Naturschutzgebiet Lüneburger Heide

VNP VEREIN NATURSCHUTZPARK LÜNEBURGER HEIDE

VNP–Schriften 11

Schriftleitung: Prof. Dr. Thomas Kaiser

Niederhaverbeck 2018

ISSN 1867-1179

Annika Maria Kruse

Abtrag von Plaggen als Pflegemaßnahme in der Lüneburger Heide – Vegetationsökologische Untersuchungen



Impressum

VNP-Schriften, Band 11
Niederhaverbeck, November 2018

Herausgeber: Verein Naturschutzpark e. V.
Niederhaverbeck 7
29646 Bispingen

Schriftleitung: Prof. Dr. Thomas Kaiser

Adresse der Autorin: Annika Maria Kruse, Markgrafstraße 35, 30419 Hannover

Titelfoto: Plaggfläche aus den 1980er Jahren (Foto: T. Kaiser)

ISSN 1867-1179

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen dieser Schriftenreihe geäußerten Absichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Vereins Naturschutzpark e. V.

Bezug über Verein Naturschutzpark e. V., Niederhaverbeck 7, 29646 Bispingen, Tel. 05198/987030, Fax 05198/987039, E-Mail info@verein-naturschutzpark.de.

Zitiervorschlag:
KRUSE, A. M. (2018): Abtrag von Plaggen als Pflegemaßnahme in der Lüneburger Heide – Vegetationsökologische Untersuchungen. – VNP-Schriften **11**: 71 S.; Niederhaverbeck.

Inhalt

		Seite
1.	**Einleitung**	5
2.	**Das Untersuchungsgebiet**	8
3.	**Die Vegetation der Heiden**	15
4.	**Die Landschaft der Lüneburger Heide**	19
5.	**Methoden**	21
5.1	Die Aufnahmeflächen	22
5.2	Geländearbeit	24
5.3	Analyse der gesammelten Daten	24
6.	**Ergebnisse**	26
6.1	Ermittelte Gesamtartenzahlen	30
6.2	Qualität und Quantität des Arteninventars	34
6.3	Altersverteilung von *Calluna vulgaris*	37
6.4	Vitalität und Bestandshöhe von *Calluna vulgaris*	41
6.5	Vermoosung: Quantitative Betrachtung	43
6.6	Vermoosung: Qualitative Betrachtung	45
7.	**Diskussion**	47
7.1	Pflanzensoziologie und Diversität	47
7.2	Quantität und Qualität von Gruppenspektren in einer Chronosequenzanalyse	51
7.3	Seneszenz von *Calluna vulgaris*	53
7.4	Vitalität von *Calluna vulgaris*	55
7.5	Diversität der Moose auf Plaggflächen	57
8.	**Fazit und Ausblick**	59
9.	**Schlusswort: Plaggen als Pflegemaßnahme zur Erhaltung des Landschaftsbildes der Heide**	62
10.	**Anhang**	64
11.	**Literaturverzeichnis**	67

1. Einleitung

Das Naturschutzgebiet[1] „Lüneburger Heide“ gibt heute durch ausgedehnte Heideflächen Zeugnis vergangener Zeiten. Das nordwestdeutsche Tiefland ist als Altmoränenlandschaft durch glaziale Ablagerungen gekennzeichnet. Auf den trockenen Böden der Geest, die zudem arm an Mineralstoffen sind und verhältnismäßig geringe Pufferkapazität aufweisen, war Ackerbau an eine angepasste Wirtschaftsweise gebunden. Diese führte über eine Nutzungsgeschichte von mindestens 5.000 Jahren zu erheblichen Ausbreitungen von Heiden, dominiert von der Besenheide *Calluna vulgaris* (L.) HULL. Begünstigt wurden Pflanzen dieser Vegetationsformation durch einen permanenten horizontalen Mineralstofftransfer. Im Mittelalter wurde durch den Abtrag von Vegetation, Rohhumus und Oberboden und der Aufbringung des entnommenen Materials auf Äcker die Landwirtschaft erst rentabel. Diese Bearbeitung nannte man „Plaggen“.[2] Äcker hoben sich bald als Plaggenesch von der Umgebung ab, während die Allmende – also das allen gleichermaßen zur Verfügung stehende Land – an Mineralstoffen verarmte. Auch waren Mahd, Brand, Beweidung mit Schafen sowie die Haltung von Bienen Bestandteile des Heidebauerntums. Ende des 19. Jahrhunderts sorgte eine Reihe von Veränderungen (Synthese von Dünger, Verkopplungen, Import von Konkurrenzprodukten) dafür, dass sich die Landwirtschaft auf den kargen Flächen der Geest nicht mehr rentierte. Vormals ausgedehnte Heideflächen wurden durch Aufforstung oder durch natürliche Sukzession zu Wald. Erst die allmähliche Wahrnehmung der Heiden als eine ästhetisch schöne Landschaft führte zu ersten privaten Ankäufen von Flächen im heutigen NSG, dann zur Gründung des Verein Naturschutzparks e. V.[3] (1909) und schließlich 1922 zur Deklaration des Areals als Naturschutzgebiet (vergleiche KEIENBURG & PRÜTER 2006).

Ginsterheiden, wie sie großflächig im NSG zu finden sind, stellen als Ökosysteme wichtige Lebensräume für viele Pflanzen- und Tierarten dar, die unter anderen Standortbedingungen wenig konkurrenzstark sind. Gerade durch die im 20. Jahrhundert stark angestiegene Eutrophierung sind viele Pflanzenarten, die in ihrer Physiologie insbesondere an mineralstoffarme Standorte angepasst sind, gefährdet (vergleiche STEUBING 1993). Der Schutz von Heiden als Biotop ist auf vielen Ebenen auch gesetzlich verankert (so zum Beispiel im BNatSchG § 30 Abs. 2).

Um die Pflanzenarten der Ginsterheiden heute an ihren Standorten zu erhalten und die Biodiversität der Heiden zu schützen, ist es notwendig, durch Pflegemaßnahmen die

[1] In der vorliegenden Arbeit mit „NSG“ abgekürzt.
[2] Im Folgenden wird unter dem Begriff „Plaggen“ jedoch lediglich der Abtrag und Abtransport von Vegetation, Rohhumus und mehr oder weniger großen Teilen des Oberbodens als Pflegemaßnahme verstanden.
[3] In der vorliegenden Arbeit mit „VNP“ abgekürzt.

natürliche Sukzession in Richtung Wald auf den Flächen zu verhindern. Junger Aufwuchs von Gehölzen wird aus den Flächen entfernt (Entkusseln). Auch die Beweidung durch Heidschnucken führt zu Verbiss und so zum Zurückdrängen der aufkommenden Bäume. Die Mahd von Flächen hat zur Folge, dass sich die bestandsbildende Besenheide vegetativ verjüngt. Auch das kontrollierte Brennen wird heute noch eingesetzt. Intensive Pflegemaßnahmen wie Schoppern (Abtrag von Vegetation und Teilen der Rohhumusschicht) und Plaggen (Abtrag von Vegetation, Rohhumus und Teilen des Oberbodens) sorgen zudem für einen Biomasse- und Mineralstoffaustrag aus den Flächen. Insgesamt orientieren sich die heutigen Verfahren zur Pflege und zum Erhalt der Heiden an der historischen Bewirtschaftung. Als wichtiges Ziel gilt, kleinräumige, mosaikartige Strukturen zu erhalten, in denen alle Altersstadien von *Calluna vulgaris* sowie ein gewisser Anteil an Offenboden repräsentiert sind (vergleiche MERTENS et al. 2007).

Das maschinelle Plaggen wird als Pflegemaßnahme vom VNP seit 1985 durchgeführt. Der Entscheidung lag die Beobachtung zugrunde, dass sich in den überalterten Heiden dicke Rohhumusauflagen angesammelt hatten und die Flächen in hohem Maße mit der Draht-Schmiele (*Deschampsia flexuosa* (L.) TRIN) vergrasten. Auf Dauerbeobachtungs- und Versuchsflächen fanden Untersuchungen zur kurz- und mittelfristigen Vegetationsentwicklung nach dem Plaggen statt (vergleiche FOTTNER et al. 2004, KAISER & STUBBE 2004). Es fehlen jedoch bisher Untersuchungen darüber, wie sich die Vegetationszusammensetzung langfristig verändert. Deshalb werden in der folgenden Untersuchung Plaggflächen betrachtet, die ein Alter von 20 oder mehr Jahren aufweisen. Auf diesen soll festgestellt werden, welche Pflanzengesellschaften vorherrschen und wie sich die Vitalität von *Calluna vulgaris* darstellt. Einige pflanzenökologische Betrachtungen sollen im Vergleich zeitlicher Zustände erfolgen. Deshalb werden neben den alten Plaggflächen auch einige jüngere Plaggflächen betrachtet, auf denen das Plaggen als Pflegemaßnahme vor etwa 13 bis 17 Jahren stattfand. Um zusätzlich einen Vergleich zwischen geplaggten Flächen und Flächen, auf denen kein maschinelles Pflegeverfahren stattfand, zu ermöglichen, werden Referenzflächen untersucht.

Durch Vegetationsaufnahmen soll dargestellt werden, in welchem Ausmaß sich die Untersuchungsgruppen unterscheiden. Nach GIMINGHAM (1972) sowie ELLENBERG & LEUSCHNER (2010) werden Heideökosysteme vor allem durch den Habitus einer Pflanzenart (*Calluna vulgaris*) bestimmt. Mit dem Alter der Besenheide ändern sich Licht- und mikroklimatische Verhältnisse. Da durch das Plaggen die gesamte Vegetation abgetragen und auf einen „Nullzustand“ gesetzt wird (vergleiche FOTTNER et al. 2004), soll in dieser Arbeit die folgende Hypothese untersucht werden:

(1) Das Alter von *Calluna vulgaris* (indirekt gekennzeichnet durch das Alter der Plaggfläche) bestimmt die Artzusammensetzung der Vegetation der Fläche.

Der in den letzten Jahren in den Fokus gerückte Aspekt des Mineralstoffaustrags aus den Flächen durch die verschiedenen Pflegeverfahren (siehe oben) hat auch zu Untersuchungen über das Plaggen geführt. Für stickstoffhaltige Verbindungen (die in der Quantität des Vorkommens ausschlaggebend sind für die Konkurrenz zwischen Besenheide und Gräsern) wird eine theoretische Wirkungsdauer von 89,2 Jahren beschrieben (vergleiche SIEBER et al. 2004). Das bedeutet, dass in der Theorie etwa 89 Jahre vergehen, bis der Austrag von Stickstoff (durch Abplaggen) durch atmogene Stickstoffdepositionen wieder kompensiert ist. In Ökosystemen kommt es über die Zeit zu einer Mineralstoffanreicherung in unterschiedlichen Kompartimenten (vergleiche BÄHRING et al. 2016). Deshalb wird die folgende Hypothese zur Debatte gestellt:

(2) Der hohe Austrag von Stickstoff durch das Plaggen als Pflegemaßnahme zeigt sich darin, dass die Deckungsgrade von *Deschampsia flexuosa* auch auf den alten Plaggflächen sehr gering sind.

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts rückten die Heideökosysteme immer mehr in das Interesse der Wissenschaft. Vor allem die zunehmende Eutrophierung und die Wirkung auf die dominierende Besenheide werden untersucht (zum Beispiel STEUBING 1993). Es wurde beobachtet, dass es bei *Calluna vulgaris* zu einer verfrühten Seneszenz kommt, die sich dadurch zeigt, dass die ältesten gefundenen Individuen heute nicht mehr das theoretisch zu erreichende Lebensalter erlangen (vergleiche ELLENBERG & LEUSCHNER 2010). Dadurch, dass beim Plaggen hohe Stickstoffanteile aus dem Ökosystem entfernt werden, wird angenommen, dass die verfrühte Seneszenz auf den Untersuchungsflächen nicht von hoher Relevanz ist.

(3) *Calluna vulgaris* entspricht in ihrem Alter in etwa dem der Plaggflächen.

Mit dem Alter von *Calluna vulgaris* steigt auch die Anfälligkeit für Trockenstress und das Auftreten von altersbedingten Degenerationserscheinungen. Zusätzlich können sich die Pflanzen nicht mehr gut von Fraßschäden erholen (vergleiche zum Beispiel STEUBING 1993, ELLENBERG & LEUSCHNER 2010). Es steht folgende Annahme zur Debatte:

(4) Je länger eine Plaggmaßnahme her ist, desto älter sind die Individuen der Besenheide (siehe Hypothese 3) und desto stärker sind Einbußen der Vitalität zu erkennen.

In den Zusammensetzungen der Kryptogamenflora von Heideflächen zeigt sich der bestimmende Einfluss von *Calluna vulgaris* deutlich. So werden in älteren und feuchten Heidebeständen vor allem die Moose *Pleurozium schreberi* (BRID.) MITT. und *Hypnum jutlandicum* HOLMEN & E.WARNCKE gefunden (vergleiche DANIELS et al. 1993). Für die Untersuchungsflächen wird folgende Hypothese angenommen:

(5) In der Kryptogamenflora auf Plaggflächen spiegelt sich der Zeitpunkt der Plaggmaßnahme wider, sodass eine chronologische Entwicklung beobachtbar ist. Dabei zeigen jüngere Plaggflächen durch eine höhere Vielfalt an Kryptogamen eine insgesamt höhere Artdiversität und ältere Plaggflächen dickere Moospolster.

Zusätzlich zu den vegetationsökologischen Untersuchungen soll abschließend eine Bewertung des Plaggens als Pflegemaßnahme erfolgen. Da sich Ökosysteme aber nicht als zu bewertende Objekte eignen (vergleiche KÜSTER 2012), soll in dieser Arbeit kurz auf den Begriff „Landschaft“ hingewiesen werden. Abschließend wird versucht, den Erhalt der Heiden durch das Plaggen in den Kontext der Lüneburger Heide als Landschaft einzuordnen.

2. Das Untersuchungsgebiet

Das Naturschutzgebiet „Lüneburger Heide“ befindet sich im norddeutschen Niedersachsen. Es liegt zwischen den drei Städten Hamburg (50 km Entfernung), Bremen (85 km) und Hannover (100 km). Die Verkehrsanbindung ist durch die Nähe zur A 7 (E 45) und zur B 3 gewährleistet.

Insgesamt besitzt das NSG eine Größe von 234,4 km² (MERTENS et al. 2007: 9). Der größte Teil dieser Fläche wird von Wäldern gebildet. Doch finden sich in diesem Gebiet auch großräumige Heideflächen (Abb. 2.1), deren ästhetische Antizipation zu Beginn des 20. Jahrhunderts maßgeblich dazu beitrug, dass 1909 auf private Initiative die Unterschutzstellung des Gebietes ihren Anfang nahm (vergleiche KEIENBURG & PRÜTER 2006).

Geologische Verhältnisse

Das Gebiet der heutigen Lüneburger Heide ist insbesondere durch glaziale Einflüsse im Quartär geprägt. Begrenzt wird es heute durch das Urstromtal der Aller im Süden und durch das Elbe-Urstromtal im Norden, sichtbare Zeugnisse der riesigen Wasser-

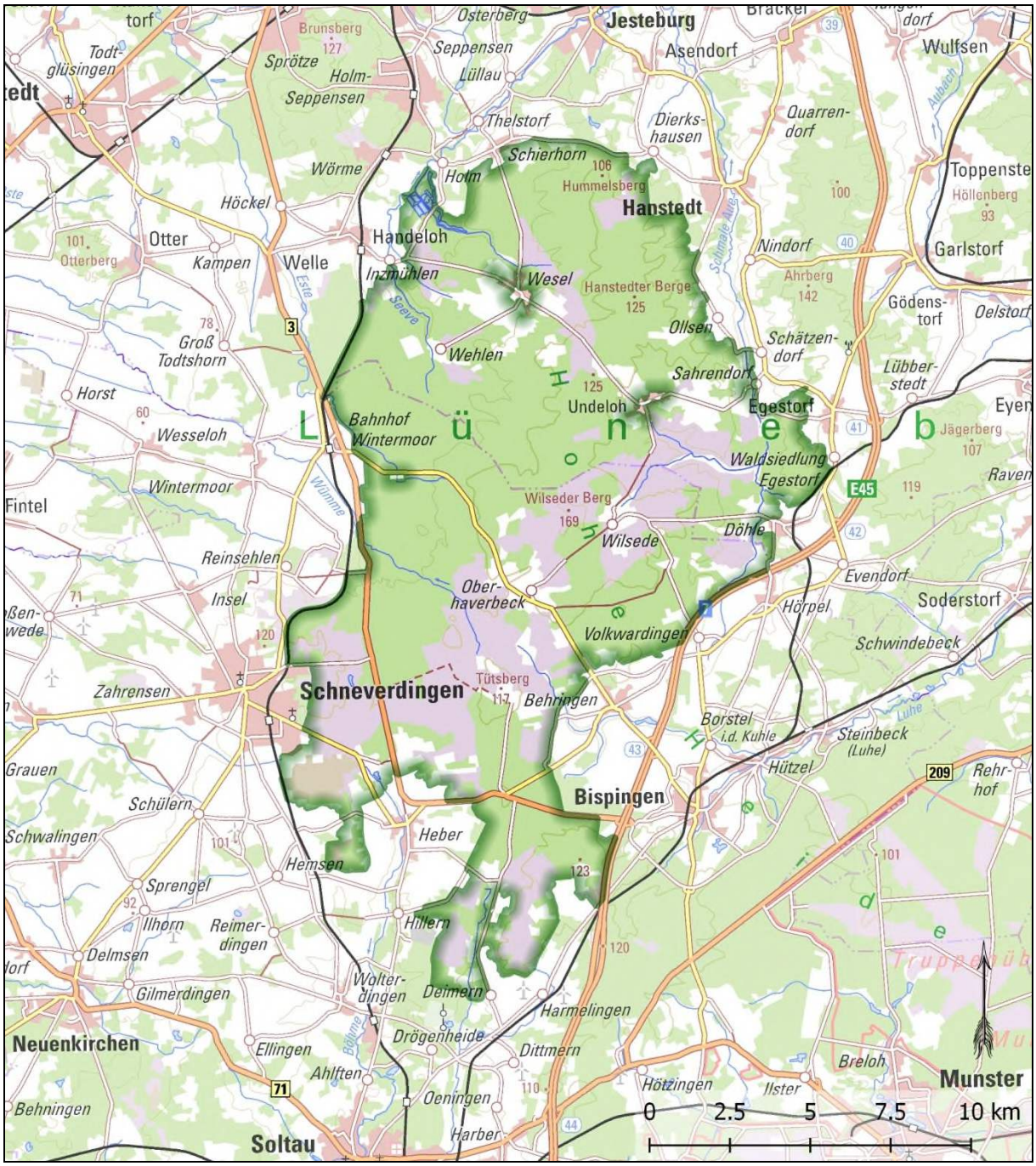
massen, welche sich nach dem Abschmelzen der Gletscher ihren Weg bahnten. Ebenfalls markante Zeugnisse der Vereisungen sind die Endmoränenzüge der naturräumlichen Haupteinheit der Hohen Heide (MEISEL 1964), deren bekannteste Erhebung der Wilseder Berg mit 169 m ü. NN ist (ebd. S. 20). Der Haupthöhenzug zieht sich in einer geschwungenen Linie von Norden nach Süden durch das Gebiet (Abb. 2.1).

Vor Beginn des Pleistozäns war der Raum der Lüneburger Heide unter anderem bestimmt durch mächtige Schichten aus Zechsteinsalz, die wiederum unter vielen Metern Meeresablagerungen begraben waren. Wird hoher Druck auf Salz ausgeübt, so kommt es zu einer Plastizität von diesem, also zu Verformungen, Wanderungen und letztlich zu einem Aufsteigen des Salzes an schwächeren Stellen der oberen Schichten. Jüngere Ablagerungen werden durch die sogenannten Diapire nach oben gestoßen, schräg gestellt oder durchbrochen[4] (SCHWARZ 2013: 125).

In der Elster-Kaltzeit (vergleiche Abb. 2.4) kam es nach heutigen Erkenntnissen zu zwei Eisvorstößen, welche jeweils auch das Gebiet der Lüneburger Heide mit Gletschern aus Skandinavien überfuhren (MESCHEDE 2015: 221, SCHWARZ 2013: 126). Ablagerungen aus dieser Zeit sind jedoch nicht beziehungsweise nur durch Bohrungen zu finden, da glaziale Ablagerungen des jüngeren Saale-Komplexes elsterzeitliche Strukturen überlagert haben (SCHWARZ 2013: 126).

Vor etwa 310.000 Jahren begann die Zeit des so genannten Saale-Komplexes (vergleiche Abb. 2.4). Dieser zeichnet sich durch mehrere Kältephasen und Vereisungen aus. Von besonderer Relevanz sind an dieser Stelle zwei mächtige Eisvorstöße: das Haupt-Drenthe-Stadium und das jüngere Warthe-Stadium, die zu einem durch Elemente der glazialen Serie geprägten Relief führten (SCHWARZ 2013: 128). Das im Saale-Komplex entstandene Relief wurde in der nachfolgenden Eem-Warmzeit und vor allem in der letzten Kaltzeit, der Weichsel-Kaltzeit, überprägt. Zwar stießen in letzterer die Gletscher nicht mehr bis in das Gebiet der Lüneburger Heide vor; es kam jedoch durch die herrschenden klimatischen Verhältnisse und die dadurch bedingte geringe pflanzliche Bedeckung des Gebiets zu Erosionsprozessen und Fließbewegungen von oberflächlich aufgetautem Permafrost. Auf diese Weise wurden ursprünglich ausgeprägte Geländestrukturen eingeebnet (BOESS 2013: 136).

[4] Letzteres ist beispielsweise bei Lüneburg geschehen und sorgte als industriell genutzter Salzstock für eine Jahrhunderte lang währende Blüte der Stadt.



Digitale Topographische Karte (1 : 250.000) © GeoBasis-DE/BKG 2018. Erweitert durch Grenzangaben des NSG „Lüneburger Heide“ © 2018, geodaten@nlwkn-dir.niedersachen.de.

Abb. 2.1 Lage und Abgrenzug des Naturschutzgebietes „Lüneburger Heide“. Das Naturschutzgebiet ist hervorgehoben. Die Ausdehnung der Heideflächen (lila) ist gut zu erkennen, genauso wie der Haupthöhenzug der Endmoränen. Die jeweils höchsten Erhebungen sind entsprechend benannt (zum Beispiel die Hanstedter Berge und der Wilseder Berg). Maßstab: 1 : 200.000.

Klimatische Verhältnisse

Die Elemente des Klimas der Lüneburger Heide sind insbesondere durch Westwinde geprägt. Atlantische Einflüsse spiegeln sich in ausgeglichenen Witterungsverhältnissen sommers und winters wider (HEINEMANN 2013: 112). Per Definition befindet sich das NSG in der gemäßigten, subatlantischen Zone (vergleiche KEIENBURG & PRÜTER 2006).

Die höheren Lagen des Naturraums der Hohen Heide bedingen eine mittlere durchschnittliche Jahrestemperatur unter 8,4 °C (gemessene Jahresmitteltemperatur in Soltau, HEINEMANN 2013: 114). Zusätzlich führt der Haupthöhenzug der Endmoränen zu einem Unterschied in der Quantität der Niederschläge zwischen West und Ost. Dieser Effekt wird durch die nach Osten hin zunehmende Kontinentalität verstärkt. So werden um Wilsede jährliche Niederschlagsmengen von gut 800 mm gemessen, während östlich des NSG bei Lüneburg lediglich etwa 600 mm jährlichen Niederschlags verzeichnet werden (HEINEMANN 2013: 113).

Bodenkundliche Verhältnisse

Die klimatischen Voraussetzungen und geologischen Gegebenheiten bedingen im Zusammenspiel mit der Vegetation (Kapitel 3) und menschlichen Einflüssen (siehe unten) die Entwicklung von Heidepodsolen in der Lüneburger Heide (vergleiche BOESS 2013). Dieser Bodentyp ist durch eine Mineralstoffarmut und sehr niedrige pH-Werte gekennzeichnet. Zwar entstanden in der Eem-Warmzeit zunächst unter waldbildender Vegetation Braunerden, doch führten anthropozoogene Einflüsse dazu, dass sich immer wieder Heidevegetation mit dem dominierenden Zwergstrauch *Calluna vulgaris* (Besenheide) großflächiger durchsetzen konnte. Die schwer zersetzbare Streu der Besenheide (reich an Polyphenolen und Lignin) führte im Zusammenspiel mit einer geringen Pufferkapazität des Bodens zu einer Versauerung und zu einem Anwachsen der Rohhumusschicht. Ein niedriger pH-Wert senkt die mikrobielle Aktivität und limitiert die Lebensmöglichkeiten bodendurchwühlender Organismen, sodass die Degradation des Bodens zusätzlich befördert wurde. Die hohen Niederschläge und die hohe Wasserdurchlässigkeit der während der Saale-Kaltzeit abgelagerten Kiese und Sande (MEISEL 1964: 20) ermöglichten Auswaschungen der durch den niedrigen pH-Wert mobilisierten Eisenionen und Mineralstoffe (vergleiche BLUME et al. 2010). In tieferen Bodenschichten fallen die Eisenionen wieder aus und resultieren in einer verhärteten Schicht.[5] Diese physikalischen und chemischen Vorgänge zeigen sich in der Ausprä-

[5] Zur Erklärung des Ausfallens von Eisenionen stehen unter anderem die Protonenkonzentration, die Überschreitung des Löslichkeitsporduktes von Eisen und Polymerisation von Stoffen, die letztlich zu großen, unlöslichen Makromolekülen führt, zur Debatte (vergleiche WIECHMANN 1978, STAHR et al. 2008: 80).

gung eines charakteristischen Podsolprofils (Abb. 2.2). Der ausgebleichte A-Horizont erscheint grau. Darunter befindet sich der oft als Ortstein oder Orterde verhärtete B-Horizont, der von vielen Pflanzenwurzeln nicht durchdrungen werden kann. Auch deshalb kommt es zu einer fast völlig fehlenden Vermischung der einzelnen Bodenschichten. Der niedrige pH-Wert des Bodens führt zusammen mit einer Armut verfügbarer Mineralstoffe dazu, dass auf den Heidepodsolen Pflanzen konkurrenzfähig sind, die sich an anderen Standorten nicht etablieren könnten (vergleiche Kapitel 3).

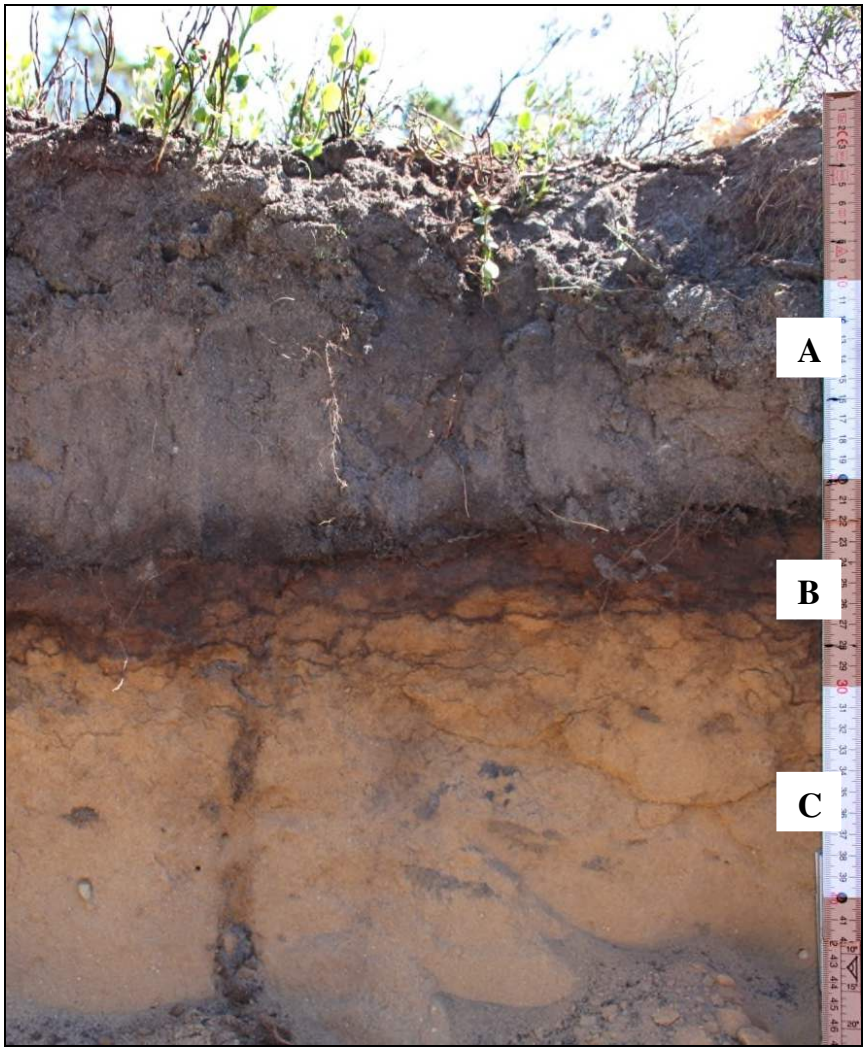


Abb. 2.2: Ein in der Lüneburger Heide aufgenommenes Podsolprofil zeigt deutlich die Charakteristika dieses Heidebodens: Der ausgebleichte A-Horizont reicht bis in eine Tiefe von 20 cm. Darunter stellt sich der B-Horizont als verfestigte Schicht (Orterde/Ortstein) dar, die nur von wenigen Pflanzenwurzeln durchdrungen werden kann (links im Bild). Darunter schließt sich der C-Horizont mit dem Ausgangsgestein an. Im Bild zu erkennen ist die typische Vegetation aus Heidekrautgewächsen (*Vaccinium myrtillus* und *Calluna vulgaris*). Foto: Annika Maria Kruse, 6.6.2018.

Die Entstehung des Bodens sowie die Dominanz der typischen Heidevegetation wurden durch anthropozoogene Einflüsse verstärkt: Einschneidende Veränderungen der menschlichen Kultur markierten den Beginn des Neolithikums. Ackerbau und Viehzucht veränderten das Verhältnis von Mensch zu Natur und breiteten sich aus. Um etwa 6500 erreichten sie das Gebiet der Lüneburger Heide (vergleiche ANHUF et al. 2003). Unter bronzezeitlichen Grabhügeln gefundene Podsole deuten darauf hin, dass es schon früh zu zeitweiligen Etablierungen von Heidelandschaften kam (vergleiche KEIENBURG & PRÜTER 2006). Vor circa 2500 Jahren konnte in Pollendiagrammen ein deutlicher Anstieg von *Calluna*-Pollen entdeckt werden. Zusammen mit anderen siedlungszeigenden Arten (zum Beispiel *Plantago lanceolata*) und einem Rückgang von Gehölzen deuten diese Aspekte auf eine Heideausbreitung hin, die anthropozoogen bedingt war (vergleiche HÜPPE 1993). Die geologischen und klimatischen Gegebenheiten begünstigten die Dominanz von *Calluna,* was wiederum zu einer Verringerung der Bodenfruchtbarkeit führte (vergleiche Kapitel 3). Die Wälder konnten sich zwar bedingt regenerieren, doch die Bewirtschaftung einhergehend mit (Brand-)Rodungen verhinderte immer wieder ein Aufkommen von Gehölzen.

Ab dem Mittelalter etablierte sich die so genannte Heidebauernwirtschaft in dem kargen, mineralstoffarmen Geestgebiet. In dieser Bewirtschaftungsweise versuchte man, Mineralstoffe aus den Heiden zu entziehen, um mit ihnen wenige Äcker in Dreeschwirtschaft zu bestellen (vergleiche ELLENBERG & LEUSCHNER 2010, PELTZER 1975, KEIENBURG & PRÜTER 2006). Am Ende des 18. Jahrhunderts erreichten die Heiden ihre größte Ausdehnung (Abb. 2.3).

Dieser Prozess – von den ersten anthropozoogenen Heiden bis zu ihrer größten Ausdehnung – dauerte insgesamt etwa 5.000 Jahre. Der Rückgang der Heiden erfolgte in vergleichsweise kurzer Zeit (vergleiche Abb. 2.4). Wirtschaftliche Faktoren wie die Verkopplung, zunehmende Importe (von Wolle) als Konkurrenz zur heimischen Schafswolle und die künstliche Synthese von Stickstoffdünger ab der Mitte des 19. Jahrhunderts führten dazu, dass sich die mühsame Plaggenwirtschaft nicht mehr rentierte. Es wurde angestrebt, das Gebiet aufzuforsten.

Anfang des 20. Jahrhunderts breitete sich aber eine Sichtweise aus, welche Heidelandschaften als besonders schön wahrnahm (vergleiche Kapitel 4). 1906 wurden die ersten Flächen im Gebiet aufgekauft, 1909 kam es zur Gründung des Vereins Naturschutzpark (VNP) und 1922 wurden sie als eines der ersten Naturschutzgebiete in Deutschland unter Schutz gestellt (vergleiche KEIENBURG & PRÜTER 2006). Um die heutigen Heideflächen zu erhalten, ist es notwendig, durch maschinelle und sonstige Pflegemaßnahmen frühere Einflüsse gleichsam nachzuahmen. Als Pflegemaßnahmen werden heute Beweidung, Brand, Mahd, Schoppern und Plaggen verstanden.

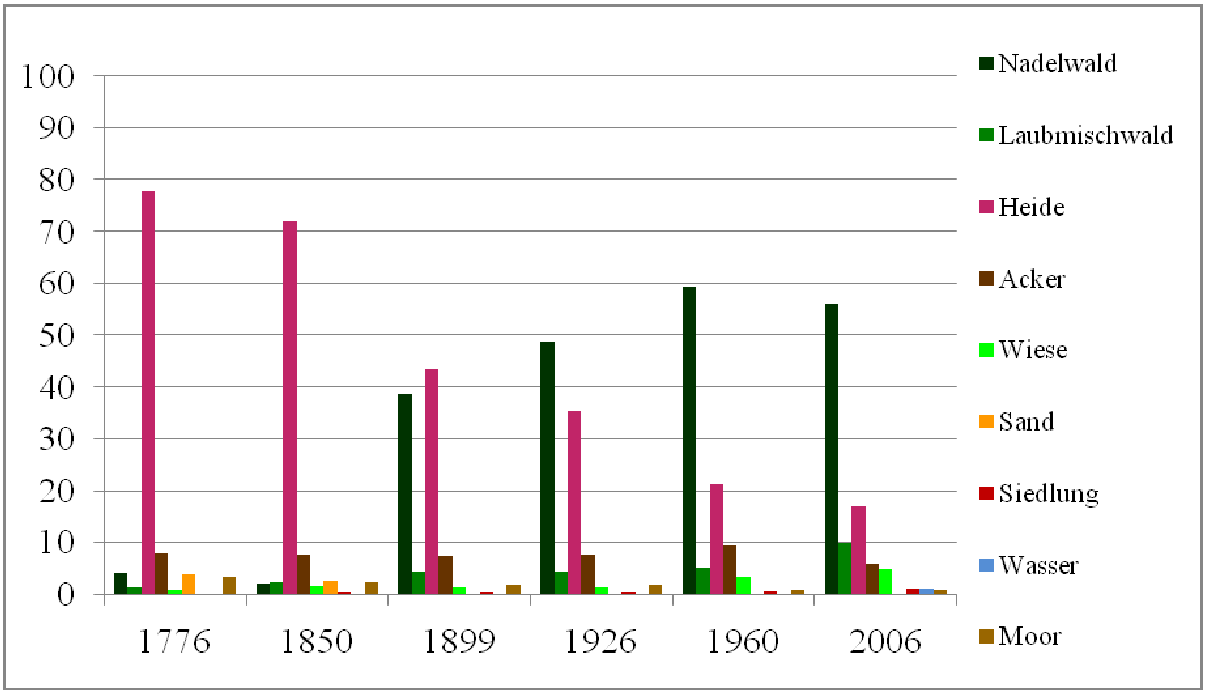


Abb. 2.3: Prozentuale Flächenzusammensetzung im Gebiet des NSG „Lüneburger Heide“ (gestaltet nach Angaben aus PELTZER 1975, MERTENS et al. 2007 und KÖPSELL 2001).

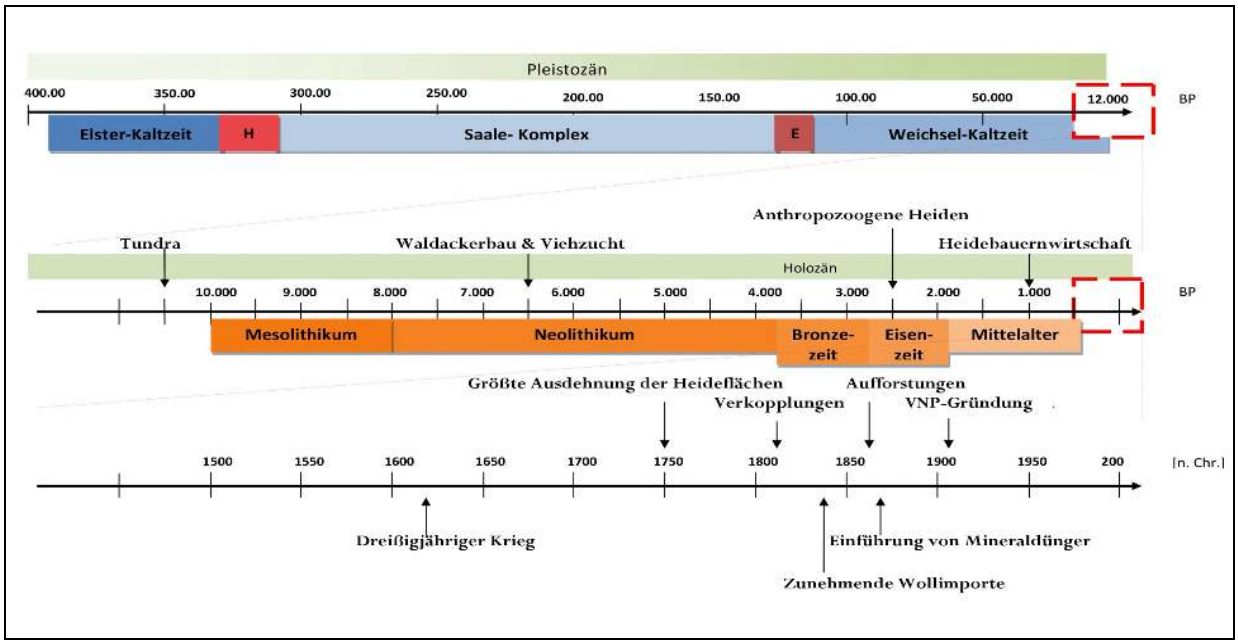


Abb. 2.4: Darstellung wichtiger (erd-)geschichtlicher Vorgänge, die zur Entstehung der heutigen Lüneburger Heide als Landschaft führten. Während der obere Zeitstrahl die Zeit von vor 400.000 Jahren bis heute umfasst, zeigen die beiden unteren nur deutlich kürzere Zeiträume (gekennzeichnet durch die roten Umrandungen auf dem jeweils darüberliegenden Zeitstrahl). H = Holstein-Warmzeit, E = Eem-Warmzeit. Weitere Erläuterungen im Text (nach HÜPPE 1993, KÜSTER 2010, MESCHEDE 2015, PELTZER 1975, POTT 1999, SCHWARZ 1997, VÖLKSEN 1984; www.landschaftsmuseum.de).

3. Die Vegetation der Heiden

Die heutige Heidevegetation ist geprägt durch die Dominanz von *Calluna vulgaris* (Besenheide). Auf oligotrophen, sauren Böden in Gebieten mit milden Temperaturen und hohen Niederschlägen besitzt die Besenheide eine hohe Konkurrenzkraft. Unter anderem ist diese bedingt durch eine Symbiose mit Pilzen (Mykorrhiza). Die ericoide Mykorrhiza ist bei den Ericaceae weit verbreitet. Die von Pilzhyphen durchwachsenen Wurzeln werden insgesamt besser mit Mineralstoffen wie Stickstoff und Phosphor versorgt. Dies liegt darin begründet, dass die Pilzpartner Enzyme sekretieren, welche diese limitierenden Elemente aus organischen Komplexen im Boden mobilisieren und für die Pflanzen verfügbar machen (vergleiche CAIRNEY & MEHARG 2003). Des Weiteren weist *Calluna* eine erhöhte Toleranz gegen das für Pflanzen eigentlich toxische Aluminium(III)-Ion auf, welches bei niedrigem pH die vorherrschende Form des Aluminiums ist, und kann sich dadurch besonders gut an sauren Standorten etablieren (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010: 864).

Den charakteristischen Lebenszyklus von *Calluna* beschreibt GIMINGHAM (1972): Nach der Pionierphase (drei bis sechs Jahre) folgt die Aufbauphase (bis 15 Jahre), in der *Calluna* die höchsten Deckungsgrade erreicht. In der Reifephase befinden sich Individuen mit einem Alter von 20 bis 25 Jahren. Die Deckungsgrade nehmen ab, ältere Triebe neigen sich zu den Seiten und deuten bereits an, was sich in der Degenerationsphase (25 bis 35 Jahre, Abb. 3.1) vollendet: Die Zwergsträucher beginnen in der Mitte abzusterben. Teilweise bewurzeln sich niederliegende Zweige adventiv und treiben neu aus.

Aber nicht nur *Calluna* ist typisch für die Heidevegetation der Lüneburger Heide. Die auf den ersten Blick recht artenarm anmutende Landschaft bietet Lebensraum für viele andere Arten der Flora und Fauna. Die Ginsterarten *Genista pilosa* (Abb. 3.2), *Genista anglica*, *Cuscuta epithymum* (Quendel-Seide) und Flechten der Gattung *Cladonia* sind nur einige Beispiele.

In der Pflanzensoziologie wird als typische Assoziation der Lüneburger Heide das *Genisto pilosae-Callunetum* BRAUN beschrieben (KAISER 2015b: 59). Neben der typischen Form kommen Ausbildungen mit *Empetrum nigrum* (Krähenbeere) und *Vaccinium myrtillus* (Heidelbeere) vor. Beide besiedeln eher absonnige Hänge oder finden sich im Schatten von Gehölzen (vergleiche PREISING et al. 2012, KAISER 2015b). In der typischen Form des *Genisto pilosae-Callunetum* werden verschiedene Varianten beschrieben. An trockenen, armen Standorten sind Ausbildungen zu finden, die sich durch Flechtenreichtum hervorheben (Variante mit *Cladonia*). An anlehmigen oder lehmigen Standorten etabliert sich ein anderes Artinventar mit *Danthonia decumbens*

(Dreizahn), *Carex pilulifera* (Pillen-Segge) und *Galium saxatile* (Harzer Labkraut) (Variante mit *Danthonia*).



Abb. 3.1: Alte Besenheide mit niederliegenden Trieben ist kennzeichend für die von GIMINGHAM (1972) beschriebene Degenerationsphase (Foto: A. Kruse 2018).



Abb. 3.2: Die Ginsterarten *Genista anglica* und *Genista pilosa* sind typisch für die Sandheiden im NSG „Lüneburger Heide“. Hier: *Genista pilosa* (Foto: A. Kruse 2018).

An Stellen, die sich durch höhere Staunässe oder Übersandung auszeichnen, kann jeweils die Variante mit *Molinia* vorkommen, die vor allem durch hohe Stetigkeit und Deckung von *Molinia caerulea* (Pfeifengras) und *Erica tetralix* (Glockenheide) abgegrenzt werden kann (vergleiche PREISING et al. 2012). In überalterten Heidebeständen kann *Deschampsia flexuosa* (Draht-Schmiele) zur Dominanz gelangen. Aufgrund physiologischer Unterschiede sind *Calluna* und Vertreter der Süßgräser unter unterschiedlichen Standortausprägungen konkurrenzstärker. Hier sind insbesondere die Mächtigkeit der Rohhumusschicht und die Einträge atmogener Stickstoffe relevant (vergleiche ELLENBERG & LEUSCHNER 2010).

Plaggen als Pflegemaßnahme zur Erhaltung der Heidevegetation

Nachdem sich die Wälder auf den Böden der Geest in Norddeutschland nach langer Nutzungsdauer (Waldackerbau, Streuentnahme zur Düngung, Rodungen, Viehhaltungen) nicht mehr schnell genug regenerieren konnten, breiteten sich Zwergstrauchheiden immer weiter aus. Mit der Vegetation änderte sich auch die Bewirtschaftungsweise. Die Zeit der historischen Heidebauernwirtschaft brach an. Neben der Immenwirtschaft und Schafhaltung wurden auch Äcker bestellt. Die sich räumlich und zeitlich ergänzenden Nutzungen der Heiden führten unter anderem durch Zurückdrängen von Gehölzen dazu, dass *Calluna vulgaris* konkurrenzstark blieb: Beweidung, Mahd, Brand und Plaggen (vergleiche LINDEMANN 1993, ELLENBERG & LEUSCHNER 2010). Plaggenhieb entfernte stellenweise die Vegetation samt Rohhumusauflage. Durch Verwendung als Stallstreu wurde die Anreicherung mit Mineralstoffen der Plaggen gewährleistet. Diese dienten schließlich als Düngematerial für die kargen Äcker. So kam es kontinuierlich zu einem Mineralstoffaustrag aus den Heideflächen (vergleiche ELLENBERG & LEUSCHNER 2010).

Durch das Verschwinden der traditionellen Nutzungsformen und verstärkte Bemühungen, die Flächen aufzuforsten, kam es am Ende des 19. Jahrhunderts zu einem Rückgang der Heiden. Auch nach der Gründung des Vereins Naturschutzpark e. V. (VNP) zeigten sich Probleme in dem Erhalt der Zwergstrauchheiden. In den 1920er Jahren wurden als Konsequenz massenhafter Fraßschäden durch den Heideblattkäfer (*Lochmaea suturalis*) befallene Flächen geplaggt. In der Folge entwickelten sich auf den Flächen junge, vitale Bestände von *Calluna vulgaris* (LINDEMANN 1993: 27). Mitte des 20. Jahrhunders wurde das Plaggen von Flächen nicht mehr durchgeführt. Erst ab 1985 wurden wieder einige Flächen dieser Pflegemaßnahme unterzogen (MERTENS et al. 2007: 79).

Die Pflegemaßnahme des Plaggens kann als ein Aufgreifen der traditionellen Nutzungsformen verstanden werden – allerdings mit anderen Zielen. Ging es in früherer

Zeit darum, den Anbau lebenswichtiger Feldfrüchte möglich zu machen, so geht es heute darum, die Heiden zu erhalten. Eine Landschaft, die über Jahrhunderte entstanden ist, wird heute unter großem finanziellem Aufwand in Relikten erhalten. So kann man sagen, dass die heutige Pflege und Bewirtschaftung der Lüneburger Heide zu dem Erhalt der Vegetationsgestalt früherer Zeiten führen und auf diese Weise „Lebensformen und Ideen früherer Gesellschaften auch in der Gegenwart noch in vielfältiger Weise wirkende Realität sind“ (SCHMITHÜSEN 1964: 167).

Das heutige Plaggen wird maschinell durchgeführt. Die Vegetation wird samt Rohhumusschicht und Teilen des Oberbodens abgetragen. Es werden unterschiedliche Maschinen eingesetzt, die sich vor allem in der Tiefe des Abplaggens, dem Abtransport des Materials und der Möglichkeit zur Anpassung an das Geländerelief unterscheiden (vergleiche KOOPMANN & MERTENS 2004).

Durch den Abtrag der Rohhumusschicht wird es *Calluna vulgaris* ermöglicht, sich generativ zu verjüngen. Je nach Plaggtiefe erfolgt die Regeneration aus der Samenbank im Boden mehr oder weniger schnell. Andere heidetypische Arten müssen in der Mehrzahl von außen wieder in die Fläche einwandern. So ist beispielsweise *Deschampsia flexuosa* nicht in der Lage, eine beständige Samenbank im Boden aufzubauen (vergleiche LINDEMANN 1993).

Neuere Forschungen richten ihr Augenmerk auf die Mineralstoffbilanz der einzelnen Pflegeverfahren, da gerade anthropogene Einträge von Stickstoff, Phosphor und Schadstoffen in die Flächen große Auswirkungen auf die vorhandene Vegetation haben. So scheinen Gräser durch die erhöhten Stickstoffeinträge in Heideökosysteme einen erheblichen Konkurrenzvorteil gegenüber der Besenheide und anderen Arten zu gewinnen (vergleiche ELLENBERG & LEUSCHNER 2010). Jährlich gelangen etwa 23 kg Stickstoff pro Hektar und Jahr in die Flächen der Lüneburger Heide (BÄHRING et al. 2017: 3). Dabei werden reduzierte (Ammonium) und oxidierte (NO_x) Stickstoffverbindungen zu etwa gleichen Teilen eingetragen (vergleiche HÄRDTLE et al. 2004). Demgegenüber steht jeweils der Austrag, der durch einzelne Pflegemaßnahmen erzielt wird. Der Effekt des Austrags von Mineralstoffen durch die verschiedenen Pflegemaßnahmen wird in der Literatur durch die theoretische Wirkungsdauer (TWD) angegeben (vergleiche HÄRDTLE et al. 2004). Damit soll ausgedrückt werden, wie viele Jahre theoretisch verstreichen müssten, um den Elementaustrag durch die Pflegemaßnahmen wieder zu kompensieren. Für das Abplaggen von Flächen wird eine TWD von 89,2 Jahren angegeben (HÄRDTLE et al. 2004: 123).

Die Anwendung von Plaggen als Pflegemaßnahme wird seit 1985 vornehmlich über vegetationskundliche Analysen untersucht. Das Anlegen von Dauerbeobachtungsflächen ermöglichte die Untersuchung der Vegetationsentwicklung. So wurden bisher

Untersuchungen über kurzfristige sowie über mittelfristige Entwicklungen der Vegetation auf geplaggten Flächen veröffentlicht (vergleiche FOTTNER et al. 2004, KAISER & STUBBE 2004). Eine langfristige Untersuchung der ab 1985 geplaggten Flächen hat bisher nicht stattgefunden und soll in dieser Arbeit erfolgen.

4. Die Landschaft der Lüneburger Heide

Da abschließend zu den Untersuchungen dieser Arbeit eine generelle Bewertung des Plaggens als Pflegemaßnahme erfolgen soll, folgt an dieser Stelle eine kurze Einführung in den Begriff der Landschaft und weshalb er für abschließende Bemerkungen unerlässlich ist. Gerade in den heutigen Diskussionen über Artenschwund und dem Lösungsansatz „Natur Natur sein zu lassen“[6] ist es wichtig, sich vor Auge zu führen, dass es viele Landschaften und die in ihnen zu findende Biodiversität ohne den Menschen nicht gäbe und sie ohne Eingreifen des Menschen verschwinden würden.

Der Begriff „Landschaft“ ist heutzutage häufig zu lesen. Gerade in der Fachliteratur sind viele Diskussionen über eine Definition zu finden. Dies mag unter anderem daran liegen, dass das Substantiv „Landschaft“ schwer in die semantischen Kategorien Konkreta beziehungsweise Abstrakta einzuordnen ist. Die heutige Bedeutung des Wortes scheint irgendwo dazwischen zu liegen. SCHMITHÜSEN ist ähnlicher Auffassung: „Eine Landschaft […] ist der Inbegriff der Beschaffenheit eines auf Grund der Totalbetrachtung als Einheit begreifbaren Geosphärenteils von geographisch relevanter Größenordnung“ (SCHMITHÜSEN 1964: 162).

Die Geosphäre ist etwas Konkretes, Begreifbares. Doch welcher Teil der Geosphäre wird weshalb als Einheit wahrgenommen? Ähnliche Schwierigkeiten ziehen sich durch viele Aufsätze und Definitionen. Sprachwissenschaftlich kann man die Landschaft als Herberge gleich zweier semantischer Kategorien an der Artikelwahl sichtbar machen. Abstrakta stehen ohne Artikel, Konkreta häufig jedoch mit (zum Beispiel die Geosphäre, die Heide, der Podsol) (GLÜCK 2016: 684). Landschaft kann nun sowohl ohne als auch mit Artikel formuliert werden. So könnte die Überschrift des Kapitels auch grammatikalisch korrekt in „Landschaft (in) der Lüneburger Heide“ geändert werden – dass sich die Semantik in diesem Falle aber ändern würde, steht außer Frage.

Als Konkretum beschreibt der Begriff der Landschaft natürliche Komponenten, die den Naturgesetzen unterliegen und mehr oder weniger durch menschliche Einflüsse geprägt sind. Als Abstraktum grenzt Landschaft diese natürlichen Komponenten ein, sammelt sie zu einer, von den Menschen als Einheit wahrgenommenen Menge zusam-

[6] Vergleiche zum Beispiel www.BUND.net, www.greenpeace.de.

men. In der Diskussion über den Begriff der Landschaft wird dies häufig mit der „Idee der Landschaft“ umschrieben (vergleiche KÜSTER 2012, TREPL 2012). Landschaft als Abstraktum verändert sich so, wie sich die Ideen in der Gesellschaft wandeln. „Es gibt gleichsam einen Ideenvorrat, aus dem die Menschen einer Epoche oder einer Gesellschaft wählen müssen“ (TREPL 2012: 10). So kann auch verstanden werden, dass sich erstens der Landschaftsbegriff und zweitens auch das, was als Landschaft und insbesondere als schöne Landschaft wahrgenommen wird, permanent wandelt.

Im Jahre 1925 ist noch zu lesen, dass jemand, der durch das Gebiet des heutigen NSG „Lüneburger Heide“ fährt „wenig angenehm berührt“ sei „durch die Monotonie der Landschaft“ (GRAEBNER 1925: 1). Etwa zur gleichen Zeit begann aber auch die Entdeckung der Lüneburger Heide als Ausflugs- und Wanderziel. Mitte des 19. Jahrhunderts gab es mehrere Einschnitte, welche zu einem völlig veränderten Umgang mit Entwicklungen der Heide führten (unter anderem die Erfindung von Mineraldünger, Verkopplungen und Wollimporte). Es ist zu vermuten, dass erst diese Änderungen die Wahrnehmung der Heide als eine ästhetische Landschaft (Abb. 4.1) ermöglichten. „Um Natur als ästhetisch schöne Landschaft empfinden zu können, bedarf es einer zweifachen Befreiung des Menschen: der Befreiung von den Fesseln der Natur und der Befreiung von den gesellschaftlichen Fesseln der Unterdrückung“ (PIECHOKI 2010: 142, RAULFF 2015: 58).

Warum ist es an dieser Stelle nun wichtig, einen Blick auf diese philosophisch anmutende Debatte zu werfen? Es ist mit Sicherheit so, dass die vorliegende Arbeit nicht verfasst worden wäre, ja, gar keinen Gegenstand der Behandlung gehabt hätte, wenn nicht die Lüneburger Heide als eine *schöne Landschaft* wahrgenommen werden würde. Es gibt eine Idee von der Heide als Landschaft oder besser: von der Heide als Ideallandschaft. Denn die Lüneburger Heide „ist nicht einfach vorhanden, sie *soll sein*“ (TREPL 2012: 10). Das Vorhandensein von Pflegemaßnahmen zeigt, dass es eine Idee von der idealen Heidelandschaft gibt, die es anzustreben gilt. Zudem soll neben der ökologischen Darstellung des Zustandes alter Plaggflächen auch der Versuch einer Bewertung dieser Pflegemaßnahme unter heutigen Umständen erfolgen. In der Literatur wird aber darauf verwiesen, dass „eine Landschaft bewertet werden kann, ein Ökosystem aber nicht“ (KÜSTER 2012: 100). So soll eine Bewertung im letzten Kapitel dieser Arbeit unter der Betrachtung der Lüneburger Heide als Landschaft erfolgen.



Abb. 4.1: Der Totengrund im NSG repräsentiert die Wahrnehmung der Lüneburger Heide als eine ästhetisch schöne Landschaft (Foto: A. Kruse 2018).

5. Methoden

Um den gegenwärtigen Zustand von Flächen zu untersuchen, auf denen der Abtrag von Plaggen als Pflegemaßnahme[7] länger als 20 Jahre her ist, werden zunächst die Daten von Pflegemaßnahmen[8] gesichtet. Im Vergleich mit den Daten jüngerer Pflegeverfahren (wie beispielsweise Mähen oder Schoppern) können die Flächen beziehungsweise Relikte dieser Flächen ausgemacht werden, auf denen seit dem Jahr der Plaggmaßnahme keine andere Einflussnahme (abgesehen von Entkusseln und Beweidung) stattfand. In dieser Arbeit werden Flächen in insgesamt sechs verschiedenen Gebieten betrachtet. Die Pflegemaßnahme des Plaggens fand auf ihnen zwischen den Jahren 1985 und 1997 statt.[9] Neben dem Untersuchungsgegenstand der alten Plaggflächen sollen zwei Vergleichsgruppen untersucht werden. In der ersten befinden sich Flächen, auf denen die Plaggmaßnahme zwischen 2001 und 2005 durchgeführt wurde. In der zweiten Vergleichsgruppe werden für jedes Gebiet Referenzflächen betrachtet. Auf den

[7] In der vorliegenden Arbeit umfasst der Begriff „Plaggen“ neben dem Abtrag von Vegetation und Teilen des Oberbodens auch dessen Abtransport.
[8] Diese Daten wurden freundlicherweise vom Verein Naturschutzpark e. V. zur Verfügung gestellt.
[9] Flächen, auf denen das Plaggen seit 1985 als Pflegemaßnahme durchgeführt wurde, werden im Folgenden einfach als Plaggfläche bezeichnet.

Referenzflächen wurde kein maschinelles Pflegeverfahren durchgeführt. Sie entsprechen in ihrem Erscheinen stark vergrasten Heiden. Da Plaggflächen vor allem auf eben jenen Heiden angelegt werden, sollen sie dazu dienen, darzustellen, zu welchen Veränderungen das Abplaggen (vor allem hinsichtlich der Konkurrenz zwischen *Calluna vulgaris* und *Deschampsia flexuosa)* führte.

Die Benennung der Gebiete folgt der historischen Namensgebung beziehungsweise der Lage. Zusätzlich werden die Gebiete nummeriert (römische Zahlen). Die Reihenfolge der Zahlenvergabe erfolgt von Nord nach Süd. Die „Heidefläche Undeloh“ (I) liegt nordöstlich der Ortschaft Undeloh. Es schließt sich weiter südlich die „Sahrendorfer Heide“ (II) an, die südwestlich des Hofes Sudermühlen lokalisiert ist. Etwa 2 km südwestlich des Heidedorfes Wilsede findet sich die Heide am „Fürstengrab“ (III). Westlich der Ortschaft Niederhaverbeck liegen die „Ringwallheide“ (IV) und die „Wümmeheide“ (V). Nur wenige Kilometer entfernt befindet sich südlich von Oberhaverbeck „Jungemanns Heide“ (VI) (Abb. 5.1).

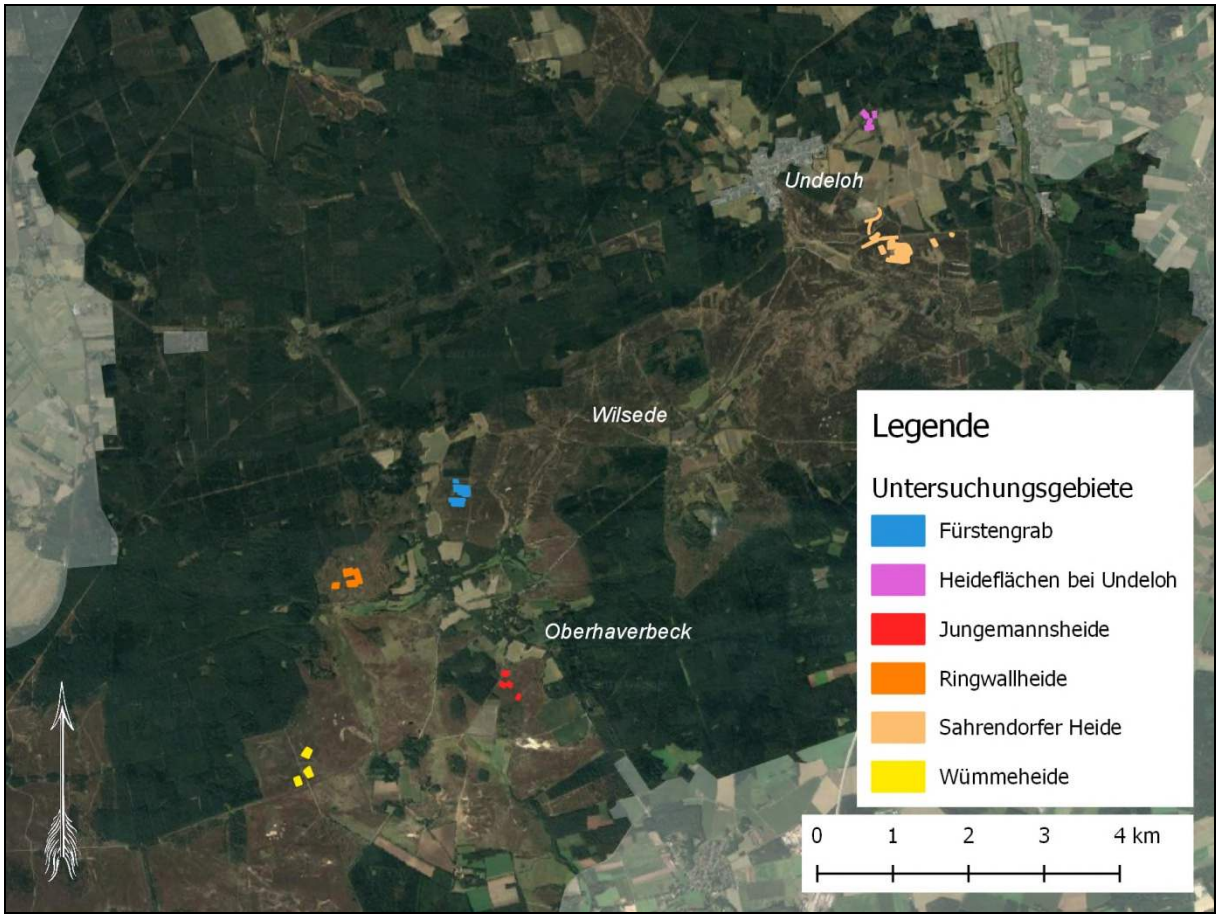
In jedem Gebiet wurden je nach Anzahl der vorhandenen Plaggflächen mehrere Aufnahmeflächen angelegt. Diese wurden ebenfalls durchnummeriert. Jede Aufnahmefläche besitzt anschließend eine individuell zusammengesetzte Kennung, sodass die Einordnung dieser in Gebiet und Untersuchungsgruppe direkt möglich wird. Die erste (römische) Ziffer bezeichnet das Untersuchungsgebiet. Die anschließenden zwei (arabischen) Zahlen beziehen sich auf das Jahr, in dem die Fläche geplaggt wurde. So steht „85“ für das Jahr 1985 und „01“ für das Jahr 2001. An einen Bindestrich schließt sich die Nummerierung der Aufnahmefläche an. Alle Aufnahmeflächen auf Plaggflächen, die in demselben Jahr geplaggt wurden, werden fortlaufend nummeriert. Ebenfalls fortlaufend sind die Referenzflächen nummeriert. Wurden mehrere Aufnahmen pro Plaggfläche angefertigt, so steht hinter der fortlaufenden Nummerierung zusätzlich ein .1 beziehungsweise .2. Jede Fläche besitzt so einen individuellen Code.[10]

5.1 Die Aufnahmeflächen

Die Aufnahmeflächen liegen in unterschiedlichen Gebieten verteilt über das NSG „Lüneburger Heide“ (Abb. 5.1). Sie unterscheiden sich in ihrer Historie und in heutiger Bewirtschaftung. Unter anderem wurden und werden die Gebiete mit ganz unterschiedlicher Intensität beweidet. So wird die Wümmeheide (V) beispielsweise gar nicht beweidet, während die Fläche am Fürstengrab (III) relativ regelmäßig, aber mit geringer Intensität beweidet wird (D. MERTENS, mündliche Mitteilung). Auch im his-

[10] Als Beispiel wurde die Fläche III 86-2.1 im Jahr 1986 abgeplaggt und liegt im Gebiet der Heide am Fürstengrab. Auf der geplaggten Fläche 2 wurden zwei Aufnahmeflächen angelegt und dies ist die erste davon.

torischen Vegetationsbestand unterscheiden sich die Gebiete teilweise. So wurden die Heideflächen am Fürstengrab wohl zunächst im Zuge der Aufforstungsperioden nach Aufbrechen der Ortsteinschichten mit dem Dampfpflug mit Nadelwald bepflanzt. Auf Kartenmaterial von 1966 sind die Flächen dann aber wieder als „Heideflächen auf ehemaligem Nadelwald“ eingezeichnet (NIEDERSÄCHSISCHES LANDESVERWALTUNGSAMT 1966). Insbesondere aus zeitlichen Gründen können in dieser Arbeit die Nutzungsänderungen und die standörtlich unterschiedlichen Bedingungen jedes Gebietes nicht einzeln und differenziert betrachtet werden. Allerdings wird in der Analyse der Daten miteinbezogen, dass die ermittelten Unterschiede auch abhängig von dem jeweiligen Gebiet sein könnten.



© 2018 Google, Kartendaten © 2018 GeoBasis-DE/BKG (© 2009), Google. Erweitert mit den Grenzen des NSG „Lüneburger Heide“ © 2018, geodaten@nlwkn-dir.niedersachen.de.

Abb. 5.1: Die einzelnen Plaggflächen liegen in verschiedenen Untersuchungsgebieten im NSG „Lünebuger Heide“. Maßstab: 1 : 100.000.

5.2 Geländearbeit

Auf den ausgewählten Plaggflächen wurden Vegetationsaufnahmen nach der Methode von Braun-Blanquet durchgeführt (vergleiche DIERSCHKE 1994). Insgesamt wurden in sechs Gebieten 37 Aufnahmen auf den alten Plaggflächen angefertigt. Die Vergleichsgruppe der jüngeren Plaggflächen umfasst 13 Aufnahmeflächen in zwei Gebieten, wohingegen zehn Referenzflächen in sechs Gebieten untersucht werden. Es wurden neben den Gefäßpflanzen auch die Flechten und Moose erfasst (nach JÄGER 2011, WIRTH et al. 2013, FRAHM & FREY 2004).

Neben einer Aufstellung des Artinventars wurden auf jeder Aufnahmefläche physiologische Merkmale dominierender Arten betrachtet und in der vorliegenden Arbeit analysiert. So wurden auf jeder Fläche zehn zufällige Messungen durchgeführt: Mit einem Zollstock wurde die Höhe des dominierenden Zwergstrauches *Calluna vulgaris* gemessen. Es wurde immer vom Boden bis zum höchsten Trieb eines zufällig ausgewählten Astes gemessen. Zwischen abgestorbenen und lebendigen Trieben wurde kein Unterschied gemacht. Neben der Höhe wurde an ebenfalls zufällig ausgewählten Exemplaren von *Calluna* der Stammdurchmesser mit einem Messschieber (Messabweichung ± 0,1 mm) bestimmt. Von jeder Aufnahmefläche wurde der prozentuale Anteil abgestorbener beziehungsweise von *Lochmaea suturalis* (Heideblattkäfer) befallener Triebe von *Calluna* geschätzt. Des Weiteren wurde an zehn zufälligen Messpunkten die Dicke des Moospolsters mit einem Zollstock gemessen und die an dem jeweiligen Punkt vorherrschende Moosart notiert. Zur Messung der Dicke des Moospolsters wude der Zollstock in dieses eingestochen und bis zu der Stelle hinabgeführt, an der fester Untergrund spürbar war. Auf jeder Aufnahmefläche wurde von wenigen Exemplaren der Besenheide direkt über dem Boden ein Stück des Stammes zur Ermittlung der Anzahl von Jahresringen entnommen.

5.3 Analyse der gesammelten Daten

Für alle folgenden statistischen Auswertungen wurde das Programm Microsoft Excel 2007 genutzt.

Zur Analyse der gesammelten Rohdaten wurde zunächst die Vegetationstabelle aller Aufnahmen nach vorherrschenden pflanzensoziologischen Kriterien geordnet (vergleiche DIERSCHKE 1994). Die Einordnung in das pflanzensoziologische System sowie dessen Nomenklatur folgt PREISING et al. (2012). Es wurde angestrebt, eventuelle Unterschiede zwischen den jeweiligen Untersuchungsgruppen (alte Plaggflächen, junge Plaggflächen und Referenzflächen) sowie Unterschiede zwischen den jeweiligen Gebieten herauszuarbeiten.

In den folgenden Betrachtungen sollen einzelne Ergebnisse und die Messungen genauer betrachtet werden. Zunächst wurde ein Augenmerk auf das Artinventar der einzelnen Aufnahmeflächen gelegt. Hierfür wurden die Gesamtartenzahlen verglichen.[11] Anschließend wurden die einzelnen Arten in Kategorien nach Lebensformen (Gehölze, Zwergsträucher, Gräser, Moose und Flechten) geordnet (vergleiche WARNING 1996). Auf dieser Basis wurden die Gruppenanteile (qualitative Betrachtung) und die Gruppenmenge (quantitative Betrachtung) bestimmt (DIERSCHKE 1994: 288). Für die Gruppenanteile wurden die Artenzahlen einer Kategorie durch die Gesamtartenzahl geteilt. In der Gruppenmenge sind zusätzlich die Deckungsgrade relevant. Um darzustellen, wie sich das Artinventar der genannten Kategorien qualitativ und quantitativ in der Zeit ändert, wurden folgende Untersuchungsgruppen gebildet:

- Alte Plaggflächen, die im Zeitraum von 1985 bis 1990 geplaggt wurden,
- alte Plaggflächen, die im Zeitraum von 1991 bis 1996 geplaggt wurden,
- jüngere Plaggflächen aus dem Zeitraum von 2001 bis 2005 und
- die Referenzflächen, auf welchen keine maschinelle Pflegemaßnahme stattfand.

Die ermittelten Stammdurchmesser[12] von *Calluna* jeder Fläche wurden gemittelt und gegen das Jahr der Plaggmaßnahme aufgetragen. Zusätzlich sollte die empirische Streuung aller Werte vom Mittelwert errechnet werden, welcher wiederum gegen die Zeit aufgetragen wurde. Bei jeder Auftragung wurde eine Regression angelegt, um über das Bestimmtheitsmaß Aussagen über das Ausmaß der Korrelation zu ermöglichen. Auf diese Weise sollte ein Bild davon entstehen, inwieweit von einer homogenen beziehungsweise heterogenen Altersverteilung auf den Plaggflächen der jeweiligen Jahre ausgegangen werden kann und ob das relative Alter beziehungsweise die Streuung zeitlich korreliert sind.

Als Aussageparameter für die Vitalität der Individuen von *Calluna* sollten die Bestandshöhe sowie die geschätzten prozentualen Anteile abgestorbener beziehungsweise von *Lochmaea* befallenen Triebe betrachtet werden. Es wurden Faktoren bestimmt, welche die Unterschiede zwischen den Flächen erklären können. Dazu wurde eine multiple lineare Regression durchgeführt.

[11] Exklusive Gehölzarten. Da regelmäßige Entkusselungen vom VNP durchgeführt werden, wäre die Vergleichbarkeit nicht gewährleistet. Zudem ist das Gehölzaufkommen auf den Flächen maßgelblich von der Nähe zum Waldrand beziehungsweise einzeln in der Fläche stehenden Bäumen abhängig.

[12] Um die Altersverteilung von *Calluna vulgaris* auf den Flächen darzustellen, wurde angenommen, dass der Stammdurchmesser als ein repräsentatives Maß für das Alter des jeweiligen Triebes dienen kann. Zur Kontrolle wurde durch Stammproben, die auf jeder Fläche entnommen wurden, eine lineare Regression durchgeführt und der Stammdurchmesser gegen die Anzahl an Jahresringen aufgetragen (siehe Anhang).

Da neben *Calluna vulgaris* die Arten *Hypnum jutlandicum*, *Pleurozium schreberi* und *Dicranum scoparium* in hoher Stetigkeit vorkommen und durch die Neigung zur Polsterbildung von großer Relevanz für den Zustand einer Heidefläche zu sein scheinen, wurden Moospolsterdicke und Artverteilung auf zeitliche beziehungsweise räumliche Korrelation hin untersucht.

6. Ergebnisse

Die auf den Flächen ermittelten Vegetationsaufnahmen nach der Methode von Braun-Blanquet (DIERSCHKE 1994) wurden je nach ermittelten Pflanzenarten und Deckungsgraden geordnet. In der Herausarbeitung der Assoziationen beziehungsweise der Varianten wurde sich maßgeblich an PREISING et al. (2012) orientiert.

Die Pflanzengesellschaften der Heiden im NSG werden dem *Genisto pilosae-Callunetum* zugerechnet (Tab. 6.1). Als Charakterarten der höheren Einheiten kommen in allen Vegetationsaufnahmen mit hoher Stetigkeit *Calluna vulgaris* und *Hypnum jutlandicum* vor. Als Differentialarten gegenüber verwandten Gesellschaften finden sich in beinahe allen Flächen *Dicranum scoparium*, *Pleurozium schreberi* und *Deschampsia flexuosa*.

Betrachtet man das Artinventar auf der Ebene der Assoziation, so wird deutlich, dass wichtige Charakterarten fehlen. *Genista pilosa* und *Genista anglica* finden sich nur in sehr wenigen Aufnahmeflächen. *Cuscuta epithymum* und *Dicranum undulatum* (Differentialart) wurden nicht gefunden. Für das *Genisto pilosae-Callunetum* werden in der Literatur basierend auf Vegetationsaufnahmen vier Varianten unterschieden: Auf trockenen, sehr armen Sandböden findet sich die flechtenreiche Variante mit vielen Arten aus der Gattung *Cladonia* (KAISER 2015b: 60). An anlehmigen Standorten finden sich andere Arten, wie *Carex pilulifera*, *Danthonia decumbens*, *Galium saxatile*, *Nardus stricta* und *Luzula campestris*. Beide Ausprägungen sind an feuchteren Standorten zusätzlich durch das Vorkommen von *Molinia caerulea* und *Erica tetralix* abgrenzbar (PREISING et al. 2012).

Tab. 6.1: Sämtliche Vegetationsaufnahmen aller Flächen sind geordnet in einer Vegetationstabelle dargestellt. a = Variante mit *Cladonia*, c = Variante mit *Danthonia*, b und d = jeweils Variante mit *Molinia* (syntaxonomische Gliederung nach PREISING et al. 2012). Die Größe aller Aufnahmeflächen betrug 20 m².

laufende Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
Geländenummer	II 05-3	IV 87-4.1	II 02-2	I 96-4.2	II 05-1	II 05-2	III 85-1	I 96-2.2	I 96-3.1	I 96-3.2	VI 96-8	III 02-3.2	I 96-4.1	II 01-1	III 02-3.1	III 02-4.1	VI 96-5.1	I 96-1	IV 87-7.1	VI 96-7	III 85-2	II R3	II 01-2	II 01-3	IV R 6	IV R7	VI 96-6.2	VI 96-6.1	IV 87-5.2	III 86-1.1	II R4	III 86-2.1	III 86-2.2	III 94-1.1	II 87-1	I R1	III R6	VI R9	III 94-1.2	III R5	II 87-3.2	III 02-4.2	III 02-5.1	III 02-5.2	VI R8	I 96-2.1	III 86-1.2	II 87-3.1	II 02-1	VI 96-5.2	IV 87-4.2	IV 87-5.1	V 93-1	V 93-2	V 93-3	I R2	IV 87-7.2	II 87-2	IV 87-6
Plaggmaßnahm.	05	87	02	96	05	05	85	96	96	96	96	02	96	01	02	02	96	96	87	96	85	-	01	01	-	-	96	96	87	86	-	86	86	94	87	-	-	-	94	-	87	02	02	02	-	96	86	87	02	96	87	87	93	93	93	-	87	87	87
Aufnahmedatum	Jun	Mai	Jun	Jun	Jun	Jun	Jun	Jun	Jun	Jun	Mai	Jun	Jun	Jun	Jun	Jun	Mai	Jun	Mai	Mai	Jun	Jun	Jun	Jun	Mai	Mai	Mai	Mai	Mai	Jun	Jun	Jun	Jun	Jun	Jun	Jun	Jun	Jun	Jun	Jun	Jun	Jun	Jun	Jun	Jun	Jun	Jun	Jun	Jun	Mai	Mai	Mai	Jun	Jun	Jun	Jun	Mai	Jun	Mai
Gesamtdeckung	80	90	95	98	82,5	75	95	100	100	100	90	75	98	95	75	70	95	100	95	100	98	100	95	95	85	95	95	98	80	100	95	95	100	100	100	90	90	100	98	85	100	75	75	75	100	98	100	98	90	100	75	80	100	98	95	80	90	100	95
Krautschicht [%]	60	40	85	65	70	60	50	50	65	65	60	70	70	70	70	65	50	50	50	40	40	40	85	90	50	35	45	45	60	60	15	50	60	70	40	5	40	15	70	30	50	70	60	70	< 5	55	65	50	75	55	37,5	50	60	60	60	5	65	40	40
Moosschicht [%]	50	70	65	90	35	10	95	90	90	95	75	30	90	80	25	30	80	95	75	95	98	65	50	55	50	50	70	75	65	95	85	90	98	98	95	65	65	9	95	60	95	25	35	30	90	80	98	95	60	95	60	70	95	95	90	40	65	90	95
Krautschicht [cm]	34,	46,1	44,7	49,4	29,3	32,7	66,4	51,3	58,5	59,7	66,6	35,3	59,4	46,1	32,1	39,8	45,8	58,1	47,5	68,8	61,8	40,1	35,5	37,8	39,4	35,7	68	65,5	47,2	66,4	41	57,7	68,6	57,9	57,1	45,2	50,2	-	56,2	45,7	59,3	34,7	36,9	39,6	-	46,8	67,7	54,8	49	46,2	40,1	48,7	60,3	62,5	80,3	40,3	53,4	68,8	41,6
Moosschicht [cm]	2,4	5,97	5,6	8,1	2,4	2,5	8	8	5,8	5,9	5,65	4,3	8,9	7,1	4,8	4,5	8,84	7,6	5,6	10	8,2	3,9	2,7	4,9	4,8	4,9	7,32	12,1	6,2	8,8	7,1	7,2	9,3	6,8	7,1	3,3	3,6	4,8	7,4	4	10,4	4,2	5	4,7	5,8	7	7,9	10,9	5,4	8,55	3,83	5,26	7,9	8,8	12,8	2,7	3,7	6,1	5,4
Artenzahl	11	12	11	7	11	11	7	7	7	7	10	10	6	8	7	10	6	7	8	11	8	8	10	9	9	12	17	14	12	8	11	12	10	11	10	10	8	13	14	8	8	12	12	12	11	10	7	9	10	8	9	10	8	9	8	9	11	12	13
Charakterarten VC - KC																																																																		
Calluna vulgaris	4	3	5	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	5	5	3	3	3	4	4	4	2a	3	4	4	3	1	3	2a	4	3	3	4	4	4	1	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	1	4	3	3
Hypnum jutlandicum	•	3	3	3	•	•	2a	3	3	3	4	2m	3	2b	2b	2m	3	3	3	2m	3	1	3	3	2m	2m	1	•	3	3	1	3	3	3	3	•	•	•	3	1	4	2b	2a	2m	•	3	3	3	3	3	3	2m	4	4	5	•	3	5	3
Dicranum scoparium (D)	1	1	2a	•	1	1	2m	+	1	+	2m	2m	•	1	2m	1	+	1	1	1	2m	2m	1	+	1	2m	+	•	2a	2m	2m	2m	2m	2m	+	+	2m	1	1	2m	+	2m	2m	2m	•	1	2m	+	2a	1	1	2a	1	1	1	2a	1	•	1
Vaccinium myrtillus (D)	•	+	•	•	r	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	1	•	•	•	•	•	2b	+	•	•	•	+	•	•	•	•	•	•	+	•
Polytrichum formosum	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	1	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Pleurozium schreberi (D)	•	2m	+	3	•	•	3	3	3	3	2m	2m	3	3	•	2m	2b	3	2a	3	3	3	1	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	1	4	3	3	2b	3	2a	2m	2a	2m	3	3	3	3	+	3	1	4	2a	2a	•	3	3	•	2a
Deschampsia flexuosa	1	3	+	1	+	+	2m	1	+	1	2a	•	2m	1	•	•	+	2m	2a	1	2m	2b	r	•	3	2m	1	2b	2b	2m	3	2m	2m	2m	1	3	3	2a	2m	3	2m	•	•	•	3	2m	2m	2m	1	2m	2a	2a	1	1	+	2b	2m	+	1
Luzula multiflora	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•
Charakterarten Assoz.																																																														
Genista pilosa	•	•	•	•	•	r	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Genista anglica	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Genisto pilosae, a																																																													
Cladonia portentosa	2m	+	1	1	+	+	1	1	2a	2a	1	1	1	2m	1	+	+	+	+	+	•	•	1	1	•	•	•	r	+	•	+	1	•	1	1	•	•	•	1	•	•	1	1	1	•	1	•	+	1	•	+	1	•	•	•	•	+	•	•
Cladonia pyxidata	1	+	•	+	+	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	+	•	•	+	•	•	•	+	•	•	+
Cladonia floerkeana	+	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Cladonia arbuscula	•	•	•	•	•	•	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Cladonia gracilis	+	+	+	•	+	+	•	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Cladonia uncialis	1	•	2m	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Hypogymnia physodes	•	+	•	r	•	•	+	•	+	r	r	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•	•	•	•	•	r	+	•	•	•	•	+	•	•	•	r	•	•	•	•	•	•	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•	r	•	+
Cladonia glauca	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Genisto pilosae, c																																																													
Nardus stricta	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	2b	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3	•	•	2a	•	•	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	+	•	•	•	•	•	•	•
Carex pilulifera	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	r	•	•	r	+	•	•	•	•	•	•	1	1	2m	1	•	+	1	+	+	1	+	1	1	r	•	•	+	•	1	1	1	1	•	•	•	•	•	•	•	•	+	1	+	+	•	1	1	+
Potentilla erecta	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•
Galium saxatile	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2b	2b	+	•	+	+	1	1	1	2m	2m	1	2m	2m	2m	1	2m	•	•	•	1	2m	+	1	1	•	1	+	1	+	+	1	1	+	1
Hieracium spec.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	2m	•	•	•	•	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Luzula campestris	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Genisto pilosae, b u. d																																																													
Erica tetralix	•	•	•	•	+	•	•	•	•	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•	•	2m	2a	•	•	•	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	1
Molinia caerulea	+	•	r	•	r	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	•	•	•	1	1	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	r	•	•	•	•	•	•	r	1	+	1	1	2a	2a	1	1	2m	2b	1
Begleiter																																																														
Achillea millefolium	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Anthoxanthum odoratum	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Betula pendula (juvenil)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•	+	•	+	•	+	•	r	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•	•	•	•	•	+	•	•	•	+	•	•	r	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Campylopus introflexus	4	•	•	•	3	1	•	•	•	•	•	2m	•	•	2m	2m	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2m	•	•	•	1	2m	2m	2m	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Carex arenaria	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2m
Carex panicea	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•	•	•	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Cerastium arvense	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	r	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Cladonia pleurota	•	+	2m	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2m	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Corynephorus canescens	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Empetrum nigrum	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Festuca ovina agg.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2b	+	•	•	+	1	+	•	+	2b	•	+	r	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2m	•	+	•
Galium mollugo	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Holcus lanatus	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	r	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

laufende Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
Geländenummer	II 05-3	IV 87-4.1	II 02-2	I 96-4.2	II 05-1	II 05-2	III 85-1	I 96-2.2	I 96-3.1	I 96-3.2	VI 96-8	III 02-3.2	I 96-4.1	II 01-1	III 02-3.1	III 02-4.1	VI 96-5.1	I 96-1	IV 87-7.1	VI 96-7	III 85-2	II R3	II 01-2	II 01-3	IV R 6	IV R7	VI 96-6.2	VI 96-6.1	IV 87-5.2	III 86-1.1	II R4	III 86-2.1	III 86-2.2	III 94-1.1	II 87-1	I R1	III R6	VI R9	III 94-1.2	III R5	II 87-3.2	III 02-4.2	III 02-5.1	III 02-5.2	VI R8	I 96-2.1	III 86-1.2	II 87-3.1	II 02-1	VI 96-5.2	IV 87-4.2	IV 87-5.1	V 93-1	V 93-2	V 93-3	I R2	IV 87-7.2	II 87-2	IV 87-6
Juncus effusus	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Pinus sylvestris (juvenil)	1	r	+	•	+	r	•	•	•	•	+	r	•	1	1	1	•	•	r	1	r	1	+	+	•	+	•	+	•	•	•	+	+	+	r	•	•	•	+	•	•	1	+	1	•	•		r	•	•	+	•	•	r	•	•	+	+
Plantago lanceolata	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	r	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Poa pratensis	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Pohlia nutans	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	1	2m	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Prunus serotina (juvenil)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•	•	•	•	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Quercus robur (juvenil)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•	•	r	•	•	•	•	r	+	•	•	•	•	•	•	•	+	+	+	r	r	•	+	•	•	+	•	•	r	•	•	+	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Rubus spec.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Rumex acetosella	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	+	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•	1	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•	•	•
Sorbus aucuparia (juv.)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	r	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•	•	•	•	•
Vicia sativa	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

In den Pflanzengesellschaften, die auf alten Plaggflächen gefunden wurden, zeigt sich ein anderes Bild. Gerade die Variante mit *Cladonia* ist durch nur sehr wenige der Charakterarten abgrenzbar, die in der Literatur beschrieben sind (in Tab. 6.1 die Spalten 1 bis 15). Nur *Cladonia portentosa* kam mit hoher Stetigkeit vor (in allen 15 Aufnahmen). Mit absteigender Stetigkeit wurden *Cladonia pyxidata*, *Cladonia gracilis*, *Cladonia uncialis*, *Cladonia floerkeana* und *Cladonia arbuscula* gefunden. In sechs der 15 Flächen wuchs zudem *Hypogymnia physodes*. Diese Blattflechte wurde als Epiphyt auf Stämmen von *Calluna vulgaris* entdeckt und trat nur auf alten Plaggflächen auf, auf denen die Plaggmaßnahme vor mindestens 20 Jahren stattfand. In den 15 Flächen, die der flechtenreichen Variante des *Genisto pilosae-Callunetum* zugeordnet werden, finden sich sowohl alte Plaggflächen (20 Jahre und älter) als auch jüngere Plaggflächen (13 bis 17 Jahre alt). Sie unterscheiden sich insbesondere im Gesamtdeckungsgrad der Moose (junge Flächen mit weniger hoher Gesamtdeckung) und im Vorkommen von *Campylopus introflexus*. Auch sind die Deckungsgrade von *Calluna* auf den jüngeren Plaggflächen meist höher.

Den Flächen 16 bis 21 fehlen mit Ausnahme von *Cladonia portentosa* alle Charakterarten, die für die Variante mit *Cladonia* postuliert sind. Sie weisen in ihrem Artinventar aber auch keine Arten auf, die für die Lehmheiden beschrieben werden. Fünf dieser sechs Aufnahmen wurden auf Plaggflächen gemacht, auf denen die Pflegemaßnahme länger als 20 Jahre zurückliegt.

Die Feuchtezeiger *Molinia* und *Erica tetralix* kommen in zwei jüngeren Plaggflächen vor (laufende Nummer 23 und 24).

Insgesamt überwiegen in der Vegetationstabelle Aufnahmen, die aufgrund ihres Artinventars eher die Variante mit *Danthonia* widerspiegeln (auch wenn *Danthonia decumbens* in keiner Fläche gefunden wurde). Sehr häufig wurden *Galium saxatile* und *Carex pilulifera* verzeichnet, teilweise auch mit relativ hohen Deckungsgraden (vergleiche 25 und 26, beides Referenzflächen). In der Mehrzahl der Flächen traten zusätzlich mit geringen Deckungsgraden Flechten der Gattung *Cladonia* auf. Vor allem *Cladonia portentosa* kam häufig vor. Sie fehlen jedoch beinahe ausnahmslos auf den Referenzflächen (zum Beispiel 25, 26, 36, 37 und 38). Auf etwa der Hälfte der Flächen wurden Vorkommen von *Molinia* entdeckt, doch lediglich in zwei Aufnahmen kam neben *Molinia* auch *Erica* vor (58 und 59).

In allen Aufnahmeflächen kommen häufig Gehölzarten als Begleiter vor. Diese sind aber ausnahmslos noch sehr jung. Mit größter Stetigkeit findet man *Pinus sylvestris*, gefolgt von *Betula pendula* und *Quercus robur*. Als weitere Begleiter treten unter anderem *Campylopus introflexus* (siehe oben), *Rumex acetosella* und *Carex arenaria* auf.

In den folgenden Unterkapiteln sollen die einzelnen (Mess-)Ergebnisse differenzierter betrachtet werden. Dafür wird teilweise auf Methoden aus der Statistik zurückgegrif-

fen. Neben den Gesamtartenzahlen (Kapitel 6.1) sollen Quantität und Qualität der Arten auf den Aufnahmeflächen beleuchtet werden (Kapitel 6.2). Hierfür werden die Aufnahmeflächen in einzelne Untersuchungsgruppen zusammengefasst (siehe auch Kapitel 5). Ein besonderer Fokus wird neben dem Gesamtarteninventar auf das Vorkommen der häufigsten Moosarten gelegt (Kapitel 6.3 und 6.4). Abschließend werden die Wuchsmerkmale von *Calluna vulgaris* dargestellt: Altersverteilung (Kapitel 6.5) sowie Bestandshöhe und Vitalität (Kapitel 6.6).

6.1 Ermittelte Gesamtartenzahlen

Um zu ermitteln, ob der Zeitpunkt der Plaggmaßnahme einen Einfluss auf den Artenreichtum der jeweiligen Fläche hat, wurden die Gesamtartenzahlen jeweils ausgezählt und aufgetragen. Aus bereits erläuterten Gründen (vergleiche Kapitel 5) wurden die (juvenilen) Gehölzarten nicht berücksichtigt. Zudem spiegelt die Gesamtartenzahl stets „nur“ die Artenzahl auf der Aufnahmefläche wider und nicht die Artendiversität auf der gesamten Plaggfläche.

In der grafischen Darstellung der Gesamtartenzahlen pro Fläche zeigt sich eine gewisse Heterogenität (Abb. 6.1). Maximal sind auf einer Fläche 17 verschiedene Arten aufgefunden worden (VI 96-6.2). Es folgt mit insgesamt 13 Arten die Fläche VI 96-6.1. Beide Aufnahmeflächen finden sich auf einer ehemaligen Ackerfläche, die etwa zur Mitte des 20. Jahrhunderts in Heide umgewandelt worden ist.

Die geringsten verzeichneten Artenzahlen auf 20 m² Aufnahmefläche sind fünf Arten (I 96-4.1 und II R3). Die relative Diskrepanz zwischen den maximalen und minimalen Artenzahlen ist also sehr hoch. Auch innerhalb eines Aufnahmegebietes und einer im selben Jahr durchgeführten Plaggmaßnahme gibt es erhebliche Schwankungen. So weist die Fläche IV 87-7.1 sieben Arten auf, die Fläche IV 87.6 jedoch elf. Unterschiede im Artinventar zeigen sich hier vor allem durch die Quantität vorhandener Sauergräser (*Carex arenaria*, *Carex pilulifera*) und der so genannten Feuchtezeiger (*Erica tetralix*, *Molinia caerulea*).

Führt man zwischen Jahr der Plaggmaßnahme und Gesamtartenzahl beziehungsweise zwischen Gebiet der Aufnahme und Gesamtartenzahl eine lineare Regression durch, so zeigt sich keine lineare Abhängigkeit zwischen diesen Variablen ($R^2 = 0{,}003$, vergleiche Abb. 10.1 im Anhang). Berechnet man die arithmetischen Mittelwerte aller Flächen, der alten und jungen Plaggflächen sowie der Referenzflächen, ergeben sich die in Tab. 6.2 dargestellten Werte.

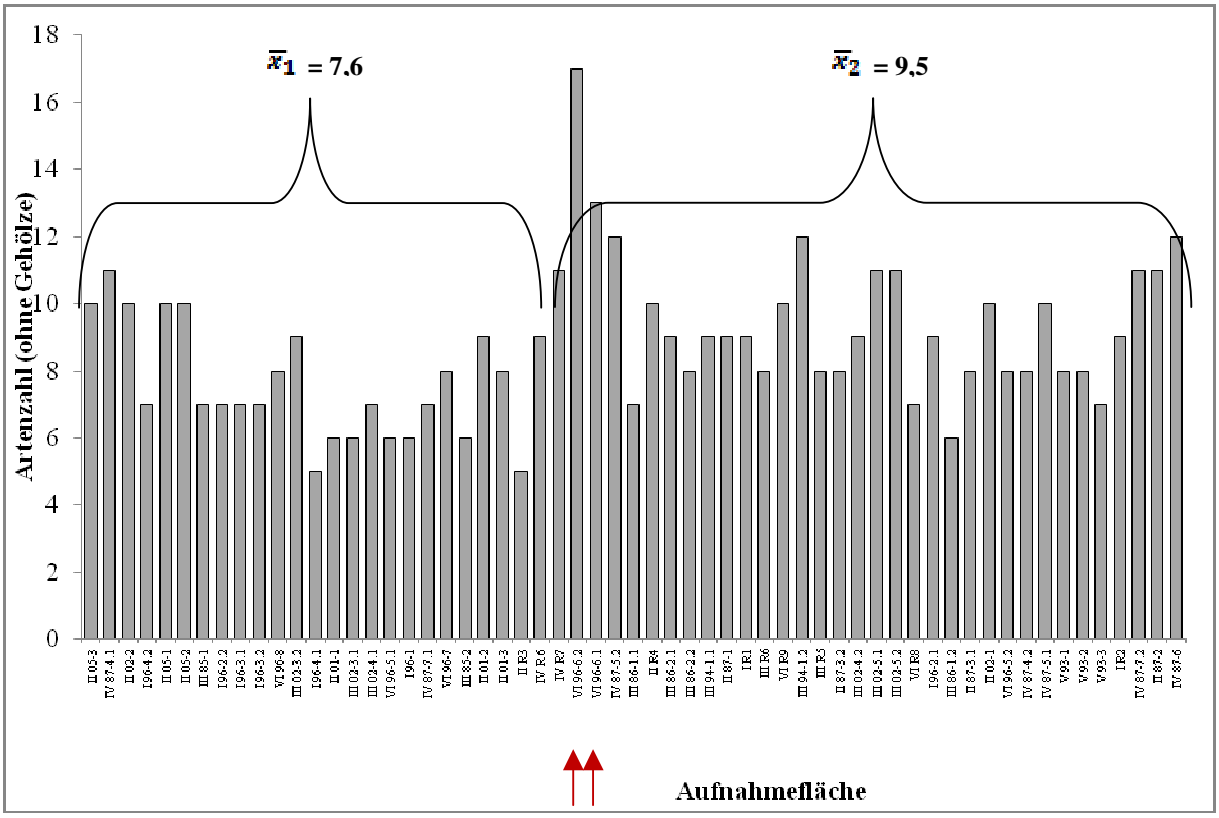


Abb. 6.1: Die Gesamtartenzahl aller ermittelten Gefäßpflanzen und Kryptogamen (außer den Gehölzen) wurde für jede Aufnahmefläche aufgetragen. Die Anordnung richtet sich nach pflanzensoziologischen Kriterien (vergleiche Tab. 6.1). Die Pfeile kennzeichnen die beiden Aufnahmeflächen, die auf ehemaligem Acker liegen. x_1 = mittlere Artenzahl der Ausbildungen des *Genisto pilosae-Callunetum* mit *Cladonia*; x_2 = mittlere Artenzahl der Ausbildungen mit *Danthonia*. I = Heideflächen Undeloh, II = Sahrendorfer Heide, III = Fürstengrab, IV = Ringwallheide, V = Wümmeheide, VI = Jungemanns Heide. n = 59.

Tab. 6-2: Es sind die arithmetischen Mittelwerte der Gesamtartenzahlen für die Untersuchungsgruppen dargestellt. Die alten Plaggflächen sind durch zwei Untergruppen repräsentiert: Flächen, die zwischen 1985 und 1990, und Flächen, die zwischen 1991 und 1996 geplaggt worden sind. Es ergeben sich die Stichprobengrößen (Tabelle): n = 59, n = 17, n = 18, n = 14, n = 10.

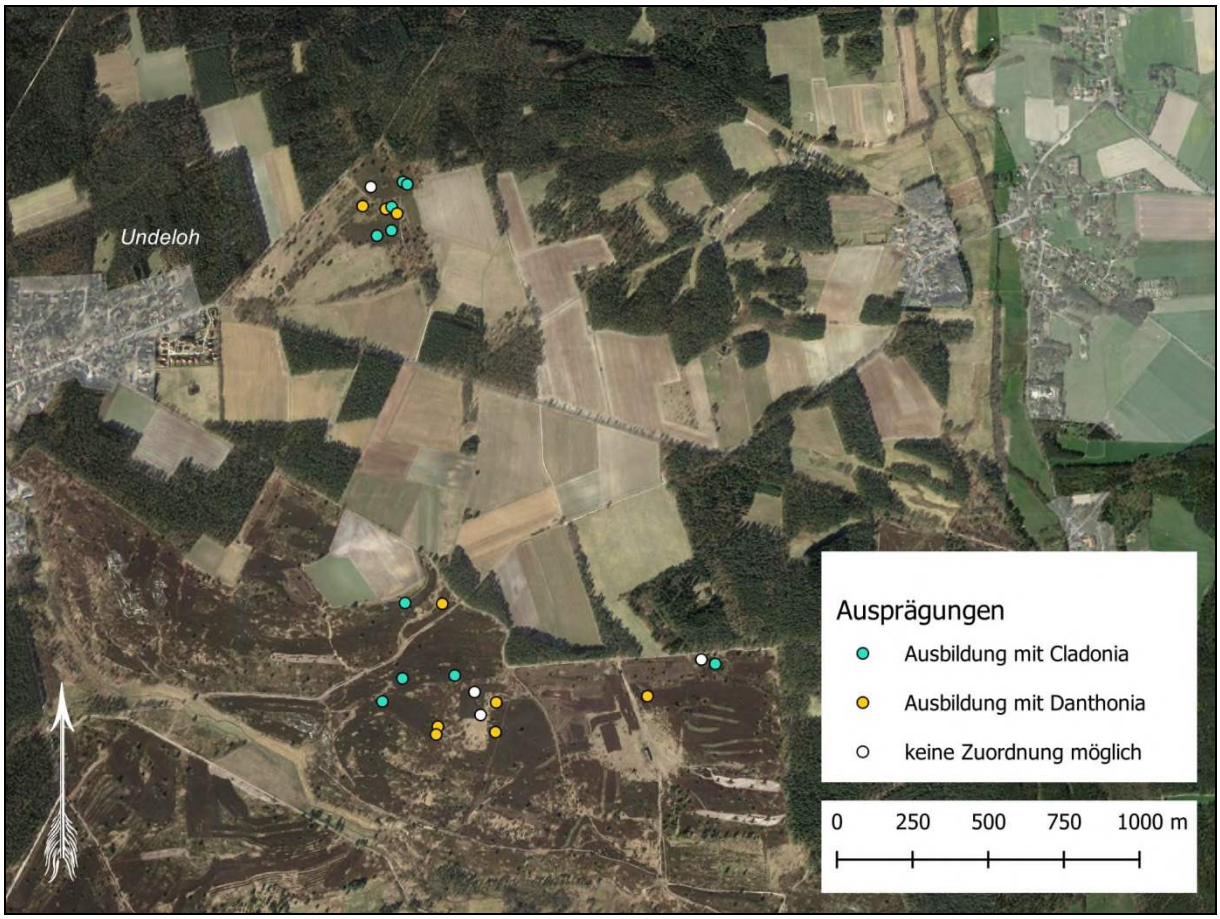
Mittelwert gesamt	Mittelwert alt (85 - 90)	Mittelwert alt (91 - 96)	Mittelwert jung (01 - 06)	Referenz-flächen
9,8	9,8	9,3	10,3	9,9

Unter der Voraussetzung, dass die erhobenen Daten normalverteilt sind und die Stichprobe eine ausreichende Größe aufweist[1], ergibt sich im t-Test, dass die Abweichungen zwischen der Gesamtartenzahl junger Plaggflächen (10,3) und dem Mittelwert der Gesamtartenzahl alter Plaggflächen (9,55) nicht signifikant sind.

In der Anordnung der Flächen nach pflanzensoziologischen Aspekten (Tab. 6.1) zeigt sich ein Unterschied in der Gesamtartenzahl zwischen denjenigen Flächen, welche in die Variante mit *Cladonia* des *Genisto pilosae-Callunetum* eingeordnet wurden (Fläche II 05-3 bis Fläche II R3), und denen der Ausbildung mit *Danthonia*. So weisen die Aufnahmeflächen erster Ausbildung im Mittel 7,6 Arten auf, die der zweiten Ausbildung hingegen 9,5. Auch wenn die beiden artenreichsten Flächen auf ehemaligem Acker nicht mit in die Berechnungen einfließen, zeigt sich immer noch eine durchschnittliche Artenzahl von 9,2 pro Fläche. Dieser Unterschied ist nach der Berechnung im t-Test als signifikant anzusehen.[2]

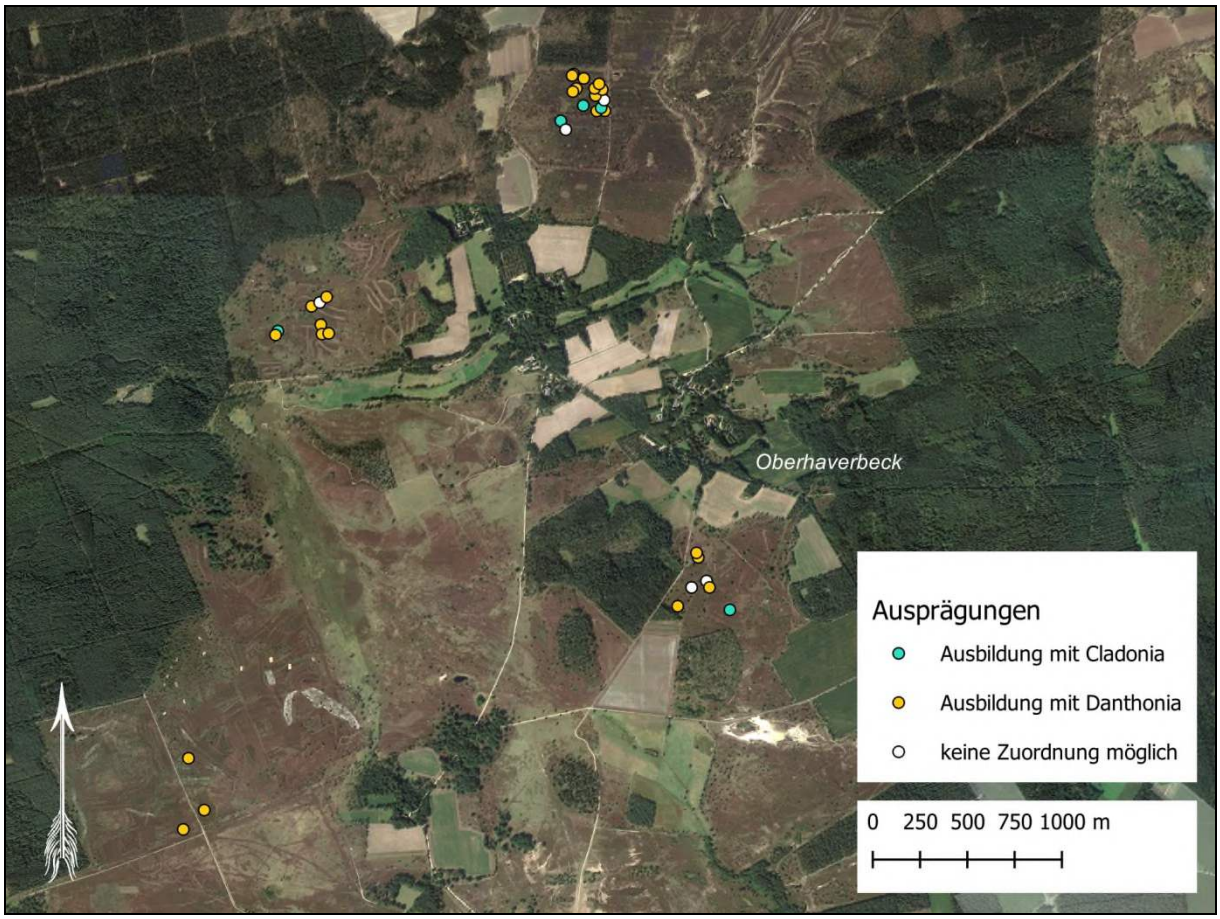
In der räumlichen Verteilung der einzelnen Ausbildungen des *Genisto pilosae-Callunetum* (Abb. 6.2 und 6.3) ergibt sich, dass zwar in beinahe allen Untersuchungsgebieten beide Ausbildungen nebeneinander existieren, aber eine Abnahme der Ausbildung mit *Cladonia* von Norden nach Süden zu beobachten ist.

[1] Aus zeitlichen Gründen wurden die entsprechenden Berechnungen in der vorliegenden Arbeit nicht durchgeführt.
[2] Mit $\alpha = 0{,}05$. Die Berechnungen beider Werte finden sich im Anhang.



© 2018 Google, Kartendaten © 2018 GeoBasis-DE/BKG (© 2009), Google. Erweitert mit den Grenzen des NSG „Lüneburger Heide“ © 2018, geodaten@nlwkn-dir.niedersachen.de.

Abb. 6.2: Verteilung der Ausbildungen des *Genisto-Callunetum* in den nördlichen Untersuchungsgebieten. Maßstab 1 : 25.000.



© 2018 Google, Kartendaten © 2018 GeoBasis-DE/BKG (© 2009), Google. Erweitert mit den Grenzen des NSG „Lüneburger Heide“ © 2018, geodaten@nlwkn-dir.niedersachen.de.

Abb. 6.3: Verteilung der Ausbildungen des *Genisto-Callunetum* in den südlichen Untersuchungsgebieten. Maßstab: 1 : 40.000.

6.2 Qualität und Quantität des Arteninventars

Im folgenden Abschnitt wird das Artinventar qualitativ und quantitativ betrachtet. Hierzu werden die vorkommenden Gesamtarten den Kategorien Flechten, Moosen, Gräser (Cyperaceae, Poaceae und Juncaceae), krautigen Pflanzen, Zwergsträuchern und juvenilen Gehölzen zugeordnet (vergleiche WARNING 1996, SCHELLENBERG 2017). Die Einteilung der Untersuchungsgruppen (vergleiche Kapitel 6.1) wird beibehalten. Es wird angestrebt, eine zeitliche Entwicklung in Qualität beziehungsweise Quantität darzustellen. Die Referenzflächen dienen als Vergleich. Zur Darstellung der Qualität wird der Gruppenanteil herangezogen. Die Quantität der Verteilung soll durch die Gruppenmenge der jeweiligen Untersuchungsgruppe repräsentiert werden. Die folgenden Formeln werden den Berechnungen zugrunde gelegt:

(1) $$GA(\%) = \frac{\text{Artenzahl einer Kategorie nach Lebensformtyp}}{\text{Artenzahl der Aufnahme}} \times 100$$

(2) $$GM(\%) = \frac{\text{Mittlere Gruppenmenge}}{\text{Summe der Quantitäten aller Arten der Aufnahme}} \times 100$$

In der Betrachtung des Gruppenanteils (Abb. 6.4) zeigt sich, dass die Diversität der Kryptogamen auf den jungen Plaggflächen am größten ist (57,3 % des gesamten Artinventars). Dabei ist der Anteil von Arten krautiger Pflanzen sehr gering. Auch die Anzahl vorhandener Grasarten liegt acht Prozentpunkte unter dem durchschnittlichen Wert aller Flächen.

Zwischen den Untersuchungsgruppen der alten Plaggflächen finden sich hingegen keine deutlichen Unterschiede. Lediglich der Anteil von Arten krautiger Pflanzen scheint in den Plaggflächen von 1991 bis 1996 etwas höher zu liegen (um 2,6 %). Die Referenzflächen weisen insgesamt weniger Kryptogamen auf, davon deutlich weniger Flechtenarten (3 % des gesamten Artinventars). Dafür finden sich mehr Grasarten sowie krautige Pflanzen. Der Anteil der Zwergstraucharten liegt in allen Untersuchungsflächen konstant bei etwa 14 %. Es sind keine signifikanten Schwankungen zu erkennen. Zeitlich betrachtet scheint es eine deutliche Abnahme in der Kryptogamendiversität zwischen jungen und alten Plaggflächen zu geben (Moose nehmen um 16,3 % ab, Flechten um 36,5 %).

In der Gruppenmenge (Abb. 6.5), die den Deckungsgrad der verschiedenen Artengruppen berücksichtigt, zeigt sich, dass die jungen Plaggflächen insgesamt die geringste Menge von Moosen aufweisen. Dabei dominieren die Zwergsträucher den Gruppenmengenanteil mit 61 %. Dieser hohe Anteil von Zwergsträuchern am Gesamtdeckungsgrad nimmt in beiden Untersuchungsgruppen der alten Plaggflächen deutlich ab. Dafür steigt die Menge an Moosen um etwa 60 % an. Die krautigen Pflanzen zeigen in den Referenzflächen die höchste Gesamtmenge. Auch der Anteil von Gräsern am Gesamtdeckungsgrad ist mit Abstand in den Referenzflächen am größten. Auf den Plaggflächen nimmt die Menge an Gräsern über die Zeit zu. So finden sich in den jungen Plaggflächen 1,9 % Gräseranteil am Gesamtdeckungsgrad, während die ältesten Untersuchungsgruppen 6,9 % aufweisen.

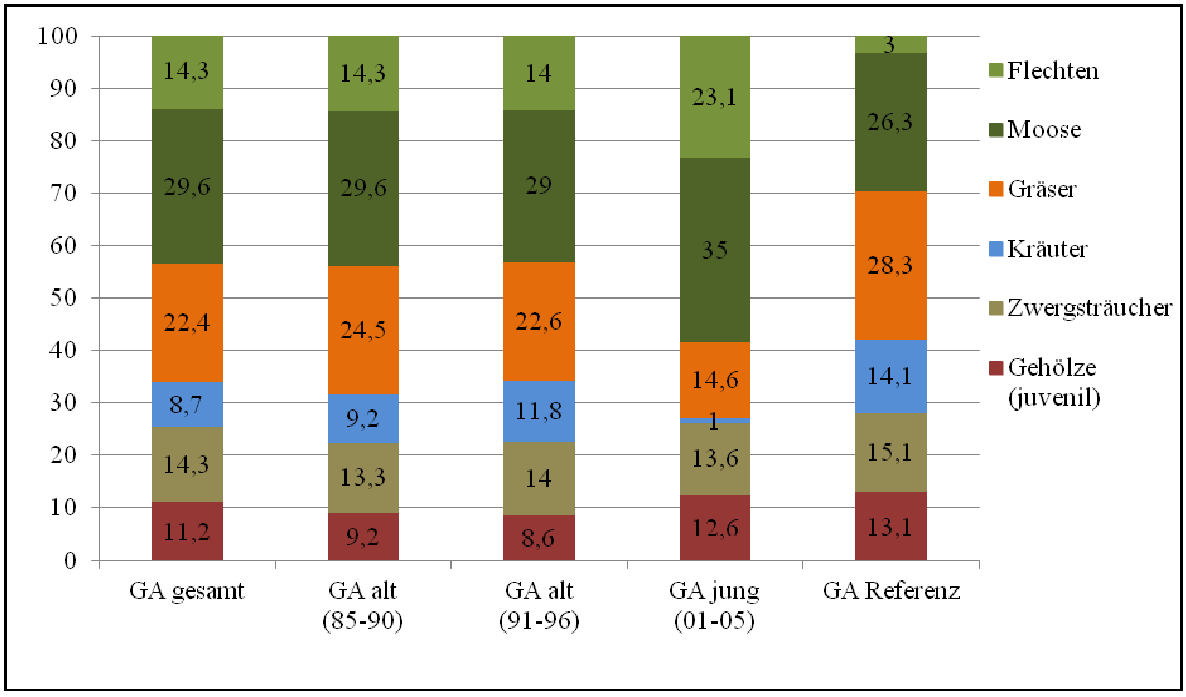


Abb. 6.4: Es wurde für jede Aufnahmefläche der Gruppenanteil (GA) berechnet und anschließend den Untersuchungsgruppen zugeordnet (qualitative Betrachtung). GA gesamt: n = 59, GA alt (85-90): n = 17; GA (91-96): n = 18; GA jung (01-05): n = 14; GA Referenz: n = 10.

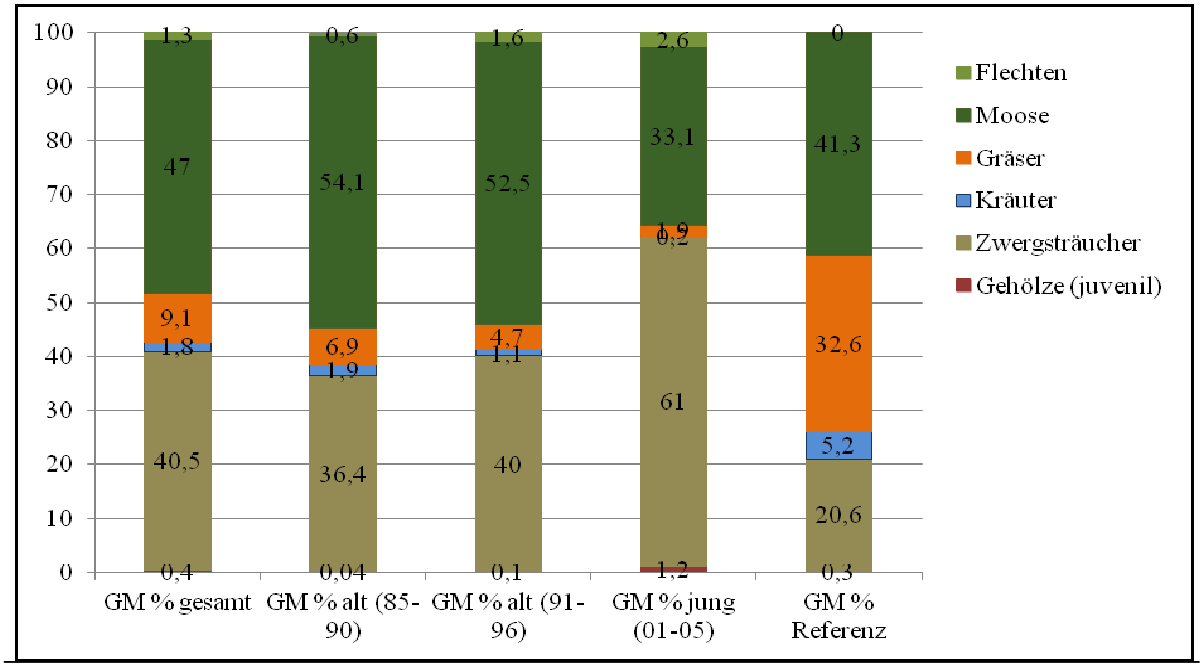


Abb. 6.5: Die Gruppenmenge einer Aufnahmefläche wurde ermittelt, indem der Deckungsgrad in Prozent durch die Summe aller Quantitäten der Fläche geteilt wurde (DIERSCHKE 1994: 290). Die Ergebnisse der einzelnen Aufnahmeflächen einer Untersuchungsgruppe wurden jeweils gemittelt. Es ergab sich die folgende Stichprobengröße: GA gesamt: n = 59, GA alt (85-90): n = 17; GA (91-96): n = 18; GA jung (01-05): n = 14; GA Referenz: n = 10.

6.3 Altersverteilung von *Calluna vulgaris*

Die Ermittlung der Altersverteilung von *Calluna vulgaris* wurde durch das nicht destruktive Messen von Stammdurchmessern der Pflanzen auf den Untersuchungsflächen angestrebt. Um zu prüfen, ob mit dem Stammdurchmesser ein geeignetes Maß gewählt wurde, um Aussagen über das Alter der Heidepflanzen zu treffen, wurden zusätzlich bei insgesamt 70 Stichproben Jahresringzählungen vorgenommen. Die lineare Regressionsanalyse (vergleiche Abb. 10.2 im Anhang) zeigt einen deutlichen Zusammenhang ($R^2 = 0{,}841$) zwischen Stammdurchmesser (abhängige Variable) und Alter (unabhängige Variable) auf. So sollen die im Folgenden betrachteten Stammdurchmesser als näherungsweise Verteilung für das Alter der Pflanzen von *Calluna* auf den Flächen gelten.

Auf jeder Aufnahmefläche wurden insgesamt zehn zufällige Messungen an der Stammbasis vorgenommen. In einer Box-Plot-Analyse werden die Messergebnisse dargestellt (Abb. 6.6). Ordnet man die Daten nach dem jeweiligen Jahr, in welchem die Plaggmaßnahme durchgeführt wurde, so ist tendenziell zu erkennen, dass auf den älteren Flächen ältere Pflanzen stehen und zugleich eine höhere Streuung zwischen den Messwerten angedeutet ist. Die maximale Spanne beträgt zwischen dem niedrigsten und dem höchsten Stammdurchmesser auf einer Fläche 10,5 mm (III 86-1.1) beziehungsweise 9 mm (II 87-3.1), während diese Spanne bei den jüngeren betrachteten Flächen bei 3,2 mm (II 01-1) beziehungsweise 4,2 mm (III 02-4) liegt. Die höchste Spanne zwischen Minimum und Maximum wurde auf der Fläche I 96-4.1 gemessen (12,7 mm). Auch die Lage des Median scheint mit dem Zurückliegen der Plaggmaßnahme anzusteigen. So sind auf der Fläche III 86-2.2 die Hälfte der Messungen größer als 8,75 mm. Bei der 1996 geplaggten Fläche VI 96-6.2 liegt der Median bei 5,5 mm. Auch in der Streuung der mittleren 50 % der Daten zeigen sich Unterschiede. Die Spanne der Messwerte zwischen dem 1. und 3. Quartil ist in den älteren Plaggflächen erheblich stärker als in den jüngeren Flächen.

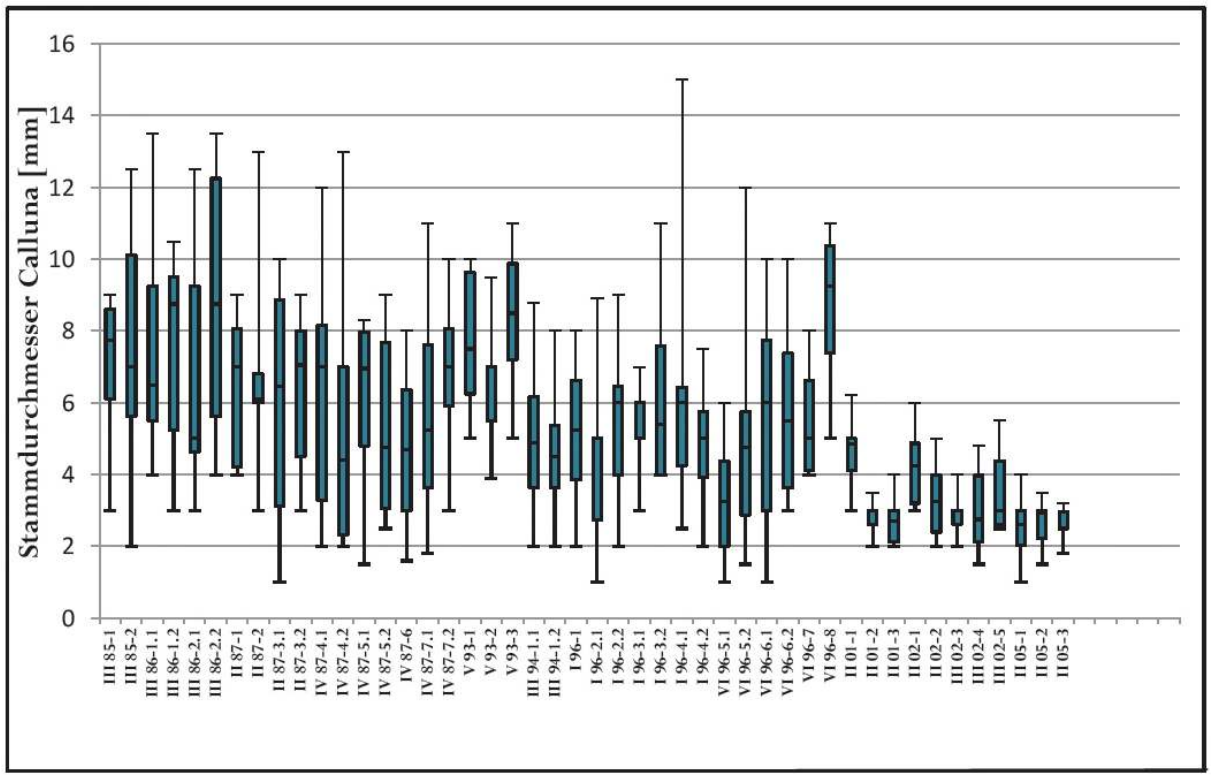


Abb. 6.6: Auf insgesamt 45 Aufnahmeflächen (ohne Referenzflächen) wurden in zehn zufälligen Messungen die Stammdurchmesser von *Calluna vulgaris* ermittelt. Diese wurden geordnet nach Zeitpunkt der Plaggmaßnahme als Box-Plots aufgetragen. Der Stammdurchmesser wurde mit einem Messschieber mit einer Genauigkeit von ± 0,1 mm gemessen.

Trägt man den arithmetischen Mittelwert (aus jeweils zehn Messdaten) gegen das Jahr der Plaggmaßnahme auf, so ergibt sich ein Zusammenhang zwischen diesen beiden Variablen (Abb. 6.7). Um diesen genauer beschreiben und beurteilen zu können, wurde eine Exponentialfunktion ermittelt, welche mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0{,}616$ die Variationen zwischen den Mittelwerten der Stammdurchmesser auf den unterschiedlichen Aufnahmeflächen erklärt. Es ist zu erkennen, dass der Stammdurchmesser, also das Alter, im Mittel mit dem Zurückliegen der Plaggmaßnahme ansteigt. Je länger die Plaggmaßnahme zurückliegt, desto älter sind die Triebe der darauf wachsenden Heidepflanzen.

Des Weiteren wurde die empirische Standardabweichung für jede Aufnahmefläche bestimmt. Als Wurzel aus der empirischen Varianz besitzt sie dieselbe Einheit wie die Messdaten und dient daher als aussagekräftiges Streuungsmaß für die mittlere Abweichung der anderen Messdaten vom Mittelwert. Auch hier wurde die Standardabweichung gegen das Jahr der Plaggmaßnahme aufgetragen (Abb. 6.8) und wieder ergab sich ein Zusammenhang zwischen dem Zurückliegen des Plaggens und der Stärke des Streuens der Daten. Die Messwerte von 1986 geplaggten Flächen liegen im Mittel

2,9 mm vom arithmetischen Mittelwert entfernt. Stammdurchmesser der 2002 geplaggten Flächen weisen nur einen mittleren Unterschied von 1,9 mm auf.

Da die beiden letztgenannten Diagramme (Abb. 6.7 und 6.8) Bestimmtheitsmaße von $R^2 = 0{,}616$ beziehungsweise $R^2 = 0{,}604$ aufweisen, wurden zudem die zwei Gebiete einzeln betrachtet, in denen verschieden alte Plaggflächen in einem Areal untersucht wurden (Fürstengrab, Sahrendorfer Heide). Beide angewandten Methoden wurden wiederholt, indem nun lediglich die Messdaten des jeweiligen Gebietes berücksichtigt wurden (Abb. 6.9). Es zeigt sich, dass in der Darstellung des Mittelwertes der ermittelten Stammdurchmesser Exponentialfunktionen gefunden wurden, welche zu einem höheren R^2 führen. So können im Gebiet des Fürstengrabs 95,7 % der erhobenen Stammdurchmesser durch die ermittelte Funktion beschrieben werden, während es im Gebiet der Sahrendorfer Heide 82,8 % sind. Ähnliches ist bei dem Auftragen der Streuungen gegen das Jahr der Plaggmaßnahme zu beobachten. Auch hier steigt das Bestimmtheitsmaß auf $R^2 = 0{,}809$ (Fürstengrab) beziehungsweise $R^2 = 0{,}828$ (Sahrendorfer Heide). Allerdings konnte auf diese Weise erheblich weniger Datenmaterial von Aufnahmeflächen ausgewertet werden.

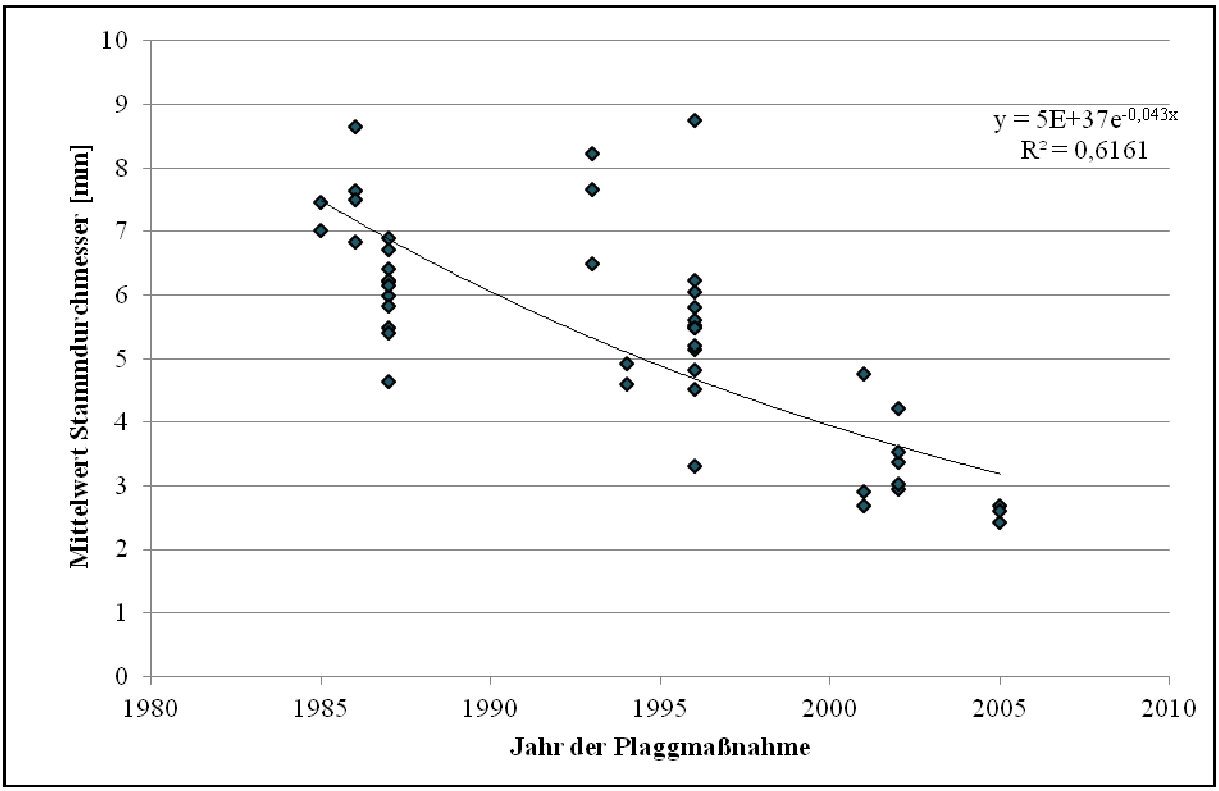


Abb. 6.7: Der arithmetische Mittelwert der Messdaten von jeweils zehn Stammdurchmessern von *Calluna vulgaris* auf 45 Aufnahmeflächen wurde ermittelt und gegen das Jahr der Plaggmaßnahme aufgetragen. Es wurde eine Exponentialfunktion eingefügt, welche am ehesten die Datenreihe repräsentiert. Zusätzlich wurde das Bestimmtheitsmaß ermittelt ($R^2 = 0{,}616$).

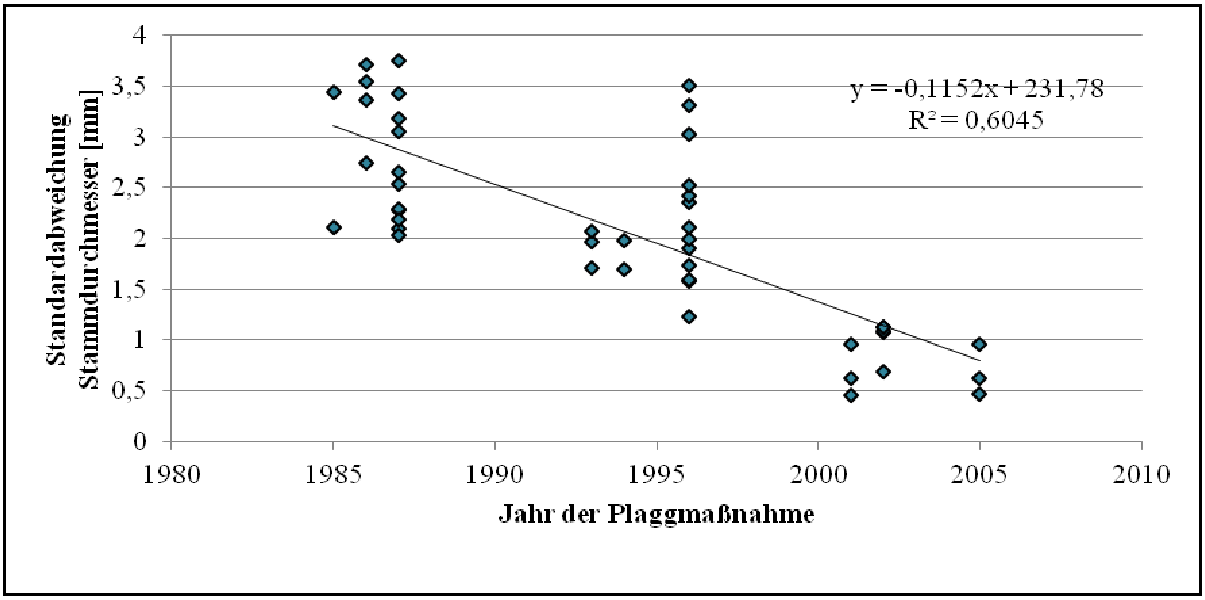


Abb. 6.8: Aus den Messdaten der 45 Aufnahmeflächen wurde zunächst der arithmetische Mittelwert der je zehn Stammdurchmesser ermittelt und anschließend als Streuungsmaß die empirische Standardabweichung berechnet. Diese wurde anschließend gegen das Jahr der Plaggmaßnahme aufgetragen. Eine lineare Regressionsgerade mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0{,}604$ zeigt die Funktion auf, die den linearen Zusammenhang zwischen Streuung und Zurückliegen der Plaggmaßnahme am besten beschreibt.

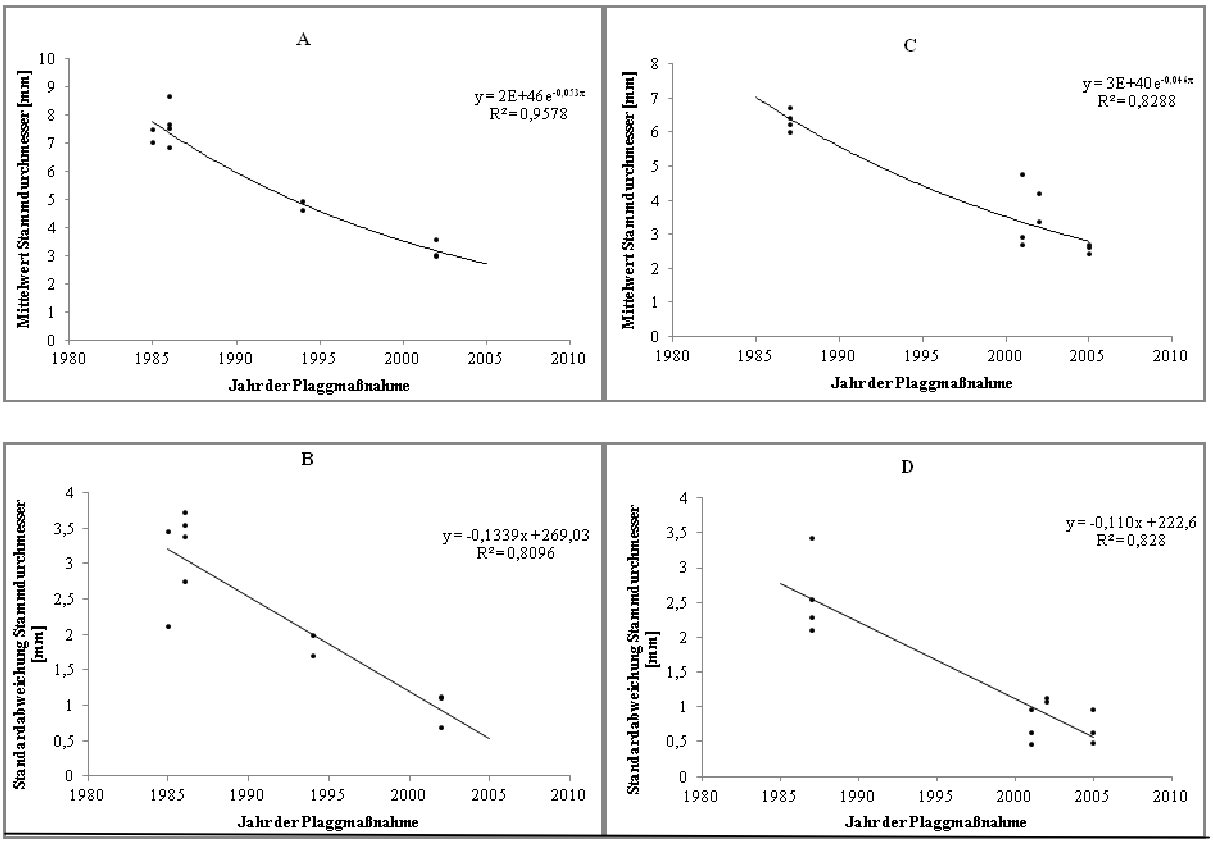


Abb. 6.9: Das arithmetische Mittel wurde von den zufällig gemessenen zehn Stichproben je Aufnahmefläche gegen das Jahr der Plaggmaßnahme aufgetragen (A, C). Hier wurden lediglich Heideflächen aus demselben Gebiet berücksichtigt. Zusätzlich wurde die empirische Standardabweichung als Maß für die Streuung der Stammdurchmesser gegen das Jahr für dieselben Gebiete aufgetragen (B, D). A, B: Heideflächen am Fürstengrab. C, D: Heideflächen in der Sahrendorfer Heide.

6.4 Vitalität und Bestandshöhe von *Calluna vulgaris*

Zur Schätzung der Vitalität der Besenheidebestände auf den Aufnahmeflächen wurde jeweils der prozentuale Anteil abgestorbener Triebe sowie der akut von *Lochmaea suturalis* befallenen Zweige geschätzt. Zudem wurde an zehn zufällig ausgewählten Trieben die Höhe gemessen. Um zu ergründen, welche Faktoren die Vitalität (hier gleichbedeutend mit dem Anteil lebendiger, gesunder Triebe der Besenheide) und die Wuchshöhe bestimmen, wurde eine multiple lineare Regression durchgeführt. Neben dem Zeitpunkt der Plaggmaßnahme wurden zusätzlich das Alter des Bestandes (repräsentiert durch den Stammdurchmesser) und die Dicke des Moospolsters mit einbezogen.

Die Wuchshöhe von *Calluna vulgaris* ist eindeutig durch mehrere Faktoren bestimmt (Tab. 6.3). Es ergibt sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen dieser und dem Alter der jeweiligen Plaggfläche. Doch zudem bestehen signifikante Korrelationen zwischen der Bestandshöhe und dem Untersuchungsgebiet, dem Stammdurchmesser und der Höhe des Moospolsters (Abb. 6.11). Bei der Betrachtung des Jahres der Plaggmaßnahme als alleinigem Faktor ergab sich ein Modell mit deutlich weniger Aussagekraft ($R^2 = 0{,}292$).

Versucht man, die Vitalität beziehungsweise den Schädlingsbefall von *Calluna* (Abb. 6.10) durch mehrere unabhängige Variablen zu erklären, so zeigt sich, dass auch hier definitiv mehrere Faktoren zur erfolgreichen Modellierung notwendig sind. Der Anteil von abgestorbenen Trieben auf einer Aufnahmefläche ist signifikant durch das Alter der Plaggfläche, die Höhe der Zwergstrauchschicht (*Calluna*), die Dicke des Moospolsters und das Alter der Pflanzen (das mit dem Alter der Plaggfläche korreliert, siehe Kapitel 6.4) bestimmt. Die Modellierung des Befalls der Besenheide durch *Lochmaea suturalis* ist signifikant von der erklärenden Variable „Dicke des Moospolsters“ abhängig. Die anderen Einflussgrößen können als bedingende Faktoren nicht ausgeschlossen werden (der multiple Korrelationskoeffizient liegt bei immerhin $r = 0{,}64$), zeigen in dem hier angewandten Modell jedoch keine Signifikanz.

Tab. 6.3: Mit Excel 2007 wurde eine multiple lineare Regression durchgeführt, um Faktoren zu identifizieren, die einen potentiellen Einfluss auf die abhängigen Variablen besitzen. Signifikante Ergebnisse ($\alpha = 0{,}05$) wurden hervorgehoben ($n = 45$).

abhängige Variablen	**Einflussgrößen**	**r**	**R^2_{adj}**	**P-Werte**
Höhe von *Calluna vulgaris*				
	Jahr der Plaggmaßnahme	0,92	0,83	**< 0,001**
	Stammdurchmesser			**< 0,001**
	Dicke des Moospolster			**0,03**
	Gebiet			**0,02**
Anteil abgestorbener Triebe von *Calluna vulgaris*				
	Jahr der Plaggmaßnahme	0,67	0,38	**< 0,001**
	Höhe von *Calluna*			**< 0,001**
	Dicke des Moospolster			**0,03**
	Stammdurchmesser			**0,001**
	Gebiet			0,14
Anteil von *Lochmaea suturalis* befallener Triebe		0,64	0,34	
	Jahr der Plaggmaßnahme			0,3
	Höhe von *Calluna*			0,06
	Dicke des Moospolster			**0,016**
	Stammdurchmesser			0,09
	Gebiet			0,5

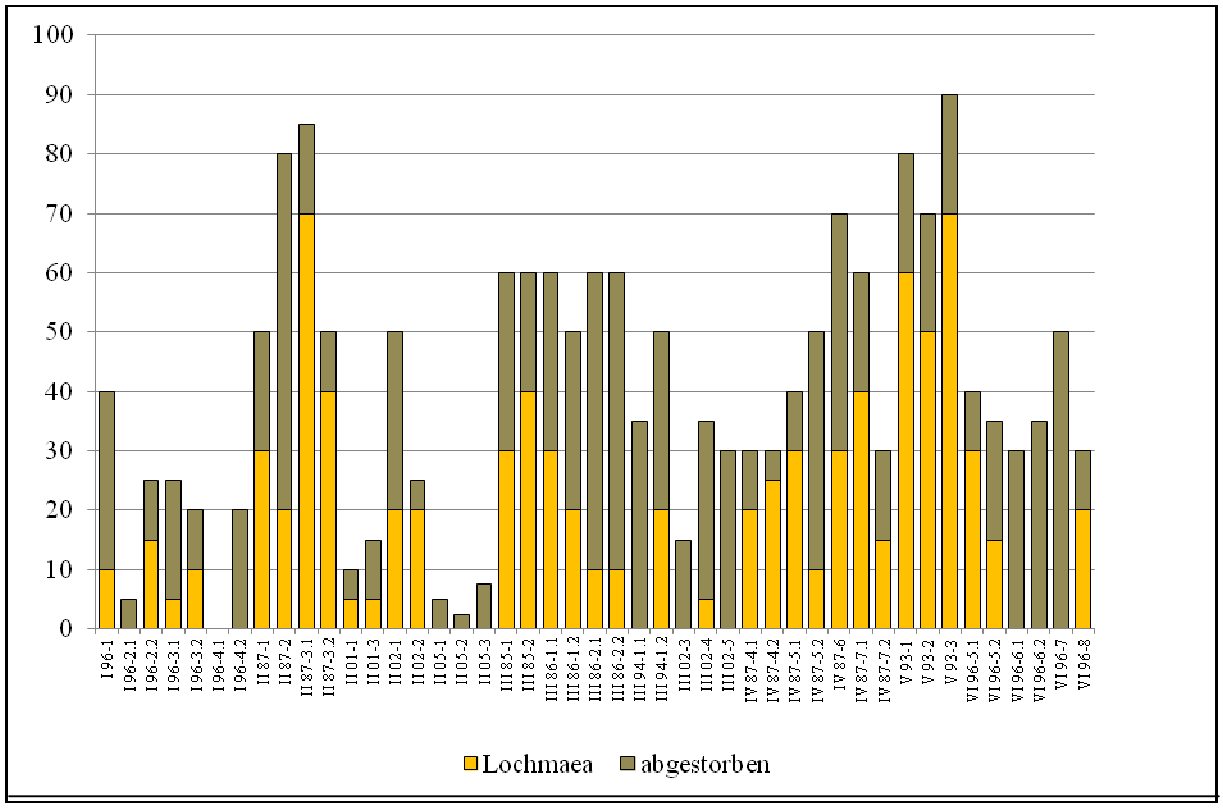


Abb. 6.10: Für jede Fläche (n = 59) sind die prozentualen Anteile für den Befall mit dem Heideblattkäfer beziehungsweise die abgestorbenen Triebe der Besenheide dargestellt. Die Reihenfolge der Darstellung erfolgt nach Untersuchungsgebiet und der Ausführung des Plaggens.

6.5 Vermoosung: Quantitative Betrachtung

Ein markantes Merkmal der betrachteten Heideflächen sind die mehr oder minder dicken Moosauflagen, die in nahezu vollständiger Deckung auf den alten Plaggflächen zu finden waren. Um die zu Beginn aufgestellte These zu überprüfen, ob mit dem Zurückliegen der Plaggmaßnahme auch die Höhe des Moospolsters auf den Flächen ansteigt, wurde an zehn zufälligen Messpunkten die Dicke mit einem Zollstock bestimmt. Zusätzlich wurde die jeweilige Moosart notiert (siehe Kapitel 6.6). Die erhaltenen Daten wurden zunächst gegen den Zeitpunkt der Plaggmaßnahme beziehungsweise gegen das untersuchte Gebiet aufgetragen. Da es im Falle einer Abhängigkeit möglich sein müsste, diese durch eine lineare Regression nachzuweisen, wurde sich dieser Berechnung bedient. Es zeigte sich, dass die Höhe des Moospolsters in keiner Weise in linearer Abhängigkeit zu dem Zeitpunkt des Plaggens stand ($R^2 = 0{,}14$). Auch zwischen dem Aufnahmegebiet und der Höhe der Moosschicht gab es keine Korrelation.

Als weitere mögliche Faktoren, die die Dicke des Moospolsters bedingen können, wurde die Höhe des Bestandes von *Calluna vulgaris* betrachtet. Es wurde zunächst der Korrelationskoeffizient nach Bravais-Pearson berechnet, um anschließend in einer grafischen Auftragung das Bestimmtheitsmaß einer linearen Regression zu ermitteln:

$$r = \frac{\sum(x_i-\bar{x})\times(y_i-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i-\bar{x})^2\times\sum(y_i-\bar{y})^2}}$$ [3]

Aus der Berechung des Korrelationskoeffizienten für die Mittelwerte der Dicke des Moospolsters und der Höhe von *Calluna* folgt ein Korrelationskoeffizient von 0,77. Dies deutet auf einen positiven linearen Zusammenhang zwischen beiden Variablen hin.

In der grafischen Auftragung mit der Höhe von *Calluna* als unabhängiger Variable und der Dicke des Moospolsters als abhängige Variable zeigt sich der positive lineare Zusammenhang. Das Bestimmtheitsmaß unterstützt mit einem Wert 0,596 vorsichtig das Ergebnis des Korrelationskoeffizienten. Es ergibt sich hieraus: Mit der Höhe von *Calluna vulgaris* scheint auch die Dicke des Moospolsters zu steigen.

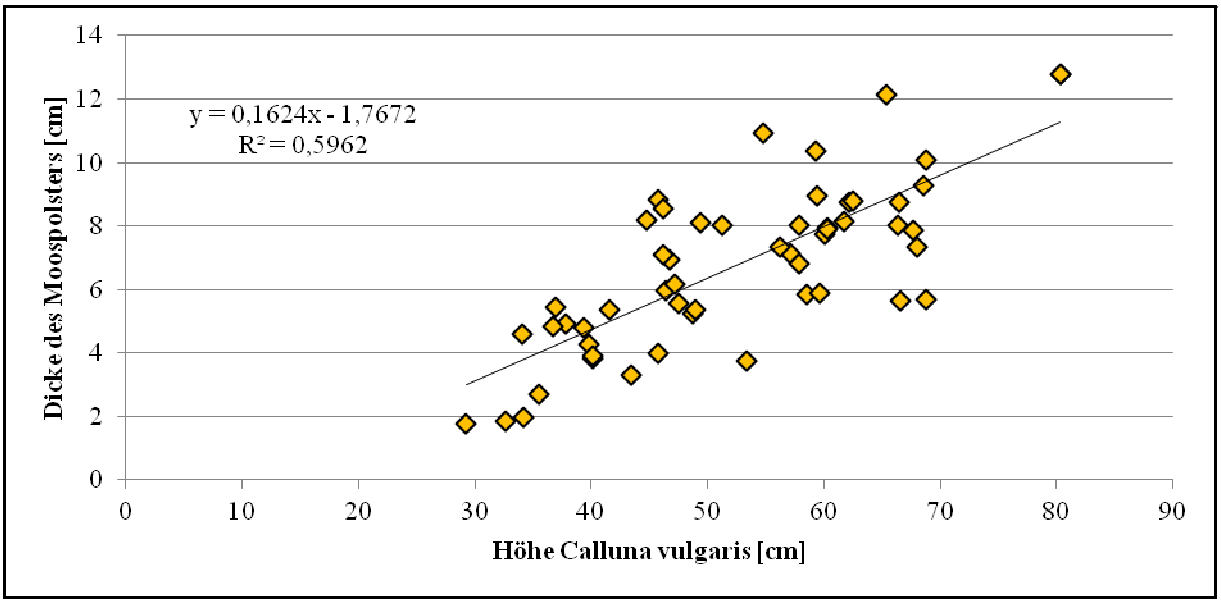


Abb. 6.11: Zusammenhang zwischen Höhe *Calluna* (X-Achse) und der Dicke des Moospolsters (Y-Achse). Es wurde jeweils der Mittelwert aus den zehn Messungen pro Aufnahmefläche gebildet. Die Stichprobenzahl n beträgt 54.

[3] Nach KREIENBROCK et al. (1995).

6.6 Vermoosung: Qualitative Betrachtung

Auf den untersuchten Flächen wurden unter anderem die Moose (Bryophyten) betrachtet. Neben der Ermittlung des Deckungsgrades stand das anteilige Vorkommen der wichtigsten (und dominierenden) Moosspezies im Vordergrund. Zu diesen zählen neben *Pleurozium schreberi* (als Differentialart der Klasse *Calluno-Ulicetea*), *Hypnum jutlandicum* und *Dicranum scoparium* (als Charakter- beziehungsweise Differentialarten des Verbands *Genistion pilosae*) auch der Neophyt *Campylopus introflexus*, der vor allem auf den jüngeren Plaggflächen in teilweise großen Beständen auftrat (vergleiche PREISING et al. 2012, KOPERSKI 2014). Aufgrund der Dominanz genannter Arten werden andere, selten gefundene Moosspezies wie *Polytrichum formosum* an dieser Stelle nicht berücksichtigt. An den erwähnten zehn zufälligen Messpunkten zur Ermittlung der Höhe des Moospolsters (Kapitel 6.5) wurde parallel notiert, welche Moosart an dem jeweiligen Messpunkt vorherrschte. So kam es zu einer genauen Registrierung der Arten an zehn Stellen (was angesichts der Ungenauigkeit und Schwierigkeit der Braun-Blanquet-Methode zur Schätzung des Deckungsgrades von Moosen als das genauere Vorgehen erschien, den prozentualen Anteil von Moosarten auf Flächen abzuschätzen). Das Vorkommen der Moosarten wurde ausgezählt. In der ersten Betrachtung wurden jeweils alle Aufnahmeflächen einer Untersuchungsgruppe zusammengefasst (Abb. 6.12).

In den jungen Plaggflächen (2001 bis 2005) ist erkennbar, dass *Hypnum* insgesamt dominiert. Als zweithäufigstes Moos wurde *Campylopus* notiert. *Pleurozium* kommt mit nur 11 % vor, während *Dicranum* sich weniger durch eine große Dominanz als vielmehr durch eine hohe Stetigkeit auszeichnet (siehe auch Tab. 6.1). So findet man *Dicranum* in jeder Untersuchungsgruppe, wohingegen *Campylopus* in den älteren Plaggflächen nicht mehr gefunden wurde. Der Gesamtanteil von *Hypnum* geht in den Untersuchungsgruppen der alten Plaggflächen (85 bis 90) minimal zurück. Dagegen steigt in beiden Untersuchungsgruppen der alten Plaggflächen (85 bis 90 und 91 bis 96) der prozentuale Anteil von *Pleurozium* stark an (von 11 auf 35 %), schwankt aber dann in den Plaggflächen 85 bis 90 und 91 bis 96 nicht mehr. *Dicranum* nimmt in der Untersuchungsgruppe der Plaggflächen 91 bis 96 zunächst ab, um dann aber in den ältesten Plaggflächen wieder auf ein Niveau von 4,2 % anzusteigen.

Betrachtet man die prozentuale Verteilung der Moosarten auf den Referenzflächen (Abb. 6.12), so ergibt sich eine deutlich andere Verteilung. Beinahe ausschließlich wurde das Moos *Pleurozium* an den Messpunkten gefunden. Mit insgesamt 94,9 % findet sich eine nahezu homogen aufgebaute Moosdecke. Die Moosgattung *Dicranum* ist die einzige weitere an den Messpunkten ermittelte Art auf den Referenzflächen.

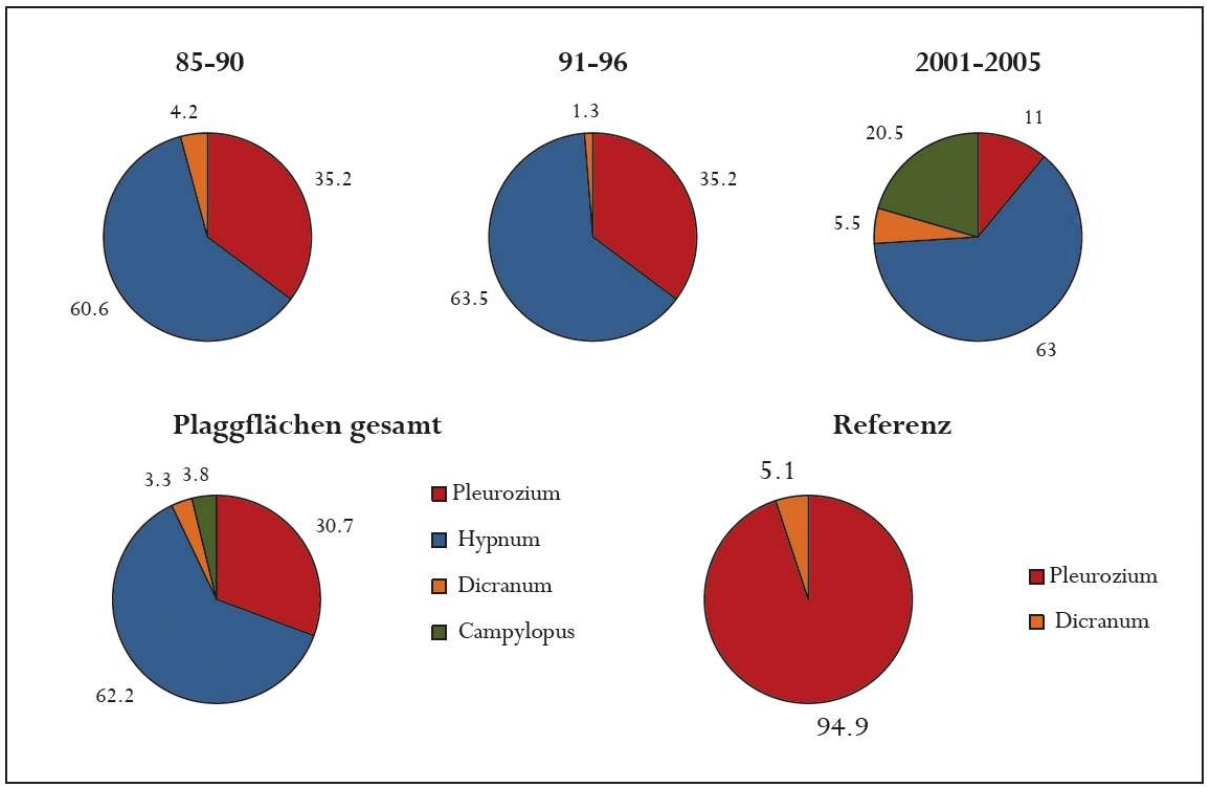


Abb. 6.12: Der prozentuale Anteil der häufigsten Moosarten (*Pleurozium schreberi*, *Hypnum jutlandicum*, *Dicranum scoparium*, *Campylopus introflexus*) wurde anhand der zehn zufälligen Messungen je Aufnahmefläche ermittelt und in die folgenden Kategorien eingeordnet: Flächen, auf den die Plaggfläche 1985 bis 1990 / 1991 bis 1996 / 2001 bis 2005 stattfand. Zusätzlich wurden alle Plaggflächen in Gesamtheit und die Referenzflächen betrachtet. Es ergab sich folgende Stichprobengröße: n = 165 (85-90), n = 159 (91-96), n = 73 (01-05), n = 397 (gesamt), n = 79 (Referenz).

Um zu berücksichtigen, dass für das Vorkommen beziehungsweise die Dominanz verschiedener Moosspezies gerade auch das jeweilige Gebiet relevant sein könnte, wurde der prozentuale Anteil der Moosart für die Plaggflächen aller Gebiete berechnet (Abb. 6.13). Die jeweiligen Referenzflächen wurden extra aufgeführt. In Gebiet II und III (Sahrendorfer Heide und Fürstengrab) wurden neben alten Plaggflächen auch junge untersucht. Daher findet man in diesen Gebieten die einzigen Vorkommen von *Campylopus introflexus* auf den Aufnahmeflächen.

Während *Dicranum* in der chronologischen Betrachtung der Untersuchungsgruppen mit einer hohen Stetigkeit und geringen Dominanz auftritt, zeigt sich in den einzelnen Gebieten ein anderes Bild. In zwei der sechs Gebiete (I und V) wurde an keinem Messpunkt *Dicranum* verzeichnet. Auch der Anteil des Mooses *Pleurozium schreberi* ist inhomogen verteilt. In den Gebieten II und V liegt der Wert unter 10 %.

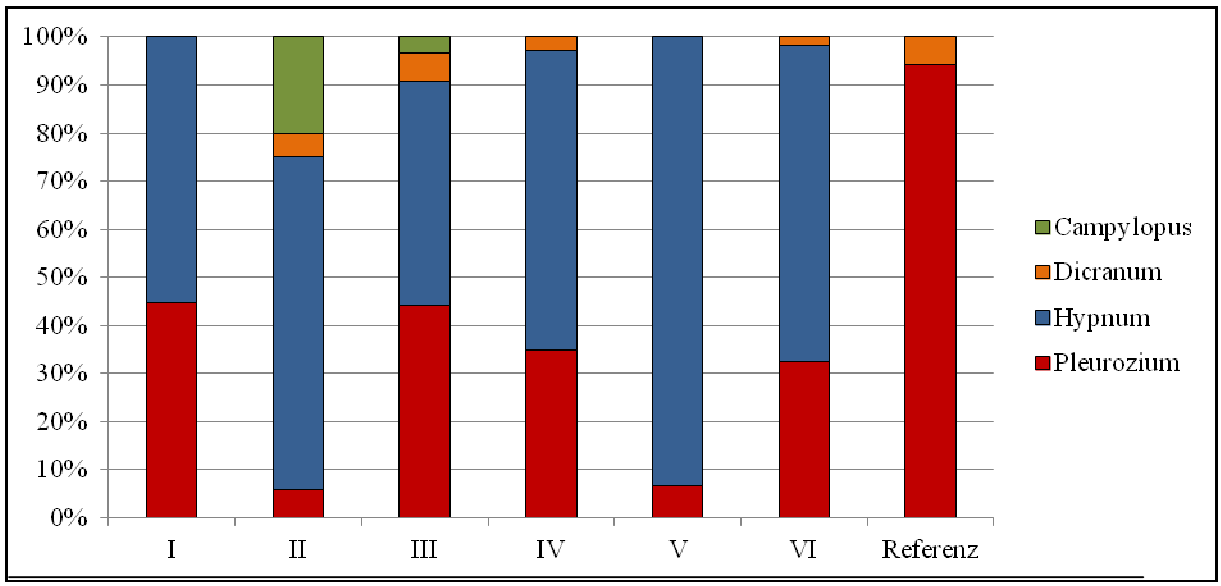


Abb. 6.13: Der prozentuale Anteil der Moosarten wurde auf Basis der zehn zufälligen Messungen pro Aufnahmefläche errechnet und für jedes Gebiet aufgetragen. I = Heidefläche Undeloh n = 67, II = Sahrendorfer Heide n = 100, III = Fürstengrab n = 85, IV = Ringwallheide n = 69, V = Wümmeheide n = 30, VI = Jungemannsheide n = 120.

7. Diskussion

Im Folgenden werden die erhaltenen Ergebnisse diskutiert. Hierbei soll das Aufzeigen von zeitlichen Entwicklungen auf Plaggflächen im Vordergrund stehen. Zudem wird angestrebt, den allgemeinen Zustand, in dem sich die abgeplaggten Flächen befinden, darzustellen.

7.1 Pflanzensoziologie und Diversität

In der Feststellung, welche Pflanzengesellschaften sich auf den Plaggflächen und den Referenzflächen finden lassen, wurde deutlich, dass in ausnahmslos allen Flächen wichtige Kennarten fehlen (Kapitel 6). Dies beginnt bereits auf der Ebene der Assoziation (*Genista pilosa*, *Genista anglica* und *Cuscuta epithymum)*. Ebenfalls auffällig ist, dass die Ausbildungen der trockenen Sandheiden und der Lehmheiden häufig nicht klar voneinander abgrenzbar sind. Vor allem der Ausbildung mit *Cladonia* können (wenn überhaupt) nur sehr wenige Flächen (15) zugeordnet werden. Diese sind aber in ihrem Artinventar deutlich verarmt und entsprechen bei Weitem nicht dem beschriebenen Idealzustand des *Genisto pilosae-Callunetum* mit *Cladonia*. Durch das Vorkommen von *Carex pilulifera* und *Galium saxatile* ließen sich 34 Flächen dem *Ge-*

nisto pilosae-Callunetum in der Ausbildung mit *Danthonia* zuordnen, obwohl die namensgebende Grasart in keiner Fläche gefunden wurde. Obwohl teilweise deutlicher ausgeprägt (insbesondere durch die höhere Stetigkeit der Kennarten, im Gegensatz zu dem eher sporadischen Auftreten wichtiger Flechtenarten in der Ausbildung mit *Cladonia*) zeigte sich auch hier, dass viele Aufnahmeflächen in ihrem Artinventar eher ärmer waren, als erwartet. Insgesamt acht Flächen konnten keiner Ausbildung des *Genisto-Callunetum* zugeordnet werden. Diese Beobachtungen decken sich mit den aktuelleren Ergebnissen in der pflanzensoziologischen Literatur. So ließen sich die meisten Heidebestände im NSG keiner Ausbildung des *Genisto pilosae-Callunetum* eindeutig zuordnen (KAISER 2015b: 61). Zusätzlich muss für die hier betrachteten Flächen gesagt werden, dass auch die Zuordnung zur Assoziation eher als problematisch zu bewerten ist, da die postulierten Arten bestenfalls selten auftreten. Allerdings ist *Cuscuta epithymum* im Allgemeinen sehr selten und wenn, dann vor allem in jungen Heidebeständen anzutreffen, die in dieser Arbeit nicht betrachtet wurden (MERTENS et al. 2007: 122). Das weitgehende Fehlen der Ginsterarten *Genista pilosa* und *Genista anglica* ist untypisch. Während der Geländearbeiten wurden beide Arten regelmäßig in der Heide, aber nicht auf den Aufnahmeflächen gefunden. Da die meisten Aufnahmen zur Blütezeit stattfanden, scheint es auch unwahrscheinlich, dass die Pflanzen übersehen wurden. Die beiden Funde der Ginsterarten wurden auf einer jüngeren Plaggfläche (II 05-2) beziehungsweise auf einer Referenzfläche (I R1) gemacht. Also wurde auf den alten Plaggflächen kein einziges Exemplar gefunden. In der Betrachtung der mittelfristigen Entwicklung der Vegetation von Plaggflächen wurde in knapp der Hälfte der Flächen *Genista pilosa* und in 40 % der Flächen *Genista anglica* gefunden (vergleiche KAISER & STUBBE 2004). Natürlich muss bedacht werden, dass lediglich die Vegetation der Aufnahmeflächen (20 m²) betrachtet wurde, nicht jedoch die gesamte Plaggfläche. So ist es durchaus möglich, dass dennoch Exemplare in anderen Bereichen der Fläche vorkommen. Denkbar ist aber auch, dass die Ginsterarten in den teilweise sehr dicken Moosauflagen nicht die Konkurrenzfähigkeit besitzen, die sie auf anderen Flächen hätten. Dafür spricht, dass sowohl auf der jüngeren Plaggfläche als auch auf der Referenzfläche die Moosschicht im Durchschnitt nur 2,5 beziehungsweise 3,3 cm dick war.

Einem Versuch zur Erklärung des Fehlens vieler Flechtenarten muss vorweggenommen werden, dass die Beschreibung der Ausbildung mit *Cladonia* des *Genisto pilosae-Callunetum* auf Vegetationsaufnahmen beruht, die vor allem von R. Tüxen vor einigen Jahrzehnten angefertigt wurden (vergleiche PREISING et al. 2012). Es ist davon auszugehen, dass sich in der Zwischenzeit die standörtlichen Bedingungen geändert haben. So sind die Heideböden heute vermutlich deutlich basenärmer (D. MERTENS, mündliche Mitteilung). Die Einträge von sauer reagierenden Verbindungen in Ökosysteme führen zu einem Rückgang des Flechtenvorkommens, der in vielen Heiden beobachtet wird (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010: 878). Flechten reagieren sehr empfindlich auf

veränderte Schad- und Mineralstoffeinträge in Ökosystemen und gelten deshalb als aussagekräftige Bioindikatoren (vergleiche VAGTS & ERNST 1999, WIRTH et al. 2013).

Vergleicht man die Zuordnung zu Pflanzengesellschaften der Untersuchungsgruppen, so zeigt sich deutlich, dass die Referenzflächen mit hohen Deckungsgraden von *Deschampsia flexuosa* eher der Ausbildung des *Genisto pilosae-Callunetum* mit *Danthonia* entsprechen. Flechten fehlen vollständig. Zwischen jüngeren und alten Plaggflächen können keine deutlichen Unterschiede gefunden werden. Es sind sowohl (an Kennarten verarmte) Ausbildungen mit *Cladonia* als auch mit *Danthonia* zu finden. Zudem gibt es aus beiden Untersuchungsgruppen Flächen, die aufgrund des Artinventars nicht zugeordnet werden können.

Der Vergleich der Gesamtartenzahlen (Kapitel 6.1) ergab, dass sich ein signifikanter Unterschied zwischen denjenigen Aufnahmeflächen, die den Lehmheiden, und denen, die den trockenen Sandheiden zugeordnet werden, finden ließ. Dies entspricht Angaben in der Literatur, wonach die Ausbildung mit *Cladonia* in den trockenen Sandheiden generell als artenärmer beschrieben wird (vergleiche PREISING et al. 2012). Die Ausbildung mit *Danthonia* wird als eine „recht artenreiche, von niedrigen Kräutern und Horstgräsern durchsetzte Ausbildung“ umschrieben (ebd., S. 22). Die Begriffe „artenarm“ und „recht artenreich“ sind relativ. Als gesichert kann jedoch die Beobachtung betrachtet werden, dass in beiden Ausbildungen (mit *Cladonia* und *Danthonia*) Arten fehlen, die in früheren Aufnahmen mit hohen Stetigkeiten in den Flächen zu finden waren.

Der hohe Artenreichtum der Flächen VI 96-6.1 und VI 96-6.2 ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass sie auf ehemaligem Ackerland liegen und sich dortige abiotische Faktoren von Flächen unterscheiden, auf denen bereits lange Zeit Heidevegetation vorherrscht. Für das übrige Artinventar (unter anderem mit *Cerastium arvense*, *Anthoxanthum odoratum* und *Achillea millefolium*, Abb. 7.1) scheinen andere Standortverhältnisse verantwortlich zu sein. Diese könnten aus einer erhöhten Pufferkapazität des Bodens infolge früherer Kalkungen resultieren (vergleiche WARNING 1996). Für genauere Aussagen müssten allerdings Bodenproben entnommen und weitere ehemalige Ackerflächen betrachtet werden.



Abb. 7.1: *Achillea millefolium* wurde in einem Heidebestand gefunden, der sich auf einer ehemaligen Ackerfläche befindet (Foto: A. Kruse 2018).

Da insgesamt mehr Aufnahmeflächen der Beschreibung der Lehmheiden entsprechen und diese signifikant artenreicher sind (Kapitel 6.1), wurde die Verteilung der Ausbildungen zudem grafisch dargestellt (Abb. 6.2 und 6.3). Es ist zu erkennen, dass das Vorkommen des *Genisto pilosae-Callunetum* mit *Cladonia* in den Untersuchungsgebieten von Norden nach Süden abnimmt. So finden sich in den Heideflächen bei Undeloh überwiegend flechtenreiche[4] Ausbildungen, während südlicher (zum Beispiel in der Ringwallheide) beinahe nur Ausbildungen mit *Danthonia* verzeichnet sind.[5] Bezieht man Daten einer Bodenkarte (NIBIS Kartenserver, BK 50) mit in die Überlegungen ein, so zeigt sich, dass sich die Ergebnisse mit den edaphischen Gegebenheiten erklären lassen. Je nach Bodenausgangssubstrat (Sand oder Lehm) zeigt sich das unterschiedliche Artinventar. Die pflanzensoziologische Betrachtung ist also auch auf geplaggten Flächen dazu geeignet, Aussagen über die jeweiligen Bodenverhältnisse zu tätigen.

[4] In der Definition. Der Flechten"reichtum" in der praktischen Betrachtung ist zu hinterfragen.
[5] Auf die Darstellung der Varianten mit *Molinia caerulea* wurde aus zeitlichen Gründen verzichtet.

7.2 Quantität und Qualität von Gruppenspektren in einer Chronosequenzanalyse

In der Entscheidung, das maschinelle Plaggen als Pflegemaßnahme im NSG „Lüneburger Heide“ einzuführen, war die Beobachtung entscheidend, dass sich eine zunehmende Vergrasung mit *Deschampsia flexuosa* in den Heiden einstellte. Physiologische Unterschiede sorgen dafür, dass *Calluna vulgaris* und *Deschampsia flexuosa* unter unterschiedlichen Standortbedingungen von unterschiedlicher Konkurrenzkraft sind.

Während sich *Calluna* auf Rohhumusschichten (die vor allem aus ihrer eigenen, schlecht abbaubaren Streu bestehen) nicht generativ verjüngen kann[6], gilt *Deschampsia* als Rohhumuszehrer (Mineralisation der Streu überwiegt Streuproduktion). Des Weiteren ist für Gräser die vegetative Fortpflanzung wichtiger, während *Calluna vulgaris* maßgeblich auf eine generative Verjüngung angewiesen ist (vergleiche PFADENHAUER 1993). Ein weiterer wichtiger Faktor sind die Einträge von Stickstoff in die Ökosysteme. Gräser können durch das Enzym Nitratreduktase neben Ammonium auch Nitrat als Stickstoffquelle nutzen und sind durch höhere Stickstoffeinträge aufgrund eines hohen Biomassezuwachses konkurrenzfähiger als die Besenheide (vergleiche ELLENBERG & LEUSCHNER 2010, STEUBING 1993).

Das maschinelle Plaggen sorgt neben der Entfernung der Rohhumusschicht auch für einen hohen Austrag von Stickstoff (vergleiche HÄRDTLE & V. OHEIMB 2008). Auf diese Weise wird das Wachstum von *Calluna vulgaris* begünstigt. Vor allem die Samenbank im Boden ermöglicht dem Zwergstrauch eine erfolgreiche Besiedlung der Fläche, während die Wurzeln von *Deschampsia* (und auch *Molinia caerulea*) beim Plaggen abgetragen werden.

Die Ergebnisse des Gruppenanteils beziehungsweise der Gruppenmenge (siehe Kapitel 6.2) zeigen deutlich, dass das Plaggen bezüglich der oben genannten Punkte auch nach mehr als 20 Jahren als Erfolg zu betrachten ist. Der Anteil an Grasarten am gesamten Artinventar ist auf den jüngeren Plaggflächen mit 14,6 % am geringsten und steigt in den beiden anderen Untersuchungsgruppen der alten Plaggflächen um insgesamt knapp 10 % an. Betrachtet man zusätzlich aber die Deckungsgrade in der Gruppenmenge, so wird deutlich, dass die Gräser nur einen sehr geringen Anteil am Gesamtdeckungsgrad besitzen (1,9 % auf den jüngeren Plaggflächen, 6,9 % auf den ältesten). Der Aussagewert des Gruppenanteils muss zusätzlich in Bezug zu der Gesamtartenzahl gebracht werden. Bei den geringen Artenzahlen, die durchschnittlich auf den Aufnahmeflächen auftauchten, ist eine Prozentangabe von 24,5 % gleichbedeutend mit durchschnittlich 2,4 Grasarten pro Fläche. Da in der Kategorie der Grasartigen neben den Poaceae auch

[6] Vor allem aufgrund des Trockenstresses, dem die jungen Keimlinge aufgrund der schlechten Wasserhaltefähigkeit der Rohhumusschicht ausgesetzt sind (vergleiche ELLENBERG & LEUSCHNER 2010).

Cyperaceae und Juncaceae auftauchen, erscheint dies als doch verhältnismäßig geringe Repräsentation der Gräser auf den Plaggflächen.

Auch bei den Kräutern lässt sich eine Zunahme mit dem Zurückliegen der Plaggmaßnahme feststellen. Es gibt allerdings wieder einen leichten Abnahmetrend im Gruppenanteil zwischen den alten Plaggflächen (der Jahre 1991 bis 96) und den alten Plaggflächen (der Jahre 1985 bis 90). Dieser lässt sich aber nicht in der Gruppenmenge feststellen – diese steigt langsam, aber kontinuierlich in den drei Untersuchungsgruppen an.

Das Abnehmen der Zwergsträucher in der Gruppenmengenbetrachtung lässt sich mit der Beschreibung der Lebensphasen für *Calluna vulgaris* erklären. Nimmt man an, dass die Vegetation auf den Flächen zu dem Zeitpunkt der Plaggmaßnahme auf den „Zustand Null“ (das heißt, dass sich sämtliche Pflanzen auf einer freigeräumten Fläche neu behaupten müssen) gesetzt wird (vergleiche FOTTNER et al. 2004), so ist davon auszugehen, dass sich die Besenheide in der Untersuchungsgruppe der jüngeren Plaggflächen (der Jahre 2001 bis 05) in der Aufbauphase befindet (GIMINGHAM 1972: 125). In dieser Phase erreicht *Calluna vulgaris* die höchsten Deckungsgrade (ebd., S. 137). Wie auch auf den Aufnahmeflächen beobachtet wurde, nehmen die Anteile an der Gruppenmenge mit steigendem Alter von *Calluna* wieder ab.

Eine zeitliche Entwicklung der Moosflora ist in den Untersuchungsgruppen ebenfalls zu erkennen. Die Diversität von Moosen ist auf den jüngeren Plaggflächen mit Abstand am höchsten – sie stellen insgesamt gut ein Drittel des gesamten Artinventars. Die Gruppenmenge ist demgegenüber deutlich geringer. Unter Einbezug der Deckungsgrade steigen die Anteile der Moose mit dem Zurückliegen der Plaggmaßnahme an. Es scheint also, als kämen in den jüngeren Plaggflächen (die teilweise noch einen deutlichen Offenbodenanteil aufwiesen) mehr Moosarten in geringeren Deckungsgraden vor. Auf den alten Plaggflächen kommt es zu einer starken Zunahme des Deckungsgrades unter Rückgang des Artinventars. Betrachtet man die Kategorie der Flechten, so zeigt sich, dass sowohl hinsichtlich des Gruppenanteils als auch bezüglich der Gruppenmenge die höchsten Anteile auf den jüngeren Plaggflächen gefunden wurden. Mit dem Zurückliegen der Plaggmaßnahme sinken beide Werte.

Die Referenzflächen stellen sich in Gruppenanteil und Gruppenmenge als stark vergraste Flächen dar, die keinen geeigneten Lebensraum für Flechten aufweisen. Ein Grund dafür könnten die höheren Verfügbarkeiten an Mineralstoffen sein (welche zudem als ursächlich für die starke Vergrasung anzusehen sind), da die Strauchflechten der Gattung *Cladonia* lediglich in oligotrophen Zwergstrauchheiden konkurrenzfähig bleiben können (WIRTH et al. 2013: 369).



Abb. 7.2: Flechten der Gattung *Cladonia* können auf offenem Boden in jüngeren Plaggflächen wachsen (links: *Cladonia floerkeana*) oder auf den dicken Moosauflagen vorkommen (rechts: *Cladonia portentosa*) (Fotos: A. Kruse 2018).

7.3 Seneszenz von *Calluna vulgaris*

Die durchgeführte lineare Regression zwischen Stammdurchmesser und Jahresringanzahl ermöglicht es, aus den Ergebnissen der Stammdurchmesser Rückschlüsse auf die Altersverteilung zu ziehen. Allerdings muss beachtet werden, dass die Stichprobengröße umfangreicher hätte sein können und dass eventuelle Fehler beim Auszählen der Jahresringe gemacht wurden (vergleiche WATT 1955). Deshalb sollen die in Kapitel 6.3 dargestellten Ergebnisse als relatives Maß und nicht als absolutes für das Alter des Auswuches von *Calluna vulgaris* auf den Flächen betrachtet werden.

Dennoch muss betont werden, dass das maximale Alter der Stämme einer Aufnahmefläche nicht dem Alter der Plaggfläche entspricht. Durch den Stammdurchmesser und die Standardabweichung ergibt sich, dass das maximale Alter des Triebes circa 20 Jahre beträgt (vergleiche Abb. 6.7 und 6.8 sowie Abb. 10.2 im Anhang). Die ältesten betrachteten Plaggflächen sind jedoch 33 Jahre alt. Selbst wenn man davon ausgeht, dass *Calluna vulgaris* noch nicht in den ersten Jahren zur Keimung gelangt (obwohl die Ergebnisse der kurzfristigen Vegetationsentwicklung auf Plaggflächen andere Ergebnisse liefern (vergleiche FOTTNER et al. 2004), kann diese Abweichung nicht erklärt werden. Das erwartbare Alter von *Calluna vulgaris* liegt deutlich höher (vergleiche GIMINGHAM 1972). Es ist zwar davon auszugehen, dass die Individuen als solche älter sind und lediglich die Triebe nicht das Alter erreichen (SCHELLENBERG 2017: 18), aber dennoch zeigt sich in den Messungen auf den Plaggflächen das Phänomen der verfrühten Seneszenz (vergleiche STEUBING 1993). Durch die erhöhte Verfügbarkeit insbesondere von Stickstoff kommt es zu einem schnelleren Biomassezuwachs von *Calluna vulgaris*. Heideökosysteme sind trotz der vergleichsweise hohen Stick-

stoffdisposition als stickstofflimitierte Systeme aufzufassen (vergleiche V. OHEIMB et al. 2010). Obwohl Plaggen als intensives Pflegeverfahren zu erheblichen Austrägen von Stickstoff führt (theoretische Wirkungsdauer 89,2 Jahre), wird beobachtet, dass auf frisch geplaggten Flächen Ammoniumkonzentrationen stark ansteigen können. Dies wird vor allem darauf zurückgeführt, dass das Entfernen der Vegetation zu einem deutlich veränderten Mikroklima führt, welches wiederum eine hohe mikrobielle Aktivität und Mineralisation bedingt (HÄRDTLE & V. OHEIMB 2008: 96). Keimende Besenheide ist also einer deutlich verbesserten Versorgung mit Stickstoff ausgesetzt. Dies führt zu einer verstärkten Einlagerung von stickstoffhaltigen Verbindungen in die Blätter (vergleiche STEUBING 1993). Gewebe mit viel Stickstoff weist in der Regel eine hohe metabolische Aktivität auf (und ist attraktiver für Fraßfeinde, vergleiche Kapitel 7.4), hat dafür aber eine geringere Lebensdauer (vergleiche BRESINSKY et al. 2008). Es kann also nicht davon ausgegangen werden, dass die durch Eutrophierung bedingte verfrühte Seneszenz auf Plaggflächen nicht in Erscheinung tritt. Trotz des hohen Austrags von (unter anderem) Stickstoff scheint es Auswirkungen auf die Kondition von *Calluna vulgaris* zu geben.



Abb. 7.3: *Hypogymnia physodes* ist vor allem als Epiphyt auf älteren Trieben der Besenheide zu finden (Foto: A. Kruse 2018).

Die Ergebnisse zeigen zusätzlich, dass mit dem Zurückliegen der Plaggmaßnahme die Heterogenität des Alters der Triebe auf den Flächen zunimmt (Abb. 6.8). Diese Beobachtung legt nahe, dass auch (oder vor allem) in den alten Plaggflächen eine Verjüngung von *Calluna vulgaris* stattfindet. Ob diese in der Mehrzahl vegetativer oder generativer Natur ist, muss an dieser Stelle offenbleiben. Nach GIMINGHAM (1972) kann sich die Besenheide aber erst in der Degenerationsphase effizient generativ verjüngen, da nur dann genug Licht die Keimung ermöglicht. In einigen alten Plaggflächen wurde *Hypogymnia physodes* (Tab. 6.1) gefunden, welche die Degenerationsphase von *Calluna* andeutet (GIMINGHAM 1975: 45). Es wäre spannend, die Vegetationsentwicklung auf den Plaggflächen weiter zu beobachten, um festzustellen, ob es unter der Bedingung, dass aufkeimende Gehölze entfernt werden, zu einer zyklischen Entwicklung von *Calluna vulgaris* auf geplaggten Flächen (die bezüglich des Stickstoffhaushalts eine entsprechend hohe Wirkungsdauer aufweisen) kommen kann. Die ermittelten Ergebnisse deuten jedenfalls an, dass sich die Besenheidebestände wenigstens ansatzweise verjüngen.

Zusätzlich zu diesen Beobachtungen sprechen weitere Ergebnisse für die Dringlichkeit einer generativen Verjüngung der Besenheide. So können sich die Triebe der Besenheide zwar adventiv bewurzeln und alte Pflanzen können neu austreiben; zu einem Erhalt vitaler Bestände führt dies aber nicht. Neuere Erkenntnisse belegen, dass insbesondere das Individuenalter für die Vitalität und Konkurrenzkraft von *Calluna vulgaris* relevant ist, weniger jedoch das Alter der oberirdischen Triebe (vergleiche SCHELLENBERG 2017: 20).

7.4 Vitalität von *Calluna vulgaris*

Wie die Darstellung in der multiplen linearen Regression zeigt, hängt die Wuchshöhe von *Calluna vulgaris* von verschiedenen Faktoren ab und ist vor allem nicht allein durch das Alter (Stammdurchmesser) beziehungsweise das Jahr der Plaggmaßnahme bestimmt. Neben dem Wuchsort scheint auch die Höhe des Moospolsters eine Rolle zu spielen. Der Biomassezuwachs ist unter anderem durch die Stickstoffversorgung gesteuert (Heideökosysteme als stickstofflimitierte Systeme, siehe oben). Wie bereits dargestellt (Kapitel 7.3) steigt die Mineralisationsrate in den ersten Jahren nach dem Plaggen stark an und erhöht dadurch die Stickstoffverfügbarkeit für Pflanzen. Es ist zu vermuten, dass die Verfügbarkeit von Mineralstoffen auch einen Einfluss auf die Dicke des Moospolsters hat. Bryophyten fungieren in Heideökosystem als Senke für atmogene Stickstoffdepositionen (vergleiche BÄHRING et al. 2017). Über lange Sicht aber scheint die Moosschicht Stickstoff freizusetzen und so für eine Verteilung auf andere Kompartimente im Ökosystem zu sorgen (ebd.). So wäre es denkbar, dass eine

hohe Biomasse in der Moosschicht dazu führte, dass *Calluna* insgesamt eine bessere Stickstoffversorgung hat.

Der hohe Korrelationskoeffizient ($r = 0{,}77$) deutet auf einen positiven linearen Zusammenhang beider Variablen hin. Es ist jedoch an dieser Stelle unklar, welche Variable als abhängig von der anderen betrachtet werden kann. Mit dem Moospolster als abhängige Variable (Abb. 6.11) ergibt sich ebenfalls ein nachvollziehbares Bild. Je höher die Zwergstrauchschicht der dominanten Besenheide, desto eher ist davon auszugehen, dass sich das Mikroklima in den Beständen ändert: Durch die Beschattung kann davon ausgegangen werden, dass die Feuchtigkeit in der unteren Schicht zunimmt. Dies wiederum könnte das Wachstum der Moose *Pleurozium schreberi* und *Hypnum jutlandicum* fördern, deren Auftreten mit älteren und feuchten Heidebeständen in Zusammenhang steht (vergleiche DANIELS et al. 1993).

Dass der Anteil abgestorbener Triebe unter anderem signifikant von dem Alter sowie der Höhe der Pflanzen abhängt, ist nach den Ausführungen zu verfrühter Seneszenz durch Eutrophierung kaum verwunderlich (siehe Kapitel 7.3). Auch die Signifikanz hinsichtlich der Dicke des Moospolsters als erklärende Variabel scheint logisch, besteht doch ein deutlicher Zusammenhang zwischen diesem und der Höhe von *Calluna vulgaris*.

Auch der Befall auf den Aufnahmeflächen mit dem Heideblattkäfer *Lochmaea suturalis* wurde im Zusammenhang mit mehreren unabhängigen Variablen analysiert. Ebenso wie die Anteile abgestorbener Triebe weist das Bestimmtheitsmaß auf eventuelle Schwächen des Modells hin. Eine Schwäche der Betrachtung mag in der relativ geringen Stichprobengröße liegen. Dennoch ergibt sich auch in der Betrachtung des *Lochmaea*-Befalls, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen dessen Stärke und der Höhe der Moosschicht zu bestehen scheint. Die Moospolster in den Heiden führen dazu, dass Wasser zurückgehalten wird und der Untergrund eine höhere Feuchtigkeit aufweist. Der monophage Schädling *Lochmaea suturalis* ist in seinem Ei- und Larvenstadium auf ausreichende Feuchtigkeit angewiesen (MELBER et al. 1986: 88). Heideflächen mit dicken Moosauflagen bieten somit einen geeigneteren Lebensraum für den Käfer.

Eine weitere Überlegung bezüglich des Schädlingsbefalls richtet sich auf Stickstoff als Element. Die erhöhte Aufnahme von Stickstoff zeigt sich bei *Calluna vulgaris* vor allem darin, dass mehr stickstoffhaltige Verbindungen im Blattmaterial gebildet werden (THROOP & LERDAU 2004: 112). Dies wiederum führt bei höheren Stickstoffdepositionen indirekt zu Effekten auf Pflanzen durch Herbivore (ebd. S. 128). Vor allem ist auch die Regenerationsfähigkeit der Pflanzen (hier *Calluna vulgaris*) selbst durch Eutrophierung gemindert (vergleiche STEUBING 1993). Dieser Effekt nimmt mit stei-

gendem Individuenalter vermutlich zu (vergleiche SCHELLENBERG 2017). Es konnte in der durchgeführten multiplen Regression kein signifikanter Zusammenhang zwischen Alter und dem Befall mit *Lochmaea* aufgezeigt werden (obwohl dieses Ergebnis keineswegs bedeutet, dass kein Zusammenhang besteht). Möglich wäre, dass ein Teil der abgestorbenen Triebe von *Calluna* aus einem früheren Fraß von *Lochmaea* resultiert. Die Erkenntnis, dass der Anteil abgestorbener Triebe mit dem Alter des Aufwuchses (Stammdurchmesser) zunimmt, könnte auf eine verminderte Regenerationsfähigkeit nach Fraßschäden durch den Heideblattkäfer hindeuten. Allerdings muss nochmals betont werden, dass das Bestimmtheitsmaß mit einem niedrigen Wert von $R^2 = 0{,}38$ auf Schwächen des Modells hindeutet.

7.5 Diversität der Moose auf Plaggflächen

Durch die hohe Dominanz von *Calluna vulgaris* und die Einflüsse, die von diesen Pflanzen auf die mikroklimatischen Gegebenheiten einer offenen Fläche ausgeübt werden, steht auch an dieser Stelle wieder die Frage im Vordergrund, ob die jeweilige Altersphase von *Calluna* jeweils andere Moosarten begünstigt. Die Ergebnisse der hier durchgeführten Untersuchung legen nahe, dass es Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen gibt (Kapitel 6.6). Allerdings konnte beobachtet werden, dass das Auftreten und vor allem die Häufigkeit der Moosarten auch von dem Untersuchungsgebiet abhängt. Da jedoch in den Untersuchungsgebieten unterschiedlich alte Plaggflächen vertreten sind, könnte diese Beobachtung zusätzlich aus zeitlich bedingten Veränderungen des Moosartenspektrums resultieren. So sind sowohl in Jungemanns Heide als auch in den Heideflächen bei Undeloh Plaggflächen aus dem Jahr 1996 zu finden.

In den jüngeren Plaggflächen ist der Anteil von *Pleurozium* am geringsten. Zwischen der Untersuchungsgruppe mit Plaggflächen, die zwischen den Jahren 2001 und 2005 geplaggt wurden, und denjenigen, die aus dem Zeitraum 1991 bis 1996 stammen, steigt der Anteil stark an. Nach GIMINGHAM (1972: 128) tritt als erste Moosart *Hypnum jutlandicum* in der Reifephase von *Calluna* im Zentrum der Besenheidepflanzen auf – dort, wo sich die Zweige altersbedingt etwas lichten. In Manier der Vorliebe für zyklische Prozesse beschreibt er weiter, dass sich dann in der Degenerationsphase weitere Moosarten etablieren – vor allem *Pleurozium schreberi*. Die zeitliche Abfolge (erst *Hypnum jutlandicum*, dann *Pleurozium schreberi*) decken sich ansatzweise mit den hier erhaltenen Ergebnissen. Doch können (infolge der inhomogenen Untersuchungsgebiete und geringen Stichprobengrößen) bestenfalls Tendenzen aufgezeigt werden (siehe oben). Es müssen, um klare Aussagen bezüglich einer räumlichen oder zeitlichen Verteilung der Moosarten treffen zu können, weitere Untersuchungen angestrebt werden.

Es gibt aber eine klare Tendenz in der Moosartenverteilung auf den Referenzflächen. Deutlich tritt in Erscheinung (Abb. 6.12), dass vor allem *Pleurozium schreberi* auf den vergrasten Flächen wächst. Diese Art kann sich auch auf dicken Rohhumusauflagen etablieren (vergleiche KOPERSKI 2014).

Eine weitere klare Tendenz zeigt sich in dem Vorkommen von *Campylopus introflexus* in der Untersuchungsgruppe der jüngeren Plaggflächen. Diese Moosart tritt als Erstbesiedler auf Offenboden auf (KOPERSKI 2014: 17). Die jüngeren Plaggflächen wiesen häufig noch hohe Offenbodenanteile auf, sodass sich das Pioniermoos entsprechend gut etablieren konnte. Obwohl in der Literatur darauf hingewiesen wird, dass die Eigenschaft dieser Moosart, großflächige Bestände zu bilden, dazu führt, dass die Artenvielfalt auf den Flächen abnimmt (DANIELS et al. 1993), konnte dies in der vorliegenden Untersuchung nicht beobachtet werden. Die Flächen, die teilweise auch hohe Deckungsgrade von *Campylopus* aufwiesen (Abb. 7.4), waren nicht artenärmer als die Flächen, welche davon nicht bewachsen sind. Tatsächlich wiesen sie tendenziell eher mehr Arten auf (Tab. 6.1). Die Ursache dafür könnte allerdings auch darin zu suchen sein, dass ausnahmslos alle Flächen als an Arten verarmt betrachtet werden müssen.



Abb. 7.4: Das Kaktusmoos (*Campylopus introflexus*) wächst in jüngeren, lichten Heidebeständen (Foto: A. Kruse 2018).

Die hohe Dominanz und Deckungskraft der beiden Moosarten *Pleurozium* und *Hypnum* ist insbesondere auf den älteren Plaggflächen auffällig. Für ältere, feuchte Heiden mit hoher Rohhumusauflage und niedrigem pH-Wert ist diese Beobachtung sehr typisch (vergleiche DANIELS 1993). Für die entsprechenden Heiden ist eine vergleichsweise niedrige Artendiversität beschrieben, was hier bestätigt werden kann. Auch das gelegentliche Auftreten von *Dicranum scoparium* und *Cladonia portentosa* kann als typisch betrachtet werden (ebd.).

Es ist zu vermuten, dass die zunehmende Versauerung der Flächen (siehe Kapitel 7.1) auch dazu führt, dass die hier betrachteten Moosarten besonders konkurrenzfähig sind und schon auf Plaggflächen, die noch einen hohen Offenbodenanteil aufweisen, beinahe konkurrenzlos die Moosschicht beherrschen. Da aber viele Moosarten, die offene Heideböden bevorzugen, infolge der fehlenden Bewirtschaftung im 20. Jahrhundert in ihren Vorkommen drastisch zurückgingen beziehungsweise ganz verschwanden, kann eine weitere Erklärung darin liegen, dass sich einige Arten erst wieder ansiedeln müssen, wenn sie nicht bereits gänzlich aus dem Gebiet verschwunden sind (KOPERSKI 2014: 197).

Die polsterbildenden Moose auf den Flächen sind vor allem *Hypnum* und *Pleurozium*. Es wurde keine Korrelation zwischen dem Alter der Plaggfläche und der Höhe der Moosschicht gefunden. Die Dicke des Moospolsters muss also von anderen Faktoren bestimmt werden (siehe oben).

8. Fazit und Ausblick

Die dieser Arbeit zugrundeliegende Untersuchung hatte die Zielsetzung, folgende Hypothesen hinsichtlich ihrer Richtigkeit zu prüfen:

(1) Das Alter von *Calluna vulgaris* (indirekt gekennzeichnet durch das Alter der Plaggfläche) bestimmt die Artzusammensetzung der Vegetation der Fläche.

(2) Der hohe Austrag von Stickstoff durch das Plaggen als Pflegemaßnahme zeigt sich darin, dass die Deckungsgrade von *Deschampsia flexuosa* auch auf den alten Plaggflächen sehr gering ist.

(3) *Calluna vulgaris* entspricht in ihrem Alter in etwa dem der Plaggflächen.

(4) Je länger eine Plaggmaßnahme her ist, desto älter sind die Individuen der Besenheide (siehe Hypothese (3)) und desto stärker sind Einbußen der Vitalität zu erkennen.

(5) In der Kryptogamenflora auf Plaggflächen spiegelt sich der Zeitpunkt der Plaggmaßnahme wider, sodass eine chronologische Entwicklung beobachtbar ist. Dabei zeigen jüngere Plaggflächen durch eine höhere Vielfalt an Kryptogamen eine insgesamt höhere Artdiversität und ältere Plaggflächen dickere Moospolster.

Die Betrachtung der Gesamtartenzahlen ergab, dass keine signifikanten Abweichungen zwischen den Untersuchungsgruppen aufgezeigt werden konnten. Signifikante Unterschiede in der Diversität resultieren vielmehr aus den unterschiedlichen edaphischen Voraussetzungen, die wiederum spezifische Zusammensetzungen von Arten bedingen. Artenärmere Ausbildungen des *Genisto pilosae-Callunetum* mit *Cladonia* finden sich insbesondere auf sandigem Ausgangssubstrat, Ausbildungen mit *Danthonia* auf anlehmigen Böden (vergleiche PREISING et al. 2012). Der Zeitpunkt der Plaggmaßnahme konnte mit der Artdiversität nicht in Korrelation gebracht werden. Höhenzunahme von *Calluna vulgaris* beziehungsweise Zunahme der Deckung und der Höhe des Moospolsters führen also nicht zu einer signifikanten Artenverarmung.

Allerdings konnten in den Untersuchungsgruppen durch die qualitative und quantitative Darstellung von jeweils auf der Fläche vertretenen Gehölzen, Zwergsträuchern, Kräutern, Gräsern, Moosen und Flechten eine chronologische Entwicklung aufgezeigt werden. Mit steigendem Alter der Plaggfläche sinkt mit Überschreitung der Aufbauphase der Deckungsgrad der Zwergsträucher, während Arten der Gräser und Kräuter leicht zunehmen. Die Gruppenmenge der Moose steigt mit dem Alter deutlich an (wohingegen der Anteil an Offenboden abnimmt). Flechten scheinen in ihrer Diversität mit steigendem Alter der Plaggfläche abzunehmen.

Es kann somit angenommen werden, dass sich die in der Literatur postulierten altersabhängigen Effekte von *Calluna vulgaris* auf mikroklimatische Gegebenheiten in einem unterschiedlichen Artinventar widerspiegeln (vergleiche zum Beispiel GIMINGHAM 2010). Hypothese (1) kann durch die durchgeführten Untersuchungen unterschiedlich alter Plaggflächen bestätigt werden. Die Artenvielfalt von Flechten ist auf jüngeren Plaggflächen höher. Allerdings geht dies nicht mit einer generell höheren Gesamtartenzahl einher. Hypothese (5) kann also nur in Teilen bestätigt werden. Es zeigte sich eine chronologische Entwicklung in den Deckungsgraden der häufigen Moose *Pleurozium schreberi* und *Hypnum jutlandicum*. Eine beständige Zunahme des Moospolsters konnte aber nicht belegt werden.

Durch die Betrachtung des Vorkommens von *Deschampsia flexuosa* (und anderen Gräsern) wurden Aussagen über die Konkurrenzkraft von *Calluna vulgaris* auf den Flächen angestrebt. Da diese maßgeblich von der Verfügbarkeit von Stickstoff (in reduzierter beziehungsweise oxidierter Form) abhängt, wurde zunächst die theoretische

Wirkungsdauer von Plaggen für Stickstoff von 89,2 Jahren vorausgesetzt (vergleiche HÄRDTLE et al. 2004). Auf den ältesten Plaggflächen waren Gräser mit nur sehr geringen Anteilen und Mengen vertreten, auch wenn eine Zunahme, verglichen mit jüngeren Plaggflächen, zu beobachten ist (siehe oben). Vegetationsökologische Beobachtungen können also bestätigen, dass die Haltbarkeit von Plaggen als Pflegemaßnahme mindestens 33 Jahre beträgt (die ältesten untersuchten Flächen wurden 1985 geplaggt). Hypothese (2) kann bestätigt werden.

Die Altersuntersuchungen, welche durch die Messungen des Stammdurchmessers an der Basis durchgeführt wurden, zeigten, dass *Calluna vulgaris* auf den geplaggten Flächen nicht so alt war, wie sie hätte sein können. Hypothese (3) muss somit verworfen werden. Trotz des hohen Austrags von Stickstoff aus den Flächen zeigte sich das Phänomen der verfrühten Seneszenz wenigstens im oberirdischen Aufwuchs der Besenheide. Ein Grund hierfür könnte in den zumindest anfänglich hohen Mineralisationsraten nach dem Plaggen liegen (siehe oben). *Calluna vulgaris* zeigt in den ersten Jahren ihres Wachstums hohe Stickstoffwerte in den Blättern. Diese könnte zu den beobachteten verfrühten Alterserscheinungen und verfrüht einsetzender (vegetativer) Verjüngung auf den Flächen führen.

Als Maß für die Vitalität von *Calluna vulgaris* wurden Bestandshöhe, Anteil abgestorbener und von *Lochmaea suturalis* befallener Triebe betrachtet. Alle drei Merkmale scheinen von mehreren Faktoren abhängig zu sein. So bestand zwar eine Korrelation zwischen dem Jahr der Plaggmaßnahme und der Bestandshöhe beziehungsweise dem Anteil abgestorbener Triebe, jedoch konnte zusätzlich die Abhängigkeit zu Gebiet, dem Alter der Besenheide (nicht gleichbedeutend mit dem Jahr des Plaggens, siehe oben) und der Dicke der Moosschicht gezeigt werden. Die Stärke der Fraßschäden von *Lochmaea suturalis* war in dem betrachteten Modell signifikant nur von der Dicke des Moospolsters abhängig. Hypothese (4) kann also in Teilen angenommen werden, wobei die Vitalität von *Calluna vulgaris* nur multifaktoriell erklärbar ist.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass auf den Flächen nur Rumpfgesellschaften nachweisbar waren. Wichtige Kennarten fehlten. Viele Flechten- und Moosarten fanden sich nicht auf jüngeren Plaggflächen, obwohl diese teilweise noch hohe Anteile an Offenboden aufwiesen. Dennoch konnten chronologische Entwicklungen von jüngeren zu älteren Plaggflächen gezeigt werden. Im Vergleich zu den Referenzflächen zeigte sich ein deutlich geringerer Anteil von Gräsern, vor allem von *Deschampsia flexuosa*. So lässt sich schließen, dass (1.) Plaggen als Pflegemaßnahme hinsichtlich des Vorgehens gegen zunehmende Vergrasung der Heiden als erfolgreich zu bewerten ist und (2.) eine zeitliche Entwicklung auf den Plaggflächen ausgemacht werden kann.

Neben der floristischen Betrachtung wäre es wünschenswert, faunistische Untersuchungen durchzuführen (Abb. 8.1). *Calluna vulgaris* verändert durch die altersspezifischen Strukturen das Mikroklima am Standort und sorgt durch die schlecht zersetzbare Streu für Bildungen von Rohhumusauflagen. Je nach Alter der Fläche wäre es denkbar, dass vor allem Insektenarten (beispielsweise Raupen, die in ihrer Präsenz stark durch das Vorkommen ihrer Futterpflanzen geprägt sind) in unterschiedlichen Ausprägungen vorkommen. Auch für Reptilien und Bodenbrüter (wie zum Beispiel das Birkhuhn) sind die durch die Besenheide bedingten Strukturen von großer Wichtigkeit.



Abb. 8.1: Pflegemaßnahmen sollten auch hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Fauna untersucht werden (Fotos: A. Kruse 2018).

Die Beobachtung, dass das Moos *Pleurozium schreberi* auf den Referenzflächen dominierte, während *Hypnum jutlandicum* kaum vorkam, könnte Hinweise auf Unterschiede in ökologischer Konkurrenz zwischen den beiden Arten geben. Da jedoch insgesamt nur sehr wenig Referenzflächen betrachtet wurden, kann hier nur ein tendenzieller Unterschied aufgezeigt werden – weitere Untersuchungen wären notwendig, um genauere Aussagen zu ermöglichen.

9. Schlusswort: Plaggen als Pflegemaßnahme zur Erhaltung des Landschaftsbildes der Heide

Dass das Naturschutzgebiet „Lüneburger Heide“ als Landschaft zu betrachten ist, wurde bereits dargelegt (Kapitel 4). Zudem wurde auf die Schwierigkeiten verwiesen, die dem Begriff der Landschaft inhärent sind und derer man sich in Debatten stets bewusst sein sollte. Gerade in heutigen Diskussionen, in den viele verschiedene Meinungen teilweise hochgradig emotional vertreten werden, muss vorausgesetzt werden, dass über die gleiche Sache geredet wird. In der Heidelandschaft des NSG kommt es immer wieder zu Empörungen über Maßnahmen (wie zum Beispiel das Entfernen von *Juniperus communis*), die letztlich zu dem Erhalt eines strukturreichen Lebensraumes führen sollen. So scheint es unabdingbar, die Entstehung von Heiden nicht in Vergessenheit

geraten zu lassen, auch wenn die heutigen Heideflächen „nur noch“ aus ästhetischen Gründen und Naturschutzgedanken erhalten werden. Die Heideflächen des NSG haben heute andere Strukturen als noch vor 200 Jahren. Standen damals vornehmlich ökonomische Interessen im Vordergrund, so sind es heute ästhetische. Die Heiden dienen heute der Erholung und nicht der landwirtschaftlichen Produktion (vergleiche RITTERS 1995).

Es stellt sich die Frage, ob für die Landschaft der Lüneburger Heide einzig blühende Besenheide ein Maßstab ist oder ob gleichzeitig die wirkliche Nachahmung kultureller Nutzungen gewünscht ist. Letzteres bedingt eine hohe Vielfalt, ein Nebeneinander unterschiedlicher Lebensräume (vergleiche LÜTKEPOHL 1993). Erst durch die Diversität von Standorten wird eine Diversität der Arten gefördert. Das Offenlandmanagement des Vereins Naturschutzpark richtete sich gerade auch durch die Einführung der maschinellen Pflegeverfahren eben darauf aus. Es wird angestrebt, mosaikartige, unterschiedliche Strukturen zu schaffen (vergleiche MERTENS et al. 2007). So zeigt die heutige Bewirtschaftung und Pflege der Heiden eine Nachahmung früher Nutzungen.

Plaggen als Pflegemaßnahme ist mit Sicherheit ein effizientes Vorgehen, um gegen Rohhumusauflagen, Eutrophierung und Überalterung von *Calluna vulgaris* vorzugehen. Dadurch, dass nur kleine Flächen abgeplaggt werden, entstehen mosaikartig Muster unterschiedlicher Habitate. Generative Verjüngung der Besenheide ist unumgänglich, um über lange Zeit vitale Bestände zu erhalten. Da aber das maschinelle Plaggen mit hohen Kosten und viel Aufwand verbunden ist, sind gleichzeitig Nachteile dieser Pflegemaßnahme spürbar. Wie in der historischen Heidelandschaft müssen sich die räumlich und zeitlich ineinandergreifenden Nutzungen (Brand, Mahd, Plaggen, Beweidung) auch heute zu einem Ganzen ergänzen, um den Erhalt des Landschaftsbildes der Heiden zu gewährleisten.

In dem Begriff der Landschaft finden sich Natur, Kultur und Idee nebeneinander. In der Lüneburger Heide lässt sich dies besonders gut in der Praxis erkennen. Natürliche Komponenten (Elemente aus Flora und Fauna) sind allgegenwärtig. Konkurrenzfähig sind sie in den Lebensräumen aber nur dadurch, dass der Mensch – früher durch landwirtschaftliche Nutzungen, heute durch Pflege eines früheren Zustandes – in die natürliche Sukzession eingreift. Ohne eine Idee der Lüneburger Heide als Landschaft würde letzteres gar nicht geschehen. Plaggen als Pflegemaßnahme erhöht die Strukturvielfalt und so die Lebensmöglichkeiten für viele unterschiedliche Arten. So wird effizient ein Erhalt der Lüneburger Heide als Landschaft ermöglicht und nachfolgenden Generationen erhalten.

10. Anhang

Lineare Regression: Gesamtartenzahl (ohne juvenile Gehölze) und Zeitpunkt der Plaggmaßnahme (Kapitel 6.1).

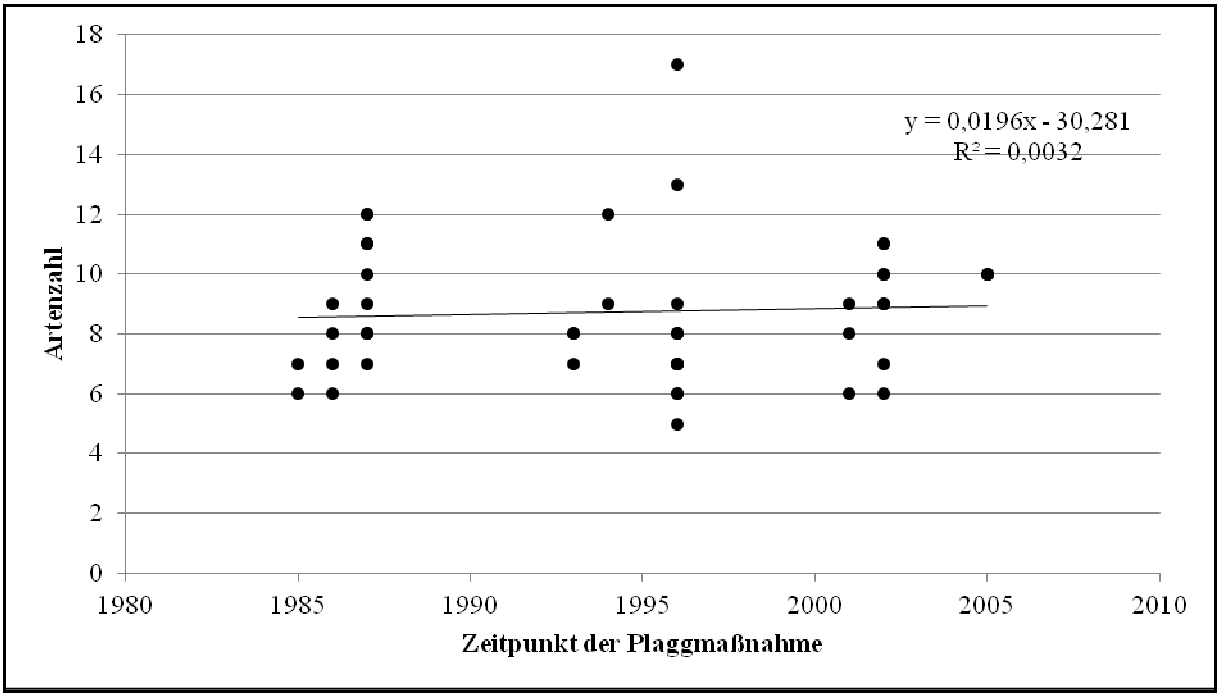


Abb. 10.1: Es wurde geprüft, ob ein (linearer) Zusammenhang zwischen der Artdiversität auf der Aufnahmefläche und dem Zeitpunkt der Plaggmaßnahme besteht. Hierzu wurden alle Aufnahmeflächen auf Plaggflächen (n = 45) gegen das Jahr der Plaggmaßnahme aufgetragen. Es wird ersichtlich, dass keine Korrelation besteht.

Lineare Regression: Jahresringsanzahl und Stammdurchmesser (Kapitel 6.3).

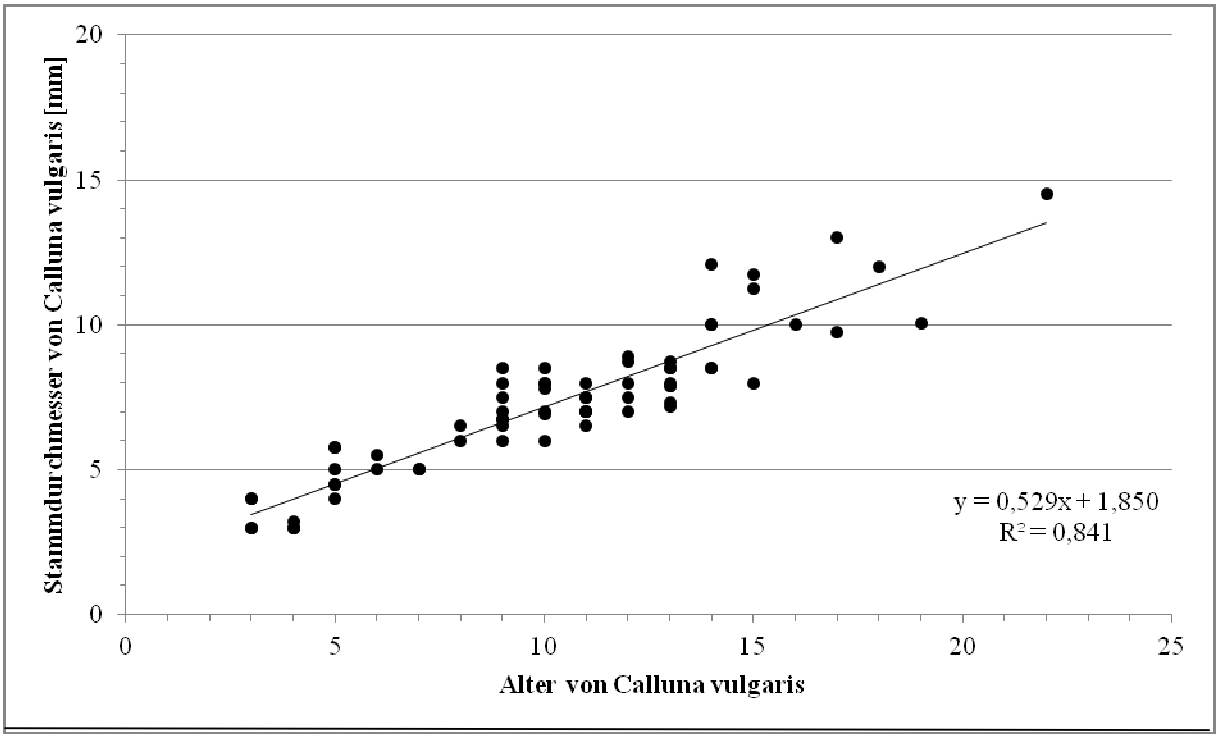


Abb. 10.2: Lineare Regressionsanalyse: Korrelation zwischen dem Alter von *Calluna vulgaris*, welches bei insgesamt 70 Stichproben durch Jahresringauszählungen bestimmt wurde, und dem Stammdurchmesser von diesen Proben. Die Regressionsgerade weist ein Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0{,}841$ auf, was bedeutet, dass sich 84,1 % der Variation im Stammdurchmesser durch die lineare Regressionsgerade erklären lassen. Nach der Gleichung steigt der Stammdurchmesser pro Jahr um circa 0,53 mm an.

Berechnung des Einstichproben-t-Tests (Kapitel 6.1)

Für den Rechenwert wird angenommen, dass die erhobenen Daten normalverteilt sind und die Stichprobengröße ausreichend ist, sodass der Zentrale Grenzwertsatz erfüllt ist. Es wird folgender Formel gefolgt:[7]

$$t = \sqrt{n} * \frac{\bar{Y} - \mu_0}{s}$$

(1)

H_0 = Die mittlere Artenzahl jüngerer Plaggflächen entspricht der älterer Plaggflächen ($\mu = \mu_0$)

H_1 = Die mittlere Artenzahl jüngerer Plaggflächen ist signifikant größer als die älterer ($\mu > \mu_0$)

$n = 10$

$\bar{Y} = 10{,}2$

$\mu_0 = 9{,}55$

$s = 1{,}7059$

$t_{9;\,0{,}95} = 1{,}860$

$$t = \sqrt{10} * \frac{10{,}2 - 9{,}55}{1{,}7059} = 1{,}205$$

Daraus folgt, da $1{,}205 < 1{,}860$, dass die Nullhypothese nicht verworfen werden kann.

(2)

H_0 = Die mittlere Artenzahl der Lehmheiden entspricht der trockener Sandheiden ($\mu = \mu_0$)

H_1 = Die mittlere Artenzahl der Lehmheiden ist signifikant größer als die von Sandheiden ($\mu > \mu_0$)

$n = 31$

$\bar{Y} = 9{,}2$

$\mu_0 = 7{,}6$

$s = 2{,}1195$

$t_{30;\,0{,}95} = 1{,}679$

$$t = \sqrt{31} * \frac{9{,}2 - 7{,}6}{2{,}1195} = 4{,}2$$

Daraus folgt, da $4{,}2 > 1{,}679$, dass die Nullhypothese verworfen werden kann.

[7] Formel nach KREIENBROCK et al. (1995).

11. Literaturverzeichnis

ANHUF, D.; FRENZEL, B. & M. STUMBÖCK (2003): Die Vegetationsentwicklung seit der letzten Eiszeit in der Bundesrepublik. In: Leibniz-Institut für Länderkunde (Hrsg.) (2003): Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland – Klima, Pflanzen und Tierwelt, Heidelberg, Berlin, S. 88 – 91.

BÄHRING, A.; FICHTNER, A.; FRIEDRICH, U.; V. OHEIMB, G. & W. HÄRDTLE (2017): Bryophytes and Organic layers Control Uptake of Airborne Nitrogen in Low-N Environments. Front. Plant Sci. 8:2080. doi: 10.3389/fpls.2017.02080.

BLUME, H.; BRÜMMER, G.; HORN, R.; KANDELER, E.; KÖGEL-KNABNER, I.; KRETZSCHMAR, R.; STAHR, K. & B. WILKE (2010): Scheffer / Schachtschabel. Lehrbuch der Bodenkunde. 16. Aufl. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

BOESS, J. (2013): Böden. In: T. KAISER (Hrsg.): Das Naturschutzgebiet Lüneburger Heide – Natur- und Kulturerbe von europäischem Rang. Teil 1. VNP-Schriften 4, Niederhaverbeck, S. 135 – 142.

BRESINSKY, A.; KÖRNER, C.; KADEREIT, J.; NEUHAUS, G. & U. SONNEWALD (2008): Strasburger Lehrbuch der Botanik. 36. Aufl., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

CAIRNEY, J. & A. MEHARG (2003): Ericoid mykorrhiza: a partnership that exploits harsh edaphic conditions. In: European Journal of Soil Science. Vol. 54, Issue 4, https://doi.org/10.1046/j.1351-0754.2003.0555.x. (03.07.18).

DANIELS, J.; BIERMANN, R. & C. BREDER (1993): Über Kryptogamen-Synusien in Vegetationskomplexen binnenländischer Heidelandschaften. In: R. POTT (Hrsg.) (1993): Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft 5, Hannover, S. 199 – 219.

DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. 1. Aufl., Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

ELLENBERG, H. & C. LEUSCHNER (2010): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 6. Aufl., Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

FOTTNER, S.; NIEMEYER, T.; SIEBER, M. &. W. HÄRDTLE (2004): Zur kurzfristigen Vegetationsentwicklung auf Pflegeflächen in Sand- und Moorheiden. In: KEIENBURG, T. & J. PRÜTER (Hrsg.) (2004): Feuer und Beweidung als Instrumente zur Erhaltung magerer Offenlandschaften in Nordwestdeutschland. NNA-Berichte 17. Jg. Heft 2, Schneverdingen, S. 126 – 137.

FRAHM, J. & W. FREY (2004): Moosflora. 4. Aufl., Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

GIMINGHAM, C. (1972): Ecology of Heathlands. 1. Aufl., Chapman and Hall, London.

GIMINGHAM, C. (1975): An Introduction to Heathland Ecology. 1. Aufl., Oliver & Boyd, Edinburgh.

GLÜCK, H. & M. RÖDEL (2016): Metzler Lexikon Sprache. 5. Aufl., J. B. Metzler Verlag GmbH, Stuttgart.

GRAEBNER, P. (1925): Die Heide Norddeutschlands und die sich anschließenden Formationen in biologischer Betrachtung. 2. Aufl. Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig.

HAALAND, S. (2002): Feuer und Flamme für die Heide. 5000 Jahre Kulturlandschaft in Europa. 1. Aufl., Verlag H. M. Hauschild GmbH, Bremen.

HÄRDTLE, W. & G. v. OHEIMB (2008): Einfluss verschiedener Heide-Pflegeverfahren auf die Ernährungssituation von *Calluna vulgaris*. In: BÜLTMANN, H., PALLAS, J., SCHMIDT, C. & B. SIEG (Hrsg.) (2008): Aspekte der Geobotanik - From Local to Global. Eine Festschrift für Fred Daniels. Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde 70 (3/4), Münster, S. 81 – 99.

HÄRDTLE, W.; FOTTNER, S.; NIEMEYER, T.; SIEBER, M. & A. MOHAMED (2004): Nährelementaustrag aus Heideökosystemen durch verschiedene Pflegeverfahren – eine integrierende Betrachtung. In: KEIENBURG, T. & J. PRÜTER (Hrsg.) (2004): Feuer und Beweidung als Instrumente zur Erhaltung magerer Offenlandschaften in Nordwestdeutschland. NNA-Berichte 17. Jg. Heft 2, Schneverdingen, S. 123 – 126.

HEINEMANN, H. (2013): Klima. In: T. KAISER (Hrsg.): Das Naturschutzgebiet Lüneburger Heide – Natur- und Kulturerbe von europäischem Rang. Teil 1. VNP-Schriften 4, Niederhaverbeck, S. 112 – 119.

HÜPPE, J. (1993): Entwicklung der Tieflands-Heidelandschaften Mitteleuropas in geobotanisch-vegetationsgeschichtlicher Sicht. In: R. POTT (Hrsg.) (1993): Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft 5, Hannover, S. 49 – 75.

JÄGER, E. (Hrsg.) (2011): Rothmaler. Exkursionsflora von Deutschland. Gefäßpflanzen: Grundband. 20. Aufl., Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

KAISER, T. & A. STUBBE (2004): Mittelfristige Vegetationsentwicklung auf Pflegeflächen in Sandheiden des Naturschutzgebiets „Lüneburger Heide“. In: KEIENBURG, T. & J. PRÜTER (Hrsg.) (2004): Feuer und Beweidung als Instrumente zur Erhaltung magerer Offenlandschaften in Nordwestdeutschland. NNA-Berichte 17. Jg. Heft 2, Schneverdingen, S. 137 – 145.

KAISER, T. (Hrsg.) (2013): Das Naturschutzgebiet Lüneburger Heide – Natur- und Kulturerbe von europäischem Rang. Teil 1. VNP-Schriften 4, Niederhaverbeck, 412 S.

KAISER, T. (Hrsg.) (2015a): Das Naturschutzgebiet Lüneburger Heide – Natur- und Kulturerbe von europäischem Rang. Teil 2. VNP-Schriften 8, Niederhaverbeck, 399 S.

KAISER, T. (2015b): Vegetation. In: T. KAISER (Hrsg.): Das Naturschutzgebiet Lüneburger Heide – Natur- und Kulturerbe von europäischem Rang. Teil 2. VNP-Schriften 8, Niederhaverbeck, S. 46 – 90.

KEIENBURG, T. & J. PRÜTER (2006): Naturschutzgebiet Lüneburger Heide. Erhaltung und Entwicklung einer alten Kulturlandschaft. In: Mitteilungen aus der NNA. 17. Jahrgang 2006. Sonderheft 1, Schneverdingen.

KOPERSKI, M. (2014): Moose im Naturschutzgebiet Lüneburger Heide. VNP-Schriften 5: 205 S. Niederhaverbeck.

KOOPMANN, A. & D. MERTENS (2004) Offenlandmanagement im Naturschutzgebiet „Lüneburger Heide“ – Erfahrungen aus Sicht des Vereins Naturschutzpark. In: KEIENBURG, T. & J. PRÜTER (Hrsg.) (2004): Feuer und Beweidung als Instrumente zur Erhaltung magerer Offenlandschaften in Nordwestdeutschland. NNA-Berichte 17. Jg. Heft 2, Schneverdingen, S. 44 – 62.

KÖPSELL, R. (2001): Das Niedersächsische Forstamt Sellhorn. In: J. WÜBBENHORST (Hrsg.) (2001): Wald und Naturschutz – Forschungsergebnisse aus dem Niedersächsischen Forstamt Sellhorn. NNA-Berichte, 14. Jg. Heft 2, Schneverdingen, S. 4 – 9.

KREIENBROCK, L.; PIGEOT, I. & W. AHRENS (1995): Epidemiologische Methoden. 5. Aufl., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

KÜSTER, H. (2010): Geschichte der Landschaft in Mitteleuropa: Von der Eiszeit bis zur Gegenwart. 2. Aufl., C. H. Beck, München.

KÜSTER, H. (2012): Die Entdeckung der Landschaft. Einführung in eine neue Wissenschaft. 1. Aufl., Verlag C. H. Beck, München.

LINDEMANN, K. (1993): Die Rolle von *Deschampsia flexuosa* in Calluna-Heiden Mitteleuropas. In: R. STROHSCHNEIDER (Hrsg.) (1993): Methoden und aktuelle Probleme der Heidepflege. NNA Berichte, 6. Jg., Heft 3, Schneverdingen, S. 20 – 39.

LÜTKEPOHL, M. (1993): Schutz und Erhaltung der Heide. Leitbilder und Methoden der Heidepflege im Wandel des 20. Jahrhunderts am Beispiel des Naturschutzgebietes Lüneburger Heide. In: R. STROHSCHNEIDER (Hrsg.) (1993): Methoden und aktuelle Probleme der Heidepflege. NNA Berichte, 6. Jg., Heft 3, Schneverdingen, S. 10 – 20.

MELBER, A.; ASSING, V. & U. HEIMBACH (1986): Untersuchungen über den Heideblattkäfer *Lochmaea suturalis* in nordwestdeutschen Calluna-Heiden, seine Populationsdynamik und Stellung im Ökosystem. Universität Hannover.

MEISEL, S. (1964): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 57 Hamburg-Süd. In: Institut für Landeskunde (Hrsg.) (1964): Naturräumliche Gliederung Deutschlands. Selbstverlag, Bad Godesberg.

MERTENS, D.; MEYER, T.; WORMANNS, S. & M. ZIMMERMANN (2007): 14 Jahre Naturschutzgroßprojekt Lüneburger Heide. VNP-Schriften 1, Niederhaverbeck, 139 S.

MESCHEDE, M. (2015): Geologie Deutschlands. Ein prozessorientierter Ansatz. 1. Aufl., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

OHEIMB, G. V.; POWER, S.; FALK, K.; FRIEDRICH, U.; MOHAMED, A.; KRUG, A.; BOSCHATZKE, N. & W. HÄRDTLE (2010): N:P Ratio and the Nature of Nutrient Limitation in *Calluna*-Dominated Heathlands. In: Ecosystems (2010) 13: 317 – 327. DOI: 10.1007/s10021-010-9320-y. (01.06.18)

PELTZER, H. (1975): Untersuchungen zur Entwicklung des Landschaftsbildes im Naturpark Lüneburger Heide (Erläuterungen zum Entwurf einer Karte der Landesnutzung um 1850). Institut für Landespflege und Naturschutz der Technischen Universität, Hannover.

PETERS, A. (1928): Das Wirtschaftssystem der Lüneburger Heide. Landwirtschaftliche Hochschule zu Berlin, Dissertation, Anhaltische Buchdruckerei Gutenberg, Dessau.

PFADENHAUER, J. (1993): Ökologische Grundlagen für Nutzung, Pflege und Entwicklung der Heidevegetation. In: R. POTT (Hrsg.) (1993): Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft 5, Hannover, S. 221 – 237.

PIECHOCKI, R. (2010): Landschaft Heimat Wildnis: Schutz der Natur – aber welcher und warum? 1. Aufl., C. H. Beck, München.

POTT, R. (1999): Lüneburger Heide. Wandland und Nationalpark Mittleres Elbtal. In: PFADENHAUER, J. & R. POTT (Hrsg.) (1999): Kulturlandschaften. Exkursionsführer. 1. Aufl. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart.

PREISING, E.; VAHLE, H. & J. TÜXEN (2012): Die Pflanzengesellschaften Niedersachsens – Bestandsentwicklung, Gefährdung und Schutzprobleme. Heide-, Moor- und Quellgesell-

schaften. Naturschutz Landschaftspflege Niedersachsen. Heft 20/3. CD-ROM Beilage. H. 20/1, Hannover.

RAULFF, U. (2015): Das letzte Jahrhundert der Pferde. Geschichte einer Trennung. 1. Aufl.,. C. H. Beck, München.

RITTERS, V. (1995): Der Naturschutzpark Lüneburger Heide: Eine Dokumentation. 1. Aufl., Märkischer Kunst- und Heimatverlag, Hechthausen, Kalbe.

SCHELLENBERG, J. (2017): Vitalität der Besenheide (*Calluna vulgaris*) in trockenen Zwergstrauchheiden entlang von Klima-, Struktur- und Diversitätsgradienten im norddeutschen Tiefland. In: SCHÄFER, M. & H. SCHLEGEL-STARMANN (Hrsg.): Ergebnisse aus dem Stipendienschwerpunkt „Forschung auf DBU-Naturerbeflächen - Ökologische Dynamik in Offenland und Wald“. Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück, S. 15 – 21.

SCHMITHÜSEN, J. (1964): Was ist eine Landschaft? In: K. PFAFFEN (Hrsg.) (1973): Das Wesen der Landschaft. 1. Aufl., Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, S. 156 – 175.

SCHWARZ, C. (2013): Geologische Verhältnisse. In: T. KAISER (Hrsg.) (2013): Das Naturschutzgebiet Lüneburger Heide – Natur- und Kulturerbe von europäischem Rang. Teil 1. VNP-Schriften 4, Niederhaverbeck, S. 120 – 135.

SIEBER, M.; FOTTNER, S.; NIEMEYER, T. & W. HÄRDTLE (2004): Einfluss maschineller Pflegeverfahren auf die Nährstoffdynamik von Sandheiden. In: KEIENBURG, T. & J. PRÜTER (Hrsg.) (2004): Feuer und Beweidung als Instrumente zur Erhaltung magerer Offenlandschaften in Nordwestdeutschland. NNA-Berichte 17. Jg., Heft 2, Schneverdingen, S. 92 – 108.

STEUBING, L. (1993): Der Eintrag von Schad- und Nährstoffen und deren Wirkung auf die Vergrasung der Heide. In: R. POTT (Hrsg.) (1993): Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft 5, Hannover, S. 113 – 133.

TREPL, L. (2012): Die Idee der Landschaft. Eine Kulturgeschichte von der Aufklärung bis zur Gegenwart. 1. Aufl., transcript-Verlag, Wetzlar.

THROOP, H. & M. LERDAU (2004): Effects of Nitrogen Deposition on Insect Herbivory: Implications for Community and Ecosystem Processes. In: Ecosystems (2004) 7: 109 – 133. DOI: 10.1007/s10021-003-0225-x. (03-07-18)

URBAN, B.; BECKER, J.; MERSCH, I.; MEYER, W.; RECHID, D. & E. POTTGARDT (Hrsg.) (2014): Klimawandel in der Lüneburger Heide – Kulturlandschaften zukunftsfähig gestalten. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten, Band 6, TuTech Verlag, Hamburg.

VAGTS, I. & G. ERNST (1997): Flechten. In: CORDES, H.; KAISER, T.; V. D. LANCKEN, H.; LÜTKEPOHL, M. & J. PRÜTER (Hrsg.) (1997): Naturschutzgebiet Lüneburger Heide. Geschichte – Ökologie – Naturschutz. Verlag H. M. Hausschild GmbH, Bremen, S. 199 – 209.

WATT, A. (1955): Bracken Versus Heather. A Study in Plant Sociology. In: British Ecological Society (1955): Jornal of Ecology, Vol. 43, No. 2, S. 490 – 506. URL: http://www.jstor.org/stable/2257009. (20.04.18)

WARNING, D. (1996): Die Entwicklung von Vegetation und Boden auf ehemaligen Ackerflächen im Naturschutzgebiet Lüneburger Heide – Ergebnisse einer Chronosequenzanalyse. In: H. DIERSCHKE (Hrsg.) (1996): Tuexenia. Mitteilungen der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft. Nr. 16, Göttingen, S. 451 – 495.

WIECHMANN, H. (1978): Stoffverlagerung in Podsolen. In: G. ALLEWELDT (Hrsg.) (1978): Schriftenreihe der Universität Hohenheim. Reihe Pflanzliche Produktion. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

WIRTH, V.; HAUCK, M. & M. SCHULTZ (2013): Die Flechten Deutschlands. Band 1. 1. Aufl. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

ZERBE, S. & G. WIEGLEB (2009): Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa. 1. Aufl. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

Kartenquellen

© GeoBasis-DE/BKG 2018. Abzurufen unter: https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/Download_OE/Naturschutz/NSG.zip. Letzter Zugriff am 04.09.2018.

© 2018, geodaten@nlwkn-dir.niedersachen.de. Abzurufen unter: http://www.geodatenzentrum.de/geodaten/gdz_rahmen.gdz_div?gdz_spr=deu&gdz_aka_zeile=5&gdz_anz_zeile=1&gdz_unt_zeile=21&gdz_user_id=0. Letzter Zugriff am 04.09.2018.

© 2018 Google, Kartendaten © 2018 GeoBasis-DE/BKG (© 2009), Google. Abzurufen unter: https://www.google.de/maps/@53.1973679,9.723629,33200m/data=!3m1!1e3. Letzter Zugriff am 07.09.2018.

Naturschutzgebiet Lüneburger Heide

VNP–Schriften

Schriftleitung: Prof. Dr. Thomas Kaiser

Niederhaverbeck

ISSN 1867-1179

VNP VEREIN NATURSCHUTZPARK LÜNEBURGER HEIDE

Bisher erschienene Ausgaben der VNP-Schriften

- MERTENS, D., MEYER, T., WORMANNS, S., ZIMMERMANN, M. (2007): 14 Jahre Naturschutzgroßprojekt Lüneburger Heide. – VNP-Schriften **1**: 139 S.; Niederhaverbeck.
- KAISER, T. (2008): Strategieentwicklung zur konzeptionellen Integration von Wald und Offenland in der historischen Kulturlandschaft - Pflege- und Entwicklungsplan für die Waldflächen des Vereins Naturschutzpark e. V. im Naturschutzgebiet Lüneburger Heide. – VNP-Schriften **2**: 365 S. + 1 Karte; Niederhaverbeck.
- WORMANNS, S. (2012): Vogelkundlicher Jahresbericht 2009 - Naturschutzgebiet Lüneburger Heide. – VNP-Schriften **3**: 74 S.; Niederhaverbeck.
- KAISER, T. (Herausgeber) (2013): Das Naturschutzgebiet Lüneburger Heide – Natur- und Kulturerbe von europäischem Rang. Teil 1. – VNP-Schriften **4**: 412 S.; Niederhaverbeck.
- KOPERSKI, M. (2014): Moose im Naturschutzgebiet Lüneburger Heide. – VNP-Schriften **5**: 205 S.; Niederhaverbeck.
- WEGNER, H., MERTENS, D. (2014): Schmetterlinge (Lepidoptera) im Naturschutzgebiet Lüneburger Heide. – VNP-Schriften **6**: 95 S.; Niederhaverbeck.
- WORMANNS, S. (2014): Vogelkundliche Jahresberichte 2010 bis 2013 – Naturschutzgebiet Lüneburger Heide. – VNP-Schriften **7**: 206 S.; Niederhaverbeck.
- KAISER, T. (Herausgeber) (2015): Das Naturschutzgebiet Lüneburger Heide – Natur- und Kulturerbe von europäischem Rang. Teil 2. – VNP-Schriften **8**: 399 S.; Niederhaverbeck.
- WORMANNS, S. (2015): Vogelkundlicher Jahresbericht 2014 – Naturschutzgebiet Lüneburger Heide. – VNP-Schriften **9**: 88 S.; Niederhaverbeck.
- WORMANNS, S. (2016): Vogelkundlicher Jahresbericht 2015 – Naturschutzgebiet Lüneburger Heide. – VNP-Schriften **10**: 93 S.; Niederhaverbeck.
- KRUSE, A. M. (2018): Abtrag von Plaggen als Pflegemaßnahme in der Lüneburger Heide – Vegetationsökologische Untersuchungen. – VNP-Schriften **11**: 71 S.; Niederhaverbeck.

Bestelladresse

Verein Naturschutzpark e. V., Niederhaverbeck 7, 29646 Bispingen,
Tel. 05198/987030, Fax 05198/987039, E-Mail info@verein-naturschutzpark.de
oder als kostenloser Download unter www.verein-naturschutzpark.de