



Masterarbeit im Studium Naturschutz und Landschaftspflege

**Untersuchungen zur Raumverteilung bei
Eiablagen von *Maculinea nausithous*
(BERGSTRÄSSER, 1779) und *M. teleius*
(BERGSTRÄSSER, 1779) in unterschiedlich
strukturierten Wiesenhabitaten mit syntopen
Vorkommen beider Arten**

Bearbeiter: Markus Koch

Matrikel-Nr.: 4045242

Gutachter: 1. Dipl.-Ing. Michael Makala

2. PD Volker Neumann

Datum: 12.04.2018





Inhaltsverzeichnis

ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	I
TABELLENVERZEICHNIS	V
ANHANGVERZEICHNIS.....	VII
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	IX
1 Einleitung und Zielstellung	1
2 Einführung in das Thema „Maculinea“	4
2.1 Die Gattung Maculinea	4
2.2 Arten.....	12
2.2.1 Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling (<i>Maculinea nausithous</i>)	12
2.2.2 Heller Wiesenknopf-Ameisenbläuling (<i>Maculinea teleius</i>)	14
2.3 Myrmica-Wirtsameisen	18
3 Untersuchungsgebiete.....	23
3.1 Gründe für die Auswahl	23
3.2 Lage und naturräumliche Einordnung	23
3.3 Geologie und Bodenverhältnisse	27
3.4 Klima und Witterung	28
3.5 Vegetation und Nutzung	29
4 Material und Methoden.....	31
4.1 Kriterien zur Auswahl der Untersuchungsflächen.....	31
4.2 Einrichtung der Untersuchungsflächen	31
4.3 Untersuchungsprogramm	34
4.3.1 Auswahl der zu untersuchenden Habitatparameter	34
4.3.2 Vegetation.....	34
4.3.2.1 Pflanzensoziologische Beschreibung.....	34
4.3.2.2 Zeigerwerte.....	35
4.3.2.3 Vegetationsstruktur.....	36
4.3.3 Nutzungstypisierung	37
4.3.4 Entnahme von Blütenköpfchen der Wirtspflanze <i>Sanguisorba officinalis</i>	38



4.3.5	Weitergehende Untersuchungen zur Wirtspflanze <i>Sanguisorba officinalis</i>	44
4.3.5.1	Wirtspflanzenangebot, –vitalität und Blühphänologie	44
4.3.5.2	Pflanzeninhaltsstoffe der Wirtspflanze	45
4.3.6	Köderfänge von Wirtsameisen	46
4.3.7	Statistische Auswertungen	46
5	Ergebnisse	48
5.1	Untersuchungsgebiet Penzberg	48
5.1.1	Habitateigenschaften	48
5.1.2	Wirtsameisen	50
5.1.3	Wirtspflanzen	53
5.1.3.1	Wirtspflanzenangebot	53
5.1.3.2	Stickstoffgehalt	53
5.1.4	Köpfchenuntersuchungen	54
5.2	Untersuchungsgebiet Sindelsdorf	58
5.2.1	Habitateigenschaften	58
5.2.2	Wirtsameisen	60
5.2.3	Wirtspflanzen	63
5.2.3.1	Wirtspflanzenangebot	63
5.2.3.2	Pflanzeninhaltsstoffe	63
5.2.4	Köpfchenuntersuchungen	64
5.3	Untersuchungsgebiet Raisting	67
5.3.1	Habitateigenschaften	67
5.3.2	Wirtsameisen	69
5.3.3	Wirtspflanzen	72
5.3.4	Köpfchenuntersuchungen	72
5.4	Untersuchungsgebiet Ostermünchen	76
5.4.1	Habitateigenschaften	76
5.4.2	Wirtsameisen	78
5.4.3	Wirtspflanzen	81
5.4.4	Köpfchenuntersuchungen	81



5.5	Untersuchungsgebiet Freising	85
5.5.1	Habitateigenschaften	85
5.5.2	Wirtsameisen	87
5.5.3	Wirtspflanzen	90
5.5.3.1	Wirtspflanzenangebot	90
5.5.3.2	Pflanzeninhaltsstoffe	90
5.5.4	Köpfchenuntersuchungen.....	91
5.6	Untersuchungsgebiet Lauter-Appendorf	95
5.6.1	Habitateigenschaften	95
5.6.2	Wirtsameisen	97
5.6.3	Wirtspflanzen	99
5.6.4	Köpfchenuntersuchungen.....	100
5.7	Untersuchungsgebiet Aurachtal	101
5.7.1	Habitateigenschaften	101
5.7.2	Wirtsameisen	103
5.7.3	Wirtspflanzen	106
5.7.4	Köpfchenuntersuchungen.....	106
5.8	Untersuchungsgebiet Spessartwiesen	109
5.8.1	Habitateigenschaften	110
5.8.2	Wirtsameisen	113
5.8.3	Wirtspflanzen	116
5.8.4	Köpfchenuntersuchungen.....	116
5.8.4.1	Spessartwiesen I	116
5.8.4.2	Spessartwiesen II	120
5.9	Zusammenstellung der Ergebnisse.....	123
5.9.1	Vegetationsstruktur.....	123
5.9.2	Zeigerwerte	124
5.9.3	Wirtsameisen	126
5.9.4	Wirtspflanze	130
5.9.5	Köpfchenuntersuchungen.....	130



6	Einfluss von Habitatparametern	133
7	Zusammenfassende Diskussion	138
8	Schlussfolgerungen für das Habitatmanagement.....	143
9	Zusammenfassung	146
	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	148
	Anhang.....	163
	Selbstständigkeitserklärung.....	186



ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Fundortkarte Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling (<i>Maculinea nausithous</i>), Nachweise ab 1980 (Stand: 03.08.2017; Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 2015)	13
Abbildung 2: Fundortkarte Heller Wiesenknopf-Ameisenbläuling (<i>Maculinea teleius</i>), Nachweise ab 1980 (Stand: 03.08.2017; Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 2015)	16
Abbildung 3: <i>Myrmica scabrinodis</i> Nylander, 1846 (Aufn. Boer, P. (10.08.1999) / Verzeichnis Internetquellen).....	20
Abbildung 4: <i>Myrmica rubra</i> (Aufn. Boer, P. (15.08.2002) / Verzeichnis Internetquellen)	21
Abbildung 5: <i>Myrmica ruginodis</i> (Aufn. Ward (15.07.1989) / Verzeichnis Internetquellen)	22
Abbildung 6: Übersicht über die Lage der Untersuchungsgebiete	26
Abbildung 7: Anordnung und Größe der Probeflächen innerhalb eines Transektes (PF n=4 / Transekt)	33
Abbildung 8: Versuchsanordnung zur Messung des Raumwiderstandes (nach Koch, 2009)	37
Abbildung 9: L3-Raupen von <i>M. nausithous</i> (Aufn. Koch, M. (2018)	41
Abbildung 10: L4-Raupe von <i>M. teleius</i> (Aufn. Koch, M. (2018)	42
Abbildung 11: L3 – Raupe von <i>M. teleius</i> mit charakteristischen Fraßbild entlang der Blütenspindel (Aufn. Koch, M. (2018)	42
Abbildung 12: Eihülle von <i>Maculinea</i> -Arten (Aufn. Koch, M. (2018)	43
Abbildung 13: Prozentuale Anteile pflanzensoziologischer Artengruppen an der Gesamtdeckung entlang des Transekt Penzberg.....	49
Abbildung 14: Ergebnisse der Vegetationsdichtemessungen auf dem Transekt Penzberg	50
Abbildung 15: Ameisen-Anlaufhäufigkeiten auf dem Transekt Penzberg	51
Abbildung 16: Ergebnisse der Ameisen-Köderfänge auf der Probefläche Penzberg	52
Abbildung 17: Wirtspflanzen- und Knospenangebot auf dem Transekt Penzberg	53
Abbildung 18: Gesamtstickstoffgehalt auf der Probefläche Penzberg	54
Abbildung 19: Ergebnisse der Köpfchenuntersuchung auf dem Transekt Penzberg	55
Abbildung 20: Prozentuale Verteilung der Köpfchen mit Raupen von <i>M. teleius</i> und <i>M. nausithous</i> entlang des Transekts Penzberg.....	56
Abbildung 21: Prozentuale Anteile pflanzensoziologischer Artengruppen an der Gesamtdeckung entlang des Transekt Sindelsdorf	59
Abbildung 22: Ergebnisse der Vegetationsdichtemessungen auf dem Transekt Sindelsdorf	60
Abbildung 23: Ameisen-Anlaufhäufigkeiten auf dem Transekt Sindelsdorf	61



Abbildung 24: Ergebnisse der Ameisen-Köderfänge auf der Probefläche Sindelsdorf.....	62
Abbildung 25: Wirtspflanzen- und Knospenangebot auf dem Transekt Sindelsdorf.....	63
Abbildung 26: Gesamtstickstoffgehalt auf der Probefläche Sindelsdorf	64
Abbildung 27: Ergebnisse der Köpfchenuntersuchung auf dem Transekt Sindelsdorf.....	65
Abbildung 28: Prozentuale Verteilung der Köpfchen mit Raupen von <i>M. teleius</i> und <i>M. nausithous</i> entlang des Transekts Sindelsdorf	65
Abbildung 29: Prozentuale Anteile pflanzensoziologischer Artengruppen an der Gesamtdeckung entlang des Transekt Raisting.....	68
Abbildung 30: Ergebnisse der Vegetationsdichtemessungen auf dem Transekt Raisting.....	69
Abbildung 31: Ameisen-Anlaufhäufigkeiten auf dem Transekt Raisting	70
Abbildung 32: Ergebnisse der Ameisen-Köderfänge auf der Probefläche Raisting.....	71
Abbildung 33: Wirtspflanzen- und Knospenangebot auf dem Transekt Raisting.....	72
Abbildung 34: Ergebnisse der Köpfchenuntersuchung auf dem Transekt Raisting.....	73
Abbildung 35: Prozentuale Verteilung der Köpfchen mit Raupen von <i>M. teleius</i> und <i>M. nausithous</i> entlang des Transekts Raisting	74
Abbildung 36: Prozentuale Anteile pflanzensoziologischer Artengruppen an der Gesamtdeckung entlang des Transekt Ostermünchen	77
Abbildung 37: Ergebnisse der Vegetationsdichtemessungen auf dem Transekt Ostermünchen	78
Abbildung 38: Ameisen-Anlaufhäufigkeiten auf dem Transekt Ostermünchen.....	79
Abbildung 39: Ergebnisse der Ameisen-Köderfänge auf der Probefläche Ostermünchen	80
Abbildung 40: Wirtspflanzen- und Knospenangebot auf dem Transekt Ostermünchen	81
Abbildung 41: Ergebnisse der Köpfchenuntersuchung auf dem Transekt Ostermünchen	82
Abbildung 42: Prozentuale Verteilung der Köpfchen mit Raupen von <i>M. teleius</i> und <i>M. nausithous</i> entlang des Transekts Ostermünchen	83
Abbildung 43: Prozentuale Anteile pflanzensoziologischer Artengruppen an der Gesamtdeckung entlang des Transekt Freising	86
Abbildung 44: Ergebnisse der Vegetationsdichtemessungen auf dem Transekt Freising.....	87
Abbildung 45: Ameisen-Anlaufhäufigkeiten auf dem Transekt Freising.....	88
Abbildung 46: Ergebnisse der Ameisen-Köderfänge auf der Probefläche Freising.....	89
Abbildung 47: Wirtspflanzen- und Knospenangebot auf dem Transekt Freising.....	90
Abbildung 48: Gesamtstickstoffgehalt auf der Probefläche Freising.....	91
Abbildung 49: Ergebnisse der Köpfchenuntersuchung auf dem Transekt Freising	92



Abbildung 50: Prozentuale Verteilung der Köpfchen mit Raupen von <i>M. teleius</i> und <i>M. nausithous</i> entlang des Transekts Freising	93
Abbildung 51: Prozentuale Anteile pflanzensoziologischer Artengruppen an der Gesamtdeckung entlang des Transekt Lauter-Appendorf	96
Abbildung 52: Ameisen-Anlaufhäufigkeiten auf dem Transekt Lauter-Appendorf	97
Abbildung 53: Ergebnisse der Ameisen-Köderfänge auf dem Transekt Lauter-Appendorf	98
Abbildung 54: Wirtspflanzen- und Knospenangebot auf dem Transekt Lauter-Appendorf	99
Abbildung 55: Ergebnisse der Köpfchenuntersuchung auf dem Transekt Lauter-Appendorf	100
Abbildung 56: Prozentuale Anteile pflanzensoziologischer Artengruppen an der Gesamtdeckung entlang des Transekt Aurachtal	102
Abbildung 57: Ergebnisse der Vegetationsdichtemessungen auf dem Transekt Aurachtal	103
Abbildung 58: Ameisen-Anlaufhäufigkeiten auf dem Transekt Aurachtal	104
Abbildung 59: Ergebnisse der Ameisen-Köderfänge auf dem Transekt Aurachtal	105
Abbildung 60: Wirtspflanzen- und Knospenangebot auf dem Transekt Aurachtal	106
Abbildung 61: Ergebnisse der Köpfchenuntersuchung auf dem Transekt Aurachtal	107
Abbildung 62: Prozentuale Verteilung der Köpfchen mit Raupen von <i>M. teleius</i> und <i>M. nausithous</i> entlang des Transekts Aurachtal	107
Abbildung 63: Prozentuale Anteile pflanzensoziologischer Artengruppen an der Gesamtdeckung entlang des Transekt Spessartwiesen I	111
Abbildung 64: Prozentuale Anteile pflanzensoziologischer Artengruppen an der Gesamtdeckung entlang des Transekt Spessartwiesen II	111
Abbildung 65: Ergebnisse der Vegetationsdichtemessungen auf dem Transekt Spessartwiesen I ...	113
Abbildung 66: Ameisen-Anlaufhäufigkeiten auf dem Transekt Spessartwiesen I	114
Abbildung 67: Ergebnisse der Ameisen-Köderfänge auf dem Transekt Spessartwiesen I	115
Abbildung 68: Wirtspflanzen- und Knospenangebot auf den Transekten Spessartwiesen I + II	116
Abbildung 69: Ergebnisse der Köpfchenuntersuchung auf dem Transekt Spessartwiesen I im Jahresvergleich 2011 / 2012	118
Abbildung 70: Prozentuale Verteilung der Köpfchen mit Raupen von <i>M. teleius</i> und <i>M. nausithous</i> entlang des Transekt Spessartwiesen I im Jahresvergleich 2011 / 2012	118
Abbildung 71: Ergebnisse der Köpfchenuntersuchung auf dem Transekt Spessartwiesen II	121
Abbildung 72: Prozentuale Verteilung der Köpfchen mit Raupen von <i>M. teleius</i> und <i>M. nausithous</i> entlang des Transekt Spessartwiesen II	121



Abbildung 73: Vergleich der mittleren Vegetationsdichten entlang der aggregierten Transektabschnitte 124

Abbildung 74: Vergleich der mittleren ungewichteten Zeigerwerte (Median) entlang der aggregierten Transektabschnitte 126

Abbildung 75: Ameisen-Anlaufhäufigkeiten entlang der aggregierten Transektabschnitte 128

Abbildung 76: Wirtspflanzen- und Knospenangebot entlang der aggregierten Transektabschnitte ... 130

Abbildung 77: Prozentuale Verteilung der Köpfchen mit Raupen von *M. teleius* und *M. nausithous* entlang der aggregierten Transektabschnitte 132

Abbildung 78: Verteilung der Raupen von *M. teleius* und *M. nausithous* entlang der aggregierten Transektabschnitte 133

Abbildung 79: Biplot einer PCA mit Habitatparametern, Artdaten und Aufnahmepunkten: Analysing 37 Variables and 28 cases; Data natural log, Data standardised; Eigenvalues (Axis1/Axis2): 10,105/7,218; Percentage (Axis1/Axis2): 27,304/19,504 136

Abbildung 80: Biplot einer PCA mit Habitatparametern, Artdaten und Untersuchungsgebieten und -flächen: Analysing 37 Variables and 28 cases; Data natural log, Data standardised; Eigenvalues (Axis1/Axis2): 10,105/7,218; Percentage (Axis1/Axis2): 27,304/19,504 137



TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Kurzcharakteristik der Untersuchungsgebiete.....	25
Tabelle 2: Klimatische Rahmenbedingungen der Untersuchungsgebiete (Quelle: Deutscher Wetterdienst)	29
Tabelle 3: Nutzung in den Untersuchungsgebieten	30
Tabelle 4: Deckungsgradschätzung nach Braun-Blanquet / Pfadenhauer	34
Tabelle 5: Klasseneinteilung Bestandsschichten	36
Tabelle 6: Naturraumbezogene Erfassungszeitpunkte für die Köpfchenuntersuchungen (vgl. Bräu et al. 2004).....	39
Tabelle 7: Braun-Blanquet-Skala zur Schätzung der Artmächtigkeit, erweitert nach Pfadenhauer et al. (1986) und Schätzungsklassen für die durchschnittliche Knospenzahl der <i>Sanguisorba officinalis</i> -Horste	44
Tabelle 8: Klassifikation Blühphänologie	44
Tabelle 9: Kreuztabellen (Fisher's Exact Test) sowie Ergebnisse des Chiquadrat-Tests für das Transekt Penzberg	57
Tabelle 10: Kreuztabellen (Fisher's Exact Test) sowie Ergebnisse des Chiquadrat-Tests für das Transekt Sindelsdorf.....	66
Tabelle 11: Kreuztabellen (Fisher's Exact Test) sowie Ergebnisse des Chiquadrat-Tests für das Transekt Raisting.....	74
Tabelle 12: Kreuztabellen (Fisher's Exact Test) sowie Ergebnisse des Chiquadrat-Tests für das Transekt Ostermünchen.....	83
Tabelle 13: Kreuztabellen (Fisher's Exact Test) sowie Ergebnisse des Chiquadrat-Tests für das Transekt Freising.....	93
Tabelle 14: Kreuztabellen (Fisher's Exact Test) sowie Ergebnisse des Chiquadrat-Tests für das Transekt Aurachtal	108
Tabelle 15: Kreuztabellen (Fisher's Exact Test) sowie Ergebnisse des Chiquadrat-Tests für das Transekt Spessartwiesen I	119
Tabelle 16: Kreuztabellen (Fisher's Exact Test) sowie Ergebnisse des Chiquadrat-Tests für das Transekt Spessartwiesen II	122
Tabelle 17: Mittlere Zeigerwerte entlang der aggregierten Transektabschnitte.....	126
Tabelle 18: Absolute und prozentuale Verteilung der Anlaufhäufigkeit von <i>Myrmica scabrinodis</i> , <i>M. rubra</i> und <i>M. ruginodis</i> bei Köderfängen entlang der aggregierten Transektabschnitte	127
Tabelle 19: Absolute und prozentuale Verteilung belegter Blütenköpfchen sowie Ergebnisse des Chiquadrat-Tests entlang der aggregierten Transektabschnitte	131



Tabelle 20: Habitatparameter in Beziehung zu der Anzahl belegter Blütenköpfchen mit Raupen der Maculinea-Arten über die Transektabschnitte aller Untersuchungsgebiete 135



ANHANGVERZEICHNIS

Anhang A

Karte 1	Untersuchungsgebiet Penzberg mit Lage des Transekts
Karte 2	Untersuchungsgebiet Sindelsdorf mit Lage des Transekts
Karte 3	Untersuchungsgebiet Raisting mit Lage des Transekts
Karte 4	Untersuchungsgebiet Ostermünchen mit Lage des Transekts
Karte 5	Untersuchungsgebiet Freising mit Lage des Transekts
Karte 6	Untersuchungsgebiet Lauter-Appendorf mit Lage des Transekts
Karte 7	Untersuchungsgebiet Aurachtal mit Lage des Transekts
Karte 8	Untersuchungsgebiet Spessartweisen mit Lage der Transekte

Anhang B

Abb. 1	Einteilung des Transekts Penzberg
Abb. 2	Einteilung des Transekts Sindelsdorf
Abb. 3	Einteilung des Transekts Raisting
Abb. 4	Einteilung des Transekts Ostermünchen
Abb. 5	Einteilung des Transekts Freising
Abb. 6	Einteilung des Transekts Lauter-Appendorf
Abb. 7	Einteilung des Transekts Aurachtal
Abb. 8	Einteilung des Transekts Spessartweisen I
Abb. 9	Einteilung des Transekts Spessartweisen II

Anhang C

Tab. 1	Vegetationsaufnahmen
--------	----------------------

Anhang D

Abb. 1	Mittlere ungewichtete Zeigerwerte auf dem Transekt Penzberg
--------	---



Abb. 2 Mittlere ungewichtete Zeigerwerte auf dem Transekt Sindelsdorf

Abb. 3 Mittlere ungewichtete Zeigerwerte auf dem Transekt Raisting

Abb. 4 Mittlere ungewichtete Zeigerwerte auf dem Transekt Ostermünchen

Abb. 5 Mittlere ungewichtete Zeigerwerte auf dem Transekt Freising

Abb. 6 Mittlere ungewichtete Zeigerwerte auf dem Transekt Lauter-Appendorf

Abb. 7 Mittlere ungewichtete Zeigerwerte auf dem Transekt Aurachtal

Abb. 8 Mittlere ungewichtete Zeigerwerte auf dem Transekt Spessartwiesen I

Abb. 9 Mittlere ungewichtete Zeigerwerte auf dem Transekt Spessartwiesen II



ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Arrhe	Frischwiesenarten (<i>Arrhetherion</i>)
Brache	Altbrache (vieljährige Brache, erkennbar an Verbultung und Aufwuchs älterer Gehölze)
Calth	Feuchtwiesenarten (<i>Calthion</i>)
Caric	Kleinseggenarten (<i>Caricion</i>)
ebd.	benda, ebendort – gemeint ist, dass sich das Zitat auf der gleichen Seite wie das vorherige Zitat befindet
Epilo	Schlagflurarten (<i>Epilobion</i>)
Feuchz	Feuchtezahl
FFH-Richtlinie	Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie
Fiulm	Hochstauden (<i>Filipendulion</i>)
Knozahl	Knospenzahl
Lichtz	Lichtzahl
Magca	Großseggenarten (<i>Magnocaricion</i>)
MeinschHe	einschürige Herbstmahd (i.d.R. September)
MeinschSo	einschürige Sommermahd
Mgem	beide <i>Maculinea</i> -Arten
Mnausi	<i>Maculinea nausithous</i>
Molin	Pfeifengraswiesenarten (<i>Molinion</i>)
Mrubr	<i>Myrmica rubra</i>
Mrugi	<i>Myrmica ruginodis</i>
Mscab	<i>Myrmica scabrinodis</i>
Mtel	<i>Maculinea telius</i>
Mzweisch	zweischürige Mahd mit unterschiedlichen Schnittzeitpunkten
Naehrsz	Nährstoffzahl
Nardi	Borstgrasrasenarten (<i>Nardion</i>)
PCA	Hauptkomponentenanalyse
Phrau	Röhrichtarten (<i>Phragmition</i>)
Reaktz	Reaktionszahl
Sig.	Signifikanz
UG	Untersuchungsgebiet



VerD10	vertikale Vegetationsdichte in 10 cm Höhe
VerD20	vertikale Vegetationsdichte in 20 cm Höhe
VerD30	vertikale Vegetationsdichte in 30 cm Höhe
VerD40	vertikale Vegetationsdichte in 40 cm Höhe
VerD50	vertikale Vegetationsdichte in 50 cm Höhe
VerD60	vertikale Vegetationsdichte in 60 cm Höhe
VerD70	vertikale Vegetationsdichte in 70 cm Höhe
VerD80	vertikale Vegetationsdichte in 80 cm Höhe
VerD90	vertikale Vegetationsdichte in 90 cm Höhe
VerD100	vertikale Vegetationsdichte in 100 cm Höhe
VerD110	vertikale Vegetationsdichte in 110 cm Höhe
VerD120	vertikale Vegetationsdichte in 120 cm Höhe
Wirtabz	Wirtspflanzenabundanz



1 Einleitung und Zielstellung

Bläulingsarten aus der Gattung *Maculinea* gehören aufgrund ihrer komplexen Lebensweise, der hohen Gefährdungsgradeinstufung und weil es allgemein anerkannt ist, dass sie empfindliche Indikatoren für Umweltveränderungen darstellen (NEW et al., 1995; SETTELE et al., 2005) mit zu den am intensivsten untersuchten Tagfalter-Arten der Welt (KÜHN et al. 2005). *Maculinea*-Arten sind bekannt für ihre spezifischen Anforderungen an Nahrungspflanzen (THOMAS & ELMES 2001) und Wirtsameisen (THOMAS & ELMES 1998). Nachdem die in Europa vorkommenden Vertreter der Gattung *Maculinea* den ersten Teil ihres Entwicklungszyklus als Raupen fressend an ihrer spezifischen Wirtspflanze verbringen, leben sie später als obligatorische Parasiten in Ameisennestern der Gattung *Myrmica*. Jede der fünf europäischen *Maculinea*-Arten ist dabei auf eine Wirtsameise spezialisiert, wenngleich regional jedoch verschiedene *Myrmica*-Arten der Hauptwirt einer Falterart sein können (SETTELE et al. 2008).

Durch diesen speziellen Lebenszyklus und der besonderen Abhängigkeit von der Beschaffenheit und den Ressourcen innerhalb ihres Lebensraums, haben alle *Maculinea*-Arten in den letzten Jahrzehnten starke Bestandsrückgänge erfahren (WYNHOFF 1998a) und zählen europaweit zu den am meisten gefährdeten Schmetterlingsarten (VAN SWAAY & WARREN 1999). Eine zusätzliche Naturschutzrelevanz haben *Maculinea*-Arten durch die Aufnahme von 3 der 5 europäischen Arten in die Fauna-Flora-Habitatrichtlinie (FFH-Richtlinie) erlangt (Anhang II und IV: *M. teleius*, *M. nausithous*; Anhang IV: *M. arion*). Nicht zuletzt dadurch gelten *Maculinea*-Arten heute als wichtigstes Aushängeschild im europäischen Naturschutz (THOMAS 1995; THOMAS & SETTELE 2004).

Dementsprechend ist auch der Schutz der *Maculinea*-Arten in den letzten Jahren in den Mittelpunkt wissenschaftlicher Forschungsarbeiten gerückt. Intensive Forschungsarbeiten wurden insbesondere zu den Lebensraumsansprüchen der beiden Feuchtgebiets-Ameisenbläulinge *Maculinea teleius* (BERGSTRÄSER, 1779) und *Maculinea nausithous* (BERGSTRASSER, 1779) betrieben (u.a. MALICKY 1968, THOMAS 1982, 1984, THOMAS et al. 1989, FIEDLER 1990, ELMES & THOMAS 1992, SETTELE 1998, BINZENHÖFER & SETTELE 2000, STETTNER et al. 2001a+b, REISER et al. 2002, SETTELE et al. 2005, BRÄU et al. 2005, 2006; BATÁRY et al. 2007, VÖLKL et al. 2008, NOWICKI et al. 2013, KEMPE et al. 2016 uvm.).

Bisherige Studien und Beobachtungen von Freilandökologen belegen, dass bei beiden *Maculinea*-Arten Unterschiede bei der Auswahl von Blütenköpfchen der Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis* (z.B. THOMAS 1984, FIGURNY & WOYCIECHOWSKI 1998) sowie im Eiablageverhalten bestehen (WYNHOFF 2001, BRÄU et al. 2005, 2006).



Während die Bedeutung der Wirtspflanzen für das Eiablageverhalten zunächst zum Teil überbewertet wurde (vgl. CLARKE et al. 1998, ELMES et al. 1998, THOMAS et al. 1998, WYNHOFF 1998), ist die Rolle der Wirtsameisen als Schlüsselfaktor für das Vorkommen von *Maculinea*-Arten in den letzten Jahren in den Mittelpunkt der Forschung gerückt.

Während frühere Forschungsergebnisse von einer starken Bindung der beiden *Maculinea*-Arten *M. nausithous* von *M. teleius* an ihre Hauptwirtsameisen *M. rubra* und *M. scabrinodis* ausgingen (ELMES & THOMAS 1987, THOMAS et al., 1989), zeigen neuere Studien, dass *Maculinea*-Raupen gelegentlich auch in Nester von anderen *Myrmica*-Arten eingetragen werden können (sog. sekundäre Wirtsameisen) (z.B. STANKIEWICZ & SIELEZNIOW 2002, WITEK et al. 2006, 2008, 2010, WOYCIECHOWSKI et al. 2006, TARTALLY & VARGA 2008). Dies kann in Bezug auf *M. teleius* bspw. in Übergangsbereichen mit zunehmender Vegetationsdichte (z.B. Randbereiche von Pfeifengraswiesen, brachliegenden Feucht- und Glatthaferwiesen) der Fall sein, in denen die Präsenz von *M. scabrinodis* abnimmt und die Populationen zunehmend von *M. rubra* getragen werden (VÖLKL et al. 2008).

Aus dem Vorkommen von Wirtspflanzen und Wirtsameisen ergibt sich ein komplexes Ressourcenverteilungsmuster an das Vorkommen und Dichte von *Maculinea*-Populationen geknüpft sind. Die damit in Verbindung stehenden Mechanismen in Bezug auf das Selektionsverhalten bei der Eiablage von *Maculinea*-Arten sind noch weitgehend ungeklärt. Bisherige Studien versuchen diesen Aspekt anhand der beiden Wiesenknopf-Ameisenbläulinge *M. nausithous* und *M. teleius* zu beleuchten, die auch Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind. Beide Arten treten häufig an den gleichen Stellen auf (z.B. extensiv genutzte Feuchtgrünländer), haben fast identische Flugzeiten, ernähren sich von der gleichen Futterpflanze und sind beide soziale Parasiten von *Myrmica*-Arten (THOMAS 1984, ELMES & THOMAS 1987, FIGURNY-PUCHALSKA et al. 2000).

Unterschiede bestehen jedoch in der räumlichen Nutzung von Habitatbereichen. In diesem Zusammenhang beschrieb bereits MALICKY (1968), dass *M. nausithous* bevorzugt Randbereiche von Flächen aufsucht, während *M. teleius* auf der ganzen Fläche zu finden ist. Die Funktionsweise der Habitatselektion von *M. nausithous* und *M. teleius* bei syntopen Vorkommen ist jedoch bislang nicht vollständig geklärt. Ebenso ist wenig darüber bekannt, ob beide Falter bei syntopen Vorkommen auch unterschiedliche Bereiche in einem Habitat zur Eiablage bevorzugen (vgl. BRÄU et al 2006).

Aus diesem Grund wurde in den vergangenen Jahren das unterschiedliche Selektionsverhalten bezüglich der Eiablagebereiche in Habitaten mit syntopen Vorkommen beider Arten verstärkt untersucht (BRÄU et al. 2005, 2006). BRÄU et al. (2005, 2006) bestätigten dabei die Beobachtungen MALICKY (1968) und zahlreichen anderen Freilandökologen, wonach signifikante Unterschiede in den Belegungsraten beider



Wiesenknopf-Ameisenbläulinge zwischen Randbereich und Zentralbereich der Habitate bestehen. *M. nausithous* bevorzugte dabei überwiegend die (dichteren, wüchsigeren) Randbereiche zur Eiablage, während Raupen von *M. teleius* vermehrt in den Zentralbereichen zu finden waren.

Die Ergebnisse lassen jedoch keine zweifelsfreien Aussagen zu der Funktionsweise dieses Selektionsverhaltens zu. Im Falle von *M. nausithous* könnte nach BRÄU et al. (2006) ein möglicher Erklärungsansatz die starke Bindung an seine Wirtsameise *M. rubra* sein (vgl. THOMAS et al. 1989, STANKIEWICZ & SIELZNIOW 2002, ANTON et al. 2008). Wie Untersuchungen zum Vorkommen von *M. rubra* zeigen (z.B. SEIFERT 1986, ELMES et al. 1994) gehen insbesondere Randbereiche mit dichter und hoher Vegetationsstruktur mit hohen Dichten von *M. rubra* einher. In Bezug auf *M. teleius*, der keine so starke Wirtsameisenspezifität wie *M. nausithous* besitzt (z.B. STANKIEWICZ & SIELEZNIOW 2002, WOYCIECHOWSKI et al. 2006, WITEK et al. 2005) ist jedoch ungewiss, ob die bevorzugte Eiablage in Kernbereichen eines Habitats und Meidung der Randbereiche auf eine Konkurrenzvermeidungs-Strategie (zur Vermeidung der Konkurrenz durch *M. nausithous*) zurückzuführen ist, oder dieses Selektionsverhalten genetisch fixiert ist (vgl. BRÄU et al. 2006).

Vor diesem Hintergrund soll vorliegende Arbeit einen Beitrag zur Erklärung des Selektionsverhalten bezüglich der Eiablagebereiche bei syntopen Vorkommen von *M. nausithous* und *M. teleius* leisten und die Ansprüche beider Arten in Bezug auf geeignete Reproduktionshabitate untersuchen. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse werden dann entsprechende Management-Empfehlungen für die untersuchten Flächen abgeleitet.

Für die Untersuchungen wurden Flächen ausgewählt, die in die Gebietskulisse des Forschungsprojekts "Forschung zur Entwicklung von Managementstrategien für FFH-Arten und Lebensräume in Bayern - Untersuchungen zu den Lebensraumansprüchen von Ameisenbläulingen in Bayern" der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) eingebunden sind. Um insbesondere auch regionale Unterschiede bzgl. Habitatpräferenzen und Flugverhalten herauszustellen, wurden in verschiedenen Naturräumen Nord- und Südbayerns (Ammer-Loisach-Hügelland, Inn-Chiemsee-Hügelland, Münchener Ebene, Haßberge, Steigerwald und Sandsteinspessart) bereits bekannte syntopisch vorkommende Populationen von *M. nausithous* und *M. teleius* untersucht. Im Rahmen der Untersuchungen war die Erhebung einer Vielzahl von Habitatparametern vorgesehen (z.B. Wirtsameisendichte, Vegetationsstruktur und -dichte, Zeigerwerte, Wirtspflanzenabundanz, Blütenköpfchenbelegung mit Raupen etc.), die statistisch auf Zusammenhänge hin in ausgewertet wurden.



2 Einführung in das Thema „*Maculinea*“

2.1 Die Gattung *Maculinea*

Taxonomie

Die beiden Arten werden je nach Forschungsstand und Auffassung einzelner Autoren in der Systematik der Bläulinge der Gattung „*Maculinea*“, „*Glaucopsyche*“ oder „*Phengaris*“ zugeordnet (vergleiche SETTELE et al. 1999, UGELVIG et al. 2011, BALLETO et al. 2010, FRIC et al. 2007 und FRIC et al. 2010). Eine zufriedenstellende Klärung der Systematik beziehungsweise Nomenklatur der beiden Arten ist bisher noch nicht erfolgt, daher wird in vorliegender Arbeit der vorerst eingeführte Gattungsname „*Maculinea*“ beibehalten.

Europäische Arten und ihre Gefährdungssituation

In Europa sind insgesamt 5 Arten der Gattung *Maculinea* (Ameisenbläulinge) vertreten (*M. arion* LINNAEUS, 1758, *M. rebeli* HIRSCHKE, 1904, *M. alcon* DENIS & SCHIFFERMÜLLER, 1775, *M. nausithous* BERGSTRÄSSER, 1779 und *M. teleius* BERGSTRÄSSER, 1779). Alle europäischen Arten der Gattung *Maculinea* sind in der europäischen Roten Liste (VAN SWAAY & WARREN 1999) als gefährdet aufgeführt. In Deutschland werden alle Arten der Gattung *Maculinea* in der Roten Liste geführt (REINHARDT & BOLZ 2012).

Aus diesem Grund stellt Europa für alle Arten der Ameisenbläulinge einen wichtigen Teil ihrer Verbreitung dar, weshalb ihre Erforschung und ihr Schutz ein gemeinsames europäisches Anliegen sind (SETTELE et al. 2008).

Stand der Forschung

Maculinea-Arten sind Gegenstand zahlreicher Forschungsarbeiten. Dabei stellt das *Maculinea-Myrmica*-System das weltweit am intensivsten untersuchten System von myrmecophilen Beziehungen dar (PECH et al. 2007).

In diesem Zusammenhang nimmt das europäische Forschungsprojekt MacMan: „*Maculinea Butterflies of the Habitats Directive and European Red List as Indicators and Tools for Habitat Conservation and Management*“, das 2002 ins Leben gerufen wurde, eine herausragende Stellung ein (z.B. SETTELE et al. 2002, SETTELE et al. 2005).

Aus Großbritannien liegen insbesondere durch die Arbeitsgruppe um J.A. Thomas vom Institute of Terrestrial Ecology wichtige Grundlagenforschungen zu den *Maculinea*-Arten *M. arion*, *M. rebelii* und *M. alcon* vor (z.B. ELMES et al. 1991a/b, 1994, THOMAS 1980, 1984, THOMAS & WARDLAW 1990, 1992, THOMAS et al. 1991, 1993, THOMAS & ELMES 1992, 1993). Auch zur Ökologie von *M. nausithous* und *M. teleius* wurde von dieser Arbeitsgruppe wichtige Grundlagenforschungen betrieben (THOMAS 1984).



In Deutschland wurden in den letzten Jahren mehrere Arbeiten zur Verbreitung, Habitatansprüchen, Ökologie, Ausbreitungsverhalten, Populationsdynamik und Habitatmanagement durchgeführt. Dabei waren *M. teleius* und *M. nausithous* Gegenstand der Untersuchungen von FIEDLER (1990), BINZENHÖFER (1997), GARBE (1993), GEISSLER (1990), GEISSLER & SETTELE (1990), LAUX (1995), SETTELE (1990a/b, 1992, 1998), SETTELE & GEISSLER (1989), BINZENHÖFER & SETTELE (2000), BRÄU et al. (2005), MUSCHE et al. (2006), ANTON et al. (2008), DIERKS & FISCHER (2009), KEMPE et al. (2016) uvm.

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) führt in diesem Zusammenhang seit 1997 wichtige Grundlagenforschungen zu den Habitatansprüchen der *Maculinea*-Arten *M. nausithous*, *M. teleius* und *M. alcon* durch, im Rahmen derer auch die Auswirkungen verschiedener Managementstrategien untersucht und Pflegeempfehlungen für Habitate abgeleitet worden sind (BRÄU et al. 2004a, 2005, 2006, 2011, STETTMER et al. 2001a/b, 2008, VÖLKL et al. 2008).

Eine weitere Arbeitsgruppe aus den Niederlanden befasst sich mit der Wiedereinbürgerung der dort bereits ausgestorbenen *M. nausithous* und *M. teleius* (WYNHOFF 1991, 1998, 2001, WYNHOFF et al. 2011).

Aus Polen und Ungarn befassen sich dagegen Arbeitsgruppen um Magdalena Witek von der Jagiellonian University (UJAG) mit der Wirtsameisenbindung von *Maculinea*-Arten (WITEK et al. 2005, 2008, 2010, 2011, TARTALLY & VARGA 2005, 2008, PECH et al. 2007, STANKIEWICZ & SIELEZNIOW 2002, WOYCIECHOWSKI et al. 2006).

Biologie und Ökologie

Maculinea-Arten sind bekannt für ihre spezifischen Anforderungen an Nahrungspflanzen (THOMAS & ELMES 2001) und Wirtsameisen (THOMAS & ELMES 1998). Alle bekannten europäischen *Maculinea*-Arten sind obligatorische soziale Parasiten in Ameisenkolonien der Gattung *Myrmica* (THOMAS 1984). Ihre myrmecophile Lebensweise ist in Europa einzigartig und findet in dieser hochspezialisierten Form weltweit nur wenige vergleichbare Beispiele (ELMES & THOMAS 1987).

Adulte Falter von *Maculinea*-Arten legen ihre Eier auf die Blütenstände einer bestimmten Nahrungspflanze ab. Nach etwa drei Wochen schlüpfen die Raupen aus den Eiern und ernähren sich von den Samen oder Blüten der Nahrungspflanze. Bei Erreichen des vierten Larvenstadiums verlassen die Raupen ihre Nahrungspflanzen und werden durch Arbeiterameisen einer oder mehrerer *Myrmica*-Wirtsameisenarten adoptiert (ELMES et al. 1994, ALS et al. 2002, STANKIEWICZ & SIELEZNIOW 2002). In den Nestern der Wirtsameisen verbringen die Raupen den Rest ihres Lebenszyklus für 11 – 23 Monate bis zur vollständigen Entwicklung (THOMAS et al., 1998, SCHÖNROGGE et al., 2000, WITEK et al., 2006).



In Bezug auf das Eiablageverhalten beschreiben FIGURNY & WOYCIECHOWSKI (1998) ein bestimmtes Selektionsverhalten von *M. teleius* und *M. nausithous* bei der Auswahl von Wirtspflanzen zur Eiablage, dass auf die Verwendung bestimmter phänologischer Stadien zur Vermeidung von intra- und interspezifischer Konkurrenz abzielt. Ferner ist bekannt, dass *Maculinea*-Weibchen ihre Eier meist nahe an ihren eigenen Schlupfort ablegen, was eine Erklärung für die enge Beziehung zwischen der Menge an erwachsenen Faltern und Ei-Dichten ist (ANTON et al. 2008). Das Vorhandensein der Wirtspflanzen ist dabei zwar unerlässlich, jedoch in Bezug auf ihre Dichte nur an wenigen Standorten limitierend für *Maculinea*-Arten (ELMES et al. 1998).

Wichtiger erscheint in diesem Zusammenhang, dass ausreichend Überlappungsbereiche zwischen Wirtspflanzen- und Wirtsameisenvorkommen existieren (THOMAS & WARDLAW 1992). So zeigen zahlreiche Beobachtungen von Freilandökologen aber auch wissenschaftliche Studien, dass ein positiver Zusammenhang zwischen Eiablagedichte und Verteilung sowie Dichte von Wirtsameisennestern besteht (z.B. ANTON et al. 2008, JANSEN et al. 2012, VAN DYCK et al. 2000, WYNHOF et al. 2014).

Alle europäischen *Maculinea*-Arten haben dabei einen spezifischen „primären“ Hauptwirt, der regional variieren kann (vgl. THOMAS et al. 1989). Die Adoption der Raupen kann zwar grundsätzlich durch jede *Myrmica*-Art erfolgen (MALICKY 1969, WARDLAW et al. 1998), jedoch zeigen genauere Untersuchungen, dass sehr anspruchsvolle Beziehungen zwischen *Maculinea*- und *Myrmica*-Arten bestehen (THOMAS et al. 1989). So können zwar einige *Myrmica*-Arten als „sekundäre“ Wirtsameisen fungieren, jedoch sind die Chancen für eine erfolgreiche Entwicklung zum Imago bei diesen Wirtsameisen so niedrig, dass eine *Maculinea*-Population auf Dauer nicht überleben kann (vgl. ALS et al. 2004, THOMAS et al. 2005).

Die Wirtsameisenspezifität und Abhängigkeit der *Maculinea*-Raupen von der Dichte der Wirtsameisennester in Bezug auf die Adoptionswahrscheinlichkeit kann einen möglichen Erklärungsansatz für das Eiablageverhalten bieten, der in der Forschung unterschiedlich diskutiert wird. Während eine Theorie besagt, dass *Maculinea*-Arten ihre Wirtsameisen vor der Eiablage lokalisieren können, z.B. durch die Erkennung von Ameisengerüchen (VAN DYCK et al. 2000), konnten andere Autoren keine Hinweise auf eine Beeinflussung des Eiablageverhaltens durch Vorkommen von Wirtsameisennestern finden (MUSCHE et al. 2006), wenngleich jedoch ein Zusammenhang zwischen Eiablagedichte und Dichte der Wirtsameisennester zu bestehen scheint (ANTON et al. 2008).

Einen anderen Ansatz vertreten THOMAS & ELMES (2001), die das Eiablageverhalten nach einem Zufallsprinzip erklären, bei dem Weibchen zufällig Nahrungspflanzen eines



bestimmten phänologischen Stadiums auswählen um intraspezifischer Konkurrenz aus dem Wege zu gehen.

Einigkeit besteht dagegen darüber, dass eine *Maculinea*-Population überleben kann, wenn genügend Eier innerhalb des Nahrungssuchbereichs ihrer *Myrmica*-Wirtskolonien abgelegt werden (THOMAS et al. 1998b) und damit eine ausreichende Wahrscheinlichkeit besteht, dass Raupen nach Verlassen der Pflanzen auch gefunden und adoptiert werden. Eine ausreichende Dichte von Wirtsameisennestern ist dabei unabdingbare Voraussetzung für langfristig überlebensfähige *Maculinea*-Populationen (ELMES et al. 1998, ANTON et al. 2008). Eine besonders hohe Wahrscheinlichkeit einer Adoption besteht dabei, wenn die Wirtspflanzen in einem Umkreis von 2 m zu einem *Myrmica*-Nest liegen (THOMAS & ELMES 1992, ELMES & THOMAS 1992), wobei eine Wirtspflanzen-Wirtsameisen-Überlappung von 50 % sogar als existenziell für räuberisch lebende *Maculinea*-Arten erachtet wird (ELMES & THOMAS 1992). Auch die Größe der Nester ist nach ELMES & THOMAS (1992) von ausschlaggebender Bedeutung. So sollten die Nester mindestens 400 Arbeiterinnen haben, damit sich eine Raupe erfolgreich entwickeln kann.

Bezüglich ihrer Nutzung von Wirtsameisennestern haben *Maculinea*-Raupen unterschiedliche Anpassungsstrategien entwickelt. So kann bei der Gattung *Maculinea* zwischen primitiven und höher entwickelten Arten, den sogenannten „cuckoo“-Arten unterschieden werden (GEISSLER-STROBEL 1999). Bei den primitiven Arten, zu denen *Maculinea arion* und *M. teleius* zählen, leben die Raupen räuberisch in den Ameisenbauten und halten sich außer zum Fressen abseits der Arbeiterinnen und der Brut auf (THOMAS et al., 1991, THOMAS & WARDLAW 1992). Bei den „cuckoo“-Arten hingegen („Kuckucks“-Arten), zu denen *Maculinea rebeli* und *M. alcon* zählen, bleiben die Raupen inmitten der Brut und werden zunehmend in die Ameisengemeinschaft integriert. Die Ameisen füttern sie direkt, unter Vernachlässigung ihrer eigenen Brut, die mitunter sogar von den Ameisen verspeist wird, um wiederum genügend Nahrung für die Parasiten (also die Schmetterlingsraupen) parat zu haben (FIEDLER 1990, ELMES et al., 1991a, b). Für *M. nausithous* wird dagegen eine Zwischenstrategie zwischen Räuber- und Kuckucksarten angenommen (THOMAS et al. 1989, THOMAS & SETTELE, 2004).

Das „cuckoo-feeding“ stellt dabei die fortschrittlichere Art dar, um *Myrmica*-Ameisen auszubeuten (THOMAS & ELMES 1998; ALS ET AL., 2004) und führt im Durchschnitt zu 6-7 Mal mehr adulten Faltern pro Nest als bei den räuberischen Verwandten (THOMAS & WARDLAW, 1992, THOMAS et al., 1993). Bei den „cuckoo“-Arten sind die abgesonderten Chemikalien zur sozialen Akzeptanz so sehr auf die jeweiligen Wirtsameisen abgestimmt, dass eine Überleben bei anderen *Myrmica*-Arten sehr unwahrscheinlich ist (SETTELE et al. 2008). Folglich hängt eine typische Population von „cuckoo“-Arten von einer einzigen Wirtsameisenart ab, die in verschiedenen Regionen Europas jedoch verschiedenen sein



kann (ebd.). Räuberische *Maculinea*-Arten sind dagegen generalistischer bzgl. der Wirtsameisenwahl, wenngleich bei bestimmten Ameisenarten höhere Überlebenschancen bestehen können. Dabei hängt die Dichte von räuberisch lebenden *Maculinea*-Arten stärker von der Wirtsameisendichte ab, als dies bei dem „Kuckucks-Typ“ der Fall ist. (ANTON et al. 2008).

Populationsökologie

Maculinea-Schmetterlinge treten typischerweise in mittelgroßen Populationen von mehreren hundert Individuen auf, aber auch größere Populationen sind nicht ungewöhnlich (MUNGUIRA & MARTIN 1999, NOWICKI et al. 2005c, NOWICKI et al. 2005d).

Maculinea-Schmetterlinge können in kleinen isolierten Populationen, Festland-Insel-Systemen oder typischen Metapopulationen leben (NOWICKI et al. 2005b). Metapopulationsstrukturen konnten auch bei *M. teleius* und *M. nausithous* durch wiederholte Extinktions- und Kolonisationsereignisse beobachtet werden (STETTMER et al. 2001a). Die räumliche Metapopulationsstruktur ist unter anderem gekennzeichnet durch aktuell besiedelte Habitate (Patches mit Reproduktion) und aktuell unbesiedelte Habitate (Patches ohne Reproduktion) sowie habitatfremde Strukturen (Ausbreitungshindernisse, zum Beispiel Äcker, Straßen, Siedlungen) (SETTELE 1998).

Populationsdynamische Vorgänge wie zum Beispiel Individuenaustausch zwischen den Teilpopulationen (genetischer Austausch), Wiederbesiedlung geeigneter Habitate und lokales Aussterben von Teilpopulationen gehören zu den charakteristischen Merkmalen einer Metapopulation (vgl. AMLER et al. 1999). All diese Vorgänge werden in entscheidendem Maße vom Ausbreitungsverhalten beziehungsweise von der Mobilität bestimmt.

Neueren Untersuchungen zum Ausbreitungsverhalten zur Folge, können *Maculinea*-Arten Distanzen von mehreren Kilometern in kurzer Zeit zurücklegen (BINZENHÖFER 1997, SETTELE et al. 1996, HARTMANN 1998). Bei Betrachtung der Mobilität der in dieser Arbeit untersuchten Arten *Maculinea teleius* und *M. nausithous* wird *M. teleius* nach den Untersuchungen von STETTMER et al. (2001a) als die ausbreitungsfreudigere Art eingestuft. Die Art legt regelmäßig Distanzen im Bereich von einem bis zwei Kilometer zurück (BINZENHÖFER 1997, SETTELE 1998, STETTMER et al. 2001a). Nach PAN (2016) werden für *M. nausithous* Maximaldistanzen von 6.000 m (SETTELE & GEISSLER 1988, STETTMER et al. 2001a) und für *M. teleius* Distanzen von 2.450 m (STETTMER et al. 2001a) genannt.

Für eine große Mehrheit aller *Maculinea*-Arten ist die Verbreitung zwischen den Standorten jedoch auf weniger als 500 m beschränkt (NOWICKI et al. 2005b). Innerhalb dieser „home-range“ finden alle typischen Aktivitäten wie z.B. Balz- und Reproduktionsflüge und Flüge zur Nahrungsaufnahme statt.



Nur etwa 10% einer Teilpopulation legen dagegen Entfernungen von über einem Kilometer zurück und dienen damit der weiteren Ausbreitung der Art bzw. sind in der Lage einen potenziellen Habitatverbund herzustellen (STETTNER et al. 2001a). So ist *M. nausithous* bspw. beim Vorhandensein von Trittsteinbiotopen in der Lage in einem Mosaik von mehreren Kilometern auseinanderliegenden Patches einen funktionierenden Habitatverbund zu halten (STETTNER et al. 2001a). Dies trifft grundsätzlich auch auf *M. teleius* zu, jedoch findet trotz größerer Mobilität der Einzelindividuen aufgrund der höheren Ansprüche an Habitatqualität und Habitatgröße (siehe unten) seltener ein Austausch zwischen mehreren Kilometer entfernt liegenden Habitaten statt (STETTNER et al. 2001a).

In Bezug auf den Flächenbedarf von *Maculinea*-Populationen und der Frage, ob entweder große oder mehrere kleine Flächen für den Aufbau langfristig überlebensfähiger Populationen zuträglich liefern die Untersuchungen von STETTNER et al. (2001a) wichtige Erkenntnisse. Die Autoren konnten für *Maculinea teleius* und *M. nausithous* in optimal strukturierten Habitaten selbst bei kleineren Patchgrößen von 1.000 – 2.000 m² z.T. hohe Abundanzen für beide Arten nachweisen. Dabei scheint speziell *M. nausithous* in der Lage auch auf kleineren Flächen, wie z.B. Straßenrandstreifen, punktuell ausgebildete Altgrasbestände und Saumstrukturen individuenreiche Teilpopulationen zu entwickeln. Für *M. teleius* wird dagegen bei gleicher Populationsgröße ein größerer Flächenbedarf angegeben (THOMAS et al. 1989, GEISSLER 1990), wobei die Art stärker auf flächige Lebensraumstrukturen angewiesen ist (BINZENHÖFER 1997, BINZENHÖFER & SETTELE 2000).

Populationen von *Maculinea*-Arten können hohen umweltbedingten Bestandsfluktuationen unterliegen, die zu Aussterbeereignissen für einzelne Teilpopulationen führen können (STETTNER et al. 2001a).

Gefährdung und Schutz

Als Hauptursachen für Bestandsrückgänge von *Maculinea*-Arten werden u.a. landwirtschaftliche Intensivierung, Meliorationsmaßnahmen, Wiesenumbuch, verstärkter Dünger- und Pestizideinsatz, allgemeine Nutzungsänderungen, Aufgabe der traditionellen Nutzung, unangepasste Mahdtermine und großräumiger Lebensraumverlust genannt (z.B. ELMES & THOMAS 1987, THOMAS & ELMES 1992, GEISSLER 1990, EBERT & RENNWALD 1991).

Neben der direkten Vernichtung von Lebensräumen durch z.B. Umwandlung in Ackerland führen vor allem Nutzungsänderungen zu nicht an die Entwicklung der Raupen angepassten, großflächig einheitlichen Mahdterminen und zur Verdrängung der geeigneten Wirtsameisen (GEISSLER-STROBEL 1999). Häufigere und vereinheitlichte Mahdtermine können v.a. in den Monaten Anfang Juli bis Mitte August ganze Falterpopulationen zerstören (ELMES & THOMAS 1992, GARBE 1991, 1993, WYNHOFF 1998). Dabei sind *Maculinea teleius* und *M. nausithous*



als univoltine Arten mit einer kurzen Flugzeit kaum in der Lage die Verluste der Präimaginalstadien auszugleichen (STETTNER et al. 2001b).

Aber auch schleichende Veränderungen der Vegetationsstruktur durch fortschreitende Verbrachung infolge von Nutzungsaufgabe oder vermehrten Nährstoffeinträgen und Zunahme der Wüchsigkeit können zum Verlust magerer Feuchtwiesen und damit zum Verschwinden der Wirtsameisen und zur Abwanderung von *Maculinea*-Arten führen (STETTNER et al. 2001b).

Nicht zuletzt spielen auch Isolationseffekte als Gefährdungsursache eine Rolle, wenngleich trennende Strukturen wie z.B. Straßen, Äcker oder Gehölzstrukturen für größere intakte Metapopulationen kein Ausbreitungshindernis darstellen (STETTNER et al. 2001a), können jedoch z.B. Gehölzanpflanzungen den Isolationsgrad kleiner Restpopulationen erhöhen und zu Patch-Verlusten sowie drastischen Bestandsrückgängen führen (GEISLER-STROBEL et al. 2000).

Schutzbemühungen für *Maculinea*-Arten sollten in erster Linie darauf abzielen, langfristig überlebensfähige Populationen durch ein geeignetes Habitatmanagement aufzubauen (z.B. STETTNER et al. 2001b). Dabei sollten auch Aspekte der Metapopulationsdynamik Berücksichtigung finden. So empfehlen STETTNER et al. (2001a) Managementmaßnahmen nicht auf ein einzelnes großes Gebiet zu konzentrieren, sondern auf mehrere kleine Patches zu verteilen um Aspekte wie hohe Populationsdichten in kleinen Flächeneinheiten, Bestandsoszillationen, Aussterbeereignisse und das Ausbreitungspotenzial der Falter zu berücksichtigen. Die Schaffung von Verbindungsstrukturen zwischen einzelnen Teilpopulationen kann dabei in Einzelfällen sinnvoll sein, jedoch bei suboptimaler Habitatausstattung auch das Abwandern von Individuen provozieren und die Überlebenswahrscheinlichkeit kleiner Teilpopulationen beeinträchtigen (ebd.).

Neben großräumigen Überlegungen zur Schaffung eines Habitatverbundes und zur Gewährleistung des Individuenaustausches von Teilpopulationen müssen die konkreten, für das langfristige Überleben erforderlichen abiotischen und biotischen Faktoren, erhalten werden. Als Schlüsselparameter für das Auftreten und die Verteilung von *Maculinea teleius* und *M. nausithous* sind dabei die Verfügbarkeit des Großen Wiesenknopf (*Sanguisorba officinalis*) als primäre Nektarquelle für Adulte, zur Eiablage und frühen Larvenentwicklung sowie die Wirtsameisen der Gattung *Myrmica* als Nahrung von Raupen im späten Larvalstadium zu nennen.

Folglich müssen geeignete Lebensräume eine ausreichende Menge beider Ressourcen (Nahrungspflanzen und Wirtsameisenkolonien) enthalten.



Eine ausführliche Übersicht von Schutzmaßnahmen auf großräumiger Ebene, mit denen durch ein geeignetes Nutzungsmosaik auch populationsdynamische Aspekte berücksichtigt werden, geben GEISSLER-STROBEL (1999).

Die nachfolgenden Ausführungen beschränken sich auf geeignete Pflegemaßnahmen unter denen als vorrangige Maßnahme eine zeitlich an den Entwicklungszyklus der *Maculinea*-Arten angepasste Mahd zu nennen ist (STETTNER et al. 2001b). Dabei sind sowohl die phänologischen Besonderheiten der jeweiligen Naturräume als auch die Produktivität der jeweils besiedelten Vegetationstypen zu berücksichtigen. Eine detaillierte Übersicht von Pflegeempfehlungen für Vegetationstypen unterschiedlicher Produktivität findet sich dazu in STETTNER et al. (2008). Grundsätzlich wird unter Berücksichtigung populationsdynamischer Effekte eine jährliche Mahd sowie eine Mahd alle zwei oder drei Jahre als ausreichend erachtet, um ein langfristiges Überleben auf Metapopulationsebene zu sichern (JOHST et al. 2006).

Eine jährlich einschürige Mahd empfiehlt sich dabei besonders bei stickstoffarmen bis mäßig stickstoffreichen Standorten (z.B. Streuwiesen des *Molinion*). Je nach Flugzeit der *Maculinea*-Arten sollte diese bei früh fliegenden Populationen (z.B. Südbayern) ab Anfang September und bei spätfliedenden ab Mitte September erfolgen (vgl. STETTNER et al. 2008). Auf schwachwüchsigeren Standorten kann eine Mahd auch in einem zweijährigen Rhythmus durchgeführt werden, jedoch sollten längere Brachezeiten vermieden werden (VÖLKL et al. 2008). Auf produktiveren Standorte mit mäßigem bis mittelhohem Stickstoffreichtum, zu denen bspw. gedüngte Feuchtgrünlandflächen des *Calthion* und wechselfeuchte Frischgrünländer des *Arrhenatherion* zählen, empfiehlt sich dagegen zur Aushagerung ein jährlich zweimaliger Schnitt (vgl. VÖLKL et al. 2008, STETTNER et al. 2008). Dabei ist der erste Schnitt als Orientierung in der Zeit von Mitte Mai bis Anfang Juni durchzuführen, jedoch mindestens 3 – 5 Wochen vor Beginn der Flugzeit beider *Maculinea*-Arten, damit die Wirtspflanze bis zur Hauptflugzeit ausreichend Blütenköpfe ausbilden kann (vgl. FIGURNY & WOYCIECHOWSKI 1998, THOMAS & ELMES 2001, STETTNER et al. 2001b, STETTNER et al. 2008). Ein zweisechüriger Schnitt scheidet dabei als Managementvariante für Flächen mit frühfliegenden Population aus, da aufgrund des frühen Flugbeginns (ab Anfang Juni) der erste Schnitttermin noch vor Anfang Mai gelegt werden müsste (VÖLKL et al. 2008).

Eine Ausnahme stellen Hochstaudenfluren mit ausschließlichem Vorkommen von *M. nausithous* dar, bei denen eine Mahd jedes zweite oder dritte Jahr als ausreichend erachtet wird (STETTNER et al. 2008).

Bei syntopen Vorkommen beider Arten empfiehlt sich nach STETTNER et al. (2008) ein differenziertes Mahdregime umzusetzen, bei dem die Zentralbereiche zur Sicherung der



Vorkommen von *M. teleius* jährlich gemäht werden und die Saum- und Randstrukturen zur Förderung von *M. nausithous* nur alle zwei Jahre.

2.2 Arten

2.2.1 Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling (*Maculinea nausithous*)

Verbreitung

Die Gesamtverbreitung der Art reicht von Mitteleuropa bis zum Ural und südlich bis zum Kaukasus (TOLMAN & LEWINGTON 1998, KUDRNA 2002). Nach neueren Erkenntnissen soll die Verbreitung östlich bis Westsibirien und südlich bis nach Anatolien reichen (PRETSCHER 2001).

In Deutschland liegt die nördliche Grenze der Hauptverbreitung etwa auf der Höhe Berlin-Hannover-Düsseldorf (vgl. PRETSCHER 2001). Südlich dieser gedachten Linie kommt *Maculinea nausithous* mit unterschiedlichen Häufigkeiten in allen Bundesländern vor, die Schwerpunkte befinden sich in den Bundesländern Hessen, Thüringen, Baden-Württemberg und Bayern.

In Bayern ist *M. nausithous* weit verbreitet, jedoch in sehr unterschiedlicher Vorkommensdichte. Regional kann die Art recht selten auftreten, z.B. im Tertiären Hügelland. Die Art fehlt klimabedingt in Teilen der östlichen Mittelgebirge sowie in den Alpen außerhalb der Tallagen. *M. nausithous* gehört in Bayern zu den mittelhäufigen Arten. Hinsichtlich der Bestandsentwicklung ist die Datenlage nicht ganz einheitlich. Zum einen gibt es einzelne Hinweise auf mögliche Bestandszunahmen zum anderen hat die Art mit dem Rückgang bzw. der Verbrachung von extensivem Feuchtgrünland Habitats verloren. Insgesamt dürfte ein negativer Bestandstrend vorherrschen.

Lebensraum

Maculinea nausithous bewohnte wohl ursprünglich die Überschwemmungswiesen der Flußauen (WINTERSTEIN 1927, ZINNERT 1966, KUDRNA 1988) sowie andere natürliche und seminaturliche feuchte Wiesen (HEATH 1981). Heute besiedelt die Art extensiv bewirtschaftete Feuchtwiesen sowie Feuchtwiesenbrachen und Grabenränder (BROCKMANN 1989, SETTELE et al. 1999).

Hauptlebensräume in Bayern sind Pfeifengraswiesen, Feuchtwiesen, Glatthaferwiesen und feuchte Hochstaudenfluren. Im Vergleich zur Schwesternart *M. teleius* toleriert *M. nausithous* auch trockenere, nährstoffreichere Standortbedingungen. Aufgrund der hohen Mobilität finden sich immer wieder Falter außerhalb geeigneter Larvalhabitate (BayLfU 2015).

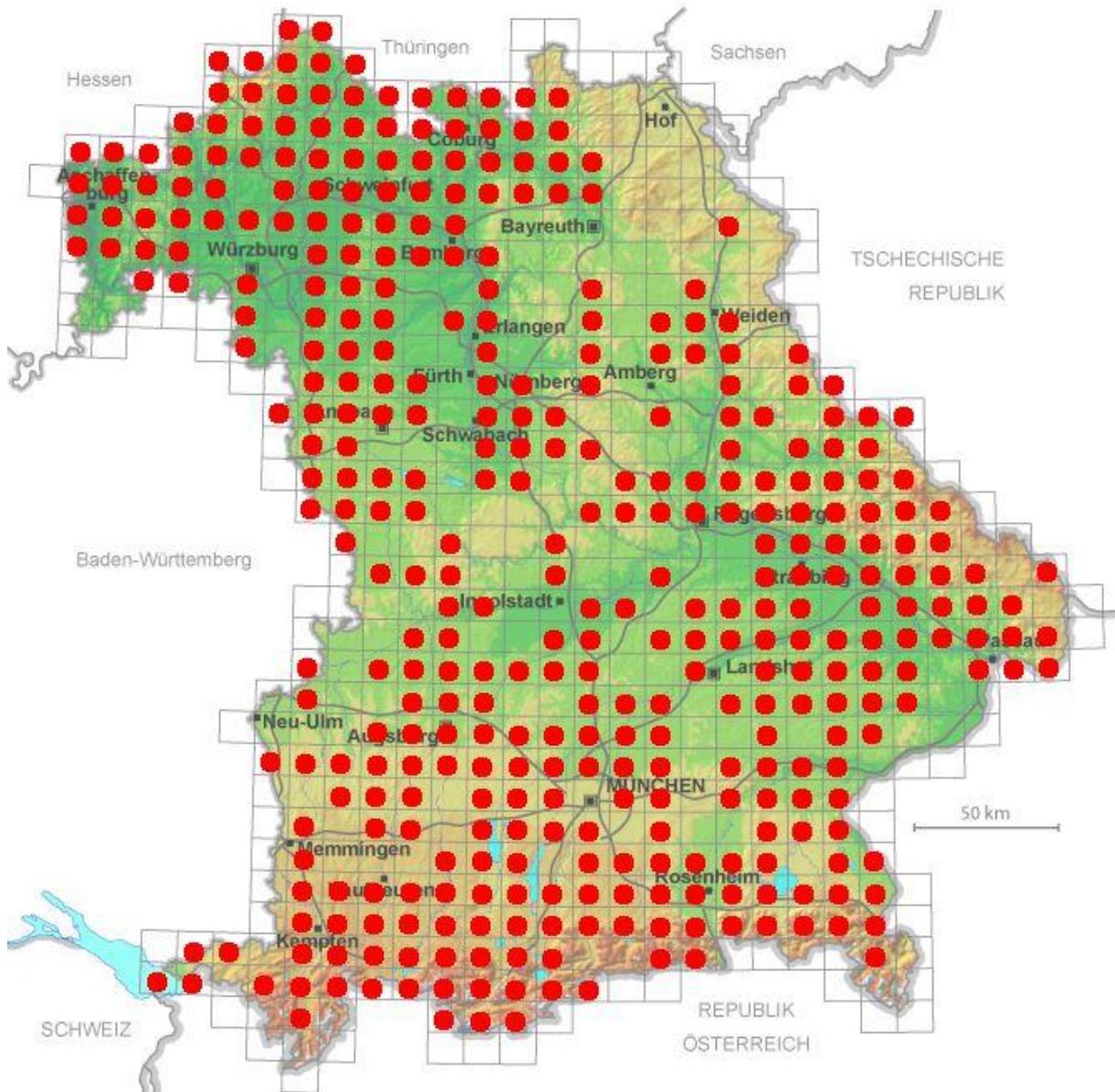


Abbildung 1: Fundortkarte Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling (*Maculinea nausithous*), Nachweise ab 1980 (Stand: 03.08.2017; Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 2015)

Biologie

Die Flugzeit von *Maculinea nausithous* erstreckt sich nach BROCKMANN (1989) von Mitte Juli bis Ende August. SETTELE et al. (1999) geben den Zeitraum von Anfang Juli bis Mitte August als Flugzeit an. Die Falter schlüpfen über die gesamte Flugperiode, während die Individuallebensdauer meist nur wenige Tage beträgt (ELMES & THOMAS 1987).

Nach Weidemann (1986) stellt für adulte Falter der Große Wiesenknopf (*Sanguisorba officinalis* LINNAEUS, 1753) die Hauptnektarquelle dar, der gleichzeitig als einzige pflanzliche Nahrungsquelle für Raupen dient (THOMAS 1995).

Die oftmals bereits am ersten Tag nach dem Schlupf stattfindende Eiablage (ELMES & THOMAS 1987) erfolgt an den Blütenköpfen der Raupenfraßpflanze *Sanguisorba officinalis*.



Dabei werden von *M. nausithous* bevorzugt ältere und längere Blütenstände mit oft schon blühenden Blütenköpfen und oftmals bereits belegten Blütenköpfen aufgesucht (FIGURNY & WOYCIECHOWSKI 1998). Im Gegensatz zu *M. teleius* legt *M. nausithous* meist mehrere Eier nacheinander auf den gleichen Blütenkopf ab, wodurch Eierladungen von bis 20 und mehr pro Blütenkopf entstehen können (FIEDLER 1990).

Nach der Eiablage schlüpfen die Raupen nach vier bis 10 Tagen aus dem Ei und ernähren sich in den folgenden zwei bis drei Wochen bis zum dritten Larvenstadium von den Blütenständen des Großen Wiesenknopfes (ELMES & THOMAS 1987). Das vierte Stadium verlässt die Raupenfraßpflanze um die restlichen zehn Monate der Larvalentwicklung im Nest von Knotenameisen der Gattung *Myrmica* zu verbringen (THOMAS & ELMES 1998). *M. nausithous* überwintert dabei nahezu ausschließlich in Nestern der Ameisenart *Myrmica rubra* (THOMAS et al. 1989). Trotz der starken Fixierung auf *M. rubra* (THOMAS et al. 1989, STANKIEWICZ & SIELZNIOW 2002, TARTALLY & VARGA 2005) kommt als Nebenwirt gelegentlich *M. scabrinodis* infrage (BRÄU et al 2005, STETTNER et al. 2008, VÖLKL et al. 2008).

Die Raupen von *M. nausithous* leben hauptsächlich prädatorisch als Räuber in den Nestern ihrer Wirtsameisen und ernähren sich dort von der Ameisenbrut (THOMAS & ELMES 1998; WITEK et al. 2006). Jedoch zeigt die Art auch Merkmale des „Kuckucks-Typ“ und wird daher von einigen Autoren als intermediär zwischen Prädatoren- und Kuckuckstyp stehend eingeordnet (THOMAS 1984). In den vergleichsweise großen Nestern von *M. rubra* können etwa 3-4 Raupen heranwachsen (THOMAS 1984). Nach der Überwinterung verpuppen sich die Raupen und schlüpfen um den Juli herum (NOWICKI et al. 2014).

2.2.2 Heller Wiesenknopf-Ameisenbläuling (*Maculinea teleius*)

Verbreitung

Die Verbreitung erstreckt sich von Mitteleuropa durch die gemäßigte Zone bis nach Asien und Japan (PRETSCHER 2001).

In Deutschland liegt die nördliche Grenze der Hauptverbreitung etwa auf der Höhe Berlin-Hannover-Düsseldorf (PRETSCHER 2001). Südlich dieser gedachten Linie kommt *Maculinea teleius* mit unterschiedlichen Häufigkeiten in den meisten Bundesländern vor, die Schwerpunkte befinden sich in den Bundesländern Hessen, Thüringen, Sachsen, Baden-Württemberg und Bayern und sind auf das Bergische Land (Bergische Hochflächen und Agger-Wiehl-Bergland), Westerwald, Taunus, Westhessisches Bergland (Vorderer Vogelsberg), Odenwald, Spessart und Südrhön, Fränkisches Keuper-Liasland (Itz-Baunach-Hügelland und Haßberge), Pfälzer Wald, Gäuplatten, Neckar- und Tauberland, Oberpfälzisch-Bayerischer Wald, Donau-Iller-Lechplatten, Südliches Alpenvorland (Ammer-



Loisach-Hügelland), Unterbayrisches Hügelland und Isar-Inn-Schotterebenen (Münchener Ebene) beschränkt (PRETSCHER 2001).

In Bayern liegt der Verbreitungsschwerpunkt im Voralpinen Hügel- und Moorland, insbesondere dem Ammer-Loisach-Hügelland. Eine Verbreitungslücke im westlichen Alpenvorland dürfte klimatisch begründet sein. Vorkommensschwerpunkte in Nordbayern sind Spessart, Rhön, nördlicher Steigerwald, südliche Hassberge, Obermaintal und Bayerischer Wald. In einigen Naturräumen tritt die Art nur vereinzelt auf, z.B. im Mittelfränkischen Becken. Die Bestände in Europa, Deutschland und Bayern gelten als rückläufig und gefährdet. In Bayern ist die Art regional bereits verschwunden. Der Negativtrend hält an und hat inzwischen auch Kernvorkommen erreicht (BAYLFU 2015).

Lebensraum

Maculinea teleius besiedelt extensiv bewirtschaftete Feuchtwiesen, Grabenränder und Randbereiche von Mooren mit Vorkommen des Großen Wiesenknopfes (*Sanguisorba officinalis*, Rosaceae) (BROCKMANN 1989, SETTELE et al. 1999).

In Bayern zählen zu den Hauptlebensräumen von *M. teleius* extensiv genutzte feuchte Grünlandhabitats wie z.B. Pfeifengraswiesen, Feuchtwiesen, schwachwüchsige Hochstaudenfluren und wechselfeuchte Glatthaferwiesen (BAYLFU 2015).

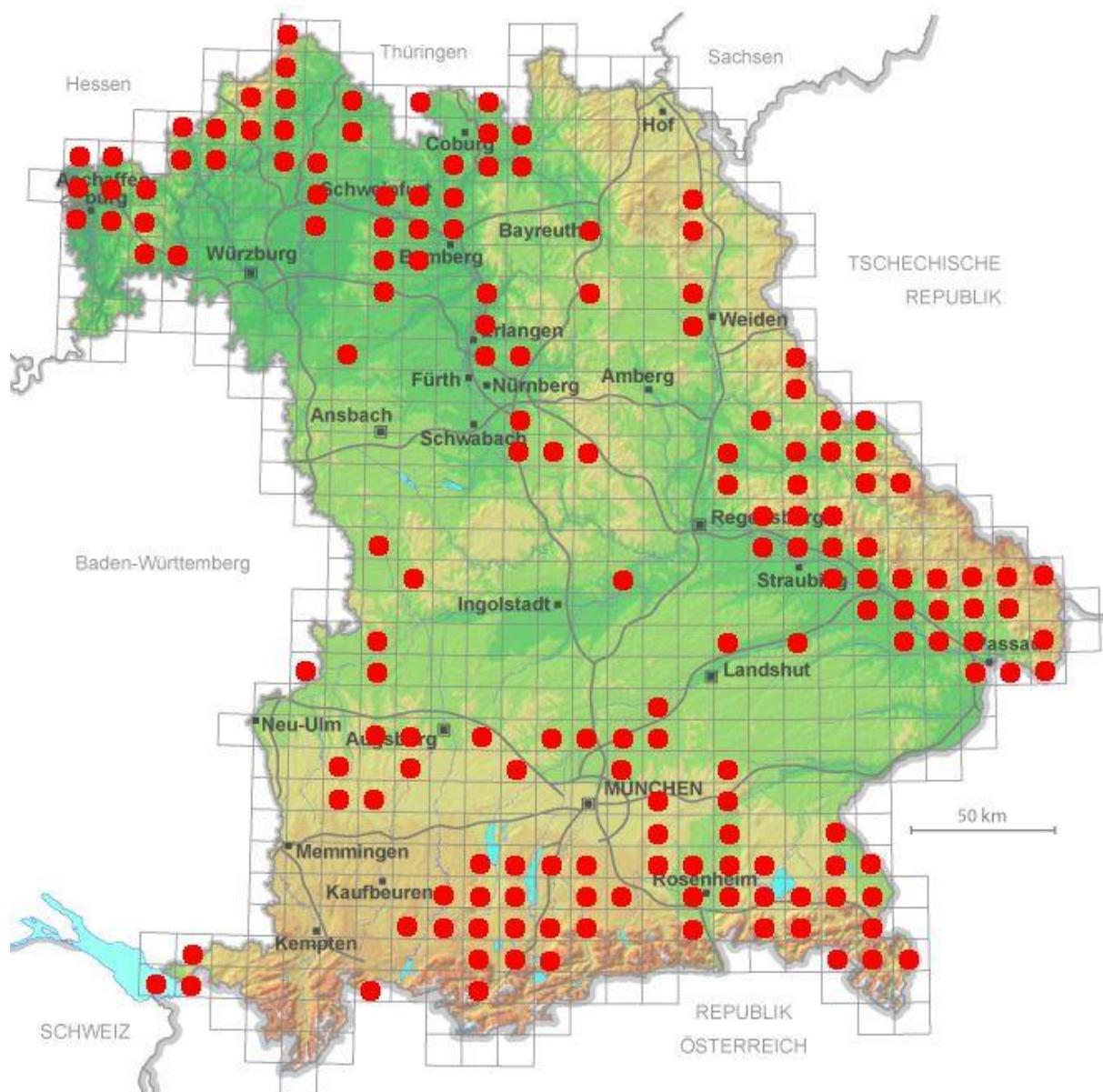


Abbildung 2: Fundortkarte Heller Wiesenknopf-Ameisenbläuling (*Maculinea teleius*), Nachweise ab 1980 (Stand: 03.08.2017; Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 2015)

Biologie

Nach BROCKMANN (1989) dauert die Flugzeit von *Maculinea teleius* von Juli bis Ende August. Die Flugzeit der Art beginnt in der Regel etwas früher als bei *Maculinea nausithous* (circa 1 Woche). SETTELE et al. (1999) geben den Zeitraum von Anfang Juli bis Mitte August als Flugzeit an.

Die Blüten von *Sanguisorba officinalis* stellen für *Maculinea teleius* die Hauptnektarquelle dar, jedoch kommen für die Imagines auch noch andere Blütenpflanzen als Saugpflanze infrage (ELMES & THOMAS 1987, EBERT & RENNWALD 1991). Die Blütenköpfe von *S. officinalis* dienen gleichzeitig als ausschließliche Futterpflanze für die Raupen. *M. teleius* bevorzugt bei



der Eiablage jüngere und kürzere Blütenstände mit Blütenköpfen ohne offenen Blütenstände und einem hohen Prozentsatz an Blüten, die noch von grünen Kelchblättern umschlossen sind (FIGURNY & WOYCIECHOWSKI 1998). Damit wird die Chance einer alleinigen Eiablage erhöht und sowohl interspezifische, als auch intraspezifische Konkurrenz vermieden. Im Gegensatz zu *M. nausithous* legt *M. teleius* nur ein je Blütenkopf ab (FIEDLER 1990).

Nach der Eiablage schlüpfen die Raupen nach vier bis 10 Tagen aus dem Ei und ernähren sich in den folgenden zwei bis drei Wochen bis zum dritten Larvenstadium von den Blütenständen des Großen Wiesenknopfes (ELMES & THOMAS 1987). Im Gegensatz zu *M. nausithous* kann sich von den wesentlich größeren *M. teleius*-Raupen i.d.R. nur eine pro Blütenkopf entwickeln (ELMES & THOMAS 1987, FIEDLER 1990).

Im Zeitraum von Mitte August bis Mitte September verlassen die Raupen nach der Häutung zum vierten Larvenstadium ihre Futterpflanzen und gelangen auf den Erdboden um im Idealfall die restlichen zehn Monate der Larvalentwicklung im Nest von Knotenameisen der Gattung *Myrmica* zu verbringen (THOMAS 1984, THOMAS & ELMES 1998).

M. teleius ist obligat myrmekophil (THOMAS et al 1989) und zeigt dabei beträchtliche lokale und regionale Variationen in der Wirtsameisenwahl (TARTALLY & CSÖSZ 2004, TARTALLY et al. 2008). So entwickelt sich *M. teleius*, wie Untersuchungen aus Bayern zeigen (BRÄU et al. 2005, STETTNER et al. 2008), sowohl in Nestern von *M. scabrinodis* und *M. rubra* als auch vereinzelt bei *M. ruginodis*. Dieses generalistischere Verhalten bzgl. der Wirtsameisenwahl wurde auch in anderen europäischen Staaten festgestellt, in denen z.B. auch *M. sabuleti*, *M. vandeli*, *M. rugulosa* und *M. galleniii* als Nebenwirte genutzt wurden (z.B. STANKIEWICZ & SIELEZNIEW 2002, TARTALLY & VARGA 2005, THOMAS et al. 1989, BUSZKO et al. 2005, THOMAS et al. 2005, WITEK et al. 2005, WITEK et al. 2008, WITEK et al. 2010). Allerdings bestehen unterschiedliche Überlebensraten von *M. teleius* – Raupen in Abhängigkeit von der Wirtsameisenwahl. So gehen JOHST et al. (2006) davon aus, dass nur 10 – 15% der Raupen in Nestern von *M. rubra* überleben, während dies bei *M. scabrinodis* 85 – 90% sind.

Die Raupen von *M. teleius* ernähren sich in den Nestern ihrer Wirtsameisen räuberisch von der Ameisenbrut und überwintern in den Ameisennestern. Im Gegensatz zu *M. nausithous* findet man gewöhnlich nur eine Raupe in einem einzelnen Nest (ELMES & THOMAS 1987, FIEDLER 1990). Durch die rein räuberische Ernährung sowie der generell kleineren Nester der Hauptwirtsameise *M. scabrinodis* kann eine wiederholt hohe Parasitierung zu einem Nahrungseingpass führen und damit bestandslimitierend wirken (STETTNER et al. 2001).

Die Verpuppung findet im Frühsommer des nächsten Jahres nahe der Bodenoberfläche im oberen Teil der Ameisennester statt. Ab Ende Juni/Anfang Juli schlüpfen die ersten Falter und verlassen die Ameisennester (ELMES & THOMAS 1987, EBERT & RENNWALD 1991, STETTNER et al. 2001).



2.3 *Myrmica*-Wirtsameisen

Myrmica-Ameisen spielen eine entscheidende Rolle beim Schutz von *Maculinea*-Arten und sind ein wichtiger Faktor bei der Bestimmung von Größe, Stabilität und Persistenz ihrer Populationen (ELMES et al. 1998). Darüber hinaus stellen *Myrmica*-Arten Schlüsselarten in vielen Ökosystemen dar, durch die natürliche Lebensgemeinschaften auf vielen Ebenen beeinflusst werden können (ELMES 1991a,b).

Weltweit existieren etwa 100 *Myrmica*-Arten (BOLTON 1995), davon kommen in Westeuropa 12 Arten als Wirtsameisen für europäischen *Maculinea*-Arten infrage (ELMES et al. 1998). Grundsätzlich können dabei alle potenziellen Wirtsameisen *Maculinea*-Raupen adoptieren. Entscheidende Unterschiede existieren jedoch in der Überlebensrate von *Maculinea*-Raupen in den Nestern der jeweiligen Wirtsameisen (WARDLAW et al. 1998). So kann bei einigen *Myrmica*-Arten von "primären Wirtsameisen" ausgegangen werden, während andere *Myrmica*-Arten als „sekundäre Wirtsameisen“ fungieren, in deren Nestern die *Maculinea*-Raupen eine deutlich geringere Überlebensrate als in den Nestern ihrer primären Gastgeber besitzen (ALS et al. 2004, THOMAS et al. 2005).

In Bezug auf die hier untersuchten *Maculinea*-Arten stellen *Myrmica scabrinodis* für *Maculinea teleius* und *M. rubra* für *M. nausithous* die primären Wirtsameisen dar, während darüber hinaus auch *M. ruginodis* für beide Arten eine Bedeutung als Nebenwirt besitzen kann (vgl. Kapitel 2.2).

Wie STETTNER et al. (2001b) zeigen, existiert eine auffällige Übereinstimmung zwischen dem Vorkommen der *Maculinea*-Arten *M. teleius* und *M. nausithous* sowie der Verbreitung der o.g. Wirtsameisen. Dabei stellt die Häufigkeit der Wirtsameisenarten einen limitierenden Faktor für das Überleben von *Maculinea*-Populationen dar (THOMAS 1984, ELMES & THOMAS 1987, ELMES et al. 1998). Für die Naturschutzpraxis bedeutet dies, dass sowohl das Wissen über die ökologischen Ansprüche der Wirtsameisen, als auch jenes über die Beziehungen von Wirtsameisen und *Maculinea*-Raupen einen entscheidenden Faktor zum Erhalt von *Maculinea*-Populationen darstellt. So ist bspw. bekannt, dass sich Nutzungsintensität und -häufigkeit entscheidend auf das Vorkommen der Wirtsameisen auswirken können (STETTNER et al. 2001b). Auch können sich die Dichte von Wirtsameisenkolonien und die Anzahl von Königinnen im Ameisennest auf die Überlebenschancen von *Maculinea*-Raupen auswirken (THOMAS & WARDLAW 1990, ELMES et al. 1998).

Schutzüberlegungen für *Maculinea*-Arten setzen daher zunächst Kenntnisse über die Lebensraumsansprüche der Wirtsameisen voraus, die im Nachfolgenden für die wichtigsten Hauptwirte der im Rahmen dieser Arbeit bearbeiteten Arten *M. teleius* und *M. nausithous* erläutert werden.



Myrmica scabrinodis

Myrmica scabrinodis (siehe Abbildung 3) toleriert zwar eine große Vielfalt an Lebensräumen und weist große Überschneidungsbereiche zu den Habitaten anderer *Myrmica*-Arten auf (ELMES & WARDLAW 1982), besitzt jedoch gegenüber *M. rubra* eine deutlich geringere ökologische Potenz (SEIFERT 1996). Die wärmebedürftige und feuchtetolerante Art bevorzugt mesophile, nicht zu hochgrasige Rasen- oder Saumbiotope (ELMES et al. 1998, SEIFERT 2007). Die höchsten Dichten werden dabei in offenen (manchmal extrem nassen) Sphagneten von Mooren erreicht (ebd.). Die Nester werden entweder im Boden von Mooren, in langwüchsigem Gras oder unter Steinen angelegt. Die Größe der Kolonien variiert mit der Nest-Dichte und erreicht durchschnittlich 500 Arbeiter (WARDLAW et al. 1998).

Myrmica scabrinodis ist die Hauptwirtsameisenart von *M. teleius* (THOMAS et al. 1989). Darüber hinaus kommt sie als Wirtsameise für *M. alcon* (ELMES et al. 1994, SCHEPER et al. 1995), *M. arion* und *M. rebeli* infrage (THOMAS et al. 1989).

Für das Vorkommen der Art ist in Abhängigkeit von den besiedelten Vegetationsbeständen eine regelmäßige Mahd von hoher Bedeutung (STETTNER et al. 2008). Insbesondere in Streuwiesenhabitaten reagiert die Art auf produktiveren Standorten empfindlich gegenüber einer ausbleibenden Mahd sowie Brachfallen von Flächen (VÖLKL et al. 2008) und ist gegenüber *M. rubra* weitaus stärker durch Nutzungsaufgaben gefährdet (STETTNER et al. 2001b). VÖLKL et al. (2008) vermuten in diesem Zusammenhang, dass eine Veränderung des bodennahen Mikroklimas durch die dichter werdende Vegetation sowie die rasche Bildung von Streufilzdecken, welche zu geringeren Bodentemperaturen führt, eine entscheidende Rolle spielt.



Abbildung 3: *Myrmica scabrinodis* NYLANDER, 1846 (Aufn. BOER, P. (10.08.1999) / Verzeichnis Internetquellen)

Myrmica rubra

Myrmica rubra (siehe Abbildung 4) besiedelt sehr unterschiedliche, offene und gehölzbestandene Habitate in urbanen, landwirtschaftlichen und naturnahen Bereichen und fehlt nur in ausgesprochen xerothermen oder sehr vegetationsarmen Lebensräumen (SEIFERT 2007). Insbesondere in hochgrasigen Wiesen oder Hochstaudenfluren stellt *M. rubra* auch bei extrem dichter Bodenvegetation oft die einzige Ameisenart dar und erreicht hier Nestdichten von 105 Nestern / 100 m² (ebd.). Die Kolonien bestehen dabei durchschnittlich aus 1.000 Arbeitern (WARDLAW et al. 1998).

Myrmica rubra stellt die Hauptwirtsameisenart von *M. nausithous* dar (THOMAS et al. 1989). Darüber hinaus kommt sie als Wirtsameise für *M. teleius* und *M. alcon* infrage (THOMAS et al. 1989).

Bezüglich des Mahdmanagements erreicht *Myrmica rubra* höchste Siedlungsdichten in einschürigen Bereichen oder Jungbrachen (STETTMER et al. 2008). Wie VÖLKL et al. (2008) zeigen, ist die Art jedoch deutlich flexibler bzgl. des Managements und kann einerseits von einer Aufgabe des Managements profitieren und andererseits auch bei intensiven



Management auf produktiven Standorten (z.B. zweischürige Mahd) noch eine hohe Präsenz zeigen.



Abbildung 4: *Myrmica rubra* (Aufn. BOER, P. (15.08.2002) / Verzeichnis Internetquellen)

Myrmica ruginodis

Myrmica ruginodis (siehe Abbildung 5) ist von allen näher untersuchten *Myrmica*-Arten die Art mit der besten Adaption an feuchtkühle mikroklimatische Verhältnisse (ELMES et al. 1998, Berman et al. 2010). Die Art findet sich vor allem in kühleren Lebensräumen wie Wäldern, Buschland, alpine Wiesen, Waldlichtungen und Moore, meidet aber zu nasse oder trockene Standorte. Oberhalb von 800 mNN kommt *M. ruginodis* anstelle von *M. rubra* oft in Mooren und Grasland vor. In Laub- und Nadelwäldern gehört die Art zu den dominanten Arten und erreicht hier Nestdichten von 5 – 15 Nestern / 100 m² (SEIFERT 2007). Die Nester werden z.B. in Baumstümpfen und Grasbüscheln angelegt, wobei einzelne Kolonien bis zu 500 Arbeiter erreichen können (WARDLAW et al. 1998).

Myrmica ruginodis stellt in Dänemark und den nördlichen Niederlanden die Hauptwirtsameisenart von *M. alcon* dar (ELMES ET AL., 1994, GADEBERG & BOOMSMA, 1997). Darüber hinaus kommt sie als Nebenwirt für *M. teleius* und *M. nausithous* infrage (STANKIEWICZ & SIELEZNIOW 2002, BUSZKO et al. 2005, WITEK et al. 2005, WITEK et al. 2008).



Gegenüber anthropogenen Einflüssen wie Mahd zeigt sich die Art weniger tolerant als *M. rubra* und erreicht insbesondere in Brachen eine hohe Präsenz, während die Abundanz auf Flächen mit intensiverer Nutzung vernachlässigbar ist (VÖLKL et al. 2008).



Abbildung 5: *Myrmica ruginodis* (Aufn. WARD (15.07.1989) / Verzeichnis Internetquellen)



3 Untersuchungsgebiete

3.1 Gründe für die Auswahl

Zentrales Ziel der Untersuchung war es, dass Eiablageverhalten beider *Maculinea*-Arten zu untersuchen und daraus Managementempfehlungen für die Praxis abzuleiten. Daher galt es zunächst Gebiete mit syntopen Vorkommen beider Arten auszuwählen. Da sich innerhalb Bayerns die Flugzeiten von *M. nausithous* und *M. teleius* regional unterscheiden können, sollte auch dieser Aspekt in die Gebietsauswahl einfließen. So ist bekannt, dass *M. nausithous* und *M. teleius* im südbayerischen voralpinen Hügel- und Moorland fast 4 Wochen früher fliegen als in den meisten anderen bayerischen Gebieten (BRÄU et al. 2001). Dies ist der Tatsache geschuldet, dass in den montanen Lagen Bayern eine frühblühende Varietät des Großen Wiesenknopfs (*S. officinalis* var. *montana*) verbreitet ist, die im Vergleich zu der deutschlandweit weit verbreiteten spätblühenden Variante (*S. officinalis* var. *officinalis*) bereits von Mai bis Juli/August blüht (SEBALD et al. 1992, HEGI 1995). Um die phänologischen Unterschiede der bayerischen *Maculinea*-Populationen ausreichend bei der Ableitung von Managementempfehlungen zu berücksichtigen, wurden daher sowohl nord- als auch südbayerische Populationen untersucht.

3.2 Lage und naturräumliche Einordnung

Die Untersuchungen wurden in 8 Untersuchungsgebieten (UG) in Nord- und Südbayern durchgeführt (siehe Tabelle 1, Abbildung 1). Eine detaillierte Darstellung der Untersuchungsgebiete ist dem Anhang B / Karten 1-8 zu entnehmen.

Die im Norden Bayern untersuchten Flächen teilen sich auf die Untersuchungsgebiete Lauter-Appendorf, Aurachtal und Spessartwiesen auf. Die Untersuchungsgebiete befinden sich in den Regierungsbezirken Oberfranken (UG Lauter-Appendorf) sowie Unterfranken (UG's Aurachtal, Spessartwiesen).

Die Untersuchungsgebiete Lauter-Appendorf und Aurachtal werden durch die Mittelgebirge und gleichnamigen Naturräume Steigerwald und Haßberge eingerahmt, die zum fränkischen Keuper-Lias-Bergland gehören (WELSS 1985). Der Schwerpunkt der Untersuchungen lag auf den Grünlandflächen in den Talräumen der Flüsse Lauter (zwischen den Ortschaften Lauter und Appendorf im Landkreis Bamberg) sowie Aurach (zwischen Neu- und Unterschleichbach im Landkreis Haßberge).

Richtung Nordwesten anschließend befindet sich innerhalb des Naturraums Sandsteinspessart gelegen das Untersuchungsgebiet Spessartwiesen. Die Untersuchungen wurden hier im Lohrbachtal, einem naturnahen Bachsystem mit Feucht- und Nasswiesen sowie kleinflächig ausgebildeten Flachmooren durchgeführt. Die Untersuchungsflächen



befinden sich zwischen den Ortschaften Heigenbrücken und Neuhütten im Landkreis Aschaffenburg nahe des Quellgebietes „Kalter Grund“.

Auf südbayerischer Seite wurden die im Regierungsbezirk Oberbayern gelegenen Untersuchungsgebiete Penzberg, Sindelsdorf, Raisting, Ostermünchen und Freising untersucht.

Die Untersuchungsgebiete Penzberg, Sindelsdorf und Raisting (Landkreis Weilheim-Schongau) liegen innerhalb des Naturraumes Ammer-Loisach-Hügelland. Für das voralpine Moränenland sind kleinräumig stark wechselnden Standorte und eine enge Verzahnung von Trocken- und Feuchtstandorten charakteristisch, was sich in einem kleinflächigen Nutzungsmosaik widerspiegelt (BFN 2012). Die Untersuchungen wurden hier schwerpunktmäßig auf artenreichen Streuwiesen (Pfeifengraswiesen) in den Gebieten „Breitfilz“ (UG Penzberg), „Gamsmoos“ (UG Sindelsdorf) und „Raistinger Wiesen“ (UG Raisting) durchgeführt.

Das innerhalb des Naturraums Inn-Chiemsee-Hügelland gelegene Untersuchungsgebiet Ostermünchen ist durch eine wellig-hügelige Jungmoränenlandschaft gekennzeichnet (MEYNEN & SCHMITHÜSEN 1953-1962). Die Untersuchungen wurden innerhalb des „Braunaumoos“ zwischen den Ortschaften Beyharting und Tuntenhausen im Landkreis Rosenheim durchgeführt.

Das Untersuchungsgebiet Freising befindet sich innerhalb des Naturraumes Münchener Ebene. Die flachwellige, offene Landschaft wird im Westen von dem Fluss Amper und im Osten von der Isar begrenzt. Die Untersuchungen wurden innerhalb des „Freisinger Moos“ durchgeführt, dass westlich an die Ortschaft Pulling (Landkreis Freising) angrenzt.

**Tabelle 1:** Kurzcharakteristik der Untersuchungsgebiete

Naturraum-Einheiten nach MEYNEN & SCHMITHÜSEN et al. (1953 – 1962)	Untersuchungsgebiet (UG)		Höhe ü. NN	Falte vorkommen
	Gebiets-Nr	Bezeichnung		
Ammer-Loisach-Hügelland	1	Penzberg	596m	<i>M. nausithous</i> , <i>M. teleius</i>
	2	Sindelsdorf	609m	<i>M. nausithous</i> , <i>M. teleius</i>
	3	Raisting	553m	<i>M. nausithous</i> , <i>M. teleius</i>
Inn-Chiemsee-Hügelland	4	Ostermünchen	508m	<i>M. nausithous</i> , <i>M. teleius</i>
Münchener Ebene	5	Freising	450m	<i>M. nausithous</i> , <i>M. teleius</i>
Haßberge	6	Lauter-Appendorf	269m	<i>M. nausithous</i>
Steigerwald	7	Aurachtal	330m	<i>M. nausithous</i> , <i>M. teleius</i>
Sandsteinspessart	8	Spessartwiesen	270m	<i>M. nausithous</i> , <i>M. teleius</i>

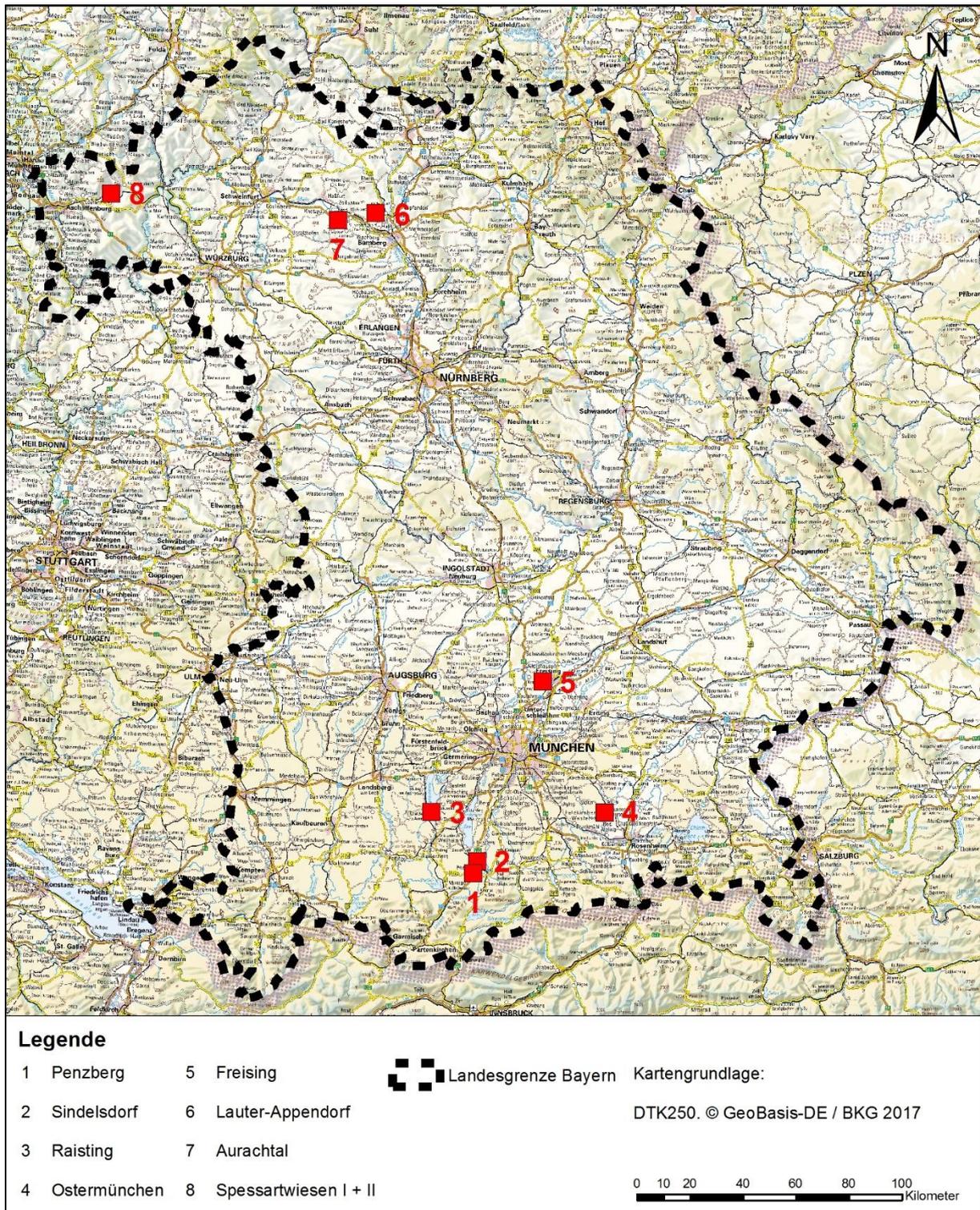


Abbildung 6: Übersicht über die Lage der Untersuchungsgebiete



3.3 Geologie und Bodenverhältnisse

Die Untersuchungsgebiete Penzberg, Sindelsdorf und Raisting befinden sich innerhalb einer voralpinen Hügel- und Moorlandschaft, die durch würmeiszeitliche End- und Grundmoränen des Isarvorlandgletschers bestimmt wird (BFN 2012). Nur an wenigen Stellen heben sich tertiäre Molasseschichten heraus, die sich zu langen, von Westen nach Osten streichenden, harten Schichtrippen aufgefaltet haben (Faltenmolasse) (RATHJENS 1953). Die Geländehöhen können dabei bis auf etwa 900 m ü. NN ansteigen (BFN 2012). Im Hügelland hat sich abhängig vom jeweiligen Untergrund ein Mosaik an Böden herausgebildet. Auf den Grundmoränen, Seetonen und Molassegesteinen überwiegen schwere lehmige Kiesböden, während auf den Endmoränen und in den Talrinnen leichtere Sand-, Kies- und Schotterböden zu finden sind (RATHJENS 1953). In Folge des hohen Niederschlags und des verbreitet undurchlässigen Untergrundes sind in Mulden und Senken anmoorige Böden und Moorböden weit verbreitet.

Das westlich des Chiemsees gelegene Untersuchungsgebiet Ostermünchen wird durch eine stärker reliefierte Jungmoränenlandschaft mit Moränenrücken und dazwischenliegenden Umfließungsrinnen, Trockentälchen, einigen Seen sowie zahlreichen Toteiskesseln und Quellaustritten geprägt. Das Gelände steigt dabei auf Höhen von 450 bis 600 m ü. NN an. Im Hügelland dominieren überwiegend lehmige Kies- und Schotterböden während in Becken und Tälern Moorböden weit verbreitet sind (MEYNEN & SCHMITHÜSEN 1953-1962).

Das Untersuchungsgebiet Freising befindet sich innerhalb der Münchener Ebene, in der am Ende der Würmeiszeit durch Schmelzwasserströme massenhaft alpines Geschiebe abgelagert wurde. Die Schottermächtigkeit dieser Ebene nimmt von Süden nach Norden hin ab. Das Gelände fällt dabei von etwa 600 m im Süden auf ca. 500 m ü. NN im Norden zur Isar hin ab. Auf der Schotterebene dominieren Braunerden oder Podsole über steinigem Lehm mit einer Bodenmächtigkeit zwischen 25 und 50 cm (MEYNEN & SCHMITHÜSEN 1953-1962). Der Norden weist dagegen überwiegend entwässerte Niedermoorböden auf. Aufgrund der geologischen Verhältnisse ist die Münchener Ebene ein Schwerpunkt der Niedermoorbildung in Bayern.

Die Untersuchungsgebiete Lauter-Appendorf und Aurachtal liegen im nördlichsten Teil der süddeutschen Keuper-Schichtstufenlandschaft. Das den Haßbergen vorgelagerte UG Lauter Appendorf ist geprägt durch einen Steilabfall der Hochfläche (bis zu 150 m Höhenunterschied) im Norden, Westen und Süden zu den angrenzenden Gäuflächen und dem Maintal. Nach Osten fällt der Mittelgebirgszug als zerriedelte Hochfläche allmählich bis in die Talgründe von Itz und Baunach bzw. ins Obermaintalhin ab. Der Stufenaufbau der Oberfläche ist maßgeblich durch die Sandsteine des Keupers (Gipskeuper, Sandsteinkeuper und Oberer Keuper) geprägt. Die leicht verwitterbaren tonigen Zwischenlager des



Gipskeupers treten im Bereich des Haßbergetraufs in wechselnder Folge mit harten Sandsteinen auf und geben den Steilanstiegen eine markante, treppenartige Erscheinung mit Terrassen und Steilhängen (LEK MAIN-RHÖN 2008). Sowohl die Bergrücken als auch die Talräume werden überwiegend von nährstoffarmen Braunerden bedeckt. Die Talräume neigen wegen ihres höheren Anteils an tonig lehmigen Böden und ihres geringen Gefälles zur Vernässung. Vereinzelt finden sich jedoch nährstoffreichere Böden, vor allem an den Randflächen des Steilabfalls (Lößaufwehungen aus der letzten Eiszeit).

Das UG Aurachtal liegt am mehrfach getreppten Stufenabfall des Steigerwaldtraufes, der sich mit bis zu 250 m Höhenunterschied gegen sein Vorland und das Maintal abhebt. Der geologische Aufbau des Steigerwalds ist durch die Schichtabfolge des Keupers geprägt. Die Abdachungsfläche wird von Sandsteinkeuper eingenommen, Täler und Steigerwaldtrauf sind stark vom Gipskeuper geprägt. Im Vorland stehen Schichten des Unteren Keupers an. Zum Maintal hin sind quartäre Überdeckungen aus Flugsand und Löss festzustellen. Der in sich gegliederte Stufenanstieg ist bestimmt durch einen treppenartigen Aufbau mit Terrassen und steilen Partien bedingt durch den Wechsel von härteren Sandsteinschichten und mergeligen, tonigen Zwischenlagen (TOPOGRAPHISCHER ATLAS BAYERN). In den Talniederungen dominieren alluviale Ablagerungen mit einem hohen Tonanteil und hohen Grundwasserständen, während die Hangbereiche stellenweise von pleistozänen Deckschichten mit tonigem Korngrößenanteil überrollt werden (BINZENHÖFER & SETTELE 2000).

Das innerhalb des Sandstein-Spessarts gelegene UG Spessartwiesen liegt inmitten eines waldreichen Mittelgebirges mit einer Höhenlage von 350 bis 585 m ü. NN und ist durch ein reich gegliedertes Schichtstufenrelief aus Buntsandsteinschichten unterschiedlicher Widerständigkeit und flachen Bergrücken mit einem weitmaschigen Netz tief eingeschnittener Täler gekennzeichnet (BFN 2012). Typisch für die Verwitterung des basenarmen Sandsteins ist die Entstehung von z.B. Braunerden und Podsolen sowie deren Übergangstypen.

3.4 Klima und Witterung

Die nord- und südbayerischen Untersuchungsgebiete weisen unterschiedliche klimatische Verhältnisse auf. Die klimatischen Rahmenbedingungen sind in Tabelle 2 zusammengestellt. In den südbayerischen Untersuchungsgebieten bedingt die Höhenlage und die Stauwirkung der nahen Alpen ein kühles und feuchtes Klima. Der durchschnittliche Jahresniederschlag liegt im Norden (UG Freising) bei etwa 900mm und steigt nach Süden (UG Penzberg, Sindelsdorf, Raisting, Ostermünchen) auf etwa 1.200 – 1.300mm an. Die Witterung wird dabei durch das häufige Auftreten von Föhn sowie starke späte Kälteeinbrüche im Frühjahr beeinflusst. Die Vegetationszeit ist noch günstig und liegt zwischen 135 und 165 Tagen.



Die nordbayerischen Untersuchungsgebiete befinden sich dagegen im Übergangsbereich vom subatlantischen zum subkontinentalen Klima. Kennzeichnend sind feuchte, kühle Sommer und milde Winter. Die Umgebung des Untersuchungsgebiet Spessartwiesen ist durch ein subatlantisch getöntes, mäßig kühles Klima mit milden Wintern charakterisiert. Die Jahresniederschläge liegen im regenfeuchten Mittelgebirgsklima zwischen 600 und 1.000mm, bei einer Jahresdurchschnittstemperatur von 7 - 9°C. In den Untersuchungsgebieten Lauter-Appendorf und Aurachtal herrscht dagegen ein verhältnismäßig trockenes Mittelgebirgsklima vor. Das schwach subatlantisch getönte Klima ist durch Jahresniederschläge von 600 bis 800 mm und einer Jahresdurchschnittstemperatur von 7 - 9°C charakterisiert.

Tabelle 2: Klimatische Rahmenbedingungen der Untersuchungsgebiete (Quelle: Deutscher Wetterdienst)

Gebiets-Nr	Untersuchungsgebiet (UG)	Durchschnittliche Jahrestemperatur ¹	Durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge (mm) ²
1	Penzberg	6,5-8°	900 – 1.200
2	Sindelsdorf	6,5-8°	900 – 1.200
3	Raisting	6,5-8°	900 – 1.200
4	Ostermünchen	6,5-8°	700 – 1.300
5	Freising	6,5-8,5°	800 - 950
6	Lauter-Appendorf	7-9°	600 - 800
7	Aurachtal	7-9°	600 - 800
8	Spessartwiesen	7-9°	600 – 1.000

^{1/2/3} = langjährige Mittelwerte 1981 - 2010

3.5 Vegetation und Nutzung

Während die nordbayerischen Untersuchungsgebiete schwerpunktmäßig einen Komplex aus mesophilen bis wechselfeuchten Glatthaferwiesen (*Arrhenatherion*) und Borstgrasrasen (*Nardion*) mit eingestreuten Nasswiesenbereichen (*Calthion*) darstellen, handelt es sich bei den südbayerischen Untersuchungsgebieten überwiegend um Pfeifengras-Streuwiesen (*Molinion*) und deren Verbrachungsstadien sowie kleinere Flachmoorstandorte (siehe Tabelle 3).

Insbesondere in den Randbereichen der Untersuchungsgebiete zeigt sich meist eine stärkere Verbrachungstendenz in Form von Hochstaudenfluren (*Filipendulion*) und Landröhrichtern (*Phragmition*) sowie Großseggengesellschaften (*Magnocaricion*).



Die Pflege der südbayerischen Pfeifengras-Streuwiesen besteht in der Regel aus einer jährlichen einschürigen Mahd im September (siehe Tabelle 3). Auf den nordbayerischen Untersuchungsgebieten werden zum überwiegenden Teil Pflegetermine zu ungünstigen Zeiten, zwischen Ende Mai und Juli – August umgesetzt. Für spätfliegende *M. nausithous* und *M. teleius* – Populationen angepasste Mahdtermine (vgl. STETTMER et al. 2001b), d.h. Mahd vor Mitte Juni und nach Mitte September, wurden in keinem der Untersuchungsgebiete umgesetzt.

Tabelle 3: Nutzung in den Untersuchungsgebieten

Gebiets-Nr	Untersuchungsgebiet (UG)	Vegetationstypen	Nutzungsregime
1	Penzberg	Pfeifengraswiese, Kleinseggenrieder, Schilfröhricht	Jährlich einschürige Mahd ab Anfang September
2	Sindelsdorf	Pfeifengraswiese, Kleinseggenrieder, Hochstaudenfluren	Jährlich einschürige Mahd ab Anfang September, Randbereiche mehrjährige Brache
3	Raisting	Pfeifengraswiese, Großseggenrieder	Jährlich einschürige Mahd ab Anfang September, Randbereiche mehrjährige Brache
4	Ostermünchen	Pfeifengraswiese, Hochstaudenfluren	Jährlich einschürige Mahd ab Anfang September, Randbereiche mehrjährige Brache
5	Freising	Pfeifengraswiese, Schilfröhricht	Jährlich einschürige Mahd ab Anfang September, Randbereiche mehrjährige Brache
6	Lauter-Appendorf	Feuchtwiese, Schilfröhricht	Jährlich zweischürige Mahd Nutzung 2011: Erste Mahd ab Mai, Zweite Mahd Ende Juli Nutzung 2012: Mahd Mitte August
7	Aurachtal	Wechselfeuchte Glatthaferwiese, Kleinseggenrieder	Jährliche einschürige Mahd mit Nachbeweidung Nutzung 2011: Erste Mahd ab Ende Juni auf gesamter Fläche. Nachbeweidung ab Anfang- Mitte September Nutzung 2012: Erste Mahd am 20. Juni, Nachbeweidung ab Anfang September
8	Spessartwiesen I	Fuchsschwanzwiese, Hochstaudenfluren, Borstgrasrasen	Jährliche einschürige Mahd (nach Aufwuchs) i.d.R. ab Mitte / Ende Juli, Mahd der Randbereiche im zweijährigen Rhythmus Nutzung 2011: Mahd auf den Zentralbereichen wegen schlechter Witterung erst Anfang August



Gebiets-Nr	Untersuchungsgebiet (UG)	Vegetationstypen	Nutzungsregime
			Nutzung 2012: Mahd am 18. Juli
	Spessartwiesen II	Borstgrasrasen, Rotschwingel- Rotstraußgras-Wiese	Jährliche einschürige Mahd (nach Aufwuchs) i.d.R. ab Mitte Juni Nutzung 2012: Mahd am 16. Juni

4 Material und Methoden

4.1 Kriterien zur Auswahl der Untersuchungsflächen

Zur genaueren Abgrenzung sowie zur Unterteilung der Untersuchungsgebiete in verschiedene Einzelflächen, wurden in den Jahren 2011 / 2012 zusammen mit Herrn Völkl, (Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege), Herrn Niederbichler (Landesbund für Vogelschutz Bayern e.V.) sowie Herrn Kirsch (Landschaftspflegeverband Main-Spessart) bei gemeinsamen Ortsbegehungen Flächen mit bekannten Vorkommen der Falterarten *M. nausithous* und *M. teleius* abgegrenzt.

Die Untersuchungsflächen wurden entsprechend nachfolgend genannter Kriterien ausgewählt:

- Repräsentative Vegetationstypen (Südbayern: Pfeifengraswiesen; Nordbayern: Wechselfeuchte Glatthaferwiesen, Feuchtwiesen, Hochstaudenfluren)
- Minimumgröße der Flächen (> 0,1ha)
- Ausreichend große Populationen (>3 Falter)
- Syntope Vorkommen von *M. nausithous* und *M. teleius*
- Flächenhafte Habitate mit Randstrukturen

Bei der Auswahl der Flächen wurde auf bereits vorhandene Gebietsdaten von BRÄU et al. 2004b, 2005, 2006 und VÖLKL et al. (2008) zurückgegriffen, die im Rahmen des MacMan-Projektes erhoben wurden.

4.2 Einrichtung der Untersuchungsflächen

Die Wahl des Untersuchungsflächendesigns knüpft an die von BRÄU et al. (2005) verwendete Transektmethode zur Untersuchung der Habitateinnischung von *M. nausithous* und *M. teleius* an. Dazu wurden in jeder Untersuchungsfläche Transekte mit variierenden Gesamtlängen eingerichtet, um den standörtlichen Gegebenheiten entsprechend, eine Abdeckung von Randbereichen und Flächeninneres zu erreichen. Die Transekte werden nach Möglichkeit in Bereichen mit einem gleichmäßig verteilten Angebot der Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis* eingerichtet. Entlang der Transekte wurden jeweils 4 Probeflächen

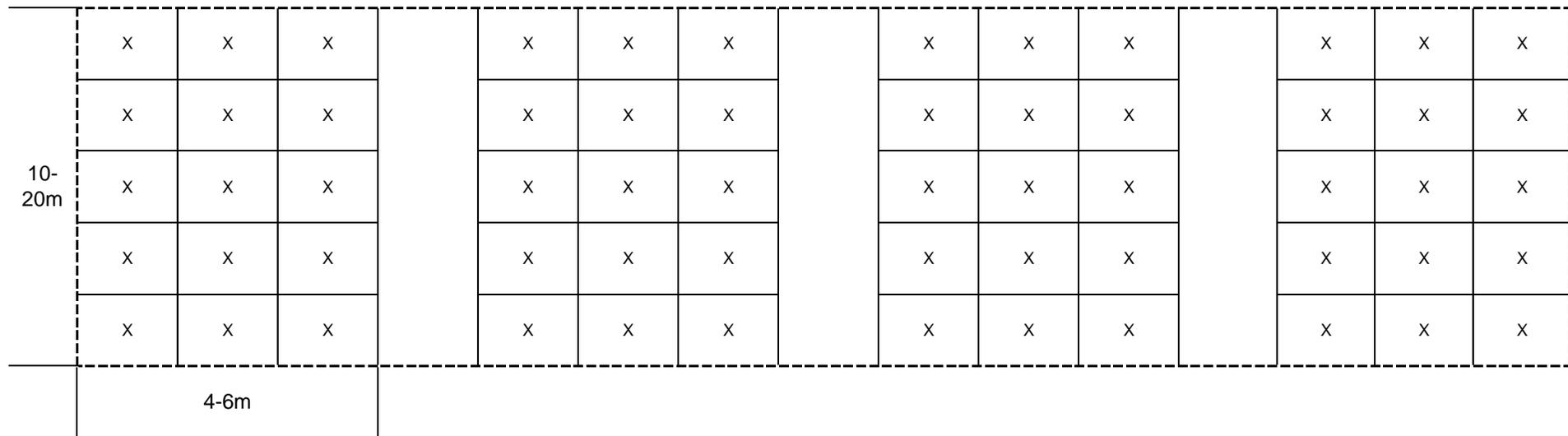


mit einer Größe von 6 bzw. 4 x 10 bzw. 20 m gleichmäßig vom Flächenrand zum Flächeninneren aufgereiht (Abbildung 4). Die Abstände zwischen den Probeflächen bleiben innerhalb eines Transekts gleich, können jedoch zwischen den Transekten unterschiedlicher Untersuchungsflächen variieren, damit die flächenspezifischen Strukturen erfasst werden. Der Minimumabstand zwischen den Probeflächen beträgt jedoch 2 m (bzw. 4m zwischen einzelnen Ködern), damit bei den Ameisenköderfängen die Wahrscheinlichkeit eingeschränkt wird, dass sich Arbeiterinnen ein und desselben Volkes an benachbarten Ködern efinden (vgl. BRÄU et al. 2005). In jeder Probefläche werden alle Parameter erfasst, die in Kapitel 4.3 genannt werden. Für die Ameisenköderfänge wird jede Probefläche zusätzlich in ein 2m-Raster unterteilt (Abbildung 7). Die Vermarkung der Probeflächen erfolgt mittels Metallstäbe jeweils an der unteren linken Ecke. Zusätzlich werden Luftbildskizzen über die Lage der Probeflächen angefertigt und GPS-Koordinaten aufgenommen.

Eine detaillierte Übersicht der einzelnen Transekte ist dem Anhang B zu entnehmen.



Abbildung 7: Anordnung und Größe der Probeflächen innerhalb eines Transektes (PF n=4 / Transekt)



----- Transektgrenze (Länge variabel)

x Ameisenköderfänge (n=60 / Transekt)

4.3 Untersuchungsprogramm

4.3.1 Auswahl der zu untersuchenden Habitatparameter

Zur Analyse derjenigen Habitatparameter die Erklärungsansätze für die unterschiedlichen Reproduktionsschwerpunkte von *M. teleius* und *M. nausithous* liefern können, wird eine ausführliche Gradientenanalyse entlang der Transekte durchgeführt, die vom äußeren Rand in das Flächeninnere hineinreichen. Die Erhebungen finden auf vordefinierten Probeflächen statt (vgl. Kapitel 4.2.) und umfassen folgende Parameter:

- Vegetationseinheiten, Vegetationsstruktur
- Artmächtigkeit und Blüphanologie der Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis*
- Gesamtstickstoffgehalt der Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis*
- Raupenbesatz in den Blütenköpfen der Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis*
- Aktivitätsdichte der Wirtsameise (Anlaufquote, Adoptionswahrscheinlichkeit)

4.3.2 Vegetation

4.3.2.1 Pflanzensoziologische Beschreibung

Zur allgemeinen standörtlichen und vegetationskundlichen Charakterisierung der Untersuchungsflächen wurden 36 Vegetationsaufnahmen auf den Transekten nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (1964) angefertigt und pflanzensoziologisch ausgewertet.

Um ein differenziertes Bild über Individuenzahl und Deckungsgrad der einzelnen Pflanzen zu erhalten, wurden die BRAUN-BLANQUET- Skala zur Schätzung der Artmächtigkeit nach einem kombinierten Verfahren nach PFADENHAUER et al. (1986) erweitert (siehe Tabelle 4). Auf jeder Untersuchungsfläche erfolgte eine repräsentative Vegetationsaufnahme auf 5x5 m großen Aufnahmeflächen.

Tabelle 4: Deckungsgradschätzung nach BRAUN-BLANQUET / PFADENHAUER

Skala	Deckung in %
r	< 1 einzelnes Exemplar
+a	" 2 bis 5 Exemplare, Deckung < 5%
1a	1-3
1b	3-5
2m	< 50 Exemplare, Deckung < 5%
2a	5-15
2b	15-25
3	25-50
4	50-75
5	75-100



Die syntaxonomische Einordnung richtete sich vor allem nach OBERDORFER (1993, 2001).

4.3.2.2 Zeigerwerte

Zur Charakterisierung der an einem Standort wirksamen Umweltfaktoren wurden die floristischen Zeigerwerte nach ELLENBERG (1991) verwendet. Dabei kamen folgende, in der Regel neunstufige Zeigerwertskalen zur Anwendung:

- **Lichtzahlen:** Die Lichtzahl charakterisiert das Vorkommen einer Art in Bezug auf die relativen Beleuchtungsverhältnisse an einem Standort. Die Skala reicht von Tiefschattenpflanzen (Zeigerwert 1) bis hin zu Volllichtpflanzen (Zeigerwert 9)
- **Feuchtezahl:** Die Feuchtezahl gibt das ökologische Verhalten einer Spezies im Gefälle der Bodenfeuchtigkeit an. Dabei kennzeichnet die Feuchtezahl 1 Arten, die auf Standorten mit extremer Trockenheit vorkommen und die Feuchtezahl 9 Pflanzenarten, die nasse Bodenverhältnisse anzeigen. Die Feuchtezahlskala verfügt zusätzlich über die Zeigerwertzahlen 10-12 für Wechselfeuchtezeiger, Wasser- und Unterwasserpflanzen
- **Stickstoffzahl:** Die Stickstoffzahl macht Angaben zu den Ansprüchen einer Spezies in Bezug auf die Mineralstickstoffversorgung während der Vegetationsperiode am Standort. Die neunteilige Skala reicht von Arten stickstoffärmster Standorte (Zeigerwert 1) bis hin zu Pflanzenarten übermäßig mit Stickstoff versorgter Standorte (Zeigerwert 9)
- **Reaktionszahl:** Die Reaktionszahl beschreibt das Vorkommen einer Art in Beziehung zum pH- Wert des Bodens und ist damit zumeist eng korreliert mit dessen Kalkgehalt. Die Skala reicht von Starksäurezeigern (Zeigerwert 1), die ausschließlich auf stark sauren bis sauren Böden auftreten bis hin zu Arten, die ausschließlich auf kalkreichen Böden zu finden sind (Zeigerwert 9)

Bei der Berechnung der Werte für jede Vegetationsaufnahme wurde eine arithmetische Mittelwertbildung vorgenommen, bei der die Deckungsgrade einer Art keine Berücksichtigung fand (sog. ungewichtete „qualitative“ Zeigerwerte). Der Verzicht auf die Darstellung von gewichteten Zeigerwerten beruht darauf, dass auf den vorgefundenen Flächen Dominanzstrukturen bestimmter Arten vorhanden waren (z.B. Schilf → Randbereichen, Pfeifengras → Zentralbereichen), deren Konkurrenzkraft nicht allein auf den Standorteigenschaften basiert, sondern primär arteigenes Merkmal ist. Eine Heranziehung der Artmächtigkeit als Gewichtungsfaktor hätte sich daher nachteilig auf die Interpretation der Standortsverhältnisse ausgewirkt.

Für die Zusammenführung der Zeigerwerte von verschiedenen Aufnahmeflächen räumlich ähnlich strukturierter Wiesenbereiche (Rand-, Übergangs-, Zentralbereich) wurde der Median



verwendet, um bei der Interpretation der Ergebnisse und ökologischen Charakterisierung der Standorte wenig anfällig gegenüber extremen Ausreißern zu sein.

4.3.2.3 Vegetationsstruktur

Horizontale Vegetationsstruktur

Die Erfassung der horizontalen Vegetationsstruktur erfolgte auf jeder Probefläche parallel zu den Vegetationsaufnahmen innerhalb der (4-)6 x 5 m großen Aufnahme­flächen einmalig zum Höhepunkt der Vegetationsentwicklung. Dabei wurden die Deckungsgrade der Bestandsschichten Offenboden, Kryptogamen-, Streu-, Kraut-, Gras- und Strauchschicht getrennt geschätzt. Die Schätzung wird in Anlehnung an SCHUMACHER & FARTMANN (2003) in folgenden Schätzintervallen vorgenommen (Tabelle 5).

Tabelle 5: Klasseneinteilung Bestandsschichten

Klassen	Deckungsgrade	Mittlere Deckungsgrade
0	0%	0%
1	>0-1%	1%
2	>1-5%	3%
3	>5-15%	10%
4	>15-25%	20%
5	>25-50%	37,5%
6	>50-75%	62,5%
7	>75-100%	87,5%

Vertikale Vegetationsstruktur (Vegetationsdichte)

Nach VÖLKL et al. (2008) besitzt vor allem die Dichte der Vegetation in den mittleren Schichten (10-70cm) eine hohe Bedeutung für das Vorkommen der Wirtsameisen. Zur Beurteilung des raumstrukturellen Einflusses auf das bodennahe Mikroklima, erfolgten daher in jeder Probefläche zwei repräsentative Aufnahmen der vertikalen Vegetationsdichte, um die für das Habitat typische strukturelle Spanne abzudecken. Als Aufnahmeverfahren wurde eine durch FRICKE (1991) entwickelte Methode verwendet, bei der die Vegetationsdichte fotografisch dokumentiert und anschließend mit einer geeigneten Software ausgewertet wird. Dazu wurde eine weiße Styropor-Wand mit den Außenmaßen 120x120cm (vgl. BRÄU et al. 2006) durch waagerechte Horizontlinien in 10cm Intervall-Abstände unterteilt und senkrecht in die Vegetation aufgestellt (Abbildung 8). In einem Abstand von 200cm wurde dann mit einer Digitalkamera in 70 Höhe ein ca. 50 cm breiter Abschnitt der Vegetation möglichst formatfüllend fotografiert. Der Abschnitt zwischen dem fotografierten Bereich und der Digitalkamera wurde mit einer Plane abgedeckt, um ein Entfernen der Vegetation zu umgehen. Die Aufnahmen wurden bei Gegenlicht durchgeführt um eine Schattenbildung der Vegetation auf der Styropor-Wand zu vermeiden. Die Auswertung der Bilder wurde mit dem Programm ADOBE® PHOTOSHOP® 7.0 durchgeführt. Die Bilder wurden zuerst eingelesen



und dann die einzelnen 10x120cm großen Bereiche ausgeschnitten. Für jeden Bereich konnte über die Histogramm-Funktion die Gesamt- und die Pixelzahl der Vegetation ermittelt werden. Der prozentuale Anteil der Vegetation wurde aus dem Verhältnis zur Gesamt-Pixelzahl berechnet.

Zusätzlich zu der digitalen Erfassungsmethode, wurde vergleichend die in BRÄU et al. (2005) beschriebene Sichtschätzung durchgeführt.

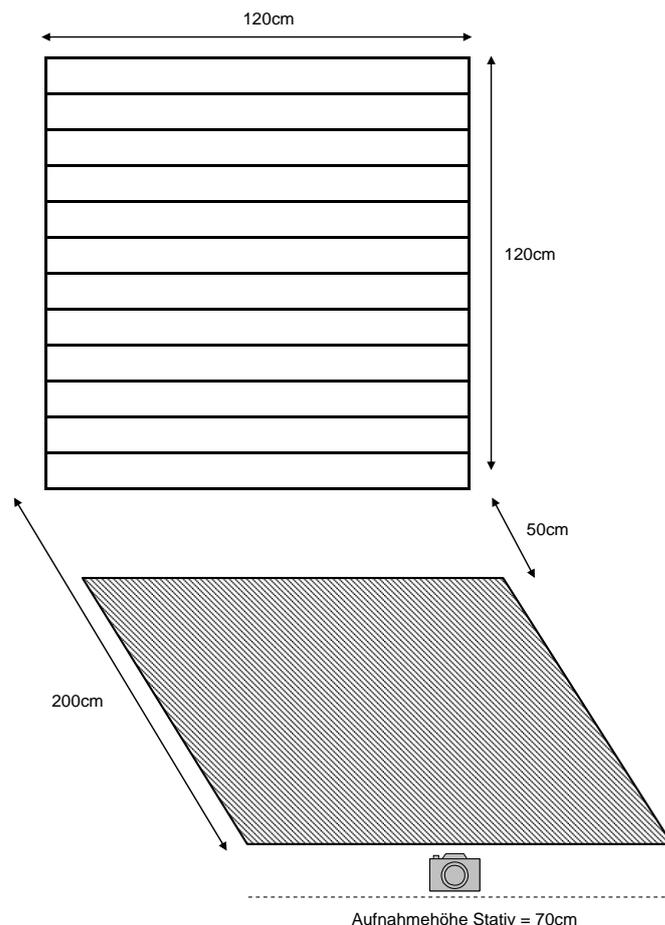


Abbildung 8: Versuchsanordnung zur Messung des Raumwiderstandes (nach KOCH, 2009)

4.3.3 Nutzungstypisierung

Die Habitate von *Maculinea nausithous* und *Maculinea teleius* sind i.d.R. durch extensive Nutzungsweisen gekennzeichnet. Innerhalb der untersuchten Flächen lassen sich dabei nachfolgend genannte Nutzungsregime unterscheiden:

Die Typisierung der Nutzung erfolgte nach BRÄU et al. (2005) in folgenden Kategorien:

- zweischürige Mahd mit unterschiedlichen Schnittzeitpunkten
- einschürige Sommermahd
- einschürige Herbstmahd (i.d.R. September)



- Brache (vieljährige Brache, erkennbar an Verbultung und Aufwuchs älterer Gehölze)

Die gegenwärtige Nutzung wurde zunächst nach dem Geländeeindruck klassifiziert. Ergänzend wurde versucht, die für die Fläche übliche Nutzung (Nutzungshistorie) bei den unteren Naturschutzbehörden, Landnutzern, Naturschutzverbänden oder Landschaftspflegeverbänden zu recherchieren.

4.3.4 Entnahme von Blütenköpfchen der Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis*

Zur Untersuchung des Eiablageverhaltens der beiden *Maculinea*-Arten wurde die Belegungsrate von Blütenköpfen der Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis* durch die Entnahme von 50 Blütenköpfen je Probefläche eines Transektes (6 bzw. 4 x 10 bzw. 20 m) ermittelt (Insgesamt: 200 Stk. / Probefläche). Sofern sich innerhalb der vordefinierten Probefläche keine ausreichend große Anzahl an Blütenköpfchen finden ließ, wurde die Entnahme auf die seitlich angrenzenden Bereiche ausgeweitet.

Der einmalige Erfassungstermin richtete sich nach der regionalspezifischen Phänologie beider *Maculinea*-Arten. Sowohl *Maculinea teleius* als auch *M. nausithous* fliegen in den meisten Gebieten Bayerns ab Anfang Juli bis Mitte / Ende August in einer Generation, wobei sie bei *M. teleius* z.T. wenige Tage eher beginnt und entsprechend früher endet (EBERT & RENNWALD 1991, BRÄU 2001). Die Hauptflugzeit beider *Maculinea*-Arten liegt zwischen Ende Juli und Anfang August (EBERT & RENNWALD 1991). Die südbayerischen Untersuchungsflächen, die dem südlichen Teil des voralpinen Hügel- und Moorlandes zu zuordnen sind, beherbergen dagegen früher fliegende Populationen, deren Flugzeit i.d.R. vier Wochen früher beginnt als in den meisten anderen bayerischen Gebieten (BRÄU 2001). So konnten VÖLKL et al. (2008) bei Penzberg bereits ab Ende Mai Imagines beider Arten sichten. Wie eine Auswertung der landesweiten Fundmeldungen aus der Datenbank des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (ASK) von denselben Autoren zeigt, liegt die Hauptflugzeit von *M. teleius* dabei zwischen Anfang und Ende Juli und in Bezug auf *M. nausithous* zwischen Mitte Juni und Mitte / Ende Juli.

Der Schlupf der Falter erfolgt dabei fast über die gesamte Flugperiode, wobei bereits ab dem ersten Tag mit der Eiablage begonnen wird (ELMES & THOMAS 1987). Die Raupen schlüpfen etwa nach vier bis 10 Tagen und durchlaufen bis zum Verlassen der Wirtspflanze (4. Larvenstadium) eine zwei- bis dreiwöchige Entwicklungsphase (THOMAS et al. 1989, FIEDLER 1990).

Der Phänologie beider Arten folgend, wurde für die Entnahme von Blütenköpfchen in allen Untersuchungsgebieten ein möglichst später Termin gewählt um unnötige Verluste von Präimaginalstadien zu vermeiden (Tabelle 6). Dazu wurden die Blütenköpfe in den nordbayerischen Untersuchungsgebieten Ende August / Anfang September und in den



südbayerischen Gebieten Mitte / Ende August entnommen. Mit diesem Zeitpunkt wird gewährleistet, dass die meisten *Maculinea*-Raupen bereits das 3. Stadium erreicht und Blütenköpfchen verlassen haben (vgl. FIEDLER 1990).

Für alle Untersuchungsgebiete wurden für die Entnahme von Blütenköpfen der Wirtspflanze *S. officinalis* in den jeweiligen Regierungsbezirken entsprechenden Ausnahmegenehmigungen von den Verboten des § 44 BNatSchG eingeholt.

Tabelle 6: Naturraumbezogene Erfassungszeitpunkte für die Köpfchenuntersuchungen (vgl. BRÄU et al. 2004)

Naturraum	Flugzeit Imagines	Köpfchenentnahmen	Untersuchungsgebiete
Ammer-Loisach-Hügelland	ab 15.06 (frühfliegende Populationen <i>M. teleius</i> / <i>M. nausithous</i>)	Mitte Juli bis Anfang August	Penzberg, Sindelsdorf
	ab 15.06 (<i>M. teleius</i>) / ab 15.07 (<i>M. nausithous</i>)*		Raisting
Inn-Chiemsee-Hügelland, Münchener Ebene	ab 15.07 (spätfliegende Populationen <i>M. teleius</i> / <i>M. nausithous</i>)	Mitte bis Ende August	Ostermünchen, Freising
Haßberge, Steigerwald, Sandsteinspessart	ab 15.07 (spätfliegende Populationen <i>M. teleius</i> / <i>M. nausithous</i>)	Ende August	Lauter-Appendorf, Aurachtal, Spessartwiesen

* Niederbichler, mündl. Mitteilung

Zur Vermeidung von Artefakten erfolgte die Blütenkopffentnahme nicht selektiv, sondern in Form ganzer und gut zugänglicher Wiesenknopfpflanzen (vgl. BRÄU et al. 2005). Bei der Wahl der Wiesenknopfpflanzen wurde auf eine repräsentative Auswahl bzgl. Größe der Pflanzen, Größe der Köpfchen und Blühzustand der Köpfchen geachtet. Dabei wurden auch unterschiedliche Präferenzen beider Arten bzgl. der Eiablage an Blütenköpfen berücksichtigt (vgl. FIGURNY & WOYCIECHOWSKI 1998) und sowohl Pflanzen mit jungen, kurzen bodennahen Blütenköpfen (*M. teleius*) als auch solche mit älteren und größeren sowie höher am Boden befindlichen Blütenköpfen (*M. nausithous*) abgesammelt.

Während der Entnahme im Gelände wurden folgende Parameter festgehalten:

- Wuchshöhe je Pflanze (cm)
- Knospenzahl je Pflanze (inkl. derjenigen die nicht nach Raupen untersucht wurden)
- Anzahl Stängel/Triebe je Pflanze

Die Wiesenknopfpflanzen wurden nummeriert, eingefroren und zu einem späteren Zeitpunkt unter einem Auflichtungsmikroskop untersucht. Da auf einigen Transekten (insb. mit frühblühender Varietät des Großen Wiesenknopfs) gesammelte Blütenköpfchen während



des Transports und der späteren Untersuchung zerfielen, wurde auch der Bodensatz der jeweils betroffenen Proben auf Präimaginalstadien und Fraßspuren hin untersucht.

Während der nachträglichen Bestimmung wurden in Anlehnung an BRÄU et al. (2005) zusätzlich nachfolgende Parameter festgehalten, die u.a. als Kriterien zur Beurteilung der Wirtspflanzenvitalität herangezogen werden:

- Lage des Köpfchens an Pflanze (Terminaltrieb oder Seitentrieb)
- Köpfchengröße in mm
- Phänologischer Zustand des Blütenkopfs (geschlossene Knospen, verblühte Knospen)
- Anzahl an Eifunden (siehe Abbildung 12)

Die Raupenfunde wurden nach Art und Entwicklungsstadium klassifiziert. Dazu wurde der Raupenbestimmungsschlüssel von ŚLIWIŃSKA et al. (2005) verwendet, mit dem auch die Raupen im 2 und 3 Larvenstadium zu bestimmen sind. Bei den angestochenen Blütenköpfen die keinen Raupenbesatz aufweisen, erfolgte anhand des charakteristischen Fraßbildes ein Rückschluss auf die Artzugehörigkeit. So ist bekannt, dass sich die Raupen von *M. teleius* in einem Gang entlang der Blütenstempel aufhalten (ELMES & THOMAS 1987; siehe Abbildung 11), während sich jene von *M. nausithous* hingegen in den Fruchtknoten einer Einzelfrucht einbohren (GARBE 1991).

Auf diese Weise war ein Vergleich der Anzahl noch in den Blütenköpfen befindlicher Präimaginalstadien mit der Zahl der Raupen, die diese bereits verlassen haben möglich.

Insgesamt ergaben sich nach BRÄU et al. (2005) die folgenden Kategorien für die Klassifikation der Entwicklungsstadien:

- Anzahl L4-Raupen von *M. nausithous*
- Anzahl L4-Raupen von *M. teleius* (siehe Abbildung 10)
- Anzahl L3-Raupen von *M. nausithous* (siehe Abbildung 9)
- Anzahl L3-Raupen von *M. teleius*
- Anzahl L3-Raupen nicht bestimmbar
- Anzahl L2-Raupen von *M. nausithous*
- Anzahl L2-Raupen von *M. teleius*
- Anzahl L2-Raupen nicht bestimmbar



Abbildung 9: L3-Raupen von *M. nausithous* (Aufn. Koch, M. (2018))



Abbildung 10: L4-Raupe von *M. teleius* (Aufn. KOCH, M. (2018))



Abbildung 11: L3 – Raupe von *M. teleius* mit charakteristischem Fraßbild entlang der Blütenspindel (Aufn. KOCH, M. (2018))



Abbildung 12: Eihülle von *Maculinea*-Arten (Aufn. KOCH, M. (2018))

Zusätzlich vermerkt wurden Funde von eingegangenen Raupen (Totfunde) sowie erfolgreich entwickelte Raupen (Anzahl der Raupen von *M. nausithous* sowie *M. teleius*, welche die Blütenköpfchen erfolgreich im L4 – Stadium verlassen haben). Dies wurde anhand von Fraßbild, abgelegten L3 – Häuten und Kopfkapseln beurteilt.

Die Auswertung der Untersuchung konzentriert sich auf die Ebene einzelner Köpfchen, d.h. es werden jeweils die Köpfchen mit Funden von *M. teleius* den Köpfchen mit Funden von *M. nausithous* gegenübergestellt (vgl. BRÄU et al. 2006). Dies hängt ursächlich mit dem unterschiedlichen Eiablageverhalten beider Falter zusammen. So legt *M. nausithous* oft mehrere Eier hintereinander auf dasselbe Köpfchen ab (WYNHOFF 2001), während *M. teleius* nur jeweils ein Ei abzulegen scheint. THOMAS (1984), ELMES & THOMAS (1987) sowie FIEDLER (1990) erklären dieses Phänomen dadurch, dass sich die wesentlich größeren Raupen von *M. teleius* im Unterschied zu *M. nausithous* i.d.R. nur in einem Blütenköpfchen entwickeln können. Dementsprechend werden in Blütenköpfchen von *S. officinalis* oft eine hohe Zahl an Eiern und Raupen von *M. nausithous* gefunden, während bei *M. teleius* eher selten mehr als eine Raupe in einem Köpfchen angetroffen wird bzw. das Stadium L4 erreicht (vgl. SCHIEFER & VÖLKL 2005).



In der Anzahl an Raupen und Fraßspuren innerhalb der Köpfchen spiegelt sich daher weniger die tatsächliche Frequentierung der Wirtspflanze innerhalb eines Transektabschnittes durch die Falter wieder, als wenn dies auf der Ebene einzelner Köpfchen betrachtet wird (BRÄU et al. 2006).

4.3.5 Weitergehende Untersuchungen zur Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis*

4.3.5.1 Wirtspflanzenangebot, –vitalität und Blühphänologie

Zur Beschreibung von Zusammenhängen zwischen dem Vorkommen der beiden *Maculinea*-Arten und dem Vorkommen der Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis* wurde die Artmächtigkeit (Wirtspflanzenabundanz) für jede Probefläche in Anlehnung an BINZENHÖFER & SETTELE (2000) nach der Schätzskala in Tabelle 7 erhoben. Um auch Variationen in der Knospennmenge erfassen zu können, wurde die durchschnittliche Knospennzahl der *Sanguisorba officinalis*-Horste nach dem Schema in Tabelle 7 geschätzt.

Tabelle 7: BRAUN-BLANQUET-Skala zur Schätzung der Artmächtigkeit, erweitert nach PFADENHAUER et al. (1986) und Schätzungsklassen für die durchschnittliche Knospennzahl der *Sanguisorba officinalis*-Horste

Wirtspflanzenabundanz		Knospennzahl	
r	Einzelexemplar	1	1-5
+	2-5 Exemplare, Deckung < 5%	2	6-10
1a	6-50 Exemplare, Deckung 1-3%	3	11-50
1b	6-50 Exemplare, Deckung 3-5%	4	51-250
2m	> 50 Exemplare, Deckung < 5%	5	251-500
2a	beliebig, Deckung 5-15%		
2b	beliebig, Deckung 15-25%		
3	beliebig, Deckung 25-50%		
4	beliebig, Deckung 50-75%		
5	beliebig, Deckung 75-100%		

Da einige Autoren einen Zusammenhang zwischen der Blühphänologie der Wirtspflanzen *Sanguisorba officinalis* sowie dem Eiablage-Verhalten der *Maculinea*-Arten beschreiben (z.B. THOMAS 1984, ELMES & THOMAS 1987, FIGURNY & WOYCHIECHOWSKI 1998, THOMAS & ELMES 2001) wurde der Stand der Blütenentwicklung für jede Probefläche in Anlehnung an BRÄU et al. (2005) durch folgende Kategorien charakterisiert:

Tabelle 8: Klassifikation Blühphänologie

Blühphänologie	
1	Blütenknospen überwiegend geschlossen, wenige zur Eiablage verfügbar
2	viele Knospen in günstigem Eiablagezustand
3	überwiegend abgeblüht, nur wenige Knospen für Eiablage geeignet
4	Blühperiode beendet



4.3.5.2 Pflanzeninhaltsstoffe der Wirtspflanze

Maculinea-Raupen haben besondere morphologische, physiologische und ethologische Anpassungen entwickelt um die Adoptionswahrscheinlichkeit durch ihre Wirtsameisen zu steigern. Die *Maculinea*-Raupen sondern chemische Substanzen aus, mit denen Arbeiterinnen ihrer Wirtsameisen angezogen und besänftigt werden. So besitzt bspw. *Maculinea nausithous*, im 7. Abdominalsegment ein dorsales Nektarorgan (= Newcomersche Drüse). Die sezernierte Flüssigkeit, auch Raupennektar genannt, wird von den Ameisen sehr gern gefressen (MALICKY 1969, MASCHWITZ et al. 1975, COTTRELI 1984). Von anderen Bläulingsraupen ist dagegen eine Absonderung von Kohlenhydraten und Aminosäuren bekannt, die den Ameisen wiederum als Nahrung dienen (PIERCE & MEAD 1981, PIERCE 1983). Durch dieses „chemische Mimikry“ behandeln die Arbeiterinnen der Wirtsameisen die Raupen wie ihre eigene Brut (ELMES et al. 2002). Um die o.g. Sekrete zu produzieren, müssen sich Raupen von qualitativ hochwertigen Nahrungspflanzen ernähren oder stickstoffreiche Pflanzenteile wie z.B. Blüten zu sich nehmen (ANTON et al. 2007). PIERCE & ELGAR (1985) stellte in diesem Zusammenhang die Vermutung auf, dass myrmekophile Lycaeniden, die sich auf stickstoffreiche Pflanzen spezialisiert haben, einen Evolutionsvorteil genießen und eine Präferenz für proteinreiche Nahrungsquellen entwickelt haben könnten. Tatsächlich zeigen die Ergebnisse der Studie von PIERCE & ELGAR (1985), dass unter australischen, südafrikanischen sowie nordamerikanischen Lycaenidae Ameisenassoziationen stark mit dem Verbrauch von z.B. stickstofffixierenden Pflanzen korrelieren.

Dies wirft die Frage auf, ob sich der Stickstoffgehalt in der Wirtspflanze *S. officinalis* von Raupen der europäischen *Maculinea*-Gattungen *M. teleius* und *M. nausithous* auf die Adoption durch *Myrmica*-Wirtsameisen auswirken kann und dies vermutlich bereits bei der Selektion geeigneter Eiablagepflanzen durch erwachsene Falter eine Bedeutung besitzt. Um dieser Frage nachzugehen und die Hypothese zu testen, ob standortbedingte Unterschiede des Stickstoffgehalts von *Sanguisorba officinalis* eine Bedeutung für die artspezifische Larvalhabitatnutzung besitzen können, erfolgte in den Untersuchungsgebieten Penzberg, Sindelsdorf und Freising eine Bestimmung des Gesamtstickstoffgehaltes anhand der entnommenen Blütenköpfe.

Der Gesamtstickstoffgehalt wurde in diesem Zusammenhang über den Anteil der Trockensubstanz (TS) in den Blütenkopf-Proben ermittelt. Dazu wurden die Blütenkopf-Proben zunächst bei 105°C getrocknet. Der Stickstoffgehalt wurde dann nach der „Kjedahl-Methode“ bestimmt.



4.3.6 Köderfänge von Wirtsameisen

Zur Einschätzung der Adoptions-Wahrscheinlichkeit der *Maculinea*-Arten durch ihre Wirtsameisen wurden Köderfänge durchgeführt anhand derer sich die Aktivitätsdichte der Ameisen ermitteln lässt. Dazu wurden in jeder Probefläche eines Transektes 15 Zuckerköder in 3 Reihen mit Abständen von jeweils 2 bzw. 4 m ausgelegt („2 m-Raster“ und „4 m-Raster“). Der Abstand zwischen den Köderreihen der einzelnen Probeflächen betrug mindestens 4 m. Insgesamt ergab sich so eine Anzahl von 60 Ameisenködern pro Untersuchungsfläche.

Die Köderfänge wurden parallel zu dem Zeitpunkt der Blütenköpfchenentnahme durchgeführt. Die Auslegung der Köder erfolgte in den frühen Vormittagsstunden in zuvor ausgegrabene kleine Mulden (Störstellen). Nach ca. 30 min wurden die Köder kontrolliert. Dabei wurden die am Zucker angetroffenen Ameisen nach BRÄU et al. (2006) in geschätzte Häufigkeitsklassen (0; 1-5; 6-10; 11-20; über 20 Individuen) eingestuft und etwa 2-3 Ameisen pro Zucker zur Artbestimmung im Labor in 74%igem Alkohol konserviert. Damit möglichst vollständig alle Arten erfasst werden, wurden die Zuckerköder mit der darum liegenden Streu vollständig aufgenommen und zunächst in einen flachen Behälter gelegt. Dort erfolgt dann selektiv eine Entnahme der einzelnen sichtlich zu unterscheidenden Ameisen-Gattungen. Zuckerstücke ohne Ameisenanlauf wurden an ihrer Position liegen gelassen und nach Abschluss des ersten Erfassungsganges (ca. 45 Minuten nach dem Auslegen) noch einmal kontrolliert. Sofern immer noch keine Ameisen am Köder zu finden sind, wird ein 0-Fund notiert.

Die Bestimmung der Arten erfolgte nach dem Standardwerk „Die Ameisen Mittel- und Nordeuropas“ (SEIFERT 2007).

4.3.7 Statistische Auswertungen

Für einfache Vergleiche und die Ermittlung von signifikanten Unterschieden in der Belegungsrate der Blütenköpfchen zwischen den untersuchten Transektabschnitten wurden Signifikanztests durchgeführt. Für den Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstest wurde der öffentlich zugängliche „Chi-Square Test Calculator“ von „Social Science Statistics“ verwendet. Von dem gleichen Administrator wird auch der Easy Fisher Exact Test Calculator angeboten, der für die Bestimmung der statistischen Signifikanz bei Kreuztabellen-Vergleichen verwendet wurde. Der Fisher's Exact Test gilt als extrem konservativ und erkennt nur in seltenen Fällen eine statistisch signifikante Assoziation (DORMANN & KÜHN 2009).

Um Zusammenhänge zwischen dem Vorkommen der beiden *Maculinea*-Arten und den erhobenen Habitatparametern aufzudecken wurden mehrere separate multivariable Regressionsmodelle mit dem Programm SPSS 24.0 für Windows durchgeführt. Im Zuge des



Modellaufbaus erfolgt eine schrittweise Selektion, bei der irrelevante Variablen ausgeschlossen und solche, die den größten Teil der Varianz der Zielvariablen erklären, eingeschlossen wurden.

Ergänzend dazu wurden die Artdaten und insgesamt 34 Umweltvariablen, welche u.a. das Wirtsameisen- und Wirtspflanzenvorkommen, Standorteigenschaften mittels floristischen Zeigerwerten, die Vegetations- und Nutzungsstruktur beschreiben, einer Dimensionsreduktion in Form einer Hauptkomponentenanalyse (PCA: „Principal components Analysis“) unterzogen. Die PCA wurde mit dem öffentlich zugänglichen Programm Past 3.18 (HAMMER et al. 2001) durchgeführt.

Um eine bessere Passform des Modells zu erhalten wurden Art- und Umweltvariablen zuvor mit dem Programm Microsoft® Excel® 2016 MSO transformiert. Prozentuale Werte wurden dabei einer Arcussinus Quadratwurzel-Transformation unterzogen. Die verbleibenden Variablen wurden aufgrund ihrer zum überwiegenden Teil Rechtslastigkeit einer logarithmischen Transformation unterzogen. Für Nullwerte wurde statt $\log(y)$ $\log(y+c)$ berechnet, wobei c halb so groß wie der kleinste Wert von y gewählt wurde (vgl. DORMANN & KÜHN 2009).

Die Art- und Umweltvariablen wurden darüber hinaus einer Standardisierung unterzogen, um die unterschiedlich skalierten, quantitativen Daten untereinander vergleichbar zu machen. Die Standardisierung wurde mit der gängigen z-Transformation unter dem Programm Microsoft® Excel® 2016 MSO durchgeführt.



5 Ergebnisse

5.1 Untersuchungsgebiet Penzberg

Im Untersuchungsgebiet Penzberg wurde am 16.07.2011 ein 52 x 20 m großes Transekt mit 4 Probeflächen (6 x 10 m) eingerichtet. Der Abstand zwischen den Probeflächen war abhängig von den Geländegegebenheiten und betrug ca. 9 m. Die genaue Lage und Flächenaufteilung sind den Anhängen A und B zu entnehmen. Die Einrichtung des Transekts gestaltete sich als schwierig, da die Wirtspflanze *S. officinalis* recht heterogen über die gesamte Untersuchungsfläche verteilt war. Während es an Randstrukturen mit ausreichendem Vorkommen von *S. officinalis* nicht mangelte, war in den zentralen Bereichen der Streuwiese *S. officinalis* so gut wie nirgends in ausreichendem Maße für die Entnahme einer Stichprobe von 50 Blütenköpfchen (der vermuteten Mindestzahl für aussagekräftige Ergebnisse) vertreten. Entgegen der idealisierten Transektaufteilung (Gradient von wüchsigen Randbereichen in flachwüchsige Zentralbereiche) wurde das Transekt daher so eingerichtet, dass beide Seiten Randstrukturen umfassen (PF1 und PF4), während sich in der Mitte das flachwüchsige Zentrum (PF2) befindet. Der Randbereich der PF1 umfasst dabei einen gehölznahen und stärker verschilften Bereich, während sich die PF4 vor einem gekiesten Gehweg befindet. In beiden Fällen wirken sich Randeffekte auf die Vegetationsstruktur aus. Die PF3 bildet einen Übergangsbereich zwischen Zentrum und Rand, der sich durch die Nähe zu einem kleinen Graben im Gelände optisch durch wüchsiger Vegetationsstrukturen vom Zentrumsbereich abhebt. Durch diesen Kompromiss bei der Transektaufteilung konnte in allen Probeflächen ein ausreichender Deckungsgrad der Wirtspflanze erreicht werden.

Um geeignete Bereiche mit syntopen Vorkommen von *Maculinea teleius* und *M. nausithous* zu finden, wurde bei der Flächenauswahl auf Daten von BRÄU et al. (2005, 2006) zurückgegriffen. Diesen zur Folge existieren in Penzberg Populationen beider Ameisen-Bläulinge, mit verhältnismäßig großen Populationen von *M. teleius*. Die ansässigen Populationen gehören zu den frühfliegenden Populationen, d.h. die Flugzeit beider Arten beginnt ab Mitte Juni.

Bezüglich der Nutzung werden die im Untersuchungsgebiet Penzberg ausgewählten Transektbereiche durch eine einschürige Mahd ab Anfang September bewirtschaftet.

5.1.1 Habitateigenschaften

Pflanzensoziologische Beschreibung

Auf dem Transekt Penzberg lassen sich auf kleinräumiger Ebene verschiedene pflanzensoziologische Einheiten differenzieren. In den Randbereichen (Probefläche 1)



dominieren über kalkreichen Grundwasserböden Kleinseggenarten und Schilf und vermitteln zu Gesellschaften des *Caricion* und *Phragmition* (siehe Abbildung 13). Flächeneinwärts nehmen die Deckungsgrade des Pfeifengrases (*Molinia caerulea*) zu. Dazu verteilen sich über den gesamten zentralen Wiesenbereich (Probefläche 2) regelmäßig, aber mit geringen Deckungsgraden, Arten der Feuchtwiesen (*Calthion*) und Feuchtwiesensäume (*Filipendulion*). Durch das stete Auftreten von Verbands-Kennarten des *Molinion* und der Dominanz des Pfeifengrases, liegt jedoch eine Zuordnung zu den Pfeifengraswiesen (*Molinietum caeruleae* OBERDORFER 1957) nahe. Stellenweise ist mit dem Auftreten des Schwalbenwurz-Enzians (*Gentiana asclepiadea*) die präalpine *Gentiana-asclepiadea*-Rasse des *Molinietum caeruleae* (OBERDORFER 1957) zu erkennen. Im weiteren Verlauf des Transektes (Probefläche 3 und 4) nehmen mesophile Frischwiesenarten an Deckung zu, so dass sich vermutlich aufgrund der Drainwirkung des anschließenden Grabens, Übergänge zum *Arrhenatherion* ergeben. Der Feuchtegradient des Transekts spiegelt sich auch in den gewichteten mittleren Zeigerwerten wieder, die von der Probefläche PF1 bis zur PF4 von 6,0 auf 5,6 abnehmen (siehe Anhang D).

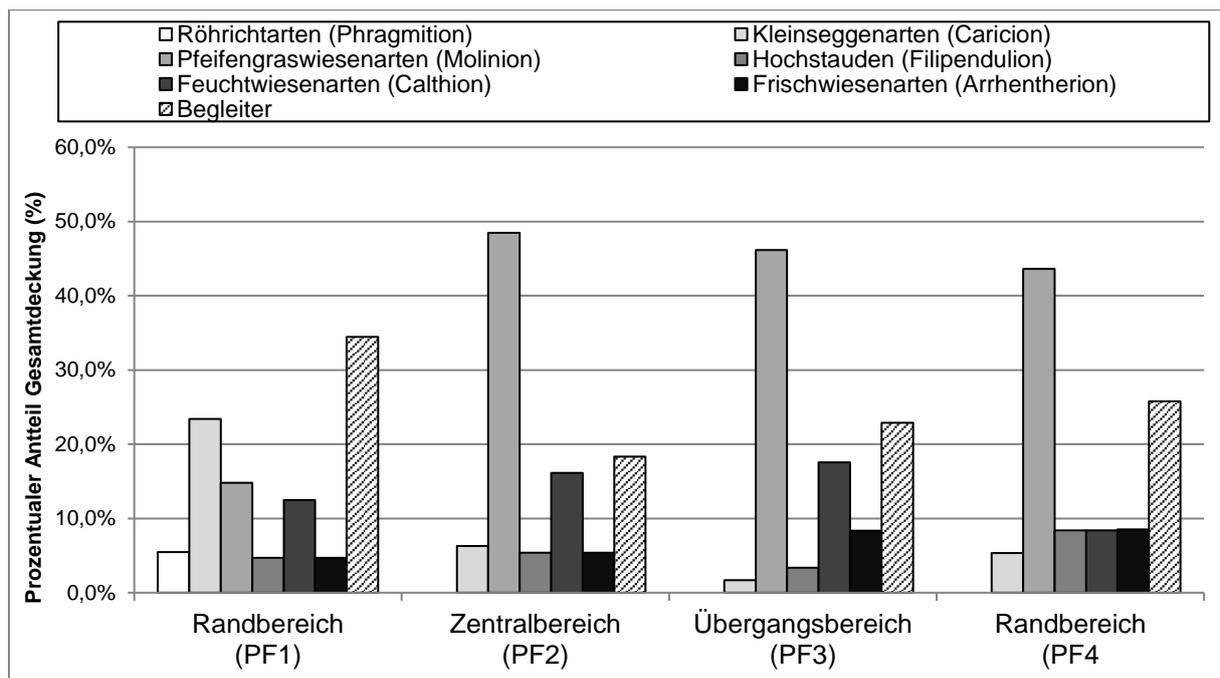


Abbildung 13: Prozentuale Anteile pflanzensoziologischer Artengruppen an der Gesamtdeckung entlang des Transekt Penzberg

Floristisch-strukturelle Beschreibung

Die einzelnen Probeflächen des Transekts unterschieden sich optisch im Gelände hinsichtlich der Vegetationszusammensetzung deutlich (Randbereiche anschließend an Graben bzw. Weg mit trockeneren Bodenverhältnissen). Hinsichtlich der Dichte der Vegetationsstruktur bestehen teilweise deutliche Unterschiede zwischen den Randstrukturen



der Probefläche PF1 und den anschließenden Probeflächen (siehe Abbildung 14). Während die unterste, bodennahe Schicht (0-10 cm) auf allen Probeflächen gleich dicht ausgeprägt ist, zeichnet sich die in Gehölznähe befindliche PF1 nicht nur durch eine dichtere Unter- und Mittelschicht aus, sondern auch durch eine stärkere Vertikalgliederung, die durch den Schilfaufwuchs bedingt wird. Die Vegetationsdichte liegt auf der PF1 dementsprechend bis in 60-70 cm Höhe um ca. 25-30% höher als auf den übrigen Probeflächen. Im weiteren Verlauf des Transekt nimmt die Dichte der Unterschicht zunächst ab und steigt dann zur randlich gelegenen Probefläche PF 4 wieder leicht an. Merkliche Randeffekte durch die Nähe zu einem angrenzenden Gehweg waren auf der Probefläche PF 4 jedoch nicht messbar.

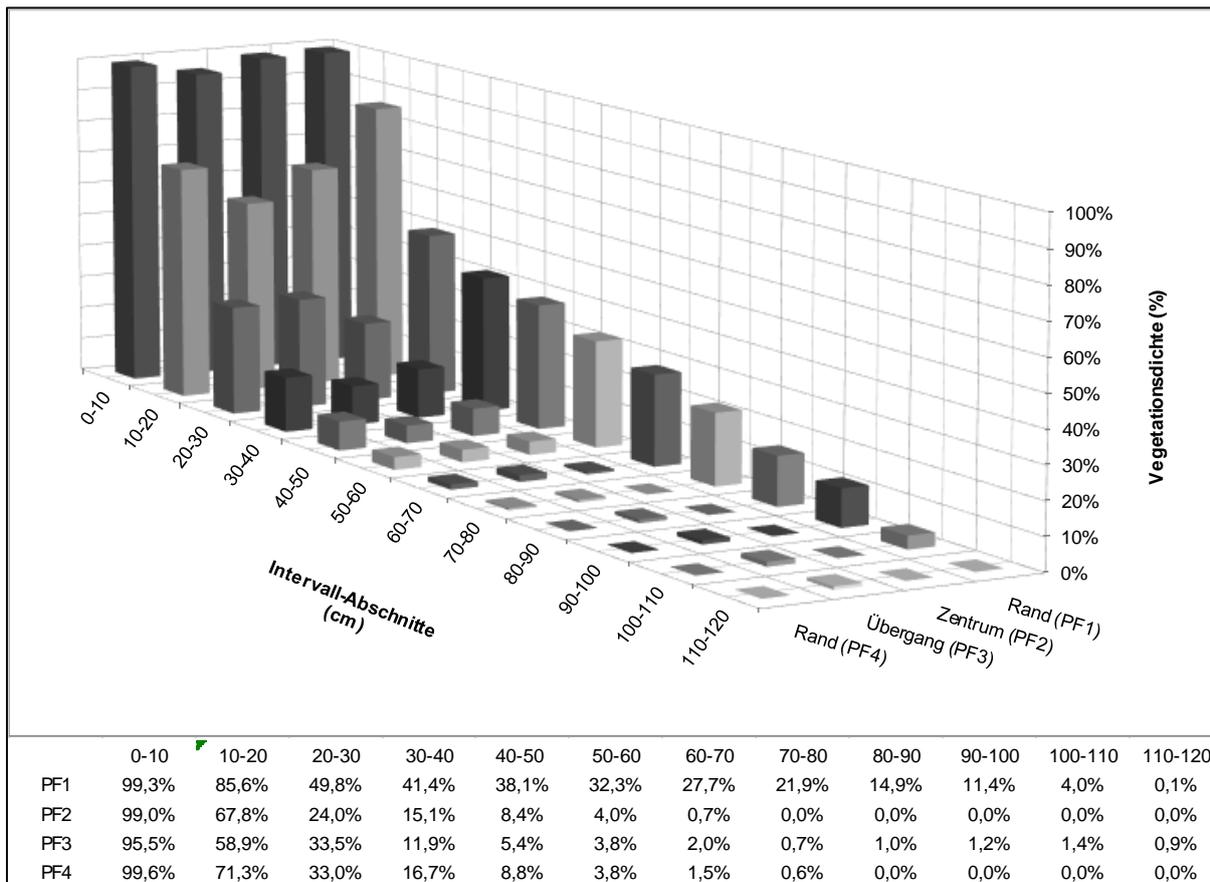


Abbildung 14: Ergebnisse der Vegetationsdichtemessungen auf dem Transekt Penzberg

5.1.2 Wirtsameisen

Die Ergebnisse der Ameisen-Köderfänge zeigen auf den PF1, PF2 und PF4 eine Dominanz von *M. scabrinodis*, die an 80 – 100 % der Zuckerstücke geködert werden konnte (siehe Abbildung 15). Hingegen konnte auf der PF3 jeweils an 8 Zuckerködern *M. scabrinodis* und *M. rubra* und an 4 Ködern *M. ruginodis* nachgewiesen werden (siehe Abbildung 12). Daraus ergibt sich bezogen auf die Anlaufquote ein recht homogenes Bild mit jeweils etwa 50% für *M. scabrinodis* und *M. rubra*. Betrachtet man die absolute Häufigkeit fällt jedoch auf, dass *M. rubra* und *M. ruginodis* an einzelnen Ködern mit weitaus mehr Individuen nachgewiesen



werden konnten (Abbildung 16). Ohne Relevanz für die untersuchten *Maculinea*-Arten bleibt der Nachweis einer unbestimmten *Lasius*-Art auf der PF1, die an 3 Zuckerstücken nachgewiesen werden konnte.

Wenngleich die Vegetationsstrukturmessungen insbesondere im Randbereich PF1 einen höheren Anlauf von *M. rubra* vermuten lassen würden, spiegeln die Ameisenköderfänge ein anderes Bild wieder. Ein möglicher Erklärungsansatz könnte darin liegen, dass die PF3 stärker durch Randeffekte eines anschließenden Grabens beeinflusst wird und einem anderen Mahdregime als die übrige Fläche unterliegt. So wäre bei feuchter Witterung eine Aussparung der Grabenränder von der jährlichen Mahd denkbar, wodurch eine stärkere Verbrachung gefördert wird. Auch entwässern Gräben stärker zu angrenzenden Wiesenbestände hin, wodurch eine Zunahme von Frischwiesenarten begünstigt wird.

Das nachfolgende Diagramm stellt die Anlaufquoten in Prozent dar, während die darauffolgende Abbildung die einzelnen Köderfänge lokalisiert und Angaben zur Häufigkeit der einzelnen Arten enthält.

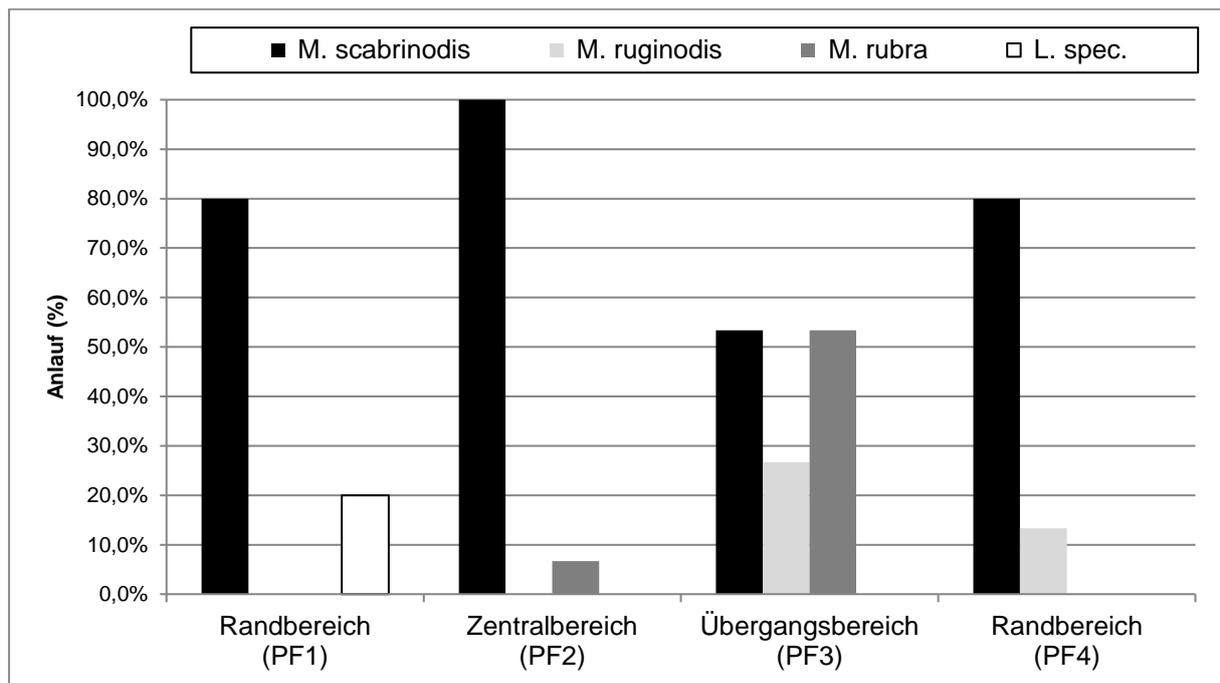


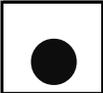
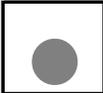
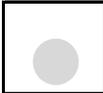
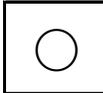
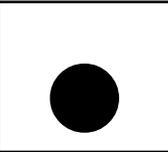
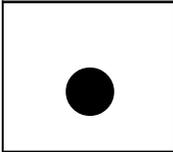
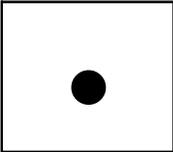
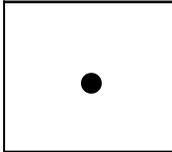
Abbildung 15: Ameisen-Anlaufhäufigkeiten auf dem Transekt Penzberg



Abbildung 16: Ergebnisse der Ameisen-Köderfänge auf der Probefläche Penzberg

Randbereich (PF 1)			Zentralbereich (PF 2)			Übergangsbereich (PF 3)			Randbereich (PF 4)		
●	○	●	●	●●	●	●	●●	●	●	●●	●
●	●	○	●	●	●	●	●	●		●	●
●	●	○	●	●	●	●	●	●●	●		●
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	●	●	●	●	●	●●●	●●	●	●	●	●

Legende:

 <i>Myrmica scabrinodes</i>	 <i>Myrmica rubra</i>	 <i>Myrmica ruginodes</i>	 <i>Lasius spec</i>
 > 20	 11-20	 6-10	 1-5



5.1.3 Wirtspflanzen

5.1.3.1 Wirtspflanzenangebot

Die Verteilung der Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis* bekräftigt das bisherige Bild, wonach Randeffekte auf dem Transekt Penzberg am stärksten auf dem grabennahen Übergangsbereich der PF3 auftreten (siehe Abbildung 17). So konnte *S. officinalis* auf der PF3 mit etwa doppelt so hohen Deckungsgraden als auf dem Rest des Transekts nachgewiesen werden. Ein möglicher Erklärungsansatz ist die stärkere Mineralisierung der grundwassergeprägten Böden durch Entwässerungseffekte des anschließenden Grabens und damit eine höhere Nährstoffverfügbarkeit für *S. officinalis*.

Trotz Unterschiede im Deckungsgrad, blieb die mittlere Knospenzahl jedoch über das gesamte Transekt konstant bei der Klasse 11 – 50 Knospen.

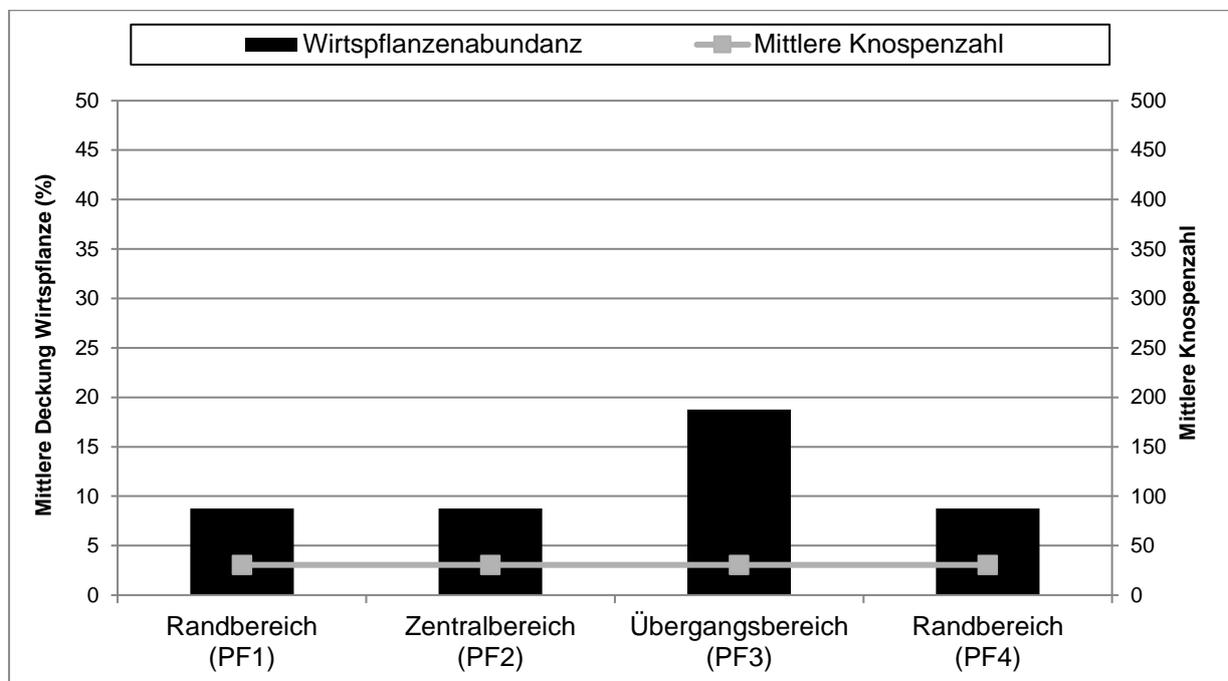


Abbildung 17: Wirtspflanzen- und Knospenangebot auf dem Transekt Penzberg

5.1.3.2 Stickstoffgehalt

Die höchsten Stickstoffgehalte in den Blütenkopf-Proben der Wirtspflanze *S. officinalis* konnten auf der Probefläche PF4 ermittelt werden, die sich in Nähe des angrenzenden Weges befindet (siehe Abbildung 18). Die geringsten Stickstoffgehalte wurden dagegen im gehölznahen Randbereich (PF1) ermittelt.

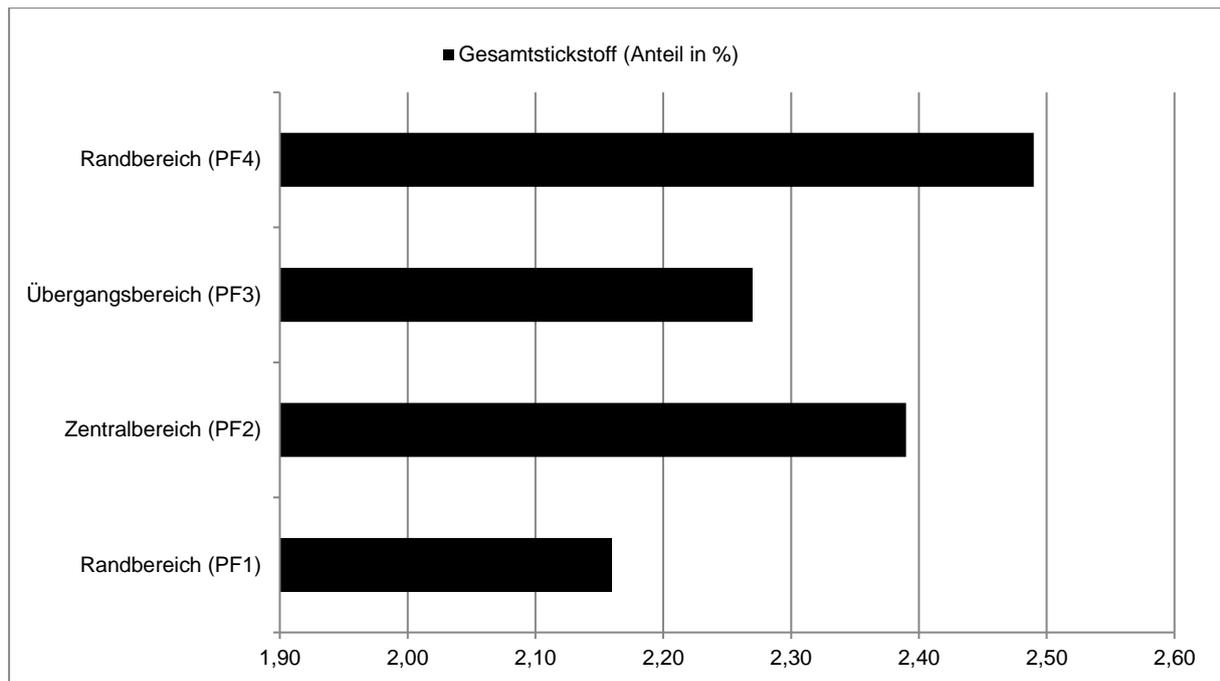


Abbildung 18: Gesamtstickstoffgehalt auf der Probestfläche Penzberg

5.1.4 Köpfchenuntersuchungen

Insgesamt konnten auf dem Transekt Penzberg in 200 Blütenköpfchen 55 Raupen eindeutig bestimmt werden, bei drei Raupen war dies nicht mehr möglich. In weiteren 16 Köpfchen wurden nicht unterscheidbare Fraßspuren festgestellt. Die Mehrzahl der Blütenköpfchen in allen Transektabschnitten war nicht belegt (siehe Abbildung 19). In keinem Fall befanden sich Raupen beider Arten innerhalb eines Köpfchens, gleichwohl muss darauf hingewiesen werden, dass eine Unterscheidung früher Larvalstadien bzw. von Eiern schwierig bzw. nicht möglich ist.

Die Größe der belegten Blütenköpfchen umfasste den Bereich von 8 bis 18 mm, die Wuchshöhe der Pflanzen lag zwischen 31 und 65 cm. Während sich die Raupen von *M. teleius* fast ausschließlich an Terminalknospen befanden, wurden von *M. nausithous* auch einige Seitentriebe belegt, was sich mit den Beobachtungen anderer Autoren deckt (z.B. FIGURNY & WOYCIECHOWSKI 1998).

Die größte Anzahl an Raupen von *M. teleius* konnte mit 6 Raupen auf dem zweiten Transektabschnitt PF2 nachgewiesen werden. In den belegten Blütenköpfchen befand sich immer nur eine Raupe von *M. teleius*. Dabei wurden überwiegend L3-Raupen gefunden. In zwei Fällen deutete der Fund einer L4-Raupe sowie einer L3-Häutung auf eine erfolgreiche Entwicklung hin.

Vom optischen Eindruck im Gelände glich der Transektabschnitt PF2 am ehesten dem Zentralbereich einer Streuwiese, die notwendige Anzahl an Wiesenknoppfpflanzen im Transektabschnitt wurde hier nur mit Mühe erreicht. Generell fehlte die Wirtspflanze in



weiten Bereichen des Streuwiesenkomplexes und kam in größerer Anzahl überwiegend nur in Randbereichen vor.

Die beiden weiteren Transektabschnitte PF3 und PF4 lagen zwar von auffälligen Randstrukturen wie etwa Gehölz- und Brachestrukturen, Saum etc. am weitesten entfernt, aufgrund der räumlichen Nähe zu den beiden linearen Strukturen Graben und Gehweg unterschied sich jedoch der optische Eindruck im Gelände (s.o.). Der Grund sind vermutlich weniger nasse Standortbedingungen, die hier zudem das Vorkommen der Wirtspflanze begünstigen. In diesen beiden letzten Transektabschnitten konnte die höchste Anzahl an Raupen von *M. nausithous* erfasst werden, während von *M. teleius* nur 2 bzw. 1 Nachweis gelang. Besonders deutlich wird der Unterschied, wenn die Raupenfunde im prozentualen Verhältnis dargestellt werden (siehe Abbildung 20). In den von *M. nausithous* belegten Blütenköpfchen konnten als Maximum 3 Raupen gezählt werden. Bei der Mehrzahl der Raupen handelt es sich um L3-Stadien.

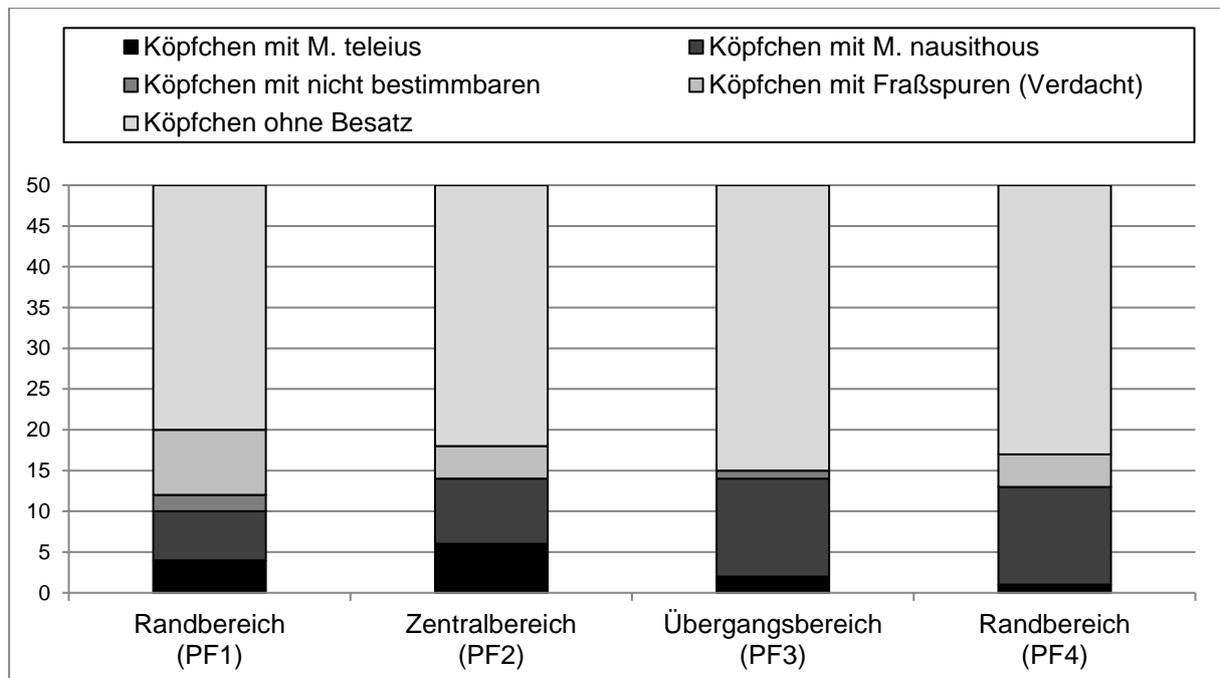


Abbildung 19: Ergebnisse der Köpfchenuntersuchung auf dem Transekt Penzberg

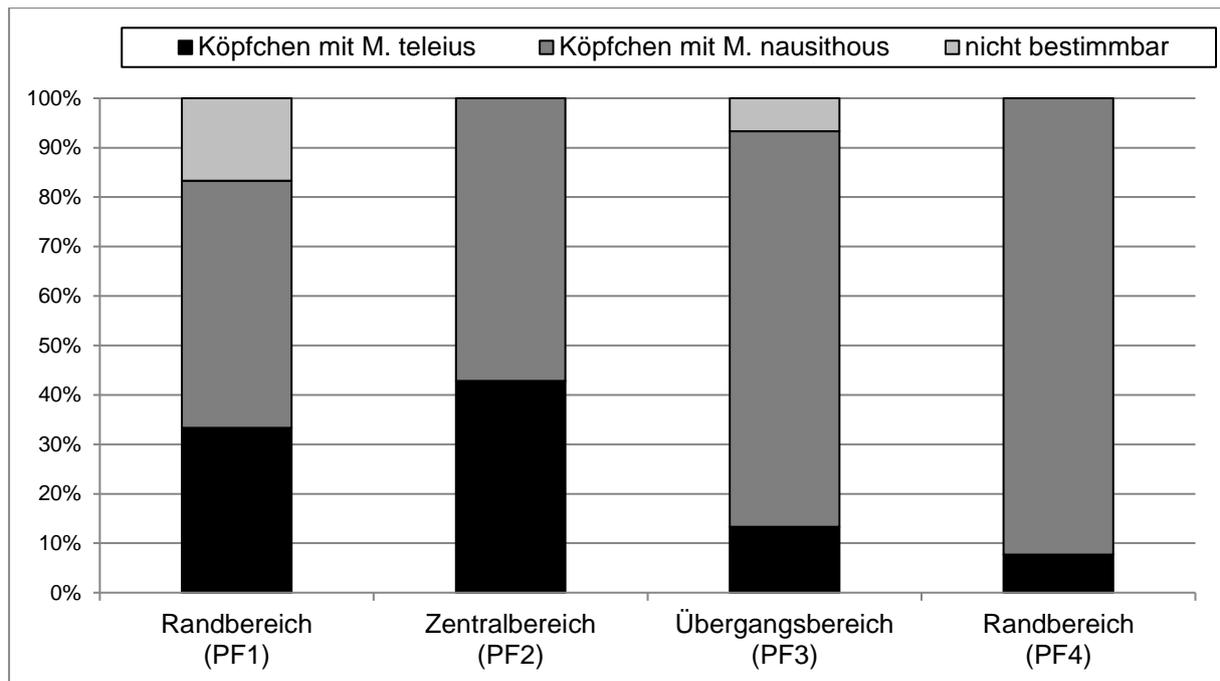


Abbildung 20: Prozentuale Verteilung der Köpfchen mit Raupen von *M. teleius* und *M. nausithous* entlang des Transekts Penzberg

Wie die Ergebnisse in Tabelle 9 zeigen ist der Unterschied der Belegungsrate der Köpfchen beider Falter sowohl über alle 4 Transektabschnitte als auch im direkten Vergleich des Transektabschnitts PF2, welcher zumindest von Vegetationszusammensetzung und –struktur dem Zentralbereich einer Streuwiese am nächsten kommt, mit den übrigen Transektabschnitten bei einer angenommenen Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % statistisch nicht signifikant. Der Vergleich des Zentralbereichs (PF2) mit dem Randbereich am Weg (PF4) kommt mit dem erhaltenen p-Wert von 0,07681 dem statistischen Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ jedoch bereits sehr nahe. Zwischen dem Zentralbereich (PF2) und dem verschilften Randbereich in Gehölznähe (PF1) sind die Verhältnisse der bestimmbar Raupen beider Arten jedoch wieder nahezu ausgeglichen. Ein eindeutiges Bild ergibt sich bei den vorliegenden Daten für Penzberg nicht. Gewisse methodische Unsicherheiten des Untersuchungsansatzes können nicht vollkommen ausgeschlossen werden (siehe bspw. Anteil nicht bestimmbarer Raupen sowie indifferentes Fraßbild in einigen Köpfchen in Abbildung 19), sollten jedoch die Ergebnisse nicht übermäßig beeinflussen. Höhere Belegungsraten der Blütenköpfchen mit (bestimmbaren) Raupen hätten jedenfalls statistisch signifikante Unterschiede leichter aufzeigen können.



Tabelle 9: Kreuztabellen (Fisher's Exact Test) sowie Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests für das Transekt Penzberg

Transektabschnitt	Köpfchen mit <i>M. teleius</i>	Köpfchen mit <i>M. nausithous</i>
Randbereich (PF1)	4	6
Zentralbereich (PF2)	6	8
Übergangsbereich (PF3)	2	12
Randbereich (PF4)	1	12
Ergebnisse	Chi-Quadrat = 6.4253; $p = 0,092655$ Nicht signifikant bei $p < 0,05$	

$p = 1$ (ns)	Zentralbereich (PF2)	Randbereich (PF1)
Anteil <i>M. teleius</i>	6	4
Anteil <i>M. nausithous</i>	8	6

$p = 0,2095$ (ns)	Zentralbereich (PF2)	Übergangsbereich (PF3)
Anteil <i>M. teleius</i>	6	2
Anteil <i>M. nausithous</i>	8	12

$p = 0,07681$ (ns)	Zentralbereich (PF2)	Randbereich (PF4)
Anteil <i>M. teleius</i>	6	1
Anteil <i>M. nausithous</i>	8	12

ns = nicht signifikant



5.2 Untersuchungsgebiet Sindelsdorf

Im Untersuchungsgebiet Sindelsdorf wurde am 21.07.2011 ein 36 x 20 m großes Transekt mit 4 Probeflächen (6 x 20 m) eingerichtet. Der Abstand zwischen den Probeflächen betrug ca. 4 m. Die genaue Lage und Flächenaufteilung sind den Anhängen A und B zu entnehmen. Die Einrichtung des Transekts insbesondere die Auswahl von Zentralbereichen, gestaltete sich als schwierig, da die Untersuchungsfläche von Draingräben durchzogen und auf fast der gesamten Fläche eine starke Verbrachungstendenz in Form von Hochstaudenfluren (*Filipendulion*) zu erkennen war.

Aus diesem Grund umfasst das Transekt Sindelsdorf entgegen der idealisierten Transektaufteilung (Gradient von wüchsigen Randbereichen in flachwüchsige Zentralbereiche) einen im Gelände optisch gut unterscheidbaren Randbereich (PF1) der direkt in einen niedrigwüchsigeren Zentralbereich (PF2) übergeht. Die daran anschließenden Transektabschnitte PF3 und PF4 stellen Übergangsbereiche zu Kalkflachmooren dar, die aufgrund der Nähe zu Draingräben stärkeren Randeffekten (z.B. Einwanderung von *Filipendula ulmaria*) unterliegen.

Wie auf dem Transekt Penzberg konnte auch in Sindelsdorf nur mit Mühe die erforderliche Anzahl an Blütenköpfen ($n = 50$ / Probefläche) für die Entnahme der Stichprobe gesammelt werden.

Um geeignete Bereiche mit syntopen Vorkommen von *Maculinea teleius* und *M. nausithous* zu finden, wurde bei der Flächenauswahl auf Daten von BRÄU et al. (2005, 2006) zurückgegriffen. Diesen zur Folge existieren in Sindelsdorf Populationen beider Ameisen-Bläulinge, mit verhältnismäßig großen Populationen von *M. teleius*. Die ansässigen Populationen gehören zu den frühfliegenden Populationen, d.h. die Flugzeit beider Arten beginnt ab Mitte Juni.

Bezüglich der Nutzung werden die im Untersuchungsgebiet Sindelsdorf ausgewählten Transektbereiche durch eine einschürige Mahd ab Anfang September bewirtschaftet.

5.2.1 Habitateigenschaften

Pflanzensoziologische Beschreibung

Auf dem Transekt Sindelsdorf zeichnet sich ein deutlicher Feuchte- und Nutzungsgradient ab, der sich in kleinräumig wechselnden Vegetationseinheiten widerspiegelt. Während in den nassen Randbereichen (Probefläche PF1) Großseggen- und Röhrichtarten zu Gesellschaften des *Caricion* und *Phragmition* vermitteln, nehmen zum Zentrum hin (Probefläche PF2) Deckungsgrade des Pfeifengrases zu, so dass eine Zuordnung zu den Pfeifengras-Streuwiesen (*Molinion caeruleae* KOCH 1926) möglich ist (siehe Abbildung 21). Im weiteren Verlauf des Transekts (Probeflächen PF3 und PF4) durchziehen Draingräben



das Transekt. Dem höheren Grundwassereinfluss zur Folge dominieren hier Kalkflachmoorgesellschaften des *Caricion davallianae* (KLIKA 1934) nieder. Dies schlägt sich auch in den gewichteten mittleren Feuchtezeigerwerten wieder, die vom Zentrum (PF2) bis zu den Übergangs- und Randbereichen (PF3 und PF4) von 5,7 auf 7,1 ansteigen (siehe Anhang D). Das stete Auftreten von Arten der Feuchtwiesensäume (*Filipendulion*) über alle Transektabschnitte spiegelt dabei die geringe Nutzungsintensität der Fläche aber auch Randeffekte (z.B. Draingräben) wieder.

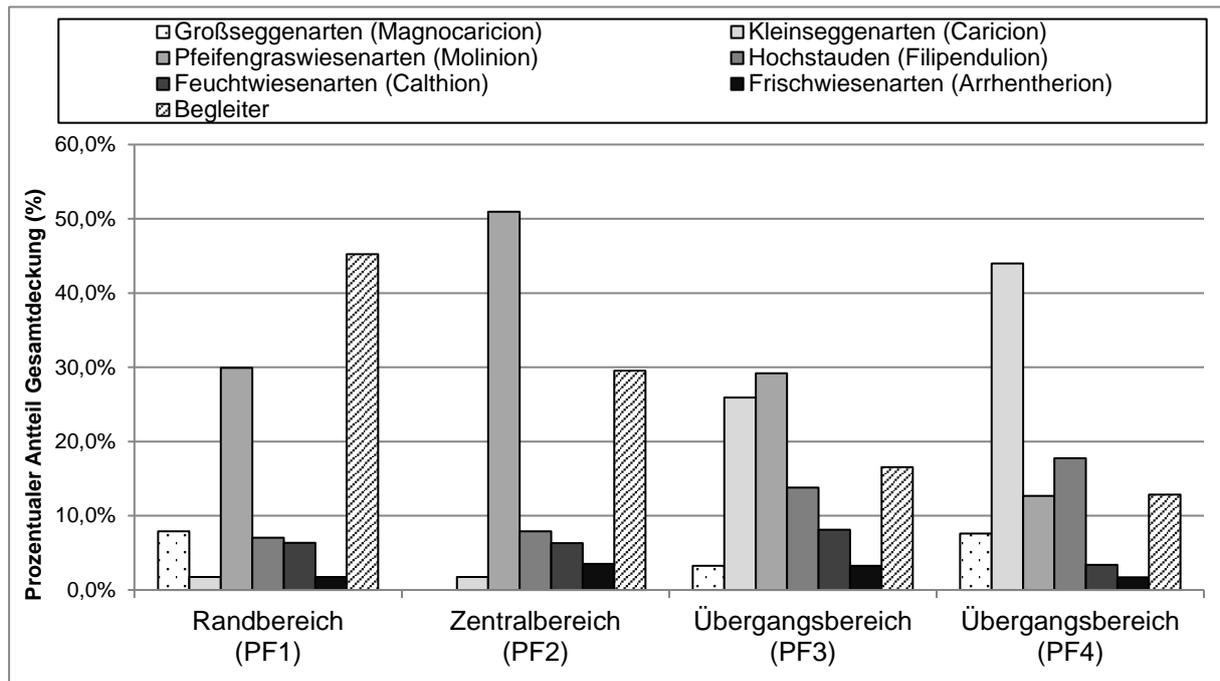


Abbildung 21: Prozentuale Anteile pflanzensoziologischer Artengruppen an der Gesamtdeckung entlang des Transekt Sindelsdorf

Floristisch-strukturelle Beschreibung

Auf dem Transekt Sindelsdorf bestehen optisch erkennbare Unterschiede in der Vegetationsstruktur nur zwischen dem Randbereich der Probefläche PF1 und den anschließenden Probeflächen (siehe Abbildung 22). Während die untersten, bodennahen Schicht (0-20 cm) auf allen Probeflächen beinahe gleich dicht ausgeprägt, sind Unterschiede vor allem in der mittleren Vegetationsschicht (30 – 70 cm) erkennbar. So zeichnet sich die PF1 durch hohe Vegetationsdichten in dem Bereich von 30 – 60 cm aus, der durch dichte Horste der Steifen Segge (*Carex elata*) aufgebaut wird. Flächeneinwärts nehmen die Deckungsgrade der Mittelschicht (ab 30 cm) merklich ab und auch die Vertikalgliederung ist weniger stark ausgeprägt. Auf der Probefläche PF4 sind die Vegetationsdichten sowohl in der Unter- als auch Mittelschicht deutlich geringer als in den angrenzenden Bereichen, was mit der Abnahme von Deckungsgraden des Pfeifengrases und Zunahme von Kleinseggenarten in Verbindung steht.

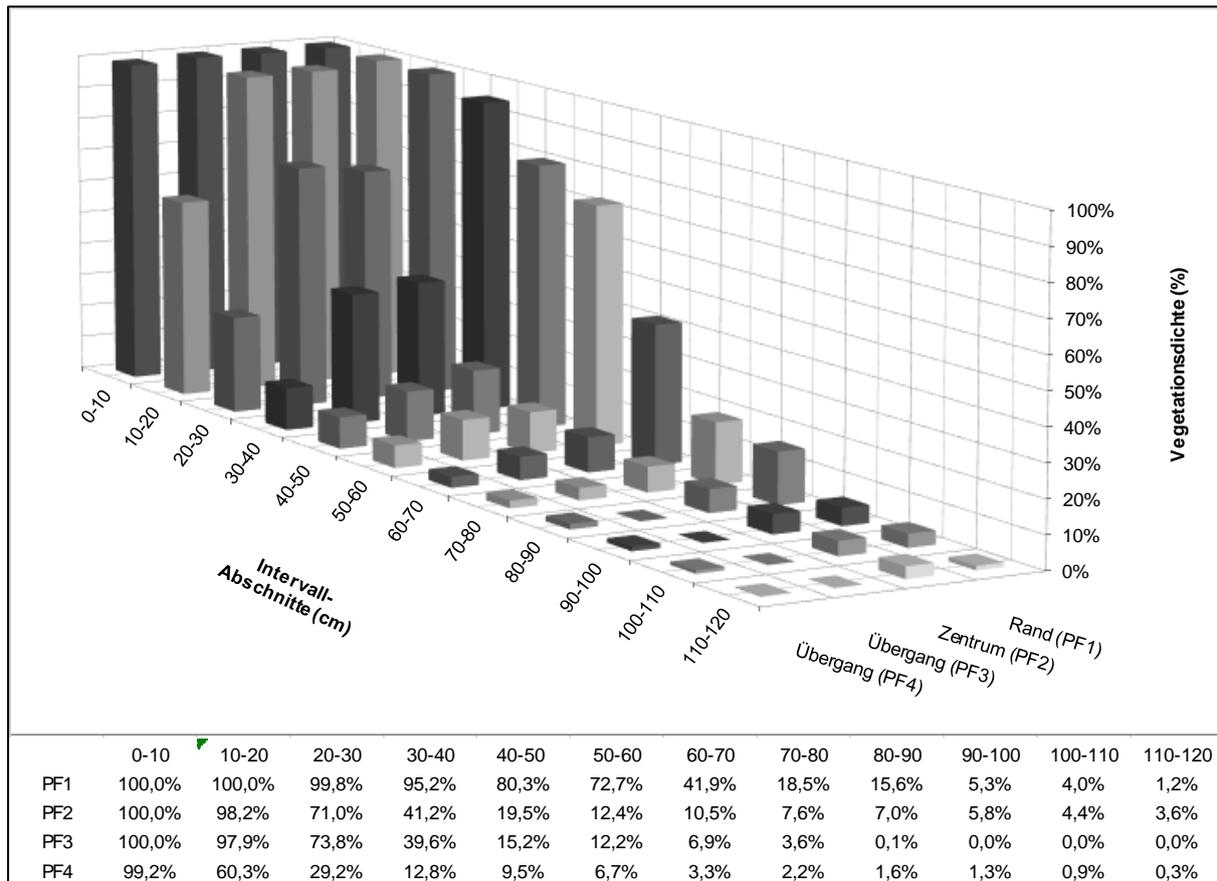


Abbildung 22: Ergebnisse der Vegetationsdichtemessungen auf dem Transekt Sindelsdorf

5.2.2 Wirtsameisen

Auf dem Transekt Sindelsdorf dominierte bei den Ameisen-Köderfängen auf allen Probeflächen *Myrmica scabrinodis*. Die höchsten Anlaufquoten wurden mit knapp 87 % auf den Transektabschnitten PF2 und PF3 erreicht, die optisch am ehesten dem Zentralbereich einer Streuwiese entsprachen. Im Gegensatz zu der gängigen Lehrmeinung, dass *M. scabrinodis* eine Präferenz für lückige Vegetationsbestände zeigt, meidete die Art auf dem Transekt Sindelsdorf auch die dichten Randbereiche des Transektabschnittes PF1 nicht und war dort noch mit Anlaufquoten über 50 %, allerdings mit geringeren Häufigkeiten vertreten (siehe Abbildung 23 und 24).

Das nachfolgende Diagramm stellt die Anlaufquoten in Prozent dar, während die darauffolgende Abbildung die einzelnen Köderfänge lokalisiert und Angaben zur Häufigkeit der einzelnen Arten enthält.

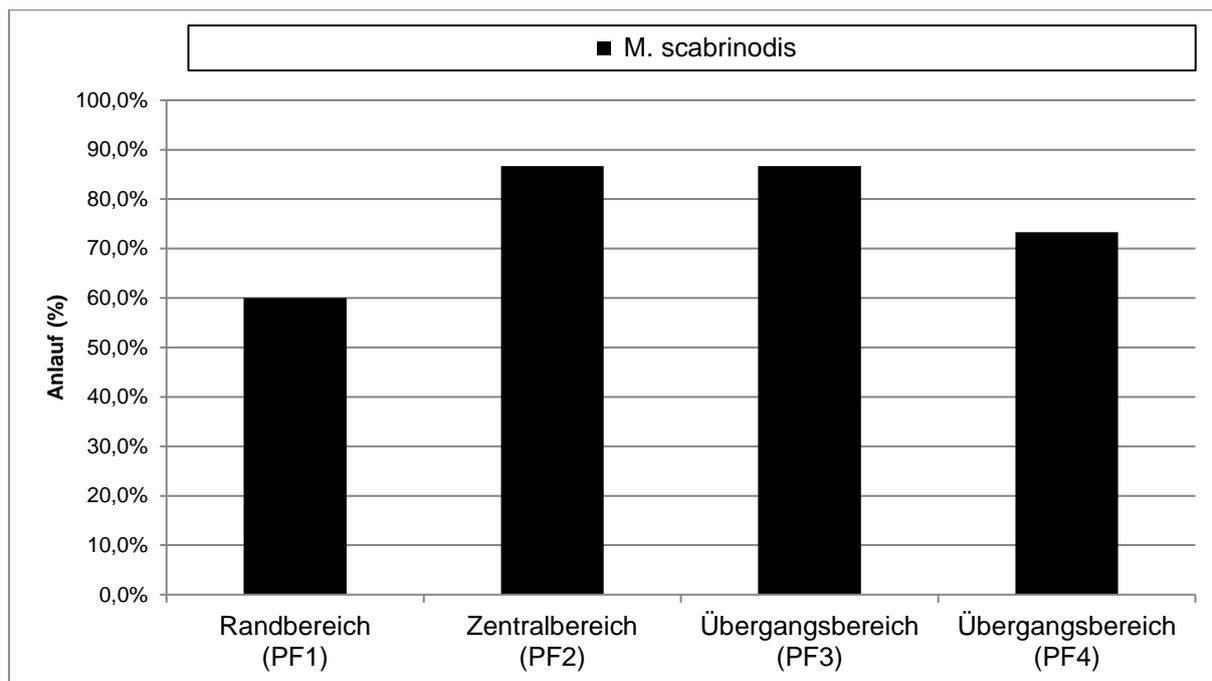


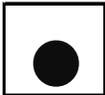
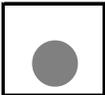
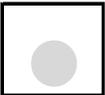
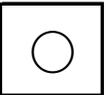
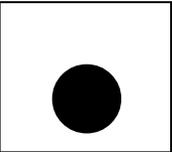
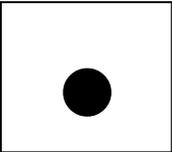
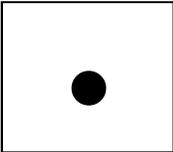
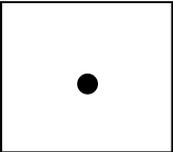
Abbildung 23: Ameisen-Anlaufhäufigkeiten auf dem Transekt Sindelsdorf



Abbildung 24: Ergebnisse der Ameisen-Köderfänge auf der Probefläche Sindelsdorf

Randbereich (PF 1)			Zentralbereich (PF 2)			Übergangsbereich (PF 3)			Übergangsbereich (PF 4)		
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	●	●		●	●	●	●	●	●		●
●	●		●	●	●	●	●	●	●		●
		●		●	●			●	●	●	●
	●		●	●	●	●	●	●	●	●	

Legende:

 <i>Myrmica scabrinodes</i>	 <i>Myrmica rubra</i>	 <i>Myrmica ruginodes</i>	 <i>Lasius spec</i>
 > 20	 11-20	 6-10	 1-5



5.2.3 Wirtspflanzen

5.2.3.1 Wirtspflanzenangebot

Die Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis* war auf dem Transekt Sindelsdorf nur mit geringen Deckungsgraden vorhanden (siehe Abbildung 25). Sowohl Artmächtigkeit als auch mittlere Knospenzahl zeigten auf allen Transektabschnitten eine relative homogene Verteilung. Leichte Anstiege der Deckungsgrade waren nur in den Übergangsbereichen der PF3 und PF4 zu verzeichnen.

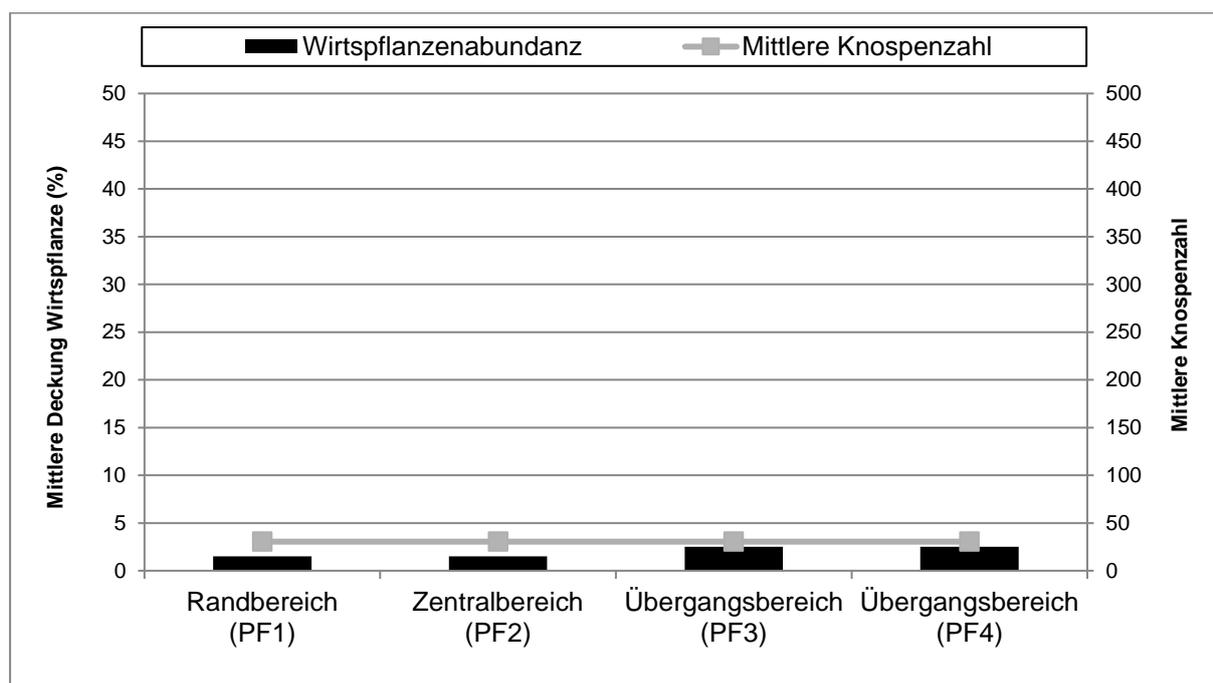


Abbildung 25: Wirtspflanzen- und Knospenangebot auf dem Transekt Sindelsdorf

5.2.3.2 Pflanzeninhaltsstoffe

Die höchsten Stickstoffgehalte in den Blütenkopf-Proben der Wirtspflanze *S. officinalis* konnten auf der Probefläche PF2 im Zentralbereich ermittelt werden (siehe Abbildung 26). Die geringsten Stickstoffgehalte wurden dagegen auf den Übergangsbereichen der Transektabschnitte PF3 und PF4 ermittelt, was vermutlich im Zusammenhang mit den nassen Standortsverhältnissen in diesen Bereichen steht.

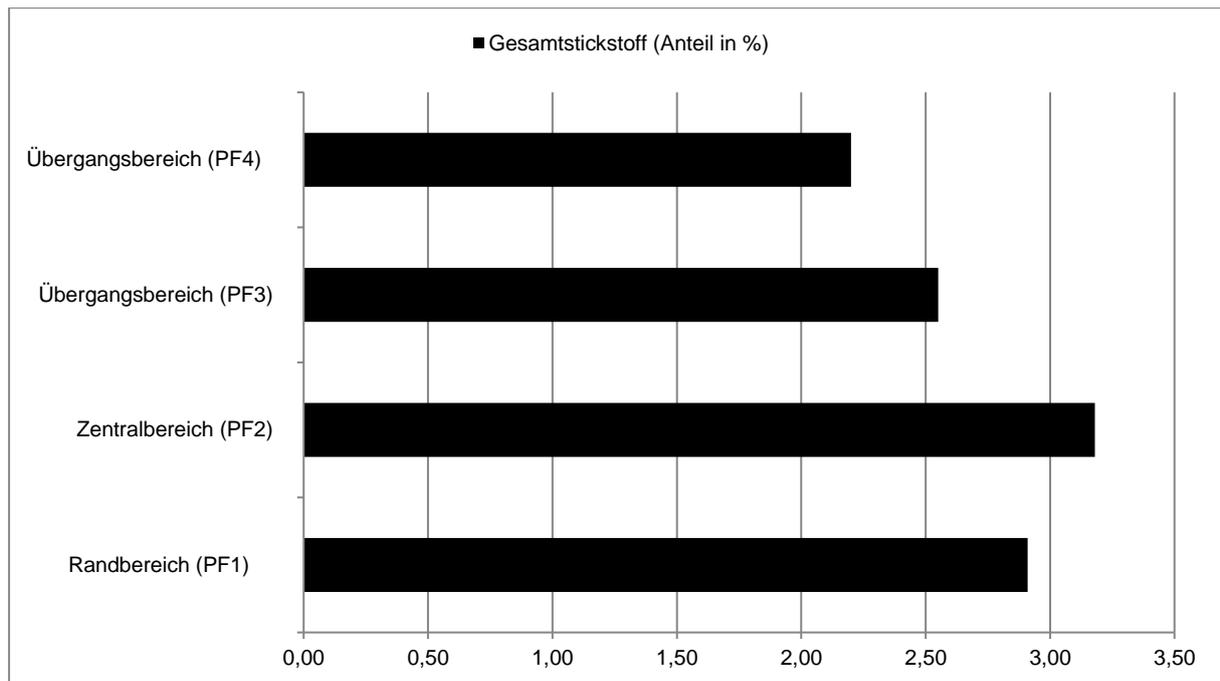


Abbildung 26: Gesamtstickstoffgehalt auf der Probefläche Sindelsdorf

5.2.4 Köpfchenuntersuchungen

Auf dem Transekt Sindelsdorf konnten in insgesamt 198 Blütenköpfchen 75 Raupen eindeutig bestimmt werden, bei sieben Raupen war dies nicht mehr möglich. In weiteren sieben Köpfchen wurden nicht unterscheidbare Fraßspuren festgestellt. Die Mehrzahl der Blütenköpfchen war wie im Transekt Penzberg nicht belegt (siehe Abbildung 27). In keinem Fall befanden sich Raupen beider Arten innerhalb eines Köpfchens.

Die Größe der belegten Blütenköpfchen umfasste den Bereich von 6 bis 21 mm, die Wuchshöhe der Pflanzen lag zwischen 41 und 99 cm. Während bei den Raupen von *M. teleius* keine eindeutige Präferenz von Terminal- oder Seitenknospen erkennbar war, befand sich die Raupen von *M. nausithous* in der Mehrzahl der Fälle an Seitenknospen.

Wie die Ergebnisse in den Abbildungen 27 und 28 zeigen, verschiebt sich das Verhältnis zwischen belegten Köpfchen mit *M. teleius* und Köpfchen mit *M. nausithous* nur geringfügig zwischen Rand- und Zentralbereich. Zwar konnte an fünf Blütenköpfchen mit jeweils einer Raupe im Zentralbereich die größte Anzahl an Raupen von *M. teleius* nachgewiesen werden, jedoch ist aufgrund der allgemein geringen Belegungsrate kein Trend über alle Transektabschnitte erkennbar. Für *M. nausithous* wurde mit 18 belegten Köpfchen (19 Raupen) die höchste Anzahl im Transektabschnitt PF3 nachgewiesen, dass sich gleichzeitig durch etwas höhere Deckungsgrade der Wirtspflanze *S. officinalis* auszeichnete.

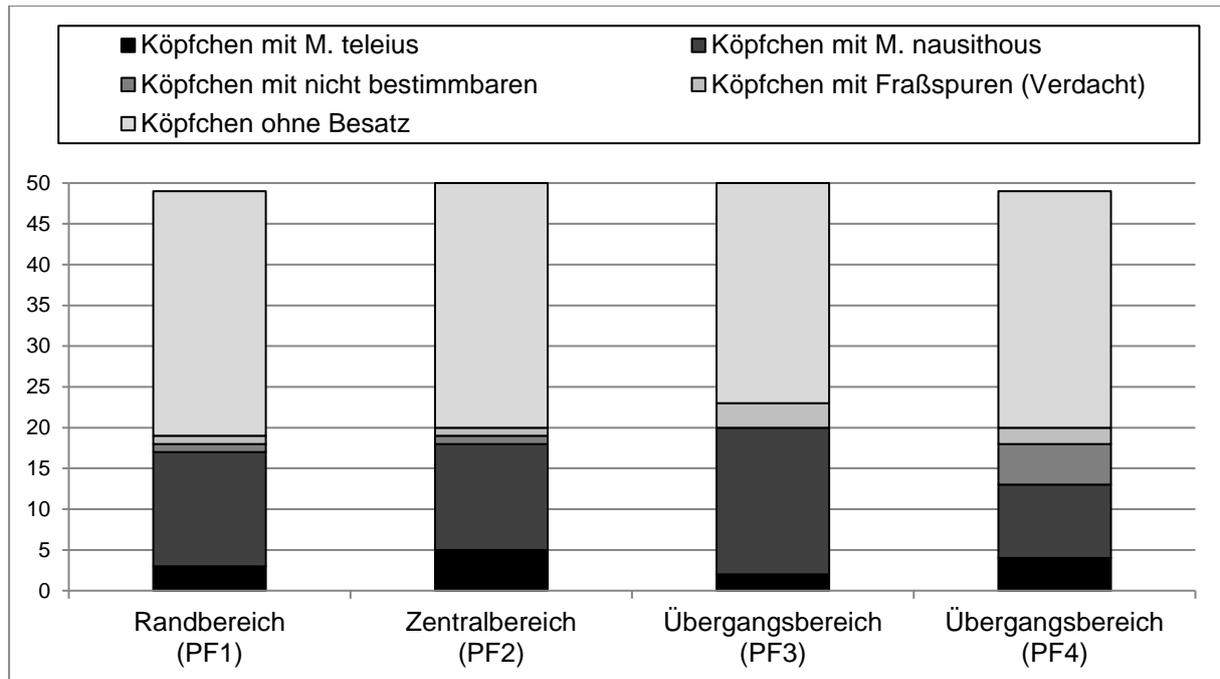


Abbildung 27: Ergebnisse der Köpfchenuntersuchung auf dem Transekt Sindelsdorf

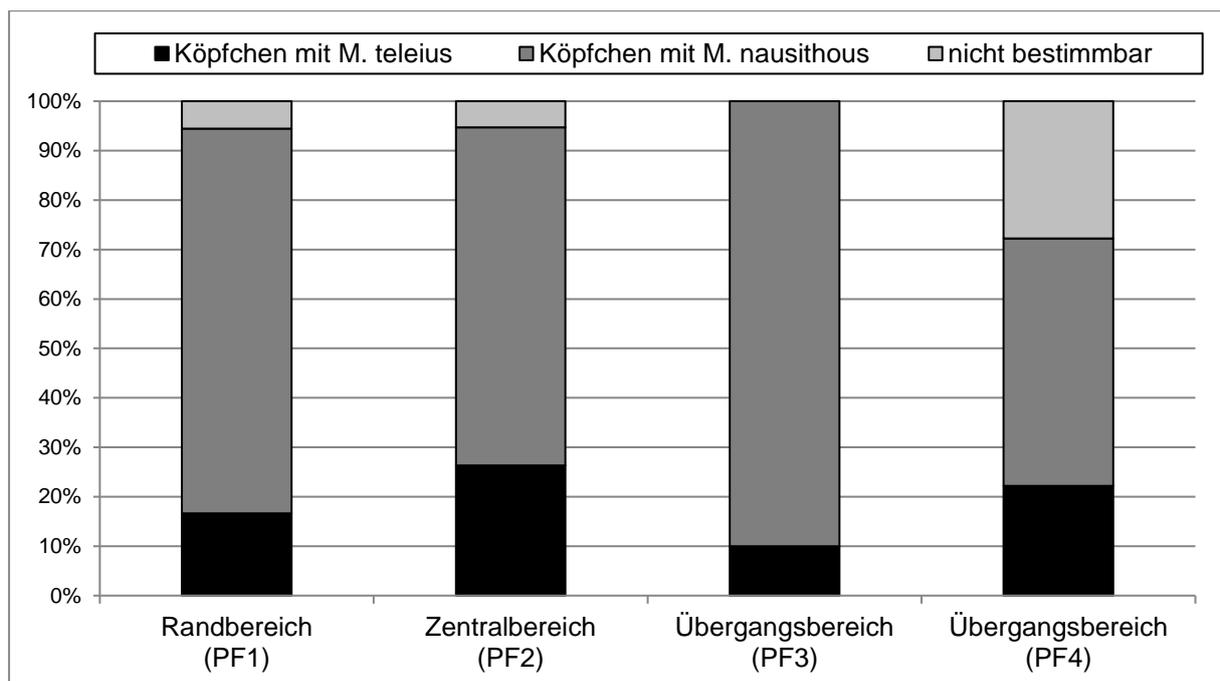


Abbildung 28: Prozentuale Verteilung der Köpfchen mit Raupen von *M. teleius* und *M. nausithous* entlang des Transekts Sindelsdorf

Wie die nachfolgende Tabelle 10 zeigt, existieren keine statistisch signifikante Unterschiede in der Belegungsrate der Köpfchen beider Falter sowohl über alle 4 Transektabschnitte als auch im direkten Vergleich des zentralen Transektabschnitts PF2 mit den übrigen Transektabschnitten. Die Verhältnisse der belegten Köpfchen mit beiden Arten sind über alle Transektabschnitte relativ ausgeglichen, so dass sich kein eindeutiges Bild ergibt. Aufgrund der insgesamt auffälligen geringen Belegungsrate durch *M. teleius* sollte jedoch keine



Überinterpretation der statistischen Signifikanz erfolgen. So können methodische Unsicherheiten des Untersuchungsansatzes auch Anlass zur Spekulation geben, ob die eigentlichen Reproduktionsbereiche von *M. teleius* durch das Transekt getroffen wurden. Auch sind bei der Interpretation der Ergebnisse mögliche Randeffekte durch die im Gelände optisch über alle Transektabschnitte wahrzunehmende Vebrachtungstendenz zu berücksichtigen. Dadurch könnte die eingangs gestellte Hypothese, dass *M. nausithous* bevorzugt Randstrukturen zur Eiablage nutzt bekräftigt werden, während die von *M. teleius* bevorzugten Zentralbereiche auf dem Transekt Sindelsdorf weniger stark ausgeprägt sind und folglich auch die Belegungsraten an Blütenköpfen der Wirtspflanze geringer ausfallen.

Tabelle 10: Kreuztabellen (Fisher's Exact Test) sowie Ergebnisse des Chiquadrat-Tests für das Transekt Sindelsdorf

Transektabschnitt	Köpfchen mit <i>M. teleius</i>	Köpfchen mit <i>M. nausithous</i>
Randbereich (PF1)	3	14
Zentralbereich (PF2)	5	13
Übergangsbereich (PF3)	2	18
Übergangsbereich (PF4)	4	9
Ergebnisse	Chiquadrat = 2.8546; p = 0,414586 Nicht signifikant bei p < 0,05	

p = 0.6906 (ns)	Zentralbereich (PF2)	Randbereich (PF1)
Anteil <i>M. teleius</i>	5	3
Anteil <i>M. nausithous</i>	13	14

p = 0.2224 (ns)	Zentralbereich (PF2)	Übergangsbereich (PF3)
Anteil <i>M. teleius</i>	5	2
Anteil <i>M. nausithous</i>	13	18

p = 1 (ns)	Zentralbereich (PF2)	Übergangsbereich (PF4)
Anteil <i>M. teleius</i>	5	4
Anteil <i>M. nausithous</i>	13	9

ns = nicht signifikant



5.3 Untersuchungsgebiet Raisting

Im Untersuchungsgebiet Raisting wurde am 02.08.2012 ein 70 x 20 m großes Transekt mit 4 Probeflächen (6 x 20 m) eingerichtet. Der Abstand zwischen den Probeflächen betrug ca. 15 m. Die genaue Lage und Flächenaufteilung sind den Anhängen A und B zu entnehmen. Das Transekt befindet sich am Ammersee Südufer innerhalb der „Raistingener Wiesen“, die durch großflächige Streuwiesenkomplexe eingenommen werden.

Das Transekt beginnt in einem von Großseggengesellschaften dominierten Randbereich (PF1) und führt von hier in den optisch gut zu unterscheidenden, flachwüchsigeren Zentralbereich (PF3 und PF4), so dass die Habitatstruktur von Rand und Zentrum optimal abgedeckt werden konnte. Die Wirtspflanze *S. officinalis* war über alle Transektabschnitte in ausreichendem Maße vorhanden, zeigte aber vor allem in den außerhalb des Transekts gelegenen Saumbereichen eines Weges hohe Deckungsgrade, so dass hier eine weitere Stichprobe an Blütenköpfen (n = 50) entnommen wurde.

Das Untersuchungsgebiet Raisting beherbergt unter den im südlichen Teil des voralpinen Hügel- und Moorlandes vorkommenden *Maculinea*-Populationen intermediär fliegende Subpopulationen, die im Vergleich zu den früh fliegenden Populationen erst Mitte bis Ende Juli mit den höchsten Falter-Abundanzen vertreten sind (Niederbichler, mündl. Mitteilung).

Bezüglich der Nutzung werden die im Untersuchungsgebiet Raisting ausgewählten Transektbereiche durch eine einschürige Mahd ab Anfang September bewirtschaftet.

5.3.1 Habitateigenschaften

Pflanzensoziologische Beschreibung

Das Transekt Raisting wird in den Randbereichen (PF1) sowie im Übergangsbereich (PF2) von Großseggengesellschaften aus dem Verband des *Magnocaricion* bestimmt. Flächeneinwärts nehmen zum Zentrum hin (PF3 und PF4) die Deckungsgrade des Pfeifengrases (*Molinia caerulea*) zu (siehe Abbildung 29). Durch das Auftreten von Verbandskennarten liegt eine Zuordnung zu den Pfeifengraswiesen (*Molinion* KOCH 1926) nahe, jedoch handelt es sich um eine relativ artenarme Ausprägung ohne besondere gesellschaftsprägende Charakterarten. Eine Ausnahme stellt hier *Iris sibirica* dar, die zu der submontanen Assoziation der Schwertlilienwiese (*Iridetum sibiricae* PHIL. 60) vermittelt. Aufgrund der geringen Deckungsgrade von *Iris sibirica* ist jedoch keine Abgrenzung auf Assoziationsebene möglich. Da weitere Assoziationskennarten fehlen bzw. nur in geringen Deckungsgraden vorhanden sind, kann die Pflanzengesellschaft des Zentralbereichs (PF3 und PF4) in Anlehnung an OBERDORFER (1979) als *Molinia*-Stadium angesprochen werden. Dies wird im Zentralbereich stark durch Klassenkennarten der bodensauren Kleinseggenriede (*Scheuchzerio-Caricetea fuscae* NORDH. 1936) überlagert. Zu den



dominanzbildenden Arten gehört hier *Carex panicea*, die in allen *Molinio*-Gesellschaften anzutreffen ist und auf dem Transekt Raisting gemeinsam mit dem Auftreten von Großseggenriedern auf längere Feuchtephasen und Moorböden hinweist. Die feuchten Bodenverhältnisse spiegeln sich auch in den floristischen Zeigerwerten wieder (siehe Anhang D), da über das gesamte Transekt Feuchte- und Nässezeiger (z.B. *Carex acuta*, *Carex panicea*) dominieren.

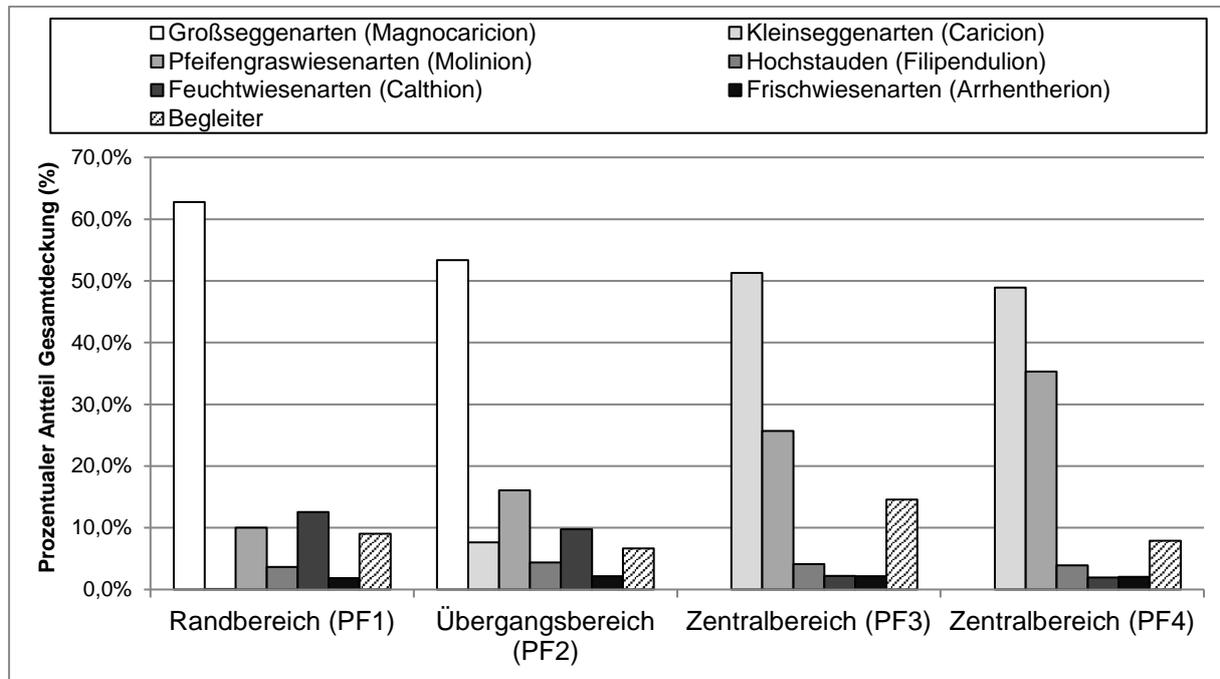


Abbildung 29: Prozentuale Anteile pflanzensoziologischer Artengruppen an der Gesamtdeckung entlang des Transekt Raisting

Floristisch-strukturelle Beschreibung

Auf dem Transekt Raisting lagen die Wuchshöhen im August 2012 zwischen 70 und 90 cm. Die blickdichte unterste Vegetationsschicht reichte auf allen Probeflächen bis in etwa 30 cm Höhe (siehe Abbildung 30). Deutliche strukturelle Unterschiede gab es dagegen in der Mittelschicht (bis 60 cm) zwischen den Rand- und Zentralbereichen. So konnten in den Rand- und Übergangsbereichen der Transektabschnitte PF1 und PF2 durch die bestandsbildenden Horste von Großseggenarten deutlich höhere Vegetationsdichten in der Mittelschicht gemessen werden. In den flächeneinwärts anschließenden Übergangs- und Zentralbereichen (PF3 und PF4) nahmen hingegen horstbildende Großseggenarten ab und Kleinseggenarten sowie typische Pfeifengraswiesen-Arten zu. Dementsprechend war auch die Vegetationsdichte insbesondere in der Mittelschicht (30 – 60 cm) merklich geringer als in den übrigen Transektabschnitten.

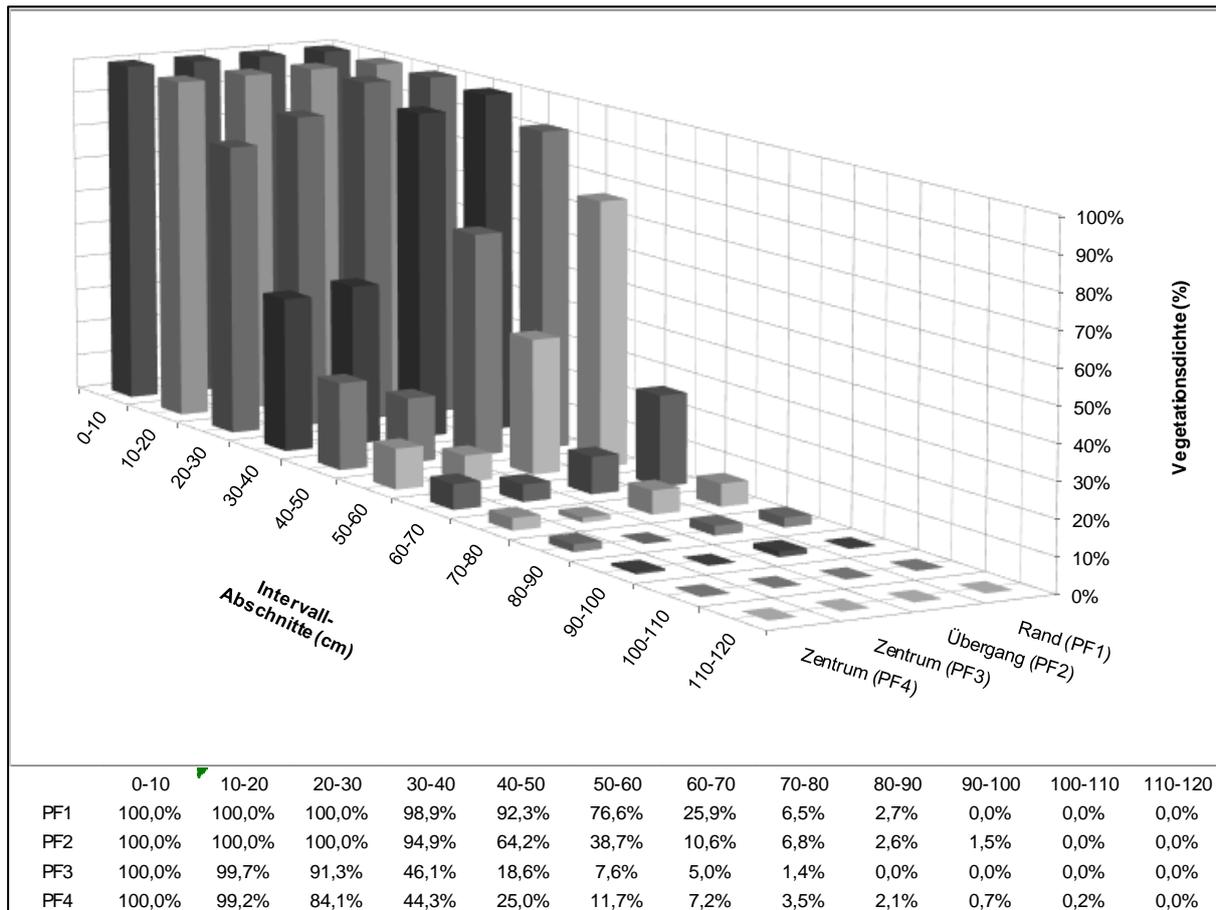


Abbildung 30: Ergebnisse der Vegetationsdichtemessungen auf dem Transekt Raisting

5.3.2 Wirtsameisen

Die Ergebnisse der Ameisen-Köderfänge zeigen auf den PF1, PF2 und PF4 eine Dominanz von *M. scabrinodis*, die an 80 – 100 % der Zuckerstücke geködert werden konnte (siehe Abbildung 31). Hingegen konnte auf der PF3 jeweils an 8 Zuckerködern *M. scabrinodis* und *M. rubra* und an 4 Ködern *M. ruginodis* nachgewiesen werden. Daraus ergibt sich bezogen auf die Anlaufquote ein recht homogenes Bild mit jeweils etwa 50% für *M. scabrinodis* und *M. rubra*. Betrachtet man die absolute Häufigkeit fällt jedoch auf, dass *M. rubra* und *M. ruginodis* an einzelnen Ködern mit weitaus mehr Individuen nachgewiesen werden konnten (siehe Abbildung 32). Ohne Relevanz für die untersuchten *Maculinea*-Arten bleibt der Nachweis einer unbestimmten *Lasius*-Art auf der PF1, die an 3 Zuckerstücken nachgewiesen werden konnte.

Das nachfolgende Diagramm stellt die Anlaufquoten in Prozent dar, während die darauffolgende Abbildung die einzelnen Köderfänge lokalisiert und Angaben zur Häufigkeit der einzelnen Arten enthält.

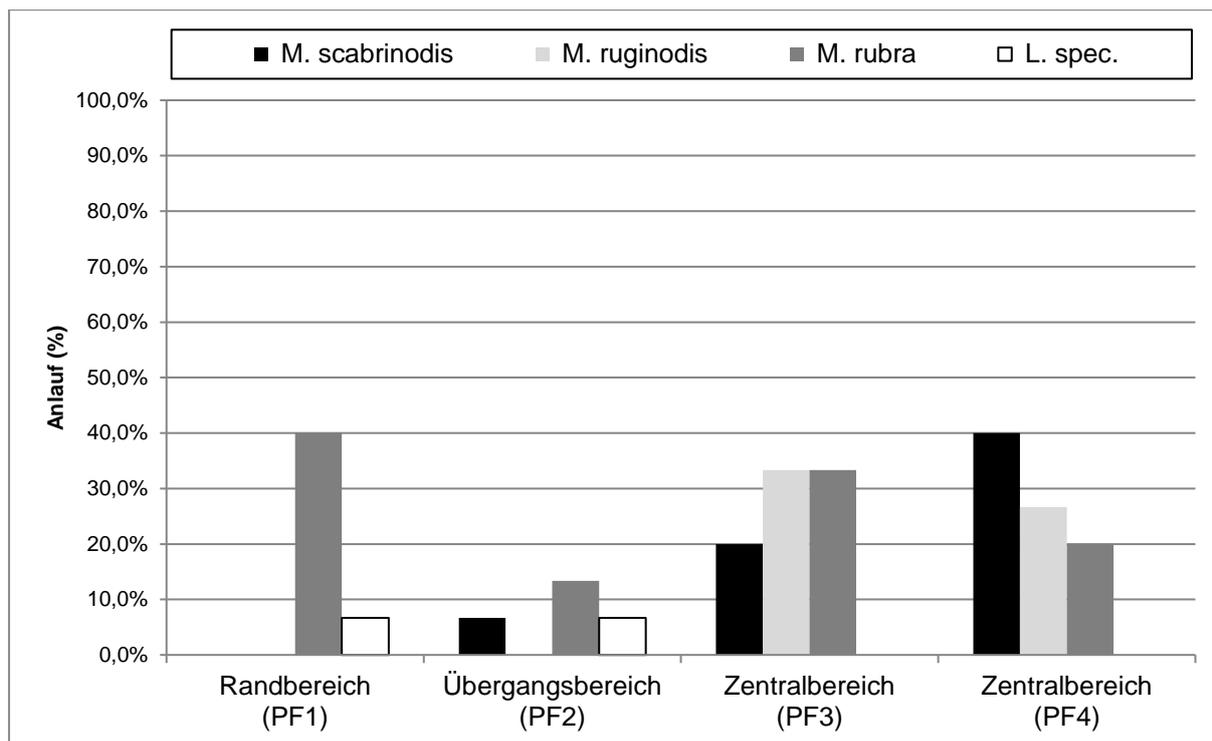
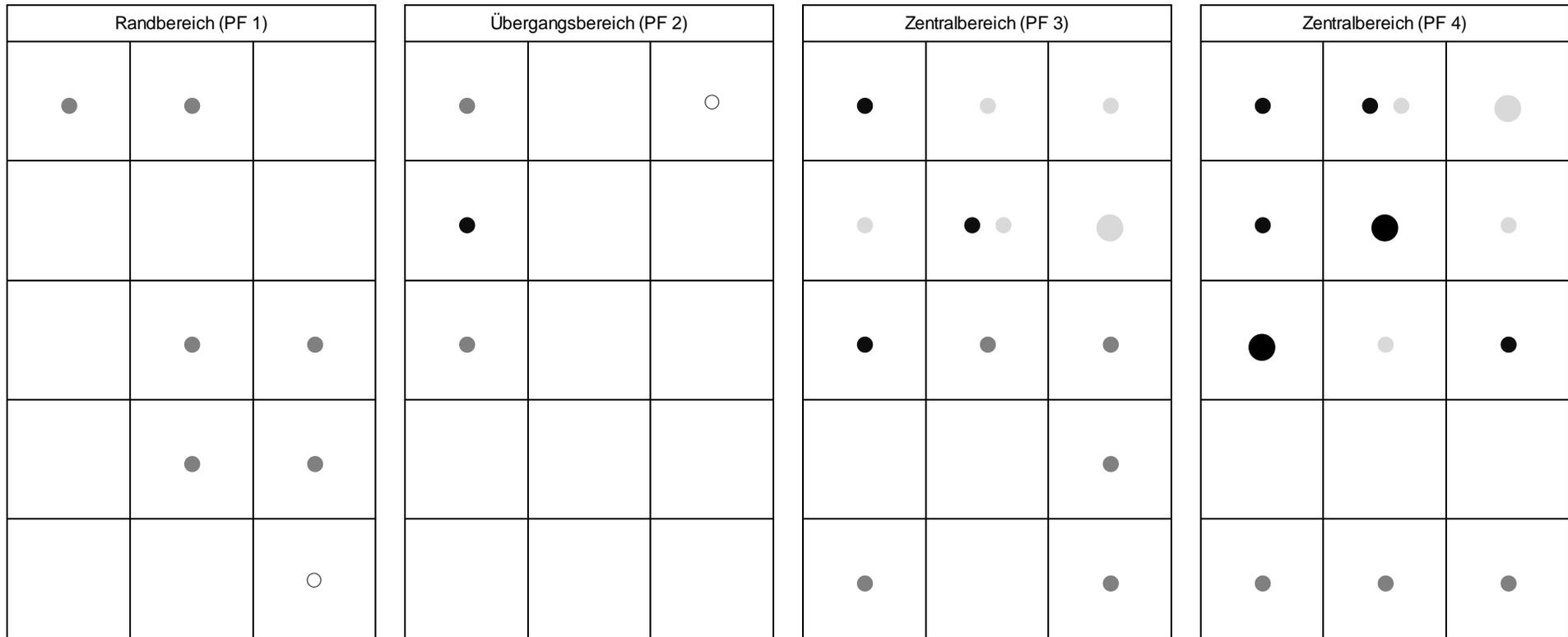


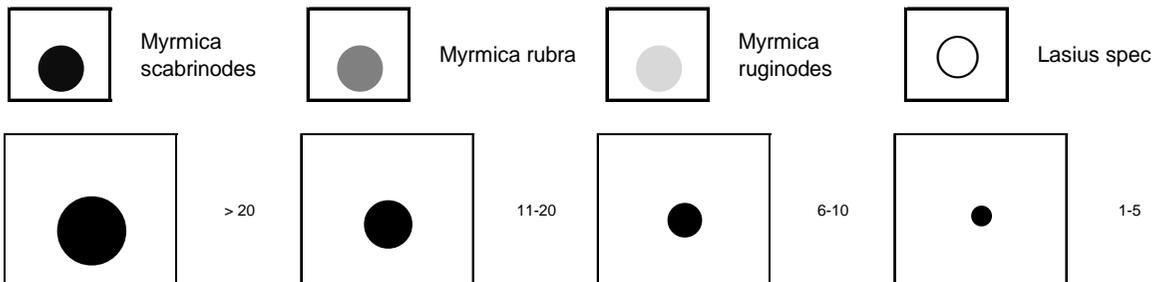
Abbildung 31: Ameisen-Anlaufhäufigkeiten auf dem Transekt Raisting



Abbildung 32: Ergebnisse der Ameisen-Köderfänge auf der Probefläche Raisting



Legende:





5.3.3 Wirtspflanzen

Die Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis* war auf dem Transekt Raisting mit den höchsten Artmächtigkeiten auf den Rand- und Übergangsbereichen der Transektabschnitte PF1 und PF2 vertreten (siehe Abbildung 33). Zum Zentralbereich hin nahmen die Deckungsgrade ab, während die mittlere Knospenzahl jedoch über das gesamte Transekt gleich hoch blieb.

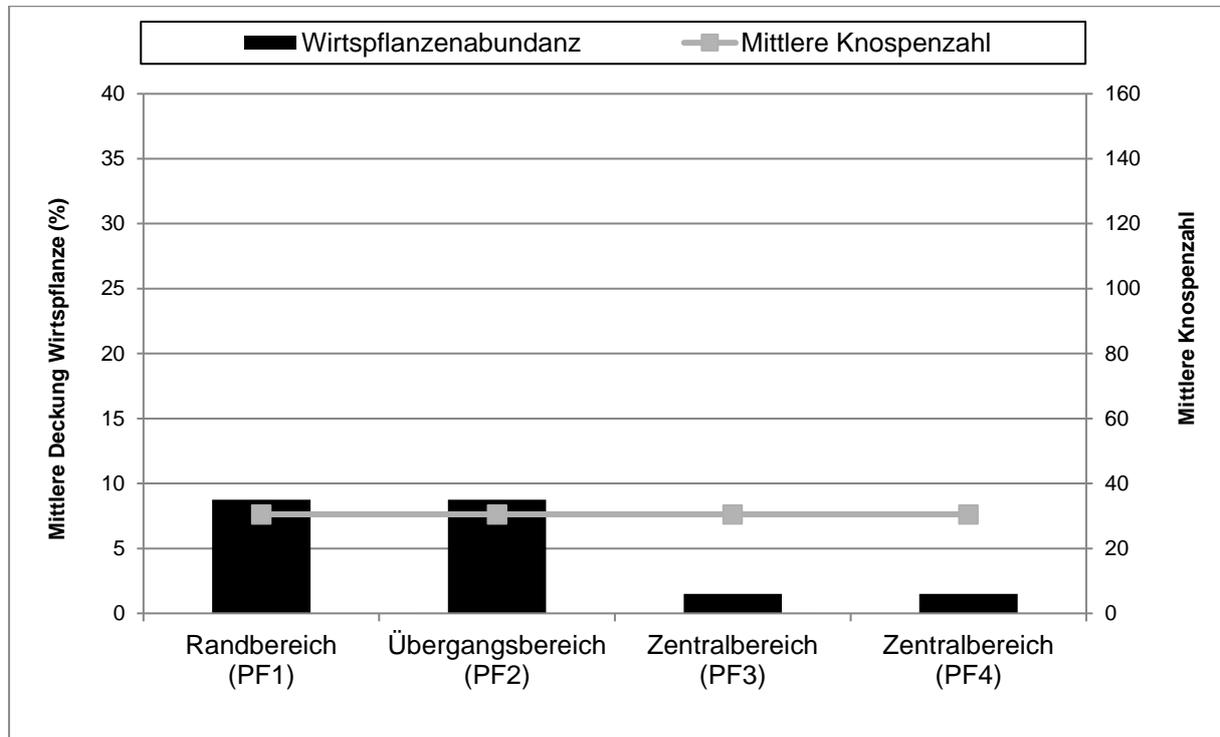


Abbildung 33: Wirtspflanzen- und Knospenangebot auf dem Transekt Raisting

5.3.4 Köpfchenuntersuchungen

Auf dem Transekt Raisting wurde für die Köpfchenuntersuchungen zusätzlich zu den 4 Transektabschnitten entlang eines Wegrandes eine weitere Blütenkopfstichprobe (n = 50) entnommen. Insgesamt konnten so an 250 Blütenköpfchen 241 Raupen eindeutig bestimmt werden, während dies bei 22 Raupen nicht mehr möglich war. In weiteren 27 Köpfchen wurden Fraßspuren festgestellt, die nicht eindeutig einer *Maculinea*-Art zugeordnet werden konnten. Die Mehrzahl der Blütenköpfchen war im Transekt Raisting belegt (siehe Abbildung 34). In insgesamt 20 Fällen befanden sich Raupen beider Arten innerhalb eines Köpfchens.

Die Größe der belegten Blütenköpfchen umfasste den Bereich von 5 bis 24 mm, die Wuchshöhe der Pflanzen lag zwischen 49 und 109 cm. Bei *M. teleius* konnte keine eindeutige Präferenz bei der Eiablage für Seiten- oder Terminalknospen herausgestellt werden. *M. nausithous* zeigte dagegen eine leichte Präferenz für Seitenknospen.



Wie die Ergebnisse der Köpfchenuntersuchungen zeigen, wurde der Wegrand ausschließlich von *M. nausithous* frequentiert (siehe Abbildung 34, 35). In den daran anschließenden Rand- und Übergangsbereichen (PF1 und PF2) war *M. nausithous* ebenfalls die dominierende Art. Jedoch konnte in den von Großseggen gekennzeichneten Randbereichen auch *M. teleius* an etwa ¼ der belegten Blütenköpfe nachgewiesen werden. Deutlichere Unterschiede traten jedoch bei der Betrachtung der Raupenzahl auf. So konnten für *M. nausithous* auf der PF1 mit 32 Raupen etwa doppelt so viele wie für *M. teleius* nachgewiesen werden, was für eine höhere Frequentierung der Randbereiche spricht. Zum Zentralbereich (PF3) hin wurden höhere Belegungsraten von *M. teleius* nachgewiesen, während sich bei *M. nausithous* entgegengesetzt eine niedrigere Belegungsrate dieser Transektabschnitte andeutete. Der Trend wird unterbrochen durch höhere Belegungsraten von *M. nausithous* im Transektabschnitt PF4, der vom optischen Eindruck im Gelände her am ehesten dem Zentrum einer Streuwiese glich, so dass sich für das Transekt Raisting insgesamt ein sehr indifferentes Bild bei den Belegungsraten ergibt.

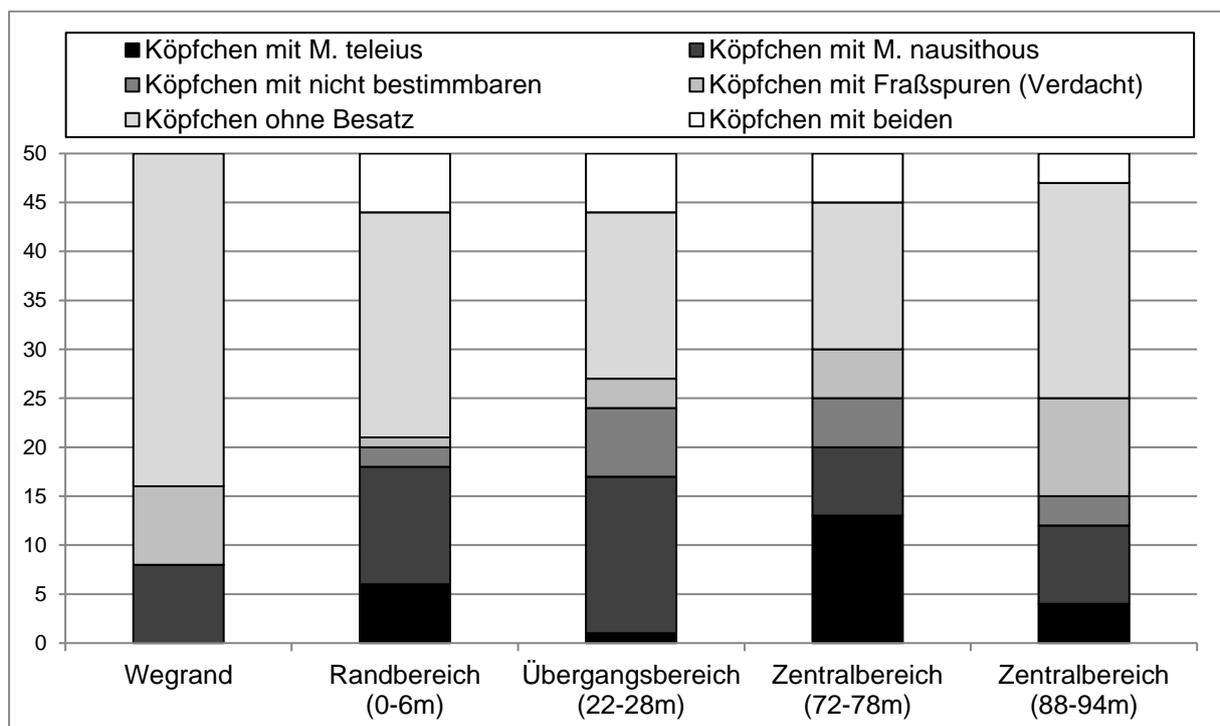


Abbildung 34: Ergebnisse der Köpfchenuntersuchung auf dem Transekt Raisting

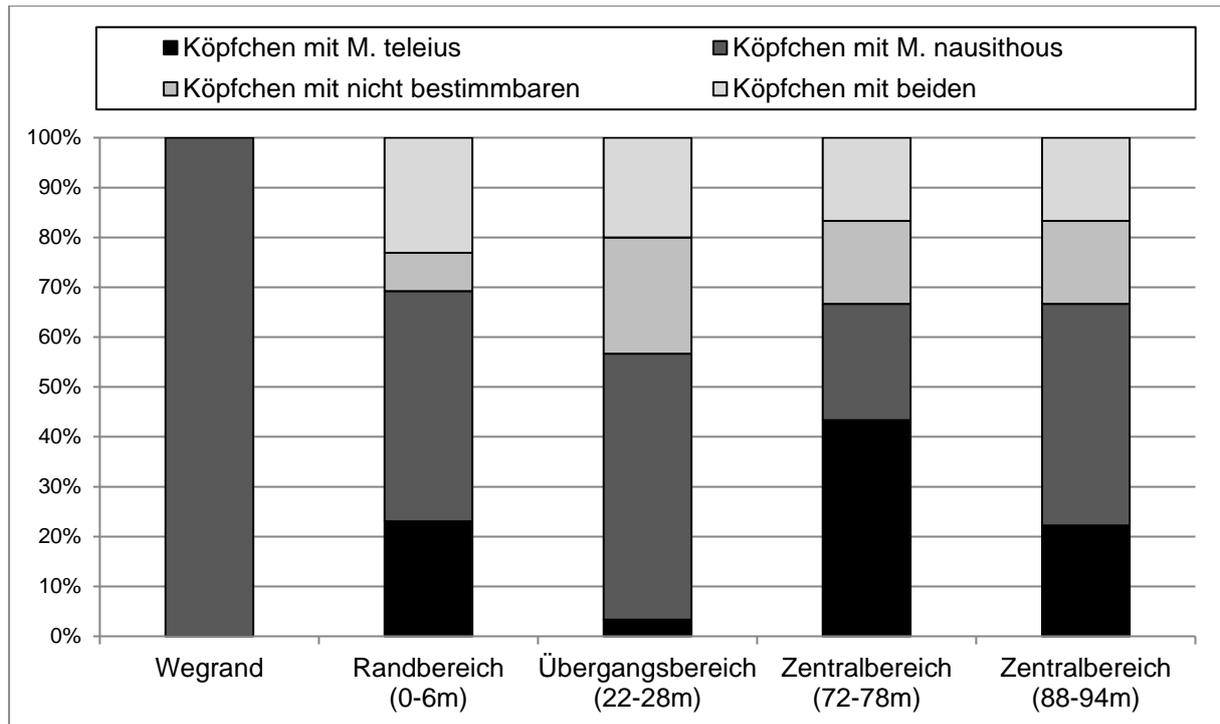


Abbildung 35: Prozentuale Verteilung der Köpfchen mit Raupen von *M. teleius* und *M. nausithous* entlang des Transekts Raisting

Wie die nachfolgende Tabelle 11 zeigt, existieren statistisch signifikanten Unterschiede in der Belegungsrate der Köpfchen beider Falter sowohl über alle 4 Transektabschnitte inkl. Wegrand als auch im direkten Vergleich des zentralen Transektabschnittes PF3 mit den übrigen Transektabschnitten PF2, PF4 und dem Wegrand. Damit sind auf dem Transekt Raisting eindeutige Unterschiede in der Eiverteilung von *M. teleius* und *M. nausithous* in den Wirtspflanzenbeständen unterschiedlich räumlich-strukturierter Wiesenbereiche erkennbar.

Tabelle 11: Kreuztabellen (Fisher's Exact Test) sowie Ergebnisse des Chiquadrat-Tests für das Transekt Raisting

Transektabschnitt	Köpfchen mit <i>M. teleius</i>	Köpfchen mit <i>M. nausithous</i>
Wegrand	0	8
Randbereich (PF1)	6	12
Übergangsbereich (PF2)	1	16
Zentralbereich (PF3)	13	7
Zentralbereich (PF4)	4	8
Ergebnisse	Chiquadrat = 17.4462; p = 001583	



Transektabschnitt	Köpfchen mit <i>M. teleius</i>	Köpfchen mit <i>M. nausithous</i>
	Signifikant bei $p < 0,05$	

$p = 0.1128$ (ns)	Zentralbereich (PF3)	Randbereich (PF1)
Anteil <i>M. teleius</i>	13	6
Anteil <i>M. nausithous</i>	7	12

$p = 0.0004$	Zentralbereich (PF3)	Übergangsbereich (PF2)
Anteil <i>M. teleius</i>	13	1
Anteil <i>M. nausithous</i>	7	16

$p = 0.1437$ (ns)	Zentralbereich (PF3)	Zentralbereich (PF4)
Anteil <i>M. teleius</i>	13	4
Anteil <i>M. nausithous</i>	7	8

$p = 0.0025$	Zentralbereich (PF3)	Wegrand
Anteil <i>M. teleius</i>	13	0
Anteil <i>M. nausithous</i>	7	8

ns = nicht signifikant



5.4 Untersuchungsgebiet Ostermünchen

Im Untersuchungsgebiet Ostermünchen wurde am 30.08.2011 ein 94 x 20 m großes Transekt mit 4 Probeflächen (6 x 20 m) innerhalb des „Braunaumoos“ eingerichtet. Der Abstand zwischen den Probeflächen wurde den Geländegegebenheiten angepasst und betrug zwischen 10 und 44 m. Die genaue Lage und Flächenaufteilung sind den Anhängen A und B zu entnehmen. Das Transekt befindet sich in einem Komplex aus Bruchwäldern, Streu- und Wirtschaftswiesen und wird in alle Himmelsrichtungen durch verschilfte und hochstaudenreiche Randbereiche eingegrenzt. Der Randbereich (PF1) setzt sich dementsprechend aus hochwüchsigen Vegetationsstrukturen zusammen und führt von hier über einen Übergangsbereich (PF2) mit stärkerer Verbrachungstendenz (Gehölzaufwuchs) in das niedrigwüchsige Zentrum der Fläche (PF3 und PF4).

Die Wirtspflanze *S. officinalis* war insbesondere in den zentralen Bereichen der Streuwiese nur mit einem geringen Angebot an Blütenköpfen vorhanden, so dass sich die Entnahme der Stichprobe (n = 50 / Probefläche) als schwierig gestaltete.

Um geeignete Bereiche mit syntopen Vorkommen von *Maculinea teleius* und *M. nausithous* zu finden, wurde bei der Flächenauswahl auf Daten von BRÄU et al. (2005, 2006) zurückgegriffen. Diesen zur Folge existieren im Braunaumoos individuenreiche Populationen beider Ameisen-Bläulinge. Die ansässigen Populationen gehören zu den spätfliedenden Populationen, d.h. die Flugzeit beider Arten beginnt ab Mitte Juli.

Bezüglich der Nutzung werden die im Untersuchungsgebiet Ostermünchen ausgewählten zentralen Transektbereiche durch eine einschürige Mahd ab Anfang September bewirtschaftet. Bei dem stärker verschilften und verhochstaudeten Randbereich handelt es sich dagegen um eine mehrjährige Brache.

5.4.1 Habitateigenschaften

Pflanzensoziologische Beschreibung

Auf dem Transekt Ostermünchen werden die Randbereiche (PF1) von Arten der Feuchtwiesensäume (*Filipendulion*) und Landröhrichte (*Phragmition*) eingenommen (siehe Abbildung 36). Während *Filipendula ulmaria* dominant hervortritt mischen sich *Valeriana officinalis* mit höheren Deckungsgraden und vereinzelt *Phragmites australis* bei, so dass eine Zuordnung zum *Valeriano-Filipenduletum* (SISS. in WESTH. et al. 46) in einer stellenweise stärker verschilften Ausprägung möglich ist. Flächeneinwärts nehmen typische Pfeifengraswiesen-Arten zu. Während im Übergangsbereich (PF2) noch stärkere Verbrachungstendenzen durch das Aufkommen von Gehölzen (z.B. *Frangula alnus*) und vereinzelte Hochstauden erkennbar sind, werden die Zentralbereiche durch hohe



Deckungsgrade des Pfeifengrases (*Molinia caerulea*) dominiert. Obwohl vereinzelt Kennarten von anderen *Molinion*-Gesellschaften vertreten sind (z.B. *Iris sibirica*), ist die Ausprägung insgesamt arm an Charakterarten. Dennoch können die Zentralbereiche (PF3 und PF4) dem *Molinietum caeruleae* (KOCH 1926) zugeordnet werden. Neben den Verbandscharakterarten des *Molinion* fallen in den Zentralbereichen höhere Deckungsgrade von Nässezeigern der bodensauren Kleinseggenriede (*Scheuchzerio-Caricetea fuscae* NORDH. 1936) auf (z.B. *Carex panicea*). Dies spiegelt sich auch in den Feuchtezeigerwerten wieder, die zum Zentrum hin ansteigen, während Säure- und Mäßigsäurezeiger (z.B. *Lotus pedunculatus*) zunehmen (siehe Anhang D).

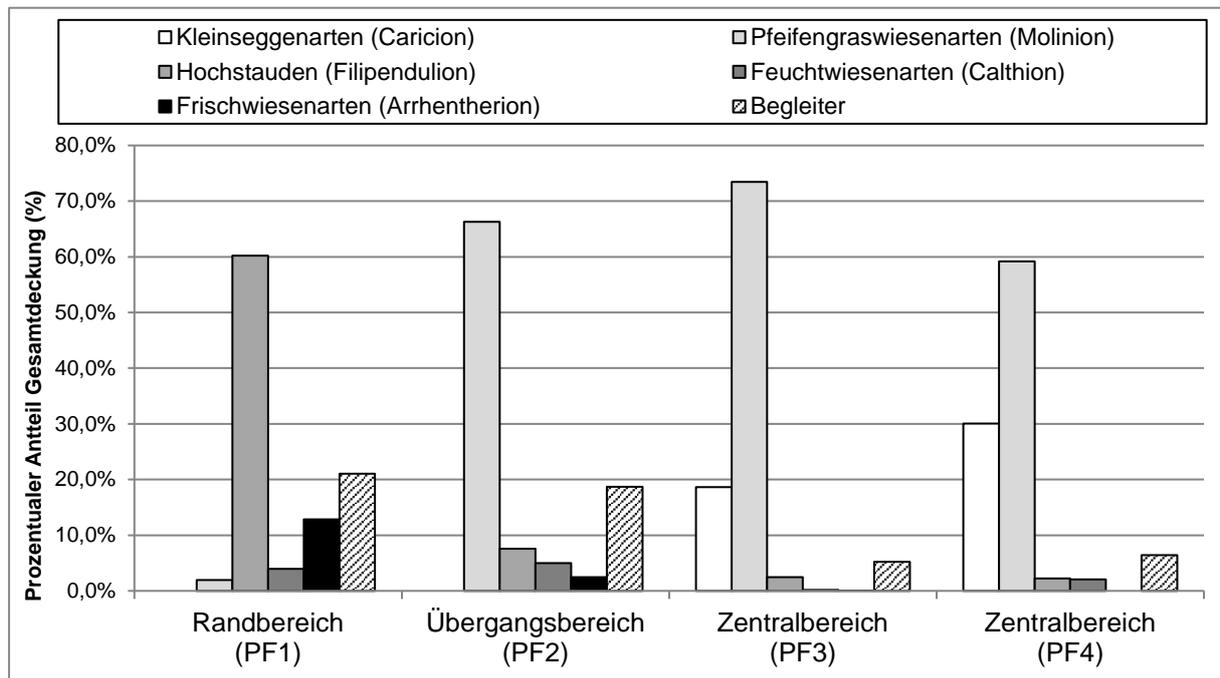


Abbildung 36: Prozentuale Anteile pflanzensoziologischer Artengruppen an der Gesamtdeckung entlang des Transekt Ostermünchen

Floristisch-strukturelle Beschreibung

Auf dem Transekt Ostermünchen lagen die Wuchshöhen im August 2011 zwischen 70 und 120 cm. Die blickdichte unterste Vegetationsschicht reichte auf allen Probestellen bis in etwa 10 cm Höhe (siehe Abbildung 37). Deutliche strukturelle Unterschiede konnten jedoch bereits in der Schicht ab 10 – 20 cm zwischen Rand- und Zentralbereichen festgestellt werden. Der Randbereich (PF1) war nicht nur durch höhere Wuchshöhen und eine stärkere Vertikalgliederung gekennzeichnet, sondern auch durch höhere Vegetationsdichten in der Unter- und Mittelschicht (bis 60 cm). Im Übergangsbereich zeigte sich die Vegetation ab der Vegetationsschicht 20 – 30 cm deutlich aufgelichteter und die Vertikalgliederung nahm durch den Rückgang von Schilf und Hochstauden stark ab. Die Zentralbereiche (PF3 und PF4)



waren dagegen durch eine deutlich lichtere mittlere Vegetationsschicht (30 – 60 cm) gekennzeichnet, während die obere Vegetationsschicht (ab 60 cm) nur noch durch einzelne Halme des Pfeifengrases aufgebaut wurde. Leichte Anstiege der Vegetationsdichte in der Schicht von 60 – 80 cm sind auf dem Transektabschnitt PF4 durch Randeffekte und die damit verbundene Zunahme von Hochstauden zurückzuführen.

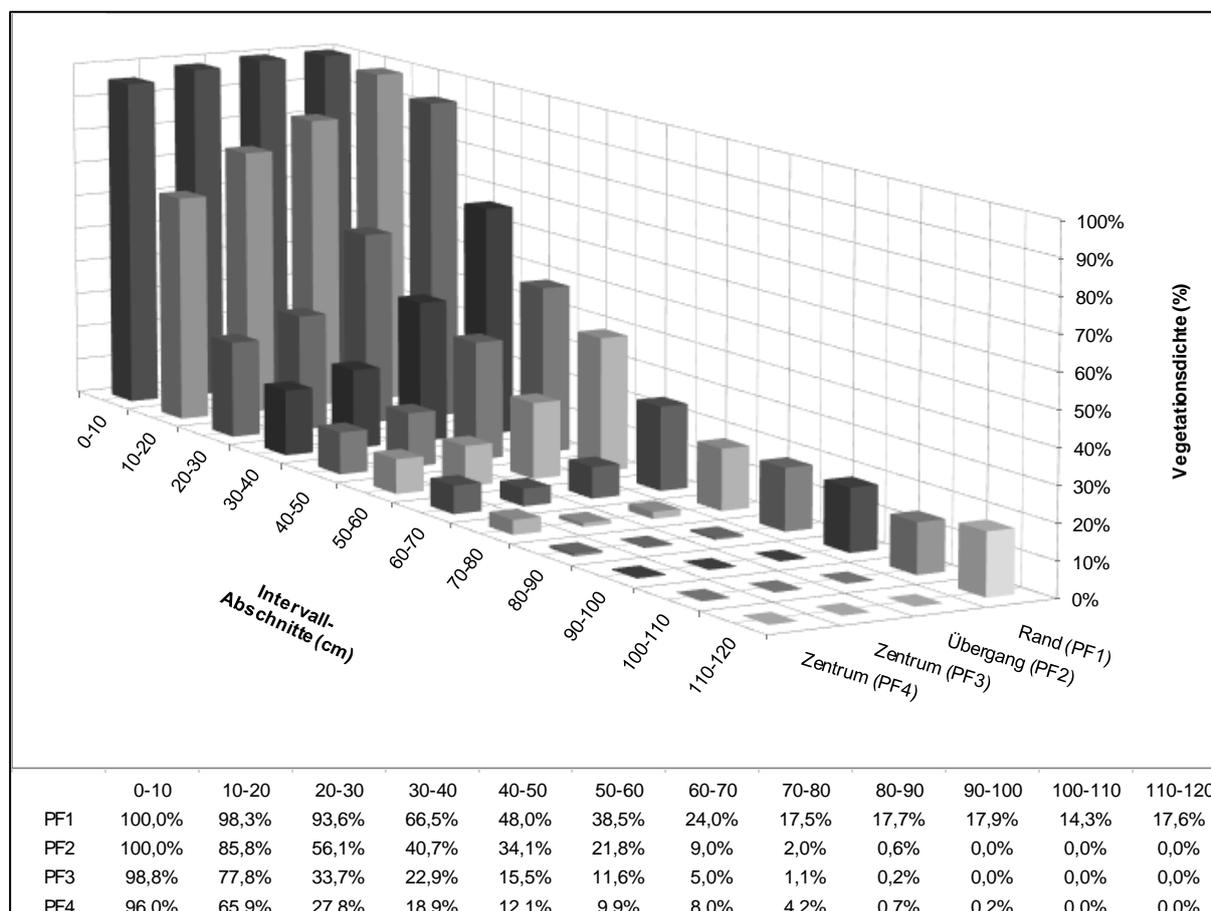


Abbildung 37: Ergebnisse der Vegetationsdichtemessungen auf dem Transekt Ostermünchen

5.4.2 Wirtsameisen

Die Ergebnisse der Ameisen-Köderfänge zeigen auf den Übergangs- und Zentralbereichen (PF2 - PF4) eine Dominanz von *Myrmica scabrinodis*, die an 80 – 100 % der Zuckerstücke geködert werden konnte (siehe Abbildung 38 und 39). Hingegen war im stärker verbrachten Randbereich (PF4) *M. rubra* mit einer Anlaufquote von über 90% die dominante Art. *M. ruginodis* konnte dagegen im Übergangsbereich (PF2) mit einer hohen Anlaufquote nachgewiesen werden. Betrachtet man die absolute Häufigkeit (Abbildung 39) fallen insbesondere im Übergangsbereich Überschneidungen zwischen *M. scabrinodis* und *M. ruginodis* auf. Im Transektabschnitt PF4 deuten sich Randeffekte, ausgehend von angrenzenden stärker verbrachten Flächen, durch eine leichte Zunahme von *M. rubra* an.



Das nachfolgende Diagramm stellt die Anlaufquoten in Prozent dar, während die darauffolgende Abbildung die einzelnen Köderfänge lokalisiert und Angaben zur Häufigkeit der einzelnen Arten enthält.

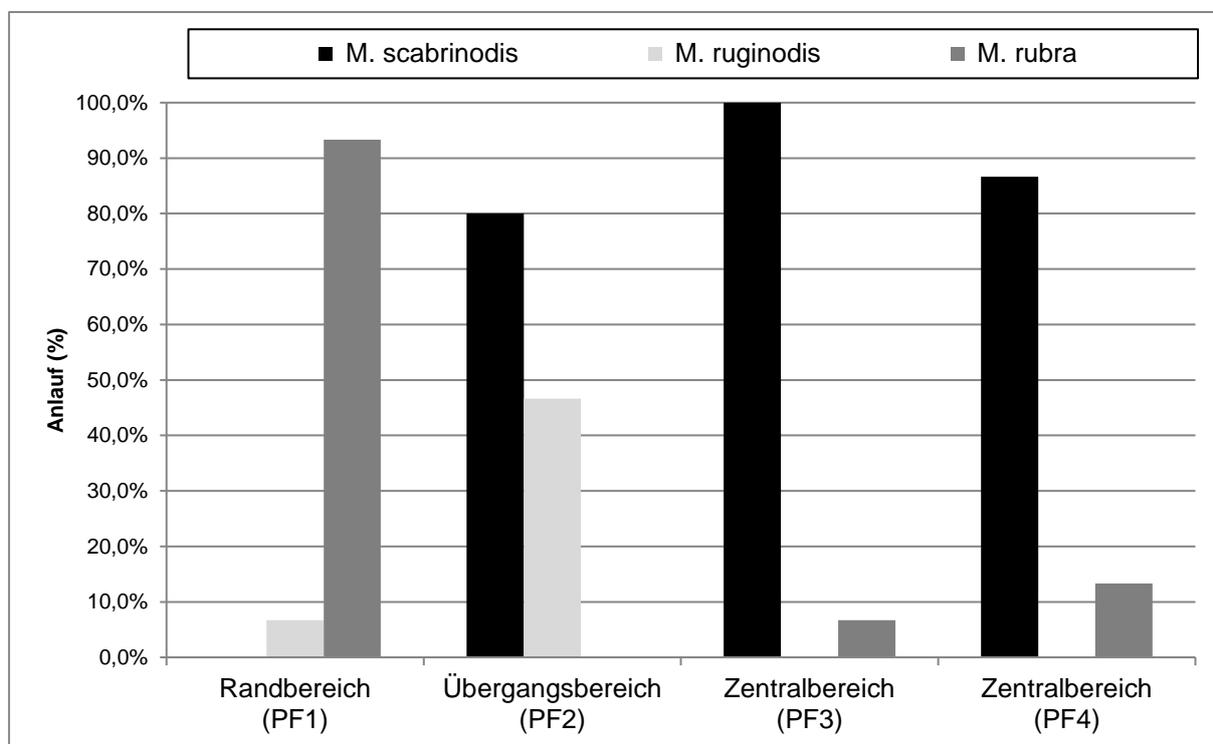
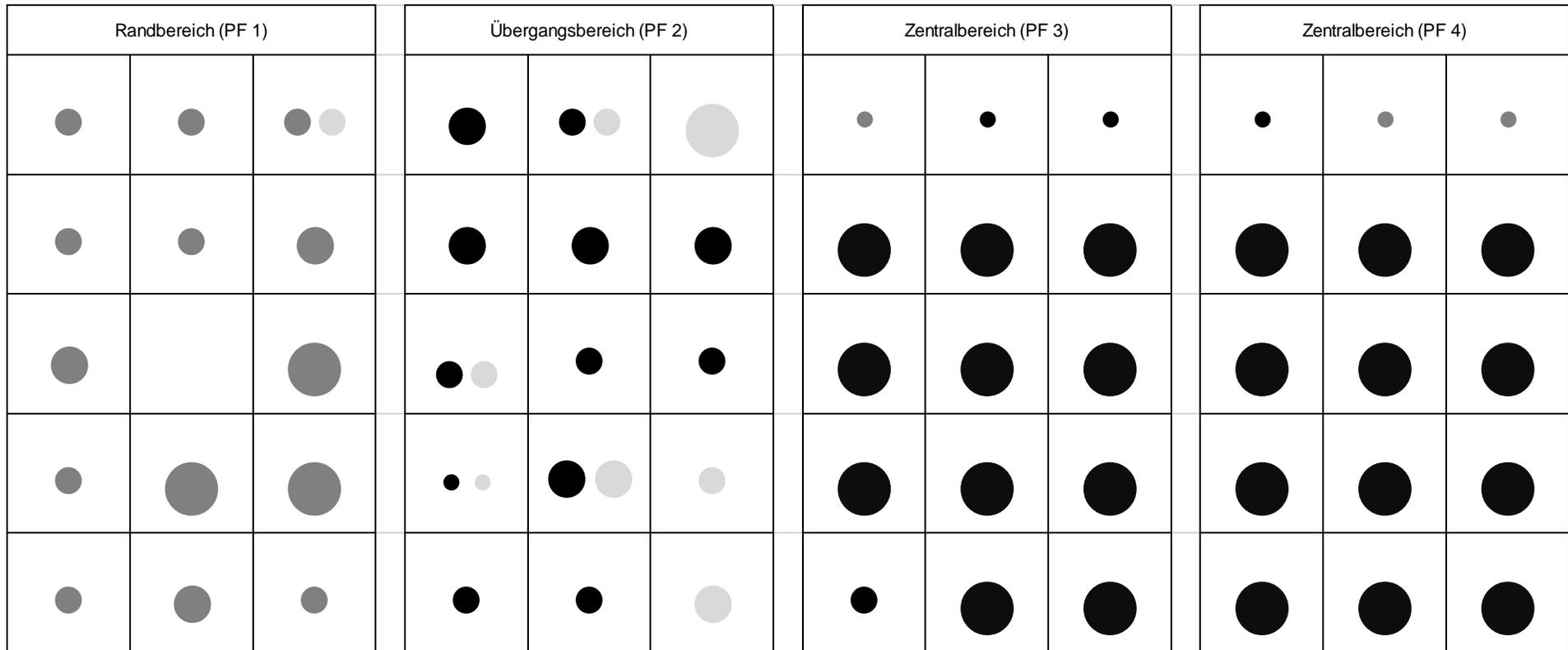


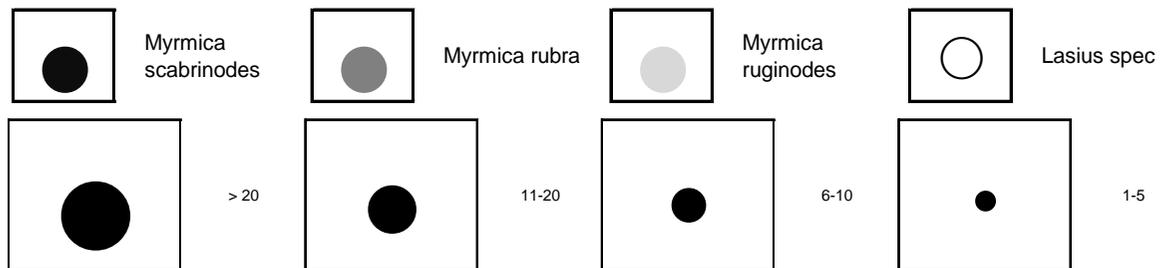
Abbildung 38: Ameisen-Anlaufhäufigkeiten auf dem Transekt Ostermünchen



Abbildung 39: Ergebnisse der Ameisen-Köderfänge auf der Probefläche Ostermünchen



Legende:





5.4.3 Wirtspflanzen

Die Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis* war über das gesamte Transekt Ostermünchen nur mit geringen Deckungsgraden vorhanden (siehe Abbildung 40). Leichte Anstiege der Deckungsgrade waren nur in dem Übergangsbereich der PF2 zu verzeichnen. Hier konnten auch vergleichsweise hohe mittlere Knospenzahlen mit einer Klasse von 51 – 250 Knospen nachgewiesen werden, während die Knospenzahl auf dem Rest des Transekts konstant bei der Klasse 11 – 50 Knospen blieb.

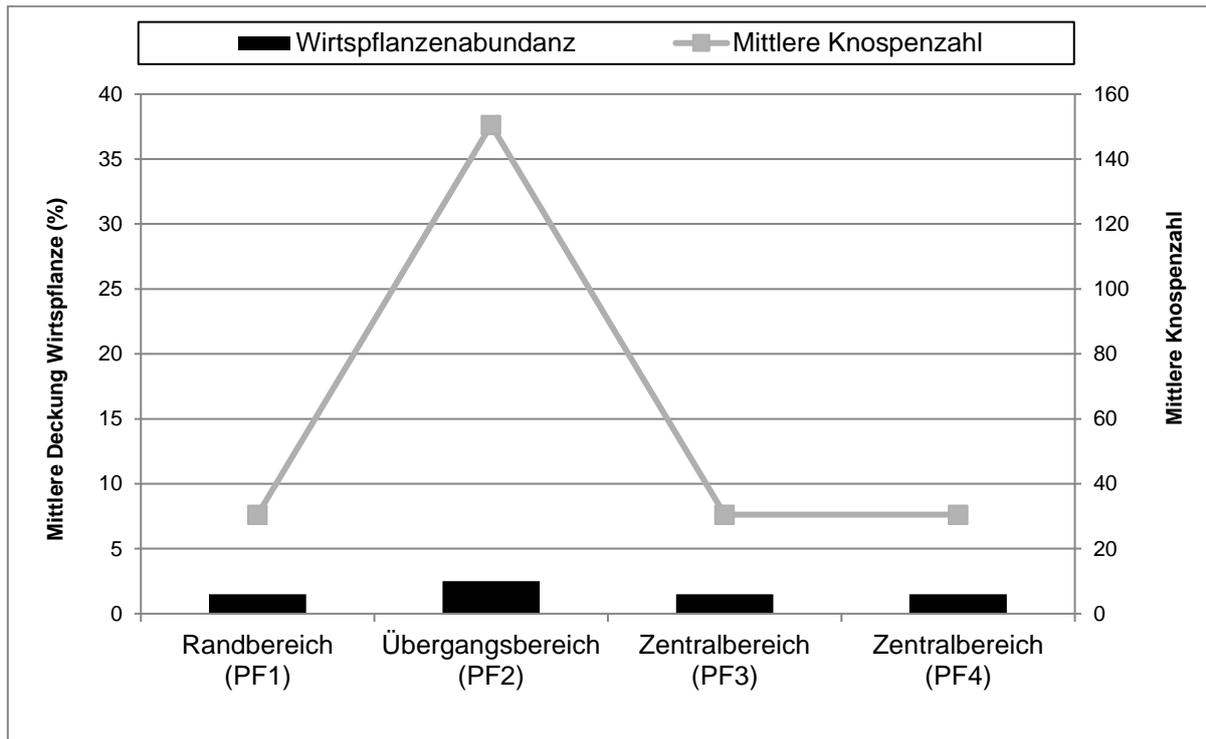


Abbildung 40: Wirtspflanzen- und Knospenangebot auf dem Transekt Ostermünchen

5.4.4 Köpfchenuntersuchungen

Auf dem Transekt Ostermünchen konnten in insgesamt 159 Blütenköpfchen 135 Raupen eindeutig bestimmt werden, bei vier Raupen war dies nicht mehr möglich. In weiteren 26 Köpfchen wurden Fraßspuren festgestellt. Diese ließen sich an sieben Blütenköpfchen eindeutig *M. nausithous* zuordnen und an sechs *M. teleius*. Die Mehrzahl der Blütenköpfchen war im Transekt Ostermünchen belegt (siehe Abbildung 41). In insgesamt acht Fällen befanden sich Raupen beider Arten innerhalb eines Köpfchens.

Die Größe der belegten Blütenköpfchen umfasste den Bereich von 6 bis 28 mm, die Wuchshöhe der Pflanzen lag zwischen 51 und 102 cm. Während die Raupen von *M. teleius* eine Präferenz für Terminalknospen zeigten, befand sich die Raupen von *M. nausithous* in der Mehrzahl der Fälle an Seitenknospen.



Wie die Ergebnisse in den Abbildungen 41 und 42 zeigen, verschiebt sich das Verhältnis zwischen belegten Köpfchen mit *M. teleius* und Köpfchen mit *M. nausithous* deutlich zwischen Rand- und Zentralbereich (PF1 – PF4). Dabei konnte in den Randbereichen des Transektabschnitts PF1 mit 25 belegten Köpfchen (37 Raupen) die höchste Belegungsrate von *M. nausithous* festgestellt werden. Für *M. teleius* wurde dagegen die höchste Belegung mit 13 Blütenköpfen (21 Raupen) im Zentralbereich des Transektabschnitt PF4 registriert. Diese Bereiche glichen vom optischen Eindruck im Gelände her am ehesten dem Zentrum einer Streuwiese. Aufgrund des geringen Wirtspflanzenaufkommens konnte hier die notwendige Anzahl an Blütenköpfen für die Stichprobe nicht erreicht werden. Der Umfang der gesammelten Blütenköpfe betrug 21 bzw. 39 Köpfe, von denen jedoch jeweils 1/3 mit *Maculinea*-Raupen belegt waren.

Die meisten Überlappungen zwischen beiden Arten gab es mit 4 Blütenköpfen im Transektabschnitt PF2, der optisch am ehesten zwischen dem Übergang einer Streuwiese zum Randbereich vermittelt. Bemerkenswert war dabei, dass in 6 von 8 Blütenköpfen mit gemeinsamen Vorkommen beider *Maculinea*-Arten abgelegte L3-Häutungen von *M. teleius* auf eine erfolgreiche Raupenentwicklung hindeuteten, während sich die Raupen von *M. nausithous* noch im L1 oder L2 – Larvenstadium befanden. In zwei Fällen waren dagegen L3-Häutungen bzw. L4-Raupen beider Arten in einem Blütenköpfchen zu finden, so dass beide Arten trotz gemeinsamer Blütenkopfbelegung zu einer erfolgreichen Raupenentwicklung gelangen konnten.

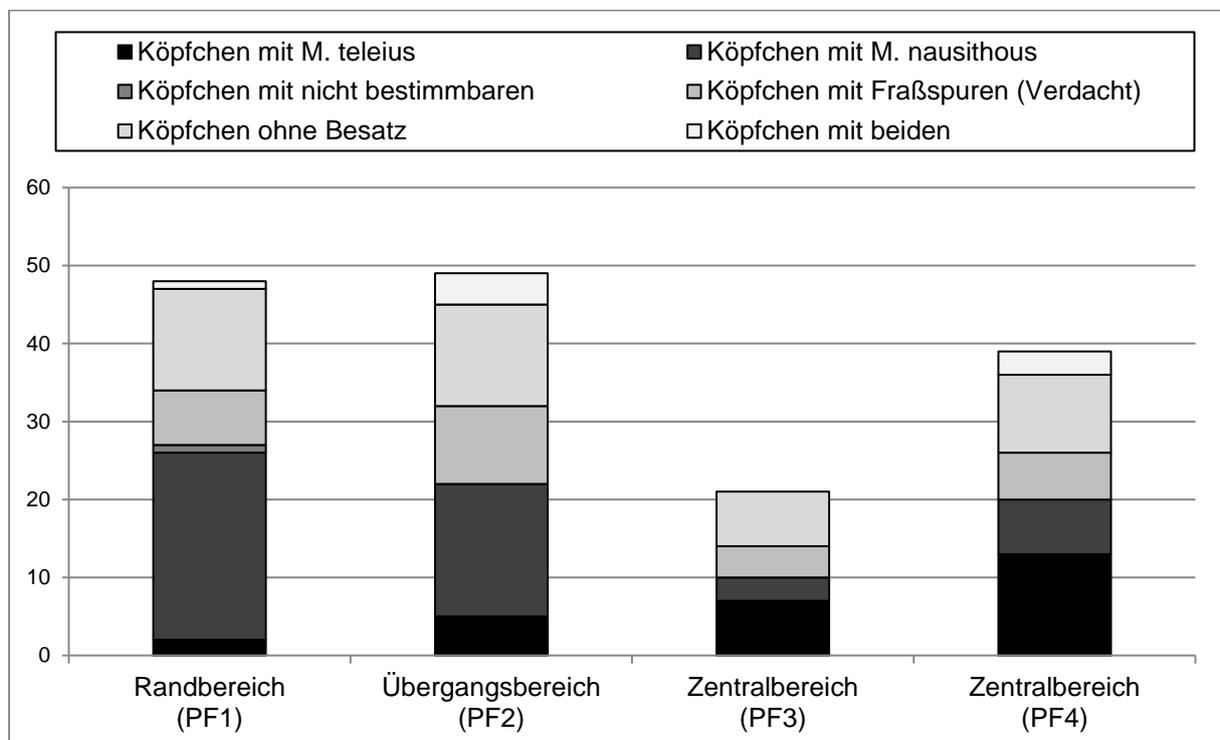


Abbildung 41: Ergebnisse der Köpfchenuntersuchung auf dem Transekt Ostermünchen

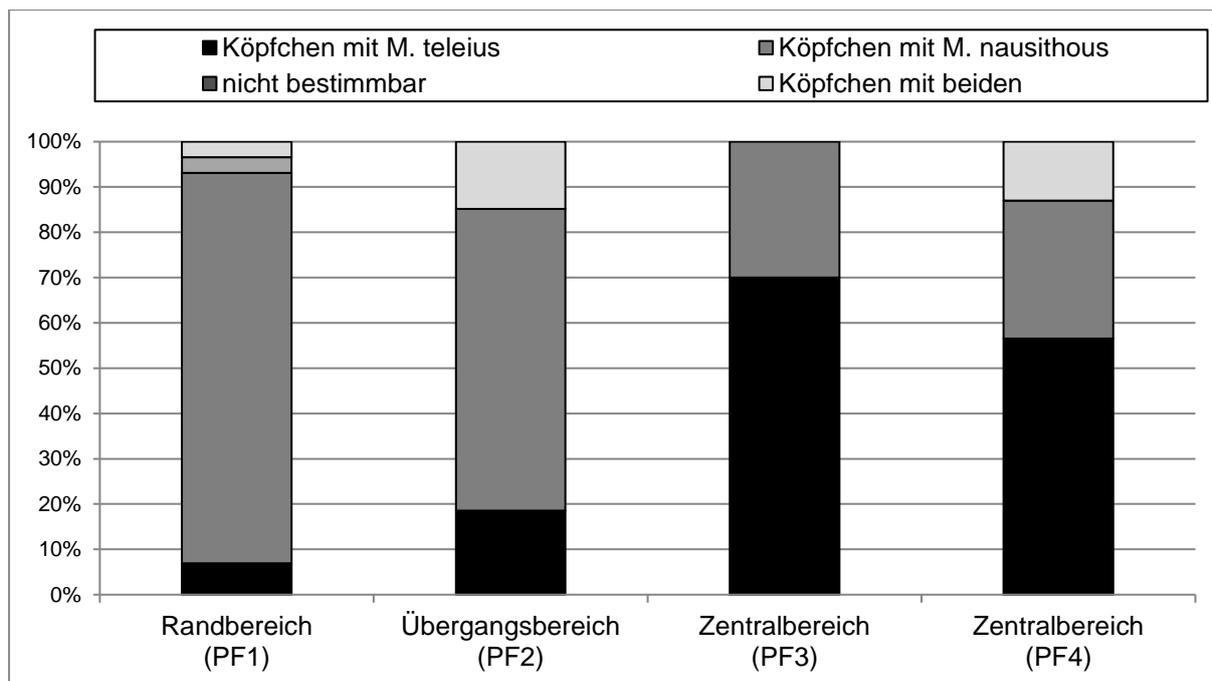


Abbildung 42: Prozentuale Verteilung der Köpfchen mit Raupen von *M. teleius* und *M. nausithous* entlang des Transekts Ostermünchen

Wie die nachfolgende Tabelle 12 zeigt, existieren statistisch signifikanten Unterschiede in der Belegungsrate der Köpfchen beider Falter sowohl über alle 4 Transektabschnitte als auch im direkten Vergleich der zentralen Transektabschnitte PF3 und PF4 mit den übrigen Transektabschnitten (PF1 und PF2). Wenngleich aufgrund der geringen Belegungsrate durch *M. teleius* keine Überinterpretation der statistischen Signifikanz erfolgen darf, stellt das Transekt Ostermünchen bisher am eindeutigsten Unterschiede zwischen der Eiverteilung von *M. teleius* und *M. nausithous* über die Wirtspflanzenbestände unterschiedlich räumlich - strukturierter Wiesenbereiche heraus.

Tabelle 12: Kreuztabellen (Fisher's Exact Test) sowie Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests für das Transekt Ostermünchen

Transectabschnitt	Köpfchen mit <i>M. teleius</i>	Köpfchen mit <i>M. nausithous</i>
Randbereich (PF1)	2	24
Übergangsbereich (PF2)	5	17
Zentralbereich (PF3)	7	3
Zentralbereich (PF4)	13	7
Ergebnisse	Chi-Quadrat = 23.3907; p = 0,000033 Signifikant bei p < 0,05	



Transektabschnitt	Köpfchen mit <i>M. teleius</i>	Köpfchen mit <i>M. nausithous</i>
-------------------	--------------------------------	-----------------------------------

p = 0.0001	Zentralbereich (PF4)	Randbereich (PF1)
Anteil <i>M. teleius</i>	13	2
Anteil <i>M. nausithous</i>	7	24

p = 0.0116	Zentralbereich (PF4)	Übergangsbereich (PF2)
Anteil <i>M. teleius</i>	13	5
Anteil <i>M. nausithous</i>	7	17

p = 1 (ns)	Zentralbereich (PF4)	Zentralbereich (PF3)
Anteil <i>M. teleius</i>	13	7
Anteil <i>M. nausithous</i>	7	3

ns = nicht signifikant



5.5 Untersuchungsgebiet Freising

Im Untersuchungsgebiet Freising wurde am 31.08.2011 ein 76 x 10 m großes Transekt mit 4 Probeflächen (6 x 10 m) in einer trockeneren Pfeifengras-Streuwiese mit randlicher Verschilfung eingerichtet. Der Abstand zwischen den Probeflächen betrug ca. 17 m. Die genaue Lage und Flächenaufteilung sind den Anhängen A und B zu entnehmen. Das Transekt befindet sich im Freisinger Moos am Nordrand der Münchener Ebene. Bei dem Freisinger Moos handelt es sich um ein großflächiges, stark entwässertes Niedermoor, das noch einen weitgehend geschlossenen Grünlandgürtel bildet und durch Streuwiesenkomplexe sowie kleinflächig niedermoorartige Lebensräume charakterisiert ist (ZEHLIUS-ECKERT et al. 2003). Im Gebiet sind allgemein und auf den Streuwiesen insbesondere negative Entwicklungstendenzen durch die Ausbreitung von Gehölzen (z.B. *Frangula alnus*), Schilf und/oder Hochstauden und Großseggen erkennbar, die meist auf eine Aufgabe der Nutzung/Pflege und/oder ungünstige Mahdzeitpunkte sowie sinkende Grundwasserstände zurückzuführen sind.

Im Freisinger Moos sind sowohl *Maculinea teleius* als auch *M. nausithous* vertreten. Die ansässigen Populationen gehören zu den spätfliegenden Populationen, d.h. die Flugzeit beider Arten beginnt ab Mitte Juli. Daten aus den Jahren 1989 bis 2000 zur Folge zeigt *M. teleius* im Gebiet insgesamt eine Abnahme mit weitgehend unklaren Ursachen, während *M. nausithous* dagegen eine uneinheitliche Entwicklung ohne deutlichen Trend zeigt (ZEHLIUS-ECKERT et al. 2003).

Bezüglich der Nutzung werden die im Untersuchungsgebiet Freising ausgewählten Transektbereiche durch eine einschürige Mahd ab Anfang September bewirtschaftet. Die stärker verschilften Randbereiche lassen jedoch nur auf eine unregelmäßige bzw. in mehrjährigen Abständen durchgeführte Mahd schließen.

5.5.1 Habitateigenschaften

Pflanzensoziologische Beschreibung

Das Transekt Freising wird in den Randbereichen (PF1) durch dichten Schilfaufwuchs dominiert (siehe Abbildung 43). Dazu gesellen sich Charakterarten der Feuchtwiesensäume (*Filipendulion*) und Pfeifengraswiesen (*Molinion*), deren Deckungsgrade aufgrund der starken Beschattung durch *Phragmites australis* jedoch nur schwach ausgebildet sind. Pflanzensoziologisch entstehen so Übergangsgesellschaften vom *Phragmition* zum *Filipendulion*, die auf dem Transektabschnitt PF2 Übergänge zum *Molinion* einläuten. Die Zentralbereiche (PF3 und PF4) werden durch hohe Deckungsgrade des Pfeifengrases (*Molinia caerulea*) dominiert. Obwohl die Ausprägung insgesamt arm an Charakterarten ist und die Zentralbereiche bis zur PF3 durch Arten des *Phragmition* (z.B. Schilf) überlagert



werden, können die Vegetationsbestände des Zentrums dem *Molinietum caeruleae* (KOCH 1926) zugeordnet werden. Anstelle von Assoziations-Kennarten des *Molinion* werden die Zentralbereiche jedoch stärker von Trockenheitszeiger des *Mesobromion erecti* BR. BL. et MOOR 1938 (z.B. *Galium verum*) frequentiert und sind für die geringeren mF-Wert von 6,7 auf dem Transektabschnitt PF4 verantwortlich (siehe Anhang D).

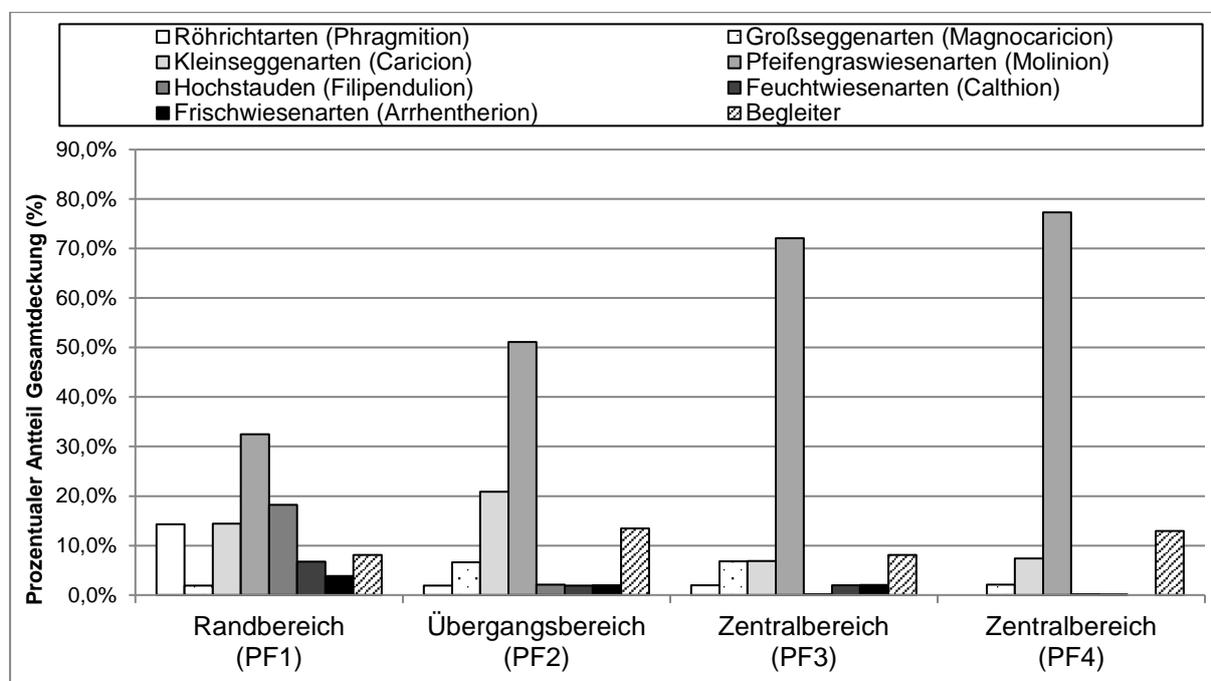


Abbildung 43: Prozentuale Anteile pflanzensoziologischer Artengruppen an der Gesamtdeckung entlang des Transekt Freising

Floristisch-strukturelle Beschreibung

Auf dem Transekt Freising lagen die Wuchshöhen im August 2011 zwischen 70 und >120 cm. Die blickdichte unterste Vegetationsschicht reichte auf allen Probeflächen bis in etwa 10 cm Höhe (siehe Abbildung 44). Während sich der Randbereich (PF1) durch eine deutliche Vertikalgliederung bis in eine Schicht von 100 – 120 cm auszeichnete, waren die daran anschließenden Transektabschnitte deutlich geringer vertikal gegliedert. Auch in der Unter- und Mittelschicht (10 – 60 cm) waren deutliche Unterschiede in der Vegetationsdichte zu erkennen. So war die Vegetationsdichte in der Schicht von 20 – 60 cm in den Zentralbereichen (PF3 und PF3) nur etwa halb so dicht wie in den Übergangs- und Randbereichen. Der Strukturgradient spiegelt sich auch in den mN-Werten wieder, die vom Rand zum Zentrum deutlich absinken (siehe Anhang D). Durch den geringeren Stickstoffreichtum kommt es nicht nur zu einer Verschiebung des Artenspektrums hin zu niedrigwüchsigeren Arten, sondern auch zu einer schwächeren Horstbildung von *Molinia caerulea* was sich wiederum insbesondere auf die Vegetationsdichte in den Schichten 30 – 60 cm auswirkt.

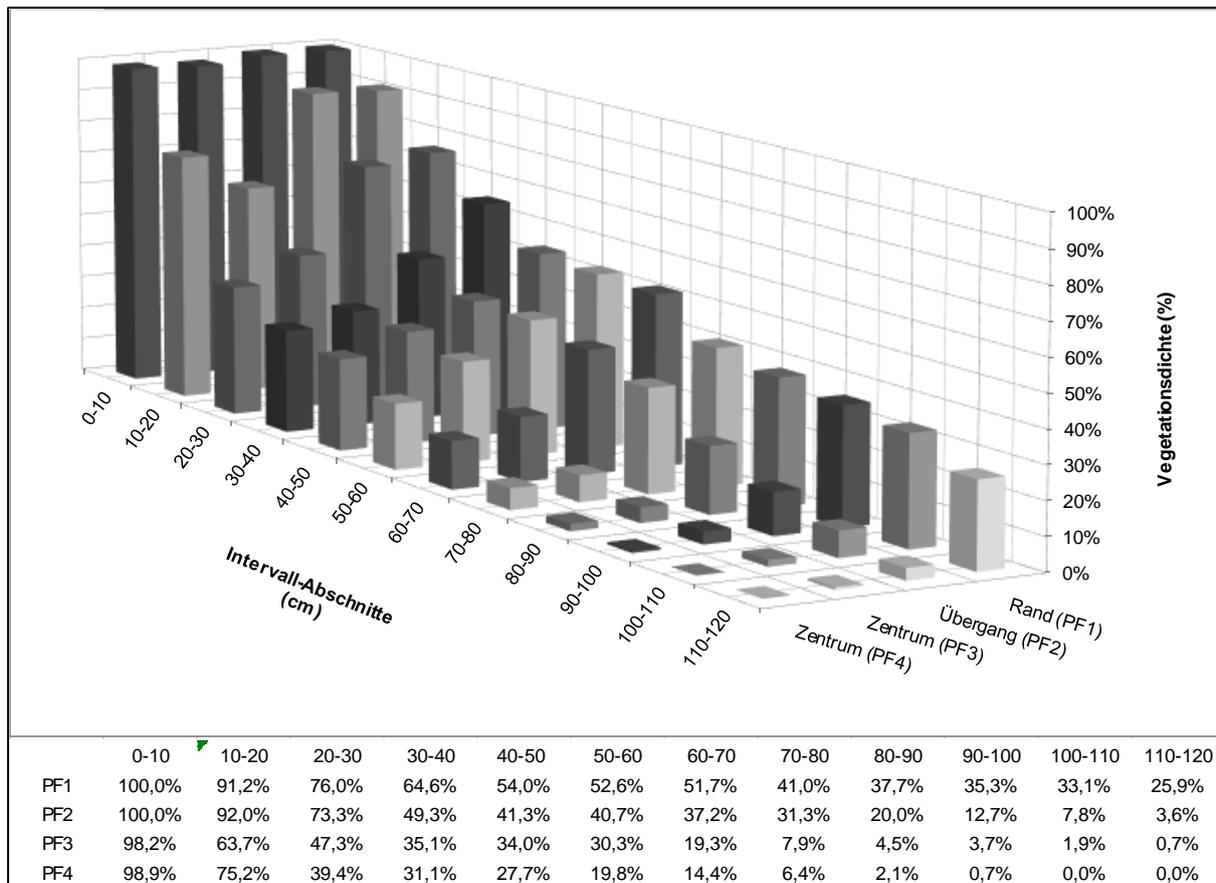


Abbildung 44: Ergebnisse der Vegetationsdichtemessungen auf dem Transekt Freising

5.5.2 Wirtsameisen

Auf dem Transekt Freising waren in den stärker verbrachten Rand- und Übergangsbereichen (PF1 und PF2) sowie überraschenderweise auch im Zentralbereich des Transektabschnitt PF3 *M. rubra* und *M. ruginodis* die dominierenden Ameisen-Arten (siehe Abbildung 45). Während anhand der absoluten Häufigkeit beider Arten im Randbereich noch eine recht homogene Verteilung zu erkennen war (siehe Abbildung 46), konnte im Übergangs- und Zentralbereich der PF2 und PF3 *M. ruginodis* an mehr Ködern und z.T. mit höheren Häufigkeiten nachgewiesen werden. Erst im stärker von Mager- und Trockenkeitszeigern dominierten Zentralbereich PF4 nahm die Anlaufquote von *M. scabrinodis* deutlich zu und die Art konnte an 9 Zuckerstücken mit z.T. hohen Häufigkeiten von >20 Individuen nachgewiesen werden (siehe Abbildung 46). Jedoch war auch hier in einzelnen Köderreihen allein *M. ruginodis* vertreten, was als Indiz für die insgesamt höhere Verbrachungstendenz des Transekt Freising zu werten ist.



Das nachfolgende Diagramm stellt die Anlaufquoten in Prozent dar, während die darauffolgende Abbildung die einzelnen Köderfänge lokalisiert und Angaben zur Häufigkeit der einzelnen Arten enthält.

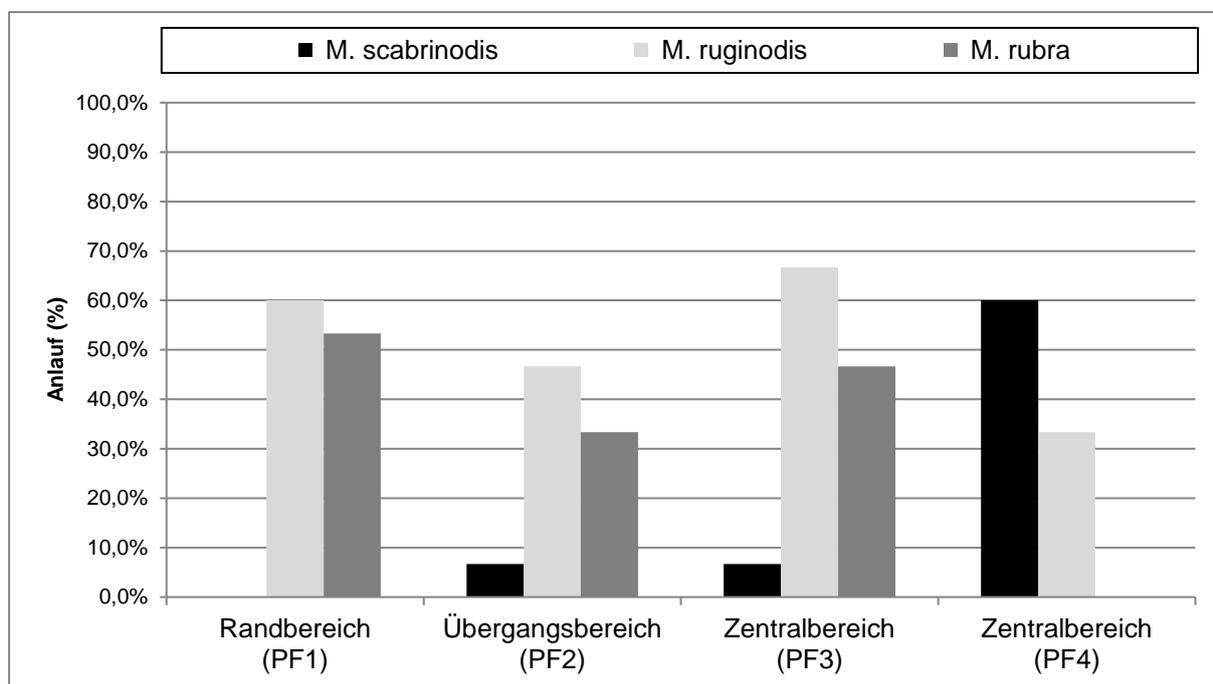
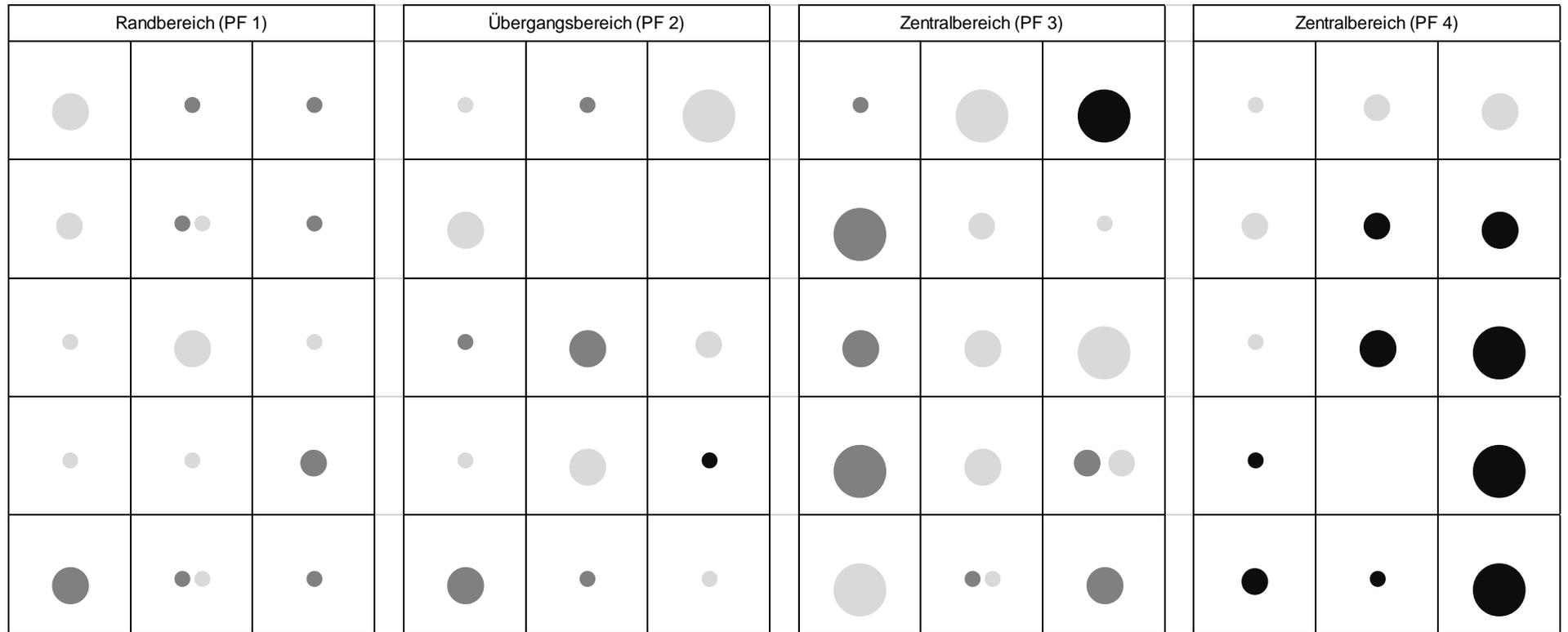


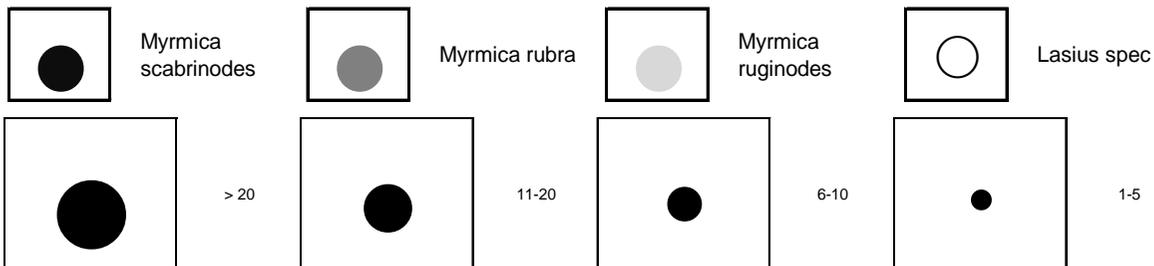
Abbildung 45: Ameisen-Anlaufhäufigkeiten auf dem Transekt Freising



Abbildung 46: Ergebnisse der Ameisen-Köderfänge auf der Probefläche Freising



Legende:





5.5.3 Wirtspflanzen

5.5.3.1 Wirtspflanzenangebot

Auf dem Transekt Freising waren die höchsten Deckungsgrade (5 – 15 %) der Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis* innerhalb des Randbereichs (PF1) zu verzeichnen (siehe Abbildung 47). Im Rand- sowie dem daran anschließenden Übergangsbereich wiesen die Horste von *S. officinalis* auch die größte Anzahl an Knospen mit einer Klasse von 51 – 250 Knospen auf. Zu den Zentralbereichen hin nahmen dagegen sowohl die Artmächtigkeit als auch die mittlere Knospenzahl deutlich ab.

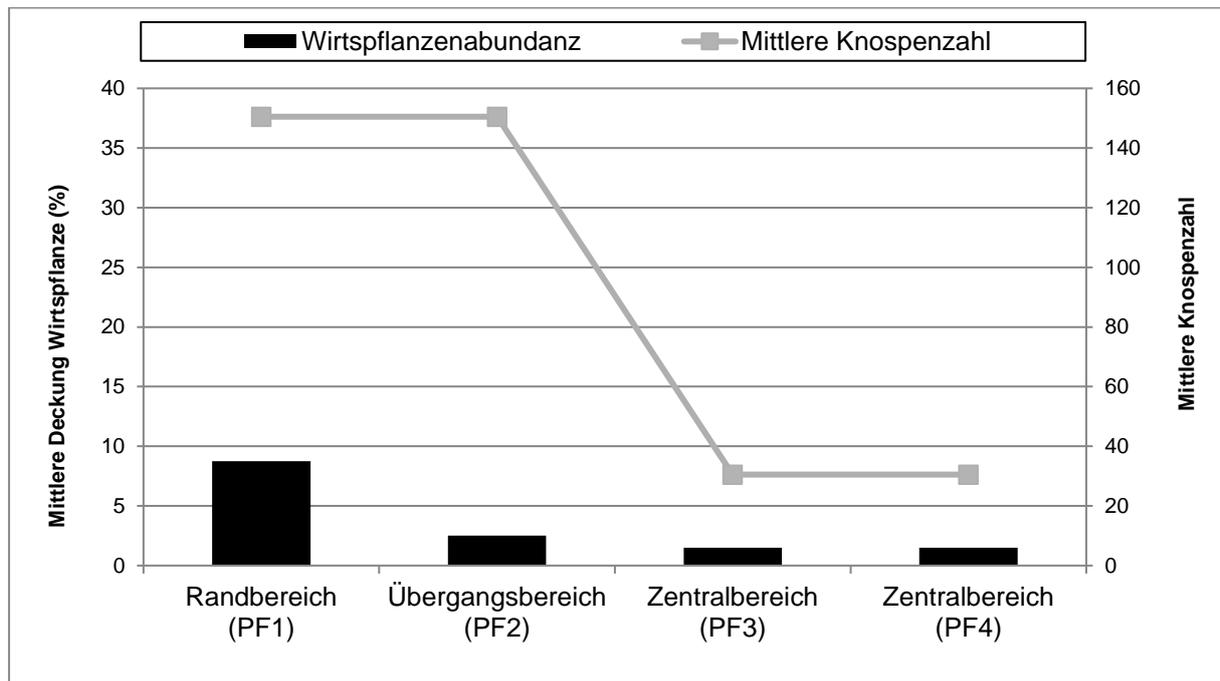


Abbildung 47: Wirtspflanzen- und Knospenangebot auf dem Transekt Freising

5.5.3.2 Pflanzeninhaltsstoffe

Die Bestimmung des Gesamtstickstoffgehaltes in den Blütenkopf-Proben der Wirtspflanze *S. officinalis* zeigte in den Rand- und Übergangsbereichen (PF1 und PF2) höhere Stickstoffgehalte als in den flächeneinwärts anschließenden Zentralbereichen (siehe Abbildung 48). Die geringsten Stickstoffgehalte konnten auf dem Zentralbereich des Transektabschnitt PF3 ermittelt werden. Zum Transektabschnitt PF4 hin waren dann wieder leichte Anstiege des Stickstoffgehaltes zu verzeichnen.

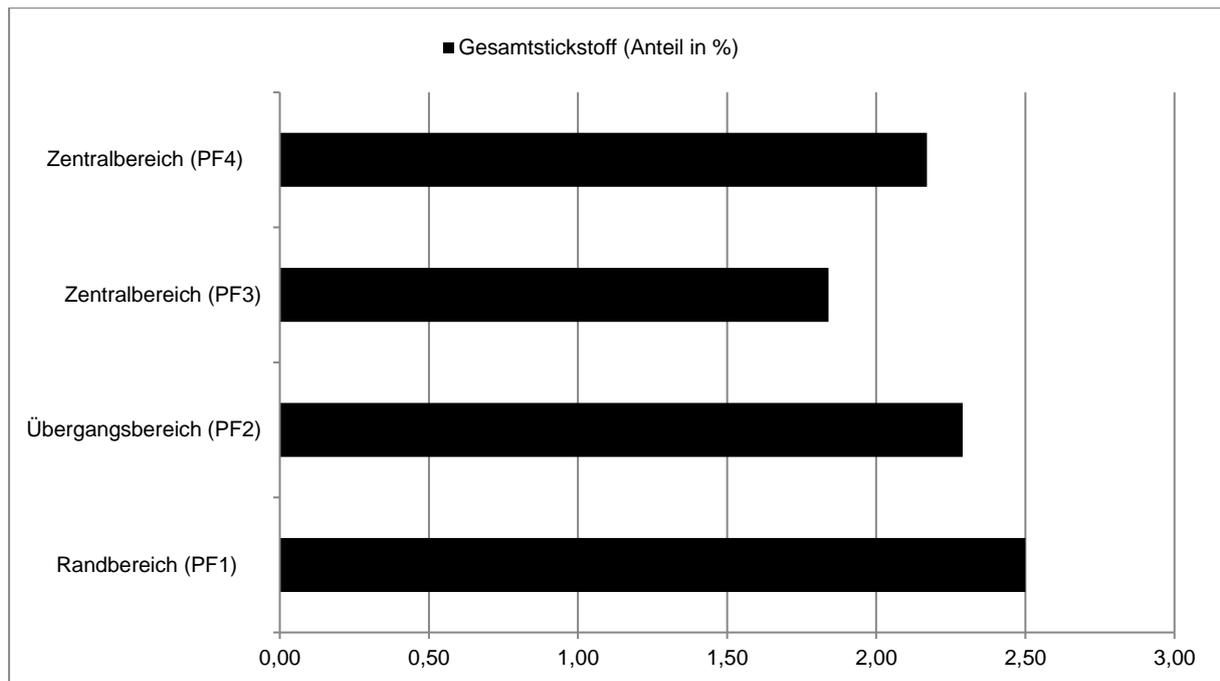


Abbildung 48: Gesamtstickstoffgehalt auf der Probefläche Freising

5.5.4 Köpfchenuntersuchungen

Auf dem Transekt Freising konnten insgesamt konnten in 200 Blütenköpfchen 126 Raupen eindeutig bestimmt werden, bei zwei Raupen war dies nicht mehr möglich. In weiteren 13 Köpfchen wurden Fraßspuren festgestellt. Diese ließen sich in zwei Fällen eindeutig *M. nausithous* und in einem Fall *M. teleius* zuordnen.

Die Mehrzahl der Blütenköpfchen war im Transekt Freising belegt (siehe Abbildung 49). In insgesamt fünf Fällen befanden sich Raupen beider Arten innerhalb eines Köpfchens. Die meisten Überlappungen gab es im Transektabschnitt PF2, der zwischen Streuwiese und Randbereich vermittelt.

Die Größe der belegten Blütenköpfchen umfasste den Bereich von 6 bis 20 mm, die Wuchshöhe der Pflanzen lag zwischen 40 und 103 cm. Entgegen der bisherigen Beobachtungen konnte auf dem Transekt Freising bei beiden *Maculinea*-Arten keine eindeutige Präferenz bei der Eiablage für Seiten- oder Terminalknospen herausgestellt werden. Das Verhältnis von belegten Seiten- oder Terminalknospen war bei *M. nausithous* ausgeglichen, während *M. teleius* etwa doppelt so viele Seitentriebe wie Terminalknospen belegte.

Wie die Ergebnisse der Köpfchenuntersuchungen zeigen, deutet sich der Trend einer höheren Frequentierung der Rand- und Übergangsbereiche (PF1 und PF2) durch *M. nausithous* und entgegengesetzt eine niedrigere Belegungsrate dieser Transektabschnitte



durch *M. teleius* an (siehe Abbildung 49). Besonders deutlich wird der Unterschied, wenn die Raupenfunde im prozentualen Verhältnis dargestellt werden (siehe Abbildung 50).

Entgegen diesem Trend sind höhere Belegungsraten durch *M. nausithous* auf dem Zentralbereich der PF3 auffällig. Hier wurden von der Art die höchsten Belegungsraten mit 24 belegten Köpfchen (30 Raupen) erreicht. Vom optischen Eindruck im Gelände her war dieser Bereich stärkeren Randeffecten durch das stete Auftreten von Schilf ausgesetzt, während der anschließende Zentralbereich (PF4) optisch eher dem Zentrum einer Streuwiese gleich. Auf dem Transektabschnitt PF4 konnte mit 11 belegten Köpfchen (13 Raupen) auch die höchste Belegungsrate von *M. teleius* festgestellt werden.

Die meisten Überlappungen zwischen beiden Arten gab es mit zwei Blütenköpfen im Transektabschnitt PF2, der optisch am ehesten zwischen dem Übergang einer Streuwiese zum Randbereich vermittelt. Von den insgesamt fünf Fällen in denen sich beide *Maculinea*-Arten gemeinsam in einem Blütenköpfchen entwickelten kam es in zwei Fällen zu einer erfolgreichen Raupenentwicklung beider Arten (Nachweis von L3-Häutungen bzw. L4-Raupen). In zwei Fällen war das Larval- bzw. Häutungsstadium mindestens einer Art nicht bestimmbar und in einem weiteren Fall deutete der Fund einer L4-Raupe von *M. teleius* auf eine erfolgreiche Entwicklung hin, während sich die Raupe von *M. nausithous* noch im L2-Stadium befand. Somit ist bei einer gemeinsamen Blütenkopfbelegung kein eindeutiger Konkurrenzvorteil zu erkennen.

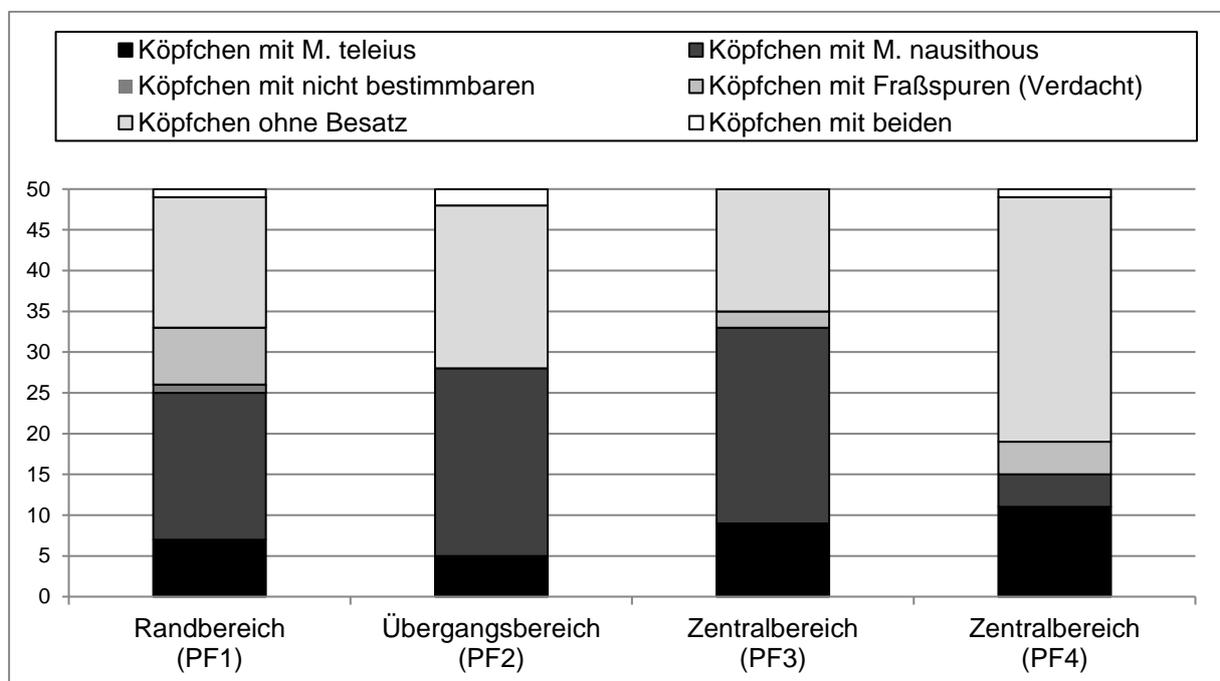


Abbildung 49: Ergebnisse der Köpfchenuntersuchung auf dem Transekt Freising

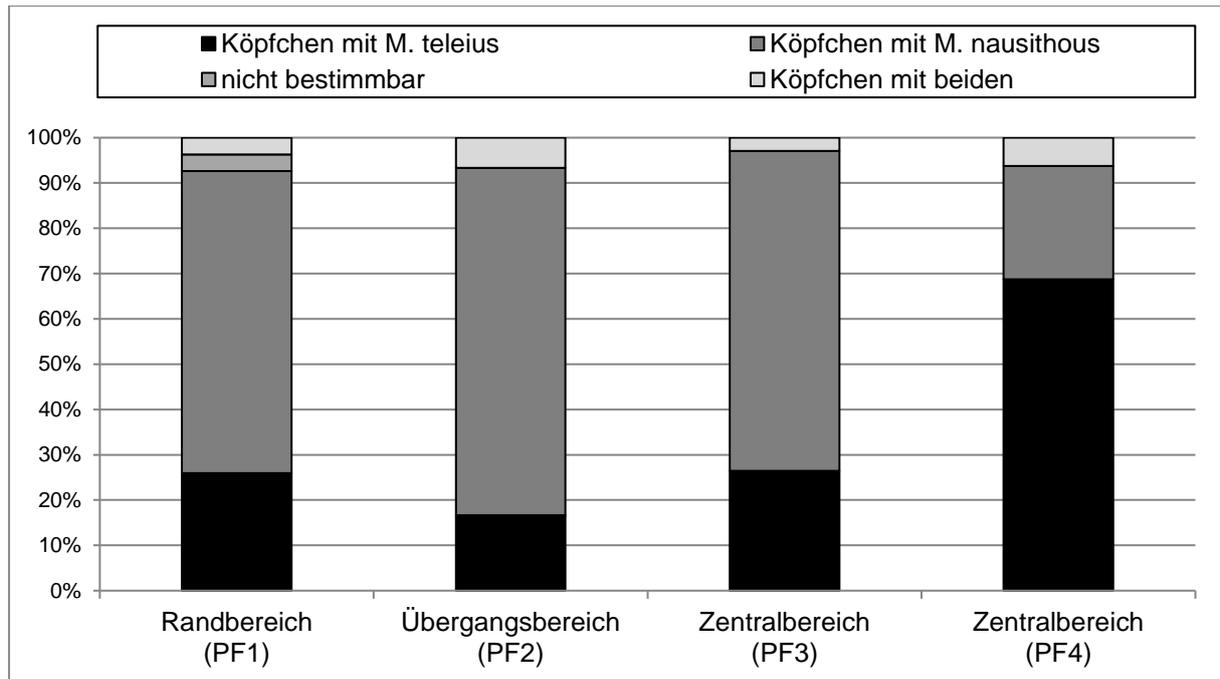


Abbildung 50: Prozentuale Verteilung der Köpfchen mit Raupen von *M. teleius* und *M. nausithous* entlang des Transekts Freising

Wie die nachfolgende Tabelle 13 zeigt, existieren statistisch signifikante Unterschiede in der Belegungsrate der Köpfchen beider Falter sowohl über alle 4 Transektabschnitte als auch im direkten Vergleich des zentralen und am ehesten dem Zentrum einer Streuwiese ähnelnden Transektabschnitts PF4 mit den übrigen Transektabschnitten (PF1, PF3 und PF2). Damit sind auf dem Transekt Freising, neben dem Transekt Ostermünchen, eindeutige Unterschiede in der Eiverteilung von *M. teleius* und *M. nausithous* in den Wirtspflanzenbeständen unterschiedlich räumlich-strukturierter Wiesenbereiche erkennbar.

Tabelle 13: Kreuztabellen (Fisher's Exact Test) sowie Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests für das Transekt Freising

Transektabschnitt	Köpfchen mit <i>M. teleius</i>	Köpfchen mit <i>M. nausithous</i>
Randbereich (PF1)	7	18
Übergangsbereich (PF2)	5	23
Zentralbereich (PF3)	9	24
Zentralbereich (PF4)	11	4
Ergebnisse	Chi-Quadrat = 14,9479; p = 0,001862 Signifikant bei p < 0,05	



Transektabschnitt	Köpfchen mit <i>M. teleius</i>	Köpfchen mit <i>M. nausithous</i>
p = 0.0086	Zentralbereich (PF4)	Randbereich (PF1)
Anteil <i>M. teleius</i>	11	7
Anteil <i>M. nausithous</i>	4	18

p = 0.0007	Zentralbereich (PF4)	Übergangsbereich (PF2)
Anteil <i>M. teleius</i>	11	5
Anteil <i>M. nausithous</i>	4	23

p = 0.0043	Zentralbereich (PF4)	Zentralbereich (PF3)
Anteil <i>M. teleius</i>	11	9
Anteil <i>M. nausithous</i>	4	24

ns = nicht signifikant



5.6 Untersuchungsgebiet Lauter-Appendorf

Im Untersuchungsgebiet Lauter-Appendorf wurde am 02.09.2011 ein 30 x 10 m großes Transekt mit 4 Probeflächen (6 x 10 m) auf einer Feuchtwiese eingerichtet. Der Abstand zwischen den Probeflächen betrug 3 m. Die genaue Lage und Flächenaufteilung sind den Anhängen A und B zu entnehmen. Das Transekt befindet im Talraum der Lauter am Ortsausgang der Ortschaft Appendorf. Das Transekt wurde von einem verschilften Randbereich in das Zentrum der Fläche, das von Feuchtwiesenbeständen eingenommen wird, gelegt.

Wenngleich aus dem Lautertal anhand der vorliegenden Daten (BRÄU et al 2005, BINZENHÖFER / FFH-Kartierung) ein Vorkommen beider *Maculinea*-Arten z.T. mit hohen Abundanzen bekannt war, stellte sich bei den Köpfchenuntersuchungen heraus, dass auf der untersuchten Fläche nur von einem alleinigen Vorkommen von *M. nausithous* auszugehen ist. Somit können die Untersuchungsansätze zum Eiablageverhalten bei syntopen Vorkommen von *M. teleius* und *M. nausithous* auf dem Transekt Lauter-Appendorf nicht weiterverfolgt werden. Stattdessen dient die Fläche zu Vergleichszwecken bzgl. der Habitatpräferenzen von *M. nausithous*.

Die ansässigen *M. nausithous*-Populationen gehören zu den spätfliegenden Populationen, d.h. die Flugzeit beginnt ab Mitte Juli.

Bezüglich der Nutzung werden die im Untersuchungsgebiet Lauter-Appendorf ausgewählten Transektbereiche durch eine zweischürge Mahd bewirtschaftet. Der erste Schnitt erfolgte im Jahr 2011 Anfang Mai und der zweite Schnitt Ende Juli. Im Jahr 2012 wurde der zweite Schnitt dagegen Mitte August durchgeführt. Bei dem verschilften Randbereich handelt es sich dagegen um eine mehrjährige Brache.

5.6.1 Habitateigenschaften

Pflanzensoziologische Beschreibung

Das Transekt Lauter-Appendorf wird in den Randbereichen (PF1) durch dichten Schilfaufwuchs dominiert (siehe Abbildung 51). Dazu gesellen sich Charakterarten der Feuchtwiesensäume (*Filipendulion*) und Braunseggen-Gesellschaften (*Caricion nigrae* KOCH 1926). Pflanzensoziologisch entstehen so Übergangsgesellschaften vom *Phragmition* zum *Filipendulion* und *Caricion*. Flächeneinwärts nehmen die Deckungsgrade von Schilf und Braun-Segge ab und es treten verstärkt Verbandskennarten des *Calthion* und *Arrhenatherion* auf. Der Bestand der Transektabschnitte PF2 bis PF4 ist jedoch insgesamt nur schwach charakterisiert. Trotz des steten Auftretens von Begleitern des *Arrhenatheretum elatioris* (SCHERR. 25) und des *Angelico-Cirsietum oleracei* (TX. 1937) ist eine eindeutige Zuordnung



aufgrund der schwachen Ausprägung bzw. des Fehlens typischer Kenn- und Trennarten nicht möglich. So tritt die Kohldistel (*Cirsium oleraceum*) zwar stetig, aber nur mit geringen Deckungsgraden auf. Dagegen dominieren *Holcus lanatus*, *Festuca rubra* agg. und *Sanguisorba officinalis* in der Krautschicht. Aufgrund der hohen mittleren Feuchtezeigerwerte von 6,7 (siehe Anhang D) scheint eine Zuordnung zu einer verarmten Ausprägung der Nasswiesengesellschaft des *Angelico-Cirsietum oleracei* (Tx. 1937) jedoch gerechtfertigt.

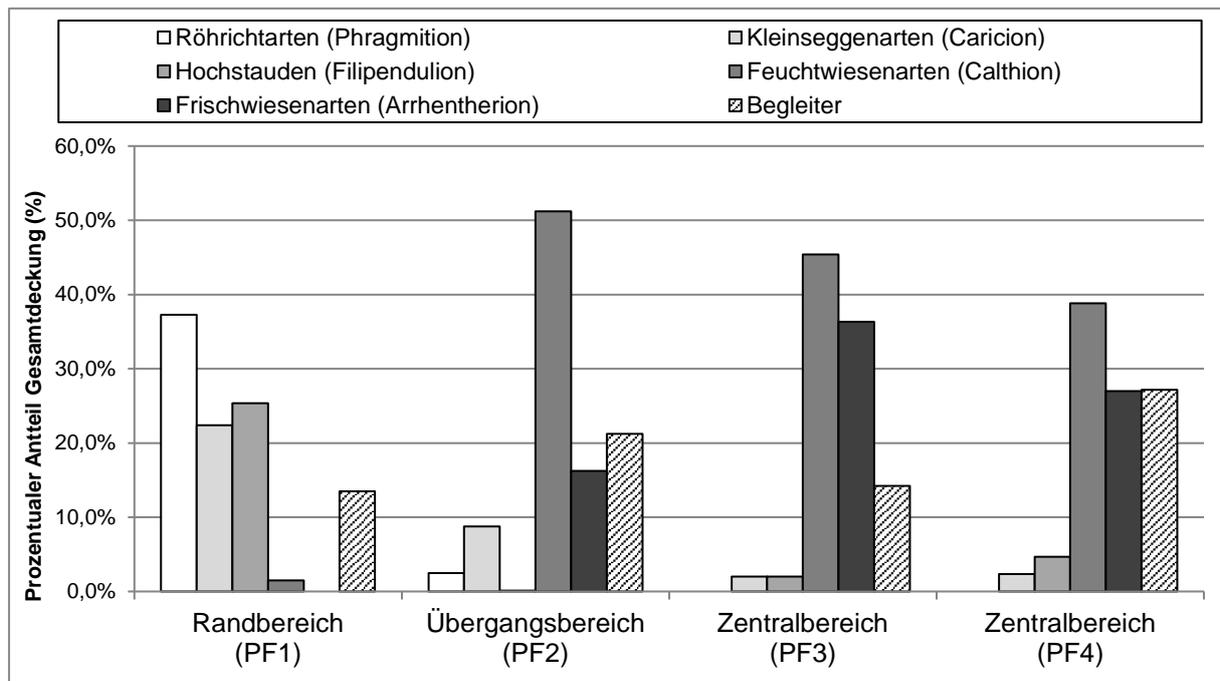


Abbildung 51: Prozentuale Anteile pflanzensoziologischer Artengruppen an der Gesamtdeckung entlang des Transekt Lauter-Appendorf

Floristisch-strukturelle Beschreibung

Auf dem Transekt Lauter-Appendorf konnten im Jahr 2011 aufgrund schlechter Witterungsverhältnisse keine Messungen der Vegetationsdichte durchgeführt werden. Beim Wiederholungstermin im Jahr 2012 war die Fläche frisch gemäht, so dass auch hier keine Messungen durchgeführt werden konnten.

Die Vegetation war Anfang September 2011 vor allem in den verschilften Randbereichen durch hohe Wuchshöhen und mächtige Streuauflagen charakterisiert, wodurch in der unteren und mittleren Schicht hohe Vegetationsdichten vorherrschten. Im Zentralbereich wurde der Vegetationsbestand dagegen insbesondere von Unter- und Mittelgräsern aufgebaut. Die blickdichte Schicht reichte augenscheinlich bis etwa 20-30cm. Darüberliegende Vegetationsschichten wurden nur noch durch einzelne Halme verschiedener Süß- und Sauergräser sowie insbesondere Blütenstängeln von *Sanguisorba*



officinalis aufgebaut, so dass in der Mittelschicht (bis 60 cm) von geringeren Raumwiderständen (< 50 %) ausgegangen werden kann.

5.6.2 Wirtsameisen

Die Ergebnisse der Ameisen-Köderfänge zeigen in dem verschifften Randbereich (PF1) eine deutliche Dominanz von *Myrmica rubra* (siehe Abbildung 52). Im Übergangsbereich (PF2) nimmt dann die Anlaufquote von *M. rubra* deutlich ab. *M. scabrinodis* konnte dagegen sowohl im Rand- als auch Übergangsbereich nur mit geringen Anlaufquoten an insgesamt 2 Zuckerstücken nachgewiesen werden. Im Zentralbereich (PF3) ist dagegen ein deutlicher Anstieg der Anlaufquote von *M. scabrinodis* um mehr als die Hälfte auf 40% zu erkennen. Auf dem ebenfalls im Zentrum der Wiese gelegenen Transektabschnitt PF4 zeigt sich dagegen ein einheitliches Bild mit jeweils ca. 13% Anlaufquote von *M. rubra* und *M. scabrinodis*, was vermutlich auf die Nähe zu stärker verbrachten Randstrukturen zurückzuführen ist. Der absoluten Häufigkeit (siehe Abbildung 53) lässt sich entnehmen, dass das Transekt Lauter-Appendorf allgemein und insbesondere die Zentrumsbereiche nur dünn durch *Myrmica*-Arten besiedelt waren.

Das nachfolgende Diagramm stellt die Anlaufquoten in Prozent dar, während die darauffolgende Abbildung die einzelnen Köderfänge lokalisiert und Angaben zur Häufigkeit der einzelnen Arten enthält.

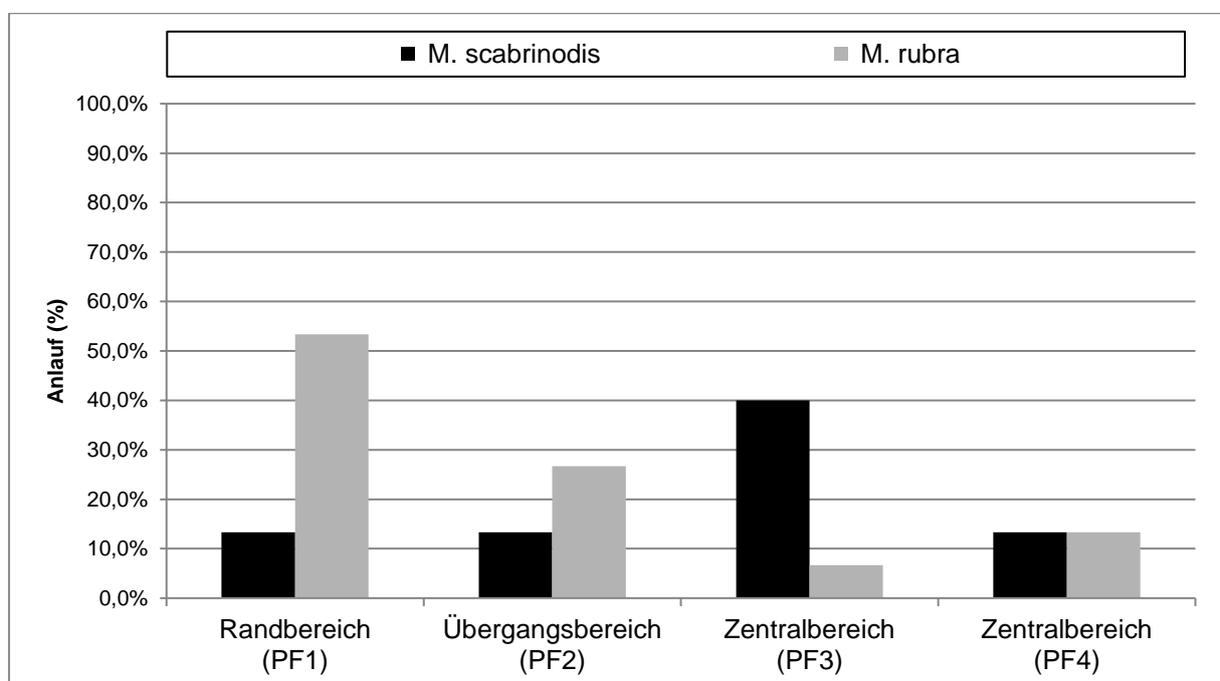


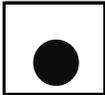
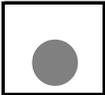
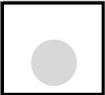
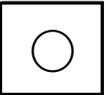
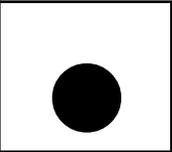
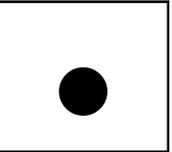
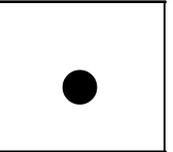
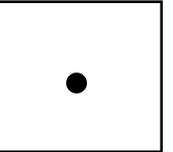
Abbildung 52: Ameisen-Anlaufhäufigkeiten auf dem Transekt Lauter-Appendorf



Abbildung 53: Ergebnisse der Ameisen-Köderfänge auf dem Transekt Lauter-Appendorf

Randbereich (PF 1)			Übergangsbereich (PF 2)			Zentralbereich (PF 3)			Zentralbereich (PF 4)		
●	●	●	●	●	●	●					
●		●	●	●		●		●	●		●
●	●	●									
	●	●				●	●	●		●	●
	●		●					●			

Legende:

 <i>Myrmica scabrinodes</i>	 <i>Myrmica rubra</i>	 <i>Myrmica ruginodes</i>	 <i>Lasius spec</i>
 > 20	 11-20	 6-10	 1-5



5.6.3 Wirtspflanzen

Auf dem Transekt Lauter-Appendorf waren die höchsten Deckungsgrade (25 – 50 %) der Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis* auf dem Übergangsbereich des Transektabschnitts PF2 zu verzeichnen (siehe Abbildung 54). In dem daran anschließenden Zentralbereich (PF3) nahmen die Deckungsgrade um eine Klasse auf 15 – 25 % ab. Die Horste von *S. officinalis* besaßen im Übergangs- und Zentralbereich (PF2 und PF3) auch die größte mittlere Knospenzahl mit einer Klasse von 251 – 500 Knospen. Der Zentralbereich des Transektabschnitts PF4 war dagegen nur noch durch eine geringe mittlere Knospenzahl (Klasse 11 – 50) und kleinere Deckungsgrade (5 – 15 %) von *S. officinalis* gekennzeichnet. Die geringsten Deckungsgrade von *S. officinalis* waren auf dem Randbereich der PF1 zu verzeichnen. Die mittlere Knospenzahl lag hier mit einer Klasse von 51 – 250 Knospen jedoch noch vergleichsweise hoch.

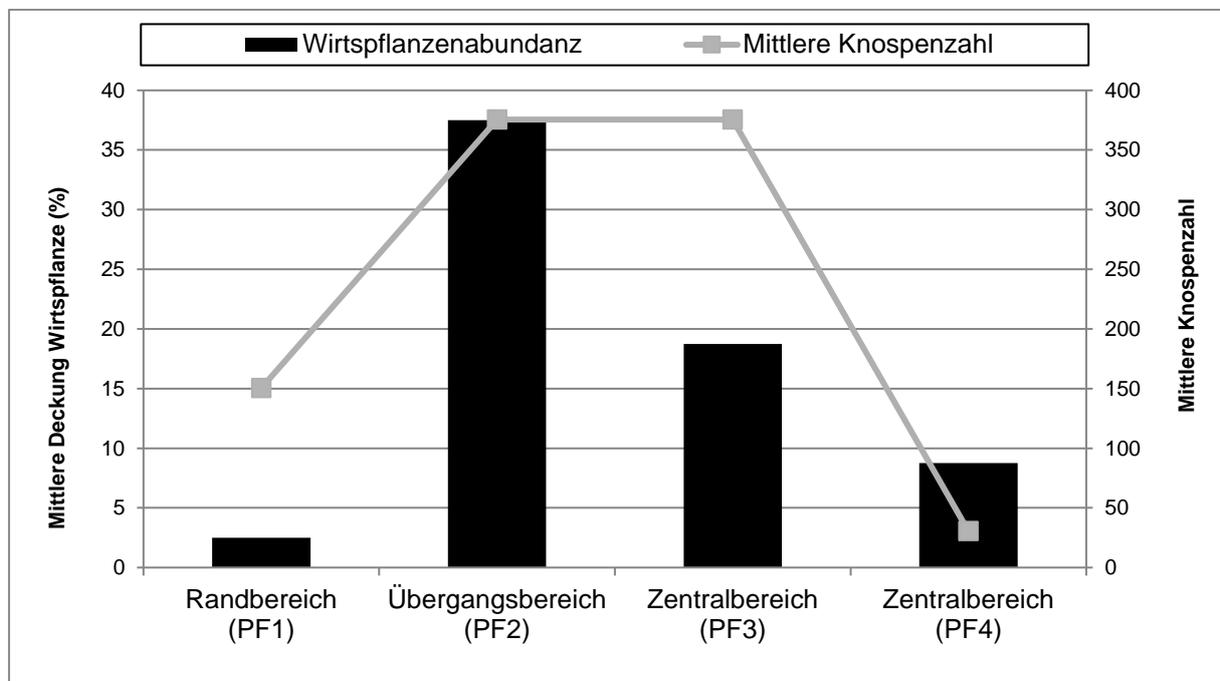


Abbildung 54: Wirtspflanzen- und Knospenangebot auf dem Transekt Lauter-Appendorf



5.6.4 Köpfchenuntersuchungen

Auf dem Transekt Lauter-Appendorf konnten in insgesamt 200 Blütenköpfchen 34 Raupen eindeutig bestimmt werden. In einem weiteren Köpfchen wurden Fraßspuren festgestellt, ohne dass eine Zuordnung zu einer Art möglich war.

Die Größe der belegten Blütenköpfchen umfasste den Bereich von 15 bis 26 mm, die Wuchshöhe der Pflanzen lag zwischen 62 und 127 cm. Sowohl das Angebot der Wirtspflanze (vgl. Kapitel 5.6.3) als auch die Wuchshöhe einzelner Horste von *S. officinalis* lassen dabei auf produktivere Standortbedingungen als in den südbayerischen Untersuchungsgebieten schließen.

In den untersuchten Blütenköpfen konnten ausschließlich Raupen von *M. nausithous* nachgewiesen werden. Über alle Transektabschnitte waren verhältnismäßig wenig Blütenköpfe belegt (siehe Abbildung 55). Auffällig war dabei, dass in jedem Blütenkopf nur max. eine Raupe von *M. nausithous* nachgewiesen werden konnte. Signifikante Unterschiede in der Belegung von Blütenköpfchen entlang der einzelnen Transektabschnitte waren dabei nicht erkennbar. Die Belegungsraten schwankten zwischen 9 belegten Köpfchen in den Randbereichen und 7 belegten Köpfchen in den Zentralbereichen, so dass trotz eindeutiger struktureller Unterschiede (vgl. Kapitel 5.6.1) zwischen den Transektabschnitten keine Präferenz zwischen Rand und Zentrum der Fläche ersichtlich wurde.

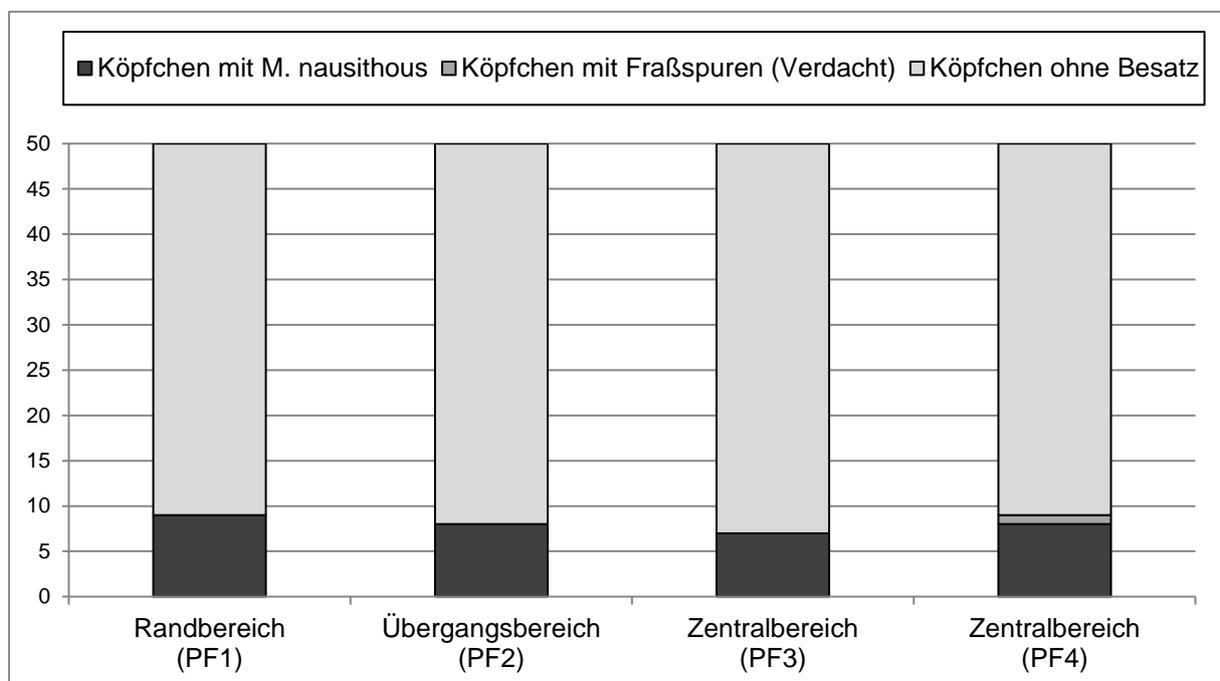


Abbildung 55: Ergebnisse der Köpfchenuntersuchung auf dem Transekt Lauter-Appendorf



5.7 Untersuchungsgebiet Aurachtal

Im Untersuchungsgebiet Aurachtal wurde am 01.09.2011 ein 23,5 x 10 m großes Transekt mit 4 Probeflächen (6 x 10 m) auf einer wechselfeuchten Glatthaferwiese eingerichtet. Der Abstand zwischen den Probeflächen betrug ca. 2,5 m. Die genaue Lage und Flächenaufteilung sind den Anhängen A und B zu entnehmen. Das Transekt wird sowohl im Süden als auch im Norden von bachbegleitenden Gehölzsäumen eingerahmt, die zu den zahlreichen Nebenbächen der Aurach gehören. Der Randbereich des Transekt (PF1) findet sich dementsprechend in der Nähe einer Gehölzkulisse und führt von hier in das niedrigwüchsige Zentrum der Fläche (PF3 und PF4).

Im Frühjahr 2011 war das Untersuchungsgebiet durch hohe Grundwasserstände bedingt sehr feucht gewesen und die Vegetationsentwicklung zum Zeitpunkt der Erhebungen dementsprechend schwach fortgeschritten. Dennoch konnte auf allen Transektabschnitten die für die Köpfchenuntersuchungen erforderliche Stichprobe an Blütenköpfen der Wirtspflanze *S. officinalis* (n = 50 / Probefläche) entnommen werden.

Im Aurachtal sind sowohl *Maculinea teleius* als auch *M. nausithous* vertreten. Die ansässigen Populationen gehören zu den spätfliegenden Populationen, d.h. die Flugzeit beider Arten beginnt ab Mitte Juli. Untersuchungen von BINZENHÖFER & SETTELE (2000) zur Folge konnten auf dem Umfeld des hier untersuchten Transekts hohe Falterdichten von *Maculinea teleius* und *M. nausithous* nachgewiesen werden.

Bezüglich der Nutzung werden die im Untersuchungsgebiet Aurachtal ausgewählten Transektbereiche durch eine einschürige Mahd mit Nachbeweidung bewirtschaftet. Der erste Schnitt erfolgte im Jahr 2011 witterungsbedingt aufgrund der hohen Grundwasserstände im Frühjahr Ende Juni. Die Nachbeweidung erfolgt grundsätzlich ab Anfang / Mitte September eines Jahres.

5.7.1 Habitateigenschaften

Pflanzensoziologische Beschreibung

Das Transekt Aurachtal wird in den Randbereichen (PF1) durch dichtwüchsige Bestände des Glatthafers (*Arrhenatherum elatius*) dominiert (siehe Abbildung 56). Dazu gesellen sich weitere Verbandskennarten des *Arrhenatherion* sowie vereinzelt Kennarten der Feuchtwiesensäume (*Filipendulion*) und Feuchtwiesen (*Calthion*). Da im Randbereich Frischezeiger dominieren liegt eine Zuordnung zu den wechselfeuchten Glatthaferwiesen (*Arrhenatheretum elatioris cirsietosum oleracei* ELLENBERG 1952) nahe. Flächeneinwärts nehmen die Deckungsgrade von typischen Feuchtwiesenarten zu. Der im Zentralbereich (PF2 und PF3) gelegene Vegetationsbestand wird durch das stete Auftreten von *Cirsium*



oleraceum, *Holcus lanatus*, *Filipendula ulmaria*, *Sanguisorba officinalis* und *Scirpus sylvaticus* charakterisiert. Wenngleich keine reine Kohldistel-Wiese ausgebildet erscheint eine Zuordnung zur Engelwurz-Kohldistelwiese (*Angelico-Cirsietum oleracei* Tx. 37) als gerechtfertigt. Zum Übergangsbereich (PF4) hin nehmen auf augenscheinlich feuchteren Bereichen Deckungsgrade der Wald-Simse (*Scirpus sylvaticus*) und Hirse-Segge (*Carex panicea*) zu, so dass Übergangsgesellschaften zwischen Engelwurz-Waldsimsen-Wiese (*Angelico sylvestris-Scirpetum sylvatici* Pass. 1955 emend. 1964) und Braunseggen-Gesellschaften (*Caricion nigrae* KOCH 1926) entstehen. Der anhand der Vegetation erkennbare Feuchtegradient des Transekts spiegelt sich auch in den mF-Werten wieder, die vom Randbereich zum Zentrum hin von 6,0 auf 7,2 ansteigen (siehe Anhang D).

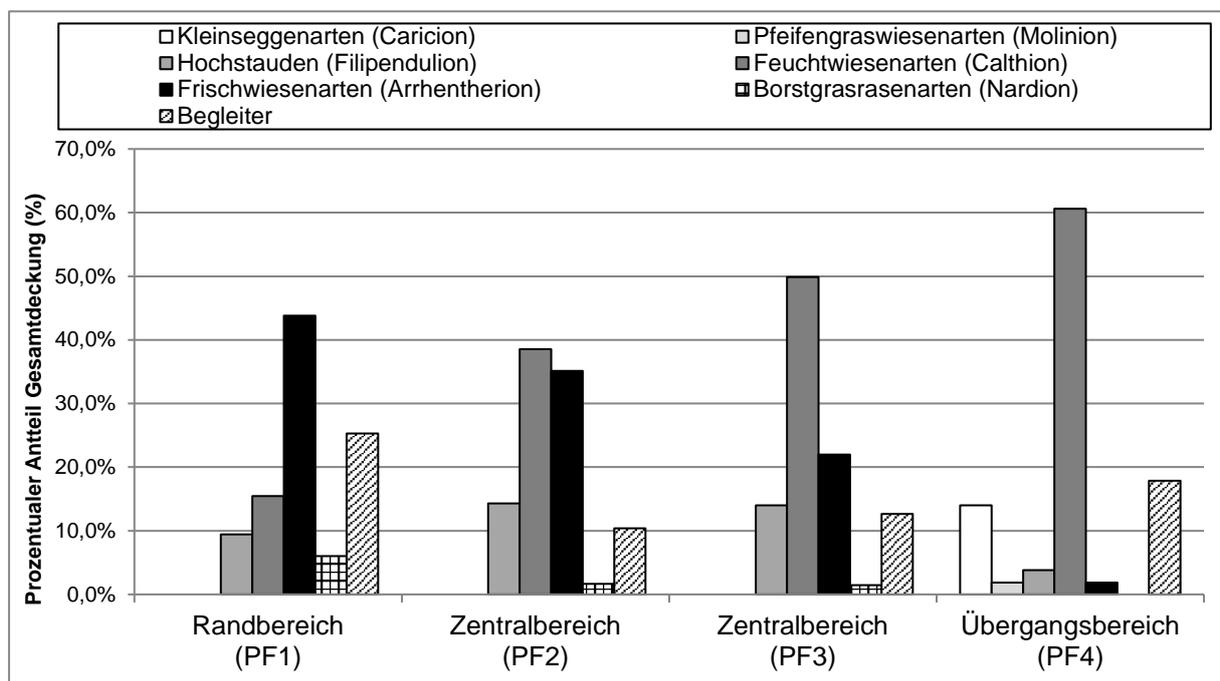


Abbildung 56: Prozentuale Anteile pflanzensoziologischer Artengruppen an der Gesamtdeckung entlang des Transekt Aurachtal

Floristisch-strukturelle Beschreibung

Auf dem Transekt Aurachtal lagen die Wuchshöhen Anfang September 2011 zwischen 40 und 60 cm. Die geringen Vegetationshöhen sind ursächlich auf den relativ späten Mahdtermin Ende Juni sowie die feuchten Standortverhältnisse im Frühjahr zurückzuführen. Dennoch waren anhand der Vegetationsdichtemessungen über alle Transektabschnitte hohe Vegetationsdichten in der untersten Vegetationsschicht (0 – 20 cm) zu erkennen (siehe Abbildung 57). Deutlichere Unterschiede zwischen Rand- und Zentralbereich lagen dagegen in der Vegetationsschicht 20 – 40 cm. Während die Randbereiche (PF1) in dieser Schicht durch dichtwüchsige Horste von Obergräsern sowie Hochstauden aufgebaut wurden, dominierten im Zentralbereich (PF2 und PF3) niedrigwüchsigerer Unter- und Mittelgräser. Die



unterschiedliche Wüchsigkeit zwischen Rand- und Zentralbereichen spiegelte sich auch in den mN-Werte wieder, die vom Rand zum Zentrum von 5,4 auf 4,1 abnahmen (siehe Anhang D). Zum Übergangsbereich (PF4) hin waren dann wieder leichte Zunahmen in der Vegetationsdichte der mittleren Schicht (30 – 50 cm) zu verzeichnen, die im Gelände durch eine stärkere Horstbildung der Wald-Simse (*Scirpus sylvatica*) ersichtlich wurden.

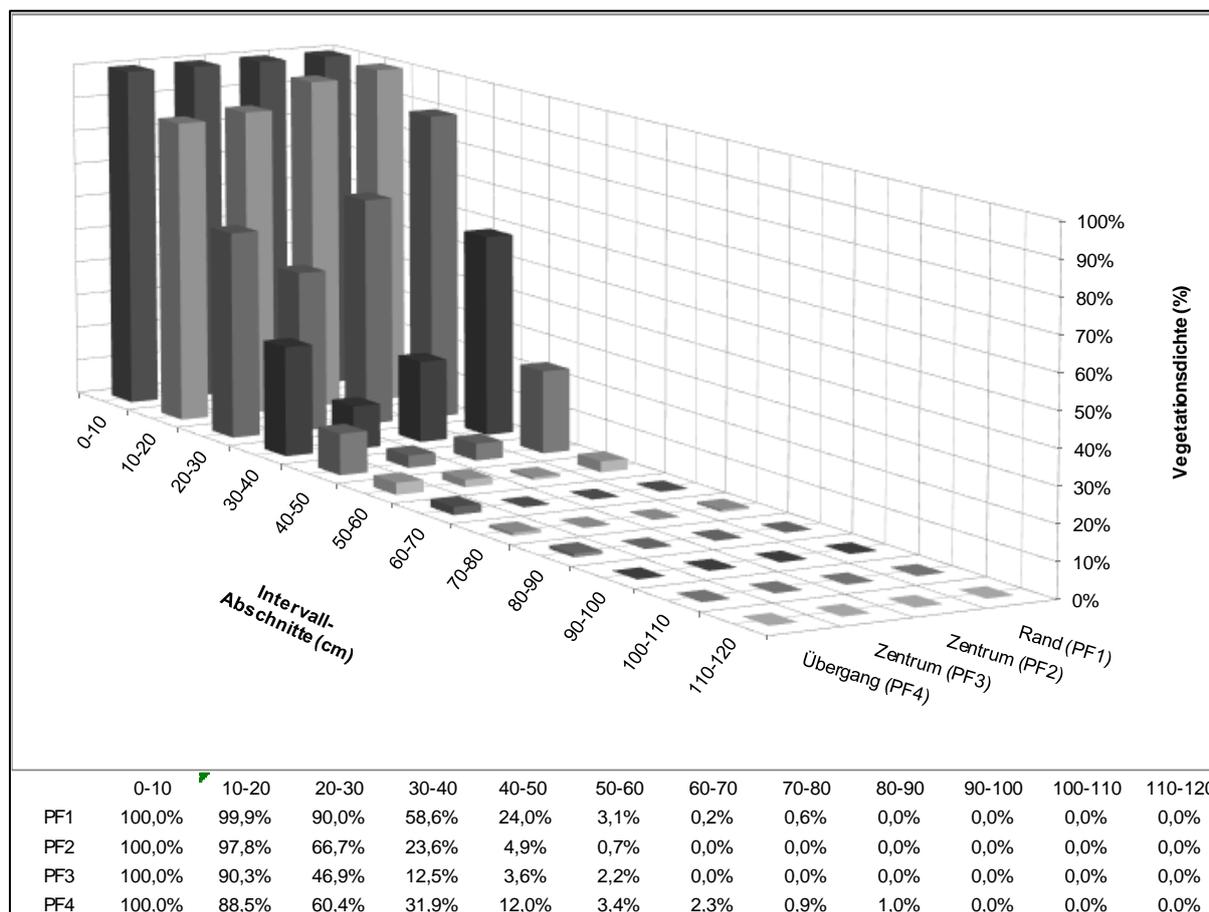


Abbildung 57: Ergebnisse der Vegetationsdichtemessungen auf dem Transekt Aurachtal

5.7.2 Wirtsameisen

Auf dem Transekt Aurachtal dominierte in den stärker wüchsigen Randbereichen (PF1) sowie dem darauffolgenden Transektabschnitt (PF2) *M. rubra* mit Anlaufquoten von etwa 50 – 80 % (siehe Abbildung 58). Zum niedrigwüchsigeren Zentrum hin (PF3) nahmen die Anlaufquoten von *M. rubra* ab und *M. scabrinodis* belegte dagegen knapp 50% der ausgelegten Köder. *M. scabrinodis* war auch in dem daran anschließenden Übergangsbereich PF4 mit einer Anlaufquote von 60 % die dominierende Ameisenart. *M. rubra* zeigte dagegen auf dem stärker von Simsen und Seggen dominierten Übergangsbereich, der auf dem gesamten Transekt die höchsten mittleren Feuchtezeigerwerte (mF = 7,2) aufwies, einen geringen Anlauf von knapp 7 %. Ohne



Relevanz für die untersuchten *Maculinea*-Arten bleibt der Nachweis einer unbestimmten *Lasius*-Art auf der PF1, die an einem Zuckerstück nachgewiesen werden konnte.

Das nachfolgende Diagramm stellt die Anlaufquoten in Prozent dar, während die darauffolgende Abbildung (siehe Abbildung 59) die einzelnen Köderfänge lokalisiert und Angaben zur Häufigkeit der einzelnen Arten enthält.

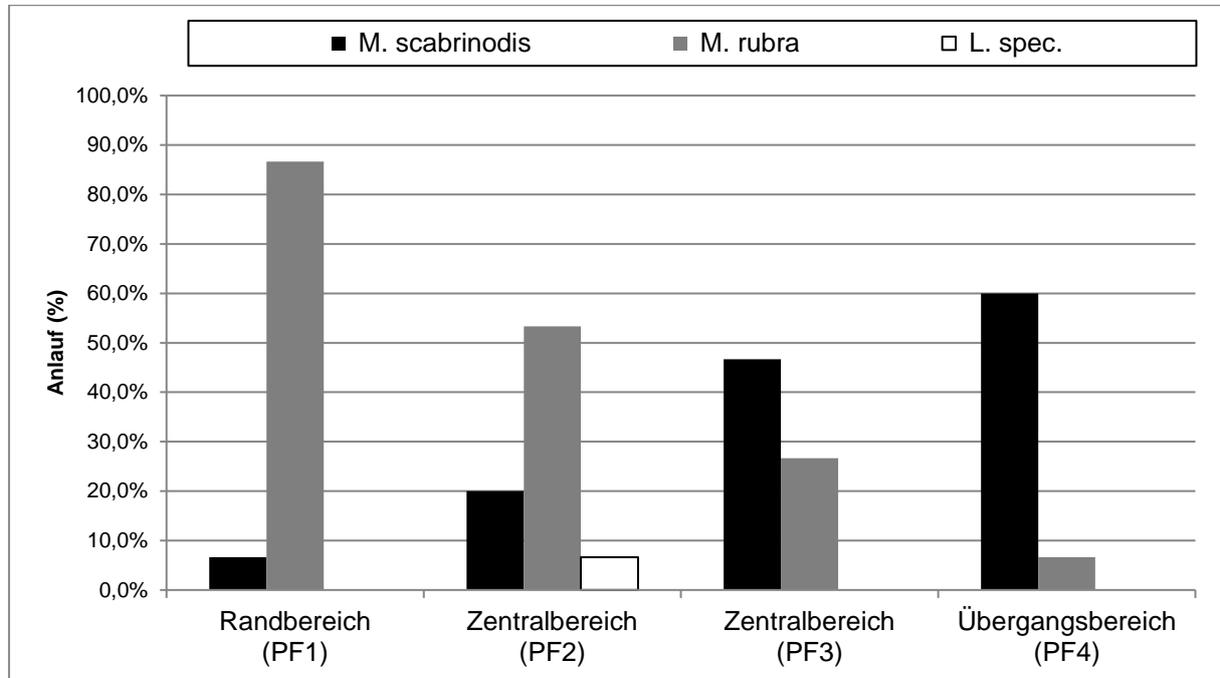
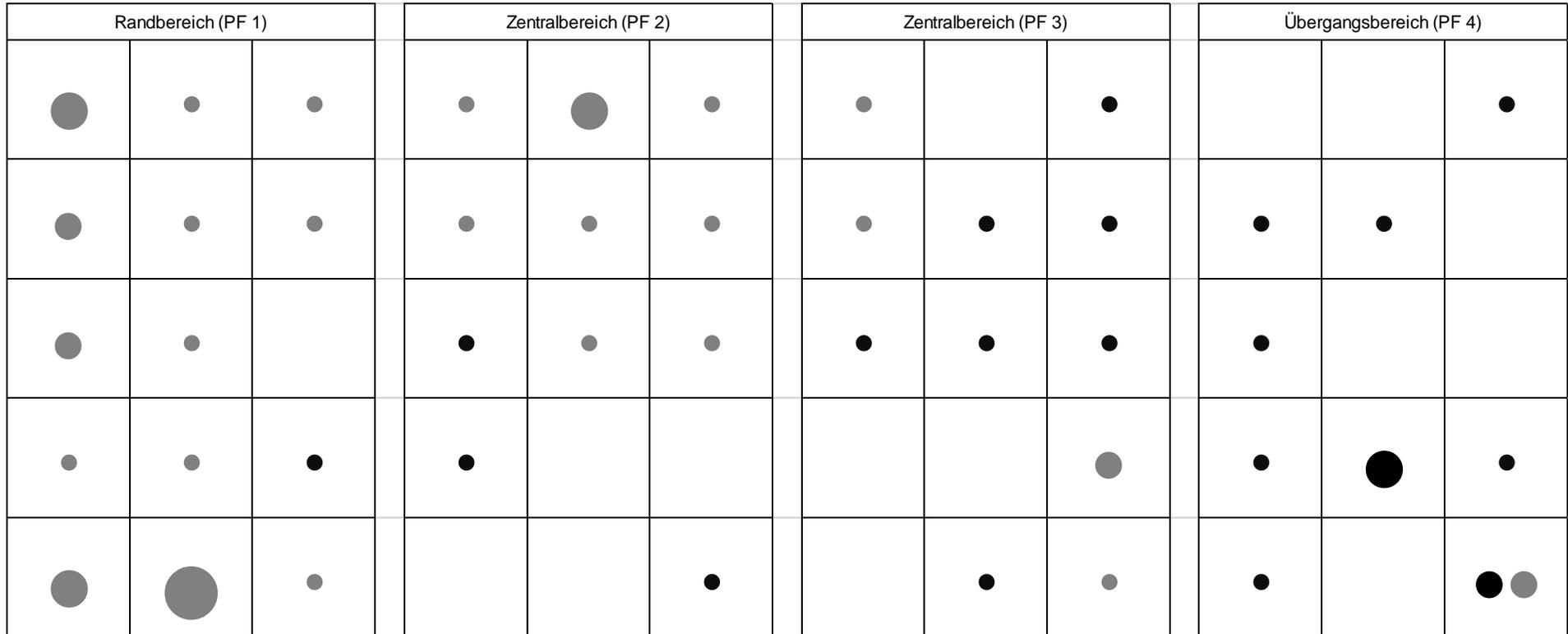


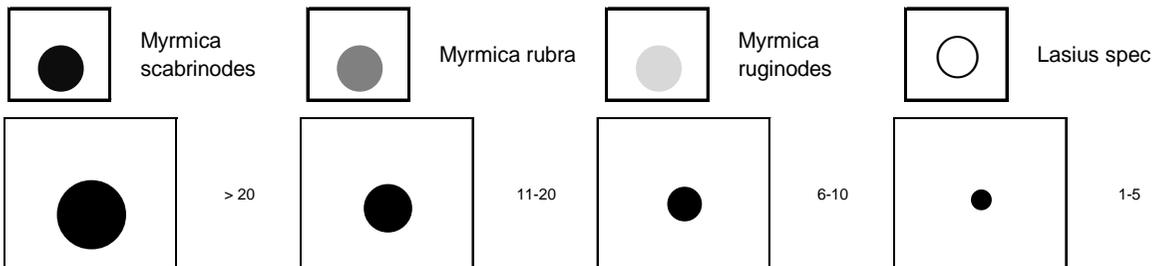
Abbildung 58: Ameisen-Anlaufhäufigkeiten auf dem Transekt Aurachtal



Abbildung 59: Ergebnisse der Ameisen-Köderfänge auf dem Transekt Aurachtal



Legende:





5.7.3 Wirtspflanzen

Auf dem Transekt Aurachtal konnten auf allen Transektabschnitten mit Ausnahme der PF3 geringe Artmächtigkeiten der Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis* mit Deckungsgraden von < 5 % festgestellt werden (siehe Abbildung 60). Auf dem Zentralbereich der PF3 erreichte *S. officinalis* dagegen eine Deckung von 5 – 15 %. Trotz Unterschiede in der Artmächtigkeit blieben die mittleren Knospenzahlen über alle Transektabschnitte konstant bei der Klasse 51 – 250 Knospen.

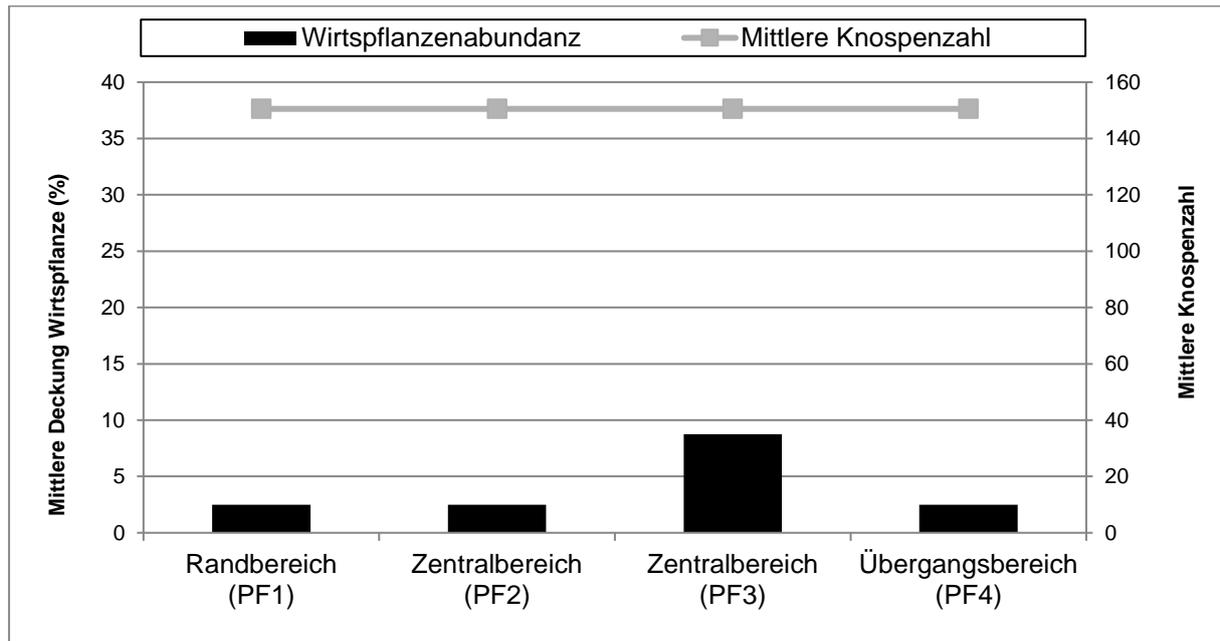


Abbildung 60: Wirtspflanzen- und Knospenangebot auf dem Transekt Aurachtal

5.7.4 Köpfchenuntersuchungen

Auf dem Transekt Aurachtal konnten in insgesamt 200 Blütenköpfchen 17 Raupen eindeutig bestimmt werden, bei sechs Raupen war dies nicht mehr möglich. In weiteren vier Köpfchen wurden Fraßspuren festgestellt, die nicht eindeutig zugeordnet werden konnten.

Die Mehrzahl der Blütenköpfchen war auf dem Transekt Aurachtal nicht belegt (Abbildung 61). In keinem Fall befanden sich Raupen beider Arten innerhalb eines Köpfchens. Die Größe der belegten Blütenköpfchen umfasste den Bereich von 7 bis 26 mm, die Wuchshöhe der Pflanzen lag zwischen 41 und 81 cm. Von beiden *Maculinea*-Arten wurden bei der Eiablage mehr Terminal- als Seitenknospen belegt.

In den untersuchten Blütenköpfen konnten hauptsächlich Raupen von *M. nausithous* und in ganz geringen Anteilen Raupen von *M. teleius* nachgewiesen werden. Generell waren über alle Transektabschnitte betrachtet nur sehr wenige Blütenköpfe belegt (siehe Abbildung 61). Dabei wurden insgesamt nur in zwei Blütenköpfen Raupen von *M. teleius* und in 15 Raupen von *M. nausithous* nachgewiesen. Anhand dieser geringen Belegungsrate lässt sich der



durch die bisherigen Ergebnisse abgeleitete Trend einer höheren Frequentierung der Zentralbereiche durch *M. teleius* bei entgegengesetzter höheren Belegungsrate der Randbereiche durch *M. nausithous* nicht bestätigen. Zwar ist für *M. nausithous* mit vier bzw. fünf belegten Blütenköpfen ein leichter Trend zu einer höheren Frequentierung der Rand- und Übergangsbereiche (PF1 und PF4) erkennbar, dieser ist jedoch statistisch nicht signifikant gegenüber den jeweils drei belegten Blütenköpfen in den Zentralbereichen (PF 2 und PF3).

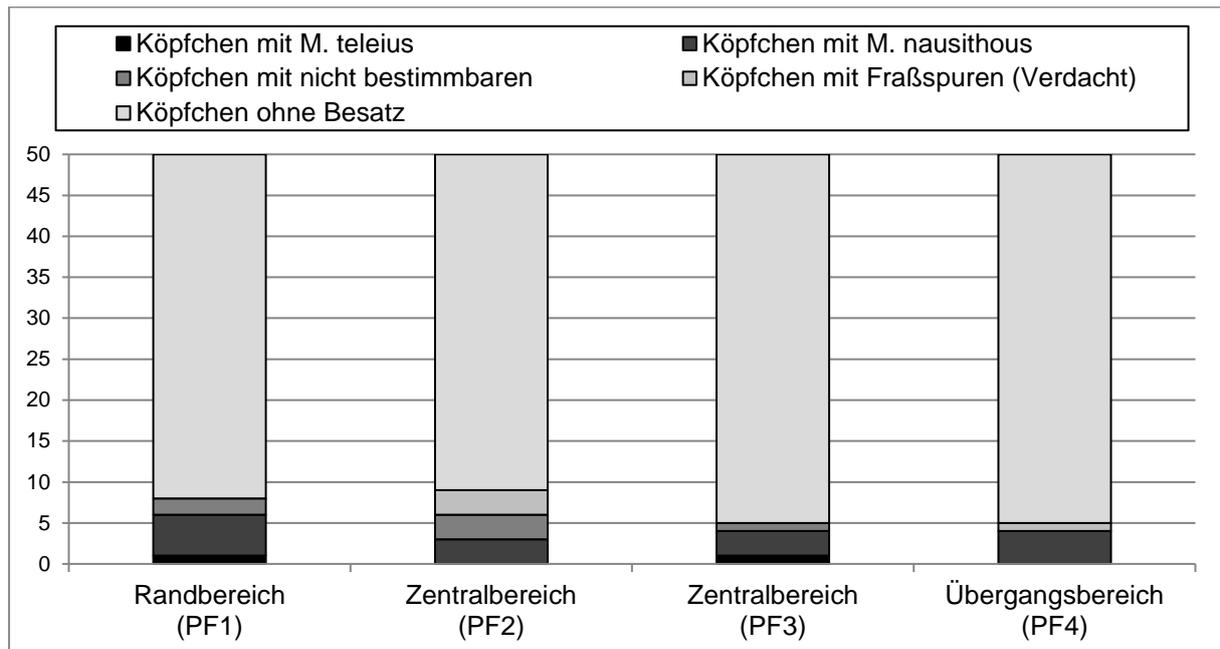


Abbildung 61: Ergebnisse der Köpfchenuntersuchung auf dem Transekt Aurachtal

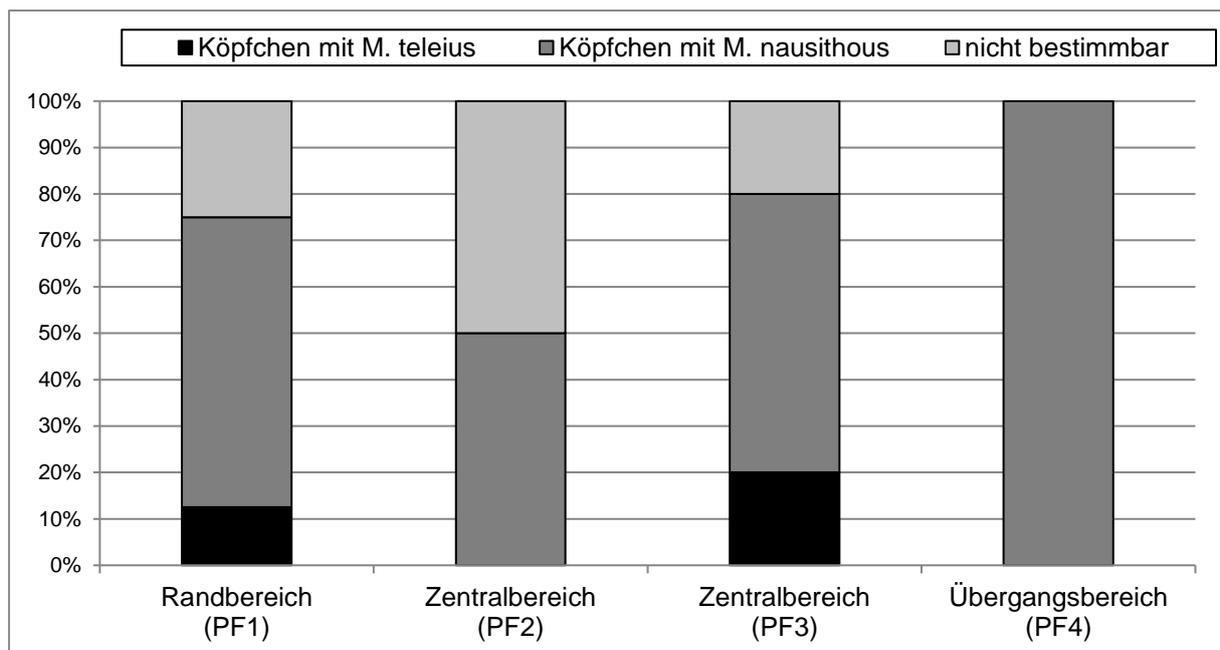


Abbildung 62: Prozentuale Verteilung der Köpfchen mit Raupen von *M. teleius* und *M. nausithous* entlang des Transekts Aurachtal



Die nachfolgende Tabelle 14 bestätigt, dass keine statistisch signifikanten Unterschiede in der Belegungsrate der Köpfchen beider Falter sowohl über alle 4 Transektabschnitte als auch im direkten Vergleich der zentralen Transektabschnitte mit den übrigen Transektabschnitten erkennbar sind. Die auffällig geringen Belegungsraten durch die Raupen beider *Maculinea*-Arten ergeben kein eindeutiges Bild. Die Ergebnisse geben Anlass zur Spekulation, ob die eigentlichen Reproduktionsbereiche beider Arten durch das Transekt getroffen wurden.

Tabelle 14: Kreuztabellen (Fisher's Exact Test) sowie Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests für das Transekt Aurachtal

Transektabschnitt	Köpfchen mit <i>M. teleius</i>	Köpfchen mit <i>M. nausithous</i>
Randbereich (PF1)	1	5
Zentralbereich (PF2)	0	3
Zentralbereich (PF3)	1	3
Übergangsbereich (PF4)	0	4
Ergebnisse	Chi-Quadrat = 0,5117; p = 0,916314 Nicht signifikant bei p < 0,05	

p = 1 (ns)	Zentralbereich (PF3)	Randbereich (PF1)
Anteil <i>M. teleius</i>	1	1
Anteil <i>M. nausithous</i>	3	5

p = 1 (ns)	Zentralbereich (PF3)	Zentralbereich (PF2)
Anteil <i>M. teleius</i>	1	0
Anteil <i>M. nausithous</i>	3	3

p = 1 (ns)	Zentralbereich (PF3)	Übergangsbereich (PF3)
Anteil <i>M. teleius</i>	1	0
Anteil <i>M. nausithous</i>	3	4

ns = nicht signifikant



5.8 Untersuchungsgebiet Spessartwiesen

Im Untersuchungsgebiet Spessartwiesen wurden zum 05.09.2011 und 11.09.2012 zwei Transekte im Lohrbachtal, einem Wiesental im Hochspessart, eingerichtet. Beide Transekte (Spessartwiesen I + II) haben eine Größe von 36 x 10 m und umfassen jeweils 4 Probeflächen (6 x 10 m), die in einem Abstand von 4 m eingerichtet wurden. Die genaue Lage und Flächenaufteilung sind den Anhängen A und B zu entnehmen. Die Transekte umfassen in Tallage Feuchtwiesenbereiche und Hochstaudenfluren, die in Hanglage in bodensaure Borstgrasrasen übergehen. Betreut werden die Flächen vom Landschaftspflegeverband Spessart (Ansprechpartner: Hr. Kirsch), der in die vorliegenden Untersuchungen einbezogen wurde. Um geeignete Bereiche mit syntopen Vorkommen von *Maculinea teleius* und *M. nausithous* zu finden, wurde bei der Flächenauswahl auf Daten von REISER (2005, unveröffentlicht) zurückgegriffen, die 2011 von Herrn Kirsch und Herrn Salomon auf ihre Aktualität hin überprüft wurden. Die ansässigen Populationen gehören zu den spätfliedenden Populationen, d.h. die Flugzeit beider Arten beginnt i.d.R. ab Mitte Juli. Aussagen von Herrn Kirsch zur Folge konnte dies in 2011 weitgehend bestätigt werden, jedoch waren bereits in der ersten Julihälfte einzelne Exemplare von *M. teleius* zu sehen. Auch in 2012 erfolgten trotz ungünstiger Witterungsverhältnisse bereits Anfang Juli erste Sichtungen von *M. teleius*. Die Flugzeit von *M. nausithous* begann in 2012 ebenfalls ab Anfang Juli. Während die Hauptflugzeit von *M. teleius* i.d.R. bis Mitte / Ende Juli anhält, kann diese bei *M. nausithous* bis Mitte August reichen. Die Blütenköpfchen wurden dementsprechend erst spät in der 1. und 2. Septemberwoche gesammelt. Das Transekt Spessartwiesen II wurde erst nachträglich aufgrund des hohen Angebotes an Blütenköpfen der Wirtspflanze *S. officinalis* in die Untersuchungen einbezogen und nicht im vollen Umfang erprobt. Die Geländeerhebungen beschränkten sich auf die Entnahme von Blütenköpfchen und vegetationskundliche Aufnahmen.

Bezüglich der Nutzung werden die im Untersuchungsgebiet Spessartwiesen ausgewählten Transektbereiche z.T. durch das Vertragsnaturschutzprogramm gepflegt. Da die Mahdzeitpunkte und -intervalle wie eingangs erwähnt nicht immer die Phänologie der beiden *Maculinea*-Arten berücksichtigen, galt es durch die Untersuchungen insbesondere auch das Pflegemanagement zu optimieren. Als derzeitige Nutzung wird auf dem Transekt Spessartwiesen I eine einschürige Mahd Mitte / Ende Juli durchgeführt. Die Randbereiche werden dagegen im zweijährigen Rhythmus gemäht. Im Jahr der Blütenköpfchen-Entnahme 2011 konnte die Mahd auf der gesamten Fläche aufgrund der schlechten Witterung erst im August erfolgen. Auf dem Transekt Spessartwiesen II erfolgt die Mahd i.d.R. einen Monat früher, ab Mitte Juni (im Jahr 2012 zum 16.Juni).



5.8.1 Habitateigenschaften

Pflanzensoziologische Beschreibung

Der Randbereich (PF1) des in Tallage gelegenen Transekts Spessartwiesen I befindet sich im Schutzstreifen einer Freileitung. Als Ersatzgesellschaft für die natürlicherweise auf der Fläche vorkommenden bachbegleitenden Waldsternmieren-Schwarzerlen-Bachauewälder haben sich kleinflächige Gesellschaften mit dominanter *Carex acutiformis* ausgebildet (siehe Abbildung 63). Die Gesellschaft ist insgesamt nur schwach charakterisiert, so dass keine eindeutige Zuordnung zu dem von EGGLEER (1933) beschriebenen *Caricetum acutiformis* erfolgen kann. Zu den Begleitern zählen *Molinea caerulea*, *Angelica sylvestris* und *Deschampsia flexuosa* und vermitteln so zu Gesellschaften des *Calthion*, *Epilobion* und *Molinion*. Zum Wiesenrand hin (PF2) treten Großseggen zurück und Deckungsgrade von Hochstauden nehmen zu, so dass eine Zuordnung zum *Filipendulion* naheliegt. Aufgrund der Überlagerung mit Schlagflur-Arten sowie Gräserarten (*Molinea caerulea*, *Festuca rubra*) ist jedoch keine eindeutige Zuordnung auf Assoziationsebene möglich. Flächeneinwärts nehmen auf dem Transektabschnitt PF3 Verbandskennarten des *Calthion* und *Arrhenatherion* zu. Aufgrund des Fehlens bzw. geringer Deckungsgrade von weiteren Kennarten des *Angelico-Cirsietum oleracei* (z.B. *Angelica sylvestris*) steht der aufgefundene Bestand eher den wechselfeuchten Glatthaferwiesen (*Arrhenatheretum elatioris cirsietosum oleracei* ELLENBERG 1952) als dem *Calthion* nahe. Da der Wiesenfuchsschwanz (*Alopecurus pratensis*) an die Stelle des Glatthafers tritt und die Kohldistel (*Cirsium oleraceum*) nur in geringen Deckungsgraden vorhanden ist, kann hier eine *Alopecurus*-Ausprägung des *Arrhenatheretum elatioris* (BR.-BL. ex SCHERR. 1925) auf nährstoffreicheren Standorten abgegrenzt werden. Hangaufwärts findet eine erneute Verschiebung des pflanzensoziologischen Artenspektrums durch eine stärkere Dominanz von Verbandskennarten der Borstgrasrasen (*Nardion*) statt. So tritt auf dem Transektabschnitt PF4 *Alopecurus pratensis* zugunsten von *Nardus stricta* zurück und es gesellen sich typische Begleiter von *Nardion*-Gesellschaften dazu (z.B. *Festuca ovina*).

Auf dem in Hanglage befindlichen Transekt Spessartwiesen II wird der Vegetationsbestand von Arten der Borstgrasrasen (*Nardion*) aufgebaut (siehe Abbildung 64). Zu den kennzeichnenden Arten aller Transektabschnitte zählen Säure- und Magerkeitszeiger wie Blutwurz (*Potentilla erecta*), Schaf-Schwingel (*Festuca ovina*), Borstgras (*Nardus stricta*) und Bleiche Segge (*Carex pallens*). Pflanzensoziologisch steht dieser Vegetationsbestand den Schafschwingel-Borstgrasrasen (*Festuca tenuifolia*-*Nardus stricta*-*Nardetalia*-Gesellschaft) nahe und ist auf den Transektabschnitten PF3 und PF4 am deutlichsten ausgebildet. Die Borstgrasrasen-Arten werden in den Transektabschnitten PF1 und PF2 durch anspruchslosere Arten der von REIF (1989) beschriebenen Rotschwingel-



Rotstraußgras-Wiese (z.B. *Festuca rubra*, *Agrostis capillaris*) überlagert. Aufgrund der hohen Dichten von *S. officinalis* kann hier von einer mageren *Festuca rubra* – Ausbildung des *Arrhenatheretum Sanguisorbetosum* (HUNDT 1964) ausgegangen werden. Zudem gesellen sich über das gesamte Transekt Arten der Pfeifengraswiesen (*Molinion*) so dass Übergangsgesellschaften zum *Nardo-Molinietum* (GERGELY 1956) entstehen.

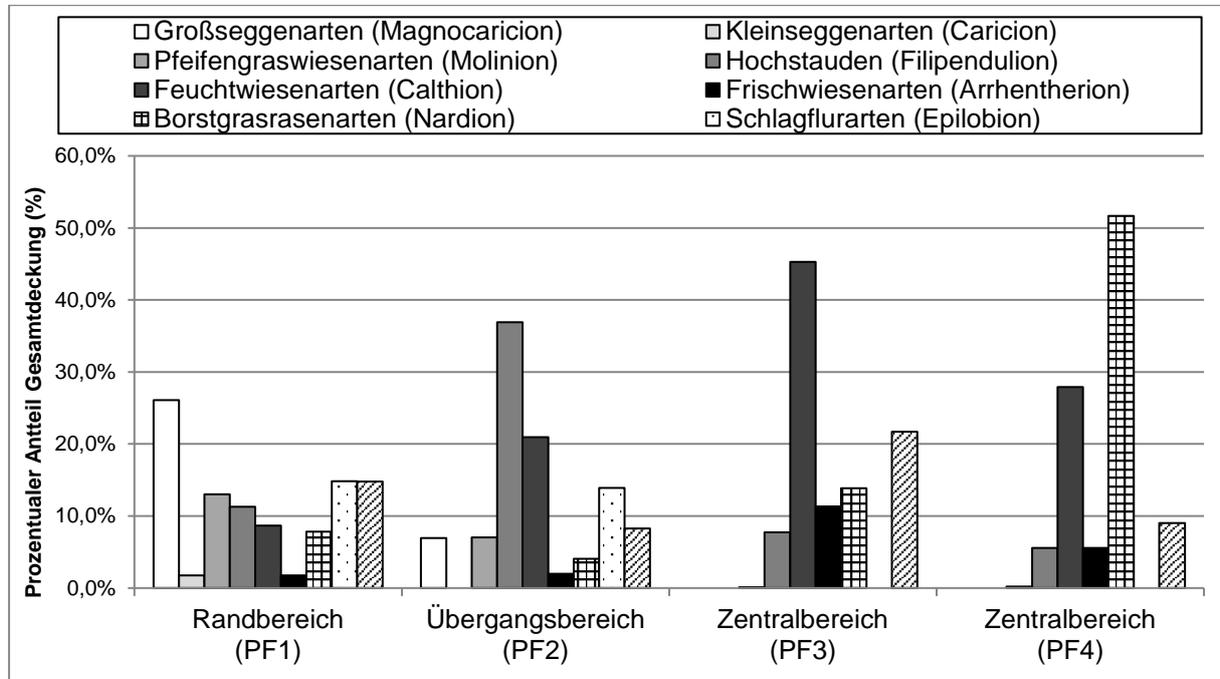


Abbildung 63: Prozentuale Anteile pflanzensoziologischer Artengruppen an der Gesamtdeckung entlang des Transekt Spessartwiesen I

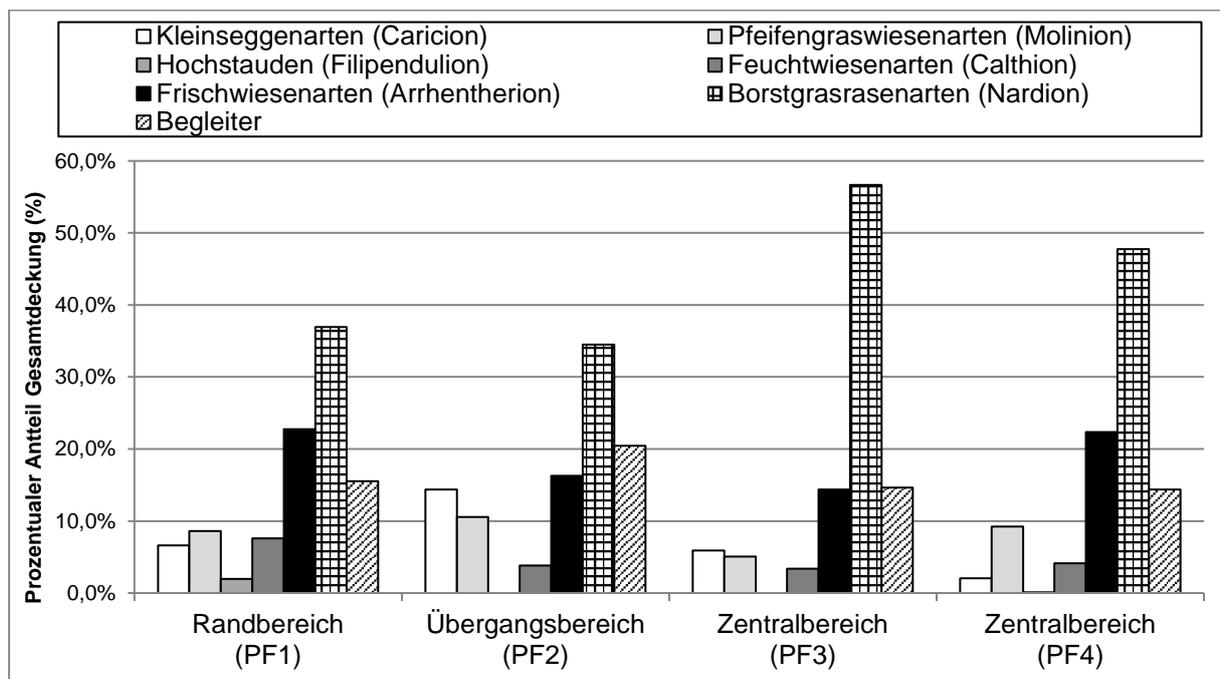


Abbildung 64: Prozentuale Anteile pflanzensoziologischer Artengruppen an der Gesamtdeckung entlang des Transekt Spessartwiesen II



Floristisch-strukturelle Beschreibung

Die Wuchshöhen lagen auf dem Transekt Spessartwiesen I Anfang September 2011 zwischen 30 und 110 cm. Hinsichtlich der Dichte Vegetationsstruktur bestehen deutliche Unterschiede zwischen den Randstrukturen (PF1 und PF2) sowie den anschließenden Probeflächen (siehe Abbildung 59). Während die blickdichte unterste Vegetationsschicht auf allen Probeflächen bis in etwa 10 cm Höhe reichte (siehe Abbildung 65), zeichneten sich die Randstrukturen nicht nur durch eine insgesamt dichtere Unter- und Mittelschicht (10 – 60 cm) aus, sondern auch durch eine stärkere Vertikalgliederung, die durch Hochstauden (z.B. *Angelica sylvestris*) und Horste des Pfeifengrases bedingt wird. Flächeneinwärts nahm die Vertikalgliederung stark ab und auch die Vegetationsdichte in der Unter- und Mittelschicht lag merklich niedriger als in den Randbereichen. Der Vegetationsbestand wurde in den Zentralbereichen (PF3 und PF4) bis in eine Höhe von 40 – 50 cm hauptsächlich von Unter- und Mittelgräsern aufgebaut, während nur vereinzelt blühende Halme des Pfeifengrases und der Sumpf-Kratzdistel darüber hinausragten. Die Unterschiede in der Vegetationsstruktur zwischen Rand- und Zentralbereichen werden durch die unterschiedliche Nutzungsintensität bedingt. Während die Rand- und Übergangsbereiche nur alle zwei Jahre gemäht werden, unterliegt der Zentralbereich einem jährlichen Mahdintervall und war zum Zeitpunkt der Erhebungen bereits gemäht.

Wenngleich auf dem Transekt Spessartwiesen II keine Messungen der Vegetationsdichte erfolgten, war der Vegetationsbestand augenscheinlich sehr homogen aufgebaut. Die Wuchshöhen reichten maximal bis in eine Höhe von 50 - 60 cm wobei die Vertikalgliederung hauptsächlich durch Halme des Pfeifengrases und Blütenständen von *Sanguisorba officinalis* aufgebaut wurde. Der Randbereich (PF1) zeichnete sich in den Schicht 0 – 30 cm durch etwas höhere Vegetationsdichten als in den daran anschließenden Probeflächen aus. Insgesamt herrschte jedoch eine sehr lückige Unter- und Mittelschicht vor. Die geringe Vegetationsdichte dürfte im Vergleich zum Transekt Spessartwiesen I stärker auf die nährstoffarmen Standortverhältnisse zurückzuführen sein, die sich auch in den niedrigen mN-Werten von 3,0 – 3,4 widerspiegeln (siehe Anhang D).

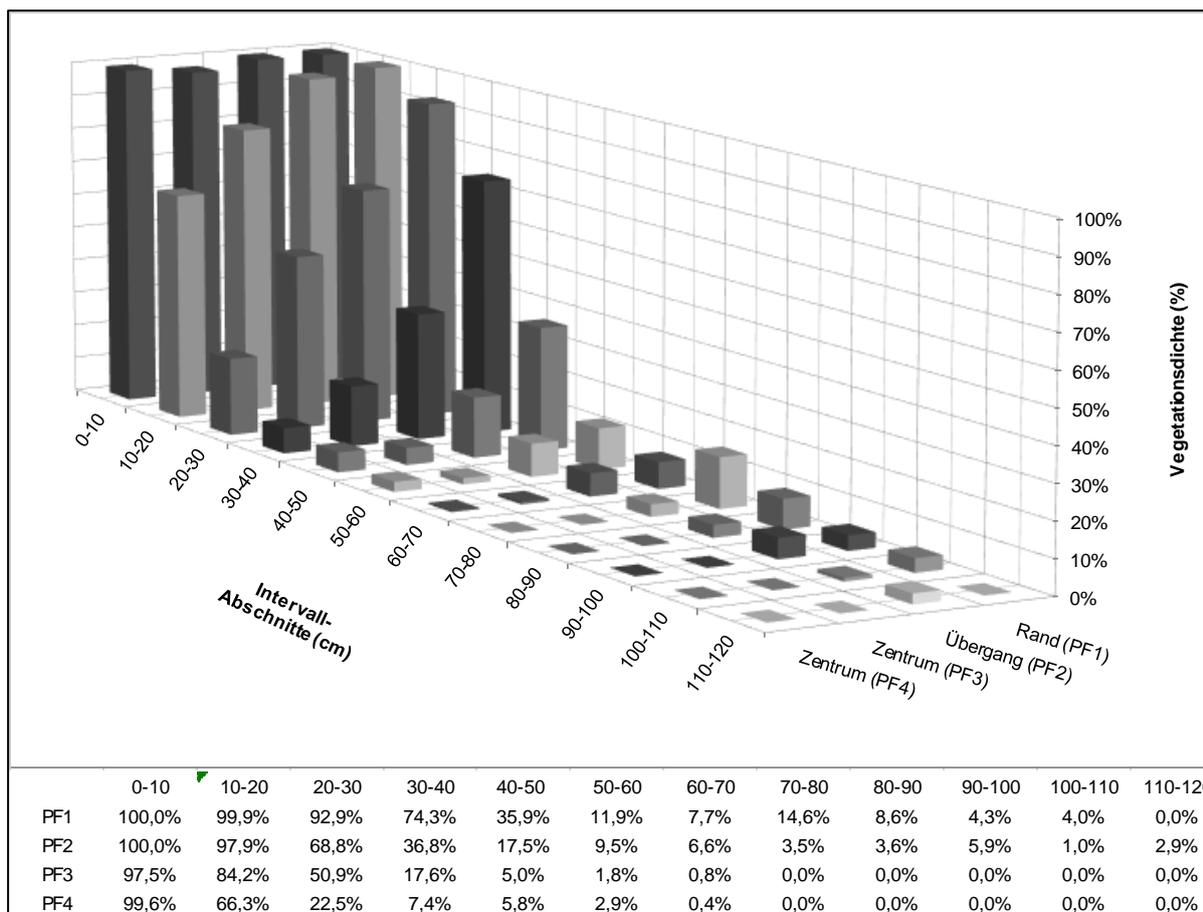


Abbildung 65: Ergebnisse der Vegetationsdichtemessungen auf dem Transekt Spessartwiesen I

5.8.2 Wirtsameisen

Entgegen der bisherigen Ergebnisse zeigte *Myrmica rubra* auf dem Transekt Spessartwiesen I in den niedrigwüchsigeren und jährlich gemähten Zentralbereichen (PF3 und PF4) die höchsten Anlaufquoten (47 – 53 %) während die Anläufe in den stärker verbrachten und zweijährig gemähten Randbereichen (PF1 und PF2) nur etwa halb so hoch waren (siehe Abbildung 66). *M. scabrinodis* war dagegen im Rand- und Übergangsbereich (PF1 und PF2) mit leicht höheren Anlaufquoten von 40 % gegenüber den Zentralbereichen (27 – 33 %) vertreten. Dabei war nicht nur die Anzahl der belegten Köder, sondern auch die nachgewiesene Individuenzahl in den Rand- und Übergangsbereichen bei *M. scabrinodis* am höchsten (siehe Abbildung 67). *M. ruginodis* zeigte dagegen in dem stärker von Hochstauden dominierten Transektabschnitt PF2 mit 3 belegten Zuckerstücken den höchsten Anlauf.

Das nachfolgende Diagramm stellt die Anlaufquoten in Prozent dar, während die darauffolgende Abbildung die einzelnen Köderfänge lokalisiert und Angaben zur Häufigkeit der einzelnen Arten enthält.

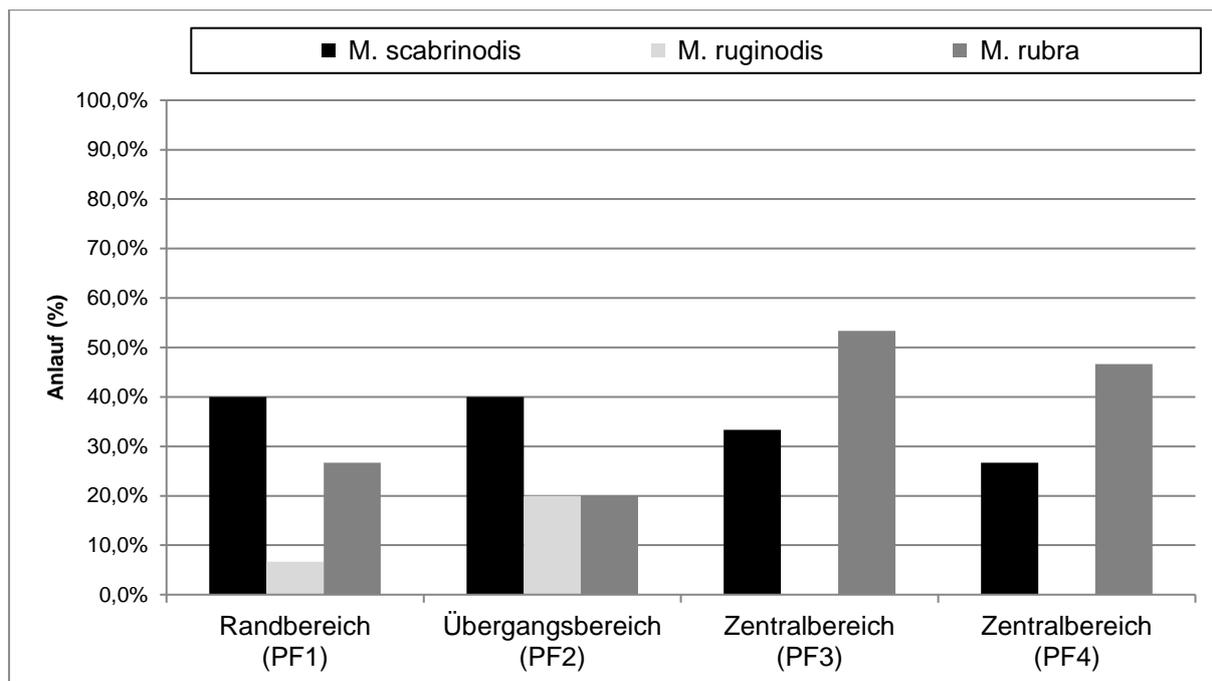
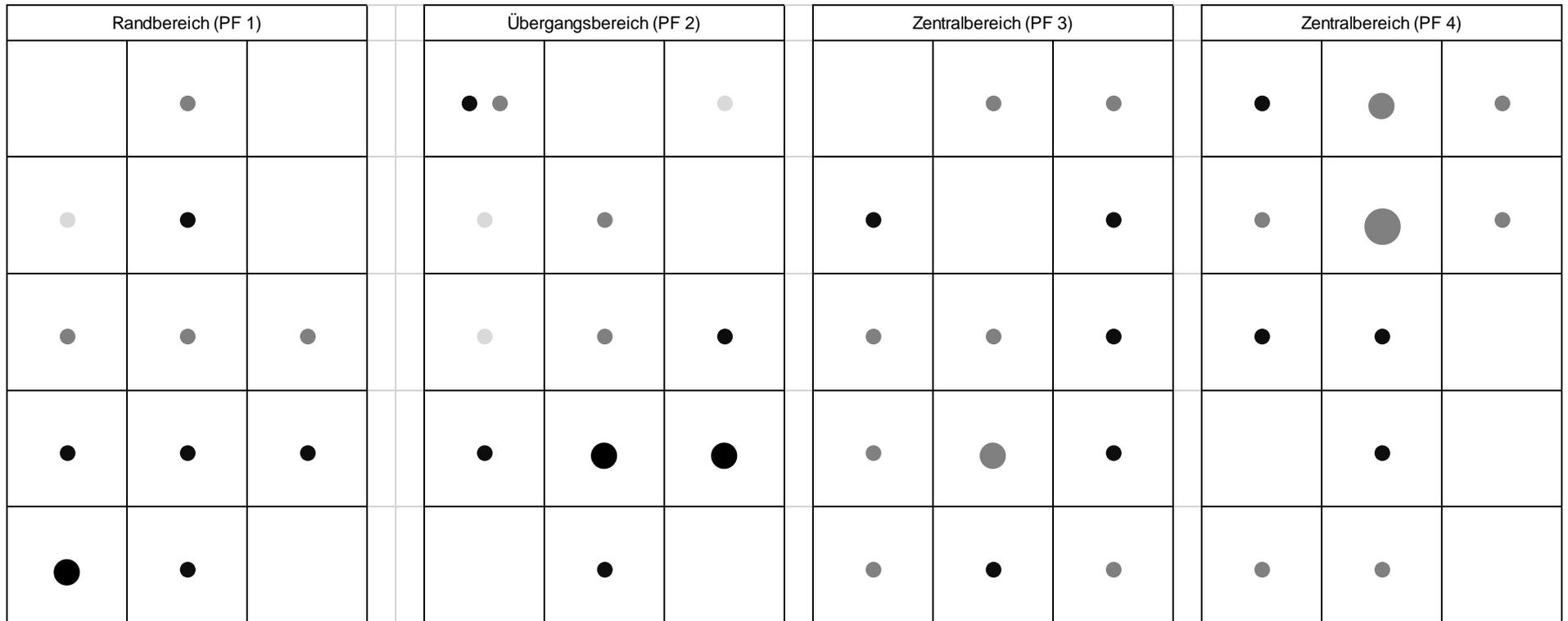


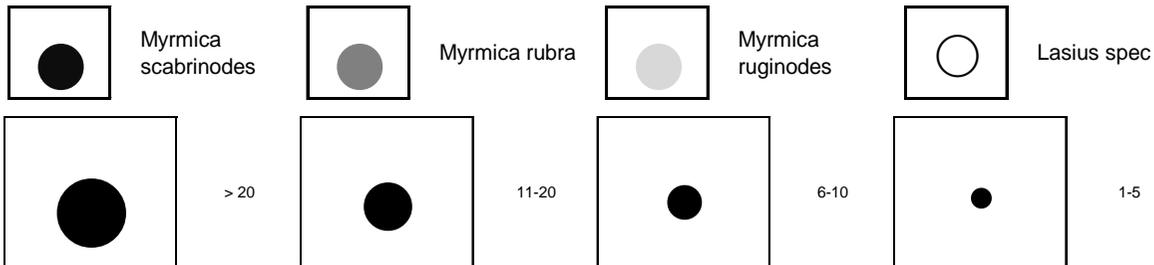
Abbildung 66: Ameisen-Anlaufhäufigkeiten auf dem Transekt Spessartwiesen I



Abbildung 67: Ergebnisse der Ameisen-Köderfänge auf dem Transekt Spessartwiesen I



Legende:





5.8.3 Wirtspflanzen

Auf dem Transekt Spessartwiesen I war die Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis* in den Transektabschnitten PF1 bis PF3 nur mit geringen Deckungsgraden von < 5 % vertreten (siehe Abbildung 68). Zum Zentralbereich der PF4 hin stiegen die Deckungsgrade dann auf 5 – 15 % an. Die Verteilung der mittleren Knospenzahl zeigt in den Übergangs- und Zentralbereichen der PF2 und PF3 das höchste Angebot an Blütenknospen mit einer Klasse von 51 – 250 Knospen. Sowohl Randbereich (PF1) als auch Zentralbereich (PF4) waren dagegen durch geringere mittlere Knospenzahlen (Klasse 11 – 50) gekennzeichnet.

Das Transekt Spessartwiesen II war dagegen über alle Transektabschnitte (PF1 – PF4) durch konstant hohe Artmächtigkeiten von *Sanguisorba officinalis* gekennzeichnet. Die Deckungsgrade lagen dabei zwischen 15 – 25 %. Das Angebot an Blütenknospen war ebenfalls über alle Transektabschnitte mit 51 – 250 Knospen vergleichsweise hoch.

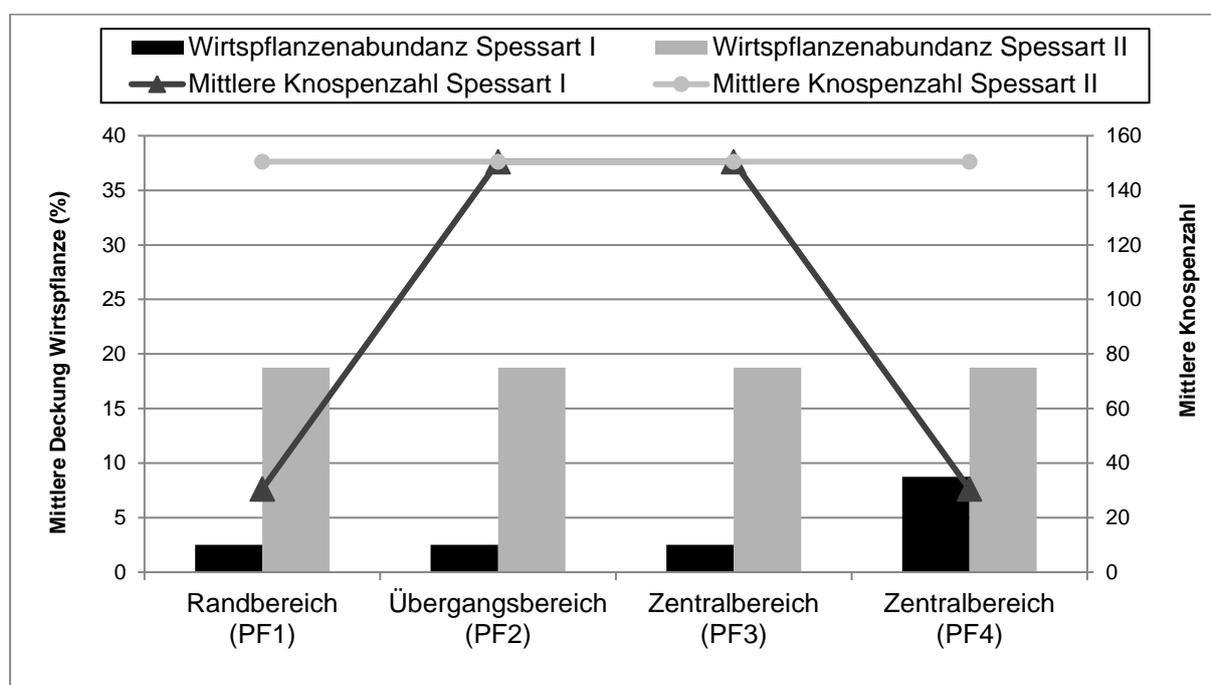


Abbildung 68: Wirtspflanzen- und Knospenangebot auf den Transekten Spessartwiesen I + II

5.8.4 Köpfchenuntersuchungen

5.8.4.1 Spessartwiesen I

Auf dem Transekt Spessartwiesen I wurden über einen Untersuchungszeitraum von 2 Jahren insgesamt 354 Blütenköpfchen gesammelt und auf Besatz der beiden *Maculinea*-Arten hin untersucht. Im Ergebnis konnten im Jahr 2011 an 200 Blütenköpfchen 37 Raupen eindeutig bestimmt werden. In weiteren 13 Köpfchen wurden Fraßspuren festgestellt, die nicht eindeutig zugeordnet werden konnten. Im Jahr 2012 war es dagegen nicht möglich im



Rand- und Zentralbereich der PF1 und PF4 die erforderliche Anzahl an Blütenköpfen für die Stichprobe von 50 Blütenköpfchen zu erhalten. Dennoch konnten an insgesamt 154 Blütenköpfchen 43 Raupen sicher bestimmt werden, während dies bei 11 Raupen nicht mehr möglich war. Darüber hinaus wurden in 11 Köpfchen Fraßspuren festgestellt, die nicht eindeutig zugeordnet werden konnten.

Die Größe der belegten Blütenköpfchen umfasste den Bereich von 6 bis 26 mm, die Wuchshöhe der Pflanzen lag zwischen 45 und 139 cm. Bezüglich der Präferenz für Seiten- oder Terminalknospen bei der Eiablage konnte bei *M. teleius* eine leichte Bevorzugung von Terminalknospen festgestellt werden, während bei *M. nausithous* das Verhältnis von belegten Seiten- und Terminalknospen relativ ausgeglichen war. In den von *M. teleius* belegten Blütenköpfen befand sich im Normalfall nur eine Raupe, jedoch konnten in einem Fall innerhalb eines Blütenköpfchens zwei L3-Häutungen gefunden werden. Bei *M. nausithous* waren es dagegen fünf Fälle in denen mehr als eine Raupe in einem Blütenköpfchen nachgewiesen werden konnte.

Wie die Ergebnisse der Köpfchenuntersuchungen zeigen, war die Mehrzahl der untersuchten Blütenköpfchen nicht belegt (siehe Abbildung 69). In keinem Fall befanden sich Raupen beider Arten innerhalb eines Köpfchens. Die prozentuale Verteilung entlang der einzelnen Transektabschnitte (siehe Abbildung 70) zeigt sowohl für das Jahr 2011 als auch 2012 keine eindeutigen Unterschiede in der Frequentierung von Rand- und Zentralbereichen durch beide *Maculinea*-Arten. Erstaunlicherweise wurde die höchste Belegungsrate von *M. teleius* in beiden Jahren mit drei bzw. vier belegten Köpfchen im Randbereich (PF1) festgestellt, während die Zentralbereiche der Transektabschnitte PF3 und PF4 mit max. jeweils einem belegten Köpfchen weitgehend gemieden wurden. Die höchsten Belegungsraten von *M. nausithous* konnten dagegen in 2011 mit 12 belegten Köpfchen im Randbereich (PF1) und in 2012 mit 15 belegten Köpfchen im Übergangsbereich (PF2) registriert werden. In den Zentralbereichen (PF4) wurden im Jahr 2011 immerhin noch sechs belegte Köpfchen von *M. nausithous* nachgewiesen.

Während im Falle von *M. nausithous* das hohe Angebot an Blütenköpfchen im Übergangsbereich (PF2) einen möglichen Erklärungsansatz für die Eiverteilung liefern kann (vgl. Abbildung 68), ist dies in Bezug auf *M. teleius* ohne eine komplexe Faktorenanalyse nicht möglich. Mögliche und an späterer Stelle zur Diskussion gestellte Erklärungsansätze sind zum einen der ungünstige Mahdtermin in 2011 (August), der zu einem Verlust eines Großteils an Entwicklungsstadien geführt haben kann und zum anderen die Häufigkeitsverteilung der Wirtsameisen, die in den Zentralbereichen eine Dominanz von *M. rubra* zeigt (vgl. Abbildung 66), aus deren Nestern eine geringere Überlebensrate für *M. teleius*-Raupen bekannt ist (JOHST et al. 2006).

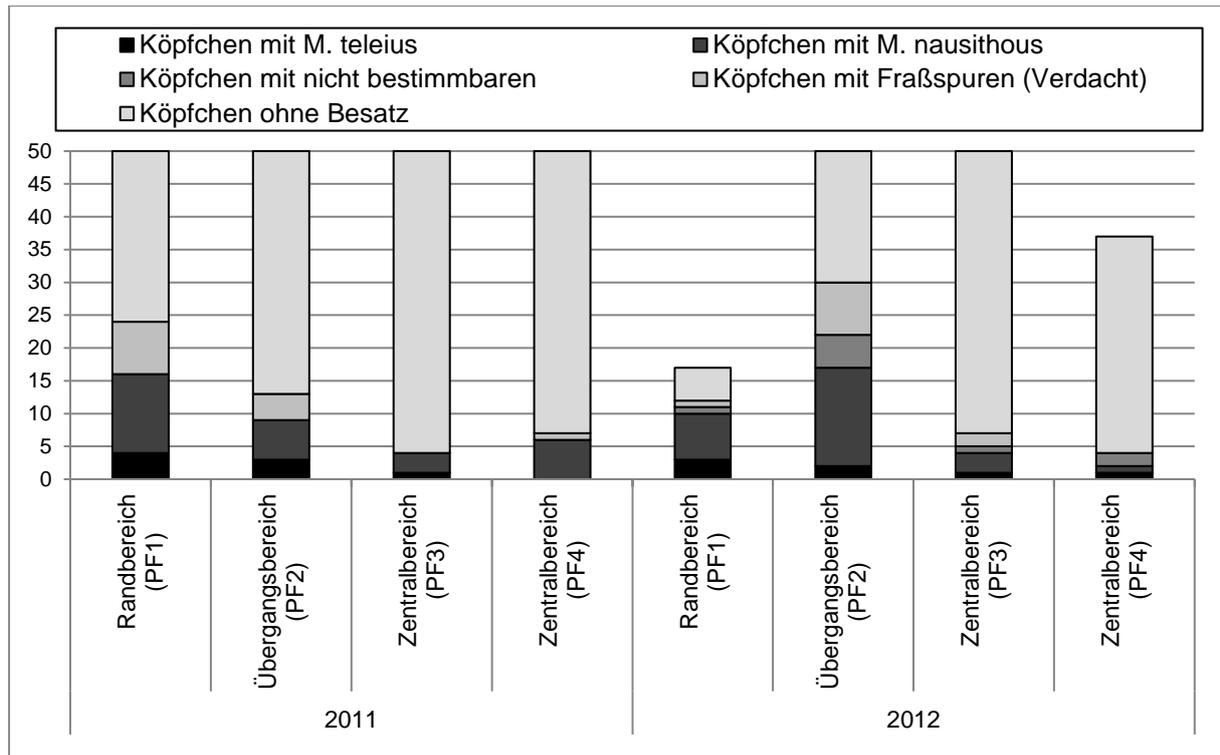


Abbildung 69: Ergebnisse der Köpfchenuntersuchung auf dem Transekt Spessartwiesen I im Jahresvergleich 2011 / 2012

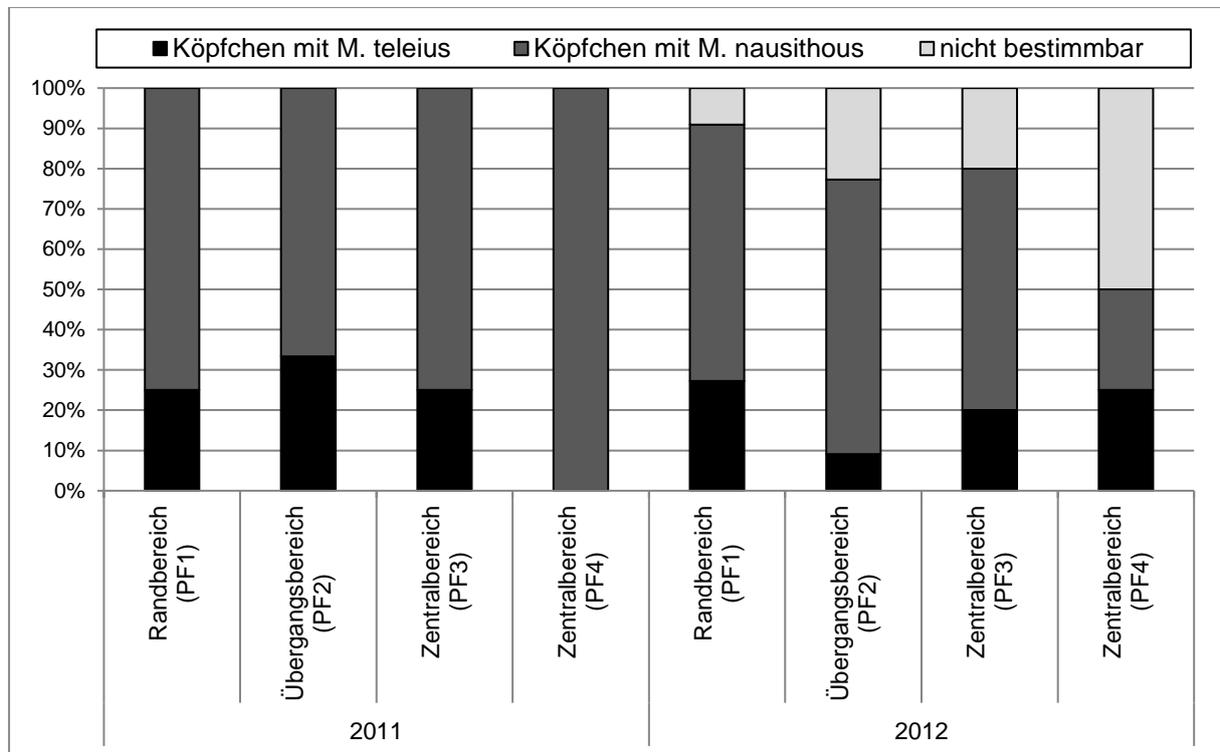


Abbildung 70: Prozentuale Verteilung der Köpfchen mit Raupen von *M. teleius* und *M. nausithous* entlang des Transekt Spessartwiesen I im Jahresvergleich 2011 / 2012



Durch die nachfolgenden Tabelle 15 werden die bisherigen Darstellungen bekräftigt, wonach im Untersuchungszeitraum 2011 / 2012 keine statistisch signifikanten Unterschiede in der Belegungsrate der Köpfchen beider Falter sowohl über alle 4 Transektabschnitte als auch im direkten Vergleich der zentralen Transektabschnitte mit den übrigen Transektabschnitten erkennbar sind.

Tabelle 15: Kreuztabellen (Fisher's Exact Test) sowie Ergebnisse des Chiquadrat-Tests für das Transekt Spessartwiesen I

Transektabschnitt	2011		2012	
	Köpfchen mit <i>M. teleius</i>	Köpfchen mit <i>M. nausithous</i>	Köpfchen mit <i>M. teleius</i>	Köpfchen mit <i>M. nausithous</i>
Randbereich (PF1)	4	12	3	7
Übergangsbereich (PF2)	3	6	2	15
Zentralbereich (PF3)	1	3	1	3
Zentralbereich (PF4)	0	6	1	1
Ergebnisse	Chiquadrat = 1.4229.; p = 0,700186 Nicht signifikant bei p < 0,05		Chiquadrat = 2.3961.; p = 0,494366 Nicht signifikant bei p < 0,05	

2011: p = 1 (ns) 2012: p = 1 (ns)	Zentralbereich (PF3)	Randbereich (PF1)	Zentralbereich (PF3)	Randbereich (PF1)
Anteil <i>M. teleius</i>	1	4	1	3
Anteil <i>M. nausithous</i>	3	12	3	7

2011: p = 1 (ns) 2012: p = 0,4887 (ns)	Zentralbereich (PF3)	Übergangsbereich (PF2)	Zentralbereich (PF3)	Übergangsbereich (PF2)
Anteil <i>M. teleius</i>	1	3	1	2
Anteil <i>M. nausithous</i>	3	6	3	15



2011: p = 0,4 (ns) 2012: p = 1 (ns)	Zentralbereich (PF3)	Zentralbereich (PF4)	Zentralbereich (PF3)	Zentralbereich (PF4)
Anteil <i>M. teleius</i>	1	0	1	1
Anteil <i>M. nausithous</i>	3	6	3	1

ns = nicht signifikant

5.8.4.2 Spessartwiesen II

Auf dem Transekt Spessartwiesen II konnten im Jahr 2012 an insgesamt 197 Blütenköpfchen 45 Raupen eindeutig bestimmt werden, bei einer Raupe war dies nicht mehr möglich. In weiteren sechs Köpfchen wurden Fraßspuren festgestellt, die nicht eindeutig zugeordnet werden konnten.

Die Größe der belegten Blütenköpfchen umfasste den Bereich von 8 bis 20 mm, die Wuchshöhe der Pflanzen wurde dagegen nicht dokumentiert. Bezüglich der Präferenz für Seiten- oder Terminalknospen bei der Eiablage konnte bei *M. nausithous* eine leichte Bevorzugung von Terminalknospen festgestellt werden, während bei *M. teleius* aufgrund der geringen Belegungsrate keine Aussage möglich war.

Wie die Ergebnisse der Köpfchenuntersuchungen zeigen, war die Mehrzahl der untersuchten Blütenköpfchen trotz hohem Angebot der Wirtspflanze *S. officinalis* nicht belegt (siehe Abbildung 71). In keinem Fall befanden sich Raupen beider Arten innerhalb eines Köpfchens. Mit nur einem belegten Köpfchen im Randbereich (PF1) war *M. teleius* deutlich unterrepräsentiert, so dass für diese Art keine Aussagen bzgl. unterschiedlicher Belegungsrate in Rand- und Zentralbereichen getroffen werden können. Auch für *M. nausithous* konnten keine eindeutigen Unterschiede in der Frequentierung von Rand- und Zentralbereichen herausgestellt werden. Die höchsten Belegungsrate wurden mit 14 bzw. 11 belegten Köpfchen sowohl im Rand- als auch Zentralbereich (PF1 und PF3) erreicht. Dabei ist anzumerken, dass sich der Randbereich (PF1) zwar in der Nähe von Saumstrukturen befand, jedoch sonst nur wenig optisch erkennbare strukturelle Unterschiede zum Zentralbereich (PF3 und PF4) aufwies. Insgesamt sind somit, wie in Tabelle 16 dargestellt, keine statistisch signifikanten Unterschiede in der Belegungsrate beider Falter sowohl über alle 4 Transektabschnitte als auch im direkten Vergleich des zentralen Transektabschnitts mit den übrigen Transektabschnitten zu erkennen. Aufgrund der insgesamt auffälligen geringen Belegungsrate durch *M. teleius* sollte jedoch keine Überinterpretation der statistischen Signifikanz erfolgen. So können methodische Unsicherheiten des Untersuchungsansatzes auch Anlass zur Spekulation geben, ob die eigentlichen Reproduktionsbereiche von *M. teleius* durch das Transekt getroffen wurden.

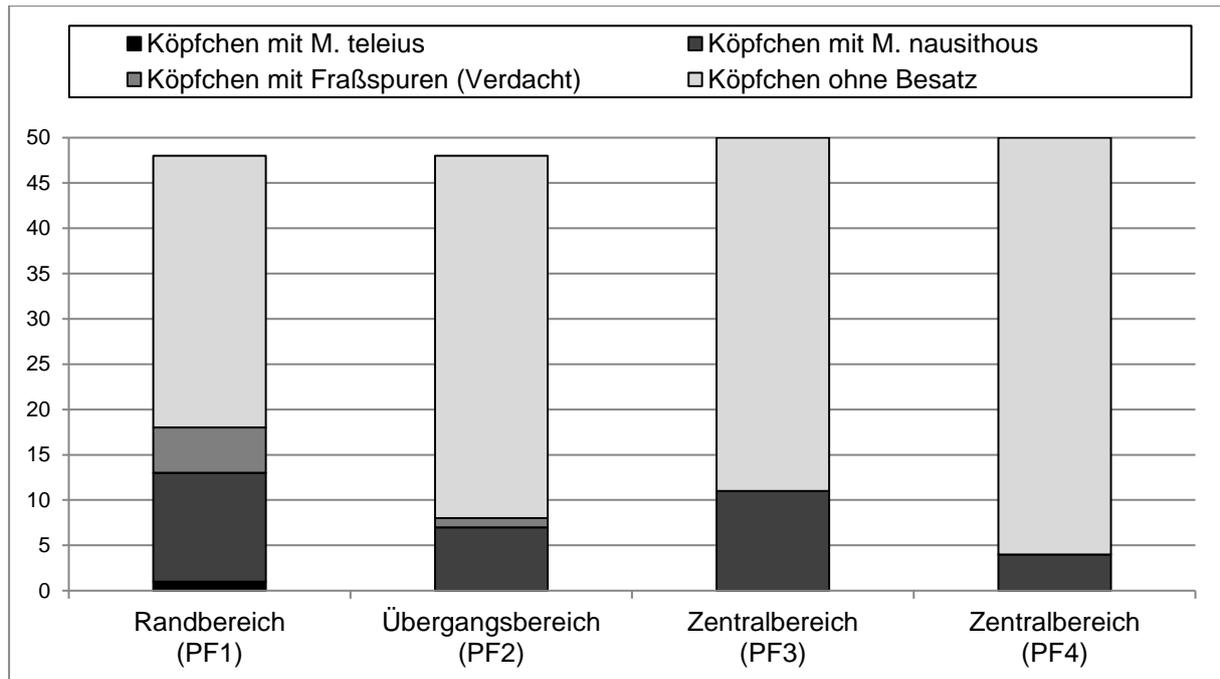


Abbildung 71: Ergebnisse der Köpfchenuntersuchung auf dem Transekt Spessartwiesen II

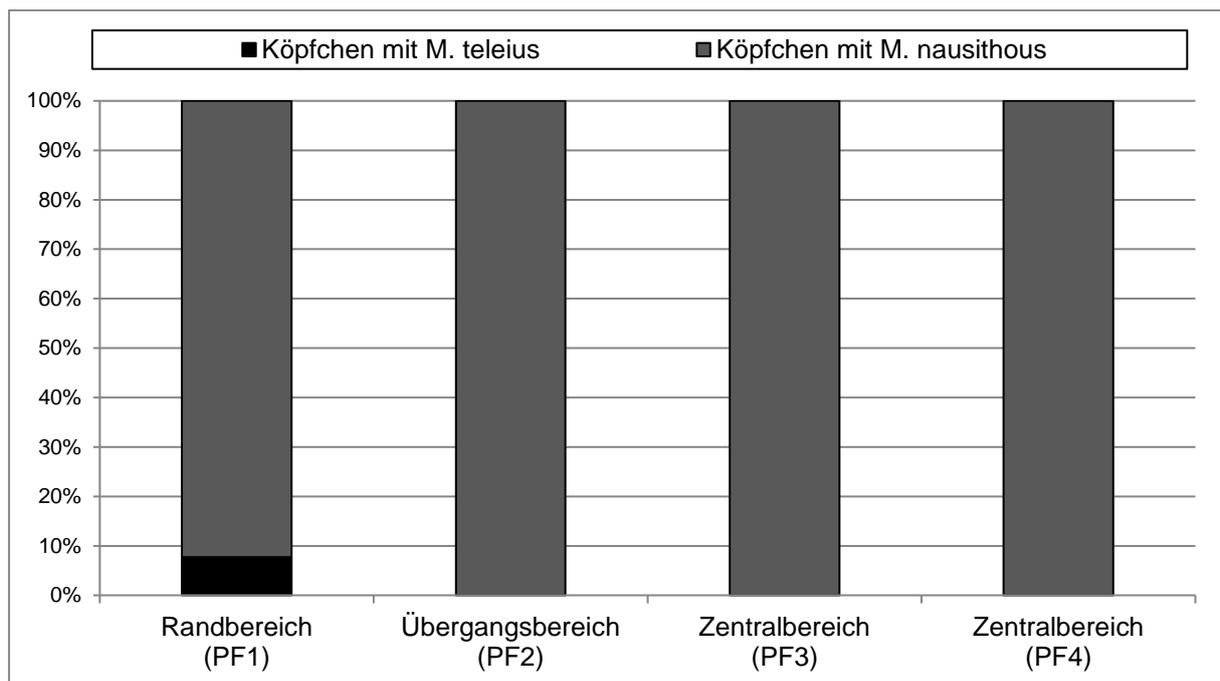


Abbildung 72: Prozentuale Verteilung der Köpfchen mit Raupen von *M. teleius* und *M. nausithous* entlang des Transekt Spessartwiesen II



Tabelle 16: Kreuztabellen (Fisher's Exact Test) sowie Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests für das Transekt Spessartwiesen II

Transektabschnitt	Köpfchen mit <i>M. teleius</i>	Köpfchen mit <i>M. nausithous</i>
Randbereich (PF1)	1	12
Übergangsbereich (PF2)	0	7
Zentralbereich (PF3)	0	11
Zentralbereich (PF4)	0	4
Ergebnisse	Chi-Quadrat = 0.8408; $p = 0,839687$ Nicht signifikant bei $p < 0,05$	

$p = 0.4867$ (ns)	Zentralbereich (PF3)	Randbereich (PF1)
Anteil <i>M. teleius</i>	0	1
Anteil <i>M. nausithous</i>	11	12

$p = 1$ (ns)	Zentralbereich (PF3)	Übergangsbereich (PF2)
Anteil <i>M. teleius</i>	0	0
Anteil <i>M. nausithous</i>	11	7

$p = 1$ (ns)	Zentralbereich (PF3)	Zentralbereich (PF4)
Anteil <i>M. teleius</i>	0	0
Anteil <i>M. nausithous</i>	11	4

ns = nicht signifikant



5.9 Zusammenstellung der Ergebnisse

Für die Zusammenstellung der Ergebnisse wurden die Transektabschnitte aller Untersuchungsgebiete zu drei räumlich unterschiedlich strukturierten Wiesenbereichen aggregiert (Rand-, Übergangs- und Zentralbereich), die sich idealisierte Weise hinsichtlich Vegetationsstruktur und -dichte voneinander unterscheiden und somit die in der Literatur beschriebene räumliche Nutzung von Habitatbereichen beider *Maculinea*-Arten wieder spiegeln (*M. nausithous* = Konzentration auf Randbereiche; *M. teleius* = Konzentration auf Zentralbereiche).

5.9.1 Vegetationsstruktur

Den Messungen der Vegetationsdichte in den einzelnen Untersuchungsgebieten zur Folge gab es zwischen den unterschiedlichen räumlich-strukturierten Wiesenbereichen (Transektabschnitte) deutliche Unterschiede in der Deckungssumme der Vegetationsdichte. Im Vergleich der mittleren Vegetationsdichten über alle untersuchten Flächen (siehe Abbildung 73) wird dies vor allem anhand der Dichten von 10 cm bis 60 cm deutlich, die in den Randbereichen erwartungsgemäß höher lagen als in den Übergangs- und Zentralbereichen. Zudem bedingte das Auftreten von hochwüchsigen Pflanzenarten eine stärkere Vertikalgliederung bis in eine Höhe von 120 cm. Zurückzuführen ist dies zum einen auf die geringere Nutzungsintensität der Randbereiche und zum anderen auf die höhere Standortproduktivität, die sich auch in den durchweg höheren mN-Werten der Randbereiche widerspiegelt (siehe Anhang D). Stärkere Verbrachungstendenzen (Verschilfung, Verhochstaudung) sowie wüchsiger Vegetationsbestände bedingen dabei insbesondere in der Unter- und Mittelschicht höhere Vegetationsdichten und z.T. stärkere Streuauflagen.

Der Übergangsbereich nimmt dabei eine Mittelstellung zwischen Rand- und Zentralbereichen ein. Durch die Zunahme typischer niedrigwüchsiger Wiesenarten und Abnahme von hoch- und dichtwüchsigen Hochstauden, Schilf und Großseggen sind die Schichten von 20 – 60 cm deutlicher weniger dicht ausgeprägt als in den Randbereichen.

Im Zentralbereich der untersuchten Wiesenbestände war vor allem die Vegetationsschicht ab 30 cm durch eine deutlich lichtere Vegetationsstruktur als in den Rand- und Übergangsbereichen geprägt. Die Vegetationszusammensetzung wurde hier von niedrigwüchsigeren Unter- und Mittelgräsern dominiert. Durch die regelmäßige Mahd waren die Zentralbereiche auch durch eine deutlich geringe Vertikalgliederung gekennzeichnet.

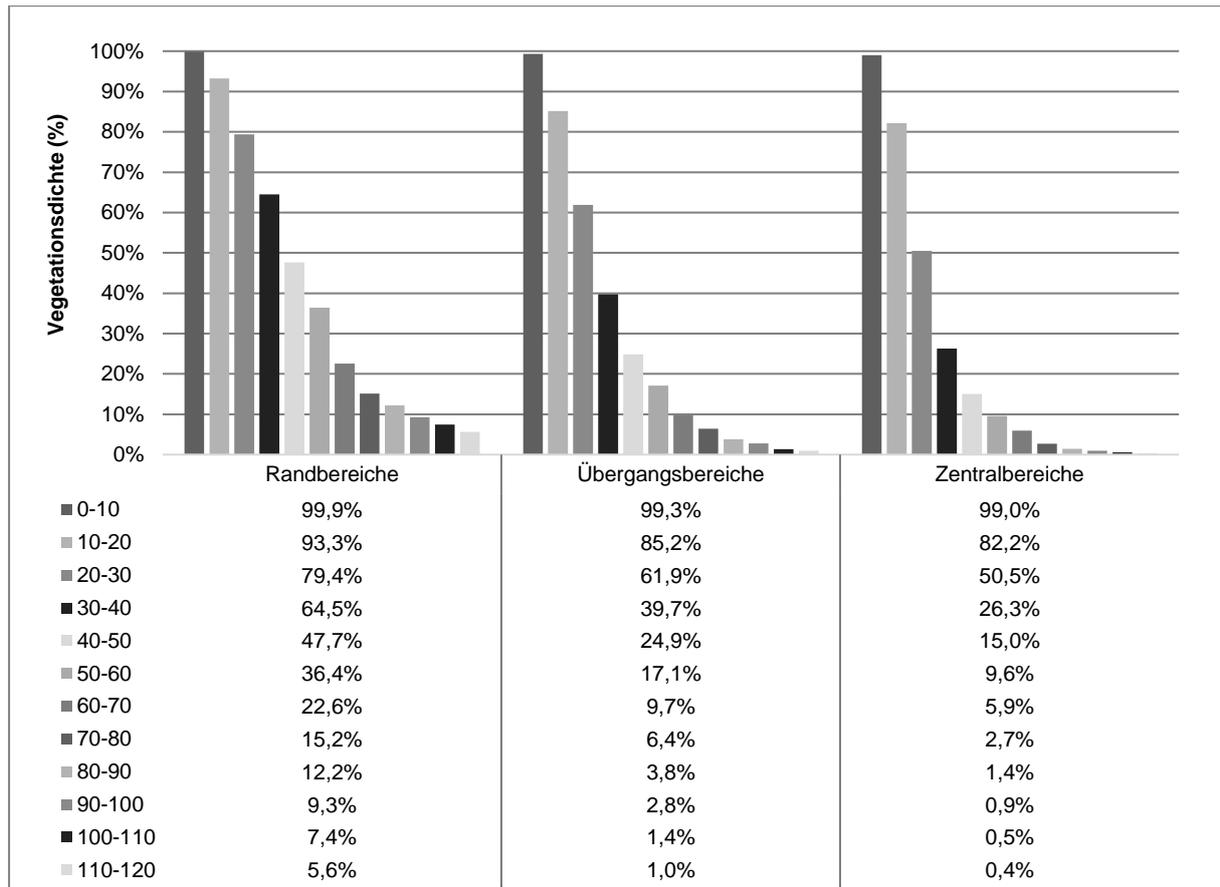


Abbildung 73: Vergleich der mittleren Vegetationsdichten entlang der aggregierten Transektabschnitte

5.9.2 Zeigerwerte

Zur ökologischen Charakterisierung und Darstellung von Umweltgradienten entlang der untersuchten Transekte werden im nachfolgenden getrennt nach unterschiedlich räumlich-strukturierten Wiesenbereichen (Transektabschnitte) die mittleren ungewichteten Zeigerwerte (nach ELLENBERG et al. 1991) herangezogen.

Um die standörtlichen Variationsbreiten darzustellen, werden Minima, Maxima und Spannweiten der gemittelten Zeigerwerte verwendet (Tabelle 17) und die Lage und Streuung der Daten in Boxplot dargestellt (Abbildung 74).

Aufgrund der Mittelwertbildung fehlen in aller Regel die Zeigerwertzahlen 1 und 9, so dass die Standortcharakterisierungen dieser Auswertung nicht mit den bei ELLENBERG et al. (1991) angegebenen Bedeutungen deckungsgleich sind (vgl. SCHÖN 1995). Aus diesem Grund muss eine mL-Zahl von ≥ 7 als Zeichen für lichtreiche Standorte (Licht- bis Volllichtbedingungen) interpretiert werden, während eine mF-Zahl von ungefähr ≥ 7 auf nasse Bedingungen hinweist. Nährstoffarme Standorte werden durch mN-Zahlen von ≤ 3 angezeigt, stickstoffreiche (eutrophe) Verhältnisse dagegen durch mN-Zahlen von ≥ 5 .



Mittlere R-Zahlen von ≤ 3 kennzeichnen stark saure Böden, mR-Zahlen von $\geq 6,5$ sind dagegen typisch für kalkreiche Standorte.

Wie der Tabelle 17 sowie Abbildung 74 zu entnehmen ist, waren sowohl die Rand- als auch die Zentralbereiche der untersuchten Wiesenbestände durch Arten mit einem hohen Lichtbedürfnis ($mL \geq 6,5$) charakterisiert. Angesichts der höheren Vegetationsdichten in den Randbereichen und der damit einhergehenden Beschattung der unteren Vegetationsdichten (z.B. durch Verschilfung und Verhochstaudung) verwundert dies zunächst, jedoch zeigen Untersuchungen zu den Lichtbedingungen in Streuwiesen (GÜSEWELL & KLÖTZLI 2002), dass Pflanzen auch in Hochstaudenriedern (*Filipendulion*) noch durchschnittlich 40% Licht und auf Flächen wo nur Schilf vorkommt sogar fast 100% des Lichts in Bodennähe erhalten. Negative Effekte auf den Anteil an Lichtarten in der Krautschicht können dagegen bei einer Kombination aus hoher Nährstoffverfügbarkeit und Beschattung insbesondere bei einer Zunahme von Hochstauden entstehen. Da die untersuchten Randbereiche jedoch überwiegend aus N-ärmeren Standorten bestanden, scheint dies mit weniger starken Effekten und nachteiligen Auswirkungen auf das Auftreten von Lichtarten verbunden zu sein.

Anhand der mittleren Feuchtezeigerwerte mit einem Median von 6,7 in den Zentralbereichen und 6,9 in den Randbereichen lässt sich ein schwacher Feuchtegradient entlang der untersuchten Transekte erkennen. Den Werten zu Folge handelt es sich um überwiegend gut durchfeuchtete Böden. Wie die Maximalwerte zeigen (Tabelle 16), sind jedoch einzelne Flächen überwiegend in den südbayerischen Untersuchungsgebieten durch nässere Standortverhältnisse (z.B. Transekt Sindelsdorf, Ostermünchen) geprägt, während die Minimalwerte auf frischere Standortverhältnisse hinweisen, die hauptsächlich in den nordbayerischen Untersuchungsgebieten zu finden waren.

Bei den mittleren Nährstoffzeigerwerten besteht dagegen im Vergleich der einzelnen Transektabschnitte eine größere Schwankungsbreite. Ein Median von 3,8 in den Randbereichen und 3,2 in den Zentralbereichen spiegelt dabei generell stickstoffärmere Standortverhältnisse wieder. Den Maximalwerten zur Folge herrschten in den Randbereichen einzelner Transekte stickstoffreichere (eutrophe) Verhältnisse vor (z.B. Transekt Ostermünchen, Aurachtal). Eine stärkere Nährstoffarmut (mN-Zahl 2 – 3) war dagegen in den Zentralbereichen des Transekt Ostermünchen zu finden und korrespondierte hier mit hohen Feuchtezeigerwerten.

Die Minimum- und Maximalwerte der mittleren Reaktionszahlen verdeutlichen die großen Unterschiede zwischen den Böden der süd- und nordbayerischen Untersuchungsflächen. Während auf den südbayerischen Flächen fast ausschließlich basenreiche Böden über kalkhaltigem Ausgangsgestein vorherrschten (mR -Zahl $\geq 6,5$), sind die nordbayerischen

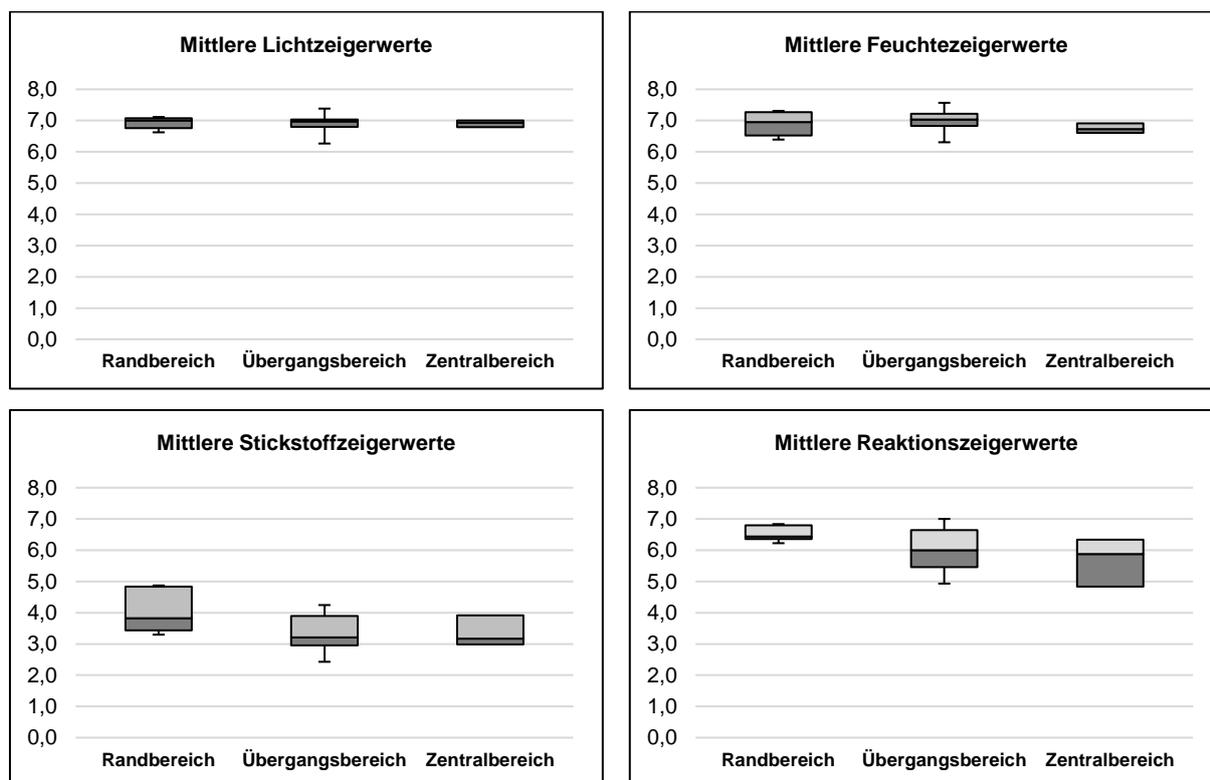


Untersuchungsflächen (insb. Spessartwiesen) durch saure Böden (Braunerden über Sandstein) gekennzeichnet (mR-Zahl ≤ 4).

Tabelle 17: Mittlere Zeigerwerte entlang der aggregierten Transektabschnitte

Räumlicher Gradient der untersuchten Wiesenbestände (Transektabschnitte)	Mittlere L-Zahl			Mittlere F-Zahl			Mittlere N-Zahl			Mittlere R-Zahl		
	Max	Min	Spannweite	Max	Min	Spannweite	Max	Min	Spannweite	Max	Min	Spannweite
Randbereiche (n = 10)	7,1	6,6	0,5	7,6	6,0	1,6	5,4	3,3	2,1	7,4	4,3	3,1
Übergangsbereiche (n = 10)	7,1	6,5	0,6	7,5	6,0	1,5	4,8	2,8	2,0	7,5	4,2	3,3
Zentralbereiche (n = 16)	7,2	6,5	0,7	7,6	6,2	1,4	4,9	2,5	2,4	7,1	3,8	3,3

Abbildung 74: Vergleich der mittleren ungewichteten Zeigerwerte (Median) entlang der aggregierten Transektabschnitte



5.9.3 Wirtsameisen

Im Rahmen der Ameisen-Köderfänge konnten an 373 der 480 ausgelegten Zuckerwürfel Ameisen vorgefunden werden, die Erfolgsquote lag somit bei 77,7 %. Der Anteil von



Ameisenarten der Gattung *Myrmica* an der Gesamtzahl angelauener Köder lag bei 98,5 %. Darunter war *Myrmica scabrinodis* insgesamt die dominierende Art mit einer Anlaufquote von 51,8 %, gefolgt von *M. rubra* mit 31,3 % und *M. ruginodis* mit 14,5 %. In jedem der 8 Untersuchungsgebiete kamen mindestens zwei geeignete Wirtsameisen gleichzeitig vor, wobei *M. ruginodis* und *M. vandeli* nur als Nebenwirte für *Maculinea*-Raupen eine Bedeutung besitzen (BRÄU et al. 2005). Auffällige Unterschiede zwischen den Gebieten gab es jedoch in den Nachweishäufigkeiten, wobei sich *Myrmica scabrinodis* insbesondere auf den südbayerischen Flächen (mit Ausnahme der UG's Raisting und Freising) als die häufigste Ameisenart herausstellte. Auf den nordbayerischen Flächen war der Anlauf zwischen *Myrmica scabrinodis* und *M. rubra* dagegen z.T. ausgeglichen, mit leicht höheren Anteilen für *M. rubra*. *M. ruginodis* zeigte sich dagegen nur in dem Untersuchungsgebiet Freising mit 50 % Anlauf an den belegten Ködern als die dominierende Art.

Betrachtet man die aufgrund der Köderfänge ermittelten Anlaufquoten der wichtigsten Wirtsameisenarten *Myrmica scabrinodis*, *M. rubra* und *M. ruginodis* getrennt nach Rand-, Übergangs- und Zentralbereichen der untersuchten Wiesenbestände fällt auf, dass *Myrmica scabrinodis* sowohl die Übergangs- als auch Zentralbereiche bevorzugte, während *M. rubra* eine stärkere Präferenz für Randbereiche zeigte und *M. ruginodis* in den Übergangsbereichen eine leicht höhere Präsenz zeigte als in den übrigen Transektabschnitten (siehe Tabelle 18, Abbildung 75).

Tabelle 18: Absolute und prozentuale Verteilung der Anlaufhäufigkeit von *Myrmica scabrinodis*, *M. rubra* und *M. ruginodis* bei Köderfängen entlang der aggregierten Transektabschnitte

Räumlicher Gradient der untersuchten Wiesenbestände (Transektabschnitte)	<i>M. scabrinodis</i>		<i>M. rubra</i>		<i>M. ruginodis</i>	
	n	%	n	%	n	%
Randbereiche (n = 135)	42	31,1%	53	39,3%	13	9,6%
Übergangsbereiche (n = 135)	63	46,7%	23	17,0%	21	15,6%
Zentralbereiche (n = 210)	102	48,6%	49	23,3%	24	11,4%

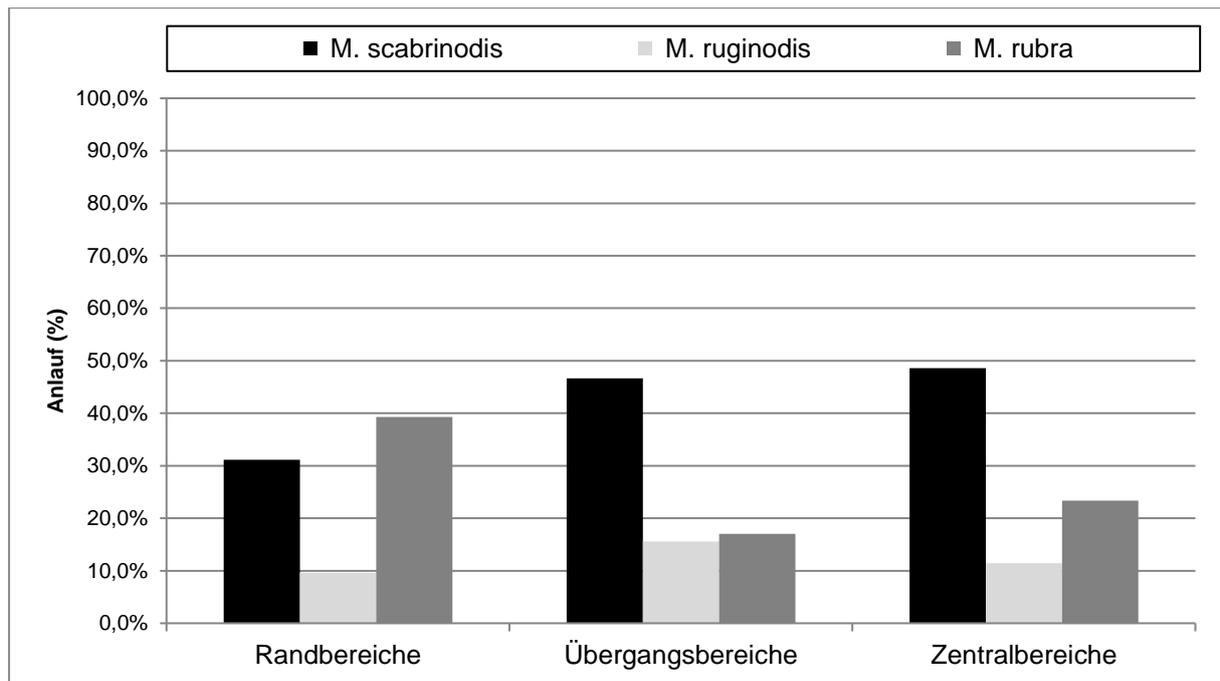


Abbildung 75: Ameisen-Anlaufhäufigkeiten entlang der aggregierten Transektabschnitte

Die Unterschiede in den Anlaufquoten der Wirtsameisen bei unterschiedlich räumlich-strukturierten Wiesenbeständen spiegeln sich auch in den Unterschieden der Vegetationsdichtemessungen wieder (siehe Kapitel 5.9.2). Dies lässt unterschiedliche mikroklimatischen Präferenzen der *Myrmica*-Arten vermuten, die bereits von ELMES et al. (1998) und SEIFERT (1996) grob beschrieben und von BRÄU et al. (2005, 2006), VÖLKL et al. (2008) sowie STETTNER et al. (2008) näher untersucht worden sind. Die Ergebnisse dieser Arbeiten zeigen, dass die unterschiedliche Präferenzen in Bezug auf die mikroklimatischen Verhältnisse maßgeblich von der Standortfeuchte und Temperatur geprägt werden, die wiederum in enger Abhängigkeit zur Vegetationsstruktur, Standortproduktivität und Flächennutzung stehen.

In diesem Zusammenhang wurden von *Myrmica scabrinodis* generell lückigere und magere Bestände auf feuchten bis nassen Standorten mit meist regelmäßiger Mahd besiedelt, während die Art in Brachen deutlich seltener vorkam (STETTNER et al. 2008). *M. rubra* bevorzugte dagegen höher produktive und dichte Vegetationsbestände in trockeneren (Rand-)Partien meist einschüriger Bereiche oder Jungbrachen. *M. ruginodis* zeigte die größten Häufigkeiten in älteren Brachen mit hoher und dichter Vegetation (VÖLKL et al. 2008).

Diese Beobachtungen werden auch durch vorliegende Arbeit weitgehend bestätigt. So erreichte *Myrmica scabrinodis* in den niedrigwüchsigeren und weniger dichten Zentralbereichen die höchsten Anlaufquoten, war darüber hinaus aber auch noch in Übergangsbereichen mit dichter Vegetationsstruktur mit hohen Anläufen vertreten (z.B.



Transekt Aurachtal, Spessartwiesen I). Hier ist jedoch von dem Einfluss eines weiteren Standortparameters, der Bodenfeuchte auszugehen, da Rand- und/oder Übergangsbereiche mit höheren Vorkommensdichten von *M. scabrinodis* immer durch höhere mF-Zahlen als daran anschließende Zentralbereiche gekennzeichnet waren. In solch feuchten bis nassen Bereichen ist davon auszugehen, dass sich *M. scabrinodis* aufgrund ihrer höheren Toleranz bezüglich der hydrologischen Verhältnisse (SEIFERT 1996) gegenüber *M. rubra* behaupten kann.

M. rubra erreichte in vorliegender Untersuchung die höchsten Abundanzen in dichtwüchsigeren Randbereichen womit die Präferenz der Art für dichtere Vegetationsbestände bestätigt wird. Die in Abbildung 69 dargestellten höheren Anlaufquoten in Zentralbereichen resultieren dagegen Großteils aus methodischen Ungenauigkeiten bei der Transekteinrichtung. So waren einzelne Zentralbereiche (z.B. Transekt Freising, Aurachtal, Lauter-Appendorf) durch stärkere Verbrachungstendenzen gekennzeichnet und die Anläufe von *M. rubra* entsprechend höher. Eine Ausnahme stellt hier das Transekt Spessartwiesen I dar, auf dem *M. rubra* in den niedrigwüchsigeren Zentralbereichen ohne Verbrachungstendenz eine eindeutige Dominanz gegenüber *M. scabrinodis* zeigte, die ausschließlich in den höherwüchsigen aber nasseren Rand- und Übergangsbereichen mit hohen Anlaufquoten vertreten war. Als Erklärungsansatz für diese Habitatwahl kommen wieder die unterschiedlichen Feuchteansprüche beider Arten infrage, die im Fall des Transekt Spessartwiesen I stärker zu wiegen scheinen als strukturelle Präferenzen.

Bei *M. ruginodis* waren keine signifikanten Unterschiede in den Anlaufquoten von Rand-, Übergangs- und Zentralbereichen erkennbar (siehe Tabelle 18). Die Art scheint auf den untersuchten Flächen eine größere Standortamplitude zu besitzen als von o.g. Autoren beschrieben. Besonders hohe Anlaufquoten besaß *M. ruginodis* auf dem Transekt Freising, einer stärker verbrachten Pfeifengraswiese. Hier war *M. ruginodis* sowohl in den Rand- als auch in den Zentralbereichen die dominierende Ameisenart und zeigte dabei auch in lückigeren und niedrigwüchsigeren Bereichen eine hohe Abundanz. BRÄU et al. (2005) machten ähnliche Beobachtungen mit hohen Anlaufquoten von *M. ruginodis* auf Magerrasen. Die untersuchte Fläche war jedoch erst seit kurzer Zeit wieder in eine regelmäßige Mahd überführt worden, so dass große Bereiche noch als brach zu werten waren. Für das aktuell einschürig gemähte Transekt Freising konnten keine entsprechenden Informationen über die vergangene Nutzung eingeholt werden, jedoch lassen auch hier Vegetationsstruktur und das Auftreten von Brachezeigern (z.B. *Phragmites australis*, *Solidago canadensis*) auf längere Brachezeiten in der Vergangenheit schließen und liefern somit einen möglichen Erklärungsansatz für die Dominanz von *M. ruginodis*.



5.9.4 Wirtspflanze

Für die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Arten *M. teleius* und *M. nausithous* ist die Verfügbarkeit der Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis*, außer bei längeren Brachephasen, i.d.R. nicht limitierend (BINZENHÖFER & SETTELE 2000, STETTMER et al. 2001, BRÄU et al. 2008). Um dennoch etwaige Zusammenhänge zwischen dem Eiablageverhalten der untersuchten *Maculinea*-Arten und der Verfügbarkeit der Wirtspflanze herauszuarbeiten, wurden die mittleren prozentualen Deckungsgrade sowie mittleren Knospenzahlen getrennt nach unterschiedlich räumlich-strukturierten Wiesenbereichen (Transektabschnitte) ermittelt. Im Ergebnis ist sowohl die Artmächtigkeit als auch das Knospenangebot der Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis* in den Übergangsbereichen der untersuchten Transekte am höchsten (siehe Abbildung 76).

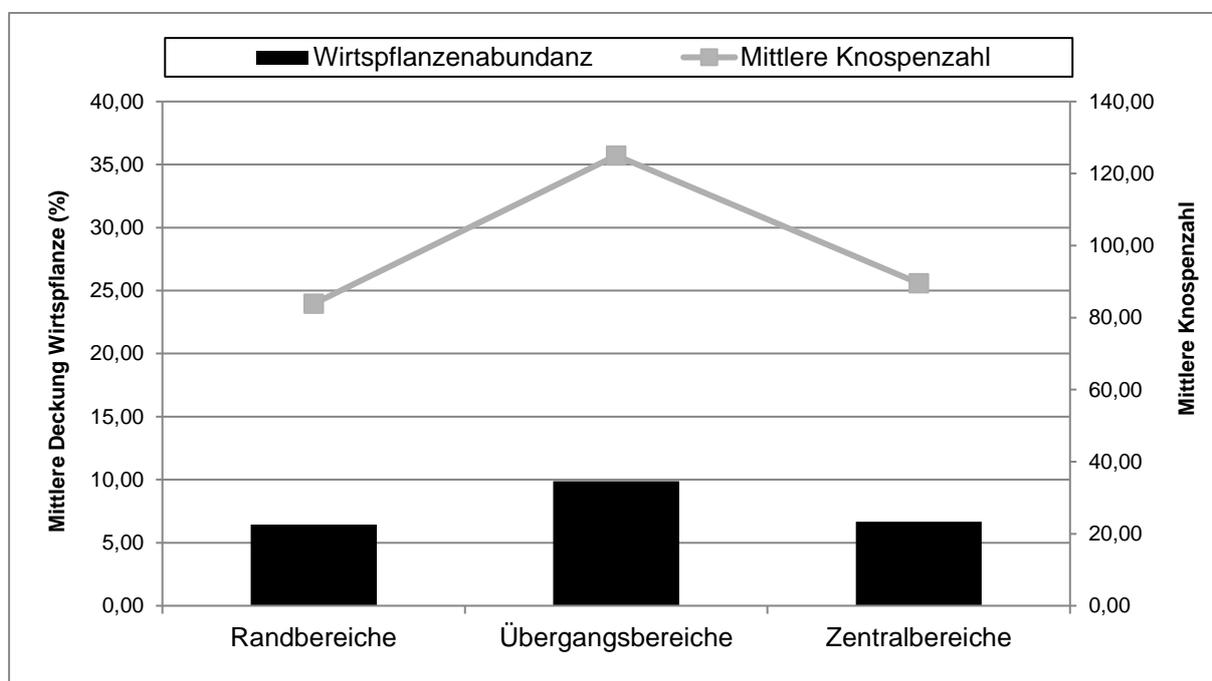


Abbildung 76: Wirtspflanzen- und Knospenangebot entlang der aggregierten Transektabschnitte

5.9.5 Köpfchenuntersuchungen

Im Rahmen der Köpfchenuntersuchungen wurden in den Jahren 2011 - 2012 insgesamt 1958 Blütenköpfe der Wirtspflanze *S. officinalis* gesammelt und auf einen Besatz mit Raupen der beiden *Maculinea*-Arten hin kontrolliert. Davon waren 582 Blütenköpfe mit *Maculinea*-Raupen belegt, was einer Gesamtbelegung von etwa 30 % entspricht. An 537 Blütenköpfchen konnten die aufgefundenen Raupen eindeutig *M. nausithous* und *M. teleius* zugeordnet werden, währenddessen bei 45 Blütenköpfen eine genaue Zuordnung nicht mehr möglich war.



Für die Gesamtdarstellung der Ergebnisse auf Ebene von Blütenköpfchen wurden die Transektabschnitte aller Untersuchungsgebiete zu drei räumlich unterschiedlich strukturierten Wiesenbereichen aggregiert (Rand-, Übergangs- und Zentralbereich). Wie die Auswertung zeigt (siehe Tabelle 19, Abbildung 77), verändert sich das Verhältnis zwischen Köpfchen mit *M. teleius* und Köpfchen mit *M. nausithous* mit zunehmendem Abstand vom Randbereich weitestgehend zu Gunsten von *M. teleius*. Für *M. nausithous* ist dagegen ein Trend für die Bevorzugung der dichten und wüchsigeren Rand- und Übergangsbereiche erkennbar.

Beim Vergleich der Verteilung beider Arten mit dem Chi-Quadrat-Test wird ersichtlich, dass statistisch höchst signifikante Unterschiede zwischen den unterschiedlich räumlich-strukturierten Wiesenbereichen (Transektabschnitten) und der Anzahl belegter Köpfchen durch die jeweiligen *Maculinea*-Arten bestehen. Die signifikanten Unterschiede treten sowohl über alle Transektabschnitte als auch im direkten Vergleich der Zentralbereiche mit den Rand- und Übergangsbereichen auf (siehe Tabelle 19).

Damit werden eindeutige Unterschiede zwischen der Eiverteilung von *M. teleius* und *M. nausithous* herausgestellt.

Die Überlappungsbereiche in der Eiablage zwischen beiden *Maculinea*-Arten waren erwartungsgemäß in den Übergangsbereichen mit 14 gemeinsam belegten Blütenköpfchen am höchsten. Jedoch konnte auch in den Rand- und Zentralbereichen an einigen Blütenköpfchen eine Überlappung beider Arten nachgewiesen werden, so dass in keinem der untersuchten Bereiche eine vollständige Meidung von Eiablagebereichen stattfand. Dabei dürften die gemeinsamen Vorkommen in den Zentralbereichen z.T. methodisch bedingt sein, da sich einige Transekte durch stärkere Verbrachungstendenzen auszeichneten (z.B. Transekte Ostermünchen, Freising) und daher ein verstärktes Auftreten von *M. nausithous* bewirkt haben könnten.

Tabelle 19: Absolute und prozentuale Verteilung belegter Blütenköpfchen sowie Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests entlang der aggregierten Transektabschnitte

Räumlicher Gradient der untersuchten Wiesenbestände (Transektabschnitte)	Köpfchen mit <i>M. teleius</i>		Köpfchen mit <i>M. nausithous</i>		Köpfchen mit beiden	
	n	%	n	%	N	%
Randbereiche (n = 135)	29	5,4	133	24,8	8	1,5
Übergangsbereiche (n = 135)	22	4,8	130	24,2	14	2,6
Zentralbereiche (n = 210)	71	13,2	119	22,2	11	2,0
Ergebnisse	Chi-Quadrat = 30.2298; p = 0.00001 Signifikant bei p < 0,05					



p = 0.0001	Zentralbereich	Randbereich
Anteil <i>M. teleius</i>	71	29
Anteil <i>M. nausithous</i>	119	133
p = 0.00001	Zentralbereich	Übergangsbereich
Anteil <i>M. teleius</i>	71	22
Anteil <i>M. nausithous</i>	119	130

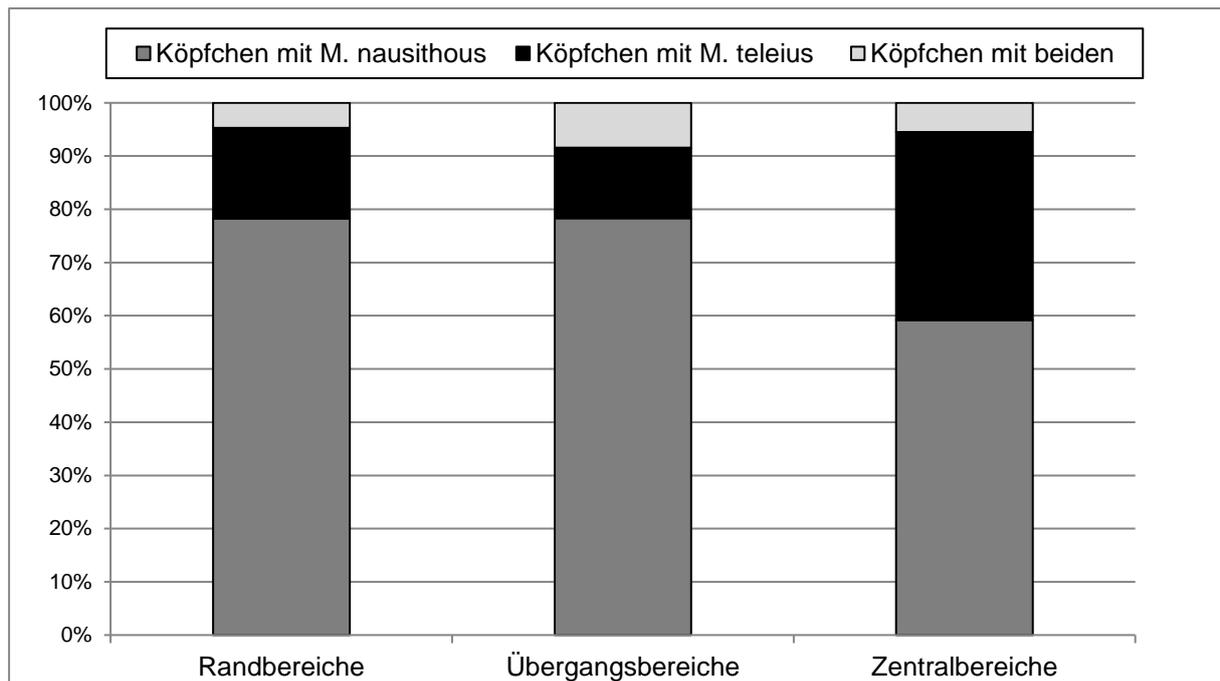


Abbildung 77: Prozentuale Verteilung der Köpfchen mit Raupen von *M. teleius* und *M. nausithous* entlang der aggregierten Transektabschnitte

An den 537 belegten Blütenköpfchen konnten insgesamt 800 Raupenfunde erbracht werden, von denen wiederum 744 Raupen eindeutig *M. nausithous* und *M. teleius* zugeordnet werden konnten. Vergleicht man die Raupenzahlen über alle Transektabschnitte (siehe Abbildung 78) bestätigt sich auch hier der Trend einer höheren Frequentierung der Zentralbereiche durch *M. teleius*. Für *M. nausithous* wurden dagegen in den Übergangsbereichen die meisten Raupen pro Köpfchen gefunden. Beim Vergleich zwischen Rand- und Zentralbereich kann der bisherige Trend einer Bevorzugung der dichten und wüchsigeren Randbereiche jedoch nicht bestätigt werden. Die Anzahl der Raupenfunde waren zwischen Rand- und Zentralbereich nahezu identisch.

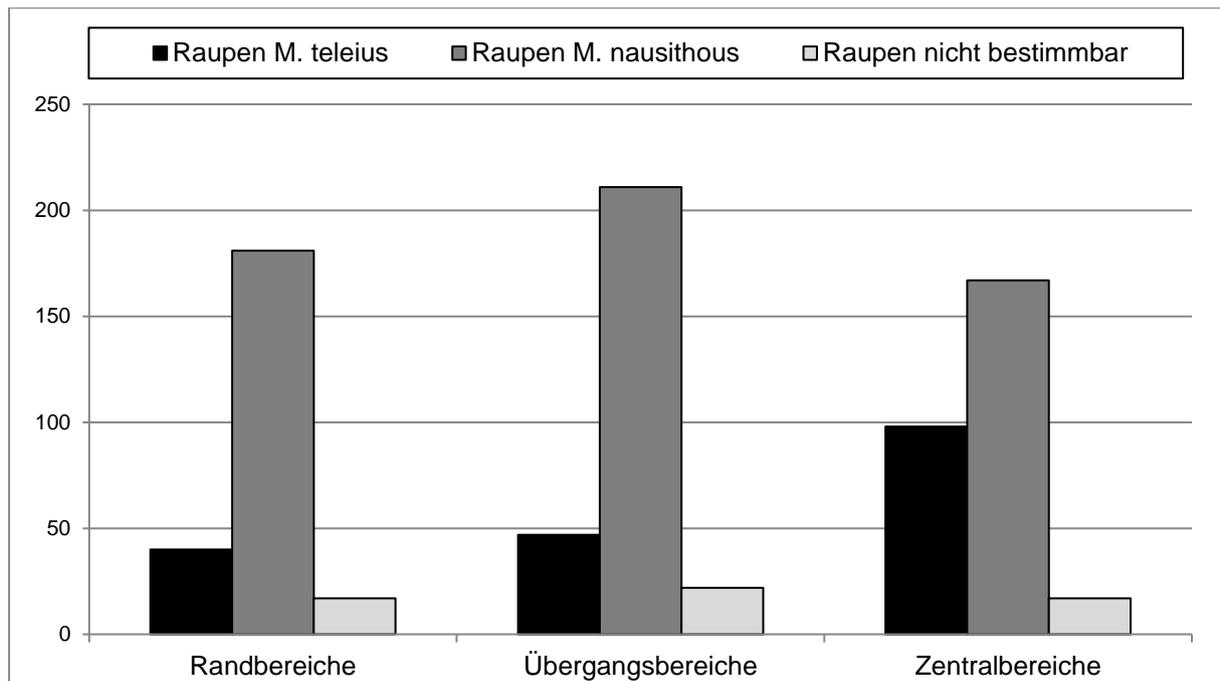


Abbildung 78: Verteilung der Raupen von *M. teleius* und *M. nausithous* entlang der aggregierten Transektabschnitte

6 Einfluss von Habitatparametern

In den vorangegangenen Kapiteln konnten signifikante Unterschiede bei der Eiverteilung von *M. nausithous* und *M. teleius* über unterschiedlich räumlich-strukturierte Wiesenbereiche (Rand-, Übergangs- und Zentralbereich) herausgestellt werden.

Wie die Zusammenstellung der Ergebnisse zeigte, waren die untersuchten Wiesenbereiche durch verschiedene Umweltgradienten charakterisiert und unterschieden sich insbesondere in den Parametern Vegetationseinheiten, Deckungssumme der Vegetationsdichte, floristische Zeigerwerte, Wirtsameisenvorkommen sowie Wirtspflanzenabundanz und Knospenangebot.

Um basierend auf diesen Erkenntnissen Faktoren zu ermitteln, die sich auf die Belegungsrate von Blütenköpfchen und damit auf das Eiablageverhalten der beiden *Maculinea*-Arten in den untersuchten Wiesenbereichen auswirken, wurden sowohl lineare Modelle als auch multivariate Verfahren durchgeführt.

Von den Analysen ausgeschlossen wurden die Transekte Lauter-Appendorf und Spessartwiesen II, da hier nicht alle Habitatparameter in vollem Umfang erhoben wurden. Des Weiteren wurde der Parameter Gesamtstickstoffgehalt von Blütenköpfchen ausgeschlossen, da auch hier keine vollständige Erfassung über alle Untersuchungsgebiet vorlag.



Um den Einfluss von Habitatparametern auf die Häufigkeit der belegten Blütenköpfchen von *M. nausithous* und *M. teleius* sowie einer gemeinsamen Belegung zu testen, wurden separate lineare Modelle durchgeführt. Dazu wurden die Zielvariablen (Blütenköpfchen mit Raupen von *M. nausithous* / *M. teleius*, gemeinsam belegte Blütenköpfchen) und die über alle Transektabschnitte der jeweiligen Untersuchungsgebiete erhobenen Habitatparameter einer multiplen Regressionsanalyse unterzogen. Bei der Modellberechnung erfolgte eine schrittweise Selektion, bei der irrelevante Variablen ausgeschlossen und solche, die den größten Teil der Varianz der Zielvariablen erklären, eingeschlossen wurden.

Im Ergebnis konnte für alle Zielvariablen Modelle berechnet werden, die einen hohen Anteil der Varianz erklären.

In Bezug auf *Maculinea nausithous* üben die Variablen „einschürige Sommermahd“ und Vorkommen der Wirtsameise „*Myrmica scabrinodis*“ einen signifikanten Einfluss auf die Häufigkeit der belegten Blütenköpfchen aus (siehe Tabelle 20). Da die Regressionskoeffizienten der erklärenden Variablen negativ sind, ist davon auszugehen, dass zunehmende Häufigkeit der Wirtsameise *Myrmica scabrinodis* bzw. Flächen mit einer einschürigen Sommermahd einen negativen Effekt auf die Anzahl der belegten Blütenköpfe durch *M. nausithous* haben.

In Bezug auf *M. teleius* konnte anhand des Regressionsmodells herausgestellt werden, dass die Vegetationstypen Pfeifengraswiesenarten (*Molinion*) und Kleinseggenarten (*Caricion*) einen positiven Einfluss auf die Anzahl der belegten Blütenköpfchen ausüben. Dabei wurde die Häufigkeit interessanterweise nicht signifikant durch die Häufigkeit der Hauptwirtsameise *Myrmica scabrinodis* beeinflusst.

Auf die gemeinsame Belegung von Blütenköpfchen beider *Maculinea*-Arten sind dagegen die Vegetationstypen Großseggenarten (*Magnocaricion*), gefolgt von Kleinseggenarten (*Caricion*) und dem Vorkommen der Wirtsameise *Myrmica ruginodis* mit einem signifikanten Einfluss verbunden.

**Tabelle 20:** Habitatparameter in Beziehung zu der Anzahl belegter Blütenköpfchen mit Raupen der *Maculinea*-Arten über die Transektabschnitte aller Untersuchungsgebiete

Habitatparameter	Regressionskoeffizienten	Standardfehler	Toleranz	Sig.*
Blütenköpfchen mit Raupen von <i>M. nausithous</i> ($r^2 = 0,484$)¹				
einschürige Sommermahd	-10,622	2,271	0,949	0,000
<i>Myrmica scabrinodis</i>	-0,632	0,189	0,949	0,003
Blütenköpfchen mit Raupen von <i>M. teleius</i> ($r^2 = 0,500$)¹				
Pfeifengraswiesenarten (<i>Molinion</i>)	8,355	1,966	0,976	0,000
Kleinseggenarten (<i>Caricion</i>)	8,435	3,234	0,976	0,015
Gemeinsam belegte Blütenköpfchen ($r^2 = 0,555$)¹				
Großseggenarten (<i>Magnocaricion</i>)	8,982	1,638	0,954	0,000
Kleinseggenarten (<i>Caricion</i>)	4,370	1,616	0,961	0,012
<i>Myrmica ruginodis</i>	0,181	0,082	0,966	0,037

¹ = korrigierter Determinationskoeffizient

² = signifikant auf dem Niveau von $\alpha = 0,05$

Als Erweiterung der Regression wurde eine Hauptkomponentenanalyse (PCA) durchgeführt, um die Gesamtvariabilität des Datensatzes widerzuspiegeln und die vorhandenen Daten auf weitere Zusammenhänge zwischen Habitatparametern und Artdaten hin zu analysieren.

Im Zuge des Modellaufbaus konnte durch eine logarithmische Transformation sowie Standardisierung der erklärenden Variablen eine stark verbesserte Passform des Modells erreicht werden. Im Ergebnis der PCA werden ca. 27% der Gesamtvarianz durch Achse 1 und ca. 20 % durch die Achse 2 abgebildet.

Wie der Ordinationsplot der PCA in Abbildung 79 zeigt, zeichnet sich der Datensatz durch eine hohe Varianz aus. Die Varianz der Achse 1 wird zum größten Anteil durch die Variablen der Vegetationsdichtemessungen (z.B. VerD70, VerD80) sowie der Häufigkeit belegter Blütenköpfchen von *M. nausithous* erklärt. Die Varianz der Achse 2 wird dagegen hauptsächlich durch die Variablen Molin, Naehrsz, MeinschSo, MeinschHe und Häufigkeit belegter Blütenköpfchen von *M. teleius* erklärt.

Korrelationen zwischen den Art- und Umweltvariablen lassen sich näherungsweise aus den Winkeln zwischen den Pfeilen ableiten. Demnach existieren eine Reihe von hoch korrelierten Variablen. Zieht man die Umweltfaktoren als erklärende Variablen für die Belegung von Blütenköpfchen durch die *Maculinea*-Arten heran, fallen in Bezug auf *Maculinea teleius*



(Mtel) starke Korrelationen mit der Lichtzahl (Lichtz), einschüriger Herbstmahd (MeinschHe), Pfeifengraswiesenarten (Molin) und Kleinseggenarten (Caric) auf. Die Anzahl belegter Blütenköpfchen durch *Maculinea nausithous* (Mnausi) ist dagegen stärker mit den Variablen Vegetationsdichte in den Schichten von 70 – 80 cm (VerD70, VerD80), Röhrlichtarten (Phrau) und Feuchtezahl (Feuchtz) korreliert.

Für die gemeinsame Belegung von Blütenköpfchen beider *Maculinea*-Arten (Mgem) besteht eine Korrelation mit dem Vorkommen der Wirtsameise *Myrmica ruginodis* (Mrugi) und der Feuchtezahl (Feuchtz).

Bei der alleinigen Betrachtung der Wirtsameisen fällt die negative Korrelation von *M. scabrinodis* (Mscab) zu den Artvektoren von *Maculinea teleius* und *M. nausithous* auf. *Myrmica rubra* zeigt dagegen eine enge Korrelation mit der Nährstoff- und Reaktionszahl (Naehrsz, Reaktz), *Myrmica ruginodis* dagegen eine stärkere Korrelation mit der Feuchte- und Lichtzahl (Feuchz, Lichtz).

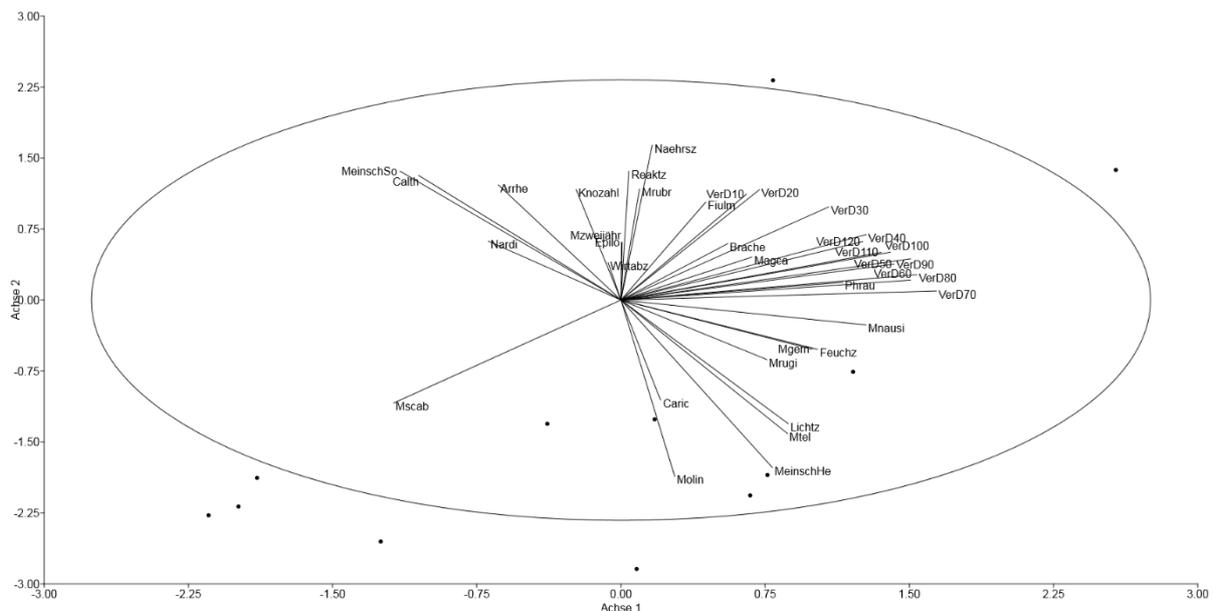


Abbildung 79: Biplot einer PCA mit Habitatparametern, Art Daten und Aufnahme punkten: Analysing 37 Variables and 28 cases; Data natural log, Data standardised; Eigenvalues (Axis1/Axis2): 10,105/7,218; Percentage (Axis1/Axis2): 27,304/19,504

Werden die Untersuchungsgebiete und -flächen in die Ordination aufgenommen (siehe Abbildung 80) fällt die hohe Gradientenlänge entlang der Achse 1 auf, die auf einen sehr heterogenen Datensatz hinweist. Anhand der Aufnahme nummern der Untersuchungsflächen ist erkennbar, dass der Gradient die räumlich unterschiedlich strukturierten Wiesenbereiche (Rand-, Übergangs- und Zentralbereich) trennt. So liegen zur Seite mit den positiven Achsenwerten hin die Untersuchungsflächen mit Randbereichen und zum Achsenzentrum sowie Bereichen mit negativen Achsenwerten die Übergangs- und Zentralbereiche. Ein



weiterer Gradient entlang der Achse 2 trennt die Flächen nach dem Mahdregime in Flächen mit einer einschürigen Herbstmahd und solchen mit einer einschürigen Sommermahd. Verlängert man den Vektor von *M. nausithous* und setzt diesen in Bezug zu den Untersuchungsflächen der Randbereiche („Lotfällung“) ist eine zunehmende Abundanz der Art (belegte Blütenköpfchen) zu randlich gelegenen Transektabschnitten erkennbar. Gleiches Prinzip trifft auch auf *M. teleius* zu, der in den Übergangs- und Zentralbereichen höhere Belegungsrate von Blütenköpfchen zeigte.

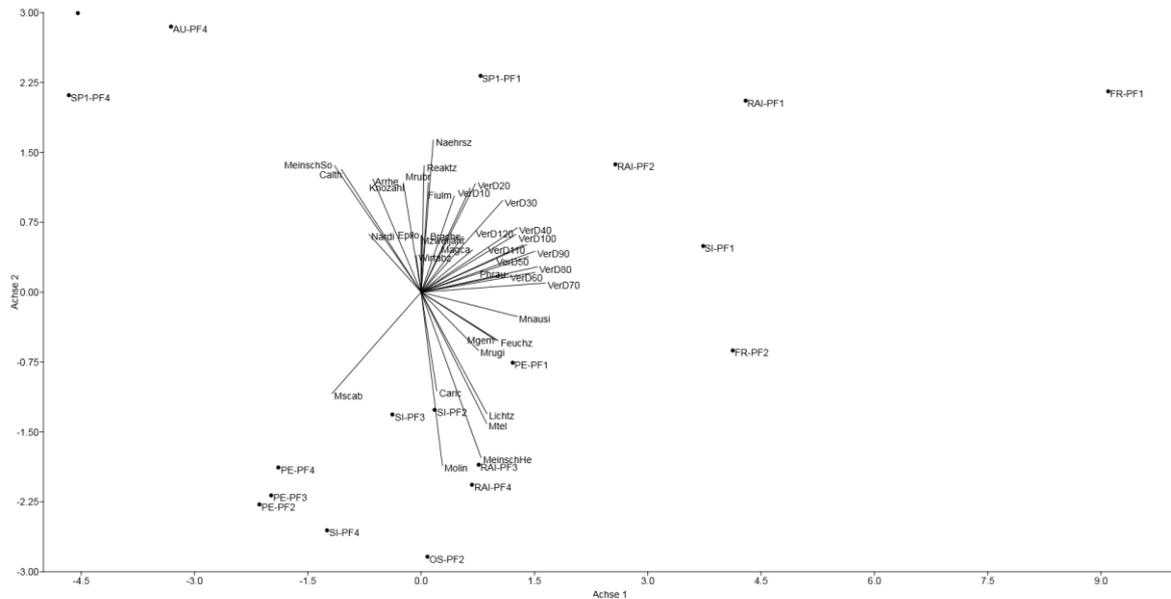


Abbildung 80: Biplot einer PCA mit Habitatparametern, Artdaten und Untersuchungsgebieten und -flächen:
 Analysing 37 Variables and 28 cases; Data natural log, Data standardised; Eigenvalues (Axis1/Axis2):
 10,105/7,218; Percentage (Axis1/Axis2): 27,304/19,504



7 Zusammenfassende Diskussion

Nischendifferenzierung bei syntopen Vorkommen von *Maculinea teleius* und *M. nausithous* z.B. in Form einer räumlichen Trennung von Larvalhabitaten durch unterschiedliches Eiablageverhalten der Imagines ist ein häufig diskutiertes Thema (z.B. MALICKY 1968, THOMAS 1984, GEISLER-STROBEL 1999, BRÄU et al. 2006). Im Rahmen deskriptiver und experimenteller Untersuchungen in Bayern konnte bisher herausgefunden werden, dass beide *Maculinea*-Arten unterschiedliche Bereiche von Wiesenhabitaten für die Eiablage bevorzugen (BRÄU et al. 2005, 2006).

Diese Ergebnisse finden sich auch in der vorliegenden Arbeit wieder, indem signifikant unterschiedliche Belegungsraten an Blütenköpfen der Wirtspflanze *S. officinalis* zwischen unterschiedlich räumlich-strukturierten Wiesenbereichen herausgestellt wurden. Dabei wurden von *M. teleius* erwartungsgemäß die Zentralbereiche der Wiesen stärker frequentiert, während für *M. nausithous* ein Trend zur Bevorzugung der Rand- und Übergangsbereiche erkennbar war. Dieses Selektionsverhalten war insbesondere in den südbayerischen Untersuchungsgebieten deutlich ausgeprägt. Auf den nordbayerischen Untersuchungsflächen ließen sich dagegen aufgrund der auffällig geringen Belegungsraten durch *M. teleius* keine signifikanten Unterschiede im Eiablageverhalten beider *Maculinea*-Arten feststellen.

Durch die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit kann das in Bezug auf *M. nausithous* bekannte Eiablagemuster bei syntopen Vorkommen beider *Maculinea*-Arten (z.B. BRÄU et al. 2005, 2006) weitgehend bestätigt werden. Auf 5 von 9 Untersuchungsflächen konnten in den Rand- und Übergangsbereichen höhere Belegungsraten von Blütenköpfchen festgestellt werden als in den Zentralbereichen der untersuchten Wiesenbestände. Die zur Eiablage genutzten Rand- und Übergangsbereiche waren durch dichtstrukturierte und hochwüchsige Vegetationsbestände aus den Gesellschaften der Feuchtwiesensäume (*Filipendulion*), Landröhrichte (*Phragmition*) und Großseggenrieder (*Magnocaricion*) charakterisiert. Dabei zeichneten sich die Randbereiche einzelner Untersuchungsflächen durch nässere Standortverhältnisse aus wodurch eine positive Korrelation von *M. nausithous*-Blütenkopfbelegungsraten mit den Feuchtezeigerwerten herausgestellt werden konnte. Negative Korrelationen mit dem Nutzungstyp „einschürige Sommermahd“ waren dagegen auf für die Art unangepasste Mahdtermine Anfang August zurückzuführen, durch die ein Großteil der in den Blütenköpfen befindlichen Jungrauen vollständig vernichtet werden kann (vgl. ELMES & THOMAS 1992, GARBE 1993, WYNHOFF 1998). Bemerkenswerter Weise waren trotz starker Fixierung von *M. nausithous* auf seine Hauptwirtsameise *Myrmica rubra* (z.B. THOMAS et al. 1989, STANKIEWICZ & SIELZNIOW 2002, BRÄU et al. 2005) keine Korrelationen zwischen der Anzahl der belegten Blütenköpfchen und den Anlaufquoten der Wirtsameise erkennbar.



Im Falle von *M. teleius* erlauben nur die Ergebnisse weniger Untersuchungsflächen mit signifikantem Vorkommen der Art Rückschlüsse auf das Eiablageverhalten. Auf Untersuchungsflächen mit geringen Abundanzen (z.B. UG Penzberg, Sindelsdorf, Aurachtal, Spessartwiesen) waren dagegen keine signifikanten Unterschiede in der Belegungsrate von Blütenköpfchen zwischen Rand- und Zentralbereiche erkennbar. Die Flächen mit signifikantem Vorkommen (UG Raisting, Ostermünchen, Freising) lassen allerdings eine eindeutige Bevorzugung der Zentralbereiche für die Eiablage erkennen. Diese Bereiche waren durch niedrigwüchsigeren und lichter Vegetationsbestände mit Gesellschaften der Pfeifengraswiesen (*Molinion*) und Kleinseggenrieder (*Caricion*) gekennzeichnet. Positive Korrelationen bestanden zu den Lichtzeigerwerten und dem Nutzungstyp „einschürige Herbstmahd“. Interessanterweise zeigte auch *M. teleius* keine Korrelation mit dem Vorkommen der *Myrmica*-Wirtsameisen, wenngleich die Art allgemein durch eine weniger starke Wirtsameisenspezifität charakterisiert ist (z.B. STANKIEWICZ & SIELEZNIOW 2002, WOYCIECHOWSKI et al. 2006, WITEK et al. 2005)

Als mögliche Mechanismen für das Selektionsverhalten bei der Eiablage werden u.a. Vorkommen und Habitatpräferenzen der Wirtsameisen sowie unterschiedliche Überlebenswahrscheinlichkeiten in den Nestern der jeweiligen Wirtsameisen (THOMAS et al. 1995, JOHST et al. 2006), Angebot, Verteilung und Blühphänologie der Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis* (THOMAS 1984, ELMES & THOMAS 1987, FIGURNY & WOYCIECHOWSKI 1998, THOMAS & ELMES 2001), Orientierung an der Vegetationsstruktur sowie die Meidung bereits belegter Blütenköpfchen (BRÄU et al. 2006) beschrieben.

In Bezug auf *M. nausithous* macht eine Konzentration der Eiablage auf Saumbereiche aufgrund der dort erheblich höheren Aussichten, vom Hauptwirt *Myrmica rubra* adoptiert zu werden, vor allem aus biologischer Sicht Sinn (BRÄU et al. 2006). Im Falle von *M. teleius* bei dem grundsätzlich eine Tendenz zu erkennen ist, dass Eiablagen über den gesamten Wuchsbereich einer Habitatfläche möglichst weiträumig gestreut werden (BRÄU et al. 2006) während zentrale und offene Wiesenteile bevorzugt aufgesucht werden (BATARY et al. 2009, KÖRÖSI et al. 2009), kommen dagegen verschiedene Erklärungsansätze für das Selektionsverhalten in Betracht, die sich nach BRÄU et al (2006) in folgende Komplexe zusammenfassen lassen:

- Meidung belegter Blütenköpfe durch *M. nausithous* in den Randbereichen
- Meidung einer Eintragung in bereits durch *M. nausithous* belegte Wirtsameisennester
- Konzentration der Eiablage in Bereiche mit Schwerpunkt vorkommen der Hauptwirtsameise *Myrmica scabrinodis*
- Streuung der Eiablage um eine Übernutzung der Ressource Wirtsameise zu vermeiden



Randbereiche werden dabei gemieden, um instinktiv der Konkurrenz von *M. nausithous* auszuweichen und nicht Gefahr zu laufen, in bereits mit *M. nausithous* belegte Wirtsameisennester eingetragen zu werden. Wenngleich es noch weitgehend unbekannt ist, wie die Überlebenswahrscheinlichkeiten bei einer gleichzeitigen Eintragung in dasselbe *Myrmica*-Nest gelagert sind, wird jedoch davon ausgegangen, dass *M. nausithous* aufgrund seiner myrmecophilen Weiterentwicklung hin zu einer intermediär zwischen Räuber- und Kuckuckstyp stehenden Art einen Konkurrenzvorteil gegenüber den rein räuberisch lebenden *M. teleius* – Raupen besitzt (BRÄU et al. 2006). Im Gegenzug kann sich *M. teleius* bei einer Konzentration der Eiablage in Zentralbereichen von Wiesen (insb. Streuwiesen) sicher sein, dass hohe Dichten von *Myrmica scabrinodis* angetroffen werden, die als Wirt aufgrund der höheren Überlebensrate der *M. teleius* – Raupen (etwa 85 - 90%) als bei *M. rubra* (10 – 15%) besonders gut geeignet ist (JOHST et al. 2006). Auch würde sich bei zu dichter Eiablage, d.h. einer Verteilung auf zu wenige Ameisennester die Überlebensaussicht für *M. teleius* verringern, da die rein räuberische Strategie der *M. teleius* – Raupen nur das Überleben einer niedrigen Anzahl an Raupen pro Wirtsameisen-Nest erlaubt (THOMAS & ELMES 1998) und die Gefahr einer Übernutzung der Wirtsameisen-Population bestehen würde (BRÄU et al. 2006).

BRÄU et al. (2006) äußern die Vermutung, dass oben beschriebenes Selektionsverhalten bei *M. teleius* genetisch fixiert sein könnte und sich evolutiv dadurch herausgebildet hat, dass Weibchen mit derartigem Eiablagemuster höhere Überlebensraten der Nachkommenschaft erzielen.

Gegen ein derart genetisch festgelegtes Selektionsverhalten sprechen jedoch die Beobachtungen der vorliegenden Arbeit, wonach *M. teleius* anscheinend dazu befähigt war flexibel auf ungünstige Umweltbedingungen zu reagieren. So konnte auf dem Transekt Spessartwiesen I, vermutlich als Folge eines ungünstigen Mahdzeitpunkts auf den zentralen Wiesenbereichen (Anfang August), eine höhere Belegungsrate von Blütenköpfchen durch *M. teleius* als in den ungemähten Randbereichen nachgewiesen werden, obwohl hier eine direkte Konkurrenz zu *M. nausithous* bestand.

In einem anderen Fall wurden in einem zentralen Wiesenbereich, der stärkeren Versaumungstendenzen unterlag (Transekt Freising), sowohl hohe Belegungsraten von Blütenköpfchen durch *M. teleius*, als auch durch *M. nausithous* festgestellt, wodurch keine effektive Konkurrenzvermeidung um die Ressourcen Wirtspflanze und Wirtsameise erfolgte.

Ein wie oben beschriebenes genetisch fixiertes Eiablageverhalten mit einer Konzentration der Eiablagebereiche in die zentralen Wiesenbereiche würde *M. teleius* somit nicht in jedem Fall einen Konkurrenzvorteil verschaffen.



In diesem Zusammenhang berichten WYNHOFF (mdl.) in BRÄU et al. (2006) in Bezug auf das Eiablageverhalten von *M. teleius* eher von der Fähigkeit flexibel auf sich ändernde Umweltbedingungen auszuweichen, indem z.B. auf ein späteres Auftreten von *M. nausithous* und eine gehäufte Eiablage in den Randbereichen mit einem „Rückzug“ in die Kernbereiche eines Habitats reagiert wird.

Einen anderen Ansatz zur Erklärung des räumlichen und zeitlichen Musters bei der *Maculinea*-Eiablage verfolgen THOMAS & ELMES (2001). Den Autoren zur Folge wählen *Maculinea*-Weibchen nach dem Zufallsprinzip ein frühes phänologisches Stadium der Blütenknospenentwicklung für die Eiablage um eine Konkurrenz zwischen den Raupen auf den Wirtspflanzen zu vermeiden.

Der über das Zufallsprinzip gewählte Ansatz entspricht auch weitgehend den Beobachtungen der vorliegenden Arbeit, da dem bisher beschriebenen räumlich differenzierten Eiablageverhalten entgegen auf einzelnen Flächen eine stärkere Orientierung an der Verfügbarkeit geeigneter phänologischer Stadien von Blütenköpfen der Wirtspflanze *S. officinalis* erfolgte, währenddessen zentrale Wiesenbereiche mit einem schlechten Angebot der Wirtspflanze von beiden *Maculinea*-Arten weitgehend gemieden wurden.

Die Befähigung Wiesenbereiche mit einem schlechten Angebot an Blütenköpfen der Wirtspflanze *S. officinalis* zu meiden und die Eiablage z.B. in die Randbereiche zu verlagern, würde auch die nach THOMAS & ELMES (2001) hervorgehobene Bedeutung phänologischer Blütenstadien für das Eiablageverhalten unterstreichen.

Das beide *Maculinea*-Arten bei einem syntopen Vorkommen keinem starren Eiablagemuster folgen, dass zu einer eindeutigen räumlichen Trennung von Larvalhabitaten führt, zeigen besonders deutlich die Ergebnisse der Blütenköpfchenuntersuchungen in den Übergangsbereichen von randlichen und zentralen Wiesenbereichen. Hier konnten verstärkt Raupen beider *Maculinea*-Arten innerhalb eines Blütenköpfchens nachgewiesen werden, so dass von einer Überlappung der Larvalhabitate auszugehen ist. Für den Fall eines gemeinsamen Auftretens innerhalb eines Blütenköpfchens führt GEISSLER-STROBEL (1999) aus, dass es sehr wahrscheinlich ist, dass die Raupen von *M. teleius* kannibalistisch sind und zudem nicht nur arteigene Konkurrenten, sondern auch die identisch aussehenden *M. nausithous* – Raupen fressen. Hinweise auf Kannibalismus von *M. teleius* – Raupen finden sich auch in den Arbeiten von STETTNER et al. (2001b). Kannibalistisches Fraßverhalten würde *M. teleius* in gemeinsam besiedelten Habitaten einen Konkurrenzvorteil verschaffen. *M. nausithous* kann dies jedoch vermutlich dadurch kompensieren, dass sich in nicht von *M. teleius* belegten Blütenköpfchen mehrere Raupen entwickeln können, während sich im Falle von *M. teleius* i.d.R. nur eine Raupe pro Blütenkopf entwickeln kann (FIEDLER 1990, THOMAS & ELMES 1998). Ein weiterer Aspekt der Konkurrenzvermeidung bei einer gemeinsamen



Belegung eines Blütenkopfes wird von ELMES & THOMAS (1987) und GARBE (1991) durch das unterschiedliche Fraßverhalten im Blütenkopf beschrieben. Demnach halten sich die Raupen von *M. teleius* bevorzugt in einem Gang parallel zur Blütenspindel auf, während sich die Raupen von *M. nausithous* in die Fruchtknoten des Blütenkopfes einbohren.

Ob diese Mechanismen tatsächlich eine wirksame Konkurrenzvermeidung darstellen oder Kannibalismus *M. teleius* einen Konkurrenzvorteil verschafft kann mit den Beobachtungen der vorliegenden Arbeit nicht abschließend geklärt werden. Auffällig war in diesem Zusammenhang jedoch, dass bei einer gemeinsamen Blütenkopfbelegung die Raupen von *M. teleius* in der Mehrzahl der Fälle ihre Entwicklung erfolgreich abschließen konnten (Raupen im L4 – Stadium, Funde von abgelegten L3 – Häuten), während sich solche von *M. nausithous* meist noch in frühen Raupenstadien (L1, L2 – Stadium) befanden. Dies mag zwar zunächst auf phänologische Unterschiede in der Flugzeit beider *Maculinea*-Arten zurückzuführen sein (*M. teleius* fliegt i.d.R. ein paar Tage früher), kann darüber hinaus aber auch mit Fraßverhalten und Entwicklungszeit in Verbindung stehen und einen Konkurrenzvorteil für *M. teleius* bedeuten.

Zusammenfassend können die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit die hier diskutierten Möglichkeiten der Nischendifferenzierung, der räumlichen Trennung von Larvalhabitaten durch unterschiedliches Eiablageverhalten der Imagines einerseits und der kleinräumigen Trennung innerhalb derselben *Sanguisorba officinalis* - Pflanzen bei der Überlappung von Eiablagebereichen andererseits, nicht abschließend klären. Jedoch hat sich herausgestellt, dass das Eiablageverhalten anscheinend keinem starren Muster folgt und flexibel nach dem Angebot und der Verteilung von Ressourcen in den jeweiligen Habitaten, insbesondere dem Angebot an ablagegeeigneten Blütenköpfen der Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis*, ausgerichtet wird. Die festgestellten räumlichen Trennungen von Larvalhabitaten in unterschiedlich strukturierten Wiesenbereichen mit ausreichendem Vorkommen der Wirtspflanze könnten dagegen, wie bereits von anderen Autoren beschrieben, ursächlich mit den unterschiedlichen Habitatpräferenzen und Vorkommensbereichen der Wirtsameisen in Verbindung stehen. Wenngleich sich hier keine statistisch signifikanten Zusammenhänge herstellen ließen, waren doch über die Verteilung der belegten Blütenköpfe beider *Maculinea*-Arten und den Vorkommensdichten der Wirtsameisen eindeutige Unterschiede zwischen Rand-, Übergangs- und Zentralbereichen der untersuchten Wiesenbestände zu erkennen. Dabei zeigte die Hauptwirtsameise von *M. teleius*, *Myrmica scabrinodis*, in den Zentralbereichen die höchsten Dichten während *Myrmica rubra*, der Hauptwirt von *M. nausithous*, in den Randbereichen die häufigste Ameisenart war. In den Überlappungsbereichen der Larvalhabitate beider *Maculinea*-Arten dominierte dagegen *Myrmica scabrinodis*, während *M. rubra* und *M. ruginodis* nur halb so hohe



Anlaufhäufigkeiten erreichten. Dies könnte gemeinsam mit der Vermutung, dass sich *M. teleius* – Raupen bei einer gemeinsamen Blütenkopfbelegung gegenüber denen von *M. nausithous* behaupten, einen weiteren Konkurrenzvorteil für *M. teleius* in Bezug auf die Ressource Wirtsameisen bedeuten.

8 Schlussfolgerungen für das Habitatmanagement

Einen Hauptgefährdungsfaktor für *M. teleius* und *M. naustihous* stellen sowohl allgemein als auch auf den in vorliegender Arbeit untersuchten Flächen zeitlich nicht angepasste Mahdtermine dar. Dafür spricht insbesondere die im Rahmen dieser Untersuchung festgestellte geringe Anzahl an belegter Blütenköpfchen in den nordbayerischen UG's Lauter-Appendorf, Aurachtal und Spessartwiesen. Wenngleich die Ergebnisse eines 1-2jährigen Erfassungszeitraums aufgrund von jährlichen Bestandsschwankungen durch klimatische Faktoren, zwischenartliche Konkurrenz der Raupen in den Blütenköpfen, Übernutzung der Wirtsameisennester und Parasitierung der Raupen (vgl. STETTMER et al. 2001b) nicht überinterpretiert werden dürfen, können für die nordbayerischen Untersuchungsflächen Daten aus Langzeitstudien herangezogen werden, die ein individuenreicheres Vorkommen beider *Maculinea*-Arten hätten erwarten müssen.

Bei der Suche nach Gründen für die geringen Belegungsraten fällt auf den Transekten Lauter-Appendorf, Aurachtal und Spessartwiesen zunächst die niedrige Vegetationsstruktur und das geringe Angebot eiablagegeeigneter Blütenköpfe der Wirtspflanze *S. officinalis* zum Zeitpunkt der Geländeerhebungen Anfang September auf, während die Wirtsameisendichten mit Ausnahme des Transekts Lauter-Appendorf ausreichend hoch waren.

Betrachtet man die Mahdzeitpunkte auf den o.g. Transekten, ist insbesondere durch das Mahdregime auf dem Transekt Lauter-Appendorf von gravierenden Auswirkungen auf die ansässigen *Maculinea*-Populationen auszugehen. Während in 2011 eine zweischürige Mahd mit einem frühen ersten Schnitt ab Anfang Mai und einem zweiten Schnitt Ende Juli durchgeführt wurde, beschränkte sich die Nutzung in 2012 auf eine einschürige Mahd Mitte August. Als Folge dieser Mahdtermine ist davon auszugehen, dass während der Flugzeit beider *Maculinea*-Arten, Anfang Juli bis Mitte / Ende August, ein Großteil der Präimaginalstadien vernichtet wurde. Wenngleich sich *M. nausithous* trotz ungünstiger Mahdzeitpunkte vermutlich in den ungemähten Saumstrukturen der Randbereiche auf der Fläche halten konnte, muss für *M. teleius* derzeit von einem Erlöschen der Population ausgegangen werden. Ungeachtet des Mahdregimes kann als weiterer Grund für den Bestandseinbruch von *M. teleius* auch die geringe Dichte der Hauptwirtsameise *M. scabrinodis* auf den zentralen Bereichen des Wiesenbestands von Bedeutung sein. Da *M. scabrinodis* auf produktiveren Standorten jedoch eher empfindlich gegenüber längeren Brachezeiten und Streufilzbildung reagiert (VÖLKL et al. 2008) und sich das Transekt Lauter-



Appendorf durch eine intensivere Bewirtschaftung auszeichnet, dürften die Gründe für die geringe Dichte möglicherweise stärker bei den feuchtkühlen mikroklimatischen Verhältnissen des Standortes zu suchen sein, gegenüber denen die wärmebedürftige Ameisenart nur eine geringe Toleranz zeigt.

Als ebenso ungünstig hat sich die einschürige Mahd auf dem Transekt Spessartwiesen I zu den Mahdzeitpunkten Mitte Juli (2011) und Anfang August (2012) erwiesen. Auch hier sind die geringen Belegungsraten an Blütenköpfchen wohl auf die Vernichtung eines Großteils der Entwicklungsstadien zurückzuführen.

Auf dem Transekt Spessartwiesen II dürfte die Mahd Mitte Juni zwar zu keinen Verlusten an Entwicklungsstadien geführt haben, aufgrund des relativ späten Schnitts ist jedoch davon auszugehen, dass zu Beginn der Flugzeit der *Maculinea*-Arten Anfang Juli nur ein geringes Angebot an Blütenköpfen der Wirtspflanzen *S. officinalis* vorhanden war. Gleiches trifft auch auf das Transekt Aurachtal zu, auf dem der erste Schnitt in 2011 und 2012 Ende Juni durchgeführt wurde. In beiden Gebieten waren nur sehr geringe Belegungsraten von *M. teleius* zu verzeichnen, wodurch davon auszugehen ist, dass sich das geringe Angebot an Blütenköpfchen auf die etwas früher fliegende Art noch stärker als auf *M. nausithous* ausgewirkt haben muss. Für *M. nausithous* ist dagegen auch bei späteren Mahdterminen Mitte Juni noch eine zeitlich verzögerte Besiedlung von etwa 2 Wochen nach Beginn der Flugzeit möglich (STETTMER et al. 2001b), was durch die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit bestätigt wurde.

In der Konsequenz dieser Ergebnisse können in den nordbayerischen Untersuchungsgebieten langfristig überlebensfähige *Maculinea*-Populationen nur durch ein angepasstes Habitatmanagement erhalten bleiben.

Dabei sollte auf produktiveren Standorten mit den Vegetationstypen *Calthion* und *Arrhenatherion*, wie sie in den UG Lauter-Appendorf und Aurachtal zu finden waren, nach Möglichkeit ein jährlich zweimaliger Schnitt zur Aushagerung durchgeführt werden. Der erste Schnitt hat dabei zwischen Mitte Mai und Anfang Juni zu erfolgen, damit bis zu Beginn der Flugzeit beider *Maculinea*-Arten ein mindestens vierwöchiges Zeitfenster zur Entwicklung ausreichender Blütenköpfe verbleibt. Der zweite Schnitt sollte nicht vor Mitte September erfolgen, um die Verluste von Präimaginalstadien in der Wirtspflanze so gering wie möglich zu halten. Alternativ dazu können ein- bis mehrjährige Brachestreifen zum Schutze von *M. nausithous* belassen werden.

Auf produktionsärmeren Standorten wie den Transekten Spessartwiesen I und II kann eine jährlich einschürige Mahd fortgesetzt werden. Allerdings ist eine Vorverlegung des Schnitts auf Mitte Mai bis Anfang Juni bzw. eine späte Mahd ab Mitte September unerlässlich für den



Schutz beider *Maculinea*-Arten. Auch hier können zur Förderung von *M. nausithous* Randbereiche mit Saumstrukturen einem zweijährigen Mahdrhythmus unterzogen werden.

In den südbayerischen Untersuchungsgebieten hat sich dagegen eine einschürige späte Mahd weitgehend bewährt. Diese kann in Gebieten mit frühfliegenden Populationen (UG`s Penzberg, Sindelsdorf, Raisting) ab Anfang September erfolgen. In Gebieten mit spätfliedenden Populationen (UG`s Freising, Ostermünchen) ist der Schnitt dagegen ab Mitte September durchzuführen. In allen Gebieten sollten Saum- und Brachestreifen von der jährlichen Mahd ausgespart und in einem Rhythmus von 2-3 Jahren gemäht werden.

Auf wüchsigeren Standorten wie dem UG Freising kommt zur Aushagerung und Zurückdrängung von Schilfaufwuchs auch in Teilbereichen (z.B. verschilfte Randbereiche) eine zweischürige Mahd in Betracht. Dabei sollte der erste Schnitt zwischen Mitte Mai und Anfang Juni erfolgen, um der Wirtspflanze *S. officinalis* genug Zeit zu geben vor der Eiablageperiode der *Maculinea*-Arten zu blühen (GEIBLER & SETTELE 1990). Alternativ zur Frühsommermahd stellt die Beweidung eine wirksame Maßnahme gegen die Verschilfung da, da die nachwachsenden jungen Schilfhalm durch Verbiss und Tritt so stark geschädigt werden, dass das Schilf in wenigen Jahren praktisch ausgerottet wird (VAN DEURSEN & DROST 1990). Der Hauptnachteil ist, dass die Beweidung auch andere, trittempfindliche Arten schädigen kann und kaum Nährstoffe entzieht (BAKKER 1989, MARRS 1993). Dennoch stellt eine Kombination von Mahd und Beweidung eine besonders wirksame, aber aufwendige Lösung zur Zurückdrängung von Schilf dar.

Zusammenfassend sollte sowohl in den nord- als auch südbayerischen Untersuchungsgebieten ein kleinflächiges Mahd- und Nutzungsmosaik eingeführt bzw. fortgesetzt werden. Ein Mosaik aus ein- und zweischürigen Bereichen sowie Teilflächen, die nur alle 2 – 3 Jahre gemäht werden, bieten *M. teleius* und *M. nausithous* dabei ausreichend Möglichkeiten für die Eiablage und Nahrungsaufnahme geeignete Entwicklungsstadien an Blüten der Wirtspflanze *S. officinalis* zu finden (vgl. RECK & TRAUTNER 1989).

Neben dem Mahdmanagement einzelner Flächen sollten auch im Umfeld der untersuchten Flächen befindliche Habitatflächen sowie Trittsteinbiotope in ein großräumigeres Schutzkonzept einbezogen werden, um den Individuenaustausch zwischen den einzelnen Teilpopulationen im Sinne eines Habitatverbundes zu gewährleisten und langfristig überlebensfähige Metapopulationsstrukturen zu schaffen.



9 Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden in acht Untersuchungsgebieten, verteilt auf Nord- und Südbayern von 2011 bis 2012 die Habitatansprüche der *Maculinea*-Arten *M. teleius* und *M. nausithous* untersucht.

Zentrales Ziel der Untersuchung war es, dass Selektionsverhalten bei der Eiablage in Habitaten mit syntopen Vorkommen beider *Maculinea*-Arten zu untersuchen und daraus Managementempfehlungen für die Praxis abzuleiten.

Als Untersuchungsflächendesign wurde die Transektmethode gewählt, um verschiedene Habitatparameter in unterschiedlich räumlich-strukturierten Wiesenbereichen erfassen zu können. Die Transektabschnitte wurden so eingerichtet, dass eine Abdeckung vom Flächenrand zum Flächeninneren gewährleistet wurde. Innerhalb der Transektabschnitte stand zunächst die systematische Untersuchung der Wirtspflanzen auf Präimaginalstadien der *Maculinea*-Arten hin im Mittelpunkt um mögliche Unterschiede in den Eiablagebereichen aufzuzeigen. Ergänzend dazu wurden eine Reihe von Habitatparametern erfasst, die u.a. das Wirtsameisenvorkommen, das Angebot der Wirtspflanzen, die Vegetationsstruktur sowie abiotische Standortparameter anhand von floristischen Zeigerwerten beschreiben.

Im Ergebnis konnten zwischen den Rand- und Zentralbereichen der untersuchten Wiesenbestände signifikante Unterschiede in den Belegungsraten von Blütenköpfen der Wirtspflanze *S. officinalis* durch die *Maculinea*-Arten festgestellt werden. Dabei zeigte sich der Trend einer höheren Frequentierung der Rand- und Übergangsbereiche durch *M. nausithous*, während *M. teleius* erwartungsgemäß die Zentralbereiche der Wiesen stärker frequentierte. Die höchste Wahrscheinlichkeit einer Überlappung der Eiablagebereiche bestand dabei in den Übergangsbereichen der zentralen Wiesenbereiche zu randlichen Saumstrukturen, die sich durch stärkere Verbrachungstendenzen auszeichneten. Abweichend von der idealisierten räumlichen Trennung der Eiablagebereiche konnte auf einzelnen Flächen mit ungünstigen Mahdzeitpunkten und einem entsprechend geringen Angebot ablagebereiter Blütenköpfe in den Zentralbereichen, auch *M. teleius* in den Randbereichen nachgewiesen werden. Dies legt die Vermutung nahe, dass es sich bei dem Eiablageverhalten um kein genetisch fixiertes Verhalten, sondern vielmehr um eine flexibles Verhalten handelt, das dem Angebot und der Verteilung geeigneter Ressourcen in den jeweiligen Habitaten folgt. In diesem Zusammenhang scheinen auch die in vorliegender Arbeit festgestellten unterschiedlichen Wirtsameisendichten zwischen Rand- und Zentralbereichen ein entscheidender Faktor für das Selektionsverhalten bei der Eiablage zu sein. Dabei besitzt *M. teleius* in den Überlappungsbereichen der Larvalhabitate beider *Maculinea*-Arten durch die Dominanz seiner Hauptwirtsameise *Myrmica scabrinodis* vermutlich einen Konkurrenzvorteil gegenüber *M. nausithous*. Um dies zu bestätigen, wären



jedoch Nestausgrabungen zum Auffinden erfolgreich entwickelter Präimaginalstadien erforderlich gewesen, auf die aufgrund ihres invasiven Charakters in vorliegender Arbeit verzichtet wurde.

Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse wurden Pflegeempfehlungen für die untersuchten Flächen abgeleitet. Diese sehen ein an die Flug- und Entwicklungszeiten beider *Maculinea*-Arten orientiertes Mahdregime vor, wobei die phänologischen Besonderheiten zwischen früh- und spätfliegenden Populationen zu beachten sind. Dabei hat insbesondere auf den nordbayerischen Untersuchungsflächen eine Mahd zwischen Ende Mai und Mitte September konsequent zu unterbleiben, um eine weitere Schwächung der ansässigen Populationen von *M. teleius* und *M. nausithous* zu vermeiden.



Literatur- und Quellenverzeichnis

- ALS TD., VILA R., KANDUL NP., NASH DR., YEN S-H., HSU Y-F., MIGNAULT AA., BOOMSMA JJ., PIERCE NE. (2004): The evolution of alternative parasitic life histories in large blue butterflies. *Nature* 432:386–390. doi:10.1038/nature03020.
- ALS, T. D., NASH, D. R., AND BOOMSMA, J. J. (2002): Geographical variation in host-ant specificity of the parasitic butterfly *Maculinea alcon* in Denmark. *Ecol. Entomol.* 27: 403–414.
- AMLER, K., BAHL, A., HENLE, K., KAULE, G., POSCHLOD, P. & SETTELE, J. [HRSG.] (1999): *Populationsbiologie in der Naturschutzpraxis. Isolation, Flächenbedarf und Biotopansprüche von Pflanzen und Tieren.* — Stuttgart (Ulmer), 336 S.
- ANTON C., MUSCHE M., HULA V., SETTELE J. (2008): *Myrmica* host-ants limit the density of the ant-predatory large blue *Maculinea nausithous*. *J Insect Conserv* 12:511–517.
- ANTON, C. (2007): Trophic interactions and population structure of the large blue *Maculinea nausithous* and its specialist parasitoid. Dissertation. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. 40 Seiten.
- BAKKER, J.P. (1989): Nature management by grazing and cutting. *Geobotany*, 14, 1–400.
- BALLETTO, E.; BONELLI, S.; SETTELE, J.; THOMAS, J. A.; VEROVNIK, R. & WAHLBERG, N. (2010): Case 3508, *Maculinea* Van Eecke, 1915 (Lepido ptera: *Lycaenidae*): proposed precedence over *Phengaris Doherty*, 1891. - *Bulletin of Zoological Nomenclature* 67(2) June 2010.
- BATÁRY, P., ÖRVÖSSY N., KÖRÖSI A., VÁLYI NAGY, M., PEREGOVITS L. (2007): Microhabitat preferences of *Maculinea teleius* (Lepidoptera: *Lycaenidae*) in a mosaic landscape. *Eur. J. Entomol.* 104: 731–736, 2007.
- BATÁRY P., KÖRÖSI A., ÖRVÖSSY N., KÖVER S., PEREGOVITS L. (2009): Species-specific distribution of two sympatric *Maculinea* butterflies across different meadow edges. *J Insect Conserv* 13:223– 230.
- BERMAN, D. I., ALFIMOV, A.V., ZHIGULSKAYA, Z.A., LEIRIKH, A. N. (2010): Overwintering and cold-hardiness of ants in the northeast of Asia. *Pensoft, Sofia-Moscow*, 294 pp.
- BINZENHÖFER, B. (1997): Vergleichende autökologische Untersuchungen an *Maculinea nausithous* BERGSTR. und *Maculinea teleius* BERGSTR. (Lepidoptera: *Lycaenidae*) im nördlichen Steigerwald (Diplomarbeit). 1-113. 1997. Universität des Saarlandes, Fachrichtung 6.6, Biogeographie.



- BINZENHÖFER, B. & SETTELE, J. (2000): Vergleichende autökologische Untersuchungen an *Maculinea nausithous* Bergstr. und *Maculinea teleius* Bergstr. (Lepidoptera, Lycaenidae) im nördlichen Steigerwald. — Populationsökologische Studien an Tagfaltern 2: 1-98.
- BOLTON, B. (1995): A new general catalogue of the Ants of the world. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts and London. 504 S.
- BRÄU, M., SCHIEFER, T., VÖLKL, R., NUNNER, A., GRILL & M. SCHWIBINGER (2004a): Deskriptive Untersuchungen zum Habitatspektrum von *Maculinea nausithous* und *M. teleius* zum erforderlichen Habitatmanagement. - Unveröffentlichtes Gutachten des Büros ifuplan im Auftrag der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege und des UFZ Leipzig-Halle. 65 S.
- BRÄU, M., BINZENHÖFER, B., NUNNER, A., REISER, B., SCHIEFER, T. & R. VÖLKL (2005): Deskriptive Untersuchungen zum Habitatspektrum von *Maculinea nausithous* und *M. teleius* und zum erforderlichen Habitatmanagement. - Unveröffentlichtes Gutachten des Büros ifuplan im Auftrag der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege und des UFZ Leipzig-Halle. 58 S.
- BRÄU, M., BISSINGER, M., SCHIEFER, T. & VÖLKL, R. (2006): Deskriptive und experimentelle Untersuchungen zur Habitatpräferenz von *Maculinea nausithous* und *M. teleius* und zum erforderlichen Habitatmanagement – Bericht 2006 - . Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege und des UFZ Leipzig-Halle. 42 S.
- BRÄU, M., NUNNER, A., VÖLKL, R. (2011): Forschung zur Entwicklung von Managementstrategien für Tagfalterarten der FFH-Richtlinie in Bayern – „Managementexperimente und Untersuchung der Raumverteilung zur Entwicklung von Schutz- und Pflegemaßnahmen für Ameisenbläulinge (*Maculinea spec.*) in Bayern - Kurzbericht 2011- . Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege. 28 S.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. 3. Aufl. Wien.
- BROCKMANN, E. (1989): Schutzprogramm für Tagfalter in Hessen (Papilionoidea und Hesperioidea). — Gutachten Stiftung Hessischer Naturschutz (unveröff.).
- BRÜLISAUER, A. & KLÖTZLI, F. (1998): Habitat factors related to the invasion of reeds (*Phragmites australis*) into wet meadows of the Swiss Midlands. Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz, 7, 125–136.



- BRÜLISAUER, A. (1996): Zu den Ursachen der Verschilfung von Streuwiesen im Schweizer Mittelland. Forschungsbericht zuhanden des BUWAL, Zürich.
- BUSZKO, J., SIELEZNIEW, M. & STANKIEWICZ, A.M. (2005): The distribution and ecology of *Maculinea teleius* and *M. nausithous* in Poland. Studies on the Ecology and Conservation of Butterflies in Europe. Vol. 2. Species Ecology Along a European Gradient: *Maculinea* Butterflies as a Model (ed. by J. SETTELE, E. KÜHN AND J.A. THOMAS), pp 210-213. Pensoft, Sofia, Bulgaria.
- CLARKE, R.T. (1998): Population modelling of the spatial interactions between *Maculinea rebeli*, their initial foodplant *Gentiana cruciata* and *Myrmica* ants within a site. *Journal of Insect Conservation* 2, 29-37 (1998).
- COTTRELL, C. B. (1984): Aphytophagy in butterflies: its relationship to myrmecophily. - *Zool. J. Linn. Soc.* 79 (4): 1-75
- DIERKS A., FISCHER K. (2009): Habitat requirements and niche selection of *Maculinea nausithous* and *M. teleius* (Lepidoptera: *Lycaenidae*) within a large sympatric metapopulation. *Biodivers Conserv* 18:3663–3676
- DORMANN, C.-F., KÜHN, I. (2009): *Angewandte Statistik für die biologischen Wissenschaften*. 2., durchgesehene, aktualisierte, überarbeitete und erweiterte Auflage. Helmholtz Zentrum für Umweltforschung-UFZ. 257 Seiten.
- EBERT, G. & RENNWALD, E. (1991): *Die Tagfalter Baden-Württembergs, Band 2: Tagfalter II*. — Stuttgart (Ulmer), 535 S.
- ELLENBERG, H. (1991): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen (ohne *Rubus*). - in: ELLENBERG, H.; WEBER, H. E.; DÜLL, R.; WIRTH, V.; WERNER, W.; PAULISSEN, D.: *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. - *Scripta geobotanica* 18: 9-166.
- ELMES, G.W. & WARDLAW, J.C. (1982): A population study of the ants *Myrmica sabuleti* and *Myrmica scabrinodis* living at two sites in the south of England. II. Effect of above-nest vegetation. *Journal of Animal Ecology* 51, 665-680.
- ELMES, G. & THOMAS, J. (1987): Die Gattung *Maculinea* (Verändert durch den Schweizer Bund für Naturschutz). — In: Schweizerischer Bund für Naturschutz [Hrsg.]: *Tagfalter und ihre Lebensräume - Arten, Gefährdung, Schutz*. — Basel (Fotorotar) S. 354-368.
- ELMES, G.W., WARDLAW, J.C. & THOMAS, J.A. (1991a): Larvae of *Maculinea rebeli*, a large-blue butterfly and their *Myrmica* host ants: patterns of caterpillar growth and survival. *Journal of Zoology London* 224, 79-92.



- ELMES, G.W., THOMAS, J.A. & WARDLAW, J.C. (1991b): Larvae of *Maculinea rebeli*, a large-blue butterfly, and their *Myrmica* host ants: wild adoption and behaviour in ant-nests. *Journal of Zoology London* 223, 447-460.
- ELMES, G.W. & THOMAS, J.A. (1992): Complexity of species conservation in managed habitats: interaction between *Maculinea* butterflies and their ant hosts. *Biodiversity and Conservation*, 1, 155–169.
- ELMES, G.W., THOMAS, J.A., HAMMARSTEDT, O., MUNGUIRA, M.L., MARTIN, J. & VAN DER MADE, J.G. (1994): Differences in hostant specificity between Spanish, Dutch and Swedish populations of the endangered butterfly *Maculinea alcon* (Denis et Schiff.) (Lepidoptera). *Memorabilia Zoologica*, 48, 55–68.
- ELMES, G. W.; THOMAS, J. A.; WARDLAW, J. C.; HOCHBERG, M. E.; CLARKE, R. T. & SIMCOX, D. J. (1998): The ecology of *Myrmica* ants in relation to the conservation of *Maculinea* butterflies. — *Journal of Insect Conservation* 2: 67-78.
- ELMES GW., AKINO T., THOMAS JA., CLARKE RT., KNAPP JJ. (2002): Interspecific differences in cuticular Hydrocarbon profiles of *Myrmica* ants are sufficiently consistent to explain host specificity by *Maculinea* (large blue) butterflies. *Oecologia* 130:525–535.
- FIEDLER, K. (1990): New information on the biology of *Maculinea nausithous* and *M. teleius* (*Lycaenidae*). — *Nota lepidopterologica* 12: 246-256.
- FIGURNY, E. & M. WOYCIECHOWSKI (1998): Flowerhead selection for oviposition by females of the sympatric butterfly species *Maculinea teleius* und *Maculinea nausithous* (Lepidoptera: *Lycaenidae*) - *Entomol. Gen.* 23: 215-222
- FIGURNY-PUCHALSKA, E.; GADEBERG, R. M. & BOOMSMA, J. J. (2000): Comparison of genetic population structure of the large blue butterflies *Maculinea nausithous* and *M. teleius*. — *Biodiversity and Conservation* 9 (3): 419-432.
- FRIC, Z.; WAHLBERG, N.; PECH, P. & ZRZAVY, J. (2007): Phylogeny and classification of the Phengaris – *Maculinea* clade (Lepidoptera: *Lycaenidae*): total evidence and phylogenetic species concepts. — *Systematic Entomology* (2007), 32, 558–567.
- FRIC, Z.; KUDRNA, O.; PECH, P.; WIEMERS, M. & ZRZAVY, J. (2010): Comment on the proposed precedence of *Maculinea* van Eecke, 1915 over *Phengaris* Doherty, 1891 (Lepidoptera, *Lycaenidae*) (Case 3508; see BZN 67: 129–132). — *Bulletin of Zoological Nomenclature* 67(4) December 2010.
- FRICKE, M. (1991): Untersuchungen zur Auswirkungen unterschiedlicher Grünlandbewirtschaftung auf Heuschrecken-Populationen in der Okeraue nördlich von



- Brandenburg. Diplomarbeit, Zoologisches Institut der Technischen Universität Braunschweig. 125 Seiten.
- GADEBERG, R.M.E., BOOMSMA, J.J. (1997): Genetic population Structure of the large blue butterfly *Maculinea alcon* in Denmark. *Journal of Insect Conservation* 1, 99 – 111.
- GARBE, H. (1991): Zur Biologie und Ökologie von *Maculinea nausithous* BERGSTR. (Lepidoptera, *Lycaenidae*). — Marburg (Diplomarbeit, Univ. Marburg), 128 S. + Anh.
- GARBE, H. (1993): Hinweise zum Schutz des gefährdeten „Dunklen Ameisenbläulings“ *Maculinea nausithous* BERGSTR. 1779 (Lepidoptera: *Lycaenidae*). — *Nachrichten des entomologischen Vereins Apollo N.F.* 14 (1): 33-39.
- GEISSLER, S. (1990): Wissenschaftliche Begleituntersuchung zu einem Artenhilfsprogramm für *Maculinea nausithous* im Filderraum. Unveröff. Gutachten im Auftrag der Bezirksstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Stuttgart.
- GEISSLER, S. & SETTELE, J. (1990): Zur Ökologie und zum Ausbreitungsverhalten von *Maculinea nausithous*, BERGSTRÄSSER 1779 (Lepidoptera, *Lycaenidae*). *Verh. Westd. Entom. Tag 1989*, 187-193. 1990.
- GEISSLER-STROBEL, S. (1999): Landschaftsplanungsorientierte Studien zu Ökologie, Verbreitung, Gefährdung und Schutz der Wiesenknopf-Ameisen-Bläulinge *Glaucopsyche (Maculinea) nausithous* und *Glaucopsyche (Maculinea) teleius*. — *Neue Entomologische Nachrichten* 44, 105 S.
- GEISSLER-STROBEL, S., KAULE, G. & SETTELE, J. (2000): Gefährdet Biotopverbund Tierarten? Langzeitstudie zu einer Metapopulation des Dunklen Wiesenknopf-Ameisenbläulings und Diskussion genereller Aspekte. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 32, 293-299.
- GÜSEWELL, S., KLÖTZLI, F. (2002): Verschilfung von Streuwiesen im Schweizer Mittelland Ergebnisse von 1995-2001. Forschungsbericht zuhanden des BUWAL. Geobotanisches Institut ETH Zürich, März 2002. 66 Seiten.
- HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. (2001): Past: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica* 4(1): 9 Seiten.
- HARTMANN, P. (1998): Auswirkungen von Pflegemaßnahmen auf Tierarten am Beispiel von Bläulingen der Gattung *Maculinea*. Unveröffentl. Forschungsarbeit der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL). Laufem.
- HEATH, J. (1981): Threatened Rhopalocera (Butterflies) in Europe. - 157 S., Strasbourg (Council of Europe, European Committee for the Conservation of Nature and Natural Resources).



- HEGI, G. (1995): Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Blackwell, Berlin.
- JANSEN SHDR, HOLMGREN M., VAN LANGEVELDE F., WYNHOF I. (2012): Resource use of specialist butterflies in agricultural landscapes: conservation lessons from the butterfly *Phengaris (Maculinea) nausithous*. *J Insect Conserv* 16:921–930
- JOHST, K., DRECHSLER, M., THOMAS, J., SETTELE, J. (2006): Influence of mowing on the persistence of two endangered large blue butterfly species. *J. Appl. Ecol.* 43, 333-342.
- KEMPE, C., NOWICKI, P., HARPKE, A., SCHWEIGER, O., SETTELE, J. (2016): The importance of resource distribution: spatial co-occurrence of host plants and host ants coincides with increased egg densities of the Dusky Large Blue *Maculinea nausithous* (Lepidoptera: *Lycaenidae*). *J Insect Conserv* (2016) 20:1033–1045.
- KÖRÖSI, Á., SZENTIRMAI, I., ÖRVÖSSY, N., BATÁRY, P., KÖVÉR, S. & PEREGOVITS, L. (2009): Effects of mowing on populations of the scarce large blue butterfly (*Maculinea teleius*) in SW Hungary.) *Természetvédelmi Közlemények*, 15, 257-268 [in Hungarian with English abstract].
- KUDRNA, O. (1986): Grundlagen zu einem Artenschutzprogramm für die Tagsschmetterlingsfauna in Bayern und Analyse der Schutzproblematik in der BRD. - *Nachr. entomol. Ver. Apollo*, Frankfurt, N.F., Suppl. 6: 1-90.
- KUDRNA, O. (1988): Die Tagsschmetterlinge der nördlichen Hohen Rhön. – Selbstverlag (i.A.), Oberelsbach.
- KUDRNA, O. (2002): The Distribution Atlas of European Butterflies. – *Oedippus* 20: 1-342.
- KÜHN E., FELDMANN R., THOMAS J. & SETTELE J. (2005): Ecology and Conservation of Butterflies in Europe. *Studies on the Ecology and Conservation of Butterflies in Europe*. Vol. 1. Pensoft, Sofia, 128 pp.
- LAUX, P. (1995): Populationsbiologische und ethologische Untersuchungen an *Maculinea nausithous* und *Maculinea teleius* (Insecta, Lepidoptera, *Lycaenidae*) im Naturschutzgebiet "Feuchtgebiet Dreisel"/Sieg (Diplomarbeit). 1-86. 1995. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.
- MALICKY, H. (1968): Freilanduntersuchungen über eine ökologische Isolation zwischen *Maculinea teleius* Bgstr. und *M. nausithous* Bgstr. (Lepidoptera, *Lycaenidae*). *Wiss. Arbeiten Bgld.*, 40: 65-68. Eisenstadt, Österreich.
- MALICKY, H. (1969): Versuch einer Analyse der ökologischen Beziehungen zwischen *Lycaeniden* und *Formiciden*. — *Tijdschr. Entomol.* 12 (8): 13—297.



- MARRS, R.H. (1993): Soil fertility and nature conservation in Europe: theoretical considerations and practical management solutions. *Advances in Ecological Research*, 24, 241–300.
- MASCHWITZ, U., WÜST, M., & SCHURIAN, K. (1975): Bläulingsraupen als Zuckerlieferanten für Ameisen. - *Oecologia* 18: 17—21.
- MEYNEN, E. & SCHMITHÜSEN, J. (1953-1962): Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands. Bundesanstalt für Landeskunde und des Zentralausschusses für deutsche Landeskunde. Remagen.
- MUNGUIRA, M.L. & MARTIN, J. (1999): Action plan for *Maculinea* butterflies in Europe. *Nature and environment* 97, 5-64. 1999.
- MUSCHE, M., ANTON, C., WORGAN, A., SETTELE, J. (2006): No Experimental Evidence for Host Ant Related Oviposition in a Parasitic Butterfly. *Journal of Insect Behavior*, Vol. 19, No. 5, September 2006.
- NEW, T.R., PYLE, R.M., THOMAS, J.A., THOMAS, C.D., HAMMOND, P.C. (1995): Butterfly conservation management. *Annu. Rev. Entomol.* 40: 57–38.
- NOWICKI, P., WITEK, M., SKÓRKA, P., WOYCIECHOWSKI, M. (2005b): Oviposition patterns in the myrmecophilous butterfly *Maculinea alcon* DENIS & SCHIFFERMÜLLER (Lepidoptera: *Lycaenidae*) in relation to characteristics of foodplants and presence of ant hosts. *Pol J Ecol* 53:409–417.
- NOWICKI, P., WITEK, M., SKORKA, P., SETTELE, J. & WOYCIECHOWSKI, (2005c): M. Population ecology of the endangered butterflies *Maculinea teleius* and *M. nausithous* and the implications for conservation. *Population Ecology* in press.
- NOWICKI, P. (2005d): simplified approach for population size assessment in Lepidoptera. *Population Ecology* in press.
- NOWICKI, P., HALECKI, W., KALARUS, K. (2013): All natural habitat edges matter equally for endangered *Maculinea* butterflies. *J Insect Conserv* 17:139–146.
- NOWICKI, P., VRABEC, W., BINZENHÖFER, B., FEIL, J., ZAKSEK, B., HOVESTADT, T., SETTELE, J. (2014): Butterfly dispersal in inhospitable matrix: rare, risky, but long-distance. *Landscape Ecol* (2014) 29:401–412.
- OBERDORFER, E. (1979): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. (4. Aufl.), Stuttgart.
- OBERDORFER, E. (1983): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil III. 2. Auflage – VEB Gustav-Fischer-Verlag, Jena. 455 Seiten.



- OBERDORFER, E. (1993): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil II. 3. Auflage. – Gustav-Fischer-Verlag, Jena, Stuttgart, New York. 355 Seiten.
- OBERDORFER, E. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete. 8. Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, S. [1] – 1051.
- PECH, P., FRIC, Z., KONVICKA, M. (2007): Species-Specificity of the *Phengaris (Maculinea)* – *Myrmica* Host System: fact or Myth? (Lepidoptera: *Lycaenidae*; Hymenoptera: *Formicidae*). *Sociobiology* 50:983–1004.
- PFADENHAUER, J., POSCHLOD, P. & BUCHWALD, R. (1986): Überlegungen zu einem Konzept geobotanischer Dauerbeobachtungsflächen für Bayern. Teil I. – Methodik der Anlage und Aufnahme. *Berichte der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege* 10, S. 41- 60.
- PIERCE, N.E., MEAD, P.S. (1981): Parasitoids as selective agents in the symbiosis between lycaenid butterfly larvae and ants. *Science (Wash., D.C.)* 211: 1185 – 1187.
- PIERCE, N. E. (1983): The ecology and evolution of symbioses between lycaenid butterflies and ants. - Hier: S. 154—209, Cambridge, Mass. (Ph.D.-Diss., Harvard- Univ.).
- PIERCE, N. E., ELGAR, M.A. (1985). The influence of ants on host plant selection by *Jalmenus evagoras*, a myrmecophilous lycaenid butterfly. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 16: 202–222.
- PRETSCHER, P. (2001): Verbreitung und Art-Steckbriefe der Wiesenknopf-Ameisenbläulinge (*Maculinea (Glaucopsyche) nausithous* und *teleius* BERGSTRÄßER, 1779) in Deutschland. – *Natur und Landschaft* 76 (6): 288-294.
- RATHJENS, C. (1953): Über Klima und Formenschatz der Späteiszeit - *Geologica Bavarica* 19: 186-194.
- RECK, H., TRAUTNER, J. (1989). Artenhilfsprogramm für Tagfalter und Widderchen in Filderstadt. Umweltschutzreferat Filderstadt
- REINHARDT, R. & R. BOLZ (2012 ["2011"]): Rote Liste und Gesamtartenliste der Tagfalter (Rhopalocera) (Lepidoptera: *Papilionoidea* et *Hesperioidea*) Deutschlands. – *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 70 (3): 167–194.
- REISER, B., DILL, A., KAMINSKY, S. (2002): Untersuchungen zum Flächenmanagement für die beiden Ameisenbläulinge *Maculinea nausithous* und *Maculinea teleius* in Nordbayern. Unveröff. Endbericht des Büros Geise & Partner im Auftrag der ANL, 52 S.
- SCHEPER, M.W.I., M.J.V.D. HEIDEBEHEER EN HET GENTIAANBLAUWTJE (1995): The *Alcon* large blue and the management of heathland] [in Dutch]. *De Levende Natuur* 96, 66-71.



- SCHIEFER, T., VÖLKL, R. (2005): Untersuchungen von Parametern zur Habitatbewertung und zum Flächenmanagement für die zwei europaweit gefährdeten Ameisen-Bläulinge *Maculinea nausithous* und *M. teleius* (Lepidoptera: *Lycaenidae*). Unveröff. Dipl.-Arb. an der FH Weihenstephan, Studiengang Landschaftsarchitektur, Fachrichtung Landschaftsplanung, Weihenstephan, 199 S.
- SCHÖN, M. (1995): Forstwirtschaft und Gefäßpflanzen der Roten Liste. Arten - Standorte - Flächennutzung. Dissertation, Albert-Ludwigs-Universität.
- SCHÖNROGGE, K., WARDLAW, J.C., THOMAS, J.A. & ELMES, G.W. (2000): Polymorphic growth rates in myrmecophilous insects. Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences 267, 771-777.
- SCHUMACHER, O., FARTMANN, T. (2003): Offene Bodenstellen und eine heterogene Raumstruktur – Schlüsselrequisiten im Lebensraum des Warzenbeißers (*Decticus verrucivorus*). *Articulata* 2003 18 (1): 71 – 93.
- SEBALD, O., SEYBOLD, S., PHILIPPI, G. (1992): Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. Bd. 3. Ulmer. Stuttgart. 483 S.
- SEIFERT, B. (1986): Vergleichende Untersuchungen zur Habitatwahl von Ameisen. — Abh. Ber. Naturkundemuseum Görlitz 5: 1-124.
- SEIFERT, B. (1996): Ameisen beobachten, bestimmen. Naturbuch, Augsburg.
- SEIFERT, B. (2007): Die Ameisen Mittel- und Nordeuropas. – Tauer: Iutra – Verlags- und Vertriebsgesellschaft, 2007. 368 Seiten.
- SETTELE, J., & GEISSLER, S. (1988): Schutz des vom Aussterben bedrohten Blauschwarzen Moorbläulings durch Brachenerhalt, Grabenpflege und Biotopverbund im Filderraum. - *Natur und Landschaft* 63 (11): 467 -470.
- SETTELE, J. & GEISSLER, S. (1989): Beziehungen zwischen Flora und Schmetterlingsfauna von Pfeifengraswiesen im Südlichen Pfälzerwald unter besonderer Berücksichtigung der Methodik, Isolation und Bewertung. *Mitt. Pollichia* 76, 105-132.
- SETTELE, J. (1990a): Zur Hypothese des Bestandsrückgangs von Insekten in der Bundesrepublik Deutschland: Untersuchungen zu Tagfaltern in der Pfalz und die Darstellung der Ergebnisse auf Verbreitungskarten. *Landschaft + Stadt* 22, 88-96.
- SETTELE, J. (1990b): Akute Gefährdung eines Tagfalterlebensraumes europaweiter Bedeutung im Landkreis Südliche Weinstraße. *Landschaft + Stadt* 22, 22-26.



- SETTELE, J. (1992): Lebensräume - Vielfalt der Natur durch Agrikultur. Ganzert, Ch. (ed.), pp. 67-75 (Naturschutzbund Deutschland, Landesverband Baden-Württemberg e.V., Kornwestheim).
- SETTELE, J., HENLE, K. & BENDER, C. (1996): Metapopulation und Biotopverbund: Theorie und Praxis am Beispiel von Tagfaltern und Reptilien. Zeitschrift Ökologie u. Naturschutz 5, 187-206.
- SETTELE, J. (1998): Metapopulationsanalyse auf Rasterdatenbasis. Möglichkeiten des Modelleinsatzes und der Ergebnisumsetzung im Landschaftsmaßstab am Beispiel von Tagfaltern. — Stuttgart (Teubner), 130 S.
- SETTELE, J., AMLER, K., DETZEL, P. & HERMANN, G. (1999): Populationsbiologie in der Naturschutzpraxis - Isolation, Flächenbedarf und Biotopansprüche von Pflanzen und Tieren. Amler, K. et al. (eds.), pp. 224-229 (Ulmer, Stuttgart, 1999).
- SETTELE, J. (2002): *Maculinea* butterflies of the habitats directive and European red list as indicators and tools for conservation and MANagement (MacMan). Gesellschaft für Ökologie 32, 63.
- SETTELE J., KÜHN E., THOMAS JA. (2005): Studies on the ecology and conservation of butterflies in Europe: vol 2: species ecology along a European gradient: *maculinea* butterflies as a model: conference proceedings. Pensoft Publishers, Soia.
- SETTELE, J., KÜHN, I., FELDMANN, R., KÜHN, E. (2008): Wie gewinnt die entomologische Forschung mehr Sichtbarkeit und Akzeptanz? – Das Zusammenspiel von internationalen Projekten, nationalen Initiativen (TMD), lokaler Freilandforschung und damit verbundener Öffentlichkeitsarbeit. Entomologie heute 20 (2008): 227-244.
- SLIWINSKA EB., NOWICKI P., NASH DR., WITEK M., SETTELE J., WOYCIECHOWSKI M. (2006): Morphology of caterpillars and pupae of European *Maculinea* species (Lepidoptera: Lycaenidae) with an identification table. Entomologica Fennica 17:351–358.
- STANKIEWICZ, A., SIELEZNIEW, M. (2002): Host specificity of *Maculinea teleius* BGSTR. and *M. nausithous* BGSTR. (Lepidoptera: Lyceanidae) The new insight. Annales Zoologici 52, (3), 403-408.
- STETTNER, C.; BINZENHÖFER, B.; P.; HARTMANN, P. (2001a): Habitatmanagement und Schutzmaßnahmen für die Ameisenbläulinge *Glaucopsyche teleius* und *Glaucopsyche nausithous*. Teil 1: Populationsdynamik, Ausbreitungsverhalten und Biotopverbund. In: Natur und Landschaft, 76. Jhg. (2001). Heft 6. Seiten 278-287.
- STETTNER, C.; BINZENHÖFER, B.; GROS, P.; HARTMANN, P. (2001b): Habitatmanagement und Schutzmaßnahmen für die Ameisenbläulinge *Glaucopsyche teleius* und *Glaucopsyche*



- nausithous*. Teil 2: Habitatansprüche, Gefährdung und Pflege. In: Natur und Landschaft, 76. Jhg. (2001). Heft 8. Seiten 366-375.
- STETTNER, C., BRÄU, M.; BINZEHÖFER, B.; REISER, B.; SETTELE, J. (2008): Pflegeempfehlungen für das Management der Ameisenbläulinge *Maculinea teleius*, *Maculinea nausithous*, und *Maculinea alcon*. Natur und Landschaft, 83. Jhg. (2008). Heft 11. Seiten 480-487.
- TARTALLY A. & CSOSZ S. (2004): Data on the ant hosts of the *Maculinea* butterflies (Lepidoptera: *Lycaenidae*) of Hungary. Termvéd. Közl. 11: 309–317 [in Hungarian, English abstract].
- TARTALLY, A. & VARGA, Z. (2005): *Myrmica rubra* (Hymenoptera: *Formicidae*): the first data on host-ant specificity of *Maculinea nausithous* (Lepidoptera: *Lycaenidae*) in Hungary. Myrmecologische Nachrichten 7, 55-59.
- TARTALLY, A., RÁKOSY, L., VIZAUER, T.-Cs., GOIA, M. & VARGA, Z. (2008): *Maculinea nausithous* exploits *Myrmica scabrinodis* in Transylvania: unusual host ant species of a myrmecophilous butterfly in an isolated region. Sociobiology 51[in press].
- TARTALLY, A., VARGA, Z. (2008): Host ant use of *Maculinea teleius* in the Carpathian Basin (Lepidoptera: *Lycaenidae*). Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae, 54, 257–268.
- THOMAS, J.A. (1980): Why did the large blue become extinct in Britain? Oryx 15, 243-247.
- THOMAS, J. A. (1982): The ecological segregation of two species of large blue butterfly (*Maculinea* ssp.). - Ann. Rep. Inst. Terr. Ecol. (Cambridge) 1982: 82-83.
- THOMAS, J. A (1984): The behavior and habitat requirements of *Maculinea nausithous* (the dusky large blue butterfly) and *M. teleius* (the scarce large blue) in France. - Biol. Conserv. 28: 325-347.
- THOMAS, J. A, ELMES, G. W., WARDLAW, J. C., & WOYCIECHOWSKI, M. (1989): Host specificity among *Maculinea* butterflies in *Myrmica* ant nests. — Oecologia 79: 452-457.
- THOMAS, J.A. & WARDLAW, J.C. (1990): The Effect of queen ants on the survival of *Maculinea arion* larvae in *Myrmica* ant nests. Oecologia 85, 87-91.
- THOMAS, J.A., MUNGUIRA, M.L., MARTIN, J. & ELMES, G.W. (1991): Basal hatching by *Maculinea* butterfly eggs: a consequence of advanced myrmecophily? Biological Journal of the Linnean Society 44, 175-184.
- THOMAS, J. A., AND WARDLAW, J. C. (1992). The capacity of a *Myrmica* ant nest to support a predacious species of *Maculinea* butterfly. Oecologia 91: 101–109.



- THOMAS, J.A. & ELMES, G.W. (1992): Future of Butterflies in Europe. PAVLICEK-VAN BEEK, T., OVAA, A.H. & VAN DER MADE, J.G. (eds.), pp. 116-123 (Department of Nature Conservation Agricultural University Wageningen, Wageningen, 1992).
- THOMAS, J.A. & ELMES, G.W. (1993): Specialized searching and the hostile use of allomones by a parasitoid whose host, the butterfly *Maculinea rebeli*, inhabits ant nests. *Animal Behavior* 45, 593-602.
- THOMAS, J.A., ELMES, G.W. & WARDLAW, J.C. (1993): Contest competition among *Maculinea rebeli* butterfly larvae in ant nests. *Ecological Entomology* 18, 73-76.
- THOMAS, J.A. (1995): Ecology and conservation of butterflies. Pullin, A.S. (ed.), pp. 180-197 (CHAPMAN & HALL, 1995).
- THOMAS, J.A. (1995): The ecology and conservation of *Maculinea arion* and other European species of large blue butterfly. In: Ecology and conservation of butterflies (A.S. Pullin, ed.) pp. 180–97. London: Chapman and Hall.
- THOMAS JA., CLARKE RT., ELMES GW., HOCHBERG ME. (1998): Population dynamics in the genus *Maculinea* (Lepidoptera: *Lycaenidae*). In: Dempster JP, McLean IFG (eds) Insect population dynamics in theory and practice. Symposia of the royal entomological society 19. Chapman & Hall, London, pp 261–290.
- THOMAS JA., ELMES GW. (1998): Higher productivity at the cost of increased host-specificity when *Maculinea* butterfly larvae exploit ant colonies through trophallaxis rather than by predation. *Ecol Entomol* 23:457–464.
- THOMAS JA., ELMES GW. (2001): Food-plant niche selection rather than the presence of ant nests explains oviposition patterns in the myrmecophilous butterfly genus *Maculinea*. *Proc R Soc London B Biol Sci* 268:471–477.
- THOMAS JA., SETTELE J. (2004): Evolutionary biology: butterfly mimics of ants. *Nature* 432:283–284.
- THOMAS, J.A., SCHÖNROGGE, K. & ELMES, G.W. (2005): Specialisation and Host Association of Social Parasites of Ants. *Insect Evolutionary Ecology* 475-514.
- TOLMAN, T. & R. LEWINGTON (1998): Die Tagfalter Europas und Nordwestafrikas. Stuttgart (Franckh-Kosmos-Verlags GmbH). 659 S.
- UGELVIG, L. V.; VILA, R.; PIERCE, N. E. & NASH, D. R. (2011): A phylogenetic revision of the *Glaucoopsyche* section (Lepidoptera: *Lycaenidae*), with special focus on the Phengaris – *Maculinea* clade. — *Molecular Phylogenetics and Evolution* 61 (2011): 237 – 243.



- VAN DEURSEN, E.J.M., DROST, H.J. (1990): Begrazing van Riet door runderen en paarden in de Lauwersmeer. *De Levende Natuur* 91 (3): 68 – 74.
- VAN DYCK, H., OOSTERMEIJER, JGB., TALLOEN, W., FEENSTRA, V., VAN DER HIDDE, A., WYNHOFF, I. (2000): Does the presence of ant nests matter for oviposition to a specialized myrmecophilous *Maculinea* butterfly? *Proc R Soc B* 267:861–866.
- VAN SWAAY, C. & WARREN, M. (1999): *Red Data Book of European Butterflies (Rhopalocera)*. Nature and Environment, 99. Council of Europe Publishing, Strasbourg, France.
- VÖLKL, R., SCHIEFER, T., BRÄU, M., STETTNER, C., BINZENHÖFER, B., SETTELE, J. (2008): Auswirkungen von Mahdtermin und -turnus auf Wiesenknopf-Ameisen-Bläulinge - Ergebnisse mehrjähriger Habitatanalysen für *Maculinea nausithous* und *M. teleius* in Bayern. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 40, (5), 2008. Seiten 147 – 155.
- WARDLAW, J.C., ELMES, G.W. & THOMAS, J.A. (1998): Techniques for studying *Maculinea* butterflies: I. Rearing *Maculinea* caterpillars with *Myrmica* ants in the laboratory. *Journal of Insect Conservation* 2, 79-84.
- WELSS, W. (1985): *Waldgesellschaften im nördlichen Steigerwald*. – Dissertation Botanicae, Bd. 83: 173 S., Vaduz.
- WINTERSTEIN, A. (1927): Einiges über die Lebensweise von *Lycaena euphemus* Hb. und *Lycaena areas* Rott. - *Int. Entomol. Z.*, Guben, 21 (16): 125-128.
- WITEK M., NOWICKI P., SKÓRKA P., SLIWINSKA E., WOYCIECHOWSKI M. (2005): Host ant specificity and integration rate with *Myrmica* ants in larvae of *Maculinea teleius* butterflies. In: SETTELE J, KÜHN E, THOMAS JA (eds) *Studies on the ecology and conservation of butterflies in Europe*, vol. 2: species ecology along a European gradient: *Maculinea* butterflies as a model. Pensoft, Sofia.
- WITEK M, SLIWINSKA EB, SKÓRKA P, NOWICKI P, SETTELE J, WOYCIECHOWSKI M (2006): Polymorphic growth in larvae of *Maculinea* butterflies, as an example of biennialism in myrmecophilous insects. *Oecologia* 148: 729-733.
- WITEK M. (2008): Host ant specificity of large blue butterflies *Phengaris (Maculinea)* (Lepidoptera: *Lycaenidae*) inhabiting humid grasslands in East-central Europe. *Eur J Entomol* 105: 871–877.
- WITEK M., NOWICKI P., SLIWINSKA E.B., SKÓRKA P., SETTELE J., SCHÖNROGGE K., WOYCIECHOWSKI M. (2010): Local host ant specificity of *Phengaris (Maculinea) teleius* butterfly, an obligatory social parasite of *Myrmica* ants. *Ecol. Entomol.* 35: 557-564.



- WITEK M., SKÓRKA P., SLIWINSKA E.B., NOWICKI P., MORON, D., SETTELE J., WOYCIECHOWSKI M. (2011): Development of parasitic *Maculinea teleius* (Lepidoptera, *Lycaenidae*) larvae in laboratory nests of four *Myrmica* ant host species. *Insect. Soc.* (2011) 58:403-411.
- WOYCIECHOWSKI M., SLOWIK J., MUCHLENBERG M. (2006): Hosts of the butterfly, *Maculinea teleius*, among *Myrmica* ants in northern Mongolia (Lepidoptera: *Lycaenidae*; Hymenoptera: *Formicidae*). *Sociobiology* 48:493-502
- WYNHOFF I. (1991): Pimpernelblauwtjes weer terug in Nederland? *Vlinders* 6(4): 18-22.
- WYNHOFF, I. (1998): Lessons from the reintroduction of *Maculinea teleius* and *M. nausithous* in the Netherlands. - *Journal of Insect Conservation* 2: 47-57.
- WYNHOFF, I. (1998A): The recent distribution of the European *Maculinea* species. - *Journal of Insect Conservation* 2: 15-27.
- WYNHOFF, I. (2001): At home on foreign meadows: the Reintroduction of two *Maculinea* butterfly species. - Doctoral Thesis, Department of Environmental Sciences, Tropical Nature Conservation and Vertebrate Ecology Group, Wageningen University, The Netherlands. 236 S.
- WYNHOFF, I., VAN GESTEL, R., VAN SWAY, C., VAN LANGEVELDE, F. (2011): Not only the butterflies: managing ants on road verges to benefit *Phengaris (Maculinea)* butterflies. *J Insect Conserv* (2011) 15:189–206.
- WYNHOF, I., BAKKER, R.-B., OTEMAN, B., ARNALDO, P.S., VAN LANGENFELDE, F. (2014): *Phengaris (Maculinea) alcon* butterflies deposit their eggs on tall plants with many large buds in the vicinity of *Myrmica* ants. *Insect Conservation and Diversity* (2014). 12 S.
- ZEHLIUS-ECKERT, W., SCHWAIGER, H. & BECKMANN, A. (2003): Monitoring und Erfolgskontrolle im Freisinger Moos. *Laufener Seminarbeiträge* 1, 147-170.
- ZINNERT, K. D. (1966): Beitrag zur Faunistik und Ökologie der in der Oberrheinebene und im Südschwarzwald vorkommenden *Satyriden* und *Lycaeniden*. — *Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. B.* 56: 77—141.

Internetquellen:

- BAYLFU – BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2015): Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling (*Phengaris nausithous*). Online unter: <https://www.lfu.bayern.de/natur/sap/arteninformationen/steckbrief/zeige?stbname=Phe ngaris+nausithous>. Letzer Zugriff: 03.04.2018.



BAYLFU – BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2015): Heller Wiesenknopf-Ameisenbläuling (*Phengaris teleius*). Online unter: <https://www.lfu.bayern.de/natur/sap/arteninformationen/steckbrief/zeige?stbname=Phe ngaris+teleius>. Letzter Zugriff: 03.04.2018.

BFN – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2012): Landschaftssteckbriefe. Online unter: <https://www.bfn.de/themen/biotop-und-landschaftsschutz/schutzwuerdige-landschaften/landschaftssteckbriefe.html>. Letzter Zugriff: 10.01.2018.

LEK MAIN-RHÖN (2008): Landschaftsentwicklungskonzept Region Main-Rhön. Regierung von Unterfranken. Online unter: <http://info.main-rhoen.de/textband/textband.htm>. Letzter Zugriff: 03.04.2018.

PAN - PLANUNGSBÜRO FÜR ANGEWANDTEN NATURSCHUTZ GMBH (2016): Übersicht zur Abschätzung von maximalen Entfernungen zwischen Biotopen für Tierpopulationen in Bayern Stand Dezember 2016. Online unter: <http://www.pan-gmbh.com/dload/TabEntfernungen.pdf>. Letzter Zugriff: 10.01.2018.

Quellenverzeichnis der Abbildungen:

ABBILDUNG 6: WARD (1989): *Myrmica ruginodis*. – In: <https://www.antweb.org/bigPicture.do?name=casent0008642&shot=p&number=1>, Letzter Zugriff: 18.01.2018.

ABBILDUNG 6: BOER, P. (2002): *Myrmica rubra*. – In: <https://www.antweb.org/specimen.do?name=casent0172750>. Letzter Zugriff: 18.01.2018.

ABBILDUNG 6: BOER, P. (1999): *Myrmica scabrinodis*. – In: <https://www.antweb.org/specimen.do?name=casent0172759>. Letzter Zugriff: 18.01.2018.



Anhang



Anhang A: Karten



Anhang B: Transekte



Abb. 1: Einteilung des Transekts Penzberg

Transektdaten:

Gesamtlänge: 52m

Probeflächengröße: 6 x 20m

Abstand zwischen PF: 9,33m

Lage des Transekts: siehe Anhang A

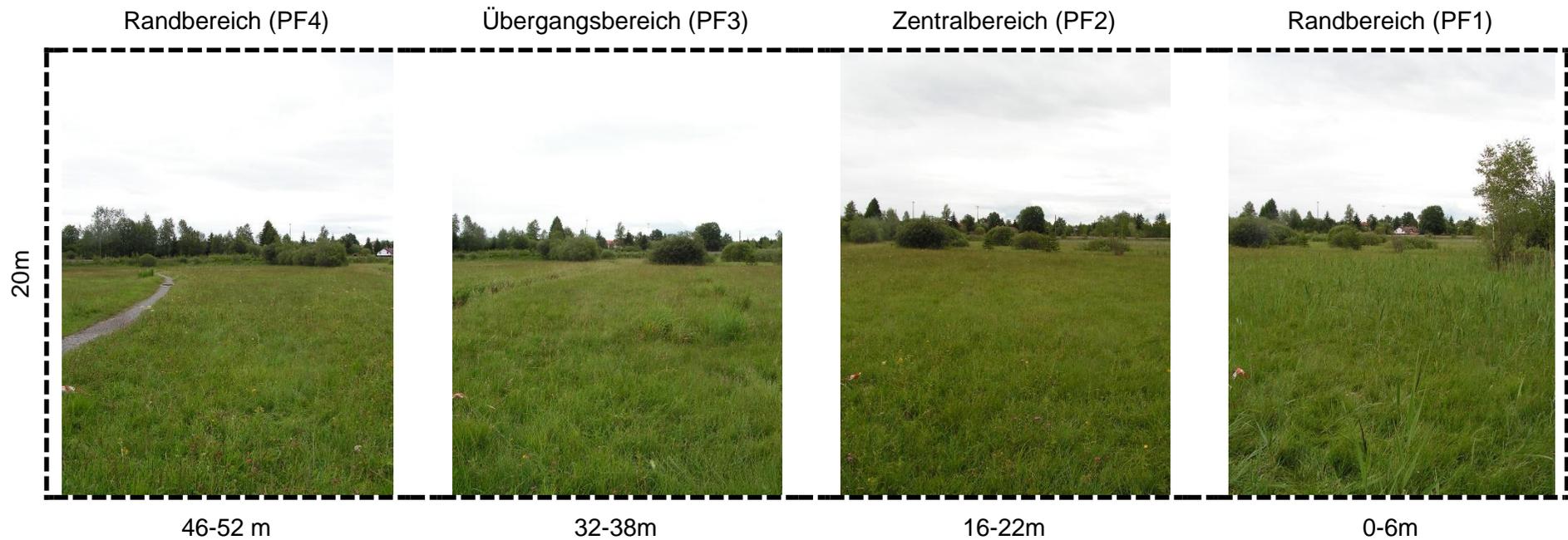




Abb. 2: Einteilung des Transekts Sindelsdorf

Transektdaten:

Gesamtlänge: 36m

Probeflächengröße: 6 x 20m

Abstand zwischen PF: 4m

Lage des Transekts: siehe Anhang A

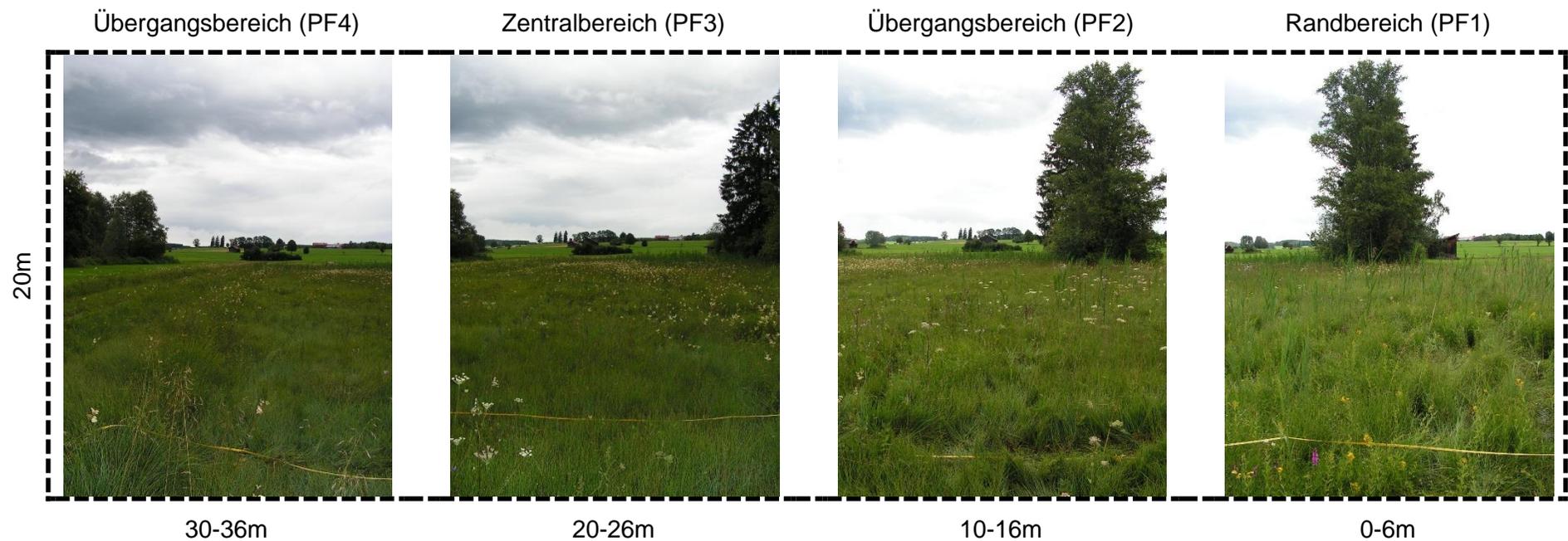




Abb. 3: Einteilung des Transekts Raisting

Transektdaten:

Gesamtlänge: 70m + Wegrand

Probeflächengröße: 6 x 20m

Abstand zwischen PF: variabel

Lage des Transekts: siehe Anhang A

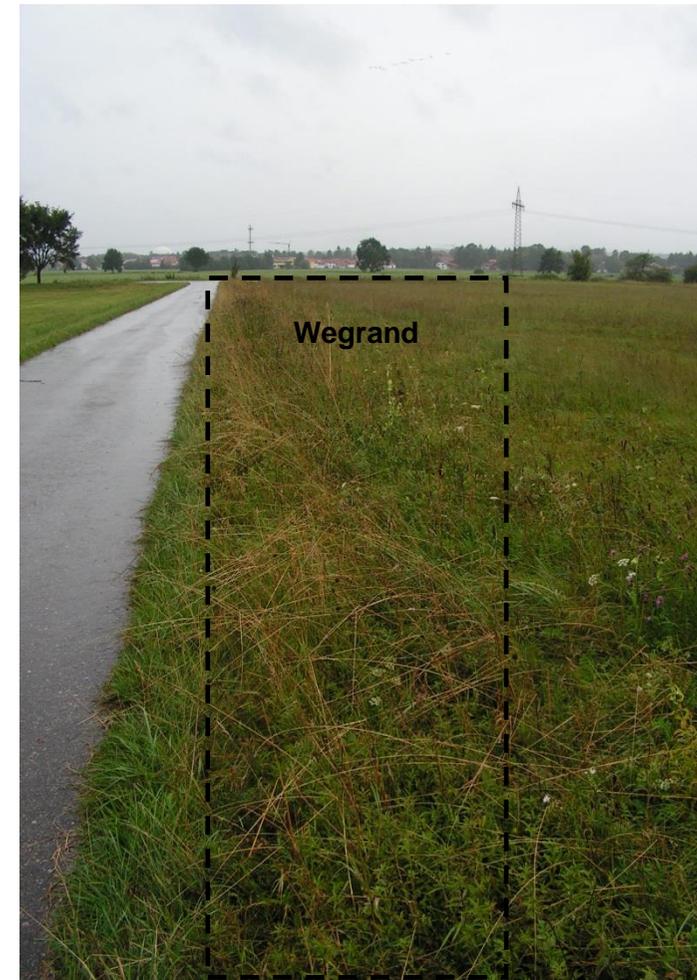
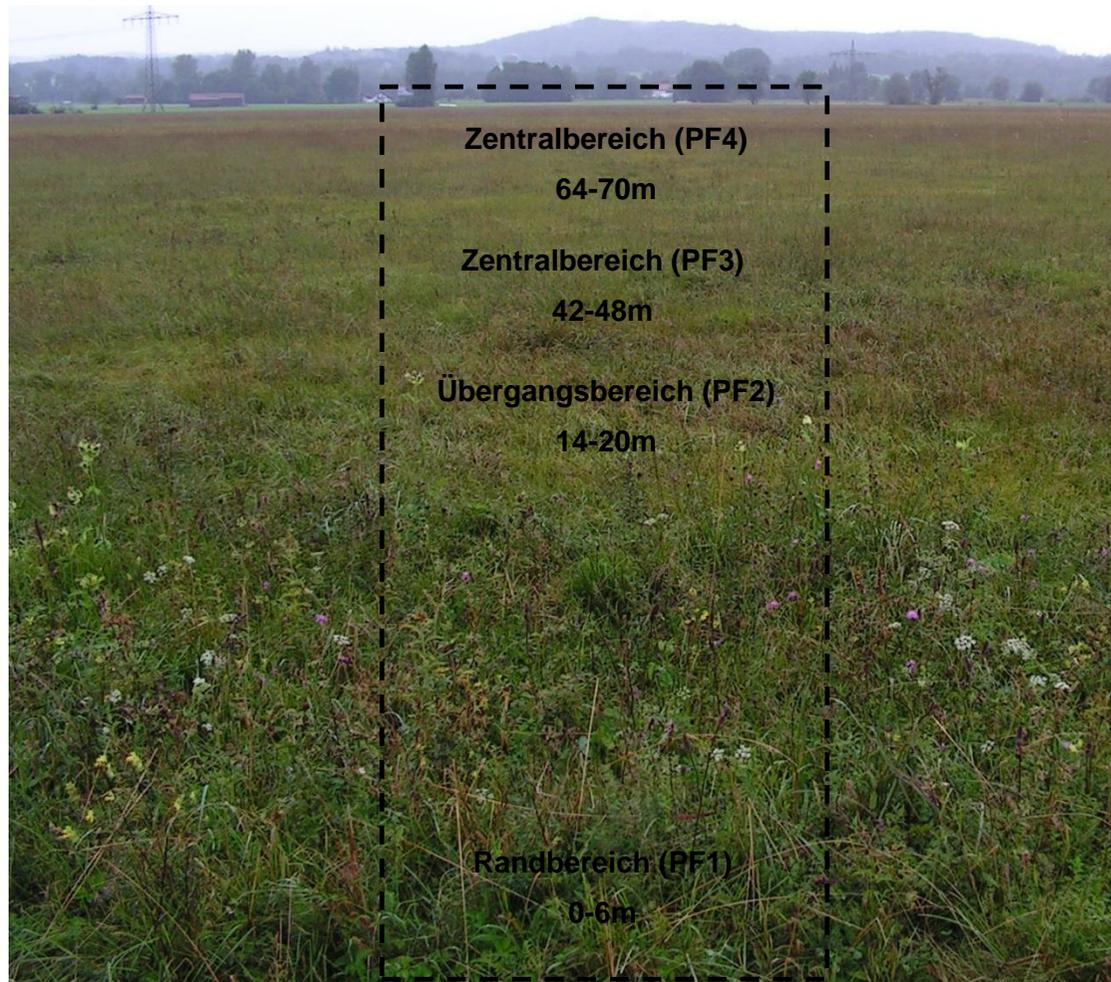




Abb. 4: Einteilung des Transekts Ostermünchen

Transektdaten:

Gesamtlänge: 94m

Probeflächengröße: 6 x 20m

Abstand zwischen PF: variabel

Lage des Transekts: siehe Anhang A

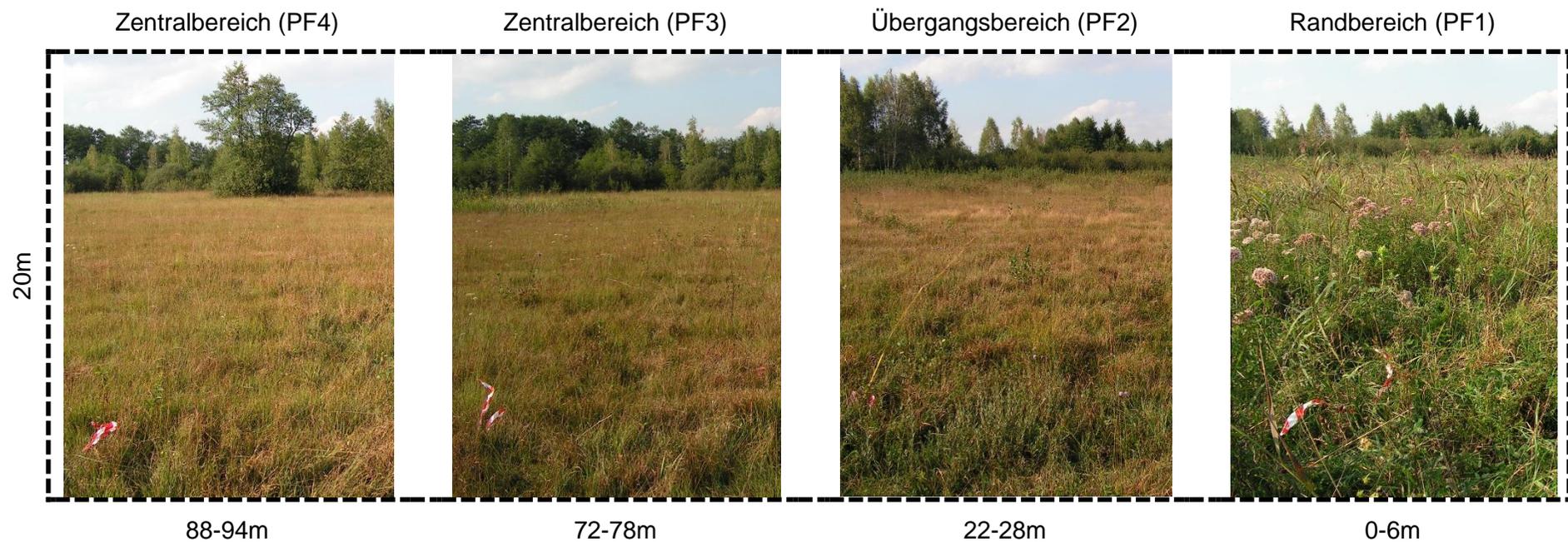




Abb. 5: Einteilung des Transekts Freising

Transektdaten:

Gesamtlänge: 76m

Probeflächengröße: 6 x 10m

Abstand zwischen PF: 17,33

Lage des Transekts: siehe Anhang A

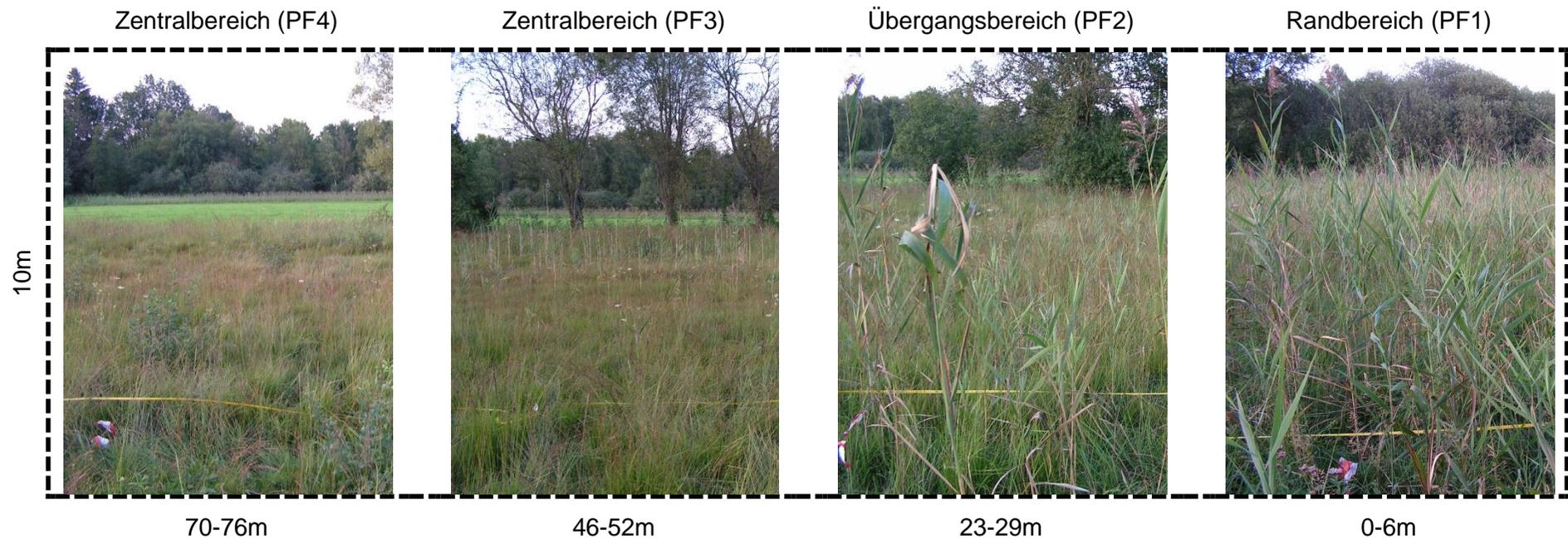




Abb. 6: Einteilung des Transekts Lauter-Appendorf

Transektdaten:

Gesamtlänge: 33m

Probeflächengröße: 6 x 10m

Abstand zwischen PF: 3m

Lage des Transekts: siehe Anhang A

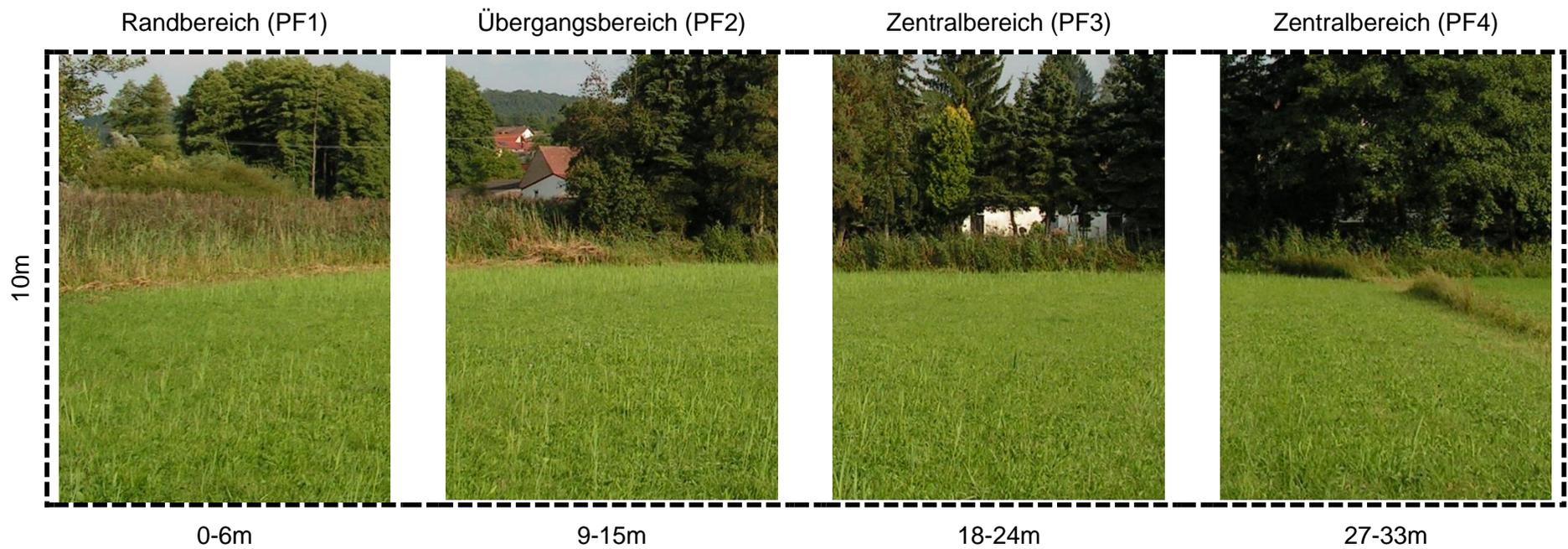




Abb. 7: Einteilung des Transekts Aurachtal

Transektdaten:

Gesamtlänge: 23,50m

Probeflächengröße: 4 x 10m

Abstand zwischen PF: 2,50

Lage des Transekts: siehe Anhang

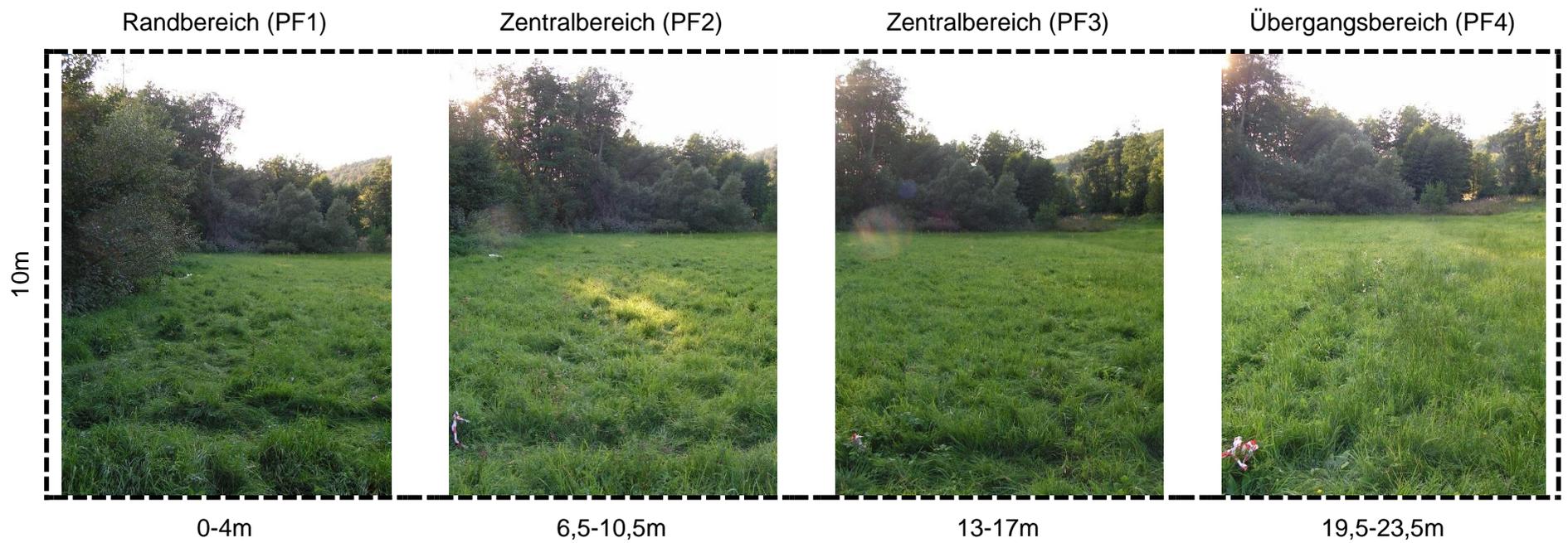




Abb. 8: Einteilung des Transekts Spessartwiesen I

Transektdaten:

Gesamtlänge: 36m Probeflächengröße: 4 x 10m Abstand zwischen PF: 4m Lage des Transekts: siehe Anhang

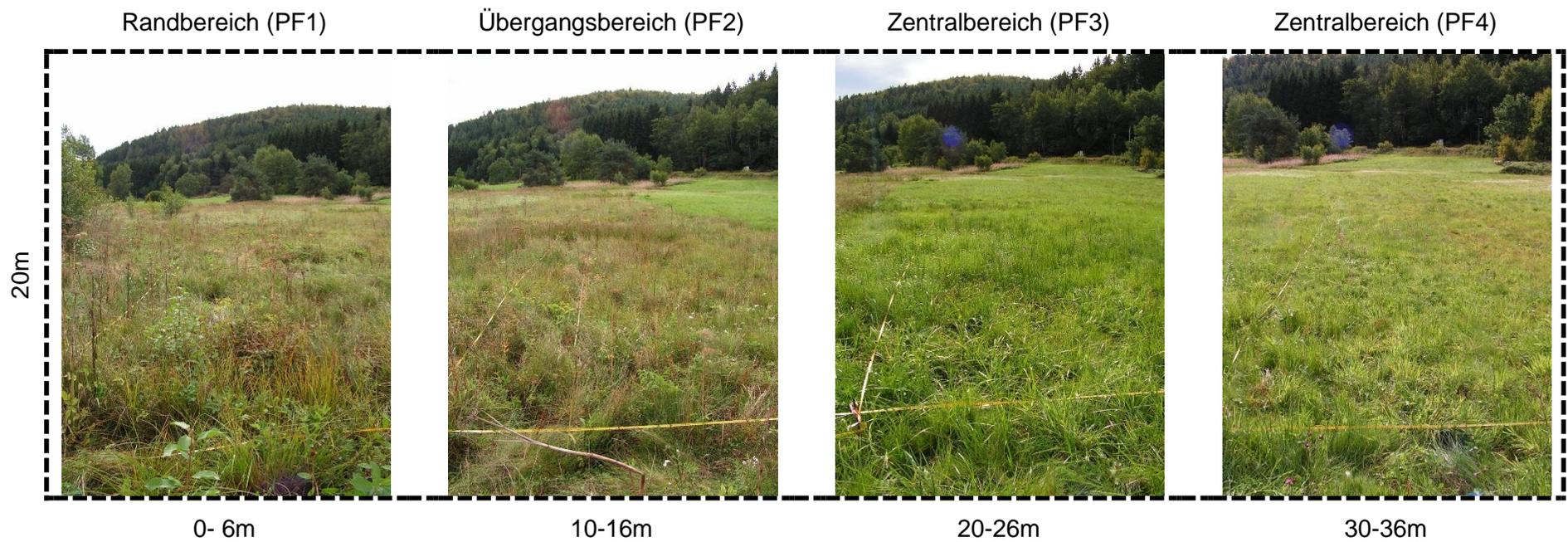




Abb. 9: Einteilung des Transekts Spessartwiesen II

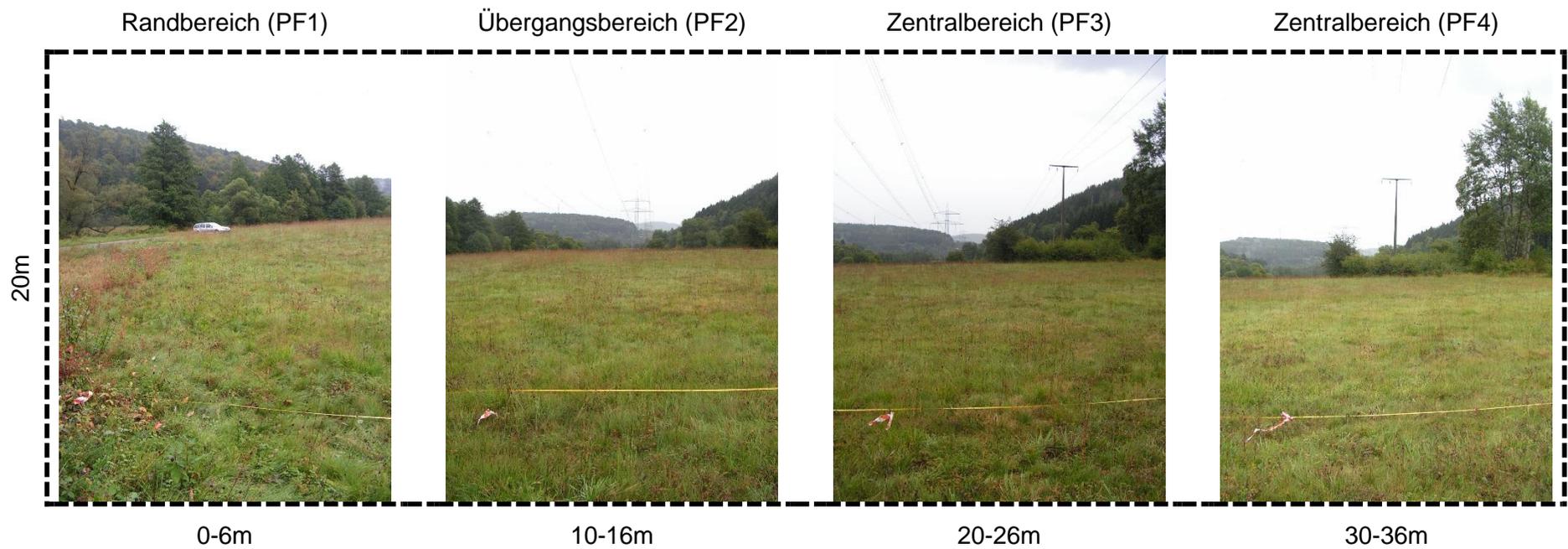
Transektdaten:

Gesamtlänge: 36m

Probeflächengröße: 4 x 10m

Abstand zwischen PF: 4m

Lage des Transekts: siehe Anhang A





Anhang C: Vegetationsaufnahmen



Verband:	Phragmition					Magnocaricion					Molinion					Filipendulion					Calthion					Arrhenatherion					Nardion									
	Übergang Filipendulion					Übergang Caricion					Übergang Calthion					Übergang Arrhenatherion					Übergang Molinion																			
Laufende Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	31	24	25	28	29	30	26	27	32	33	34	35	36				
Aufnahmenummer	LA-PF1	FR-PF1	SP1-PF1	RAI-PF2	RAI-PF1	PE-PF1	PE-PF2	PE-PF4	FR-PF2	SI-PF4	SI-PF1	SI-PF3	PE-PF3	SI-PF2	OS-PF2	OS-PF3	OS-PF4	FR-PF3	FR-PF4	RAI-PF3	RAI-PF4	OS-PF1	SP1-PF2	AU-PF4	AU-PF3	AU-PF2	LA-PF2	LA-PF3	LA-PF4	AU-PF1	SP1-PF3	SP2-PF1	SP2-PF2	SP2-PF3	SP2-PF4	SP1-PF4	Stgk.			
KC Phragmitetea																																								
VC Phragmition australis																																								
Phragmites australis	62,5	18,75				8,75			2,5		2,5			2,5				2,5				2,5					2,5											II		
VC Magnocaricion elatae																																								
Carex acutiformis	2,5		37,5																				8,75															I		
Carex acuta agg.				62,5	87,5																																	I		
Carex elata										8,75	8,75	2,5																										I		
Peucedanum palustre		2,5				2,5	2,5	1,5	8,75	2,5	2,5	2,5	2,5					8,75	2,5																			II		
KC Scheuchzerio-Caricetea																																								
Carex panicea		18,75		8,75					18,75	62,5		37,5				18,75	37,5	8,75	8,75	62,5	62,5			18,75			8,75	2,5	2,5			8,75	18,75	8,75	2,5			III		
VC Caricion nigrae																																								
Carex nigra	37,5																																					I		
Agrostis canina agg.		0,1		0,1					0,1									0,1		0,1	0,1																	I		
Epilobium palustre			2,5	0,1																																		I		
VC Caricion davallianae																																								
Carex flava agg.					0,1	37,5	8,75	8,75	8,75	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5					0,1																			II		
Epipactis palustris						0,01					0,01	0,01																										I		
KC Molinio-Arrhenatheretea																																								
VC Molinion caeruleae																																								
Molinia caerulea		37,5	18,75	8,75	8,75	18,75	62,5	62,5	62,5	8,75	37,5	37,5	62,5	62,5	62,5	62,5	87,5	87,5	18,75	37,5	2,5	8,75	2,5							0,1	8,75	8,75	2,5	8,75	0,1		IV			
Potentilla erecta		2,5				2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5		0,1									2,5	2,5	2,5	2,5	0,1		IV		
Serratula tinctoria ssp. Tinctoria				2,5	2,5	2,5		2,5												2,5	2,5																	I		
Succisa pratensis				0,1	0,1					2,5	2,5		2,5	2,5	0,1	0,1			0,1	0,1											0,1	2,5	2,5	0,1			II			
Betonica officinalis				2,5	0,1			1,5		2,5		2,5	1,5	2,5					2,5	0,1																	II			
Galium boreale agg.		2,5		2,5	2,5		2,5	2,5	2,5	2,5		2,5	2,5	2,5				2,5	2,5	2,5	2,5																	II		
Selinum carvifolia				2,5												0,01	8,75	8,75		2,5									0,1									I		
VC Filipendulion																																								
Filipendula ulmaria	37,5	18,75	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	8,75	0,1	18,75	2,5	18,75	2,5	8,75	2,5		0,1		0,1	2,5	2,5	62,5	37,5	2,5	18,75	18,75	0,1	2,5	2,5	8,75	2,5							V		
Angelica sylvestris			8,75	2,5	0,1	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5		2,5	2,5		0,1	0,1	0,1	2,5	2,5		8,75	0,1	2,5	2,5				2,5	0,1	0,1			0,1			IV			
Lysimachia vulgaris		2,5	2,5	0,1	2,5	2,5	2,5	2,5		2,5		2,5	2,5		0,1	2,5	2,5				2,5	0,1							2,5						2,5		III			
Lythrum salicaria	2,5	2,5	2,5						0,1	2,5	2,5				2,5		0,1	0,1			2,5	0,1	2,5	2,5				2,5		2,5	2,5						III			
Valeriana officinalis agg.	2,5	0,1							0,1						0,1						8,75																I			
Hypericum tetrapterum											2,5													0,1	0,1				2,5	0,1							I			
VC Calthion palustre																																								
Cirsium oleraceum				0,1	8,75	2,5	8,75				2,5	2,5	2,5	2,5						0,1				2,5	8,75	0,1		2,5	0,1									II		
Sanguisorba officinalis	2,5	8,75	2,5	8,75	8,75	8,75	8,75	8,75	2,5	2,5	1,5	2,5	18,75	1,5	2,5	0,1	2,5	2,5	0,1	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	18,75	18,75	18,75	18,75	8,75	8,75	8,75	2,5	2,5	18,75	18,75	18,75	18,75	8,75		V
Holcus lanatus							2,5	2,5			2,5	2,5	2,5	2,5	0,1						2,5	0,1	2,5	18,75	18,75	18,75	18,75	18,75	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5		IV			
Polygonum bistorta			2,5	2,5								2,5										2,5							18,75		2,5			0,1	2,5		II			
Scirpus sylvaticus			2,5																				62,5	18,75	8,75	2,5	2,5	2,5			2,5						II			



Laufende Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	31	24	25	28	29	30	26	27	32	33	34	35	36	Stgk.		
Aufnahmenummer	LA-PF1	FR-PF1	SP1-PF1	RAI-PF2	RAI-PF1	PE-PF1	PE-PF2	PE-PF4	FR-PF2	SI-PF4	SI-PF1	SI-PF3	PE-PF3	SI-PF2	OS-PF2	OS-PF3	OS-PF4	FR-PF3	FR-PF4	RAI-PF3	RAI-PF4	OS-PF1	SP1-PF2	AU-PF4	AU-PF3	AU-PF2	LA-PF2	LA-PF3	LA-PF4	AU-PF1	SP1-PF3	SP2-PF1	SP2-PF2	SP2-PF3	SP2-PF4	SP1-PF4			
<i>Festuca rubra</i> agg.	.	.	2,5	18,75	.	8,75	8,75	8,75	18,75	8,75	8,75	18,75	8,75	2,5	2,5	8,75	8,75	II	
<i>Lotus pedunculatus</i>	.	.	2,5	0,1	0,1	2,5	8,75	2,5	.	.	2,5	.	.	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	II	
<i>Ranunculus auricomus</i> agg.	2,5	8,75	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	I
<i>Ranunculus acris</i> agg.	.	0,1	.	0,1	.	8,75	2,5	2,5	.	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	0,1	II	
VC Arrhenatherion elatioris	
<i>Arrhenatherum elatius</i>	2,5	.	.	.	2,5	2,5	.	.	.	37,5	I	
<i>Alopecurus pratensis</i>	.	.	2,5	2,5	8,75	2,5	I	
<i>Galium mollugo</i> agg.	.	2,5	.	.	.	.	2,5	2,5	2,5	.	.	2,5	2,5	2,5	0,01	.	2,5	.	.	.	.	8,75	.	.	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	.	.	.	.	.	.	III
<i>Lathyrus pratensis</i>	.	2,5	.	2,5	2,5	2,5	.	2,5	0,1	2,5	.	2,5	2,5	.	.	.	.	.	.	0,1	2,5	2,5	.	2,5	8,75	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	.	.	2,5	III
<i>Pimpinella major</i>	0,1	2,5	2,5	1,5	.	.	.	2,5	.	.	.	.	.	0,1	.	2,5	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II		
<i>Plantago lanceolata</i>	2,5	2,5	2,5	.	.	2,5	2,5	2,5	2,5	.	.	.	.	.	.	.	2,5	.	.	2,5	2,5	2,5	18,75	2,5	0,1	.	.	.	.	.	.	II		
<i>Dactylis glomerata</i>	2,5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2,5	.	.	2,5	2,5	.	2,5	2,5	18,75	.	.	.	.	.	.	I		
<i>Veronica chamaedrys</i> agg.	2,5	2,5	.	.	.	2,5	.	2,5	.	.	.	.	I		
<i>Festuca pratensis</i> agg.	18,75	37,5	8,75	18,75	18,75	.	.	.	.	.	.	.	I		
KC Nardetea strictae		
VC Viola caninae-Nardion strictae		
<i>Nardus stricta</i>	.	.	8,75	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2,5	.	.	.	.	.	.	8,75	.	37,5	37,5	62,5	18,75	8,75	II
<i>Agrostis capillaris</i>	2,5	2,5	2,5	.	2,5	2,5	2,5	.	2,5	.	.	.	.	.	.	.	0,1	.	2,5	2,5	.	.	.	8,75	2,5	8,75	2,5	18,75	37,5	18,75	III			
<i>Hypericum maculatum</i>	2,5	2,5	0,1	.	.	I		
<i>Festuca ovina</i> agg.	.	.	2,5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2,5	.	.	.	.	.	.	2,5	.	.	2,5	2,5	2,5	18,75	I
KC Epilobietea angustifolii		
VC Epilobion angustifolii		
<i>Epilobium angustifolium</i>	.	.	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8,75	.	.	.	.	.	.	.	.	2,5	.	.	.	.	I
<i>Calamagrostis epigejos</i>	.	.	2,5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8,75	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Deschampsia flexuosa</i>	.	.	18,75	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
Begleiter		
<i>Deschampsia cespitosa</i>	2,5	.	.	.	0,1	.	1,5	2,5	.	1,5	18,75	.	2,5	.	2,5	.	.	.	2,5	0,1	2,5	18,75	0,1	.	8,75	2,5	8,75	2,5	2,5	18,75	.	.	.	.	.	.	III
<i>Equisetum palustre</i>	2,5	2,5	.	.	.	.	2,5	2,5	.	2,5	2,5	1,5	2,5	0,1	.	.	2,5	0,1	.	.	.	.	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	.	.	.	.	.	.	III	
<i>Vicia cracca</i> agg.	.	2,5	.	2,5	2,5	.	.	2,5	0,1	.	2,5	.	2,5	2,5	2,5	.	.	0,01	0,1	2,5	0,1	2,5	.	0,1	.	0,1	.	.	2,5	0,1	.	.	.	.	.	.	III
<i>Achillea ptarmica</i> agg.	.	.	2,5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,01	.	0,1	.	.	.	.	0,1	2,5	2,5	2,5	2,5	.	II
<i>Briza media</i>	2,5	2,5	2,5	.	2,5	2,5	1,5	.	2,5	.	.	.	.	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II		
<i>Cirsium palustre</i>	.	.	2,5	.	.	.	.	.	.	.	2,5	.	.	1,5	.	.	0,1	0,1	.	.	.	.	2,5	.	0,01	.	.	.	.	2,5	.	2,5	0,1	0,1	0,1	2,5	II
<i>Colchicum autumnale</i>	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,01	2,5	2,5	.	2,5	0,1	2,5	0,1	0,1	.	.	.	0,1	II
<i>Frangula alnus</i>	.	.	8,75	.	.	.	.	.	0,1	.	.	.	1,5	8,75	0,01	0,1	0,1	0,1	.	.	.	.	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.	2,5	2,5	2,5	.	.	II
<i>Galium uliginosum</i>	2,5	.	.	2,5	2,5	2,5	.	.	.	2,5	2,5	2,5	.	.	2,5	.	.	.	.	2,5	2,5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II
<i>Juncus articulatus</i>	.	.	2,5	.	.	2,5	.	.	.	2,5	2,5	2,5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2,5	2,5	.	.	.	.	.	2,5	.	.	.	.	.	.	II
<i>Juncus effusus</i>	.	.	2,5	.	.	2,5	.	.	.	2,5	.	.	2,5	.	.	.	.	.	.	0,1	2,5	.	2,5	2,5	0,1	.	.	0,1	.	2,5	.	.	.	.	.	.	II
<i>Lotus corniculatus</i> agg.	2,5	2,5	2,5	.	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	.	.	.	.	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II		
<i>Galium hircynicum</i>	0,1	.	.	.	.	.	.	2,5	.	.	.	.	.	0,1	I		
<i>Trifolium pratense</i>	8,75	2,5	2,5	.	2,5	0,01	.	8,75	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,1	.	.	0,1	.	.	.	.	.	.	.	II		
<i>Vicia tenuifolia</i>	.	.	2,5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,1	.	.	.	.	.	.	8,75	.	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	II
<i>Achillea millefolium</i>	2,5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2,5	2,5	2,5	.	.	I		



Anhang D: Zeigerwerte

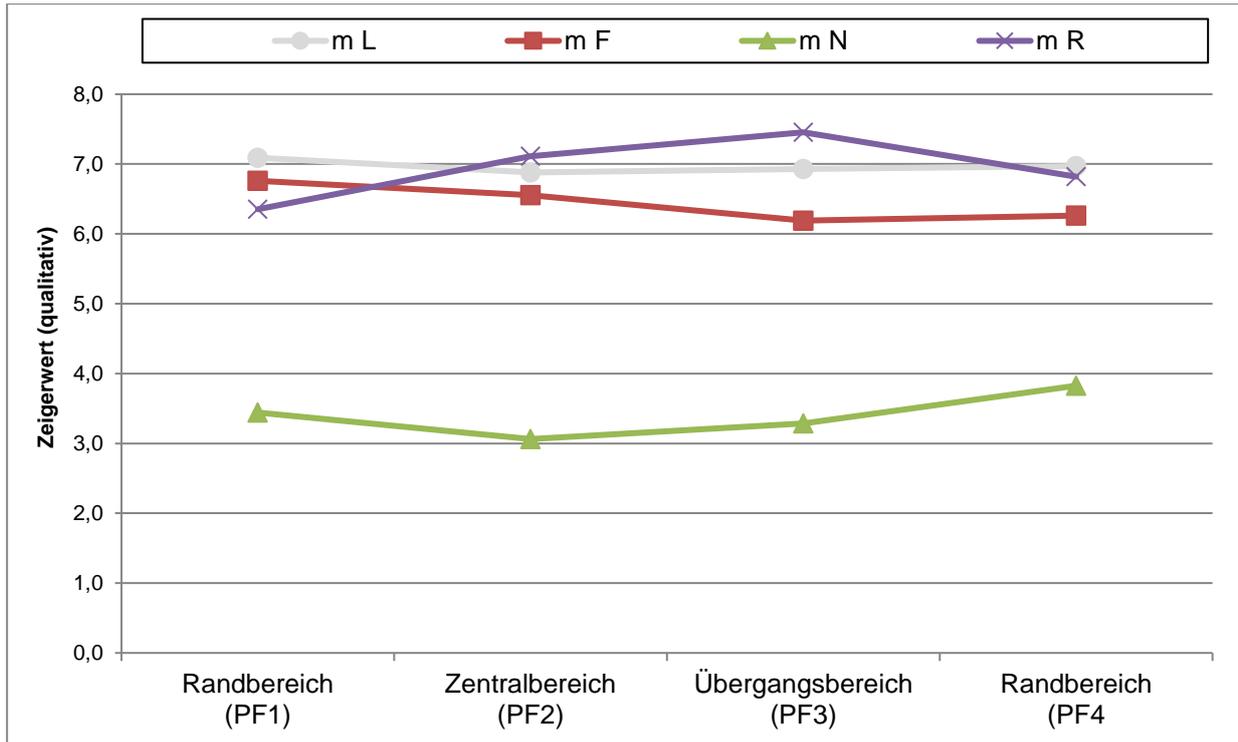


Abb. 1: Mittlere ungewichtete Zeigerwerte auf dem Transekt Penzberg (mL = mittlere Lichtzahl, mF = mittlere Feuchtezahl, mN = mittlere Nährstoffzahl, mR = mittlere Reaktionszahl)

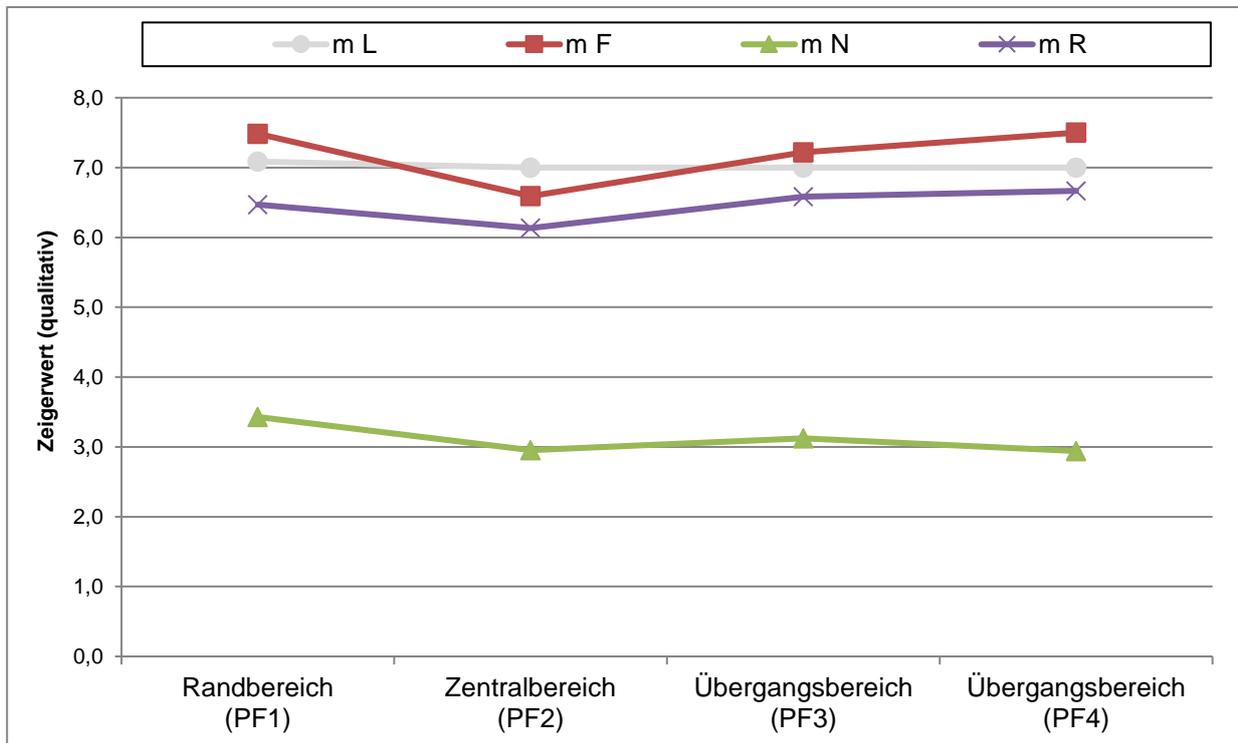


Abb. 2: Mittlere ungewichtete Zeigerwerte auf dem Transekt Sindelsdorf (mL = mittlere Lichtzahl, mF = mittlere Feuchtezahl, mN = mittlere Nährstoffzahl, mR = mittlere Reaktionszahl)

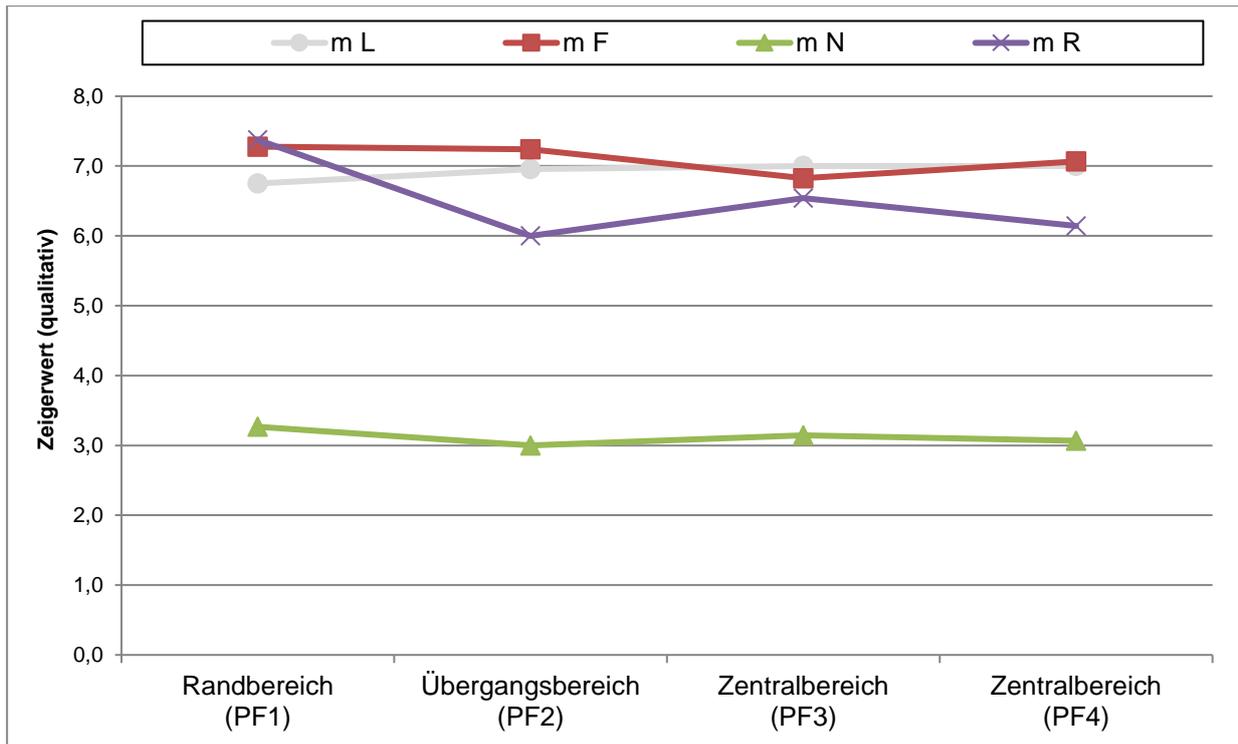


Abb. 3: Mittlere ungewichtete Zeigerwerte auf dem Transekt Raisting (mL = mittlere Lichtzahl, mF = mittlere Feuchtezahl, mN = mittlere Nährstoffzahl, mR = mittlere Reaktionszahl)

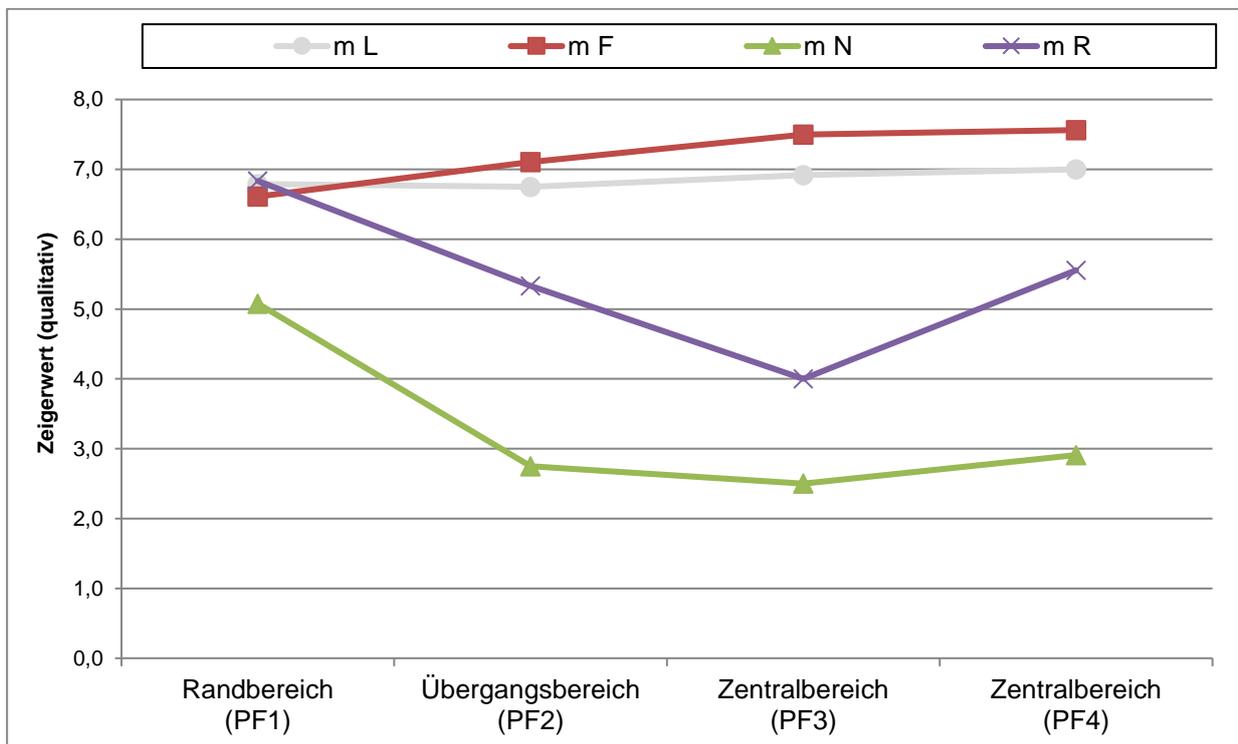


Abb. 4: Mittlere ungewichtete Zeigerwerte auf dem Transekt Ostermünchen (mL = mittlere Lichtzahl, mF = mittlere Feuchtezahl, mN = mittlere Nährstoffzahl, mR = mittlere Reaktionszahl)

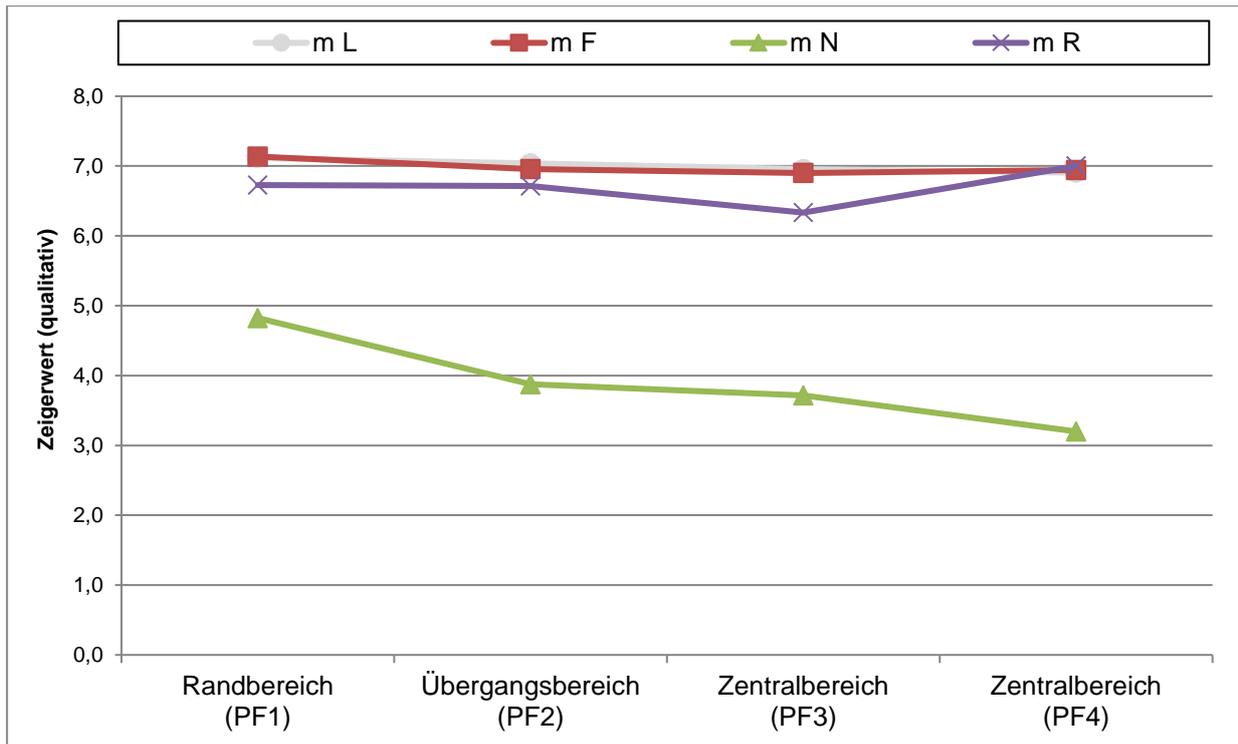


Abb. 5: Mittlere ungewichtete Zeigerwerte auf dem Transekt Freising (mL = mtlere Lichtzahl, mF = mittlere Feuchtezahl, mN = mittlere Nährstoffzahl, mR = mittlere Reaktionszahl)

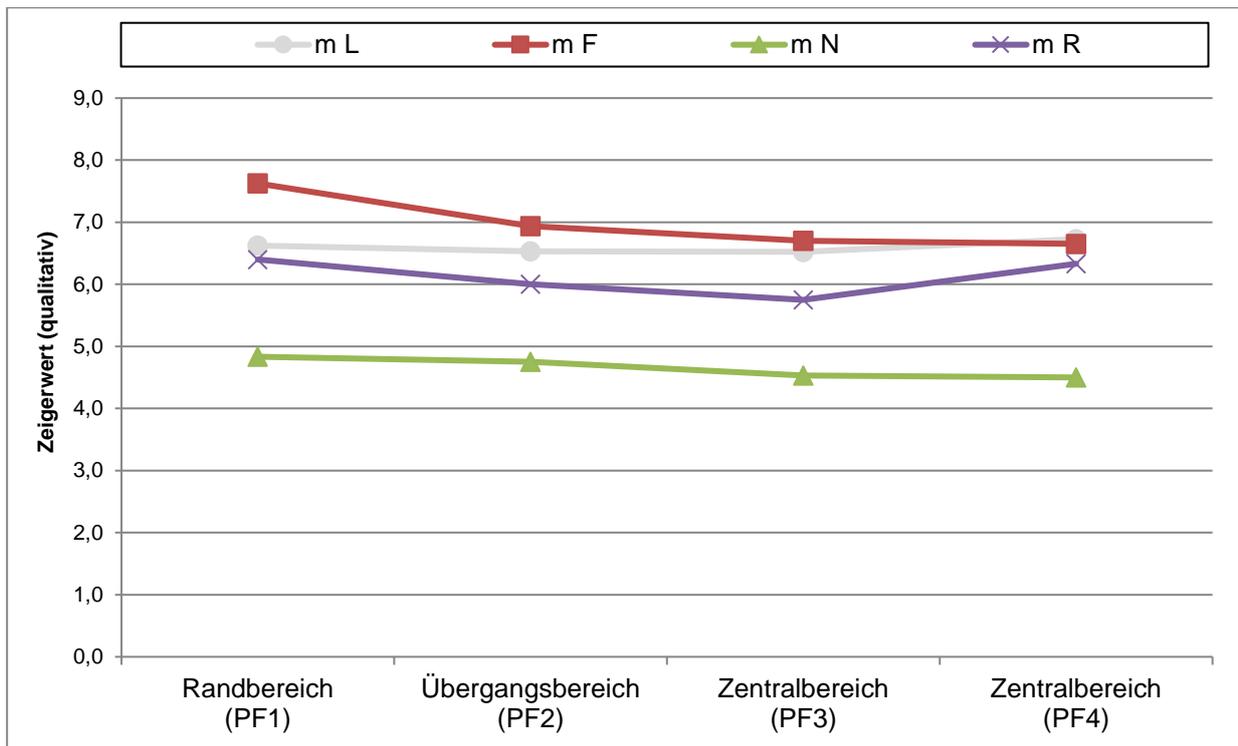


Abb. 6: Mittlere ungewichtete Zeigerwerte auf dem Transekt Lauter-Appendorf (mL = mtlere Lichtzahl, mF = mittlere Feuchtezahl, mN = mittlere Nährstoffzahl, mR = mittlere Reaktionszahl)

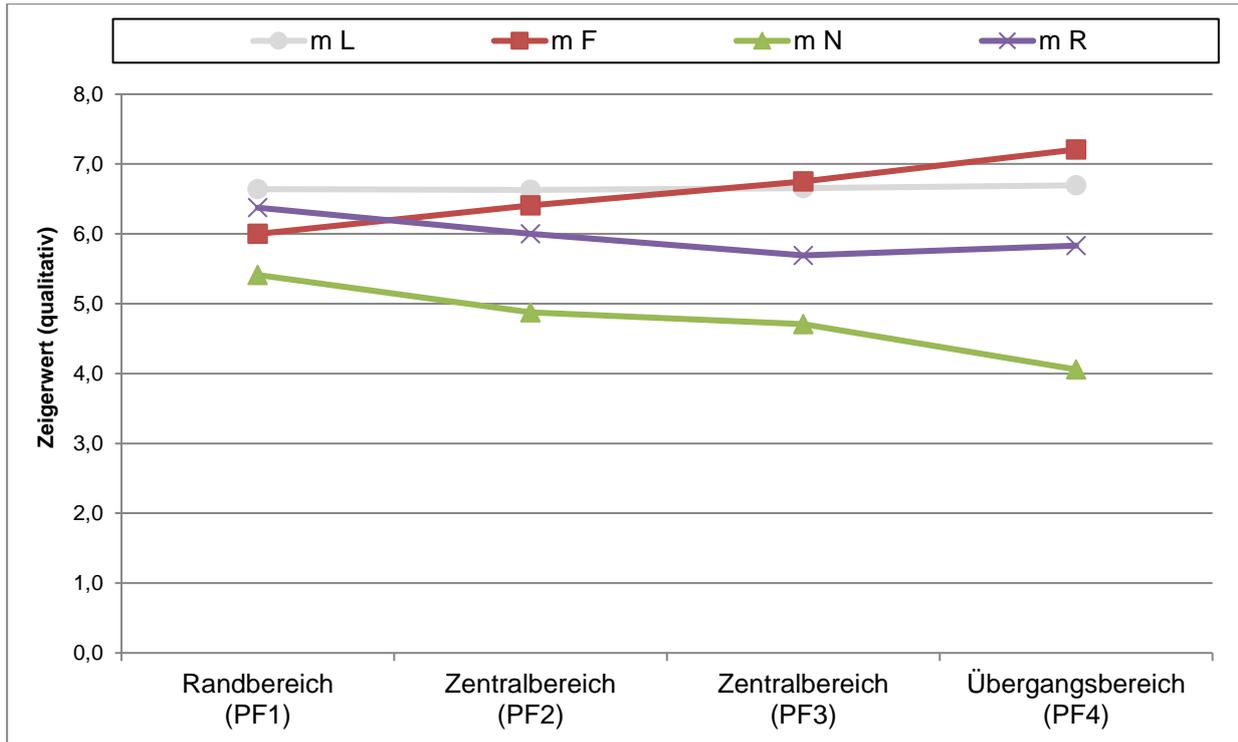


Abb. 7: Mittlere ungewichtete Zeigerwerte auf dem Transekt Aurachtal (mL = mittlere Lichtzahl, mF = mittlere Feuchtezahl, mN = mittlere Nährstoffzahl, mR = mittlere Reaktionszahl)

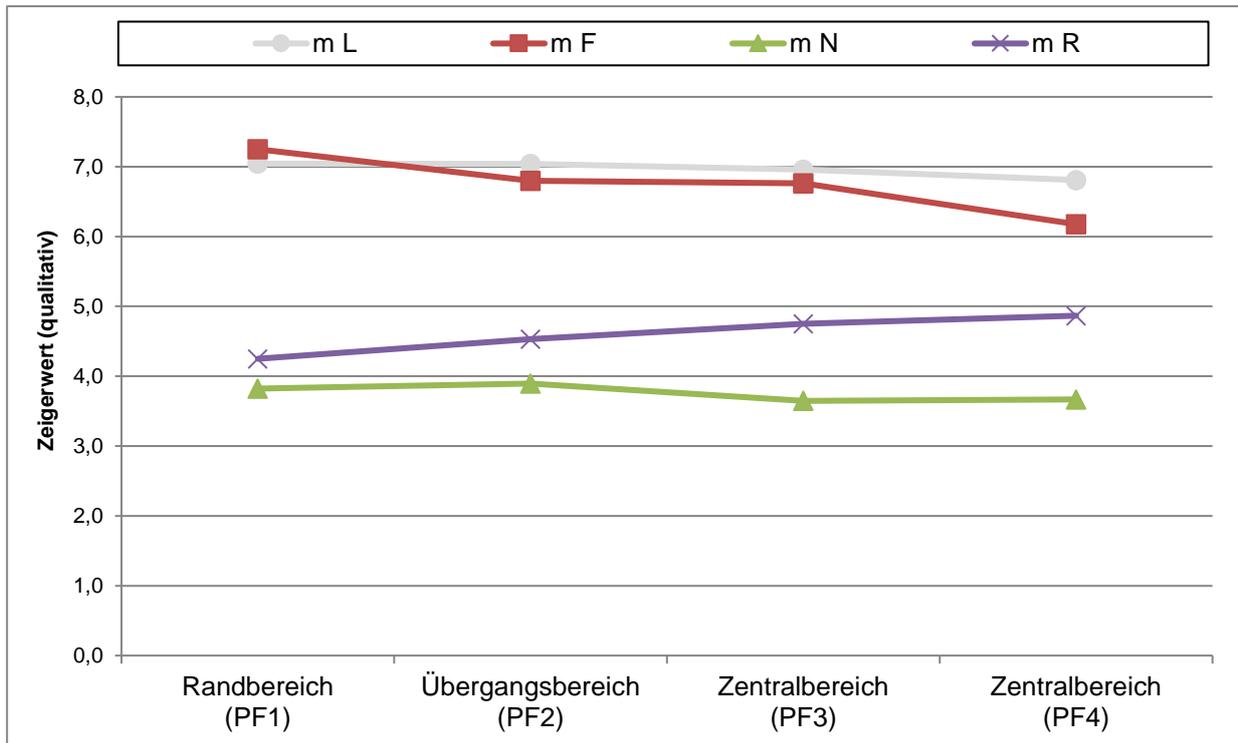


Abb. 8: Mittlere ungewichtete Zeigerwerte auf dem Transekt Spessartwiesen I (mL = mittlere Lichtzahl, mF = mittlere Feuchtezahl, mN = mittlere Nährstoffzahl, mR = mittlere Reaktionszahl)

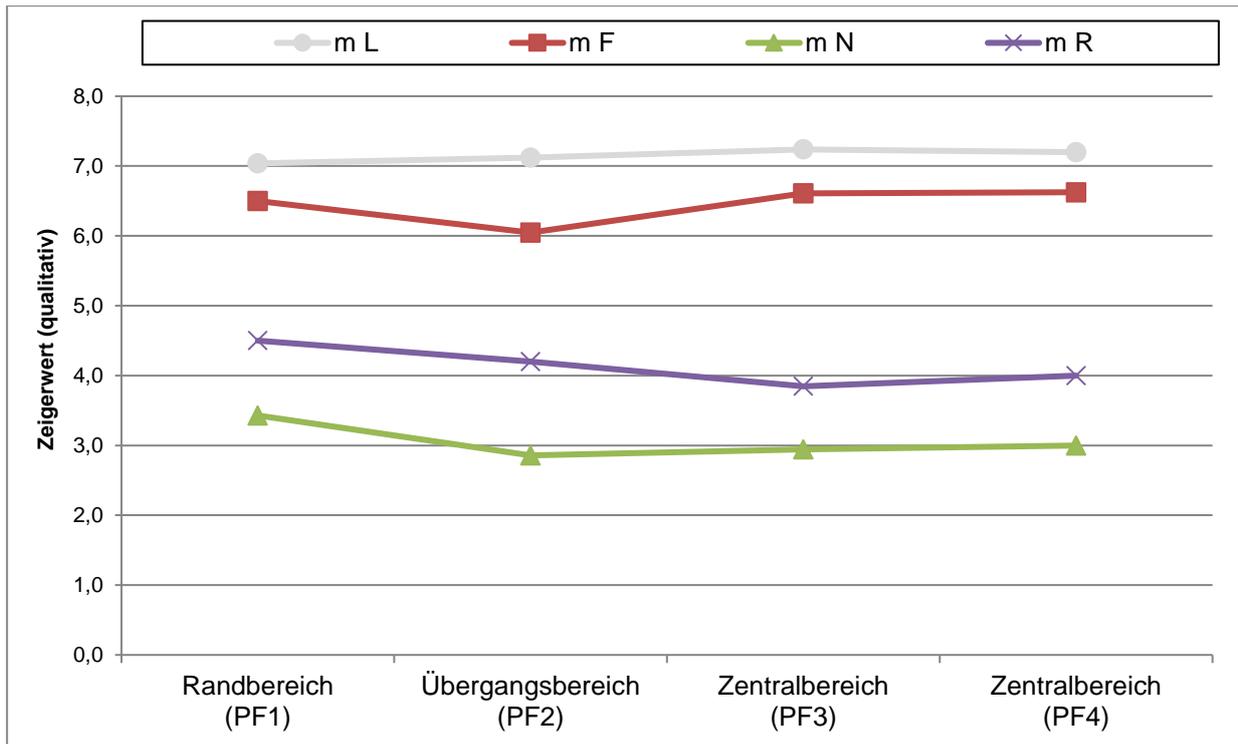


Abb. 9: Mittlere ungewichtete Zeigerwerte auf dem Transekt Spessartwiesen II (mL = mittlere Lichtzahl, mF = mittlere Feuchtezahl, mN = mittlere Nährstoffzahl, mR = mittlere Reaktionszahl)



Selbstständigkeitserklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit „Untersuchungen zur Raumverteilung bei Eiablagen von *Maculinea nausithous* (BERGSTRÄSSER, 1779) und *M. teleius* (BERGSTRÄSSER, 1779) in unterschiedlich strukturierten Wiesenhabitaten mit syntopen Vorkommen beider Arten“ selbstständig verfasst, in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht in einem anderen Studiengang als Prüfungsleistung vorgelegt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen (einschließlich der angegebenen oder beschriebenen Software) benutzt habe.

Ort, Datum

Markus Koch