

# Entwicklung von Anpassungsstrategien seitens des Naturschutzes zum Erhalt hochgradig durch den Klimawandel gefährdeter Lebensgemeinschaften

Az.: 25874 – 33/0

## Abschlussbericht



Borgentreich, im Mai 2012



# **Entwicklung von Anpassungsstrategien seitens des Naturschutzes zum Erhalt hochgradig durch den Klimawandel gefährdeter Lebensgemeinschaften**

**Az.: 25874 – 33/0**

## **Abschlussbericht**

**Dr. Burkhard Beinlich  
Landschaftsstation im Kreis Höxter e.V. (LS)  
Zur Specke 4  
34434 Borgentreich**

**Kooperationspartner:**

**Naturschutzzentrum Märkischer Kreis (MK)  
Grebbecker Weg 3  
58509 Lüdenscheid**

**Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)  
PF 60 12 03  
14412 Potsdam**

**Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ  
Permoserstr. 15  
04318 Leipzig**

**Hochschule Ostwestfalen-Lippe (vormals FH Lippe und Höxter) (HS)  
FB 9 – Landschaftsarchitektur und Umweltplanung  
An der Wilhelmshöhe 44  
37671 Höxter**

**Projektbeginn: 3.3.2008**

**Laufzeit: 2008 – 2013**

**Bearbeiter des Abschlussberichtes: Burkhard Beinlich, Mathias Lohr, Stefan  
Brunzel, Frank Grawe, Dominic Plagge,  
Oliver Schweiger, Ingolf Kühn**

**Borgentreich, im Mai 2012**

**Titelblatt:**

Kalk-Halbtrockenrasen mit Wacholder (*Juniperus communis*) im NSG „Räuschenberg bei Brenkhausen (oben links); Kopula des Silbergrünen Bläulings (*Polyommatus coridon*, oben rechts); Kleiner Perlmutterfalter (*Issoria lathonia*, Mitte rechts); Kreuz-Enzian (*Gentiana cruciata*, unten links); Kreuzenzian-Ameisenbläuling (*Phengaris rebeli*, unten rechts) (Fotos: Mathias Lohr).

06/02		<b>Projektkennblatt</b> der <b>Deutschen Bundesstiftung Umwelt</b>			
Az	<b>25874</b>	Referat	<b>33</b>	Fördersumme	<b>125.000,- €</b>
<b>Antragstitel</b>		<b>Entwicklung von Anpassungsstrategien seitens des Naturschutzes zum Erhalt hochgradig durch den Klimawandel gefährdeter Lebensgemeinschaften</b>			
<b>Stichworte</b>		Klimawandel, Kalkmagerrasen, boreale Lebensgemeinschaften, Tagfalter, Anpassungsstrategien, Naturschutz			
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
<b>6 Jahre</b>	<b>03.03.2008</b>	<b>31.12.2013</b>	<b>3</b>		
Zwischenberichte	12.2009	12.2010	12.2011		
Abschlußbericht	5.2012				
<b>Bewilligungsempfänger</b>		Landschaftsstation im Kreis Höxter Zur Specke 4 34434 Borgentreich (LS)		Tel	05643-948800
				Fax	05643-948801
				<b>Projektleitung</b> Dr. Burkhard Beinlich	
				<b>Bearbeiter</b> B. Beinlich, St. Brunzel, M. Lohr, H. Obergruber, D. Plagge, O. Schweiger, I. Kühn, K. Vohland, F. Grawe, B. Hill, I. Fiebig, U. Riedl	
<b>Kooperationspartner</b>		Naturschutzzentrum Märkischer Kreis e.V. (MK), Grebbecker Weg 3, 58509 Lüdenscheid PIK – Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V., PF 601203, 14412 Potsdam UFZ – Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH, Permoserstr. 15, 04318 Leipzig Hochschule OWL (FH), FB 9, An der Wilhelmshöhe 44, 37671 Höxter			

### ***Zielsetzung und Anlass des Vorhabens***

Der Klimawandel ist in weiten Teilen der Fachwelt sowie der Öffentlichkeit als akute Bedrohung für die Lebensgrundlagen des Menschen akzeptiert. Die zu erwartenden Veränderungen betreffen auch in besonderem Maße die belebte Umwelt. Neben spektakulären Neueinwanderungen bzw. Arealerweiterungen mehren sich die Anzeichen, dass Arten ganz verschwinden werden (für Deutschland werden die Verluste auf 5-30 % aller Arten beziffert). Konsens in der Fachwelt ist, dass der Wissensstand über die Auswirkungen des Klimawandels auf gefährdete Arten bzw. Populationen verbessert und Anpassungsstrategien zu deren Schutz entwickelt werden müssen. Eine entscheidende Rolle kommt hierbei langfristigen Monitoring-Daten zu, um klimatische Effekte von anderen Einflussfaktoren trennen zu können. Entsprechende Studien fehlen in Deutschland bislang weitgehend. Eine hohe Gefährdungsdiskposition gegenüber klimatischen Veränderungen kommt besonders boreo-montanen und kontinentalen Arten zu, die schon jetzt vielfach eine reliktiäre oder stark verinselte Verbreitung aufgrund der Seltenheit ihrer Lebensstätten aufweisen. Zusammen mit einem meist geringen Ausbreitungsvermögen ist bei vielen Wirbellosen auszuschließen, dass sie „allein“ in der Lage sein werden, sich an die geänderten Bedingungen anzupassen.

### ***Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden***

Das Projekt verfolgt drei Ziele, um die Auswirkungen des Klimawandels auf konkrete Populationen hoch bedrohter Tagfalterarten darzustellen und mögliche Lösungsvorschläge für ihren Erhalt aufzuzeigen.

Für zwei größere Naturräume, Sauerland und Weserbergland, werden langjährige Tagfalter-Monitoring-Daten mit der tatsächlichen Klimaentwicklung durch statistische Analysen in Beziehung gesetzt (MK, LS, FH). Dies ermöglicht, das Ausmaß des Faunenwandels auf regionalem Niveau zu quantifizieren. Die Ergebnisse dienen zudem zur Validierung der Arten-Modelle (2.). Parallel werden die Zielarten des Projekts im Sinne des Modellierungs- und Management-Ansatzes (3.) herausgearbeitet.

Anhand regionalisierter Klimamodelle (PIK) wird in unterschiedlichen Szenarien die Auswirkung auf die lokalen Populationen der Zielarten modelliert; unter Berücksichtigung der Management-Maßnahmen werden Aussterbewahrscheinlichkeiten der einzelnen Vorkommen berechnet (UFZ). Hiermit steht ein Werkzeug zur Verfügung, welches die Gefährdung einzelner Vorkommen genau ermitteln kann und welches zur wichtigen Prioritätensetzung von Schutzmaßnahmen geeignet ist.

Im Umsetzungsschritt werden die Erkenntnisse der beiden anderen Teilprojekte zusammengeführt: Konkrete Managementmaßnahmen werden entwickelt (MK, PIK, UFZ, HS OWL, LS) und möglichst frühzeitig umgesetzt (MK, LS), die ein Überleben der Zielarten auch unter sich ändernden klimatischen Gegebenheiten sicherstellen sollen. Eine Validierung der Auswirkungen erfolgt im Rahmen des Monitorings (MK, LS).

## Inhaltsverzeichnis

Projektkennblatt .....	2
1 Anlass und Zielsetzung des Projektes .....	13
1.1 Klimawandel und Auswirkungen auf die biologische Vielfalt .....	13
1.2 Monitoring klimainduzierter Veränderungen für die Tagfalterfauna .....	13
1.3 Analyse von Tagfalterdaten hinsichtlich der Auswirkungen klimatischer Veränderungen .....	14
1.4 Entwicklung von Anpassungsstrategien .....	15
2 Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden.....	17
2.1 Analyse des regionalen Faunenwandels und der Klimaentwicklungen .....	17
2.1.1 Langzeitmonitoring mit Transekterfassungen.....	17
2.1.2 Analyse klimainduzierter Veränderungen der Tagfalterabundanzen auf den Transekten .....	21
2.1.3 Analyse der Veränderungen von Rasterfrequenzen .....	21
2.1.4 Ermittlung und Erfassung von Zielarten .....	24
2.1.5 Erfassung und Analyse von Witterungs- und Klimadaten .....	25
2.2 Modellierung der Auswirkungen prognostizierter Klimaveränderungen auf die Populationen der Zielarten .....	29
2.2.1 Datengrundlagen zur Temperatur .....	29
2.2.2 Statistische Analysen.....	30
2.3 Entwicklung und Umsetzung von Managementmaßnahmen für die ausgewählten Zielarten als Beispiele für besonders vom Klimawandel betroffene Tagfalterarten .....	31
2.3.1 Umsetzung von Maßnahmen für <i>B. aquilonaris</i> und <i>B. ino</i> in der Region Märkisches Sauerland.....	31
3 Ergebnisse .....	37
3.1 Regionaler Faunenwandel.....	37
3.1.1 Nutzungsgeschichte der Gebiete mit langjährigen Tagfaltererfassungen.....	37
3.1.2 Langzeitmonitoring mit Transekterfassungen.....	40
3.1.3 Klimainduzierte Veränderungen der Tagfalterabundanzen auf den Transekten.....	46
3.1.4 Veränderungen von Rasterfrequenzen .....	49
3.1.5 Ermittlung und Erfassung von Zielarten .....	68
3.2 Analyse von Witterungs- und Klimadaten.....	79
3.2.1 Modellierung der bisherigen Klimaentwicklungen in den Projektgebieten .....	79
3.2.2 Prognosen zur Klimaentwicklung in den Projektgebieten für den Zeitraum bis 2055 (PIK).....	86
3.2.3 Ergebnisse von kleinklimatischen Messungen in ausgewählten Projektgebieten.....	87
3.3 Modellierung der Auswirkungen prognostizierter Klimaveränderungen auf die Populationen der Zielarten .....	98
4 Diskussion.....	114
4.1 Faunenwandel bei Tagfaltern und Widderchen.....	114
4.2 Klimainduzierte Veränderungen der Tagfalterfauna.....	115
4.3 Anpassungsstrategien im Naturschutz – können die beobachteten und noch zu erwartenden Klimaänderungen durch geeignete Maßnahmen für Tagfalter und Widderchen kompensiert werden? .....	117
5 Öffentlichkeitsarbeit .....	120
6 Fazit .....	129
7 Literatur .....	130

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Lage der Untersuchungsflächen für das Tagfaltermonitoring im Kreis Höxter.....	20
Abb. 2:	Abweichung der Jahreszeiten- und Jahresmitteltemperaturen, der Jahreszeiten- und Jahresniederschlagssummen sowie der Jahreszeiten- und Jahressonnenscheindauer an der Klimastation Bad Lippspringe vom langjährigen Mittel (1961–1990) für den Zeitraum 1989 und 2010. ....	27
Abb. 3:	Entwicklung der Temperatur, Niederschläge und Sonnenscheindauer in der Region Märkisches Sauerland (Wetterstation Lüdenscheid) in 20-jährigen Zeitraum von 1987 bis 2007. Während bei Niederschlägen und Sonnenscheindauer keine auffälligen Trendveränderungen zu beobachten sind, zeigen die die Temperaturen einen deutlichen Anstieg (gestrichelte Linie)...	28
Abb. 4:	„Plaggen“ der verbrachten Feuchtheide- und Heidemoorbereiche .....	32
Abb. 5:	Insgesamt wurden ca. 1100 m <sup>2</sup> verbrachte Heidefläche geplaggt .....	33
Abb. 6:	Mahd der Mädesüß-Flur in der Fläche im Listertal .....	34
Abb. 7:	Partiell entbuschte Bereiche im NSG „Räuschenberg“, stellenweise wurden schattenspendende Weißdorngebüsche belassen (links) (Foto: B. Beinlich).....	35
Abb. 8:	Im Winterhalbjahr 2009-2010 aufgelichtete Kieferbestände im NSG Stockberg bei Ottbergen (Foto: B. Beinlich).....	36
Abb. 9:	Gehölzentwicklung im NSG „Räuschenberg“ (nach KNÄLMANN 1996). ....	37
Abb. 10:	Anzahl der Dauerquadrate mit Zu- oder Abnahme der mittleren Zeigerwerte für Stickstoff (N=32, grün: Zunahme, gelb: keine Veränderung, rot: Abnahme). ....	39
Abb. 11:	Schwankungen der Abundanz (Individuen je 200 m Transektlänge) auf den acht im NSG „Kalktriften bei Willebadessen“ zwischen 2001 und 2010 untersuchten Transekten. ....	41
Abb. 12:	Schwankungen der Abundanz (Individuen je 200 m Transektlänge) auf den 23 Transekten in der Untersuchungsregion Märkisches Sauerland zwischen 2000 und 2010.....	42
Abb. 13:	Entwicklung der Bestände von <i>Erynnis tages</i> in den NSG „Iberg“ und „Räuschenberg“. Die Bestandsdichten sind in den Größenklassen 1 (1-3 Tiere) bis 5 (mehr als 50 Tiere) angegeben. ....	43
Abb. 14:	Maximale Abundanzen und Stetigkeit für <i>Aricia agestis</i> auf 14 Transektabschnitten der Kalkmagerrasen im Kreis Höxter zwischen 1989 und 2011. ....	44
Abb. 15:	Entwicklung der Bestände von <i>Polyommatus coridon</i> auf einigen Transektabschnitten im NSG „Kalktriften“ bei Willebadessen zwischen 2001 und 2011 (nach BIERMANN, unveröff.). ....	44
Abb. 16 :	Maximale Abundanzen und Stetigkeit für <i>Melitaea aurelia</i> auf 14 Transektabschnitten der Kalkmagerrasen im Kreis Höxter zwischen 1989 und 2011. ....	45
Abb. 17:	Gesamtzahl der in der Datenbank erfassten Datensätze je Messtischblatt-Sechzehntel für Tagfalter und Widderchen im Kreis Höxter – differenziert für die Dekaden 1981-1991, 1992-2000 und 2001-2009. Für die grau unterlegten Raster liegen Daten vor, die in die Auswertung eingegangen sind. Die grünen Punkte kennzeichnen die Raster, in denen sich Kalk-Halbtrockenrasen befinden. ....	55
Abb. 18:	Rasterverbreitungskarte auf Basis von Messtischblatt-Sechzehntel für <i>Polyommatus coridon</i> im Kreis Höxter und angrenzenden Gebieten.....	56
Abb. 19:	Verbreitungskarte von <i>Zygaena carniolica</i> im Kreis Höxter und angrenzenden Gebieten. Die Art hat die Magerrasen des Kreises Höxter erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts flächendeckend besiedelt. Die wenigen älteren Nachweise stammen ausnahmslos vom Anfang des 20. Jahrhunderts. ....	57
Abb. 20:	Entwicklung der Gruppen mit unterschiedlichen Trends für die Rasterfrequenzen (ANOVA mit Messwiederholungen und post-hoc Tukey-HSD-Test). ....	58
Abb. 21:	Anteil zu- und abnehmender sowie indifferenter Arten in den unterschiedlichen Lebensraumtypen (Einteilung gemäß EBERT & RENNWALD 1991 und EBERT 1994). ....	60

Abb. 22: Anzahl der Arten mit Veränderungen der Rasterfrequenz für Larvalhabitate in Auen- und Bruchwäldern sowie mesophilen Laubwäldern zwischen den Zeiträumen 1981-1991 und 2001-2009. ....	62
Abb. 23: Anzahl der Arten mit Veränderungen der Rasterfrequenz für Larvalhabitate in Säumen und Gebüschern zwischen den Zeiträumen 1981-1991 und 2001-2009. ....	62
Abb. 24: Anzahl der Arten mit Veränderungen der Rasterfrequenz für Larvalhabitate auf Grünland-Standorten zwischen den Zeiträumen 1981-1991 und 2001-2009. ....	63
Abb. 25: Anzahl der Arten mit Veränderungen der Rasterfrequenz für Larvalhabitate in Kalk-Halbtrockenrasen zwischen den Zeiträumen 1981-1991 und 2001-2009. ....	64
Abb. 26: Verbreitung von <i>Zygaena carniolica</i> in den Zeiträumen 1981-1991, 1992-2000 und 2001-2009 (grüne Punkte). Die grün hinterlegten Raster weisen für die Art geeignet erscheinende Lebensräume auf. ....	65
Abb. 27: Prozentualer Anteil der Datensätze mit den angegebenen Abundanzklassen für <i>Zygaena carniolica</i> in den jeweiligen Betrachtungszeiträumen. ....	65
Abb. 28: Verbreitung von <i>Polyommatus coridon</i> in den Zeiträumen 1981-1991, 1992-2000 und 2001-2009 (links, Mitte; grüne Punkte) und vom Hufeisenklee ( <i>Hippocrepis comosa</i> , rechts), der Raupenfraßpflanze von <i>P. coridon</i> . Die grün hinterlegten Raster weisen für <i>P. coridon</i> geeignet erscheinende Lebensräume auf. Die roten Punkte markieren besetzte Raster, in denen die Raupenfraßpflanze nicht vorkommt. ....	66
Abb. 29: Prozentualer Anteil der Datensätze mit den angegebenen Abundanzklassen für <i>Polyommatus coridon</i> in den jeweiligen Betrachtungszeiträumen. Im Vergleich zwischen 1981-1991 und ab 2001 wird deutlich, dass der Anteil der größeren Vorkommen mit den Abundanzklassen IV und V deutlich abgenommen hat. ....	66
Abb. 30: Rasterfrequenzen fünf ausgewählter Falterarten für die Zeiträume 1981-1991, 1992-2000 und 2001-2009. ....	67
Abb. 31: Verbreitung von <i>Phengaris (Maculinea) rebeli</i> in Deutschland. Die insgesamt sehr seltene Art erreicht im Weserbergland ihre nördliche Verbreitungsgrenze (aus: SIEWERS 2009).....	68
Abb. 32: Maximale Abundanzen und Stetigkeit für <i>Phengaris (Maculinea) rebeli</i> (oben) und <i>Polyommatus coridon</i> (unten) auf 14 Transektabschnitten in unterschiedlichen Kalk-Halbtrockenrasen-Halbtrocken im Kreis Höxter zwischen 1989 und 2011. ....	69
Abb. 33: Entwicklung der Bestände des Kreuz-Enzians ( <i>Gentiana cruciata</i> , blau) und des Kreuzenzian-Ameisenbläulings ( <i>Phengaris rebeli</i> , rot) auf Teilflächen des NSG „Kalktriften bei Willebadessen“ (Exposition Südwest, oben) und am Schmandberg bei Ottbergen (Exposition Nord, unten) (aus: SIEWERS 2009, ergänzt (o.) bzw. SIEWERS 2009 (u.)).....	71
Abb. 34: Aktuelle Verbreitung und modellierte Klimanische (orange) von <i>B. aquilonaris</i> . ....	73
Abb. 35: Rückgang der Populationen von <i>B. aquilonaris</i> in der Region Märkisches Sauerland. Die Jahreszahlen geben das Jahr des letzten Nachweises an. 2010 existierte nur noch ein Population („Auf dem Roten Schlote“), in der seit 1997 auch Fang-Wiederfang-Analysen (rote Tabelle mit markierten Individuen) durchgeführt wurden.....	73
Abb. 36: Zwischen der Individuenzahl von <i>B. aquilonaris</i> entlang von Transekten in 11 Populationen und der Nektar- bzw. Larvalressource bestand 1997 kein statistisch signifikanter Zusammenhang 75	75
Abb. 37: Mahd der seit Jahrzehnten nicht mehr genutzten, mit Draht- und Rasenschmiele, sowie Pfeifengas und Waldsimse zugewachsenen Heidemoorflächen ..... 76	76
Abb. 38: Auswirkung der Pflegemaßnahmen auf Ressourcengröße und auf die Individuenzahl von <i>B. aquilonaris</i> ..... 77	77
Abb. 39: Auswirkung des Plaggens: Wiederbesiedlung der nassen, anmoorigen, zum Teil torfigen oder mineralischen Rohböden mit Torfmoosen (rote Kreise) und anderen Arten, aber auch mit der Raupenfutterpflanze von <i>B. aquilonaris</i> , der Moosbeere ( <i>Oxycoccus palustris</i> ). Dauerbeobachtungsflächen mit Markierung für „hochauflösende“ Vegetationsaufnahmen..... 78	78
Abb. 40: Entwicklung der Abundanzen von <i>B. ino</i> auf den Probeflächen ..... 79	79

Abb. 41: Lage der Untersuchungsgebiete im Kreis Höxter, für die Klimaanalysen vorgenommen wurden. .....	80
Abb. 42: Extrema der jährlichen Temperatur in den Projektgebieten für den Zeitraum 1980-2006. Oben: jährliches Temperaturminimum, unten: jährliches Temperaturmaximum.....	81
Abb. 43: Anzahl der Jahres-Kentage in den Projektgebieten für den Zeitraum 1980-2006. ....	83
Abb. 44: Kentage für die Kalkmagerrasen bei Calenberg und Herlinghausen. Heiße Tage ( $T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$ ), Sommertage ( $T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$ ), Frosttage ( $T_{min} \leq 0^{\circ}\text{C}$ ) und Eistage ( $T_{max} \geq 0^{\circ}\text{C}$ ).....	84
Abb. 45: Monatliche Niederschläge in den Gebieten „Kalkmagerrasen bei Calenberg und Herlinghausen“.....	85
Abb. 46: Veränderungen in der saisonalen Verteilung der Niederschläge. ....	85
Abb. 47: Anzahl der Tage pro Monat mit Niederschlägen $> 0.1 \text{ mm / Tag}$ (oben) und $> 10 \text{ mm / Tag}$ (unten). ....	86
Abb. 48: Prognosen zur Klimaentwicklung für das Schutzgebiet „Kalkmagerrasen bei Ottbergen“ (PIK). ....	87
Abb. 49: Tagesgang der Temperaturen in voll besonnener Südhanglage (Standort 1, Abb. 50, links), in halbschattiger Südhanglage (Standort 2, Abb. 50, rechts) und in Plateaulage (Standort 3). ....	87
Abb. 50: Vollbesonnener (Standort 1, links) und halbschattiger Südhang (Standort 2, rechts) (Fotos: M. Sievers). ....	88
Abb. 51: Tagesgang der Temperaturen im Bereich der Kalktriften bei Willebadessen. Vollbesonnt: Standort Hanjörn 1; halbbeschattet: Gerlan 5 (vgl. Abb. 52) und Gerlan 6; Plateaulage: Sengenberglage 3 und 4; ostexponiert: Schleißenberg 2. ....	88
Abb. 52: Von Eichen teilbeschatteter Bereich am Schleißenberg (Kalktriften bei Willebadessen) (Foto: B. Beinlich). ....	89
Abb. 53: Temperaturverlauf auf drei benachbarten Teilflächen am Südhang des Bielenberges am 13.09.2010. ....	89
Abb. 54: Temperaturverlauf auf einem Kalk-Halbtrockenrasen ohne Gehölzbesatz (Button 3 und 4) und auf einer freigestellten, von Kiefern licht überschirmten Fläche eines Kalk-Halbtrockenrasens am Südhang des Bielenberges am 29.12.2010. ....	90
Abb. 55: Gemittelte Temperaturunterschiede zwischen Habitat-Bereichen von <i>B. ino</i> mit und ohne Maßnahme. Auf den Bodenoberflächen der im Sommer gemähten Mädesüß-Fluren sind die minimalen Temperaturen im Mittel niedriger und die maximalen im Mittel höher als in ungemähten Beständen. Das Bild zeigt die Messung im Oktober. ....	92
Abb. 56: Veränderung der mittleren Temperaturen der gemähten Mädesüß-Fluren im Vergleich zu den Habitaten ohne Mahd-Maßnahme. Dargestellt sind Kurven mit den gegenüber den ungemähten Habitaten erniedrigten minimalen bzw. erhöhten maximalen Werten im Verlauf der jahreszeitlichen Messungen. Die Erhöhung der maximalen Temperatur in den gemähten Habitaten fällt im September am stärksten, die Absenkung der minimalen Temperatur der gemähten gegenüber den ungemähten Habitaten fällt im Juni am stärksten aus.....	93
Abb. 57: Temperaturgänge der gemähten Mädesüß-Fluren im Vergleich zu den Bereichen ohne Mahd-Maßnahme, dargestellt am Beispiel des <i>B. ino</i> -Habitates „Listertal“ vom 6. bis zum 7.8. Die Temperatur auf dem Boden der Mahdfläche („managed“) ist tagsüber stark erhöht, nachts dagegen erniedrigt. ....	94
Abb. 58: Gemittelte Temperaturunterschiede zwischen Habitat-Bereichen von <i>B. aquilonaris</i> mit und ohne Maßnahmen. ....	95
Abb. 59: Veränderung der gemittelten minimalen und maximalen Temperaturen auf den Maßnahmenflächen (Ruhbodenbereiche) gegenüber den Moosbeeren-Torfmoosrasen. ....	96
Abb. 60: Temperaturgänge Rohboden-Maßnahmenfläche im Vergleich zu den Bereichen mit Torfmoosrasen ohne Maßnahme („not managed“), dargestellt am Beispiel des <i>B. aquilonaris</i> -Habitates „Roten Schlote“ vom 6. bis zum 7.8. Die Temperatur auf dem Boden der Torfmoosrasen zeigt ein extremes kontinental-boreales Mikroklima. Sie ist tagsüber stark erhöht, nachts dagegen gegenüber den vegetationslosen Maßnahmenflächen stark erniedrigt. ....	97

Abb. 61: Temperatursituation an zehn Standorten (zur Typisierung s. Tab. 12) des Untersuchungsgebietes „Bielenberg“ und die europäische Sommer-Temperaturnische von <i>Phengaris rebeli</i> .	100
Abb. 62: Temperatursituation in den Untersuchungsgebieten „Bielenberg“, „Hausstelle“, „Mühlenberg“ und „Schmandberg“ sowie die europäische Sommer-Temperaturnische von <i>Phengaris (Maculinea) rebeli</i> .	103
Abb. 63: Temperatursituation für verschiedene Standorte im Untersuchungsgebiet „Willebadessen“ (Wi) und die europäische Frühlings-Klimanische von <i>Phengaris rebeli</i> .	105
Abb. 64: Temperatursituation für verschiedene Standorte im Untersuchungsgebiet „Willebadessen“ und die europäische Frühlings-Klimanische von <i>Polyommatus coridon</i> .	106
Abb. 65: Temperatursituation an zwei Standorten im Listertal und die europäische Klimanische von <i>Brenthis ino</i> . Der starke horizontale Balken gibt den Median an, die Boxen das 25%-75% Quartil, die Fehlerbalken das bis zu 1,5-fache der Interquantilen-Distanz und die Punkte Ausreißer. Die farbigen Symbole markieren die derzeitige sowie die unter verschiedenen Szenarien projizierte Temperatursituation.	108
Abb. 66: Temperatursituation an vier Standorten Neue Mühle und die europäische Klimanische von <i>Brenthis ino</i> . Der starke horizontale Balken gibt den Median an, die Boxen das 25%-75% Quartil, die Fehlerbalken das bis zu 1,5-fache der Interquantilen-Distanz und die Punkte Ausreißer. Die farbigen Symbole markieren die derzeitige sowie die unter verschiedenen Szenarien projizierte Temperatursituation.	109
Abb. 67: Temperatursituation an sechs Standorten bei Roten Schlote und die europäische Klimanische von <i>Boloria aquilonaris</i> . Der starke horizontale Balken gibt den Median an, die Boxen das 25%-75% Quartil, die Fehlerbalken das bis zu 1,5-fache der Interquantilen-Distanz und die Punkte Ausreißer. Die farbigen Symbole markieren die derzeitige sowie die unter verschiedenen Szenarien projizierte Temperatursituation.	112
Abb. 68: Für <i>Erynnis tages</i> (links) und <i>Melitaea aurelia</i> (rechts) wurden anhand der seit 2001 durchgeführten standardisierten Transektbegehungen im Bereich der Kalktriften bei Willebadessen signifikant negative Bestandstrends beobachtet, während BEHRENS et al. (2009) positive Entwicklungen im Zusammenhang mit den gegenwärtigen Klimaveränderungen feststellen. Zumindest für <i>M. aurelia</i> wird die Prognose von BEHRENS et al. aufgrund der Auswertung von Rasterkartierungen bestätigt (Fotos: M. Lohr).	115
Abb. 69: Startseite des Internetauftritts ( <a href="http://www.klimawandel-projekte.de">www.klimawandel-projekte.de</a> ).	121
Abb. 70: Teilnehmer des 12. UFZ-Workshops in Leipzig (Foto: UFZ).	127

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Zuordnung der Anzahl beobachteter Tiere zu den Abundanzklassen.....	23
Tab. 2:	Anzahl der nachgewiesenen Taxa, Datensätze und untersuchten Rasterfelder.....	24
Tab. 3:	Bei den Modellierungen berücksichtigte Szenarien.....	30
Tab. 4:	Im Projektzeitraum durchgeführte biotopoptimierende Maßnahmen.....	36
Tab. 5:	Übersicht über die Nutzungsgeschichte der Gebiete mit langjährigen Tagfaltererfassungen für den Zeitraum ab 1960.....	38
Tab. 6:	Experteneinschätzung klimainduzierter Trends nach Behrens et al. (2009) sowie Trendanalysen und multiple Regressionsanalysen für die Tagfalterarten in den beiden Untersuchungsregionen Weserbergland (WB) und Märkisches Sauerland (MS).....	46
Tab. 7:	Gesamtartenliste der im Kreis Höxter sowie unmittelbar angrenzend nachgewiesenen Tagfalter und Widderchen, Anzahl der in der Datenbank erfassten Datensätze sowie Angaben zum Rote-Liste-Status und zu den Lebensraumsansprüchen.....	49
Tab. 8:	Bestandsveränderungen der Tagfalterarten der Trocken-/Magergrünlandlebensräume im Kreis Höxter und angrenzenden Gebieten.....	54
Tab. 9:	Veränderung der Rasterfrequenzen für die Tagfalter und Widderchen im Kreis Höxter.....	59
Tab. 10:	Anteil zu- und abnehmender Arten in den unterschiedlichen Lebensraumtypen (Einteilung gemäß Ebert & Rennwald 1991 und Ebert 1994).....	61
Tab. 11:	Übersicht der Temperaturmessungen mit den Thermobuttons (1 Messung / 10 min).....	91
Tab. 12:	Gemessene und in drei Klimaszenarien berechnete, durchschnittliche Sommertemperatur (°C) für das Untersuchungsgebiet „Bielenberg“.....	101
Tab. 13:	Varianzanalyse der Temperaturdaten für das Untersuchungsgebiet „Bielenberg“.....	101
Tab. 14:	TukeyHSD zur Varianzanalyse der Vegetationstypen mit den Differenzen der Temperaturen (diff, °C), den unteren (uKI) und oberen (oKI) 95% Konfidenzintervallen und den korrigierten Irrtumswahrscheinlichkeiten (p korr).....	101
Tab. 15:	Im August 2011 gemessene und in drei Klimaszenarien berechnete, durchschnittliche Sommertemperatur (°C) für die vier betrachteten Untersuchungsgebiete „Bielenberg“, „Hausstelle“, „Schmandberg“ und „Mühlenberg“.....	104
Tab. 16:	Ende April und Anfang Mai gemessene und in drei Klimaszenarien berechnete, durchschnittliche Sommertemperatur (°C) für die Untersuchungsgebiete „Hanjörn“, „Schleußenberg“ und „Gerlan“.....	107
Tab. 17:	Durchschnittliche Temperaturen (°C) in unterschiedlichen Höhen innerhalb der Vegetation am Standort Räuschenberg im Mai 2011.....	107
Tab. 18:	Gemessene und in drei Klimaszenarien berechnete, durchschnittliche Sommertemperatur des Untersuchungsgebietes Listertal; diejenigen Temperaturen sind fett gedruckt, welche in der Temperaturnische der jeweils vorkommenden Art liegen. Temperaturen, welche innerhalb der Ausreißerwerte liegen, sind kursiv gedruckt.....	108
Tab. 19:	Gemessene und in drei Klimaszenarien berechnete, durchschnittliche Sommertemperatur des Untersuchungsgebietes Neue Mühle; diejenigen Temperaturen sind fett gedruckt, welche in der Temperaturnische der jeweils vorkommenden Art liegen. Temperaturen, welche innerhalb der Ausreißerwerte liegen, sind kursiv gedruckt.....	110
Tab. 20:	Gemessene und in drei Klimaszenarien berechnete, durchschnittliche Sommertemperatur des Untersuchungsgebietes Roten Schlote; diejenigen Temperaturen sind fett gedruckt, welche in der Temperaturnische der jeweils vorkommenden Art liegen. Temperaturen, welche innerhalb der Ausreißerwerte liegen, sind kursiv gedruckt.....	111

## Zusammenfassung

Im Rahmen des Projekts „Entwicklung von Anpassungsstrategien seitens des Naturschutzes zum Erhalt hochgradig durch den Klimawandel gefährdeter Lebensgemeinschaften“ werden wahrscheinliche Auswirkungen des Klimawandels auf konkrete Populationen hoch bedrohter Tagfalterarten (u.a. *Boloria aquilonaris* und *Phengaris (Maculinea) rebeli*) dargestellt und sinnvolle Anpassungsstrategien für den Erhalt der lokalen Populationen in den Bezugsräumen (Sauerland, westliches Weserbergland) aufgezeigt.

Um die aktuelle und zukünftige Gefährdungsdiskposition der Zielarten (neben *B. aquilonaris* und *Ph. rebeli* noch *Polyommatus coridon* und *Brenthis ino*) abschätzen zu können, wurden zunächst langjährige Tagfalter-Monitoring-Daten (Transektbegehungen) ausgewertet. Parallel durchgeführte Recherchen zur Nutzungsgeschichte der Gebiete, aus denen Langzeit-Daten verfügbar waren, zeigten, dass eine Nutzungskontinuität über den betrachteten Zeitraum häufig nicht gegeben war. Für die Analyse klimainduzierter Bestandstrends waren die entsprechenden Monitoringdaten nur eingeschränkt geeignet.

Um dennoch auf eine möglichst breite Datenbasis zurückgreifen zu können, wurde für das Weserbergland ein weiterer Weg gewählt. Aufgrund kreisweit verfügbarer Daten zu den Artvorkommen konnten zeitlich differenzierte Verbreitungskarten erstellt werden, die die Grundlage für eine Rasterfrequenzanalyse darstellen. So konnten die Veränderungen der Rasterfrequenzen fast aller vorkommenden Tagfalterarten incl. der Widderchen über einen Zeitraum von drei Jahrzehnten ermittelt werden.

Die statistische Überprüfung der Ergebnisse (Transekt- und Rasterdaten) zeigte für eine Reihe von Arten signifikante Bestandsänderungen auf. Allerdings waren nicht bei allen Arten mit signifikanten Trends auch signifikante Korrelationen mit Klimavariablen feststellbar. In diesen Fällen ist der negative Trend vermutlich nicht auf klimatische Einflüsse zurückzuführen, sondern eher auf andere Ursachen. Hierbei dürften insbesondere strukturelle Habitatveränderungen infolge von Nutzungsänderungen und Sukzession eine entscheidende Rolle spielen.

Umgekehrt konnten bei einigen Arten signifikante Korrelationen mit Klimavariablen gefunden werden, obwohl keine signifikanten Zu- oder Abnahmen vorhanden waren. In diesen Fällen werden die Abundanzen zwar von Klimavariablen beeinflusst, der Einfluss manifestiert sich bis jetzt jedoch offenbar nicht in einem Trend.

Um die Auswirkungen des Klimawandels auf die Zielarten in den konkret betrachteten Räumen abschätzen zu können, wurden regionalisierte Klimamodelle erstellt. Während die Temperaturveränderungen gut fassbar sind, ergeben sich hinsichtlich der Prognose der Niederschlagsverteilung zwei Szenarien, ein trockenes und ein feuchtes. Aktuell zeichnet sich ab, dass zumindest für das Weserbergland das trockene Szenario das Wahrscheinlichere ist, denn der vorhergesagte Trend zu ausgeprägten Frühjahrstrockenheiten lässt sich bereits heute nachweisen und beeinflusst das Vorkommen für die Tagfalter relevanter Pflanzenarten. Am Beispiel des Kreuz-Enzian (*Gentiana crutiata*) konnte gezeigt werden, dass er auf Trockenheit empfindlich reagiert.

Regelmäßig ist festzustellen, dass die für die Eiablage und Embryonalentwicklung von *P. rebeli* wichtigen Blüten- bzw. Fruchtstände in trockenen Frühjahren/-sommern auf flachgründigen, süd-/westexponierten Standorten verdorren.

Ergänzend wurden in den Gebieten, in denen Managementmaßnahmen zur Umsetzung der entwickelten Anpassungsstrategien durchgeführt wurden, in den Jahren 2010 und 2011 Temperaturmessungen zur Charakterisierung des Mikroklimas durchgeführt. So wurde ermittelt, inwieweit die Maßnahmen geeignet sind, den prognostizierten Temperaturanstieg zu kompensieren.

Bei den Modellierungen der heutigen und zukünftigen Klimanischen für die Zielarten wurden die Mikroklimamessungen berücksichtigt. Als wichtigste Ergebnisse sind festzuhalten:

In einem Großteil der heute im Weserbergland von *Phengaris rebeli* und *Polyommatus coridon* besiedelten Lebensräume werden die zukünftigen Temperaturverhältnisse bei jedem der aktuell diskutierten Klima-Szenarien außerhalb der europäischen Temperaturnischen der beiden Arten liegen. An den anderen Standorten werden die betreffenden Arten zumindest unter einigen Szenarienbedingungen zukünftig Temperaturverhältnisse vorfinden, die ein weiteres Vorkommen wahrscheinlich erscheinen lassen.

Die Situation des einzig verbliebenen Vorkommens von *Boloria aquilonaris* stellt sich bereits heute wenig günstig dar. Mit Ausnahme eines vergleichsweise kühlen Standortes befinden sich alle anderen Standorte schon derzeit in den eher warmen Lagen der europäischen Klimanische der Art. Unter den Szenarienbedingungen für das Jahr 2080 sieht es so aus, dass *Boloria aquilonaris* allenfalls unter den moderaten Szenarienannahmen SEDG innerhalb der bisherigen Temperaturnische Vorkommen haben kann.

Im Rahmen der Modellierungen konnte weiterhin aufgezeigt werden, dass insbesondere die Art und Höhe der Vegetation sowie die Exposition einen signifikanten Einfluss auf die Temperatur der betrachteten Standorte haben. Geeignete Managementmaßnahmen liegen also insbesondere in der Bereitstellung geeigneter Habitats in West- oder Nordexposition und solchen mit einer größeren Vegetationshöhe. Durch derartige Maßnahmen können einige 100 km Nord-Süd-Gradienten der Temperatur zumindest teilweise ausgeglichen werden (Roy & Thomas 2003). Ebenso kann durch kleinräumige Veränderungen des Reliefs – und damit der Exposition und Inklination – eine hohe mikroklimatische Variabilität geschaffen werden (Scherrer & Körner 2011). Dies kann ein Überleben von Arten wie *P. rebeli* oder *P. coridon* unter ungünstigen makroklimatischen Gegebenheiten des Klimawandels weiter ermöglichen oder zumindest zeitlich abpuffern.

Die durchgeführten Modellierungen zeigen aber auch, dass der Hochmoor-Perlmutterfalter *B. aquilonaris* im Märkischen Sauerland auch bei Durchführung der eingeleiteten Managementmaßnahmen im Zuge der klimatischen Veränderungen mit größter Wahrscheinlichkeit aussterben wird.

Die Frage, inwieweit die Managementmaßnahmen geeignet sind, die zunehmenden Trockenphasen im Frühjahr/Frühsummer abzumildern, kann nicht beantwortet werden. Es spricht aber einiges dafür, dass sich die Bereitstellung von Ausweichlebensräumen an Ost- und Nordhängen, aber auch auf tiefgründigeren Standorten positiv auf den Wasserverfügbarkeit für die Raupenfutterpflanzen während ausgeprägter Trockenphasen auswirken wird.

Die Ergebnisse des Projektes zeigen deutlich, dass auch und gerade unter den Verhältnissen des Klimawandels der Habitatbeschaffenheit eine besondere Rolle für das Überleben der Arten zukommt. Solange sich die kleinklimatischen Verhältnisse der jeweiligen Standorte innerhalb der Klimanische der betrachteten Art befinden, ist die Verfügbarkeit an geeigneten Habitaten bestimmend für das Vorkommen der Art. Ändert sich das Klima, so dass die kleinklimatischen Verhältnisse nicht mehr der Klimanische der Art entsprechen, ist trotz geeigneter Lebensräume ein Überleben unwahrscheinlich. Geeignete Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen können somit die Auswirkungen des Klimawandels kompensieren oder zumindest abmildern. Der Entwicklung von geeigneten Lebensräumen durch Habitatmanagementmaßnahmen kommt somit im Naturschutz eine entscheidende Bedeutung zu wenn es darum geht, den Auswirkungen der Klimaveränderungen zu begegnen.

Das vorrangige Projektziel, die Entwicklung von lokal/regional umsetzbaren Anpassungsstrategien, wurde in Hinblick auf die Zielarten (Ausnahme: *B. aquilonaris*) erreicht.

## **1 Anlass und Zielsetzung des Projektes**

### **1.1 Klimawandel und Auswirkungen auf die biologische Vielfalt**

Der Klimawandel ist in weiten Teilen der Fachwelt sowie der Öffentlichkeit als akute Bedrohung für die Lebensgrundlagen des Menschen akzeptiert. In Europa wurde in den letzten 100 Jahren ein Anstieg der Jahresmitteltemperatur um 0,95 °C beobachtet (EEA 2004). Für Deutschland werden für die nächsten 50 Jahre eine weitere Temperaturzunahme vor allem im Winter, eine starke Zunahme der Winterniederschläge verbunden mit zunehmenden Abflussmengen und Hochwasserereignissen sowie ein Anstieg trocken-heißer Wetterlagen im Sommer bei gleichzeitiger Häufung von Starkniederschlagsereignissen prognostiziert (EEA 2004, LEUSCHNER & SCHIPKA 2004). Für Nordrhein-Westfalen wird bis 2060 ein mittlere Erwärmung von 1,9 °C und eine Zunahme der Jahresniederschlagssumme von 5 % angenommen (MUNLV NRW 2009).

Die vielfältigen Auswirkungen dieser Klimaänderungen betreffen in besonderem Maße auch die belebte Umwelt. In den vergangenen Jahren haben zahlreiche Studien belegt, dass die bereits eingetretenen klimatischen Veränderungen erhebliche Auswirkungen auf Arten und Lebensgemeinschaften hatten und sich diese Entwicklungen zukünftig vermutlich noch wesentlich verstärken werden (PARMESAN & YOHE 2003, WALTHER et al. 2002, CHEN et al. 2011). Auf internationaler Ebene gibt es bereits eine Vielzahl von Arbeiten, die für Tagfalter klimainduzierte Areal- und Phänologieveränderungen beschreiben (z.B. HILL et al. 2002, PARMESAN et al. 1999). Während hierbei in der Anfangsphase spektakuläre Neueinwanderungen bzw. Arealerweiterungen im Blickpunkt des Interesses lagen, mehren sich die Anzeichen, dass Areale zahlreicher Arten in erheblichem Ausmaß schrumpfen und manche Arten sogar ganz verschwinden werden (THOMAS et al. 2006, POMPE et al. 2008, SETTELE et al. 2008a). Schätzungen gehen davon aus, dass weltweit je nach Szenario 15 bis 37 % der Tier- und Pflanzenarten aussterben könnten (THOMAS et al. 2004).

### **1.2 Monitoring klimainduzierter Veränderungen für die Tagfalterfauna**

In der Fachwelt besteht weitgehend Konsens, dass der Wissensstand über die Auswirkungen des Klimawandels auf gefährdete Arten bzw. Populationen verbessert werden muss. Es existieren sowohl auf europäischer als auch auf nationaler und regionaler Ebene verschiedene methodische Ansätze, um klimainduzierte Veränderungen von Tagfalterzönosen zu analysieren. So prognostizieren SETTELE et al. (2008a) die Veränderungen in der Verbreitung europäischer Arten, indem sie ein statistisches Modell der aktuellen Klimanische der jeweiligen Art mit den vorausgesagten Klimaveränderungen verschneiden und daraus die künftige Verbreitung in Europa extrapolieren. Auf nationaler Ebene gibt es z.B. für Großbritannien detaillierte

Studien über statistische Zusammenhänge von Klimavariablen und Abundanzdynamik von Tagfalterarten (ROY et al. 2001 u.a.).

Eine entscheidende Rolle beim Monitoring der Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Arten und Lebensgemeinschaften kommt Daten zu, die lange Zeiträume abdecken. Gerade bei Tiergruppen, deren Populationsgrößen witterungsbedingten Schwankungen unterliegen können, sind solche Daten wichtig, um klimatische Effekte von anderen Einflussfaktoren trennen zu können. Für Deutschland fehlen entsprechende Einschätzungen bislang weitgehend. Für das Bundesland Nordrhein-Westfalen existiert seit kurzem eine auf Experteneinschätzungen basierende Studie, in der die Klimasensitivität der hier vorkommenden Arten sowie klimainduzierte Trends auf Basis der beobachteten Veränderungen in den letzten 10 Jahren abgeschätzt werden (BEHRENS et al. 2009).

Auf regionaler Ebene finden sich einige Publikationen, in denen Trendentwicklungen der Tagfalterarten beschrieben werden, seien es auf der Basis von qualitativen Beobachtungsdaten oder auf der Grundlage von Transektzählungen. So berichten BRUNZEL et al. (2008) für das Märkische Sauerland (Südwestfalen) von drastischen Abnahmen z.B. von *Boloria aquilonaris* seit 1989 und starken Zunahmen bei *Lasiommata megera*, *Pararge aegeria* sowie *Lycaena tityrus*, ohne hierzu jedoch statistische Analysen durchzuführen. Ähnliche Beobachtungen machen LAUSSMANN et al. (2010) für das benachbarte Bergische Land im Raum Wuppertal. Allerdings ist hier *L. megera* z.B. in den letzten Jahren stark zurückgegangen. Für Westfalen berichten FARTMANN et al. (2002) über eine Ausbreitung von *Aricia agestis*, für Bayern publizieren HERMANN & BOLZ (2003) zur Arealausdehnung von *Lycaena dispar*. Hinsichtlich der Arealexansionen bzw. - regressionen einiger weiterer Arten (z.B. *Cupido argiades*, *Pieris manni*, *Lycaena virgaureae*, *Aglais urticae*) ist eine zusammenfassende Publikation in Vorbereitung (BOLZ et al. in Pröp.).

### **1.3 Analyse von Tagfalterdaten hinsichtlich der Auswirkungen klimatischer Veränderungen**

Statistisch abgesicherte Trendanalysen sind nur möglich, wenn ein längeres, kontinuierliches Monitoring z.B. in Form von Transektzählungen vorliegt. Dies ist z.B. in Großbritannien der Fall, wo die Abundanzdynamik der Arten über 30 Jahre mit klimatischen Veränderungen in statistischen Zusammenhang gebracht werden konnte (ROY et al. 2001). Längerfristige Monitoring-Programme bei Tagfaltern existieren auch in den Niederlanden (vgl. BOS et al. 2006, VAN SWAAY et al. 2008) und Finnland (vgl. KUUSSAARI et al. 2007). In Deutschland fehlen solche Langzeit-Datenreihen bisher: Ein Tagfalter-Monitoring in NRW hat 2001 begonnen, ein bundesweites im Jahre 2005. Auf regionaler Ebene besteht beispielsweise das schon erwähnte Monitoring im Märkischen Sauerland, das seit dem Jahr 2000 kontinuierlich und für alle Arten durchgeführt wird (vgl. BRUNZEL et al. 2008, BRUNZEL & ELLIGSEN 1999). Auch für das westliche Weserbergland (Kreis Höxter, östliches NRW) besteht seit 2001 ein Monitoring der

Individuenzahlen auf 8 Transekten, zusätzlich existieren Rasterfeld-bezogene Erfassungen seit Anfang der 1980er Jahre.

Statistische Analysen von Monitoring-Daten gerade bei einer gut untersuchten Gruppe wie den Tagfaltern können einen wichtigen Beitrag leisten, um möglichen Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf die Biodiversität zu beschreiben. Insbesondere können derartige Auswertungen helfen, so genannte „climatic impact indicators“ zu identifizieren (vgl. DRÖSCHMEISTER 2009). In diesem Kontext versucht die vorliegende Studie, einen Beitrag zu leisten. Ausgangshypothese ist hierbei die für jede Tagfalterart Nordrhein-Westfalens durch BEHRENS et al. (2009) getroffene Einschätzung ihrer durch den Klimawandel induzierten Bestandsentwicklungen (positiv, negativ oder unverändert). Vor diesem Hintergrund sollen im Rahmen des Projektes insbesondere folgende Fragen untersucht werden:

- 1) Lassen sich aus den Datensätzen der Untersuchungsregionen im Märkischen Sauerland und im Weserbergland statistisch abgesicherte Trends für einzelne Arten herausarbeiten?
- 2) Decken sich diese Trends mit der Gesamteinschätzung für NRW oder mit Trends aus anderen Bezugsräumen?
- 3) Lassen sich für die Untersuchungsregionen Zusammenhänge zwischen Entwicklungen bei einzelnen Arten und klimatischen Parametern statistisch absichern?
- 4) Unterscheiden sich Arten mit unterschiedlichen Entwicklungen hinsichtlich ihrer Lebensraumpräferenzen?

#### **1.4 Entwicklung von Anpassungsstrategien**

Eine hohe Gefährdungsdiskposition gegenüber klimatischen Veränderungen kommt besonders boreo-montanen und kontinentalen Arten zu, die schon jetzt vielfach eine reliktiäre oder stark verinselte Verbreitung aufgrund der Seltenheit ihrer Lebensstätten aufweisen. Zusammen mit einem meist geringen Ausbreitungsvermögen ist bei vielen Wirbellosen auszuschließen, dass sie „allein“ in der Lage sein werden, sich an die geänderten Bedingungen anzupassen.

Anhand der Ergebnisse des Tagfaltermonitorings (s. o.) sollte überprüft werden, ob und welche wertbestimmenden Tagfalterarten bereits heute Reaktionen auf die bisher eingetretenen Veränderungen des Klimas zeigen. Zu erwarten ist dies insbesondere für die oben bereits erwähnten Arten mit boreo-montaner Verbreitung einerseits sowie für kontinental verbreitete Arten andererseits. Da im Kreis Höxter Moorlebensräume nur sehr kleinräumig zu finden sind, Kalkmagerrasen hingegen als Lebensraum wärmeliebender Tagfalterarten mit (sub)kontinentalem Verbreitungsschwerpunkt weiter verbreitet sind, wurden in diesem Untersuchungsraum insbesondere kontinentale Arten betrachtet. Aufbauend auf die Daten des Monitorings wurden Anpassungsstrategien entwickelt, die den betroffenen Arten ein Überleben in den betroffenen Regionen

ermöglichen sollen. Dabei sollen durch geeignete Managementmaßnahmen Lebensräume entwickelt werden, deren kleinklimatische Verhältnisse unter den bereits eingetretenen und den noch zu erwartenden Klimaveränderungen den Ansprüchen der Arten entsprechen. Den Arten soll so das Überleben ermöglicht werden. Um die Wirksamkeit der durchgeführten Maßnahmen in den kommenden Jahren zu überprüfen (Monitoring), wurden sowohl im Kreis Höxter als auch im Märkischen Kreis Monitoringprogramme etabliert, welche auch nach Ablauf der Projektförderung ehrenamtlich weiter geführt werden und so eine mittel- bis langfristige Bewertung der Wirksamkeit ermöglichen.

## **2 Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden**

Das Projekt verfolgt drei Ziele, um die Auswirkungen des Klimawandels auf die Populationen stark bedrohter Tagfalterarten darzustellen und mögliche Lösungsvorschläge für ihren Erhalt aufzuzeigen. Für zwei größere Naturräume – Sauerland und Weserbergland – wurden langjährige Tagfalter-Monitoring-Daten mit der tatsächlichen Klimaentwicklung durch statistische Analysen in Beziehung gesetzt (vgl. Kap. 2.1). Dies ermöglicht, das Ausmaß des Faunenwandels auf regionalem Niveau zu quantifizieren. Die Ergebnisse dienen zudem der Validierung der Arten-Modelle (vgl. Kap. 3.3). Parallel wurden die im Projektantrag benannten Zielarten im Sinne des Modellierungs- und Management-Ansatzes (vgl. Kap. 2.3) auf ihre Eignung hin überprüft. Die einzelnen Arbeitsschritte werden im Folgenden näher beschrieben.

### **2.1 Analyse des regionalen Faunenwandels und der Klimaentwicklungen**

#### **2.1.1 Langzeitmonitoring mit Transekterfassungen**

Zur Analyse des regionalen Faunenwandels für die Tagfalter und Widderchen wurden Ergebnisse von Monitoringuntersuchungen in Gebieten ausgewählt, für die Daten über einen längeren Zeitraum vorliegen.

Erste systematische Bestandserfassungen der Tagfalter- und Widderchen-Fauna wurden im Kreis Höxter im Rahmen des Forschungsvorhabens „Pflege und Entwicklung der Kalkmagerrasen als Beitrag zur Kulturlandschaftspflege in Ostwestfalen (Kreis Höxter, Lippe und Paderborn)“ in den Jahren 1989 bis 1991 durchgeführt (BÖTTCHER et al. 1993). Im Rahmen dieses Vorhabens wurden in 24 Gebieten die Tagfalter quantitativ (Transektmethode) oder halbquantitativ (Abschätzung der Tagespopulationsgrößen) erfasst. Darüber hinaus wurde die reale Vegetation in den jeweiligen Gebieten kartografisch dokumentiert. Ferner wurden pflanzensoziologische Erhebungen durchgeführt und zahlreiche Dauerbeobachtungsflächen angelegt. Die Verbreitung ausgewählter Pflanzenarten (darunter viele wichtige Raupenfutterpflanzen) im Kreis Höxter wurde ebenfalls dokumentiert. Ziel des Forschungsvorhabens war es, ein Entwicklungskonzept für die Kalk-Halbtrockenrasen zu erarbeiten. In den Jahren 1996 und 1997 wurde im Auftrag des MURL eine Erfolgskontrolle durchgeführt, in deren Rahmen auf ausgewählten Flächen erneut sowohl die Tagfalter und Widderchen als auch die Vegetation aufgenommen wurden (HOZAK & MEYER 1998).

Weitere Erhebungen im Rahmen der Erstellung von Pflege- und Entwicklungsplänen liegen für eine Reihe von Naturschutzgebieten (z.B. Räuschenberg, Mühlenberg, Gräunenberg, Stockberg, Calenberg) aus den Jahren von 1997 bis 2003 vor. Darüber hinaus wurden seit 1999 regelmäßige Erhebungen zu Tagfaltern und Widderchen durch die Landschaftsstation im Kreis Höxter im Rahmen der Gebietsbetreuung durchgeführt.

Die Tagfalterfauna der Kalkmagerrasen in der Umgebung von Willebadessen wurde zwischen 2001 und 2010 jährlich durch den ortsansässigen Lepidopterologen HEINRICH BIERMANN erfasst. Auf der Teilfläche „Gerlan“ im NSG „Kalktriften bei Willebadessen“ erfolgt dies im Rahmen von Transektbegehungen (insgesamt 7 Transekte). Auf insgesamt 8 weiteren Transekten in den NSG „Kalktriften bei Willebadessen“, „Kuhkamp“ und „Sieben Quellen“ erfolgt eine vollständige Erfassung der Tagfalterabundanzen.

Aus den 1970er und 1980er Jahren gibt es für einige weitere Gebiete ebenfalls quantitative Daten. Da nicht in allen Gebieten die Tagfalterfauna regelmäßig erfasst wurde, lagen bis zum Projektbeginn für insgesamt 11 Gebiete mit 19 Teilflächen auswertbare Daten aus dem Zeitraum 1989-2007 vor.

Zwischen 2008 und 2011 wurden in diesen Gebieten im Rahmen dieses Projektes auf Transekten, die bereits zwischen 1989 und 1997 untersucht wurden, Tagfaltererhebungen mit der gleichen Methodik vorgenommen. Die Lage der Gebiete ist in Abb. 1 dargestellt. Für diese Gebiete liegen nunmehr über einen Zeitraum von mehr als 20 Jahren halbquantitative Daten zur Tagfalterbesiedlung vor. Die Transektbegehungen wurden nach standardisierter Methodik und unter standardisierten Bedingungen vorgenommen (vgl. POLLARD 1977, STEFFNY 1982, POLLARD & YATES 1993). Die Transekte befinden sich in Kalk-Halbtrockenrasen-Komplexen, die in den meisten Fällen auch Gebüsche und Baumbestände beinhalten. Im Unterschied zur Untersuchungsregion Märkisches Sauerland wurde jedes Transekt einmal wöchentlich zwischen Ende März und Mitte Oktober begangen. Die Transektlängen schwanken zwischen 200 m und 1.400 m (Gesamtlänge der Transekte 3.900 Meter). Nomenklatur und Systematik richten sich nach SETTELE et al. (2008b) für die Tagfalter und nach KARSHOLT & RAZOWSKI (1996) für die Widderchen (Zygaenidae).

Insgesamt wurden 48 Tagfalter- und Widderchen-Arten auf den Transekten erfasst und in die statistischen Analysen einbezogen. Für diese Analysen wurden die maximalen Individuenzahlen jeder Art auf die Transektlänge und die Anzahl der Transektbegehungen standardisiert. Dabei wurden nur die maximalen Individuenzahlen jeder Art pro Jahr berücksichtigt. Zur Analyse der Gesamtdynamik über die Jahre wurden die Abundanzen aller Transekte wiederum aufsummiert. Die absoluten Abundanzen lassen sich jedoch nicht zwischen den beiden Untersuchungsregionen vergleichen. Zum einen handelt es sich kaum um vergleichbare Lebensräume, zum anderen entstehen in der Region Weserbergland durch die wöchentlichen Zählungen mehr Begehungen mit wenigen oder keinen Beobachtungen einer bestimmten Art, so dass hier die absoluten Werte durch die Standardisierung auf die Anzahl der Termine zwangsläufig niedriger ausfallen.

Mit den auf acht Transekten im NSG „Kalktriften bei Willebadessen“ seit 2001 jährlich erhobenen Daten (s. o.) wurden für jede Art Regressionen gegen die Zeit gerechnet, um zu ermitteln, ob in der Abundanzdynamik ein signifikant negativer oder positiver Trend über die Jahre besteht. Es werden sowohl Signifikanzen auf dem üblichen 5 %-Niveau ( $p \leq 0,05$ ) als auch auf einem 10 %-Niveau angegeben, da bei einer relativ kurzen Zeitreihe von 10 Monitoring-Jahren auch bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10 % ein interpretierbarer Trend vorliegt. Da die Abundanzen eines Jahres aber von

denjenigen des vorangegangenen Jahres abhängen können, wurde die jährliche Abfolge der Abundanzen auf zeitliche Autokorrelationen getestet.

Neben der Analyse des regionalen Faunenwandels war ein weiteres Hauptziel des Monitorings, die im Projektverlauf umgesetzten Maßnahmen auf ihre Wirksamkeit als Anpassungsstrategien an den Klimawandel zu überprüfen und zu beobachten.

Um nutzungsbedingte und klimainduzierte Bestandsentwicklungen der betrachteten Tagfalterarten voneinander trennen zu können, wurden Daten zur historischen und aktuellen Nutzung der Untersuchungsgebiete im Kreis Höxter recherchiert und zusammengestellt. Dies geschah unter anderem im Rahmen einer Diplomarbeit, die an der Hochschule Ostwestfalen-Lippe angefertigt wurde (STÖBENER 2009).

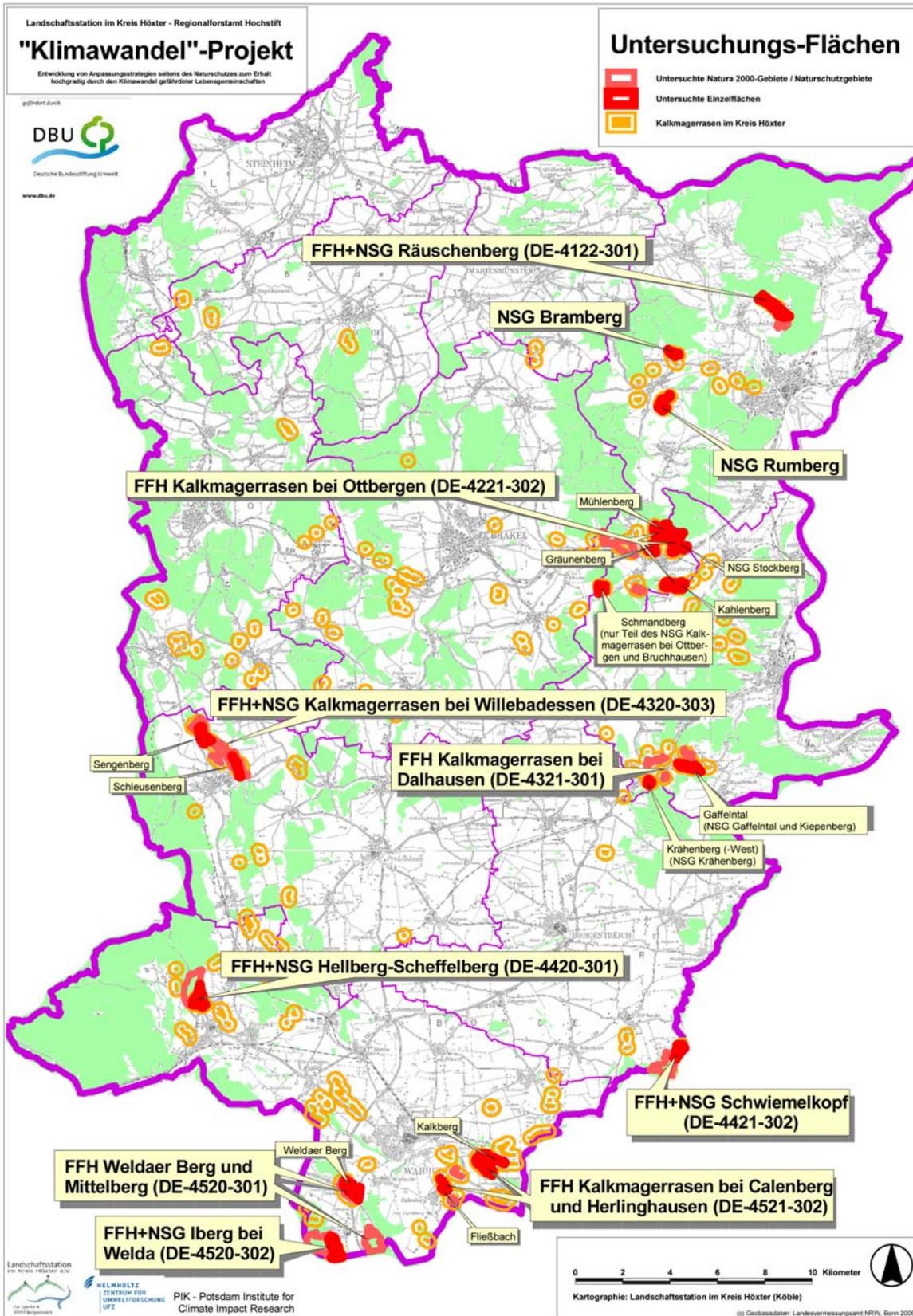


Abb. 1: Lage der Untersuchungsflächen für das Tagfaltermonitoring im Kreis Höxter

### **2.1.2 Analyse klimainduzierter Veränderungen der Tagfalterabundanz auf den Transekten**

Um Zusammenhänge zwischen der Dynamik der Tagfalterabundanz und klimatischen Parametern zu untersuchen, wurden monatliche Daten zu Temperatur und Niederschlag der Wetterstation Warburg von Januar 1999 bis Dezember 2010 aufbereitet. Hierzu wurden die Daten nach Sommer-Halbjahr (April bis September) und Winter-Halbjahr (Oktober bis März) aufgeteilt und die Temperaturmittel (TS und TW: Temperaturmittel Sommer und Winter) und Mittel der Niederschlagssummen (NS und NW: Niederschlagssumme Sommer und Niederschlagssumme Winter) des jeweiligen Zeitraumes gebildet. Hierbei ist zu beachten, dass das Winter-Halbjahr eines Jahres die drei letzten Monate des vorangegangenen Jahres mit einbezieht. Da Abundanzdaten univoltiner Arten von der Häufigkeit im vorangegangenen Jahr abhängen, wurden in gleicher Weise die Temperaturmittel und Niederschlagssummen für das vorangegangene Jahr gebildet (TS-1 und TW-1, NS-1 und NW-1). Insgesamt flossen so 8 Klimavariablen als Prediktoren der Abundanzdynamik in die multiplen Regressionsanalysen ein.

In einem ersten Schritt ist zunächst geklärt worden, ob sich hinter der Abundanzdynamik über die Jahre tatsächlich ein klimatisches „Signal“ verbirgt, oder ob die vorgefundenen signifikanten Korrelationen eher zufällige Ergebnisse sind. Hierzu wurden Korrelationsmatrizes angelegt, so dass 8 Klimavariablen gegen 48 Arten gerechnet wurden. Geht man nun von einem Ergebnis aus, dass keine klimatischen Ursachen hat, sondern rein zufallsbedingt ist, so müssten sich 19,2 statistisch signifikante Korrelationen auf einem Signifikanzniveau von 5 % ergeben. Da in der Analyse für 24 statistisch signifikante Korrelationen ( $p \leq 0,05$ ) errechnet wurden, ergibt sich insgesamt ein statistisch signifikanter Einfluss klimatischer Parameter auf die Abundanzdynamik der untersuchten Arten.

In einem zweiten Schritt wurden multiple Regressionsanalysen der abhängigen Variablen „Abundanzdynamik“ mit den erklärenden 8 Klimavariablen durchgeführt. Als Verfahren wurde „stepwise forward“ gewählt, bei dem nacheinander alle Variablen mit nicht signifikantem Einfluss weggelassen werden. Nur das Modell mit der höchsten Varianzerklärung wurde berücksichtigt. Bei den zeitlich autokorrelierten Abundanzdynamiken wurden die Ergebnisse zusätzlich mit einem sequenziellen Bonferroni-Test abgesichert.

### **2.1.3 Analyse der Veränderungen von Rasterfrequenzen**

Für den Kreis Höxter wurden alle verfügbaren Daten zur historischen und aktuellen Verbreitung der tagfliegenden Schmetterlinge zusammengestellt, aufbereitet und ausgewertet. Die Analyse von Änderungen in der Verbreitung durch die Betrachtung von Rasterfrequenzen erlaubt im Gegensatz zu den z.T. nicht lückenlos vorliegenden Datenreihen aus den verschiedenen Projektgebieten (vgl. Kap. 2.1.1) umfangreichere Trendanalysen. Erfasst wurden in der Datenbank Primärdaten aus mehreren an der

Hochschule Ostwestfalen-Lippe durchgeführten Forschungsvorhaben. Hierzu zählen das Projekt „Pfleger und Entwicklung der Kalkmagerrasen als Beitrag zur Kulturlandschaftspflege in Ostwestfalen (Kreis Höxter, Lippe und Paderborn)“ (BÖTTCHER et al. 1993) sowie das Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben „Regeneration landschaftstypischer Auenstandorte in der Oberweserniederung“ (GERKEN & DÖRFER 2002). Außerdem lieferten zahlreiche Entomologen ihre Beobachtungen als Originaldaten für die Datenbank. Dies sind BURKHARD BEINLICH, HEINRICH BIERMANN, MATHIAS LOHR, HOLGER SONNENBURG und AUGUST WALDHOFF sowie zahlreiche MitarbeiterInnen der Landschaftsstation. Sowohl öffentlich zugängliche als auch nicht publizierte, verfügbare Literatur wie Diplom- und Bachelorarbeiten wurde auf Hinweise zu Tagfaltevorkommen im Kreis Höxter geprüft. Entsprechende Daten wurden in die Datenbank übernommen. In Anhang 1 findet sich eine Auflistung der ausgewerteten Literatur mit Daten zum Vorkommen von Tagfaltern und Widderchen im Kreis Höxter.

Um Kartierungslücken zu schließen wurden im Jahre 2010 gezielt durch ehrenamtliche Mitarbeiter v.a. des Naturkundlichen Vereins Egge-Weser umfangreiche Kartierungen der Tagfalter und Widderchen in Rasterfeldern durchgeführt, für die bislang noch keine oder nur sehr wenige Daten vorlagen.

Die Analyse der Rasterfrequenzen erfolgte auf der Grundlage des Rasternetzes, das durch die Messtischblatt-Viertel-Quadranten (MTB-Sechzehntel) definiert wird. Diese umfassen jeweils ein Gebiet von etwa 5 x 5 Kilometern und lassen sich ohne großen Aufwand aus den meisten topographischen Karten ableiten. Erfasst wurden alle für den Kreis Höxter verfügbaren Daten. Für die Rasterfelder, die teilweise außerhalb des Kreises Höxter liegen, wurden auch die in den benachbarten (Land-)Kreisen liegenden Gebiete berücksichtigt. Ein Schwerpunkt der erhobenen Daten liegt in den Kalklandschaften des Diemeltales und des Oberwälder Landes.

Die Eingabe erfolgt in eine Access-Datenbank. Soweit Angaben zur Häufigkeit (quantitativ/ halbquantitativ) vorliegen, wurden dies ebenfalls in die Datenbank eingetragen. Dabei wurden die Originalzahlen erfasst und zusätzlich – soweit möglich – einer annähernd logarithmischen Skala von Abundanzklassen zugeordnet (vgl. Tab. 1). Dies erlaubt neben einer Analyse der Veränderungen der Rasterfrequenzen auch eine Auswertung der Veränderungen der Abundanzen der jeweils betrachteten Arten. Für die Darstellung in Rasterkarten (siehe Kap. 3.1.4) wurden die Daten für größere, jeweils etwa ein Jahrzehnt umfassende Zeiträume zusammengefasst. Auf diese Weise wird jeder Zeitraum durch eine hinreichend große Stichprobe an Datensätzen repräsentiert. Die für viele Gruppen der Wirbellose typischen starken Bestandsschwankungen werden bei dieser Auswertungsmethode weniger gewichtet.

**Tab. 1: Zuordnung der Anzahl beobachteter Tiere zu den Abundanzklassen**

Abundanzklasse	Anzahl der beobachteten Tiere	Beschreibung
I	1-3	vereinzelt
II	4-10	selten
III	11-20	regelmäßig
IV	21-50	häufig
V	> 50	sehr häufig
x	keine Angabe	vorhanden

Bei der Auswertung der Datenbank wurden die Rasterfrequenzen für alle erfassten Tagfalter- und Widderchenarten jeweils für die Zeiträume 1981–1991, 1992–2000 zusammengefasst und von 2001 bis 2010 jährlich berechnet. Tab. 2 zeigt die Anzahl der nachgewiesenen Taxa, der Datensätze und der untersuchten Rasterfelder für jeden der betrachteten Zeiträume. Die Rasterfrequenzen geben dabei den prozentualen Anteil der von der jeweiligen Art besetzten Rasterfelder an der Gesamtzahl der im betrachteten Zeitraum untersuchten Rasterfelder an. Da die Erfassungsintensität in den Zeiträumen unterschiedlich war, wurde die Rasterfrequenz für weitere Analysen auf die Anzahl der Datensätze je Zeitraum (= Gesamtzahl aller Falterbeobachtungen je Zeitraum) standardisiert. Hierzu wurde für jeden Zeitraum die Rasterfrequenz [%] durch die Anzahl der Datensätze, die die Erfassungsintensität widerspiegelt, geteilt. Bei der Analyse der Rasterfrequenzen blieben Arten, die nur in einem Jahr der zu Grunde liegenden Zeiträume beobachtet wurden, unberücksichtigt. Insgesamt wurden so von 71 Tagfalter- und Widderchen-Arten die Veränderungen der Rasterfrequenzen analysiert. Bei diesen Analysen wurden die Arten ökologischen Gilden entsprechend ihrem bevorzugten Lebensraum als Imago zugeordnet, wobei Mehrfachnennungen möglich sind. In der Einteilung wird im Wesentlichen EBERT & RENNWALD (1991) und EBERT (1994) gefolgt.

Zur Analyse der Veränderung der Rasterfrequenzen (Rf) wurden die Arten gemäß ihrer Häufigkeitsveränderungen in den Zeiträumen 1981–1991 (Zeitraum I), 1992–2000 (II) und 2001–2010 (III) in Gruppen eingeteilt: Arten mit > 40 % Zunahme der Rf zwischen Zeitraum I und III und zwischen Zeitraum II und III, Arten mit > 40 % Abnahme der Rf zwischen Zeitraum I und III und zwischen Zeitraum II und III und indifferente Arten mit Zu- bzw. Abnahmen unterhalb der 40 %-Werte. Diese Gruppeneinteilung bildet dann die Eingangshypothese für weitere statistische Analysen. Die Entwicklung der Rasterfrequenzen in den verschiedenen Gruppen wurden mittels einer ANOVA mit Messwiederholung und Tukey-HSD als post-hoc-Test analysiert. Unterschiede im Verhältnis der Artengruppen zwischen den Lebensraumpräferenzen wurden dann durch Chi<sup>2</sup>-Tests ermittelt. Alle statistischen Tests wurden mit Statistica 7.0 und R 2.7.0 durchgeführt.

**Tab. 2: Anzahl der nachgewiesenen Taxa, Datensätze und untersuchten Rasterfelder**

Zeitraum	Anzahl nachgewiesener Taxa	Anzahl der Datensätze	Anzahl untersuchter Rasterfelder
1981-1991	77	4179	87
1992-2000	80	4621	91
2001	51	893	33
2002	55	1119	39
2003	59	1179	43
2004	62	1094	36
2005	51	884	31
2006	70	1499	52
2007	53	917	25
2008	56	1547	33
2009	60	2101	55
2010	67	2318	91

#### 2.1.4 Ermittlung und Erfassung von Zielarten

Im Rahmen dieses Projektes wurden Arten ermittelt, die in den Regionen Weserbergland und Märkisches Sauerland möglicherweise besonders vom Klimawandel betroffen sind oder für die sich aufgrund der Verbreitung und der Bestandssituation eine besondere Verantwortung für diesen Untersuchungsraum ergibt (siehe Kap 2.2 und 3.1.5). Es sind dies für die Region Weserbergland (*Phengaris Maculinea rebeli* und *Polyommatus coridon*) und für die Region Märkisches Sauerland *Boloria aquilonaris* und *Brenthis ino*. Als Grundlage für die Modellierungen (siehe Kap. 3.3) und spezielle Managementmaßnahmen (siehe Kap. 2.3) wurden für diese Zielarten z.T. artspezifische Erfassungen durchgeführt. So wurden für die Zielart *Boloria aquilonaris* neben den jährlichen Transektzählungen seit 1997 gleichzeitig Mark-Recapture-Analysen durchgeführt sowie umfangreiche Untersuchungen zu Habitatpräferenzen und Ausbreitungsverhalten ausgewertet (vgl. BRUNZEL 1999, BRUNZEL 2002, BRUNZEL et al. 2008). Für die Zielart (*Phengaris Maculinea rebeli*) wurde eine Analyse der aktuellen Verbreitung und Gefährdungssituation für Mitteleuropa im Rahmen einer Diplomarbeit (SIEWERS 2009) durchgeführt. In dieser an der Hochschule Ostwestfalen-Lippe angefertigten Arbeit wurde auch ein Artenhilfskonzept für diese hochgradig gefährdete Art vorgelegt.

In den Jahren 2004, 2007, 2009 und 2011 wurden detaillierte Erfassungen der Kreuzenzian-Bestände im NSG „Kalktriften bei Willebadessen“ durchgeführt. Die Daten wurden herangezogen, um die Frage zu klären, ob der Kreuz-Enzian insbesondere in südexponierten Lagen negative Reaktionen auf die bisher eingetretenen klimatischen Änderungen zeigt. Diese Fragestellung hatte sich insbesondere aus den Ergebnissen der Diplomarbeit von Manuela SIEWERS (2009) entwickelt. Hier hatten sich Hinweise auf solche Veränderungen ergeben.

### 2.1.5 Erfassung und Analyse von Witterungs- und Klimadaten

Die für die Analysen benötigten Klimadaten für die verschiedenen Untersuchungsgebiete wurden für den Zeitraum von 1980 bis heute vom PIK ermittelt, so dass nach Zusammenstellung der vorliegenden Daten in einem weiteren Arbeitsschritt erste Analysen vorgenommen werden konnten. Daneben wurden die Wetterdaten (Temperatur, Niederschlag, Sonnenscheindauer) der Wetterstationen Warburg (für die Region Weserbergland) und Lüdenscheid (für die Region Märkisches Sauerland) für die Regressionen mit den Falterabundanzdaten der Monitoring-Transekte kompiliert.

Da ein Hauptziel des Projektes die Entwicklung von Anpassungsstrategien zur Kompensation negativer Auswirkungen des prognostizierten Klimawandels ist, wurden zusätzlich Daten zum Kleinklima unterschiedlicher Standorte der Kalk-Halbtrockenrasen des Kreises Höxter und der Übergangs- (*B. aquilonaris*) und Niedermoore (*B. ino*) im Märkische Sauerland erhoben. Hierzu wurden in den Jahren 2009-2011 vergleichende Temperaturmessungen auf Maßnahmenflächen sowie auf Flächen ohne Nutzungsänderungen jeweils in unterschiedlichen Expositionen und Strukturen durchgeführt. Die gewonnenen Daten sollen Aufschluss darüber geben, wie stark sich unterschiedlich exponierte und unterschiedlich genutzte Standorte der Kalk-Halbtrockenrasen und der Moorflächen kleinklimatisch unterscheiden. Die Daten wurden außerdem zur Unterstützung und zur Eichung der Modellierungen verwendet.

Im Mai 2009 wurden an mehreren Strahlungstagen die Temperaturen auf den Maßnahmenflächen und zum Vergleich auf einem vollbesonnten süd- oder westexponierten Halbtrockenrasen gemessen. Die Messungen wurden von der Hochschule Ostwestfalen-Lippe mittels Thermo-Hygrographen durchgeführt.

Im Projektverlauf erwiesen sich die z.T. sehr unterschiedlichen kleinklimatischen Verhältnisse unterschiedlich exponierter und unterschiedlich genutzter Standorte als wichtiger Schlüsselparameter für die Entwicklung von Anpassungsstrategien für die Zielarten. Da sich außerdem herauskristallisierte, dass die geänderten mikroklimatischen Rahmenbedingungen auf den Managementflächen von entscheidender Bedeutung für die Kompensation der prognostizierten klimatischen Veränderungen sind, wurden die im Projektantrag zunächst nicht vorgesehenen Messungen zum Mikroklima in den Jahren 2010 und 2011 in beiden Untersuchungsregionen intensiviert, um z.B. über eine längere Zeitspanne vergleichbare Daten zu erhalten. Im Gegensatz zu 2009 wurden nun sogenannte Thermobuttons ausgebracht, die als Micro-Datenlogger fungieren. Diese Messungen dienen außerdem der Beurteilung, ob Flächen mit Management-Maßnahmen messbare mikroklimatische Unterschiede zu solchen aufweisen, in denen keine Maßnahmen durchgeführt wurden.

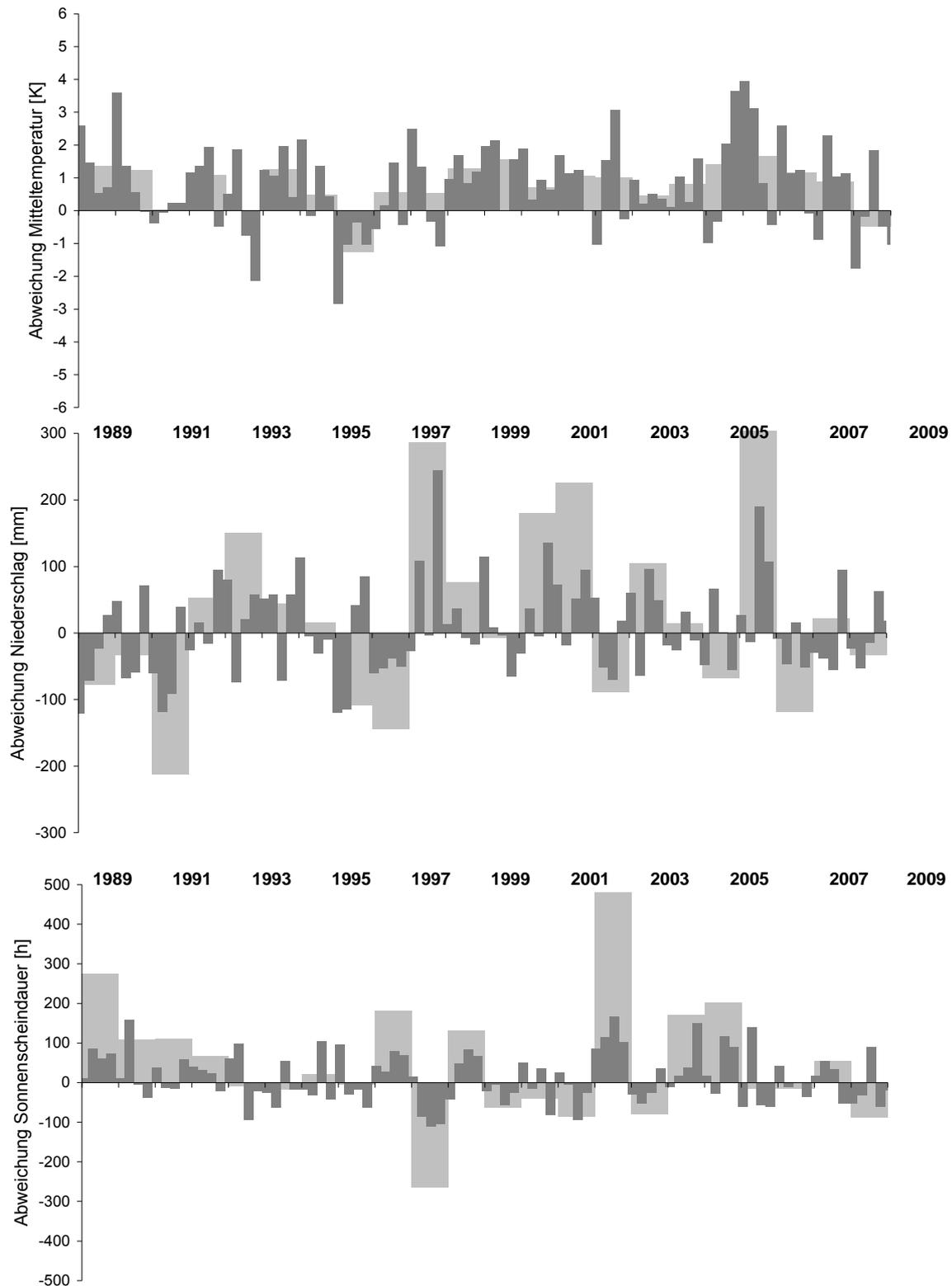
Um die in Kapitel 3.1 dargestellten Ergebnisse zum Faunenwandel der Tagfalter und Widderchen im Kreis Höxter beurteilen zu können, ist eine gleichzeitige Betrachtung des Witterungsverlaufs notwendig. Dieser wird für die Jahre 1989 bis 2010 in Abb. 2 (Region Weserbergland) und für einen zwanzigjährigen Zeitraum 1987 bis 2007 in der

Region Märkisches Sauerland dargestellt (Abb. 3). Zusätzlich werden für die Region Weserbergland die Abweichungen der mittleren Jahreszeiten- und Jahreswerte für Temperatur, Sonnenscheindauer und Niederschlagssumme vom langjährigen Mittel des Referenzzeitraums 1961–1990 charakterisiert. Hierzu wurde die dem Kreis Höxter am nächsten gelegene Klimastation, für die langjährigen Messwerte vorliegen (= Bad Lippspringe), herangezogen. Diese unterliegt einem für die meisten Bereiche des Kreises Höxter vergleichbaren Klima, weist aber aufgrund der Luvlage vor dem Eggegebirge deutlich höhere Niederschläge in Form von Steigungsregen auf.

Für die Region Märkisches Sauerland treten bei Niederschlägen und Sonnenscheindauer keine auffälligen Trendveränderungen auf, während die Temperaturen einen deutlichen Anstieg zeigen (gestrichelte Linie). Diese Entwicklung hat bis 2010 angehalten. Von den 22 Untersuchungsjahren lag die Jahresdurchschnittstemperatur lediglich in den Jahren 1996 und 2010 unter dem langjährigen Mittel von 8,9 °K. In den Jahren 1991 und 1993 entsprach die Jahresmitteltemperatur dem langjährigen Mittelwert und in den übrigen 14 Jahren lag sie zwischen 0,6 und 1,7 K darüber. Eine Häufung besonders warmer Jahre war zwischen 1999 und 2003 sowie zwischen 2006 und 2008 zu beobachten, als die Jahresdurchschnittstemperaturen durchweg mindestens 1 K über dem Mittel lagen. Im Jahr 2007, das im gesamten Betrachtungszeitraum das wärmste war, erreichte die Abweichung 1,7 K.

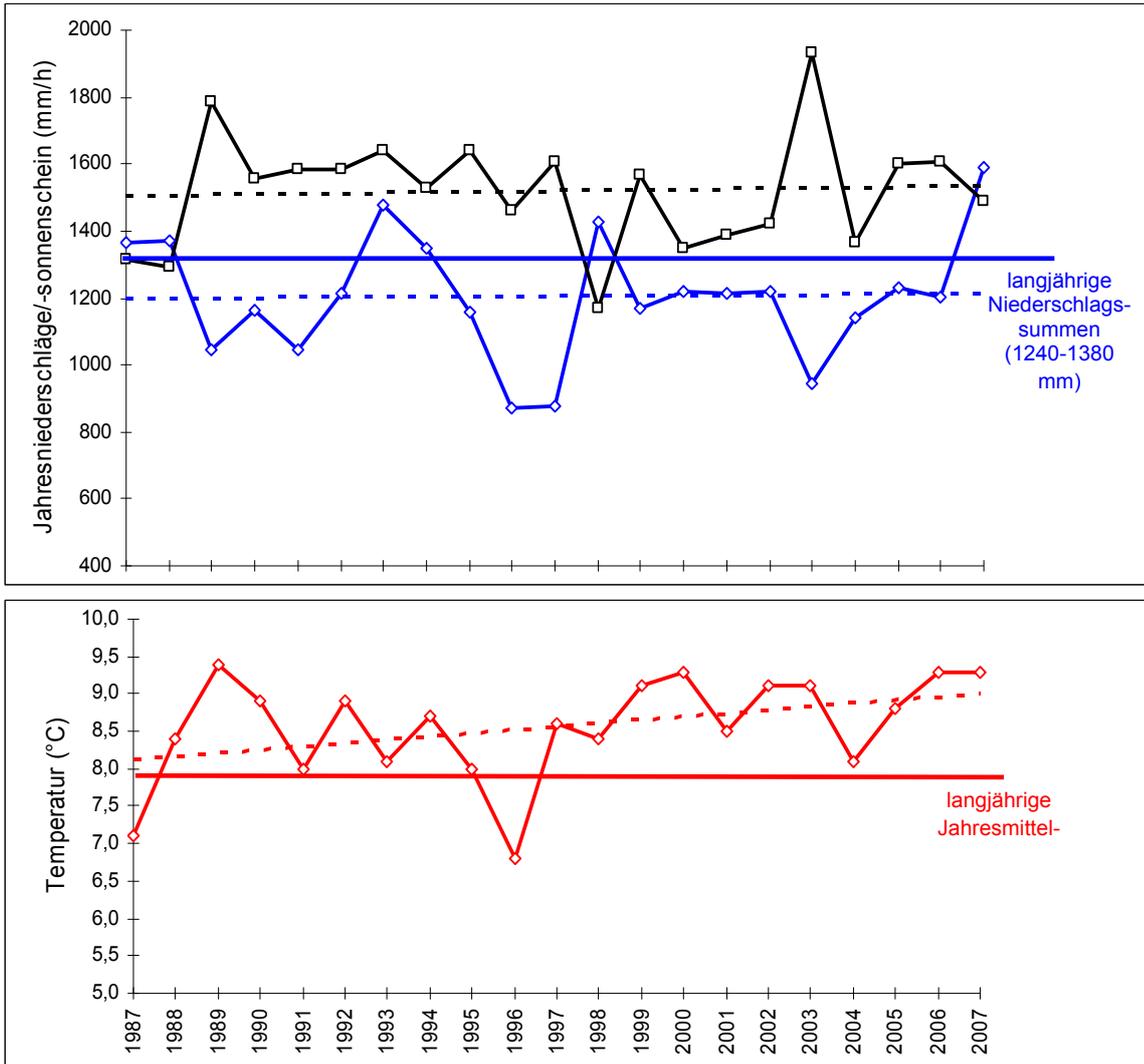
Die Abweichungen der Sonnenscheindauer und des Niederschlags waren nicht einheitlich. Die Jahressonnenscheindauer lag insbesondere in der ersten Hälfte der 1990er Jahre sowie in den Jahren 1997, 1999, 2003, 2005 und 2006 deutlich über dem langjährigen Mittel (1 446 h). Das Jahr 2003 wies mit 1 926 h Sonnenschein einen um mehr als 30 % höheren Wert als das langjährige Mittel auf und war gleichzeitig das Jahr mit der längsten Sonnenscheindauer im gesamten Untersuchungszeitraum. Die Jahre 1998, 2000 bis 2002, 2004 und 2010 waren hingegen von einer deutlich geringeren Sonnenscheindauer geprägt. Mit nur 1 180 h lag der Wert 1998 um mehr als 10 % unter dem langjährigen Mittel und erreichte den niedrigsten Wert aller Untersuchungsjahre. Die Abweichungen der Jahresniederschlagssummen weisen die Jahre 1991, 1996, 1997, 2003, 2006 und 2008 als sehr niederschlagsarme Jahre aus. Mit etwa 700 mm lag der Wert 1991 um mehr als 20 % unter dem langjährigen Mittel (914 mm) und erreichte somit das Minimum für den betrachteten Zeitraum. Niederschlagsreiche Jahre hingegen waren 1998, 2002 und 2007, in denen die Jahressummen jeweils mehr als 25 % über dem Mittel lagen. Mit 1 230 mm und etwas mehr als 30 % Abweichung war 2007 das nasseste Jahr im Betrachtungszeitraum, wobei vor allem im Sommer und Herbst sehr hohe Niederschlagsmengen auftraten.

Geringe Niederschlagsmengen im Frühjahr traten sowohl in den 1990er (1991, 1993, 1996 und 1997) als auch in den Jahren ab 2000 (2003, 2004 und 2008 bis 2010) mehrfach auf. Zunehmende Niederschlagsdefizite im Frühjahr wurden dabei insbesondere ab 2003 beobachtet, da die geringen Niederschlagsmengen vor allem in den Monaten März und April mit hohen Temperaturen und somit einer hohen Evapotranspiration einhergingen. Dies betraf vor allem das Jahr 2007, als die Frühjahrstemperaturen mehr als 4 K über dem langjährigen Durchschnitt lagen.



**Abb. 2: Abweichung der Jahreszeiten- und Jahresmitteltemperaturen, der Jahreszeiten- und Jahresniederschlagssummen sowie der Jahreszeiten- und Jahressonnenscheindauer an der Klimastation Bad Lippspringe vom langjährigen Mittel (1961–1990) für den Zeitraum 1989 und 2010**

Hellgrau: Jahreswerte, dunkelgrau: Mittelwerte für die meteorologischen Jahreszeiten; langjährige Mittelwerte (1961–1990): Jahresdurchschnittstemperatur 8,9 °C, Jahresniederschlagssumme 914 mm und Jahressonnenscheindauer 1446 h (Originaldaten DEUTSCHER WETTERDIENST 2012).



**Abb. 3: Entwicklung der Temperatur, Niederschläge und Sonnenscheindauer in der Region Märkisches Sauerland (Wetterstation Lüdenscheid) in 20-jährigen Zeitraum von 1987 bis 2007. Während bei Niederschlägen und Sonnenscheindauer keine auffälligen Trendveränderungen zu beobachten sind, zeigen die die Temperaturen einen deutlichen Anstieg (gestrichelte Linie).**

## **2.2 Modellierung der Auswirkungen prognostizierter Klimaveränderungen auf die Populationen der Zielarten**

Anhand regionalisierter Klimamodelle (PIK) werden für unterschiedliche Szenarien die Auswirkungen prognostizierter Klimaveränderungen auf die lokalen Populationen der Zielarten modelliert. (vgl. Kap. 2.1. und 3.1.6). Unter Berücksichtigung der Management-Maßnahmen werden Aussterbewahrscheinlichkeiten der einzelnen Vorkommen berechnet (UFZ). Hierzu wurden zum einen die Temperatur-Nischen der Arten aus dem Klimarisikoatlas für Schmetterlinge (SETTELE et al. 2008) ausgewertet. Zum anderen wurden in ausgewählten Untersuchungsgebieten in unterschiedlicher Exposition und unterschiedlicher Vegetationsbedeckung über mehrere Tage andauernde mikroklimatische Temperaturmessungen durchgeführt (vgl. Kap. 2.1.5 und Kap. 3.2.3). Die kleinskaligen Änderungen der Temperaturen wurden dann in die großskaligen Informationen zu den Temperaturnischen der Arten und den projizierten Klimaveränderungen eingepasst. Da für die großskaligen Temperaturangaben nur Mittelwerte vorliegen, wurden auch die kleinskaligen Temperaturwerte gemittelt analysiert. Mit diesem Modellierungsansatz steht nunmehr ein Werkzeug zur Verfügung, mit dem die Gefährdung einzelner Vorkommen abgeschätzt werden kann und welches zur Prioritätensetzung von Schutzmaßnahmen geeignet ist.

### **2.2.1 Datengrundlagen zur Temperatur**

Im Klimarisikoatlas der europäischen Schmetterlinge (SETTELE et al. 2008) liegen die Verbreitungen der Arten in Europa auf einem 50 km × 50 km Raster vor. Für jedes dieser Rasterfelder liegen außerdem Temperaturen der Klimaperiode von 1971-2000 als Monats- und Jahresmittelwerte vor (MITCHELL et al. 2004). Auf der Grundlage aller klimatisch relevanten Faktoren, die für das Vorkommen einer Art notwendig sind, lässt sich die so genannte „Klimatische“ charakterisieren. Eine Voraussetzung dabei ist, dass alle notwendigen Klimaparameter gemessen bzw. berechnet wurden. Im vorliegenden Fall ist das nicht der Fall, sodass die Betrachtungen auf die Temperaturnische beschränkt werden.

In ausgewählten Untersuchungsgebieten wurden an ausgewählten Standorten über einige Tage hinweg Temperatur-Mikrobuttons exponiert und die erhobenen Daten ausgewertet. Aus den Messwerten wurde für jeden einzelnen Standort der Temperaturmittelwert errechnet und mit der modellierten mittleren Frühlings- bzw. Sommertemperatur aus Beobachtungsdaten der Klimaperiode (1971-2000) und verschiedenen Klimaszenarien verglichen. Die Szenarien stammen aus dem EU-Projekt ALARM (SETTELE et al. 2005) für das Jahr 2080 (Mittelwerte 2051-2080) (FRONZEK et al. 2012, SPANGENBERG et al. 2012) und werden in Tab. 3 kurz charakterisiert (vgl. auch POMPE et al. 2011).

Tab. 3: Bei den Modellierungen berücksichtigte Szenarien

Szenario	Beschreibung
<b>SEDG</b> <b>Sustainable European Development Goal</b>	In diesem Szenario wird die Nachhaltigkeit in Sozio-Ökonomie, Energie- und Umweltpolitik berücksichtigt. Mit dem Ziel einer gesunden Umwelt wird die Stabilisierung der „Treibhausgas“-Emissionen fokussiert. In SEDG (ca. +2 °C) dient das IPCC SRES-Emissionsszenario B1 (HadCM3, Modell des Hadley Centers) als Grundlage für die Simulation klimatischer Veränderungen.
<b>BAMBU</b> <b>Business As Might Be Usual</b>	Dieses Szenario beruht auf der Fortführung aktueller politischer Strategien und Entscheidungen, die auf europäischer Ebene schon getroffen aber national gegenwärtig nicht unbedingt implementiert sind. Politische Ziele sind u.a. Deregulierung und freier Handel. Umweltpolitik wird als technologische Herausforderung gesehen. Der Erhalt der Artenvielfalt fokussiert auf den Schutz von Flächen (u.a. Natura 2000). In BAMBU (ca. +3 °C) dient das IPCC SRES-Emissionsszenario A2 (HadCM3) als Grundlage für die Simulation klimatischer Änderungen.
<b>GRAS</b> <b>Growth Applied Strategy</b>	Dieses Szenario ist durch ökonomischen Liberalismus gekennzeichnet. Deregulierung, freier Handel, Wachstum und Globalisierung sind dabei unterstellte Ziele politischer Entscheidungen. Die Umweltpolitik handelt reaktiv und nicht im Sinne des Vorsorgeprinzips. Artenvielfalt ist kein Schwerpunkt in der Umweltpolitik. In GRAS (ca. +4°C) fußen die Projektionen klimabedingter Veränderungen auf dem IPCC SRES-Emissionsszenario A1FI (HadCM3).

### 2.2.2 Statistische Analysen

Für den Vergleich der Temperaturmittelwerte in unterschiedlicher Exposition und Vegetationshöhe wurden Varianzanalysen der linearen Prädiktoren sowie der Interaktionen gewählt und nach Irrtumswahrscheinlichkeit vereinfacht. Die im Modell verbliebenen Werte wurden nach Tukey's Honest Significantly Differences verglichen. Schließlich wurden die ermittelten Unterschiede in die Temperaturnischen der Arten eingepasst und ggf. von den projizierten Szenarienwerten abgezogen, um zu sehen, inwiefern die projizierten Temperaturen unter Managementmaßnahmen noch im Bereich der Temperaturnischen der Arten liegen. Auf Grund der zeitlich eingeschränkten Mikrotemperaturmessungen und v.a. aufgrund fehlender weiterer Klimaparameter war es nicht möglich, herkömmliche Artverbreitungsmodelle (KÜHN et al. 2009) zu berechnen bzw. die von SETTELE et al. (2008) berechneten Modelle zu verwenden. Hierzu wurden daher ausschließlich die zu Grunde liegenden Temperaturdaten benutzt.

## **2.3 Entwicklung und Umsetzung von Managementmaßnahmen für die ausgewählten Zielarten als Beispiele für besonders vom Klimawandel betroffene Tagfalterarten**

Ziel des Managements ist es, Auswirkungen des Klimawandels durch Bereitstellung kleinklimatisch vergleichbarer Lebensräume im Sinne der relativen Standortkonstanz zu kompensieren. Dazu sollen den Lebensgemeinschaften Ausweichlebensräume mit vergleichbaren klimatischen Verhältnissen bereitgestellt werden. Diese Ausweichlebensräume müssen durch entsprechende Managementmaßnahmen in den kommenden Jahren entwickelt werden. So können z. B. nordexponierte Kalkmagerrasen als Lebensraum für Lebensgemeinschaften entwickelt werden, denen an südexponierten Hängen durch Folgen des Klimawandels keine geeigneten Lebensräume mehr zur Verfügung stehen. Ebenso bietet sich die Entwicklung halboffener Weidelandschaften an, da beschattende Strukturen einen signifikanten Einfluß auf den Temperaturverlauf nehmen können (vgl. Kap. 3.3).

Dabei ist für die Schmetterlingszönosen zu berücksichtigen, dass die Ausweichlebensräume sowohl für die Falter- als auch für die Raupenfraßpflanzen erreichbar sein müssen. Dies kann gewährleistet werden, wenn die zur Zeit besiedelten Bereiche und die Ausweichlebensräume in einem räumlichen und funktionellen Kontext stehen – entweder durch räumliche Nähe oder aufgrund entsprechender Verbindungsstrukturen („Biotopverbund“). Dies wurde bei der Durchführung der Managementmaßnahmen weitgehend berücksichtigt.

### **2.3.1 Umsetzung von Maßnahmen für *B. aquilonaris* und *B. ino* in der Region Märkisches Sauerland**

#### **a) Maßnahmen in den von *B. aquilonaris* bewohnten Übergangsmooren (Population „Auf dem Roten Schlote“)**

Im Februar 2009 wurde eine ca. 2000 m<sup>2</sup> große Gehölzinsel in der Mitte des Gebietes, die für den Wasserhaushalt die Beschattung des Feuchtheide- und Moorkomplexes problematisch war, komplett abgesägt. Das Holz wurde aus dem Gebiet abtransportiert. Die auf einer Fläche von 2 ha vereinzelt stehenden Fichten (bis 4 m hoch) wurden ebenfalls entnommen. Am Nordrand des Gebietes befand sich noch eine ca. 1500 Quadratmeter große Fichtenfläche. Auch auf dieser Fläche wurden die Fichten zu Gänze entfernt. Das Reisig wurde nach Trocknung in 2010 zu Hackschnitzeln geschreddert und energetisch verwertet. Diese Teilfläche soll sich dann ebenfalls zu einer Heidemoor-Fläche entwickeln.

Im April 2009 wurde mit Hilfe eines kleinen Baggers zunächst eine Teilfläche von ca. 600 m<sup>2</sup> abgeplaggt (Entfernung des ca. 5 cm starken humosen Oberbodens) (Abb. 4). Das Material wurde dann mit Schlepper und Anhänger in 200 m Entfernung entlang eines Weges in die Böschung eingebaut. Da immer die gleiche Strecke zur Abfuhr verwendet werden musste, zeigten sich nach ca. 20 Fahren verstärkt Spuren im Gelände, so dass die Maßnahme dann unterbrochen werden musste. Im Juni wurde

dann bei der Fortsetzung dieser Maßnahme der Schlepper mit Anhänger durch einen Ketten-Dumper ersetzt. Ein solches Gerät stellt quasi eine große Schubkarre mit zwei motorgetriebenen Kettenlaufwerken dar. Der Bodendruck ist damit pro Flächeneinheit wesentlich geringer. Mit dieser Änderung konnte dann die Maßnahme auf weiteren 500 m<sup>2</sup> erfolgreich durchgeführt werden.

Im August 2009 ist eine zweite Teilfläche in gleicher Weise geplaggt worden. Diese Teilfläche war wesentlich schwerer zugänglich, so dass Bagger und Ketten-Dumper größere Strecken über empfindliche Moorböden zurücklegen mussten, was die Maßnahmendurchführung erheblich verlängert hat. Insgesamt sind so ca. 1100 m<sup>2</sup> verbrachte Feuchtheide und Heidemoorfläche geplaggt worden (Abb. 5). Auf dem nun vegetationslosen, sehr nährstoffarmen Rohboden sollen sich in den wechselfeuchten Bereichen Pflanzengesellschaften der Feuchtheide mit den für *Boloria aquilonaris* wichtigen Nektarpflanzen Glockenheide (*Erica tetralix*) und Moorlilie (*Narthecium ossifragum*) einstellen. Die Breichen mit anstehendem, vegetationslosem und sehr nassem Torf sollen u.a. von Torfmoosrasen mit Moosbeere (*Oxycoccus palustris*) besiedelt werden, so dass das Larvalhabitat von *B. aquilonaris* vergrößert wird (siehe Kap 3.1.5).



Abb. 4: „Plaggen“ der verbrachten Feuchtheide- und Heidemoorbereiche



**Abb. 5:** Insgesamt wurden ca. 1100 m<sup>2</sup> verbrachte Heidefläche geplaggt

**b) Maßnahmen in den von *B. ino* bewohnten Niedermoor- und Feuchtbrachenflächen**

Von 2008 bis inklusive 2011 sind die Flächen in den drei Populationen von *Brenthis ino* gemäht worden (Abb. 6). da die Maßnahmendurchführung in den extrem nassen Niedermooren auf länger anhaltender Trockenperioden angewiesen sind, schwankte der Zeitraum der Durchführung in den Jahren zwischen Juli und Ende September. Da angefallene, überwiegend aus Mädesüß (*Filipendula ulmaria*) bestehende Mähgut wurde immer im gleichen Jahr noch von der Fläche gereicht und abgefahren.



**Abb. 6: Mahd der Mädesüß-Flur in der Fläche im Listertal**

### **2.3.2 Umsetzung von Maßnahmen im Bereich der Kalk-Halbtrockenrasen in der Region Weserbergland**

Ansteigende Durchschnitts- und Extremtemperaturen und Verschiebungen bei der Niederschlagsverteilung sowie zunehmend milde und feuchte Winter dürften für die Schmetterlingsarten der Kalk-Halbtrockenrasen von besonderer Relevanz sein. Im Rahmen einer Anpassungsstrategie wurden deshalb vorrangig Maßnahmen vorgesehen und umgesetzt, die geeignet erscheinen, diese Auswirkungen zumindest teilweise abzumildern.

Um die Auswirkungen des Temperaturanstiegs sowie von extremen Temperaturereignissen zu kompensieren, wurden in ausgewählten Schutzgebieten weniger extreme Ausweichlebensräume z.B. in Ost- oder Nordexposition oder in Plateaulagen bereitgestellt. Dies geschah z.T. durch Entbuschungen, z.T. durch die Wegnahme von Barrieren. Weiterhin wurden an Süd- und Westhängen durch Entbuschungen unter Erhalt von solitären Bäumen bzw. Gebüschern halboffene Lebensräume entwickelt. Durch die verminderte Sonneneinstrahlung und z.T. tiefgründigeren Böden in den Ausweichlebensräumen ist davon auszugehen, dass es dort auch seltener zu angespannten Bodenwasserverhältnissen kommt. Um die Atlantisierung des Klimas zu kompensieren, sind die Maßnahmen allerdings nicht geeignet.

Mit einer Ausnahme (Räuschenberg) wurden die Maßnahmen in den Gebieten umgesetzt, in denen die beiden Zielarten aktuell tatsächlich vorkommen. Das am Räuschenberg Anpassungsmaßnahmen durchgeführt wurden ist dem Umstand geschuldet, dass dort flächige Alt-Weißdornbestände vorkommen, die die Möglichkeit bieten, eine savannenartige Landschaft zu entwickeln, die nicht nur Ausweislebensraum für Falter bietet sondern auch von einem besonderen ästhetischen Reiz ist. Ein Punkt, der bei der Umsetzung von Maßnahmen von großer Bedeutung sein kann (= Akzeptanzsteigerung) (vgl. Abb. 7). Die Maßnahmen wurden wie im Projektantrag vorgesehen umgesetzt (vgl. Tab. 4).



**Abb. 7: Partiiell entbuschte Bereiche im NSG „Räuschenberg“, stellenweise wurden schattenspendende Weißdorngebüsch belassen (links) (Foto: B. Beinlich)**



Abb. 8: Im Winterhalbjahr 2009-2010 aufgelichtete Kieferbestände im NSG Stockberg bei Ottbergen (Foto: B. Beinlich)

Tab. 4: Im Projektzeitraum durchgeführte biotopoptimierende Maßnahmen

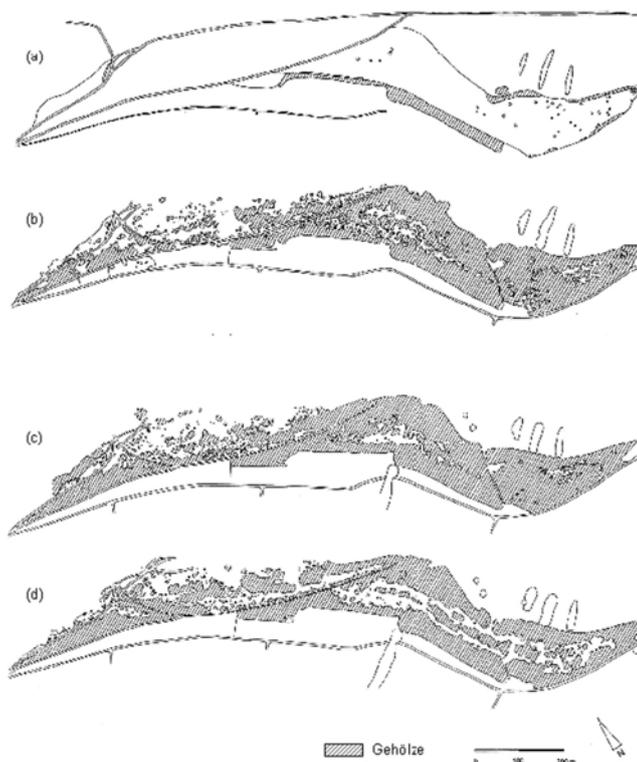
Gebiet	Maßnahme	Fläche
Räuschenberg	Entbuschung mit Erhalt von Schattbäumen	5.000 m <sup>2</sup>
Kalkmagerrasen bei Ottbergen	Entbuschung unter Belassung von solitären Bäumen und Entwicklung von Magerrasen in Nordwest- und Nordlagen	17.000 m <sup>2</sup>
Stockberg	Auflichtung eines Kiefernwaldes	5.000 m <sup>2</sup>
Kalktriften bei Willebadessen	Entbuschung unter Belassung von solitären Bäumen	10.000 m <sup>2</sup>
Kalkmagerrasen bei Calenberg	Entbuschung unter Belassung von solitären Bäumen	3.000 m <sup>2</sup>
Schwiemelkopf	Entbuschung unter Belassung von solitären Bäumen	2.000 m <sup>2</sup>

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Regionaler Faunenwandel

##### 3.1.1 Nutzungsgeschichte der Gebiete mit langjährigen Tagfaltererfassungen

Da sich die Vegetation und die Strukturen einiger Gebiete in der Region Weserbergland in den letzten zwei Jahrzehnten zum Teil erheblich verändert haben, sind Veränderungen in der Tagfalterfauna in diesen Gebieten in erheblichem Maße auf diese Entwicklungen zurückzuführen. Dies bezieht sich nicht nur auf den Grad der Verbuschung, sondern auch auf die Art und Intensität der Nutzung (z.B. fehlende Nutzung, Rinder- oder Schafbeweidung). Solche Veränderungen zeigt Abb. 9 für das NSG „Räuschenberg“ bei Brenkhausen.



**Abb. 9: Gehölzentwicklung im NSG „Räuschenberg“ (nach KNÄLMANN 1996)**

- (a) Das Untersuchungsgebiet (UG) etwa 1960, kurz nach Aufgabe der Beweidung. Kartengrundlage: Luftbilder von etwa 1960.
- (b) Das UG 1981. Große Flächen sind bereits verbuscht.
- (c) Das UG 1987. Der östliche Teil ist fast vollständig verbuscht. Kartengrundlage: Luftbilder 1:5000, Bildflug Oktober 1987, Brenkhausen 4122/26, Nachtigall 4122/27.
- (d) Das UG 1993. Seit 1988 Entbuschungsmaßnahmen, Schlagen von Schneisen v.a. im östlichen Teil, Wiederaufnahme der Beweidung. Kartengrundlage: Luftbilder 1:5000, Bildflug Mai 1993, Brenkhausen 4122/26, Nachtigall 4122/27. Heute sind die Gebüsche in den zentralen Bereichen fast völlig zurückgedrängt und die Fläche der Kalk-Halbtrockenrasen hat sich seit Ende der 80er Jahre vervielfacht (ohne Abbildung).

Für die Gebiete, aus denen Ergebnisse langjähriger Tagfaltererfassungen vorliegen, ist die Nutzungsgeschichte in Tab. 5 dargestellt.

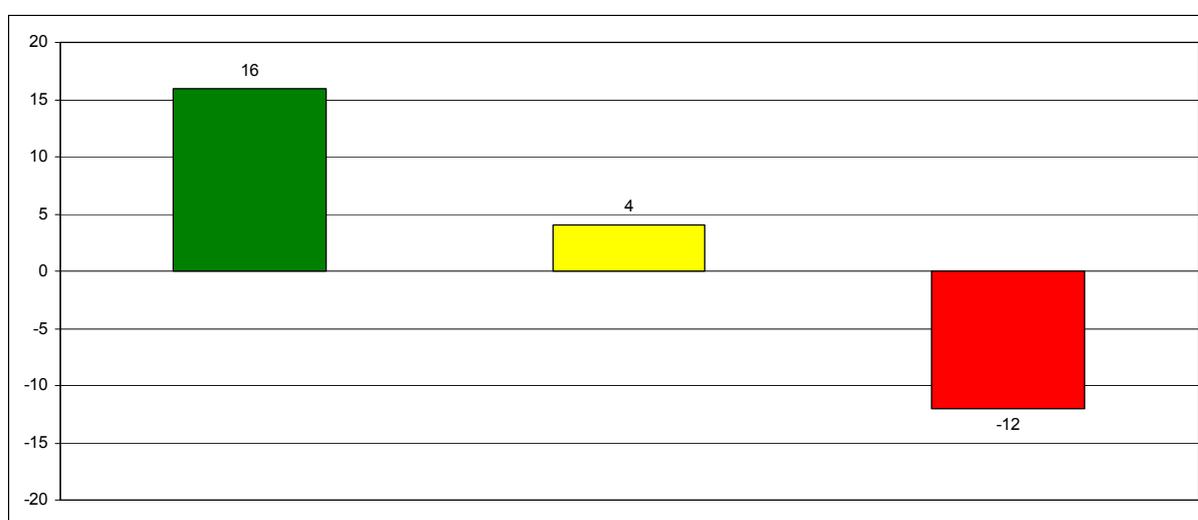
**Tab. 5: Übersicht über die Nutzungsgeschichte der Gebiete mit langjährigen Tagfaltererfassungen für den Zeitraum ab 1960**

Die Gebiete, für die in den letzten Jahrzehnten eine Nutzungskontinuität dokumentiert ist, sind dunkelgrau hinterlegt. Die Gebiete, in denen es nur zu geringen strukturellen bzw. Nutzungsänderungen gekommen ist, sind hellgrau gekennzeichnet.

Gebiet	Nutzungsgeschichte
NSG „Kalktriften bei Willebadessen“ – Teilfläche „Selle“	Nutzungskontinuität seit mindestens 30 Jahren.
NSG „Kalktriften bei Willebadessen“ – Teilfläche „Gerlan“	Seit 2000 größere Entbuschungsmaßnahmen. Die Strukturen der Kalk-Halbtrockenrasen haben sich aber wenig verändert.
NSG „Kalktriften bei Willebadessen“ – restliche Flächen	Auf weiteren Teilflächen seit 2000 umfangreiche Entbuschungsmaßnahmen. Viele Jahrzehnte brachliegende Flächen seitdem wieder beweidet.
NSG „Sieben Quellen“	Seit ca. 40 Jahren nicht mehr genutzt, in unregelmäßigen Abständen mechanische Pflege.
NSG „Kuhkamp“	Seit mindestens 30 Jahren nicht mehr genutzt, mehr oder weniger regelmäßige Pflege (Mulchmähd im Winterhalbjahr).
NSG „Hellberg-Scheffelberg“	Nach langer Brachezeit seit 1989 wieder in Nutzung (Schafbeweidung), Entbuschungen regelmäßig in kleinerem Umfang.
NSG „Iberg“	Nutzungskontinuität seit vielen Jahrzehnten.
NSG „Weldaer Berg“	Nutzungskontinuität seit vielen Jahrzehnten.
NSG „Kalkmagerrasen bei Dalheim“ – Teilfläche „Kalkberg“	Nutzungswechsel von Rinder- auf Schafbeweidung in den Jahren 1990 / 1991. Seit 2003 Entbuschungen auf größeren Flächen.
NSG „Kalkmagerrasen bei Dalheim“ – Teilfläche „Am Fließbach“	Seit Mitte der 1980er Jahre mit Schafen beweidet, vorher längere Brachezeiten.
NSG „Krähenberg“	Nutzungskontinuität seit vielen Jahrzehnten.
NSG „Kalkmagerrasen bei Ottbergen“ – Teilfläche „Gräunenberg“	Nutzungskontinuität seit vielen Jahrzehnten.
NSG „Kalkmagerrasen bei Ottbergen“ – Teilfläche „Mühlenberg“	Nutzungswechsel von Rinder- auf Schafbeweidung im Jahr 1989.
NSG „Kalkmagerrasen bei Ottbergen“ – Teilfläche „Kahlenberg“	Bis 1988 über viele Jahre brachliegend, seitdem wieder mit Schafen beweidet. Entbuschungsmaßnahmen in kleinerem Umfang.
NSG „Stockberg“	Bis 1990 brachliegend, danach Wiederaufnahme der Beweidung. Nutzungsphasen immer wieder von Brachephasen unterbrochen.
NSG „Räuschenberg“	Über lange Zeiträume brachliegend und weitgehend verbuscht. Seit Anfang der 1990er Jahre umfangreiche Entbuschungen und sukzessive Wiederaufnahme der Schafbeweidung (vgl. Abb. 9).

Eine an der HS OWL angefertigte Diplomarbeit (OVERHOFF 2009) hatte zum Ziel, durch den Vergleich von Vegetationsaufnahmen aus dem Zeitraum von 1989 bis 2009 mögliche Veränderungen in der Vegetationszusammensetzung aufzuzeigen und deren Ursachen zu diskutieren. Hierzu wurde die Vegetation in insgesamt 32 vorhandene Dauerquadrate in 15 Gebieten im Rahmen der Arbeit erneut aufgenommen und ausgewertet.

Hierbei konnte eine Zunahme trockenheitsertagender oder wärmeliebender Arten nicht belegt werden. Klimainduzierte Veränderungen konnten somit bislang nicht dokumentiert werden. Auffällig ist hingegen die Zunahme der mittleren Zeigerwerte für Stickstoff. In 16 Dauerquadraten haben sie zugenommen, in vier sind sie gleich geblieben und in 12 Quadraten haben sie abgenommen (vgl. Abb. 10).



**Abb. 10: Anzahl der Dauerquadrate mit Zu- oder Abnahme der mittleren Zeigerwerte für Stickstoff (N=32, grün: Zunahme, gelb: keine Veränderung, rot: Abnahme)**

Aktuell weisen 13 Dauerquadrate mittlere Stickstoffzahlen von unter 3 auf, 19 hingegen zeigen Stickstoffzahlen von mehr als 3. Nach ELLENBERG (1996) liegen die mittleren Stickstoff-Zeigerwerte für Halbtrockenrasen zwischen 2 und 3. Der größere Teil der untersuchten Flächen zeigt somit bereits Werte, die über diesem Bereich liegen. Zurückzuführen ist dies vor allem auf zwei Entwicklungen. Zum einen wird Stickstoff in den letzten Jahrzehnten verstärkt aus der Luft eingetragen, zum anderen wird die zum Erhalt der Kalk-Halbtrockenrasen notwendige Beweidung zunehmend in Koppelhaltung durchgeführt. Eine Aushagerung der Flächen wie im Rahmen der Hüte- oder Wanderschafthaltung findet somit nicht mehr statt.

Die in der Arbeit nachgewiesene zunehmende Vergrasung der untersuchten Kalk-Halbtrockenrasen u.a. mit *Holcus lanatus* dürfte eine Folge dieser Entwicklungen sein. Auch die aus Naturschutzsicht problematische Ausbreitung von *Calamagrostis epigeios* dürfte zumindest zum Teil hierauf zurückzuführen sein.

Die bessere Stickstoffversorgung führt mittel- bis langfristig zur Verdrängung der konkurrenzschwachen „Hungerkünstler“ und bedingt eine mikroklimatische Abkühlung. Denn eine frühere Vegetationsentwicklung führt in Kombination mit erhöhten Stockstoffeinträgen zu einem früheren und schnelleren Biomasseaufwuchs. Hierdurch wird die gut erwärmende Streu schnell vom frischen, „kühleren“ Grün überwachsen (WALLISDEVRIES & VAN SWAAY 2006). Weiterhin führt die höherwüchsige Vegetation zum Verlust an offenen Bodenstellen, die ebenfalls Voraussetzung für das Vorkommen einiger Schmetterlingsarten wie z.B. *Lasiommata megera* ist.

### 3.1.2 Langzeitmonitoring mit Transekterfassungen

Die Analyse der Daten zur Abundanz der Tagfalter und Widderchen aus dem NSG „Kalktriften bei Willebadessen“ (vgl. Abb. 11) ergab für 8 Arten auf 5 %-Niveau ( $p \leq 0,05$ ) signifikante Trends. Von diesen waren 6 negativ (*Carterocephalus palaemon*, *Anthocharis cardamines*, *Cupido minimus*, *Melitaea aurelia*, *Coenonympha arcania* und *Zygaena purpuralis*). Auf 10 %-Niveau wiesen sogar 16 Arten signifikante Trends auf, von denen 14 negativ waren (vgl. Tab. 6). Lediglich *Leptidea sinapis* und *Limenites camilla* nahmen signifikant zu, wobei die Reihe der jährlichen Abundanzwerte bei letzterem jedoch zeitlich autokorreliert waren (vgl. Tab. 6). Auch für den Kreuzenzian-Ameisenbläuling (*Phengaris (Maculinea) rebeli*), eine der Zielarten im Projekt (vgl. Kap. 3.1.6), deutet sich eine Abnahme an (vgl. Abb. 11), doch war der Trend nicht signifikant. Wie bei dieser Art zeigten auch viele andere Arten aufgrund ihrer großen Abundanzschwankungen keine signifikanten Trends.

Im Märkischen Sauerland sind auf Basis der Transektdaten seit 2000 zwei Arten auf 5 %-Niveau ( $p \leq 0,05$ ) signifikant zurückgegangen (*P. semiargus*, *S. w-album*, vgl. Tab. 5), andere Arten sind ebenfalls rückläufig, allerdings nicht signifikant (z.B. *B. aquilonaris*, vgl. Abb. 5). Dagegen zeigten 6 Arten signifikante Zunahmen (z.B. *A. paphia*, *A. iris*, *L. tityrus*, *S. pruni*). Bei 10 Arten (z.B. *B. ino*, *N. c-album*, *A. levana*, *C. argiolus*, *L. phlaeas*) ergaben sich aufgrund der beträchtlichen Abundanzschwankungen keine signifikanten Trends (vgl. Abb. 12 und Tab. 5).

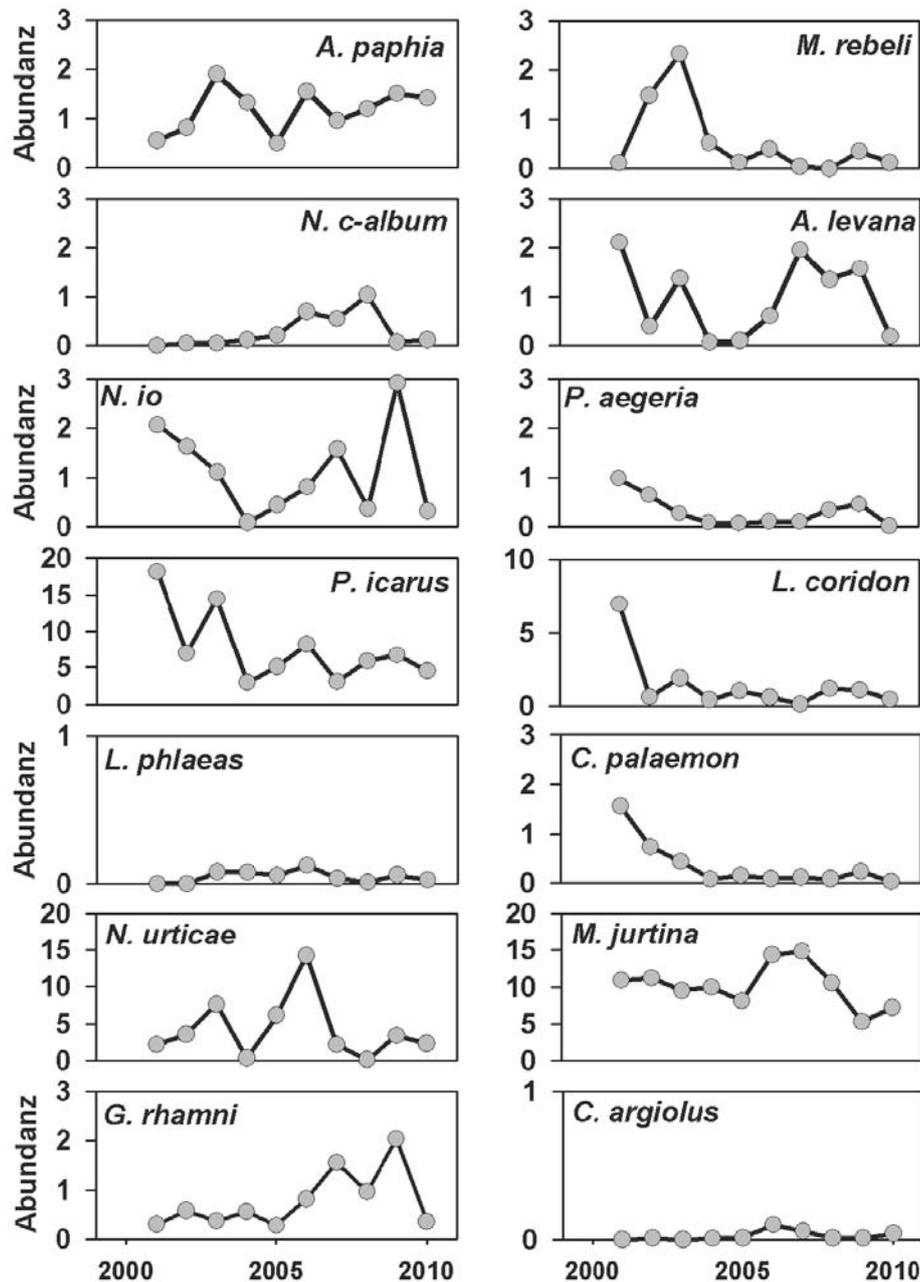


Abb. 11: Schwankungen der Abundanz (Individuen je 200 m Transektlänge) auf den acht im NSG „Kalktriften bei Willebadessen“ zwischen 2001 und 2010 untersuchten Transekten

In der Untersuchungsregion Weserbergland sind in einigen Gebieten die dokumentierten Bestandsrückgänge auf Änderungen im Lebensraum zurückzuführen. Während im Bereich der für die statistische Überprüfung zugrunde gelegten Transektabschnitte im NSG „Kalktriften bei Willebadessen“ im betrachteten Zeitraum keine offensichtlichen Veränderungen stattgefunden haben, sind in anderen Gebieten dokumentierte Bestandsrückgänge auf Änderungen im Lebensraum zurückzuführen. Abb. 13 zeigt solche Rückgänge am Beispiel von *Erynnis tages*. Im NSG „Iberg“, in dem seit den 1990er Jahren eine kontinuierliche Nutzung durch Beweidung stattfindet, veränderten sich die Bestandsdichten der Art nicht wesentlich. Im NSG „Räuschenberg“ hingegen nahmen die Bestände vor allem in den 1990er Jahren stark ab. In diesem

Zeitraum verbuschten weite Teile der noch erhaltenen Kalkmagerrasen. Seit Mitte der 1990er Jahre wurden umfangreiche Entbuschungsmaßnahmen durchgeführt und die Beweidung wieder aufgenommen. Seitdem ist eine leichte Erholung der Bestände zu beobachten.

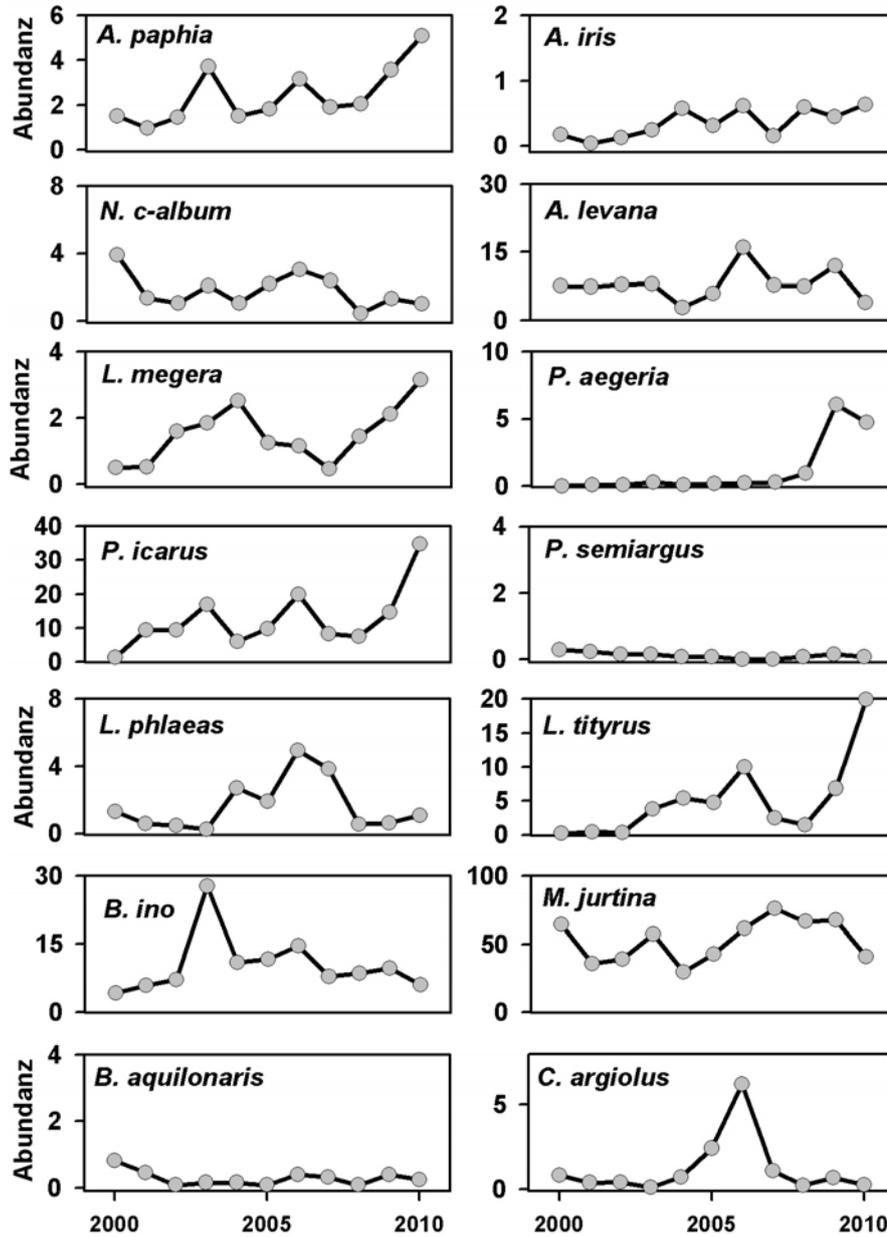
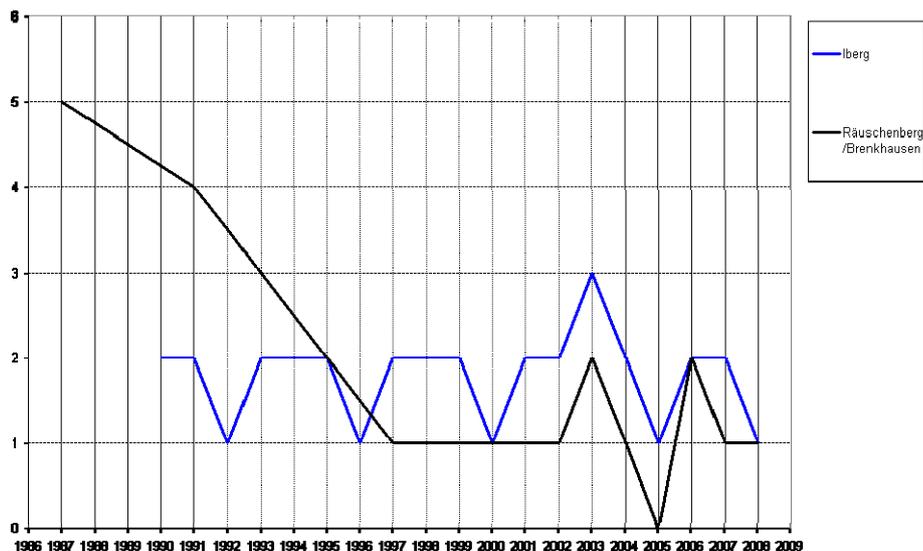


Abb. 12: Schwankungen der Abundanz (Individuen je 200 m Transektlänge) auf den 23 Transekten in der Untersuchungsregion Märkisches Sauerland zwischen 2000 und 2010



**Abb. 13: Entwicklung der Bestände von *Erynnis tages* in den NSG „Iberg“ und „Räuschenberg“**

Die Bestandsdichten sind in den Größenklassen 1 (1-3 Tiere) bis 5 (mehr als 50 Tiere) angegeben.

Auf die Bestandsentwicklungen von einigen ausgewählten Arten soll näher eingegangen werden. Die Bläulingsart *Aricia agestis* nutzt neben dem Sonnenröschen (*Helianthemum nummularium*) verschiedene weiter verbreitete Storchschnabelarten (*Geranium* spp.) als Raupenfutterpflanze. Dies ermöglichte es dem Falter, sich vermutlich klimainduziert (vgl. FARTMANN et al. 2002) im Laufe der letzten zehn Jahre nahezu auf das gesamte Kreisgebiet auszubreiten. Neben der Stetigkeit nahmen auch die maximal beobachteten Individuenzahlen auf zahlreichen Transektabschnitten insbesondere ab 2008 deutlich zu (vgl. Abb. 14).

Auch die Zielart *Polyommatus coridon* zeigt Ausbreitungstendenzen. Ihm gelingt es aber im Gegensatz zu *A. agestis* offensichtlich nicht, sich in den neu besiedelten Lebensräumen zu etablieren. Der Grund dürfte sein, dass dort seine Raupenfutterpflanze, der Hufeisenklee (*Hippocrepis comosa*), fehlt. Diese Pflanze ist auf die Kalkmagerrasen des südlichen Kreisgebietes beschränkt. Die Ergebnisse des seit 2001 durchgeführten Monitorings auf den Kalktriften bei Willebadessen deuten darauf hin, dass die Vorstöße vom Klima induziert sein könnten (vgl. Abb. 15). So zeigte die Art im trocken-heißen Sommer des Jahres 2003 auf fast allen untersuchten Transektabschnitten die maximalen Individuendichten für den gesamten Untersuchungszeitraum 2001 bis 2011.

Ähnlich wie der Bläulingsart *A. agestis* ist es auch dem Fleckenfalter *Melitaea aurelia* gelungen, seit Ende der 1980er Jahre sein Verbreitungsgebiet nach Norden hin zu erweitern (PÄHLER & DUDLER 2010) (vgl. Abb. 14). Auch hier dürften klimatische Gründe eine Rolle für die Arealerweiterung gespielt haben.

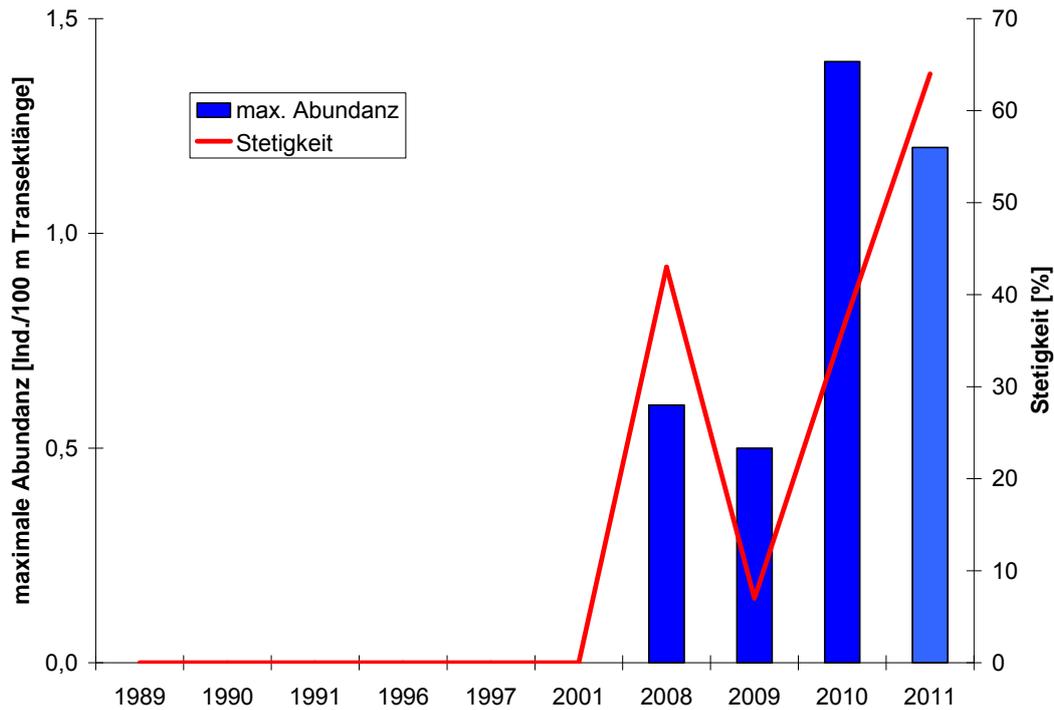


Abb. 14: Maximale Abundanzen und Stetigkeit für *Aricia agestis* auf 14 Transektabschnitten der Kalkmagerrasen im Kreis Höxter zwischen 1989 und 2011

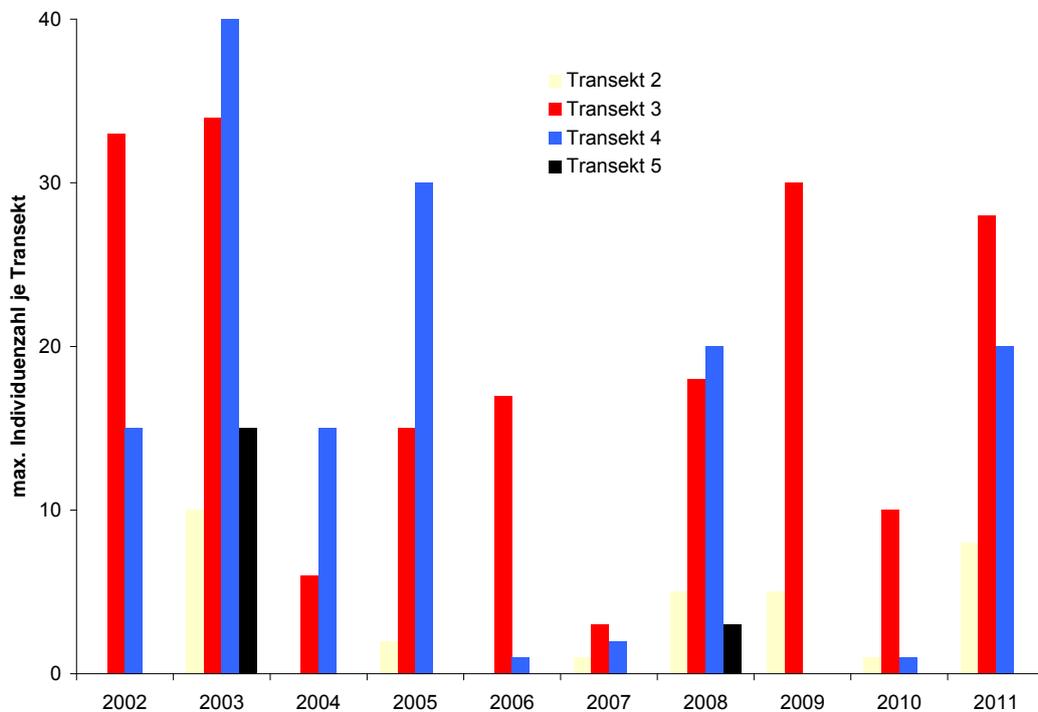
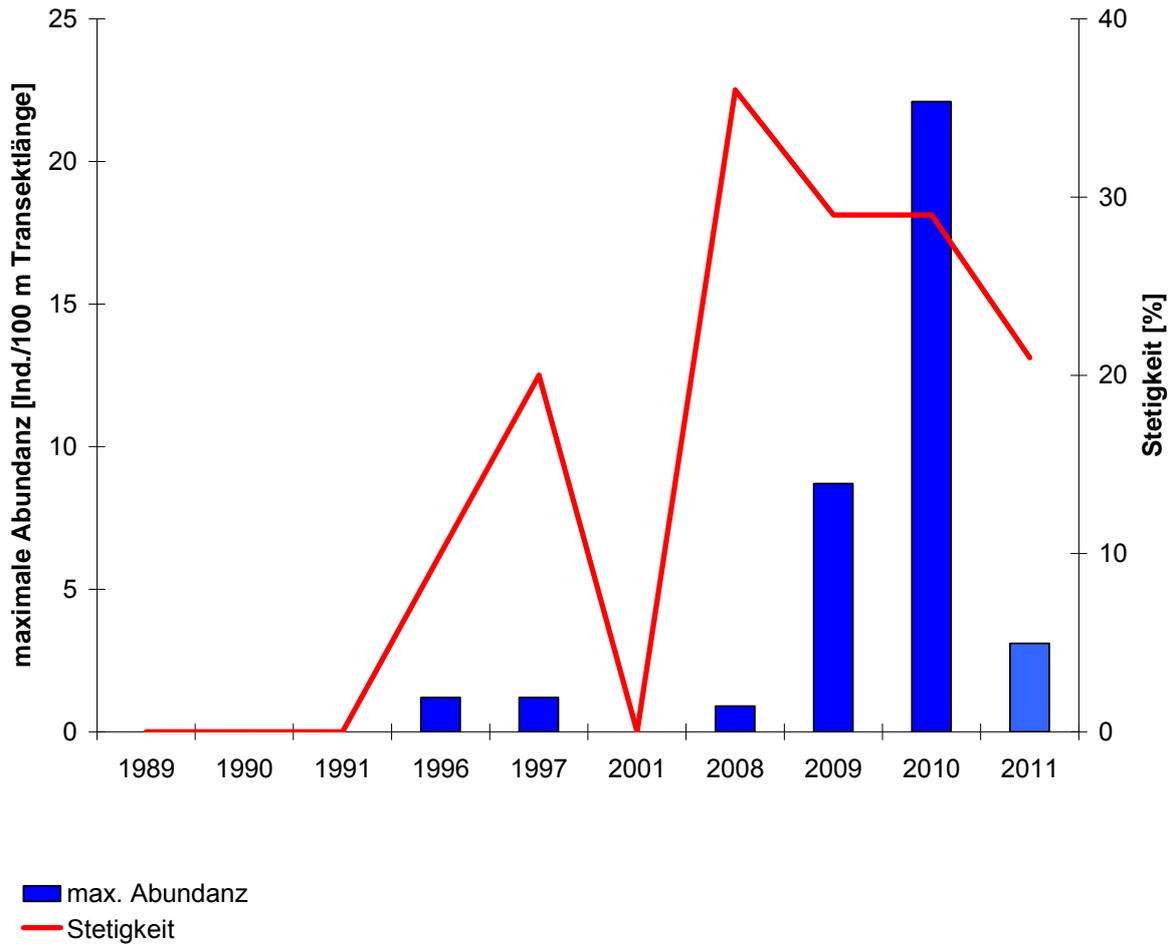


Abb. 15: Entwicklung der Bestände von *Polyommatus coridon* auf einigen Transekt-abschnitten im NSG „Kalktriften“ bei Willebadessen zwischen 2001 und 2011 (nach BIERMANN, unveröff.)



**Abb. 16 : Maximale Abundanzen und Stetigkeit für *Melitaea aurelia* auf 14 Transektabschnitten der Kalkmagerrasen im Kreis Höxter zwischen 1989 und 2011**

### 3.1.3 Klimainduzierte Veränderungen der Tagfalterabundanzen auf den Transekten

Nicht bei allen Arten mit signifikanten Trends in den Abundanzveränderungen konnten auch signifikante Korrelationen mit Klimavariablen festgestellt werden (Tab. 6). Umgekehrt konnten bei einigen Arten signifikante Korrelationen mit Klimavariablen gefunden werden, obwohl keine signifikanten Zu- oder Abnahmen vorhanden waren. In diesen Fällen werden die Abundanzen zwar von Klimavariablen beeinflusst, der Einfluss manifestiert sich bis jetzt jedoch offenbar nicht in einem Trend.

Andere Befunde ergeben jedoch eindeutigere Muster. Nicht unerwartet korreliert die Abundanzdynamik einiger Arten wie *Colias hylae/alfcariensis* positiv mit der Sommertemperatur. Überraschend sind jedoch bei relativ vielen Arten negative Korrelationen der Abundanzdynamik mit den Sommertemperaturen (*Anthocharis cardamines*, *Polyommatus coridon* – eine der Zielarten). Je höher also die Temperaturen von April bis September waren, desto seltener wurden diese Arten entlang der Transekte in den Kalk-Magerrasen beobachtet.

Die Abundanzdynamik vieler Arten zeigt signifikant negative Korrelationen mit den Niederschlagssummen im gleichen Sommer und vorangegangenen Winter bei der Mehrheit der Arten, unter ihnen z.B. *Erynnis tages*, *Carterocephalus palaemon*, *Cupido minimus*, *Aricia agestis* und *Coenonympha pamphilus*. Vor allem bei den Dickkopffaltern fiel der Einfluss der Niederschlagssummen auf. Dabei standen sechs negativen Korrelationen zwischen Abundanzdynamik und Niederschlägen lediglich zwei positive gegenüber (vgl. Tab. 6). Wie bei den univoltinen Zygaeniden werden bei den überwiegend univoltinen Dickkopffalterarten die Abundanzen negativ von den Niederschlagssummen des Vorjahres beeinflusst. Signifikante zeitliche Autokorrelationen ( $p \leq 0,05$ ) der Abundanzen mit denen des vorangegangenen Jahres konnten nur bei drei Arten festgestellt werden (vgl. Tab. 6).

**Tab. 6: Experteneinschätzung klimainduzierter Trends nach Behrens et al. (2009) sowie Trendanalysen und multiple Regressionsanalysen für die Tagfalterarten in den beiden Untersuchungsregionen Weserbergland (WB) und Märkisches Sauerland (MS).**

Es wurden nur Arten mit mehr als drei Beobachtungen in einem Jahr in die Analysen einbezogen. Dargestellt sind ausschließlich signifikante Trends mit Vorzeichen und Regressionskoeffizient R (\*\*  $\leq 0.01$ , \*  $\leq 0.05$ , +  $\leq 0.10$ ). Signifikante Trends, bei denen zeitliche Autokorrelationen der Abundanzdaten (Jahr vs. Jahr-1) festgestellt wurden, sind kursiv gedruckt. - = kein sign. Trend. MS: 23 Transekte 2000–2010 (häufige Arten und Wanderfalter unberücksichtigt, da erst ab 2005 miterfasst); WB: 8 Transekte im NSG „Kalktriften bei Willdebadessen 2001–2010. Individuenzahlen standardisiert auf 200 m Transektlänge. MRA-Modelle: Multiple Regressionsanalyse mit den erklärenden Variablen TS (°C Sommer), TW (°C Winter), TS-1 (°C Sommer Jahr-1), TW-1 (°C Winter Jahr-1), NiS (mm Sommer), NiW (mm Winter), NiS-1 (mm Sommer Jahr-1), NiW-1 (mm Winter Jahr-1). Nur das Modell mit der höchsten Varianzerklärung wird angegeben. Weitere Angaben: Beta-Koeffizient mit Trendrichtung. Experteneinschätzung des klimainduzierten Trends für NRW (Behrens et al.

2009): 0 = indifferent, kein Einfluss des Klimawandels laut Szenario zu erwarten oder positive und negative Einflüsse gleichen sich aus; + = leicht positiver Einfluss des Klimawandels; ++ = stark positiver Einfluss des Klimawandels; - = leicht negativer Einfluss des Klimawandels, -- = stark negativer Einfluss des Klimawandels; ? = keine Bewertung möglich, Datengrundlage nicht ausreichend.

Art	Behrens et al. (2009)	R für MS	R für WB	MRA MS	MRA WB
<i>E. tages</i>	+		-0,62 <sup>+</sup>		NiW-1 (-0,66*); TS-1 (-0,61*)
<i>P. malvae</i>	?		-0,60 <sup>+</sup>		NiW-1 (0,70*);
<i>C. palaemon</i>	0		-0,73*		NiW-1 (-0,89*); NiS (-1,07*); TW (0,63*); NiS-1 (-0,45*);
<i>T. sylv./lineola</i>	+		-		-
<i>T. acteon</i>	?		-		NiS-1 (-0,75*); TS-1 (-0,71*)
<i>O. venatus</i>	0		-0,57 <sup>+</sup>		NiW-1 (-1,25*); NiS-1 (0,86*)
<i>P. machaon</i>	+		-		-
<i>A. cardamines</i>	0		-0,65*		TS (-0,58*)
<i>P. brassicae</i>	0		-		-
<i>P. rapae/napi</i>	0		-		-
<i>L. sinapis/reali</i>	0/+	0,65*	0,74*	-	-
<i>C. hyale/alfacar.</i>	+	-	-	-	TW-1 (1,35*); NiW-1 (0,85*); TS (0,82*); NiS-1 (-1,56*); NiW (0,94*)
<i>C. crocea</i>	+	0,58 <sup>+</sup>	-	TW (-0,67*)	TW-1 (1,33*); NiW-1 (1,04*);
<i>G. rhamni</i>	0		-		-
<i>L. phlaeas</i>	+	-	-	NiS (1,09*); TW (-0,64*);	NiW-1 (0,59*); TW-1 (-0,45*)
<i>L. tityrus</i>	+	0,68*	-	TW (-0,83*); NiW-1 (-0,51*)	
<i>T. betulae</i>	0		-0,59 <sup>+</sup>		TS-1 (-0,67*);
<i>N. quercus</i>	0	-0,55 <sup>+</sup>	-	-	
<i>S. w-album</i>	0	-0,70*	-	NiS-1 (-0,60*);	
<i>S. pruni</i>	+	0,65*	-	-	
<i>C. rubi</i>	0		-0,57 <sup>+</sup>	-	-
<i>C. minimus</i>	0		-0,65*		NiW-1 (-0,62*)
<i>C. argiolus</i>	0	-	-	-	-
<i>P. rebeli</i>	0		-		-
<i>P. argus</i>	?		-		-
<i>A. agestis</i>	+		-		NiS (-0,66*)
<i>P. semiargus</i>	?	-0,65*	-	NiW-1 (0,83*); NiS-1 (-0,70*);	-

<i>P. coridon</i>	?		-0,55 <sup>+</sup>		NiW (-1,15*); TS (-0,55*); NiS-1 (0,56*)
<i>P. icarus</i>	0	0,60 <sup>+</sup>	-0,61 <sup>+</sup>	-	NiW (-0,87*);
<i>H. lucina</i>	-		-		
<i>A. paphia</i>	+	0,67*	-	-	-
<i>I. lathonia</i>	+		-		-
<i>B. ino</i>	0	-	-	TS (0,55*);	
<i>B. aquilonaris</i>	-	-	-	-	
<i>B. euphrosyne</i>	-		-		NiW (-0,92*); TS (-0,33*);
<i>V. atalanta</i>	++		-		-
<i>V. cardui</i>	+		-		-
<i>A. io</i>	0		-		-
<i>A. urticae</i>	?		-		TS-1 (-0,80*);
<i>N. c-album</i>	0	-	-	TW-1 (-0,65*); TS (0,64*); NiW-1 (0,59*)	-
<i>A. levana</i>	0	-	-	TS (0,69*)	NiW (-0,54*), TW (1,12*), NS (-0,69*)
<i>M. aurelia</i>	+		-0,75*		-
<i>L. camilla</i>	0		0,74*		-
<i>A. iris</i>	-	0,71*	-	TW (-0,80*); TS-1 (0,79*); NiS-1 (0,70*); NiW-1 (-0,50*); NiS (-0,42*)	
<i>P. aegeria</i>	+	0,72*	-0,56 <sup>+</sup>	-	TW-1 (0,68*);
<i>L. megera</i>	++	0,53 <sup>+</sup>		TW (0,43*); NiW-1 (-0,80*); NiS (-1,43*); TS-1 (0,75*); TS (-0,27*); NiW (-0,44*)	
<i>C. arcania</i>	0		-0,65*		-
<i>C. pamphilus</i>	0	-	-	-	NiS (-1,00*);
<i>A. hyperantus</i>	0		-		-
<i>M. jurtina</i>	0	-	-	TS (0,94*); NiW (0,64*); NiS-1 (0,61*)	-
<i>M. galathea</i>	+	-	-	-	-
<i>Z. purpuralis</i>	0		-0,64*		-
<i>Z. carniolica</i>	+		-		NiW-1 (-0,81*)
<i>Z. viciae</i>	?		-		-
<i>Z. filipendulae</i>	+		-		NiW (-0,69*);

### 3.1.4 Veränderungen von Rasterfrequenzen

Für den Kreis Höxter und angrenzende Gebiete sind für den Zeitraum von 1890 bis 2011 insgesamt 99 Tagfalterarten und 9 Widderchenarten belegt (Tab. 7). Für 21 Arten liegen nur Einzelnachweise ohne Hinweise auf Bodenständigkeit vor. Bei diesen Arten ist davon auszugehen, dass es sich nur um zugeflogene Exemplare handelt und sie sich im Bezugsraum nicht oder nicht dauerhaft reproduziert haben. Die Zahl der bodenständigen Tagfalter- und Widderchen-Arten liegt somit bei 78.

Für 29 Tagfalter und für 2 Widderchenarten liegen keine eindeutig belegten Nachweise seit dem Jahr 2000 vor. Diese Arten müssen als verschollen oder ausgestorben gelten.

Insgesamt konnten in der Tagfalterdatenbank, die im Rahmen dieses Projektes aufgebaut wurde, 22.421 Datensätze erfasst und bis zum Artniveau zugeordnet werden. Etwa 800 weitere Datensätze betreffen Beobachtungen von Individuen der Artpaare *Pieris rapae* / *P. napi*, *Thymelicus lineola* / *T. sylvestris* und *Colias alfacariensis* / *C. hyale*, die während der Transektbegehungen nicht gefangen und somit nicht bis zur Art bestimmt wurden.

**Tab. 7: Gesamtartenliste der im Kreis Höxter sowie unmittelbar angrenzend nachgewiesenen Tagfalter und Widderchen, Anzahl der in der Datenbank erfassten Datensätze sowie Angaben zum Rote-Liste-Status und zu den Lebensraumsprüchen.**

RL NRW – Rote-Liste-Status für Nordrhein-Westfalen nach Schumacher (2010)

RL WBL – Rote-Liste-Status für das Weserbergland nach Schumacher (2010)

#### Anspruchstypen

kurzrasig, lückig	Arten der kurzrasigen, lückigen Magerrasen
extensiv (versaumt)	Arten der extensiv genutzten, leicht versaumten Magerreisen, z. T. lückig mit Gehölzen bestanden
Magergrünland	Arten des Magergrünlandes, der Brachen und Säume
Trockengebüsch	Arten der Lebensraumkomplexe Trockengebüsch – Magerrasen – Saum
mesophil	Arten des mesophilen Grünlandes und der Säume
Grünland/Gebüsch	Arten der Lebensraumkomplexe Grünland – Gebüsch – Waldrand
euryök	euryöke Arten
Wanderfalter	Wanderfalter
hygrophil	hygrophile Offenlandarten

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	RL NRW	RL WBL	letzter Nachweis im Kreis Höxter	Leitart der Kalkmagerrasen	Anspruchstyp	Anzahl der Datensätze
<i>Rhagades pruni</i>	Heide-Grünwidderchen	2	1	2000		Magerrasen, verbuscht	4
<i>Adscita statures</i>	Ampfer-Grünwidderchen	3	2			Magergrünland	19
<i>Zygaena purpuralis</i>	Thymian-Widderchen	2	2		●	extensiv (versaumt)	434
<i>Zygaena carniolica</i>	Esparsetten-	2S	2S		●	extensiv (versaumt)	369

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	RL NRW	RL WBL	letzter Nachweis im Kreis Höxter	Leitart der Kalkmagerrasen	Anspruchstyp	Anzahl der Datensätze
	Widderchen						
<i>Zygaena loti</i>	Beifleck-Widderchen	2	0	1974	●	kurzrasig, lückig, heiß	1
<i>Zygaena viciae</i>	Kleines Fünffleck-Widderchen	2	3			Magergrünland/Mager- rasen(versauert)	223
<i>Zygaena filipendulae</i>	Sechsfleck-Widderchen	V	V			Magergrünland	577
<i>Zygaena lonicerae</i>	Klee-Widderchen	2	1		●	extensiv (versauert)	29
<i>Zygaena trifolii</i>	Sumpfhornklee-Widderchen	3	3			Feuchtgrünland, (Nieder-)Moore	13
<i>Spialia sertorius</i>	Roter Würfel-Dickkopffalter	2	1		●	kurzrasig, lückig	56
<i>Pyrgus malvae</i>	Kleiner Würfel-Dickkopffalter	3	3		●	extensiv (versauert)	319
<i>Pyrgus alveus</i>	Sonnenröschen-Würfel-Dickkopffalter	1	0	1987	●	extensiv (versauert)	3
<i>Pyrgus serratulae</i>	Schwarzbrauner Würfel-Dickkopffalter	1	1		●	extensiv, kurzrasig (versauert)	9
<i>Pyrgus carthami</i>	Steppenheiden-Würfel-Dickkopffalter	0	0	1921	●	kurzrasig, lückig	1
<i>Carcharodus alceae</i>	Malven-Dickkopffalter	2	0	1951		Magergrünland	4
<i>Erynnis tages</i>	Dunkler Dickkopffalter	3	2		●	kurzrasig, lückig	271
<i>Carterocephalus palaemon</i>	Gelbwürfelfiger Dickkopffalter	3	V			extensiv (versauert)	190
<i>Thymelicus acteon</i>	Mattscheckiger Braun-Dickkopffalter	2	3		●	kurzrasig, lückig	231
<i>Thymelicus lineola</i>	Schwarzkolbiger Braun-Dickkopffalter	*	*			mesophil	82
<i>Thymelicus sylvestris</i>	Braunkolbiger Braun-Dickkopffalter	*	*			mesophil	517
<i>Hesperia comma</i>	Komma-Dickkopffalter	2	2		●	kurzrasig, lückig	95
<i>Ochlodes sylvanus</i>	Rostfarbiger Dickkopffalter	*	*			mesophil	448
<i>Papilio machaon</i>	Schwalbenschwanz	V	3			Magergrünland	253
<i>Iphiclides podalirius</i>	Segelfalter	0	0	1996		kurzrasig, lückig	5
<i>Leptidea sinapis</i>	Leguminosen-Weißling	0	0			mesophil	23
<i>Leptidea reali</i>		*	*			mesophil	16
<i>Colias hyale</i>	Weißklee-Gelbling	3	V			mesophil	145
<i>Colias alfacariensis</i>	Hufeisenklee-Gelbling	2S	1S		●	kurzrasig, lückig	124
<i>Colias croceus</i>	Wander-Gelbling	◆	◆			Wanderfalter	56
<i>Gonepteryx rhamni</i>	Zitronenfalter	*	*			Grünland/Gebüsch	608
<i>Aporia crataegi</i>	Baum-Weißling	2	0	1990		Grünland, Hoch- stauden, Gebüsche	9
<i>Pieris brassicae</i>	Großer Kohl-Weißling	*	*			euryök	1100
<i>Pieris rapae</i>	Kleiner Kohl-Weißling	*	*			euryök	1073

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	RL NRW	RL WBL	letzter Nachweis im Kreis Höxter	Leitart der Kalkmagerrasen	Anspruchstyp	Anzahl der Datensätze
<i>Pieris napi</i>	Grünader-Weißling	*	*			Gebüsche/Säume	1017
<i>Pontia edusa</i>	Reseda-Weißling	2	◆			Wanderfalter	4
<i>Anthocharis cardamines</i>	Aurorafalter	*	*			mesophil	495
<i>Lycaena virgaureae</i>	Dukaten-Feuerfalter	2	0	1981		Magergrünland	3
<i>Lycaena phlaeas</i>	Kleiner Feuerfalter	*	*			Magergrünland	115
<i>Lycaena tityrus</i>	Brauner Feuerfalter	3	1			Magergrünland	6
<i>Lycaena hippothoe</i>	Lilagold-Feuerfalter	2	1	1980		Magergrünland	9
<i>Thecla betulae</i>	Nierenfleck-Zipfelfalter	V	V			Trockengebüsch	97
<i>Favonius quercus</i>	Blauer Eichen-Zipfelfalter	*	3			Grünland/Gebüsch	13
<i>Satyrrium ilicis</i>	Brauner Eichen-Zipfelfalter	1	0	1951		Trockengebüsch	5
<i>Satyrrium w-album</i>	Ulmen-Zipfelfalter	1	1			Auenwälder/Mischwälder (Ulmen)	5
<i>Satyrrium spini</i>	Kreuzdorn-Zipfelfalter	1	1			Trockengebüsch	14
<i>Satyrrium pruni</i>	Pflaumen-Zipfelfalter	2	2			Trockengebüsch	34
<i>Callophrys rubi</i>	Grüner Zipfelfalter	2	2			Trockengebüsch	144
<i>Cupido minimus</i>	Zwerg-Bläuling	3S	3		●	extensiv (versauert)	177
<i>Cupido argiades</i>	Kurzschwänziger Bläuling	0	0	1940		Trockengebüsch, Säume	1
<i>Celastrina argiolus</i>	Faulbaum-Bläuling	*	*			Grünland/Gebüsch	91
<i>Glaucopsyche alexis</i>	Alexis-Bläuling	0	0	1921		Feuchtgrünland/Hochstauden	1
<i>Phengaris teleius</i>	Heller Wiesenknopf-Ameisenbläuling	1S	0	1940		Feuchtwiesen, Fettwiesen	2
<i>Phengaris nausithous</i>	Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling	2S	1			Feuchtwiesen, Fettwiesen	10
<i>Phengaris alcon</i>	Lungenenzian-Ameisenbläuling	1	1	1900		Feuchtwiesen, Niedermoore	3
<i>Phengaris rebeli</i>	Kreuzenzian-Ameisenbläuling	2S	2S		●	kurzrasig, lückig	256
<i>Phengaris arion</i>	Schwarzfleckiger Ameisenbläuling	1	1		●	kurzrasig, lückig	64
<i>Plebejus idas</i>	Ginster-/Kornwicken-Bläuling	0	0	1900		Gebüsche, Säume (meseophil)	4
<i>Plebejus argus</i>	Argus-Bläuling	2S	2		●	extensiv (versauert), lückig	54
<i>Aricia agestis</i>	Kleiner Sonnenröschen-Bläuling	2	2		●	extensiv	201
<i>Aricia eumedon</i>	Storchschnabel-Bläuling	0	0	1940		Trockengebüsch/Feuchtwiesen	1
<i>Polyommatus damon</i>	Streifen-Bläuling	0	0	1920	●	extensiv	4
<i>Cyaniris semiargus</i>	Rotklee-Bläuling	2	1			Magergrünland	120

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	RL NRW	RL WBL	letzter Nachweis im Kreis Höxter	Leitart der Kalkmagerrasen	Anspruchstyp	Anzahl der Datensätze
<i>Polyommatus coridon</i>	Silbergrüner Bläuling	2S	2		●	kurzrasig, lückig	271
<i>Polyommatus bellargus</i>	Himmelblauer Bläuling	0	0		●	Trockengebüsch/ Magerrasen	7
<i>Polyommatus dorylas</i>	Wundklee-Bläuling	0	0	1940	●	Trockengebüsch/ Magerrasen	2
<i>Polyommatus thersites</i>	Esparssetten-Bläuling	0	0	1985	●	extensiv	1
<i>Polyommatus icarus</i>	Hauhechel-Bläuling	*	*			mesophil	1225
<i>Hamearis lucina</i>	Schlüsselblumen- Würfelfalter, Perlbinde	2	1			extensiv (versaumt)	30
<i>Argynnis paphia</i>	Kaisermantel	V	3			Grünland/Gebüsch	440
<i>Argynnis aglaja</i>	Großer Perlmutterfalter	2	2			Magergrünland	181
<i>Argynnis adippe</i>	Feuriger Perlmutterfalter	1	0	2000	●	extensiv (versaumt)	6
<i>Argynnis niobe</i>	Mittlerer Perlmutterfalter	RS	0	1900		Magergrünland	3
<i>Issoria lathonia</i>	Kleiner Perlmutterfalter	3	3			Magergrünland	103
<i>Brenthis ino</i>	Mädesüß- Perlmutterfalter	3	2			hygrophil	11
<i>Boloria selene</i>	Braunfleckiger Perlmutterfalter	2	2	1987		mesophil	13
<i>Boloria euphrosyne</i>	Silberfleck- Perlmutterfalter	1	1			Magerrasen/ mesophiles Grünland	27
<i>Boloria dia</i>	Magerrasen- Perlmutterfalter	0	0	1920	●	extensiv (versaumt)	2
<i>Vanessa atalanta</i>	Admiral	*	*			Wanderfalter	602
<i>Vanessa cardui</i>	Distelfalter	*	*			Wanderfalter	599
<i>Aglais io</i>	Tagpfauenauge	*	*			euryök	738
<i>Aglais urticae</i>	Kleiner Fuchs	*	*			euryök	1173
<i>Nymphalis antiopa</i>	Trauermantel	0	0			feucht-mesophile Wälder	26
<i>Nymphalis c-album</i>	C-Falter	*	*			Grünland/Gebüsch	264
<i>Nymphalis polychloros</i>	Großer Fuchs	1	1			mesophile Säume, Schlagfluren	15
<i>Araschnia levana</i>	Landkärtchen	*	*			Grünland/Gebüsch	621
<i>Euphydryas aurinia</i>	Goldener Scheckenfalter	1S	1S	1995	●	extensiv (versaumt)	37
<i>Melitaea cinxia</i>	Wegerich- Scheckenfalter	1S	0	1950	●	extensiv	5
<i>Melitaea athalia</i>	Wachtelweizen- Scheckenfalter	1	0	1978		Magerrasen, Moore	8
<i>Melitaea aurelia</i>	Ehrenpreis- Scheckenfalter	2S	1S		●	extensiv (versaumt)	88
<i>Melitaea diamina</i>	Baldrian-Scheckenfalter	1	0	1940		Feuchtgrünland	4
<i>Limenitis populi</i>	Großer Eisvogel	1	1			Laubmischwälder, Waldränder	8

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	RL NRW	RL WBL	letzter Nachweis im Kreis Höxter	Leitart der Kalkmagerrasen	Anspruchstyp	Anzahl der Datensätze
<i>Limenitis camilla</i>	Kleiner Eisvogel	2	2			Laubmischwälder, Waldränder	29
<i>Apatura iris</i>	Großer Schillerfalter	V	3			Grünland/Gebüsch	65
<i>Apatura ilia</i>	Kleiner Schillerfalter	1	1	2000		Auenwälder (-ränder)	2
<i>Pararge aegeria</i>	Waldbrettspiel	*	*			Grünland/Gebüsch	475
<i>Lasiommata maera</i>	Braunauge	1	0	1920	●	extensiv (versaumt)	3
<i>Lasiommata megera</i>	Mauerfuchs	V	3		●	extensiv (versaumt)	56
<i>Coenonympha pamphilus</i>	Kleines Wiesenvögelchen	V	V			mesophil	1139
<i>Coenonympha hero</i>	Wald-Wiesenvögelchen	0	0	1940		Feuchtgrünland	4
<i>Coenonympha arcania</i>	Weißbindiges Wiesenvögelchen	3	2			Trockengebüsch	410
<i>Aphantopus hyperantus</i>	Schornsteinfeger	*	*			Magergrünland	1007
<i>Maniola jurtina</i>	Großes Ochsenauge	*	*			mesophil	1399
<i>Erebia ligea</i>	Weißbindiger Mohrenfalter	2	0	1988		Gebüsche, Säume	10
<i>Erebia aethiops</i>	Graubindiger Mohrenfalter	RS	1			lichte Kiefernwälder, Trockengebüsche, Magerrasen (verbuscht)	21
<i>Erebia medusa</i>	Rundaugen-Mohrenfalter	2	1			Magergrünland, Gebüsch	12
<i>Hipparchia semele</i>	Ockerbindiger Samtfalter, Rostbinde	1	0	1969	●	kurzrasig, lückig	11
<i>Chazara briseis</i>	Berghexe	0	0	1976	●	kurzrasig, lückig	5
<i>Melanargia galathea</i>	Schachbrett	V	*			Magergrünland	1006
Summe							22421

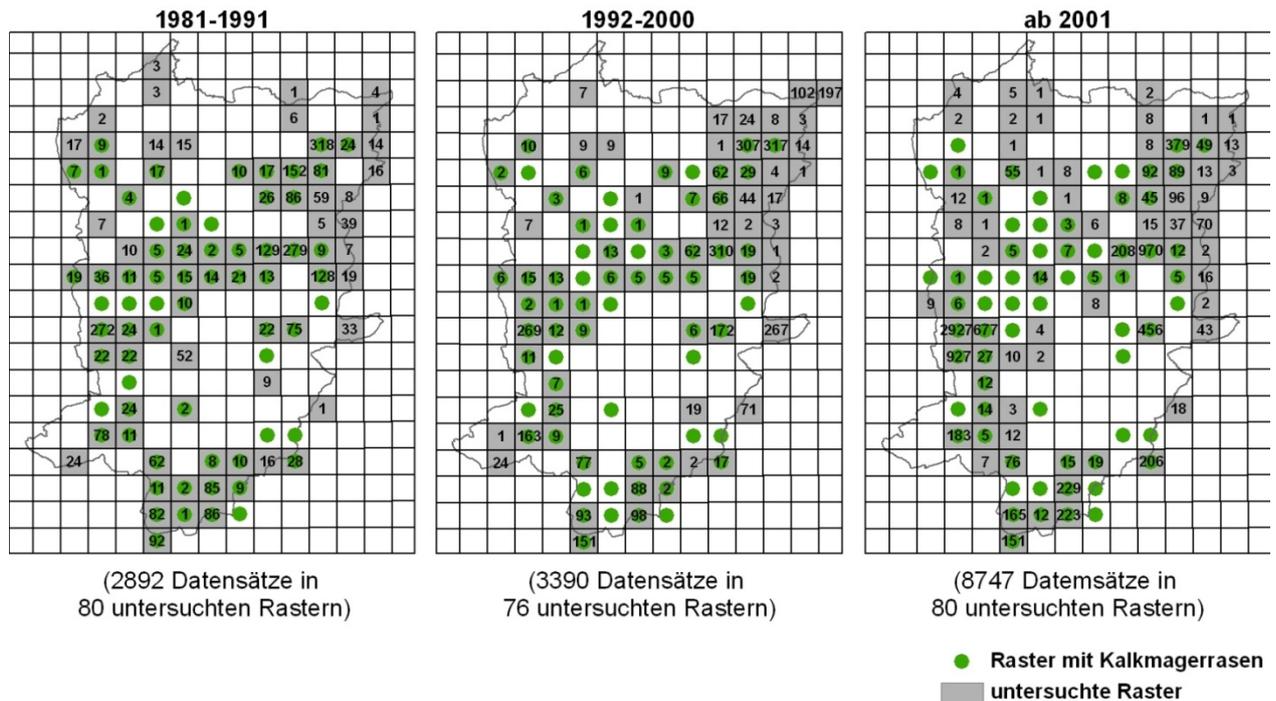
Von den 108 Tagfalter- und Widderchenarten sind 61 den Halbtrockenrasen, deren Versaumungs- und Verbuschungsstadien sowie dem trocken-mageren Wirtschaftsgrünland zuzuordnen. Sie kommen entweder als Leitarten ausschließlich in diesen Biotoptypen vor oder haben hier ihren Schwerpunkt (vgl. Tab. 7). Von diesen 61 Arten wurden bis heute 20 Arten im Bezugsraum seit spätestens 2000 nicht mehr nachgewiesen (vgl. Tab. 8). Für 12 dieser Arten ist vermutlich die Aufgabe der Nutzung in ihren Lebensräumen Hauptursache ihres Verschwindens (z.B. *Chazara briseis* oder *Hipparchia semele*, die als Charakterarten kurzrasiger, intensiv beweideter Magerrasen gelten können).

**Tab. 8: Bestandsveränderungen der Tagfalterarten der Trocken-/Magergrünlandlebensräume im Kreis Höxter und angrenzenden Gebieten**

Ökologische Gruppe / Anspruchstyp	Gesamtartenzahl	davon ausgestorben oder verschollen	davon seit 2000 nachgewiesene Arten
<b>Arten der kurzrasigen, lückigen Magerrasen, davon</b>	13	4	9
Letzte Nachweise vor 1950		1	
Letzte Nachweise zwischen 1950 und 2000		3	
<b>Arten der extensiv genutzten, leicht versaumten Magerrasen mit leichtem Gehölzbesatz, davon</b>	20	8	12
Letzte Nachweise vor 1950		3	
Letzte Nachweise zwischen 1950 und 2000		5	
<b>Arten des Magergrünlandes, deren Brachen und Säume, davon</b>	17	4	13
Letzte Nachweise vor 1950		1	
Letzte Nachweise zwischen 1950 und 2000		3	
<b>Arten des Komplexlebensraums Trockengebüsch-Magerrasen/Saum, davon</b>	11	4	7
Letzte Nachweise vor 1950		2	
Letzte Nachweise zwischen 1950 und 2000		2	
<b>Gesamt</b>	<b>61</b>	<b>20</b>	<b>41</b>

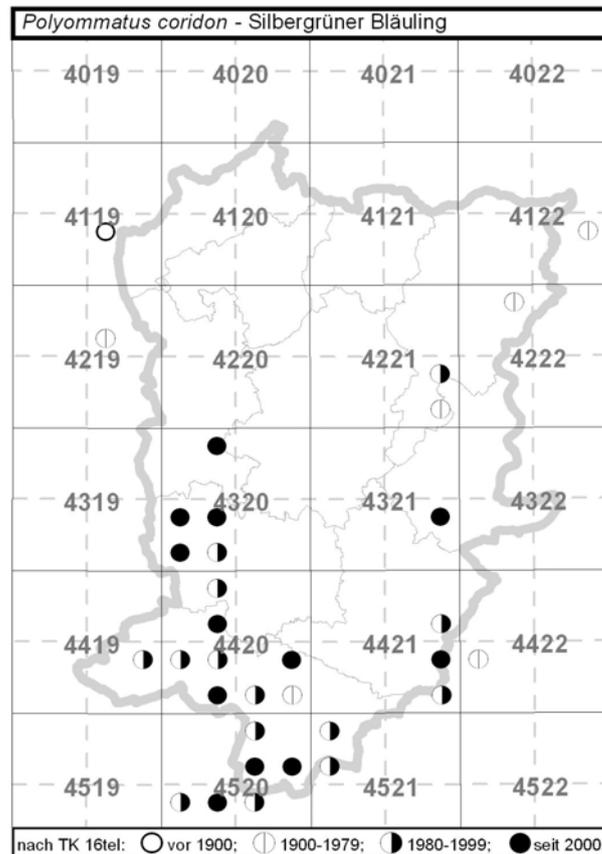
Die räumliche Verteilung der in der Datenbank erfassten Beobachtungen zeigt Abb. 17. Dabei spiegeln die Karten die Erfassungsschwerpunkte wider. Diese finden sich vor allem in den Gebieten, in denen Kalkmagerrasen liegen. Hier wurde bereits 1989 im Rahmen des Forschungsvorhabens „Pflege und Entwicklung der Kalkmagerrasen als Beitrag zur Kulturlandschaftspflege in Ostwestfalen (Kreis Höxter, Lippe und Paderborn)“ damit begonnen, Daten zur Tagfalter- und Widderchenbesiedlung zu erheben (BÖTTCHER et al. 1993). Diese Erhebungen wurden in einem Langzeitmonitoring seitdem weitergeführt (vgl. Kap. 2.1.1).

Deutliche Lücken im Datenbestand finden sich insbesondere im Bereich der Warburger Börde. Hier sind die Artenvielfalt und i. d. R. auch die Abundanzen der Tagfalter und Widderchen deutlich geringer als in den anderen Gebieten. Dies hat u. a. dazu geführt, dass hier die Beobacherdichte und damit auch die Datendichte deutlich geringer sind.



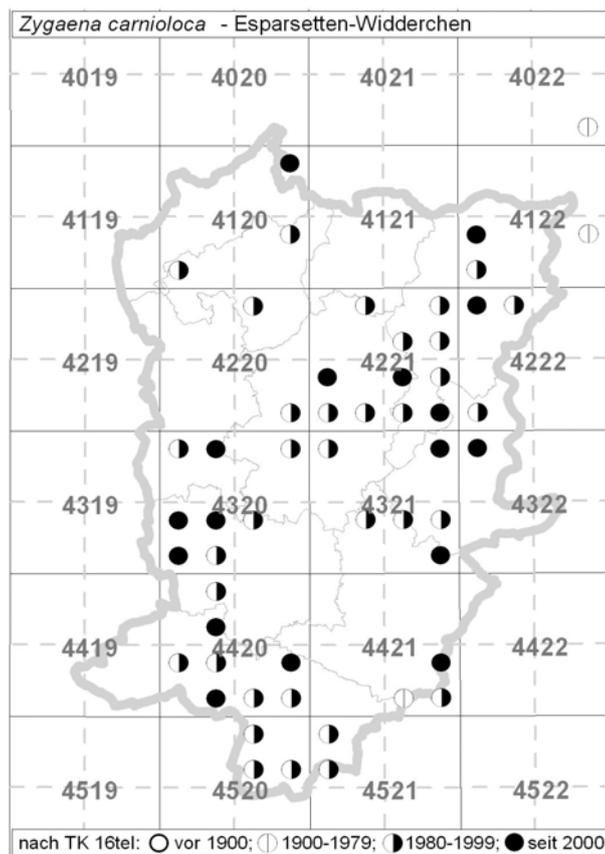
**Abb. 17:** Gesamtzahl der in der Datenbank erfassten Datensätze je Messtischblatt-Sechzehntel für Tagfalter und Widderchen im Kreis Höxter – differenziert für die Dekaden 1981-1991, 1992-2000 und 2001-2009. Für die grau unterlegten Raster liegen Daten vor, die in die Auswertung eingegangen sind. Die grünen Punkte kennzeichnen die Raster, in denen sich Kalk-Halbtrockenrasen befinden.

Abb. 18 zeigt eine aus der Datenbank generierte Rasterverbreitungskarte für *Polyommatus coridon*, einer Charakterart extensiv beweideter Kalkmagerrasen. Die Art, deren Raupen an *Hippocrepis comosa* fressen, erreicht im mittleren Kreis Höxter momentan ihre nördliche Verbreitungsgrenze.



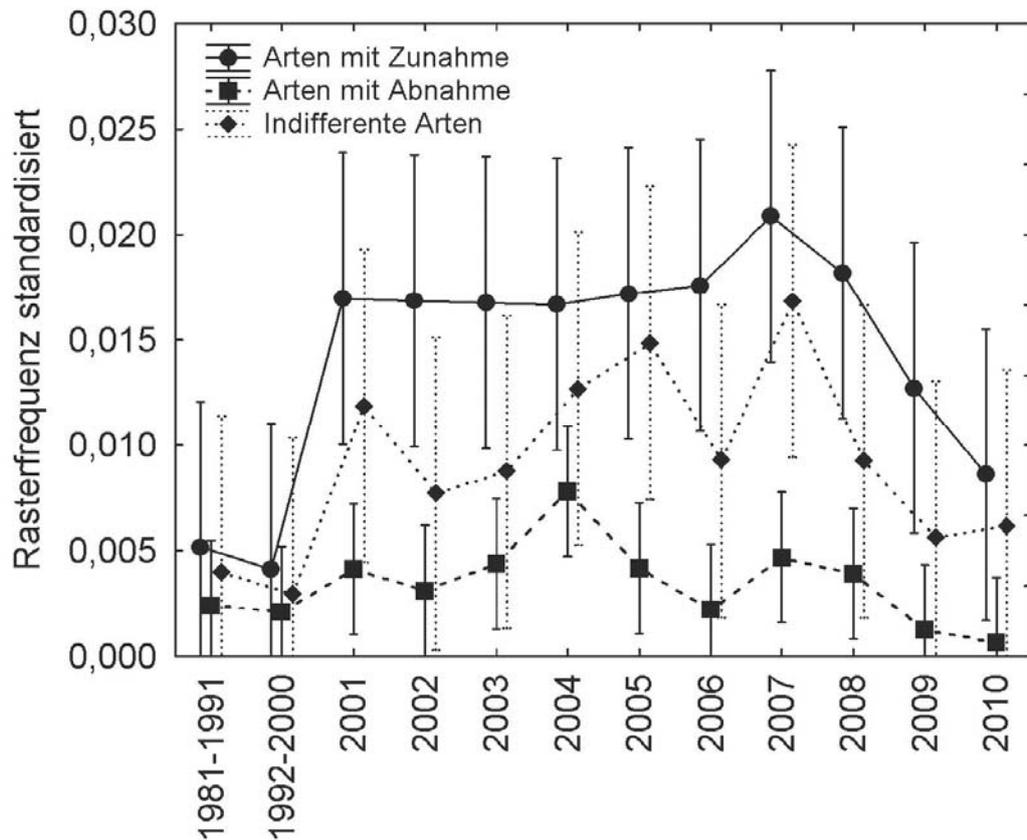
**Abb. 18: Rasterverbreitungskarte auf Basis von Messtischblatt-Sechzehntel für *Polyommatus coridon* im Kreis Höxter und angrenzenden Gebieten**

Veränderungen der Tagfalterfauna zeigen sich andererseits bei einigen Falterarten, für die in den letzten Jahren deutliche Ausbreitungstendenzen zu beobachten waren. Diese sind vermutlich auf klimatische Ursachen zurückzuführen. Neben *Melitaea aurelia* und *Aricia agestis*, deren Ausbreitung im Bezugsraum bereits von BIERMANN (2000) und FARTMANN et al. (2002) dokumentiert wurde, handelt es sich um die Wanderfalterarten *Issoria lathonia* und *Colias crocea* sowie um *Papilio machaon*. Bei der zuletzt genannten Art dürfte die Wiederausbreitung neben klimatischen Ursachen vor allem auf den reduzierten Einsatz von Pestiziden in der Landwirtschaft zurückzuführen sein. Für *Zygaena carniolica* war zunächst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts eine Ausbreitung in den Kreis Höxter zu beobachten (Abb. 19). In den letzten zwei Jahrzehnten sind zahlreiche Vorkommen aber erloschen (vgl. Abb. 26). Dies dürfte im Wesentlichen auf die zunehmende Verbrachung und Verbuschung der häufig nur kleinflächigen Lebensräume zurückzuführen sein



**Abb. 19: Verbreitungskarte von *Zygaena carnioloca* im Kreis Höxter und angrenzenden Gebieten. Die Art hat die Magerrasen des Kreises Höxter erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts flächendeckend besiedelt. Die wenigen älteren Nachweise stammen ausnahmslos vom Anfang des 20. Jahrhunderts.**

Die Analyse auf Basis der Rasterfrequenzen ergab, dass lediglich der Trend für die Gruppe der zunehmenden Arten statistisch signifikant war (Abb. 20). Die negative Entwicklung der Artengruppe mit mehr als 40 % Abnahme der Rasterfrequenz (Tab. 9) war dagegen nicht signifikant.



**Abb. 20: Entwicklung der Gruppen mit unterschiedlichen Trends für die Rasterfrequenzen (ANOVA mit Messwiederholungen und post-hoc Tukey-HSD-Test)**

Signifikanter Unterschied zwischen Gruppen: Wilks' Lambda = 0,7173,  $p=0,0152$ . Fehlerbalken zeigen 95 % Konfidenz-Intervalle (negative Werte abgeschnitten). Als einzelne Gruppe zeigen aber nur die Arten mit Zunahme einen signifikanten Trend, ( $R=0,38$ ,  $p=0,0089$ ). Zwischen den Jahren konnte ein signifikanter Unterschied aber nur von 1992-2000 zu 2007 bei den Arten mit Zunahme festgestellt werden (Post-hoc Tukey-HSD-Test:  $p=0,035$ ).

**Tab. 9: Veränderung der Rasterfrequenzen für die Tagfalter und Widderchen im Kreis Höxter**

Einteilung der Arten in Gruppen gemäß Veränderungen zwischen den Zeiträumen 1981–1991 (I), 1992–2000 (II) und 2001–2010 (III):

Arten mit > 40 % Zunahme der Rasterfrequenz (Rf) zwischen Zeitraum I und III und zwischen Zeitraum II und III

Arten mit > 40 % Abnahme der Rf zwischen Zeitraum I und III und zwischen Zeitraum II und III

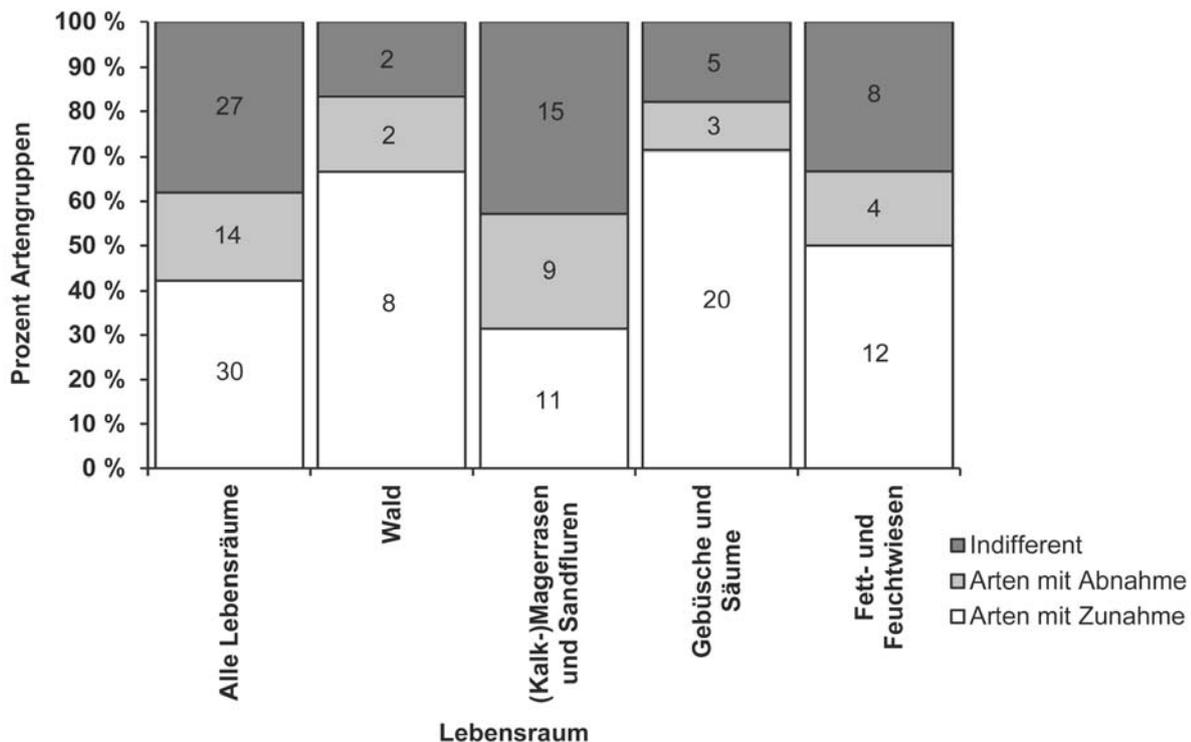
Indifferente Arten mit Zu- bzw. Abnahmen unterhalb der 40 %-Werte.

Es wurden nur Arten berücksichtigt, die während des Untersuchungszeitraumes in mehr als einem Jahr vorkamen.

Arten mit > 40% Zunahme der Rasterfrequenz	Arten mit > 40% Abnahme der Rasterfrequenz	Arten mit < 40 % Zu- oder Abnahme
<i>Adscita statures</i>	<i>Coenonympha arcania</i>	<i>Aglais urticae</i>
<i>Aglais io</i>	<i>Cupido minimus</i>	<i>Anthocharis cardamines</i>
<i>Apatura iris</i>	<i>Cyaniris semiargus</i>	<i>Boloria euphrosyne</i>
<i>Aphantopus hyperanthus</i>	<i>Erebia aethiops</i>	<i>Brenthis ino</i>
<i>Araschnia levana</i>	<i>Erynnis tages</i>	<i>Callophrys rubi</i>
<i>Argynnis aglaja</i>	<i>Euphydryas aurinia</i>	<i>Coenonympha pamphilus</i>
<i>Argynnis paphia</i>	<i>Hamearis lucina</i>	<i>Favonius quercus</i>
<i>Aricia agestis</i>	<i>Lasiommata megera</i>	<i>Hesperia comma</i>
<i>Carterocephalus palaemon</i>	<i>Melitaea athalia</i>	<i>Issoria lathonia</i>
<i>Celastrina argiolus</i>	<i>Nymphalis antiopa</i>	<i>Leptidea sinapis/reali</i>
<i>Colias alfacariensis/hyale</i>	<i>Phengaris arion</i>	<i>Limenitis populi</i>
<i>Colias croceus</i>	<i>Plebejus argus</i>	<i>Lycaena phlaeas</i>
<i>Gonepteryx rhamni</i>	<i>Zygaena lonicerae</i>	<i>Melitaea aurelia</i>
<i>Limenitis camilla</i>	<i>Zygaena trifolii</i>	<i>Nymphalis polychloros</i>
<i>Maniola jurtina</i>		<i>Phengaris nausithous</i>
<i>Melanargia galathea</i>		<i>Phengaris rebeli</i>
<i>Nymphalis c-album</i>		<i>Polyommatus coridon</i>
<i>Ochlodes sylvanus</i>		<i>Polyommatus icarus</i>
<i>Papilio machaon</i>		<i>Pontia edusa</i>
<i>Pararge aegeria</i>		<i>Pyrgus malvae</i>
<i>Pieris brassicae</i>		<i>Pyrgus serratulae</i>
<i>Pieris rapae/napi</i>		<i>Rhagades pruni</i>
<i>Satyrium pruni</i>		<i>Satyrium spini</i>
<i>Satyrium w-album</i>		<i>Zygaena carniolica</i>
<i>Spialia sertorius</i>		<i>Zygaena filipendulae</i>
<i>Thecla betulae</i>		<i>Zygaena purpuralis</i>
<i>Thymelicus acteon</i>		<i>Zygaena viciae</i>
<i>Thymelicus lineola/sylvestris</i>		
<i>Vanessa atalanta</i>		
<i>Vanessa cardui</i>		

### 3.1.5 Auswertung der Rasterfrequenzen hinsichtlich der Larvalhabitate

Betrachtet man die Verteilung der Arten mit Zu- und Abnahme gemäß ihrer Lebensraumpräferenzen, so ergeben sich deutliche Unterschiede in der Verteilung der Arten mit unterschiedlichen Veränderungen der Rasterfrequenzen (Abb. 21): Arten mit mehr als 40 % Zunahme finden sich im prozentualen Verhältnis signifikant häufiger in den Lebensräumen Wald, Gebüsch und Säume sowie Fett- und Feuchtwiesen als im Lebensraum Magerrasen (Tab. 10). Umgekehrt ist das prozentuale Verhältnis bei den Magerrasen bewohnenden Arten signifikant in Richtung der Gruppe mit mehr als 40 % Abnahme verschoben. Weiterhin wichen alle einzelnen Lebensraumtypen mit Ausnahme der Fett- und Feuchtwiesen signifikant von der prozentualen Verteilung der Artengruppen über alle Lebensräume ab (vgl. Tab. 10).



**Abb. 21: Anteil zu- und abnehmender sowie indifferenter Arten in den unterschiedlichen Lebensraumtypen (Einteilung gemäß EBERT & RENNWALD 1991 und EBERT 1994)**

Arten können in mehrere Lebensräume eingruppiert sein. Zunehmende Arten weisen eine Zunahme > 40 % in der Rasterfrequenz von Zeitraum I (1981-1991) zu III (2001-2010) und von Zeitraum II (1992-2000) zu III auf, Arten mit > 40 % Abnahme in den gleichen Zeiträumen und indifferente Arten mit weniger als 40 % Veränderung der Rasterfrequenz (vgl. Tab. 9). Absolute Artenzahlen in Säulen, signifikante Unterschiede zwischen Lebensräumen in Tab. 10.

Die Auswertung der Datenbank hinsichtlich der Rasterfrequenzen ergab für Falterarten mit Larvalhabitaten im Bereich der Auen- und Bruchwälder bzw. in mesophilen Laubwäldern zum überwiegenden Teil eine deutliche Zunahme der Rasterfrequenzen, die bei zahlreichen Arten über 40 % lag. Einige Arten zeigten hingegen kaum oder

keine Veränderungen. Negative Bestandsentwicklungen waren für diese ökologische Gruppe nicht feststellbar (vgl. Abb. 22).

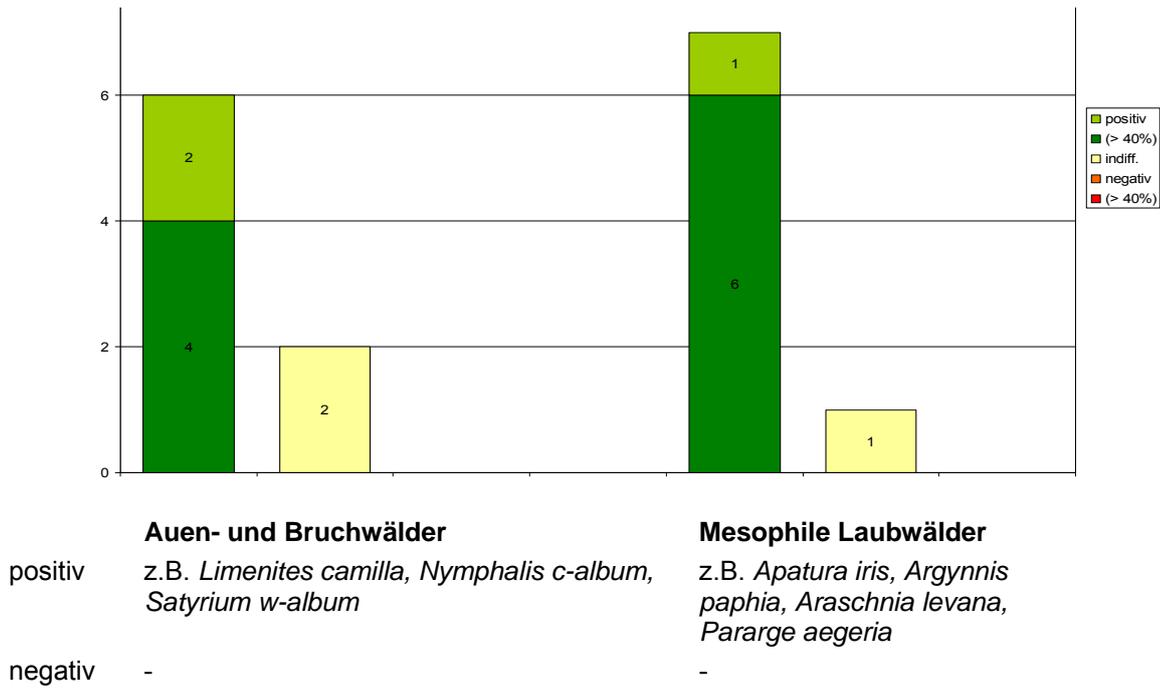
**Tab. 10: Anteil zu- und abnehmender Arten in den unterschiedlichen Lebensraumtypen (Einteilung gemäß Ebert & Rennwald 1991 und Ebert 1994)**

Arten können in mehrere Lebensräume eingruppiert sein. Signifikante Unterschiede in fett (Chi-Quadrat-Test). Grau unterlegt: Gegeneinander getestete Paare. Wald hat z.B. höchstsignifikant mehr zunehmende Arten als alle Lebensräume zusammen, jedoch gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen Wald und Gebüsch. „Magerrasen“ und „alle Lebensräume“ unterscheiden sich nur auf 5 %-Niveau signifikant, jedoch weisen Magerrasen im Unterschied zu Wald höchstsignifikant weniger zunehmende und mehr abnehmende auf Arten. Fett- und Frischwiesen unterscheiden sich im Verhältnis von zu- und abnehmenden Arten dagegen nicht signifikant von allen Lebensräumen, Gebüsch und Säume nicht von Wäldern.

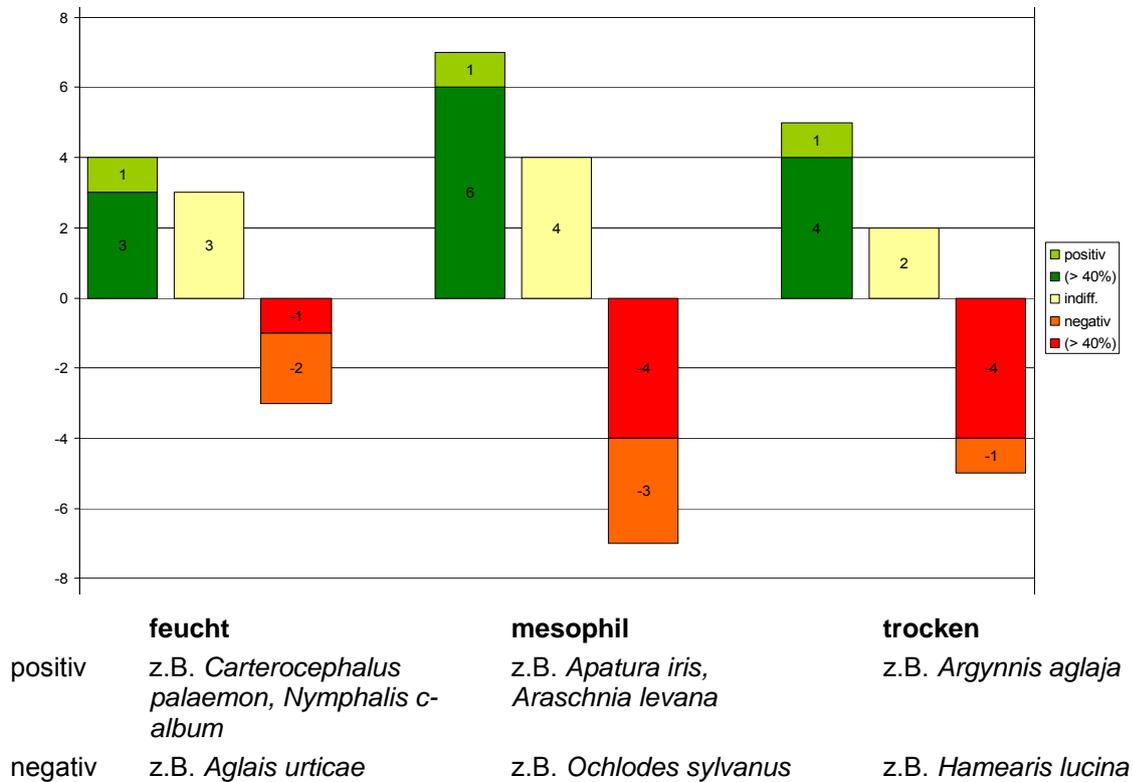
	Alle Lebensräume	Wald	Magerrasen und Sandfluren	Gebüsch und Säume	Fett- und Feuchtwiesen
<b>Arten mit Zunahme</b>	42,3 %	66,7 %	31,4 %	71,4 %	50 %
<b>Arten mit Abnahme</b>	19,7 %	16,7 %	25,7 %	10,7 %	16,7 %
<b>Signifikante Unterschiede</b>		$p \leq 0,001$			
			$p \leq 0,05$		
				$p \leq 0,001$	
					$p = 0,173$
			$p \leq 0,001$		
			$p = 0,115$		
				$p \leq 0,05$	
			$p \leq 0,001$		
					$p \leq 0,001$
					$p < 0,01$

Bei den Falterarten, deren Larvalhabitate sich in Saum- und Gebüschstrukturen befinden, sind die Bestandesentwicklungen hingegen eher negativ. Werden für die feuchten und trockenen Gebüschstandorte die Arealverluste der betroffenen Arten durch die Bestandszunahme anderer Arten noch kompensiert, überwiegen auf mesophilen Standorten die Bestandsrückgänge (vgl. Abb. 23).

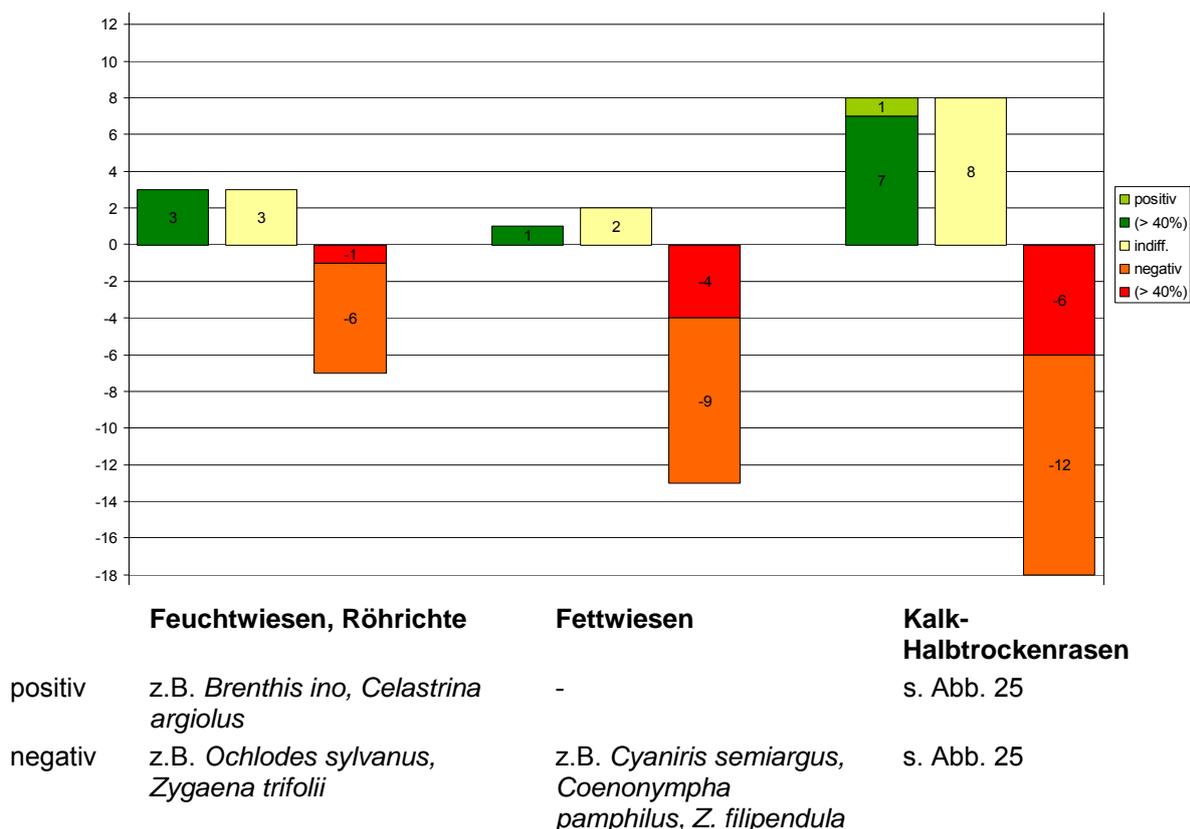
Noch ungünstiger stellen sich die Verhältnisse im Grünland dar. Hier überwiegen auf allen Standorten die Arten mit Bestandsrückgängen, die sich aus den geringeren Rasterfrequenzen im Zeitraum 2001-2009 ableiten lassen (vgl. Abb. 24).



**Abb. 22: Anzahl der Arten mit Veränderungen der Rasterfrequenz für Larvalhabitate in Auen- und Bruchwäldern sowie mesophilen Laubwäldern zwischen den Zeiträumen 1981-1991 und 2001-2009**

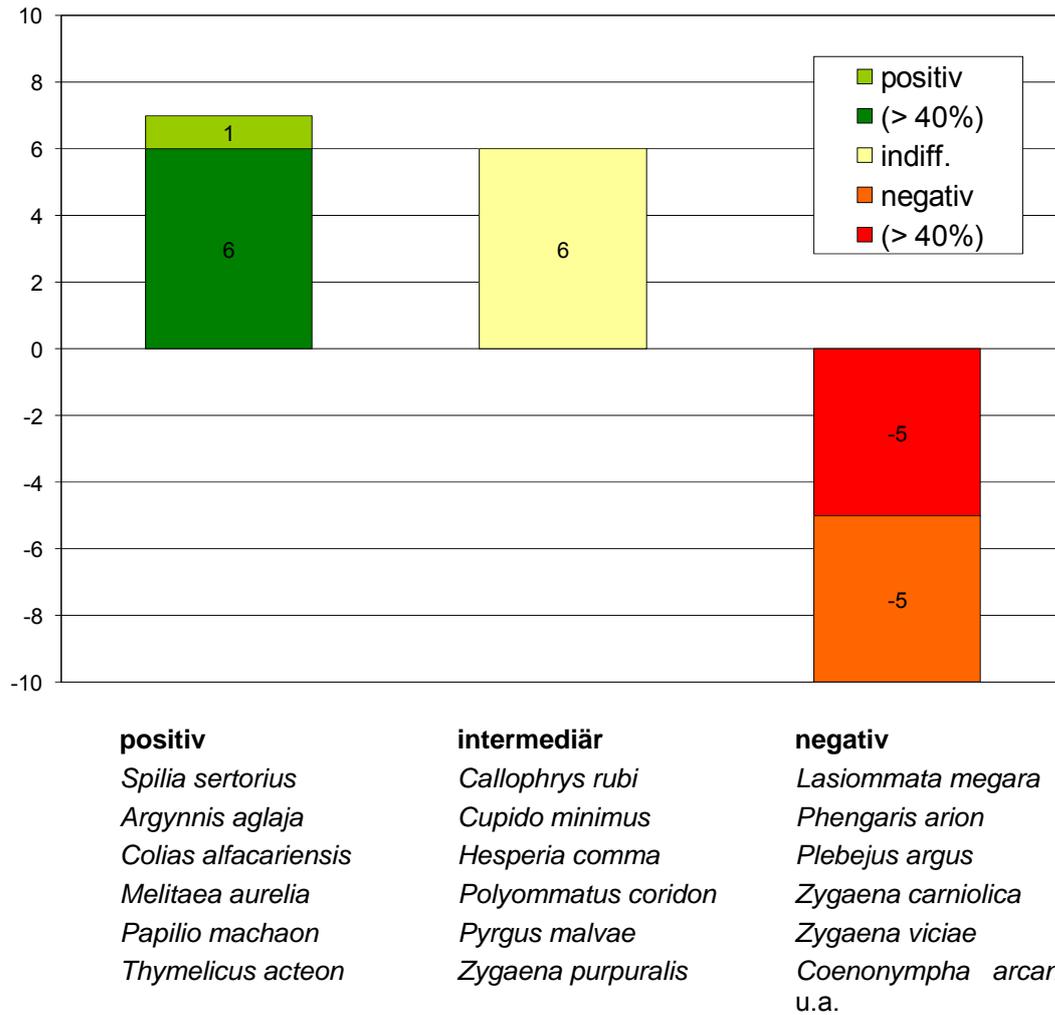


**Abb. 23: Anzahl der Arten mit Veränderungen der Rasterfrequenz für Larvalhabitate in Säumen und Gebüsch zwischen den Zeiträumen 1981-1991 und 2001-2009**



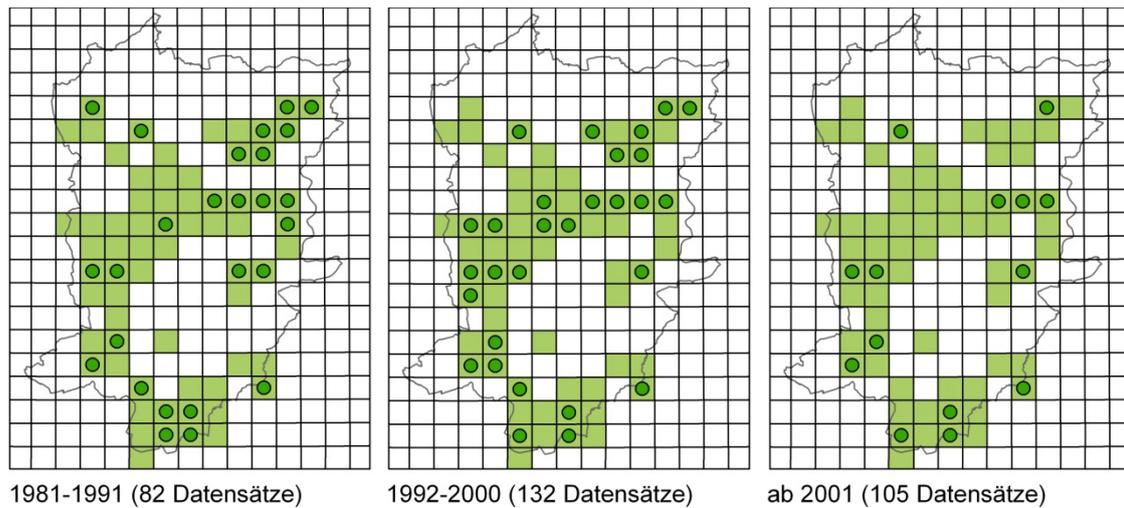
**Abb. 24: Anzahl der Arten mit Veränderungen der Rasterfrequenz für Larvalhabitate auf Grünland-Standorten zwischen den Zeiträumen 1981-1991 und 2001-2009**

In Abb. 25 sind die Ergebnisse einer Auswertung dargestellt, die nur die für Kalk-Halbtrockenrasen charakteristischen Tagfalter- und Widderchenarten berücksichtigt. Den Arten mit Arealgewinnen (N=7) stehen deutlich mehr Arten mit Arealverlusten (N=10) gegenüber. Während bei den Arten mit Zunahme der Rasterfrequenzen zum überwiegenden Teil davon ausgegangen werden kann, dass es vor allem positive Reaktionen auf klimatische Veränderungen sind, sind die Gründe für die negativen Entwicklungen weniger eindeutig. Bei den Arten mit bisher dokumentierten Bestandsrückgängen dürften vorrangig Nutzungsänderungen den Hauptausschlag gegeben haben. Hierdurch ergeben sich vielfach Entwicklungen in den Lebensräumen und damit auch in den Larvalhabitaten, die für diese Arten nachteilig sind. Während bei einigen Arten sukzessionsbedingte Entwicklungen zu einem Rückgang der Bestände führen, ist bei Anderen eine Erhöhung der Beweidungsintensität Ursache für eine Verringerung der Rasterfrequenz. Zu den Arten mit negativen Entwicklungen der Rasterfrequenzen, die überwiegend auf Nutzungsänderungen zurückgehen dürften, gehören z.B. *Lasiommata megera*, *Phengaris arion*, *Plebejus argus* und *Zygaena viciae*.

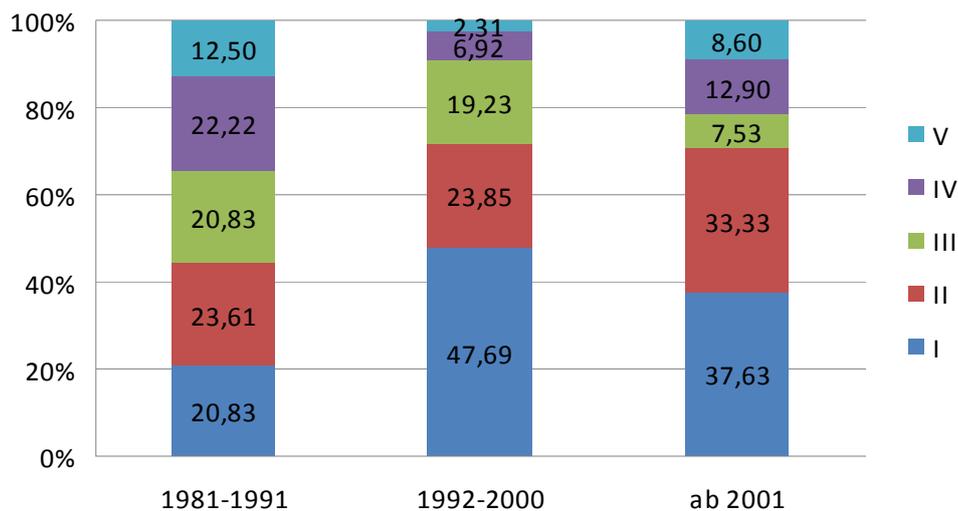


**Abb. 25: Anzahl der Arten mit Veränderungen der Rasterfrequenz für Larvalhabitate in Kalk-Halbtrockenrasen zwischen den Zeiträumen 1981-1991 und 2001-2009**

Für einige Arten dürften für die beobachteten Bestandsrückgänge dagegen die klimatischen Veränderungen der letzten Jahrzehnte verantwortlich sein. Zu diesen Arten gehören *Coenonympha arcania* und *Zygaena carniolica*. Diese Arten zeigen nicht nur rückläufige Rasterfrequenzen, sondern sie nehmen – auch in für die Arten optimalen Lebensräumen – in ihren Abundanzen deutlich ab (vgl. Abb. 26 & Abb. 27). So hat der Anteil an Datensätzen mit höheren Abundanzklassen (III – V) bei *Zygaena carniolica* zwischen den Zeiträumen 1981-1991 und 2001-2009 von etwa 56 % auf unter 30 % abgenommen.



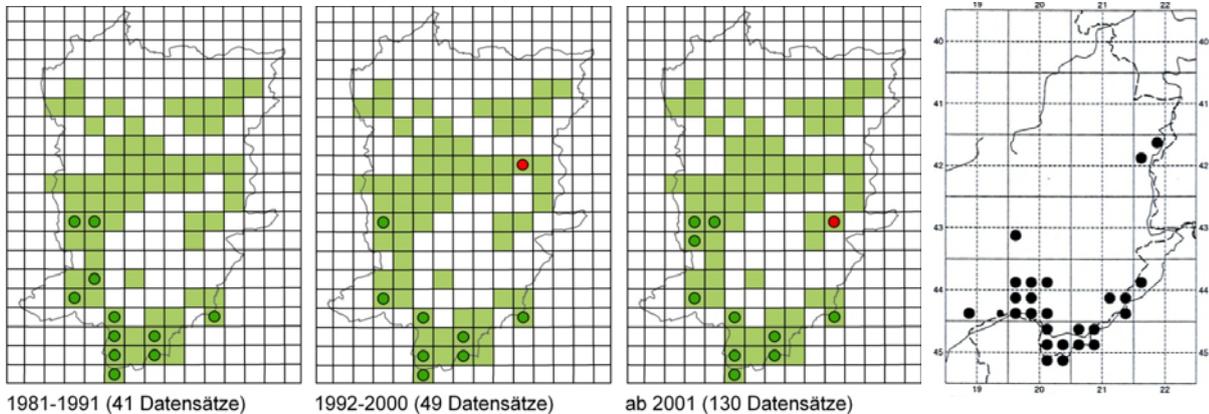
**Abb. 26: Verbreitung von *Zygaena carniolica* in den Zeiträumen 1981-1991, 1992-2000 und 2001-2009 (grüne Punkte). Die grün hinterlegten Raster weisen für die Art geeignet erscheinende Lebensräume auf.**



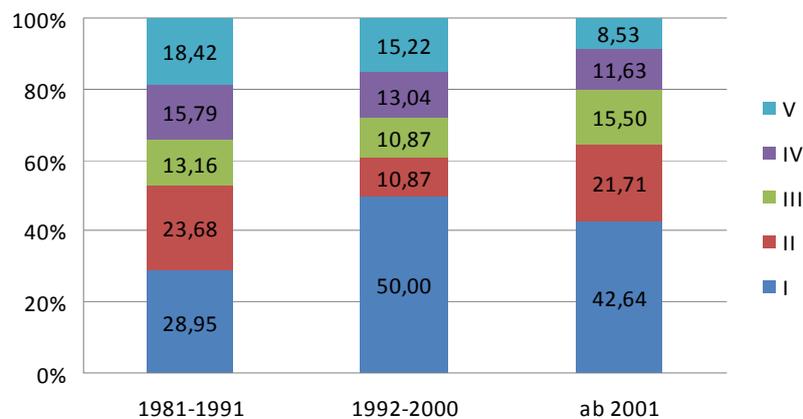
**Abb. 27: Prozentualer Anteil der Datensätze mit den angegebenen Abundanzklassen für *Zygaena carniolica* in den jeweiligen Betrachtungszeiträumen**

*Polyommatus coridon*, eine der Zielarten im Rahmen dieses Projekts (vgl. Kap. 3.1.6), zeigte bezüglich der bislang eingetretenen Klimaänderungen vergleichsweise geringe Reaktionen. Die Rasterfrequenzen sind in den hier betrachteten Zeiträumen seit 1981 etwa gleich geblieben (Abb. 28, links & Mitte). Allerdings zeigt die Art eine Ausbreitungstendenz nach Nordosten (rote Punkte). Sie konnte sich dort bisher aber nicht etablieren, da dort ihre Hauptraupenfraßpflanze nicht vorkommt (Abb. 28, rechts). Es bleibt abzuwarten, ob es der Art gelingt, auf andere Raupenfraßpflanzen auszuweichen, was ihm eine Ausbreitung ermöglichen würde. *Aricia agestis* ist dies in der jüngeren Vergangenheit ebenfalls gelungen, so dass er erfolgreich nach Norden

vordringen konnte (FARTMANN et al. 2006). Im Gegensatz zur Rasterfrequenz hat die Anzahl der größeren Vorkommen (Abundanzklassen IV und V) vor allem im Vergleich zwischen den Zeiträumen 1981-1991 und 1992-2000 deutlich abgenommen (Abb. 29).



**Abb. 28:** Verbreitung von *Polyommatus coridon* in den Zeiträumen 1981-1991, 1992-2000 und 2001-2009 (links, Mitte; grüne Punkte) und vom Hufeisenklee (*Hippocrepis comosa*, rechts), der Raupenfraßpflanze von *P. coridon*. Die grün hinterlegten Raster weisen für *P. coridon* geeignet erscheinende Lebensräume auf. Die roten Punkte markieren besetzte Raster, in denen die Raupenfraßpflanze nicht vorkommt.



**Abb. 29:** Prozentualer Anteil der Datensätze mit den angegebenen Abundanzklassen für *Polyommatus coridon* in den jeweiligen Betrachtungszeiträumen. Im Vergleich zwischen 1981-1991 und ab 2001 wird deutlich, dass der Anteil der größeren Vorkommen mit den Abundanzklassen IV und V deutlich abgenommen hat.

Die Auswertung der Rasterfrequenzen ergab interessanterweise für einige Falterarten zunächst eine Zunahme zwischen den Zeiträumen 1981-1991 und 1992-2000. Ab 2001 gingen die Rasterfrequenzen vieler dieser Arten hingegen wieder zurück, so z.B. für *Coenonympha arcania*, *Cupido minimus*, *Thymelicus acteon* und *Zygaena filipendulae* (vgl. Abb. 30). Ob diese Ergebnisse methodisch bedingt sind oder ob es sich um tatsächliche Bestandsveränderungen handelt, kann anhand der vorhandenen Daten nicht beurteilt werden. Eventuell bedingt die höhere Bearbeitungsdichte des Kreises

Höxter im Untersuchungszeitraum seit 2001, dass sich für Arten mit einer auf wenige, im Fokus des Naturschutzes stehenden Gebiete hierdurch eine geringere Rasterfrequenz errechnet. Möglich sind jedoch auch zunächst positive, ab 2001 dann jedoch negative Bestandsentwicklungen als Reaktion auf die bisherigen klimatischen Veränderungen. Dies kann nur durch die zukünftige Beobachtung der Bestandsentwicklungen der betroffenen Arten überprüft werden. Sollten sich die Entwicklungen fortsetzen, so könnten für diese Arten die optimalen Klimabedingungen bereits überschritten sein. Dann könnte mit einem weiteren Rückgang zu rechnen sein.

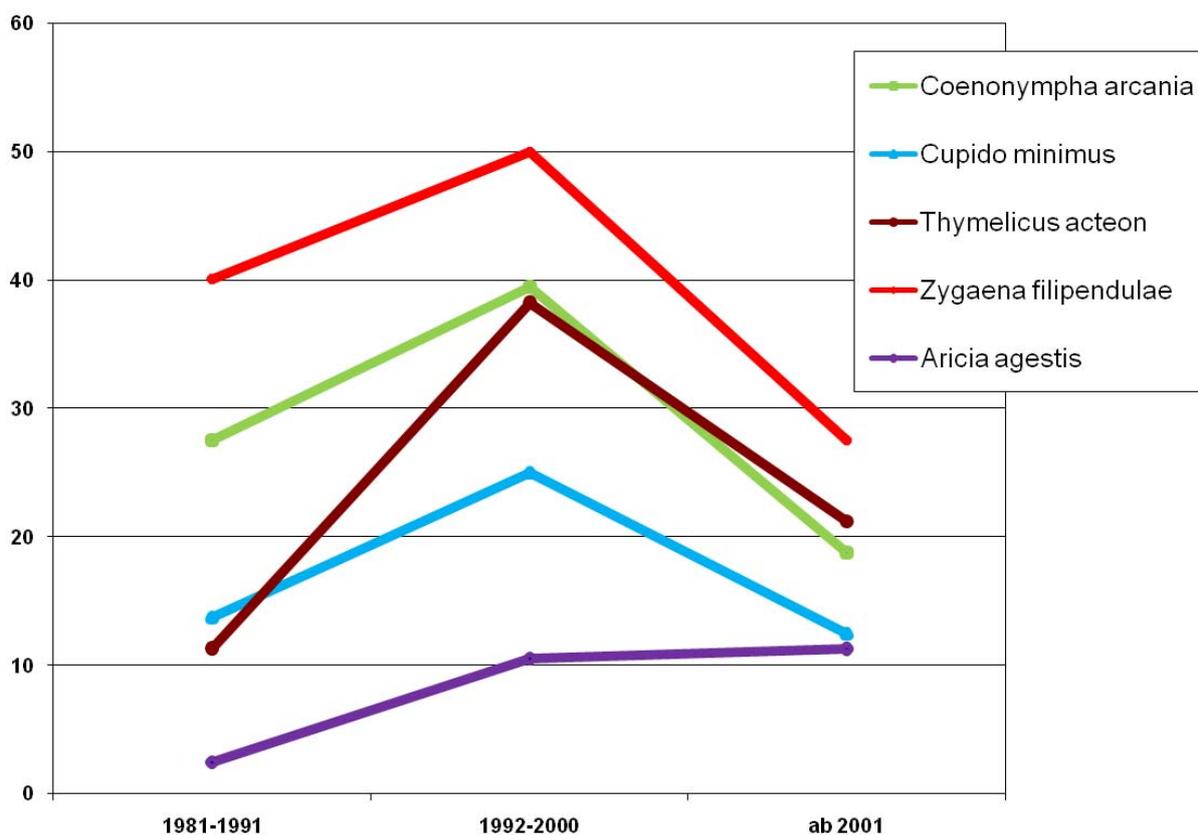


Abb. 30: Rasterfrequenzen fünf ausgewählter Falterarten für die Zeiträume 1981-1991, 1992-2000 und 2001-2009

### 3.1.6 Ermittlung und Erfassung von Zielarten

Im Projektantrag waren für das Weserbergland als Zielarten der Kreuzenzian-Bläuling *Phengaris (Maculinea) rebeli* und der Silbergrüne *Polyommatus coridon*, für das Märkische Sauerland der Hochmoor-Perlmutterfalter (*Boloria aquilonaris*) und der Violette Perlmutterfalter (*Brenthis ino*) vorgesehen. Die Eignung der ausgewähltenbeider Arten als Zielarten wurde durch die Untersuchungen bestätigt.

Die beiden für das Beide Arten erreichen im Weserbergland ausgewählten Zielarten erreichen dort ihre nördliche Verbreitungsgrenze (vgl. Abb. 31 für *P. rebeli*) und zeigen unterschiedliche Reaktionen auf klimatische Veränderungen (vgl. Abb. 32).

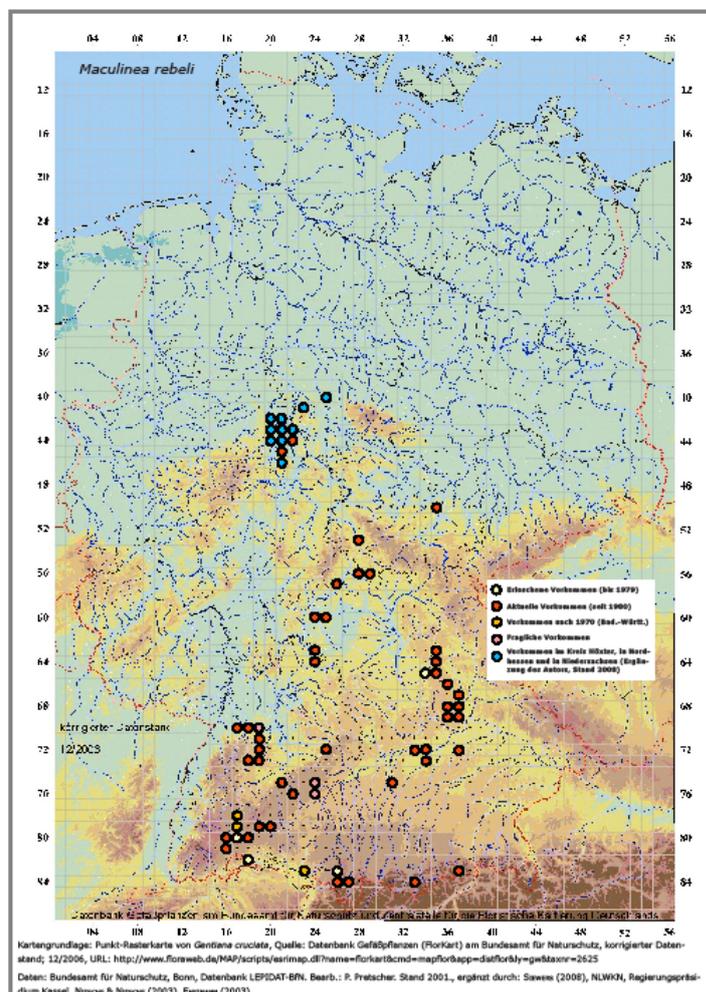
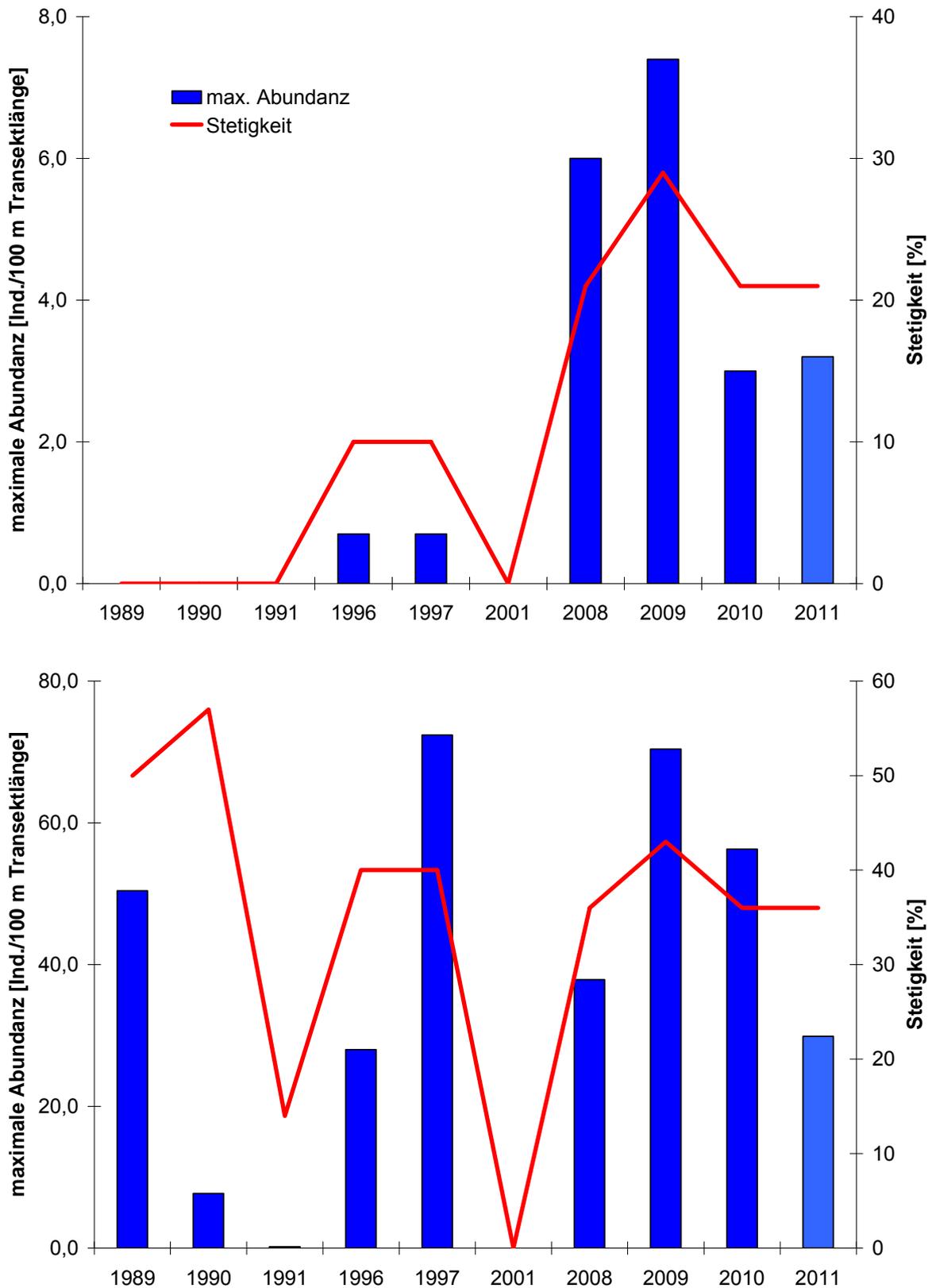


Abb. 31: Verbreitung von *Phengaris (Maculinea) rebeli* in Deutschland. Die insgesamt sehr seltene Art erreicht im Weserbergland ihre nördliche Verbreitungsgrenze (aus: SIEWERS 2009).



**Abb. 32:** Maximale Abundanzen und Stetigkeit für *Phengaris (Maculinea) rebeli* (oben) und *Polyommatus coridon* (unten) auf 14 Transektabschnitten in unterschiedlichen Kalk-Halbtrockenrasen-Halbtrocken im Kreis Höxter zwischen 1989 und 2011

*Polyommatus coridon* profitiert offensichtlich von den Klimaänderungen. Vor allem in den trocken-warmen Sommern wie im Jahr 2003 war die Art sehr häufig (vgl. Kap. 3.1.2, Abb. 15). Eine Arealausweitung für den Kreis Höxter, wie dies bei *Aricia agestis* zu beobachten war, konnte für diese Art jedoch nicht festgestellt werden. Dies liegt vermutlich vor allem an der engen Bindung an die Raupenfutterpflanze *Hippocrepis comosa*. Sie stellt somit eine geeignete Art dar, um die Prognosen von SETTELE et al. (2008a) kritisch zu überprüfen.

Auch die Imagines des Kreuzenzian-Bläulings *Phengaris (Maculinea) rebeli* reagieren auf die trocken-heißen Sommer offensichtlich positiv, wie die Abundanzen und Stetigkeiten für die untersuchten Transekte belegen (Abb. 32, oben).

Im Gegensatz zum Falter scheint aber die Raupenfresspflanze, der Kreuz-Enzian (*Gentiana cruciata*), von trocken-heißen Wetterlagen benachteiligt zu werden. So hat SIEWERS (2009) im Rahmen ihrer Diplomarbeit über die Ökologie und Habitatbindung der Art im NSG „Kalktriften bei Willebadessen“ im Bereich flachgründiger Wuchsorte für das Jahr 2008 einen deutlichen Bestandesrückgang gegenüber den Jahren 2003 und 2004 festgestellt, während in tiefgründigeren Kuppenlagen bzw. in thermisch ungünstigeren Nord- und Ostlagen keine Veränderungen oder gar eine leichte Zunahme der Individuenzahlen zu verzeichnen waren. Es bestand die Annahme, dass dies auf veränderte klimatische Rahmenbedingungen (v.a. zunehmende Sommertrockenheit) zurückzuführen sein könnte.

In den Jahren 2010 und 2011 gab es im Frühjahr jeweils mehrwöchige Phasen mit untypisch trocken-heißer Witterung. Insbesondere 2011 wirkte sich dies stark auf die Flugzeit der Falter aus: Fliegt die Art in durchschnittlichen Jahren nicht vor Mitte Juni, so wurden die ersten Imagines im Jahr 2011 bereits am 18. Mai beobachtet. Die Trockenheit hatte zudem deutlich sichtbare Auswirkungen auf die Entwicklung des Kreuz-Enzianes. Vor allem auf südlich exponierten, wenig beschatteten Standorten vertrockneten die meisten Pflanzen vor der Blüte, so dass zur Flugzeit der Falter nur wenige oder gar keine zur Eiablage geeignete Pflanzen vorhanden waren.

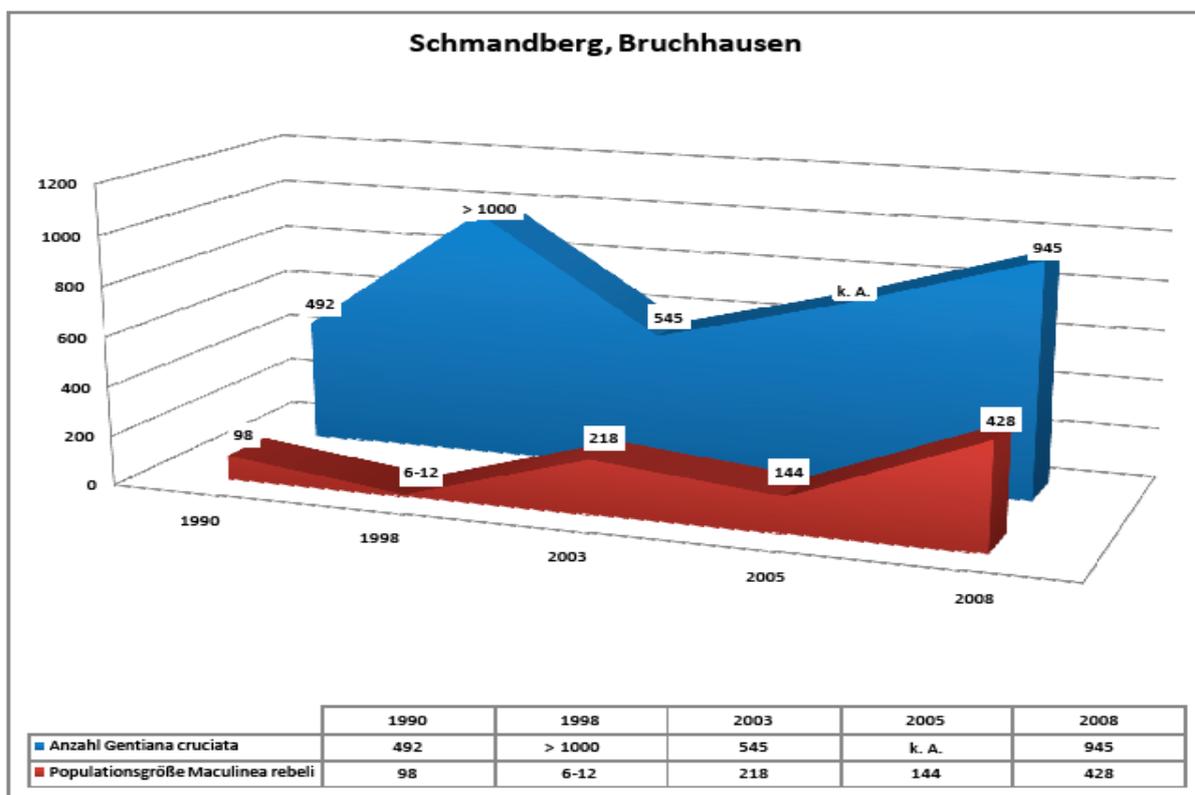
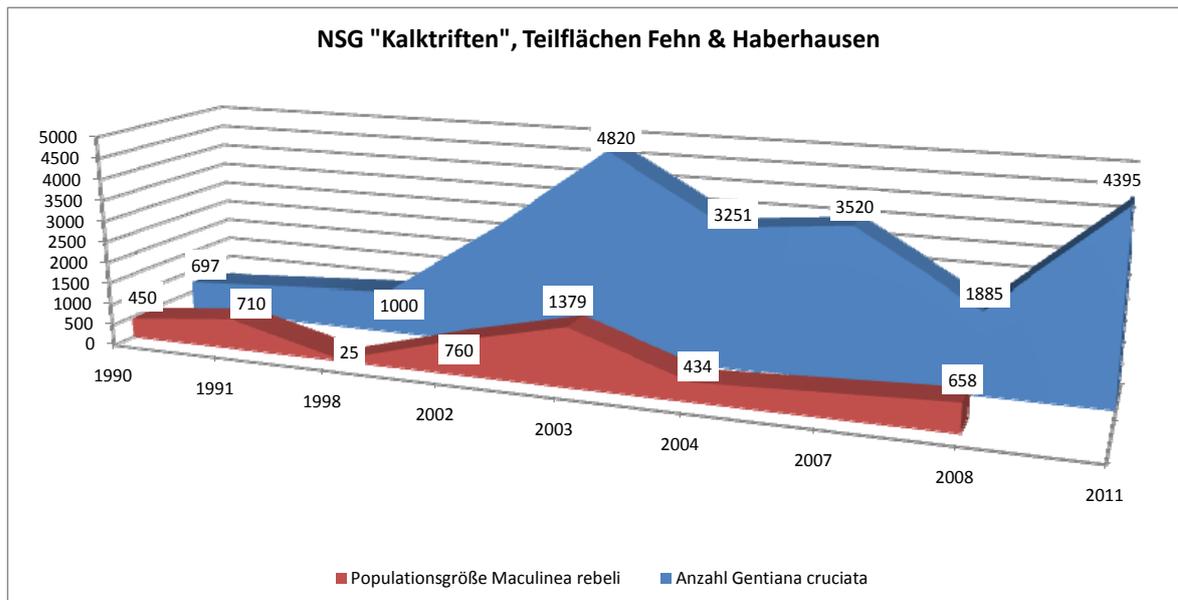


Abb. 33: Entwicklung der Bestände des Kreuz-Enzians (*Gentiana cruciata*, blau) und des Kreuzenzian-Ameisenbläulings (*Phengaris rebeli*, rot) auf Teilflächen des NSG „Kalktriften bei Willebadessen“ (Exposition Südwest, oben) und am Schmandberg bei Ottbergen (Exposition Nord, unten) (aus: SIEWERS 2009, ergänzt (o.) bzw. SIEWERS 2009 (u.))

Da aus den Jahren 2003 und 2004 sowie aus dem Jahr 2007 exakte Bestandserhebungen vorlagen, wurden die Enzianbestände 2011 erneut kartiert und ihre Verteilung auf den Flächen dokumentiert. Es zeigte sich, dass die Gesamtzahlen der entwickelten Sproßachsen insgesamt zwar nur unwesentlich abgenommen hatten (4395 Sproßachsen im Jahr 2011 gegenüber 4820 Sproßachsen im Jahr 2003), allerdings hatte eine deutlich sichtbare Verlagerung der Wuchsorte stattgefunden: Fanden sich die Enziane 2003 und 2004 hauptsächlich im Bereich der flachgründigen Oberhänge und entlang ehemaliger Ackerraine, wurden die individuenreichsten Bestände und die augenscheinlich vitalsten Pflanzen 2011 vorwiegend in randlichen versäumten Bereichen sowie in tiefgründigeren Mittelhangbereichen kartiert.

Da sich im Beweidungsmanagement über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg keine wesentlichen Veränderung ergeben haben, steht zu vermuten, dass die skizzierten Entwicklungen auf klimatische Ursachen zurückzuführen sind.

Die beiden für das Märkische Sauerland ausgewählten Zielarten verlieren aufgrund klimatischer Veränderungen nach Prognosen von SETTELE et al. (2008) im Falle von *B. aquilonaris* bis 2080 41 bis 61 % des Areal, im Falle von *B. ino* 30 bis 76 % des Areal. Sie gelten als klimasensitiv und sind vorwiegend in kühlfeuchteren, montanen Regionen verbreitet, wobei insbesondere *B. aquilonaris* nur inselartig in den Hochlagen der Mittelgebirge vorkommt (Abb. 34). *B. aquilonaris* ist in NRW zudem vom Aussterben bedroht und kommt nur noch in wenigen Mooren in der Eifel und im Ebbegebirge (Märkisches Sauerland) vor. Aber auch in den den Mooren der Mittelgebirge hat die Art in den letzten 30 Jahren stark abgenommen, wie beispielhaft in der Region Märkisches Sauerland gezeigt werden kann (Abb. 34). Hier existierte 2010 nur noch eine Population im NSG „Auf dem Roten Schlote“ in der Nümmert (vgl. Abb. 35 mit markierten Individuen). In den Flächen dieser Population wurden sowohl ein Großteil der Maßnahmen als auch die gesamten Temperaturmessungen für diese Art durchgeführt.

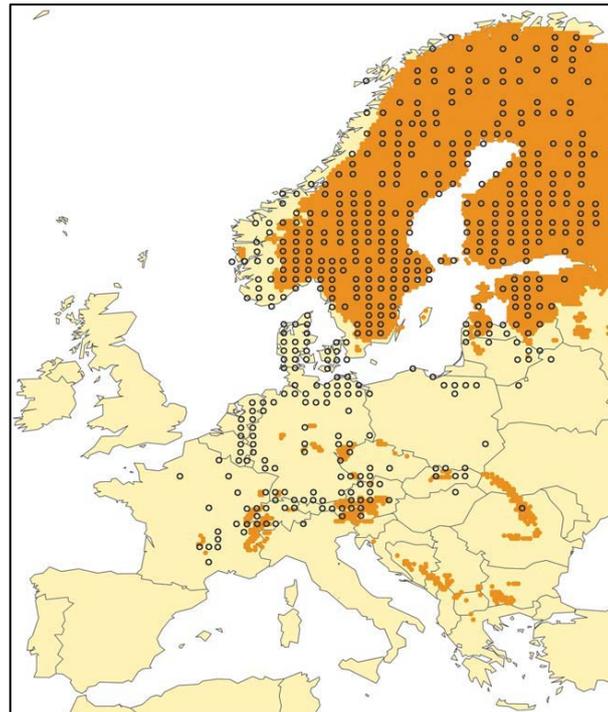


Abb. 34: Aktuelle Verbreitung und modellierte Klimanische (orange) von *B. aquilonaris*

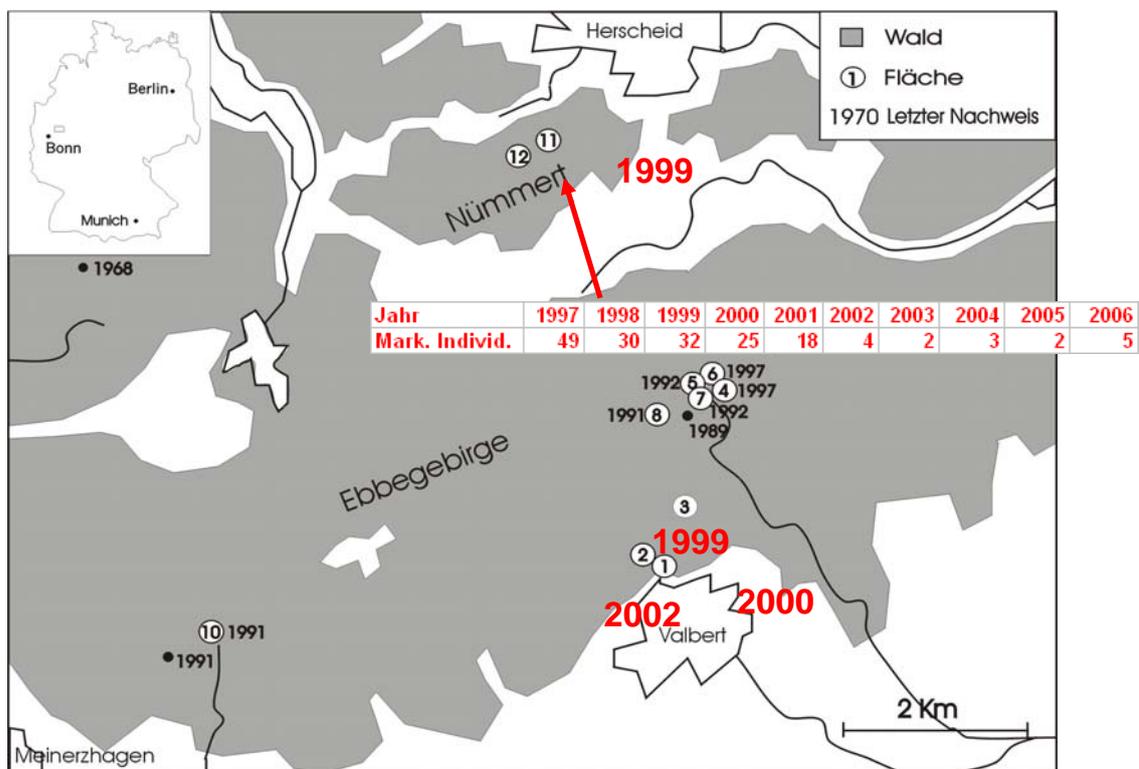
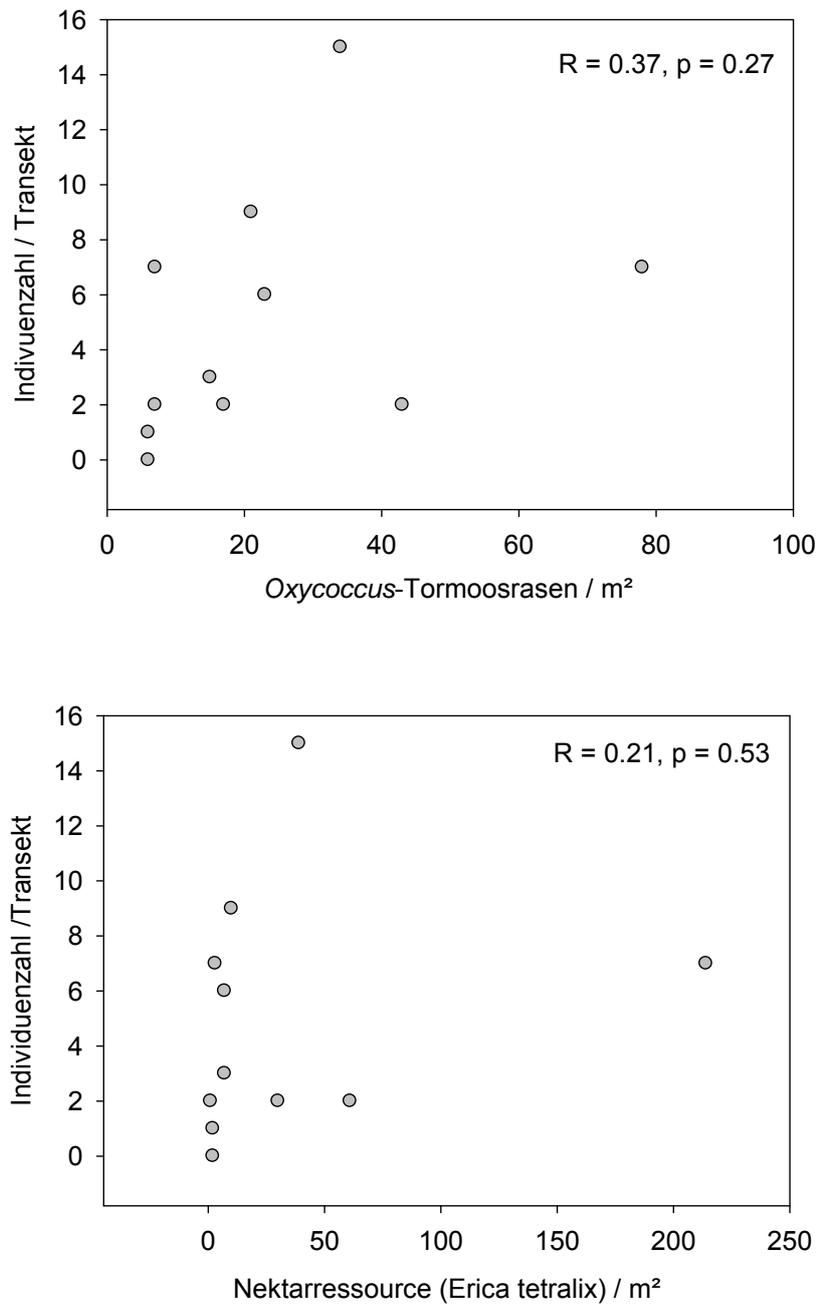


Abb. 35: Rückgang der Populationen von *B. aquilonaris* in der Region Märkisches Sauerland. Die Jahreszahlen geben das Jahr des letzten Nachweises an. 2010 existierte nur noch ein Population („Auf dem Roten Schlotte“), in der seit 1997 auch Fang-Wiederfang-Analysen (rote Tabelle mit markierten Individuen) durchgeführt wurden.

Die Populationen von *B. aquilonaris* liegen in der Region Märkisches Sauerland inselartig in von (Fichten-)Wald umschlossenen, zum Teil weniger als 1000 m<sup>2</sup> großen Übergangsmooren. In diesen isolierten Systemen wurden schon in der Vergangenheit die Abhängigkeit der Populationsgröße von Nektar- und Larvalressource sowie Auswirkungen von Pflegemaßnahmen auf Ressourcengröße und Populationsgrößen von *B. aquilonaris* untersucht. 1988 wurde außerdem mit Transektzählungen von *B. aquilonaris* in einigen Populationen in der Region begonnen, unter anderem auch in der heute noch bestehenden Population im NSG „Auf dem Roten Schlote“. 1992 und 1997 wurden die Größen der Nektar- und Larvalressourcen (in m<sup>2</sup>) gemessen und im Rahmen einer Dissertation (BRUNZEL 1999) zueinander in Beziehung gesetzt (Abb. 36). Bei der Nektarressource handelt es sich um die Größe der Bestände von Glockenheide (*Erica tetralix*) mit einer Deckung von mehr als 50 %. Bei der Larvalressource handelt es sich um Moosbeeren-Torfmoosrasen, die von *B. aquilonaris* als Ablagehabitat genutzt werden. Torfmoosrasen mit der Raupenfutterpflanze Moosbeere (*Oxycoccus palustris*) mussten als Erfassungskriterium in Aufsicht mehr als 30 % Deckung aufweisen und waren in unterschiedlichem Ausmaß von Pfeifengras (*Molinia caerulea*) überwachsen. Abb. 37. zeigt das Verhältnis der Ressourcengrößen zur Individuenzahl entlang von Transekten in 11 Populationen 1997. Es konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang festgestellt werden.

Im Rahmen eines Pflegekonzeptes, dass der völligen „Verbrachung“ der Zwergstrauchheide im NSG „Auf dem Roten Schlote“ entgegen wirken sollte, wurden 1989 ca. 800 m<sup>2</sup> trockene und feuchte Heide auf anmoorigem Boden in direkter Nachbarschaft zu den Moorflächen mit den Larval-Habitaten von *B. aquilonaris* in Handarbeit geplaggt. Hierzu wurde eine handelsübliche Flachhacke, die den in früheren Zeiten verwandten Heidhacken ähnelt, genutzt.

Gleichzeitig wurden von 1989 bis 1993 ca. 300 m<sup>2</sup> Torfmoos-Moorflächen, die stark von *Molinia caerulea* überwachsen waren einmal im Jahr im Juli gemäht (Abb. 37). In diesen Bereichen wuchs in nur noch kleinen Restbeständen (< 1 m<sup>2</sup>) *Erica tetralix*, die in den von Fichtenforsten umschlossenen Heidemoorflächen die einzige Nektarressource für die Falter darstellt (vgl. BRUNZEL & BUSSMANN 1994). Die Vegetationsentwicklung in den geplaggt und gemähten Flächen wurde mit Vegetationsaufnahmen in Dauerbeobachtungsflächen nachgehalten.



**Abb. 36: Zwischen der Individuenzahl von *B. aquilonaris* entlang von Transekten in 11 Populationen und der Nektar- bzw. Larvalressource bestand 1997 kein statistisch signifikanter Zusammenhang**

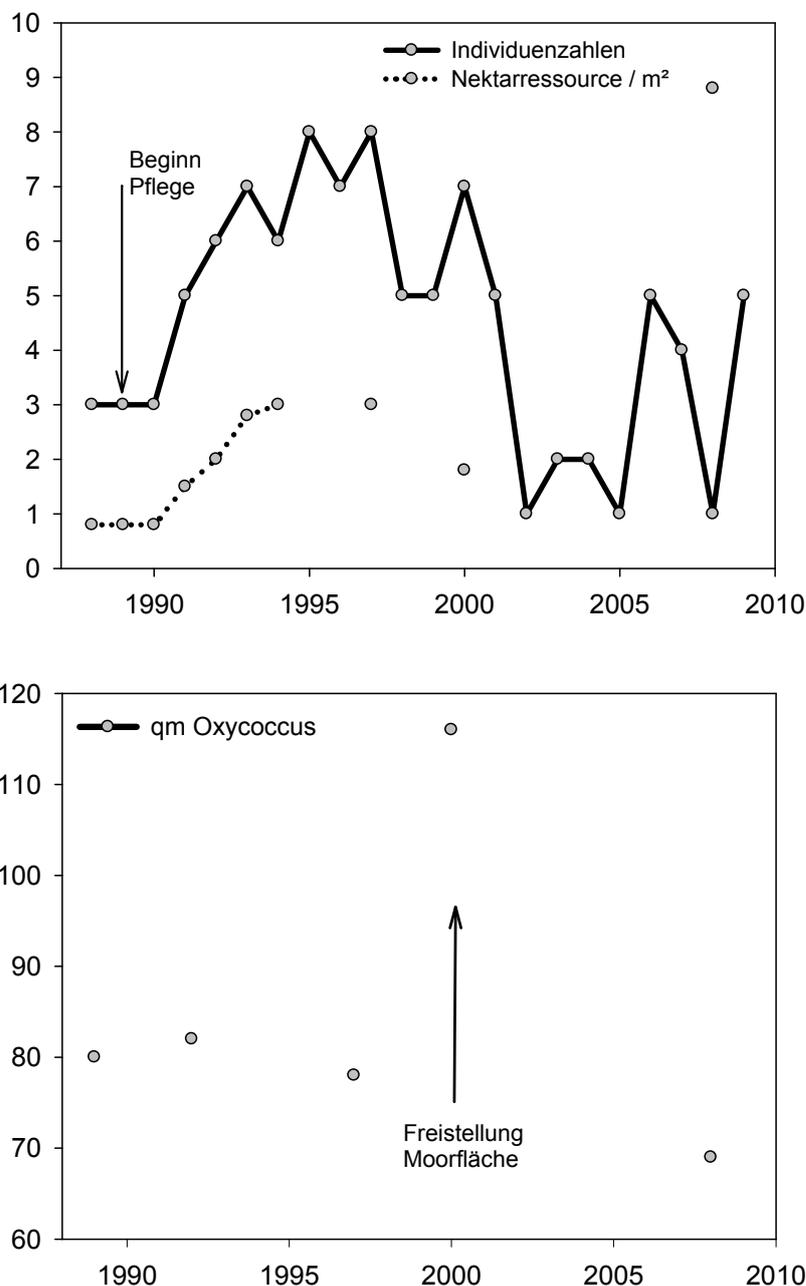


**Abb. 37: Mahd der seit Jahrzehnten nicht mehr genutzten, mit Draht- du Rasenschmieele, sowie Pfeifengras und Waldsimse zugewachsenen Heidemoorflächen**

*Erica tetralix* als Art der Feuchtheide reagiert auf die Mähnutzung erwartungsgemäß positiv (Abb. 38). Ihre Bestandsgröße steigt von unter 1 m<sup>2</sup> auf bis zu 3 m<sup>2</sup> an, bevor sie nach Aufgabe der Pflege 1994 wieder zurückgeht. 1997 ist im Gebiet eine Schafbeweidung (zweimal im Jahr) installiert worden, ab 2005 sind Fichtenforste in den Randbereichen beseitigt worden, wodurch in feuchten Bereichen Sumpf-Kratzdisteln (*Cirsium palustre*) aufgelaufen sind, die von den Faltern als Nektarressource genutzt werden. Diese zusätzliche Nektarquelle macht den Punkt bei fast 9 m<sup>2</sup> Nektarressource in Abb. 38 (oben) aus. In den gemähten Pfeifengras-Torfmoosrasen wird *Molinia caerulea* zurück gedrängt, so dass aufgrund der steigenden Deckung von Moosbeere (*Oxycoccus palustris*) und Torfmoos (*Sphagnum* ssp.) eine größere Fläche der Larvalressource gemessen werden konnte (vgl. Abb. 38, unten). Durch die forstliche Freistellung einer isolierten Moorfläche im Jahr 2000, die von *B. aquilonaris* dann auch zur Eiablage genutzt wurde, vergrößert sich die Larvalressource dementsprechend schlagartig, bevor sie in den letzten Jahren trotz Pflege (Beweidung) wieder zurück geht.

Vermutlich bedingt durch die Maßnahmen steigt die beobachtete Individuenzahl entlang des Transektes zunächst stark an. Anfang der 2002er Jahre geht sie stark zurück und schwankt in den letzten Jahren erheblich. Insbesondere nach kalten, schneereichen Wintern (z.B. 2006) kann man in den letzten Jahren bis zu 5 Individuen entlang des

Transektes fliegen sehen. 2010 konnten nur 3 Individuen gezählt werden. Aktuell stellt das Vorkommen im „Roten Schlotte“ damit die einzige verbliebene *Boloria*-Population in Süd-Westfalen dar.



**Abb. 38: Auswirkung der Pflegemaßnahmen auf Ressourcengröße und auf die Individuenzahl von *B. aquilonaris***

Abb. 39 veranschaulicht die Besiedlung geplagter, anmooriger Flächen. Man kann deutlich erkennen, dass drei Jahre nach dem Plaggen der nasse, vegetationslose Torf neben anderen Arten auch von Torfmoosen (in diesem Fall vor allem *Sphagnum papillosum*) besiedelt wird. Auch die Raupen-Futterpflanze von *B. aquilonaris*, die

Moosbeere (*Oxycoccus palustris*) siedelt sich an, zunächst rankt sie von den Seiten in die geplaggtten Flächen herein, dann zeigen sich in den geplaggtten Flächen aber auch Jungpflanzen aus generativer Vermehrung.



**Abb. 39: Auswirkung des Plaggens: Wiederbesiedlung der nassen, anmoorigen, zum Teil torfigen oder mineralischen Rohböden mit Torfmoosen (rote Kreise) und anderen Arten, aber auch mit der Raupenfutterpflanze von *B. aquilonaris*, der Moosbeere (*Oxycoccus palustris*). Dauerbeobachtungsflächen mit Markierung für „hochauflösende“ Vegetationsaufnahmen.**

Für die Zielart *B. ino* wurde bisher nur die Häufigkeit der Art an den Transekten mit klimatischen Parametern detaillierter in Beziehung gesetzt. Als einziger signifikanter Zusammenhang konnte lediglich eine positive Beziehung zwischen Abundanz und Temperatur des jeweiligen Sommerhalbjahres (März bis September) nachgewiesen werden (Abb. 40).

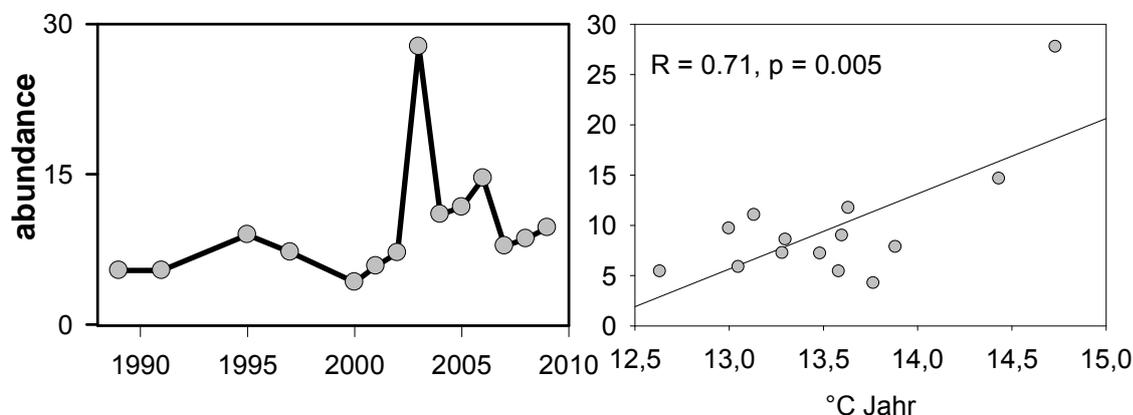


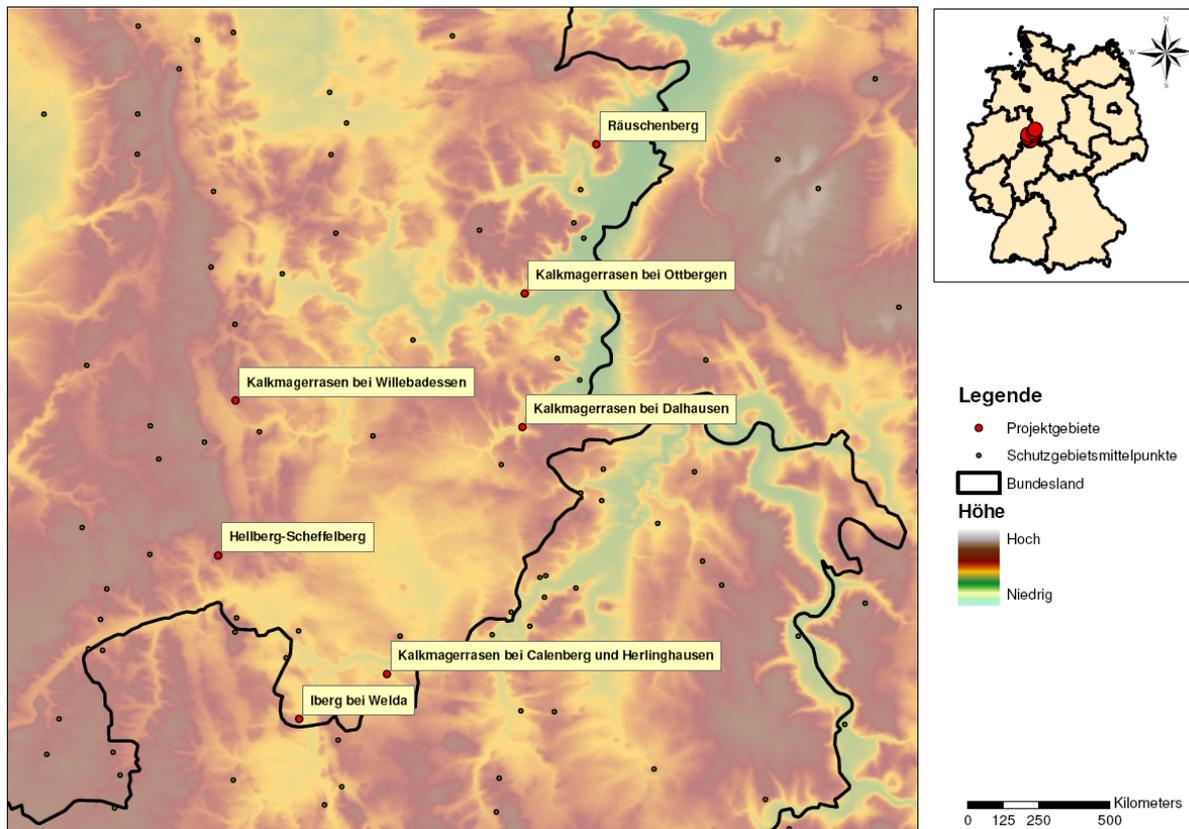
Abb. 40: Entwicklung der Abundanzen von *B. ino* auf den Probeflächen

## 3.2 Analyse von Witterungs- und Klimadaten

### 3.2.1 Modellierung der bisherigen Klimaentwicklungen in den Projektgebieten

Die vom PIK vorgenommenen Auswertungen hinsichtlich wichtiger Klima-Parameter für einige ausgewählte Gebiete können den nachfolgenden Diagrammen entnommen werden. Dabei wurden Daten von Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes verwendet, um sie auf die Mittelpunkte der betrachteten Schutzgebiete zu interpolieren (BADECK et al. 2008). Insbesondere die Temperatur kann so genauer gefasst werden, da eine relativ hohe Korrelation mit der Höhe besteht. Aber auch die kleinräumige Verteilung von Niederschlägen kann so besser berücksichtigt werden als durch reine Interpolationen in die Fläche.

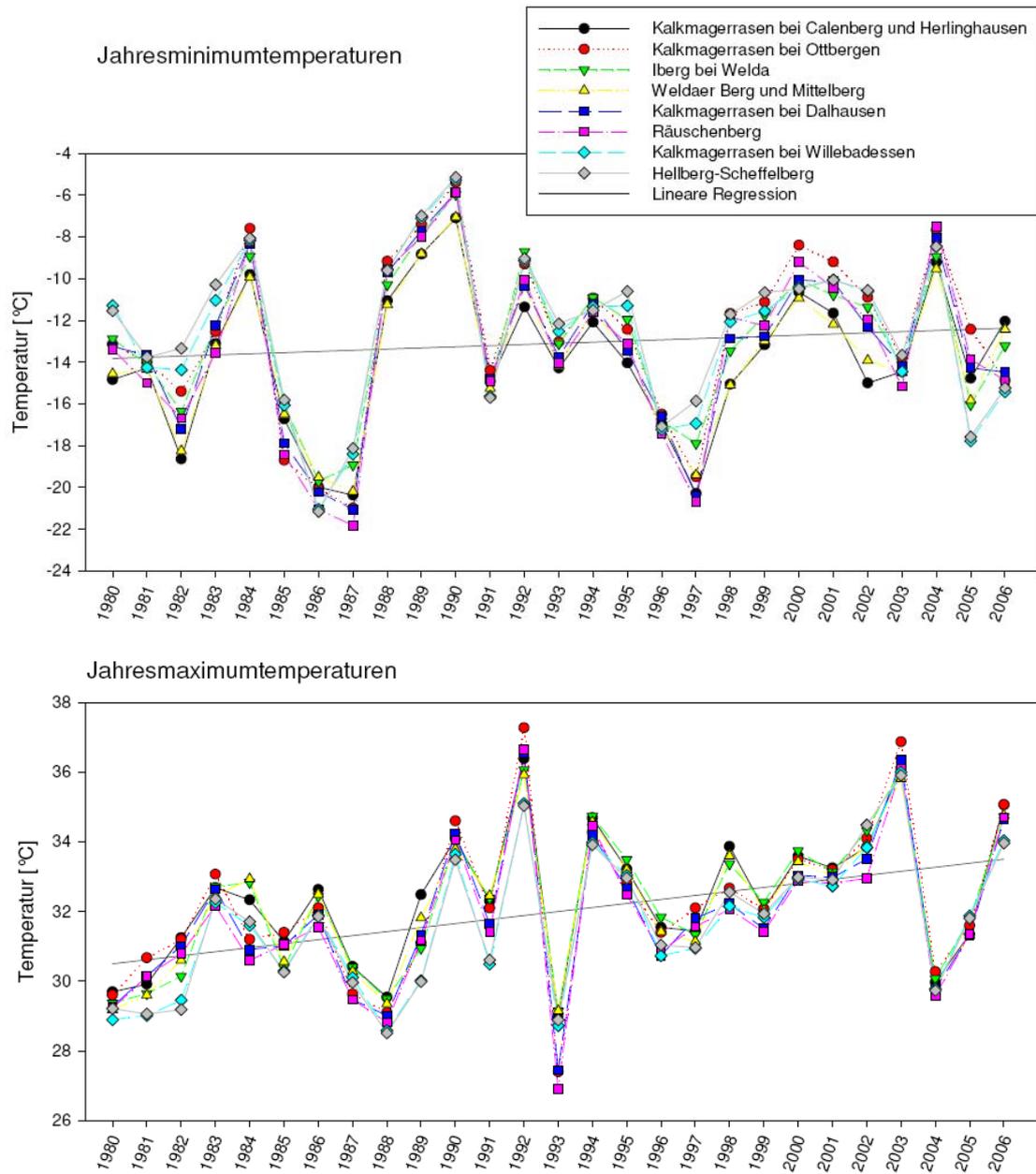
Diese Informationen wurden im Rahmen des vom BfN finanzierten Projektes „Schutzgebiete“ erarbeitet und in einer Datenbank abgelegt. Für das vorliegende Projekt werden gezielt Informationen zu den näher betrachteten Untersuchungsgebieten (vgl. Kap. 2.1.1; Abb. 41), die i.d.R. gleichzeitig auch FFH-Gebiete sind, abgefragt und analysiert. Dabei gehen diese Analysen über die üblichen Standardinformationen zu Temperatur und Niederschlägen hinausgehen.



**Abb. 41: Lage der Untersuchungsgebiete im Kreis Höxter, für die Klimaanalysen vorgenommen wurden**

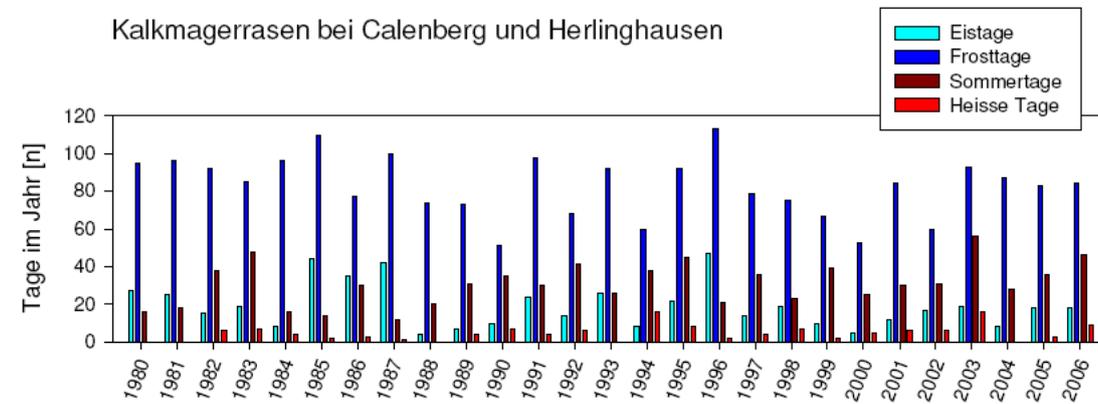
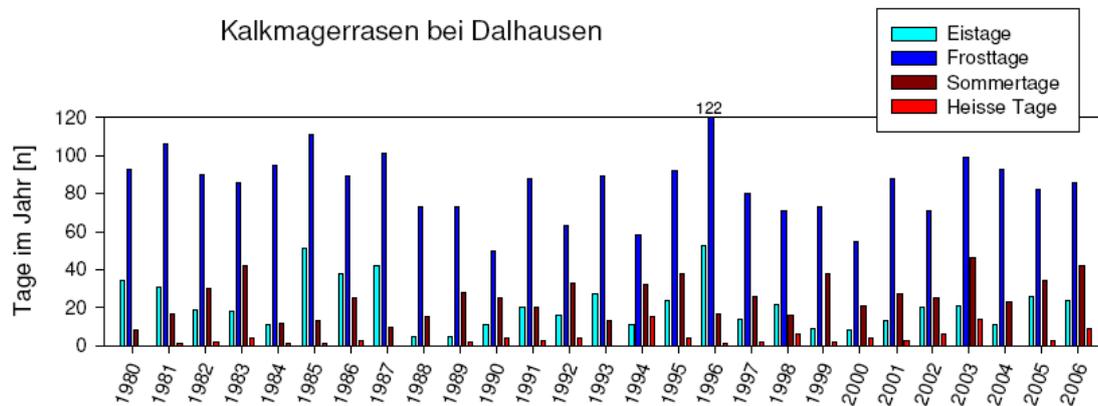
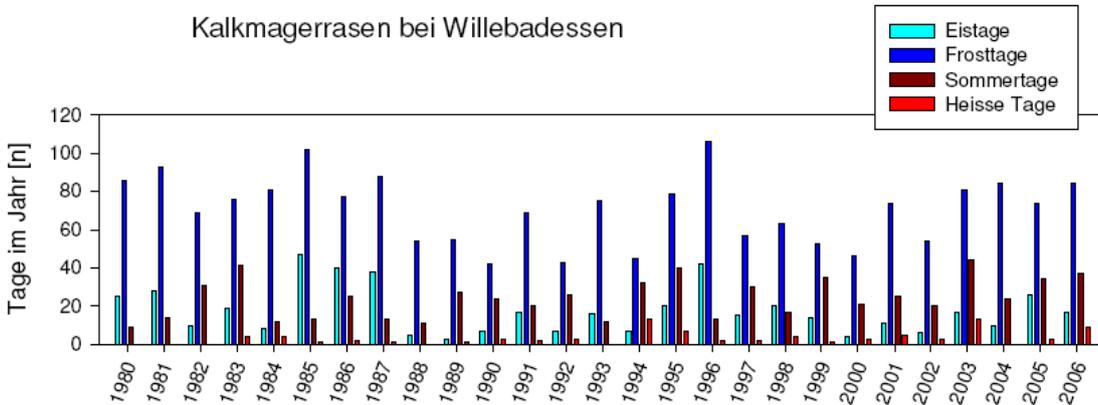
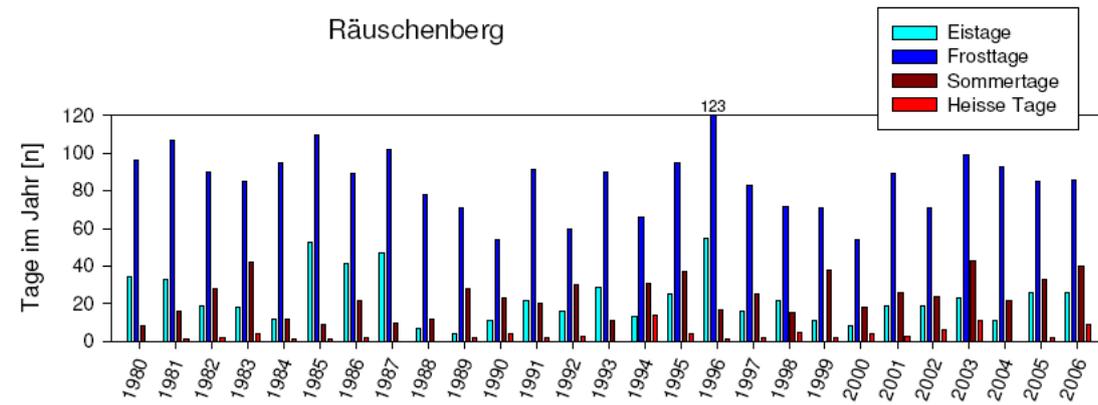
So finden sich neben Zeitreihenanalysen der Jahresminimum- und Jahresmaximumtemperaturen (Abb. 42) auch solche der Jahres-Kenntage (Anzahl der Eis-, Frost-, Sommer- und Heißen Tage, Abb. 43). Dabei ist für den Zeitraum 1980-2006 ein deutlicher Erwärmungstrend sowohl für die Jahresminimumtemperaturen als auch für die deutlich weniger schwankenden Jahresmaximumtemperaturen zu beobachten (Abb. 42). Eine einfache lineare Regression macht dies deutlich. Dabei weisen die am tiefsten gelegenen Kalkmagerrasen bei Ottbergen tendenziell die höchsten Temperaturen auf. Auch die Betrachtung der Jahres-Kenntage verdeutlicht für den genannten Zeitraum die Erwärmung. So nimmt die Anzahl der Eis- und Frosttage tendenziell ab, während die Anzahl der Sommertage und der Heißen Tage zunimmt (Abb. 43, Abb. 44).

Diese Entwicklungen in den Projektgebieten spiegeln dabei sowohl den globalen als auch den für Mitteleuropa beschriebenen rezenten Temperaturanstieg wider.



**Abb. 42: Extrema der jährlichen Temperatur in den Projektgebieten für den Zeitraum 1980-2006**

Oben: jährliches Temperaturminimum, unten: jährliches Temperaturmaximum.



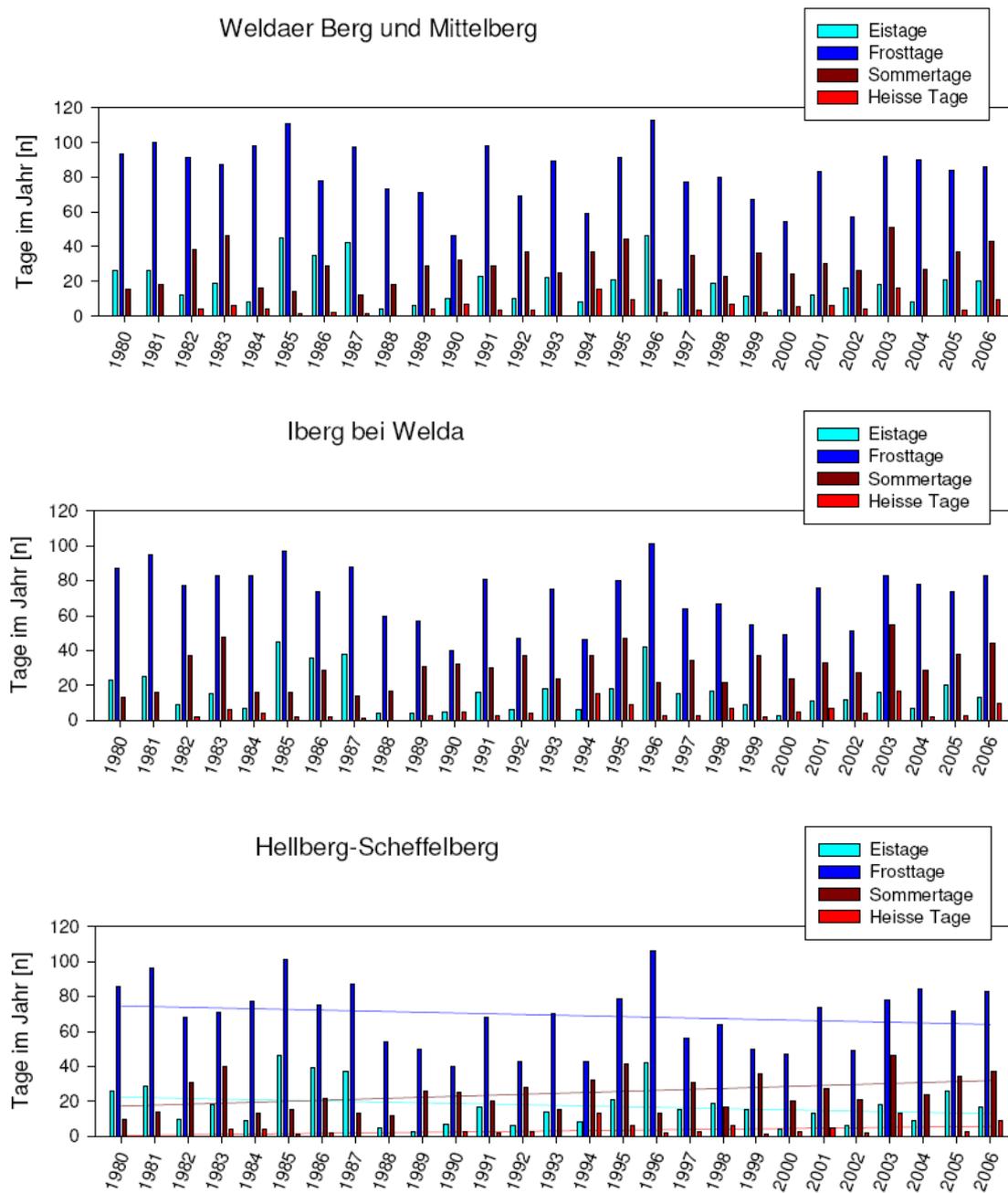
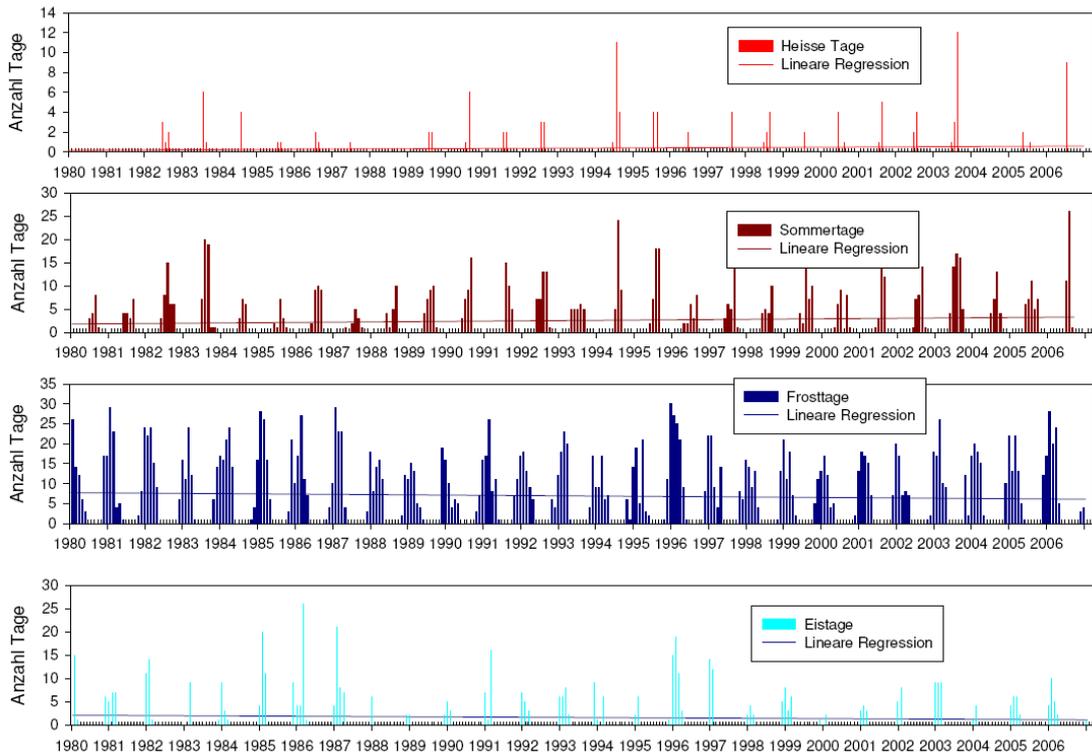


Abb. 43: Anzahl der Jahres-Kenntage in den Projektgebieten für den Zeitraum 1980-2006

## Kalkmagerrasen bei Calenberg und Herlinghausen

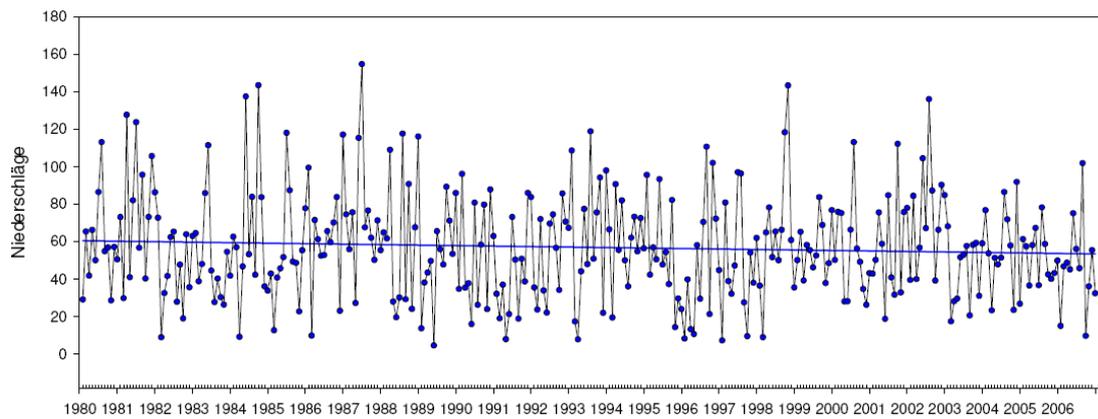


**Abb. 44: Kenntage für die Kalkmagerrasen bei Calenberg und Herlinghausen**

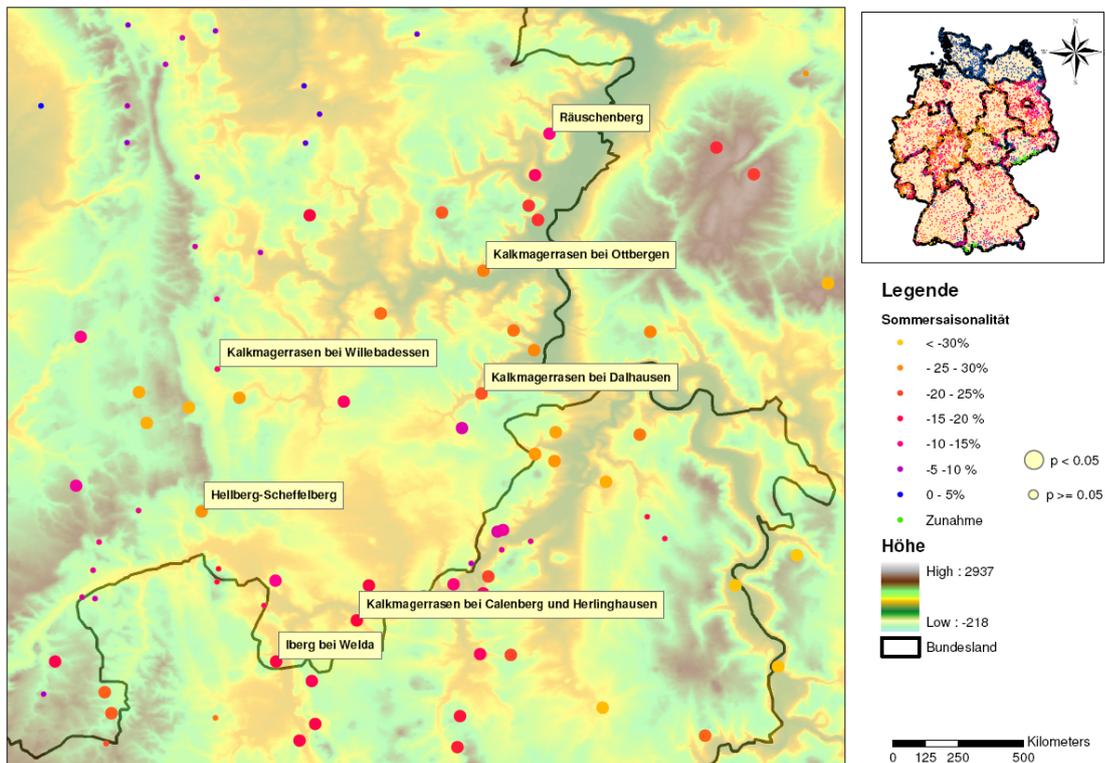
Heiße Tage ( $T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ ), Sommertage ( $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ ), Frosttage ( $T_{\min} \leq 0^{\circ}\text{C}$ ) und Eistage ( $T_{\max} \geq 0^{\circ}\text{C}$ ).

Die Niederschläge in den Projektgebieten zeigen einen leichten Abwärtstrend. Dies zeigt Abb. 45 am Beispiel der Projektgebiete „Kalkmagerrasen bei Calenberg und Herlinghausen“. Zudem verändert sich die Saisonalität der Niederschläge, der Anteil der Sommerniederschläge an den Gesamtjahresniederschlägen sinkt (Abb. 46). Dies ist im gesamten Untersuchungsraum beobachtet worden. In einigen Gebieten ist dieser Trend signifikant (nach Mann-Kendall).

Kalkmagerrasen bei Calenberg und Herlinghausen



**Abb. 45: Monatliche Niederschläge in den Gebieten „Kalkmagerrasen bei Calenberg und Herlinghausen“**



**Abb. 46: Veränderungen in der saisonalen Verteilung der Niederschläge**

Kalkmagerrasen bei Calenberg und Herlinghausen

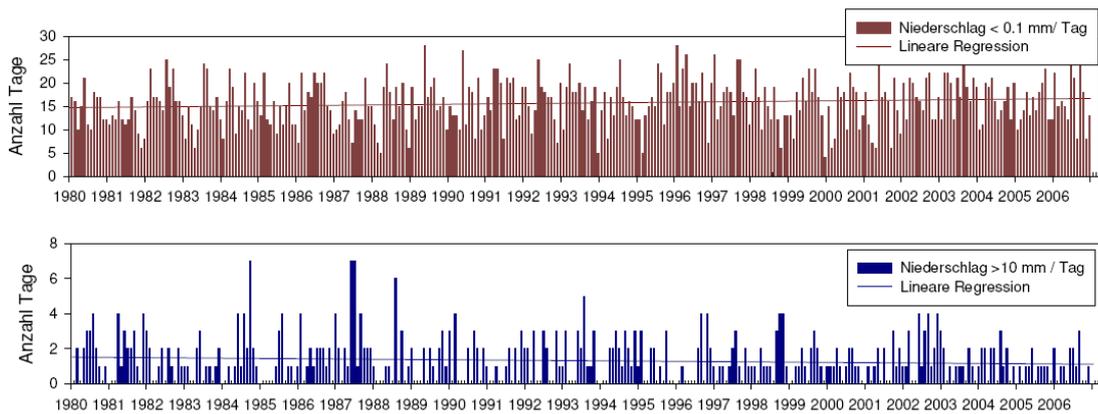
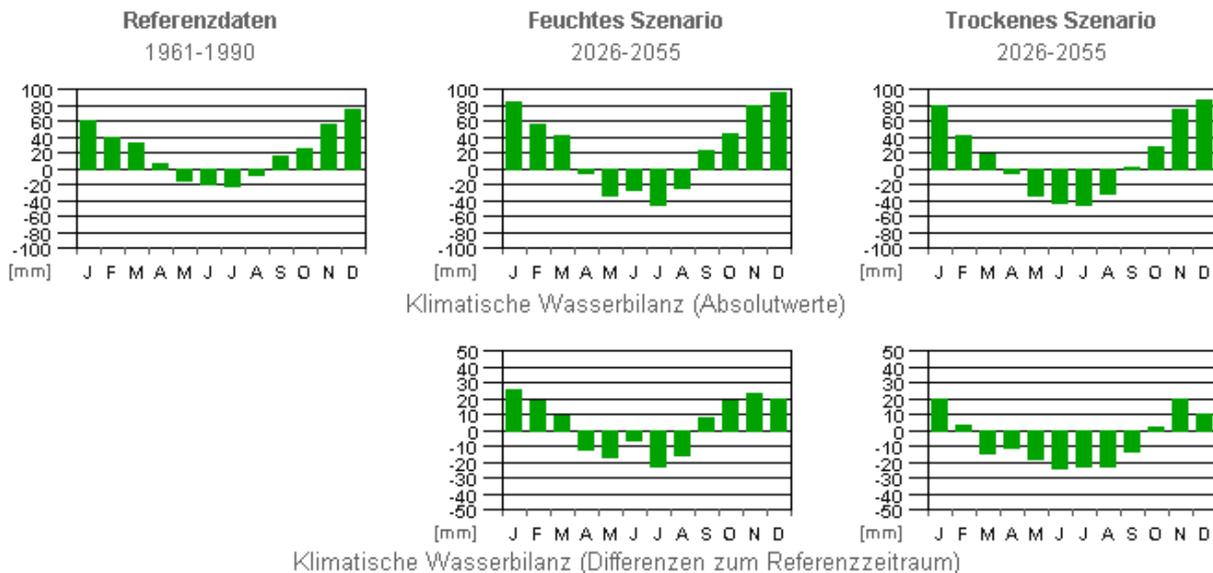


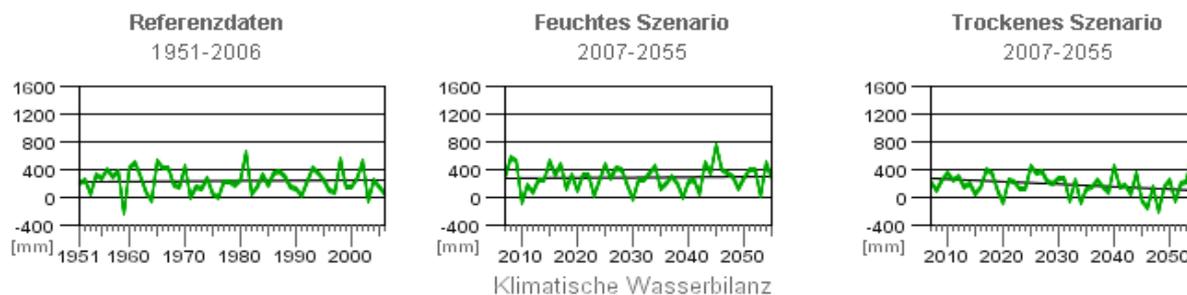
Abb. 47: Anzahl der Tage pro Monat mit Niederschlägen > 0.1 mm / Tag (oben) und > 10 mm / Tag (unten)

### 3.2.2 Prognosen zur Klimaentwicklung in den Projektgebieten für den Zeitraum bis 2055 (PIK)

Das PIK hat im Rahmen eines F+E-Vorhabens des BfN für verschiedene Szenarien Klimaprognosen für die Natura- 2000 Gebiete erstellt. Betrachtet wird dabei der Zeitraum 2026-2055. Als Referenz diente der Zeitraum 1961-1990. Die Ergebnisse wurden dem Projekt zur Verfügung gestellt und dienen als Grundlage der Modellierungen (Kap. 3.3). In Abb. 48 sind zwei Szenarien für das FFH-Gebiet „Kalkmagerrasen bei Ottbergen“ dargestellt. Das PIK hat die Daten für die Natura 2000 – Gebiete Deutschlands unter <[www.pik-potsdam.de/infothek/klimawandel-und-schutzgebiete](http://www.pik-potsdam.de/infothek/klimawandel-und-schutzgebiete)> allgemein zugänglich ins Netz gestellt.



Klimatische Wasserbilanz (Differenzen zum Referenzzeitraum)

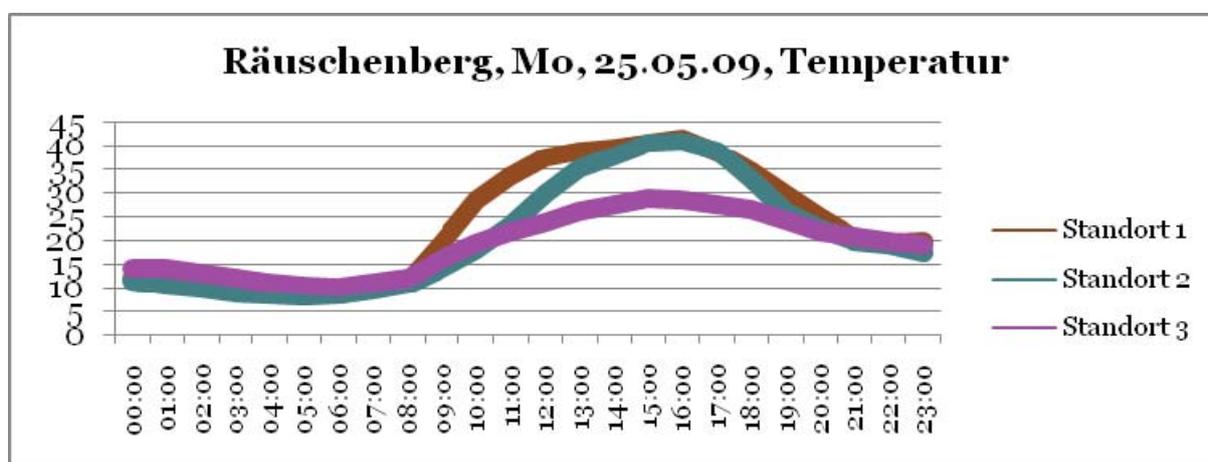


**Abb. 48: Prognosen zur Klimaentwicklung für das Schutzgebiet „Kalkmagerrasen bei Ottbergen“ (PIK)**

### 3.2.3 Ergebnisse von kleinklimatischen Messungen in ausgewählten Projektgebieten

#### 3.2.3.1 Kleinklimatische Messungen in der Region Weserbergland

Ausgewählte Ergebnisse der Temperaturmessungen zur kleinklimatischen Charakterisierung unterschiedlich exponierter und unterschiedlich genutzter Kalk-Halbtrockenrasen-Standorte sind in den Abb. 49 und 51 dargestellt. Die Daten stellen eine wichtige Grundlage für die Modellierungen (vgl. Kap. 3.3) dar.



**Abb. 49: Tagesgang der Temperaturen in voll besonnener Südhanglage (Standort 1, Abb. 50, links), in halbschattiger Südhanglage (Standort 2, Abb. 50, rechts) und in Plateaulage (Standort 3)**



Abb. 50: Vollbesonnter (Standort 1, links) und halbschattiger Südhang (Standort 2, rechts)  
(Fotos: M. Sievers)

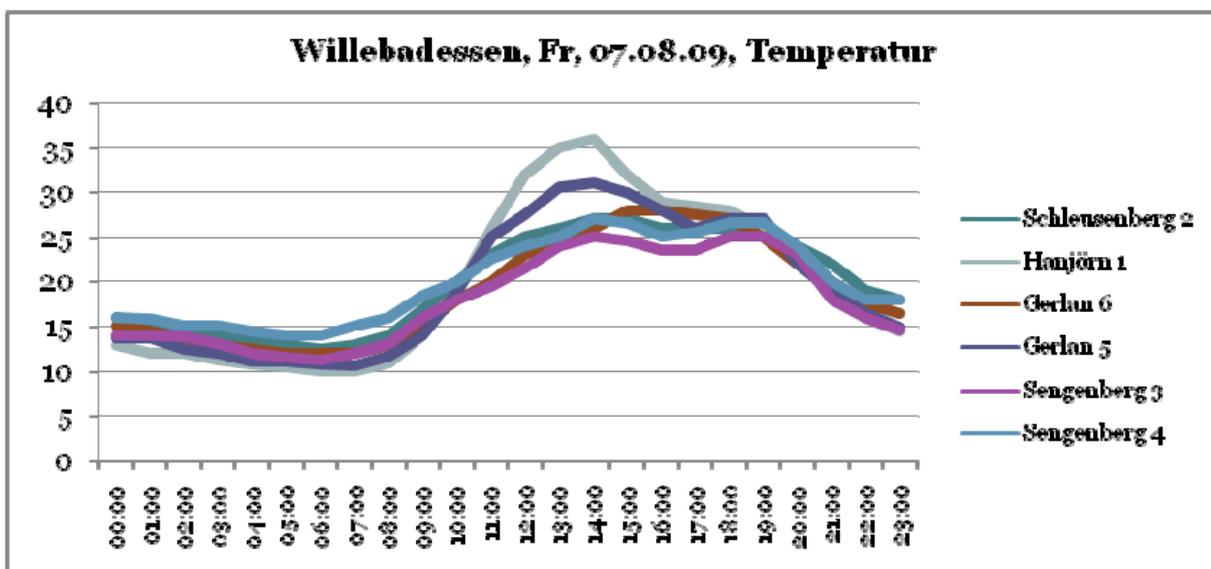
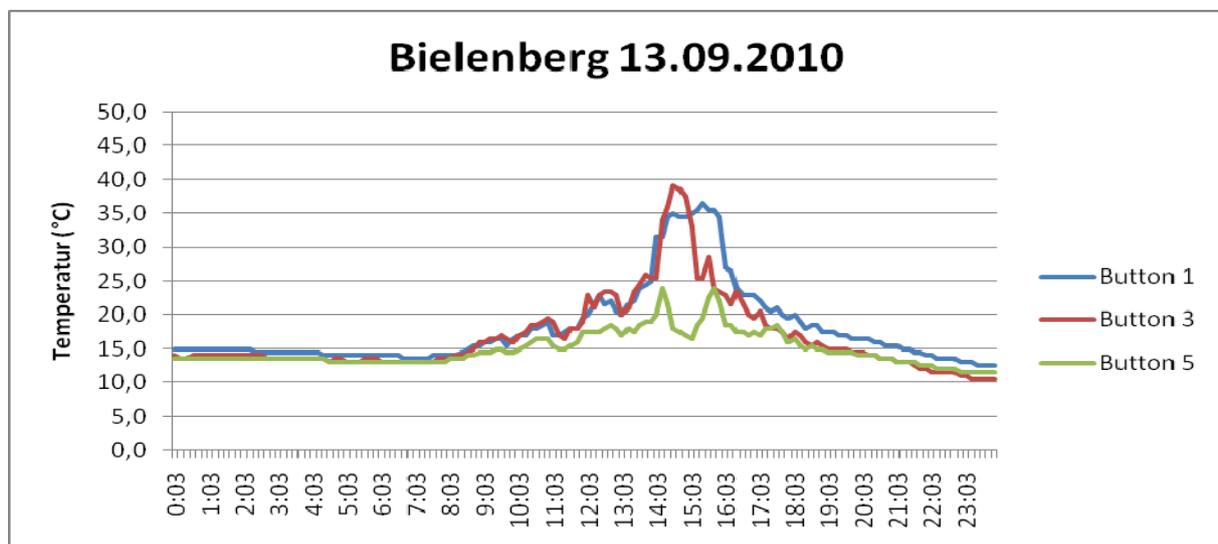


Abb. 51: Tagesgang der Temperaturen im Bereich der Kalktriften bei Willebadessen. Vollbesonnt: Standort Hanjörn 1; halbbeschattet: Gerlan 5 (vgl. Abb. 52) und Gerlan 6; Plateaulage: Sengenbergl 3 und 4; ostexponiert: Schlußenberg 2

Einen Vergleich des Temperaturverlaufs auf unterschiedlich strukturierten Kalk-Halbtrockenrasen mit und ohne Optimierungsmaßnahmen am Südhang des Bielenbergs zeigen Abb. 53 und Abb. 54. Während die Temperaturkurven im Herbst auf den offenen Halbtrockenrasen und der Wacholderheide ähnlich verlaufen und sich während der maximalen Sonneneinstrahlung auf bis zu 40 °C erwärmen, ist der Temperaturgang auf der locker überschirmten Fläche deutlich abgeflachter und weist mit maximal 24 °C einen deutlich geringeren Maximalwert auf als in den offenen Flächen.



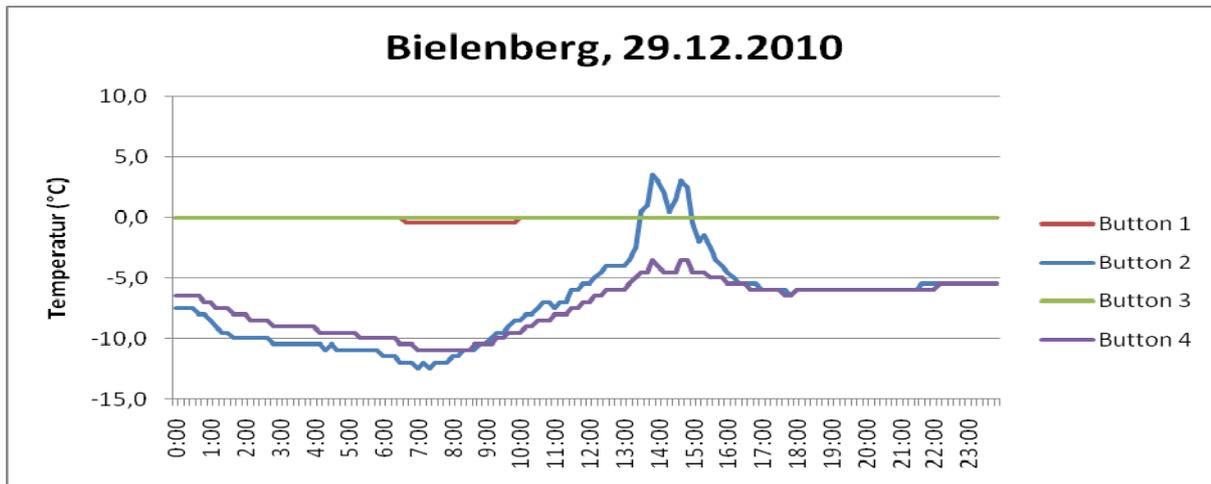
**Abb. 52: Von Eichen teilbeschatteter Bereich am Schleißenberg (Kalktriften bei Willebadessen) (Foto: B. Beinlich)**



**Abb. 53: Temperaturverlauf auf drei benachbarten Teilflächen am Südhang des Bielenberges am 13.09.2010.**

Die Temperaturen wurden direkt am Boden gemessen. 1: Kalk-Halbtrockenrasen ohne Gehölzbesatz; 3: Kalk-Halbtrockenrasen mit Wacholderbestand; 5: Freigestellter ehemaliger Halbtrockenrasen, von Kiefern licht überschirmt.

In Abb. 54 ist der Temperaturverlauf auf den gleichen Flächen im Dezember 2010 dargestellt. Die Thermobuttons 1 und 3 befanden sich am Boden unter einer ca. 20 cm dicken Schneedecke, Button 2 und 4 wurden oberhalb der Schneedecke exponiert. Während der Temperaturverlauf unter der Schneedecke jeweils konstant bei 0 °C lag, schwankten sie oberhalb der Schneedecke im Tagesverlauf um bis zu 15 °C auf der Freifläche und um 7 °C unter dem lichten Schirm der Kiefern.



**Abb. 54: Temperaturverlauf auf einem Kalk-Halbtrockenrasen ohne Gehölzbesatz (Button 3 und 4) und auf einer freigestellten, von Kiefern licht überschirmten Fläche eines Kalk-Halbtrockenrasens am Südhang des Bielenberges am 29.12.2010**

Die Temperaturen wurden mit Button 1 und 3 unterhalb und mit Button 2 und 4 oberhalb der schützenden Schneedecke gemessen.

### 3.2.3.2 Kleinklimatische Messungen in der Region Märkisches Sauerland

Um einen Eindruck davon zu bekommen, ob die Management-Maßnahmen neben dem gewünschten längerfristigen positiven Effekt auf die Größen der Populationen auch sofort messbare mikroklimatische Unterschiede zwischen Habitaten mit und ohne Maßnahmen zeitigen, wurden Temperaturmessungen durchgeführt. Hierzu wurden im Falle von *B. ino* in zwei Habitaten, im Falle von *B. aquilonaris* in einer Population (NSG „Auf dem Roten Schlote“) in einer ersten Variante an je zwei Orten Paare von MiniMax-Thermometern ausgelegt, in einer zweiten Variante an den gleichen Orten Thermobuttons (Abb. 55) als Temperaturgang-Daten-Logger ausgebracht, die nach bestimmten Zeiträumen (Tab. 11) eingeholt und computergestützt ausgelesen wurden. Die paarweisen Messungen wurden so eingerichtet, dass jeweils gleichzeitig eine in Bereichen ohne und eine in Bereichen mit Maßnahmen ausgelegt wurden. Die Abstände zwischen den Thermometern und Thermobutton-Paaren betragen je vier Meter, die Thermometer blieben jeweils 24 Stunden draußen. Die handelsüblichen MiniMax-Thermometer lassen sich auf 0,5 °C Genauigkeit ablesen. Die Messungen sind im Gelände an insgesamt vier Terminen über den gesamten Jahresverlauf durchgeführt worden: 07.-08.09.2009, 23.-24.10.2009, 06.-07.02.2010 und 22.-23.06.2010

**Tab. 11: Übersicht der Temperaturmessungen mit den Thermobuttons (1 Messung / 10 min)**

<b>Anzahl Messungen / Lokalität</b>	<b>B. ino</b>	<b>B. aquilonaris</b>
Niedermoor Neuemühle 2 x Maßnahme vs. keine Maßnahme	05.07.-06.07.10, 24 h	
Niedermoor Listertal 1 x Maßnahme vs. keine Maßnahme	06.08.-07.08.10, 24 h	
Niedermoor Neuemühle 3 x Maßnahme vs. keine Maßnahme	27.01.-10.02.11	
Übergangsmoor Roten Schlote 2 x Maßnahme vs. keine Maßnahme		05.07.-06.07.10, 24 h
Übergangsmoor Roten Schlote 1 x Maßnahme vs. keine Maßnahme		06.08.-07.08.10, 24 h
Übergangsmoor Roten Schlote 2 x Maßnahme vs. keine Maßnahme		27.01.-10.02.11

Abb. 55 zeigt die über den Jahresverlauf und die verschiedenen Lokalitäten gemittelten Temperaturunterschiede für Larval-Habitate von *B. ino* - Hochstaudenfluren mit Mädesüß (*Filipendula ulmaria*).

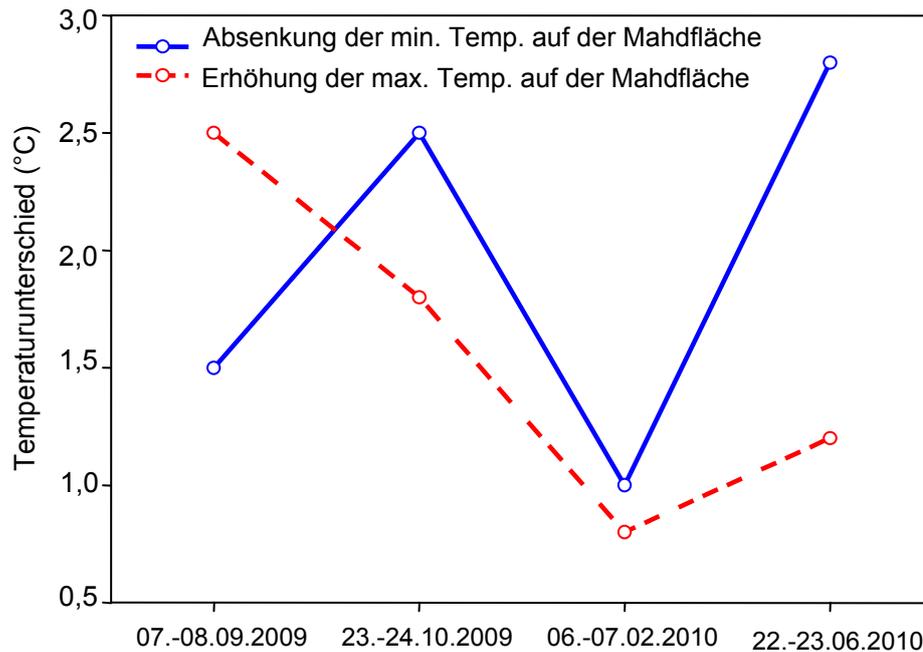


### Temperaturdifferenz (Mittelwerte)

	Mahd	↔	Ungemähter Bestand
Max	1,4°C		
Min	2,1°C		

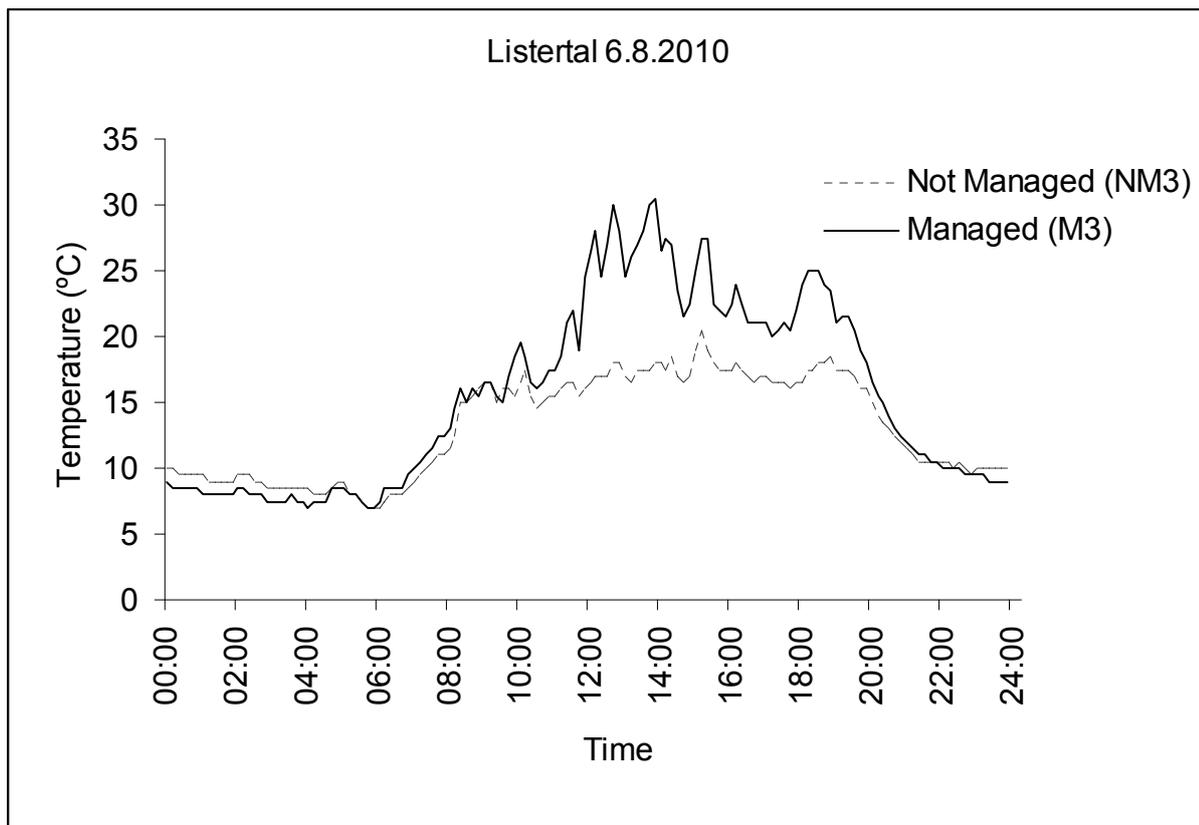
**Abb. 55: Gemittelte Temperaturunterschiede zwischen Habitat-Bereichen von *B. ino* mit und ohne Maßnahme. Auf den Bodenoberflächen der im Sommer gemähten Mädesüß-Fluren sind die minimalen Temperaturen im Mittel niedriger und die maximalen im Mittel höher als in ungemähten Beständen. Das Bild zeigt die Messung im Oktober.**

Die minimalen Temperaturen auf den Bodenoberflächen der gemähten Mädesüß-Fluren waren im Mittel 2,1°C niedriger und die maximalen im Mittel 1,4°C höher als in ungemähten Beständen. Wie zu erwarten, puffern die verbrachten Bestände die Temperatur-Extrema ab. Abb. 56 zeigt die Temperaturunterschiede im Jahresverlauf. Es kann klar gezeigt werden, dass durch die Mahd die minimale Temperatur (vermutlich nachts) der Mahdflächen unmittelbar auf dem Boden über dem wasserdurchtränkten Niedermoorkörper im Februar um ca. 1°C, im Juni dagegen zum Zeitpunkt der Messungen um im Mittel fast 3°C gegenüber den ungemähten Brachen abgesenkt werden kann. Gleichzeitig kommt es durch die Mahd-Maßnahmen natürlich zu Erhöhungen der maximalen Temperatur gegenüber den nicht gemähten Breichen, von maximal fast 2,5°C während der September-Messung (vgl. Abb. 56)



**Abb. 56:** Veränderung der mittleren Temperaturen der gemähten Mädesüß-Fluren im Vergleich zu den Habitaten ohne Mahd-Maßnahme. Dargestellt sind Kurven mit den gegenüber den ungemähten Habitaten erniedrigten minimalen bzw. erhöhten maximalen Werten im Verlauf der jahreszeitlichen Messungen. Die Erhöhung der maximalen Temperatur in den gemähten Habitaten fällt im September am stärksten, die Absenkung der minimalen Temperatur der gemähten gegenüber den ungemähten Habitaten fällt im Juni am stärksten aus.

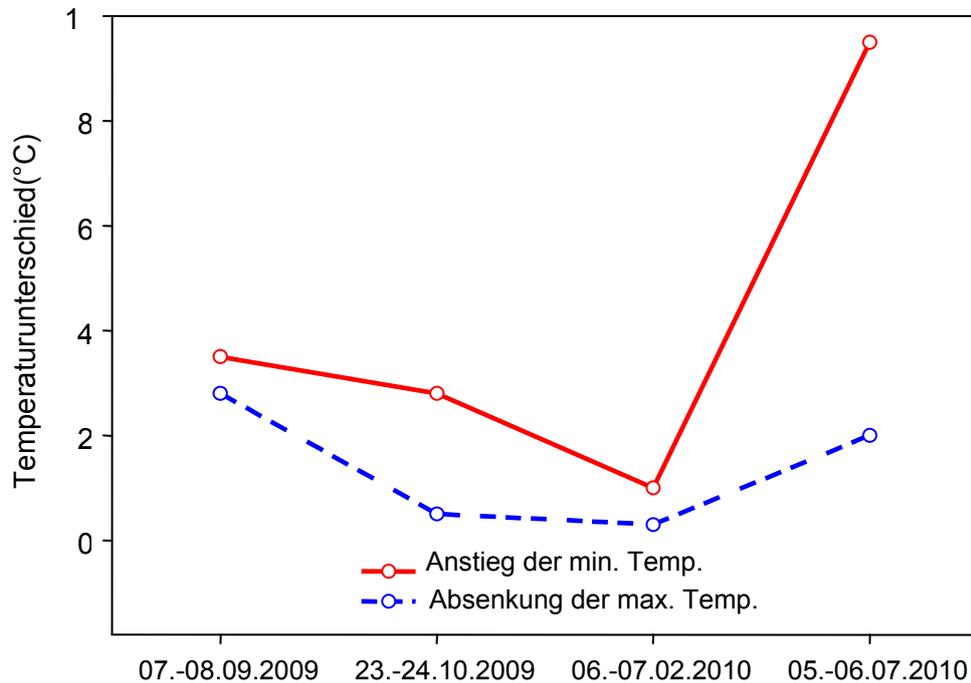
Die 10-minütigen Temperaturmessungen mit den Thermobuttons bestätigen das Ergebnis aus den gröberen Messungen mit den MiniMax-Thermometern. Am Beispiel eines Habitates von *B. ino* (Niedermoorfläche Listertal, 24-Stunden Messung vom 6. – 7.8.10), wird deutlich, dass die Temperatur auf dem Boden der Fläche mit Mahd-Maßnahme gegenüber der Temperatur auf ungemähten Fläche tagsüber stark erhöht, nachts dagegen um 2 – 3°C erniedrigt ist (Abb. 57).



**Abb. 57: Temperaturgänge der gemähten Mädesüß-Fluren im Vergleich zu den Bereichen ohne Mahd-Maßnahme, dargestellt am Beispiel des B. ino-Habitates „Listertal“ vom 6. bis zum 7.8. Die Temperatur auf dem Boden der Mahdfläche („managed“) ist tagsüber stark erhöht, nachts dagegen erniedrigt.**

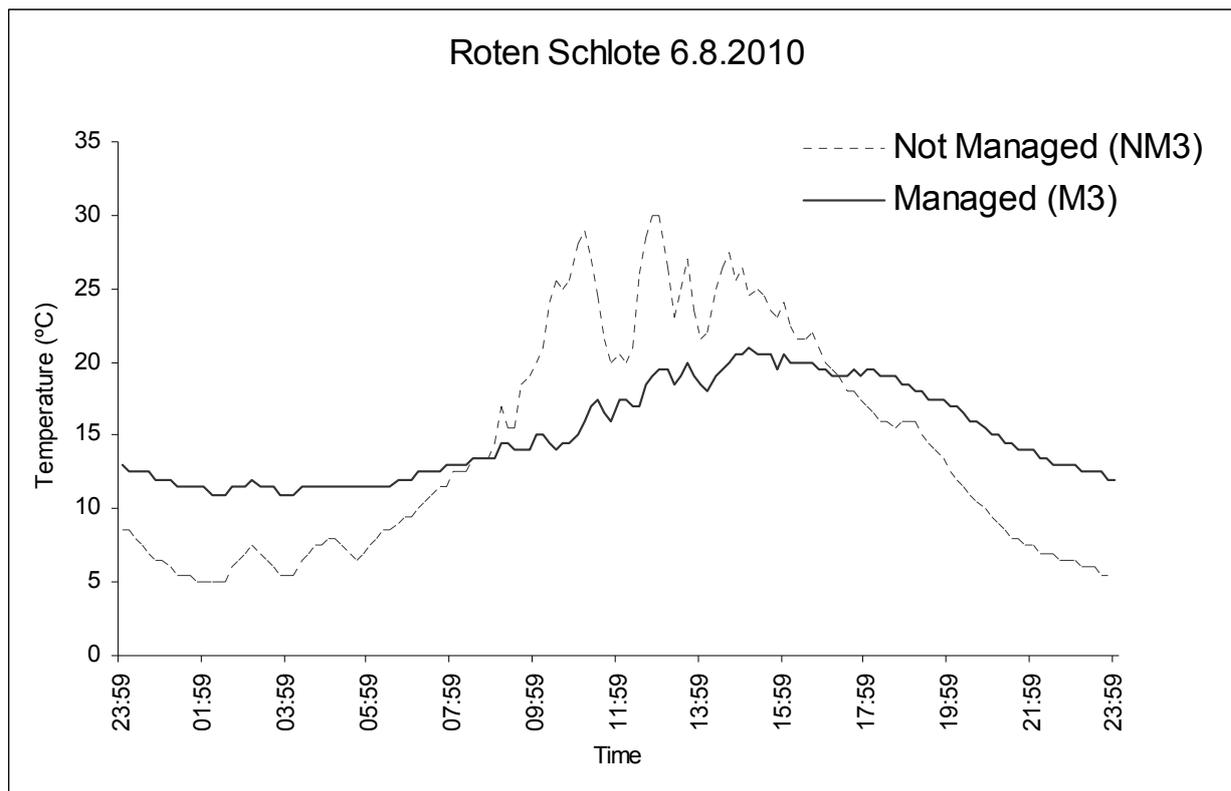
Etwas anders stellen sich die Ergebnisse der Messungen im Habitat von *B. aquilonaris* dar (Abb. 58). Hier wurden Messungen mit den MiniMax-Thermometern in gleicher Weise wie oben beschrieben, vorgenommen, aber in drei Varianten: in dem durch die Maßnahmen entstandenen Rohboden in unmittelbarer Nähe der Eiablagehabitate, in stark von Pfeifengras (*Molinia caerulea*) überwachsenen Torfmoosrasen und in offenen Torfmoosrasen mit reichhaltig Moosbeere (*Oxycoccus palustris*), in denen das optimale Ablagehabitat vermutet wird (vgl. Abb. 58, ganz rechts im Bild). Durch den geschaffenen Rohboden gelingt es nicht, das Mikroklima extremer zu machen und eine Absenkung der minimalen Temperaturen gegenüber den Torfmoosrasen zu bewirken. Sowohl der degradierte Tormoosrasen mit viel *Molinia* im Überstand als auch der offene Moosbeeren-Torfmoosrasen-Rasen zeigen im Maximum höhere und im Minimum niedrigere Temperaturen. Im letzteren Falle sind die Minima im Mittel der Messungen sogar 4,3°C niedriger als in den frisch geschaffenen vegetationslosen Flächen.





**Abb. 59: Veränderung der gemittelten minimalen und maximalen Temperaturen auf den Maßnahmenflächen (Ruhbodenbereiche) gegenüber den Moosbeeren-Torfmoosrasen**

Die 24-stündigen Messungen mithilfe der Thermobuttons bestätigen wiederum die Ergebnisse MiniMax-Messungen. Abb. 60 zeigt an einer beispielhaften Messung die extremen „kontinental-borealen“ Temperaturschwankungen auf den Torfmoosrasen im tageszeitlichen Verlauf. Die Temperaturmaxima sind gegenüber den Rohboden-Maßnahmenflächen stark erhöht, die Temperaturminima nachts stark erniedrigt.



**Abb. 60: Temperaturgänge Rohboden-Maßnahmenfläche im Vergleich zu den Bereichen mit Torfmoosrasen ohne Maßnahme („not managed“), dargestellt am Beispiel des *B. aquilonaris*-Habitates „Roten Schlote“ vom 6. bis zum 7.8. Die Temperatur auf dem Boden der Torfmoosrasen zeigt eine extremes kontinental-boreales Mikroklima. Sie ist tagsüber stark erhöht, nachts dagegen gegenüber den vegetationslosen Maßnahmenflächen stark erniedrigt.**

Aus den Temperaturmessungen ergibt sich für die beiden Zielarten der Region Märkisches Sauerland, *B. ino* und *B. aquilonaris*, hinsichtlich des Kompensationspotentials der Maßnahmen folgendes Fazit:

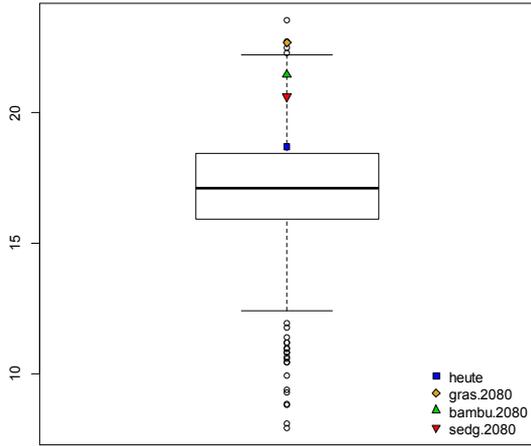
1. Alle Temperaturmessungen in den Habitaten von *B. ino* ergeben, dass die Maßnahmen zu einer mikroklimatischen starken Absenkung der minimalen Temperaturen zu allen Jahreszeiten und zu einer geringeren Erhöhung der maximalen Temperaturen führt, am stärksten im Sommer. Dies kommt einer Kontinentalisierung des Mikroklimas gleich. Es ist anzunehmen, dass *B. ino* vor dem Hintergrund der artspezifischen Klimanische (vgl. SETTELE at al. 2008) insbesondere während der Larvalzeit (Herbst-Frühling) hiervon profitiert. Die Maßnahmen scheinen vor allem in der Absenkung der Temperaturen ein gewisses kompensatorisches Potential im Hinblick auf die prognostizierte Klimaerwärmung entfalten zu können. Dieses Potential wird in ein neues Prognosemodell für die Reaktion der Zielart *B. ino* auf klimatische Veränderungen eingespeist.

2. Alle Temperaturmessungen in den Habitaten von *B. aquilonaris* haben dagegen ergeben, dass die Maßnahmen auf direktem Wege nicht für eine mikroklimatische Kompensation makroklimatischer Veränderungen sorgen können. Moor-Oberflächen in Form von offenen Torfmoosrasen sind hinsichtlich ihrer mikroklimatischen Kontinentalität auch von vegetationsfreiem Boden nicht zu übertreffen. Für die boreo-kontinental eingensichte Art *B. aquilonaris* (vgl. SETTELE et al. 2008) ergibt sich durch die Maßnahmen keine mikroklimatische Kompensation. Eine maßnahmenbedingte Stärkung der Widerstandsfähigkeit von Populationen dieser Art gegenüber prognostizierten klimatischen Veränderungen liegt aber in der Schaffung von Pionier-Torfmoosrasen auf den vegetationslosen Torfböden. Wenn sich in diesen Pionier-Torfmoosrasen, die sich nach ca. 2 Jahren in den feuchten vegetationslosen Bereichen bilden, auch die Raupenfutterpflanze *Oxycoccus palustris* angesiedelt hat, führt dies zu einer Verbesserung der Larvalressource und damit wahrscheinlich zu einer Vergrößerung der Population, wodurch mögliche negative Effekte aufgrund klimatischer Veränderungen ebenfalls besser abgepuffert werden könnten.

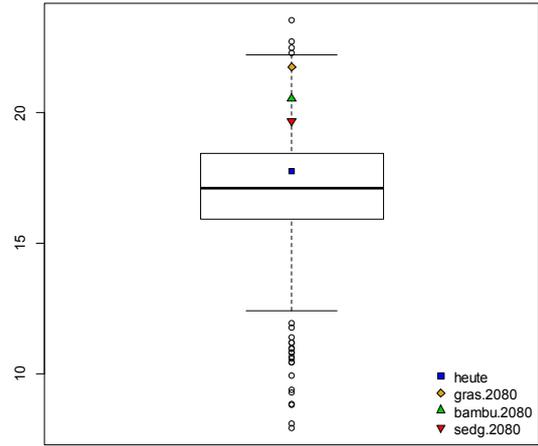
### **3.3 Modellierung der Auswirkungen prognostizierter Klimaveränderungen auf die Populationen der Zielarten**

Die Modellierungen wurden für *Phengaris (Maculinea) rebeli* unter Berücksichtigung der im Sommer 2011 durchgeführten Mikroklimamessungen am Süd- und Westhang des Bielenbergs durchgeführt. Für *Phengaris (Maculinea) rebeli* erscheint die Temperatursituation im Untersuchungsgebiet „Bielenberg“ recht günstig. Lediglich für den Standort 1 (südexponierter, kurzrasiger Halbtrockenrasen) ergeben sich höhere Temperaturen, als sich dies für die mittlere europäische Temperaturnische errechnet. Für die Standorte 6 und 8 liegen die Temperaturen sogar darunter. Mit Ausnahme von Standort 1 und dem Extremszenario GRAS liegen unter allen Managementmaßnahmen und Szenarienbedingungen die Temperaturen innerhalb der derzeit beobachteten (Sommer-)Temperaturnische der Art (Abb. 61, Tab. 12).

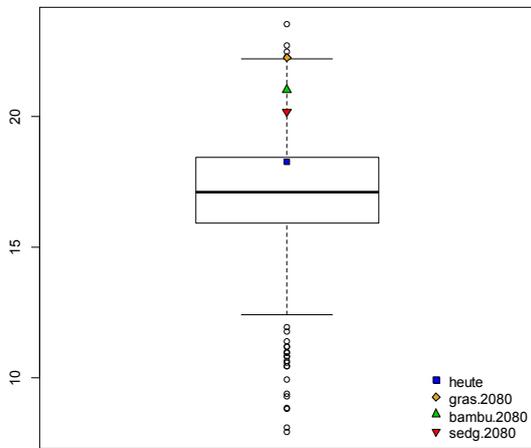
Lediglich die Höhe des Temperaturloggers (bodennah, 25 cm Höhe) und der Vegetationstyp haben einen signifikanten Einfluss auf die Temperatur (Tab. 13). Die Interaktion von Höhe und Vegetation hat ebenso wenig einen Einfluss auf die Temperatur, wie die Exposition. Innerhalb der Vegetation unterscheidet sich die Temperatur dabei einzig und allein in den Wacholderbeständen und am Waldrand nicht signifikant voneinander (Tab. 14). Die größten Temperaturunterschiede gibt es von den offenen Beständen zu den Gehölzbeständen und von den Kiefernbeständen zu den anderen Gehölzbeständen.



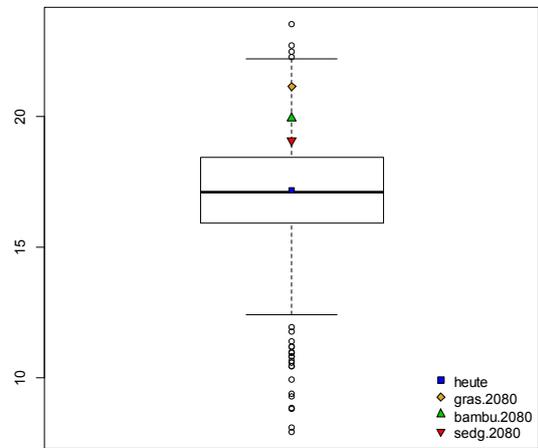
Standort 1



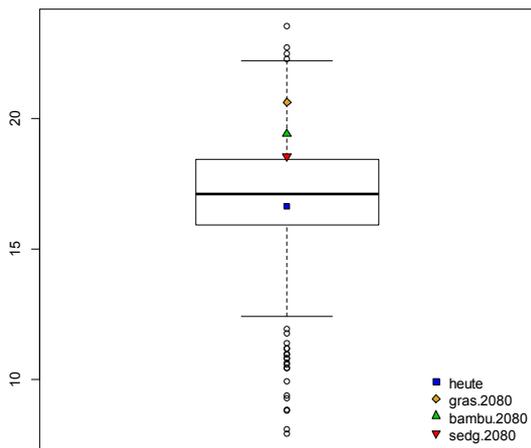
Standort 2



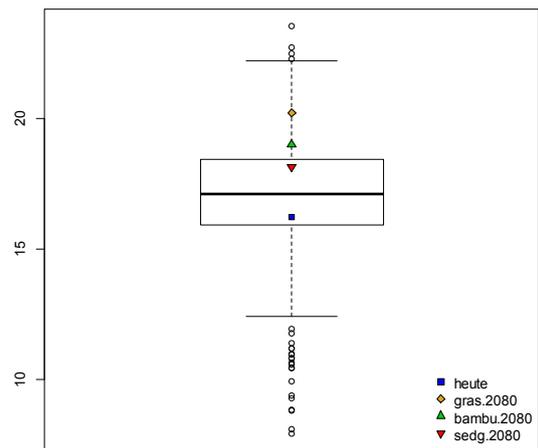
Standort 3



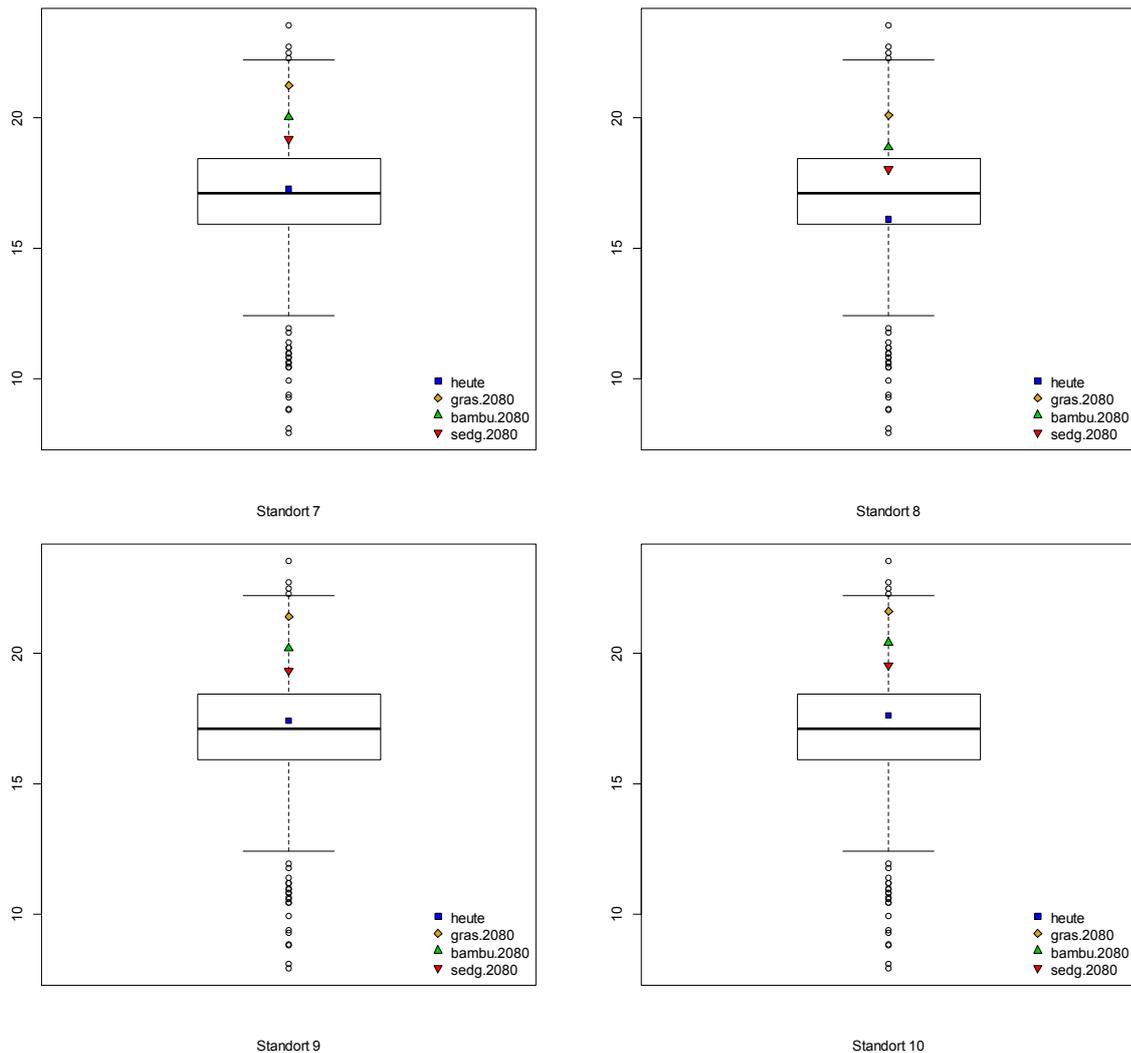
Standort 4



Standort 5



Standort 6



**Abb. 61: Temperatursituation an zehn Standorten (zur Typisierung s. Tab. 12) des Untersuchungsgebietes „Bielenberg“ und die europäische Sommer-Temperaturnische von *Phengaris rebeli***

Der starke horizontale Balken gibt den Median an, die Boxen das 25%-75% Quartil, die Fehlerbalken das bis zu 1,5-fache der Interquartilen-Distanz und die Punkte Ausreißer. Die farbigen Symbole markieren die derzeitige sowie die unter verschiedenen Szenarien projizierte Temperatursituation.

Standort 1: offener, südexponierter Magerrasen, bodennah

Standort 2: offener, südexponierter Magerrasen, Messung in 25 cm Höhe

Standort 3: südexponierter Magerrasen, von Wacholder überschirmt, bodennah

Standort 4: südexponierter Magerrasen, von Wacholder überschirmt, 25 cm Höhe

Standort 5: südexponierter Magerrasen, von Kiefern überschirmt, bodennah

Standort 6: südexponierter Magerrasen, von Kiefern überschirmt, 25 cm Höhe

Standort 7 + 8: westexponierte Magerrasen, von Kiefern überschirmt, bodennah

Standort 9+10: westexponierte, dem Wald vorgelagerte Säumbereiche, bodennah

**Tab. 12: Gemessene und in drei Klimaszenarien berechnete, durchschnittliche Sommertemperatur (°C) für das Untersuchungsgebiet „Bielenberg“**

Temperaturen (°C) die in der Temperaturnische von *Phengaris (Maculinea) rebeli* liegen, sind fett gedruckt. Temperaturen, die innerhalb der Ausreißerwerte liegen, sind kursiv gedruckt.

	Exposition	Vegetationstyp	Vegetations- höhe	gemessen	GRAS 2080	BAMBU 2080	SEDG 2080
Bielenberg 1	S	offen	0	<b>18,7</b>	22,7	<b>21,4</b>	<b>20,6</b>
Bielenberg 2	S	offen	25	<b>17,7</b>	<b>21,7</b>	<b>20,5</b>	<b>19,7</b>
Bielenberg 3	S	Wacholderbestand	0	<b>18,3</b>	<b>22,2</b>	<b>21,0</b>	<b>20,2</b>
Bielenberg 4	S	Wacholderbestand	25	<b>17,2</b>	<b>21,1</b>	<b>19,9</b>	<b>19,1</b>
Bielenberg 5	S	Kiefernbestand	0	<b>16,6</b>	<b>20,6</b>	<b>19,4</b>	<b>18,5</b>
Bielenberg 6	S	Kiefernbestand	25	<b>16,2</b>	<b>20,2</b>	<b>19,0</b>	<b>18,1</b>
Bielenberg 7	W	Kiefernbestand	0	<b>17,3</b>	<b>21,2</b>	<b>20,0</b>	<b>19,2</b>
Bielenberg 8	W	Kiefernbestand	0	<b>16,1</b>	<b>20,1</b>	<b>18,9</b>	<b>18,0</b>
Bielenberg 9	W	Waldrand	0	<b>17,4</b>	<b>21,4</b>	<b>20,2</b>	<b>19,3</b>
Bielenberg 10	W	Waldrand	0	<b>17,6</b>	<b>21,6</b>	<b>20,4</b>	<b>19,5</b>

**Tab. 13: Varianzanalyse der Temperaturdaten für das Untersuchungsgebiet „Bielenberg“**

Df – Freiheitsgrade; Sum Sq – Quadratsummenabweichung; Mean sq – mittlere Quadratsummenabweichung; p – Irrtumswahrscheinlichkeit.

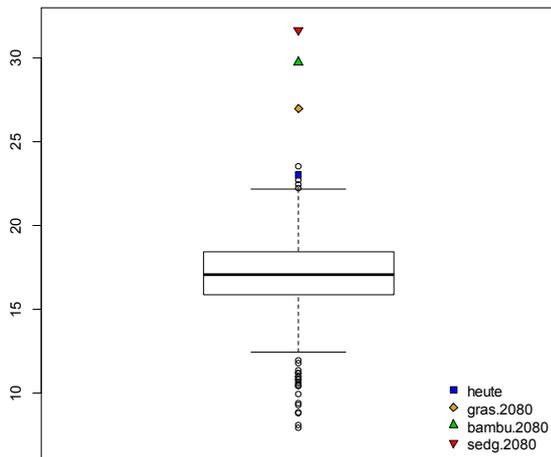
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F	p
Vegetationshöhe	1	2090	2089,8	9,23	0,002 **
Vegetationstyp	3	4154	1384,7	6,12	<0,001 ***
Exposition	1	94	94,1	0,42	0,519
Höhe:Typ	1	145	145,5	0,64	0,423
Residuen	875	198147	226,5		

**Tab. 14: TukeyHSD zur Varianzanalyse der Vegetationstypen mit den Differenzen der Temperaturen (diff, °C), den unteren (uKI) und oberen (oKI) 95% Konfidenzintervallen und den korrigierten Irrtumswahrscheinlichkeiten (p korr)**

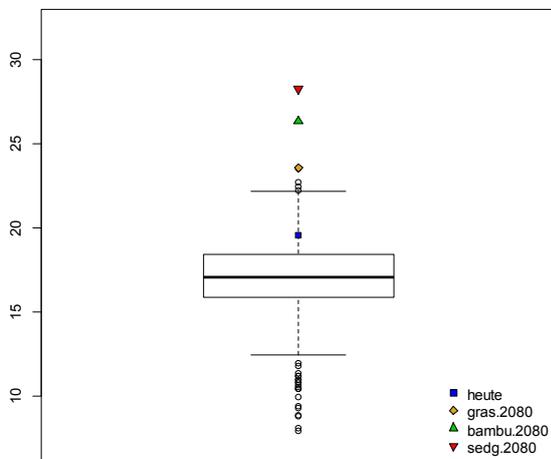
	diff	uKI	oKI	p korr
offen -Waldrand	0,69	0,23	1,16	0,001 ***
Pinusbestand - Waldrand	-0,97	-1,37	-0,56	<0,001 ***
Wacholder - Waldrand	0,19	-0,28	0,65	0,724
Kiefernbestand – offen	-1,66	-2,06	-1,25	<0,001 ***
Wacholder – offen	-0,50	-0,97	-0,04	0,029 *
Wacholder - Kiefernbestand	1,15	0,75	1,56	<0,001 ***

Ein etwas anderes Bild ergibt sich in Hinblick auf die Sommer-Temperaturnische von Phengaris rebeli an weiteren beprobten Standorten. Hier wurden die Temperaturen jeweils am Boden von kurzrasigen Beständen gemessen, wobei unterschiedliche Expositionen und Inklinationen berücksichtigt wurden. Die Ergebnisse sind in Abb. 42 und Tab. 13 dargestellt.

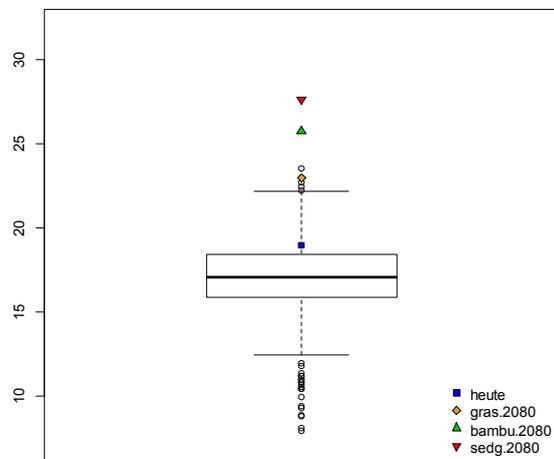
**Bielenberg, Standort 11**



**Hausstelle, Standort 1**

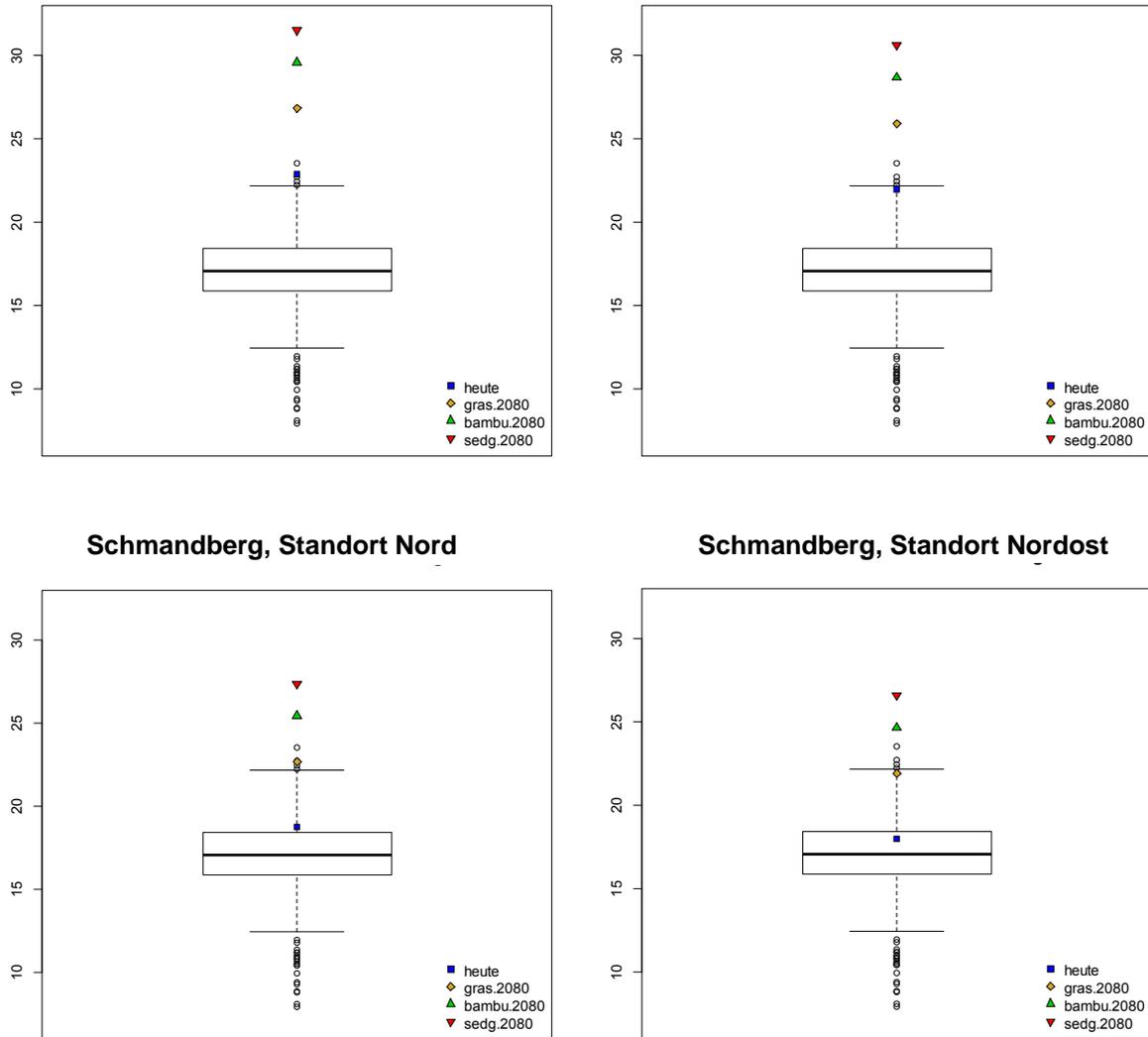


**Hausstelle, Standort 2**



**Mühlenberg, Standort Süd**

**Mühlenberg, Standort Südost**



**Abb. 62: Temperatursituation in den Untersuchungsgebieten „Bielenberg“, „Hausstelle“, „Mühlenberg“ und „Schmandberg“ sowie die europäische Sommer-Temperaturnische von *Phengaris (Maculinea) rebeli***

Der starke horizontale Balken gibt den Median an, die Boxen das 25%-75% Quartil, die Fehlerbalken das bis zu 1,5-fache der Interquartilen-Distanz und die Punkte Ausreißer. Die farbigen Symbole markieren die derzeitige, aus Messwerten im August 2011 abgeleitete sowie die unter verschiedenen Szenarien projizierte Temperatursituation.

**Tab. 15: Im August 2011 gemessene und in drei Klimaszenarien berechnete, durchschnittliche Sommertemperatur (°C) für die vier betrachteten Untersuchungsgebiete „Bielenberg“, „Hausstelle“, „Schmandberg“ und „Mühlenberg“**

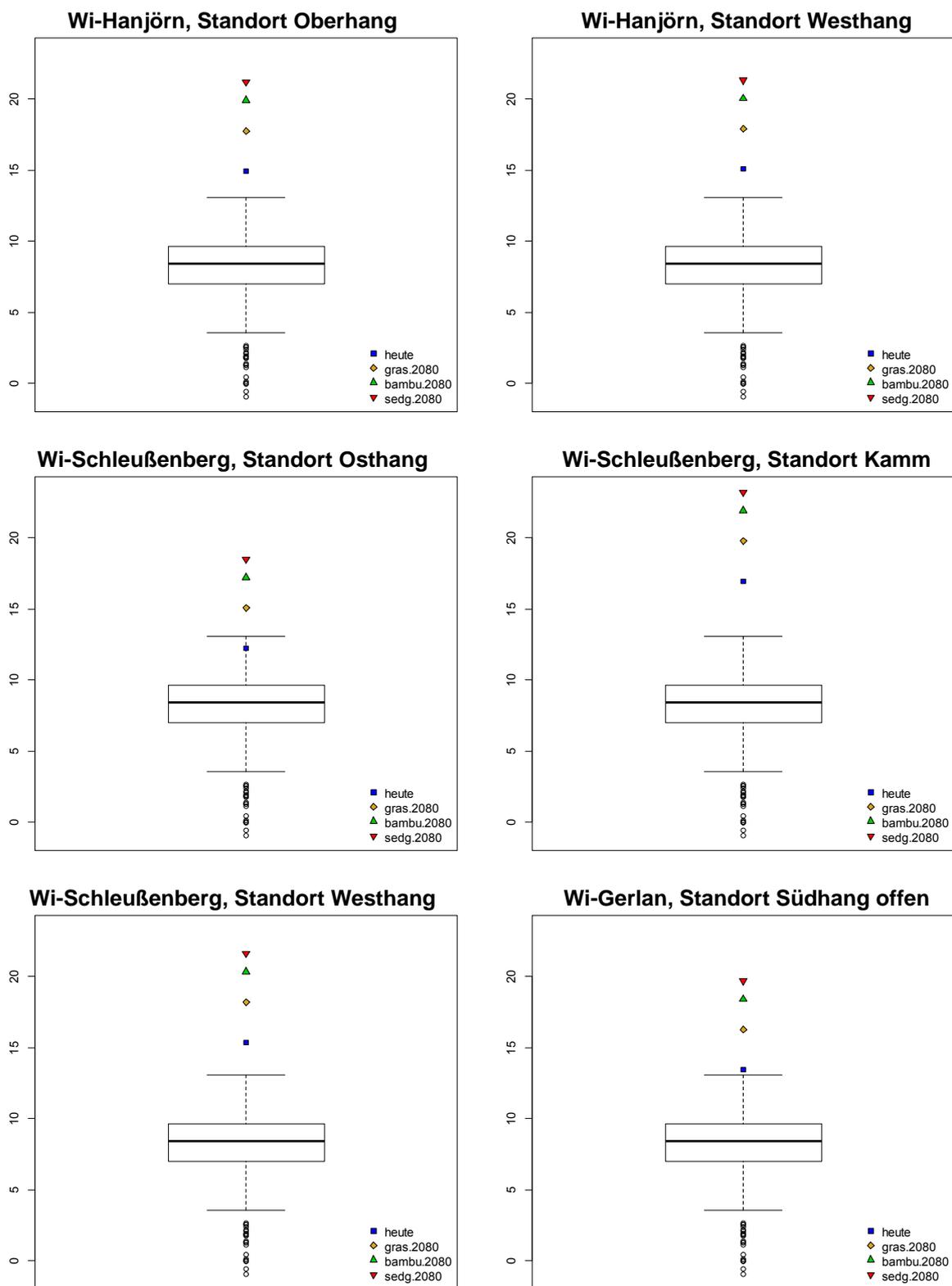
Temperaturen (°C) die in der Temperaturnische von *Phengaris rebeli* liegen, sind fett gedruckt. Temperaturen, die innerhalb der Ausreißerwerte liegen, sind kursiv gedruckt.

	<b>gemessen</b>	<b>GRAS 2080</b>	<b>BAMBU 2080</b>	<b>SEDG 2080</b>
Bielenberg	23,0	27,0	29,7	31,7
Hausstelle 1	<b>19,6</b>	23,6	26,3	28,3
Hausstelle 2	<b>19,0</b>	23,0	25,7	27,7
Schmandberg NO	<b>18,0</b>	<b>21,9</b>	24,7	26,6
Schmandberg N	<b>18,8</b>	22,7	25,5	27,4
Mühlenberg S	22,9	26,8	29,6	31,5
Mühlenberg SO	<b>22,0</b>	25,9	28,7	30,6

An den Standorten Bielenberg, Hausstelle, Mühlenberg und Schmandberg (Nord) liegen die im August 2011 gemessenen Temperaturen am oberen Rand der europäischen Klimanische der Art *Phengaris rebeli* (Abb. 62). Lediglich die gemessenen Temperaturen am Schmandberg (Nordost) befinden sich im Bereich der europäischen Klimanische. Unter allen Szenariobedingungen werden an allen Standorten die Temperaturen der europäischen Sommer-Klimanische von *Phengaris rebeli* überschritten (Tab. 15).

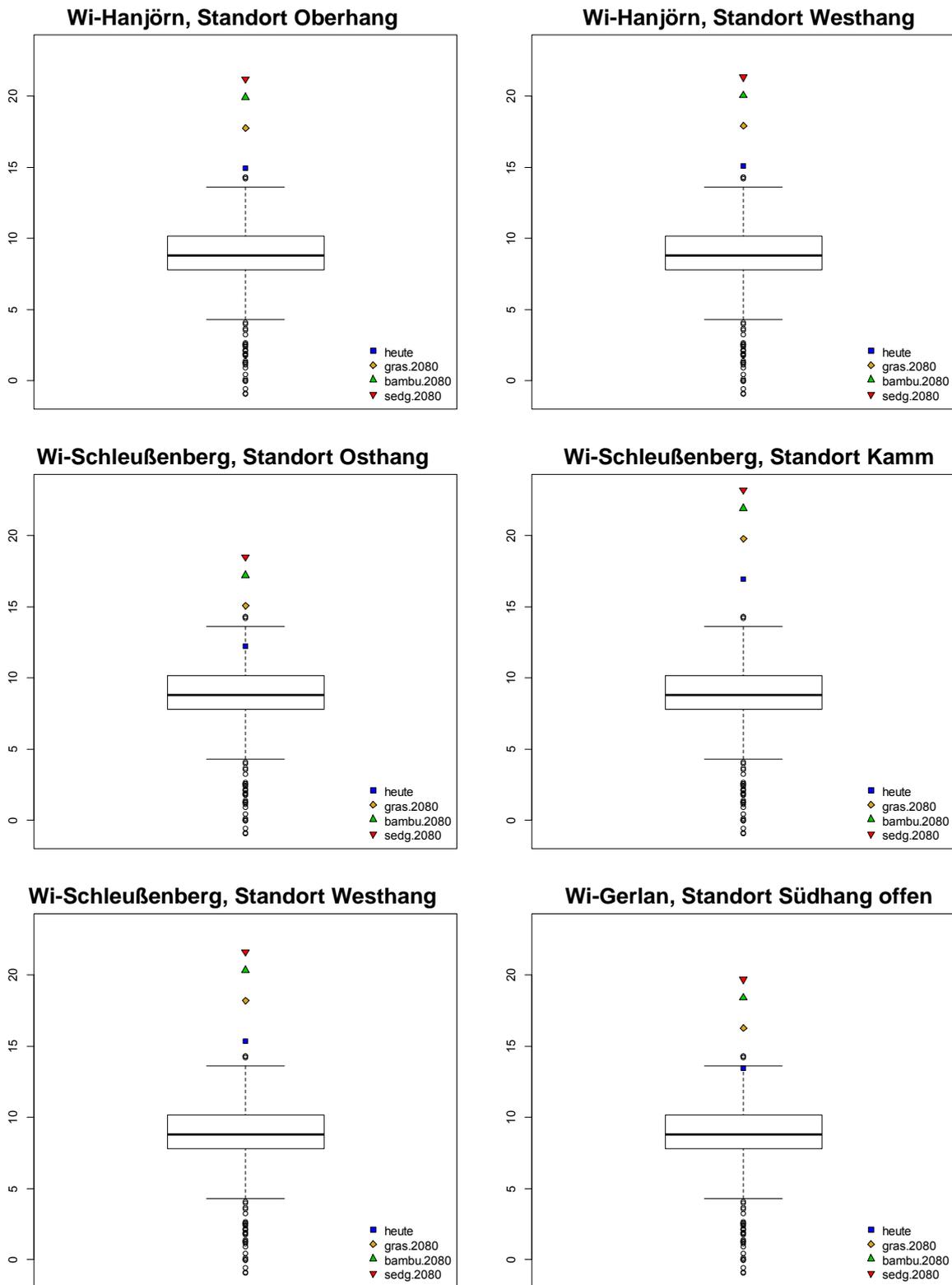
Im Bereich des Kalktriften bei Willebadessen kommt neben *P. rebeli* auch *Polyommatus icarus* vor. Für dieses ses Gebiet liegen zeitgleich und damit direkt vergleichbare Daten aus unterschiedlichen Expositionen und Inklinationen nur aus dem Frühjahr 2011 vor (Abb. 64). Hier zeigt sich, dass sowohl *Phengaris rebeli* als auch *Polyommatus coridon* in extrem trockenen und heißen Frühjahr 2011 weitgehend unter Bedingungen vorkamen, a die oberhalb der europäischen Frühlings-Klimanische liegen. Unter allen Szenarienbedingungen werden die Temperaturen der Frühlings-Klimanischen weit überschritten (Tab. 16) – ähnlich wie es 2011 schon der Fall war.

Am Räuschenberg wurde untersucht, wie sich einzelne Managementoptionen unterscheiden, ohne dass hier die betrachteten Zielarten nachgewiesen wurden. Dabei zeigte sich, dass sich fast alle Standorte hinsichtlich der Temperatur voneinander unterscheiden, wobei insbesondere Flächen mit halboffener Vegetation um ca. 1-4°C geringere Temperaturen aufwiesen als vergleichbare offene Standorte (Tab. 17).



**Abb. 63: Temperatursituation für verschiedene Standorte im Untersuchungsgebiet „Willebadessen“ (Wi) und die europäische Frühlings-Klimanische von *Phengaris rebeli***

Der starke horizontale Balken gibt den Median an, die Boxen das 25%-75% Quartil, die Fehlerbalken das bis zu 1,5-fache der Interquartilen-Distanz und die Punkte Ausreißer. Die farbigen Symbole markieren die derzeitige aus Messwerten Ende April/Anfang Mai 2011 abgeleitete sowie die unter verschiedenen Szenarien projizierte Temperatursituation.



**Abb. 64:** Temperatursituation für verschiedene Standorte im Untersuchungsgebiet „Willebadessen“ und die europäische Frühlings-Klimanische von *Polyommatus coridon*

Der starke horizontale Balken gibt den Median an, die Boxen das 25%-75% Quartil, die Fehlerbalken das bis zu 1,5-fache der Interquartilen-Distanz und die Punkte Ausreißer. Die farbigen Symbole markieren die derzeitige aus Messwerten Ende April/Anfang Mai 2011 abgeleitete sowie die unter verschiedenen Szenarien projizierte Temperatursituation.

**Tab. 16: Ende April und Anfang Mai gemessene und in drei Klimaszenarien berechnete, durchschnittliche Sommertemperatur (°C) für die Untersuchungsgebiete „Hanjörn“, „Schleußenberg“ und „Gerlan“**

Temperaturen, die in der Frühjahrs-Temperaturnische von *Phengaris rebeli* liegen, sind fett gedruckt. Temperaturen, die innerhalb der Ausreißerwerte liegen, sind kursiv gedruckt. Temperaturen, die in der Frühjahrs-Temperaturnische von *Polyommatus coridon* liegen, sind kursiv gedruckt.

	gemessen	GRAS 2080	BAMBU 2080	SEDG 2080	paarweiser t-Test
Hanjörn Oberhang	14,9	17,8	19,9	21,2	a
Hanjörn Westhang	15,1	17,9	20,0	21,3	a
Schleußenberg Osthang	<b>12,2</b>	15,1	17,2	18,5	b
Schleußenhang Kamm	17,0	19,8	21,9	23,2	c
Schleußenberg Westhang	15,4	18,2	20,3	21,6	a
Gerlan Südhang offen	17,5	20,4	22,5	23,8	d
Gerlan Südhang halboffen	13,4	16,3	18,4	19,7	e

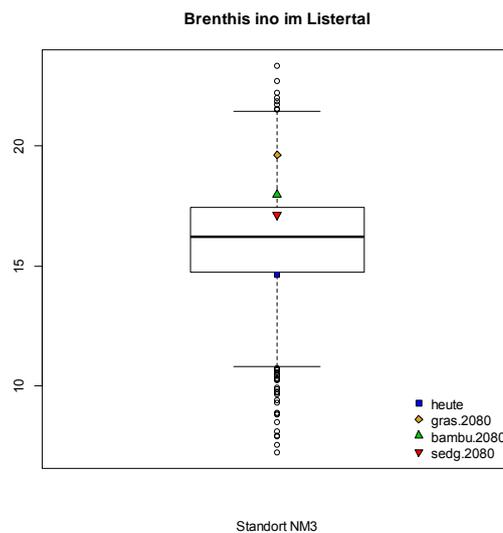
**Tab. 17: Durchschnittliche Temperaturen (°C) in unterschiedlichen Höhen innerhalb der Vegetation am Standort Räuschenberg im Mai 2011**

Standorte, für die statistisch abgesicherte Unterschiede festgestellt wurden, sind durch verschiedene Buchstaben gekennzeichnet

Position	Höhe (cm)	Vegetation	Beschattung	gemessen	paarweiser t-Test
Südhang	0	kurzrasig	offen	21,7	a
Südhang	0	langrasig	offen	21,3	a
Südhang	0		halboffen	17,4	b
Plateau	0	kurzrasig		25,4	c
Südhang	20	kurzrasig	offen	19,8	d
Südhang	20	kurzrasig	halboffen	18,7	e
Plateau	20	kurzrasig	offen	20,3	f

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass in den Untersuchungsgebieten „Hausstelle“, „Mühlenberg“, „Schmandberg“ und „Willebadessen“ für die gewählten Szenarien des Klimawandels die Temperaturverhältnisse außerhalb der europäischen Temperaturnische *Phengaris rebeli* und *Polyommatus coridon* liegen dürften. An den anderen Standorten haben die dort vorkommenden Arten zumindest unter einigen Szenarienbedingungen bzw. Managementmaßnahmen projizierte Temperaturverhältnisse, die ein weiteres Vorkommen wahrscheinlich erscheinen lassen.

In der Untersuchungsregion Märksiches Sauerland liegt das Listertal liegt für die Schmetterlingsart *Brenthis ino* derzeit an Standort M3 im Bereich der europäischen Temperaturnische, während der Standort NM3 sogar vergleichsweise kühl ist (Abb. 65, Tab. 18). Die modellierten Temperaturen liegen alle innerhalb der Temperaturnische, wenngleich unter dem Extremszenario GRAS im Jahr 2080 für den Standort M3 Temperaturen projiziert werden, in denen derzeit nur Ausreißerpopulationen vorkommen. Die Temperaturen der Standorte M3 und NM3 unterscheiden sich signifikant voneinander.

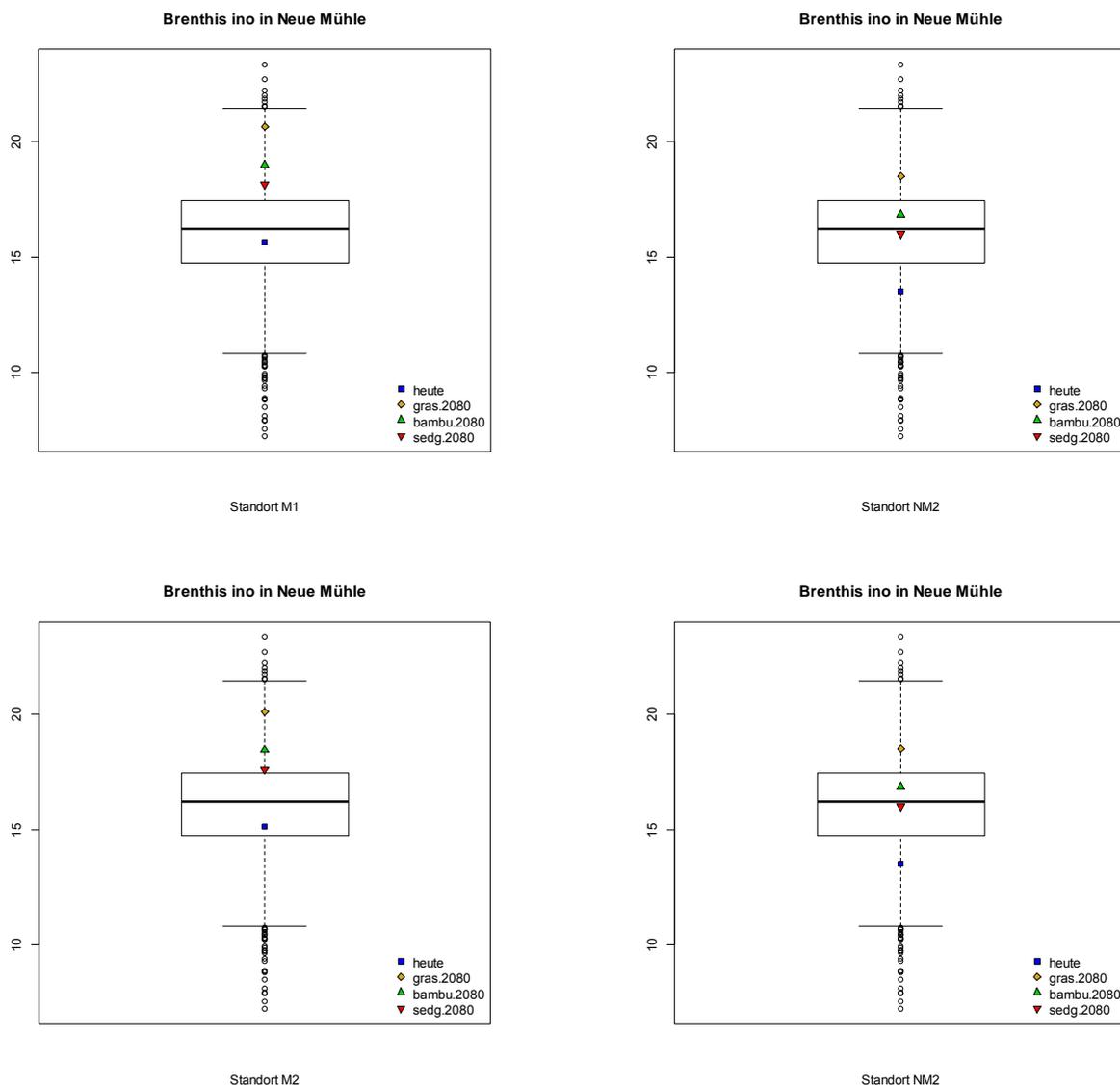


**Abb. 65:** Temperatursituation an zwei Standorten im Listertal und die europäische Klimanische von *Brenthis ino*. Der starke horizontale Balken gibt den Median an, die Boxen das 25%-75% Quartil, die Fehlerbalken das bis zu 1,5-fache der Interquartilen-Distanz und die Punkte Ausreißer. Die farbigen Symbole markieren die derzeitige sowie die unter verschiedenen Szenarien projizierte Temperatursituation.

**Tab. 18:** Gemessene und in drei Klimaszenarien berechnete, durchschnittliche Sommertemperatur des Untersuchungsgebietes Listertal; diejenigen Temperaturen sind fett gedruckt, welche in der Temperaturnische der jeweils vorkommenden Art liegen. Temperaturen, welche innerhalb der Ausreißerwerte liegen, sind kursiv gedruckt.

	T (°C)	gras.2080	bambu.2080	sedg.2080
M3	<b>16,7</b>	<i>21,7</i>	<b>20,0</b>	<b>19,2</b>
NM3	<b>14,6</b>	<b>19,6</b>	<b>18,0</b>	<b>17,1</b>

Ein ganz ähnliches Bild zeigt sich am Standort Neue Mühle an allen Standorten (Abb. 66, Tab. 19), mit Temperaturverhältnissen in mittleren Bereich der Europäischen Klimanische an den M-Standorten und leicht kühleren Verhältnissen an den NM-Standorten. Auch hier unterscheiden sich jeweils die unterschiedlichen Expositionen (z.B. M1 vs. NM1) signifikant voneinander. Auch hier liegen alle projizierten Temperaturen innerhalb der Temperaturnische von *Brenthis ino*.



**Abb. 66: Temperatursituation an vier Standorten Neue Mühle und die europäische Klimanische von *Brenthis ino*. Der starke horizontale Balken gibt den Median an, die Boxen das 25%-75% Quartil, die Fehlerbalken das bis zu 1,5-fache der Interquartilen-Distanz und die Punkte Ausreißer. Die farbigen Symbole markieren die derzeitige sowie die unter verschiedenen Szenarien projizierte Temperatursituation.**

**Tab. 19: Gemessene und in drei Klimaszenarien berechnete, durchschnittliche Sommertemperatur des Untersuchungsgebietes Neue Mühle; diejenigen Temperaturen sind fett gedruckt, welche in der Temperaturnische der jeweils vorkommenden Art liegen.**

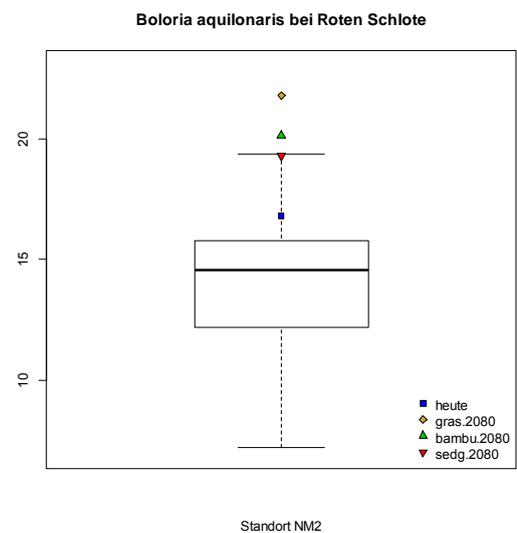
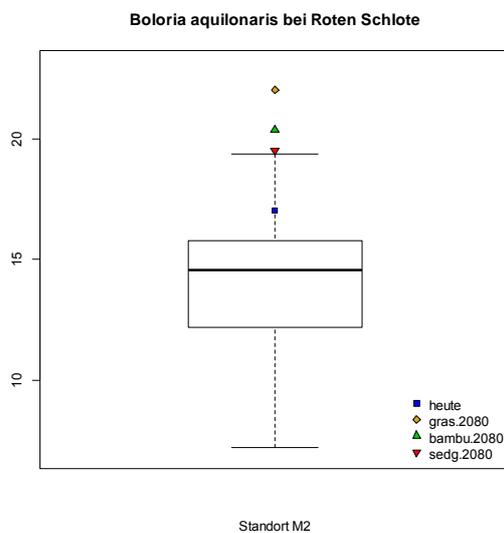
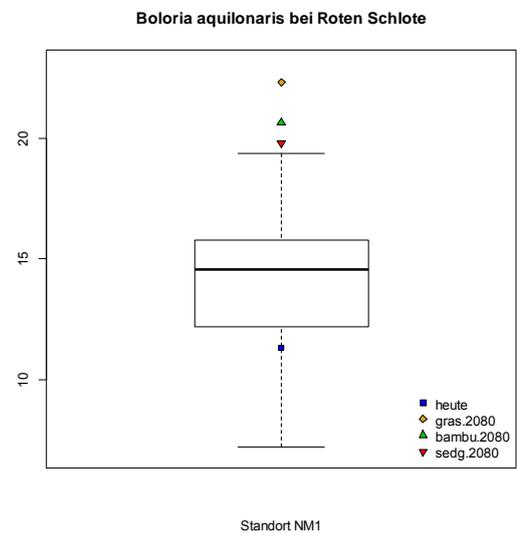
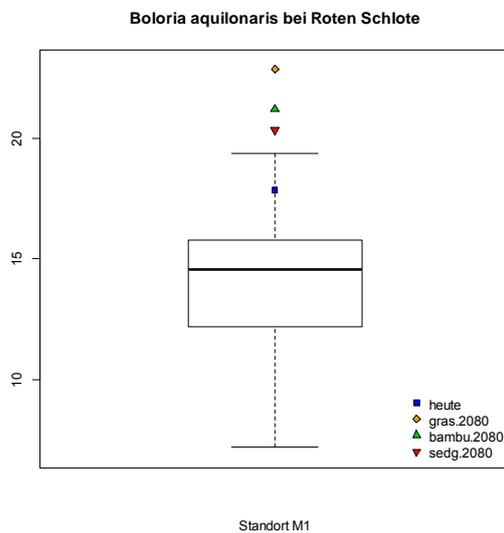
	T (°C)	gras.2080	bambu.2080	sedg.2080
M1	<b>15,7</b>	<b>20,7</b>	<b>19,0</b>	<b>18,1</b>
NM1	<b>16,0</b>	<b>21,0</b>	<b>19,3</b>	<b>18,5</b>
M2	<b>15,1</b>	<b>20,1</b>	<b>18,4</b>	<b>17,6</b>
NM2	<b>13,5</b>	<b>18,5</b>	<b>16,8</b>	<b>16,0</b>

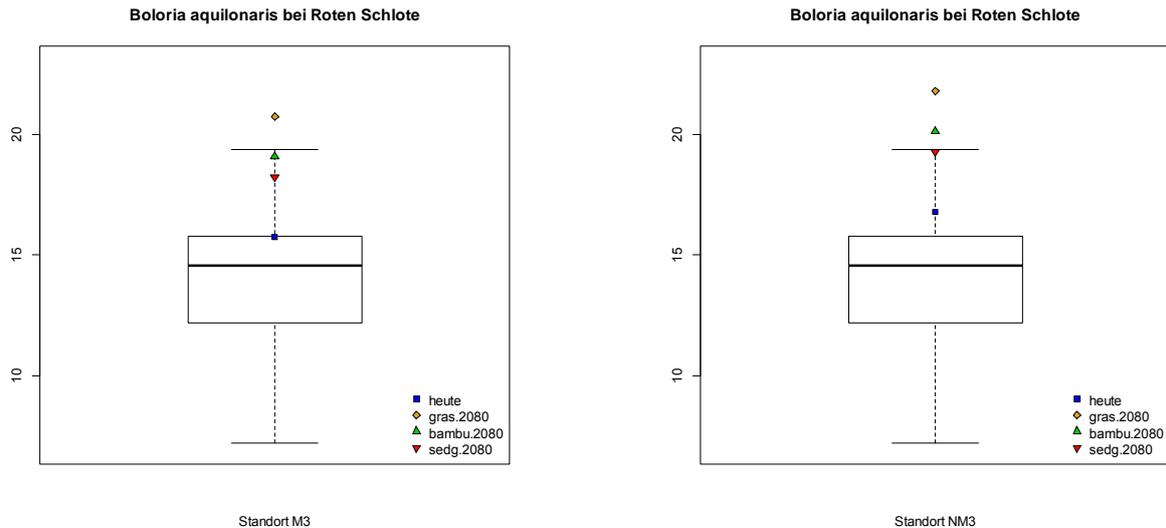
Die Situation am Standort Roten Schlote sieht für die dort vorkommende Art *Boloria aquilonaris* weniger günstig aus (Abb. 67, Tab. 20). Mit Ausnahme des Standortes NM1, der vergleichsweise kühl ist, sind alle anderen Standorte schon derzeit in den eher warmen Lagen der europäischen Klimanische der Art. Dabei unterscheiden sich allerdings nur die Standorte M3 und NM3 sich signifikant voneinander, mit einer höheren Temperatur an NM3 als an M3. Dies ist dem erwarteten Effekt also entgegengesetzt.

Unter Szenarienbedingungen für das Jahr 2080 sieht es so aus, dass *Boloria aquilonaris* nur noch an den Standorten NM2, M3 und NM3 unter den moderaten Szenarienannahmen SEDG innerhalb der bisherigen Temperaturnische Vorkommen haben kann. Standort M3 könnte auch noch unter den mittleren Szenarienannahmen zu BAMBU geeignet sein. Alle anderen Standorte sind auch unter BAMBU derzeit außerhalb der europäischen Temperaturnische; erst recht trifft dies auf das Extremszenario SEDGE zu.

**Tab. 20: Gemessene und in drei Klimaszenarien berechnete, durchschnittliche Sommertemperatur des Untersuchungsgebietes Roten Schlote; diejenigen Temperaturen sind fett gedruckt, welche in der Temperaturnische der jeweils vorkommenden Art liegen.**

	T (°C)	gras.2080	bambu.2080	sedg.2080
M1	<b>17,9</b>	22,8	21,2	20,3
NM1	<b>17,3</b>	22,3	20,6	19,8
M2	<b>17,0</b>	22,0	20,4	19,5
NM2	<b>16,8</b>	21,8	20,1	<b>19,3</b>
M3	<b>15,7</b>	20,7	<b>19,1</b>	<b>18,2</b>
NM3	<b>16,8</b>	21,8	20,1	<b>19,3</b>





**Abb. 67: Temperatursituation an sechs Standorten bei Roten Schlote und die europäische Klimanische von *Boloria aquilonaris*. Der starke horizontale Balken gibt den Median an, die Boxen das 25%-75% Quartil, die Fehlerbalken das bis zu 1,5-fache der Interquartilen-Distanz und die Punkte Ausreißer. Die farbigen Symbole markieren die derzeitige sowie die unter verschiedenen Szenarien projizierte Temperatursituation.**

Diese Aussagen beinhalten eine Reihe von Unsicherheiten. Zum einen kann nicht vorhergesagt werden, wie sich die Weltwirtschaft und damit die Emissionen entwickeln werden. Aus diesem Grund wird mit Szenarien gearbeitet, die aus heutiger Sicht unterschiedliche Eintrittswahrscheinlichkeiten haben. Einige Autoren nehmen eine gleiche Eintrittswahrscheinlichkeit für alle Szenarien an (SPANGENBERG et al. 2012). Trotzdem entwickelte sich in den vergangenen Jahren der Kohlendioxidstoß schneller als der mittlere Erwartungswert des Extremszenarios GRAS (LE QUERE et al. 2009). Auch beinhalten die Klimamodelle und in noch stärkerem Maße die ökologischen Modelle eine Reihe von Unsicherheiten (DORMANN et al. 2008), die sich im vorliegenden Fall nicht quantifizieren lassen. Dies ist vor allem auf eine geringe Datenmenge insbesondere bei den Klimadaten zurückzuführen. So zeigten sich z.B. zwischen den Jahren 2010 und 2011 deutliche Unterschiede der beobachteten Temperaturen am Bielenberg, die zu gegensätzlichen Einschätzungen der Auswirkungen des Klimawandels auf die Tagfalter führen. Auch lagen die beobachteten Frühjahrstemperaturen über der europäischen Frühlingstemperaturnische der beiden Zielarten. Dies spricht für eine systematische Abweichung, die z.B. durch Topologie und Mikroklima aber auch Abweichungen der Beobachtungsjahre vom langjährigen Mittel hervorgerufen werden könnten. Für robuste Aussagen müssten neben Temperatur- auch Niederschlagsverhältnisse an den verschiedenen Standorten und unter verschiedenen potentiellen Managementmaßnahmen über den Jahresverlauf, bevorzugt sogar über mehrere Jahre und in einer größeren Anzahl von Vorkommen der betrachteten Arten untersucht werden. Aus diesem Grund konnten auch keine

Artverbreitungsmodelle bzw. Modelle der so genannten Klimahüllen erstellt werden. Das gewählte Verfahren ist somit sehr einfach, aber der Datengrundlage angemessen.

Nichtsdestotrotz konnte aufgezeigt werden, dass insbesondere die Art und Höhe der Vegetation sowie die Exposition einen signifikanten Einfluss auf die Temperatur der betrachteten Standorte haben. Geeignete Managementmaßnahmen liegen also insbesondere in der Bereitstellung geeigneter Habitate in West- oder Nordexposition und solchen mit einer größeren Vegetationshöhe. Durch derartige Maßnahmen können einige 100 km Nord-Süd-Gradienten der Temperatur zumindest teilweise ausgeglichen werden (ROY & THOMAS 2003). Ebenso kann durch kleinräumige Veränderungen des Reliefs – und damit der Exposition und Inklination – eine hohe mikroklimatische Variabilität geschaffen werden (SCHERRER & KÖRNER 2011). Dies kann ein Überleben von Arten unter ungünstigen makroklimatischen Gegebenheiten des Klimawandels weiter ermöglichen oder zumindest zeitlich abpuffern.

Die hier gewählte Betrachtung von Temperaturmittelwerten führt dazu, dass Extremwerte gemittelt werden. Eventuell sind die kleinklimatischen Unterschiede zwischen den verschiedenen, durch die Optimierungsmaßnahmen veränderten, Standorten größer als durch die hier angewandte Methode abgebildet wird. Dies kann einerseits bedeuten, dass die Temperaturverhältnisse in besonders wärmebegünstigten Gebieten extremer sind als dargestellt, andererseits durch ein geeignetes Management aber auch höhere Überlebenswahrscheinlichkeiten auftreten können.

Damit wird deutlich, dass auch und gerade unter den Verhältnissen des Klimawandels der Habitatbeschaffenheit eine besondere Rolle für das Überleben der Arten zukommt. Solange sich die kleinklimatischen Verhältnisse der jeweiligen Standorte innerhalb der Klimanische der betrachteten Art befinden, ist die Verfügbarkeit an geeigneten Habitaten bestimmend für das Vorkommen der Art. Ändert sich das Klima, so dass die kleinklimatischen Verhältnisse nicht mehr der Klimanische der Art entsprechen, ist trotz geeigneter Lebensräume ein Überleben unwahrscheinlich. Geeignete Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen können somit die Auswirkungen des Klimawandels kompensieren oder zumindest abmildern. Der Entwicklung von geeigneten Lebensräumen durch Habitatmanagementmaßnahmen kommt somit im Naturschutz eine entscheidende Bedeutung zu wenn es darum geht, den Auswirkungen der Klimaveränderungen zu begegnen.

## 4 Diskussion

### 4.1 Faunenwandel bei Tagfaltern und Widderchen

Von 48 Falterarten, für die BEHRENS et al. (2009) aufgrund ausreichender Datenlage eine Einschätzung ihrer Klimasensitivität vornehmen konnten (vgl. Tab. 6, Kap. 3.1.3), wurden 8,3 % eine negative Entwicklung und 41,6 % eine positive Entwicklung zugeschrieben. 51,1 % wurden „indifferent“ eingestuft. Die Ergebnisse der hier vorliegenden Studie weisen dagegen deutlich mehr Arten mit negativem (35,4 %) und weniger Arten (20,8 %) mit positivem Trend aus. Die unterschiedlichen Einschätzungen zwischen beiden Studien beruhen vor allem darauf, dass BEHRENS et al. (2009) ausschließlich durch den Klimawandel induzierte Veränderungen bewerten, in der vorliegenden Studie signifikant negative Trends aber bei vielen Arten (auch) auf strukturelle Habitatveränderungen zurückzuführen sind.

Zu unterschiedlichen Einschätzungen kommt es vor allem zwischen den bei BEHRENS et al. (2009) als „indifferent“ eingestuften Arten einerseits und den nach dieser Studie signifikant zurückgehenden Arten (z.B. *Erynnis tages*, *Carterocephalus palaemon*, *Ochlodes sylvanus*, *Anthocharis cardamines* u.a.) andererseits. Gründe, die zu den unterschiedlichen Einschätzungen geführt haben können, dürften zum einen in der Kürze des berücksichtigten Monitoringzeitraums (10 Jahre) und zum anderen im eingeschränkten Stichprobeumfang zu suchen sein. So reicht wahrscheinlich die Datenreihe noch nicht aus, um beispielsweise den von BEHRENS et al. (2009) prognostizierten positiven Trend bei *Vanessa atalanta* auch statistisch zu belegen. Starke Widersprüche wie z.B. unterschiedliche Trendvorzeichen finden sich dagegen zwischen beiden Studien kaum. So zeigen 7 von 9 Arten mit positiver Trendeinschätzung bei BEHRENS et al. (2009) ebenfalls signifikant positive Trends, nur bei *Erynnis tages* und *Melitaea aurelia* finden sich unterschiedliche Trendrichtungen (vgl. Tab. 6), die durch die parallel durchgeführte Auswertung der Rasterkartierungen für *E. tages* bestätigt wird, während für *M. aurelia* eine deutliche Zunahme der Bestände feststellbar ist (Tab. 6, Abb. 16). Insgesamt ergibt sich für die Veränderung der Häufigkeiten auf Basis der Rasterfrequenzen (vgl. Kap. 3.1.4) aber ein ähnliches Bild wie bei der Analyse der Trends auf der Grundlage der Transektzählungen (vgl. Tab. 6).



**Abb. 68:** Für *Erynnis tages* (links) und *Melitaea aurelia* (rechts) wurden anhand der seit 2001 durchgeführten standardisierten Transektbegehungen im Bereich der Kalktriften bei Willebadessen signifikant negative Bestandstrends beobachtet, während BEHRENS et al. (2009) positive Entwicklungen im Zusammenhang mit den gegenwärtigen Klimaveränderungen feststellen. Zumindest für *M. aurelia* wird die Prognose von BEHRENS et al. aufgrund der Auswertung von Rasterkartierungen bestätigt (Fotos: M. Lohr).

#### 4.2 Klimainduzierte Veränderungen der Tagfalterfauna

Bei 5 der 17 Arten mit signifikant negativem Trend (*N. quercus*, *C. rubi*, *M. aurelia*, *C. arcania* und *Z. purpuralis*) war in den Untersuchungsregionen kein signifikanter Einfluss klimatischer Variablen feststellbar (vgl. Tab. 6). In diesen Fällen ist der negative Trend vermutlich nicht auf klimatische Einflüsse zurückzuführen, sondern eher auf andere Ursachen. Hierbei dürften insbesondere strukturelle Habitatveränderungen infolge von Nutzungsänderungen und Sukzession eine entscheidende Rolle spielen. Um hierzu abgesicherte Aussagentreffen zu können, sind noch weitergehende Untersuchungen notwendig. Es ist jedoch auch möglich, dass fehlende Korrelationen der Abundanzdynamik mit klimatischen Variablen rein statistische Ursachen haben, wie z.B. eine zu kleine Datenbasis. So sind fehlende Zusammenhänge zwischen klimatischen Variablen und signifikanten Zunahmen bei *Leptidea sinapis/realis* und *S. pruni* sicher darauf zurück zu führen, dass beide Arten erst seit wenigen Jahren überhaupt an den Transekten der beiden Untersuchungsregionen nachgewiesen wurden.

Eine sehr detaillierte Studie zu den statistischen Zusammenhängen von klimatischen Variablen und Abundanzschwankungen bei Tagfaltern haben ROY et al. (2001) publiziert. Auf der Grundlage von Transektzählungen des „British Monitoring Scheme“ (BMS) von 1976 bis 1997 wurde hier der Einfluss von Temperatur und Niederschlag auf Monatsbasis untersucht. Auch in dieser Studie ergibt sich trotz des langen Monitoring-Zeitraumes ein eher heterogenes Bild der statistischen Zusammenhänge. Aufgrund der unterschiedlichen methodischen Ansätze lassen sich die Ergebnisse kaum mit der vorliegenden Untersuchung vergleichen. Die wenigen deutlichen Muster zeigen jedoch in ähnlichem Ausmaß Übereinstimmungen wie Abweichungen zwischen beiden Studien.

Auf Basis der Transektzählungen sind bei dem überwiegenden Teil der Arten mit statistisch absicherbaren Trends signifikante Zusammenhänge zwischen Klimavariablen und Abundanzdynamik nachweisbar. Vor dem Hintergrund der prognostizierten Auswirkungen des Klimawandels auf die Tagfaltergemeinschaften wird immer wieder diskutiert, inwieweit sich die Reaktionen von Arten in verschiedenen Lebensräumen unterscheiden und ob bestimmte Lebensräume mögliche Auswirkungen klimatischer Veränderungen eher kompensieren können (vgl. FRANCO et al. 2006, THOMAS et al. 2006, BRASCHLER & HILL 2007, OLIVER et al. 2009). In dieser Hinsicht kann die Lebensraumpräferenz der auf Rasterfrequenzbasis zu- und abnehmenden Arten interessante Hinweise liefern. Der überproportional hohe Anteil der zunehmenden Arten in Wald- und Gebüschlebensräumen könnte im Hinblick auf eine Kompensation klimatischer Veränderungen durch einen Habitatwechsel einiger Tagfalterarten gedeutet werden (vgl. auch THOMAS et al. 2001, PÖYRY et al. 2009). Dabei gibt es Hinweise, dass sogenannte „Licht- und Dunkelwaldarten“ unterschiedlich reagieren können (mündl. Mitt. G. Hermann). Auch deckt sich der überproportional hohe Anteil stark abnehmender Arten mit Lebensraumpräferenz in Magerrasen (vgl. Abb. 21 und Tab. 10) mit der Hypothese, dass Arten trockener Lebensräume stärker unter den prognostizierten klimatischen Veränderungen leiden könnten (vgl. HILL et al. 2002, DAVIES et al. 2006, OLIVER et al. 2009).

Im Bergischen Land wurden ähnlich große Unterschiede in der Entwicklung der Häufigkeiten von Wald- und Offenlandarten beobachtet (LAUSSMANN et al. 2010). Auch in Finnland zeigen Arten, die mageres Grünland, Wälder und Waldränder bewohnen, gegensätzliche Trends (KUUSSARI et al. 2007).

Die Ergebnisse der Transektuntersuchungen und der Rasterfrequenzanalysen zeigen klar, dass im Kreis Höxter in den letzten zehn Jahren erhebliche Veränderungen der Abundanzen von Tagfaltern feststellbar sind, die sich trotz der Kürze des Monitoring-Zeitraums zum Teil schon statistisch absichern lassen. Auch wenn nachgewiesen werden kann, dass hinter den Abundanzveränderungen häufig ein klimatisches Signal steckt, wird deutlich, dass die Ergebnisse im Hinblick auf den Einfluss klimatischer Faktoren noch recht heterogen sind und andere Faktoren wie insbesondere strukturelle Habitatveränderungen vermutlich ebenfalls eine große (wenn zurzeit sogar noch die größere) Rolle spielen. Die Untersuchung zeigt darüber hinaus in einem bisher für Deutschland neuartigen Vergleich zwischen Experteneinschätzung und statistischen Analysen, dass beide Ansätze in ihren Resultaten häufig übereinstimmen, dass es aber auch beträchtliche Unterschiede sowohl zwischen den unterschiedlichen Ansätzen als auch zwischen unterschiedlichen Bezugsräumen geben kann. In diesem Zusammenhang wären für die Zukunft Einschätzungen zur Auswirkung klimatischer Veränderungen auf Tagfalter in anderen Regionen und auf nationaler Ebene wünschenswert.

Die durchgeführten Modellierungen der klimatischen für die Zielarten in Hinblick auf die aktuelle Situation und die prognostizierten Klimaveränderungen zeigen auf, dass für *Phengaris (Maculinea) rebeli* die aktuell gemessenen Temperaturen bereits heute am

oberen Rand der Sommer-Klimanische liegen. Im Gegensatz zur Einschätzung von BEHRENS et al. (2009) sind für die Art negative Trends aufgrund der zu erwartenden Klimaveränderungen unter allen Szenariobedingungen zu erwarten. Dies zeichnet sich bereits heute an hand der ausgewerteten Daten für den Kreis Höxter ab – auch wenn dies bisher statistisch nicht abgesichert werden konnte (vgl. Tab. 5).

Trocken-warme Frühjahre und Frühsommer, deren Auftreten zunehmend häufiger zu beobachten ist und die nach dem „trockenen Szenario“ (vgl. Kap. 3.2.2) die Regel werden könnten, dürften den bei beiden Zielarten auf den Kalk-Halbtrockenrasen *Polyommatus coridon* und *Phenagris rebeli* zu negativen Bestandstrends führen, denn bereits in 2011, das durch ein trockenes und warmes Frühjahr gekennzeichnet war, belegt, dass beide Arten mit Temperaturen konfrontiert waren, die oberhalb der europäischen Frühlings-Klimanische lagen. Unter allen aktuell diskutierten Szenarien wird die Frühlings-Klimanische zukünftig weit überschritten. Für *P. coridon* können klimainduzierte negative Trends im Weserbergland bereits heute statistisch abgesichert werden (vgl. Tab. 5).

Inwieweit die Frühjahrstrockenheit sich über die Beeinflussung der Vegetation (Vorhandensein und Vitalität von Raupenfutterpflanzen und verringertes Nektarangebot) auf die Falterpopulationen auswirkt, hängt sehr stark von der Ökologie der betreffenden Pflanzenarten ab. Am Beispiel des Kreuz-Enzian (*Gentiana crutiata*) konnte gezeigt werden, dass er auf Trockenheit empfindlich reagiert (vgl. Kap. 3.1.5). Regelmäßig ist festzustellen, dass die für die Eiablage und Embryonalentwicklung von *P. rebeli* wichtigen Blüten- bzw. Fruchstände in trockenen Frühjahren/-sommern auf flachgründigen, süd-/westexponierten Standorten verdorren (z.B. 2003, 2004, 2008, 2010, 2011).

#### **4.3 Anpassungsstrategien im Naturschutz – können die beobachteten und noch zu erwartenden Klimaänderungen durch geeignete Maßnahmen für Tagfalter und Widderchen kompensiert werden?**

Die durchgeführten vergleichenden Temperaturmessungen auf den Maßnahmenflächen und Referenzflächen ohne Maßnahmen zeigen, dass die vorgesehenen und durchgeführten Maßnahmen geeignet sind, zumindest die zu erwartenden Temperaturerhöhungen zu kompensieren. Insbesondere die Art und Höhe der Vegetation sowie die Exposition haben einen signifikanten Einfluß auf die Temperatur der jeweiligen Standorte (Kap. 3.3). Für die Arten der Halbtrockenrasen ist insbesondere die Bereitstellung geeigneter Habitate in Ost- oder Nordexposition von großer Bedeutung. Das gleiche gilt für die Entwicklung einer lockeren Strauch bzw. Baumschicht. Diese Maßnahmen scheinen geeignet zu sein, das Überleben der Zielarten zumindest mittelfristig zu ermöglichen. Obwohl dazu keine Untersuchungen durchgeführt wurden, kann davon ausgegangen werden, dass zumindest an Ost- und Nordhängen, aber auch auf tiefgründigeren Standorten der Bodenwasserhaushalt während ausgeprägter Trockenphasen weniger angespannt reagieren wird. Die

durchgeführten Untersuchungen zum Kreuz-Enzian (Kap. 3.1) legen diese Schlußfolgerung zumindest nahe.

Die auf der Basis der Temperaturmessungen durchgeführten Modellierungen zeigen, dass der Hochmoor-Perlmutterfalter *B. aquilonaris* im Märkischen Sauerland im Zuge der klimatischen Veränderungen aussterben wird. Die für die Art geeignete Klimanische wird unter den angenommenen Klimaszenarien kaum noch vorhanden sein, woran auch Management-Maßnahmen wahrscheinlich nichts ändern können. Für *B. ino* stellt sich die Situation günstiger dar: auch unter den angenommenen Klimawandelszenarien wird die Klimanische der Art noch vorhanden sein. Die durchgeführten Maßnahmen verstärken diesen Effekt. Um hier detailliertere Modellierungen durchführen und damit genauere Aussagen treffen zu können, müssten umfangreichere Temperaturmessungen durchgeführt werden. Die Modellierungen des UFZ konnten z.B. nicht für einzelnen Jahreszeiten auflösen, da die Temperaturmessungen vom Aufwand her im Rahmen des Projektes nur im begrenzten Zeitraum möglich waren. So erscheint es beispielsweise möglich, dass die durch die Maßnahmen (Mahd) bewirkte Temperaturabsenkung in den Habitaten von *B. ino* während der Wintermonate sehr günstige Auswirkungen auf die überwinterten Jungraupen haben könnte. Dieser wesentliche Aspekt kann bisher nicht abgebildet werden, doch wären hier weitreichende Erkenntnisse hinsichtlich des Kompensationspotentials und positiver Auswirkungen der Maßnahmen auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der Populationen zu erwarten.

Eine weitere, im Rahmen dieses Projektes nicht realisierte Maßnahme im Sinne einer Anpassungsstrategie ist die Ansiedlung von Raupenfutterpflanzen in der Region Weserbergland, wo diese nicht anzutreffen sind, die Habitate aber für die entsprechenden Falter ansonsten geeignet sind. Das Beispiel von *Polyommatus coridon* zeigt, dass notwendige Arealverschiebungen oder Arealvergrößerungen bei monophagen Arten durch das Fehlen der benötigten Futterpflanzen limitiert werden können. Dies ist v.a. bei den Pflanzenarten in Erwägung zu ziehen, die über keine oder nur über eingeschränkte Möglichkeiten der Fernausbreitung verfügen. In diesem Zusammenhang wird zukünftig auch darüber diskutiert werden müssen, inwieweit ausbreitungsschwache und hochgradig gefährdete Falterarten in geeigneten Lebensräumen angesiedelt werden sollten, denn für viele dieser Arten sind Ausweichlebensräume aufgrund der flächendeckend intensiv genutzten und stark fragmentierten mitteleuropäischen Kulturland nicht mehr erreichbar.

#### **4.4 Bilanz für das DBU-Projekt**

Die im Projektantrag aufgeworfenen Fragestellungen konnten nicht alle zur Zufriedenheit beantwortet werden. Dies gilt insbesondere hinsichtlich detaillierterer, statistisch abgesicherter Aussagen hinsichtlich des kompensatorischen Potentials der Maßnahmen. Es konnte zwar grundsätzlich gezeigt werden, wie sich die Klimanischen der Zielarten unter den gegebenen Klimawandelszenarien in den einzelnen Untersuchungsgebieten entwickeln werden und dass die Maßnahmen Kompensationspotential besitzen. Dies jedoch für einzelne relevante Jahreszeiten und die verschiedenen Falterstadien zeitlich aufzulösen, war im Rahmen des Projektes nicht

möglich. Für die zentrale Fragestellung, wie dem voraussichtlichen Klimawandel begegnet werden kann, um den betroffenen Arten, insbesondere den Zielarten, ein zumindest mittelfristiges Überleben zu ermöglichen, haben diese Einschränkungen jedoch keine erheblichen Auswirkungen. So konnte im Rahmen der Modulierungen zusammenfassend gezeigt werden, dass zumindest für drei der Zielarten (und damit auch für alle anderen Arten mit ähnlicher Ökologie) eine realistische Chance besteht, durch Schaffung von Ausweichlebensräumen oder höherer Vegetationsstrukturen, die jeweils benötigten Klimanischen auch zukünftig vorzuhalten.

Um hier jedoch genauere Aussagen treffen zu können, müssten umfangreichere Temperaturmessungen durchgeführt werden. Die Modellierungen des UFZ konnten z.B. nicht für einzelnen Jahreszeiten auflösen, da die Messungen vom Aufwand her nur im begrenzten Zeitraum möglich waren. So erscheint es beispielsweise möglich, dass die durch die Maßnahmen (Mahd) bewirkte Temperaturabsenkung in den Habitaten von *B. ino* während der Wintermonate sehr günstige Auswirkungen auf die überwinterten Jungraupen haben könnte. Dieser wesentliche Aspekt konnte bisher nicht abgebildet werden, doch wären hier weitreichende Erkenntnisse hinsichtlich des Kompensationspotentials und positiver Auswirkungen der Maßnahmen auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der Populationen zu erwarten.

Die Zusammenarbeit zwischen den Kooperationspartnern hat sich während der gesamten Projektlaufzeit als ausgesprochen gut und fruchtbar erwiesen. Das gleiche gilt für die zuständigen Fachbehörden und die Zusammenarbeit mit dem ehrenamtlichen Naturschutz.

Das Vorhaben wird sowohl hinsichtlich der Fortführung der Maßnahmen als auch hinsichtlich eines begleitenden Monitorings fortgeführt werden. Ersteres ist gewährleistet, da die gewonnenen Erkenntnisse z.B. in ein beantragtes LIFE+-Projekt eingeflossen sind, welches 2011 in die Förderung aufgenommen wurde. In den Jahren bis 2015 werden nunmehr im größeren Umfang Ausweichlebensräume geschaffen (vgl. [www.vielfalt-auf-kalk.de](http://www.vielfalt-auf-kalk.de)). Da im Rahmen des Projektes zahlreiche ehrenamtliche Mitarbeiter gewonnen wurden, ist auch das zukünftige Monitoring der Zielarten auf den Maßnahmenflächen gesichert.

## 5 Öffentlichkeitsarbeit

In das Projekt wurde neben den ehrenamtlich agierenden Naturschutzvereinen auch der amtliche Naturschutz mit eingebunden. Erst die intensive Mitarbeit von zahlreichen ehrenamtlich Tätigen machte z.B. den Aufbau der umfangreichen Datenbank im Kreis Höxter möglich. Neben dem Naturschutz wurden aber auch Studenten der Landschaftsarchitektur an der Hochschule OWL und vom Fachgebiet Naturschutz am Fachbereich Biologie der Philipps-Universität Marburg zur Mitarbeit an dem Projekt motiviert. Mehrere Diplom bzw. Bachelorarbeiten sowie Projektarbeiten dokumentieren die fruchtbare Zusammenarbeit.

Ein reger Austausch fand mit dem Landesamt für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz des Landes NRW (LANUV) sowie dem Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW (MKUL) statt, welche zeitgleich eine Studie zu den „Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die Biologische Vielfalt“ in Auftrag gegeben hatten.

Auf das Projekt selbst wird seit Mitte 2008 auf der Homepage der Landschaftsstation im Kreis Höxter aufmerksam gemacht ([www.landschaftsstation.de](http://www.landschaftsstation.de)). Eine eigene Homepage zu dem Projekt wurde im März 2009 freigeschaltet ([www.klimawandelprojekte.de](http://www.klimawandelprojekte.de)). Neben einer Einführung in die Problematik werden dort wesentliche Teile der Ergebnisse für die breite Öffentlichkeit verfügbar gemacht und jeweils aktualisiert. Die Ergebnisse der Modellierungen und die Schlußfolgerungen des hier vorliegenden Abschlußberichtes sind jedoch noch nicht eingepflegt. Dies wird in Kürze erfolgen. Abb. 69 zeigt die Startseite der Homepage. Weiterhin wurden mehrere Publikationen zu den Zielen und den Ergebnissen des Projektes erstellt bzw. werden aktuell vorbereitet (z.B. HILL et al. 2008, BRUNZEL et al. 2011).

Dem Fachpublikum wurden erste Ergebnisse aus dem Märkischen Kreis im Rahmen des 11. UFZ-Workshop zur Populationsbiologie von Tagfaltern und Widderchen von 26.-28.2.2009 zur fachlichen Diskussion vorgestellt. Der Titel des Vortrages von Stefan Brunzel lautete: „Bestandsentwicklungen und Habitatnutzungen von Tagfaltern im Sauerland: unterschiedliche Reaktionen von Arten auf klimatische Parameter.“ Weitere Vorträge, in denen das Projekt, seine Ziele und Zwischenergebnisse dargestellt und diskutiert wurden, fanden u.a. im Naturschutzseminar des Fachbereichs Biologie der Philipps-Universität Marburg und mehrfach im Tierökologischen Seminar des Fachbereichs Landschaftsarchitektur der Hochschule Ostwestfalen-Lippe statt.

Ende Februar 2010 fand der 12. UFZ-Workshop zur „Populations-biologie von Tagfaltern und Widderchen“ statt, der von den Projektteilnehmern mit ausgerichtet wurde. Ein Nachmittag wurde dem Themenkreis „Klimawandel und tagfliegende Schmetterlinge“ gewidmet und vom UFZ und der Landschaftsstation im Kreis Höxter gemeinsam vorbereitet und gestaltet. Der Workshop bot die Möglichkeit, das Projekt und die bisherigen Ergebnisse intensiv mit einem breiten Fachpublikum (mehr als 100 Teilnehmer) zu diskutieren (Abb. 70). Das DBU-Projekt war mit drei eigenen Vorträgen vertreten.

**Klimawandel und Naturschutz:**  
 "Entwicklung von Anpassungsstrategien seitens des Naturschutzes zum Erhalt hochgradig durch den Klimawandel gefährdeter Lebensgemeinschaften"

HOME HINTERGRUND FORSCHUNGSPROJEKT ERGEBNISSE PARTNER LINKS KONTAKT



**Forschungsprojekt**  
 gefördert von



Deutsche Bundesstiftung Umwelt

**Klimawandel und Naturschutz**

Willkommen auf der Website des Forschungsprojektes „Entwicklung von Anpassungsstrategien seitens des Naturschutzes zum Erhalt hochgradig durch den Klimawandel gefährdeter Lebensgemeinschaften“.

Hinter diesem sperrigen Titel verbirgt sich **angewandte Forschung** und konkrete **Naturschutzarbeit**. Ziel ist es, Managementmaßnahmen zu entwickeln und umzusetzen, die auch in Zeiten des Klimawandels den Erhalt bedrohter Tagfalterarten und ihrer Lebensgemeinschaften sicherstellen.

Das Projekt wird im Zeitraum 2008 – 2011 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert.

Auf dieser Website erhalten Sie wichtige [Hintergrundinformationen](#). Weiterhin können Sie [Projektsergebnisse](#) sowie interessante Neuigkeiten rund um das Thema Klimawandel erfahren ...

© 2010 Eine Projektwebsite der Landschaftsstation im Kreis Höxter e.V. – [Impressum](#)

Abb. 69: Startseite des Internetauftritts ([www.klimawandel-projekte.de](http://www.klimawandel-projekte.de)).



Abb. 70: Teilnehmer des 12. UFZ-Workshops in Leipzig (Foto: UFZ).

## 6 Fazit

Die gewählte Vorgehensweise hat sich trotz der unter Kap. 4.4 skizzierten Schwierigkeiten bei der statistischen Absicherung der vorliegenden Langzeit-Monitoring-Daten und der fehlenden Prognosen bezüglich der lokalen Veränderungen bei den Niederschlägen (insbesondere deren Verteilung über das Jahr) bewährt, so dass Änderungen bei den Zielsetzungen nicht notwendig wurden. Die zunächst nicht vorgesehene Auswertung aller vorliegender Daten in Form von Änderungen der Rasterfrequenzen hat zwar zu einem erheblichen Mehraufwand geführt (der aber weitgehend ehrenamtlich bzw. im Rahmen von studentischen Arbeiten abgeleistet wurde), war aber für die Analyse der Bestandsveränderungen im Kreis Höxter unentbehrlich. Diese Änderung hat sich somit äußerst positiv für das Projekt ausgewirkt, zumal die erhobenen Daten mittel- bis langfristig dazu dienen werden, Reaktionen der Falterzönosen und der Zielarten auf klimatische Veränderungen und auf die durchgeführten Optimierungsmaßnahmen in den Gebieten zu dokumentieren und die Effizienz der Anpassungsstrategien zu überprüfen.

Obwohl eine statistische Absicherung der vorliegenden Langzeit-Monitoring-Daten hinsichtlich klimainduzierter Veränderungen schwierig ist, liegt es auf der Hand, dass ohne die Umsetzung geeigneter Maßnahmen das langfristige Überleben einiger der Zielarten nicht oder nur unter beträchtlichen Bestandseinbußen möglich ist. Eine Überprüfung der Wirksamkeit der im Projekt entwickelten und bisher umgesetzten Anpassungsmaßnahmen im Rahmen der noch ausstehenden Modellierungen ist dringend erforderlich, um gegebenenfalls notwendige Korrekturen vorzunehmen.

Änderungen an den Zielsetzungen selbst wurden nicht notwendig, das Vorhaben wurde insofern antragsgemäß durchgeführt.

## 7 Literatur

- BADECK, F.-W., POMPE, S., KÜHN, I. & A. GLAUER (2008): Zeitlich hochauflösende Klimainformationen auf dem Messtischblattraster und für Schutzgebiete in Deutschland. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 40 (10): 343-345.
- BEHRENS, M., FARTMANN, T. & N. HÖLZEL (2009): Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Biologische Vielfalt: Pilotstudie zu den voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Tier- und Pflanzenarten in Nordrhein-Westfalen Teil 1: Fragestellung, Klimaszenario, erster Schritt der Empfindlichkeitsanalyse – Kurzprognose. Institut für Landschaftsökologie (ILÖK); Westfälische Wilhelms-Universität Münster. Auftraggeber: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV NRW).
- BIERMANN, H. (2000): Die Entwicklung der Tagfalter- und Widderchenfauna im Raum Warburg-Diemelstadt seit etwa 1850. – *Atalanta* 31(3/4): 531-542.
- BOLZ, R. BRUNZEL, S., HAFNER, S., HERMANN, G., KRETSCHMER, H. (in Pröp.): Wirkt sich der Klimawandel bereits auf die Tagfalterarten Deutschlands aus? Trendanalyse für ausgewählte Regionen im Zeitraum von 1989 bis 2009.
- BOS, F. G., BOSVELD, M. A., GROENENDIJK, D. G., VAN SWAAY, C. A. M., WYNHOFF, I. (2006): De dagvlinders van Nederland. Verspreiding en bescherming. *Nederlandse Fauna* 7. Leiden, 381 S.
- BÖTTCHER, H., GERKEN, B., HOZAK, R. & E. SCHÜTTPELZ (1993): Pflege und Entwicklung der Kalkmagerrasen als Beitrag zur Kulturlandschaftspflege in Ostwestfalen (Kreise Höxter, Lippe und Paderborn). Abschlußbericht. – Unveröff. Bericht im Auftrag des MURL NRW.
- BRASCHLER, B. & J. K. HILL (2007). Role of larval host plants in the climate-driven range expansion of the butterfly *Polygonia c-album*. *Journal of Animal Ecology* 76: 415-423.
- BRUNZEL, S. (1999). Ursachen von Ausbreitungsverhalten bei den standorttreuen Insektenarten Hochmoor-Perlmutterfalter (*Boloria aquilonaris*, Stichel 1908) und Kurzflügelige Beißschrecke (*Metrioptera brachyptera*, L. 1761). Dissertation Universität Marburg. 173 S.
- BRUNZEL, S. (2002): Experimental density-related emigration in the Cranberry Fritillary *Boloria aquilonaris*. *Journal of Insect Behavior* 15: 739 - 750.
- BRUNZEL, S. & H. ELLIGSEN (1999): Change of species set and abundance along a short time gradient: the impact of weather conditions on the conservation of butterflies. – *Contributions to Entomology* 49: 447-461.
- BRUNZEL, S., APARICIO, A., LOHR, M. & B. BEINLICH (2011): Veränderungen von Tagfaltergemeinschaften – Einfluss klimatischer Faktoren auf Artenhäufigkeiten im

westlichen Weserbergland und im Märkischen Sauerland. – Naturschutz und Landschaftsplanung 43 (8): 244-252.

BRUNZEL, S., BUSSMANN, M. & H. OBERGRUBER (2008): Deutliche Veränderungen von Tagfalterzönosen als Folge von Ausbreitungsprozessen: Erste Ergebnisse eines Monitorings über 17 Jahre. - Natur und Landschaft 6: 280-287.

CHEN, I.-C., HILL, J.K., OHLEMÜLLER, R., ROY, D.B. & C. D. THOMAS (2011): Rapid Range Shifts of Species Associated with High Levels of Climate Warming. – Science 333: 1024-1026.

DAVIES, Z.G., WILSON, R.J., COLES, S. & C. D. THOMAS (2006): Changing habitat associations of a thermally constrained species, the silver-spotted skipper butterfly, in response to climate warming. Journal of Animal Ecology 75: 247–256.

DEUTSCHER WETTERDIENST (DWD) (2012): Mittelwerte der Temperatur, der Sonnenscheindauer und des Niederschlags der Normalperiode 1961 bis 1990. Witterungsdaten für die Klimastation Bad Lippspringe. – <<http://www.dwd.de>>, abgerufen am 27.03.2012.

DORMANN, C. F., PURSCHKE, O., MARQUEZ, J. R. G., LAUTENBACH, S. & B. SCHRODER (2008): Components of uncertainty in species distribution analysis: a case study of the Great Grey Shrike. - Ecology 89: 3371-3386.

DRÖSCHMEISTER, R. (2009): Climatic Impact Indicator – ein Indikator der Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt. – In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Biodiversität und Klima - Vernetzung der Akteure in Deutschland V - Ergebnisse und Dokumentation des 5. Workshops: 32-34.

EBERT, G. & E. RENNWALD (1991): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs, Bd. 1. Tagfalter I. - Ulmer (Stuttgart).

EBERT, G. (Hrsg.) (1994): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs, Bd. 3. Nachtfalter I. - Ulmer (Stuttgart).

EEA – EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2004): Impacts of Europe's changing climate. An indicator-based assessment. - (EEA Report, 2/04).

ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. – Ulmer (Stuttgart).

FARTMANN, T., DUDLER, H. & W. SCHULZE (2002): Zur Ausbreitung des Kleinen Sonnenröschen-Bläulings *Aricia agestis* ([Denis & Schiffermüller], 1775) in Westfalen (Lep., Lycaenidae) – eine erste Übersicht. – Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Westfälischer Entomologen 18: 41-46.

FRANCO, A.A., HILL, J.K., KITSCHKE, C., COLLINGHAM, Y.C., ROY, D.B., FOX, R. & B. HUNTLEY (2006). Impacts of climate warming and habitat loss on extinctions at species' low-latitude range boundaries. Global Change Biology 12: 1545–1553.

- FRONZEK, S., CARTER, T. R. & K. JYLHÄ (2012): Representing two centuries of past and future climate for assessing risks to biodiversity in Europe. - *Global Ecol Biogeogr.* 21: 19-35.
- GERKEN, B. & K. DÖRFER (2002): Auenregeneration an der Oberweser. – *Angewandte Landschaftsökologie* 46: 3-188.
- HERMANN, G. & R. BOLZ (2003): Erster Nachweis des Großen Feuerfalters *Lycaena dispar* (Haworth, 1803) in Bayern mit Anmerkungen zu seiner Arealentwicklung in Süddeutschland (Insecta: Lepidoptera: Lycaenidae). - *Beiträge zur Bayerischen Entomofaunistik* 5: 17-23.
- HILL, B., BRUNZEL, S., BEINLICH, B. & F. GRAWE (2008): Auswirkungen des Klimawandels auf Tagfalterzönosen des Weserberglandes und Märkischen Kreises (Sauerland). – *Beiträge zur Naturkunde zw. Egge und Weser* 20: 86-92.
- HILL, J.K., THOMAS, C.D., FOX, R., TELFER, M.G., WILLIS, S.G., ASHER, J. & HUNTLEY, B. (2002). Responses of butterflies to twentieth century climate warming: implications for future ranges. *Proceedings of the Royal Society of London Series B – Biological Sciences* 269: 2163–2171.
- HOZAK, R. & C. MEYER (1997): Erfolgskontrolle auf Kalkmagerrasen in Ostwestfalen: Vegetationskundliche, blütenphänologische und faunistische Wiederholungskartierungen auf Probeflächen nach 5 Jahren. – Unveröff. Gutachten im Auftrag des MURL NRW.
- KARSHOLT, O. & J. RAZOWSKI (1996): *The Lepidoptera of Europe. A distributional checklist.* – Apollo Books, Stenstrup, 380 S.
- KNÄLMANN, S. (1996): Zur Biologie und Ökologie von vier Zygaenidenarten (Lepidoptera, Zygaenidae) auf einem Kalkmagerrasenkomplex im Oberen Weserbergland. – Unveröff. Diplomarbeit, Philipps-Universität Marburg.
- KÜHN, I., VOHLAND, K., BADECK, F. W., HANSPACH, H., POMPE, S. & S. KLOTZ (2009): Aktuelle Ansätze zur Modellierung der Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die biologische Vielfalt. - *Natur und Landschaft* 84: 8-12.
- KUUSSAARI, M., HELIÖLÄ, J., PÖYRY, J., & K. SAARINEN (2007): Contrasting trends of butterfly species preferring semi-natural grasslands, field margins and forest edges in northern Europe. *Journal of Insect Conservation* 11: 351-366.
- LAUSSMANN, T., RADTKE, A., WIEMERT, T. & A. DAHL (2010): 150 Jahre Schmetterlingsbeobachtung in Wuppertal – Auswirkungen von Klima- und Landschaftsveränderungen (Lepidoptera). *Entomologische Zeitschrift* 120: 269-277.
- LE QUERE, C., RAUPACH, M. R., CANADELL, J. G., MARLAND, G., BOPP, L., CIAIS, P., CONWAY, T. J., DONEY, S. C., FEELY, R. A., FOSTER, P., FRIEDLINGSTEIN, P., GURNEY, K., HOUGHTON, R. A., HOUSE, J. I., HUNTINGFORD, C., LEVY, P. E., LOMAS, M. R., MAJKUT, J., METZL, N., OMETTO, J. P., PETERS, G. P., PRENTICE, I. C., RANDERSON, J.

T., RUNNING, S. W., SARMIENTO, J. L., SCHUSTER, U., SITCH, S., TAKAHASHI, T., VIOVY, N., VAN DER WERF, G. R. & F. I. WOODWARD (2009): Trends in the sources and sinks of carbon dioxide. - *Nature Geoscience* 2: 831-836.

LEUSCHNER, C. & M. SCHIPKA (2004): Vorstudie Klimawandel und Naturschutz in Deutschland. – BfN-Skripten 115, Bonn – Bad Godesberg, 35 S.

MITCHELL, T. D., CARTER, T. R., JONES, P. D., HULME, M. & M. NEW (2004): A comprehensive set of high-resolution grids of monthly climate for Europe and the globe: the observed record (1901–2000) and 16 scenarios (2001–2100). - Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia., Norwich, UK.

MUNLV (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN) (2009): Anpassung an den Klimawandel. Eine Strategie für Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf, 166 S. (<http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/klimawandel/index.php>, 04.05.09).

OLIVER, T., HILL, J.K., THOMAS, C.D., BRERETON, T., & D. B. ROY (2009): Changes in habitat specificity of species at their climatic range boundaries. *Ecology Letters* 12: 1091–1102.

OVERHOFF, K (2009): Klimawandel und Kalkmagerrasen. Vergleichende Vegetationsaufnahmen am Beispiel ausgewählter Flächen im Landkreis Höxter. – Unveröff. Diplomarbeit Hochschule OWL, FB 9.

PÄHLER, R. & H. DUDLER (2010): Die Schmetterlingsfauna von Ostwestfalen-Lippe und angrenzender Gebiete in Nordhessen und Südniedersachsen, Bd. 1. – Staff-Stiftung, Lemgo: 608 S.

PARMESAN, C. & G. YOHE (2003): A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37-42.

PARMESAN, C., RHYRHOLM, N., STEFANESCU, C., HILL, J.K., THOMAS, C.D, DESCIMONS, H., HUNTLEY, B., KAILA, B., KULLBERG, J., TAMMARU, T., TENNENT, W.J., THOMAS, J.A. & M. WARREN (1999): Polewards shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature* 399: 579-583.

POLLARD, E. & T. YATES (1993): Monitoring butterflies for ecology and conservation. The British butterfly monitoring scheme. – Chapman & Hall, London.

POLLARD, E. (1977): A method for assessing changes in the abundance of butterflies. – *Biol. Cons.* 12: 115-134.

POMPE, S., BADECK, F.W., HANSPACH, J., KLOTZ, S., THUILLER, W. & I. KÜHN (2008): Projecting impact on plant distributions under climate change - a case study from Germany. – *Biology Letters* 4: 564-567.

POMPE, S., BERGER, S., BERGMANN, J., BADECK, F., LÜBBERT, J., KLOTZ, S., REHSE, A.-K., SÖHLKE, G., SATTLER, S., WALTHER, G.-R. & I. KÜHN (2011): Modellierung der

Auswirkungen des Klimawandels auf die Flora und Vegetation in Deutschland. - Bundesamt für Naturschutz, Bonn.

PÖYRY, J., LUOTO, M., HEIKKINEN, R., KUUSSAARI, M & K. SAARINEN (2009): Species traits explain recent range shifts of Finnish butterflies *Global Change Biology* 15: 732–743.

ROY, D. B. & J. A. THOMAS (2003): Seasonal variation in the niche, habitat availability and population fluctuations of a bivoltine thermophilous insect near its range margin. - *Oecologia* 134: 439-444.

ROY, D.B., ROTHERY, P., MOSS, D., POLLARD, E. & J. A. THOMAS (2001): Butterfly numbers and weather: predicting historical trends in abundance and the future effects of climate change. *Journal of Animal Ecology* 70: 201-217.

SCHERRER, D. & C. KÖRNER (2011): Topographically controlled thermal-habitat differentiation buffers alpine plant diversity against climate warming. - *Journal of Biogeography* 38: 406-416.

SCHUMACHER, H. (2010): Rote Liste und Artenverzeichnis der Schmetterlinge (Lepidoptera) in Nordrhein-Westfalen. – Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), URL: <[www.lanuv.nrw.de/natur/arten/rote\\_liste/pdf/RL-NW11-SCHMETTERLINGE/RL-NW11-1-Tagfalter-Diurna-endst.pdf](http://www.lanuv.nrw.de/natur/arten/rote_liste/pdf/RL-NW11-SCHMETTERLINGE/RL-NW11-1-Tagfalter-Diurna-endst.pdf)>, <[www.lanuv.nrw.de/natur/arten/rote\\_liste/pdf/RL-NW11-SCHMETTERLINGE/RL-NW11-2-Spinner%20u%20Schwaermer-%20Bombyces%20et%20Sphinges-endst.pdf](http://www.lanuv.nrw.de/natur/arten/rote_liste/pdf/RL-NW11-SCHMETTERLINGE/RL-NW11-2-Spinner%20u%20Schwaermer-%20Bombyces%20et%20Sphinges-endst.pdf)>, abgerufen am 12.04.2012.

SETTELE, J., HAMMEN, V., HULME, P. E., KARLSON, U., KLOTZ, S., KOTARAC, M., KUNIN, W. E., MARION, G., O'CONNOR, M., PETANIDOU, T., PETERSEON, K., POTTS, S., PRITCHARD, H., PYSEK, P., ROUNSEVELL, M., SPANGENBERG, J., STEFFAN-DEWENTER, I., SYKES, M.T., VIGHI, M., ZOBEL, M. & I. KÜHN (2005): ALARM: Assessing LArge scale environmental Risks for biodiversity with tested Methods. - *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society* 14: 69-72.

SETTELE, J., KUDRNA, O., HARPKE, A., KÜHN, I., SWAAY, C.V., VEROVNIK, R., WARREN, M., WIEMERS, M., HANSPACH, J., HICKLER, T., KÜHN E., HALDER, I.V., VELING, K., VLIEGENTHART, A., WYNHOFF, I. & O. SCHWEIGER (2008a): Climatic risk atlas of European butterflies. – Pensoft (Sofia Moscow): 710 S.

SETTELE, J., STEINER, R., REINHARDT, R., FELDMANN, R. & G. HERMANN (2008b): Schmetterlinge. Die Tagfalter Deutschlands. 2. Auflage. – Ulmer, Stuttgart, 256 S.

SIEWERS, M. (2009): Der Kreuzenzian-Ameisenbläuling *Maculinea rebeli*. Auswertung faunistischer und populationsökologischer Untersuchungen im Hinblick auf die Entwicklung eines Artenschutzkonzeptes. – Unveröff. Diplomarbeit Hochschule OWL, FB 9.

SPANGENBERG, J. H., BONDEAU, A., CARTER, T. R., FRONZEK, S., JAEGER, J., JYLHÄ, K., KÜHN, I., OMANN, I., PAUL, A., REGINSTER, I., ROUNSEVELL, M., SCHWEIGER, O.,

- STOCKER, A., SYKES, M. T. & J. SETTELE (2012): Scenarios for investigating risks to biodiversity. - *Global Ecol Biogeogr.* 21: 5-18.
- STEFFNY, H. (1982): Biotopansprüche, Biotopbindung und Populationsstudien an tagfliegenden Schmetterlingen am Schönberg bei Freiburg. – Dipl.-Arb. Universität Freiburg.
- STÖBENER, T. (2009): Veränderungen der Tagfalterzönosen auf Kalkmagerrasen im Kreis Höxter. Folge geänderter klimatischer Bedingungen oder veränderter Landnutzungsformen? – Diplomarbeit, Hochschule OWL, FB 9.
- THOMAS, C.D., A. CAMERON, R.E. GREEN, M. BAKKENES, L.J. BEAUMONZ, Y.C. COLLINGHAM, B.F. ERASMUS, M.F. DE SIQUEIRA, A. GRAININGER, L. HANNAH, L. HUGHES, B. HUNTLEY, A.S. VAN JAARSFELD, G.F. MIDGLEY, L. MILES, M.A. ORTEGA-HUERTA, A.T. PETERSON, O.L. PHILIPPS, & S.E. WILLIAMS (2004): Extinction risk from climate change. *Nature* 427: 145-148.
- THOMAS, C.D., BODSWORTH, E.J., WILSON, R.J., SIMMONS, A.D., DAVIES, Z.G., MUSCHE, M. & L. CONRADT (2001): Ecological and evolutionary processes at expanding range margins. *Nature* 411: 577–581.
- THOMAS, C.D., FRANCO, A.M. & J. K. HILL (2006): Range retractions and extinction in the face of climate warming. *Trends in Ecology and Evolution* 21: 415-416.
- VAN SWAAY, C.A.M. & A. J. VAN STRIEN (2008): The European Butterfly Indicator for Grassland Species 1990 – 2007. Report VS2008.022. De Vlinderstichting, Wageningen.
- WALLISDEVRIES, M.F. & C.A.M. VAN SWAAY (2006): Global warming and excess nitrogen may induce butterfly by microclimatic cooling. – *Global Change Biology* 12: 1260-1626.
- WALTHER, G.R., POST, E., CONVEY, P., MENZEL, A., PARMESAN, C., BEEBEE, T.J., FROMENTIN, J.M., HOEGH-GULDBERG, O. & F. BAIRLEIN (2002): Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416: 389-395.

## Anlagen/Anhang

### Anhang 1: Ausgewertete Literatur mit Daten zum Vorkommen von Tagfaltern und Widderchen im Kreis Höxter

- AUFFENBERG, A., BADTKE, G. & BIERMANN, H. (1984): Die Großschmetterlinge des Bärenbruchs bei Sandebeck. - Egge-Weser 2 (3): 135-145.
- BADTKE, G. & BIERMANN, H. (1986): Die Großschmetterlinge der Trockenrasen bei Willebadessen. - Egge-Weser 3 (3): 104-117.
- BADTKE, G. & BIERMANN, H. (1999): Schmetterlinge im Pöllinzer Grund bei Scherfede (Kreis Höxter). - Egge-Weser 12: 63-95.
- BADTKE, G. & BIERMANN, H. (2001): Veränderungen im Bestand der Tagfalter und Zygaenen (Blutströpfchen, Widderchen) der Kalkmagerrasen bei Willebadessen. - Egge-Weser 14: 3-8.
- BADTKE, G., BIERMANN, H. & SCHULZE, W. (2004): Beobachtungen zu einer dritten Generation des Landkärtchen-Falters (*Araschnia levana* LINNAEUS, 1758) im nördlichen Deutschland im Spätsommer 2003. - Mitt. ArbGem. westfäl. Entomol. 20 (2): 31-32.
- BEHLERT, B., MICHAELIS, L., THIELCKE, E. & WILKE, J. (1986): Beitrag zur faunistisch-ökologischen Bestandsaufnahme im geplanten Naturschutzgebiet Kathagenberg. Ergebnisse 1986. - Höxter: unveröff. Gutachten an der Uni-GH Paderborn, Lehrgebiet Tierökologie.
- BEHM, K. (1987): Bestandsdokumentation der Avifauna und der tagfliegenden Schmetterlinge am Bielenberg/Hx, im Hinblick auf Entwicklung, Pflege und Schutz der Halbtrockenrasen. – Höxter: unveröff. Diplomarbeit an der Uni-GH Paderborn, Abt. Höxter, Studiengang Landespflege.
- BEIL, B. (1980): Die für Westfalen einzigartige Entomofauna an den Muschelkalkhängen bei Willebadessen kurz vor der endgültigen Vernichtung. – Mitteilungen der westfälischen Entomologen 4: 24-31.
- BEINLICH, B., GRAWE, F., MINDERMAN, S., WYCISK, U. & KÖBLE, W. (2005): Jahresbericht 2004 der Landschaftsstation im Kreis Höxter. – Beiträge zur Naturkunde zwischen Egge und Weser 17: 3-74.
- BEINLICH, B. & GRAWE, F. (2006): Die „Hannoverschen Klippen“, ein Naturschutzgebiet der Sonderklasse. – Beiträge zur Naturkunde zwischen Egge und Weser 18: 4-16.
- BEINLICH, B., GRAWE, F., MINDERMAN, S., WYCISK, U. & KÖBLE, W. (2007): Jahresbericht 2006 der Landschaftsstation im Kreis Höxter. – Beiträge zur Naturkunde zwischen Egge und Weser 19: 95-127.
- BIERMANN, H. (1995): Kartierung der Tagfalter und Zygaenen (Blutströpfchen) des Kreises Höxter und des angrenzenden Diemeltals. - Egge-Weser 7: 5-37, Höxter.

- BIERMANN, H. (1995): Eine Übersommerung beim Tagpfauenauge (Lep., Nymphalidae, *Inachis io* L.). - Mitt. AG ostwestfäl.-lipp. Ent. 11 (3): 97-99, Bielefeld.
- BÖING, C. u. a. (2008): FFH-Monitoring am Beispiel des Räuschenberges. – Unveröff. Projektarbeit an der Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Höxter.
- BÖTTCHER, H., BUSCHMANN, M., DÖRFER, K., FUNCKE, J., GERKEN, B. & LÜTY, H. (1991a): Voruntersuchungen zu dem Vorhaben "Gestaltungs- und Pflegemaßnahmen zur Regeneration landschaftstypischer Auen-Standorte der Oberweserniederung". - Höxter: Abschlußbericht, unveröff., im Auftrag des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- BÖTTCHER, H., GERKEN, B., LEUSHACKE, C. & SIELAFF, U. (1991b): Schutz- und Pflegekonzept für die nordrhein-westfälische Weseraue. - Höxter: unveröff. Abschlußbericht im Rahmen des Weserprogrammes des Ministers für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr NRW.
- BÖWINGLOH, F. (1988): Auswertung faunistisch-ökologischer Bestandsaufnahmen an tagfliegenden Schmetterlingen in den Naturschutzgebieten Rumbert und Bramberg (Kreis Höxter) als Beitrag zur Pflege- und Entwicklungsplanung geschützter Kalk-Halbtrockenrasen. - Höxter: unveröff. Diplomarbeit an der Uni-GH Paderborn, Abt. Höxter, Studiengang Landespflege.
- BÖWINGLOH, F., FREUNDT, S., PAUSCHERT, P. & GERKEN, B. (1984): Beitrag zur Tierbestandsaufnahme in einem Feuchtgebiet bei Fürstenau - Hohehaus (Lkr. Höxter). Gutachten zur Schutzwürdigkeit mit Vorschlägen für Schutz- und Pflegemaßnahmen. - Höxter: unveröff. Gutachten an der Uni-GH Paderborn, Abt. Höxter, im Auftrag der LÖLF NW.
- CASSEL, U. (1992): Faunistisch-ökologische Bestandsaufnahmen der Schmetterlinge eines Berg-Tal-Konnexes bei Beverungen - Grundlagen für ein Schutzprogramm in der Kulturlandschaft. - Höxter: unveröff. Diplomarbeit an der Uni-GH Paderborn, Abt. Höxter, Studiengang Landespflege.
- DANIEL, C. & SCHEPKE, F. (1985): Vergleich zweier Schmetterlingsbestände nahe Beverungen aus den Sommern 1962 sowie 1982 und 1984. - Egge-Weser 3 (2): 85-93.
- DUDLER, H. & RETZLAFF, H. (1983): Antrag auf Ausweisung eines Naturschutzgebietes (Unterschutzzstellung) im Kreis Höxter. - Mitt. AG ostwestfäl.-lipp. Ent. Nr. 27: 41-55.
- EICKHOFF, T. & RICHTER, R. (1997): Pflege- und Entwicklungsplan für das Naturschutzgebiet "Auf dem Berenbruch" (Kreis Höxter). - Höxter: unveröff. Pflege- und Entwicklungsplan im Auftrag der LÖBF.
- EICKHOFF, T. & RICHTER, R. (2000): Biotopmanagementplan zur Pflege und Entwickelbarkeit für das Naturschutzgebiet "Räuschenberg" (Kreis Höxter). - Höxter: unveröff. Pflege- und Entwicklungsplan im Auftrag des Kreises Höxter.

- FARTMANN, T., DUDLER, H. & SCHULZE, W. (2002): Zur Ausbreitung des Kleinen Sonnenröschen-Bläulings *Aricia agestis* ([Denis & Schiffermüller], 1775) in Westfalen (Lep., Lycaenidae) - eine erste Übersicht. - Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft westfälischer Entomologen 18: 41-46.
- FARTMANN, T. (2004): Die Schmetterlingsgemeinschaften der Halbtrockenrasen-Komplexe des Diemeltales. Biozönologie von Tagfaltern und Widderchen in einer alten Hudelandschaft. - Abh. Westf. Mus. Naturk. 66 (1): 3-256.
- FREUNDT, S. (1988): Zum Beitrag der Tierökologie in Studiengängen der Landespflege. - Höxter: unveröff. Diplomarbeit an der Uni-GH Paderborn, Abt. Höxter, Studiengang Landespflege.
- FREUNDT, S., HEIDTMANN, K., PAUSCHERT, P., MITZKA, D., STRUBEL, R. & GERKEN, B. (1986): Beitrag zur Tierbestandsaufnahme im Satzmoor/Bad Driburg. - Höxter: unveröff. Gutachten am Lehrgebiet Tierökologie der Uni- GH Paderborn, Abt. Höxter.
- GERKEN, B., KOEHLER, P. & WESTENDORF, B. (1990): Faunistisch-ökologische Bestandsaufnahmen im Bereich der Tongruben bei Nieheim. Tonbrube Rath und Tongrube Lücking. Aufnahmezeitraum 1989. - Höxter, unveröffentlichtes Gutachten.
- GOERNE, R. v. (1986): Faunistisch-ökologische Untersuchungen am Unterlauf der Nethe mit Vorschlägen zur Pflege- und Entwicklungsplanung. - Höxter: unveröff. Diplomarbeit an der Uni-GH Paderborn, Abt. Höxter, Studiengang
- GRÜNWARD, V. (1988b): *Mellicta aurelia aurelia* (NICKERL, 1850) - ein Neufund für Westfalen (Lep., Nymphalidae). - Mitt. Arbeitsgem. ostwestfälisch-lippischer Entomologen 4 (43): 125-129, Bielefeld.
- HARTWIEG, F. (1930): Die Schmetterlings-Fauna des Landes Braunschweig und seiner Umgebung unter Berücksichtigung von Harz, Lüneburger Heide, Solling und Weserbergland. - Frankfurt: Verlag des Internationalen Entomologischen Vereins.
- HARTWIEG, F. (1958): Die Schmetterlingsfauna des Landes Braunschweig und seiner Umgebung einschließlich des Harzes, der Lüneburger Heide und des Sollings. - Braunschweig: Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode.
- HOZAK, R. (1987): Faunistisch-ökologische Bestandsdokumentation am Beispiel einer Hochwasser-beeinflußten Riedwiese in der Weseraue bei Höxter - Ein Beitrag zur Ausweisung als Naturschutzgebiet. - Höxter: unveröff. Diplomarbeit an der Uni-GH Paderborn, Abt. Höxter, Studiengang Landespflege.
- KAMPS-SCHWOB, S. (1990): Faunistisch-ökologischer Fachbeitrag zur Pflege und Entwicklung von Abgrabungen in Flußniederungen. - Höxter: unveröff. Diplomarbeit an der Uni-GH Paderborn, Abt. Höxter, Studiengang Landespflege.
- KLEIN, W., BEINLICH, B. & S. KILL (2000): Pflegeprotokoll NSG „Rabensberg“ bei Warburg-Ossendorf, Kreis Höxter. - Höxter: unveröff. Gutachten.

- KÖBLE, W. & GRAWE, F. (2007): Tag der Artenvielfalt am 10.06.2006 im NSG „Schwiemelkopf“. – Beiträge zur Naturkunde zwischen Egge und Weser 19: 137-140.
- LEIFELS, K., BRÖKER, C. & MEYER, U. (1990): Faunistisch-ökologischer Beitrag zur Landschaftsplanung (Projekt Lütmarsen). - Höxter: unveröff. Studienarbeit.
- LOBENSTEIN, U. (1999): Die Schmetterlingsfauna des mittleren Niedersachsens. Bestand, Ökologie, Schutz. Ein Handbuch der Großschmetterlinge für die Region Hannover, die Südheide und das Weser-Leine-Bergland. - Hannover: Selbstverlag, 1. Fassung.
- MEYER, C. (1992) Zur Biologie von Bläulingen (Lepidoptera: Lycaenidae) – Lebensraum, Lebenszyklus und Beziehungen zu Ameisen. Diplomarbeit am Zoologischen Institut der Georg-August-Universität Göttingen.
- MITZKA, H.-D. (1990): Ökofaunistische Grundlagen für Pflege und Entwicklung von Abtragungsgewässern am Beispiel der Godelheimer Seen bei Höxter (NW/BRD). - Höxter: unveröff. Dipl. arb.
- NUTT, J. (1985): Falterbeobachtungen an einem Teilstück der B252 im Kreis Höxter. - Egge-Weser 3: 68-71.
- NUTT, J. (1986): Ausbreitung der Widderchen (Lep., Zygaenidae) an der Umgehungsstraße bei Bonenburg (Kreis Höxter). - Mitt. AG ostwestfäl.-lipp. Ent. 3 (Nr. 37): 105-108.
- OLSSON, J. & KIRCH, R. (1994): Avifaunistische Bestandsaufnahme der Tongrube Rath und des NSG Tongrube Lücking, Nieheim. Untersuchungszeitraum: Frühjahr 1993 bis 1994. - Höxter: unveröff. Studie an der Uni-GH Paderborn, Abt. Höxter, Lehrgebiet Tierökologie.
- PÄHLER, R. & DUDLER, H. (2010): Die Schmetterlingsfauna von Ostwestfalen-Lippe und angrenzender Gebiete in Nordhessen und Südniedersachsen. Band 1. - Eigenverlag, 608 S., Verl.
- PREYWISCH, K. (1984): Ungewöhnliches aus unserer Pflanzen- und Tierwelt. - Egge-Weser 2 (3): 216-217.
- RETZLAFF, H. (1972): Zur Einwanderung und Ausbreitung von *Agrumenia carniolica modesta* Bgff. (Lep. Zyg.) im südöstlichen Weserbergland. Ein Beitrag zur Schmetterlingsfauna in Ostwestfalen-Lippe. - Mitt. ArbGem. ostwestf.-lipp. Ent. (16): 1-8, Bielefeld.
- RETZLAFF, H. (1973): Die Schmetterlinge von Ostwestfalen-Lippe und einigen angrenzenden Gebieten Hessens und Niedersachsens (Weserbergland, südöstliches Westfälisches Tiefland und östliche Westfälische Bucht), 1. Teil. - Ber. Natw. Ver. Bielefeld 21: 129-248.

- RETZLAFF, H. (1975): Die Schmetterlinge von Ostwestfalen-Lippe und einigen angrenzenden Gebieten, 2. Teil. - Ber. Natw. Ver. Bielefeld 22: 199-344.
- RETZLAFF, H. (1981a): Nachtrag zu: "Die Schmetterlinge von Ostwestfalen-Lippe und einigen angrenzenden Gebieten". - Mitt. der AG ostwestf. Entomologen 23: 15-20.
- RETZLAFF, H. (1981b): Nachtrag zu: "Die Schmetterlinge von Ostwestfalen-Lippe und einigen angrenzenden Gebieten" (Fortsetzung). - Mitt. der AG ostwestf. Entomologen 24: 21-28.
- RETZLAFF, H. (1982): Nachtrag zu: "Die Schmetterlinge von Ostwestfalen-Lippe und einigen angrenzenden Gebieten" (Fortsetzung). - Mitt. der AG ostwestf. Entomologen 25: 29-32.
- RETZLAFF, H. (1983a): Nachtrag zu: "Die Schmetterlinge von Ostwestfalen-Lippe und einigen angrenzenden Gebieten" (Fortsetzung). - Mitt. der AG ostwestf. Entomologen 28: 57-59.
- RETZLAFF, H. (1983b): Nachtrag zu: "Die Schmetterlinge von Ostwestfalen-Lippe und einigen angrenzenden Gebieten" (Fortsetzung). - Mitt. der AG ostwestf. Entomologen 29: 70.
- RETZLAFF, H. (1985): Artenliste der Schmetterlinge aus dem Gebiet des NSG Ziegenberg und den angrenzenden Grundlosen in der Weseraue bei Höxter. TK 25, Nr. 4222 Höxter, Stadt Höxter. Auszüge aus der Datenkartei der AG ostwestf.-lipp. Ent. aus den Jahren 1967-1983. - Mitt. AG ostwestfäl.-lipp. Ent. 5 (3): 99-106.
- RETZLAFF, H. (1992): Bericht über die Wanderfalter-Situation für Ostwestfalen-Lippe. - Mitt. Arb Gem. ostwestf.-lipp. Ent. 8: 1-26.
- RETZLAFF, H., DUDLER, H., FINKE, C., PÄHLER, R., SCHNELL, K. & SCHULZE, W. (1993): Zur Schmetterlingsfauna von Westfalen. Ergänzungen, Neu- und Wiederfunde. - Mitt. ArbGem. ostwestf.-lipp. Ent. 9: 37-66.
- SCHACKERS, B. (1992): Entwicklung einer dorfnahen Kulturlandschaft als Beitrag zur Leitbilddiskussion für den siedlungsnahen Naturschutz, dargestellt am Beispiel der Ortschaften Bruchhausen und Ottbergen (Kreis Höxter, Nethe-Niederung). - Höxter: unveröff. Diplomarb. am Lehrgebiet Tierökologie der Uni-GH Paderborn.
- SCHOPPMAYER-BREGULLA, A. & BREGULLA, F. (1981): Falter und Widderchen des Hellbergs und der Scheffelberge. - Egge-Weser 1 (1): 35-36.
- SCHRÖDER, H., SCHERF, G., MEIMERSDORF, A., STILLER, F. & KRÜGER, S. (1990): Faunistisch-ökologischer Beitrag zur Landschaftsplanung (Projekt Lütmarsen). - Höxter: unveröff. Studienarbeit.
- SCHULTZ, V. G. M. (1962): Neue Beiträge zur Schmetterlingskunde. – Bericht des Naturwissenschaftlichen Vereins für Bielefeld und Umgegend 16: 186-195.

- SCHULZE, W. (1996): Mitteilungen zur Insektenfauna Westfalens VII (Lep., Nymphalidae, Lycaenidae; Col., Eucnemidae, Tenebrionidae, Scarabaeidae). - Mitt. ArbGem. ostwestf.-lipp. Ent. 12 (3): 75-84, Bielefeld.
- SCHÜTTPELZ, E. & V. GRÜNWARD (1986): Beitrag zur Tierbestandsaufnahme des Feuchtgebietes ND Jeetzen bei Lütmarsen (Kreis Höxter). – Uni-GH Paderborn, Abt. Höxter, unveröff. Manuskript.
- SIEWERS, M. (2008): Der Kreuzenzian-Ameisenbläuling *Maculinea rebeli*. Auswertung faunistischer und populationsökologischer Untersuchungen im Hinblick auf die Entwicklung eines Artenschutzkonzeptes. - Dipl. arb. Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Höxter.
- SMOLIS, M. (1984): Faunistisch-ökologische Untersuchungen an tagfliegenden Schmetterlingen unter besonderer Berücksichtigung der Widderchen (Zygaenidae, Lepidoptera) im geplanten Naturschutzgebiet Räuschenberg bei Brenkhausen (Kr. Höxter). - Höxter: unveröff. Diplomarb. am Lehrgebiet Tierökologie der Uni-GH Paderborn.
- SMOLIS, M. & GERKEN, B. (1987): Zur Frage der Populationsgröße und der intrapopularen Mobilität von tagfliegenden Schmetterlingen, untersucht am Beispiel der Zygaenidenarten eines Halbtrockenrasens. - Decheniana 140: 102-117, Berichte des Naturhistorischen Vereins der Rheinlande und Westfalens.
- STERN SCHULTE, M. (1992): Landschaft im Spannungsverhältnis Mensch – Umwelt am Beispiel des Köterberges dargestellt auf der Grundlage faunistischer Erhebungen. - Höxter: unveröff. Diplomarb. am Lehrgebiet Tierökologie der Uni-GH Paderborn.
- STORKEBAUM, B. (2007): Abenteuer Faltertage am Taubenborn 2006 und 2007. – Beiträge zur Naturkunde zwischen Egge und Weser 19: 70-72.
- STRUBEL, R., GRÜNWARD, V., SCHÜTTPELZ, E., LÖSING, U. & BÖWINGLOH, F. (1986): Beitrag zur Tierbestandsaufnahme der Halbtrockenrasen um Ovenhausen (Lkr. Höxter). - Höxter: unveröff. Gutachten im Auftrag der LÖLF NRW, Lehrgebiet Tierökologie, Uni PB, Abt. Höxter.
- UFFELN, K. (1908): Die Großschmetterlinge Westfalens mit besonderer Berücksichtigung der Gegenden von Warburg, Rietberg und Hagen. - Münster: Regenbergsche Buchdruckerei; Beiheft zum Jahresbericht der Zoologischen Sektion des Westfälischen Provinzialvereins für Wissenschaft und Kunst.
- UFFELN, K. (1914): Die Großschmetterlinge Westfalens. Nachträge und Berichtigungen. - Jahresberichte des Westfälischen Provinzial-Vereins für Wissenschaft und Kunst 42: 41-95, Münster.
- UFFELN, K. (1926): Die Großschmetterlinge Westfalens. III. Nachtrag. - Jahresberichte des Westfälischen Provinzial-Vereins für Wissenschaft und Kunst 50-52: 1-19, Münster.

- UMWELT INSTITUT HÖXTER (UIH) (1999): Pflege- und Entwicklungsplan für das Naturschutzgebiet „Körbecker Bruch“. Höxter, unveröff. Gutachten.
- VOLKMER, A. (1988): Auswertung faunistisch-ökologischer Bestandsaufnahmen im Naturschutzgebiet Wandelsberg (Kreis Höxter) an Tagfaltern und Vögeln – Beiträge für ein Pflege- und Entwicklungskonzept. - Höxter: unveröff. Diplomarb. am Lehrgebiet Tierökologie der Uni-GH Paderborn.
- WALDHOFF, A. (1985): Die Schmetterlinge aus Steinheim und Umgebung. - Jahrbuch Kreis Höxter 1985: 121-134.
- WILLISCH, S. (1990): Kalkmagerrasen bei Dalhausen / Kreis Höxter: Siedlungsnahе Trockenbiotope als Lebensraum für Tagfalter, ein Beitrag zur Pflege- und Entwicklungsplanung. - Höxter: unveröff. Diplomarb. am Lehrgebiet Tierökologie der Uni-GH Paderborn.