



Niedersachsen



Schriftenreihe Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer Band 12

Dipl. Biol. Uwe de Bruyn

Bestandsaufnahme der Flechtenbestände der Ostfriesischen Inseln als wichtige Bioindikatoren

Analyse der Veränderungen der Flechtenbestände und deren Ursachen

Nationalpark
Wattenmeer



NIEDERSACHSEN

Impressum

Herausgeber:

Nationalparkverwaltung
„Niedersächsisches Wattenmeer“

Autor:

Dipl. Biol. Uwe de Bruyn, Von-Müller-Straße 30, 26123 Oldenburg (udebruyn@web.de)

Projektverantwortlicher:

Dr. Cord Peppler-Lisbach, Universität Oldenburg, IBU, Postfach 2503, 26111 Oldenburg (cord.peppler.lisbach@uni-oldenburg.de), Tel. 0441 798-3281

Redaktion dieses Heftes:

Norbert Hecker

ISSN 1432-7937

Zur Schriftenreihe

Mit der „Schriftenreihe Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer“ sollen in erster Linie die Ergebnisse von Forschungsprojekten zum Schutzgebiet einer breiten Leserschaft zugänglich gemacht werden. Weiterhin erscheinen hier u.a. Berichte von Workshops und Tagungen sowie zur Arbeit der Nationalparkverwaltung.

Wir hoffen, dass es uns mit dieser Schriftenreihe gelingt, allen Interessierten den Zugang zu aktuellen wissenschaftlichen Informationen zu erleichtern und damit einen weiteren Beitrag zum Schutz des Wattenmeeres zu leisten.

Der Herausgeber

Zitiervorschlag

Dipl. Biol. Uwe de Bruyn				
Bestandsaufnahme der Flechtenbestände der Ostfriesischen Inseln als wichtige Bioindikatoren				
Analyse der Veränderungen der Flechtenbestände und deren Ursachen				
Schriftenreihe		Band 12	1 - 67	Wilhelmshaven
Nationalpark Wattenmeer	Niedersächsisches			2012

Zu diesem Band:

Nationalparke gehören zu den 'hot spots' der Biodiversität weltweit. In ihnen finden sich in besonders reichhaltiger Form charakteristische Arteninventare, Lebensräume und Anpassungsformen. Der weltweite Schutz der Biodiversität hängt daher ganz wesentlich auch von den Großschutzgebieten, voran den Nationalparks, ab.

Dies ist besonders vor dem Hintergrund relevant, dass niemals in der Weltgeschichte das globale Artensterben schneller ablief als gerade in dieser Epoche, mithin Maßnahmen zum Schutz der Biodiversität gerade in heutiger Zeit von größter Bedeutung sind und die Verantwortlichkeit von Nationalparks bei der Erfüllung dieser Aufgabe stetig wächst.

Fundament allen Bemühens um den Erhalt der Artenvielfalt ist eine genaue Kenntnis über Vorkommen und Verbreitung der einzelnen Arten und Artengruppen. Angesichts hoher bis sehr hoher Schätzzahlen über bislang überhaupt nicht bekannt gewordene Tier- und Pflanzenarten kann die Bedeutung systematischer Erhebungen hierzu nicht zu niedrig bewertet werden. Dies ist hervorzuheben, denn moderne biologische Forschung konzentriert sich mehr und mehr etwa auf die Analyse biochemischer oder molekulargenetischer Prozesse als basale Inventare der Artenvielfalt anzulegen. Zudem fehlen auch zunehmend Fachleute der Biodiversität in allen Teildisziplinen.

Im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer werden seit langem ganz systematisch Tier- und Pflanzenarten erfasst. Niedringhaus et al. (2008) haben mit dem Standardwerk „Die Flora und Fauna der Ostfriesischen Inseln - Artenverzeichnisse und Auswertungen zur Biodiversität“ eine entscheidende Handlungsgrundlage geschaffen, das die Basis für weitere wissenschaftliche Arbeiten, vor allem aber für die Erarbeitung von Schutzkonzeptionen für die charakteristische Artenvielfalt im Nationalpark gelegt hat.

Die hier vorgelegte Studie zu den Flechten auf den Ostfriesischen Inseln knüpft in direkter Linie an die vorherigen Auswertungen an, vervollständigt die Übersicht aber durch eine vollständig neue Kartierung aller Flechtenarten auf den Ostfriesischen Inseln in den Jahren 2009/10. Somit kann für diese Pflanzengruppe nunmehr eine völlige Neubearbeitung publiziert werden. Vorab ist dem Autor der Arbeit, Herrn Diplom-Biologe Uwe de Bruyn, ganz herzlich und vor allem zu dieser gründlichen und aktuellen Bearbeitung zu danken.

Flechten als symbiontisch lebende Einheiten aus einem Pilz und einer Grünalge (bzw. einem Cyanobakterium) sind wichtige Indikatoren für Veränderungen in den chemischen Kennzeichen ihrer Lebensräume. So indizieren sie, z. T. schneller und verlässlicher als andere Arten, die Luftbelastung mit Schwefeloxiden oder reagieren empfindlich auf Veränderungen im pH-Wert des Oberflächenwassers. Schließlich können sie Anzeiger möglicher klimatischer Trends sein.

Der Vergleich früherer Bearbeitungen mit den aktuellen Vorkommen erlaubt daher Rückschlüsse auf die treibenden Kräfte von Lebensraumveränderungen. SANDSTEDE (1892, 1900) legte aus der Wende des 19. zum 20. Jahrhunderts eine solche Kartierung vor, die heute wertvolle Vergleiche erlaubt, die in diesem Band dokumentiert sind.

Ein für den Nationalpark bedeutendes Ergebnis ist die hohe Bedeutung der unterschiedlichen Dünenlebensräume. Vor allem in (kalkreichen) Graudünen sowie in den

Ökotonen zur Salzwiese bzw. zu anderen Dünenstadien findet sich eine Reihe deutschlandweit gefährdeter Flechtenarten. Insgesamt ist aus der Perspektive für ganz Deutschland heraus der Anteil hochgradig gefährdeter Arten gerade in diesen Lebensräumen sehr hoch, ein Anzeichen für die hohe Bedeutung des Nationalparks und seiner typischen Biodiversität überregional.

Arbeiten dieser Art können nicht beim bloßen Inventarisieren stehenbleiben, sondern müssen gerade in Nationalparks versehen werden mit Hinweisen zum Schutz und Erhalt der charakteristischen Arten und ihrer Lebensräume. Insofern ist dem Autor gerade auch für diese Aspekte zu danken, die der Schutzgebietsverwaltung wichtige Handlungsempfehlungen an die Hand gibt.

Insgesamt ist eine gewichtige Grundlage über die Kenntnis der Flechten im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer gelungen, die aufgrund der überregionalen Bedeutung auch aus europäischer Perspektive beachtet werden wird. Ich freue mich, dass dieser wichtige Band im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer erarbeitet werden konnte. Neben dem Autor ist vor allem auch der Niedersächsischen Wattenmeerstiftung zu danken, die die Erstellung der Arbeit großzügig unterstützt und gefördert hat.

Peter Südbeck, Leiter der Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer
Wilhelmshaven, März 2012

- Niedringhaus, R., V. Haeseler & P. Janiesch (Hrsg.; 2008): Die Flora und Fauna der Ostfriesischen Inseln. Artenverzeichnisse und Auswertungen zur Biodiversität. Schriftenreihe Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer Bd. 11.
- Sandstede, H. (1892): Die Lichenen der ostfriesischen Inseln. Abh. naturwiss. Ver. Bremen 12: 173-204.
- Sandstede, H. (1900): Die Lichenen der ostfriesischen Inseln (Nachtrag). Abh. naturwiss. Ver. Bremen 16: 472-492.

Bestandsaufnahme der Flechtenbestände der Ostfriesischen Inseln als wichtige Bioindikatoren

Analyse der Veränderungen der Flechtenbestände und deren Ursachen

Endbericht

05. März 2010



gefördert durch



Niedersächsische
WattenmeerStiftung

Projektantrag 05/08

Inhalt

1.	Einleitung	10
2.	Ziele	111
3.	Methode	111
3.1	Anforderung an die Methodik	11
3.2	Vorliegende Unterlagen	11
3.3	Vorbereitung der Geländearbeiten	12
3.4	Gelände- und Laborarbeiten	12
3.5	Geländeprotokoll, Datenbank und Digitalisierung der Geländedaten	13
3.6	Relevante TMAP-Typen	13
3.7	Taxonomie	15
3.7.1	Taxonomische Referenzliste	15
3.7.2	Taxonomisch kritische Taxa	15
3.7.3	Taxonomische Veränderungen und Ergänzungen	18
3.8	Gefährdungseinschätzung/Bewertung	18
3.9	Erdflechtenreiche Dünen	19
3.10	Häufiger verwendete Abkürzungen	22
4.	Datenstruktur	23
5.	Aktueller Artenbestand, Häufigkeit und Verbreitung	23
5.1	Artenzahl	23
5.2	Häufigkeitsverteilung	24
5.3	Räumliche Verteilung	27
6.	Verteilung der Flechtenarten auf die TMAP-Typen	27
6.1	Artenzahlen der TMAP-Typen	27
6.2	Vergleich der Artenzahlen der TMAP-Typen zwischen den Inseln	30
7.	Veränderungen im Artenbestand seit 1900	32
7.1	Veränderung der Artenbestände	32
7.2	Bestandstrends einzelner Arten	35
8.	Die Ostfriesischen Inseln als Lebensraum gefährdeter Flechtenarten	38
8.1	Gesamte Inselkette	38
8.2	Seltene und stark gefährdete Flechtenarten	39
8.3	Verteilung gefährdeter Arten auf den einzelnen Inseln	41
8.4	Bestände der Rentierflechten (Untergattung Cladina)	44
9.	Flächenanteile erdflechtenreicher Dünenbereiche	45
9.1	Flächenbilanzen flechtenreicher Dünen	45
9.2	Räumliche Verteilung der verschiedenen Erdflechtengemeinschaften	49
9.3	Flechtenfreie oder flechtenarme Dünenbereiche	51
9.4	Flechtenreiche Bestände in der Dünensukzession	52

10.	Bestandsentwicklung ausgewählter ökologischer Gruppen.....	53
10.1	Bestandsentwicklung epiphytischer Flechten.....	53
10.2	Bestandsentwicklung von Erdflechten.....	54
10.3	Bestandsentwicklung der Gesteinsflechten.....	56
10.4	Bestandsentwicklung von Arten auf bearbeitetem Holz.....	56
10.5	Bestandsentwicklung salztoleranter Flechtenarten.....	57
10.6	Bestandsentwicklung wärmeliebender, südlich verbreiteter Arten.....	57
10.7	Bestandsentwicklung acidophytischer Arten.....	58
10.8	Bestandsentwicklung nährstoffzeigender Arten.....	59
11.	Möglichkeiten einer Nutzung von Flechten als Indikatoren.....	60
11.1	Erdflechten als Indikatoren für die Beurteilung des Erhaltungszustands von Dünen-Magerrasen.....	60
11.2	Erdflechten als Trennarten für die weitere Untergliederung von TMAP-Typ X.562	
11.3	Flechten als Indikatoren für die Luftqualität.....	62
12.	Schutzziele und Maßnahmen für den Flechtenartenschutz.....	63
12.1	Schutzziele für den Flechtenartenschutz.....	63
12.2	Maßnahmen für die Erhalt des Arteninventars und der Artendiversität.....	63
13.	Zusammenfassung.....	65
14.	Quellen.....	67
15.	Anhang.....	69

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Typische Flechtenhabitats im besiedelten Bereich.....	28
Abbildung 2: Gesamtartenzahl und mittlere Artenzahl der TMAP-Typen für die gesamte Inselgruppe.....	29
Abbildung 3: Vergleich der Habitattypen offener Dünenbereiche zwischen den Inseln.....	30
Abbildung 4: Vergleich der Habitattypen der Gehölze zwischen den Inseln	31
Abbildung 5: Vergleich der Habitattypen der Siedlungsbereiche zwischen den Inseln	32
Abbildung 6: Aktueller Artenbestand, kumulierter Artenbestand und Anzahl verschollener Arten der einzelnen Inseln und der Inselkette	33
Abbildung 7: Entwicklung der Anzahl nachgewiesener Arten seit 1900.....	34
Abbildung 8: Prozentuale Zunahme des Artenbestands sowie des kumulierten Artenbestands seit 1900 bzw. seit 1980	35
Abbildung 9: Auswertung der Bestandstrends einzelner Arten für die gesamte Inselgruppe	36
Abbildung 10: Anzahl der auf der gesamten Inselkette aktuell festgestellten in Niedersachsen, der Region Küste und Deutschland gefährdeten Arten.....	39
Abbildung 11: Beispiele bemerkenswerter Arten.....	40
Abbildung 12: Anzahl der für Niedersachsen als gefährdet eingestuft Flechtenarten auf den einzelnen Inseln.....	42
Abbildung 13: Anzahl der für die Region Küste als gefährdet eingestuft Flechtenarten auf den einzelnen Inseln	42
Abbildung 14: Anzahl der für Deutschland als gefährdet eingestuft Flechtenarten auf den einzelnen Inseln.....	43
Abbildung 15: Bewertung der einzelnen Inseln	43
Abbildung 16: Aktuelle Verbreitung der Rentierflechten (<i>Cladina</i> -Arten) <i>Cladonia arbuscula</i> , <i>Cl. ciliata</i> und <i>Cl. portentosa</i>	44
Abbildung 17: Flächen flechtenreicher Dünen auf den einzelnen Inseln	46
Abbildung 18: Gesamtflächen für Graudünen- und Braundünen-Typ für die einzelnen Inseln.....	47
Abbildung 19: Flächenanteile flechtenreicher Dünen an der Gesamtfläche offener Dünenbereiche	48
Abbildung 20: Verschiedene flechtenreiche Dünentypen	50
Abbildung 21: Hypothetische Sukzessionsverläufe flechtenreicher Dünen.....	52
Abbildung 22: Aktuelle Verbreitung von <i>Parmotrema perlatum</i> und <i>Flavoparmelia caperata</i>	58
Abbildung 23: Beispiele für konkurrenzschwache Erdflechtenarten	61

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: TMAP-Typen, Eignung als Flechtenhabitat, Naturnähe	14
Tabelle 2: Relevante TMAP-Typen	15
Tabelle 3: Verteilung der Bodenflechten auf die unterschiedenen Flechtengemeinschaften	21
Tabelle 4: Datenstruktur.....	23
Tabelle 5: Artenzahlen und Flächengrößen der einzelnen Inseln und der Inselgruppe	24
Tabelle 6: Häufigkeitsverteilung bezogen auf Präsenz auf einzelnen Inseln	24
Tabelle 7: Liste der nur auf einer Insel nachgewiesenen Arten	25
Tabelle 8: Häufigkeitsverteilung nach Anzahl der besetzten Minutenfelder	26
Tabelle 9: Flechtenarten, die in mehr als 50% der Minutenfelder nachgewiesen wurden	27
Tabelle 10: Ermittlung der Bestandstrends	35
Tabelle 11: Flechtenarten, die auf drei oder mehr Inseln verschollen sind	37
Tabelle 12: Liste der punktgenau erfassten Flechtenarten	41
Tabelle 13: Liste stark gefährdeter Arten, die aufgrund ihrer Häufigkeit nicht punktgenau erfasst wurden	41
Tabelle 14: Flächenbilanz flechtenreicher Dünen.....	46
Tabelle 15: Nachweise wärmeliebender, südlich verbreiteter Arten	58

1. Einleitung

Die Ostfriesischen Inseln liegen im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer und zeichnen sich durch eine hohe Natürlichkeit mit großflächigen nährstoffarmen Standorten aus. Diese nährstoffarmen Standorte sind zum einen in Mitteleuropa sehr stark gefährdet und zum anderen wichtige Lebensräume für eine artenreiche Flechtenvegetation. Dem Erhalt dieser Lebensräume ist für den Flechtenartenschutz auch aus überregionaler Sicht eine sehr hohe Bedeutung zuzuordnen.

Exemplarische Untersuchungen für Spiekeroog (DE BRUYN 2005) ergaben eine starke Veränderung des Flechtenartenbestands seit 1900. Als wesentliche Ursachen für diese Veränderungen wurden natürliche und anthropogen induzierte Sukzessionsprozesse identifiziert. Als weitere Faktoren für eine Veränderung des Arteninventars sind Klimawandel und die Veränderung der Luftqualität zu nennen.

Zu den Schutzziele im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer gehört auch der Erhalt von verschiedenen FFH-Lebensraumtypen der terrestrischen Lebensräume. Für eine Beurteilung des Erhaltungszustandes der FFH-Lebensraumtypen offener Dünenbereiche ist die Dynamik von Artenverschiebungen insbesondere der Bodenflechten sowie deren Ursachen von großer Bedeutung. Am Beispiel der Flechten lassen sich diese Veränderungen der Habitatqualität exemplarisch für viele andere Organismengruppen analysieren. Weiterhin ist im Rahmen des Artenschutzes die mittel- und langfristige Erhaltung des Artenbestands- und der Artendiversität der Flechten ein Ziel des Nationalparks. Herausragend sind die großflächigen Erdflechten-Bestände mit großen Populationen der in der FFH-Richtlinie im Anhang V geführten Rentierflechten aus der Untergattung *Gladina*.

Flechten eignen sich aufgrund ihrer Ökologie und Verbreitung als Indikatoren für Habitatveränderungen der terrestrischen Lebensräume der Ostfriesischen Inseln:

- Flechten sind mit einer großen Artenzahl auf den Ostfriesischen Inseln vertreten. Dabei besiedeln Flechten verschiedenste Substrate wie Borken, Erde und Gestein und sind mit Ausnahme der Salzwiesen in allen Habitaten auch der Siedlungsbereiche der Inseln zu finden.
- Die einzelnen Arten haben spezielle ökologische Ansprüche, die gut bekannt sind.
- Flechten können neue Habitate effektiv besiedeln, d.h. sie spiegeln im Gegensatz zu Gefäßpflanzen wesentlich schneller Veränderungen im Habitatangebot und der Habitatqualität sowie Klimaveränderungen wider (vgl. VAN HERK et al. 2002, APTROOT & VAN HERK 2007).
- Flechten sind gegenüber Veränderung der Luftqualität sehr empfindlich. Ihre Eignung als Bioindikatoren für verschiedene Umweltfaktoren (z.B. SO₂, NH₄) ist sehr gut untersucht (z.B. VAN HERK 1999).
- Flechten lassen sich mit vergleichsweise geringem Aufwand und hoher Effizienz erfassen.
- Für die Flechtenbestände der Ostfriesischen Inseln liegen geeignete historische Vergleichsdaten vor (vgl. DE BRUYN 2008).

2. Ziele

Ziel ist es zunächst mit einer aktuellen Bestandsaufnahme eine Datengrundlage für die Beurteilung der Bestandssituation der Flechten zu schaffen. Diese kann als Referenz für zukünftige Untersuchungen dienen. Auf den Ergebnissen einer Bestandsaufnahme aufbauend können Aspekte des Artenschutzes und Managementfragen bearbeitet werden.

Wesentliche Fragestellungen sind:

- **Artenschutz** – Was ist der aktuelle Artenbestand auf den Ostfriesischen Inseln? Wie groß sind die Populationen gefährdeter Flechtenarten? Wie sind die Bestandstrends gefährdeter Flechtenarten? Welche Maßnahmen müssen ergriffen werden, um das Arteninventar und die Artendiversität der Flechten auf den Ostfriesischen Inseln zu erhalten?
- **Habitatqualität** - Welche Auswirkungen haben Sukzessionsprozesse (z.B. Verbuschung, Vergrasung, Rohhumus-Akkumulation) auf das Flechtenarteninventar? Welche Managementmaßnahmen sind notwendig, um die Habitatqualität und den Erhaltungszustand zu erhalten bzw. zu verbessern?
- **Eutrophierung** - Sind externe Nährstoffeinträge durch Ferntransporte anhand des Flechteninventars (z.B. Ansiedlung und Zunahme nährstoffliebender Arten) feststellbar?
- **Klimawandel** – Ist eine Ansiedlung wärmeliebender, südlich verbreiteter Arten bzw. ein Rückgang boreal-montan verbreiteter Sippen auf den Ostfriesischen Inseln feststellbar?

3. Methode

3.1 Anforderung an die Methodik

Nach Anforderung der Nationalparkverwaltung Niedersächsische Wattenmeer soll als Abgrenzung der Habitattypen die Referenzliste des Trilateral Monitoring and Assessment Program (TMAP), im Folgenden als TMAP-Typen bezeichnet, verwendet werden. Eine aktuelle flächendeckende Vegetationstypen-Kartierung auf Basis der TMAP-Typen liegt vor.

Nach Anforderung des Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) müssen die Daten für das Artenerfassungsprogramm nutzbar sein. Dies erfordert eine Erfassung auf Basis des Minutenfeld-Rasters und die Erfassung der notwendigen Parameter.

Eine ausführliche Dokumentation in Form eines Geländeprotokolls für die einzelnen Inseln mit kurzen verbalen Beschreibungen des Zustandes der Habitate sowie der Häufigkeit und Verbreitung aller Flechtenarten sowie der Nennung von Fundorten seltener Arten soll eine spätere Vergleichbarkeit der Daten ermöglichen.

3.2 Vorliegende Unterlagen

Kartengrundlagen

- TMAP-Vegetationskarten als Ergebnis der Vegetationskartierung der terrestrischen Bereiche des Nationalparks Niedersächsisches Wattenmeer

(nature-consult 2008) als ArcView Polygon-shape-Dateien für alle Inseln (Stand: 2008)

- TMAP-Vegetationskarten als pdf-Dateien für alle Inseln (Stand: 2008)
- Digitales Minutenfeld-Raster als ArcView Polygon-shape

Daten zu Flechtenvorkommen

- Diverse in DE BRUYN (2008) zusammengefasste Publikationen zu Flechten auf den Ostfriesischen Inseln

Gefährdungseinschätzungen/Rote Listen

- Rote Liste der Flechten in Niedersachsen und Bremen (HAUCK & DE BRUYN 2010) mit Gefährdungseinschätzungen für Niedersachsen und Bremen sowie für die Region Küste
- Rote Liste der Flechten Deutschlands (WIRTH et al. in prep.)

3.3 Vorbereitung der Geländearbeiten

Um den Geländeaufwand zu minimieren, erfolgte eine Reduzierung der Geländekartengrundlage mittels Filterung der TMAP-shape Datei auf die für Flechten relevanten TMAP-Typen (vgl. Kapitel 3.6, Tabelle 2). Um geeignete Daten für das Arten-Erfassungsprogramm zu erhalten, muss die Geländeerfassung am Minutenfeld-Raster orientiert werden. Die Basis für die Geländeerhebungen (Geländebögen) sind deshalb die Minutenfeldgrenzen.

Für die einzelnen Inseln wurden Minutenfeld-Erfassungsbögen mit einer Abstreichliste auf Basis der bisher für die Inseln bekannten Flechtenarten (DE BRUYN 2008) erstellt. Es erfolgte eine Vorauswertung der in den einzelnen Minutenfelder (MF) vorhandenen verschiedenen TMAP-Typen, um eine vollständige Erfassung aller vorhandenen relevanten Habitattypen innerhalb des MF zu gewährleisten. Die Bearbeitung aller Minutenfelder nach dieser Methode garantiert zudem eine weitgehend vollständige Begehung der gesamten Insel mit einer vergleichbaren Untersuchungsintensität. Für jedes Minutenfeld wurden je nach Anzahl der vorhandenen TMAP-Typen mehrere Teillisten angelegt.

3.4 Gelände- und Laborarbeiten

Die Geländearbeiten wurden zwischen März 2008 und August 2009 durch Uwe de Bruyn durchgeführt. Auf den einzelnen Geländebögen wurden alle im Minutenfeld angetroffenen Arten mit einem Kürzel für die besiedelten Habitate notiert. Zudem erfolgte eine grobe (vier-skalige) Häufigkeitsschätzung sowie für die nach HAUCK (1992) in Niedersachsen als gefährdet eingestuft Arten eine Abschätzung der Populationsgröße nach den Vorgaben des Arten-Erfassungsprogramms. Von bestimmungskritischen Sippen oder im Gelände nicht sicher ansprechbaren Arten wurden Proben entnommen und im Labor mikroskopisch bestimmt. Nachweise sehr seltener, stark gefährdeter oder besonders bemerkenswerter Flechtenarten wurden mittels GPS-Empfänger (Garmin eTrex Legend HCx) punktgenau erfasst. Die gängigen „Tüpfel-Reaktionstest“ (K-, C- und P-Reaktion) erfolgten im Gelände. Eine Analyse von Inhaltsstoffen wurde nur in Ausnahmefällen durchgeführt. Ein Teil der gesammelten Belege wurden für den Aufbau einer Vergleichssammlung herbarisiert.

Im Gelände erfolgte eine grobe Einteilung der offenen Dünenbereiche in flechtenreiche und flechtenarme (vergraste/verbuschte) Bereiche sowie eine Zuordnung zu verschiedenen Erdflechten-Gemeinschaften.

3.5 Geländeprotokoll, Datenbank und Digitalisierung der Geländedaten

Das Geländeprotokoll wurde während und direkt im Anschluss an die Inselaufenthalte geschrieben. Gesammelte Belege wurden zeitnah nachbestimmt/kontrolliert.

Die Minutenfeld Geländebögen wurden in eine FLOREIN-Datenbank getrennt nach TMAP-Typen übertragen. FLOREIN, Version 5.0 (1997) ist ein von der Zentralstelle für die Floristische Kartierung Deutschlands herausgegebenes DOS-Programm zur Bearbeitung floristischer Daten. Die Daten werden in mehreren dbase-Dateien verwaltet und können in andere Datenbanksysteme oder ArcView importiert werden. Das Programm ermöglicht eine Generierung von Nachweiskarten.

Die GPS-Daten der punktgenau erfassten Arten wurden als Punkt-shape in ArcView übertragen. Die in den Geländekarten abgegrenzten flechtenreichen Dünenbereiche wurden als ein Polygon-shape digitalisiert.

3.6 Relevante TMAP-Typen

Von den in den Kartengrundlagen der TMAP-Vegetationskartierung unterschiedenen TMAP-Typen können einige der Habitat-Typen als von Flechten besiedelbare Bereiche ausgeschlossen werden. In Tabelle 1 sind alle auf den Ostfriesischen Inseln unterschiedenen TMAP-Typen aufgelistet und deren potentielle Relevanz als Flechten-Habitat dargestellt. Die Zuordnungen beruhen auf den Ergebnissen von DE BRUYN (2005) für Spiekerooog und Literaturlauswertungen. In Zweifelställen erfolgte eine Gelände-Kontrolle.

Daraus ergibt sich, dass die Haloserie, die Mehrzahl der Biotoptypen der Hygroserie, gemähtes Grünland sowie Biotoptypen nicht festgelegter oder sehr junger Dünen für Flechten keine geeigneten Standorte darstellen. Die schwierige Besiedelbarkeit der Salzwiesen-Bereiche ist am Mangel von ausreichend festem Substrat (Gestein, Gehölze, Holz) begründet. Eine regelmäßige Überschlickung wird von Flechten ebenfalls nicht toleriert.

Eine Halotoleranz vieler Arten ist durchaus gegeben, wie die vielen spezialisierten Arten der Steindämme zeigen. Der für eine Reihe von stark spezialisierten Flechten wichtiger Habitat-Typ von Gestein der Hafenanlagen, Steinschüttungen und Buhnen wurde als zusätzlicher Habitat-Typ (S) innerhalb der Haloserie erfasst. Eine Zuordnung zu einem innerhalb der Haloserie definierten TMAP-Typ war nicht möglich. Einzige Artengruppe innerhalb der Salzwiesen ist *Collembosidium halodytes* agg. Diese Arten kommen auf Schneckengehäusen vor und können mit diesen in die Salzwiesen verdriftet werden, werden aber nicht als Bestandteil der Salzwiesen-Zönose angesehen.

Innerhalb der Mehrzahl der Biotoptypen der Hygroserie fehlen Flechten aufgrund der in meist sehr dichten Vegetation von Süß- und Sauergräsern unterlegenen Konkurrenzkräft. Sobald Gehölze auftreten, entstehen für Flechten konkurrenzfreie Nischen.

Eine Unterscheidung der Dünengebüsche erwies sich im Gelände zum einen als sehr schwierig, zum anderen zeigen die für Flechten wichtigsten Trägerbäume Holunder, Weißdorn und Vogelbeere keine klare Bindung zu jeweils einem der unterschiedenen TMAP-Typen. Aufgrund dieser Schwierigkeiten wurden die TMAP-Typen X.7.1, X.7.2, X.7.3 und X.7.4 zu X.7 zusammengefasst. Aufgrund der breiten ökologischen Amplitude des TMAP-Typs X.5 und der deutlichen Unterschiede im Flechten-Arteninventar wurden Magerrasen basenarmer Standorte (*Violo-Corynephorretum*) die in der Regel im Komplex mit Krähenbeer-Heiden (X.6.1) oder Besenheide-Beständen (X.6.2) auftreten, als zusätzlicher TMAP-Typ X.5a abgetrennt. X.5a sollte damit weitgehend den TMAP-Typen X.5.1 „*Corynephorus canescens*-Typ“ und X.5.5 „*Deschampsia flexuosa*-Typ“ sowie die als X.5 eingeordneten Habitate weitgehend TMAP-Typ X.5.2 „*Koeleria arenaria*-Typ“ und X.5.4 „*Carex arenaria*-Typ“ entsprechen. Eine eindeutige Zuordnung der Bestände zu den TMAP-Untertypen war bei den Geländebegehungen im Winterhalbjahr nicht möglich.

Angesätetes und gemähtes Grünland (G.0) auf Kleiböden der Eindeichungen (Heller) und der Gras-Deiche (D) erwies sich bei stichprobenartigen Geländekontrollen auf allen Inseln ohne Vorkommen von Erdflechten. Hier ist der Konkurrenzdruck der produktiven Gräser für ein Vorkommen von Erdflechten zu stark. Ebenso wurden in den als Offener Dünenbereich (X.9) eingestuften Bereichen keine Erdflechten angetroffen. Erdflechten werden hier aufgrund der nicht vorhandenen Verankerungsmöglichkeiten verdriftet oder übersandet. Die auf den Inseln nur kleinflächig vorkommenden TMAP-Typen H.3.1 Glockenheide (Norderney) und H.5.2 Gagelstrauch-Gebüsch (nur Spiekeroog) wurden im Gelände auf Präsenz von Flechten überprüft, wiesen jedoch keine Flechtenvorkommen auf.

Tabelle 1: TMAP-Typen, Eignung als Flechtenhabitat, Naturnähe

Relevanz: - keine Flechten zu erwarten, x = Flechtenhabitate, (x) = mögliche Flechtenhabitate

TMAP-Typ	FFH-Code/ Drachenfels-Code	Relevanz
X.0 Düne		-
X.1 Sandplate/-strand	KSN	-
X.3.1 Binsenquecke-Vordüne	2110 KDV	-
X.4.1 Strandhafer-Weißdüne	2120 KDW	x
X.5 Graudünen-Magerrasen	2130 KDG	x
X.5a Braundünen-Magerrasen		x
X.6.1 Krähenbeer-Heide	2140 KDH	x
X.6.2 Besenheide	2150 KDHc	x
X.7 Dünengebüsch	KD	x
X.7.1 Sanddorn-Gebüsch	2160 KDB	x
X.7.2 Kriechweiden-Gebüsch	2170 KDN, KNN	x
X.7.3 Hundsrosen-Gebüsch	KDZ	x
X.7.4 Kartoffelrosen-Gebüsch	KDX	x
X.8 Dünenwald	WX, WZ	x
X.8.1 Zitterpappel-Wald	2180(KD) WPB	x
X.8.2 Kiefern-Wald	WZK, WZN	x
X.9 Offener Dünenbereich	2130 KDO	(x)
X.10 Eutrophierter Dünenbereich	2130 KDR	x
X.11.Salzbeeinflusster Dünenbereich	???	x
H.1 Pionier-Dünental	2190 2192 KNH, KNP	-
H.1.3 Strandlings-Rasen	2190 2192 KNH, KNP	-
H.2 Niedermoor-Bereich	2190 2193 KNA	-
H.2.1 Braunseggen-Sumpf	2190 2193 KNA	-
H.2.2 Kalkflachmoor	2190 2193 KNK	-
H.2.3 Landreitgras-Röhricht	2190 2193 KNS	-
H.3.1 Glockenheide	2190 KNE	-
H.4.1 Schilf-Röhricht	2190 2195 KNR	-
H.5.1 Grauweiden-Gebüsch	2190 KNB	x
H.5.2 Gagelstrauch-Gebüsch	2190 KNB	(x)
H.6 Dünental-Wald	2180 (KN) WNB, WAT	x
H.6.1 Moorbirken-Wald	2180 (KN) WNB	x
H.6.2 Schwarzerlen-Wald	2180 (KN) WAT, WAR	x
H.7 Offener Dünentalbereich	No vegetation	-
H.8 Dünental-Gewässer	Gw	-
H.9 Eutrophierter Dünentalbereich	(mostly 2190) KNS	-
S.1 Küstenwatt	KWG, KWQ, KSF, KWW, KWV	-
S.1.1 Schlickgras-Watt	1320 KWG	-
S.1.2 Queller-Watt	1310 KWQ, KSF, KWW, KWV	-
S.2.1 Andel-Rasen	1330 KHU, KHW	-
S.2.4 Strandmehlen-Rasen	1330 KHU, KHW	-
S.3 Obere Salzwiese	1330 KHO, KHI	-
S.3.7 Quecken-Rasen	1330 KHQ	-
S.5 Brackwasser-Röhricht	1330 BR, KR, KRS, KRP	-
S.5.Strandsimsen- Brackwasser-Röhricht	1330 KBR, KR, KRS	-
S.5.2 Schilf- Brackwasser-Röhricht	1330 KRP	-
S.7 Küstenwatt/Watrinne	1130 KWO	-
S.9 Salzwasser-Marschpriel	1330 KPH	-
S.11 Lagune in Salzwiesen-Priel-Komplex	1150 KPL	-
S.12 Offener Salzwiesenbereich		-
G.0 Grünland		(x)
D Küstenschutzbauwerke, begrünte Fläche		(x)
A Siedlungsfläche, bebaute Fläche		x

Aufgrund des großen Spektrums der für Flechten relevanten Substrate und Kleinhabitate wurde der TMAP-Typ A (Siedlungsbereiche) in freistehende Bäume (Ae), Gesteinsstandorte (Ag) und waldartige Gehölzbestände im Siedlungsbereich (Aw) weiter unterteilt.

Ein nur für Flechten relevanter Habitat-Typ mit einem artenreichen und teilweise spezialisiertem Arteninventar ist bearbeitetes Holz (W). Ein Zuordnung zu einem der TMAP-Typen ist nicht möglich, da bearbeitetes Holz in Form von Zaunpfählen in fast allen terrestrischen Habitaten vorhanden ist.

Als Ergebnis wurde eine Liste der für Flechten relevanten TMAP-Typen erstellt (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Relevante TMAP-Typen

TMAP-Typ	FFH-Code/ Drachenfels-Code
X.4.1 Strandhafer-Weißdüne	2120 KDW
X.5 Graudünen-Magerrasen	2130 KDG
X.5a Braundünen-Magerrasen	
X.6.1 Krähenbeer-Heide	2140 KDH
X.6.2 Besenheide	2150 KDHc
X.7 Dünengebüsch	KD
X.8 Dünenwald	WX, WZ
X.8.1 Zitterpappel-Wald	2180(KD) WPB
X.8.2 Kiefern-Wald	WZK, WZN
X.9 Offener Dünenbereich	2130 KDO
X.10 Ruderalisierter Dünenbereich	2130 KDR
X.11. Salzbeeinflusster Dünenbereich	???
H.5.1 Grauweiden-Gebüsch	2190 KNB
H.6 Dünenal-Wald	2180 (KN) WNB, WAT
H.6.1 Moorbirken-Wald	2180 (KN) WNB
H.6.2 Schwarzerlen-Wald	2180 (KN) WAT, WAR
A Siedlungsfläche, bebaute Fläche	
Ae Siedlungsfläche, Epiphyten auf freistehenden Bäumen	
Ag Siedlungsfläche, Gesteinsarten und Arten auf Erde	
Aw Siedlungsfläche, Epiphyten der waldartigen Parks und Aufforstungen	
S Hafenanlagen, Steinschüttungen, Bühnen	
W bearbeitetes Holz	

3.7 Taxonomie

3.7.1 Taxonomische Referenzliste

Als taxonomische Referenzliste wird die Rote Liste und Gesamtartenliste der Flechten in Niedersachsen und Bremen (HAUCK & DE BRUYN 2010) verwendet, die auf der aktuellen Checkliste der Flechten Deutschlands (www.checklists.de) beruht und auch für die Rote Liste der Flechten Deutschlands (WIRTH et al. in prep.) Verwendung finden wird. Es ergeben sich damit kleinere Veränderungen zu DE BRUYN (2008). Für eine leichtere Nachvollziehbarkeit sind alle taxonomischen Veränderungen gegenüber DE BRUYN (2008) sowie Korrekturen und Ergänzungen in Kapitel 3.7.3 zusammengestellt.

3.7.2 Taxonomisch kritische Taxa

Als taxonomisch kritische Arten werden an dieser Stelle Taxa kommentiert, bei denen sich die taxonomischen Abgrenzungen in den letzten Jahrzehnten durch Aufspaltungen in mehrere Taxa verändert haben, im Gelände und mit einfachen chemischen Untersuchungsmethoden nicht sicher trennbare Taxa bzw. Taxa, bei denen der Artstatus unsicher ist oder Taxa für die nach neueren Publikationen taxonomische Neubewertungen notwendig sind, kommentiert.

Acarospora smaragdula -Gruppe

Unter *Acarospora smaragdula* s.l. wurden alle Nachweise mit einem einer fehlenden C-Reaktion und relativ dünnem und oft hellen Lager zusammengefasst. Nach neuer Auffassung (SMITH et al. 2009) handelt es sich um zwei Sippen (*Acarospora smaragdula* s.str. und *A. rufescens*), die sich durch die K-Reaktion unterscheiden lassen. Dabei erweist sich *A. rufescens* (K-) als die weit häufigere Sippe. *A. smaragdula* s.str. (K+rot) ist offensichtlich sehr selten (sicherer Nachweis nur auf Langeoog) und auf Steinbefestigungen der Küstenschutzbauwerke beschränkt. Die Lager dieser Sippe sind in der Regel grünlich. Da die Sippen in Deutschland bisher nicht unterschieden wurden und nicht auf allen Inseln Belege gesammelt wurden, werden beide Sippen zu *A. smaragdula* s.l. zusammengefasst.

Bacidia arnoldiana agg.

Die nah verwandten Arten *B. arnoldiana*, *B. delicata*, *B. neosquamulosa* und vermutlich weitere Sippen lassen sich sicher nur bei Vorhandensein von Apothecien unterscheiden. Die Ausbildung von Apothecien ist jedoch selten, in der Regel sind nur Pyknidien vorhanden. Die Arten wurden deshalb zu *Bacidia arnoldiana* agg. zusammengefasst. Ein sicherer Nachweis von *B. delicata* liegt für Baltrum vor, *B. arnoldiana* wurde auf Spiekeroog mit Apothecien gefunden.

Diplotomma alboatrum/Diplotomma epipolium

Es handelt sich um eine formenreiche Gruppe mit möglicherweise mehreren unterscheidbaren Taxa. Für diese Untersuchung wurden aufgrund des ungenügenden Kenntnistanandes trotz großer Variabilität bei der Ausbildung der Sporen die epilithischen Nachweise zu *D. epipolium* gestellt. Unzweifelhaft sind epiphytische Vorkommen extrem zurückgegangen und als gute Indikatoren für die Habitatqualität anzusehen. Diese historischen epiphytischen Nachweise werden zu *Diplotomma alboatrum* gestellt. Aktuelle epiphytische Nachweise fehlen auf den Ostfriesischen Inseln.

Caloplaca holocarpa/Caloplaca lithophila

Nach neueren molekularen taxonomischen Untersuchungen (ARUP 2009) handelt es sich um mehrere Sippen, deren Unterscheidung und ökologischen Unterschiede noch umstritten sind. Hier wurde der in der Regel deutliche Unterschied in der Apotheciengröße und Lagerfarbe herangezogen. *C. lithophila* kommt ausschließlich auf Mörtel und Beton vor und unterscheidet sich durch kleine, tief orange gefärbte Apothecien; möglicherweise handelt es sich um *C. oasis*. Epiphytische Vorkommen wurden zu *C. holocarpa* gerechnet. Nach neueren Untersuchungen könnten diese Nachweise zu *C. pyracea* gehören. Schwierig sind die Nachweise auf Muschelschill einzuordnen, die relativ große Apothecien, eine tiefrote Lagerfarbe und ein oft gut entwickeltes Lager aufweisen. Die Nachweise an Muschelschill wurden ebenfalls zu *C. holocarpa* gestellt. Eine Zuordnung kann nachträglich über die TMAP-Angaben erfolgen.

Caloplaca marina/Caloplaca maritima

Die beiden Sippen wurden in der Vergangenheit nicht unterschieden und als *C. marina* angegeben. Es handelt sich jedoch um zwei gut unterscheidbare Sippen, von denen *Caloplaca maritima* die deutlich häufigere Sippe ist. Sehr wahrscheinlich bezieht sich der größte Teil der historischen Nachweise auf *C. maritima* (vgl. DE BRUYN 2008).

Cetraria aculeata/Cetraria muricata

Die beiden Sippen werden oft nicht unterschieden (z.B. VAN HERK & APTROOT 2004). *Cetraria muricata* wird dabei als Kümmerform von *Cetraria aculeata* aufgefasst. Auf den Ostfriesischen Inseln wurden mehrfach Zwischenformen und eine große Variabilität bei den bestimmungsrelevanten Merkmalen innerhalb von Populationen beobachtet, die eine Auftrennung der Sippen in Frage stellten. Da die Sippen für die niedersächsische und bundesweite Rote Liste getrennt geführt werden, erfolgte für diese Studie dennoch eine Trennung der beiden Sippen nach den in SMITH et al. (2009) aufgeführten morphologischen Merkmalen.

Cladonia furcata agg.

Die Auftrennung von *Cladonia furcata* in den beiden Unterarten *furcata* und *subrangiformis* ist umstritten (vgl. VAN HERK & APTROOT 2004), da die morphologischen Merkmale zur Unterscheidung relativ variabel sind. Auch bei den Inhaltsstoffen gibt es offensichtlich eine starke Variabilität. Eine stichprobenartige Überprüfung an Belegen von den Ostfriesischen Inseln ergab ebenfalls eine schwache Korrelation zwischen Morphologie und der K-Reaktion bzw. die K-Reaktion ist oft sehr schwach. Da die Sippen für die niedersächsische und die bundesweite Rote Liste getrennt geführt werden, erfolgte auch für diese Studie dennoch eine Trennung der beiden Sippen. Es kommen beide Sippen auf den Ostfriesischen Inseln vor (vgl. PAUS 1997). Proben wurden nur stichprobenartig überprüft und aus den Ergebnissen folgende Zuordnungen nach Habitaten

getroffen: Formen, die zu *Cladonia furcata* ssp. *subrangiformis* gehören, treten in allen Graudünen-Stadien auf. Die Unterart *subrangiformis* ist in diesen Habitaten zumindest wesentlich häufiger als *Cl. furcata* ssp. *furcata* (vgl. PAUS 1997). In den salzwasserbeeinflussten Dünen tritt vermutlich ausschließlich *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* auf (vgl. PAUS 1997).

Cladonia subulata/Cladonia rei

Nach neueren Untersuchungen (SPIER & APTROOT 2007) gibt es keine konstanten Merkmale zur Unterscheidung der beiden Sippen. Nach eigenen Untersuchungen an Belegen von den Ostfriesischen Inseln zeigte sich ebenfalls keine Korrelation zwischen Morphologie, Habitat und UV-Reaktion. Auf allen Ostfriesischen Inseln kommt ein Formenspektrum vor, das morphologisch *Cladonia subulata* und *C. rei* umfasst. Morphologisch als *C. rei* einzuordnende Formen sind vor allem in kalkreichen, jungen Graudünen und Ruderalstellen vertreten.

Collembosidium halodytes-Gruppe

C. halodytes wurde im Gegensatz zu van HERK & APTROOT (2004) nach MOHR (2004), ORANGE (2008) und SMITH et al. (2009) in mehrere Arten aufgeteilt. Der weitaus größte Teil der Aufsammlungen von silikatischem Gestein gehört zu *C. halodytes* s.str.. Auf der Mehrzahl der Inseln wurde auf älteren Gehäusen von Seepocken die kleinen, eingesenkten Perithezien von *C. foveolatum* nachgewiesen. Relativ selten scheint *C. sublitorale* mit relativ großen Perithezien auf Muschelschalen und Kalkgestein zu sein. Der einzige sichere Nachweis stammt von Langeoog auf Seepocken-Gehäusen.

Lecanora dispersa-Gruppe

Für die schwierige *Lecanora dispersa*-Gruppe liegt mit SLIWA (2007) eine aktuelle taxonomische Neubearbeitung für Nordamerika vor, die weitreichende Konsequenzen für die Artabgrenzung der Mehrzahl der Sippen nach sich zieht. Bei der Anwendung des neuen Konzeptes ergeben sich eine Reihe von noch nicht gelösten taxonomischen Schwierigkeiten, weshalb in der vorliegenden Arbeit das breite taxonomische Konzept von *Lecanora hagenii* nach VAN HERK & APTROOT (2004) als *L. hagenii* s.l. beibehalten wurde. *L. hagenii* umfasst damit *L. persimilis* (Pionier auf dünnen Zweigen, häufigste Sippe), *Lecanora hagenii* s.str. (epilithisch und an Baumbasen und eutrophierter Borke), *Lecanora* cf. *zosteræ* (Nachweise auf bearbeitetem Holz im sea spray-Einflußbereich und möglicherweise auf Rinde) und *L. cf. sambuci* (8-sporige Form an nicht eutrophierter Borke von Holunder). Die Angaben von *Lecanora umbrina* wurden hier ebenfalls zu *L. hagenii* s.l. gestellt, möglicherweise beziehen sich die Angaben auf *L. zosteræ*.

Abgetrennt wurde *Lecanora sambuci* über die vielsporigen Asci und *Lecanora zosteræ* durch das Vorkommen auf abgestorbenen Pflanzen mit deutlich sitzenden Apothecien.

Nach SLIWA (2007) werden *Lecanora flotowiana* und *L. xanthostoma* als chemische Rassen von *L. semipallida* zusammengefasst.

Problematisch bleiben die Nachweise aus der *L. dispersa*-Gruppe auf salzwasserbeeinflusstem Gestein. Nach den Ergebnissen von SLIWA (2007) und SMITH et al. (2009) bestehen Zweifel, ob es sich wirklich um *L. salina* handelt. Möglicherweise sind auch mehrere Sippen beteiligt. Aufgrund des abweichenden Habitats und morphologischer Unterschiede wurden diese Formen dennoch als *L. cf. salina* abgetrennt.

Lecanora saligna-Gruppe

Mit der Neubearbeitung der *Lecanora saligna*-Gruppe durch VAN DEN BOOM & BRAND (2008) sind auf den Ostfriesischen Inseln mit *Lecanora albellula* var. *albellula* (Norderney) und *Lecanora subsaligna* (Norderney, Juist) weitere Arten aus dieser Gruppe bekannt. Die Nachweise dieser Arten stammen von der Borke älterer Holunder. Von der Mehrzahl der im Rahmen dieser Untersuchung getätigten Nachweise auf den Inseln wurden Belege entnommen und mikroskopisch überprüft. Alle Nachweise stammen von bearbeitetem Holz und gehören zu *L. saligna* s.str..

Rinodina exigua/Rinodina oleae

Zumindest bei aktuellen Nachweisen auf den Ostfriesischen Inseln können keine konstanten morphologischen Unterschiede zwischen den Nachweisen auf Borke, Kalkgestein und auf salzwasserbeeinflusstem Gestein der Küstenschutzbauwerke festgestellt werden. *Rinodina exigua* und *R. oleae* werden deshalb wie z.B. in VAN HERK & APTROOT (2004) als synonym aufgefasst.

Verrucaria erichsenii-Gruppe

Es handelt sich um eine taxonomisch sehr schwierige Gruppe mit vielen beschriebenen Taxa, für die sehr unterschiedliche Auffassungen über deren Abgrenzung existieren. Die Angaben zu Perithezienausbildung, Sporengröße und Lagerausbildung (Artdiagnosen) der einzelnen Sippen unterscheiden sich zwischen SANDSTEDT (1912), ERICHSEN (1957), FLETCHER (1975), SMITH et al. (2009), VAN HERK & APTROOT (2004) und ORANGE (2008) erheblich, so dass ohne Vergleich mit den

Typusbelegen keine eindeutige Zuordnung erfolgen kann. Erschwert wird die Bestimmung durch die hohe Variabilität der Lagerausbildung amphibischer Arten. Aufgrund des ungenügenden taxonomischen Kenntnisstands werden alle Nachweise unter *V. erichsenii* agg. zusammengefasst. Nach SMITH et al. (2009) wird das Material aus dieser Artengruppe zu *V. ditmarsica* gestellt. Bei VAN HERK & APTROOT (2004) wird das gesamte Material zu *V. erichsenii* gestellt, wobei sich die Artdiagnosen hinsichtlich der Ausbildung des Perithecie-Gehäuses nicht unterscheiden. Unterschieden wurde *V. halizoa* anhand der größeren Perithecieen und der fehlenden Pigmentierung des Lagers. Die eventuell ebenfalls zu erwartenden Arten *V. sandstedei* und *V. striatula* sowie *Wahlenbergia maura* fehlen auf den Ostfriesischen Inseln bisher.

3.7.3 Taxonomische Veränderungen und Ergänzungen

Gegenüber der Zusammenstellung des Kenntnisstands und der Literaturnachweise in DE BRUYN (2008) ergeben sich leichte Veränderungen und Ergänzungen bzw. Korrekturen, die im Folgenden zusammengestellt sind.

Taxonomische Veränderungen

Anisomeridium nyssaegenum = *Anisomeridium polypori*

Buellia alboatra = *Diplotomma alboatrum*

Buellia epipolia = *Diplotomma epipolium*

Caloplaca marina = *Caloplaca maritima* + *Caloplaca maritima*

Gyalideopsis anastomosans = *Jamesiella anastomosans*

Lecanora flotowiana = *Lecanora subpallida*

Lecanora piniperda = *Lecanora albellula*

Lecanora umbrina = *Lecanora hageni*

Lecanora xanthostoma = *Lecanora subpallida*

Melanelia exasperatula = *Melanohalea exasperatula*

Melanelia glabratula = *Melanelixia fuliginosa*

Melanelia subaurifera = *Melanelixia subaurifera*

Mycobilimbia sabulatorum = *Bilimbia sabuleorum*

Opegrapha varia var. *herbarum* = *Opegrapha culmigena*

Opegrapha vulgata ssp. *subsiderella* = *Opegrapha niveoatra*

Pyrenocollema halodytes = *Collemopsidium foveolatum* p.p., *C. halodytes* p.p., *C. sublitorale* p.p.

Rinodina exigua = *Rinodina oleae*

Rinodina gennarii = *Rinodina oleae*

Verrucaria fuscilla = *Placopyrenium fuscillum*

Ergänzungen/Korrekturen

Lecanora subsaligna: Nachweis für Juist und Norderney 1977 in VAN DEN BOOM & BRAND (2008)

Rinodina conradii: Nachweis für Wangerooge versehentlich aus BRAND & KETNER-OOSTRA (1983) nicht übernommen

Verrucaria maura = Fehlangebe für Spiekeroog in DE BRUYN (2005), gestrichen

Xylographa parallela: Nachweis für Norderney versehentlich aus BRAND & KETNER-OOSTRA (1983) nicht übernommen

3.8 Gefährdungseinschätzung/Bewertung

Nach Abstimmung mit der Nationalparkverwaltung wurden aufgrund der wesentlich größeren Aktualität die Gefährdungseinschätzungen der noch unpublizierten Aktualisierungen der Roten Listen Deutschlands (WIRTH et al. in prep., Stand 31.12.2009) und Niedersachsens (HAUCK & DE BRUYN 2010) verwendet. In beiden Fällen erfolgt eine Mitarbeit von U. de Bruyn als Autor. Bei der Neufassung der niedersächsischen Rote Liste wurde eine Regionalisierung der Gefährdungseinschätzungen in Küste, Tiefland und Hügelland vorgenommen. Die Ostfriesischen Inseln gehören zusammen mit dem

Naturraum Marschen zur Region Küste. Als Gefährdungsangaben werden deshalb die Gefährdungskategorien für Niedersachsen und Bremen, die Region Küste sowie für Deutschland angegeben. Aufgrund der zeitlichen Überschneidung bei der Abfassung der Roten Listen konnten die Ergebnisse der Bestandserfassungen auf den Ostfriesischen Inseln für die bundesweite Gefährdungseinschätzung einfließen. Bei der Aktualisierung der niedersächsischen Roten Liste sind die Daten der vorliegenden Arbeit vollständig berücksichtigt worden. Es ist nicht auszuschließen, dass sich einzelne Gefährdungseinstufungen zur publizierten Fassung noch verändern.

Für eine Einstufung und eine bessere Vergleichbarkeit der Bedeutung von Habitat-Typen oder Bezugsräumen (Inseln, Minutenfelder) für den Flechtenartenschutz ist eine Zusammenführung der Nachweise gefährdeter Arten zu einem Punktwert sinnvoll. Grundlage für das verwendete Bewertungsschema ist eine Gewichtung der Gefährdungskategorien ohne eine Berücksichtigung der Häufigkeit bzw. Populationsgrößen. Die Präsenz von Arten der Roten-Liste-Kategorie 1 (RL1) im Bezugsraum wird mit jeweils 9 Punkten gewertet, die Präsenz von Arten aus RL-Kategorie 2 mit jeweils 4 Punkten und Arten aus den RL-Kategorien 3, R und G jeweils mit jeweils 1 Punkt gewertet. Eine Addition der Punktwerte aller Arten im Bezugsraum ergibt die Bewertung (Bewertungspunkte).

3.9 Erdflechtenreiche Dünen

Offene Dünenbereiche stellen für die Ostfriesischen Inseln ein charakteristisches und landschaftsprägendes Element dar. Aufgrund der hohen Bedeutung für den überregionalen Flechtenartenschutz (vgl. Kapitel 8.2) wurden die offenen Dünenbereiche detaillierter untersucht. Aus den Ergebnissen einer Flechtenerfassung auf Spiekeroog (DE BRUYN 2005) ergab sich für die Dünenbereiche von Spiekeroog eine sehr deutliche Unterscheidung des Flechtenartenspektrums von jüngeren und älteren Dünen. Zudem wurden auf Spiekeroog flechtenarme, stärker vergraste oder verbuschte Dünenbereiche festgestellt. Die offenen Bereiche werden in den vorliegenden Vegetationstypenkarten den TMAP-Typen X.4.1, Weißdüne, X.5 Dünen-Magerrasen, X.6.1 Besenheide, X.6.2 Krähenbeerheide, X.10 ruderalisierte Düne und X.11. salzwasserbeeinflusste Düne zugeordnet. Die im TMAP-Typ X.5 Dünen-Magerrasen zusammengefassten Bestände umfassen ein weites ökologisches Spektrum verschiedener Artengemeinschaften entlang eines Gradienten des Basengehalts der Sande. Entlang dieses Gradienten ist auch eine auffällige Veränderung des Artenspektrums der Erdflechten und Moose festzustellen. Nach DRACHENFELS (2004) werden innerhalb von TMAP Typ X.5 drei Biotoptypen unterschieden: „Trockenrasen basenarmer Graudünen (KDA)“, „Trockenrasen basenreicher Graudünen (KDK)“ und „Sonstige Grasflur der Graudünen (KDS)“. Entgegen den Angaben in DRACHENFELS (2004) sind Erdflechten der Gattung *Cladonia* nicht nur den Biotoptyp KDA beschränkt. Es gibt auch ein für den Biotoptyp KDK typisches Arteninventar der Cladonien. Für eine einfachere Unterscheidung wird im Folgenden der früher verwendete Begriff Braundünen-Typ für die nach DRACHENFELS (2004) zum Biotoptyp KDA gestellten Bestände sowie Graudünen-Typ für die dem Biotoptyp KDK entsprechenden Bestände verwendet. Dem entspricht auch die getrennte Aufnahme der Dünen-Bereiche von Braundünen-Typ als TMAP-Typ X.5a.

Für eine Quantifizierung der Flächenausdehnung und die Untersuchung der räumlichen Verteilung verschiedener flechtenreicher Dünen-Typen wurden größere flechtenreiche Bereiche bei der Geländebegehung abgegrenzt. Kleine isolierte Dominanzbestände von weniger als 100m² wurden bei der Kartierung nicht erfasst. Ebenso wurden kleine flechtenarme Bereiche (z.B. Krähenbeer-Bestände, steile Dünen) innerhalb zusammenhängender flechtenreicher Bestände nicht auskartiert. Nach einer Analyse des Artenbestands wurden flechtenreiche Bereiche in der Regel von exponierten Standorten aus grob abgegrenzt. Ziel war eine grobe Abschätzung der Flächenausdehnung und eine flächendeckende Bearbeitung der Dünenbereiche.

Unterschiedene Erdflechten-Gemeinschaften

Anhand des Artenspektrums und der dominanten Flechtenarten wurden 8 Erdflechten-Gemeinschaften unterschieden. Innerhalb der Gattung *Cladonia* wurden die in der Untergattung *Cladina* zusammengefassten eigentlichen Rentierflechten *Cladonia portentosa*, *Cl. ciliata* und *Cl. arbuscula* besonders berücksichtigt. Die als Braundüne bezeichneten Erdflechtengemeinschaften gehören nach DRACHENFELS (2004) zum Biotoptyp KDA „Trockenrasen basenarmer Magerrasen“, die als Graudüne bezeichneten Erdflechtengemeinschaften zum Biotoptyp KDK „Trockenrasen basenreicher Graudünen“. Das artenarme *Cladina*-Stadium ist möglicherweise dem Biotoptyp KDS „Sonstige Grasflur der Graudünen“ zuzuordnen.

A) artenarmes *Cladina*-Stadium

Stärker vergraste Bereiche mit Dominanz von *Cladonia portentosa*, seltener *Cl. ciliata*. Konkurrenzschwache Cladonien fehlen. Meist mit *Cladonia furcata* ssp. *furcata*. Auf ältere Dünenbereiche meist im Kontakt zu Krähenbeer-Beständen beschränkt und deshalb zum Braundünen-Typ gerechnet.

B) artenreiche Braundüne

Artenreiche Erdflechten-Bestände auf basenarmen Sanden älterer Dünenbereiche mit *Cladonia arbuscula*, *Cl. macilenta* ssp. *floerkeana*, *Cl. gracilis*, *Cl. uncialis*, *Cl. zopfii*, *Cl. coccifera* als charakteristische Arten. *Cl. rangiformis*, *Cl. scabriuscula*, *C. foliacea* selten oder fehlend.

C) *Cladina*-reiche Braundüne

Artenspektrum wie bei B) jedoch teilweise großflächige Dominanz von *Cl. portentosa* oder seltener *Cl. ciliata* und Zurücktreten konkurrenzschwächerer Arten. Fast immer zusammen mit Krähenbeer- oder Besenheide-Dominanzbeständen.

D) artenarme Graudüne

Stärker vergraste Graudünen-Bereiche mit geringerem Erdflechtenanteil aus *Cladonia rangiformis*, *C. scabriuscula*, *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis*, *Cl. humilis*.

E) artenreiche Graudüne

Sehr artenreiche Bestände mit einem hohen Deckungswert an Erdflechten. *Cladonia rangiformis*, *C. scabriuscula*, *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* und *Cl. humilis* in der Regel dominant. *Cladonia portentosa* tritt stark zurück, lokal kann *Cl. cilata* Dominanzbestände ausbilden. An exponierten Stellen *Hypogymnia physodes* auf Sand. *Peltigera*-Arten nur sehr vereinzelt und meist im Übergang zu Weißdüne. An nordexponierten Dünenhängen *P. neckeri*.

F) *Peltigera*-reiche Graudüne

Sehr offene Graudünen-Bereiche mit einem hohen Anteil an *Peltigera canina*, *P. rufescens* und *P. didactyla*, seltener *P. hymenina*.

G) ruderalisierte Graudüne

Flechtenreiche Bestände auf Bodenaufschüttungen und Parkplätzen oft im Bereich der Siedlungen vor allem der Hafenanlagen. Durch Tritt gestörte Bereiche mit bei mäßiger Trittbelastung einem Artenspektrum vom Typ „*Peltigera*-reiche Graudüne“. Zusätzlich treten *Collema crispum* und *C. tenax* regelmäßig auf.

H) salzwasserbeeinflusste Düne

Flechtenreiche Bestände im Übergangsbereich von Dünen zu Salzwiesen. Meist schmale Dominanzbestände von *Cladonia rangiformis* und *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis*. Sehr selten einzelne Ansiedlungen von *Cl. scabriuscula*, *Cl. humilis* oder *Peltigera canina*.

Die Untergliederung der Flechtengemeinschaften entspricht weitgehend der Gliederung der Erdflechtenvegetation Nordwestdeutschlands nach PAUS (1997). Aufgrund der Fragestellung und des Bearbeitungsmaßstabs konnten nicht alle dort unterschiedenen Syntaxa unterschieden werden. Die wichtigsten Erdflechtengemeinschaften können wie folgt zugeordnet werden:

Verwendete Gliederung

artenarmes *Cladina*-Stadium
 artenreiche Braundüne
Cladina-reiche Braundüne
 artenarme Graudüne
 artenreiche Graudüne
 ruderalisierte Graudüne

Paus (1997)

Cladonietum mitis hypnetosum
 Cladonietum zopfii
 Cladonietum mitis
 Cladonietum foliaceae-Fragmentgesellschaft
 Cladonietum foliaceae
 Cladonietum rei

Die Flechtengemeinschaften *Peltigera*-reiche Graudüne und salzwasserbeeinflusste Düne sind in die Gliederung von PAUS (1997) nicht eindeutig einzuordnen. Die auffälligen Bestände von *Cladonia humilis*, *Cladonia fimbriata* und *Cladonia pyxidata* ssp. *pocillum* in jungen Graudünen werden als charakteristische Bestandteile der Sukzession von Weiß- zu Graudüne aufgefasst und weisen nicht wie in PAUS (1997) vermutet auf eine anthropogene Störung/Ruderalisierung hin.

Tabelle 3: Verteilung der Bodenflechten auf die unterschiedenen Flechtengemeinschaften

X = selten, xx = regelmäßig, aber nicht dominant, xxx = häufig und oft großflächig oder dominant

	artenarmes Cladina-Stadium	artenreiche Braundüne	artenarme Graudüne	artenreiche Graudüne	Peltigera-reiche Graudüne	ruderalisierte Graudüne	salzwasserbeeinflusste Düne
<i>Cetraria aculeata</i> (Schreb.) Fr.		xx		xx	x	x	
<i>Cetraria muricata</i> (Ach.) Eckfeldt		xx					
<i>Cladonia arbuscula</i> (Wallr.) Flot.		x					
<i>Cladonia cervicornis</i> (Ach.) Flot. subsp. <i>cervicornis</i>		xx		xx			
<i>Cladonia ciliata</i> Stirton	x	xx		xxx	x		
<i>Cladonia coccifera</i> (L.) Willd.		xxx		x			
<i>Cladonia coniocraea</i> (Flörke) Sprengel		x					
<i>Cladonia crispata</i> (Ach.) Flot.		x					
<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) Fr.			x	xx	xx		
<i>Cladonia foliacea</i> (Hudson) Willd.		x	x	xxx	xxx	xx	
<i>Cladonia furcata</i> (Hudson) Schrad. subsp. <i>furcata</i>	xxx	xxx	x	x			
<i>Cladonia furcata</i> subsp. <i>subrangiformis</i> (Sandst.) Des Abb.			xxx	xxx	xxx	xx	xxx
<i>Cladonia glauca</i> Flörke	x	x					
<i>Cladonia gracilis</i> (L.) Willd.		xx					
<i>Cladonia humilis</i> (With.) J. R. Laundon		x	xxx	xxx	xxx	xx	x
<i>Cladonia macilenta</i> Hoffm. subsp. <i>macilenta</i>		xx					
<i>Cladonia macilenta</i> subsp. <i>floerkeana</i> (Fr.) V. Wirth		xxx					
<i>Cladonia portentosa</i> (Dufour) Coem.	xxx	xxx		xxx	x		
<i>Cladonia pyxidata</i> subsp. <i>grayi</i> (G. K. Merrill ex Sandst.) V. Wirth	x	xxx	x	xx	xx	x	
<i>Cladonia pyxidata</i> subsp. <i>pocillum</i> (Ach.) Dahl			x	xx	xx	x	
<i>Cladonia ramulosa</i> (With.) J. R. Laundon	x	xxx	x	xxx	xxx	xx	
<i>Cladonia rangiformis</i> Hoffm.		x	xx	xxx	xxx	xxx	xxx
<i>Cladonia scabriuscula</i> (Del.) Nyl.		x	xxx	xxx	xxx	xxx	x
<i>Cladonia subulata</i> (L.) Weber ex Wigg.	x	xx	xx	xx	xx	xx	
<i>Cladonia uncialis</i> (L.) Weber ex Wigg.		xx					
<i>Cladonia zopfii</i> Vain.		x					
<i>Collema crispum</i> (Hudson) Weber ex Wigg.						xx	
<i>Collema tenax</i> (Sw.) Ach. em. Degel.						x	
<i>Diploschistes muscorum</i> (Scop.) R. Sant.				x		x	
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.				xx			
<i>Peltigera canina</i> (L.) Willd.				x	xxx	xx	
<i>Peltigera didactyla</i> (With.) J. R. Laundon					xx	xx	
<i>Peltigera hymenina</i> (Ach.) Del. in Duby		x		x	xx	xx	
<i>Peltigera neckeri</i> Hepp ex Müll. Arg.				xx	x		
<i>Peltigera rufescens</i> (Weiss) Humb.				x	xxx	xx	
<i>Placynthiella oligotropha</i> (J. R. Laundon) Coppins & P. James		x					
<i>Placynthiella uliginosa</i> (Schrad.) Coppins & P. James		x					
<i>Trapeliopsis granulosa</i> (Hoffm.) Lumbsch		x					

3.10 Häufiger verwendete Abkürzungen

Bo = Borkum

Ju = Juist

No = Norderney

La = Langeoog

Sp = Spiekeroog

Ba = Baltrum

Wa = Wangerooge

Ins. = gesamte Inselgruppe

RLD = Gefährdungseinschätzungen nach der Roten Liste der Flechten Deutschlands (WIRTH et al. in prep.)

RLK = Gefährdungseinschätzung nach der Roten Liste der Flechten in Niedersachsen und Bremen (HAUCK & DE BRUYN 2010) für die Region Küste

RLNds = Gefährdungseinschätzung nach der Roten Liste der Flechten in Niedersachsen und Bremen (HAUCK & DE BRUYN 2010) für Gesamt-Niedersachsen und Bremen

RL1 = Rote-Liste-Kategorie 1 „vom Aussterben bedroht“

RL2 = Rote-Liste-Kategorie 2 „stark gefährdet“

RL3 = Rote-Liste-Kategorie 3 „gefährdet“

RL V = Rote-Liste-Kategorie V „Vorwarnliste“

RL G = Rote-Liste-Kategorie G „Gefährdung anzunehmen“

RL R = Rote-Liste-Kategorie R „sehr selten“

RL D = Rote-Liste-Kategorie D „Daten mangelhaft“

RL * = Rote-Liste-Kategorie * „ungefährdet“

TMAP = Trilateral Monitoring and Assessment Program

4. Datenstruktur

Für eine Auswertung liegen 6309 Datensätze vor mit einem Minimum von 490 Datensätzen für Baltrum und einem Maximum von 1427 Datensätzen für Borkum. Die Datenstruktur ist Tabelle 4 zu entnehmen. Insgesamt liegen Daten für 113 Minutenfelder vor. Baltrum weist mit 8 Minutenfelder die niedrigste, Norderney mit 24 die höchste Anzahl untersuchter Minutenfelder auf. Für die gesamte Inselgruppe wurden 572 Probeflächen für TMAP-Habitats erfasst. Die Verteilung der Probeflächen auf die einzelnen Inseln zeigt für Baltrum mit 48 die niedrigste und für Borkum mit 129 die höchste Anzahl untersuchter Probeflächen. Die für die einzelnen Inseln vorliegenden Daten und die Anzahl untersuchter Probeflächen spiegeln die unterschiedlichen Flächengrößen der Inseln wider. Die Unterschiede in den Datenmengen zwischen der kleinsten (Baltrum) und der größten Insel (Borkum) entsprechen ca. einem Verhältnis von 1 : 3. Diese Unterschiede sind geringer als die Unterschiede in der Gesamtfläche der untersuchten Bereiche (Verhältnis ca. 1 : 5). Der am häufigsten beprobte TMAP-Habitattyp mit 100 Probeflächen sind die Dünengebüsche (X.7). Auf den einzelnen Inseln wurde eine Anzahl zwischen 13 (Spiekeroog) und 16 (Borkum) verschiedener TMAP-Habitattypen untersucht. Auf keiner der Inseln wurden alle 19 verschiedenen TMAP-Habitats vorgefunden.

Tabelle 4: Datenstruktur

	Ins	Bo	Ju	No	Ba	La	Sp	Wa
Datensätze	6309	1427	905	1257	490	940	761	529
Minutenfelder	113	22	17	24	8	18	12	12
TMAP-Probeflächen	572	129	79	128	48	74	56	54
Probeflächen X.4.1	9	3	2			2		2
Probeflächen X.5	85	16	13	19	8	12	7	10
Probeflächen X.5a	29	3	2	7	2	8	5	2
Probeflächen X.6.1	15	2	2	6			5	
Probeflächen X.6.2	2							2
Probeflächen X.10	14	6		6	2			
Probeflächen X.11	18	3	2	8	2		3	
Probeflächen X.7	100	21	17	18	8	18	9	9
Probeflächen X.8	33	13	5	6	3	1	4	1
Probeflächen X.8.1	4					4		
Probeflächen X.8.2	9			2	2		2	1
Probeflächen H.5.1	26	8	6	6	2	3		1
Probeflächen H.6.1	35	11	6	9	3	3	3	
Probeflächen H.6.2	23	7	5	5	3	1		2
Probeflächen Aw	11	4		3		2	1	1
Probeflächen Ae	19	6	3	2	1	3	2	2
Probeflächen Ag	63	16	7	12	5	9	6	8
Probeflächen S	27	3	2	8	2	2	3	7
Probeflächen W	48	7	7	11	5	6	6	6
verschiedene TMAP-Habitats	19	16	14	16	14	14	13	14

5. Aktueller Artenbestand, Häufigkeit und Verbreitung

5.1 Artenzahl

Die sieben untersuchten Ostfriesischen Inseln Borkum, Juist, Norderney, Baltrum, Langeoog, Spiekeroog und Wangerooge weisen insgesamt einen Artenbestand von 246 Flechtenarten auf. Eine Liste aller nachgewiesener Arten mit Angaben zur Häufigkeit auf den einzelnen Inseln und der Inselgruppe sowie Angaben zur Gefährdung ist in Tabelle A1 (im Anhang) zusammengestellt. Detaillierte Fundortangaben seltenerer Arten, das besiedelte Substrat sowie Zusammenstellungen der Daten für die einzelnen Inseln sind den Geländeprotokollen im Anhang B aufgeführt. Die räumliche Verteilung der Arten ist den Nachweiskarten im Anhang C zu entnehmen.

Für die untersuchten Inseln ergaben sich Artenzahlen zwischen 120 und 172 Flechtenarten (vgl. Tabelle 5). Dabei zeigt sich erwartungsgemäß, dass die beiden

größten Inseln Norderney und Borkum mit jeweils 172 Arten die höchsten Gesamtartenzahlen sowie die beiden kleinsten Inseln Baltrum und Wangerooge die mit 120 bzw. 128 Arten die niedrigsten Artenzahlen aufweisen. Spiekeroog weist unter den Inseln mittlerer Größe eine im Vergleich zu Langeoog und Juist deutlich höhere Artenzahl auf. Mit 169 Arten wurde für Spiekeroog eine den großen Inseln Borkum und Norderney vergleichbare Artenzahl festgestellt.

Tabelle 5: Artenzahlen und Flächengrößen der einzelnen Inseln und der Inselgruppe

	Ins	Bo	Ju	No	Ba	La	Sp	Wa
Flächengröße nach NIEDRINGHAUS et al. (2008) in km ²	144,5	38,9	18,3	27,6	7,1	22,4	20,4	9,8
Flächengröße der für Flechten relevanten Habitats in km ²	52,63	15,0	5,5	12,4	3,2	7,5	5,5	3,6
Artenzahl	246	172	138	172	120	140	169	128

5.2 Häufigkeitsverteilung

Eine Analyse der Häufigkeitsverteilung kann bezogen auf die Anzahl besiedelter Inseln oder auf die Anzahl besetzter Minutenfelder erfolgen. Die Anzahl der von den einzelnen Flechtenarten besiedelten Inseln sowie die Anzahl der besetzten Minutenfelder ist Tabelle A1 (im Anhang) zu entnehmen.

Eine Auswertung der Anzahl von den einzelnen Arten besiedelter Inseln (vgl. Tabelle 6) ermöglicht einen Vergleich der Habitatausstattung der einzelnen Inseln. Ein großer Anteil gemeinsamer Arten deutet auf eine ähnliche Habitatausstattung und -qualität, ein hoher Anteil nur auf jeweils einer oder weniger Inseln nachgewiesener Arten deutet auf abweichende Habitatausstattungen oder -qualitäten hin. Häufigkeitsunterschiede und die Populationsgrößen der Arten lassen sich über diese Auswertung nicht abbilden. Mit 84 auf allen 7 Inseln aktuell vertretener Arten (34%) besteht ein sehr großes gemeinsames Arteninventar. Die Gruppe der auf allen Inseln vertretenen Arten macht bei den kleineren Inseln Baltrum und Wangerooge immerhin 70% bzw. 66% des Arteninventars aus. Auch für die größeren und artenreicheren Inseln Norderney und Borkum macht diese Gruppe mit jeweils 49% noch knapp die Hälfte des Artenbestands aus. Rechnet man die 23 auf sechs Inseln vorhandenen Arten ebenfalls zum Grundarteninventar, ergibt sich ein Grundartenspektrum von insgesamt 107 Arten. Dieses Grundartenspektrum macht für Baltrum und Wangerooge mit 83% bzw. 80% einen sehr hohen Anteil am Artenbestand aus. Der Anteil von 24% auf nur einer Insel nachgewiesener Arten am Gesamtartenbestand der Inselgruppe ist als niedrig einzustufen.

Tabelle 6: Häufigkeitsverteilung bezogen auf Präsenz auf einzelnen Inseln

	Ins	Bo	Ju	No	Ba	La	Sp	Wa
Gesamtartenzahl	246	172	138	172	120	140	169	128
ANZAHL ARTEN								
auf 7 Inseln vertretene Art	84	84	84	84	84	84	84	84
auf 6 Inseln vertretene Art	23	22	17	23	16	22	20	18
auf 5 Inseln vertretene Art	13	13	8	12	4	11	10	7
auf 4 Inseln vertretene Art	19	15	12	13	5	10	13	8
auf 3 Inseln vertretene Art	17	11	7	11	6	2	11	3
auf 2 Inseln vertretene Art	31	11	7	13	3	7	15	6
auf 1 Insel vertretene Art	59	16	3	16	2	4	16	2
PROZENTUALER ANTEIL IN BEZUG AUF GESAMTARTENINVENTAR								
auf 7 Inseln vertretene Art	34	49	61	49	70	60	50	66
auf 6 Inseln vertretene Art	9	13	12	13	13	16	12	14
auf 5 Inseln vertretene Art	5	8	6	7	3	8	6	5
auf 4 Inseln vertretene Art	8	9	9	8	4	7	8	6
auf 3 Inseln vertretene Art	7	6	5	6	5	1	7	2
auf 2 Inseln vertretene Art	13	6	5	8	3	5	9	5
auf 1 Insel vertretene Art	24	9	2	9	2	3	9	2

Borkum, Norderney und Spiekeroog weisen mit jeweils 16 (9%) auf nur einer Insel nachgewiesener Arten einen besonders hohen Anteil dieser Arten auf. Alle anderen Inseln haben mit 2 bis 4 Arten (2 - 3 %) einen sehr geringen Anteil dieser Arten. Die starke Häufung von auf nur einer Insel nachgewiesenen Arten kann ihre Ursache in einer besonderen Habitatqualität haben oder aber durch das Vorhandensein spezieller, auf den restlichen Inseln fehlender Nischen begründet sein. Eine Zusammenstellung der auf nur einer Inseln nachgewiesenen Arten ist in Tabelle 7 zu entnehmen.

Tabelle 7: Liste der nur auf einer Insel nachgewiesenen Arten

Angaben in den Spalten Bo - Wa beziehen sich auf die Anzahl besetzter Minutenfelder

Artname	RL Nds	RLK	RLD	Bo	Ju	No	Ba	La	Sp	Wa
Arthonia muscigena Th. Fr.	D	D	G	1						
Bacidia rubella (Hoffm.) A. Massal.	1	1	V	1						
Caloplaca aurantia (Pers.) J. Steiner	R	R	3	1						
Candelaria concolor (Dickson) B. Stein	V	V	*	1						
Fuscidea pusilla Tønsberg	D	D	D	1						
Lecanora subcarpineae Szat.	R	R	2	1						
Opegrapha rufescens Pers.	2	2	V	1						
Parmeliopsis ambigua (Wulfen) Nyl.	*	R	*	1						
Pertusaria leioplaca DC.	3	R	V	1						
Phaeophyscia nigricans (Flörke) Moberg	*	*	*	1						
Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf	*	1	*	1						
Ramalina calicaris (L.) Fr.	1	1	1	1						
Ramalina fraxinea (L.) Ach.	1	1	2	1						
Stigmidium marinum (Deakin) Swinscow	D	D		1						
Trapelia glebulosa (Sm.) J. R. Laundon	*	*	*	1						
Xanthoria elegans (Link) Th. Fr.	*	R	*	1						
Bacidia arceutina (Ach.) Arnold	1	1	2		4					
Bacidia friesiana (Hepp) Körb.	1	1	1		1					
Porpidia macrocarpa (DC.) Hertel & Schwab	*	*	*		1					
Aspicilia cinerea (L.) Körb.	3	R	*			2				
Bacidia saxenii Erichsen	D	R	R			1				
Bacidia scopulicola (Nyl.) A. L. Sm.	R	R	?			1				
Bilimbia sabuletorum (Schreber) Arnold	3	R	*			1				
Lecania atrynoides M. Knowles	R	R	R			2				
Lecanora sambuci (Pers.) Nyl.	D	D	V			1				
Lecanora zosteriae (Ach.) Nyl.	D	D	D			1				
Leptogium gelatinosum (With.) J. R. Laundon	1	1	G			2				
Myriospora heppii Nägeli ex Hepp	*	R	*			1				
Opegrapha confluens (Ach.) Stizenb.	R	R	R			1				
Opegrapha vermicellifera (Kunze) J. R. Laundon	3	V	V			1				
Platismatia glauca (L.) W. Culb. & C. Culb.	*	1	*			1				
Pleopsidium chlorophanum (Wahlenb.) Zopf	R	R	*			1				
Polysporina lapponica (Ach. ex Schaer.) Degel.	D	D	*			1				
Rhizocarpon geographicum (L.) DC.	*	R	*			1				
Verrucaria bryoctona (Th. Fr.) A. Orange	R	R	3			2				
Lecanora sulphurea (Hoffm.) Ach.	3	V	3				1			
Psoroglaena stigonemoides (A. Orange) A. Henssen	D	D	*				1			
Collembosidium sublitorale (Leight.) Grube & B. D. Ryan	1	1	D					1		
Physcia aipolia (Ehrh. ex Humb.) Füllr.	2	2	2					1		
Stereocaulon vesuvianum Pers.	3	R	3					1		
Wahlenbergiella mucosa (Wahlenb.) Gueidan & Thüs	1	1	R					1		
Caloplaca albulutescens (Nyl.) H. Olivier	R	R	*						1	
Chaenotheca chrysocephala (Turner ex Ach.) Th. Fr.	3	R	V						1	
Chaenotheca ferruginea (Turner ex Sm.) Migula	*	*	*						2	
Chaenotheca trichialis (Ach.) Th. Fr.	V	*	V						2	
Cladonia crispata (Ach.) Flot.	2	R	1						1	
Haematomma ochroleucum var. porph. (Pers.) J. R. Laundon	*	*	3						1	
Lecanora intricata (Ach.) Ach.	2	R	*						1	
Mycoblastus fucatus (Stirton) Zahlbr.	*	*	*						2	
Opegrapha gyrocarpa Flot.	3	G	*						1	
Opegrapha rupestris Pers.	*	D	*						1	
Placynthiella dasaea (Stirt.) Tønsberg	D	D	*						1	
Protoblastenia rupestris (Scop.) J. Steiner	*	*	*						1	
Thelidium minutulum Körb.	R	R	*						1	
Verrucaria macrostoma Dufour ex DC.	*	*	*						2	
Verrucaria maculiformis Kremp.	*	R	*						1	
Verrucaria ochrostoma (Borrer ex Leight.) Trevisan	*	*	D						1	
Arthonia phaeobaea (Norman) Norman	R	R	D							1
Aspicilia moenium (Vain.) G. Thor & Timdal	D	R	*							1

Für Borkum zeigt sich eine auffällige Häufung epiphytischer Arten freistehender Bäume, die auf den herausragenden Baumbestand in der Siedlung Ostland zurückzuführen ist. Für Juist wurden 2 äußerst empfindliche epiphytische Flechtenarten in Gebüschlagen luftfeuchter Lagen festgestellt. Auf Norderney wurden mehrere bemerkenswerte Gesteinsflechten auf dem Inselfriedhof und salztolerante Arten auf einem Steindamm im Hafen festgestellt. Die nur auf Langeoog festgestellten Arten sind fast alle auf den Steindamm Hafenbereich beschränkt. Auf Spiekeroog handelt es sich um epiphytische Arten älterer Wäldchen bzw. geschützter luftfeuchter Situationen und einige Gesteinsarten kalkreicher Gesteine, die in der Mehrzahl auf einer älteren Bauschuttdeponie nachgewiesen wurden. Mit *Cladonia crispata* und *Opegrapha gyrocarpa* wurden auf Spiekeroog zwei Arten nachgewiesen die auf eine besondere Habitatqualität von Magerrasen bodensaurer Standorte bzw. alten Mauern (Alte Inselkirche) hinweisen.

In fast allen Fällen ist der Nachweis auf nur einer Insel durch spezielle Habitatbedingungen oder eine auch an Populationsgrößen ökologisch ähnlicher Arten erkennbaren besonderen Habitatqualität gut begründet. *Lecanora zosterae* ist möglicherweise bei einer anderen taxonomischen Abgrenzung (vgl. Kap. 3.7.2) auf weiteren Inseln vertreten. *Psoroglaena stigonemoides*, *Placynthiella dasaea* und *Thelidium minutulum* sind leicht zu übersehen und wahrscheinlich auf weiteren Inseln vertreten. Auffällig ist der hohe Anteil der an Gesteinsstandorte im Tidebereich (TMAP-Typ S) gebundenen Arten unter den nur auf einer Insel nachgewiesenen Arten und deren breite Streuung auf viele Inseln. Dies deutet darauf hin, dass diese Standorte noch besiedelt werden und in ihrem Artenspektrum noch nicht „gesättigt“ sind.

Aus dem Vergleich ergibt sich, dass die Inseln eine vergleichbare Habitatausstattung und -qualität aufweisen, wie das auch anhand der Verteilung der TMAP-Probeflächen über die Inselgruppe zu erwarten war (vgl. Tabelle 4). Die höhere Artenzahl der größeren Inseln ist vermutlich durch die größere Fläche der einzelnen Habitat-Typen und besonders durch die größeren Siedlungsbereiche bedingt.

Eine Analyse der Anzahl besetzter Minutenfelder ermöglicht eine grobe Abschätzung der Verbreitung und der Populationsgrößen der Arten. Ein hoher Anteil häufiger und sehr häufiger Arten lässt auf eine Homogenität der Habitatausstattung in den einzelnen Minutenfeldern schließen. Eine Homogenität der Artenspektren der einzelnen Minutenfelder ist nicht zu erwarten. Zum einen ist die Flächengröße der tatsächlich untersuchten Bereiche der Minutenfelder sehr unterschiedlich. Zum anderen ist über die stark unterschiedliche Anzahl der pro Minutenfeld untersuchten TMAP-Typen leicht zu erkennen (z.B. Tabellen in den Geländeprotokollen der einzelnen Inseln Anhang B), dass die Habitatausstattung der Minutenfelder kaum vergleichbar ist.

Tabelle 8: Häufigkeitsverteilung nach Anzahl der besetzten Minutenfelder

Anz. besetzter Minutenfelder (Max. = 113)	prozentualer Anteil (n = 113)	Häufigkeit	Kürzel	Anzahl Arten	prozentualer Anteil (n = 246)
1 - 2 MF	1-2%	sehr selten	ss	79	32%
3 - 10 MF	3-9%	selten	s	57	23%
11 - 27 MF	10-24%	zerstreut	z	63	26%
28 - 56 MF	25-50%	häufig	h	29	12%
>56 MF	>50 %	sehr häufig	sh	18	7%

In mehr als 50% der Minutenfelder wurden nur die TMAP-Typen X.5, X.7 und Ag erfasst (vgl. Tabelle 4). Unter den sehr häufigen Arten sind damit nur epiphytische Pionierarten, die an freistehenden Sträuchern der Dünen-Gebüsche (X.7) häufig sind und Erdflechten jüngerer, basenreicher Dünen (X.5) vertreten. Prinzipiell könnten noch Arten, die in mehreren TMAP-Typen auftreten in der Liste der häufigsten Arten vertreten sein. Eine

Auswertung der Rasterhäufigkeit bildet aufgrund der heterogenen Habitatausstattung der Rasterfelder nicht die Häufigkeit bezogen auf die Habitattypen ab.

Tabelle 9: Flechtenarten, die in mehr als 50% der Minutenfelder nachgewiesen wurden

Artname	Anzahl besiedelter Minutenfelder
Xanthoria parietina (L.) Th. Fr.	104
Lecidella elaeochroma (Ach.) Choisy	98
Lecanora chlarotera Nyl.	93
Physcia tenella (Scop.) DC. var. tenella	93
Amandinea punctata (Hoffm.) Coppins & Scheid.	80
Cladonia furcata subsp. subrangiformis (Sandst.) Des Abb.	77
Cladonia humilis (With.) J. R. Laundon	76
Cladonia rangiformis Hoffm.	76
Physcia adscendens (Fr.) H. Oliv.	71
Lecanora hagenii (Ach.) Ach.	68
Cladonia scabriuscula (Del.) Nyl.	66
Naetrocymbe punctiformis (Pers.) R. C. Harris	65
Lecania cyrtella (Ach.) Th. Fr.	63
Caloplaca citrina (Hoffm.) Th. Fr.	62
Xanthoria polycarpa (Hoffm.) Th. Fr. ex Rieber	62
Phaeophyscia orbicularis (Necker) Moberg	61
Lecanora expallens Ach.	58
Parmelia sulcata Taylor	58

5.3 Räumliche Verteilung

Die räumliche Verteilung der Arten auf der gesamten Inselgruppe ist in den Nachweiskarten (Anhang C) dargestellt. An den Karten lassen sich keine auffälligen wiederkehrenden Ähnlichkeitsmuster in der Verbreitung der einzelnen Arten erkennen. Ein Verbreitungsmuster mit einem deutlichen Schwerpunkt auf den westlichen Inseln zeigt nur *Peltigera neckeri*. Einen Schwerpunkt auf den östlichen Inseln weist *Cetraria muricata* auf.

Ein für die Erdflechten möglicherweise relevanter Gradient besteht im von Westen nach Osten abnehmenden Kalkgehalt der angelagerten Sande. Basiphile Bodenflechtenarten sind deshalb auf den westlichen Inseln tendenziell häufiger zu erwarten, Arten bodensaurer Standorte sollten einen Schwerpunkt auf den östlichen Inseln zeigen. Dieser Gradient ist an den Nachweiskarten nur für *Peltigera neckeri* und *Cetraria muricata* zu erkennen, spielt aber insgesamt für die räumliche Verbreitung der Erdflechtenarten eine untergeordnete Rolle. Erdflechten basenarmer Sandböden sind auch auf den westlichen Inseln in den älteren Dünenbereichen (z.B. Woldedünen auf Borkum) vertreten. Für Erdflechten kalkreicher Standorte liegen vorwiegend historische Nachweise (z.B. *Bacidia bagliettoana*, *Leptogium* spp.) vor, diese zeigen eine Häufung auf den westlichen Inseln. Aktuell ist diese Artengruppe sehr selten und ein entsprechendes Verbreitungsmuster deshalb nicht zu erkennen. Arten basenreicher, jüngerer Graudünen (z.B. *Cladonia rangiformis*, *Cladonia furcata* ssp. *pocillum*, verschiedene *Peltigera*-Arten) sind auf der gesamten Inselgruppe vertreten.

6. Verteilung der Flechtenarten auf die TMAP-Typen

6.1 Artenzahlen der TMAP-Typen

Eine Auswertung der für die unterschiedlichen TMAP-Typen auf der gesamten Inselgruppe nachgewiesenen Arten ergibt einen Überblick über Unterschiede im Artenreichtum der verschiedenen TMAP-Typen. Die für die gesamte Inselgruppe in den untersuchten TMAP-Typen festgestellten Artenzahlen sind in Abbildung 2 dargestellt. Der bei weitem artenreichste Habitattyp sind die Gesteinsstandorte im Siedlungsbereich mit 114 Flechtenarten. Die artenärmsten Habitattypen sind Kiefernwald (X.8.2), Krähenbeer-Heide (X.6.1), Calluna-Heide (X.6.2), Weißdüne (X.4.1) und salzwasserbeeinflusste Düne

(X.11) mit 12 und weniger Arten. Der Habitattyp Zitterpappel-Wald (X.8.1) ist nur schlecht gegenüber dem Habitattyp Dünenwald (X.8) abzugrenzen, eine Einordnung des Artenreichtums ist deshalb nicht möglich. Dünen-Magerrasen (X.5, X.5a) und meist naturnahe, waldartige Gehölze der feuchten und nassen Dünentäler (H.5.1, H.6.1, H.6.2) weisen Gesamtartenzahlen zwischen 35 und 49 Arten auf. Mit 64 Arten relativ artenreich sind die Dünen-Gebüsche (X.7).



Abbildung 1: Typische Flechtenhabitate im besiedelten Bereich

oben links: alte Backsteinmauer; oben rechts: Walkknochen (beide Borkum);
unten links: Steindamm (Langeoog); unten rechts: Holz-Zaunpfahl (Juist)

Ebenfalls relativ hohe Artenzahlen wurden für die verschiedenen Gehölz-dominierten Habitattypen Dünenwald (X.8), waldartige Gehölze der Siedlungsbereiche (Aw) und freistehende Gehölze der Siedlungsbereiche (Ae) mit jeweils mehr als 60 Flechtenarten ermittelt. Da die für den Habitattyp Dünenwald (X.8) erfassten Bestände weitgehend auf Gehölz-Anpflanzungen außerhalb der Siedlungsbereiche zurückgehen, nimmt dieser Habitattyp eine intermediäre Stellung zwischen den naturnahen und stark durch Siedlungstätigkeit geprägten Habitattypen ein. An bearbeitetem Holz (W) konnten mit insgesamt 61 Arten eine überraschend hohe Artenzahl festgestellt werden. Die ebenfalls sehr hohe Artenzahl von 52 Flechtenarten für die Steinschüttungen der Hafens- und Küstenschutzbauwerke (S) liegt in der schwierigen Abgrenzung zu Habitattyp Gesteinsflechten im Siedlungsbereich (Ag) begründet. Auf Salzwasser angewiesene oder gegenüber längerer Überstauung mit Salzwasser tolerante Arten bilden eine weitaus kleinere Artengruppe.

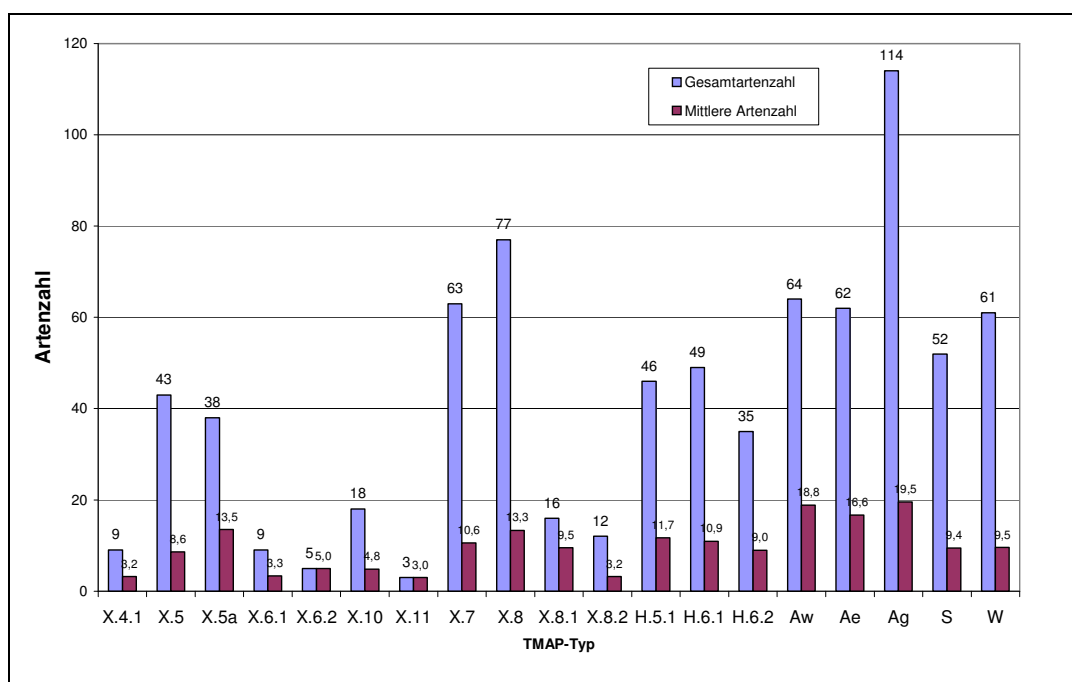


Abbildung 2: Gesamtartenzahl und mittlere Artenzahl der TMAP-Typen für die gesamte Inselgruppe

Ein grober Vergleich zwischen den Siedlungsbereichen und an anthropogenen Substraten festgestellten Arten mit dem Artenspektrum naturnaher Habitattypen ergibt einen deutlich größeren Artenreichtum für die Siedlungsbereiche. Im Siedlungsbereich mit den Habitattypen Ae, Ag und Aw wurden 169 Arten festgestellt. Nimmt man die an Steinschüttungen der Küstenbauwerke (S) nachgewiesenen Arten hinzu, treten im besiedelten Bereich 186 Flechtenarten auf. Zusammen mit den an bearbeitetem Holz (W) festgestellten Arten treten an stark anthropogenen Standorten insgesamt 199 Flechtenarten auf. 97 der auf den Ostfriesischen Inseln aktuell festgestellten 246 Flechtenarten kommen ausschließlich im Siedlungsbereich vor, das entspricht einem Anteil am Gesamtarteninventar von knapp 40%. Dagegen treten nur 47 Arten ausschließlich außerhalb der Siedlungsbereiche auf, was einem Anteil am Gesamtarteninventar von knapp 20% entspricht.

Die Unterschiede in den für die einzelnen Habitattypen ermittelten Artenzahlen spiegeln im Wesentlichen die unterschiedliche Habitatstruktur wider. Bei den Gesteinsstandorten wurde eine Vielzahl verschiedener Gesteinsarten (Kalk- bis Silikatgestein) unterschiedlicher Exposition und Beschattung zu einem Habitattyp zusammengefasst. Als weiteres Beispiel für einen sehr heterogenen Habitattyp sei auf den Dünenwald (X.8) verwiesen, der Gehölzplantungen verschiedenen Alters und Bestandsdichte auf unterschiedlichsten Standorten (trocken bis feucht) mit einer Vielzahl verschiedener Baumarten umfasst. Demgegenüber stehen eng gefasste und homogene Habitattypen wie der Graudünen-Magerrasen (X.5) oder im Extremfall die salzwasserbeeinflusste Düne (X.11), die aufgrund geringerer Strukturvielfalt eine wesentlich geringere Nischendiversität und damit Artenzahl aufweisen. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass bei dieser Auswertung ein einmaliger Nachweis auf einer Insel genauso wie eine in allen Probeflächen dominant auftretende Art gewertet wird. Betrachtet man die mittlere Artenzahl der Probeflächen ergibt sich ein ausgeglicheneres Bild. In keinem der TMAP-Typen liegt die mittlere Artenzahl über 20 Arten.

6.2 Vergleich der Artenzahlen der TMAP-Typen zwischen den Inseln

Ein Vergleich von Artenzahlen der Habitattypen unter den einzelnen Inseln ermöglicht einen Vergleich der Habitatqualität. Deutlich unterdurchschnittliche Artenzahlen deuten auf eine schlechte Ausprägung oder eine geringe flächenmäßige Ausdehnung des Habitattyps hin, überdurchschnittliche Artenzahlen auf eine besonders gute Ausbildung.

Für den Habitattyp X.4.1 (Weißdüne) lassen sich keine Unterschiede zwischen den Inseln erkennen, das Arteninventar ist sehr einheitlich. Für Norderney, Baltrum und Spiekeroog wurden kleinflächige Bestände mit ähnlichem Arteninventar im Übergangsbereich von Weiß- zu Graudüne zum Habitattyp X.5 gezogen. Für den Habitattyp X.5 (Graudüne) ergibt sich die höchste Artenzahl für Norderney, gefolgt von Baltrum und Borkum. Auf Spiekeroog sind die Graudünen deutlich artenärmer. Überdurchschnittliche Artenzahlen in Graudünen kommen vor allem durch die Präsenz eigentlich epiphytischer Flechtenarten sowie die Präsenz von Muschelschill (Gesteinsarten) zustande.

Krähenbeer- und Calluna-Heide (X.6.1, X.6.2) weisen ein sehr kleines Artenspektrum auf. Auf Wangerooge wird X.6.1 durch X.6.2 ersetzt. Für Langeoog und Baltrum erfolgte vermutlich eine Zuordnung entsprechender Flechtenbestände aufgrund des engen Mosaiks und der dann schwierigen Abgrenzung der Habitattypen zu Braundünen-Magerrasen (X.5a). Der Habitattyp Ruderalisierter Dünenbereich (X.10) ist auf den 7 Inseln sehr unterschiedlich stark vertreten. Auf Borkum, Norderney und Baltrum wurden größere Flächen diesem Habitattyp zugeordnet. Meist handelt es sich um stärker betretene Aufspülungsflächen oder Parkplätze auf leicht lehmigem Substrat.

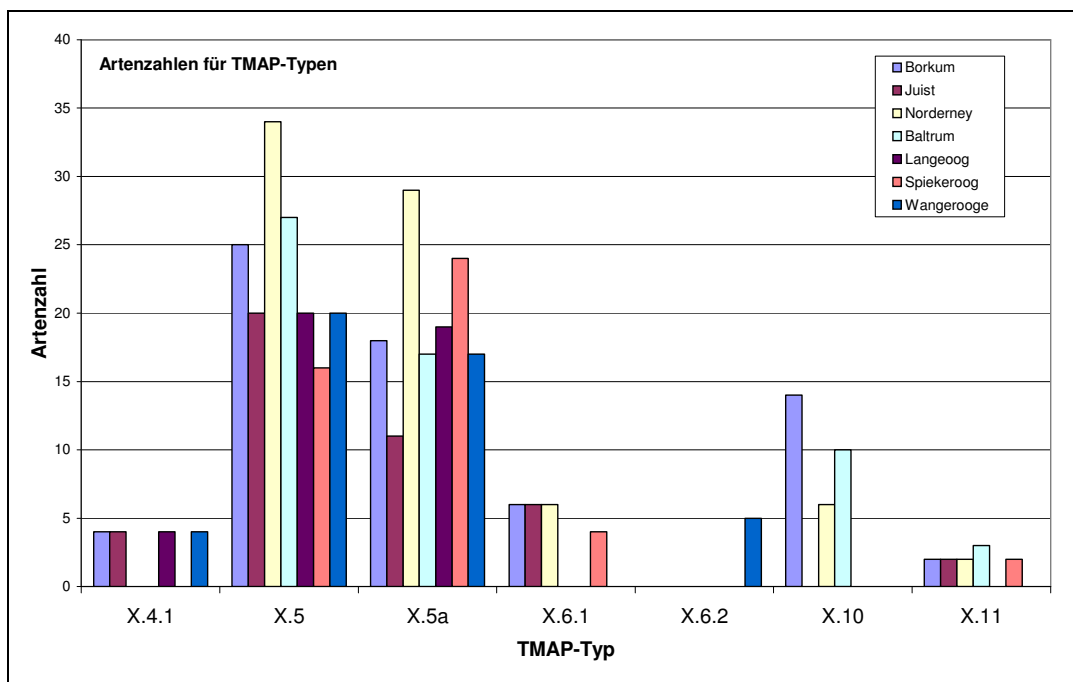


Abbildung 3: Vergleich der Habitattypen offener Dünenbereiche zwischen den Inseln

Der Habitattyp salzwasserbeeinflusste Düne (X.11) ist insgesamt sehr artenarm mit einem konstanten Arteninventar. Auf Langeoog und Wangerooge wurden keine Bereiche diesem Habitattyp zugeordnet.

Deutliche Unterschiede im Arteninventar ergeben sich für die Dünen-Gebüsche (X.7). Hier wurden für Borkum, Juist, Norderney und Langeoog hohe Artenzahlen zwischen 35 und 39 Arten ermittelt. Baltrum weist mit 29 Arten bereits eine deutlich geringere Artenzahl

auf. Auf Spiekeroog und vor allem Wangeroog weisen die Dünen-Gebüsche deutlich unterdurchschnittliche Artenzahlen auf. Ursache für Unterschiede sind neben den unterschiedlichen Flächenausdehnungen auch die vorherrschenden Gehölzarten. Ältere Holunder erwiesen sich auf allen Inseln als besonders gute Trägerbäume.

Ebenfalls sehr deutliche Unterschiede sind für die Dünen-Wäldchen (X.8) zu erkennen. Spiekeroog besitzt hier mit 56 Arten eine deutlich überdurchschnittliche Artenzahl. Ebenfalls hohe Artenzahlen weisen die Dünenwäldchen auf Borkum und Juist auf. Auf Langeoog und Norderney ist eine mittlere Artenzahl vorhanden. Deutlich unterdurchschnittliche Artenzahlen wurden für Baltrum und Wangeroog festgestellt. Die Artenzahlen spiegeln vor allem Vorhandensein oder Fehlen älterer Gehölzbestände mit Eiche, Esche oder Ahorn wider. Der Habitattyp Zitterpappel-Wäldchen (X.8.1) ist auffällig nur auf Langeoog entwickelt. Auf vielen anderen Inseln sind ebenfalls kleinflächige Zitterpappel-Bestände vorhanden, meist jedoch mit weiteren gepflanzten Laubbaumarten. Diese Bestände wurden dann zu X.8 gerechnet.

Kiefern-Wäldchen (X.8.2) aus verschiedenen Kiefern-Arten sind auch bei einem älteren Baumbestand auf allen Inseln extrem artenarm. Auch Erdflechten treten in den Kiefernwäldchen nicht auf.

Weiden-Gebüsche (H.5.1) sind vor allem auf Borkum aber auch auf Juist, Wangeroog und Norderney artenreiche Flechtenstandorte. Auf Baltrum und Langeoog sind die Weiden-Sümpfe deutlich artenärmer, auf Spiekeroog ist dieser Habitattyp nicht ausgebildet.

Moorbirken-Wäldchen (H.6.1) erweisen sich auf Borkum, Norderney und Juist als überdurchschnittlich artenreich. Deutlich geringere Artenzahlen wurden in den Birkenbeständen auf Spiekeroog, Baltrum und Langeoog festgestellt. Auf Wangeroog fehlt dieser Habitattyp. Für die Erlen-Wäldchen der Dünentäler (H.6.2) wurde eine vergleichbare Rangfolge wie für H.6.1 ermittelt mit der Ausnahme, dass für Spiekeroog der Habitattyp nicht vergeben wurde und auf Wangeroog Erlen-Bestände auftreten. Die Erlen-Bestände im Kurpark von Spiekeroog wurden zu Aw gestellt.

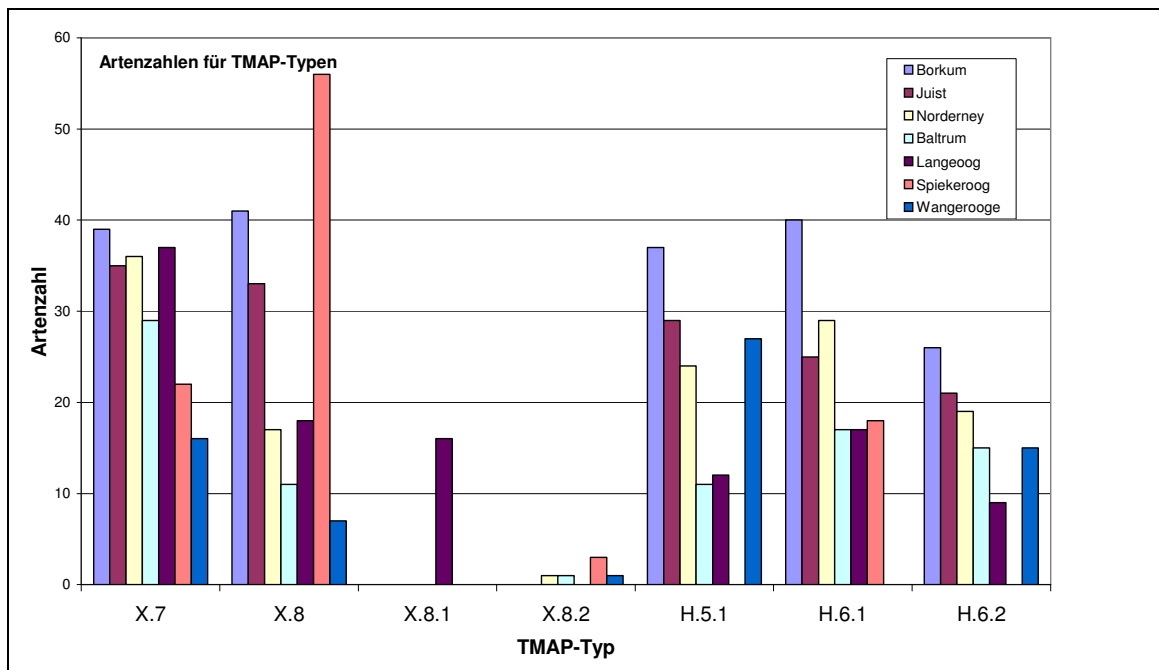


Abbildung 4: Vergleich der Habitattypen der Gehölze zwischen den Inseln

Waldartige Gehölzbestände im Siedlungsbereich (Aw) sind auf Spiekeroog besonders artenreich, ebenfalls relativ hohe Artenzahlen wurden in diesem Habitattyp auf Langeoog und Wangeroog festgestellt. Auf Borkum und Norderney wurden nur relativ wenige Flechtenarten angetroffen. Habitattyp Aw ist auf Juist und Baltrum nicht vorhanden. Freistehende Gehölze im Siedlungsbereich (Ae) erweisen sich auf Borkum, Norderney und Spiekeroog als überdurchschnittlich artenreich. Auf Wangeroog und Langeoog wurde eine durchschnittliche Artenzahl ermittelt. Auch an freistehenden Gehölzen sind auf Baltrum und Juist nur wenige Flechten nachgewiesen.

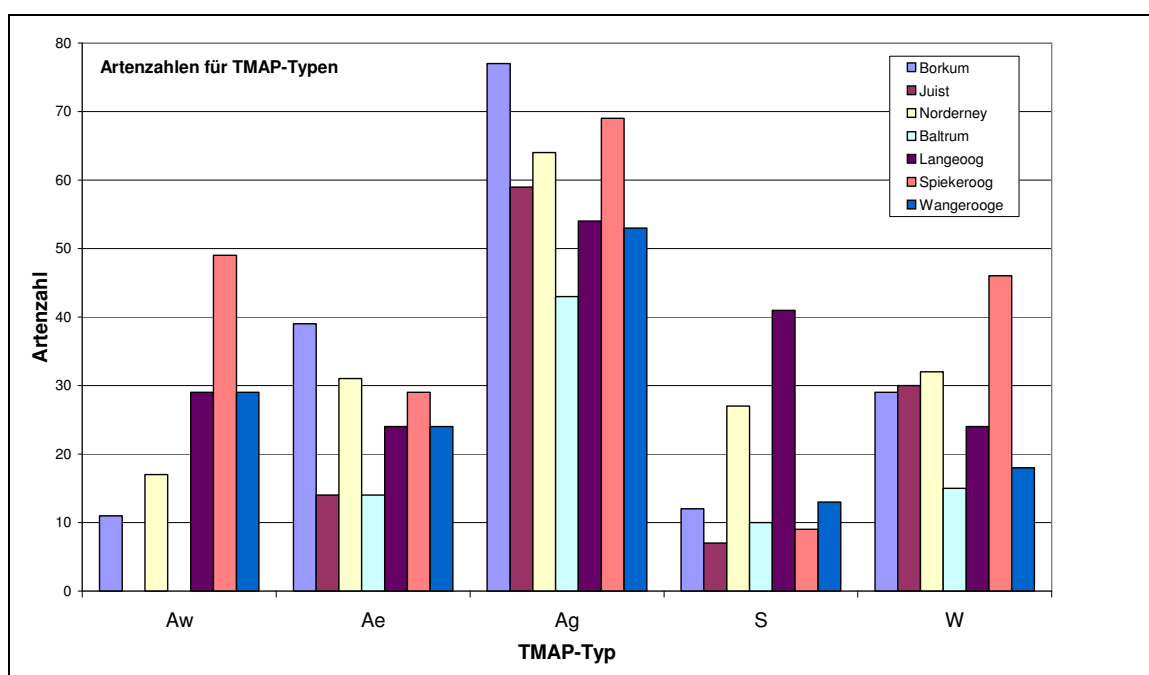


Abbildung 5: Vergleich der Habitattypen der Siedlungsbereiche zwischen den Inseln

Borkum gefolgt von Spiekeroog und Norderney sind für Flechten der Siedlungsbereiche (Ag) die wichtigsten Inseln. Juist, Langeoog und Wangeroog weisen eine durchschnittliche Flechtenartenzahl auf. Baltrum besitzt offensichtlich nur wenige geeignete ältere Gesteinsstandorte.

Steinschüttungen der Hafen- und Küstenschutzbauwerke (S) sind auf allen Inseln vertreten. Auffällig viele Arten für diesen Habitattyp sind auf Langeoog und Norderney vorhanden. Unter den restlichen Inseln fällt die geringe Artenzahl für Juist auf. Bearbeitetes Holz (W) ist auf Spiekeroog besonders artenreich. Auf Borkum, Juist und Norderney wurden ca. 30 Flechtenarten auf bearbeitetem Holz festgestellt. Auffällig artenarm sind Baltrum und Wangeroog für diesen Habitattyp.

7. Veränderungen im Artenbestand seit 1900

7.1 Veränderung der Artenbestände

Für eine Beurteilung der Veränderungen im Artenbestand müssen die Literaturangaben berücksichtigt werden. Die für die Ostfriesischen Inseln vorliegenden Literaturangaben sind in DE BRUYN (2008) zusammengestellt. Die wichtigste Grundlage für die Analyse der Veränderungen im Artenbestand sind die Angaben von SANDSTEDTE (1892, 1900), da diese auf einer Bearbeitung aller Ostfriesischen Inseln innerhalb eines relativ kurzen Erfassungszeitraums und vergleichbarer Methodik und Untersuchungsintensität beruhen. Bei der Analyse von Veränderungen im Artenbestand ist zu berücksichtigen, dass nur für

die Inseln Borkum, Juist, Norderney und Langeoog umfangreichere Daten für den Zeitraum 1977/1978 vorliegen. Die auf diesen Inseln durchgeführten Erfassungen von BRAND (1977, 1978) wurden nicht flächendeckend, sondern nur stichprobenartig für besonders artenreiche Bereiche mit einem weitaus geringeren Zeitaufwand als 2009 durchgeführt. Die dokumentierten Artenzahlen für den Zeitraum um 1980 liegen wohl deutlich unterhalb der tatsächlichen Artenzahlen. Ein Vergleich der aktuellen Ergebnisse mit den Literaturdaten um 1980 ist somit nur bedingt möglich. Die Daten in KLEMENT (1953) für Wangerooge sind in der Untersuchungsintensität mit der aktuellen Studie als vergleichbar einzustufen, da diese auf den Ergebnissen eines längeren Inselaufenthalts basieren. Bei KLEMENT (1953) erschweren abweichende taxonomische Konzepte einen Vergleich mit den aktuellen Daten (vgl. DE BRUYN 2008). Die kumulierten Gesamtartenzahlen für die von BRAND (1977, 1978) und KLEMENT (1953) untersuchten Inseln liegen im Vergleich zu den nicht untersuchten Inseln etwas höher, ebenfalls steigt die Wahrscheinlichkeit einer Zunahme von verschollenen Arten durch Einzelfundangaben sehr seltener oder taxonomisch kritischer Arten.

Mit den vorliegenden Literaturangaben wurden auf den Ostfriesischen Inseln insgesamt 293 Flechtenarten nachgewiesen (vgl. Abbildung 6). Eine Übersicht über alle nachgewiesenen Flechtenarten, deren Status und Nachweiszeiträume, sowie Bestandstrends sind in Tabelle A2 (im Anhang) zusammengefasst. Die einzelnen Inseln weisen dabei kumulierte Gesamtartenzahlen zwischen minimal 145 Arten (Baltrum) und maximal 213 Arten (Norderney) auf.

Für alle Inseln ist eine starke Zunahme der Artenzahlen festzustellen (vgl. Abbildung 7). Die Anzahl der insgesamt nachgewiesenen Arten (kumulierte Artenzahl) hat sich für die einzelnen Inseln und die gesamte Inselkette ungefähr verdoppelt (vgl. Abbildung 8).

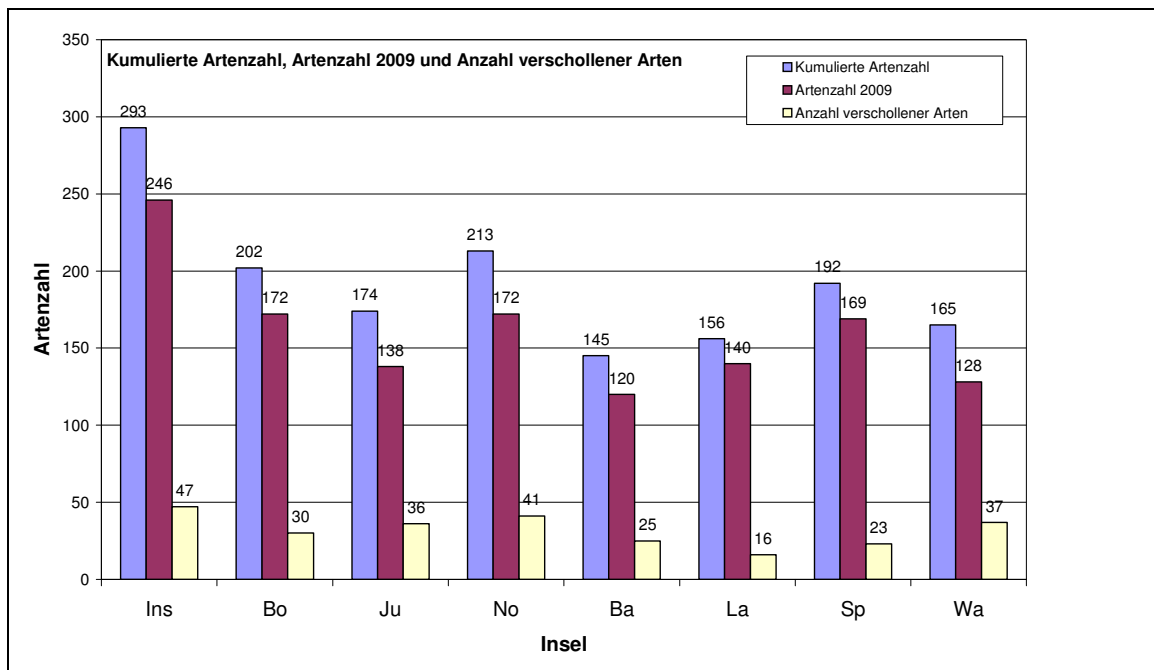


Abbildung 6: Aktueller Artenbestand, kumulierter Artenbestand und Anzahl verschollener Arten der einzelnen Inseln und der Inselkette

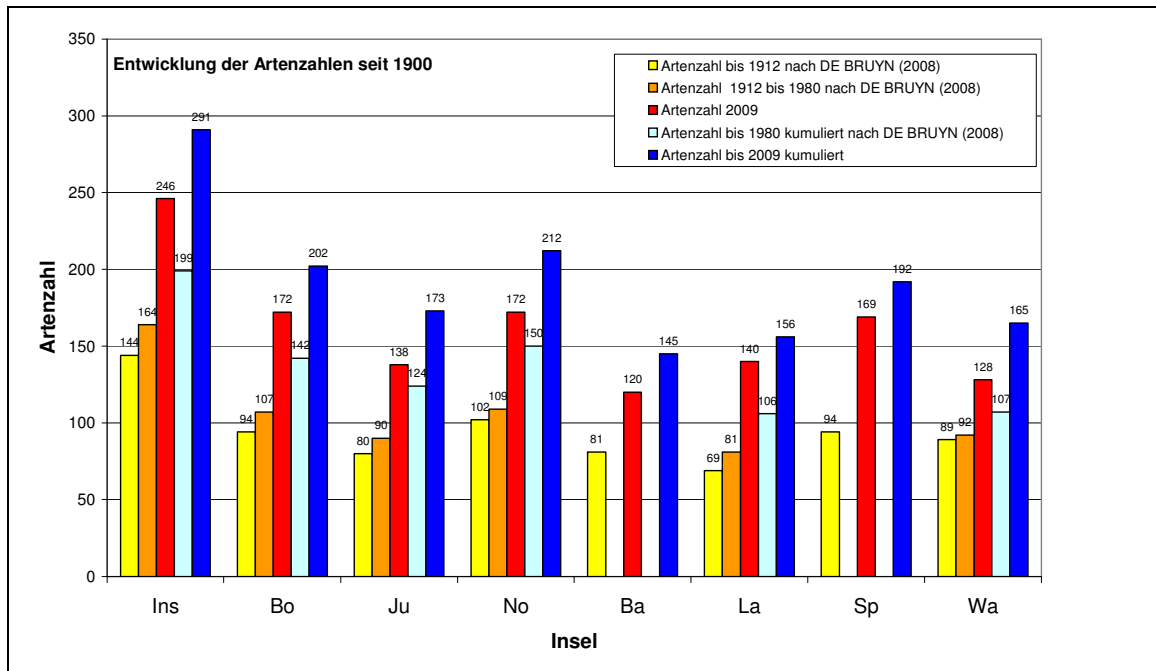


Abbildung 7: Entwicklung der Anzahl nachgewiesener Arten seit 1900

Überdurchschnittliche Zunahmen im kumulierten Artenbestand sind für Langeoog, Borkum und Juist zu verzeichnen. Unterdurchschnittlich sind die Zunahmen für Baltrum und Wangerooge. Bemerkenswert ist jedoch auch die sehr starke Zunahme der zu den jeweiligen Untersuchungszeiträumen nachgewiesenen Arten. Auch hier zeigt sich ein Anstieg auf 144% - 203% im Vergleich zur Artenzahl um 1900. Für den Zeitraum zwischen 1912 bis 1980 ist zu beachten, dass die für Borkum, Juist und Langeoog angegebenen Werte aufgrund der geringeren Untersuchungsintensität sicherlich zu niedrig liegen. Trotz der geringeren Untersuchungsintensität wurden um 1980 auf allen untersuchten Inseln ein höherer Artenbestand (108 - 117%) als 1900 festgestellt. Die Ergebnisse für Wangerooge zeigen dagegen, dass ca. 1950 bei hoher Untersuchungsintensität eine mit 1900 vergleichbare Artenzahl festgestellt wurde. Dies deutet auf eine starke Artenzunahme von Flechten erst ab der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts hin. Dies fällt mit dem starken Ausbau des Tourismus in diesem Zeitraum zusammen, durch den Hafenanlagen, Siedlungsgehölze, Aufspülungsflächen usw. als neue Habitate hinzugekommen sind. Eine besonders starke Artenzunahme ist für Langeoog festzustellen. Dies ist vermutlich auf die Verbindung der 1900 in 4 isolierte Dünenzüge gegliederten Insel zurückzuführen. Die geringsten Artenzunahmen sind für Baltrum und Wangerooge festzustellen.

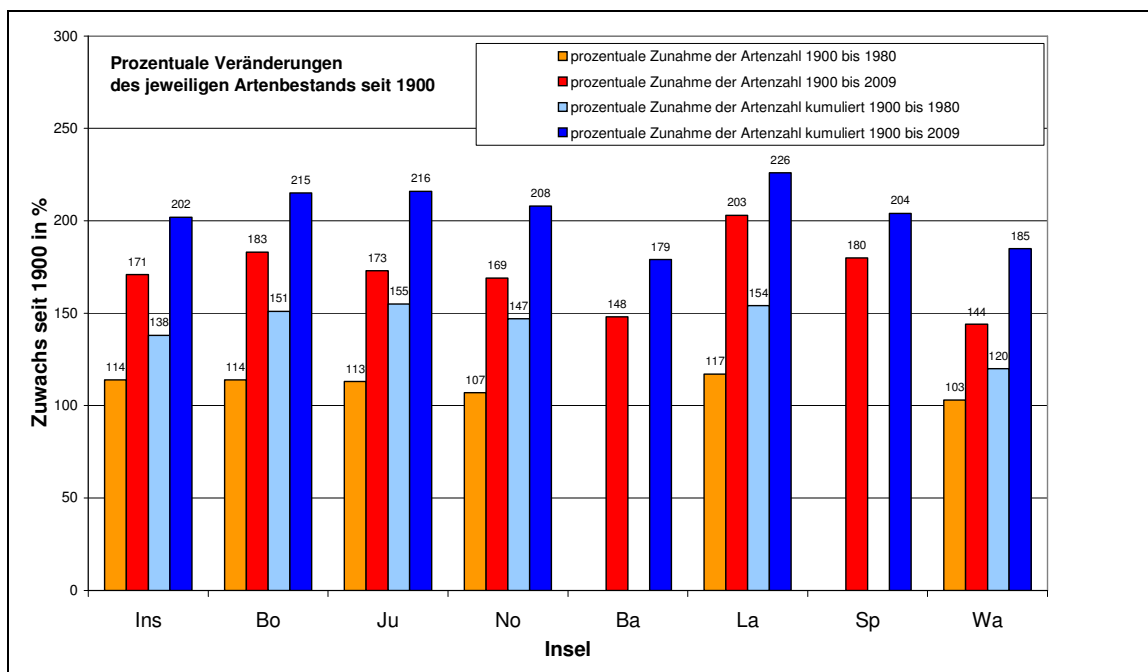


Abbildung 8: Prozentuale Zunahme des Artenbestands sowie des kumulierten Artenbestands seit 1900 bzw. seit 1980

7.2 Bestandstrends einzelner Arten

Für eine Abschätzung der Veränderungen gegenüber 1900 wurden Bestandstrends über die Veränderung der Präsenz/Absenz der Arten zwischen 1900 und 2009 ermittelt. Veränderungen der Bestandsgrößen sind in einigen Fällen gut dokumentiert, sind in vielen Fällen jedoch eine subjektive Einschätzung und bleiben deshalb unberücksichtigt. Ebenso wurde aufgrund der unvollständigen und heterogenen Datenbasis für den Zeitraum zwischen 1912 und 1980 auf einen Vergleich mit diesen Daten verzichtet. Arten, die um 1900 noch nicht beschrieben oder bekannt waren wurden konsequent nicht bewertet, obwohl in vielen Fällen eine Bestandszunahme bzw. Neuansiedlung angenommen werden kann.

Tabelle 10: Ermittlung der Bestandstrends

Gewinne und Verluste werden ausgeglichen

Veränderungsbilanz	Bestandstrend	Kürzel
Verlust auf 4 oder mehr Inseln	sehr starker Rückgang	aaa
Verlust auf 2 - 3 Inseln	starker Rückgang	aa
Verlust auf einer Inseln	leichter Rückgang	a
keine Verluste	gleichbleibender Bestand	=
Gewinn auf einer Insel	leichte Zunahme	z
Gewinn auf 2 - 3 Inseln	starke Zunahme	zz
Gewinn auf 4 oder mehr 3 Inseln	sehr starke Zunahme	zzz
nicht zu beurteilen	nicht zu beurteilen	n.b

Eine Auswertung der Bestandstrends seit 1900 der 293 für die Ostfriesischen Inseln nachgewiesenen Arten ergibt ein deutliches Übergewicht der Arten mit positiven Bestandsentwicklungen. 100 Arten (29 %) mit positivem Bestandstrend (zzz, zz, z) stehen 66 Arten (23%) mit einem negativen Bestandstrend (aaa, aa, a) gegenüber. 66 Arten (23%) werden in ihrem Bestand gegenüber 1900 als unverändert („=“) eingestuft. Dabei ist zu berücksichtigen, dass mit 72 Arten (25%) ein relativ großer Anteil der Arten („n.b.“) nicht bewertet werden konnte, da diese Arten um 1900 noch nicht beschrieben waren oder nicht unterschieden wurden. Bei dieser Gruppe handelt es sich bis auf sehr wenige

Ausnahmen um Arten, für die ein positiver oder zumindest gleichbleibender Bestandstrend angenommen werden kann. In vielen Fällen ist von einer Neuansiedlung seit 1900 auszugehen.

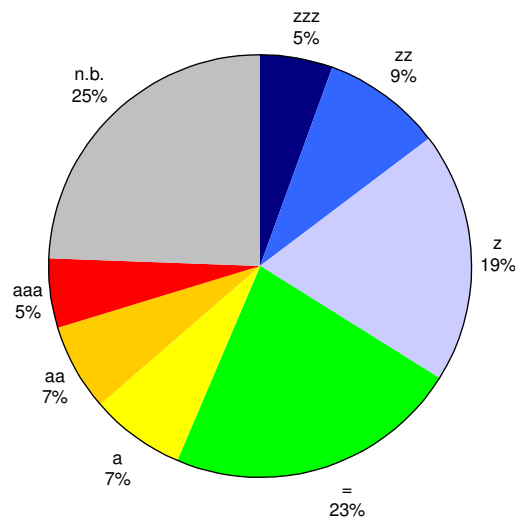


Abbildung 9: Auswertung der Bestandstrends einzelner Arten für die gesamte Inselgruppe

zzz = sehr starke Zunahme, zz = starke Zunahme, z = Zunahme, = Bestand gleich, a = leichte Zunahme, aa = starke Zunahme, aaa = sehr starke Zunahme, n.b. = nicht zu beurteilen

Für die gesamte Inselkette sind 47 Arten (16%) verschollen oder ausgestorben (vgl. Abbildung 6). Die höchste Anzahl verschollener Arten weist Norderney mit 41 Arten (19%) auf. Wangerooge und Juist haben mit 37 bzw. 35 Arten mit einem relativen Anteil von 22% bzw. 20% des Gesamtarteninventars den höchsten Anteil verschollener Arten. Spiekeroog und Langeoog haben mit 23 bzw. 16 Arten und einem Anteil von 12% bzw. 10% den geringsten Anteil verschollener Arten.

Für eine nähere Analyse der wahrscheinlichen Rückgangsursachen können die ökologischen Ansprüche der verschollenen Arten näher betrachtet werden. Hierfür eignen sich vor allem die Arten, die auf drei oder mehr Inseln verschollen sind (vgl. Tabelle 11). Für diese Arten wird von einer stark negativen Bestandsentwicklung ausgegangen.

Die auf mehr als drei Inseln verschollenen Arten gehören in der Mehrzahl zu den borkenbewohnenden Arten und können zwei ökologischen Gruppen zugeordnet werden. Eine große Gruppe stellen die borkenbewohnenden Arten basenreicher Borken dar. Auf den Ostfriesischen Inseln wurden um 1900 einige dieser Arten auch auf bearbeitetem Holz nachgewiesen. Das Vorkommen vorwiegend epiphytischer Arten basenreicher Borken auf Holz ist eine Besonderheit der Inseln und des unmittelbaren Küstenraums und steht im Zusammenhang mit der Erhöhung der pH-Werte durch den Einfluss von Salzwasser-Aerosolen. Rückgänge dieser Arten stehen meist im Zusammenhang mit einer Versauerung der Oberflächen oder einem Verlust von Trägerbaumarten mit basenreicher Borke bzw. bearbeitetem Holz. Ein starker Rückgang dieser Arten weist auf Auswirkungen saurer Niederschläge durch erhöhte Schwefeldioxid (SO₂)-Konzentrationen hin. Einige Arten aus dieser Artengruppe konnten ihre Bestände in Folge der starken Reduzierung der SO₂-Emission seit 1980 wieder deutlich vergrößern (z.B. *Lecania cyrtella*). Verschollen sind Arten, deren Bestände sich auch im niedersächsischen Tiefland

nach der deutlichen Reduzierung der SO₂-Emission nicht erholen konnten bzw. weiter im Rückgang sind (vgl. Gefährdungseinstufungen). Hier spielen sicherlich auch ausbreitungsbiologische Aspekte eine Rolle.

Diploicia canescens ist auf Borke stark zurückgegangen, konnte ihre Populationen auf Mörtel alter Mauern und Walknochen jedoch erhalten. *Ramalina lacera* kam auf den Ostfriesischen Inseln an Walknochen, bearbeitetem Holz und auf Borke vor. Die ehemals im gesamten Küstenraum weit verbreitete Art ist an diesen Standorten im gesamten niedersächsischen Küstenraum verschwunden.

Tabelle 11: Flechtenarten, die auf drei oder mehr Inseln verschollen sind

x = Art verschollen,

Anz = Anzahl der Inseln, auf denen die Art verschollen ist

Artname	RL Nds	RLK	RLD	Bo	Ju	No	Ba	La	Sp	Wa	Anz
EPIPHYTEN BASENREICHER BORKEN											
Anaptychia ciliaris (L.) Körb.	1	1	2		x	x	x			x	4
Bacidina phacodes (Körb.) Vězda	1	0	2	x	x	x	x	x	x	x	7
Diploicia canescens (Dickson) A. Massal.	3	V	V		x	x				x	3
Diplotomma alboatrum (Hoffm.) Flot.	0	0	*	x	x	x	x	x	x	x	7
Lecanora sambuci (Pers.) Nyl.	D	D	V	x	x		x	x	x	x	6
Pertusaria albescens (Huds.) M. Choisy & Werner	2	2	*	x		x	x				3
Physconia distorta (With.) J. R. Laundon	1	1	3	x	x	x	x		x		5
Ramalina lacera (With.) J. R. Laundon	1	0	0	x			x			x	3
Ramalina fraxinea (L.) Ach.	1	1	2		x	x	x	x	x	x	6
ACIDOPHYTEN SAURER BORKEN UND HOLZ											
Bryoria fuscescens (Gyeln.) Brodo & D. Hawksw.	2	0	3				x	x	x	x	4
Cyphelium inquinans (Sm.) Trevis.	2	2	2			x	x		x	x	4
Imshaugia aleurites (Ach.) S. L. F. Mey.	1	0	*	x			x	x			3
Lecanora varia (Hoffm.) Ach.	1	1	3	x	x	x	x	x	x	x	7
Lecidea turgidula Fr.	1	0	2	x			x		x	x	4
Micarea denigrata (Fr.) Hedl.	*	*	*			x	x			x	3
Pertusaria amara (Ach.) Nyl.	2	2	*	x	x	x	x		x	x	6
Platismatia glauca (L.) W. Culb. & C. Culb.	*	1	*	x			x	x	x	x	5
Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf	*	1	*			x	x		x	x	4
Strangospora pinicola (A. Massal.) Körb.	*	V		x	x	x					3
Tuckermanopsis chlorophylla (Willd.) Hale	3	1	*				x		x	x	3
Usnea hirta (L.) Weber ex F. H. Wigg.	2	0	*	x	x		x		x	x	5
Usnea subfloridana Stirt.	2	1	3	x	x	x	x	x		x	6
EPIPHYTEN GLATTER SUBNEUTRALER BORKEN											
Arthonia dispersa (Schrad.) Nyl.	0	0	2	x	x				x		3
Arthonia radiata (Pers.) Ach.	3	V	V	x	x	x				x	4
ERDFLECHTEN											
Cladonia cornuta (L.) Hoffm.	1	1	2		x	x		x			3
GESTEINSARTEN											
Phaeophyscia nigricans (Flörke) Moberg	*	*	*		x	x		x	x	x	5

Der größte Teil der Arten gehört zu den acidophytischen Arten saurer Borken und von bearbeitetem Holz. Als Besonderheit für die Nordseeinseln wachsen einige der Arten auch auf kahlem Sand der Dünen. Hauptursache für den Rückgang ist die Entfernung von Brettern und Pfählen der Einfriedungen von Viehweiden und Gemüsegärten bereits um 1900. Bemerkenswert sind die Rückgänge der Wuchsorte acidophytischer Flechten auf nacktem Sand der Dünen.

Zwei verschollene Arten aus der Gattung *Arthonia* sind charakteristisch für glatte und nicht eutrophierte Borken. Beide Arten sind als empfindlich gegenüber Versauerung oder Eutrophierung der Borken einzustufen. Während *Arthonia dispersa* in Niedersachsen verschollen ist, zeigt *Arthonia radiata* in den letzten Jahren im westlichen Niedersachsen eine leichte Bestandszunahme. Für eine aktuelle deutliche Bestandszunahme spricht, dass *Arthonia radiata* um 1980 nicht nachgewiesen wurde und die Art auf Langeoog und Spiekeroog nur sehr lokal, dort aber in größeren Beständen auftritt.

Überraschend ist, dass mit *Cladonia cornuta* nur eine Erdflechten-Art auf mehreren Inseln verschwunden ist. Hier handelt es sich um eine an offene, saure Sandböden gebundene Art, die in den Niederlanden und deutschlandweit stark im Rückgang begriffen ist.

Cladonia cornuta ist gegenüber Vergrasung und Verbuschung als sehr empfindlich einzustufen. Unter den nur auf einer oder zwei Inseln verschollenen Arten sind mehrere Erdflechtenarten. Unter diesen Arten sind mit *Bacidia bagliettoana* und *Leptogium gelatinosum* zwei Arten kalkreicher Sandböden mit Nachweisen für Juist und Borkum. Geeignete Standorte kommen wohl nur auf den westlichen Inseln vor und haben sicherlich stark abgenommen. Die historischen Angaben der Erdflechten aus dem 19. Jahrhundert sehr saurer Sandböden *Pycnothelia papillaria* und *Stereocaulon tomentosum* für Spiekeroog und Wangerooge konnten schon um 1900 nicht bestätigt werden. Die Angaben von *Cladonia phyllophora* und *Cladonia rangiferina* für Langeoog wären zu überprüfen.

Unter den stark zurückgegangenen Arten ist mit *Phaeophyscia nigricans* nur eine Gesteinsart von Kalkgestein und Mörtel. Um 1900 war die Art sehr selten und wurde jedoch von BRAND (1977, 1978) auf allen untersuchten Inseln festgestellt. Ein tatsächlicher Rückgang von *Phaeophyscia nigricans* ist anhand der Kenntnisse der Ökologie und überregionaler Bestandstrends sehr unwahrscheinlich. Vermutlich beruht der Rückgang auf unterschiedliche taxonomische Konzepte im Vergleich zu BRAND (1977, 1978) oder ein Übersehen der Art im Rahmen dieser Untersuchung.

8. Die Ostfriesischen Inseln als Lebensraum gefährdeter Flechtenarten

8.1 Gesamte Inselkette

Auf den Ostfriesischen Inseln wurden aktuell 77 in Niedersachsen, 68 in der Region Küste und 59 bundesweit gefährdete Flechtenarten nachgewiesen werden (vgl. Abbildung 10). Dies entspricht einem prozentualen Anteil von 31%, 28% bzw. 24% am Gesamtarteninventar von 246 Arten. Die Verteilung auf die unterschiedlichen Gefährdungskategorien ist Abbildung 10 zu entnehmen. Die in den verschiedenen Bezugsräumen als „stark gefährdet (RL2)“ oder vom Aussterben bedroht (RL1)“ eingestuft Arten sind in Tabelle 12 und Tabelle 13 aufgelistet.

Die Verteilung der gefährdeten Arten auf die verschiedenen Gefährdungskategorien zeigt für Deutschland, Niedersachsen und die Region Küste den erwarteten Anstieg der Anzahlen von Kategorie 1 zu Kategorie 3. In allen Kategorien liegt die Anzahl bundesweit gefährdeter Arten erwartungsgemäß unter der Anzahl der in Niedersachsen gefährdeter Arten.

Die Anzahl der für die Region Küste als gefährdet eingestufte Arten weicht von dieser Verteilung deutlich ab. In der Kategorie „vom Aussterben bedroht (RL1)“ sind mit 12 Arten sehr viele Arten vertreten. In den Gefährdungskategorien „stark gefährdet (RL2)“ und „gefährdet (RL3)“ ergibt sich dagegen für die Region Küste eine deutlich geringere Artenzahl als für Niedersachsen oder Deutschland. Ursache dafür ist, dass viele in Deutschland oder Niedersachsen stark im Rückgang befindliche Arten auf den Ostfriesischen Inseln noch große und relativ stabile Populationen in den ausgedehnten Dünen besitzen. Die Bestandstrends insbesondere der Erdflechten sind hier weitaus günstiger einzuschätzen als für die Sandmagerrasen und Heideflächen des Festlands. Für einige konkurrenzschwache Flechtenarten bestehen entgegen dem bundesweiten Trend sogar positive Bestandentwicklungen. Dies betrifft insbesondere Erdflechten bodensaurer Magerrasen sowie Flechten der für die Ostfriesischen Inseln neuen Habitate älterer Wäldchen und Gehölze.

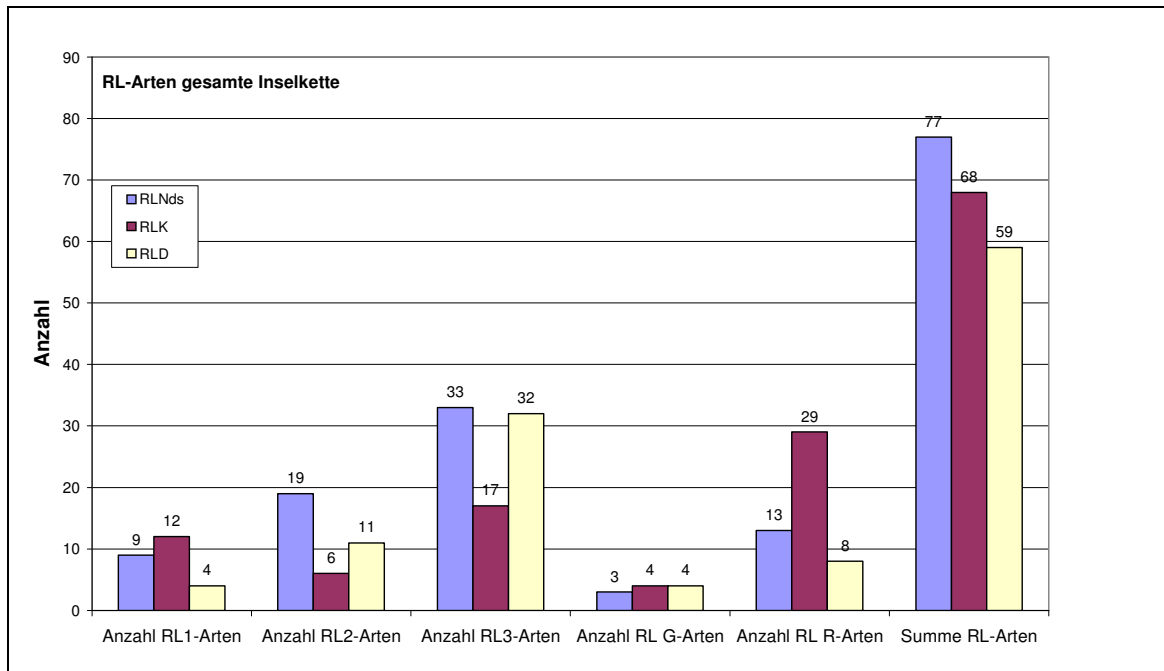


Abbildung 10: Anzahl der auf der gesamten Inselkette aktuell festgestellten in Niedersachsen, der Region Küste und Deutschland gefährdeten Arten

Die hohe Anzahl der Kategorie RL R für die Region Küste bezieht sich im fast ausschließlich auf im Küstenraum sehr seltene Gesteinsflechten von Grabsteinen oder sonstigem Gestein im Siedlungsbereich. Für diese meist nur einmal nachgewiesenen Arten gibt es keine historischen Fundangaben und die Anzahl der potentiellen Habitats im Küstenraum ist sehr niedrig. Zur Kategorie R gehören auch einige nur an den Steinschüttungen im salzwasserbeeinflussten Bereich nachgewiesene Arten. Diese Arten sind für Deutschland oder Niedersachsen der Kategorie R zugeordnet.

8.2 Seltene und stark gefährdete Flechtenarten

Die 38 Arten der Rote-Liste-Kategorien 1 und 2 für die Bezugsräume Deutschland, Niedersachsen und Region Küste sind in Tabelle 12 und Tabelle 13 zusammengestellt. Diese stark gefährdeten Arten wurden mit Ausnahme der auf den Ostfriesischen Inseln häufigen Arten (vgl. Tabelle 13) mittels GPS-Empfänger punktgenau erfasst und die Fundpunkte als Punkt-shape in ArcView übertragen. Zusätzlich wurden bundesweit sehr seltene Arten punktgenau erfasst. Beschreibungen der Fundorte und nähere Informationen zu Populationsgröße und Substrat sind den Geländeprotokollen der einzelnen Inseln (Anhang B) zu entnehmen.

Die aus bundesweiter Sicht bedeutendsten Nachweise sind *Bacidia friesiana* und *Ramalina calicularis*. Beide Arten sind bundesweit extrem selten und wurden nur je einmal auf den Ostfriesischen Inseln nachgewiesen. Die Mehrzahl der in den verschiedenen Bezugsräumen als „stark gefährdet“ oder vom Aussterben bedroht“ eingestuft Arten sind sehr selten oder auf eine Insel beschränkt.

Von den stärker gefährdeten Arten sind *Cladonia ciliata*, *Cladonia foliacea* und *Peltigera canina* auf den Ostfriesischen Inseln weit verbreitet und häufig. Sie treten in 48 bis 53 von 113 untersuchten Minutenfeldern auf. Eine punktgenaue Erfassung der Bestände dieser drei Arten ist weder sinnvoll noch mit vertretbarem Zeitaufwand möglich. Mit einer Präsenz in 15 bis 21 von 113 Minutenfeldern ebenfalls relativ häufig sind *Cladonia arbuscula*, *Cladonia cervicornis*, *Peltigera hymenina* und *Peltigera neckeri* auf den Ostfriesischen Inseln vertreten. Alle als häufiger herausgestellten Arten treten in den offenen Sand-Magerrasen auf und weisen auf den Ostfriesischen Inseln noch große

Populationen auf. Sie charakterisieren die aus überregionaler Sicht für den Flechten-Artenschutz besonders bedeutsamen Habitate.



Abbildung 11: Beispiele bemerkenswerter Arten

oben links: *Bacidia arceutina* (Juist); oben rechts: *Cladonia crispata* (Spiekeroog);
unten links: *Diploschistes muscorum* (Borkum); unten rechts: *Opegrapha confluens* (Norderney)

Einige Arten weisen sehr große Unterschiede in den Gefährdungseinstufungen der verschiedenen Bezugsräume auf und sollen deshalb kurz kommentiert werden. *Hypotrachyna revoluta* weist im westlichen Niedersachsen eine deutliche Bestandszunahme in den letzten 15 Jahren auf und ist deshalb in Niedersachsen als ungefährdet eingestuft. Die Einstufung in der RLD als „vom Aussterben bedroht“ spiegelt die großen regionalen Unterschiede in den Bestandentwicklungen wider. Möglicherweise beruht die hohe Gefährdungseinschätzung auf unterschiedlichen taxonomischen Abgrenzungen gegenüber der nah verwandten und bundesweit deutlich häufigeren *Hypotrachyna afrorevoluta*. *Cladonia crispata* ist eine Art, die vermutlich erst seit relativ kurzer Zeit auf den Ostfriesischen Inseln auftritt, da sie auf stark saure Sandböden beschränkt ist. *Cladonia crispata* ist deshalb für die Region Küste als sehr selten (RL R) eingestuft. Hauptverbreitungsgebiet in Niedersachsen sind die Binnendünen (Wildeshäuser Geest, Hümmling, Lüneburger Heide, Wendland). *Platismatia glauca* und *Pseudevernia furfuracea* sind ausschließlich in der Region Küste aufgrund der deutlichen Bestandsrückgänge und der wenigen verbliebenen aktuellen Fundorte vom Aussterben bedroht. In Niedersachsen oder bundesweit sind die Bestände sicherlich rückläufig, jedoch ist die Art überregional nicht gefährdet.

Tabelle 12: Liste der punktgenau erfassten Flechtenarten

Anz. = Anzahl der besetzten Minutenfelder

Artname	RLNds	RLK	RLD	Anz.
AUFGRÜNG GEFÄHRDUNGSEINSCHÄTZUNG				
Bacidia arceutina (Ach.) Arnold	1	1	2	4
Bacidia friesiana (Hepp) Körb.	1	1	1	1
Bacidia rubella (Hoffm.) A. Massal.	1	1	V	1
Buellia ocellata (Flot.) Körb.	3	R	2	2
Cetraria muricata (Ach.) Eckfeldt	2	2	3	7
Cladonia arbuscula (Wallr.) Flot.	3	2	3	19
Cladonia cervicornis (Ach.) Flot. subsp. cervicornis	2	*	3	21
Cladonia crispata (Ach.) Flot.	2	R	1	1
Cladonia zopfii Vain.	2	R	3	3
Collembosporium sublitorale (Leight.) Grube & B. D. Ryan	1	1	D	1
Diploschistes muscorum (Scop.) R. Sant.	2	1	3	4
Hypotrachyna revoluta (Flörke) Hale	*	*	1	10
Lecania naegelia (Hepp) Diederich & van den Boom	2	3	*	6
Lecanora intricata (Ach.) Ach.	2	R	*	1
Lecanora subcarpineae Szat.	R	R	2	1
Leptogium gelatinosum (With.) J. R. Laundon	1	1	G	2
Opegrapha atra Pers.	2	3	V	2
Opegrapha calcarea Sm.	2	3	3	4
Opegrapha culmigena Libert	1	1	G	2
Opegrapha ochrocheila Nyl.	3	*	2	4
Opegrapha rufescens Pers.	2	2	V	1
Opegrapha vulgata Ach.	3	3	2	2
Peltigera hymenina (Ach.) Del. in Duby	2	3	3	16
Peltigera neckeri Hepp ex Müll. Arg.	2	2	3	15
Physcia aipolia (Ehrh. ex Humb.) Fühnr.	2	2	2	1
Physcia stellaris (L.) Nyl.	3	2	*	2
Platismatia glauca (L.) W. Culb. & C. Culb.	*	1	*	1
Pleurosticta acetabulum (Necker) Elix & Lumbsch	2	3	V	5
Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf	*	1	*	1
Ramalina calicaris (L.) Fr.	1	1	1	1
Ramalina fastigiata (Pers.) Ach.	2	3	2	14
Ramalina fraxinea (L.) Ach.	1	1	2	1
Rinodina teichophila (Nyl.) Arnold	G	G	2	2
Tephromela atra (Hudson) Haf. in Kalb	2	*	V	15
Wahlenbergiella mucosa (Wahlenb.) Gueidan & Thüs	1	1	R	1
AUFGRUND SELTENHEIT				
Bacidia scopulicola				1
Lecania atrynoides				2
Opegrapha confluens				1

Tabelle 13: Liste stark gefährdeter Arten, die aufgrund ihrer Häufigkeit nicht punktgenau erfasst wurden

Anz. = Anzahl der besetzten Minutenfelder

Artname	RLNds	RLK	RLD	Anz.
Cladonia ciliata Stirton	2	*	2	48
Cladonia foliacea (Hudson) Willd.	2	V	3	53
Peltigera canina (L.) Willd.	2	V	2	53

8.3 Verteilung gefährdeter Arten auf den einzelnen Inseln

Eine Auswertung der Anzahl gefährdeter Arten für die einzelnen Inseln (vgl. Abbildung 12, Abbildung 13, Abbildung 14) zeigt bei den Gefährdungseinschätzungen für Deutschland, Niedersachsen und die Region Küste die gleiche Reihenfolge bei der Summe der nachgewiesenen gefährdeten Arten. Als Reihenfolge mit absteigender Anzahl gefährdeter Arten ergibt sich Norderney, Borkum, Spiekeroog, Langeoog, Juist, Wangerooge und Baltrum. Die Unterschiede in der Anzahl gefährdeter Arten zwischen den Inseln mit der höchsten Anzahl gefährdeter Arten (Borkum und Norderney) sowie die Inseln mit den wenigsten Rote-Liste-Arten (Wangerooge und Baltrum) ist bei den Gefährdungseinstufungen für die Region Küste am stärksten ausgeprägt. Norderney fällt in allen Fällen durch eine hohe Anzahl von Arten der Kategorie R auf. Ursache hierfür ist die große Anzahl der am Steindamm im Hafenbereich nachgewiesenen seltenen Arten.

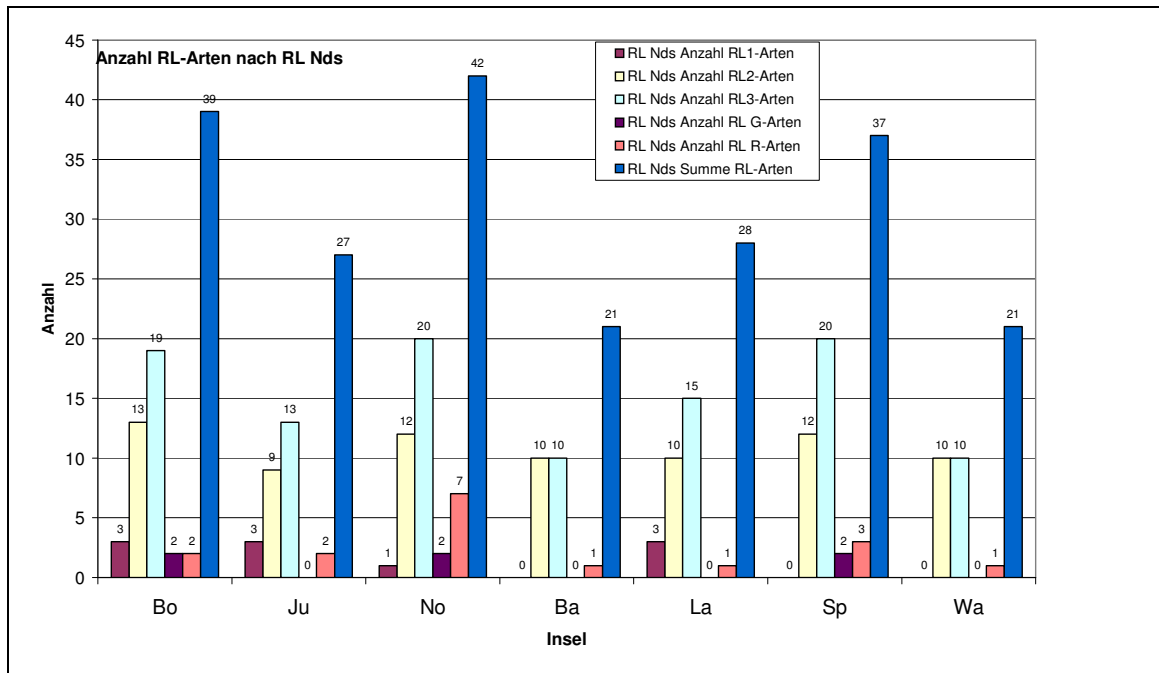


Abbildung 12: Anzahl der für Niedersachsen als gefährdet eingestuft Flechtenarten auf den einzelnen Inseln

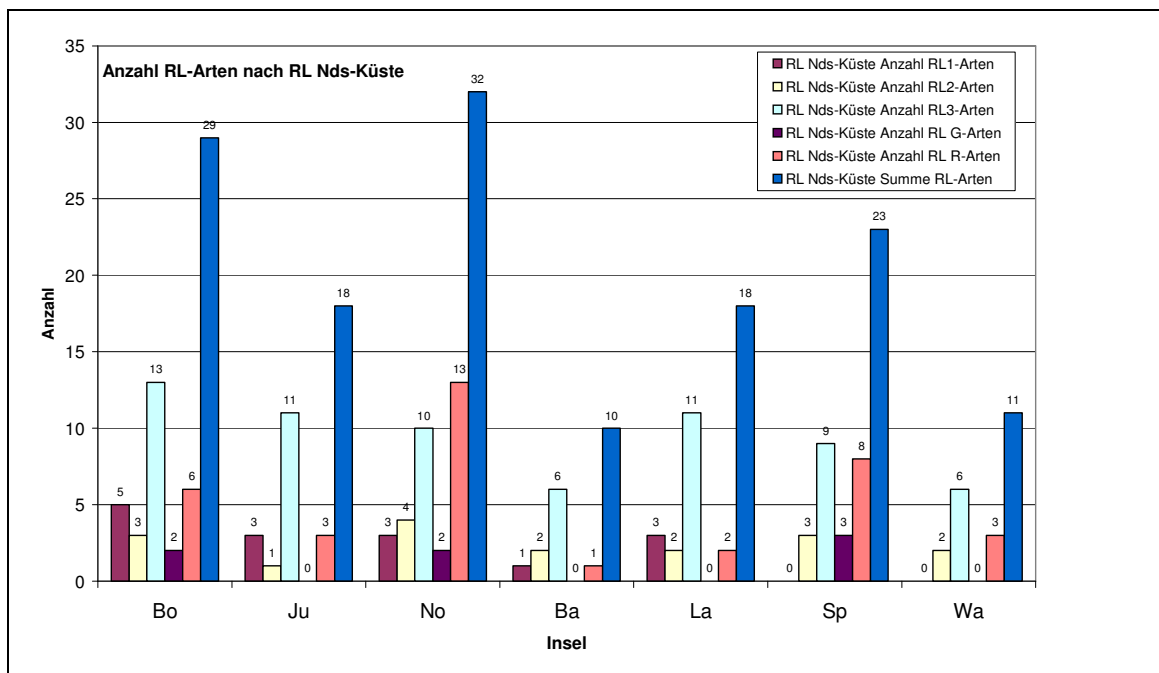


Abbildung 13: Anzahl der für die Region Küste als gefährdet eingestuft Flechtenarten auf den einzelnen Inseln

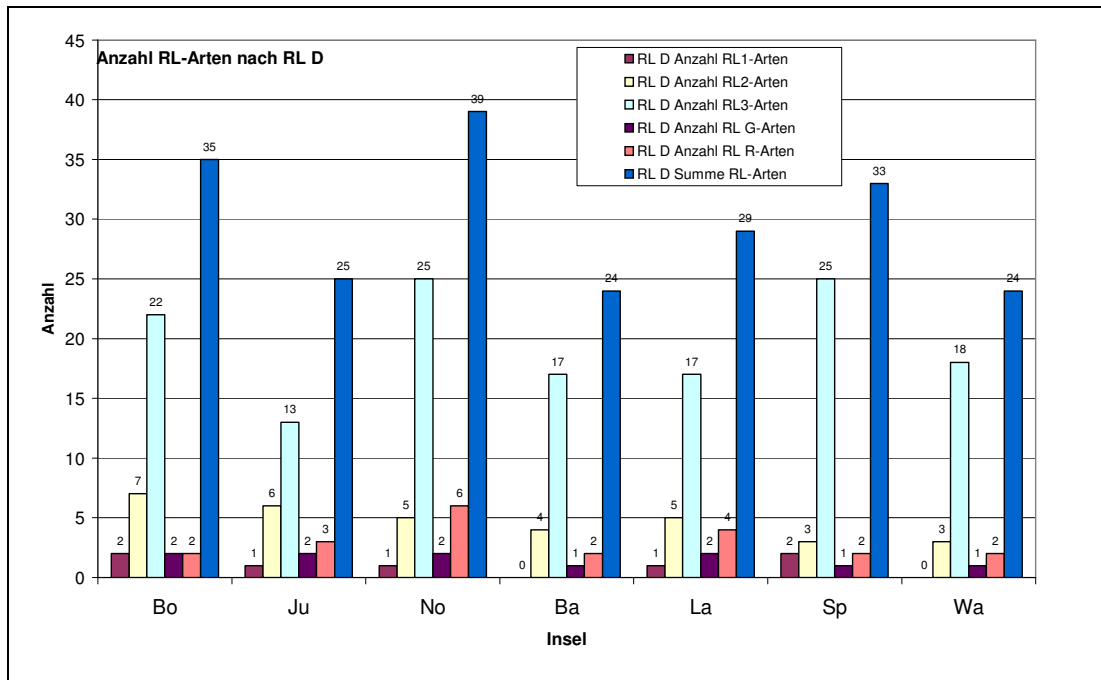


Abbildung 14: Anzahl der für Deutschland als gefährdet eingestuft Flechtenarten auf den einzelnen Inseln

Eine übersichtliche Zusammenfassung der Verteilung gefährdeter Arten auf den einzelnen Inseln ist durch das in Kapitel 3.8 dargestellten Bewertungsverfahren möglich. Über die Gewichtung der verschiedenen Gefährdungskategorien für den Bezugsraum Niedersachsen ergibt sich der deutlich höchste Punktwert für Borkum, gefolgt von Norderney, Langeoog, Juist, Spiekeroog, Wangerooge und Baltrum. Über die Gewichtung wird Borkum vor Norderney eingeordnet und Spiekeroog fällt gegenüber Langeoog deutlich zurück.

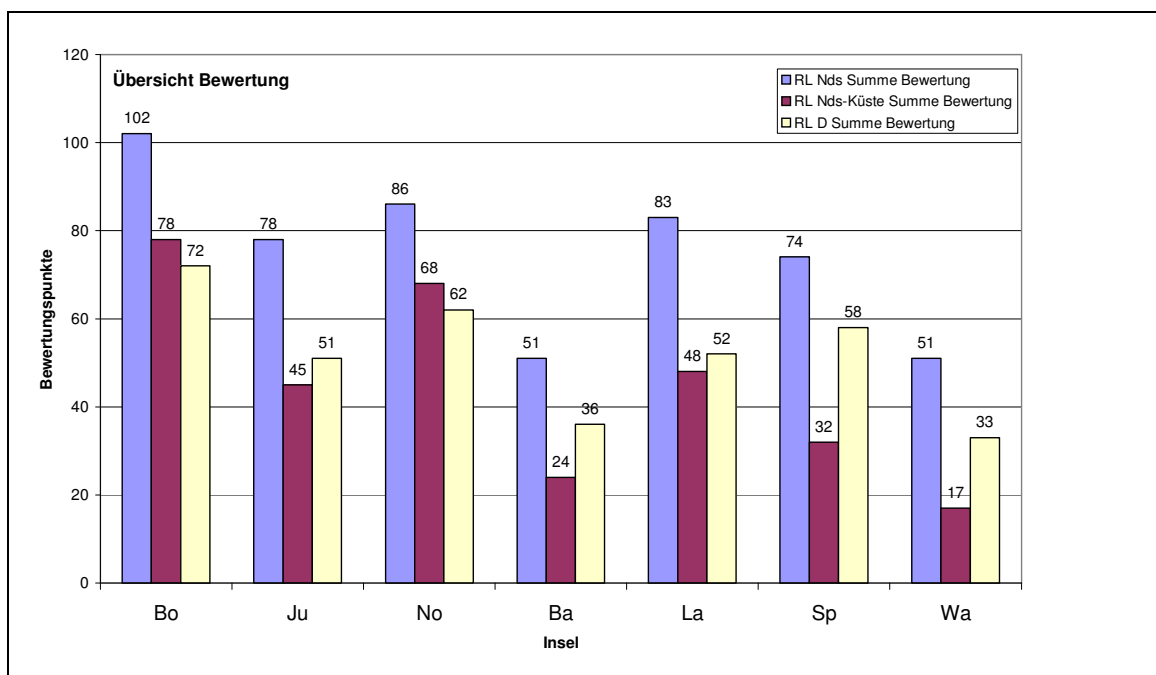


Abbildung 15: Bewertung der einzelnen Inseln

Noch deutlicher ist dies für die gewichteten Gefährdungseinschätzungen für die Region Küste. Auch hier wird Norderney hinter Borkum sowie Spiekeroog hinter Langeoog und Juist eingeordnet.

8.4 Bestände der Rentierflechten (Untergattung *Cladina*)

Von den in der FFH-Richtlinie im Anhang V geführten Rentierflechten aus der Untergattung *Cladina* sind auf den Ostfriesischen Inseln mit *Cladonia arbuscula*, *Cladonia ciliata* und *Cladonia portentosa* drei Arten vertreten. Für Langeoog liegt eine Literaturangabe von *Cladonia rangiferina* für Langeoog durch BRAND (1977) vor. Die im Tiefland inzwischen sehr seltene Art konnte auf Langeoog nicht wiedergefunden werden.

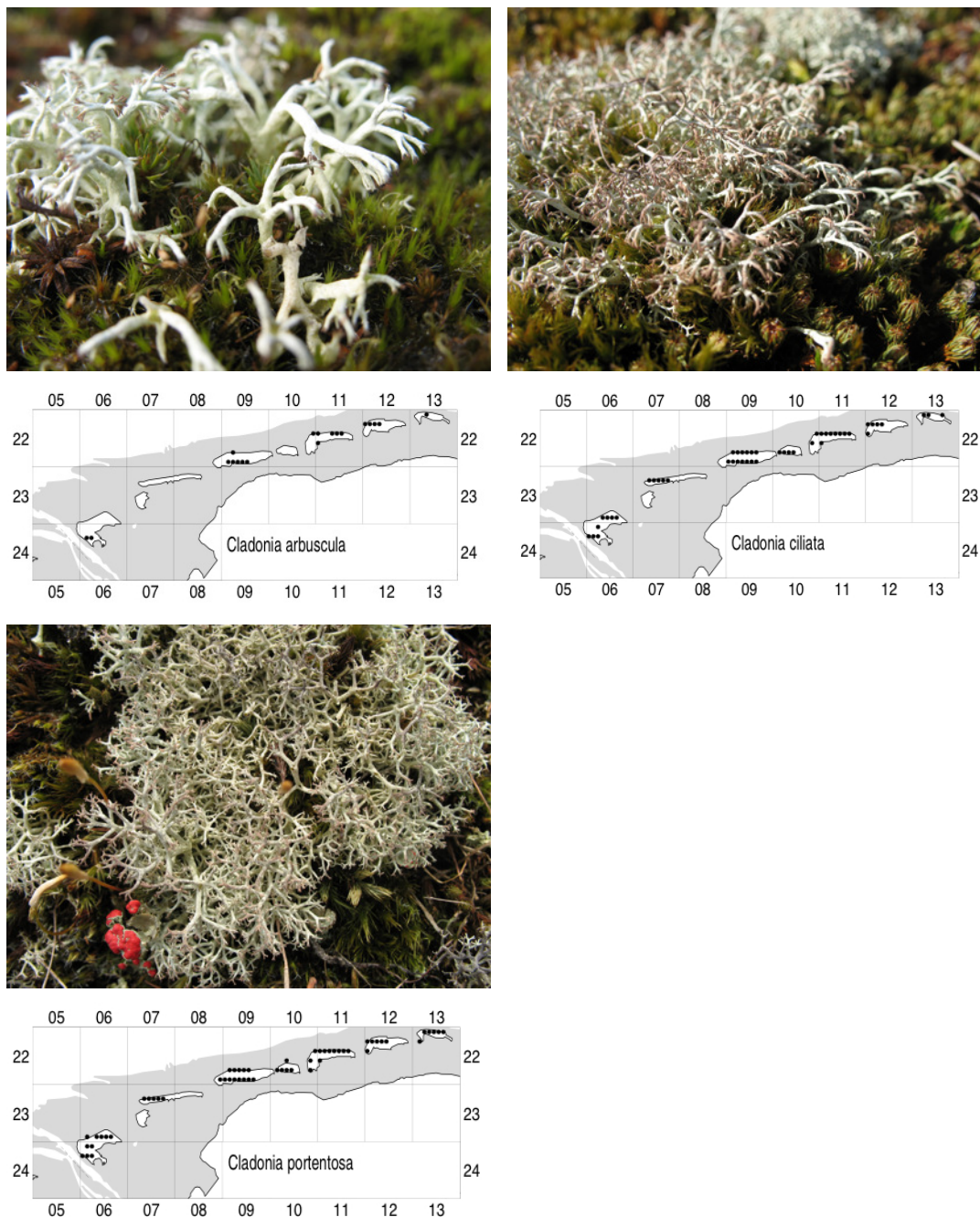


Abbildung 16: Aktuelle Verbreitung der Rentierflechten (*Cladina*-Arten) *Cladonia arbuscula*, *Cl. ciliata* und *Cl. portentosa*

Die deutlich häufigste Art der Untergattung *Cladina* mit der weitesten ökologischen Amplitude ist *Cladonia portentosa*. Diese Art ist auf allen Ostfriesischen Inseln in großen Beständen vertreten. *Cladonia portentosa* kann sich auch in stärker vergrasteten Dünenbereichen und lokal in Krähenbeer-Heiden behaupten. Auf Juist ist *C. portentosa* mit nur vergleichsweise kleinen Beständen vertreten. Die Bestände zeigen eine deutliche Isolierung, hier ist mittelfristig ein Verlust der Art möglich. Auf den anderen Inseln sind großflächige Bestände vorhanden. Als Orientierung für die von *Cladonia portentosa* eingenommene Fläche können die Ergebnisse der Erfassung flechtenreicher Dünenbereiche herangezogen werden. *Cladonia portentosa* ist praktisch auf der gesamten Fläche der flechtenreichen Braundünen-Typen und deutlich seltener in älteren Graudünen vertreten. Die Bestände nehmen eine Fläche von 300 - 400 ha ein.

Deutlich seltener als *Cladonia portentosa* ist *Cladonia ciliata*. Diese Art zeigt in Niedersachsen einen deutlichen Vorkommensschwerpunkt auf den Ostfriesischen Inseln. *Cladonia ciliata* kommt häufiger in älteren Graudünen vor und wird in Braundünen basenarmer Standorte seltener. *Cladonia ciliata* ist ebenfalls auf allen Ostfriesischen Inseln nachgewiesen. Mit Ausnahme von Juist sind die Populationen für einen mittelfristigen Erhalt ausreichend groß. Auch *Cladonia ciliata* zeigt eine relativ hohe Konkurrenzfähigkeit in stärker vergrasteten Dünenbereichen. Dort lassen sich auffällig isolierte Vorkommen feststellen. Dies deutet darauf hin, dass es sich um „Reliktpopulationen“ handelt. Eine Neuansiedlung in vergrasteten Bereichen wurde nicht beobachtet. Die Gesamtfläche von *Cladonia ciliata* wird mit 50 - 100 Hektar eingeschätzt.

Cladonia arbuscula ist die mit Abstand seltenste und am wenigsten konkurrenzkräftigste *Cladina*-Art auf den Ostfriesischen Inseln. Für Juist und Baltrum liegen keine aktuellen Nachweise vor. Auf den anderen Inseln sind die Bestände teilweise sehr klein. *Cladonia arbuscula* tritt ausschließlich in den ältesten Stadien der Tertiärdünen (Braundünen) meist in flechtenreichen Beständen auf. Größere Dominanzbestände wurden auf keiner Insel festgestellt. Der Bestand auf den Ostfriesischen Inseln ist durch Verbuschung und Vergrasung der Braundünen-Stadien mittelfristig gefährdet. Möglicherweise spielt auch der Klimawandel bei dem deutlichen Rückgang von *Cladonia arbuscula* eine Rolle. Die Bestände von *Cladonia arbuscula* nehmen eine Fläche von weniger als 5 Hektar ein.

9. Flächenanteile erdflechtenreicher Dünenbereiche

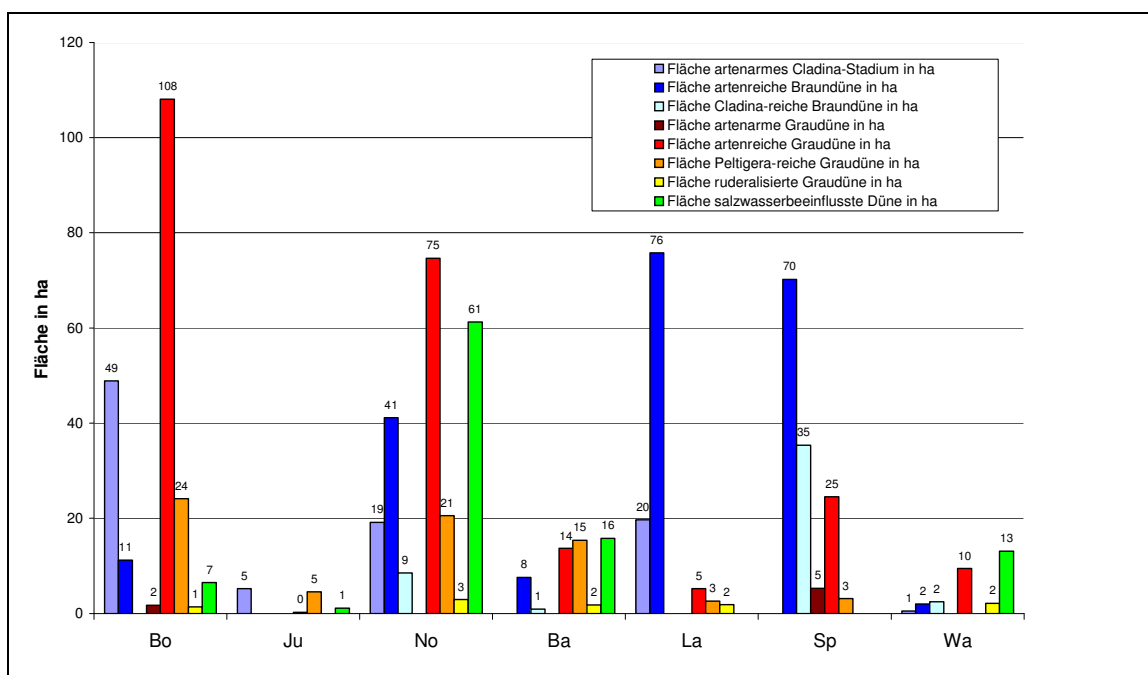
9.1 Flächenbilanzen flechtenreicher Dünen

Die erfassten flechtenreichen Dünenbereiche liegen als Polygon-Shape mit Informationen zum Dünentyp, der Flächengröße und den dominanten Flechtenarten der abgegrenzten Bereiche vor. Für die gesamte Inselkette wurde aus den vorliegenden Vegetationstypen-Karten eine Gesamtfläche offener Dünenbereiche ohne die Weißdünen von 2055 Hektar ermittelt. Von dieser Fläche wurden 770,56 Hektar als flechtenreiche Dünen eingestuft (vgl. Tabelle 14). Die absolut größten Flächen flechtenreicher Dünen weisen die beiden größten Inseln Borkum und Norderney, gefolgt von Spiekeroog und Langeoog, auf (vgl. Abbildung 17). Auf Wangeroog und Juist wurden als flechtenreich eingestufte Dünenbereiche nur auf kleiner Fläche vorgefunden.

Die größten Flächen flechtenreicher Graudünen sind auf Borkum und Norderney zu finden; nennenswerte Flächen von diesem Typ sind auch auf Baltrum und Spiekeroog vorhanden. Spiekeroog und Langeoog besitzen die größten Flächen flechtenreicher Braundünen. Größere Flächen von diesem Typ sind auch auf Borkum und Norderney vorhanden. Norderney weist in der Osthälfte die bei weitem größten Flächen flechtenreicher salzwasserbeeinflusster Dünen auf. Entsprechende Bestände geringerer Flächenausdehnung sind auf Borkum, Baltrum und Wangeroog vorhanden.

Tabelle 14: Flächenbilanz flechtenreicher Dünen

	Bo	Ju	No	Ba	La	Sp	Wa	Ins
Fläche artenarmes Cladina-Stadium der Braundüne in ha	49	5	19		20		1	93
Fläche artenreiche Braundüne in ha	11		41	8	76	70	2	208
Fläche Cladina-reiche Braundüne in ha			9	1		35	2	47
Fläche artenarme Graudüne in ha	2					5		7
Fläche artenreiche Graudüne in ha	108	0	75	14	5	25	10	236
Fläche Peltigera-reiche Graudüne in ha	24	5	21	15	3	3		71
Fläche ruderalisierte Graudüne in ha	1		3	2	2		2	10
Fläche salzwasserbeeinflusste Düne in ha	7	1	61	16			13	98
Gesamtfläche flechtenreiche Dünen in ha	202	11	228	55	105	139	30	771
Flechtenreiche Dünen Fläche Braundünen-Typ in ha	60	5	69	9	95	106	5	349
Flechtenreiche Dünen Fläche Graudünen-Typ in ha	135	5	98	31	10	33	12	324
Flechtenreiche Dünen Fläche Salzwasser-Typ in ha	7	1	61	16			13	98
Gesamtfläche Dünen ohne Weißdüne in ha	467	176	520	143	334	282	133	2055
Gesamtfläche Dünen mit Weißdüne in ha	605	265	705	182	446	369	168	2740
Anteil flechtenreicher Dünen an Gesamtfläche ohne Weißdüne in %	43	6	44	39	31	49	22	37
Anteil flechtenreicher Dünen vom Braundünen-Typ an Gesamtfläche ohne Weißdüne in %	13	3	13	6	29	37	4	17
Anteil flechtenreicher Dünen vom Graudünen-Typ an Gesamtfläche ohne Weißdüne in %	29	3	19	22	3	12	9	16
Anteil flechtenreicher Dünen vom Salzwasser-Typ an Gesamtfläche ohne Weißdüne in %	1	1	12	11	0	0	10	5

**Abbildung 17: Flächen flechtenreicher Dünen auf den einzelnen Inseln**

Aufgrund der sehr unterschiedlichen Größe der einzelnen Inseln ist der prozentuale Anteil flechtenreicher Dünen in Bezug auf die Gesamtfläche der offenen Dünen für einen Vergleich der Inseln von Interesse. Hierfür wurden die Flächen der relevanten TMAP-Habitattypen aus den vorliegenden shape-Dateien der Vegetationstypenkartierung ermittelt. Bei der Berechnung der Gesamtfläche der offenen Dünenbereiche wurde die Fläche der Weißdünen nicht berücksichtigt. In den Weißdünen wurden Flechtenbestände nur kleinflächig in den Übergangsbereichen zu X.5 festgestellt. Die überwiegende Fläche der Weißdünen ist für eine Besiedlung durch Flechten ungeeignet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 18 dargestellt.

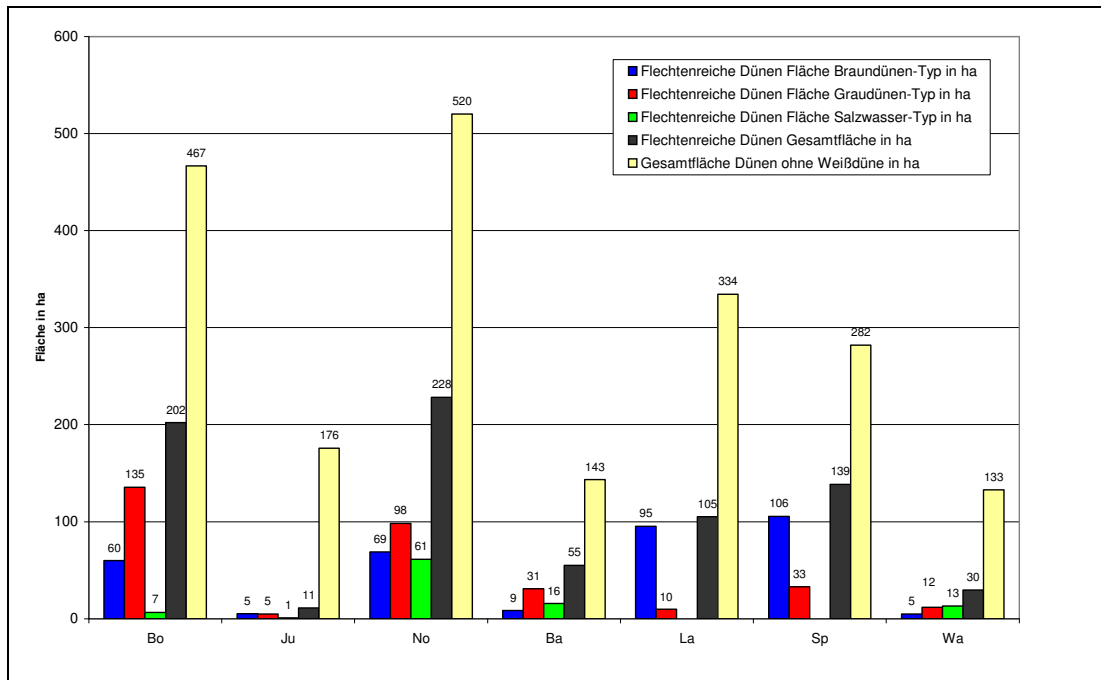


Abbildung 18: Gesamtflächen für Graudünen- und Braundünen-Typ für die einzelnen Inseln

Für die gesamte Inselgruppe nehmen flechtenreiche Bereiche einen prozentualen Flächenanteil von 37% der offenen Dünenbereiche ohne die Weißdünen ein. Spiekeroog weist mit 49% den größten Flächenanteil von flechtenreichen Dünen auf. Es folgen Norderney, Borkum und Baltrum (44%, 43% bzw. 39%). Langeoog und Wangerooge weisen mit 31% bzw. 22% deutlich geringere Anteile flechtenreicher Dünen auf. Juist ist mit einem Flächenanteil von nur 6% mit weitem Abstand die Insel mit den geringsten Anteil flechtenreicher Dünen.

Borkum weist großflächig flechtenreiche Dünen verschiedener Typen im Ostland nördlich Ostland auf. In diesem Bereich finden sich großflächig stark ausgeblasene Graudünetäler mit lückigen Kriechweidengebüschen. Die im Ostland kartierten ausgedehnten, artenarmen *Cladina*-Stadien sind schwer einzuordnen. Aufgrund der Lage und dem fehlenden Kontakt zu Krähenbeerheiden stellen diese Bereich eher stärker vergraste Graudünen dar. Das Vorkommen von artenreichen Graudünen-Stadien im Bereich Sturmeck korrespondiert mit den in diesem Bereich stattfindenden Sandanlagerungen. Artenreiche Braundünen-Stadien sind auf die Woldedünen beschränkt. Naturnahe Übergänge zwischen Salzwiese und Dünen sind selten.

Juist weist sehr geringe Flächen flechtenreicher Dünen auf. Nur kleinflächig treten Erdflechten im Bereich der Augustendüne westlich des Hammersees auf. Sandanlagerungen und Dünenbildungen finden offensichtlich nur kleinflächig an der Ostspitze statt, größere Dünenbildungen an den alten Inselkernen haben offensichtlich seit längerer Zeit nicht mehr stattgefunden. Weißdünen grenzen sehr oft an ältere Dünenbereiche (Erosionsbereiche). Potentielle Bereiche für artenreiche Braundünen in den Augustendünen sind aufgeforstet. Naturnahe Übergangsbereiche von Salzwiesen zu Dünen fehlen bis auf kleine Bereiche an der Ostspitze der Insel.

Norderney weist große Flächen von flechtenreichen Braundünen, Graudünen und salzwasserbeeinflussten Dünen auf. Bemerkenswert ist die Verbreitung der artenreichen Graudünen entlang der gesamten Nordseite der Insel. Artenreiche Braundünen sind auf den alten Inselkern beschränkt. In diesem Bereich sind jedoch auch großflächig flechtenarme Dünen vorhanden. Im Bereich des alten Inselkerns sind keine naturnahen Übergänge von Salzwiese zu Dünen vorhanden.

Baltrum weist trotz seiner relativ geringen Größe ausgedehnte flechtenreiche Graudünen im Ostteil der Insel auf. Auffällig ist der hohe Flächenanteil *Peltigera*-reicher Graudünen. Besonders günstig für flechtenreiche Graudünen ist die Ausbildung breiter, stark windausgeblasener Dünentäler. Artenreiche Braundünen sind auf die älteren, ortsnahen Dünen beschränkt. Flechtenreiche salzwasserbeeinflusste Bereiche finden sich ebenfalls im Ostteil der Insel.

Langeoog weist einen sehr geringen Anteil von Graudünen-Stadien auf. Diese beschränken sich auf die Flinthörndünen im Südwesten und die Ostspitze. Die als artenreiche Graudüne kartierten Bereiche im Pirolatal sind möglicherweise Überlagerungen älterer Dünenbereiche durch Sandverwehungen nach Aufschüttung einer künstlichen Düne. Artenreiche Braundünen-Stadien sind auf den 3 älteren Inselkernen vorhanden. Flechtenreiche salzwasserbeeinflusste Dünen fehlen auf Langeoog. Dünenneubildungen erfolgen auf Langeoog offensichtlich nur kleinflächig an der Ostspitze und eventuell im Bereich der Flinthörndünen.

Spikeeroog weist einen hohen Anteil von Braundünen auf dem alten Inselkern auf. In diesem Bereich sind große Teile der Dünen um das Dorf als flechtenreich einzustufen. Im Bereich des alten Inselkerns fehlen jedoch flechtenreiche Graudünen-Stadien, diese sind auf jüngere Dünenbildungen im Übergang zur Ostplate und im Westteil der Ostplate beschränkt. Die Graudünenbereiche am alten Anleger sind vergleichsweise flechtenarm und stark vergrast. Salzwasserbeeinflusste, flechtenreiche Dünen sind trotz naturnaher Übergänge nur sehr kleinflächig im Bereich der Ostplate und beim alten Anleger vorhanden.

Wangerooge weist einen relativ geringen Flächenanteil von Braun- und Graudünen auf. Artenreiche Braundünen sind auf die dem Siedlungsbereich angrenzenden Bereiche beschränkt. Die ausgedehnten Heideflächen sind großteils ohne Erdflechten-Bestände. Artenreiche Graudünen sind auf den Ostteil der Insel beschränkt. Flechtenreiche salzwasserbeeinflusste Dünen sind auf größerer Fläche nördlich des Anlegers vorhanden.

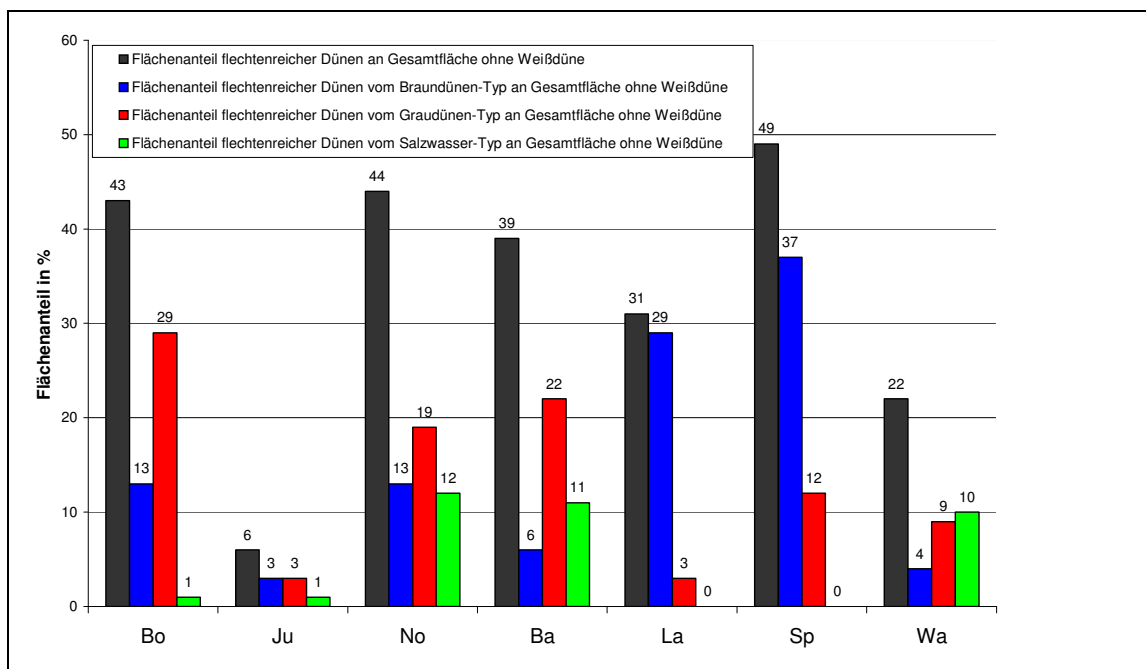


Abbildung 19: Flächenanteile flechtenreicher Dünen an der Gesamtfläche offener Dünenbereiche

9.2 Räumliche Verteilung der verschiedenen Erdflechtengemeinschaften

Mit der Analyse der räumlichen Verteilung der verschiedenen Erdflechtengemeinschaften lassen sich wahrscheinliche Sukzessionsverläufe zwischen den Erdflechtengemeinschaften ermitteln. Zudem kann die Analyse der räumlichen Verteilung Hinweise auf die Ursachen für das Auftreten oder Fehlen von Erdflechten in den Dünen geben. Eine räumliche Abgrenzung der verschiedenen erdflechtenreichen Dünenbereiche ist dem Shapefile „Cladonien_wichtigeBereiche.shp“ zu entnehmen.

Flechtenreiche salzwasserbeeinflusste Dünen treten nur in naturnahen Übergangsbereichen zwischen Salzwiese und Dünen auf und sind deshalb vorwiegend auf den Ostseiten der Inseln zu finden. Dominanzbestände von *Cladonia rangiformis* und *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* sind als schmaler Saum von 0,5 bis 1 Meter Breite entlang des Übergangsbereichs vorhanden. In diesem Bereich lässt oft ein sehr lückiger Strandhafer-Bestand Raum für die Ansiedlung der konkurrenzschwachen Flechten. Seltener wurden Flechtenbestände in der oberen Salzwiese zusammen mit *Armeria maritima*, *Plantago coronopus* und *Centaureum spec.* beobachtet. Optimal entwickelt und großflächig sind die Bestände bei einem engen Mosaik aus flachen Dünen und Salzwiesen. Die größten Bestände sind auf Norderney, Baltrum und Wangerooge anzutreffen. Bemerkenswert ist das Fehlen flechtenreicher Bestände auf der Ostplate von Spiekeroog. Mögliche Ursachen sind starke Teek-Ablagerungen oder eine ungünstige Dynamik durch vorgelagerte ausgedehnte, hochwüchsige Salzwiesen und -röhrichte (u.a. großflächige Quecken-Dominanzbestände). An mehreren Stellen (z.B. Südteil Borkum, Flinthörndünen Langeoog) wurde beobachtet, dass flechtenreiche Stadien fehlen, wenn den Dünenfüßen Salzröhrichte vorgelagert sind. Dies ist ein Hinweis auf die Notwendigkeit einer Störung durch Wellenschlag für das Vorkommen der konkurrenzschwachen Flechtenbestände. Möglicherweise hat die Aufgabe der Salzwiesen-Beweidung einen negativen Einfluss auf die Flechtenbestände.

Artenreiche Braundünen sind nur auf den ältesten Inselbereichen auf den am weitesten entkalkten Dünen vertreten. Es handelt sich um einen relativ offenen Dünentyp mit einer Vielzahl konkurrenzschwacher Arten. Tendenziell nehmen geeignete Habitatbedingungen in West-Ost-Richtung zu.

Dünenbereiche, die als **Cladina-reiche Braundüne** eingestuft werden, sind nur auf Spiekeroog und Norderney auf größerer Fläche und auf Juist und Wangerooge kleinflächig vertreten. Diese treten immer im Kontakt zu artenreichen Braundünen auf und sind ebenfalls auf die ältesten Dünenbereiche beschränkt. Im Gegensatz zu den als „artenreiche Braundüne“ eingestuften Bereichen dominierten in den artenreichen Beständen konkurrenzkräftige *Cladina*-Arten.

Bereiche des **artenarmen Cladina-Stadiums der Braundüne** sind auf der Mehrzahl der Inseln in älteren und stärker vergrasteten Dünenbereichen sowie in oder am Rand von Krähenbeer-Dominanzbeständen anzutreffen. Vereinzelt wurden Bestände des artenarmen *Cladina*-Stadiums auch im Kontakt zu jüngeren Graudünen-Bereichen (z.B. Borkum) registriert. Aufgrund der räumlichen Verteilung lässt sich vermuten, dass es sich um einen ökologisch heterogenen Dünentyp handelt.

Bestände der **artenarmen Graudüne** wurden relativ selten auf Borkum, Juist, Spiekeroog und Wangerooge erfasst. Es handelt sich dabei um stärker vergraste Graudünenbereiche in jüngeren Dünenbereichen mit kleinflächigen Flechtenbeständen. Meist sind diese Bestände in schmalen Dünentälern zu finden.



Abbildung 20: Verschiedene flechtenreiche Dünentypen

oben links: artenreiche Braundüne; oben rechts: *Cladina*-reiche Braundüne; Mitte links: artenreiche Graudüne; Mitte rechts: *Peltigera*-reiche Graudüne (alle Norderney); unten links: salzwasserbeeinflusste Düne (Baltrum); ruderalisierte Düne (Borkum, DJH)

Dünen mit Flechtenbeständen der **artenreichen Graudüne** sind weitgehend auf die Dünentäler der jüngsten Dünen beschränkt. Bei Vorhandensein von steilen Dünenzügen mit sehr schmalen Dünentälern fehlen flechtenreiche Stadien (z.B. alter Inselkern Spiekeroog). Ist eine Bildung neuer Dünenzüge weitgehend unterbunden (z.B. Juist, Langeoog) grenzen schmale Weißdünen direkt an ältere, vergraste Dünenbereiche bzw. Dünengebüsche. Auch in diesem Fall fehlen flechtenreiche Bestände der Graudünen. Großflächig entwickelt sind artenreiche Graudünen in breiten Dünentälern, die einer starken Ausblasung unterliegen (Borkum, Norderney, Baltrum) oder relativ jungen Dünenbildungen (z.B. Ostplate Spiekeroog, Ostteil Norderney). Die breiten Dünentäler im Ostteil von Langeoog („Möwenkolonie“) sind extrem arm an Erdflechten. Als Ursachen sind eine geringe Ausblasungsdynamik oder ein erhöhter Nährstoffeintrag durch Möwen zu vermuten.

Bestände der **Peltigera-reichen Graudüne** treten auf Borkum, Juist, Langeoog und Spiekeroog ausschließlich an den Ostspitzen der Inseln auf. Grund hierfür ist die dort

stattfindende kontinuierliche Anlagerung von Sand in flachen Dünen. Eine Ausnahme stellen Norderney und Baltrum dar, wo Peltigera-reiche Stadien im Übergangsbereich von Weiß- zur Graudüne und teilweise auch in breiteren Dünentälern auftreten.

Flechtenreiche **ruderalisierte Graudünen** sind im Kontakt oder in den Siedlungsbereichen auf kleiner Fläche auf vielen der Inseln vorhanden, da in diesen Bereichen bevorzugt künstliche Substrataufträge (Sandaufspülung, Schotter) erfolgten. In allen Fällen ist eine Trittbelastung festzustellen.

9.3 Flechtenfreie oder flechtenarme Dünenbereiche

Beträchtliche Flächenanteile der offenen Dünenbereiche sind aktuell nicht als flechtenreich einzustufen. Selbst auf Spiekeroog nehmen diese Bereiche 50% der gesamten offenen Dünen (ohne Weißdüne) ein.

Als insgesamt arm an Bodenflechten erwiesen sich auf allen Inseln die dem TMAP-Typ X.6.1 zugeordneten Krähenbeerheiden. In den dichten, insgesamt artenarmen Krähenbeer-Dominanzbeständen finden sich hin und wieder kleine und isolierte Populationen von meist *Cladonia portentosa* oder *Cl. furcata* ssp. *furcata*. Nur an sehr steilen Dünenseiten oder im Übergangsbereich zu flechtenreichen Dünen ist kleinflächig eine nennenswerte Flechtendeckung vorhanden. Weitere Cladonien treten nur an Trittstellen über abgestorbenen Zweigen der Krähenbeere oder auf Rohhumus auf. Das auf Rohhumus und abgestorbenen Pflanzenteilen auftretende Artenspektrum weicht jedoch stark von dem der auf Sand vorkommenden Arten ab und steht der Artengemeinschaft auf Totholz nahe. In vitalen Krähenbeer-Beständen sind Cladonien offensichtlich nicht konkurrenzfähig. In lückigeren Beständen konkurrieren die Erdflechten an den meist nordexponierten Dünenflanken mit pleurokarpen Moosen. Vergleichbares gilt auch für große Teile der Besenheide-Dominanzbestände (TMAP-Typ 6.2) auf Wangerooge.

Bei den weitaus größten Teilen der als flechtenarm eingestuften Dünenbereichen handelt es sich um stark vergraste, dichte und relativ hochwüchsige Dünenbereiche. Erdflechten treten hier nur an kleinen Störstellen und auf den Dünenkämmen auf. In älteren Dünenbereichen mit weitgehend entkalkten Sanden dominieren Sandsegge (*Carex arenaria*), Rotschwengel (*Festuca rubra*) und Rotes Straußgras (*Agrostis capillaris*). Einzig *Cladonia furcata* ssp. *furcata* kann sich in diesen Beständen noch etablieren. Bemerkenswert ist, dass innerhalb dieser flechtenarmen Bereiche auch offene Bereiche durch Windanrisse und Ausblasungen nicht durch Flechten besiedelt werden. An älteren Bodenarissen oder Sandwegen sind Restpopulationen von Erdflechten noch erhalten. Besonders auffällig ist das im Bereich des Golfplatzes auf Norderney und am Bereich westlich der Hermann-Lietz-Schule auf Spiekeroog zu sehen. Für Erdflechten besonders problematisch erweist sich die sehr starke Zunahme von *Dicranum scoparium*, das eine weitgehend geschlossene Moosschicht ausbilden kann. Im Gegensatz zu *Campylopus introflexus* zerfällt dieses Moos nicht in die für *Campylopus* typischen Bruchstücke. Ursache für die Zunahme ist möglicherweise eine Rohhumusakkumulation durch Sukzession. In der Auswirkung ist die Dominanz von *Dicranum scoparium* auf die Erdflechtenvegetation noch weitaus dramatischer als die von *Campylopus introflexus* einzustufen. In Graudünen sind die flechtenarmen Dünenbereiche durch die Dominanz von Landreitgras (*Calamagrostis epigeios*), Sandsegge (*Carex arenaria*), Honiggras (*Holcus lanatus*), Brombeeren (*Rubus fruticosus* agg.), Kratzbeere (*R. caesius*) und teilweise einjährigen Nährstoffzeigern charakterisiert. Für die Graudünen scheint bei fehlender Dynamik der Übergang zu flechtenarmen Beständen sehr rasch zu erfolgen. Insbesondere bei für die flachen Dünen im Kontakt zu Salzwiesen an den Ostspitzen der Inseln. Flechtenreiche Graudünen wurden nur an stark windexponierten Standorten oder bei An- oder Umlagerung von von Sand angetroffen.

9.4 Flechtenreiche Bestände in der Dünensukzession

Aus der räumlichen Verteilung der verschiedenen Erdflechtengemeinschaften ergeben sich Hinweise auf Sukzessionsverläufe (vgl. Abbildung 21). Gut geeignet sind hierfür junge Dünenbildungen an der Ostseite aller Inseln. Besonders gut lassen sich die Sukzessionsverläufe im Bereich der naturnahen Ostplatten von Spiekeroog, Borkum und Norderney beobachten. In diesen Bereichen entwickeln sich *Peltigera*-reiche Graudünen entweder aus flechtenreichen, salzwasserbeeinflussten Beständen oder direkt aus Weißdünen. In vielen Fällen erfolgt ein rascher Übergang zu flechtenarmen vergrasteten Dünenstadien oder zu Sanddorngebüsch (z.B. Juist). Nur bei weiterer leichter Sanddynamik in windexponierten Bereichen erfolgt ein Übergang zu artenreichen Graudünen-Stadien. Im weiteren Verlauf ist ein Übergang zu *Cladina*-reichen, zunehmend vergrasteten Beständen oder vergrasteten Dünenbereichen zu vermuten. In windexponierten Dünentälern auf Borkum, Norderney und Baltrum scheinen die artenreichen Graudünen mittelfristig stabil. Auf Borkum treten flechtenreiche Übergänge zu Kriechweidengebüsch und auch erdflechtenreiche lückige Kriechweidengebüsche in den stark windexponierten breiten Dünentälern auf. Die Ausbildung artenreicher Graudünen wird durch das Vorhandensein breiter Dünentäler, eine starke Windexposition und flache Dünen begünstigt. An steilen, eng gestaffelten Dünenzügen (z.B. Spiekeroog) scheint eine Ausbildung mittelfristig stabiler Bestände flechtenreicher Graudünen nicht möglich. An diesen Stellen sind Bestände der als „artenarme Graudüne“ bezeichneten Erdflechtengemeinschaft zu finden.

Aus dem Vergleich mit den Literaturangaben von 1900 lässt sich die Geschwindigkeit erkennen, mit der eine Sukzession abläuft. Die Flinthörndüne auf Langeoog war um 1900 ein noch nicht festgelegter Dünenzug ohne Flechtenbewuchs. Aktuell befindet sich der Flechtenbestand im Übergang von artenreicher Graudüne zu einem artenarmen, vergrasteten Graudünen-Stadium.

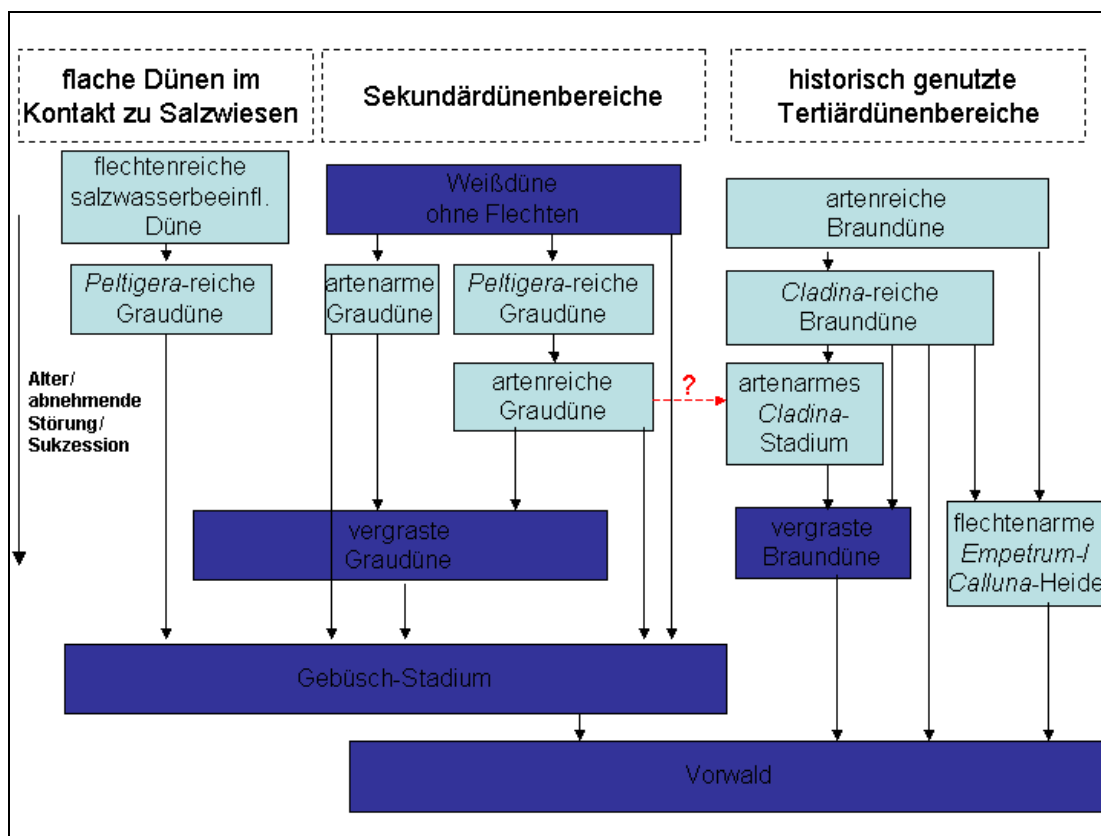


Abbildung 21: Hypothetische Sukzessionsverläufe flechtenreicher Dünen

Bestände der artenreichen Braundüne treten in fast allen Fällen deutlich isoliert von den flechtenreichen Graudünen auf. Übergänge zwischen Braun- und Graudüne bestehen am ehesten auf Norderney. Der Sukzessionsverlauf zu artenreichen Braundünen lässt sich mit den Ergebnissen der räumlichen Verteilung nicht rekonstruieren. Möglicherweise ist unter aktuellen Bedingungen eine Sukzession zu artenreichen Braundünen nicht mehr möglich. Anhand historischer Vegetationskarten (PETERSEN & POTT 2005) lässt sich erkennen, dass die festgestellten Bestände der artenreichen Braundüne sehr wahrscheinlich auf eine früheren Dünenbeweidung zurückzuführen sind.

Innerhalb der flechtenreichen Braundünen-Stadien lässt sich eine Sukzession hin zu von *Cladina*-Arten dominierten, stärker vergrasteten Beständen erkennen. Besonders flechtenreiche Bestände der Braundüne treten an Windausblasungen, entlang von Wegen und an älteren Störstellen auf. Besonders auffällig ist dies auf Wangerooge, wo die flechtenreichsten Braundünen-Stadien in durch Tritt und Sandwege „gestörten“ Bereichen am Siedungsrand vorkommen. Auf Borkum, Spiekeroog und Juist ist eine deutliche Verbuschung zu erkennen. Auf Norderney scheint der Fraßdruck durch eine hohe Kaninchenpopulation eine Verbuschung zu verhindern.

10. Bestandsentwicklung ausgewählter ökologischer Gruppen

10.1 Bestandsentwicklung epiphytischer Flechten

Insgesamt wurden auf den Ostfriesischen Inseln bisher 133 epiphytische Flechtenarten festgestellt. Im Gegensatz zu dem Zustand von 1900 ist von einer sehr starken Zunahme von Gehölzen auszugehen. Die enorme Zunahme des Substratangebots bezieht sich auf die Anzahl und das Artenspektrum der Trägerbäume, ihr Alter sowie die Struktur der Gehölze. Nach den Beschreibungen von SANDSTEDE (1892,1900) waren auf allen Inseln Sanddorn-, Holunder- und Kriechweiden-Gebüsche vorhanden. Juist, Baltrum, Langeoog und Wangerooge besaßen keinen älteren Baumbestand. Ältere Baumbestände waren nur auf Borkum, (Baumbestand der Hofstellen im Ostland), Norderney (Baumbestand der heutigen Kuranlagen und Gehölz am Ruppertsberge) sowie auf Spiekeroog (Baumbestand im Dorf und Wäldchen im Friederikental) vorhanden. Die Mehrzahl der Fundangaben in SANDSTEDE (1892,1900) von damals auf dem Festland vorwiegend epiphytischer Arten bezieht sich mangels geeigneter Trägerbäume auf Wuchsorte von bearbeitetem Holz der Einfriedungen von Viehweiden und Gärten.

Typische Waldarten wie *Arthonia spadicea*, *Dimerella pineti*, *Jamesiella anastomosans* oder *Porina aenea* sind aktuell auf der Mehrzahl der Inseln präsent und stellen mit Sicherheit Neu-Ansiedlungen der letzten Jahrzehnte dar. Typisch hierfür ist die starke Präsenz der Arten in einzelnen Wäldchen und das Fehlen in nahe gelegenen, standörtlich ähnlichen Gehölzbeständen. Sehr starke Zunahmen sind auch für die Blattflechten (Parmeliaceen) zu verzeichnen. Besonders auffällig sind die Blattflechten-Bestände in den Weidengebüschen nasser Dünentäler oder der Übergangsbereiche zwischen den Dünen und den Polderflächen. Gut entwickelte Bestände von Blatt- und Strauchflechten wurden auch auf Birke, Eiche, Vogelbeere, Weißdorn und vielen anderen Trägerbäumen in windgeschützten Situationen vorgefunden. Ursache für die starke Ausbreitung dieser Arten auch seit 1980 sind die allgemeine Ausbreitung südlicher Arten (vgl. Kap. 10.6), die Auswirkungen der Reduzierung der SO₂-Emissionen, die Festlegung der Dünen und das Entstehen waldartiger Gehölzbestände. Die Auswirkungen der Reduzierung der SO₂-Emissionen sind vermutlich für die starken Unterschiede in der Artenzusammensetzung und die damit verbundenen Erhöhungen der pH-Werte der Borkenoberflächen im Vergleich zu BRAND (1977, 1978) verantwortlich. Um 1980 wurden in den Weidengebüsche ein wesentlich höherer Anteil acidophytischer Arten festgestellt, die Bestände wurden damals von *Evernia prunastri*, *Hypogymnia physodes* und *Lecanora conizaeoides* dominiert. Aktuell ist *Lecanora conizaeoides* in diesen Beständen extrem

selten, *Evernia prunastri* und *Hypogymnia physodes* sind relativ selten. Ein vergleichbar starker Artenwandel im Vergleich zu 1980 ist auch für die Epiphytenflora an Holunder festzustellen.

Blattflechten sind durch ihre horizontale Wuchsform und ihre großen Thalli relativ empfindlich gegenüber Übersandung, der Verletzung der Lager durch „Sandstrahlen“ und die schnelle Austrocknung durch Wind. Größere Gehölzbestände und windgeschützte Dünentäler begünstigen eine Ansiedlung und Entwicklung von Blatt- und Strauchflechten.

Überraschend ist, dass trotz der erheblichen Zunahme älterer Trägerbäume Arten wie *Anaptychia ciliaris*, *Pertusaria albescens*, *Physconia distorta* oder *Ramalina fraxinea* ihre Bestände nicht erhalten konnten. Ursache hierfür sind vermutlich die Auswirkungen der Oberflächenversauerung durch SO₂-Emissionen, möglicherweise verstärkt durch die Festlegung der Dünen und den damit reduzierten Nachschub basenreicher Sande. Für die Arten ist bekannt, dass sie z.B. durch Kalkstaubeinträge gefördert werden. Das Vorkommen dieser Arten um 1900 auf bearbeitetem Holz ist nur durch basenreiche Depositionen in Form von basenreichem Sand oder sea spray zu erklären. Populationen dieser Arten auf bearbeitetem Holz sind als wesentlich empfindlicher gegenüber Umweltveränderungen als die von basenreicher Borke einzuschätzen. *Physconia grisea* und *Pleurosticta acetabulum* konnten nur auf den Inseln nachgewiesen werden, wo sie schon 1900 und auch 1980 vorhanden waren. Dies lässt auf Ausbreitungsschwierigkeiten dieser Arten schließen.

Arten aus der Gattung *Opegrapha* konnten sich auf mehreren Inseln etablieren. Die Insel Spiekeroog hat eine auffällige Häufung von Arten aus den Gattungen *Opegrapha* und *Chaenotheca*.

Kriechweiden-, Rosen- und Sanddorn-Gebüsche weisen aktuell nur allgemein nur eine artenarme Flechtenflora auf. An besonders geschützten Standorten wurde lokal begrenzt (z.B. Waterdelle auf Borkum) eine artenreiche epiphytisch Flechtenflora an Kartoffelrose und abgestorbenen Zweigen von Sanddorn angetroffen.

10.2 Bestandsentwicklung von Erdflechten

Auf der gesamten Inselkette wurden bisher 55 Erdflechtenarten festgestellt. Für 46 dieser Arten liegen aktuelle Nachweise vor, 9 Arten sind verschollen. Für die Erdflechten ist seit 1900 auf allen Inseln von einer allgemein sehr starken Zunahme der Artenzahl sowie der Populationsgrößen auszugehen. Die Dünenbereiche aller Inseln waren um 1900 sehr wenig festgelegt. In den Beschreibungen von SANDSTEDTE (1892:174) bestehen die Inseln „der Hauptsache nach aus kahlen Dünen, die von einigen größeren Weideplätzen unterbrochen werden“ sowie „Cladonien sind auf allen Inseln verbreitet, gelangen aber nur an moosbewachsenen Abhängen zu einer leidlich guten Entwicklung“. Beispielweise Langeoog bestand nach SANDSTEDTE (1892) aus vier von Durchbrüchen getrennten Teilinseln, von denen Flinthörn als kahle Dünengruppe beschrieben wird, auf der sich nach SANDSTEDTE (1900) noch keine Flechten ansiedeln konnten. Nach SANDSTEDTE (1900:479) hatte Langeoog die am besten ausgebildeten Cladonien-Bestände der Inselgruppe. *Peltigera*-Arten waren um 1900 auf allen Inseln vorhanden und nach den Beschreibungen häufig und großflächig dominant. Häufigste Erdflechtenart in den Dünen ist nach SANDSTEDTE (1892:176) *Cetraria aculeata*. Es dominieren um 1900 für basenreichere Sandböden charakteristische Erdflechtenarten der Graudünen. Vor allem für die westlichen Inseln Borkum, Juist und Norderney liegen Angaben von Arten der Kalkmagerrasen, wie *Bacidia bagliettona* und *Leptogium*-Arten, vor. Angaben zu kennzeichnenden Arten der sauren Sandböden wie *Cladonia uncialis* oder *Cladonia zopfii* fehlen dagegen. Schwierig sind die Angaben von *Stereocaulon tomentosum* oder *Pycnothelia papillaria* für den Zeitraum vor 1850 einzuordnen. Diese Arten wurden bereits von Sandstede vergeblich gesucht. Limitierender Faktor für die Ausbildung artenreicher und großer Cladonien-Bestände war Sandbewegung (Übersandung), die nur vor relativ wenigen *Cladonia*-Arten toleriert wird. Aktuell ist dies in den Weißdünen zu beobachten.

Der Großteil der Dünenbereiche dürfte sich in einem Zustand befunden haben, wie er aktuell im Ostteil von Norderney ausgebildet ist.

Mit der zunehmenden Festlegung der Dünen ist von einer starken Ausdehnung der Cladonien-Bestände auszugehen. Durch die Alterung und Entkalkung der Dünen kam es zudem zu einer deutlichen Erweiterung der Standortspektrums. In Folge dessen konnten für bodensaure Standorte kennzeichnende Arten einwandern. Es handelt sich um einen Prozess, der sich innerhalb weniger Jahrzehnte vollzogen haben muss, denn nach Beschreibungen von KLEMENT (1953) ist für Wangerooge weitgehend das aktuell vorhandene Erdflechten-Artenspektrum vorhanden. Die Neu-Nachweise der für bodensaure Standorte kennzeichnenden Arten *Cladonia crispata* auf Spiekeroog, *Cladonia zopfii* auf Norderney, Spiekeroog und Wangerooge sowie *Cladonia uncialis* auf Norderney nach 2000 deuten darauf hin, dass die Entwicklung/Neuansiedlung noch nicht abgeschlossen ist. Aktuell lässt sich jedoch feststellen, dass der Zeitpunkt der maximalen Ausdehnung erdflechtenreicher Dünen offensichtlich überschritten ist. Eine zunehmende Vergrasung, Ansiedlung von Gehölzjungwuchs und die Bildung von Rohhumusauflagen führen zu einer Reduzierung der Erdflechtenbestände.

Besonders ausgeprägt ist dies an der Entwicklung der Insel Juist zu sehen, wo im Bereich der früher Erdflechten-reichen Bill-Dünen seit ca. 1980 ein deutlicher Rückgang der *Cladonia*-Arten zu verzeichnen ist. Die noch vorhandenen *Cladonia*-Arten weisen kleine, wenig vitale Populationen auf oder sind auf isolierte Restbestände reduziert. Auf anderen Inseln noch weit verbreitete Arten, wie *Cladonia gracilis* oder *Cl. coccifera* wurden aktuell auf Juist nicht wiedergefunden. Ursache ist die Kombination von einer durch Gehölzanzpflanzungen in diesem Bereich geförderten Verbuschung, einer Ausdehnung der Krähenbeer-Bestände und einer damit verbundenen Rohhumusbildung. Als gegenüber Verbuschung und Vergrasung offensichtlich relativ empfindlich erweisen sich *Cladonia cornuta* und *Cetraria aculeata*, für die ein deutlicher Bestandsrückgang seit 1900 festgestellt wird.

Im Gegensatz zur positiven Bestandsentwicklung von Arten festgelegter, basenarmer Dünen ist für die Arten kalkreicher Magerrasen ein deutlicher Bestandsrückgang seit 1900 anzunehmen. Mit der Festlegung der Dünen hat die Mehrzahl der kennzeichnenden Flechtenarten bereits relativ früh ihre Habitate verloren. Auch für die *Peltigera*-Arten ist von einem allgemeinen Bestandsrückgang auf allen Inseln auszugehen. Die starke Bindung der *Peltigera*-Arten an junge Dünenstadien bzw. stark exponierte, offene Dünenbereich zeigt sich an Inseln wie Spiekeroog oder Juist an der Konzentration der Vorkommen auf relativ junge Dünenstadien an der Ostspitze der Inseln (vgl. Kapitel 9.2). Offensichtlich werden im Vergleich zu 1900 weniger neue Dünenzüge mit kalkreichem Substrat gebildet bzw. die entsprechenden Standorte sind verbuscht. Für *Diploschistes muscorum* ist ebenfalls ein sehr deutlicher Bestandsrückgang seit 1900 zu verzeichnen. Die Art kam damals regelmäßig auf Erdwällen im Siedlungsbereich vor. Erfreulicherweise konnte *Diploschistes muscorum* auf Borkum, Norderney und Baltrum aktuell gefunden werden, allerdings immer in sehr kleinen Populationen. Die größte bekannte Population der Inselgruppe befindet sich in einem stark ruderalisierten Dünenbereich an der Jugendherberge auf Borkum.

Eine Besonderheit der Dünenbereiche insbesondere der kahlen Dünen sind und waren auf dem Festland ausschließlich borken- oder holzbesiedelnde Arten direkt auf Dünensand. Um 1900 wurden *Evernia prunastri*, *Hypogymnia physodes*, *Hypogymnia tubulosa*, *Parmelia sulcata*, *Physcia tenella*, *Platismatia glauca*, *Pseudevenia furfuracea*, *Ramalina farinacea* und *Usnea subfloridana* in Dünen nachgewiesen. Nach den Angaben in SANDSTEDE (1892, 1900) waren die Vorkommen auf Sand nicht häufig. Aktuell konnten noch relativ häufig *Hypogymnia physodes* auf Sand registriert werden. Sehr selten wurden *Parmelia sulcata* und *Parmotrema perlatum* auf Sand festgestellt. Die Vorkommen epiphytischer Arten auf Sand kennzeichnen die am stärksten windexponierten Dünen der Inseln und wurden ausschließlich in flechtenreichen Dünenbereichen angetroffen.

10.3 Bestandsentwicklung der Gesteinsflechten

Ein Großteil der Gesteinsflechten weist eine stark positive Bestandsentwicklung auf. Natürliche Standorte für Gesteinsflechten sind nur die Muschelschalen und Tierknochen in den Dünen für Arten kalkreicher Substrate. Die von SANDSTEDTE (1892, 1900) angegebenen Vorkommen von erraticem Gestein in den Dünentälern der „Kalfamer“ am Ostende von Juist und der „Flinthörn“ auf Langeoog wurden nicht mehr gefunden. Nach SANDSTEDTE (1900:479) waren die „Dünetäler von Muschelschalen und nordischen Geschieben gleichsam wie gepflastert“. Nur selten sind aktuell in den Dünen kleinere Kiesel zu finden. Die weitaus größte Zahl der Gesteinsflechten ist auf anthropogene Substrate angewiesen. Seit 1900 hat sich das Habitatangebot von Gesteinsstandorten durch die Vergrößerung der Friedhöfe, die Errichtung von Denkmälern und der Anlage von Kuranlagen stark vergrößert. Als weitere Gesteinsstandorte sind die Bunker oder Bunkerreste hinzugekommen. Im Vergleich zu den Angaben bei SANDSTEDTE (1892, 1900) muss sich die Flechtenvegetation der Friedhöfe sehr stark entwickelt haben. Um 1900 wurden für aktuell häufige Arten nur einzelne Fundangaben gemacht. An alte Backsteinmauern gebundene Flechtenarten sind dennoch stark gefährdet, da durch Neubautätigkeit sehr viele alte Gebäude und Mauern verschwunden sind. Neben dem vollständigen Verschwinden der Habitate stellen für die an alte Mauern gebundene Flechtenarten auch Renovierungen der historischen Gebäude (z.B. alte Hofgebäude, Kirchen) oder Säuberungen von Gesteinsoberflächen eine Gefährdung dar. Der mit dem Abriss alter Häuser verbundene Verlust wichtiger Flechtenhabitate wird schon bei SANDSTEDTE (1900:472) beklagt. Das Fehlen von *Opegrapha calcarea* auf Juist und Norderney sowie *Caloplaca flavescens* auf Juist sind auf Habitatverluste zurückzuführen. Die wichtigsten Standorte für Flechtenarten alter Backsteinmauern sind die alte Dorfkirche auf Spiekeroog, die alte Mauer am Leuchtturm auf Borkum und die alte Backsteinmauer um den Inselfriedhof auf Norderney.

Eine Besonderheit sind die Walknochen, die auf Borkum als Grundstücksbegrenzungen verwendet wurden. Nach SANDSTEDTE (1900:472) war die Zahl der Walknochen schon um 1900 stark im Rückgang. Nach Sandstede (1892:175) waren diese Walknochen „von Parmelien und Lecanoraceen in üppiger Fülle umkleidet“. Aktuell sind Walknochen nur noch in der direkten Umgebung des alten Leuchtturms vorhanden und in Verwitterung begriffen. Die dominante Art ist *Diploicia canescens*, die großflächig die Knochen bedeckt. Mit *Caloplaca citrina*, *Physconia grisea*, *Lepraria lobificans* und wenigen Einzelfunden weiterer Arten ist die aktuelle Flechtenflora der Walknochen relativ artenarm.

Muschelschill in den Dünentälern stellen natürliche Habitate für Gesteinsflechten dar. Auf älteren Muschelschalen wurden *Caloplaca lithophila*, *Lecanora albescens*, *Myriospora heppii*, *Sarcogyne regularis*, *Verrucaria muralis* und *Verrucaria nigrescens* festgestellt. Für dieses Habitat wird für Norderney und Juist die taxonomisch umstrittene *Verrucaria thalassina* angegeben.

10.4 Bestandsentwicklung von Arten auf bearbeitetem Holz

An bearbeitetem Holz wurden aktuell 61 Flechtenarten aus einem ungewöhnlich breiten ökologischen Spektrum nachgewiesen.

Nach SANDSTEDTE (1892,1900) war bearbeitetes Holz in Form von Brettern, Pfählen und Zäunen der Weideflächen und Gärten Treibholz in den Dünen eines der wichtigsten Flechtenhabitate der Inseln. Auf bearbeitetem Holz waren acidophytische Arten wie *Bryoria fuscescens*, *Cyphelium inquinans*, *Pertusaria amara*, *Platismatia glauca*, *Pseudevenia furfuracea*, *Tuckermanopsis chlorophylla*, *Usnea hirta* und *Usnea subfloridana* auf der Mehrzahl der Inseln nicht selten. Zudem kamen *Anaptychia ciliaris*, *Pertusaria albescens*, *Physconia distorta* oder *Ramalina fraxinea* auf vielen Inseln auf bearbeitetem Holz vor. Nach SANDSTEDTE (1900) waren bereits 1900 viele der Umzäunungen verschwunden.

Aktuell ist bearbeitetes Holz in Form von Eichen-Spaltholz, seltener Latten aus Nadelholz auf allen Inseln anzutreffen. Treibholz in den Dünen ist nur in jüngeren Dünen vorhanden (meist Paletten-Bretter aus Nadelholz). Das auf bearbeitetem Holz vorhandene Artenspektrum ist abhängig von der räumlichen Lage. Häufig sind Zaunpfähle im Übergangsbereich von den Salzwiesen zu den Dünen oder Treibholz in den Graudünen. Hier treten unter Seewind- und aerosolierter Salzeinwirkung *Amandinea punctata*, *Cliostomum griffithii*, *Lecidella elaeochroma*, *Lecanora carpinea*, *Lecanora chlorotera*, *Lecanora expallens*, *Lecanora symmicta*, *Physcia tenella*, *Ramalina farinacea* und *Xanthoria parietina* auf. Werden die Pfosten regelmäßig von Salzwasser überstaut treten mit *Caloplaca maritima*, *Lecanora salina*, *Rinodina oleae* und *Lecanora helicopsis* salzwassertolerante Arten auf Holz auf. Acidophytische Arten wie *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Lecanora conizaeoides*, *Placynthiella icmalea* oder *Trapeliopsis flexuosa* sind auf bearbeitetes Holz in den Dünen beschränkt. Die am besten ausgebildeten Bestände mit *Chaenotheca chrysocephala*, *Ch. ferruginea* und *Hypocenomyce scalaris* sind auf Spiekeroog zu finden.

Für die Flechtenflora von bearbeitetem Holz ergeben sich sehr starke Veränderungen im Arteninventar. Die oben genannten von Sandstede noch beobachteten Flechtenarten kommen aktuell auf Holz nicht mehr vor. Ein wesentlicher Grund dürfte sein, dass sich die mikroklimatischen Bedingungen von freistehenden Zaunpfählen stark von den der damals vorhanden Standorte unterscheidet. Vor 1900 wurden Bretter verwendet, um Viehweiden und Gärten vor Sandeintrag zu schützen. Für die bodennahen und damit windgeschützten Bretter ist von einem wesentlich luftfeuchteren Mikroklima auszugehen.

10.5 Bestandsentwicklung salztoleranter Flechtenarten

Die Bestände salztoleranter Gesteinsflechten haben seit 1900 durch den Ausbau der Hafenanlagen und Küstenschutzmaßnahmen in Form von Buhnen und Steinschüttungen hinsichtlich der Artenzahl und der Bestandsgrößen sehr stark zugenommen. Für keine der salztoleranten Arten kann seit 1900 ein Rückgang festgestellt werden. Der von SANDSTEDÉ (1900) prognostizierte starke Artenzuwachs und die zunehmende Bedeutung als Flechtenhabitat ist eingetreten. Die Besiedlung von Gestein im Tidebereich erfolgt offensichtlich innerhalb weniger Jahrzehnte. Besonders artenreich sind Steinschüttungen aus nicht durch Mörtel oder Teer befestigten großen Steinen. Granit und Sandstein wird offensichtlich wesentlich schneller als Basalt besiedelt. Unterhalb der MTHW-Linie könnten *Verrucaria*-Arten durch dichte Bestände aus Blasentang verdrängt werden.

10.6 Bestandsentwicklung wärmeliebender, südlich verbreiteter Arten

Die allgemeine Ausbreitung wärmeliebender Flechtenarten im nordwestdeutschen Tiefland gilt auch für die Ostfriesischen Inseln. Interessanterweise liegen für *Flavoparmelia caperata* für die Mehrzahl der Inseln Nachweise vor 1900 vor. Um 1980 war die Art offensichtlich sehr selten. Es ist davon auszugehen, dass es nach 1900 wie auch auf dem angrenzenden Festland zu einem starken Bestandsrückgang gekommen ist und die Inseln in den letzten Jahrzehnten von *Flavoparmelia caperata* wiederbesiedelt wurden. Ähnliches gilt für *Hyperphyscia adglutinata*. Die Bäume im Siedlungsbereich Ostland auf Borkum, an denen aktuell *Hyperphyscia adglutinata* eine der dominanten Flechtenarten darstellt und auch Apothecien ausbildet, wurden von BRAND (1978) untersucht. In diesem Fall ist eine sehr starke Zunahme gut dokumentiert. *Flavoparmelia soredians*, die *Hypotrachyna*-Arten und *Parmotrema perlatum* sind dagegen mit großer Sicherheit Neuansiedlungen. Die Mehrzahl der Nachweise stammt aus Weidengebüschen und Gehölzen luftfeuchter Standorte. Habitate, die 1900 noch nicht vorhanden waren. Bei den Erhebungen von BRAND (1977, 1978) wurden die Gehölzbestände auf Borkum, Juist und Norderney, in den die Arten aktuell nachgewiesen wurden, untersucht. Damals war keine der genannten auffälligen Flechtenarten vorhanden. Es muss davon ausgegangen werden, dass Arten um 1980 noch nicht auf den Inseln vertreten waren. Die Bestände der

genannten Arten machen einen sehr vitalen Eindruck und zählen sicherlich zu den am besten entwickelten Beständen in Niedersachsen. Die Lager von *Flavoparmelia caperata*, der *Hypotrachyna*-Arten und *Parmotrema perlatum* erreichen teilweise Durchmesser von über 20 Zentimetern.

Möglicherweise steht der Nachweis von *Candelaria concolor* auf Borkum ebenfalls in Zusammenhang mit der globalen Erwärmung.

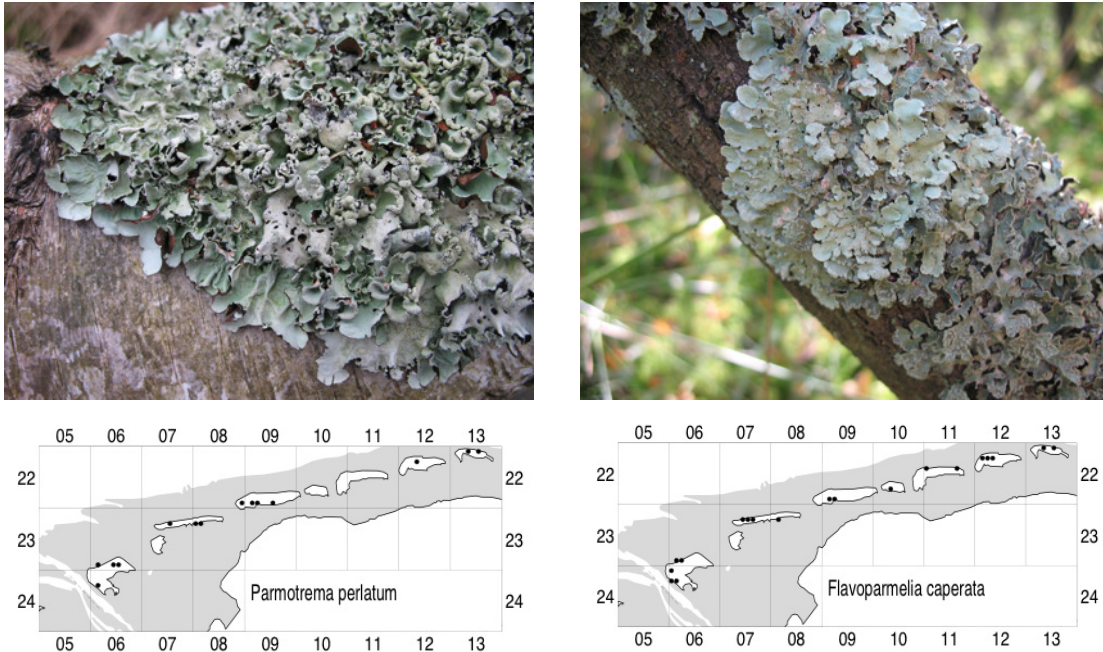


Abbildung 22: Aktuelle Verbreitung von *Parmotrema perlatum* und *Flavoparmelia caperata*

Tabelle 15: Nachweise wärmeliebender, südlich verbreiteter Arten

Die Angaben beziehen sich auf die Anzahl besetzter Minutenfelder

Artname	RL Nds	RL K	RL D	Ins	Bo	Ju	No	Ba	La	Sp	Wa
<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale	*	*	*	19	5	4	2	1	2	3	2
<i>Flavoparmelia soredians</i> (Nyl.) Hale	*	*	*	4	2			1		1	
<i>Hyperphyscia adglutinata</i> (Flörke) H. Mayrh. & Poelt	3	3	*	6	2	1		1	2		
<i>Hypotrachyna afrorevoluta</i> (Krog & Swinscow) Krog & Swinscow	*	*	*	5	1	2	2				
<i>Hypotrachyna revoluta</i> (Flörke) Hale	*	*	1	10	5		2		1	2	
<i>Parmotrema perlatum</i> (Hudson) M. Choisy	V	*	V	14	4	3	4			1	2
<i>Punctelia borreri</i> (Sm.) Krog	*	*	*	3	1		1				1

10.7 Bestandsentwicklung acidophytischer Arten

In der Bilanz ist ein starker Rückgang acidophytischer Arten zu verzeichnen. Die Flechtenarten mit einem Schwerpunkt auf sauren Borken und bearbeitetem Holz stellen die Gruppe mit den stärksten Bestandsrückgängen (vgl. Tabelle 11). Die Mehrzahl dieser Arten hat eine boreal-montane Verbreitung. Die Bestandsentwicklung der acidophytischen Arten seit 1900 ist jedoch sehr stark mit den Veränderungen des Substratangebots von bearbeitetem Holz verknüpft (vgl. Kap. 10.4). Die um 1900 noch vorhandenen Bretter der Einfriedungen waren die wichtigsten Habitate dieser Arten, so dass sich die Bestandsrückgänge zum Großteil aus dem vollständigen Verlust dieser Habitate erklären lassen. Der allgemein sehr starke Rückgang acidophytischer Arten im gesamten westlichen Niedersachsen und besonders im Küstenraum macht es sehr wahrscheinlich,

dass die Arten neben dem Verlust des wichtigsten Habitats auch durch andere Faktoren im Rückgang sind. Rückgänge sind für die Vorkommen acidophytischer Flechtenarten auf Sand zu verzeichnen (vgl. Kap. 10.2). Zumindest für epiphytische Arten der Gebüsche lässt sich seit 1900 ein auf Umweltveränderungen der Luftqualität zurückzuführender Rückgang von *Usnea*-Arten feststellen.

10.8 Bestandsentwicklung nährstoffzeigender Arten

Über den Vergleich mit dem Artenbestand um 1900 lässt sich keine Zunahme von Nährstoffzeigern für die Ostfriesischen Inseln festmachen. Zu Veränderungen in der Häufigkeit von Nährstoffzeigern lassen sich aus den Literaturangaben keine sicheren Angaben ableiten. Als Nährstoffzeiger bewertete Flechtenarten aus den Gattungen *Physcia*, *Phaeophyscia* und *Xanthoria* sind auf den Ostfriesischen Inseln aktuell weit verbreitet.

Die Auswirkungen von Stickstoffeinträgen bewirken in der Regel eine Zunahme des pH-Werts der Borkenoberfläche und sind deshalb besonders ausgeprägt bei natürlicherweise sauren Borken von Eiche oder Birke. Auf den Ostfriesischen Inseln sind mit dem Holunder und der Grauweide Gehölzarten mit einem hohen natürlichen pH-Wert der Borke sehr häufig vertreten. Vorkommen von „Eutrophierungszeigern“ *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *Physcia tenella* usw. sind an Holunder und Grauweide als natürlich zu bewerten. Ein weiterer Aspekt ist der Einfluss der Aerosole der Gischt. Dieser führt zu einer pH-Wert-Erhöhung (und natürlichen Nährstoffeinträgen) von Borkenoberflächen natürlicherweise saurer Trägerbaumarten. Das Vorkommen von Arten wie *Xanthoria parietina* auf Birke auf den Ostfriesischen Inseln ist nicht notwendigerweise auf anthropogene Stickstoffeinträge zurückzuführen. SO₂-Emissionen haben in der Vergangenheit über saure Niederschläge die pH-Werte der Oberflächen tendenziell vermindert. Dieser Effekt ist fällt durch die starke Reduzierung der Emissionen weg.

Nährstoffzeiger unter den Epiphyten sind aktuell auf den Ostfriesischen Inseln in allen Gehölzen der Dünentäler häufig. Auf Holunder, Grauweide und Birken in windgeschützten, luftfeuchten Dünentälchen sind oft dichte Algen-Beläge festzustellen. Auf Holunder und Birken in exponierten Situationen sind dagegen keine Algenbeläge anzutreffen.

Zusammenfassend lassen sich mögliche Auswirkungen eines externen Nährstoffeintrags über Ferntransporte aus intensiv landwirtschaftlich genutzten Regionen mit den vorliegenden Vergleichsdaten nicht beurteilen. Zu erwartende Effekte eines Nährstoffeintrags sind über die natürlich pH-Wert-Erhöhung durch sea spray und den zu erwartenden Effekt der SO₂-Reduzierung überdeckt.

11. Möglichkeiten einer Nutzung von Flechten als Indikatoren

11.1 Erdflechten als Indikatoren für die Beurteilung des Erhaltungszustands von Dünen-Magerrasen

Erdflechten sind in den Dünen-Magerrasen der Ostfriesischen Inseln mit knapp 40 Arten vertreten. Die Mehrzahl der Arten ist über die gesamte Inselkette verbreitet und die aktuellen Bestandsgrößen sind gut bekannt. Ein Vorteil gegenüber Gefäßpflanzen ist die praktisch ganzjährige Erfassbarkeit. Ebenso spielt die Phänologie bei der Einschätzung von Deckungswerten eine geringere Rolle. Idealerweise erfolgt eine Erfassung im Winterhalbjahr, wobei Dünenbereiche mit wenig Zeitaufwand großflächig beurteilt werden können. Die Ergebnisse aus den räumlichen Verteilungen der verschiedenen Flechtengemeinschaften zeigen, dass mit der Alterung von Dünen ohne Störung eine Sukzession über flechtenartenreiche Magerrasen-Stadien über *Cladonia*-reiche Stadien zu flechtenarmen Stadien erfolgt (vgl. Kap. 9.4). Der Vergleich mit den historischen Daten zeigt die enorme Verschiebung der Entwicklungsstadien der Dünen auf allen Inseln von vorherrschenden flechtenfreien Weißdünen und jungen Graudünen zu stark vergrasteten Magerrasen und artenarmen Küstenheiden. Bei einer starken Windausblasung gibt es mittelfristig bis langfristig stabile offene Dünenbereiche. Für eine mittel- oder langfristige Erhaltung sind die Prognosen für flechtenreiche Dünenbereiche günstiger als für bereits stark vergrastete Bereiche. Die Präsenz konkurrenzschwacher Flechtenarten ist ein Indikator für einen guten Erhaltungszustand.

Die Flechtenarten lassen sich hierfür nach der Konkurrenzfähigkeit zu 3 Gruppen zusammenfassen. Eine Auftrennung der Indikatorgruppen für Braun- und Graudüne ist sinnvoll.

Geringe Konkurrenzfähigkeit:

Graudüne: *Cetraria aculeata*, *Cladonia fimbriata*, *Cladonia pyxidata* ssp. *pocillum*, *Peltigera canina*, *Peltigera didactyla*, *Peltigera hymenina*, *Peltigera neckeri*, *Peltigera rufescens* sowie an windexponierten Stellen in Graudünen *Diploschistes muscorum*, *Hypogymnia physodes* und andere sonst epiphytische Blatt- und Strauchflechten

Braundüne: *Cetraria aculeata*, *Cetraria muricata*, *Cladonia coccifera*, *Cladonia macilenta* ssp. *floerkeana*, *Cladonia zopfii*, *Placynthiella oligotropha*, *Placynthiella uliginosa*, *Trapeliopsis granulosa*

Mittlere Konkurrenzfähigkeit:

Grau- und Braundüne: *Cladonia cervicornis* ssp. *cervicornis*, *Cladonia foliacea*, *Cladonia pyxidata* ssp. *grayi*, *Cladonia ramulosa*

Graudüne: *Cladonia furcata* ssp. *subrangiformis*, *Cladonia humilis*, *Cladonia rangiformis*, *Cladonia scabriuscula* -

Braundüne: *Cladonia arbuscula*, *Cladonia gracilis*, *Cladonia uncialis*,

Hohe Konkurrenzfähigkeit:

Grau- und Braundüne: *Cladonia furcata* ssp. *furcata*, *Cladonia ciliata*, *Cladonia portentosa*

Diese Gruppierungen nach der Konkurrenzfähigkeit der Erdflechtenarten lassen sich möglicherweise mit der Skala der Erhaltungszustände parallelisieren. Als Leitbild für eine optimale Ausbildung von Dünenmagerrasen wird eine lückige und offene Struktur der Bestände ohne großflächige artenarme Dominanzbestände angenommen. Eine natürliche Sukzession und zurückliegende anthropogene Einflüsse werden dabei ausgeblendet. Nach diesen Annahmen kann das Fehlen von Erdflechten als schlechter Erhaltungszustand gewertet werden. Beständen mit Präsenz von Flechtenarten geringer Konkurrenzfähigkeit kann dagegen ein sehr guter Erhaltungszustand zugewiesen werden.

Als guter Erhaltungszustand kann ein Vorherrschen von Arten mittlerer Konkurrenzfähigkeit und ein hoher Deckungswert von Erdflechten über die starke Präsenz von *Cladonia*-Arten gewertet werden. *Cladonia furcata* ssp. *furcata*, *Cladonia ciliata* und *Cladonia portentosa* treten dabei auch in den artenreichen Dünenbereichen auf, denen ein sehr guter oder guter Erhaltungszustand zugeordnet wurde. Eine deutliche Verschlechterung des Erhaltungszustand bezieht sich auf Dünenbereiche, in denen ausschließlich diese drei Arten und meist in geringer Deckung auftreten.



Abbildung 23: Beispiele für konkurrenzschwache Erdflechtenarten

oben links: *Cladonia pyxidata* ssp. *pocillum*; oben rechts: *Cetraria aculeata*;
Mitte links: *Peltigera neckeri*; Mitte rechts: *Peltigera canina*;
unten links: *Cladonia coccifera*; unten rechts: *Cladonia macilenta* ssp. *floerkeana*

Bemerkenswert ist die offensichtlich geringe Konkurrenzfähigkeit der relativ großblättrigen *Peltigera*-Arten. Diese sind nach den Kartierungsergebnissen stark auf dynamische, junge Dünenbereiche beschränkt. Ein weiteres Habitat für *Peltigera*-Arten stellen Anrisse, Trittstellen und sonstige Störstellen entlang von Wegen oder im Siedlungsbereich dar. Die Vorkommen an solchen Störstellen zeigen, dass konkurrenzarme Nischen sehr effektiv

besiedelt werden können aber auch, dass in großen Dünenbereiche entsprechende Habitatbedingungen nicht gegeben sind. Die Präsenz von *Peltigera*-Arten entlang von Wegen oder im Siedlungsbereich spricht nicht gegen deren Eignung als Indikatoren für strukturierte Dünenbereiche sondern über deren geringe Konkurrenzfähigkeit für eine Eignung als empfindliche Indikatoren für Veränderungen in Sand-Magerrasen.

Des Weiteren sind Flechtenbestände von *Cladonia rangiformis* und *Cladonia furcata* ssp. *subrangiformis* im Übergang von Salzwiese zu Dünen ein guter Indikator für naturnahe Übergänge. Möglicherweise haben Veränderungen in der Struktur von Salzwiesen durch Aufgabe der Beweidung negative Auswirkungen auf diese Bestände durch Reduzierung der Dynamik oder verstärkte Teek-Ablagerungen.

11.2 Erdflechten als Trennarten für die weitere Untergliederung von TMAP-Typ X.5

Für eine weitere Untergliederung von TMAP-Typ X.5 in Magerrasen basenreicher Standorte (Graudünen-Magerrasen) und Magerrasen, basenarmer Standorte (Braundünen-Magerrasen) lassen sich die Bodenflechten als zusätzliche und artenreiche Gruppe verwenden. Es gibt sowohl für die Graudünen als auch für die Braundünen kennzeichnende Erdflechten-Arten. Die geeigneten Trennarten sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Eine Auftrennung der Magerrasen nur anhand der Präsenz von Cladonien (wie DRACHENFELS 2004) ist kein geeignetes Vorgehen. Große Bereiche vergraster Dünen ohne Flechten lassen sich nicht eindeutig der Braun- oder Graudüne zuordnen.

11.3 Flechten als Indikatoren für die Luftqualität

Die Kartierungsergebnisse und der Vergleich mit den historischen Daten zeigen den starken Wandel der Flechtenflora innerhalb der letzten 100 Jahre. Als Indikatoren für die Luftqualität wurden in den vergangenen Jahrzehnten vor allem epiphytische Flechtenarten herangezogen. Für die epiphytische Flechtenflora der Ostfriesischen Inseln lässt sich das typische Bild einer durch hohe SO₂-Emissionen geprägten Artenzusammensetzung erkennen. Die festgestellten Veränderungen in der Epiphytenflora sind weitgehend als Anpassungen an die durch die enorme Reduzierung der SO₂-Emission und den Globalen Klimawandel veränderten Umweltbedingungen zu interpretieren. Die Bestandsentwicklung von Indikatoren für eine erhöhte Stickstoffbelastungen lässt sich durch das Fehlen geeigneter Vergleichsdaten nicht sicher festzustellen bzw. werden von den in Kapitel 10.8 genannten Faktoren überlagert.

Für gängige Monitoringverfahren (z.B. WIRTH & KIRSCHBAUM 1995) an freistehenden Bäumen fehlen auf vielen Inseln die notwendigen Trägerbäume.

Die Flechtenflora der Holundergebüsche muss als extrem empfindlich gegenüber externen Stickstoffeinträgen eingeschätzt werden. Die natürlicherweise basenreiche, schwammige Borke von Holunder wird schon bei geringen Nährstoffeinträgen von Grünalgen besiedelt. Ebenso sind die Flechtenbestände der Grauweidengebüsche als gut Indikatoren von Luftqualitätsveränderungen einzuschätzen.

12. Schutzziele und Maßnahmen für den Flechtenartenschutz

12.1 Schutzziele für den Flechtenartenschutz

Aus den Kartierungsergebnissen lassen sich als Schutzziele die aktuell für die Ostfriesischen Inseln wichtigsten Habitate herausstellen. Deren Erhalt kommt eine besondere Bedeutung für die Artendiversität und das Vorkommen gefährdeter Flechten zu. Genauere Angaben zu den für den Flechtenschutz wichtigsten Bereichen und erkennbaren Konflikten für die einzelnen Inseln sind den Berichten im Anhang B zu entnehmen.

- Erhalt der artenreichen Erdflechten-Bestände der Sand-Magerrasen basenreicher und basenarmer Standorte
- Erhalt der artenreichen Epiphytenbestände der Weidengebüsche in den im Winterhalbjahr oder ganzjährig überstauten Dünentälern
- Erhalt der artenreichen Epiphytenbestände an älteren, freistehenden Bäumen im Siedlungsbereich
- Erhalt der artenreichen Epiphytenbestände an älteren Holundern in windgeschützter Lage
- Erhalt der artenreichen Gesteinsflechtenbestände alter Backsteinmauern, alter Gebäude, alter Grabstellen, Walknochen und Denkmäler
- Erhalt einer artenreichen Gesteinsflechtenflora an Steinschüttungen im Gezeitenbereich
- Erhalt der Flechtenbestände an bearbeitetem Holz alter Eichen-Spaltholz-Zaunpfähle

12.2 Maßnahmen für die Erhalt des Arteninventars und der Artendiversität

Für eine Habitatverbesserung und mittelfristige Sicherung von Populationen gefährdeter Flechtenarten sind folgende Maßnahmen geeignet.

Erdflechten

- Förderung der natürlichen Sandumlagerungsdynamik durch Dünenneubildungen und Wind. Zurückdrängen des Gehölzaufwuchses in älteren Dünenbereichen vor allem im Umfeld der als „artenreiche Braundüne“ erfassten Dünenbereiche. Verhinderung einer weiteren Verbuschung, der Zunahme von Krähenbeerbeständen oder Vergrasung
- Verjüngung der *Calluna*-Heide auf Wangerooge und großflächiger Krähenbeer-Dominanzbestände auf den anderen Inseln möglichst durch Abplaggen
- Öffnung stark vergraster Dünenbereiche möglichst im Umfeld noch vorhandener „Relikt-Erdflechtenbestände“ für einen mittelfristigen Erhalt von Erdflechtenarten (z.B. Billdünen auf Juist)
- Vermeidung der Überlagerung von artenreichen Erdflechtenbeständen durch Aufschüttung künstlicher Verstärkungsdünen (Juist, Langeoog). Erhebliche Veränderung der Habitatbedingungen sind auch im Umfeld der Sandaufschüttungen festzustellen
- Entfernung kleinerer Kiefernplantagen und sonstiger standortfremder Gehölzplantagen in den Dünen und Rück-Entwicklung von Magerrasen

- Verzicht auf Einbringung standortfremder Gehölzarten wegen der Gefahr eines verstärkten Gehölzaufwuchses in den Dünen (z.B. Waldlehrpfad auf Borkum). Verzicht auf weitere Aufforstungen

Epiphyten

- Förderung der Bäumbestände in den Siedlungsbereichen durch Neupflanzungen vor allem von Eschen und Ulmen. Markante ältere Einzelbäume sollten von aufkommendem Unterwuchs freigestellt werden (z.B. Parkanlagen Norderney)
- Umbau der flechtenarmen Nadelholz-Pflanzungen und standortfremder Anpflanzungen in naturnähere Laubwaldbestände

Gesteinsflechten

- Verzicht auf Bitumen oder Beton zur Befestigung der Steinschüttungen. Bevorzugung von hartem silikatischem Gestein (Sandstein, Granit) für die Steinschüttungen der Küstenschutzbauwerke
- Verzicht auf Oberflächenreinigungen alter Mauern, Denkmäler und Grabstellen sowie Berücksichtigung und Schonung der Gesteinsflechtenbestände bei Restaurierungsarbeiten

Flechten auf bearbeitetem Holz

- Bevorzugung von Eichen-Holzpfählen bei der Erneuerung von Zäunen. Verzicht auf Anstrich der Holzpfähle

13. Zusammenfassung

Die Flechtenbestände der Ostfriesischen Inseln ohne Mellum und Memmert wurden 2008/2009 flächendeckend und getrennt nach Habitattypen erfasst. Zusätzlich wurde die Flächenausdehnung erdflechtenreicher Dünen ermittelt.

Der aktuelle Artenbestand beträgt 246 Flechtenarten für die gesamte Inselgruppe. Die aktuellen Artenzahlen für die einzelnen Inseln liegen zwischen maximal 172 Arten (Borkum) und minimal 120 Arten (Baltrum). Insgesamt wurden 77 in Niedersachsen und 58 in Deutschland als gefährdet eingestufte Flechtenarten nachgewiesen. Norderney, Borkum und Spiekeroog sind die Inseln mit den höchsten Anzahlen gefährdeter Arten. Im Vergleich mit den historischen Daten sind 47 Flechtenarten auf der Inselgruppe verschollen. Gegenüber dem Zustand um 1900 hat sich die Artenzahl für die Inselgruppe und für die einzelnen Inseln verdoppelt. Der starke Artenzuwachs ist auf ein stark erweitertes Habitatspektrum für Flechten durch die Zunahme von Gesteinsstandorten im Siedlungsbereich und die Entwicklung von Inselwäldchen zurückzuführen. Demgegenüber steht ein sehr geringer Verlust von für Flechten bedeutsamer Habitate seit 1900.

Sukzessionsprozesse führen seit 1900 zu einer deutlichen Zunahme von Gehölzbeständen und damit zu einer Neuansiedlung für diese Habitate typischer Flechtenarten. Für die offenen Dünenbereiche ist seit 1900 zunächst von einer deutlichen Flächenzunahme flechtenreicher Dünen durch eine zunehmende Festlegung offener Sandflächen auszugehen. Durch eine mit fortschreitender Sukzession einsetzende Vergrasung und Verbuschung ist in den letzten Jahrzehnten eine deutliche Flächenabnahme erdflechtenreicher Dünen festzustellen, die nicht durch Neubildung von Dünen ausgeglichen wird. Der Flächenanteil flechtenreicher Dünen an den offenen Dünenbereichen beträgt aktuell 37% für die gesamte Inselgruppe. Spiekeroog weist mit 49% den höchsten, Juist mit 6% den geringsten Flächenanteil flechtenreicher Dünen auf. Erdflechten eignen sich aufgrund ihrer geringen Konkurrenzkraft gegenüber Gefäßpflanzen als empfindliche Indikatoren für eine Beurteilung der Habitatqualität.

Ob ein externer Nährstoffeintrag Auswirkungen auf die Flechtenflora der Ostfriesischen Inseln hat ist anhand der vorliegenden Daten nicht zu beantworten. Unter den epiphytischen Arten sind deutliche Artenverschiebungen seit 1900 zu verzeichnen, die jedoch weitgehend mit der Versauerung der Borkenoberflächen durch SO_2 -Belastungen zu erklären sind. Als Indikatoren für einen Nährstoffeintrag bewertete Flechtenarten basenreicher Borken (vgl. VAN HERK 1999) treten auf den Inseln natürlicherweise auf Holunder und Weiden-Arten auf, zudem ist mit der aerosolisierten Salzeinwirkung ein natürlicher Nährstoffeintrag und eine Erhöhung der pH-Werte von Borkenoberflächen verbunden. Die Situation auf den Inseln ist damit nicht mit Untersuchungen auf dem Festland vergleichbar. Eine Auswirkung externer Nährstoffeinträge auf die epiphytischen Flechten der Holunder- und Weidengebüsche ist sehr wahrscheinlich, anhand der vorliegenden Vergleichsdaten jedoch nicht belegbar.

Eine Ansiedlung wärmeliebender Arten und ein deutlicher Rückgang boreal-montan verbreiteter Arten ist auf den Ostfriesischen Inseln deutlich festzustellen. Bei näherer Betrachtung ist der Rückgang boreal-montan verbreiteter Art jedoch sehr stark mit dem Verlust des Habitattyps bearbeitetes Holz verbunden. Die Mehrzahl der wärmeliebenden, südlich verbreiteten Arten konnte sich in Weidengebüschen und Laubwäldchen in luftfeuchten, windgeschützten Lagen ansiedeln; Habitate die um 1900 in dieser Form noch nicht vorhanden waren. Zudem profitieren die als wärmeliebend eingestuften Arten von der erheblichen Reduzierung der SO_2 -Belastung. Unter den Erdflechten lassen sich aus den vorliegenden Daten keine mit klimatischen Veränderungen korrelierbare Bestandstrends erkennen. Eine für das angrenzende Festland nachgewiesene Verschiebung des Artenspektrums von boreal-montan verbreiteten Sippen zu wärmeliebenden südlich verbreiteten Sippen (VAN HERK & APTROOT 2004, DE BRUYN

2000) ist auch für die Ostfriesischen Inseln sehr wahrscheinlich. Die Bestandsveränderungen sind durch Habitatveränderungen jedoch stark überlagert.

Mit der vorliegenden Untersuchung liegt eine gute Datenbasis für die Beurteilung zukünftiger Bestandsveränderungen bei den Flechten vor. Für die Beurteilung von Veränderung der Luftqualität und möglicher Nährstoffeinträge ist aufgrund der besonderen Situation auf den Ostfriesischen Inseln eine detailliertere Bestandserfassung an Referenzstandorten (Monitoring) notwendig. Für ein Monitoring der Erdflechtenbestände bietet sich eine detaillierte Berücksichtigung der Flechten an den bestehenden Daueruntersuchungsflächen in Sandmagerrasen und Dünenheiden an. Möglicherweise sind die Erdflechtengemeinschaften „artenreiche Braundüne“ und „*Peltigera*-reiche Graudüne“ im bestehenden Dauerflächennetz nicht ausreichend repräsentiert. Für ein Monitoring der Lüftung sind zusätzliche Referenzstandorte an freistehenden Bäumen, in Grauweiden- und Holundergebüschern notwendig.

14. Quellen

- APTROOT, A. & VAN HERK, C.M. (2007): Further evidence of the effects of global warming on lichens, particularly those with *Trentepohlia* phycobionts. - *Environmental Pollution* 146: 293-298.
- APTROOT, A., C.M. VAN HERK, L.B. SPARRIUS & J.L. SPIER (2005): Checklist van de nederlandse korstmossen en korstmosparasieten – *Buxbaumia* 69: 17-55.
- ARUP, U. (2009): The *Caloplaca holocarpa* group in the Nordic countries, except Iceland - *The Lichenologist*: 41:111-130.
- BIERMANN, R. (1999): Vegetationsökologische Untersuchungen der *Corynephorus canescens*-Vegetation der südlichen und östlichen Nordseeküste sowie der Kattegatinsel LΦsp unter besonderer Berücksichtigung von *Campylopus introflexus*. – *Mitt. Arb. Geobotank in Schleswig-Holstein und Hamburg* 59: 1-148.
- BRAND, A. M. & R. KETNER-OOSTRA (1983): LICHENS. - Survey of the lichen flora of the larger Wadden Sea islands and coastal areas. – In: DIJKEMA, K. S. & WOLFF, W. J. (eds.): *Flora and vegetation of the Wadden Sea islands and the coastal areas*: 73-84, 400-411. Rotterdam.
- BRAND, A. M. (1977): Field observations on the isles Juist, Norderney, Langeoog, Nordstrand, Sylt, Man and Fan. – Unveröff. Manuskript, Daten zitiert in: BRAND, A. M. & R. KETNER-OOSTRA (1983).
- BRAND, A. M. (1978): Field observations on Borkum. – Unveröff. Manuskript, Daten zitiert in: BRAND, A. M. & R. KETNER-OOSTRA (1983).
- DE BRUYN, U. (2000): Zur aktuellen Verbreitung epiphytischer Flechten im nördlichen Weser-Ems-Gebiet. – *Oldenb. Jahrb.* 100: 281-318.
- DE BRUYN, U. (2001): Zur aktuellen Verbreitung epiphytisch auftretender lichenicoler und nicht lichenisierter flechtenähnlicher Pilze im nördlichen Weser-Ems-Gebiet. – *Drosera* 01: 183-188.
- DE BRUYN, U. (2005): Veränderungen der Flechtenflora der Insel Spiekeroog seit 1900. – *Drosera* 05: 75-88.
- DE BRUYN, U. (2008): Die Flechten der Ostfriesischen Inseln. – *Schriftenreihe Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer* 11: 73-80.
- ERICHSEN, C. F. E. (1939): Neue und kritische deutsche Lichenen – *Mitt. Inst. allg. Bot. Hamburg* 10: 418-425.
- ERICHSEN, C. F. E. (1940): Lichenologische Beiträge 3. – *Ann. Myc.* 38: 303-331.
- ERICHSEN, C. F. E. (1942): Neue dänische Flechten – *Ann. Myc.* 40: 140-149.
- ERICHSEN, C. F. E. (1943): Neue Flechtenfunde aus Schleswig-Holstein und dem nordwestdeutschen Tiefland 1. – *Ann. Myc.* 41: 196-213.
- ERICHSEN, C. F. E. (1957): *Flechtenflora von Nordwestdeutschland*. - Stuttgart. 411S.
- GÜNZL (2004): Erdflechten und ihre Gesellschaften in Nordhessen mit besonderer Berücksichtigung der morphologischen und genetischen Variabilität bei *Cladonia furcata* (Hudson) Schrader. – *Diss. Univ. Göttingen*, 242 S. & Anhang.
- HAUCK, M. & U. DE BRUYN (2010): Rote Liste und Gesamtartenliste der Flechten in Niedersachsen und Bremen. 2. Fassung, Stand 2009.
- HAUCK, M. (1992): Rote Liste der gefährdeten Flechten in Niedersachsen und Bremen. - *Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen* 12: 1-44.
- HAUCK, M. (1996): Die Flechten Niedersachsens. - Bestand, Ökologie, Gefährdung und Naturschutz. – *Naturschutz Landschaftspfl. Niedersachs.* 36: 1-208. Hannover.
- HAUCK, M., U. DE BRUYN, V. WIRTH, L. SPARRIUS, H. THÜS & M. PREUSSING (2009): New or interesting records of lichen-forming and lichenicolous fungi from Lower Saxony, Germany. - *Herzogia* 22: 109-116.

- KIRSCHBAUM, U. & WIRTH, V. (1995): Flechten erkennen - Luftgüte bestimmen. – Stuttgart (Ulmer) 128 S.
- KLEMENT, O. (1953): Die Flechtenvegetation der Insel Wangerooge. – Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh. 2: 146-214.
- MASSON, D. (2005): Taxonomie, écologie et chorologie des espèces françaises des genres *Hypotrachyna* et *Parmelinopsis* (Ascomycota lichénisés, Parmeliaceae). – Cryptogamie, Mycologie 26 : 205–263, Paris.
- MÜHL, M. (1993): Zur Systematik der Krähenbeerheiden auf den ostfriesischen Inseln. – Drosera **93**: 11-32.
- PAUS, S. M. (1997): Die Erdflechtenvegetation Nordwestdeutschlands und einiger Randgebiete. – Bibl. Lichenol. 66, 222 S., Berlin.
- PETERSEN, J. & R. POTT (2005): Ostfriesische Inseln. Landschaft und Vegetation im Wandel. - Schriften zur Heimatpflege des Niedersächsischen Heimatbundes e.V. **15**: 1-160 + Karten
- SANDSTEDE, H. (1892): Die Lichenen der ostfriesischen Inseln. – Abh. Naturw. Ver. Bremen. **12**: 173-204.
- SANDSTEDE, H. (1900): Die Lichenen der ostfriesischen Inseln (Nachtrag). – Abh. Naturw. Ver. Bremen **16**: 472-492.
- SANDSTEDE, H. (1906): Die Cladonien des nordwestdeutschen Tieflandes und der deutschen Nordseeinseln. – Abh. Naturw. Ver. Bremen **18**: 384-456.
- SANDSTEDE, H. (1912): Die Flechten des nordwestdeutschen Tieflandes und der deutschen Nordseeinseln. – Abh. Naturw. Ver. Bremen **21**: 9-243.
- SCHOLZ, P. (2000): Katalog der Flechten und flechtenbewohnenden Pilze Deutschlands. – Schriftenreihe Vegetationskunde. **31**: 1-298.
- SMITH, C. W., APTROOT, A., COPPINS, B. J., FLETCHER, A., GILBERT, O. L., JAMES, P. W. & WOLSELEY, P. A. (2009): The Lichens of Great Britain and Ireland. – 1046 S., British Lichen Society, London.
- SPIER, L. & A. APTROOT (2007): *Cladonia rei* is a chemotype and synonym of *Cladonia subulata*. - The Lichenologist: **39**:1:57-60
- VAN DEN BOOM, P.P.G & BRAND, A. M. (2008): Some new *Lecanora* species from western and central Europe, belonging to the *L. saligna* group, with notes on related species. – The Lichenologist **40**: 465-497.
- VAN HERK, C.M. & A. APTROOT (2004): Veldgids Korstmossen. 423 S. Uitgeverij KNNV, Utrecht.
- VAN HERK, C.M. (1999): Mapping of ammonia pollution with epiphytic lichens in the Netherlands. - Lichenologist 31: 9-20.
- VAN HERK, C.M., APTROOT, A. & VAN DOBBEN, H.F. (2002): Long-term monitoring in the Netherlands suggests that lichens respond to global warming. - Lichenologist 34: 141-154.
- WIEMANN, P. & W. DOMKE (1967): Pflanzengesellschaften der ostfriesischen Insel Spiekeroog. – Mitt. Staatsinst. Allgem. Bot. Hamburg 12: 191-353.
- WIRTH, V., H. SCHÖLLER, P. SCHOLZ, G. ERNST, T. FEUERER, A. GNÜCHTEL, M. HAUCK, P. JACOBSEN, V. JOHN, & B. LITTERSKI. (1996): Rote Liste der Flechten (Lichenes) der Bundesrepublik Deutschland. - Schriftenreihe Vegetationskunde. **28**: 307-368.
- WIRTH, V., V. BRACKEL, W., DE BRUYN, U., CEZANNE, R., DÜRHAMMER, O., EICHLER, M., GNÜCHTEL, A., HAUCK, M., LITTERSKI, B., OTTE, V., SCHIEFELBEIN, T., SCHULTZ, M., STORDEUR, R., FEUERER, T., HEINRICH, H., JOHN, V., SCHOLZ, P., GUDERLEY, E. (in prep.): Rote Liste und Artenverzeichnis der Flechten und flechtenbewohnenden Pilze Deutschlands

15. Anhang

Anhang A - Tabellen

- Tabelle A1: Gesamtartenliste der aktuell nachgewiesenen Flechtenarten
- Tabelle A2: Vergleich mit Literaturdaten und Bestandstrends
-

Anhang B - Geländeprotokolle

- Borkum
- Juist
- Norderney
- Baltrum
- Langeoog
- Spiekeroog
- Wangerooge

Anhang C - Nachweiskarten

- Nachweiskarten für alle nachgewiesenen Flechtenarten auf Basis der Minutenfelder
- Karten der einzelnen Inseln zu den Vorkommen der Erdflechten (wichtige Bereiche) und der gefährdeten Flechtenarten