Meesiger und Menzlin zwischen 3,5 und 5%. Den höchsten Skelettanteil hat Meesiger mit durchschnittlich 1,3 M%. In allen anderen Populationen liegt der Skelettanteil des Bodens im Durchschnitt unter 1 M%.

5.2.2.3.2 Wassergehalt

Die Ergebnisse der Wassergehaltsanalysen sind sehr kritisch zu bewerten. Die Bodenproben konnten nicht in allen USG gleichzeitig entnommen und unmittelbar darauf im Labor untersucht werden. Einen Überblick über den Entnahmezeitraum und die jeweils herrschenden Witterungsbedingungen gibt Tabelle 5.5. Die Proben wurden bis zur Wassergehaltsbestimmung am 18.10.2006 in dicht verschlossenen Plastiktüten gelagert.

Tab. 5.5 Witterungsbedingungen bei Entnahme der Bodenproben. Messwerte der jeweils nächstgelegenen Klimastation (vgl. Tab.4.3). (Quelle: DWD 2007)

	Entnahmetag	Mittlere relative Luftfeuchte [%]	Mittlerer Niederschlag [mm]	Max. Tagestemperatur [°C]	Mittl. Tagestemperatur [°C]
Gützkow West	27.9.2006	89	2,9	18,6	14,9
Schwingetal	29.9.2006	85	0	22,6	16,0
Gatschower Os	3.10.2006	79	0	17,6	14,6
Meesiger	3.10.2006	79	0	17,6	14,6
Neu Mukran	4.10.2006	88	1,3	14,7	12,4
Menzlin	4.10.2006	89	0	14,9	12,8
Barendorf	8.10.2006	84	1,0	16,6	13,5

Auf dieser Grundlage lassen sich auf Gebietsebene nur Gatschow und Meesiger direkt miteinander vergleichen. Für alle anderen Gebietsvergleiche können die ermittelten Werte nur als grobe Richtschnur gelten. In jedem Fall gut miteinander vergleichbar sind die Standorte innerhalb eines Gebietes.

Abbildung 5.5 zeigt die mittleren Wassergehalte in den Populationsgebieten.

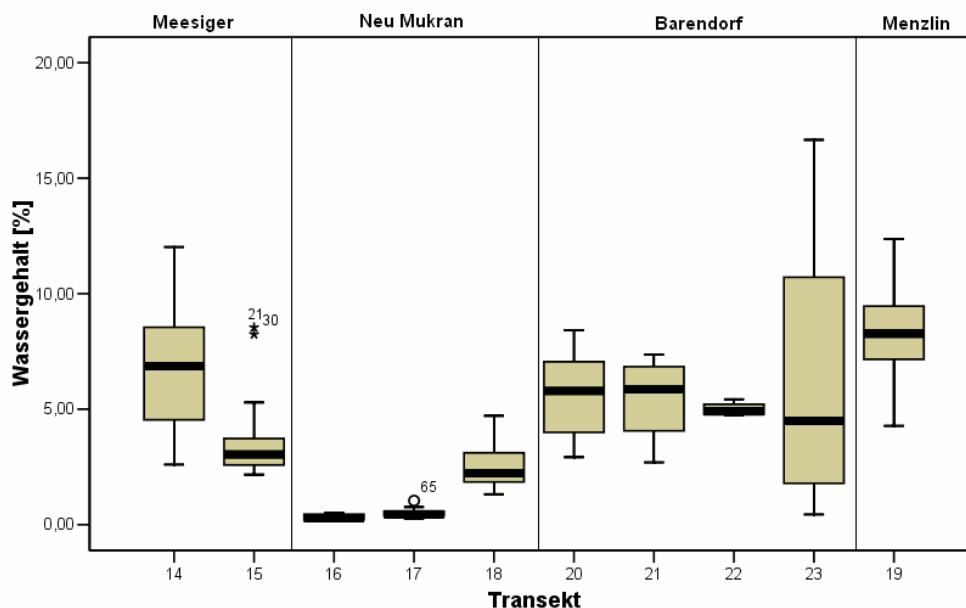


Abb. 5.5 Vergleich der Bodenwassergehalte im Oberboden (0 bis 4cm) in den untersuchten Populationsgebieten sowie der erloschenen Teilpopulation Menzlin. Dargestellt sind jeweils die Boxplots zu den einzelnen Transekten.

In Meesiger ist der Bodenwassergehalt an Transekt T14 deutlich niedriger als an T15. Den insgesamt niedrigsten Wassergehalt weist die Küstenpopulation Neu Mukran auf. Hier finden sich feuchtere Bodenverhältnisse nur an dem am Waldrand gelegenen und daher zeitweilig beschatteten Transekt T18. In Barendorf verlaufen die Transekte mehr oder we-

niger senkrecht zum Waldrand. Die beschatteten Plots sind von einem dichten Moosfilz bedeckt und weisen einen deutlich höheren Bodenwassergehalt auf.

5.2.2.3.3 pH-Wert und Kalkgehalt

Von den betrachteten Populationsgebieten erweist sich Neu Mukran als am kalkreichsten. Der mittlere pH-Wert ist hier, in Abhängigkeit vom Kalkgehalt, mit 6,0 bis 6,8 am höchsten. In Meesiger werden an kalkfreien Standorten recht niedrige mittlere pH-Werte um 4 erreicht. Bei Menzlin fällt der mittlere pH-Wert unter 4. Hier konnte im Oberboden kein Kalk mehr nachgewiesen werden (Abb. 5.6).

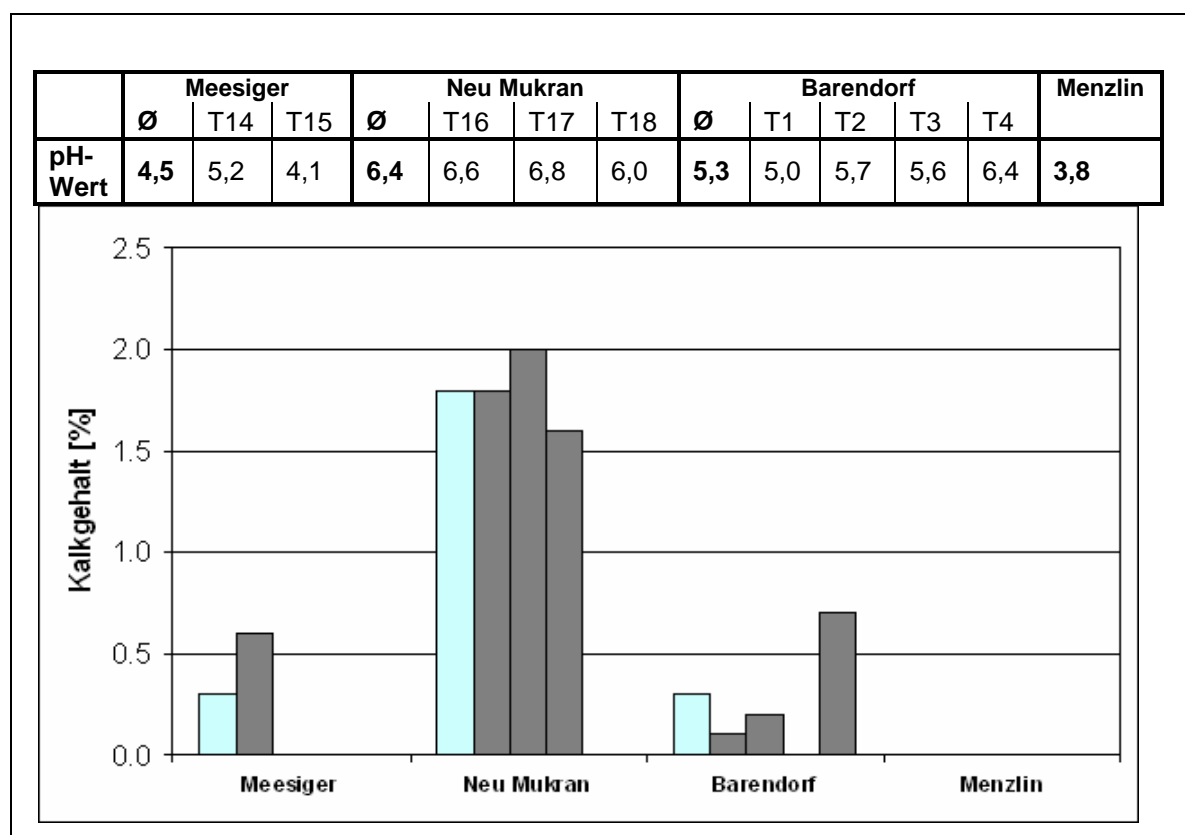


Abb. 5.6 Vergleich der pH-Werte und der Kalkgehalte im Oberboden (0 bis 4cm) zwischen den untersuchten Populationsgebieten und der erloschenen Teilpopulation Menzlin. Dargestellt sind die Mittelwerte pro Transekt. (a) pH-Werte: Die fettgedruckten Werte entsprechen dem jeweiligen Mittelwert pro Gebiet. (b) Kalkgehalt: Die jeweils ersten, heller gedruckten Balken entsprechen dem jeweiligen Mittelwert pro Gebiet.

5.2.2.3.4 Nährstoffversorgung

Abbildung 5.7 zeigt den Glühverlust und die C/N-Verhältnisse in den untersuchten Populationsgebieten und im Gebiet der erloschenen Teilpopulation Menzlin.

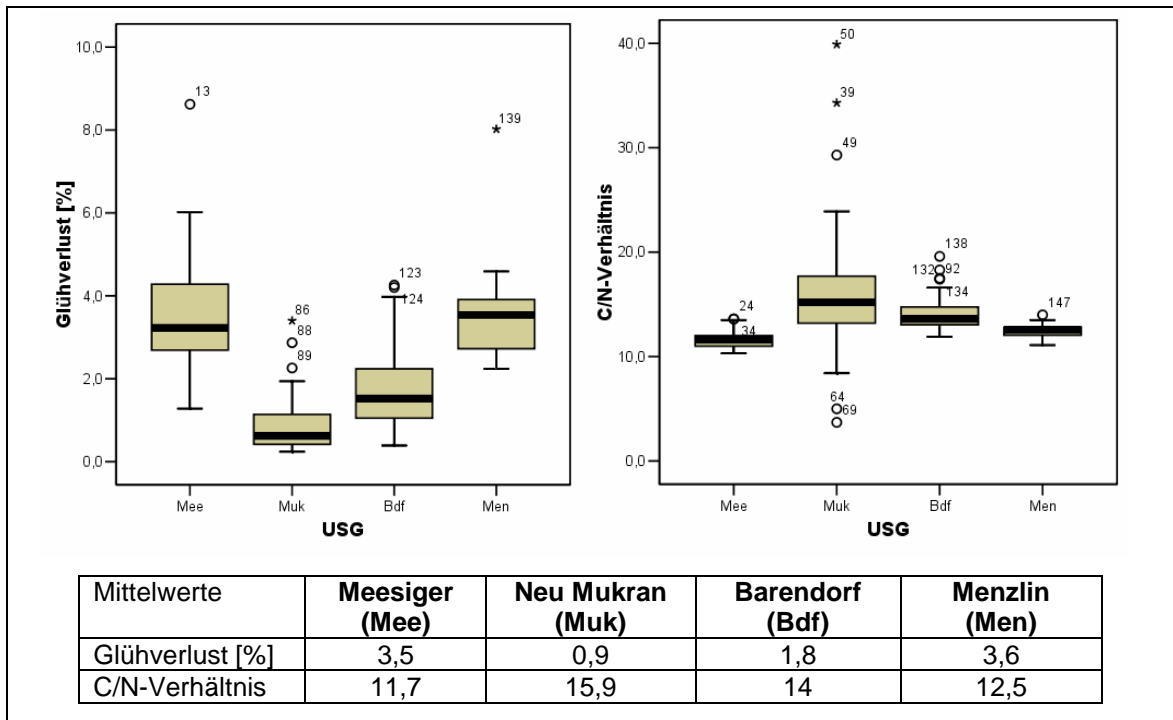


Abb. 5.7 Glühverlust und C/N-Verhältnis im Oberboden (0 bis 4cm) der untersuchten Populationsgebiete und der erloschenen Teilpopulation Menzlin. Gegenübergestellt sind die Boxplots zu den Gebieten. Die Tabelle gibt dazu die jeweiligen Mittelwerte wieder.

Wie aus Abbildung 5.7 ersichtlich wird, ist der Anteil an organischer Substanz in Menzlin und Meesiger deutlich höher als in den Küstenpopulationen. Die vorhandenen Nährstoffe sind dort auch besser verfügbar. Den ärmsten Standort bildet die Population Neu Mukran. Hier ist der Anteil an organischer Substanz am geringsten und das C/N-Verhältnis am weitesten.

5.2.2.4 Vegetation und Zeigerwerte

Die in den untersuchten Populationen von *Pulsatilla pratensis* gewonnenen Aufnahmen ließen sich nach BERG et al. (2004) und BERG et al. (2001) der Klasse der Koelerio-Corynephoretea zuordnen. Einen Überblick über die genaue Einordnung der drei Gebiete gibt Tabelle 5.6.

Tab. 5.6 Einordnung der Vegetationsaufnahmen der untersuchten Populationsgebiete nach BERG et al. (2004)

USG	Meesiger	Neu Mukran	Barendorf	
Klasse	Koelerio - Corynephoretea			
Unterklasse	Koelerio - Corynephorenea			
Ordnung	Trifolio arvensis - Festucetalia ovinae	Sedo acris - Festucetalia	Artemisio - Koelerietalia albescentis	Trifolio arvensis - Festucetalia ovinae
Verband	Armerion elongatae	Koelerion glaucae	Koelerion albescentis	Hyperico perforati-Scleranthion perenniss
Assoziation	Sileno otitae-Festucetum brevopilae	Festucetum polesicae	Tortulo-ruraliformis-Phleetum arenarii	Thymo pulegioidis-Festucetum ovinae

Die Aufnahmen in der Population bei Meesiger wurden der Assoziation *Sileno otitae-Festucetum brevopilae* (Steppenlieschgras-Sandtrockenrasen) zugeordnet. Dabei handelt es sich um eine unter den Sandtrockenrasen Mecklenburg-Vorpommerns sehr artenreiche Assoziation, deren Entstehung hauptsächlich auf extensiver Beweidung grundsätzlich waldfähiger Standorte beruht. Neben Arten, die für die Koelerio-Corynephoretea typisch sind, finden sich, insbesondere in den Aufnahmen bei Meesiger, viele Vertreter der Klasse der Festuco-Brometea, was eine eindeutige Zuordnung schwierig macht. Zu den bei Meesiger vorkommenden bezeichnenden Vertretern der Steppenlieschgras-Sandtrockenrasen gehören *Festuca brevipila*, *Phleum phleoides*, *Koeleria macrantha*, *Sedum acre*, *Pseudolysimachion spicatum*, *Armeria maritima* ssp. *elongata* und *Dianthus carthusianorum*.

Der Assoziation *Festucetum polesicae* (Dünenschwingel-Rasen) wurden die Aufnahmen in Neu Mukran zugeordnet. Laut DENGLER (2004a) handelt es sich dabei um eine meist natürliche Dünengesellschaft auf schwach sauren bis basischen, sehr nährstoffarmen Sandrohböden. Die die Assoziation prägenden Arten in Neu Mukran sind neben *Festuca polesica*, *Sedum acre*, *Galium verum*, *Hieracium umbellatum*, *Cladonia scabriuscula*, *Cladonia pyxidata*, *Ceratodon pupureus* und *Racomitrium elongatum*. In der dem Waldrand am nächsten gelegenen Aufnahmefläche war auch *Calamagrostis epigejos* zu finden.

In Barendorf erfolgte die Einordnung der Standorte anhand von Vegetationsaufnahmen, die bereits 2004 im Rahmen des Projektpraktikums „Habitatmanagement von *Pulsatilla pratensis* (L.) MILL. durch Schafbeweidung auf einem Dünenabschnitt der Ostseeküste“ vorgenommen wurden. Entlang der Transekte lassen sich danach zwei Assoziationen fin-

den. Den flächenmäßig größeren Anteil hat der Silikatmagerrasen des Echten Schafschwingels (*Thymo pulegioidis-Festucetum ovinae*) mit Arten wie *Carex arenaria*, *Festuca ovina*, *Galium verum*, *Hieracium pilosella*, *Hypochoeris radicata* und *Pimpinella saxifraga*. Er ist nach DENGLER (2004a) „auf den Dünen der Ostseeküste [...] natürlich oder zumindest naturnah“ und „scheint [...] durch Beweidung gefördert zu werden“. Innerhalb dieser Assoziation tritt im Bereich von Störstellen, wie z.B. ehemaligen Feuerstellen, der Sandlieschgras-Dünen-Pionierrasen (*Tortulo ruraliformis-Phleetum arenarii*) mit *Phleum arenarium*, *Galium verum* und *Carex arenaria* auf. Deutlicher als im USG Neu Mukran zeigt sich in Barendorf eine Einwanderung von *Calamagrostis epigejos*, das bereits 2004 in einigen Bereichen des Dünenrasens Dominanzbestände ausbildete.

Hinsichtlich der mittleren Zeigerwerte, werden hier nur die Populationen Meesiger und Neu Mukran betrachtet. Tabelle 5.7 gibt einen Überblick.

Tab. 5.7 Qualitative mittlere Zeigerwerte der in den Vegetationsaufnahmen vorkommenden Arten in den Populationsgebieten Meesiger und Neu Mukran. Die Berechnung erfolgte für jede Aufnahme einzeln (vgl. Anhang I.17). Die errechneten Zeigerwerte wurden für das Untersuchungsgebiet nochmals gemittelt.

	Licht	Temperatur	Kontinentalität	Feuchte	Reaktion	Nährstoff
Meesiger	7,4	5,8	4,7	3,6	6,2	3,5
Neu Mukran	7,7	5,6	4,8	3,2	5,7	2,4

Der deutlichste Unterschied zwischen den untersuchten Populationsgebieten zeigt sich bei der Nährstoffzahl. Die Pflanzenzusammensetzung in Neu Mukran deutet auf wesentlich nährstoffärmere Verhältnisse hin als in Meesiger. Aus den Werten lässt sich weiterhin ablesen, dass der Standort bei Meesiger etwas feuchter und basenreicher zu sein scheint.

5.2.2.5 Habitatstruktur

Die Abbildungen 5.8 (a) bis (e) geben einen Einblick in die Habitatstruktur der untersuchten Populationsgebiete.

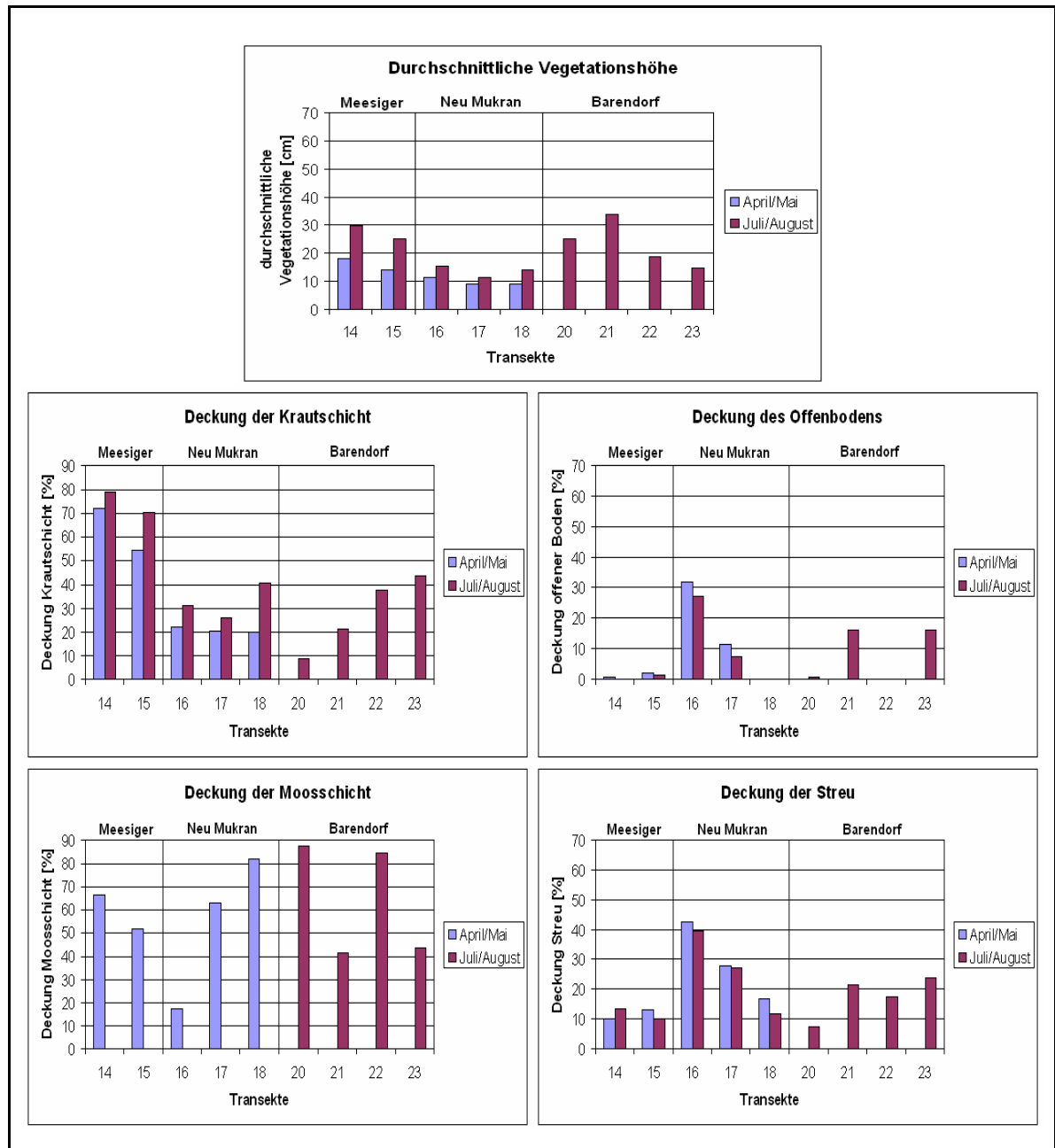


Abb. 5.8 Habitatstruktur in den Populationsgebieten. Dargestellt sind jeweils die Mittelwerte pro Transekt. (a) Durchschnittliche Vegetationshöhe (b) Deckung der Krautschicht (c) Deckung des Offenbodens (d) Deckung der Moosschicht (e) Deckung der Streu

In der Population bei Meesiger erreicht die Krautschicht sehr hohe Deckungsgrade. Dasselbe gilt für die Moosschicht, die meist einen dichten, bis mehrere cm dicken Filz ausbildet. Offener Boden ist nur an wenigen Stellen zu finden.

In Neu Mukran liegt die durchschnittliche Vegetationshöhe bei unter 20 cm. Der größte Teil der Fläche ist von Moosen und Flechten bedeckt, die jedoch – mit Ausnahme des am Waldrand gelegenen Transektes T18 – keinen dichten Filz bilden, sondern kleine Lücken mit offenem Substrat lassen.

In der Population bei Barendorf ist die Habitatstruktur in verschiedenen Teilbereichen sehr unterschiedlich. An den feuchteren, nahe am Waldrand gelegenen Standorten erreicht die Krautschicht hohe Deckungsgrade. Darunter bildet die Moosschicht einen dichten Filz. Die Vegetationshöhe ist hier am größten. *Pulsatilla pratensis* kommt an diesen Standorten vor. Sie entwickelt jedoch lange dünne Schattenblätter. In Richtung Weißdüne nimmt die Vegetation in ihrer Höhe ab und wird insgesamt lückiger. Offener Boden ist auf einige größere Stellen beschränkt, bei denen es sich meist um ehemalige Feuerstellen handelt.

5.3 Wiederansiedlung

5.3.1 Aussaatversuch

Zu den im Mai auf den Aussaatplots ausgebrachten Samen konnten keine Keimlinge gefunden werden.

Das Ergebnis des daraufhin unternommenen zweiten Aussaatversuches - Ende September - liegt noch nicht vor.

5.3.2 Auspflanzungsversuch

Die Überlebensraten der ausgebrachten Pflanzen in den einzelnen Gebieten sind in Tabelle 5.8 dargestellt.

Tab. 5.8 Überlebensrate der ausgebrachten Jungpflanzen in den Wiederansiedlungsgebieten

Gebiet	<u>Gützkow West</u>	<u>Schwingetal</u>	<u>Gatschower Os</u>
Überlebensrate	2,8 %	83,3 %	26,8 %
aufgegliedert nach Transek- ten	T1: 0 von 24 = 0%	T5: 19 von 20 = 95%	T9: 1 von 12 = 8,3%
	T2: 0 von 4 = 0%	T6: 7 von 8 = 87,5%	T10: 0 von 8 = 0%
	T3: 0 von 0 = 0%	T7: 17 von 20 = 85%	T11: 0 von 8 = 0%
	T4: 2 von 43 = 4,7%	T8: 17 von 24 = 70,8%	T12: 12 von 28 = 42,9%
			T13: 6 von 15 = 40%

Tabelle 5.9 zeigt den mittleren Größenzuwachs sowie die mittlere Blattzahländerung der überlebenden Pflanzen im Vergleich zum Pflanzungszeitpunkt.

Tab. 5.9 Mittlerer Größenwuchs und mittlere Blattzahländerung bei den überlebenden *Pulsatilla pratensis* - Pflanzen in den Wiederansiedlungsgebieten

Gebiet	<u>Gützkow West</u>	<u>Schwingetal</u>	<u>Gatschower Os</u>
Größenwuchs	18mm	57mm	85 mm
Blattzahländerung	-2,5	0,9	-1,3

Im Schwingetal ist die Überlebensrate mit 83,3 % am höchsten. Entlang aller 4 Transekte dieses Gebietes ist sie ähnlich hoch. Verglichen mit dem Pflanzungszeitpunkt, hat die Blattzahl der überlebenden Pflanzen im Mittel um ein Blatt zugenommen. Sowohl in Gützkow West als auch am Gatschower Os hat die mittlere Anzahl der Blätter bei den überlebenden Pflanzen abgenommen. Der mittlere Größenwuchs ist bei den Pflanzen am Gatschower Os mit 85mm am größten.

Auffällig ist die Verteilung der Überlebensraten am Gatschower Os. Während entlang der Transekte 9, 10 und 11 nur insgesamt eine Pflanze überlebt hat, liegt die Überlebensrate an Transekt 12 und 13 bei jeweils 40 %.

5.3.3 Standortsbedingungen

5.3.3.1 Standort/Relief

Die untersuchten Flächen liegen in den Wiederansiedlungsgebieten an stark geneigten bis steilen Hängen. Die Transekte sind hangparallel an Ober- und Mittelhang angeordnet. Einen Überblick über deren Exposition und mittleren Neigungsgrad gibt Tabelle 5.10.

Tab. 5.10 Exposition und mittlerer Neigungsgrad der Transekte in den Wiederansiedlungsgebieten

<u>Gützkow West</u>			<u>Schwingetal</u>			<u>Gatschower Os</u>		
Transekt	Exposition	Inklination	Transekt	Exposition	Inklination	Transekt	Exposition	Inklination
T1	Süd	33°	T5	Südwest	27°	T9	Südost	36°
T2	Südwest	36°	T6	Südost	35°	T10	Süd	42°
T3	Südwest/Süd	34°	T7	Südwest	32°	T11	Süd	26°
T4	Süd	45°	T8	Südwest	33°	T12	Ost	23°
						T13	Ost	28°

Aufgrund ihrer Neigung sind die Standorte hinsichtlich des Wasserregimes von Ablauf und Infiltration geprägt. Es handelt sich, besonders bei Flächen mit hohem Offenbodenanteil, um Erosionsstandorte.

5.3.3.2 Lokalklima

Tabelle 5.11 gibt einen Überblick über Lufttemperatur und Relative Luftfeuchte an einzelnen Standorten der Wiederansiedlungsgebiete im Vergleich zu den untersuchten Populationsgebieten in einem Zeitraum von 12 Tagen 6 Stunden und 57 Minuten. Dargestellt ist die Zeit, in der ein bestimmter Grenzwert über- (Temperatur) bzw. unterschritten (Luftfeuchte) wird. Die angegebenen Werte sind auf 24 Stunden bezogen.

Tab. 5.11 Vergleich der lokalklimatischen Bedingungen an den Transektstandorten der Wiederansiedlungsgebiete im Zeitraum vom 13.8. bis 25.8.2006. Dargestellt ist die Zeit, in der ein bestimmter Grenzwert über- (Temperatur) bzw. unterschritten (Luftfeuchte) wird. Die angegebenen Werte sind auf 24 Stunden bezogen.

		Gützkow		Schwingetal				Gatschow		Meesiger		Neu Mukran	
Transekt	Exposition	T4	S	T7	SW	T6	SE	T12	E	T14	-	T17	-
Temperatur													
>25°C		3Std 40min		2Std 46min		3Std 31min		3Std 38min		2Std 39min		2Std 6min	
>30°C		37 min		16 min		24 min		53 min		19 min		49sek	
>35°C		2min 17sek		0		0		3min 10sek		0		0	
Rel. Luftfeuchte													
<60%		1Std 22min		3 min 5sek		39sek		10 min		1Std 22min		2 Std	
<50%		25 min		5sek		0		10sek		15 min		23 min	
<45%		13 min		0		0		0		20sek		3min 15sek	
<40%		4min 38sek		0		0		0		0		5sek	
<35%		15sek		0		0		0		0		0	

In Gützkow West werden Extremwerte am häufigsten erreicht. Während in Neu Mukran eine Relative Luftfeuchte von 40% um durchschnittlich 5 Sekunden pro Tag unterschritten wird, sind es in Gützkow West mehr als 4 Minuten am Tag. Hinsichtlich der Temperatur treten Extremwerte auch am Gatschower Os auf. Die Lufttemperatur liegt hier 3 Minuten pro Tag über 35°C; in Gützkow West sind es immerhin 2 Minuten.

Die Witterung im Messungszeitraum – 13.8. bis 25.8.2006 – war im Vergleich zum Juli kühler und feuchter. Es wurden also keine für den Sommer 2006 charakteristischen Extremtage bei der Messung erfasst. Einen Überblick über die Wetterkenndaten im betrachteten Zeitraum gibt Tabelle 5.12.

Tab. 5.12 Witterungsbedingungen in der Zeit vom 13.8. bis 25.8.2006 während der Erfassung des Lokalklimas. Gemittelte Messwerte der jeweils nächstgelegenen Klimastation. (Quelle: DWD 2007)

USG (Klimastation)	Lufttemperatur [°C]			Niederschlag [mm]		Relative Luftfeuchte [%]	Sonnenscheindauer [h]
	Tagesmax.	Tagesmin.	Tagesmittel	Mittelwert	Summe	Mittelwert	Mittelwert
Gützkow West (Anklam)	22,8	13,9	17,7	2,8	35,8	79,5	5,1
Schwingetal (Greifswald)	22,1	14,1	17,4	6,7	87,3	80,8	4,8
Gatschower Os und Meesiger (Teterow)	22,8	13,2	17,2	3,3	46,9	80,2	4,9
Neu Mukran (Putbus)	21,8	13,7	17,1	6,2	80,2	81,3	4,1

5.3.3.3 Boden

5.3.3.3.1 Substratzusammensetzung/Bodenart

Einen Überblick über die Zusammensetzung der Böden hinsichtlich ihrer Korngrößen gibt Tabelle 5.13.

Tab. 5.13 Übersicht über die Bodenarten in den Wiederansiedlungsgebieten. (Abkürzungen gebräuchlich nach AG Boden 1994)

Gebiet/Transekt	Skelettanteil (Mittelwert) [M%]	Bodenart	Hauptfraktion	Anteil unter 20µm (T,fU,mU) [%]
Gützkow West	4,5	SU2	mS	8 – 14
T1	2,1	SU2	mS	7,9
T2	10,1	SU2	mS	9,4
T3	9,9	SU2	mS	13,8
T4	3,6	SU2	mS	10,6
Schwingetal	4,5	Ss; SU2; SU4	mS	3,6 – 7,6; 31
T5	2,4	Ss	mS	3,6
T6	5,3	SU2	mS	7,6
T7	4,0	Ss	mS	5,2
T8	6,6	SU4	gU	31,1
Gatschower Os	13,4	SU2; Ss	mS	3,7 – 9,3
T9	23,6	SU2	mS	5,8
T10	12,3	SU2	mS	9,3
T11	20,2	SU2	mS	6,3
T12	8,5	SU2	mS	5,1
T13	7,6	Ss	mS	3,7

In Gützkow West handelt es sich bei der Bodenart um einen schwach schluffigen Sand mit einem, im Vergleich zu den Populationsgebieten, deutlich höheren Anteil der sehr feinen Fraktionen unter 20 µm. Ähnlich sahen die Verhältnisse an den Transekten T9, T10 und T11 am Gatschower Os aus. Der Boden war an diesen Standorten insbesondere bei Trockenheit sehr stark verfestigt und ließ sich bei der Beprobung kaum entnehmen. Er ist an den genannten Transekten am Gatschower Os zudem sehr skelettreich. An Transekt 12 am Gatschower Os muß der Boden hinsichtlich seiner Korngrößenverteilung noch als schwach schluffiger Sand angesprochen werden, liegt aber schon an der Grenze zum reinen Sand und weist, ebenso wie der Boden am benachbarten Transekt 13 (reiner Sand) ein lockeres Einzelkorngefüge auf. Im Schwingetal variiert die Bodenart an den untersuchten Standorten zwischen reinem Sand, schwach schluffigem Sand und stark schluffigem Sand. Der Boden ist hier nur sehr schwach verfestigt und war bei der Beprobung gut zu entnehmen.

5.3.3.3.2 Wassergehalt

Abbildung 5.9 gibt einen Überblick über die Wassergehalte des Bodens in den Wiederansiedlungsgebieten. Ein Vergleich zwischen den Gebieten ist aufgrund der Beprobung an verschiedenen Tagen kritisch zu betrachten und vermag lediglich eine Tendenz wiederzugeben.

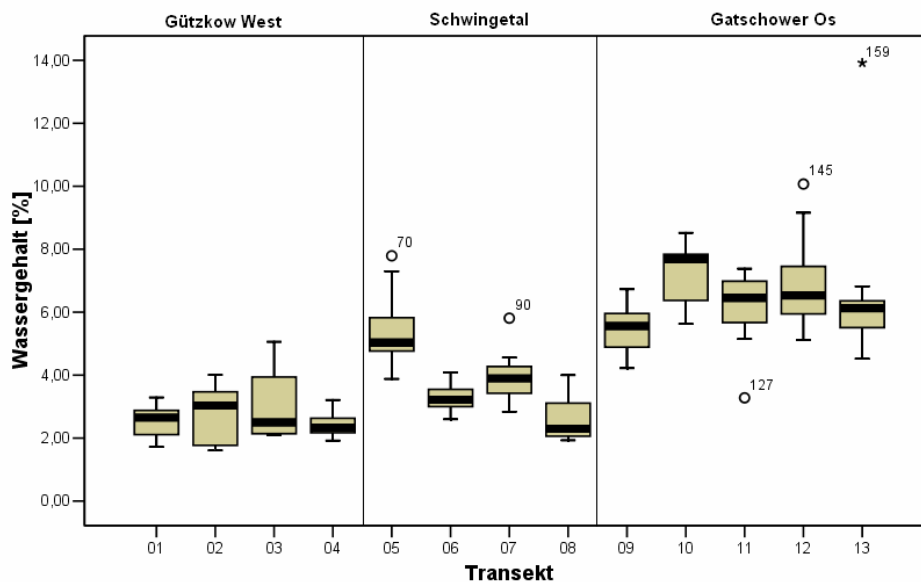


Abb. 5.9 Vergleich der Bodenwassergehalte im Oberboden (0 bis 4cm) in den Wiederansiedlungsgebieten. Dargestellt sind jeweils die Boxplots zu den einzelnen Transekten.

Der Bodenwassergehalt ist in Gützkow West an allen Transekten ähnlich niedrig. Im Schwingetal lassen sich die höchsten Wassergehalte an Transekt T5 messen. Dies ist gleichzeitig das Transekt mit dem höchsten Moosschicht- und dem geringsten Offenbodenanteil. Transekt T8 ist von den im Schwingetal betrachteten Standorten der trockenste. Hier ist der Anteil an offenem Boden am größten. Am Gatschower Os ist Transekt 9 der Standort mit dem geringsten Wassergehalt und dem höchsten Offenbodenanteil.

5.3.3.3 pH-Wert und Kalkgehalt

Der Kalkgehalt im Oberboden schwankt zwischen den einzelnen Transektstandorten zum Teil stark. Insgesamt am höchsten ist er mit stellenweise über 12 % in Gützkow West. In Abhängigkeit vom mittleren Kalkgehalt, schwankt auch der mittlere pH-Wert. An den Transekten mit hohem Kalkreichtum liegt er in Gützkow West zwischen 7 und 7,5. Abbildung 5.10 gibt einen Überblick über die mittleren pH-Werte und die mittleren Kalkgehalte pro Transekt.

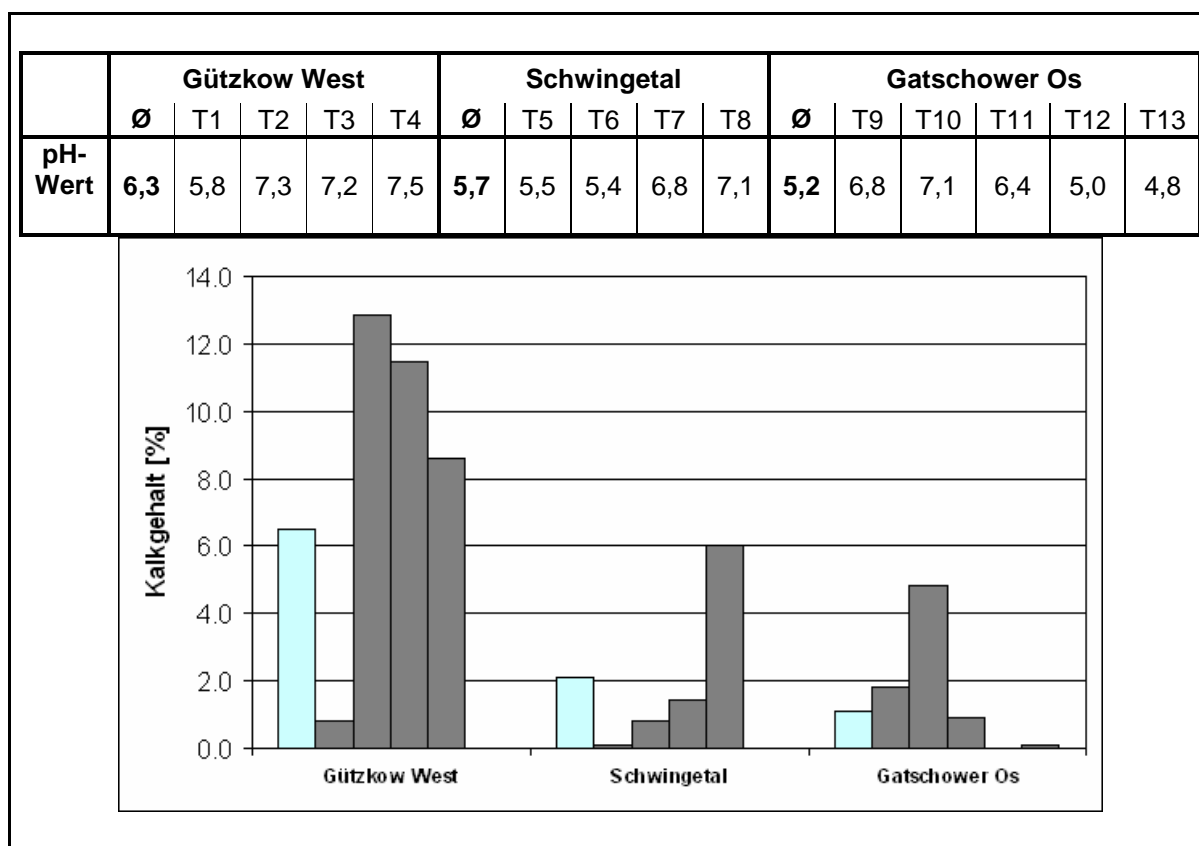


Abb. 5.10 Vergleich der pH-Werte und der Kalkgehalte im Oberboden (0 bis 4cm) zwischen den Wiederansiedlungsgebieten. Dargestellt sind die Mittelwerte pro Transekt. (a) pH-Werte: Die fettgedruckten Werte entsprechen dem jeweiligen Mittelwert pro Gebiet. (b) Kalkgehalt: Die jeweils ersten, heller gedruckten Balken entsprechen dem jeweiligen Mittelwert pro Gebiet.

Im Vergleich mit den im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Populationsgebieten, ist der Kalkgehalt in den Wiederansiedlungsgebieten insgesamt höher (vgl. Abb. 5.6).

5.3.3.3.4 Nährstoffversorgung

Abbildung 5.11 gibt den Glühverlust und die C/N-Verhältnisse in den Wiederansiedlungsgebieten wieder.

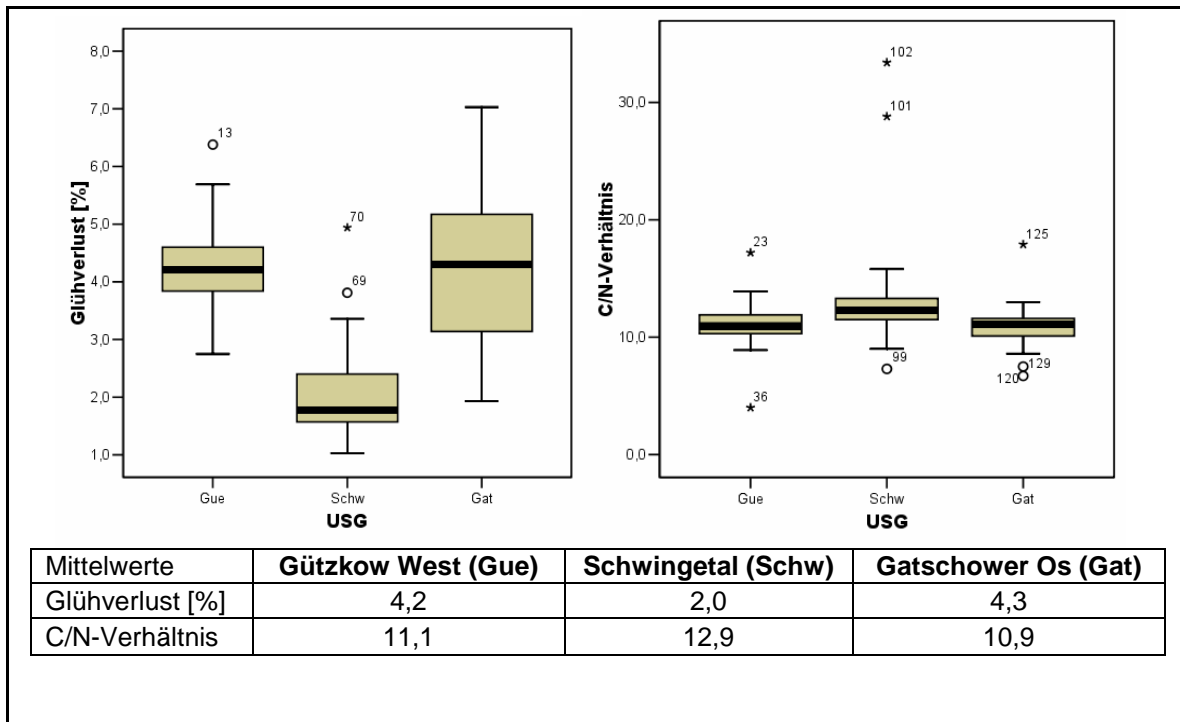


Abb. 5.11 Glühverlust und C/N-Verhältnis im Oberboden (0 bis 4cm) der Wiederansiedlungsgebiete. Gegenübergestellt sind die Boxplots zu den Gebieten. Die Tabelle gibt dazu die jeweiligen Mittelwerte wieder.

Danach ist der Anteil an organischer Substanz im Schwingetal deutlich niedriger als in Gützkow West und am Gatschower Os. Zudem sind die vorhandenen Nährstoffe, gemessen am C/N-Verhältnis der Standorte, im Schwingetal etwas weniger gut verfügbar.

Vergleicht man die Wiederansiedlungsgebiete mit den Populationsgebieten, so sind die Standorte in Gützkow West und am Gatschower Os die am besten mit Nährstoffen versorgten. Etwas weniger gut versorgt sind Meesiger, Menzlin und das Schwingetal, während die Küstenpopulationen die nährstoffärmsten Verhältnisse aufweisen.

5.3.3.4 Vegetation und Zeigerwerte

Die in den Wiederansiedlungsgebieten gewonnenen Vegetationsaufnahmen ließen sich nach BERG et al. (2004) und BERG et al. (2001) den Klassen Festuco-Brometea und Koelerio-Corynephoretea zuordnen.

Einen Überblick über die Einordnung gibt Tabelle 5.14.

Tab. 5.14 Einordnung der Vegetationsaufnahmen der Wiederansiedlungsgebiete nach BERG et al. (2004)

USG	Gützkow West	Schwingetal	Gatschower Os
Klasse	Festuco - Brometea	Koelerio - Corynephoretea	
Unterklasse		Koelerio - Corynephorenea	
Ordnung	Brachypodietalia pinnati	Trifolio arvensis - Festucetalia ovinae	
Verband	Filipendulo vulgaris-Helictotrichion pratensis	Armerion elongatae	
Assoziation	Solidagini virgaureae-Helictotrichetum pratensis	Diantho deltoidis-Armerietum elongatae	

Die Standorte in Gützkow West werden der Assoziation Solidagini virgaureae-Helictotrichetum pratensis (Wiesenhafer-Zittergras-Halbtrockenrasen Nordmitteleuropas) zugeordnet, die zu den basiphilen Halbtrockenrasen zählt. Sie ist laut DENGLER (2004b) auf (ehemals) extensiv beweideten Flächen mit Lehmböden bzw. lehmigen Sandböden zu finden. Als typische Vertreter der Assoziation kommen in Gützkow West u.a. *Festuca rubra*, *Poa angustifolia*, *Dactylis glomerata*, *Briza media*, *Arrhenatherum elatius*, *Agrimonia eupatoria*, *Centaurea scabiosa* und *Sanguisorba minor* vor. Als ökologische Entsprechung dieser Ordnung der Brachypodietalia pinnati („Kalk-Halbtrockenrasen“) gilt nach DENGLER (2004a) die Ordnung der Trifolio arvensis-Festucetalia ovinae („Sand-Halbtrockenrasen“) innerhalb der Koelerio-Corynephoretea, der die Aufnahmen im Schwingetal und am Gatschower Os zugeordnet werden konnten. Es handelt sich dabei um mesophile Sandmagerrasen nahezu ausschließlich durch Extensivbeweidung geprägter Standorte. Sowohl die Untersuchungsflächen im Schwingetal als auch diejenigen am Gatschower Os wurden zur Assoziation des Diantho deltoidis-Armerietum elongatae (Heidenelken-Raubblattschwingel-Rasen) gestellt. Die Artenzusammensetzung erwies sich dennoch als recht unterschiedlich. Neben typischen Arten wie *Agrostis capillaris*, *Artemisia campestris*, *Anthoxanthum odoratum*, *Trifolium campestre*, *Cerastium semidecandrum* und *Hieracium pilosella*, die in beiden Gebieten auftreten, kommen am Gatschower Os auch

Arten wie *Carex caryophylla*, *Sedum sexangulare* und *Artemisia absinthium* vor, die im Schwingetal fehlen.

Betrachtet man die mittleren Zeigerwerte der Vegetationsaufnahmen in den Wiederansiedlungsgebieten im Vergleich, so ergibt sich folgendes Bild (Abb.5.15):

Tab. 5.15 Qualitative mittlere Zeigerwerte der in den Vegetationsaufnahmen vorkommenden Arten in den Wiederansiedlungsgebieten. Die Berechnung erfolgte für jede Aufnahme einzeln (vgl. Anhang I.17). Die errechneten Zeigerwerte wurden für das Untersuchungsgebiet nochmals gemittelt.

	Licht	Temperatur	Kontinentalität	Feuchte	Reaktion	Nährstoff
Gützkow West	7,4	5,8	4,0	4,1	7,4	4,5
Schwingetal	7,4	5,7	3,6	4,0	5,2	4,1
Gatschower Os (T9-11)	7,6	5,7	4,0	3,8	6,0	4,0
Gatschower Os (T12-T13)				3,6	5,2	2,6

Hinsichtlich der mittleren Nährstoffzahl erscheinen die Verhältnisse, sieht man von den Transekten 12 und 13 am Gatschower Os ab, in den Wiederansiedlungsgebieten insgesamt nährstoffreicher als in den betrachteten Populationen. Dabei sind die Standorte in Gützkow West am nährstoffreichsten. Betrachtet man die mittleren Werte der Feuchtezahl, so erweist sich das Gatschower Os als trockenster Standort unter den Wiederansiedlungsgebieten. Die anhand der Vegetation abgelesenen Feuchteverhältnisse scheinen ähnlich zu sein wie in der Population bei Meesiger. Gemessen an der mittleren Reaktionszahl sind die Untersuchungsflächen in Gützkow West am basenreichsten, diejenigen im Schwingetal und am Gatschower Os (T12-T13) am basenärmsten.

Abbildung 5.12 zeigt die Verteilung aller untersuchten Standorte hinsichtlich der mittleren Feuchte- und Reaktionszahl.

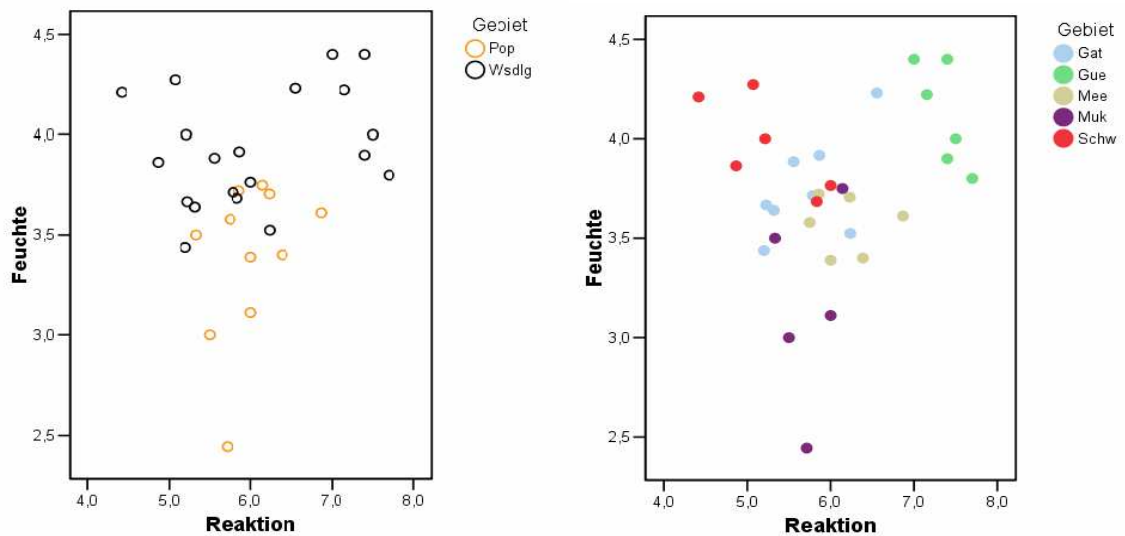
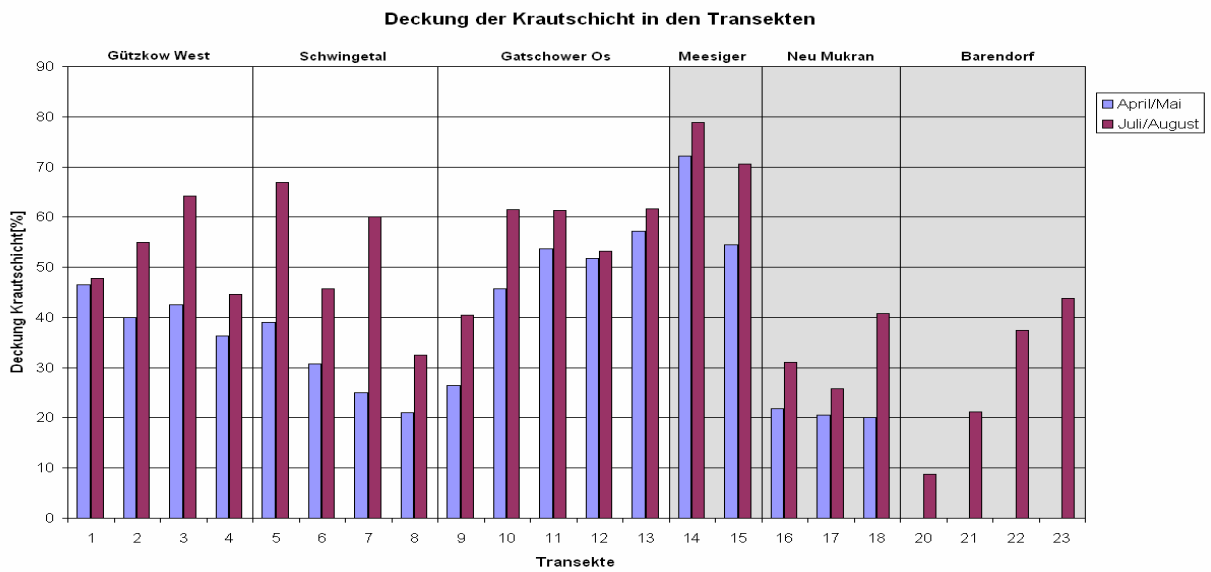
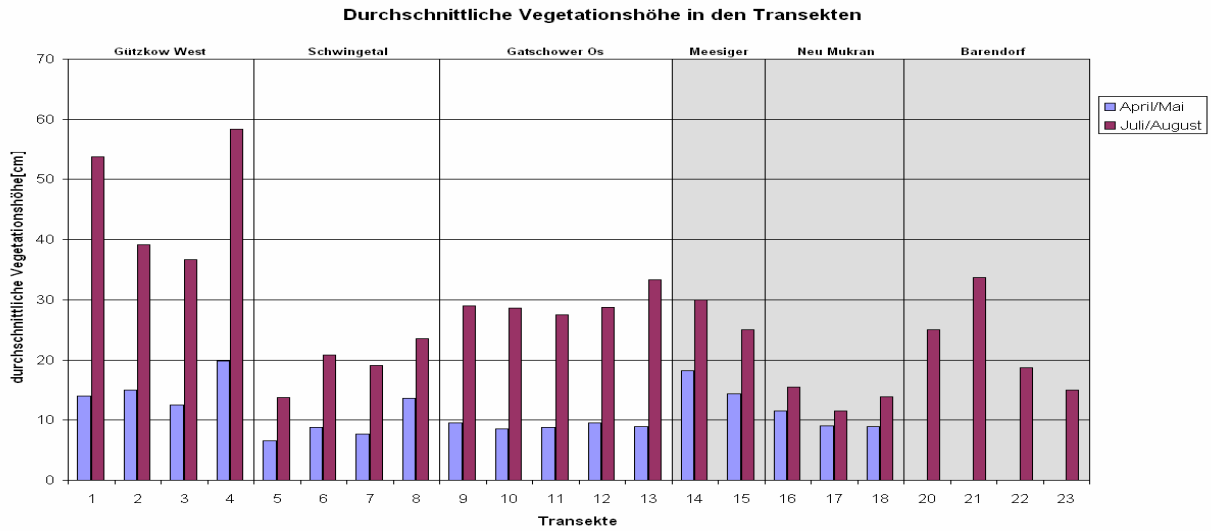


Abb. 5.12 Ordination der untersuchten Standorte in Bezug auf die mittlere Feuchte- und Reaktionszahl (a) Unterscheidung Populations- (Pop) und Wiederansiedlungsgebiete (Wsdlg) (b) Unterscheidung nach Untersuchungsgebieten

Während sich die Populationsgebiete hinsichtlich der Reaktionszahl in einem engeren Bereich (R 5-7) gruppieren, nehmen die Wiederansiedlungsgebiete eine größere Spanne ein (R 4-8). Auch im Hinblick auf die Feuchtezahl lässt sich eine Trennung erkennen. Hier liegen die Populationsgebiete im trockeneren Bereich (F 2,5-3,7); die Wiederansiedlungsgebiete nehmen den feuchteren Sektor ein (F 3,5-4,5).

5.3.3.5 Habitatstruktur

Die folgenden Abbildungen (Abb. 5.13 (a) bis (e)) stellen die Vegetationsstruktur der Wiederansiedlungsgebiete im Vergleich zu den Populationsgebieten dar.



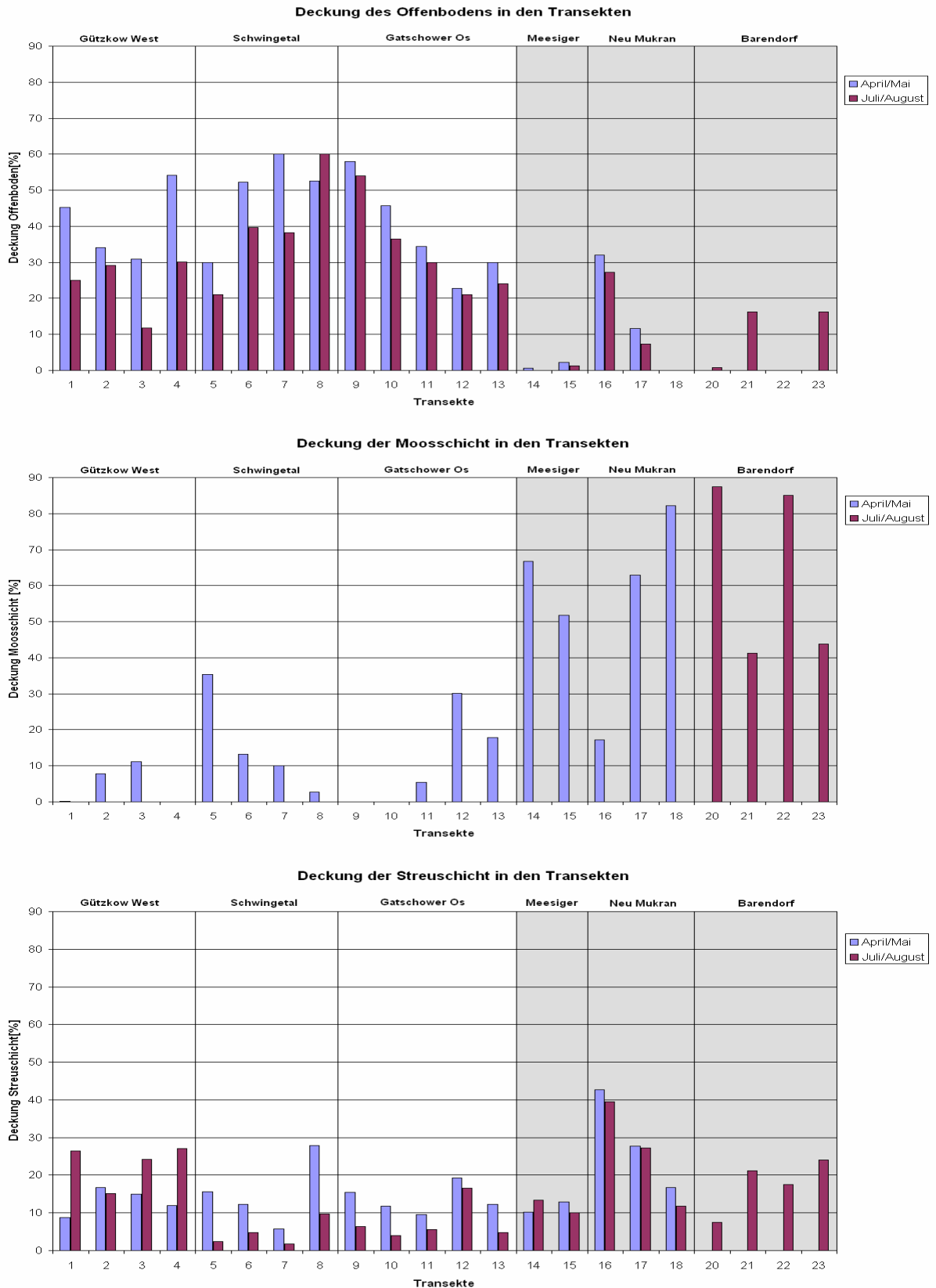


Abb. 5.13 Vergleich der Habitatstruktur von Wiederansiedlungsgebieten und Populationsgebieten . Dargestellt sind jeweils die Mittelwerte pro Transekt. (a) Durchschnittliche Vegetationshöhe (b) Deckung der Krautschicht (c) Deckung des Offenbodens (d) Deckung der Moosschicht (e) Deckung der Streu

In Gützkow West ist die Vegetation deutlich höher als in allen anderen untersuchten Gebieten. Eine Moosschicht fehlt nahezu. Daher ist der Anteil an offenem Boden unter den Blättern der Krautschicht recht hoch.

Sehr kleinräumig strukturiert sind die Standorte im Schwingetal. Verglichen mit den anderen Wiederansiedlungsgebieten ist die Vegetation hier am niedrigsten. Die Krautschicht erreicht ähnlich hohe Deckungsgrade wie in Gützkow West, wechselt sich aber im kleinräumigen Mosaik mit Offenbodenstellen ab. Eine Moosschicht ist stellenweise vorhanden, bildet jedoch keinen dichten Filz.

Am Gatschower Os ist die Moosschicht an den Transekten 12 und 13 dichter ausgeprägt. Die vorhandenen Offenbodenstellen sind hier vor allem Maulwurfshügel. Transekt 9 unterscheidet sich hinsichtlich der Vegetationsstruktur deutlich von den anderen Standorten am Gatschower Os. Hier überwiegt der Offenbodenanteil. Die Deckung der Krautschicht ist wesentlich geringer. Eine Moosschicht fehlt völlig.

5.3.3.6 Multivariate Statistik

5.3.3.6.1 Hauptkomponentenanalyse (PCA)

Bei der Hauptkomponentenanalyse ergaben sich insgesamt sieben Hauptkomponenten mit einem Eigenwert größer als eins. Sie erklären zusammen etwa 85% der Gesamtvarianz, wobei 61,5% der Gesamtvarianz bereits durch die ersten drei Faktoren wiedergegeben werden (Tabelle 5.16).

Tab. 5.16 Rotierte Komponentenmatrix der PCA. Hervorgehoben sind die jeweiligen Parameter, die am stärksten mit der entsprechenden Hauptkomponente korrelieren

Variable	Faktor (Hauptkomponente)						
	1	2	3	4	5	6	7
Exposition	0.405	-0.696	0.158	0.173	-0.080	0.431	0.089
Inklination	0.463	-0.141	-0.046	0.519	-0.195	0.218	-0.269
Blattanzahl vor Pflanzung	-0.025	0.074	0.033	-0.060	0.913	0.018	-0.024
Größe vor Pflanzung	-0.092	0.128	-0.204	-0.069	0.852	0.027	-0.068
mittlerer Jahresniederschlag	-0.464	-0.836	0.137	-0.089	-0.062	-0.122	-0.085
relative Luftfeuchte<60%	0.969	0.117	-0.012	0.061	-0.031	0.143	0.066
relative Luftfeuchte<50%	0.975	0.030	0.005	0.052	-0.040	0.144	0.059
relative Luftfeuchte<45%	0.975	0.025	0.006	0.051	-0.041	0.144	0.059
relative Luftfeuchte<40%	0.975	0.025	0.006	0.051	-0.041	0.144	0.059
relative Luftfeuchte<35%	0.975	0.025	0.006	0.051	-0.041	0.144	0.059
Lufttemperatur>25°C	0.309	0.535	0.091	-0.150	-0.004	0.527	-0.043
Lufttemperatur>30°C	-0.074	0.956	-0.138	0.043	0.091	0.113	0.048
Lufttemperatur>35°C	0.212	0.928	-0.155	0.083	0.082	0.091	0.077
Wassergehalt	-0.589	0.462	-0.303	-0.239	0.088	-0.022	-0.051
pH-Wert	0.448	-0.354	0.292	0.540	0.068	0.391	-0.022
Kalkgehalt	0.554	-0.054	0.293	0.325	-0.087	0.390	-0.397
Glühverlust	0.328	0.767	-0.182	-0.384	0.043	-0.077	0.031
C/N-Verhältnis	-0.089	-0.226	-0.444	-0.094	-0.105	-0.564	-0.049
Skelettanteil	-0.485	0.434	0.011	0.577	0.008	0.158	0.164
Feinschluff	-0.012	-0.360	0.911	0.086	-0.065	0.025	-0.036
Mittelschluff	0.037	-0.248	0.946	0.102	-0.058	0.059	-0.026
Grobschluff	0.231	-0.092	0.927	0.129	-0.041	0.122	0.075
Feinsand	0.506	-0.480	0.259	-0.032	0.001	0.027	0.522
Mittelsand	0.000	0.079	-0.965	-0.089	0.034	-0.059	0.006
Grobsand	-0.471	0.562	-0.499	-0.051	0.050	-0.074	-0.330
Vegetationshöhe(max)	0.645	0.018	0.224	0.013	0.006	-0.421	-0.166
Vegetationshöhe(Ø)	0.904	0.176	0.042	0.092	-0.028	-0.122	0.100
Deckung Krautschicht	-0.244	-0.113	-0.509	-0.540	0.186	0.307	0.105
Deckung Moose	-0.393	0.160	-0.203	-0.644	-0.036	-0.060	-0.226
Deckung Offenboden	-0.207	-0.009	0.421	0.616	-0.235	-0.260	-0.227
Deckung Streu	0.765	0.144	0.223	-0.037	0.046	-0.098	0.045
Steine	0.096	0.107	-0.030	0.006	-0.088	0.036	0.786
Eigenwert	9.3	5.3	5.0	2.4	1.8	1.7	1.5
% der Varianz	29.1	16.6	15.8	7.6	5.6	5.3	4.6

Auf der 1. Hauptkomponente weisen die Verhältnisse hinsichtlich der Luftfeuchte sowie die durchschnittliche Vegetationshöhe Ende Juli/Anfang August die höchsten Ladungen auf. Des Weiteren sind die Deckung der Streuschicht, der Kalkgehalt, die maximale Vegetationshöhe, der Feinsandanteil, der Skelettanteil und der Wassergehalt stark beteiligt.

Der 2. Komponente werden die Lufttemperaturvariablen, der mittlere Jahresniederschlag, der Glühverlust, die Exposition und der Grobsandanteil zugeordnet.

In der 3. Komponente sind Schluffanteil, Mittelsandanteil, Grobsandanteil sowie die Deckung der Krautschicht mit den höchsten Ladungen vertreten.

Die 4. Komponente ist mit Moosschicht-, Offenboden- und Krautschichtdeckung stark geladen. Ihr lassen sich weiterhin Inklination, pH-Wert und Skelettanteil zuordnen.

In der 5. Hauptkomponente haben die Eigenschaften der ausgebrachten Pflanzen selbst (Größe, Blattzahl vor der Pflanzung) das stärkste Gewicht.

Die 6. Hauptkomponente ist mit den Variablen Lufttemperatur > 25°C, Exposition und C/N-Verhältnis geladen.

Bei der 7. Komponente spielen schließlich Feinsandanteil und Deckungsgrad der Steine die größte Rolle.

Die Verteilung der Pflanzungsplots mit den dazugehörigen Überlebensraten im Hinblick auf die 1. und 2. Hauptkomponente, ergibt das in Abbildung 5.14 dargestellte Diagramm.

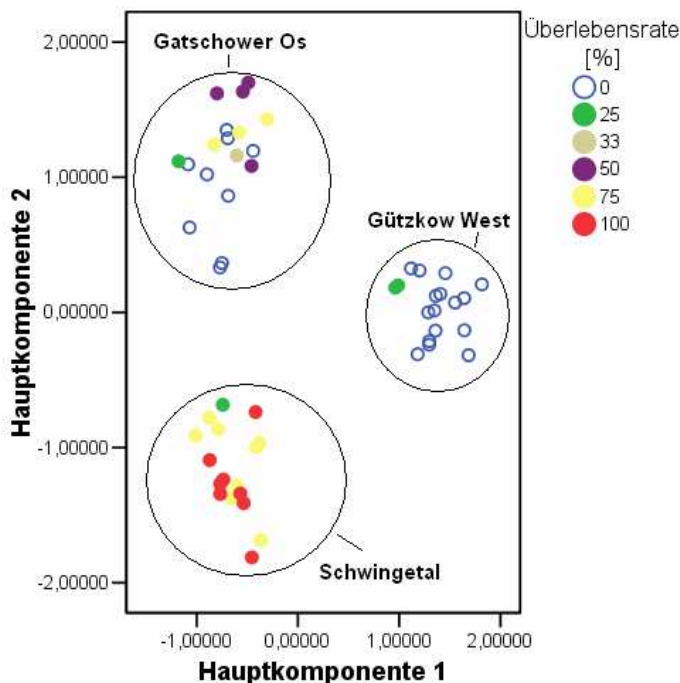


Abb. 5.14 Ordination der Pflanzungsplots mit der jeweiligen Überlebensrate anhand der 1. und 2. Hauptkomponente der PCA

Wie die Abbildung zeigt, gruppieren sich die Werte der abhängigen Variable im durch die zwei Hauptkomponenten aufgespannten Raum wieder als Gebiete (Abb. 5.14). Die höchsten Überlebensraten im Schwingetal treten bei niedrigen Faktorwerten der zwei Hauptkomponenten auf. Demzufolge zeichnen sich diese Standorte gemäß Komponente 1 insbesondere durch folgende Eigenschaften aus: weniger häufiges Absinken der relativen Luftfeuchte unter die Grenzwerte im Messungszeitraum; niedrige durchschnittliche Vegetationshöhe; höherer Wassergehalt im Boden; geringere Deckung der Streuschicht; niedriger

Kalkgehalt sowie gemäß Komponente 2: weniger häufige Überschreitung der Lufttemperaturschwelle von 30°C und 35°C im Messungszeitraum; höhere Jahresniederschläge; niedrigere Humusgehalte im Oberboden; hohe Sonneneinstrahlung aufgrund der Exposition. Mittlere Überlebensraten am Gatschower Os finden sich bei niedrigen Faktorwerten der Hauptkomponente 1 und hohen Werten der Hauptkomponente 2. Im Vergleich zum Schwingetal sind – gemäß Komponente 2 – die Jahresniederschläge hier geringer, Lufttemperaturen von über 30°C werden im Messungszeitraum häufiger erreicht, die Humusgehalte im Oberboden sind höher und die Sonneneinstrahlung aufgrund der Exposition ist niedriger.

Bei hohen Faktorwerten für die 1. und mittleren Werten für die 2. Hauptkomponente ist die Überlebensrate in Gützkow West nahezu null. Die Relative Luftfeuchte sank hier im Messungszeitraum häufiger unter 40% bzw. 35%. Die Vegetation ist im Durchschnitt höher, der Wassergehalt im Boden niedriger. Kalkgehalt und Deckung der Streuschicht sind vergleichsweise hoch.

5.3.3.6.2 Multiple lineare Regression

Die im Rahmen der PCA ermittelten Hauptkomponenten, wurden als unabhängige Variablen in eine multiple lineare Regressionsanalyse einbezogen. Ihre Aufnahme in die Regressionsgleichung erfolgte in fünf Schritten. Das Bestimmtheitsmaß konnte dabei auf $R^2 = 0,773$ erhöht werden (Standardfehler des Schätzers = 20,010). Der Signifikanzwert für das Modell liegt bei 2,4E-14.

Insgesamt wurden fünf der sieben Hauptkomponenten in die Gleichung aufgenommen. Das sind: Komponente 1, Komponente 2, Komponente 6, Komponente 4 und Komponente 7, wobei die ersten beiden Komponenten für die Erklärung der Überlebensraten die wichtigsten sind (Beta-Wert: -0,573 und -0,531).

Tabelle 5.17 zeigt die statistischen Kennwerte aus dem letzten Analyseschritt. Alle vorangehenden Analyseschritte sind in Anhang I.15 dargestellt.

Tab. 5.17 In die Regressionsgleichung einbezogene Hauptkomponenten. Fett hervorgehoben sind die entsprechenden Regressionskoeffizienten.

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	t	Signifikanz
		B	Standardfehler	Beta		
5	(Konstante)	37.654	2.723		13.828	0.000
	Hauptkomponente 1	-22.891	2.749	-0.573	-8.329	0.000
	Hauptkomponente 2	-21.213	2.749	-0.531	-7.718	0.000
	Hauptkomponente 6	-10.843	2.749	-0.271	-3.945	0.000
	Hauptkomponente 4	-9.879	2.749	-0.247	-3.594	0.001
	Hauptkomponente 7	-6.593	2.749	-0.165	-2.399	0.020

6 Diskussion

6.1 Keimungsversuche im Labor

6.1.1 Verwendetes Material und Stichprobenumfang

Neben den Daten die durch eigene Versuche ermittelt wurden, wurden für die Auswertung Daten eines weiteren Keimungsversuches herangezogen (vgl. Abschnitt 4.6.2.). Bei diesem wurde für die Ermittlung des Tausendkorngewichtes eine meist höhere Samenanzahl als im eigenen Versuch verwendet und jeweils 3 Wiederholungswägungen durchgeführt. Die Tausendkorngewichte sind dadurch besser abgesichert.

Für die Laborversuche wurden Samen aus unterschiedlichen Aufsammlungsjahren verwendet.

Sie haben sich unter unterschiedlichen Umweltbedingungen entwickelt und wurden bis zum Versuchsbeginn unterschiedlich lange gelagert. Dadurch können Samengewicht und Keimungsrate beeinflusst worden sein.

Bei der statistischen Auswertung des Keimungsversuches wurden diese Punkte berücksichtigt (vgl. Abschnitt 5.1.).

Für die Interpretation der Ergebnisse ist weiterhin zu beachten, dass der Stichprobenumfang für t-Test und Korrelationsanalysen zwischen $N=7$ und $N=14$ lag und damit recht klein ist. Die Resultate können deswegen lediglich als Tendenzen verstanden werden.

6.1.2 Zusammenhänge zwischen Populationsgröße, Samengewicht und Keimungsrate

Die im Labor ermittelten Tausendkorngewichte von *Pulsatilla pratensis*-Samen aus unterschiedlich großen Populationen wichen deutlich voneinander ab. Die Korrelation der Samengewichte mit der logarithmierten Individuenzahl der jeweiligen Population, aus der sie stammen, ergab einen signifikanten, starken positiven Zusammenhang. In kleinen Populationen werden demzufolge leichtere Samen gebildet als in großen. Dieser Zusammenhang ist aus der Literatur für fragmentierte Populationen einiger Arten bekannt, und deutet auf Fitnessverluste in kleinen isolierten Populationen hinsichtlich der Reproduktion hin. Als mögliche Ursachen werden verschiedene genannt:

(1) Genetische Verarmung infolge des fehlenden Genaustausches zwischen isolierten Populationen: Populationen, die aus nur wenigen Individuen bestehen, sind anfälliger für Inzucht und Gendrift. Der Verlust von genetischer Variabilität kann Auswirkungen auf die

Fähigkeit der adulten Pflanzen haben, in die Samenbildung zu investieren (vgl. OOSTERMEIJER et al. 1994). HENSEN et al. (2005) fanden bei Untersuchungen an *Pulsatilla vulgaris* in Mitteldeutschland positive Korrelationen zwischen Populationsgröße und Samengewicht. Sie konnten des Weiteren positive Zusammenhänge zwischen Populationsgröße und genetischer Diversität sowie zwischen mittlerem Samengewicht und genetischer Diversität feststellen. Inwieweit dabei kausale Beziehungen bestehen, ist aber nicht eindeutig geklärt, da Umwelteinflüsse und Habitatbedingungen für die Samenqualität ebenfalls eine große, wenn nicht die größere Rolle spielen.

(2) Ressourcenknappheit: Kleine Populationen weisen in der Regel ungünstigere Standortbedingungen auf als große. Aufgrund schlechterer Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit durch die am Standort wirkenden Umweltfaktoren oder infolge von Konkurrenz, werden die adulten Pflanzen in ihrer Vitalität beeinträchtigt. Sie können weniger Reserven in die Reproduktion investieren, was sich im Samengewicht widerspiegeln kann. (vgl. HENSEN et al. 2005)

(3) Selbstbestäubung: Wie TORVIK et al. (1998) bei Untersuchungen an *Pulsatilla pratensis* in Norwegen zeigen konnten, ist die Art nicht völlig selbst-inkompatibel. Der Fruchtansatz bei künstlicher Selbstbestäubung erwies sich jedoch als sehr gering. Eine natürliche Selbstbestäubung konnte nicht nachgewiesen werden. Es wird jedoch vermutet, dass sie bei alten Pflanzen als letzter Ausweg zur Reproduktion auftritt (TORVIK et al. 1998).

Welche der genannten Faktoren für den Zusammenhang zwischen Populationsgröße und Tausendkorngewicht bei den Populationen von *Pulsatilla pratensis* in Mecklenburg-Vorpommern letztlich eine Rolle spielen, lässt sich nicht eindeutig sagen. Die Ergebnisse der standörtlichen Untersuchungen (vgl. Abschnitt 6.2.2.) stützen die Vermutungen hinsichtlich der Ressourcenknappheit durch Konkurrenz. Inwieweit kleinere Populationen eine geringere genetische Variabilität aufweisen, konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht untersucht werden. Da die Stauden von *Pulsatilla pratensis* sehr langlebig sind, ist allerdings davon auszugehen, dass genetische Verluste erst nach sehr langer Zeit zum Tragen kommen. Über das Vorkommen von Selbstbestäubung können im Rahmen dieser Arbeit keine Aussagen getroffen werden.

Die Ergebnisse des Laborversuches zeigen eine signifikante, hohe Korrelation zwischen Tausendkorngewicht und Keimungsrate. Der mit dem abnehmenden Samengewicht ange deutete Fitnessverlust, spiegelt sich demnach in einer geringeren Keimungsrate bei leichteren Samen wider. Da beim durchgeführten Keimungsversuch nur das Keimlingsaufkommen betrachtet werden konnte, ist nicht klar, ob leichtere Samen grundsätzlich weniger gut

keimen als schwere oder ob sie zwar ähnlich gut keimen, die Keimlinge aber so wenig vital sind, dass sie noch im Boden absterben. In der Literatur sind Zusammenhänge zwischen Samengewicht und Keimungsrate wenig beschrieben. Verschiedene Autoren haben jedoch in der Vergangenheit die Beziehung zwischen Populationsgröße und Keimungsrate untersucht – mit widersprüchlichen Ergebnissen. MENGES (1991) konnte für eine fragmentierte Prärieart einen deutlichen Zusammenhang zwischen abnehmender Populationsgröße und abnehmender Keimungsrate feststellen. HENSEN et al. (2005) fanden dagegen für *Pulsatilla vulgaris* keinen solchen Zusammenhang. Auch PFEIFER et al. (2002) stellten bei Untersuchungen an *Pulsatilla vulgaris* in der Nordschweiz keine signifikante Beziehung fest. Ebenfalls negative Resultate zeigte der Versuch von MORGAN (1999) mit Samen aus verschieden großen Populationen von *Rutidiosis leptorrhynchoides* (Asteraceae).

6.1.3 Einfluss des Kalkgehaltes im Boden auf die Keimungsrate von *Pulsatilla pratensis*

Ein direkter positiver Einfluss von Kalk im Keimungssubstrat auf die Keimungsrate von *Pulsatilla pratensis* konnte nicht nachgewiesen werden. Die Keimungsrate in Substrat ohne Kalk unterschied sich nicht signifikant von der in Substrat mit 5%igem Kalkzusatz. Jedoch herrschten im Labor hinsichtlich Wasserversorgung, Licht und Temperatur optimale Keimungsbedingungen. Auch Konkurrenz fehlte hier. So kann es sein, dass der Einfluss des Kalkgehaltes bei Laborversuchen nicht deutlich wird, unter Freilandbedingungen aber unter Umständen eine wesentliche Rolle spielt. Kalk im Boden stabilisiert den pH-Wert und wirkt als Puffer gegen Bodenversauerung. Als wichtige Bindesubstanz hat er Einfluss auf die Bodenstruktur und damit indirekt auch auf die Wasserverfügbarkeit. Auf diese Weise bestimmt der Kalkgehalt die Habitat- und Keimungsbedingungen für *Pulsatilla pratensis* mit.

6.1.4 Keimfähigkeit unreifer Samen

Der Keimungsversuch konnte zeigen, dass auch unreife Samen ohne Stratifikation grundsätzlich keimungsfähig sind. Werden bei Beweidung nicht voll ausgereifte Samen durch die Tiere abgerissen und in den Boden getreten, ist eine Keimung und Etablierung demnach möglich. Die Keimungsrate liegt jedoch unter Optimalbedingungen im Labor bei maximal 15%. Da im Freiland optimale Keimungsbedingungen nur sehr selten herrschen, ist die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Etablierung sehr gering.

6.2 Zustandsbewertung der untersuchten Populationen von *Pulsatilla pratensis* in Mecklenburg-Vorpommern

Um mögliche limitierende Faktoren für das Vorkommen von *Pulsatilla pratensis* in Mecklenburg-Vorpommern aufzudecken, wurden die unterschiedlich situierten Populationen Neu Mukran, Barendorf, Meesiger und Menzlin hinsichtlich ihrer Standortbedingungen miteinander verglichen. Das Augenmerk wurde dabei insbesondere auf den Boden, die Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit, den Kalkgehalt und pH-Wert sowie auf die Habitatstruktur und den Nutzungseinfluss gerichtet. Bei der Interpretation der Untersuchungsergebnisse ist zu bedenken, dass die genannten Faktoren zum einen für das Überleben der adulten Pflanzen limitierend sein können. Zum anderen können sie zwar die Existenz der einmal etablierten Pflanzen ermöglichen, aber auf den Reproduktionserfolg limitierend wirken, indem sie die Fruchtbildung negativ beeinflussen und/oder eine Keimung und Etablierung der Keimlinge verhindern.

Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass in kleinen Populationen von Blütenpflanzen pro Blüte weniger fertile Samen gebildet werden als in großen (HENSEN 2005 für *Pulsatilla vulgaris*; MORGAN 1999 für *Rutidosis leptorrhynchoides*). Dieser Zusammenhang konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht untersucht werden. Er lässt sich aber anhand von Beobachtungen bei der Auszählung der Samen für den Keimungsversuch vermuten. Gezeigt werden konnte jedoch, dass die Samen kleiner Populationen leichter sind und weniger gut keimen als die großer Populationen. Die Faktoren, die hierfür verantwortlich sein können, wurden in Abschnitt 6.1.2. beschrieben.

Damit die gebildeten Samen erfolgreich keimen und sich etablieren können, ist die Verfügbarkeit von Schutzstellen [safe sites] notwendig. HARPER et al. (1961) beschreibt mit dem Ausdruck »safe site« einen Mikrostandort, der für Keimung und Etablierung geeignet ist. Eine Schutzstelle sollte über dormanzbrechende Reize verfügen, alle für Keimung und Etablierung benötigten Ressourcen (Wasser, Nährstoffe, entsprechende Temperaturen) zur Verfügung stellen sowie vor standortspezifischen Risiken wie z.B. Austrocknung, Fraß und Konkurrenten schützen (URBANSKA 1992). Für konkurrenzschwache Arten wie *Pulsatilla pratensis* sind Störstellen im Pflanzenbestand von großer Bedeutung (PFADENHAUER 1997). Die Verfügbarkeit von Schutzstellen ist in erster Linie abhängig von der Habitatstruktur.

6.2.1 Populationsgröße und Populationsstruktur

Wie in Kapitel 5 dargestellt, nimmt die Größe der untersuchten Populationen – gemessen an der Individuenzahl – in der Reihenfolge Neu Mukran > Barendorf > Meesiger ab (vgl. Tab.5.4).

Der Entwicklungstrend der großen Küstenpopulationen Neu Mukran und Barendorf ist positiv. In den letzten Jahren konnten – vor allem in Neu Mukran, aber auch in Barendorf – Keimlinge und Jungpflanzen gefunden werden (HACKER mündlich). Es ist also davon auszugehen, dass die Habitatbedingungen hier so günstig sind, dass ausreichend keimungsfähige Samen gebildet werden, diese erfolgreich auskeimen und sich die Keimlinge auch etablieren können.

Ein im Rahmen des Projektpraktikums 2004 in Barendorf durchgeführter Aussaatversuch verlief erfolgreich. Auf einer 3 x 3m großen Fläche wurden dazu Moosfilz und Vegetationsdecke entfernt und in regelmäßigen Abständen insgesamt etwa 200 *Pulsatilla pratensis*-Samen ausgebracht. Ein Jahr später konnten auf der Fläche 15 Keimlinge gefunden werden. Dabei war nicht eindeutig zu klären, ob es sich dabei ausschließlich um Aufwuchs aus der Aussaat handelt, oder ob zusätzlich Samen von Pflanzen aus der Population auf die Fläche gelangt sind und dort gekeimt haben. 2006 wurden auf dem Aussaatquadrat insgesamt 60 Pflanzen von *Pulsatilla pratensis* gezählt. Dabei wurden Keimlinge, Juvenile und Adulte erfasst.

In Meesiger ist der Entwicklungstrend konstant. Das kann zum einen bedeuten, dass die Reproduktionsrate genauso groß ist wie die Absterberate. Keimlinge und Jungpflanzen wurden jedoch in den letzten Jahren auch bei intensiver Suche nicht gefunden (HACKER mündlich). Da es sich bei *Pulsatilla pratensis* um einen ausdauernden Hemikryptophyten handelt, ist davon auszugehen, dass die Populationsgröße auch dann über einen längeren Zeitraum konstant bleiben kann, wenn keine erfolgreiche Reproduktion stattfindet. Es kann angenommen werden, dass sich die aktuell vorhandenen Pflanzen bei günstigeren Habitatbedingungen etablieren und trotz wachsendem Konkurrenzdruck über längere Zeit erhalten konnten.

Im Bereich der Untersuchungsfläche in Menzlin konnten die im Jahr 1996 aufgefundenen Stauden von *Pulsatilla pratensis* bereits 2003 nicht mehr nachgewiesen werden. Hier haben sich die Standortbedingungen innerhalb kurzer Zeit vermutlich so verschlechtert, dass das Vorkommen erloschen ist. In der näheren Umgebung waren von den 1996 gefundenen 50 Exemplaren der Art 2006 noch etwa 5 bis 10 Pflanzen existent.

Vergleicht man die im Laborversuch ermittelten Samengewichte und Keimungsraten der hier betrachteten Populationen, so fällt auf, dass die Samen der kleineren Population Meesiger etwas schwerer sind als die der größeren und wohl noch erfolgreich reproduzierenden Population Barendorf. Sie weisen gegenüber Barendorf im Labor auch um fast 20 % höhere Keimungsraten auf (vgl. Tab 5.1). Dies könnte darauf hindeuten, dass die Standortbedingungen in Meesiger lediglich für die Keimung und die Etablierung von Jungpflanzen limitierend sind. Allerdings ist in diesem Zusammenhang nicht geklärt, ob es zwischen den beiden Populationen Unterschiede in der Anzahl der jeweils pro Blüte gebildeten fertilen Samen gibt.

6.2.2 Standortbedingungen

Im Hinblick auf Relief und Bodenbeschaffenheit sind sich die untersuchten Populationsgebiete sehr ähnlich. Sie unterscheiden sich in der mittleren Höhe des Jahresniederschlags und den Luftfeuchteverhältnissen, hinsichtlich der Nährstoffsituation, des pH-Wertes und Kalkgehaltes sowie hinsichtlich der Habitatstruktur.

Bei den **Böden** handelt es sich – wie die Untersuchung zeigt – um reine Sandböden. Sandböden weisen ein hohes Grobporenvolumen auf, sind daher gut durchlüftet, tief durchwurzelbar und infiltrieren gut. Sie speichern aber Wasser- und Nährstoffe schlecht, erwärmen sich sehr schnell und trocknen oberflächlich leicht aus (FIEDLER 2001). In tieferen Schichten sind sie dagegen oftmals feuchter, da der aufsteigende Kapillarstrom bei der Verdunstung aufgrund der Grobporigkeit oftmals abreißt und so eine weitere Austrocknung verhindert wird. Die Wasserkapazität von Sandböden verbessert sich mit zunehmendem Humusgehalt (vgl. QUINGER 2000).

Wasserverfügbarkeit: Die untersuchten Gebiete weisen z.T. erhebliche Unterschiede im langjährigen Mittel der Jahresniederschläge auf (vgl. Tab. 3.1). In den Niederschlagssummen der Vegetationsperiode 2006 finden sich diese Unterschiede wieder. So fielen in Neu Mukran im Zeitraum von April bis Oktober 486mm Niederschlag, in Barendorf 341mm, in Meesiger 329mm und in Menzlin 315mm (DWD 2007). Die Zahlen lassen vermuten, dass die großen, vitaleren Küstenpopulationen hinsichtlich der Wasserversorgung begünstigt sind. In Anbetracht der zu erwartenden trockeneren Sommer im Zuge des Klimawandels könnten hier limitierende Faktoren vor allem in Bezug auf Samenbildung und Keimlingsetablierung liegen.

Hinsichtlich der gemessenen lokalklimatischen Gegebenheiten sind sich Meesiger und Neu Mukran – zumindest in Bezug auf die Luftfeuchte – sehr ähnlich (vgl. Tab. 5.11), was mit der Lage der Population Meesiger in unmittelbarer Nähe des Kummerower Sees zusammenhängen könnte. Die qualitativen mittleren Feuchtezahlen aus den Vegetationsaufnahmen in Neu Mukran und Meesiger weisen Neu Mukran als trockeneren Standort aus. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass zwischen Nährstoffgehalt und Wasserversorgung ein Abhängigkeitsverhältnis besteht. So können auf nährstoffreicheren Standorten, wie in Meesiger, anspruchsvollere Arten vorkommen, denen auch eine höhere Feuchtezahl zugeordnet ist (vgl. DIERSCHKE 1994).

Eine wesentliche Rolle für die Wasserversorgung von *Pulsatilla pratensis*, spielt auch die **Wassererreichbarkeit**. Sie ist für Keimlinge und adulte Pflanzen sehr unterschiedlich. Etablierte Stauden können auf den gut durchwurzelbaren und nicht so tief entwässernden Sandböden (s.o.) mit ihren Pfahlwurzeln in wasserreichere Bodenschichten vordringen. Auf den Dünenstandorten erreichen sie möglicherweise sogar das Grundwasser. Keimlinge wurzeln dagegen in der oberflächennahen, schnell austrocknenden Bodenschicht und sind daher auf regelmäßige Niederschläge bzw. auf Schutzstellen angewiesen, in denen eine regelmäßige Versorgung mit Wasser gewährleistet ist (s.u. Habitatstruktur).

Kalkgehalt und pH-Wert: Wie die Ergebnisse des Keimungsversuches im Labor vermuten lassen, hat der Kalkgehalt keinen direkten Einfluss auf die Keimfähigkeit und das Wachstum von *Pulsatilla pratensis*. Er beeinflusst jedoch den pH-Wert des Bodens (vgl. Abschnitt 6.1.3.), der wiederum mit der Verfügbarkeit von Nährstoffen und der Konzentration toxischer Ionen in der Bodenlösung in Zusammenhang steht. Vergleicht man die Standorte Neu Mukran und Meesiger hinsichtlich der Bodenreaktion, so ergibt sich ein Widerspruch in Bezug auf die gemessenen pH-Werte und die qualitativen mittleren Zeigerwerte der Reaktionszahl (vgl. Abb. 5.6 und Tab. 5.7). Aus der Vegetationszusammensetzung lässt sich scheinbar ableiten, dass es sich bei Meesiger um einen basenreicheren Standort als bei Neu Mukran handelt. Die Messungen zeigen jedoch, dass der pH-Wert des Bodens in Meesiger stellenweise recht niedrig ist. Er liegt im Bereich von Transekt 15 im Mittel bei 4,1. Dabei ist zu beachten, dass die pH-Wert- und Kalkgehaltsbestimmung nur im Oberboden (0 bis 4 cm) erfolgte. Es ist möglich, dass der Wert in tieferen Bodenschichten wieder zunimmt. Das könnte auch die Abweichung zwischen Messergebnis und festgestelltem mittleren Zeigerwert erklären. Die Wurzeln der Pflanzen in Meesiger reichen in Bodenschichten, in denen Kalk noch nicht durch Niederschlag ausgewaschen wurde. Auf die Etablierung von Jungpflanzen könnte der niedrige pH-Wert im Oberboden aber schon

begrenzend wirken. In Menzlin liegt der mittlere pH-Wert unter 4 und ist damit sehr wahrscheinlich der limitierende Faktor für das Vorkommen von *Pulsatilla pratensis* als einer Art, die schwach saure bis schwach basische Verhältnisse anzeigt (vgl. EBERLE 1982). In Barendorf scheint der Kalkgehalt von unter 1 % auszureichen, um die pH-Werte im Bereich zwischen 5 und 7 zu halten.

Nährstoffverfügbarkeit: Im Vergleich zu den Populationen Neu Mukran und Barendorf sind Meesiger und Menzlin die deutlich nährstoffreicheren Standorte (vgl. Abschnitt 5.2.2.3.4.). Sie weisen gleichzeitig eine höhere und dichtere Vegetation auf. Aus Ergebnissen von Versuchen mit nahe verwandten Arten, lässt sich vermuten, dass eine bessere Nährstoffversorgung die Wuchsleistung von *Pulsatilla pratensis* generell fördert. So konnte *Pulsatilla vernalis* bei einem Experiment, bei dem eine einmalige Zufuhr von Stickstoff erfolgte, ihre Deckung genauso steigern, wie die der dominanten Vegetationsschicht. Auf den gedüngten Flächen wurde sogar eine höhere Blütenknospenbildungsrate festgestellt (KELLNER 1993). Auch bei *Pulsatilla vulgaris* wirkte eine Düngung grundsätzlich wachstumsfördernd (PFEIFER et al. 2002). Als entscheidend für das Vorkommen von *Pulsatilla pratensis* kann daher nicht die Nährstoffversorgung an sich gesehen werden. Vielmehr wirkt das vermehrte Auftreten von Konkurrenzarten, das mit einer höheren Nährstoffverfügbarkeit einhergeht, limitierend auf die konkurrenzschwache Art.

Die **Habitatstruktur** in den Populationsgebieten wird in erster Linie bestimmt durch die Höhe, Dichte und Verteilung der Vegetation, die mit den oben beschriebenen Standortfaktoren sowie mit dem Nutzungseinfluss in engem Zusammenhang stehen. Aus ihr lassen sich Vermutungen in Bezug auf den für *Pulsatilla pratensis* herrschenden Konkurrenzdruck sowie auf die für die Keimung und Etablierung notwendige Verfügbarkeit von Stör- und Schutzstellen ableiten. Dabei sind die Parameter Vegetationshöhe, Deckung der Krautschicht, Deckung der Moosschicht sowie der Offenbodenanteil die bedeutsamsten.

In der von den untersuchten Populationen am besten situierten – Neu Mukran – ist die Habitatstruktur geprägt durch eine niedrige Krautschicht, deren mittlere Deckung lediglich im vom Waldrand beschatteten Transekt 40 % übersteigt. Die Moosschicht erreicht in weiten Teilen der Fläche hohe Deckungsgrade, wechselt sich aber in kleinräumigem Mosaik mit Offenbodenstellen ab. Eine solche Struktur hat sich für die Keimlingsetablierung von *Pulsatilla patens* in Finnland als optimal erwiesen (KALLIOVIRTA et al. 2006). Moose können Niederschlags- und Tauwasser im Gegensatz zu offenen Sandflächen länger speichern. Auf diese Weise vermögen sie, den Wasserstress für die Keimlinge zu mindern und starke Temperaturschwankungen auszugleichen. Die kleinräumige Verteilung von Moosen und

Offenboden gewährleistet, dass die Keimlinge mit ihren Wurzeln den Boden erreichen und aus ihm Nährstoffe beziehen können, wenn die Reserven des Samens aufgebraucht sind. Ein dichter Moosfilz, wie er im Bereich des besser mit Wasser und Nährstoffen versorgten Transektes 18 zu finden ist, erweist sich dagegen als ungünstig. In Anbetracht der Erkenntnisse aus Keimungsversuchen mit *Corynephorus canescens*, kann angenommen werden, dass eine Keimung – aufgrund der ausgeglichenen Wasser- und Temperaturverhältnisse in der Mooschicht – auch hier möglich ist. Zu einer Etablierung wird es jedoch kaum kommen, da der dichte Moosfilz eine Verankerung der Keimlinge im Substrat verhindert (vgl. BÖGER 2002). In diesem Zusammenhang wird deutlich, dass – betrachtet man ihre Funktion als potentielle Schutzstelle für *Pulsatilla pratensis* – nicht allein der Deckungsgrad der Mooschicht eine Rolle spielt, sondern vor allem deren Beschaffenheit. Die Deckung der Streuschicht erscheint im Vergleich zu allen anderen untersuchten Populationen in Neu Mukran mit zum Teil über 40 % sehr hoch. Dabei ist zu beachten, dass ihr die nur teilweise abgerissenen, ausgetrockneten Moosanteile zugerechnet wurden. In einigen Fällen war nicht eindeutig klar, inwieweit diese bei erneuter Niederschlagszufuhr noch lebensfähig gewesen wären. Generell ist die Streuschicht in allen untersuchten Populationsgebieten sehr locker verteilt und weist eine mittlere Deckung von meist unter 20% auf. Ein negativer Einfluss auf *Pulsatilla pratensis* ist von ihr daher nicht zu erwarten.

In Barendorf ist die Habitatstruktur – wie in Abschnitt 5.2.2.5. dargestellt – sehr heterogen. Diese Heterogenität kommt in den Diagrammen (Abb.5.8) leider nicht deutlich zum Ausdruck, da die Transekte mehr oder weniger senkrecht zur Strandlinie verlaufen. Der Beschattungseffekt des Küstenwaldes, der sich in einer für *Pulsatilla pratensis* ungünstigen Habitatstruktur mit dichterem und höherer Vegetation und einem dichten Moosfilz widerspiegelt, wird dadurch verdeckt. Die sich in Richtung Weißdüne anschließende lückigere Vegetation, die von Offenbodenstellen durchzogen wird, scheint aber für eine erfolgreiche Reproduktion ausreichend zu sein. Größere unbeschattete Offenbodenstellen erweisen sich aufgrund der raschen Austrocknung der oberflächennahen Bodenschicht als ungünstig für eine Etablierung. „Erst eine gewisse Nähe zu dichterem Vegetation bietet hinreichenden Schutz vor Austrocknung.“ (URBANSKA 1992). Neue Keimlinge sind daher eher in den Randbereichen derartiger Störstellen zu erwarten, wo sie von der umliegenden Vegetation noch beschattet sind. In den Offenbodenbereichen der Küstenpopulationen kommt dem Wind als Standortfaktor eine große Bedeutung zu. Er kann z.B. für eine Übersandung der Samen sorgen, was sich auf deren Keimfähigkeit positiv auswirkt. So haben WELLS & BARLING (1958) in einem Freilandversuch zur Keimung von *Pulsatilla vulgaris* gezeigt,

dass bei einer Bedeckung der Samen mit 3 mm Substrat die Keimungsrate fast doppelt so hoch ist wie ohne eine solche Decke.

In Meesiger liegt die mittlere Deckung der Krautschicht Ende Juli zwischen 70 und 80%. Sie ist damit um mindestens 30% höher als in den Küstenpopulationen. Die *Pulsatilla pratensis*-Stauden wachsen zumeist verstreut und werden von der im Mittel zwischen 25 und 30 cm hohen Krautschicht überwachsen. Bei der insektenbestäubten Art könnte dies Auswirkungen auf die Effektivität der Bestäuber haben. Wie MORGAN (1999) für *Rutidosis leptorrhynchoides* und TORVIK et al. (1998) für *Pulsatilla pratensis* vermuten – sind verstreut stehende Blütenpflanzen inmitten hoher Vegetation für potentielle Bestäuber schwerer auffindbar, weniger gut zugänglich und dadurch weniger attraktiv. Nickende Blüten kommen bei *Pulsatilla pratensis* erschwerend hinzu. Die Anzahl der Blütenbesuche durch die Bestäuber nimmt ab. Der Pollentransfer ist somit sehr wahrscheinlich geringer als in großen Populationen, was einen geringeren Fruchtansatz zur Folge haben könnte. Dieser Zusammenhang konnte jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht näher untersucht werden.

Die dichte Krautschicht, der mehrere Zentimeter dicke Moosfilz und der nahezu fehlende Anteil an offenem Boden machen die Etablierung von Keimlingen beinahe unmöglich. Die ohnehin ineffektive Ausbreitung der Samen durch den Wind wird durch die hohe Vegetation zusätzlich behindert. Insofern ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein fertiler Same erfolgreich auskeimt, der Keimling sich etabliert und sich gegen den starken Konkurrenzdruck durchsetzen kann, sehr gering. Es kann davon ausgegangen werden, dass die aktuelle Habitatstruktur für das langfristige Bestehen der Population ein limitierender Faktor ist.

Nutzungseinfluss: Die derzeitige Beweidung des Standortes Barendorf trägt sehr wahrscheinlich positiv zum Reproduktionserfolg bei. Sie sorgt für einen Nährstoffezug und fördert den Strukturreichtum des Habitats. In den Bereichen mit einer bereits lückigen Vegetation können Offenstellen erweitert und eine kleinräumige Mikrorelieffierung geschaffen werden, wodurch sich der Anteil an potentiellen Schutzstellen vergrößert. Wie sich beim Beweidungsexperiment in Barendorf im Rahmen des Projektpraktikums 2004 jedoch zeigte, können in dichtem Wurzelfilz keine neuen Offenstellen geschaffen werden.

Da die Beweidung nach dem Samenregen erfolgt, hat sie zudem keinen Einfluss auf die Diasporenverbreitung. Durch den Tritt der Schafe werden aber möglicherweise schon am Boden liegende Samen ins Substrat gebracht, was deren Keimungschancen erhöht.

Die Pflegemahdnutzung in Meesiger kann langfristig zwar eine Aushagerung des Standortes bewirken, sie kann aber – wie die Ergebnisse der Habitatstrukturuntersuchung zeigen –

nicht in ausreichendem Maße Störstellen schaffen, die für die Keimung und Etablierung von *Pulsatilla pratensis* dringend notwendig wären.

6.3 Standörtliche Gegebenheiten der Wiederansiedlungsgebiete im Vergleich zu den Populationsgebieten

Im Gegensatz zu den Populationsgebieten handelt es sich bei den Wiederansiedlungsgebieten um südost-, süd-, südwest- und ostexponierte Hangstandorte. Das Relief hat hier einen wesentlichen Einfluss auf die lokalklimatischen Bedingungen und damit auf die Wasserversorgung. Die langjährigen Mittel der Jahresniederschläge liegen bei 550mm in Gützkow West und am Gatschower Os sowie bei 575mm im Schwingetal. Damit sind sie nicht niedriger als in den Populationsgebieten. Die Niederschlagssummen in der Vegetationsperiode 2006 liegen ebenfalls im Bereich der für die Populationsgebiete angegebenen Werte. In Gützkow West fiel mit 315mm am wenigsten Niederschlag. Für das der Population Meesiger nahe gelegene Gatschower Os wird dieselbe Niederschlagshöhe von 329mm angenommen. Das Schwingetal ist der von den Wiederansiedlungsgebieten am besten mit Niederschlag versorgte Standort. Hier fielen mit 409mm fast 70 mm mehr Regen als in Barendorf. Jedoch wird an den Hangstandorten die Infiltration durch einen höheren Ablauf vermindert. Dabei gilt: Je steiler der Hang, desto größer der Ablauf, desto geringer die infiltrierte Menge an Wasser. An südexponierten Hängen kommt eine erhöhte Verdunstung aufgrund der höheren Sonneneinstrahlung hinzu. Je steiler dabei der Einstrahlungswinkel der Sonne ist, desto stärker die eingestrahlte Energiemenge, desto höher die Verdunstung (FIEDLER 2001). Windexponiertheit fördert die Verdunstung zusätzlich. Auch der Austrocknungsgrad des Bodens spielt für die Wasserversorgung der Standorte eine wichtige Rolle. Stark ausgetrocknete Böden sind schwer wieder zu durchfeuchten. (FIEDLER 2001). Dadurch wird – insbesondere an Hangstandorten – bei Regenereignissen nach längerer Trockenheit der Ablauf erhöht und die Infiltration stark gemindert. Dies dürfte in den Wiederansiedlungsgebieten der Fall gewesen sein. So lag die gefallene Niederschlagsmenge in allen betrachteten Gebieten im Juni und Juli 2006 deutlich unter dem Monatsmittel (vgl. Tab. 6.1). Im August fiel ein Großteil des Niederschlags in Form von Starkregenereignissen, wodurch er zu einer Verbesserung der Wasserversorgung der Standorte nicht wesentlich beitragen konnte.

Tab. 6.1 Prozentuale Niederschlagshöhe in Bezug auf das langjährige Monatsmittel im Untersuchungszeitraum (April bis Oktober 2006) in den Untersuchungsgebieten (Quelle für die Berechnung der Werte: DWD 2007)

	Niederschlags- summe April bis Oktober 2006 [mm]	% vom langjährigen Monatsmittel des Niederschlags						
		April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.
Anklam (Gützkow West, Menzlin)	315	89	123	59	9	183	43	111
Greifswald (Schwingetal)	409	108	129	70	9	324	68	106
Teterow (Gatschower Os, Meesiger)	329	106	140	42	24	214	61	104
Putbus (Neu Mukran)	486	168	177	103	15	298	67	86
Boltenhagen (Barendorf)	341	154	90	41	48	182	79	133

Anhand der ermittelten Bodenwassergehalte lassen sich, aufgrund der bereits in Abschnitt 5.2.2.3.2. besprochenen unterschiedlichen Beprobungstage und der langen Lagerungsdauer der Bodenproben bis zur Wassergehaltsbestimmung, zwischen den Gebieten keine vergleichenden Schlüsse hinsichtlich der Wasserversorgung der Standorte ziehen. Auch die mittleren Feuchtezahlen sind aufgrund eines bestehenden Abhängigkeitsverhältnisses zwischen Nährstoffgehalt und Wasserversorgung unsicher (vgl. 6.2.2.). Unter Beachtung der Niederschlagssummen von 2006 (vgl. Tab. 6.1) sowie der lokalklimatischen Messdaten (vgl. Tab.5.11), ist aber davon auszugehen, dass – zumindest im Untersuchungszeitraum 2006 – die untersuchten Standorte in Gützkow West am trockensten und die Standorte im Schwingetal am feuchtesten waren.

Im Hinblick auf das Substrat weisen die Böden der Wiederansiedlungsgebiete lediglich im Schwingetal und an Transekt 12 und 13 am Gatschower Os ein ähnlich lockeres Einzelkorngefüge wie die Populationsgebiete auf. An den übrigen Standorten waren sie aufgrund der Trockenheit stark verfestigt und daher schwerer durchwurzelbar (vgl. Abschnitt 6.4.2.). Die Kalkgehalte sind – mit Ausnahme der Transekte 12 und 13 am Gatschower Os – insgesamt recht hoch. In Gützkow West liegen die Werte um bis zu sechsmal höher als in der Population Neu Mukran. Der hohe Kalkgehalt in den Bodenproben der Wiederansiedlungsstandorte erklärt sich dadurch, dass die durch den Niederschlag entkalkten oberen Bodenschichten des glazigenen Materials durch Abgrabung und/oder Erosion beseitigt wurden und die kalkreicheren tieferen Schichten nun oben anstehen. Die gemessenen pH-Werte stimmen – zumindest im tendenziellen Vergleich der Gebiete untereinander – mit den qualitativen mittleren Reaktionszahlen überein. Widersprüche zwischen Zeigerwerten und Messdaten ergeben sich wieder bei der Betrachtung der Nährstoffversorgung (vgl. Abb. 5.11 und Tab 5.15). Da die Nährstoffzahl von den Zeigerwerten als am wenigsten

fundiert gilt (vgl. DIERSCHKE 1994), soll hier lediglich auf die Messwerte Bezug genommen werden. Demnach sind Gützkow West und das Gatschower Os – von allen untersuchten Gebieten – die am besten mit Nährstoffen versorgten. In Gützkow West gelangt bei der Düngung des oberhalb der Untersuchungsfläche gelegenen Ackers zuweilen auch Dünger auf die untersuchten Standorte (eigene Beobachtung). Etwas nährstoffärmere Verhältnisse herrschen in Menzlin und Meesiger. Die Nährstoffverhältnisse im Schwingetal entsprechen in etwa denen der Population Barendorf. Die ermittelten Glühverluste lagen hier deutlich unter denen von Menzlin und Meesiger. Neu Mukran wies die nährstoffärmsten Verhältnisse auf.

Im Hinblick auf die Habitatstruktur spielen in den Wiederansiedlungsgebieten Relief und Nutzung eine wesentliche Rolle. Die meisten Standorte sind durch Erosion geprägt und weisen – im Vergleich zu den Populationsgebieten – einen wesentlich höheren Offenbodenanteil auf (vgl. Abb. 5.13). Im Zuge der Beweidung, trägt der Tritt der Schafe – vor allem an Transekt 9 und 11 am Gatschower Os – zur Erweiterung der Offenstellen bei. Ähnliches gilt vermutlich für Gützkow West und das Schwingetal, wobei hier im Untersuchungszeitraum 2006 keine Weidenutzung erfolgte.

6.4 Erfolg der Wiederansiedlungsversuche

6.4.1 Erfolg des Aussaatversuches

Das Keimlingsaufkommen war in allen Aussaatplots der Wiederansiedlungsgebiete gleich null. Auch in den Populationsgebieten Meesiger und Neu Mukran konnten zu den ausgebrachten Samen keine Keimlinge gefunden werden.

Unter Idealbedingungen im Labor wiesen die in den Wiederansiedlungsgebieten ausgebrachten Samen Keimungsraten von >60% (Göhren) bzw. 6 bis 9% (Hollenberg) auf. Dabei lagen die Keimungsraten auf Substrat mit 5% Kalkzusatz noch um 2 bis 6% höher als auf Substrat ohne Zusatz von Kalk (Tab. 5.1). Bei einer Mischung der Samenaufsammlungen von Göhren und Hollenberg zu gleichen Teilen, kann davon ausgegangen werden, dass für den Wiederansiedlungsversuch ausreichend keimungsfähige Samen zur Verfügung standen. Für die zur Vergleichsaussaat in den Populationsgebieten verwendeten Samen, wurden im Labor Keimungsraten zwischen 29 und 45% festgestellt. Auch hier kann von genügend keimungsfähigem Samenmaterial ausgegangen werden. Um möglichst optimale Keimungsvoraussetzungen zu schaffen, wurden alle Samen mit der Pinzette direkt in den Boden gebracht. Eine Bedeckung mit Substrat, wie sie WELLS & BARLING (1958) für

den Keimungserfolg von *Pulsatilla vulgaris* im Freiland als günstig beschrieben haben, war somit gegeben (vgl. Abschnitt 6.2.2.).

Primär entscheidend für den Keimungserfolg ist neben der Temperatur vor allem die Wasserverfügbarkeit. Während die Quellung der Samen durch Wasseraufnahme und die Ausdehnung der Radicula innerhalb der Samenschale reversible Vorgänge sind, ist eine Austrocknung der Samen nach Austritt der Keimwurzel für den Keimling tödlich (URBANSKA 1992). Ausschlaggebend für das Überleben der Keimlinge ist daher eine möglichst kontinuierliche Wasserverfügbarkeit in der Keimungs- und Etablierungsphase, wie auch BÖGER (2002) bei Keimungsversuchen an *Corynephorus canescens* zeigen konnte, bei denen jeweils die gleiche Wassermenge in unterschiedlichen Gießintervallen zugeführt wurde. Eine kontinuierliche Wasserversorgung war in den Untersuchungsgebieten – aufgrund der Witterungsbedingungen im Zeitraum nach der Aussaat – nicht gegeben. Wie in Abschnitt 6.3. beschrieben, waren besonders der Juni und Juli 2006 durch starke Trockenheit geprägt. Tabelle 6.2 gibt einen Überblick über die Witterungsverhältnisse in den ersten 22 Tagen nach Ausbringung der Samen. Entscheidend ist dabei vor allem die Anzahl der Tage, in denen aufeinander folgend kein Niederschlag fiel. (vgl. BÖGER 2002)

Tab. 6.2 Witterungsverhältnisse in den Untersuchungsgebieten in den jeweils ersten 22 Tagen nach Ausbringung der Samen (vgl. Tab. 4.4). Die angegebenen Werte wurden berechnet aus den Tageswerten der jeweils nächstgelegenen Klimastation (Quelle: DWD 2007)

USG (Klima station)	Lufttemperatur [°C]				rel. Luft- feuchte Tages- mittel [%]	Wind stärke Tages- mittel [Bft]	Sonnen- scheindauer [h]		Niederschlag	
	Tages max.	Tages min.	Tages mittel	Boden			Mittel	Summe	Summe [mm]	Tage ohne NS (davon aufein- ander folgend)
Gützkow West (Anklam)	16.4	11.9	14.2	6.1	77.8	3.1	4.7	103.5	53.3	7 (2)
Schwingetal (Greifswald)	17.1	12.9	15.2	5.8	74.6	2.5	8.2	180.3	40.5	12 (9)
Gatschower Os /Meesiger (Teterow)	19.0	13.6	16.9	6.2	73.4	2.5	8.7	190.3	27.0	13 (7)
Neu Mukran (Putbus)	18.0	13.7	16.6	7.1	76.8	2.4	9.1	200.7	49.4	11 (8)

Die dargestellten Werte wurden aus den Tageswerten des DWD für die jeweils nächstgelegene Klimastation berechnet. In Anbetracht der Exposition und Inklination der Aussaatplots in den Wiederansiedlungsgebieten und der damit verbundenen höheren Sonneneinstrahlung, ist davon auszugehen, dass die lokalklimatischen Voraussetzungen in Bezug auf die Wasserverfügbarkeit dort noch ungünstiger waren. Dies gilt insbesondere für Gützkow

West mit den ungünstigsten lokalklimatischen Bedingungen. Es lässt sich vermuten, dass eine Keimung der Samen zwar möglicherweise stattgefunden hat, die Keimlinge aber schon im Boden vertrocknet sind. Auch in den hinsichtlich der Habitatstruktur günstigen Populationen Neu Mukran und Barendorf, in denen eine Keimlingsetablierung in den letzten Jahren nachweislich erfolgte (vgl. Abschnitt 6.2.1.), konnten 2006 keine Keimlinge gefunden werden. Offensichtlich waren bei den extremen Witterungsbedingungen im Untersuchungszeitraum, in keinem der betrachteten Gebiete geeignete Schutzstellen für eine Keimung und Etablierung von *Pulsatilla pratensis* vorhanden.

6.4.2 Erfolg des Auspflanzungsversuches

Die ausgebrachten Pflanzen hatten für ein Überleben in den jeweiligen Gebieten bessere Grundvoraussetzungen. Sie wurden nach professioneller gärtnerischer Praxis im Botanischen Garten herangezogen und konnten sich zunächst unter optimalen Bedingungen hinsichtlich Substrat, Wasserverfügbarkeit, Nährstoffverfügbarkeit und Konkurrenz entwickeln. Zum Zeitpunkt der Pflanzung hatten sie ein meist gut ausgebildetes, bis zu 15 cm langes Wurzelsystem.

Als Pflanzstellen in den Plots wurden möglichst schon vorhandene Offenbodenstellen genutzt und das Topfsubstrat mit eingebracht. Dadurch wurden zunächst günstige Mikrohabitate für die Etablierung geschaffen. Eine erste Wasserzufuhr erfolgte mit dem Angießen.

Die Überlebensrate war mit 83,3 % im Schwingetal am höchsten. Dies ist gleichzeitig das Gebiet, in dem im Untersuchungszeitraum die größte Niederschlagsmenge zur Verfügung stand und in dem die lokalklimatischen Verhältnisse hinsichtlich der Luftfeuchte und der Temperatur in Bodennähe am günstigsten waren (vgl. Tab. 5.11). Am Gatschower Os fielen im Zeitraum von April bis Oktober 2006 etwa 80 mm Niederschlag weniger. Die lokalklimatischen Bedingungen im Bereich der Transekte, an denen die Überlebensrate bei 40% lag, waren – im Vergleich zum Schwingetal – durch höhere Temperaturen in Bodennähe, aber ähnliche Verhältnisse hinsichtlich der Luftfeuchte geprägt. Dabei handelt es sich um ostexponierte Hangstandorte. Die übrigen Transekte in diesem Gebiet, sind süd- bzw. südostexponiert und weisen eine höhere Hangneigung auf. Hier erfolgte keine Messung des Lokalklimas. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass diese Bereiche bei gleicher Witterung insgesamt noch trockener und wärmer waren. Von 28 ausgebrachten Pflanzen überlebte hier nur eine, deren Vitalität zudem sehr gering war. In Gützkow West war die Überlebensrate mit 2,8 % am niedrigsten. Von 71 Pflanzen überlebten 2, die eben-

falls eine geringe Vitalität aufwiesen. Die Niederschlagsmenge im Untersuchungszeitraum war hier am niedrigsten, die lokalklimatischen Verhältnisse am ungünstigsten.

Für das Überleben der Pflanzen spielt neben der Niederschlagsmenge vor allem die Länge der Perioden ohne Niederschlag eine wesentliche Rolle. Solche, im Untersuchungszeitraum 2006 häufig auftretenden Trockenperioden, waren in allen betrachteten Gebieten ähnlich lang. Einen Überblick gibt Abbildung 6.1. Im Schwingetal und in Gützkow West wurden die Pflanzen jedoch während dieser regenfreien Zeit in unregelmäßigen Abständen insgesamt zwei- bis dreimal gegossen. Die zugeführte Wassermenge betrug dabei jedes Mal etwa 4 Liter pro Plot. Für das Überleben der Pflanzen im Schwingetal kann dies einen wichtigen Einfluss gehabt haben.

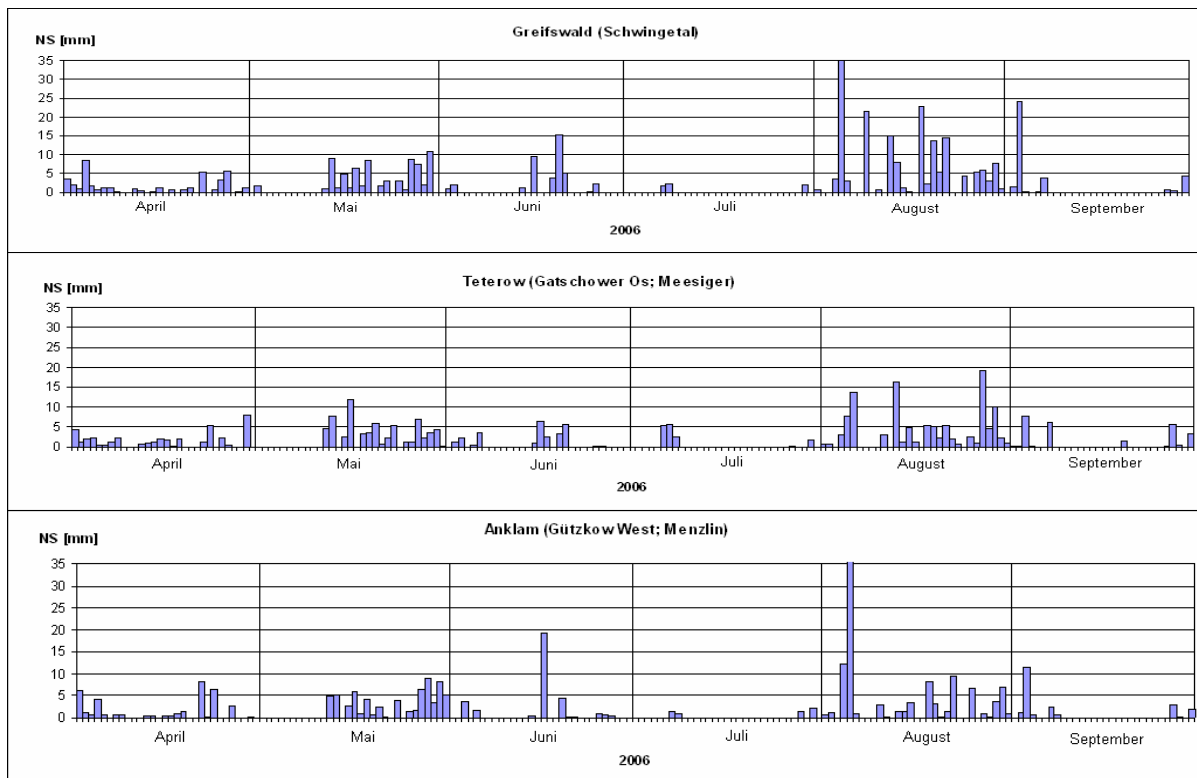


Abb. 6.1 Niederschlagsverteilung in den Wiederansiedlungsgebieten im Zeitraum von April bis Oktober 2006 (Berechnung nach Daten des DWD 2007)

Auffällig war die Verteilung der überlebenden Pflanzen im Hinblick auf die Substratzusammensetzung ihres Standortes. Hohe Überlebensraten fanden sich immer dort, wo der Boden ein lockeres Einzelkorngefüge aufwies, gut durchwurzelbar war und damit den Gegebenheiten der Populationsgebiete am ehesten entsprach. Dies war an allen Standorten im Schwingetal sowie an Transekt 12 und 13 am Gatschower Os der Fall. Hinsichtlich der Bodenarten handelt es sich in diesen Bereichen um einen reinen Sand bzw. um einen

schwach schluffigen Sand, der jedoch an der Bestimmungsgrenze zum reinen Sand liegt. Einzige Ausnahme bildete Transekt 8 im Schwingetal. Hier wurde als Bodenart ein stark schluffiger Sand festgestellt. Aufgrund technischer Probleme am Messgerät zu Beginn der Korngrößenanalyse, könnte es sich dabei allerdings auch um einen Messfehler handeln.

Die gute Durchwurzelbarkeit des Bodens ermöglicht der Pflanze eine gute Entwicklung ihres Wurzelsystems und damit eine Wasser- und Nährstoffaufnahme aus einem größeren Bodenvolumen. In Gützkow West und an den Transekten 9 bis 11 am Gatschower Os, wo die Überlebensrate bei 0 bis maximal 25% lag, war der Boden stark verfestigt und somit schlechter durchwurzelbar. Folglich ist die Wasser- und Nährstoffaufnahme der Pflanzen auf ein geringes Bodenvolumen begrenzt. Ein an diesen Standorten höherer Skelettanteil kann sich zusätzlich negativ auf die Wasser- und Nährstoffaufnahme ausgewirkt haben (FIEDLER 2001).

Wie sich an Transekt 12 und 13 am Gatschower Os gezeigt hat, kann sich *Pulsatilla pratensis*, sofern eine gute Durchwurzelbarkeit des Bodens gegeben ist, auch bei starker Konkurrenz etablieren. Sie bildet jedoch inmitten der hohen Vegetation Schattenblätter, wodurch der vermeintlich hohe mittlere Größenzuwachs der überlebenden Pflanzen von 85 mm zustande kommt. Somit scheint eine hohe und dichte Vegetation zwar die Vitalität der Pflanzen zu beeinflussen, sie hat aber keinen primären Einfluss auf das Überleben im ersten Jahr. Im Schwingetal waren die Pflanzen insgesamt vitaler. Der Größenzuwachs war mit 57 mm recht hoch und beruhte nicht auf Schattenblattbildung. Die Vegetation war hier – verglichen mit den anderen Wiederansiedlungsgebieten – am niedrigsten und bildete ein kleinräumiges Mosaik mit offenen Bodenstellen. Dadurch war die Konkurrenz vor allem um Licht geringer.

Das Überleben der Pflanzen wird letztlich von der Gesamtheit der auf sie einwirkenden Umweltfaktoren bestimmt. Aus den Beobachtungen lässt sich jedoch vermuten, dass die Wasserverfügbarkeit am Standort – in Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen 2006 und vom Relief – in Zusammenhang mit der Durchwurzelbarkeit des Bodens primär entscheidend waren. Die Vegetationsstruktur hatte vermutlich einen indirekten Einfluss, wo sie durch Beschattung die Austrocknung des Bodens etwas abschwächen konnte. So trocknen große Offenbodenstellen in stärkerem Maße aus. Der höhere Feinbodenanteil – insbesondere in Gützkow West und an den Transekten 9 bis 11 am Gatschower Os – verringert das Grobporenvolumen der Böden und sorgt bei der hohen Sonneneinstrahlung an den Hangstandorten für eine tiefere Entwässerung.

Durch die dominierende Wirkung der Klima- und Substratkomponente wurde ein möglicher positiver oder negativer Einfluss der anderen gemessenen Faktoren auf den Etablierungserfolg von *Pulsatilla pratensis* verschleiert. Dies betrifft insbesondere den Kalkgehalt und den pH-Wert, sowie die Nährstoffverfügbarkeit. So waren in einem Gebiet, in dem die Klima- und Bodenbedingungen das Überleben der Jungpflanzen ermöglichten (Schwingetal) die Unterschiede in Kalkgehalt und pH-Wert nicht so gravierend, dass sie in einer unterschiedlich hohen Überlebensrate zum Ausdruck kamen.

In den Ergebnissen der statistischen Auswertung des Auspflanzungsversuches spiegelt sich der dominante Einfluss der Klimakomponente ebenfalls wider. Dadurch, dass die Unterschiede hinsichtlich der lokalklimatischen Gegebenheiten zwischen den Gebieten größer waren als innerhalb der Gebiete, bleibt eine Gruppierung auf Gebietsebene bestehen, wie bei der Ordination der Pflanzungsplots in Bezug auf die 1. und 2. Hauptkomponente bereits deutlich wurde (vgl. Abb. 5.14). Viele der dem Klima untergeordneten Standortfaktoren sind gebietsabhängig miteinander korreliert. Ihr Einfluss auf das Überleben der ausgebrachten Jungpflanzen wird verdeckt.

Bevor im Folgenden auf die Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse sowie der sich anschließenden multiplen Regressionsanalyse weiter eingegangen werden soll, werden im Vorfeld einige Punkte zu Bedenken gegeben, die zu einer Verzerrung der Ergebnisse geführt haben können. Dazu gehört die unterschiedliche Auflösung der Daten, die in die Analyse eingegangen sind. So konnte das Mikroklima – mit Ausnahme des Schwingetals – jeweils nur an einem Standort pro Gebiet gemessen werden. Die Ergebnisse dieser Messung wurden für alle Plots im jeweiligen Gebiet übernommen. In Gützkow West kann diese Vorgehensweise gute Aussagen liefern, da hier alle Pflanzungsplots in die gleiche Himmelsrichtung exponiert sind. Auch im Schwingetal konnten die Messwerte expositionsbezogen zugeordnet werden und liefern daher ein realistisches Bild. Am Gatschower Os kommt es jedoch zu einer Unterbewertung des lokalklimatischen Einflusses auf das Überleben der Pflanzen an den Transekten 9 bis 11, da die Messergebnisse von den ostexponierten Standorten auf diese süd- bzw südostexponierten Plots übertragen werden mussten (s.o.) Weiterhin geben die langjährigen Mittel der Niederschläge zwar eine generelle Tendenz für die Niederschlagsverhältnisse im jeweiligen Gebiet an, sie sind aber für das Überleben der Pflanzen im Untersuchungszeitraum letztlich nicht ausschlaggebend. Die Daten bezüglich der Bodensubstrate sind durch die Unterteilung in sieben Kornfraktionen vermutlich zu hoch aufgelöst. Der beobachtete, sehr wahrscheinliche Zusammenhang zwi-

schen Bodensubstrat und Überlebensrate, kommt in der statistischen Analyse nicht zum Ausdruck. Die miteinbezogenen unsicheren Werte zum Bodenwassergehalt verzerren die Ergebnisse zusätzlich.

Trotz dieser kritischen Punkte lassen sich aus den Resultaten der multivariaten Analyse einige wichtige Erkenntnisse gewinnen. So erwies sich die Zufallsverteilung der unterschiedlich vitalen Jungpflanzen auf die Gebiete als optimal. Die 5. Hauptkomponente, die die Größe und Blattzahl der Pflanzen vor deren Ausbringung widerspiegelt, wurde nicht in die Regressionsgleichung aufgenommen.

Die Hauptkomponenten 1 und 2, die mit den größten Koeffizienten ($B = -22,9$ und $B = -21,2$) in die Regressionsgleichung eingehen, sind jeweils am höchsten ($r > 0,9$) mit Variablen geladen, die die lokalklimatischen Verhältnisse in den Gebieten widerspiegeln. An ihnen wird der immense Einfluss der Lokalklimakomponente auf das Überleben der Pflanzen deutlich. Neben den lokalklimatischen Variablen sind Wassergehalt, Kalkgehalt, Vegetationshöhe und Streudeckung auf der 1. Hauptkomponente und mittlerer Jahresniederschlag, Glühverlust und Exposition auf der 2. Hauptkomponente wichtige Aspekte. Unter Beachtung der in die Analyse eingegangenen Daten kann aber angenommen werden, dass die Korrelationen hier vor allem gebietsabhängig in Zusammenhang mit den lokalklimatischen Unterschieden zustande kommen. So zeigt das Überleben der Pflanzen an Transekt 12 und 13 am Gatschower Os, dass trotz hoher Vegetation eine Etablierung möglich ist. Auch der vermeintlich negative Einfluss eines höheren Kalkgehaltes auf das Überleben der Pflanzen, ist nach den Erkenntnissen der Untersuchung in den Populationsgebieten unwahrscheinlich. Eine hohe Streudeckung erwies sich zwar in der Vergangenheit als ungünstig für eine Etablierung von *Pulsatilla patens* (KALLOVIRTA et al. 2006) und ist es wahrscheinlich auch für *Pulsatilla pratensis*, jedoch müsste diese wohl um einiges dichter und dicker sein, um im vorliegende Fall das Überleben der ausgebrachten Pflanzen zu verhindern. Der Wassergehalt des Bodens geht mit einem trockenen Lokalklima konform.

Die mit der 2. Hauptkomponente stark korrelierenden mittleren Jahresniederschläge geben das Verhältnis der im Untersuchungszeitraum gefallenen Niederschläge recht gut wieder. Insofern erweist sich der große Einfluss, der ihnen laut Regression auf die Überlebensrate eingeräumt wird, als gut begründet. Inwieweit der Humusgehalt tatsächlich einen Einfluss auf das Überleben der Pflanzen hatte, lässt sich aufgrund des dominanten Klimaeinflusses nicht feststellen. Sofern die Standortbedingungen hinsichtlich Wasserverfügbarkeit und Substratbeschaffenheit günstig sind, kann – wie an Transekt 12 und 13 am Gatschower Os aufgetreten – *Pulsatilla pratensis* auch bei höheren Humusgehalten überleben. Jedoch führt

die in diesem Zusammenhang auftretende Konkurrenz zu einer geringeren Vitalität. Die negative Korrelation der Exposition mit der 2. Hauptkomponente liefert keine sinnvolle Aussage. Sowohl die Pflanzungsplots, in denen alle Pflanzen überlebt haben, als auch die, in denen die Überlebensrate gleich null war, sind oft in die gleiche Himmelsrichtung exponiert.

Die Hauptkomponenten 6, 4 und 7 gehen mit weit niedrigeren Koeffizienten in die Regressionsgleichung ein. Von ihnen erklärt die 4. Hauptkomponente noch einen höheren Anteil der Varianz der Daten aus den Pflanzungsplots. Die Deckung von Kraut- und Moosschicht, der Offenbodenanteil sowie pH-Wert und Hangneigung weisen auf ihr die höchsten Ladungen auf. Betrachtet man diese Werte im Hinblick auf ihre durch die Regressionsgleichung angegebene Bedeutung für das Überleben der ausgebrachten Jungpflanzen, so erweist sich die Aussage – Je höher die Deckung von Kraut- und Moosschicht und je geringer der Offenbodenanteil, desto höher die Überlebensrate. – zunächst als kontraintuitiv, gilt *Pulsatilla pratensis* doch als eine Art, die offene Lebensräume bevorzugt. Hierbei muss beachtet werden, dass der Offenbodenanteil in keinem der Pflanzungsplots gleich null war. Die Deckung der Krautschicht oder der Moosschicht betrug in keinem der hier betrachteten Plots 100%. Wie sich im Vergleich der Populationsgebiete gezeigt hat, ist neben der Deckung der Schichten vor allem deren Verteilung wichtig. Wie bereits beschrieben, kann eine lockere Vegetationsdecke mit einem Moosanteil– insbesondere in trockenen, heißen Sommern wie 2006 – für die Wasserversorgung des Standortes günstig sein, während große Offenbodenstellen schnell und stark austrocknen und sich damit für ein Überleben der Jungpflanzen als ungünstig erweisen. Ein Zusammenhang zwischen abnehmender Hangneigung und zunehmender Überlebensrate ist im Hinblick auf die Wasserversorgung der Jungpflanzen wahrscheinlich.

Die Hauptkomponenten 6 und 7 geben nur einen geringen Anteil der Varianz der Daten aus den Pflanzungsplots wieder. Hinsichtlich ihrer Bedeutung für das Überleben von *Pulsatilla pratensis* lassen sie sich nicht sinnvoll interpretieren. So treten größere Steine, mit deren Deckungswerten die 7. Hauptkomponente am höchsten geladen ist, nur in insgesamt 7 von 52 betrachteten Plots und nur mit sehr geringer Deckung von 1 bis 5% (in einem Plot 25%) auf. Dass dies irgendeinen Einfluss auf das Nicht-Überleben der Jungpflanzen hatte, ist sehr unwahrscheinlich.

6.4.3 Aufwands- und Erfolgsbetrachtung von Aussaat und Pflanzung

Die folgende Tabelle (Tab. 6.3) gibt einen Überblick über die erforderlichen Arbeitsgänge für eine Wiederansiedlung durch Aussaat bzw. Pflanzung. Alle Angaben zur geschätzten Dauer des jeweiligen Arbeitsganges beziehen sich jeweils auf eine Person. Dabei ist zu beachten, dass die Zeitangaben für eine Wiederansiedlung mit wissenschaftlichem Hintergrund gelten. Muss die weitere Entwicklung nach der Ausbringung nicht an Einzelpflanzen nachvollzogen werden, verringert sich der Zeitaufwand vor allem für die Aussaat erheblich.

Tab. 6.3 Arbeitsaufwand für eine Wiederansiedlung durch Aussaat bzw. Pflanzung

Arbeitsgänge bei Aussaat		Arbeitsgänge bei Pflanzung	
Aufsammlung der Samen			
Aussortieren der Samen und Entfernen der Anhängsel (für 1000 Samen etwa 2 h)			
Stratifikation			
Mischen der Samen mit Quarzsand	Aussaat im Gelände mit Pinzette (für 1000 Samen etwa 8 h)	Substrat mischen	(für 1000 Samen etwa 4h)*
		Aussaat im Gewächshaus	
Ausstreuen im Gelände		Regelmäßig gießen	
		Vereinzeln (für 200 Pflanzen etwa 8 h)	
		Regelmäßig gießen	
		Pflanzen im Gelände (für 100 Pflanzen etwa 8 h)**	
Angießen			

* bei Ausstreuen der Samen in große Pflanzschalen. Für eine gezielte Aussaat in Töpfe ist der Zeitaufwand höher.

** variiert je nach Gelände und Bodenbeschaffenheit

Am wenigsten aufwendig ist die Aussaat von mit Quarzsand gemischten Samen. STEFFENHAGEN (2006) erzielte mit dieser Methode bei *Primula farinosa* im Freiland gute Keimungserfolge. Da die Ergebnisse des mit dieser Methode durchgeführten Keimungsversuches noch nicht vorliegen, lässt sich über den Erfolg bei *Pulsatilla pratensis* zum gegenwärtigen Zeitpunkt nichts aussagen.

Die Ausbringung mit der Pinzette war wesentlich zeitaufwendiger. Bei dieser Methode wird allerdings eine Bedeckung der Samen mit Substrat gewährleistet. Im Untersuchungszeitraum 2006 konnten jedoch keine Keimlinge gefunden werden.

Das Pflanzen erwies sich als am aufwendigsten, war unter den in der Vegetationsperiode 2006 gegebenen Witterungsbedingungen jedoch am erfolgreichsten. Von den insgesamt 214 ausgebrachten Pflanzen überlebten 81 bis Oktober 2006.

Für generelle Aussagen in Bezug auf die Frage, ob eine Wiederansiedlung von *Pulsatilla pratensis* in Mecklenburg-Vorpommern mit Hilfe von Samen oder durch Pflanzung erfolgreicher ist, sind die Ergebnisse des im September 2006 durchgeführten Keimungsversuches abzuwarten. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich Pflanzung als die geeignetere Me-

thode erweisen wird. Wie bei Versuchen mit *Pulsatilla vulgaris* in der Vergangenheit deutlich wurde, entwickeln sich Keimlinge ausgebrachter Samen nur sehr langsam (WELLS & BARLING 1958). Aufgrund der hohen Sensibilität gegenüber Trockenheit und Hitze, die besonders den Oberboden betrifft, ist die Keimlingssterblichkeit unter natürlichen Bedingungen entsprechend hoch. Jungpflanzen mit einem stärker entwickelten Wurzelsystem haben hier bessere Startvoraussetzungen. In einem von PFEIFER et al. (2002) durchgeführten Etablierungsversuch konnten zu 100 ausgebrachten Samen von *Pulsatilla vulgaris* nach vier Monaten nur wenige Keimlinge gefunden werden, während von 60 vier Monate alten Jungpflanzen etwa die Hälfte überlebte.

6.5 Eignung der Wiederansiedlungsgebiete für eine erfolgreiche Neuetablierung von *Pulsatilla pratensis*

Die Ergebnisse des im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Wiederansiedlungsversuches zeigen den Etablierungserfolg unter den im Untersuchungszeitraum 2006 in den jeweiligen Gebieten herrschenden Umweltbedingungen. Fraglich bleibt, inwieweit sich *Pulsatilla pratensis* an den betreffenden Standorten langfristig halten kann. So haben verschiedene Auspflanzungsversuche mit *Pulsatilla* in der Vergangenheit gezeigt, dass ausgebrachte Jungpflanzen, die sich zunächst etablieren konnten, nach einigen Jahren nicht mehr nachzuweisen waren (vgl. PFEIFER et al. 2002). Eine dauerhafte Etablierung setzt voraus, dass sich die Standortbedingungen auch in den folgenden Jahren für *Pulsatilla* als günstig erweisen. Die Pflanzen müssen langfristig dazu in der Lage sein, Blüten zu bilden und genügend keimungsfähige Samen zu produzieren. Des Weiteren müssen ausreichend geeignete Schutzstellen für die Keimung und Etablierung vorhanden sein. Da die Anzahl der ausgebrachten Pflanzen klein ist, ist ein Genaustausch mit anderen Populationen wichtig, um auf lange Sicht eine genetische Verarmung durch Inzucht und genetische Drift zu verhindern.

Unter den trockenen Witterungsbedingungen des Untersuchungsjahres 2006 erwies sich Gützkow West aufgrund der extremen lokalklimatischen Verhältnisse und der schlechten Durchwurzelbarkeit des Bodens als am wenigsten für eine Wiederansiedlung geeignet. Es kann sein, dass eine Etablierung in einem kühleren und feuchteren Jahr hier möglich gewesen wäre. Jedoch ist die Krautschicht aufgrund der hohen Nährstoffverfügbarkeit am Standort so hoch und so dicht, dass eine langfristige Etablierung der konkurrenzschwachen Art nicht zu erwarten ist.

Auch an den Transekten 9 bis 11 am Gatschower Os scheint eine Etablierung aufgrund der extremen lokalklimatischen Verhältnisse und der schlechten Durchwurzelbarkeit des Bodens generell wenig aussichtsreich zu sein.

Inwieweit sich die Pflanzen, die an Transekt 12 und 13 überlebt haben, dauerhaft halten können, ist fragwürdig. Der Konkurrenzdruck scheint inmitten der hohen und dichten Vegetation sehr hoch zu sein. Sofern die Pflanzen dennoch in den Folgejahren überleben und zur Blüte gelangen können, ist ein eher geringer Fruchtansatz zu erwarten, da sie vermutlich weniger Reserven in die Reproduktion investieren können als unter konkurrenzärmeren Bedingungen und zudem für potentielle Bestäuber schwer zu finden sind. Offenbodenstellen, die eine erfolgreiche Keimung und Etablierung ermöglichen könnten, sind in Form von Maulwurfshügeln vorhanden. Da die Vegetationsdecke durch Krautschicht und einen dichten Moosfilz sonst geschlossen ist, müssen die Samen diese Offenbodenstellen allerdings zunächst erreichen. Die Beweidung des Standortes mit Schafen hat darauf sicherlich einen positiven Einfluss, da die Samen durch die Tiere transportiert und in den Boden getreten werden können. Dennoch ist dies bei einer gering anzunehmenden Samenbildung recht unwahrscheinlich.

Das Schwingetal erweist sich als für eine langfristige Etablierung am geeignetsten. Die ausgebrachten Jungpflanzen konnten hier unter den im Untersuchungszeitraum herrschenden Bedingungen überleben und waren zudem sehr vital. Die günstigen Standortbedingungen lassen eine Blütenbildung und einen guten Fruchtansatz erwarten. Die Vegetation ist an den Hängen niedrig und wechselt in kleinräumigem Mosaik mit Offenbodenstellen ab. Eine solche Habitatstruktur erwies sich in der Population Neu Mukran für die Keimung und Etablierung in der Vergangenheit als sehr günstig. Sie stellt offenbar ausreichend Schutzstellen zur Verfügung. Aussagen über optimale Keim- und Schutzstellen für *Pulsatilla pratensis* lassen sich jedoch nur anhand von Informationen zur Populationsentwicklung in den letzten Jahren, den damit in Zusammenhang stehenden Standortbedingungen, sowie anhand von Beobachtungen bezüglich der Standorte von juvenilen Pflanzen und aus der Literatur ableiten, da der Aussaatversuch keine Ergebnisse lieferte und in den 2006 untersuchten Populationsgebieten auch keine natürlich aufgelaufenen Keimlinge zu finden waren.

Zu Bedenken bleiben im Hinblick auf die langfristigen Erfolgsaussichten einer Wiedereinsiedlung von *Pulsatilla pratensis* im Binnenland die Auswirkungen einer fortschreitenden Bodenversauerung sowie die Folgen des Klimawandels.

6.6 Das optimale Habitat für *Pulsatilla pratensis*

Die Ergebnisse des Populationsvergleiches und der Wiederansiedlungsversuche vermitteln einen Eindruck über die für *Pulsatilla pratensis* unter den in Mecklenburg-Vorpommern gegebenen Umständen optimalen Habitatbedingungen.

Zu diesen gehört ein lockerer, gut durchwurzelbarer und gut durchlüfteter Sandboden, der nicht tief entwässert und dadurch eine gute Wasserverfügbarkeit für die tief wurzelnden Pflanzen gewährleistet. Ein hoher Grundwasserspiegel und eine hohe Luftfeuchte können zu einer guten Wasserversorgung beitragen. *Pulsatilla pratensis* entwickelt sich am besten unter möglichst konkurrenzarmen Verhältnissen, die am ehesten bei Nährstoffarmut gegeben sind. Ein niedriger Kalkgehalt von 1 bis 2 Prozent scheint für die Art ausreichend zu sein. Der optimale pH-Wert liegt – nach den Ergebnissen dieser Arbeit – zwischen 5 und 7. Im Hinblick auf die Habitatstruktur erweist sich eine niedrige Vegetation als günstig, die sich im kleinräumigen Mosaik mit Offenbodenstellen abwechselt. Dabei spielt insbesondere eine lockere Moosschicht eine große Rolle, die in der Lage ist, Niederschlags- und Tauwasser länger zu speichern als der offene Sandboden. Dadurch sorgt sie für einen Ausgleich bei starken Temperaturschwankungen und Trockenheit. Für eine Keimung und Etablierung stellt sie geeignete und gut erreichbare Schutzstellen zur Verfügung. Auch ein kleinräumiges Mikrorelief und Wind, der zu einer Übersandung der Samen beiträgt, schaffen günstige Voraussetzungen für eine erfolgreiche Keimung und Etablierung.

7 Mögliche Rückgangsursachen für *Pulsatilla pratensis* in Mecklenburg-Vorpommern – Rückblick auf die Hypothesen

Im Folgenden sollen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit noch einmal zusammengefasst auf die innerhalb der Fragestellung aufgeworfenen Hypothesen bezogen werden (vgl. Abschnitt 1.2.). Dabei ist zu bedenken, dass die hier beschriebenen, für einen Rückgang von *Pulsatilla pratensis* verantwortlichen Faktoren selten einzeln wirken, sondern sich in den meisten Fällen überlagern und gegenseitig verstärken.

7.1 Nutzungsaufgabe und Eutrophierung

Im Rahmen des Keimungsversuches konnte festgestellt werden, dass – wie angenommen – in kleineren Populationen in Mecklenburg-Vorpommern leichtere Samen gebildet werden, die auch geringere Keimungsraten aufweisen als schwerere Samen aus größeren Populationen. Ob dies allerdings im Zusammenhang mit einer genetischen Verarmung in den kleineren Populationen steht, konnte hierbei nicht untersucht werden. Aufgrund des hohen Alters, das die Pflanzen erreichen können, ist es unwahrscheinlich, dass die Folgen eines möglichen Verlustes genetischer Variabilität durch Gendrift und Inzucht schon jetzt zum Ausdruck kommen. Sie sind für die Zukunft aber zu erwarten, sofern ein Diasporenaustausch zwischen den räumlich isolierten Populationen nicht wieder ermöglicht wird. Derzeit ist als wahrscheinlicher anzunehmen, dass das geringe Samengewicht und die offensichtlich geringe Fitness hinsichtlich der Reproduktion auf ungünstige Habitatbedingungen infolge von Nutzungsaufgabe und Eutrophierung zurückzuführen sind. So weist die kleine Population Meesiger gegenüber Neu Mukran und Barendorf die nährstoffreichsten Verhältnisse und – damit im Zusammenhang – die dichteste Vegetation auf. Auch auf der Fläche in Barendorf, die in den 1990er Jahren großflächig entbuscht wurde und erst seit 2004 wieder beweidet ist, findet sich stellenweise eine dichte und hohe Vegetation. Zudem breitet sich *Calamagrostis epigejos* hier derzeit massiv aus.

Neben den negativen Folgen die der Konkurrenzdruck in einer solch dichten und hohen Vegetation auf die Samenbildung hat, fehlen bei einer derartigen Habitatstruktur vor allem Schutzstellen für eine erfolgreiche Keimung und Etablierung.

7.2 Bodenversauerung

Die Vermutung dahingehend, dass Bodenversauerung infolge von Kalkauswaschung und sauren Niederschlägen als Rückgangsursache von *Pulsatilla pratensis* in Frage kommt, wird durch die Ergebnisse der Arbeit gestützt. Im Bereich der erloschenen Teilpopulation Menzlin lag der mittlere pH-Wert des Oberbodens unter 4; der höchste dort gemessene bei 4,5. Kalk konnte in den betrachteten Bodenproben nicht festgestellt werden.

7.3 Klimawandel

Die Witterungsverhältnisse in der Vegetationsperiode 2006 (vgl. Abschnitt 3.2.2.) weisen mit der Trockenheit im Juni und Juli, den Starkregenereignissen im August sowie den durchweg höheren Monatsmitteltemperaturen im Vergleich zum langjährigen Monatsmittel alle wesentlichen Züge der im Zusammenhang mit dem Klimawandel beschriebenen Verhältnisse in Deutschland auf (vgl. KORN & EPPLE 2006). Unter diesen Bedingungen konnten selbst in der Population Neu Mukran, in der in den letzten Jahren eine gute Reproduktion zu beobachten war, keine Keimlinge von *Pulsatilla pratensis* gefunden werden. Auch bei den im Rahmen des Wiederansiedlungsversuches ausgebrachten Samen, die im Labor gute Keimungsraten aufwiesen, war das Keimlingsaufkommen gleich null.

In Anbetracht der Klimaprognosen, die von einer weiteren Erwärmung in Europa um 2 bis 6,3°C sowie einer Zunahme von Hitzewellen, Dürreperioden, Starkregenereignissen und Sturm ausgehen, werden in Deutschland Rückgänge von 5-30% aller Tier- und Pflanzenarten erwartet (KORN & EPPLE 2006). Es muss davon ausgegangen werden, dass der Klimawandel als Faktor für den Rückgang von *Pulsatilla pratensis* in Mecklenburg-Vorpommern in Zukunft eine wesentliche Rolle spielen wird.

8 Empfehlungen für das Habitatmanagement

Ein für den langfristigen Erhalt von *Pulsatilla pratensis* geeignetes Management muss Folgendes gewährleisten:

- Einen Austrag von Nährstoffen durch Biomasseentzug
- Den Verbiss von Konkurrenzarten und Zurückdrängung von Gehölzen
- Die Schaffung von kleinräumigen Offenbodenstellen für eine erfolgreiche Keimung und Etablierung
- Die Bereitstellung eines Diasporenvektors, der einen Genaustausch zwischen den Populationen ermöglicht

Am besten geeignet erscheint hierfür eine Kombination aus Mahd und Beweidung mit Schafen. Beide Pflegemaßnahmen sorgen für einen Austrag von Nährstoffen, sofern die Pferchplätze für die Tiere außerhalb der zu beweidenden Flächen eingerichtet werden und das Mähgut beräumt wird. Mahd sollte gezielt zur Zurückdrängung problematischer Gräser wie *Calamagrostis epigejos* eingesetzt werden, die von Schafen nicht befressen werden. Eine einschürige Mahd der von Land-Reitgras bewachsenen Flächen scheint dabei erfolgversprechend (vgl. DORMANN 1997). Der Eingriff darf jedoch nicht vor Samenreife von *Pulsatilla pratensis* erfolgen.

Schafbeweidung führt – aufgrund des selektiven Fraßes der Tiere – zu einer erheblichen Strukturbereicherung der Flächen. Gehölze wie *Rhamnus cathartica*, *Prunus spinosa* und *Quercus robur* werden stark befressen (RIEGER et al. 1997) und folglich gut zurückgedrängt. In einer lockeren Vegetationsdecke können durch den Tritt der Tiere kleinflächig Offenbodenstellen und ein Mikrorelief geschaffen werden, was günstige Bedingungen für eine Keimung und Etablierung schafft. Zusätzlich werden Samen in den Boden getreten.

Als problematisch erweist sich ein dichter Wurzelfilz, wie er in Meesiger und stellenweise auch in Barendorf zu finden ist. Schafe sind hier nicht in der Lage Offenboden zu schaffen (vgl. 6.2.2. Nutzungseinfluss). Eine Ausdünnung der Moosschicht durch Jäten wird – insbesondere in Meesiger – dringend empfohlen. Die Eingriffe sollten dabei vor allem im Bereich um die Mutterpflanzen herum erfolgen, da das Windausbreitungspotential von *Pulsatilla pratensis* nur gering ist.

Als Beweidungsform empfiehlt sich eine Umtriebsweide mit großer Besatzdichte bei nur kurzer Beweidungsdauer (vgl. QUINGER 1999). Von einer langen Beweidungsdauer ist in jedem Fall abzuraten. So hat sich bei dem im Rahmen des Projektpraktikums 2004 in Barendorf durchgeführten Beweidungsversuch gezeigt, dass *Pulsatilla pratensis* trotz toxi-

scher Inhaltstoffe von Schafen sehr stark verbissen wird. Der Verbiss scheint zwar das Austreiben schlafender Knospen anzuregen, es ist jedoch fraglich, in welchem Maße dies über einen längeren Zeitraum hinweg geschehen kann, ohne die Stauden auf Dauer massiv zu schädigen.

Um einen Diasporenaustausch zwischen den in Mecklenburg-Vorpommern noch vorhandenen Vorkommen wieder zu ermöglichen, wäre die Bereitstellung einer Schafherde wünschenswert, die im Zeitraum der Samenreife von *Pulsatilla pratensis* flexibel in den Populationen eingesetzt werden kann.

9 Zusammenfassung

Die Wiesen-Küchenschelle, *Pulsatilla pratensis*, ist sowohl in Mecklenburg-Vorpommern als auch deutschlandweit stark gefährdet. Sie steht darin stellvertretend für eine Reihe bedrohter Arten der basenreichen Halbtrockenrasen. Den Vorkommen in Mecklenburg-Vorpommern kommt – aufgrund ihrer Lage am nordwestlichen Arealrand, an dem sich umweltbedingte Arealverschiebungen zuerst feststellen lassen – eine besondere Bedeutung zu. Ziel der Arbeit war es, einen Beitrag zur Aufklärung möglicher Rückgangsursachen zu leisten, sowie die Eignung einer Wiederansiedlung als Maßnahme für den Erhalt der Art zu prüfen. Dazu wurde im Labor ein Keimungsversuch durchgeführt sowie vier unterschiedlich große Populationen hinsichtlich ihrer Standortsfaktoren miteinander verglichen. In drei für eine Wiederansiedlung geeignet erscheinenden Gebieten, erfolgte experimentell eine Ausbringung von Samen und Jungpflanzen.

Im Laborversuch zeigten sich starke positive Korrelationen zwischen Populationsgröße und Samengewicht sowie zwischen Samengewicht und Keimungsrate. Die darin zum Ausdruck kommende geringere Reproduktionsfitness in kleinen Populationen, ist in erster Linie auf ungünstigere Standortbedingungen zurückzuführen. Der derzeit entscheidende Faktor für den Rückgang der Art wird im Fehlen von ausreichend verfügbaren Keimungs- und Schutzstellen gesehen. Eine infolge der Nutzungsaufgabe und Eutrophierung entstandene, dicht geschlossene Kraut- und Mooschicht verhindert in vielen Populationen die Etablierung neuer Pflanzen. Des Weiteren deuten die Ergebnisse auf einen wesentlichen Einfluss der Bodenversauerung hin. Eine weitere Gefährdungsursache für *Pulsatilla pratensis* ist im Klimawandel zu sehen.

Die Wiederansiedlung mit Hilfe von Samen blieb unter den gegebenen Witterungsbedingungen in allen Gebieten erfolglos. Von den ausgebrachten Jungpflanzen überlebten dagegen 38 %. Die höchste Überlebensrate wurde mit 83,3% im Schwingetal erreicht. Die süd- und südostexponierten Standorte in Gützkow West und am Gatschower Os erwiesen sich aufgrund extremer lokalklimatischer Verhältnisse und schlecht durchwurzelbarer Böden als ungeeignet. Prinzipiell ist eine Wiederansiedlung von *Pulsatilla pratensis* durch Pflanzung als aussichtsreicher anzusehen. Ob sie auch langfristig als erfolgversprechend gelten kann, wird die weitere Entwicklung der Pflanzen im Schwingetal zeigen.

Als optimale Habitate für *Pulsatilla pratensis* in Mecklenburg-Vorpommern erwiesen sich gut durchwurzelbare Sandböden mit einem pH-Wert zwischen 5 und 7, die eine niedrige, sich kleinräumig mit Offenbodenstellen abwechselnde Vegetation aufweisen.

10 Literaturverzeichnis

AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 4). – Hannover

BARKMAN, J.J.; DOING, H.; SEGAL, S. (1964): Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse. - Acta Botanica Neerlandica 13: 394-419

BERG, CH.; DENGLER, J.; ABDANK, A.; ISERMANN, M.(Hrsg.)(2001): Die Pflanzengesellschaften Mecklenburg-Vorpommerns und ihre Gefährdung. Tabellenband. – Jena: Weissdorn-Verlag, 341 S.

BERG, CH.; DENGLER, J.; ABDANK, A.; ISERMANN, M.(Hrsg.)(2004): Die Pflanzengesellschaften Mecklenburg-Vorpommerns und ihre Gefährdung. Textband. – Jena: Weissdorn-Verlag, 606 S.

BÖGER, S. (2002): Keimlingsetablierung und Ausbreitung des Silbergrases *Corynephorus canescens* (L.) P.Beauv. Diplomarbeit, Institut für Botanik und Pharmazeutische Biologie, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

BÜHL, A. & ZÖFEL, P. (2000): SPSS Version 10. Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows. – München: Addison Wesley Verlag, 734 S.

DENGLER, J. (2004a): Koelerio-Corynephoretea Klika in Klika & Novák 1941 – Sandtrockenrasen und Felsgrusfluren von der submeridionalen bis zur borealen Zone. – In: BERG, CH.; DENGLER, J.; ABDANK, A.; ISERMANN, M.(Hrsg.): Die Pflanzengesellschaften Mecklenburg-Vorpommerns und ihre Gefährdung. Textband. – Jena: Weissdorn-Verlag, 301-326

DENGLER, J. (2004b): Festuco-Brometea Br.-Bl. & Tx. ex Klika & Hadač 1944 – Basiphile Magerrasen und Steppen im Bereich der submeridionalen und temperaten Zone. – In: BERG, CH.; DENGLER, J.; ABDANK, A.; ISERMANN, M.(Hrsg.): Die Pflanzengesellschaften Mecklenburg-Vorpommerns und ihre Gefährdung. Textband. – Jena: Weissdorn-Verlag, 327-335

- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. – Stuttgart: Ulmer, 683 S.
- DORMANN, C.F (1997): Sandrohr (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth) in Trockenrasen des Biosphärenreservates Schorfheide-Chorin: Bestandsstruktur, ökologische Auswirkungen und Pflegemaßnahmen. – Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz 6: 207-217
- DWD (Deutscher Wetterdienst) (2007): Daten zu Temperatur und Niederschlag.
<http://www.dwd.de/de/Funde/Klima/KLIS/daten/online/nat/index.htm> (12.11.2006)
 Angeforderte Daten siehe Anhang.
- EBERLE, G. (1982): Zur Lebensgeschichte der Sand-Kuhschelle (*Pulsatilla pratensis* (L.) Miller). – Die Heimat 89: 381-392
- EICHSTÄDT, W. & BRIESEMEISTER, W. (1997): Wallberge Alt-Gatschow. Fünf Jahre Arbeit im Sinne des Schutzzieles. - Naturschutzarbeit in Mecklenburg-Vorpommern 40(1): 33-36
- EICHSTÄDT, W. (1993): Pflegearbeiten im Naturschutzgebiet „Wallberge bei Alt Gatschow“. - Naturschutzarbeit in Mecklenburg-Vorpommern 36(1): 39-43
- ELLENBERG, H.; WEBER, H.E.; DÜLL, R.; WIRTH, V.; WERNER, W. PAULISSEN, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. – Scripta Geobotanica 18
- ERHARDT, W. (1991): Küchenschellen. – Gartenpraxis 17(7): 16-21
- FIEDLER, H.J. (2001): Böden und Bodenfunktionen: in Ökosystemen, Landschaften und Ballungsgebieten. – Renningen-Malmsheim: expert-Verlag, 598 S.
- FISCHER, S. (1996): Bedeutung der Wanderschäferei für den Erhalt der Kalkmagerrasen. – Natur- und Kulturlandschaft 1: 185-186
- FLORAWEB: <http://www.floraweb.de/> (19.01.2007)

- FLOREIN-Datenbank (Universität Greifswald): Verbreitungskarte von *Pulsatilla pratensis* in Mecklenburg-Vorpommern. <http://geobot.botanik.uni-greifswald.de/sammlungen/florein/> (April 2007)
- FRAHM, J.-P. & FREY, W. (2004): Moosflora. – Stuttgart: Ulmer
- FREY, W. & LÖSCH, R. (2004): Lehrbuch der Geobotanik. Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit – München: Spektrum Akademischer Verlag, 528 S.
- (GLRP MECKLENBURGISCHE SEENPLATTE) Landesamt für Umwelt und Naturschutz Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.) (1997): Erster Gutachterlicher Landschaftsrahmenplan der Region Mecklenburgische Seenplatte - Gülzow
- (GLRP VORPOMMERN) Landesamt für Umwelt und Naturschutz Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.) (1996): Erster Gutachterlicher Landschaftsrahmenplan der Region Vorpommern – Güstrow-Gülzow
- (GLRP WESTMECKLENBURG) Landesamt für Umwelt und Naturschutz Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.) (1998): Erster Gutachterlicher Landschaftsrahmenplan der Region Westmecklenburg – Gülzow
- GRAHAM, D.J. & MIDGLEY, N.G. (2000): Graphical representation of particle shape using triangular diagrams: An EXCEL spreadsheet method. - *Earth Surface Processes and Landforms* 25: 1473–1477
- HARPER, J.L.; CLATWORTHY, J.N.; McNAUGHTON, I.H., SAGAR, G.R. (1961): The evolution of closely related species living in the same area. – *Evolution* 15: 209-227
- HENSEN, I.; OBERPRIELER, CH.; WESCHE, K. (2005): Genetic structure, population size, and seed production of *Pulsatilla vulgaris* Mill. (Ranunculaceae) in Central Germany. – *Flora* 200: 3-14

- HULTÈN, E. & FRIES, M. (1986): Atlas of North European vascular plants: north of the Tropic of Cancer I-III. – Königstein: Koeltz
- KALLIOVIRTA, M.; RYTTÄRI, T.; HEIKKINEN, R.K. (2006): Population structure of a threatened plant, *Pulsatilla patens*, in boreal forests: modelling relationships to overgrowth and site closure. – *Biodiversity and Conservation* 15: 3095-3108
- KELLNER, O. (1993): Effects of nitrogen addition on the population dynamics and flowering of *Pulsatilla vernalis*. – *Canadian Journal of Botany* 71: 732-736
- KÖNIG, J. (1923): Untersuchung landwirtschaftlich und landwirtschaftlich-gewerblich wichtiger Stoffe. – Berlin: Parey
- KOPP, D.; JÄGER, K.-D.; SUCCOW, M. (1982): Naturräumliche Grundlagen der Landnutzung am Beispiel des Tieflandes der DDR. – Berlin: Akademie-Verlag, 339 S.
- KORN, H. & EPPLÉ, C. (Bearb.) (2006): Biologische Vielfalt und Klimawandel. Gefahren Chancen und Handlungsoptionen. – BfN-Skripten 148.
- LARCHER, W. (1984): Ökologie der Pflanzen. – Stuttgart: Ulmer, 403 S.
- MENGES, E.S. (1991): Seed germination percentage increases with population size in a fragmented prairie species. – *Conservation Biology* 5: 158-164
- MORGAN, J.W. (1999): Effects of Population Size on Seed Production and Germinability in an Endangered, Fragmented Grassland Plant. – *Conservation Biology* 13(2): 266-273
- OOSTERMEIJER, J.G.B.; VAN EIJCK, M.W.; DEN NIJS, J.C.M. (1994): Offspring fitness in relation to population size and genetic variation in the rare perennial plant species *Gentiana pneumonanthe* (Gentianaceae). – *Oecologia* 97: 289-296
- PFADENHAUER, J. (1997): Vegetationsökologie. Ein Skriptum. – Eching: IHW-Verlag, 448 S.

- PFEIFER, E.; HOLDEREGGER, D.M.; RUTISHAUSER, R. (2002): Populationsbiologische Untersuchungen an einer Flaggschiff-Art der Magerrasen: *Pulsatilla vulgaris* Mill. in der Nordostschweiz. – *Botanica Helvetica* 112(2): 153-171
- QUINGER, B. (1999): Sandmagerrasen, offene Sandfluren und Binnendünen. - In: KONOLD, W.; BÖCKER, R.; HAMPICKE, U. (Hrsg.): Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege. – Landsberg: ecomed , XIII.-7.5.
- QUINGER, B. (2000): Sandmagerrasen, offene Sandfluren und Binnendünen. - In: KONOLD, W.; BÖCKER, R.; HAMPICKE, U. (Hrsg.): Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege. – Landsberg: ecomed , XI.-2.5.
- RIEGER, E.; PLEINER, W., ELLINGENR, B. (1997): Beweidungsvarianten mit Schafen und Ziegen auf Trockenrasen/Halbtrockenrasen (GLB Mühlenberg bei Brodowin). – *Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg* 3: 90-98
- ROTHMALER, W. (Begr.) (1999): Exkursionsflora von Deutschland. Bd.2: Gefäßpflanzen.-Grundband. – Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag
- ROTHMALER, W. (Begr.) (2000): Exkursionsflora von Deutschland. Bd.3: Gefäßpflanzen.-Atlasband. – Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag
- SCHLICHTING, E.; BLUME, H.-P.; STAHR, K. (1995): *Bodenkundliches Praktikum*. – Berlin, Wien: Blackwell Wissenschafts-Verlag
- STEFFENHAGEN, P. (2006): Populationsbiologische Untersuchungen an *Primula farinosa* und anderen gefährdeten Arten nordostdeutscher Kalkflachmoore. Diplomarbeit, Institut für Botanik und Landschaftsökologie, Universität Greifswald
- SUKOPP, H. (2001): Artenschutz-Blütenpflanzen. - In: KONOLD, W.; BÖCKER, R.; HAMPICKE, U. (Hrsg.): Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege. – Landsberg: ecomed , XII.-1.1.

TACKENBERG, O. (2001): Methoden zur Bewertung gradueller Unterschiede des Ausbreitungspotentials von Pflanzenarten. – Dissertation im Fachbereich Biologie an der Philipps-Universität Marburg

TORVIK, S.E.; BORGES, L.; BERG, R.Y. (1998): Aspects of reproduction in *Pulsatilla pratensis* in Norway. – *Nordic Journal of Botany* 18(4): 385-391

UMWELTMINISTERIUM MECKLENBURG-VORPOMMERN (Hrsg.) (1999): Gutachterliches Landschaftsprogramm Mecklenburg-Vorpommern

UMWELTMINISTERIUM MECKLENBURG-VORPOMMERN (Hrsg.) (2003): Die Naturschutzgebiete in Mecklenburg-Vorpommern. – Schwerin: Demmler-Verlag, 713 S.

URBANSKA, K.M. (1992): Populationsbiologie der Pflanzen. – Stuttgart, Jena: G. Fischer Verlag, 374 S.

WELK, E. (2002): Arealkundliche Analyse und Bewertung der Schutzrelevanz seltener und gefährdeter Gefäßpflanzen Deutschlands. – Schriftenreihe für Vegetationskunde 37, 1-337

WELLS, T.C.E. & BARLING, D.M. (1958): *Pulsatilla vulgaris* Mill. (*Anemone pulsatilla* L.). - *Journal of Ecology* 59(1): 275-292

WOLLERT, H. (1965): Die Vegetation des NSG „Wallberg bei Alt Gatschow“. – *Naturschutzarbeit in Mecklenburg-Vorpommern* 8(2/3): 86-87

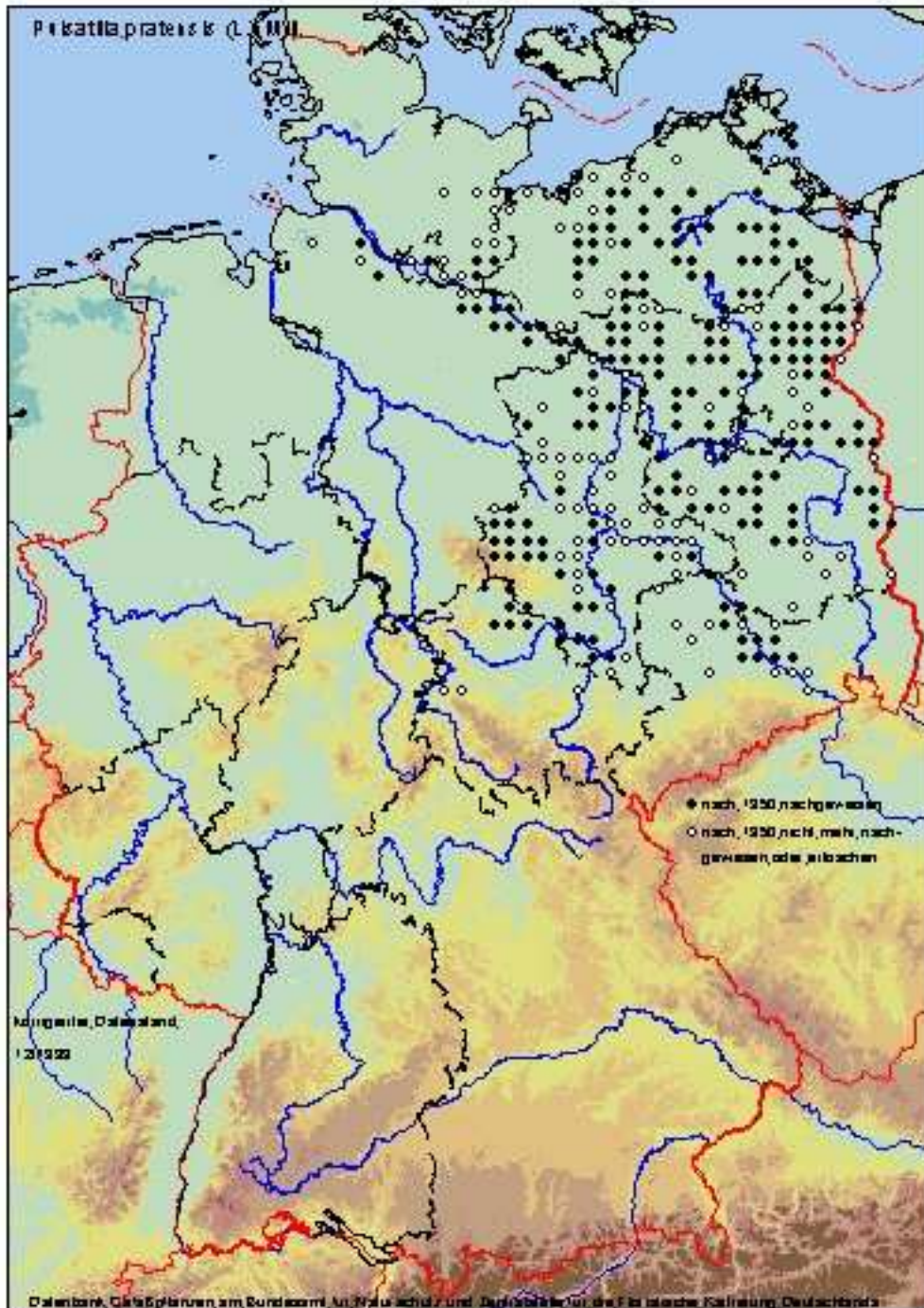
Mündliche Mitteilungen

FRIEDRICH HACKER: Botanisches Artenmonitoring MV am Institut für Botanik und Landschaftsökologie, Universität Greifswald

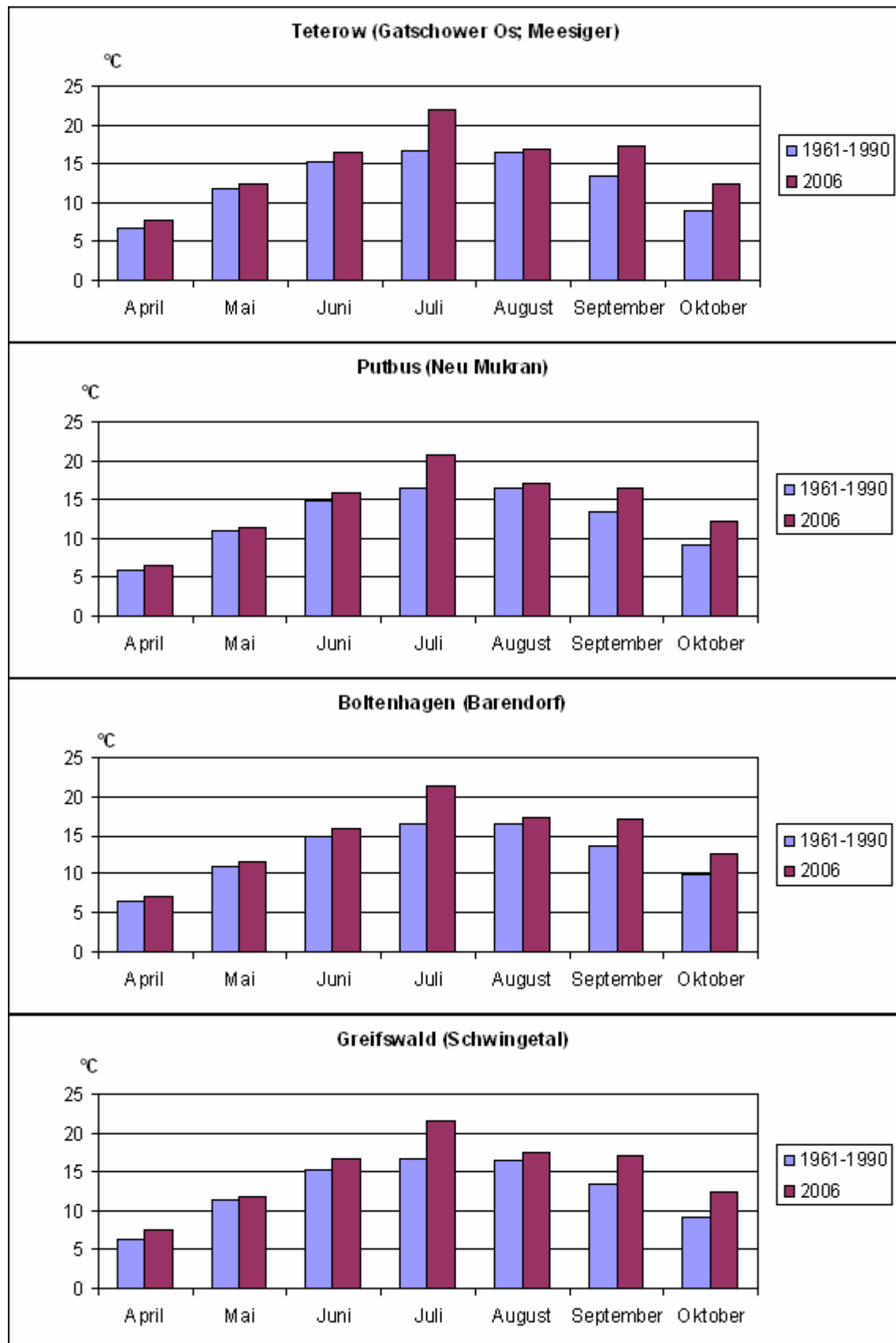
Inhaltsverzeichnis Anhang I

- Anhang I.1: Verbreitung von *Pulsatilla pratensis* (L.) MILL in Deutschland
- Anhang I.2: Vergleich der Monatsmitteltemperaturen in den Untersuchungsgebieten im Untersuchungszeitraum 2006 mit dem langjährigen Mittel von 1961-1990
- Anhang I.3: Monatliche Niederschlagssummen in den Untersuchungsgebieten im Untersuchungszeitraum 2006 im Vergleich zum langjährigen Mittel 1961-1990
- Anhang I.4: Niederschlagsverteilung im Untersuchungszeitraum 2006 in den USG
- Anhang I.5: GPS-Koordinaten der Transekte in den Untersuchungsgebieten
- Anhang I.6: Statistische Kennwerte zu den in den USG ermittelten Standortparametern
- Anhang I.7: Vergleichende Darstellung der Bodenwassergehalte in den Untersuchungsgebieten
- Anhang I.8: Vergleichende Darstellung der Kalkgehalte in den Untersuchungsgebieten
- Anhang I.9: Vergleichende Darstellung der Glühverluste in den Untersuchungsgebieten
- Anhang I.10: Vergleichende Darstellung der C/N-Verhältnisse in den Untersuchungsgebieten
- Anhang I.11: Korngrößenverteilung in den Untersuchungsgebieten
- Anhang I.12: Lokalklimatische Verhältnisse in den Untersuchungsgebieten am 17.08.2006
- Anhang I.13: Bivariate Korrelation der Standortparameter
- Anhang I.14: Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse
- Anhang I.15: Output der Multiplen linearen Regression
- Anhang I.16: Sortierte Vegetationstabelle
- Anhang I.17: Zeigerwerte
- Anhang I.17 a: Mediane Zeigerwerte der einzelnen Vegetationsaufnahmen
- Anhang I.17 b: Mittlere Zeigerwerte der einzelnen Vegetationsaufnahmen
- Anhang I.17 c: Für die Transekte errechnete mittlere Zeigerwerte

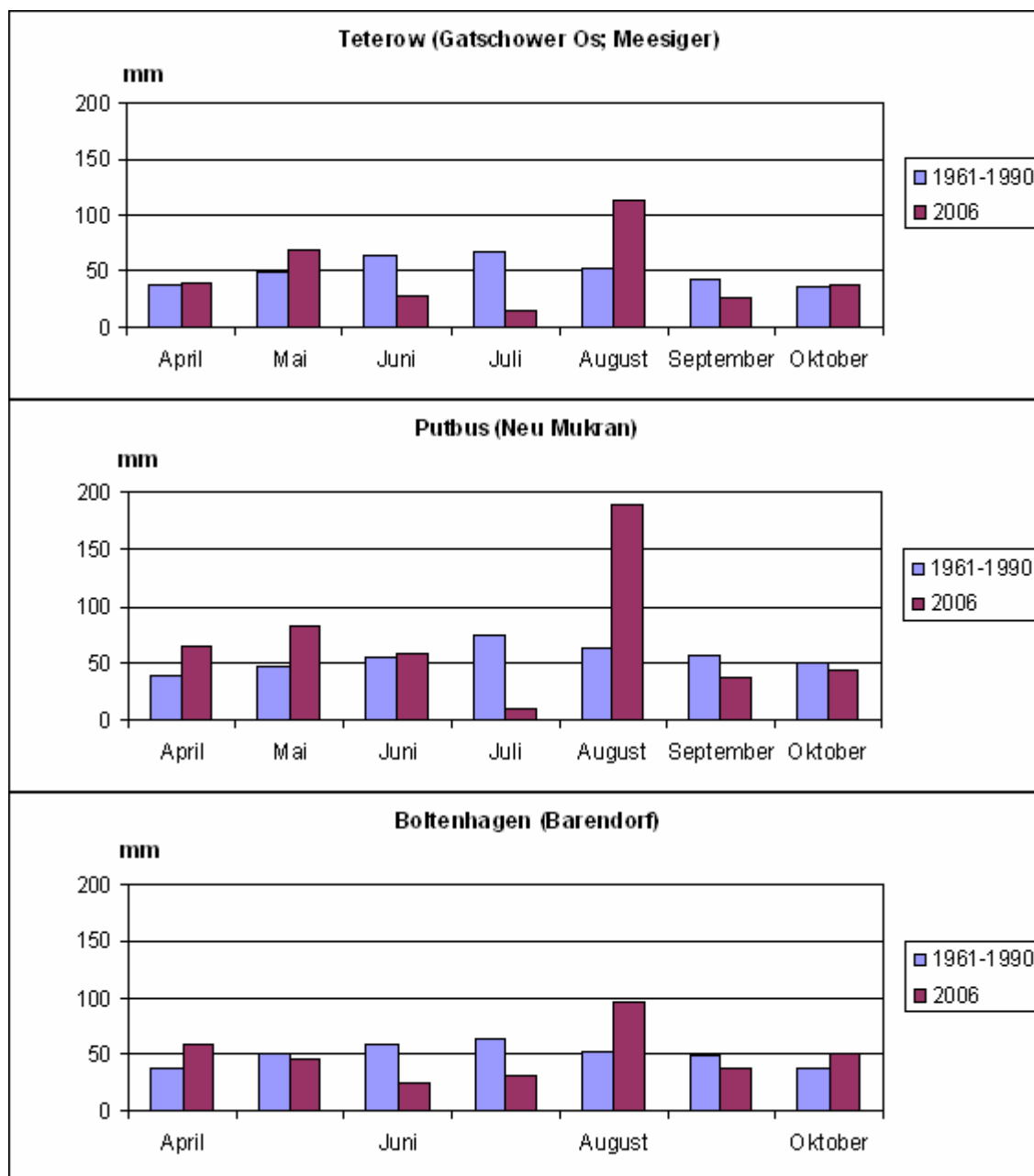
Anhang I.1: Verbreitung von *Pulsatilla pratensis* (L.) MILL in Deutschland (Quelle: FLORAWEB 2007)

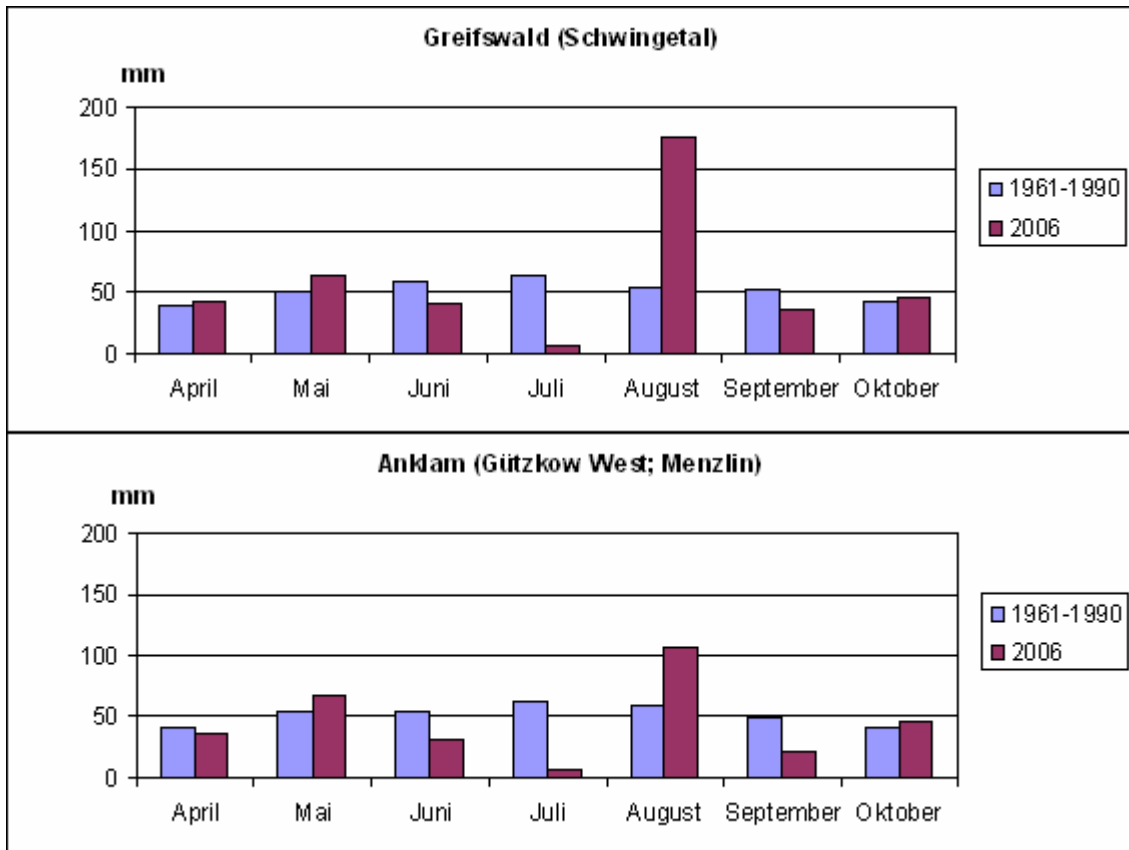


Anhang I.2: Vergleich der Monatsmitteltemperaturen in den Untersuchungsgebieten im Untersuchungszeitraum 2006 mit dem langjährigen Mittel von 1961-1990

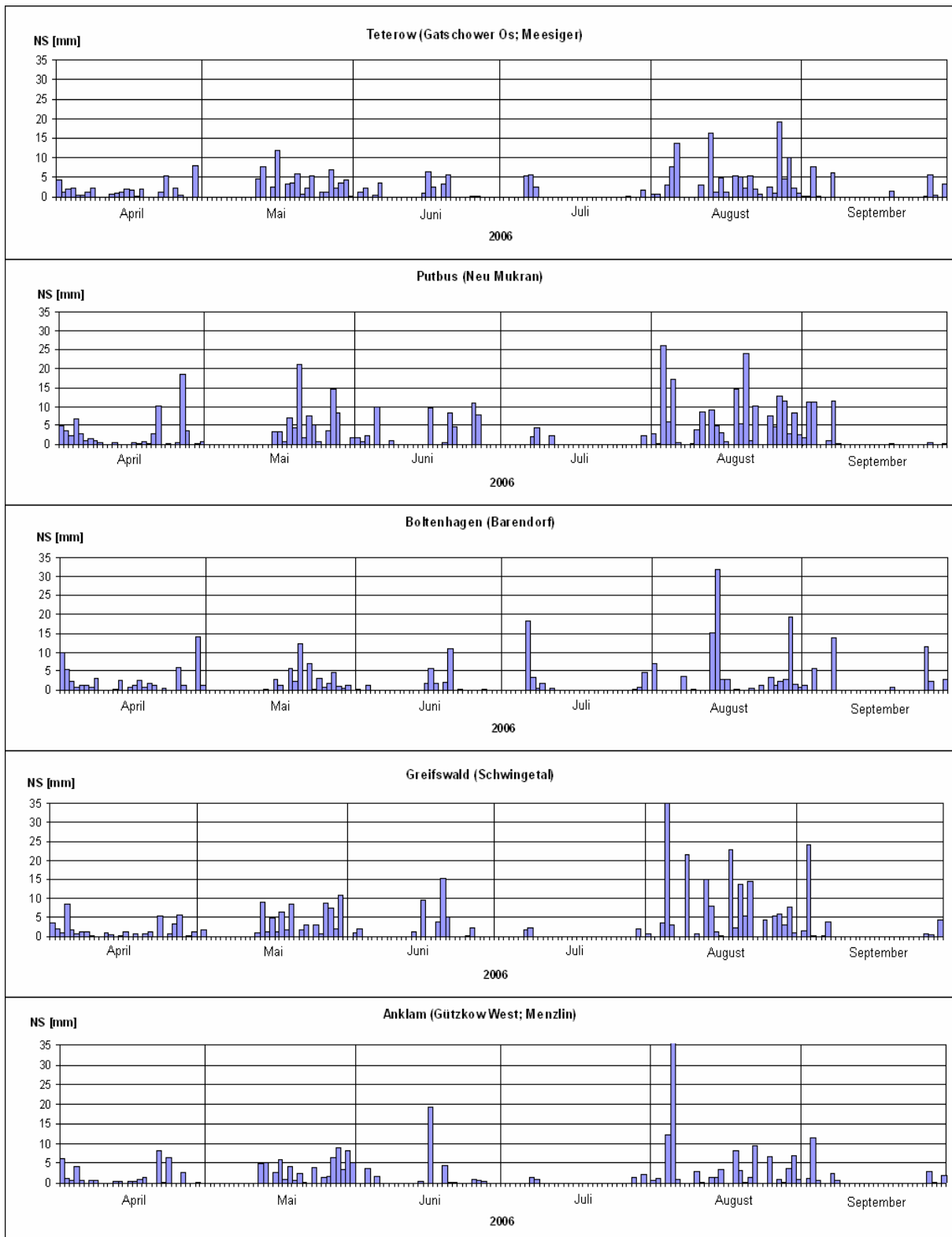


Anhang I.3: Monatliche Niederschlagssummen in den Untersuchungsgebieten im Untersuchungszeitraum 2006 im Vergleich zum langjährigen Mittel 1961-1990





Anhang I.4: Niederschlagsverteilung im Untersuchungszeitraum 2006 in den USG



Anhang I.5: GPS-Koordinaten der Transekte in den Untersuchungsgebieten

	Transekt	Datum	Rechtswert	Hochwert
Gützkow West	T1	27.04.2006	4592.220	5977.302
	T1E	27.04.2006	4592.241	5977.304
	T2	27.04.2006	4592.201	5977.300
	T3	28.04.2006	4592.203	5977.295
	T4	28.04.2006	4592.219	5977.300
	T4E	28.04.2006	4592.238	5977.302
Schwingetal	T5	29.04.2006	4577.639	5986.904
	T5E	29.04.2006	4577.647	5986.891
	T6	29.04.2006	4577.613	5986.886
	T6E	29.04.2006	4577.618	5986.898
	T7	29.04.2006	4577.635	5986.905
	T7E	29.04.2006	4577.641	5986.895
	T8	29.04.2006	4577.770	5986.945
	T8E	29.04.2006	4577.779	5986.935
Gatschower Os	T9	11.05.2006	4570.757	5967.568
	T9E	11.05.2006	4570.765	5967.573
	T10	11.05.2006	4570.830	5967.762
	T11	11.05.2006	4570.839	5967.764
	T11E	11.05.2006	4570.846	5967.767
	T12	11.05.2006	4570.873	5967.826
	T12E	11.05.2006	4570.880	5967.845
	T13	13.05.2006	4570.877	5967.829
	T13E	13.05.2006	4570.881	5967.838
Meesiger	T14E	25.05.2006	4559.535	5964.913
	T14	25.05.2006	4559.530	5964.893
	T15E	25.05.2006	4559.527	5964.915
	T15	25.05.2006	4559.516	5964.904
Neu Mukran	T16	27.05.2006	5407.377	6038.200
	T16E	27.05.2006	5407.376	6038.180
	T17	27.05.2006	5407.366	6038.201
	T17E	27.05.2006	5407.363	6038.182
	T18	27.05.2006	5407.335	6038.201
	T18E	27.05.2006	5407.334	6038.187
Barendorf	B1	22.07.2004	4431.968	5983.446
	B1E	22.07.2004	4431.957	5983.463
	B2	22.07.2004	4431.932	5983.426
	B2E	22.07.2004	4431.912	5983.432
	B3	22.07.2004	4431.944	5983.446
	B3E	22.07.2004	4431.950	5983.425
	B4	22.07.2004	4432.032	5983.535
	B4E	22.07.2004	4432.020	5983.550

Anhang

Anhang I.6: Statistische Kennwerte zu den in den USG ermittelten Standortparametern

Inklination

	N		Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum
	Valid	Missing					
AGue	54	0	38,41	40,00	8,500	25	65
BSchw	54	0	31,67	30,00	8,902	15	60
CGat	54	0	28,98	30,00	8,708	15	50
DMee	36	0	,58	,00	1,339	0	5
EMuk	54	0	3,78	,00	5,386	0	20
FBdf	0	48					
MMen	0	20					
X	0	10					

Überlebensrate Pflanzen

	N		Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum
	Valid	Missing					
AGue	18	36	2,78	,00	8,085	0	25
BSchw	18	36	83,33	75,00	19,174	25	100
CGat	18	36	26,85	12,50	30,324	0	75
DMee	0	36					
EMuk	0	54					
FBdf	0	48					
MMen	0	20					
X	0	10					

Blattzuwachs

	N		Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum
	Valid	Missing					
AGue	2	52	-2,50	-2,50	,707	-3	-2
BSchw	18	36	,89	,88	,898	-1	3
CGat	9	45	-1,30	-1,50	1,950	-4	2
DMee	0	36					
EMuk	0	54					
FBdf	0	48					
MMen	0	20					
X	0	10					

Größenzuwachs

	N		Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum
	Valid	Missing					
AGue	2	52	18,00	18,00	9,899	11	25
BSchw	18	36	57,40	61,96	20,359	26	95
CGat	9	45	85,19	85,50	45,831	14	144
DMee	0	36					
EMuk	0	54					
FBdf	0	48					
MMen	0	20					
X	0	10					

Wassergehalt

	N		Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum
	Valid	Missing					
AGue	54	0	25,793	24,500	,63795	1,61	5,06
BSchw	54	0	38,467	36,650	133,013	1,93	7,79
CGat	54	0	65,041	62,550	162,393	3,28	13,92
DMee	36	0	54,631	45,400	283,793	2,17	12,02
EMuk	54	0	,9641	,4550	106,393	,15	4,71
FBdf	48	0	60,027	53,450	387,398	,44	16,66
MMen	20	0	83,665	82,650	212,174	4,28	12,36
X	10	0	45,440	37,350	214,045	3,15	10,09

Kalkgehalt

	N		Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum
	Valid	Missing					
AGue	54	0	64,996	70,800	503,020	,00	19,09
BSchw	54	0	20,806	,6350	289,153	,00	12,82
CGat	54	0	10,941	,0000	193,313	,00	9,06
DMee	36	0	,3061	,0000	,72921	,00	2,94
EMuk	54	0	18,019	17,450	,76118	,00	3,66
FBdf	48	0	,3375	,0000	,53303	,00	2,64
MMen	20	0	,0000	,0000	,00000	,00	,00
X	10	0	14,360	12,750	,53140	,78	2,51

Anhang I.6: Statistische Kennwerte zu den in den USG ermittelten Standortparametern (Fortsetzung)

Glühverlust

	N		Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum
	Valid	Missing					
AGue	54	0	4,242	4,210	,6909	2,8	6,4
BSchw	54	0	2,034	1,775	,6940	1,0	4,9
CGat	54	0	4,310	4,300	13,036	1,9	7,0
DMee	36	0	3,548	3,230	15,462	1,3	8,6
EMuk	54	0	,885	,620	,6746	,2	3,4
FBdf	48	0	1,767	1,525	,9373	,4	4,3
MMen	20	0	3,576	3,540	12,559	2,2	8,0
X	10	0	,673	,505	,4142	,4	1,7

C/N-Verhältnis

	N		Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum
	Valid	Missing					
AGue	54	0	11,107	10,950	17,270	4,0	17,2
BSchw	53	1	12,923	12,300	39,899	7,3	33,4
CGat	53	1	10,913	11,100	15,591	6,7	17,9
DMee	36	0	11,700	11,600	,9128	10,3	13,6
EMuk	54	0	15,894	15,200	59,875	3,7	39,9
FBdf	48	0	14,081	13,600	16,299	11,9	19,6
MMen	20	0	12,465	12,550	,7013	11,1	14,0
X	10	0	11,140	11,100	26,755	6,0	15,5

Durchschnittliche Vegetationshöhe 1

	N		Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum
	Valid	Missing					
AGue	54	0	16,30	15,00	5,761	5	30
BSchw	54	0	9,17	10,00	5,473	5	30
CGat	54	0	9,17	10,00	2,704	5	15
DMee	36	0	16,53	12,50	9,915	5	45
EMuk	54	0	9,91	10,00	3,568	5	20
FBdf	0	48					
MMen	0	20					
X	0	10					

Deckung Krautschicht 1

	N		Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum
	Valid	Missing					
AGue	54	0	41,20	40,00	20,022	10	85
BSchw	54	0	29,54	25,00	20,724	5	95
CGat	54	0	47,50	50,00	18,216	10	85
DMee	18	18	63,33	62,50	20,436	5	95
EMuk	54	0	20,83	20,00	9,354	5	70
FBdf	0	48					
MMen	0	20					
X	0	10					

Deckung Mooschicht 1

	N		Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum
	Valid	Missing					
AGue	54	0	2,19	,00	7,526	0	40
BSchw	54	0	16,41	5,00	23,560	0	85
CGat	54	0	14,91	3,00	21,568	0	80
DMee	18	18	59,22	72,50	31,711	1	100
EMuk	54	0	51,02	60,00	33,520	0	90
FBdf	0	48					
MMen	0	20					
X	0	10					

Offenbodenanteil 1

	N		Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum
	Valid	Missing					
AGue	54	0	46,02	50,00	26,214	5	90
BSchw	54	0	47,30	50,00	30,779	0	95
CGat	54	0	35,22	30,00	22,046	0	80
DMee	18	18	1,44	,00	3,745	0	15
EMuk	54	0	16,15	10,00	19,216	0	85
FBdf	0	48					
MMen	0	20					
X	0	10					

Anhang

Anhang I.6: Statistische Kennwerte zu den in den USG ermittelten Standortparametern (Fortsetzung)

Deckung Streu 1

	N		Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum
	Valid	Missing					
AGue	54	0	11,63	5,00	10,503	0	40
BSchw	54	0	15,98	12,50	14,628	1	70
CGat	54	0	14,98	10,00	12,060	1	50
DMee	18	18	11,56	10,00	9,624	1	35
EMuk	54	0	30,46	25,00	17,026	10	75
FBdf	0	48					
MMen	0	20					
X	0	10					

Steine

	N		Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum
	Valid	Missing					
AGue	54	0	1,04	,00	4,162	0	25
BSchw	54	0	,56	,00	2,312	0	15
CGat	54	0	1,30	,00	3,190	0	15
DMee	36	0	,00	,00	,000	0	0
EMuk	54	0	,00	,00	,000	0	0
FBdf	0	48					
MMen	0	20					
X	0	10					

Maximale Vegetationshöhe 2

	N		Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum
	Valid	Missing					
AGue	54	0	104,02	105,50	17,294	71	137
BSchw	54	0	66,80	60,50	26,318	24	127
CGat	54	0	64,44	61,00	17,434	34	112
DMee	36	0	60,06	55,00	15,246	40	112
EMuk	54	0	43,39	44,00	10,917	23	74
FBdf	0	48					
MMen	0	20					
X	0	10					

Durchschnittliche Vegetationshöhe 2

	N		Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum
	Valid	Missing					
AGue	54	0	52,13	55,00	13,757	15	85
BSchw	54	0	19,07	20,00	7,955	5	40
CGat	54	0	29,35	30,00	5,051	20	50
DMee	36	0	27,78	25,00	12,389	10	50
EMuk	54	0	13,61	15,00	4,799	5	30
FBdf	16	32	23,13	25,00	13,525	5	50
MMen	0	20					
X	0	10					

Deckung Strauchschicht 2

	N		Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum
	Valid	Missing					
AGue	0	54					
BSchw	0	54					
CGat	0	54					
DMee	0	36					
EMuk	0	54					
FBdf	16	32	7,31	,00	19,788	0	65
MMen	0	20					
X	0	10					

Deckung Krautschicht 2

	N		Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum
	Valid	Missing					
AGue	54	0	49,07	50,00	18,328	15	90
BSchw	54	0	51,48	50,00	21,884	10	100
CGat	54	0	54,54	60,00	15,118	20	80
DMee	18	18	74,72	70,00	18,745	20	100
EMuk	54	0	31,57	30,00	13,833	5	75
FBdf	16	32	27,81	25,00	21,367	5	75
MMen	0	20					
X	0	10					

Anhang I.6: Statistische Kennwerte zu den in den USG ermittelten Standortparametern (Fortsetzung)

Deckung Moosschicht 2

	N		Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum
	Valid	Missing					
AGue	54	0	2,19	,00	7,526	0	40
BSchw	54	0	16,41	5,00	23,560	0	85
CGat	54	0	14,91	3,00	21,568	0	80
DMee	18	18	59,22	72,50	31,711	1	100
EMuk	54	0	51,02	60,00	33,520	0	90
FBdf	16	32	64,38	75,00	28,100	10	95
MMen	0	20					
X	0	10					

Offenbodenanteil 2

	N		Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum
	Valid	Missing					
AGue	54	0	26,07	25,00	19,818	1	75
BSchw	54	0	39,09	40,00	23,842	0	90
CGat	54	0	31,00	30,00	19,137	0	70
DMee	18	18	,61	,00	2,355	0	10
EMuk	54	0	12,83	5,00	16,517	0	70
FBdf	16	32	8,31	,00	18,165	0	65
MMen	0	20					
X	0	10					

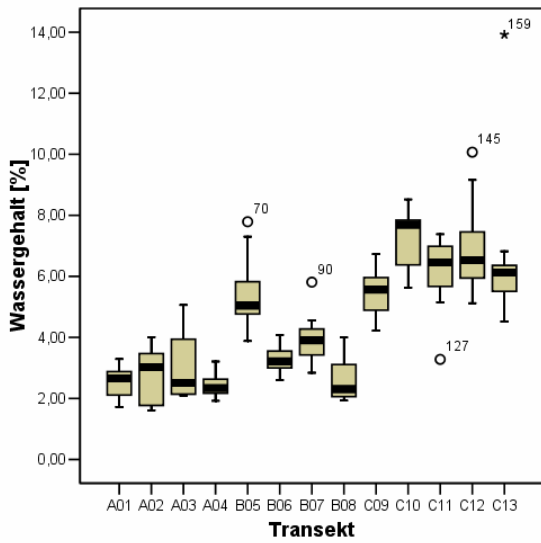
Deckung Streu 2

	N		Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum
	Valid	Missing					
AGue	54	0	25,20	22,50	14,568	1	65
BSchw	54	0	4,72	1,00	5,496	1	20
CGat	54	0	9,41	5,00	12,277	1	50
DMee	18	18	11,72	10,00	8,837	1	40
EMuk	54	0	27,78	25,00	16,954	5	60
FBdf	16	32	17,56	17,50	11,448	1	40
MMen	0	20					
X	0	10					

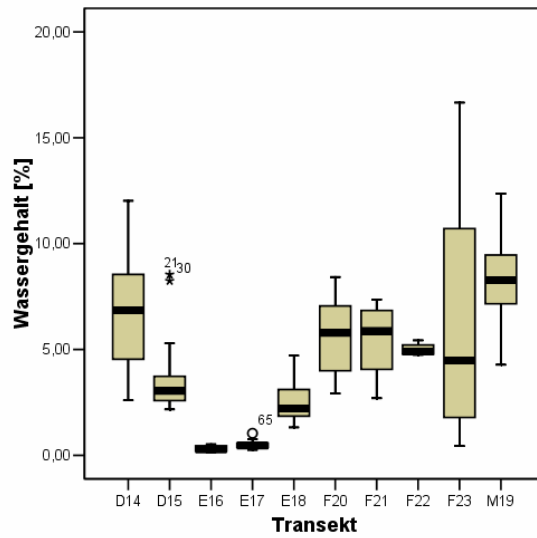
Legende

AGue	Gützkow West
BSchw	Schwingetal
CGat	Gatschower Os
DMee	Meesiger
EMuk	Neu Mukran
FBdf	Barendorf
MMen	Menzlin
	Sonderstandorte
X	Schwingetal

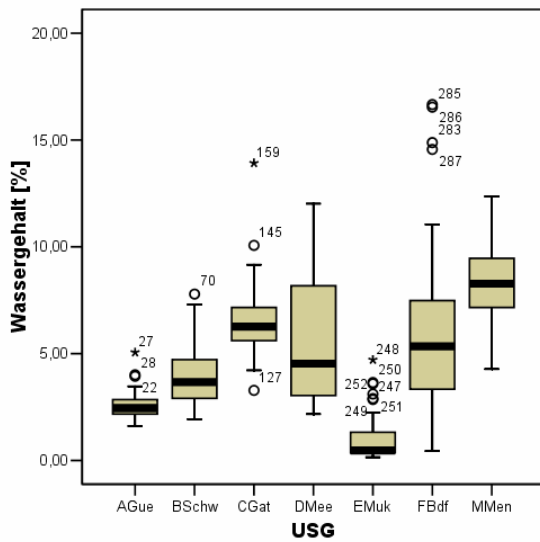
Anhang I.7: Vergleichende Darstellung der Bodenwassergehalte in den Untersuchungsgebieten



Boxplots für die einzelnen Transekte in den Wiederansiedlungsgebieten



Boxplots für die einzelnen Transekte in den Populationsgebieten

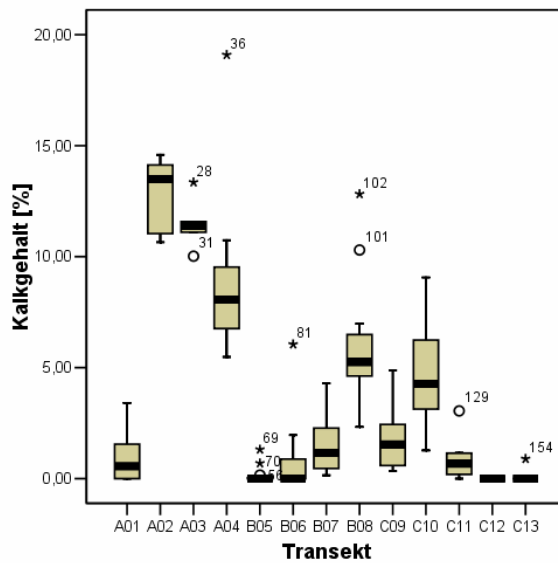


Boxplots für die Untersuchungsgebiete

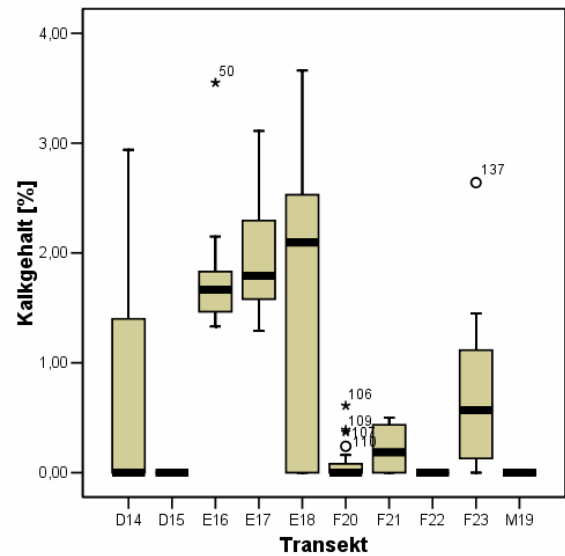
Legende

- A01-A04 Transekte T1 bis T4 in Gützkow West
- B05-B08 Transekte T5 bis T8 im Schwingetal
- C09-C13 Transekte T9 bis T13 am Gatschower Os
- D14-D15 Transekte T14 und T15 in Meesiger
- E16-E18 Transekte T16 bis T18 in Neu Mukran
- F20-F23 Transekte B1 bis B4 in Barendorf
- M19 Transekt in Menzlin
- AGue Gützkow West
- BSchw Schwingetal
- CGat Gatschower Os
- DMee Meesiger
- EMuk Neu Mukran
- FBdf Barendorf
- MMen Menzlin

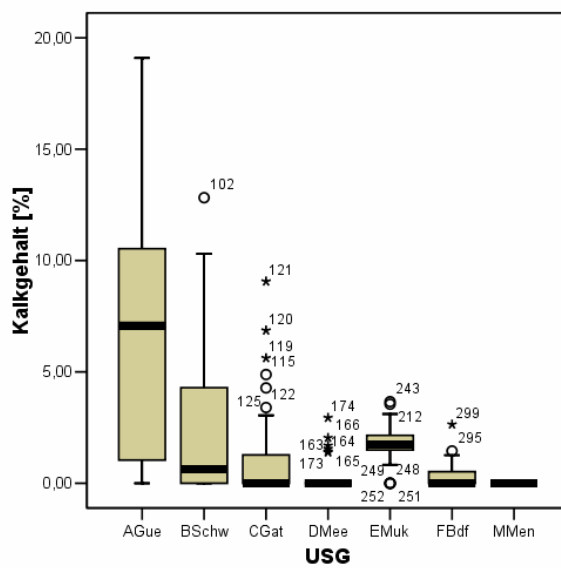
Anhang I.8: Vergleichende Darstellung der Kalkgehalte in den Untersuchungsgebieten



Boxplots für die einzelnen Transekte in den Wiederansiedlungsgebieten



Boxplots für die einzelnen Transekte in den Populationsgebieten

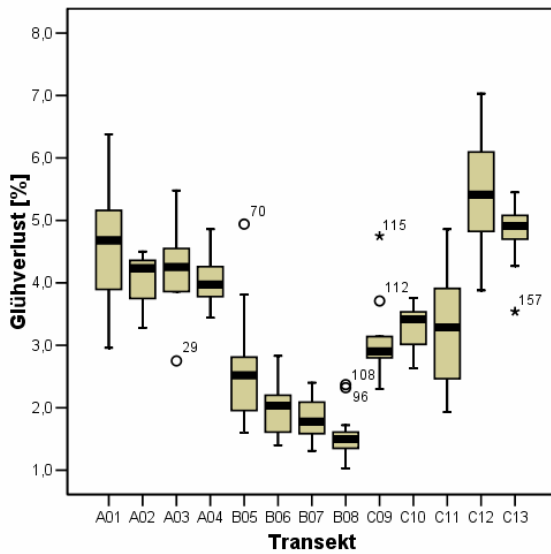


Boxplots für die Untersuchungsgebiete

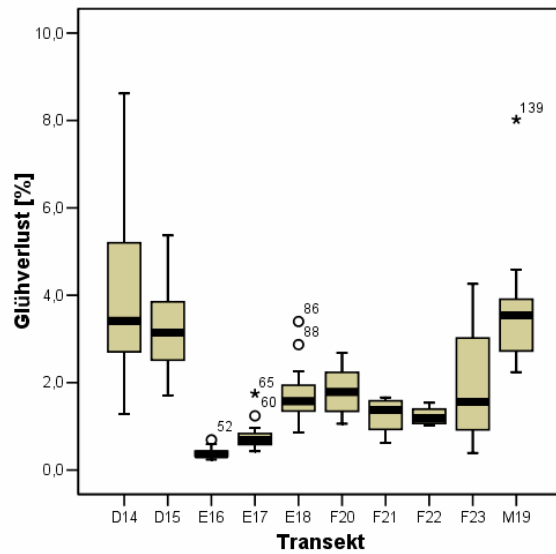
Legende

- A01-A04 Transekte T1 bis T4 in Gützkow West
- B05-B08 Transekte T5 bis T8 im Schwingetal
- C09-C13 Transekte T9 bis T13 am Gatschower Os
- D14-D15 Transekte T14 und T15 in Meesiger
- E16-E18 Transekte T16 bis T18 in Neu Mukran
- F20-F23 Transekte B1 bis B4 in Barendorf
- M19 Transekt in Menzlin
- AGue Gützkow West
- BSchw Schwingetal
- CGat Gatschower Os
- DMee Meesiger
- EMuk Neu Mukran
- FBdf Barendorf
- MMen Menzlin

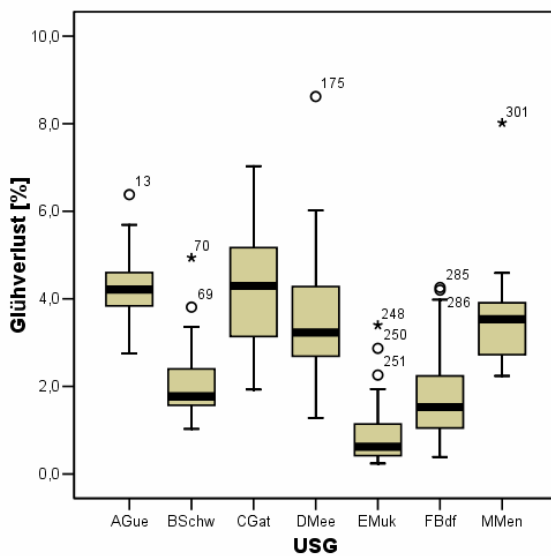
Anhang I.9: Vergleichende Darstellung der Glühverluste in den Untersuchungsgebieten



Boxplots für die einzelnen Transekte in den Wiederansiedlungsgebieten



Boxplots für die einzelnen Transekte in den Populationsgebieten

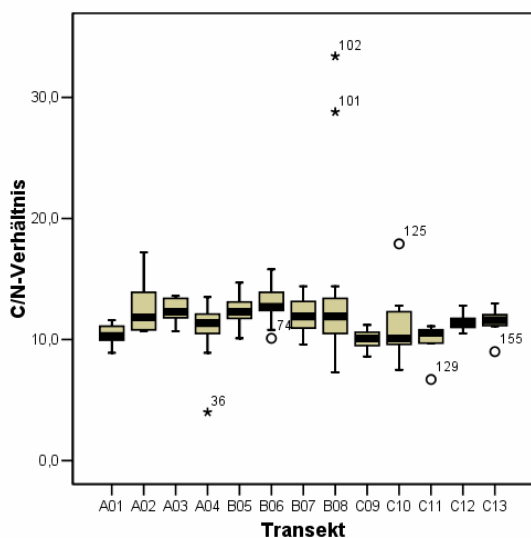


Boxplots für die Untersuchungsgebiete

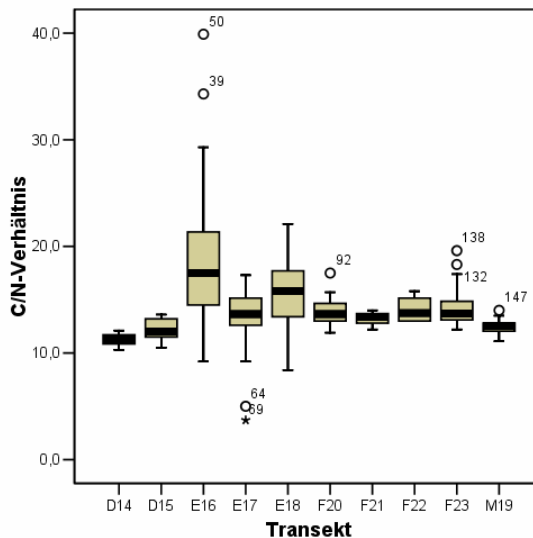
Legende

- A01-A04 Transekte T1 bis T4 in Gützkow West
- B05-B08 Transekte T5 bis T8 im Schwingetal
- C09-C13 Transekte T9 bis T13 am Gatschower Os
- D14-D15 Transekte T14 und T15 in Meesiger
- E16-E18 Transekte T16 bis T18 in Neu Mukran
- F20-F23 Transekte B1 bis B4 in Barendorf
- M19 Transekt in Menzlin
- AGue Gützkow West
- BSchw Schwingetal
- CGat Gatschower Os
- DMee Meesiger
- EMuk Neu Mukran
- FBdf Barendorf
- MMen Menzlin

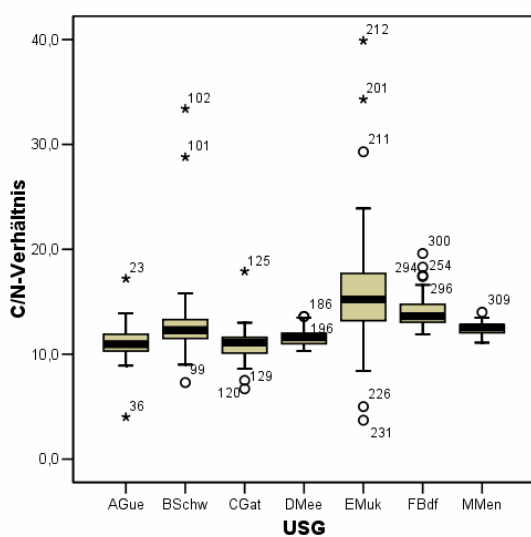
Anhang I.10: Vergleichende Darstellung der C/N-Verhältnisse in den Untersuchungsgebieten



Boxplots für die einzelnen Transekte in den Wiederansiedlungsgebieten



Boxplots für die einzelnen Transekte in den Populationsgebieten



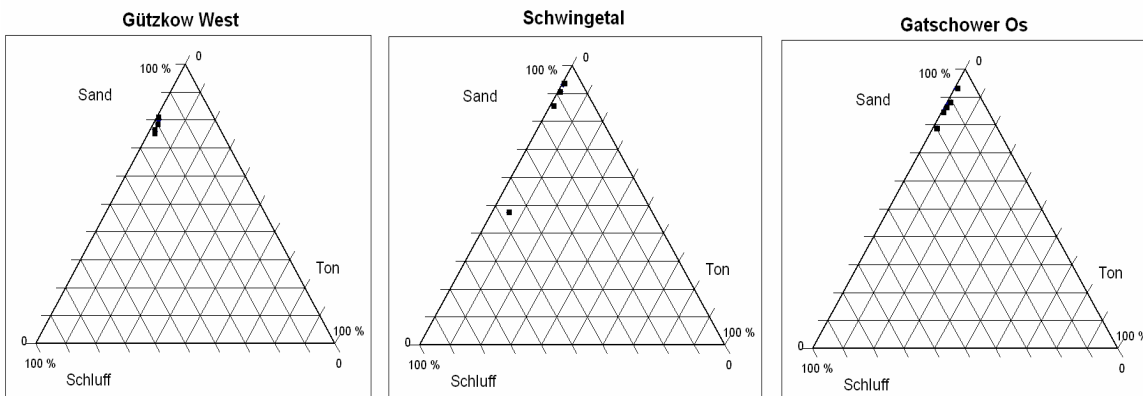
Boxplots für die Untersuchungsgebiete

Legende

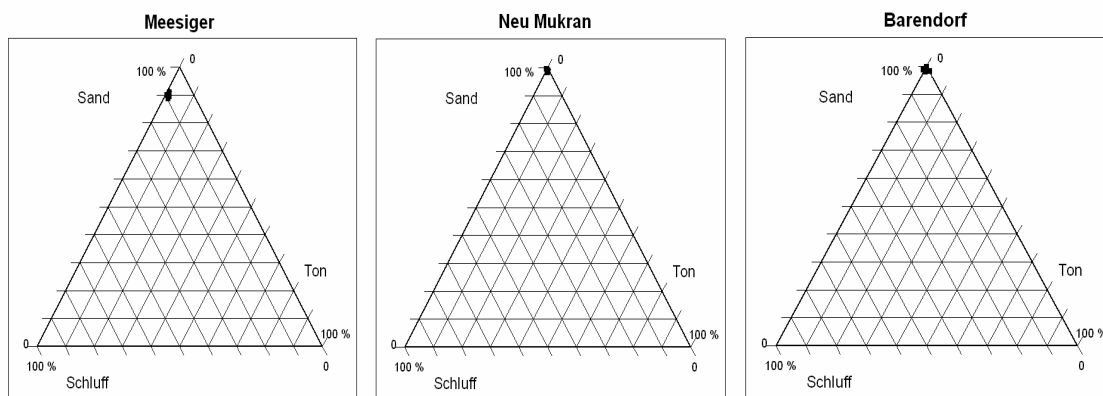
- A01-A04 Transekte T1 bis T4 in Gützkow West
- B05-B08 Transekte T5 bis T8 im Schwingetal
- C09-C13 Transekte T9 bis T13 am Gatschower Os
- D14-D15 Transekte T14 und T15 in Meesiger
- E16-E18 Transekte T16 bis T18 in Neu Mukran
- F20-F23 Transekte B1 bis B4 in Barendorf
- M19 Transekt in Menzlin
- AGue Gützkow West
- BSchw Schwingetal
- CGat Gatschower Os
- DMee Meesiger
- EMuk Neu Mukran
- FBdf Barendorf
- MMen Menzlin

Anhang I.11: Korngrößenverteilung in den Untersuchungsgebieten

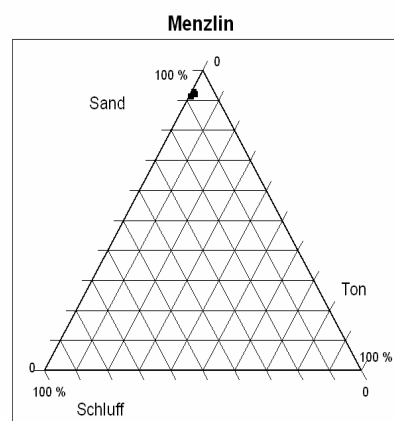
Wiederansiedlungsgebiete



Bestehende Populationen

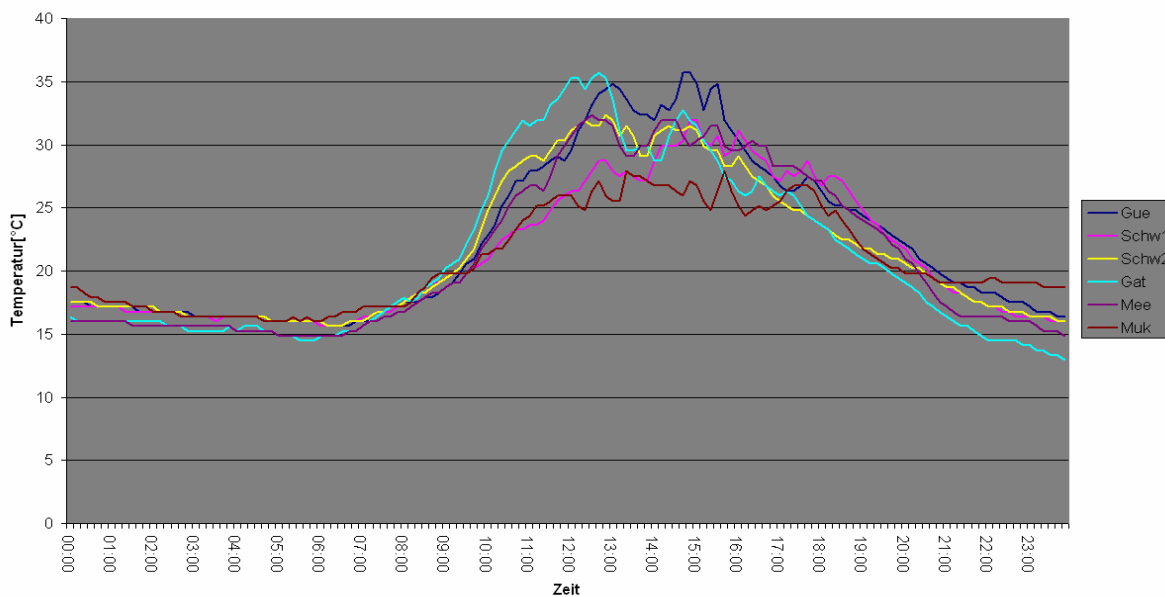


Erloschene Teilpopulation

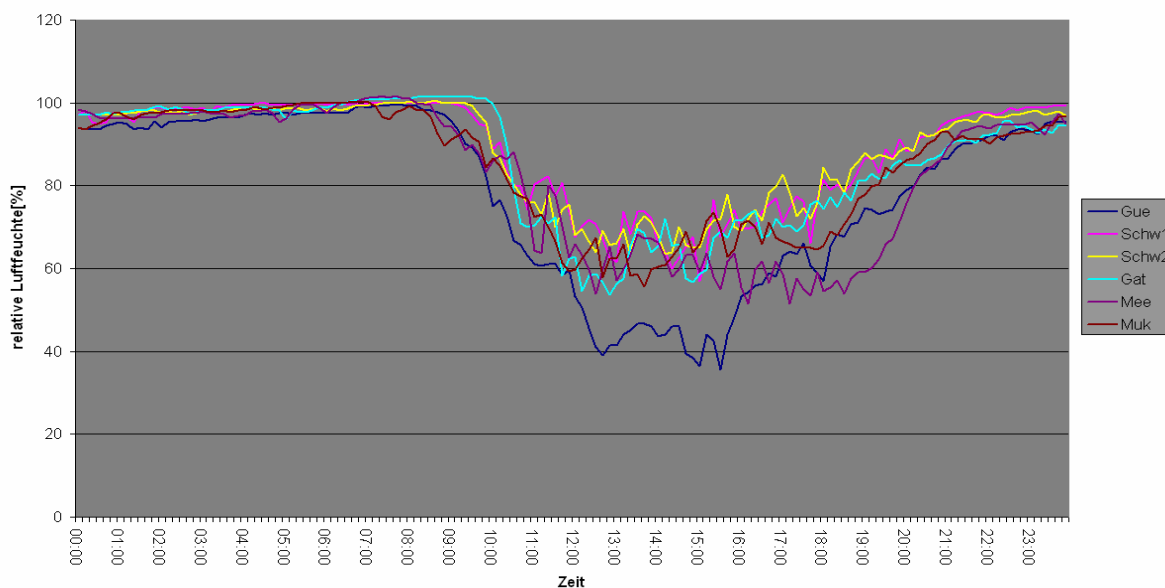


Anhang I.12: Lokalklimatische Verhältnisse in den Untersuchungsgebieten am 17.08.2006 (Gue_Gützkow West; Schw_Schwingetal; Gat_Gatschower Os; Mee_Meesiger; Muk_Neu Mukran)

Lufttemperatur (Lokalklima) am 17.08.2006 in den USG



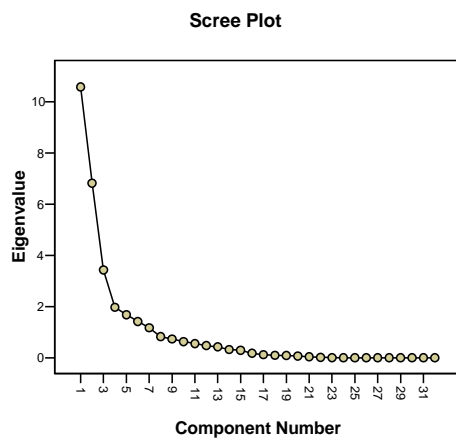
Relative Luftfeuchte (Lokalklima) am 17.08.2006 in den USG



Zugehörige Tageswerte der jeweils nächstgelegenen Klimastation (Quelle: DWD 2007)

USG	Lufttemperatur [°C]					Relative Luftfeuchte [%]		Tageswindmax [Bft]	Windstärke [Bft]	Bedeckung	Sonnenchein [h]	NS [mm]
	Tages max.	Tages min.	Tages mittel	12Uhr	Boden	12Uhr	Tages mittel					
Neu Mukran	24.4	14.6	18.9	23.3	12.4	54	78	5.7	1.0	-	5.8	0
Schwingetal	23.9	15.5	19.3	23.0	12.7	57	76	4.0	1.0	5.3	6.8	0
Gatschower Os; Meesiger	25.7	14.5	19.2	23.5	11.7	53	74	-	2.0	5.0	7.4	0
Gützkow West	25.0	15.0	19.7	23.8	13.0	53	74	-	1.0	5.7	6.7	0

Anhang I.14: Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse



Rotated Component Matrix(a)

	Component						
	1	2	3	4	5	6	7
exp	,405	-,696	,158	,173	-,080	,431	,089
IN	,463	-,141	-,046	,519	-,195	,218	-,269
BLA	-,025	,074	,033	-,060	,913	,018	-,024
GRA	-,092	,128	-,204	-,069	,852	,027	-,068
mittJNs	-,464	-,836	,137	-,089	-,062	-,122	-,085
reLFu60	,969	,117	-,012	,061	-,031	,143	,066
reLFu50	,975	,030	,005	,052	-,040	,144	,059
reLFu45	,975	,025	,006	,051	-,041	,144	,059
reLFu40	,975	,025	,006	,051	-,041	,144	,059
reLFu35	,975	,025	,006	,051	-,041	,144	,059
LTempue25	,309	,535	,091	-,150	-,004	,527	-,043
LTempue30	-,074	,956	-,138	,043	,091	,113	,048
LTempue35	,212	,928	-,155	,083	,082	,091	,077
WaG	-,589	,462	-,303	-,239	,088	-,022	-,051
pH	,448	-,354	,292	,540	,068	,391	-,022
Kalk	,554	-,054	,293	,325	-,087	,390	-,397
GV	,328	,767	-,182	-,384	,043	-,077	,031
CN	-,089	-,226	-,444	-,094	-,105	-,564	-,049
Sklt	-,485	,434	,011	,577	,008	,158	,164
fU	-,012	-,360	,911	,086	-,065	,025	-,036
mU	,037	-,248	,946	,102	-,058	,059	-,026
gU	,231	-,092	,927	,129	-,041	,122	,075
fS	,506	-,480	,259	-,032	,001	,027	,522
mS	,000	,079	-,965	-,089	,034	-,059	,006
gS	-,471	,562	-,499	-,051	,050	-,074	-,330
VHm2	,645	,018	,224	,013	,006	-,421	-,166
VHd2	,904	,176	,042	,092	-,028	-,122	,100
CH2	-,244	-,113	-,509	-,540	,186	,307	,105
CM2	-,393	,160	-,203	-,644	-,036	-,060	-,226
OS2	-,207	-,009	,421	,616	-,235	-,260	-,227
CL2	,765	,144	,223	-,037	,046	-,098	,045
Stones	,096	,107	-,030	,006	-,088	,036	,786

Extraction Method: Principal Component Analysis. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.
a. Rotation converged in 13 iterations.

Anhang I.15: Output der Multiplen linearen Regression

Variables Entered/Removed(a)

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	REGR factor score 1 for analysis 1	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).
2	REGR factor score 2 for analysis 1	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).
3	REGR factor score 6 for analysis 1	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).
4	REGR factor score 4 for analysis 1	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).
5	REGR factor score 7 for analysis 1	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).

a Dependent Variable: UebRP

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,573(a)	,328	,316	33,043
2	,781(b)	,611	,595	25,409
3	,827(c)	,684	,665	23,106
4	,863(d)	,745	,725	20,958
5	,879(e)	,773	,749	20,010

a Predictors: (Constant), REGR factor score 1 for analysis 1

b Predictors: (Constant), REGR factor score 1 for analysis 1 , REGR factor score 2 for analysis 1

c Predictors: (Constant), REGR factor score 1 for analysis 1 , REGR factor score 2 for analysis 1 , REGR factor score 6 for analysis 1

d Predictors: (Constant), REGR factor score 1 for analysis 1 , REGR factor score 2 for analysis 1 , REGR factor score 6 for analysis 1 , REGR factor score 4 for analysis 1

e Predictors: (Constant), REGR factor score 1 for analysis 1 , REGR factor score 2 for analysis 1 , REGR factor score 6 for analysis 1 , REGR factor score 4 for analysis 1 , REGR factor score 7 for analysis 1

ANOVA(f)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	27772,250	1	27772,250	25,436	,000(a)
	Residual	56775,075	52	1091,828		
	Total	84547,325	53			
2	Regression	51620,842	2	25810,421	39,978	,000(b)
	Residual	32926,483	51	645,617		
	Total	84547,325	53			
3	Regression	57852,520	3	19284,173	36,120	,000(c)
	Residual	26694,806	50	533,896		
	Total	84547,325	53			
4	Regression	63024,969	4	15756,242	35,872	,000(d)
	Residual	21522,356	49	439,232		
	Total	84547,325	53			
5	Regression	65328,873	5	13065,775	32,633	2,388891035 819441E-
	Residual	19218,452	48	400,384		
	Total	84547,325	53			

a Predictors: (Constant), REGR factor score 1 for analysis 1

b Predictors: (Constant), REGR factor score 1 for analysis 1 , REGR factor score 2 for analysis 1

c Predictors: (Constant), REGR factor score 1 for analysis 1 , REGR factor score 2 for analysis 1 , REGR factor score 6 for analysis 1

d Predictors: (Constant), REGR factor score 1 for analysis 1 , REGR factor score 2 for analysis 1 , REGR factor score 6 for analysis 1 , REGR factor score 4 for analysis 1

e Predictors: (Constant), REGR factor score 1 for analysis 1 , REGR factor score 2 for analysis 1 , REGR factor score 6 for analysis 1 , REGR factor score 4 for analysis 1 , REGR factor score 7 for analysis 1

f Dependent Variable: UebRP

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	37,654	4,497		8,374	,000
	REGR factor score 1 for analysis 1	-22,891	4,539	-,573	-5,043	,000
2	(Constant)	37,654	3,458		10,890	,000
	REGR factor score 1 for analysis 1	-22,891	3,490	-,573	-6,559	,000
3	REGR factor score 2 for analysis 1	-21,213	3,490	-,531	-6,078	,000
	(Constant)	37,654	3,144		11,975	,000
	REGR factor score 1 for analysis 1	-22,891	3,174	-,573	-7,212	,000
4	REGR factor score 2 for analysis 1	-21,213	3,174	-,531	-6,683	,000
	REGR factor score 6 for analysis 1	-10,843	3,174	-,271	-3,416	,001
	(Constant)	37,654	2,852		13,203	,000
	REGR factor score 1 for analysis 1	-22,891	2,879	-,573	-7,952	,000
5	REGR factor score 2 for analysis 1	-21,213	2,879	-,531	-7,369	,000
	REGR factor score 6 for analysis 1	-10,843	2,879	-,271	-3,767	,000
	REGR factor score 4 for analysis 1	-9,879	2,879	-,247	-3,432	,001
	(Constant)	37,654	2,723		13,828	,000
	REGR factor score 1 for analysis 1	-22,891	2,749	-,573	-8,329	,000
	REGR factor score 2 for analysis 1	-21,213	2,749	-,531	-7,718	,000
5	REGR factor score 6 for analysis 1	-10,843	2,749	-,271	-3,945	,000
	REGR factor score 4 for analysis 1	-9,879	2,749	-,247	-3,594	,001
	REGR factor score 7 for analysis 1	-6,593	2,749	-,165	-2,399	,020
	REGR factor score 1 for analysis 1	-22,891	2,749	-,573	-8,329	,000

a Dependent Variable: UebRP

Anhang

Excluded Variables(f)

Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics	
						Tolerance	
1	REGR factor score 2 for analysis 1	-,531(a)	-6,078	,000	-,648	1,000	
	REGR factor score 3 for analysis 1	-,021(a)	-,184	,854	-,026	1,000	
	REGR factor score 4 for analysis 1	-,247(a)	-2,261	,028	-,302	1,000	
	REGR factor score 5 for analysis 1	,030(a)	,258	,797	,036	1,000	
	REGR factor score 6 for analysis 1	-,271(a)	-2,508	,015	-,331	1,000	
	REGR factor score 7 for analysis 1	-,165(a)	-1,469	,148	-,201	1,000	
	2	REGR factor score 3 for analysis 1	-,021(b)	-,240	,811	-,034	1,000
REGR factor score 4 for analysis 1		-,247(b)	-3,053	,004	-,396	1,000	
REGR factor score 5 for analysis 1		,030(b)	,336	,738	,047	1,000	
REGR factor score 6 for analysis 1		-,271(b)	-3,416	,001	-,435	1,000	
REGR factor score 7 for analysis 1		-,165(b)	-1,940	,058	-,265	1,000	
3		REGR factor score 3 for analysis 1	-,021(c)	-,264	,793	-,038	1,000
		REGR factor score 4 for analysis 1	-,247(c)	-3,432	,001	-,440	1,000
	REGR factor score 5 for analysis 1	,030(c)	,370	,713	,053	1,000	
	REGR factor score 7 for analysis 1	-,165(c)	-2,151	,036	-,294	1,000	
	4	REGR factor score 3 for analysis 1	-,021(d)	-,291	,773	-,042	1,000
		REGR factor score 5 for analysis 1	,030(d)	,408	,685	,059	1,000
		REGR factor score 7 for analysis 1	-,165(d)	-2,399	,020	-,327	1,000
5		REGR factor score 3 for analysis 1	-,021(e)	-,304	,762	-,044	1,000
		REGR factor score 5 for analysis 1	,030(e)	,427	,671	,062	1,000

a Predictors in the Model: (Constant), REGR factor score 1 for analysis 1

b Predictors in the Model: (Constant), REGR factor score 1 for analysis 1 , REGR factor score 2 for analysis 1

c Predictors in the Model: (Constant), REGR factor score 1 for analysis 1 , REGR factor score 2 for analysis 1 , REGR factor score 6 for analysis 1

d Predictors in the Model: (Constant), REGR factor score 1 for analysis 1 , REGR factor score 2 for analysis 1 , REGR factor score 6 for analysis 1 , REGR factor score 4 for analysis 1

e Predictors in the Model: (Constant), REGR factor score 1 for analysis 1 , REGR factor score 2 for analysis 1 , REGR factor score 6 for analysis 1 , REGR factor score 4 for analysis 1 , REGR factor score 7 for analysis 1

f Dependent Variable: UebRP

Anhang I.17: Zeigerwerte

Anhang I.17 a: Mediane Zeigerwerte der einzelnen Vegetationsaufnahmen

Aufnahme	Position der Aufnahme im Transekt	Licht	Temperatur	Kontinentalität	Feuchte	Reaktion	Stickstoff
T1a	2-6m	7	6	4	4	7	5
T1b	11-15m	7	6	4	4	7	5
T2	0-4m	7	6	4	4	8	4
T3	1-5m	7	6	4	4	8	3
T4a	3-7m	8	6	4	4	8	4
T4b	13-17m	7	6	5	4	8	5
T5a	1-5m	7	6	3	4	5	4
T5b	12-16m	7	6	3	4	6	4
T6	3-7m	8	6	3	4	5	5
T7	5-9m	8	6	3	4	6	4
T8a	1-5m	8	6	3	4	7	4
T8b	10-14m	8	6	3	4	7	3
T9a	0-4m	8	6	3	4	6	4
T9b	6-10m	8	6	3	4	6	4
T10	2-6m	8	6	3	4	7	4
T11a	0-4m	8	6	3	4	6	4
T11b	4-8m	8	6	3	4	6	4
T12a	2-6m	8	6	4	3	5	2
T12b	15-19m	8	6	3	3	6	2
T13	1-5m	8	6	3	4	6	2
T14a	1-5m	7	6	6	3	6	4
T14b	10-14m	7	6	5	3	7	3
T14c	15-19m	7	6	4	3	7	4
T15a	0-4m	7	6	5	4	6	2
T15b	6-10m	7	6	5	3	6	2
T15c	11-15m	7	6	5	3	7	2
T16a	4-8m	8	6	5	4	7	2
T16b	14-18m	8	6	5	3	7	2
T17a	2-6m	8	6	5	2	6	2
T17b	13-17m	8	6	5	2	6	2
T18	3-7m	7	6	5	3	6	2

Anhang I.17 b: Mittlere Zeigerwerte der einzelnen Vegetationsaufnahmen

Aufnahme	Position der Aufnahme im Transekt	Licht	Temperatur	Kontinentalität	Feuchte	Reaktion	Stickstoff
T1a	2-6m	7.4	5.9	4.2	4.2	7.2	4.9
T1b	11-15m	7.2	5.9	4.2	4.4	7.0	5.0
T2	0-4m	7.3	5.6	3.8	4.0	7.5	3.9
T3	1-5m	7.5	5.6	4.0	3.8	7.7	3.8
T4a	3-7m	7.6	5.8	3.9	3.9	7.4	4.2
T4b	13-17m	7.3	6.0	4.4	4.4	7.4	5.1
T5a	1-5m	7.2	5.6	3.4	4.2	4.4	3.7
T5b	12-16m	7.2	5.7	3.2	4.3	5.1	4.3
T6	3-7m	7.5	5.7	3.5	3.9	4.9	4.0
T7	5-9m	7.4	5.6	3.5	4.0	5.2	4.3
T8a	1-5m	7.6	5.8	3.9	3.7	5.8	4.2
T8b	10-14m	7.5	5.9	3.8	3.8	6.0	3.9
T9a	0-4m	7.7	5.6	4.0	3.9	5.6	4.0
T9b	6-10m	7.7	5.6	4.1	3.9	5.9	4.2
T10	2-6m	7.5	5.9	3.8	4.2	6.6	4.4
T11a	0-4m	7.7	5.7	3.9	3.7	5.8	3.9
T11b	4-8m	7.7	5.8	3.8	3.5	6.2	3.5
T12a	2-6m	7.6	5.6	4.2	3.4	5.2	2.3
T12b	15-19m	7.5	5.6	3.9	3.6	5.3	2.9
T13	1-5m	7.5	5.4	3.9	3.7	5.2	2.7
T14a	1-5m	7.4	5.9	4.8	3.6	6.9	3.4
T14b	10-14m	7.6	5.9	4.7	3.4	6.4	3.4
T14c	15-19m	7.4	5.7	4.3	3.6	5.8	5.7
T15a	0-4m	7.2	5.8	4.6	3.7	5.9	2.9
T15b	6-10m	7.3	5.9	4.8	3.4	6.0	2.4
T15c	11-15m	7.3	5.8	4.9	3.7	6.2	3.2
T16a	4-8m	7.7	5.3	5.0	3.8	6.1	2.8
T16b	14-18m	7.9	5.9	4.2	3.0	5.5	2.8
T17a	2-6m	7.8	5.9	5.0	2.4	5.7	2.0
T17b	13-17m	7.9	5.1	5.1	3.1	6.0	2.0
T18	3-7m	7.2	5.7	4.9	3.5	5.3	2.6

Anhang I.17 c: Für die Transekte errechnete mittlere Zeigerwerte

Mediane Zeigerwerte

	L	T	K	F	R	N
T1	7	6	4	4	7	5
T2	7	6	4	4	8	4
T3	7	6	4	4	8	3
T4	7.5	6	4.5	4	8	4.5
T5	7	6	3	4	5.5	4
T6	8	6	3	4	5	5
T7	8	6	3	4	6	4
T8	8	6	3	4	7	3.5
T9	8	6	3	4	6	4
T10	8	6	3	4	7	4
T11	8	6	3	4	6	4
T12	8	6	3.5	3	5.5	2
T13	8	6	3	4	6	2
T14	7	6	5	3	7	4
T15	7	6	5	3	6	2
T16	8	6	5	3.5	7	2
T17	8	6	5	2	6	2
T18	7	6	5	3	6	2

Mittlere Zeigerwerte

	L	T	K	F	R	N
T1	7.3	5.9	4.2	4.3	7.1	5
T2	7.3	5.6	3.8	4	7.5	3.9
T3	7.5	5.6	4	3.8	7.7	3.8
T4	7.5	5.9	4.2	4.2	7.4	4.7
T5	7.2	5.7	3.3	4.3	4.8	4
T6	7.5	5.7	3.5	3.9	4.9	4
T7	7.4	5.6	3.5	4	5.2	4.3
T8	7.6	5.9	3.9	3.8	5.9	4.1
T9	7.7	5.6	4.1	3.9	5.8	4.1
T10	7.5	5.9	3.8	4.2	6.6	4.4
T11	7.7	5.8	3.9	3.6	6	3.7
T12	7.6	5.6	4.1	3.5	5.3	2.6
T13	7.5	5.4	3.9	3.7	5.2	2.7
T14	7.5	5.8	4.6	3.5	6.4	4.2
T15	7.3	5.8	4.8	3.6	6	2.8
T16	7.8	5.6	4.6	3.4	5.8	2.8
T17	7.9	5.5	5	2.8	5.9	2
T18	7.2	5.7	4.9	3.5	5.3	2.6

Inhaltsverzeichnis Anhang II (auf Daten-CD)

Daten Barendorf (2004; 2005; 2006)

Klimadaten DWD

Lokalklimamessung

Vegetationsaufnahmen

Datensatz Plots USG 2006

GPS Koordinaten Transekte

Jungpflanzenarten Arboretum

Korngrößenanalyse

Rohdaten Plots

Vegetationsaufnahmen Rohtabelle

Zeigerwerte der Vegetationsaufnahmen

Zuwachsberechnung der überlebenden Jungpflanzen

KorrelStandortsdaten (Anhang I.13)

SortierteVegetationstabelle (Anhang I.16)

Statistische Kenndaten(Anhang I.6)

Danksagung

Mein herzlicher Dank an dieser Stelle gilt all denen, die in irgendeiner Form zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben und sei es nur durch gedankliche Anteilnahme.

Ein ganz besonderer Dank gilt Friedrich Hacker für die tolle Betreuung der Arbeit; für Mitnahme ins und tatkräftige Unterstützung im Gelände, für die jederzeit offenen Ohren bei Fragen und Problemen, für die vielen Denkanstöße und die konstruktive Kritik.

Danke an Prof. Dr. Michael Manthey für statistische Einweisung, Diskussionsbereitschaft und Textkritik.

Danke an Annette Böttcher, Regina Neudert und Georg Kewitsch für Hilfe beim Säen und Pflanzen, an Beate Erlach, Stefan Sommer und Robert Kapelle für so manchen Chauffeurdienst und die Gesellschaft im Gelände. Ohne euch wäre der Umfang an Feldarbeit kaum zu bewältigen gewesen.

Ulrich Möbius sei ganz herzlich für die gute Betreuung im Labor gedankt.

Danke meinen Eltern, Telse, Maria, Chris und so vielen guten Freunden für Rückhalt, Beistand und Kraft in den letzten Monaten.

Danke! Euch allen.