

Abhandlungen
aus dem
Westfälischen Museum
für Naturkunde

61. Jahrgang · 1999 · Beiheft

Michael Peters und Richard Pott

Natur und Tourismus auf Norderney

Westfälisches Museum für Naturkunde Münster



Landschaftsverband
Westfalen-Lippe

Hinweise für Autoren

In der Zeitschrift **Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde** werden naturwissenschaftliche Beiträge veröffentlicht, die den Raum Westfalen betreffen.

Druckfertige Manuskripte sind an die Schriftleitung zu senden.

Aufbau und Form des Manuskriptes

1. Das Manuskript soll folgenden Aufbau haben: Überschrift, darunter Name (ausgeschrieben) und Wohnort des Autors, Inhaltsverzeichnis, kurze Zusammenfassung in deutscher Sprache, klar gegliederter Hauptteil, Literaturverzeichnis (Autoren alphabetisch geordnet), Anschrift des Verfassers.
2. Manuskriptblätter einseitig und weitzeilig in Maschinenschrift.
3. Die Literaturzitate sollen enthalten: Autor, Erscheinungsjahr, Titel der Arbeit, Name der Zeitschrift in den üblichen Kürzeln, Band, Seiten; bei Büchern sind Verlag und Erscheinungsort anzugeben.

Beispiele:

KRAMER H. (1962): Zum Vorkommen des Fischreihers in der Bundesrepublik Deutschland. – J. Orn. **103**: 401-417.

RUNGE, F. (19B2): Die Naturschutzgebiete Westfalens und des früheren Regierungsbezirks Osnabrück. 4. Aufl. – Aschendorff, Münster. Bei mehreren Autoren sind die Namen wie folgt zu nennen:

MEYER, H., A. HUBER & F. BAUER (1984): . . .

4. Schrifttypen im Text:

einfach unterstrichen = **Fettdruck**

unterstrichelt oder gesperrt = **Sperddruck**

wissenschaftliche Art- und Gattungsnamen sowie Namen von Pflanzengesellschaften untersträngeln = *Kursivdruck*

Autorennamen in GROSSBUCHSTABEN / KAPITÄLCHEN

Abschnitte, die in Kleindruck gebracht werden können, an linken Rand mit „petit“ kennzeichnen.

Abbildungsvorlagen

5. Die Abbildungsvorlagen (Fotos, Zeichnungen, grafische Darstellungen) müssen bei Verkleinerung auf Satzspiegelgröße (12,6 x 19,7 cm) gut lesbar sein. Größere Abbildungen (z. B. Vegetationskarten) können nur in Ausnahmefällen nach Rücksprache mit der Schriftleitung gedruckt werden.
6. Fotos sind in schwarzweißen Hochglanzabzügen vorzulegen.
7. Die Beschriftung der Abbildungsvorlagen muß in Anreibebuchstaben auf dem Original oder sonst auf einem transparenten Deckblatt erfolgen.
8. Die Unterschriften zu den Abbildungen sind nach Nummern geordnet (Abb. 1, Abb. 2 . . .) auf einem separaten Blatt beizufügen.

Korrekturen

9. Korrekturfahnen werden dem Autor einmalig zugestellt. Korrekturen gegen das Manuskript gehen auf Rechnung des Autors.

Für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren allein verantwortlich.

Jeder/s Autor/Autorenteam erhält 50 Freixemplare/Sonderdrucke seiner Arbeit. Liegen die Herstellungskosten (incl. Mehrwertsteuer) pro Exemplar über 30,- DM, so verringert sich die Anzahl der Freixemplare auf 30 Stück, bei Produktionskosten über 50,- DM auf 20 Stück.

Schriftleitung Abhandlungen:

Dr. Brunhild Gries

Westfälisches Museum für Naturkunde

Sentruper Straße 285

48161 Münster

Abhandlungen
aus dem
Westfälischen Museum
für Naturkunde

61. Jahrgang · 1999 · Beiheft

Michael Peters und Richard Pott

Natur und Tourismus auf Norderney

Westfälisches Museum für Naturkunde
Landschaftsverband Westfalen-Lippe
Münster 1999

Für die finanzielle Unterstützung der Drucklegung danken wir folgenden Institutionen:

- Stadt Norderney
- Stadtwerke Norderney
- Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück



Impressum

Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde

Herausgeber: Dr. Alfred Hendricks
Landschaftsverband Westfalen-Lippe
Westfälisches Museum für Naturkunde
Sentruper Str. 285, 48161 Münster
Telefon; 02 51 / 5 91-05, Telefax: 02 51 / 5 91 60 98

Druck: Druckhaus Cramer, Münster

Schriftleitung: Dr. Brunhild Gries

© 1999 Landschaftsverband Westfalen-Lippe

ISSN 0175-3495

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil der Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung des Landschaftsverbandes Westfalen-Lippe reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Natur und Tourismus auf Norderney

Michael Peters und Richard Pott, Hannover

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
2. Die Naturräumlichen Gegebenheiten als Grundlage für Raumnutzungskonzepte	7
2.1 Entstehung und Veränderung der Nordseeinseln	7
2.1.1 Die Meeresstransgression im südlichen Nordseebecken seit dem Weichsel-Hochglazial	7
2.1.2 Die Entwicklung der Barriere-Inseln (Wattenmeer-Insel-System) ..	9
2.2 Dynamik der Nordseeinseln	12
2.2.1 Geomorphodynamik als Grundlage für die Einzigartigkeit von Barriere-Inseln	12
2.2.2 Veränderungen auf Norderney in den letzten Jahren und Jahrhunderten	18
2.3 Die natürlichen Landschafts- und Vegetationskomplexe einer Wattenmeer-Insel	21
2.3.1 Dünen und ihre Vegetation	22
2.3.2 Dünentäler und ihre Vegetation	33
2.3.3 Salzwiesen und ihre Vegetation	38
2.4 Einbürgerungen und Veränderungen der Flora und Vegetation auf den Wattenmeer-Inseln in historischer Zeit	46
2.5 Wasser und Boden auf den Wattenmeer-Inseln	48
2.6 Ergebnisse gewässer- und bodenkundlicher Untersuchungen auf Norderney	49
3. Biodiversität und Biotopvielfalt von Norderney	53
3.1 Grundlagen	53
3.2 Klassifikation der schützenswerten Biotoptypen als Basis für eine künftige Planung nach Naturschutzrichtlinien	54
3.3 Natürlichkeit als Maßstab und andere Bewertungskriterien zum Schutz der Insellandschaft von Norderney	55
4. Die Insel als Kulturlandschaft	58
4.1 Allgemeine Bemerkungen zur Besiedlung der Inseln	58
4.2 Entwicklung von Norderney als Siedlung und als Staatsbad	59
4.3 Der Nationalpark und seine Schutzzonen	63
5. Der Tourismus auf der Insel Norderney	63
5.1 Entwicklung des Tourismus	63
5.2 Tourismus und Mobilität	66

5.3	Das Verhalten der Touristen auf der Insel	67
5.4	Fremdenverkehr als räumlicher Faktor	69
6.	Auswirkungen des Tourismus auf die freie Insellandschaft	70
6.1	Vegetation	70
6.1.1	Wegrandbereiche	70
6.1.2	Aufgelassene Pfade	77
6.2	Stickstoffmessungen in den Böden im Wegrandbereich	79
7.	Zoogene Einflüsse als Faktoren der Landschaftsgestaltung	84
7.1	Der Einfluß des Wildkaninchens auf die Vegetationsdecke	84
7.1.1	Verbreitung, Ökologie und das Populationsverhalten des Wildkaninchens	84
7.1.2	Fraßverhalten und Nahrungswahl des Wildkaninchens	86
7.1.3	Merkmale beweideter Dünenlandschaften	87
7.1.4	Spezielle Ergebnisse zu Norderneyer Vegetationsveränderungen als Folge der Beweidung durch Kaninchen	88
7.1.5	Schädigung und Regenerationsleistung ausgewählter Dünengesellschaften	92
7.1.6	Das Nahrungsinteresse des Wildkaninchens an ausgewählten Dünenarten in Abhängigkeit vom Gesellschaftsbestand	93
7.2	Der Einfluß der traditionellen Salzwiesenbeweidung auf die Vegetationsdecke	95
8.	Die natürliche und naturnahe Gehölzvegetation der Tertiärdünenlandschaften als Basis für die künftige Landschaftsplanung und Wiederherstellung naturnaher Bedingungen auf Norderney	95
8.1	Natürliche Gehölzartenkombination der Inselwälder und -gebüschs sowie Pflanzungen außerhalb der Stadt	96
8.1.1	Verbuschung der Krähenbeer-Inselheiden vom Typ des <i>Hieracio-Empetretum</i> und die weitere Sukzession in trockenen Dünenbereichen	97
8.1.2	Birkenaufwuchs (<i>Betula pubescens</i> -Gesellschaft)	98
8.1.3	Schwarzerlen- (<i>Alnus glutinosa</i> -)Pflanzungen	100
8.1.4	Stieleichen- (<i>Quercus robur</i> -)Bestände	100
8.2	Pflanzungen und natürliche Kombinationen von Gehölzen und deren Auswirkungen auf das Vegetations- und Landschaftsbild	101
9.	Der Städtische Lebensraum auf Norderney im Konfliktbereich zwischen Naturnähe, Natürlichkeit und urban-industriellen Bedürfnissen	106
9.1	Standortfaktoren des Stadtbereiches	106
9.2	Gliederung des Stadtgebietes in Flächenstrukturtypen	107
9.2.1	Die Flächenstrukturtypen und ihre Vegetation	108
9.2.2	Spezielle Fragen zum Kurpark und zum Argonner Wäldchen	115
9.2.3	Ökosystemare Aspekte der Schwarzkiefer- (<i>Pinus nigra</i> -)Forsten, der Pappel-Erlen- und der Eichenforsten	121
9.2.4	Die Vegetation der Dünen im Stadtgebiet und der Randdünen	123

9.3 Bewirtschaftung der Grundwasserlinse	126
9.3.1 Grundwasserstandsmessungen an Peilbrunnen	127
9.3.2 Ermittlung von Vegetationsveränderungen in grundwassernahen Bereichen (Dünentäler) aus Kartenvergleichen	130
9.3.3 Rückschlüsse auf Grundwasserstandsänderungen	130
10. Ein zusammenfassendes Konzept einer umweltgerechten Raumnutzung ...	133
10.1 Synthese der anthropo-zoogenen Einflüsse	134
10.2 Hinweise zur Verringerung und Vermeidung negativer Auswirkungen auf die freie Insellandschaft	140
10.3 Hinweise zur Pflege der Vegetation im Stadtgebiet	143
10.3.1 Erhaltung und Förderung der ein- bis zweijährigen Ruderalgesell- schaften	143
10.3.2 Pflege von Rasen und Wiesen	146
10.3.3 Erhaltung und Entwicklung des Baumbestandes	149
10.4 Hinweise zu Maßnahmen im Zusammenhang mit den Problemfeldern Versiegelung, Verkehr, Abfall, Abwasser	160
10.4.1 Versiegelung	160
10.4.2 Verkehr	161
10.4.3 Abfall- und Abwasserproblematik	163
10.5 Flächennutzungspläne der Stadt und des Küstenschutzes (Westwerk, Buhnen, Strandaufspülungen)	163
11. Zusammenfassung	166
12. Literaturverzeichnis	168

1. Einleitung

Mit diesem Forschungsprojekt wollen das Institut für Geobotanik der Universität Hannover und die Stadt Norderney in gemeinschaftlicher Arbeit die brennenden Probleme und Fragestellungen zur Fortentwicklung der Ostfriesischen Wattenmeerinseln beispielhaft für die Insel Norderney erarbeiten, um für Planungen in der Zukunft Entscheidungshilfen zu gewinnen. Es geht um ein Konzept zur künftigen Raumordnung und Raumnutzung in diesem hochsensiblen Naturraum Wattenmeer. Die nachfolgend vorgestellten Untersuchungen basieren auf zahlreichen Detailuntersuchungen und Lokalstudien auf den verschiedenen Ostfriesischen Inseln; zu nennen ist hier besonders das „Nordseegutachten“ von BUCHWALD, RINCKE & RUDOLPH (1985) und die sogenannten „Nordseebücher“ von BUCHWALD (1990,1991), POTT (1995) sowie BUCHWALD et al. (1996).

Die Studie der oben genannten Autoren zum Thema „Umweltprobleme der Ostfriesischen Inseln“ aus dem Monat Juli 1985 ist nunmehr 12 Jahre alt. Viele damalige Aussagen über die allgemeine Situation der Nordsee und des Wattenmeeres besitzen immer noch Allgemeingültigkeit und werden in der vorliegenden Arbeit deshalb auch nicht wiederholt. Das Wissen um die Sukzessionszusammenhänge der Vegetationsentwicklung sowie deren prägende Auswirkungen auf das Vegetations- und Landschaftsbild haben sich aber seither völlig erneuert. Solche Grundlagen bedürfen deshalb einer dringenden Aktualisierung, die sich dann allerdings beispielhaft auf die speziellen Belange der Insel Norderney beschränken sollte.

In der **Pilotstudie Norderney** werden Fragen von Landschafts- und Vegetationsveränderungen, die Erfassung ökosystemarer Zusammenhänge, die Probleme des Insel- und Dünschutzes, die Auswirkungen von Tourismus, die Folgen für die Grundwassersituation sowie die Ergebnisse für Flächenschutz- und Biotopsicherung bei Bauvorhaben und Fragen der Regeneration und Rekonstitution von seltenen Biotopen und Ökosystemen im einzelnen und modellhaft für die anderen Wattenmeerinseln bearbeitet.

Die Problembereiche Trinkwasserentnahme, Abwasserbeseitigung, zunehmende Versiegelung der Landschaft sind dabei in den Vordergrund gestellt. Vor dem Hintergrund der mittlerweile vorliegenden Programmentwürfe der Nationalparkverwaltung „Dünen“, „Jagd“ sowie „Salzwiesen und Polderflächen“ und „Tourismus“, die nach unserer Ansicht naturschutzfachliche Idealvorstellungen dokumentieren und dabei vernachlässigen, daß die Inseln zu einem großen Teil eine Kulturlandschaft sind, bleiben wissenschaftlich fundierte Untersuchungsergebnisse zu diesen Problembereichen dringend notwendig.

Die Autoren haben im geobotanisch-vegetationskundlichen Vergleich auf der Basis einer Dissertation von HOBOM (1991) aus dem Institut für Geobotanik der Universität Hannover die komplette floristisch-pflanzensoziologische Erfassung der Vegetation von Norderney erneut durchgeführt. Ergebnisse dieser Erforschung sind Vegetationstabellen auf Assoziationsbasis sowie Vegetationskarten, die durch boden- und gewässerkundliche Untersuchungen unter Einbeziehung physikalisch-hydrochemischer Aspekte untermauert werden. Mit Hilfe dieser Daten läßt sich ein naturwissenschaftlich fundierter Vergleich der Vegetations- und Landschaftsentwicklung der Insel erarbeiten, der modellhaft konkrete und vergleichbare Hinweise zur Vegetations- und Populationsdynamik sowie zum Sukzessionsgeschehen vor allem der Dünenlandschaften aller Ostfriesischer Inseln liefert.

Auf der Basis der Erfassung aller biotischer und abiotischer Ressourcen (z.B. Vegetation und Flora, Fauna, Wasserhaushalt, Stickstoffhaushalt, Agrarstruktur-Raumnutzung u.v.a.) und der Erfassung solcher Parameter in thematischen Karten ist die Entwicklung der „Ist-Situation“ erarbeitet und dokumentiert worden. Eine derartige ökologische Zustandsbewertung der Insel macht Belastungsbereiche und Defizite abiotischer Ressourcen und biotischer Ressourcen erkennbar. Daraus können Konzepte für Grundlagen und Ziele des Ressourcenschutzes (Vorranggebiete, Naturschutzgebiete, nutzbare Gebiete) abgeleitet werden. Diese dienen als Bemessungsgrundlage für die naturschutzfachlichen Anforderungen bei künftigen Gebiets- und Flächenplanungen.

Darüber hinaus war es nötig, die sozio-ökonomische Struktur von Norderney vor dem Hintergrund der monostrukturierten Tourismusentwicklung zu erfassen und zu bewerten. Die Auswirkungen auf die Stadtentwicklung und -planung sind dafür zu dokumentieren. Weitergehend können damit in Verflechtung mit der ökologischen Zustandsbewertung Prognosen zu den künftigen Ansprüchen an die Raumnutzung gestellt werden. Das Ziel des vorgestellten Projektes ist die Erarbeitung einer in der Stadtplanung und weiteren Ortsentwicklung von Norderney zu berücksichtigenden Konzeption für raumbeanspruchende Entwicklungen unter besonderer Würdigung der Aspekte von Natur und Landschaft. Die Konzeption soll naturgemäß auf die besonderen Verhältnisse des Untersuchungsraumes eingehen, aber auch übertragbare Grundsätze und Leitlinien für andere Inseln aufstellen.

Auf der Basis solcher ökologischer Grundlagenforschungen versprechen wir uns bei entsprechender sozio-ökonomischer bzw. anthropo-geographischer Auswertung und Landschaftsplanung eine ökologisch verträgliche und vertretbare, umsetzungsorientierte und umweltgerechte Raum- und Landnutzung in der Zukunft. Wir wollen alle oben angerissenen Fragen und Probleme von Nutzung, Tourismus und deren Abhängigkeiten bzw. deren Wechselwirkungen im Spannungsfeld zwischen Natur- und Umweltschutz und den Ansprüchen des heutigen Menschen vorstellen und modellhaft für die Insel Norderney einer Klärung näherbringen.

Im Institut für Geobotanik der Universität Hannover wurden in den letzten Jahren eine ganze Reihe verschiedener Forschungsarbeiten durchgeführt, die größtenteils in der zusammenfassenden Bearbeitung aller deutschen Nordseeinseln durch POTT (1995) nachzulesen sind und die auch hinsichtlich ihrer schützenswerten Biotoptypen nach der FFH-Richtlinie und der Habitatsdirektive 92/43 der Europäischen Union bei POTT (1996) aufgearbeitet sind. Vor einigen Jahren wurde ebenfalls eine zusammenhängende Darstellung der Vegetation auf den Westfriesischen Inseln vorgelegt (WESTHOFF & VAN OOSTEN 1991). Auf der Basis dieser vorwiegend vegetationskundlich orientierten Arbeiten soll eine allgemein gehaltene Einführung den Ergebnissen vorangestellt werden. Erst im Anschluß daran sollen die speziellen Daten unseres Projektes dargestellt werden; sie können dann besser in die allgemeinen Zusammenhänge eingefügt werden.

Für die Mitarbeit am Projekt danken wir Frau Dipl. Geogr. Karin Hachmann, Herrn Dipl. Biol. Jörg Petersen, Frau Dipl. Biol. Kathrin Rieck sowie Frau Dr. Annerose Fromke ganz herzlich. Der **Deutschen Bundesstiftung Umwelt** danken wir für die finanzielle Unterstützung des Projektes; Herrn Generalsekretär Fritz Brickwedde und Herrn Dr. Stock für ihr persönliches Engagement. Der **Stadt Norderney** danken wir für die personelle und technische Unterstützung; besonders Herr Stadtdirektor Helmut Bruns und Herr stellv. Stadtdirektor Ludwig Salverius haben unsere Untersuchungen immer hilfreich gefördert. Die Stadt Norderney hat darüberhinaus einen Druckkostenzuschuß beigesteuert. Ebenso danken wir für die persönliche Unterstützung und die finanzielle Hilfeleistung bei der Drucklegung Herrn Dipl. Ing. Heinrich Aden, dem Geschäftsführenden Leiter der **Stadtwerke Norderney**.

2. Die naturräumlichen Gegebenheiten als Grundlage für Raumnutzungskonzepte

2.1 Entstehung der Nordseeinseln

2.1.1 Die Meerestransgression im südlichen Nordseebecken seit dem Weichsel-Hochglazial

Vor der ostfriesischen und oldenburgischen Küste liegt eine Kette von sieben Düneninseln und einigen unbewohnten Sandplatten. Es sind erdgeschichtlich sehr junge holozäne Formationen, die im Zuge der Nordseetransgression entstanden sind. Mit der Entwicklung der Inseln einhergehend ist auch der holozäne Sedimentkörper im Untergrund der Watten und der Marschen entstanden.

Betrachtet man die Entstehung der heutigen Nordsee und des angrenzenden Küstenraumes im Verlauf des Weichsel-Spätglazials und Holozäns als Ganzes, dürfen die derzeitigen Wassertiefen, Küstenlinien sowie der Formenschatz von Inseln, Watten und Marschen nicht als Endzustand eines abgeschlossenen Entwicklungsprozesses aufgefaßt werden. Vielmehr sind sie das Ergebnis eines temporären, höchst labilen Gleichgewichtszustandes, der sich im Zusammenwirken von Meeresspiegelstand, Sedimentangebot und morphodynamischen Einflüssen wie Tidenhub, Seegang, Brandung und Windregime eingestellt hat.

Im Laufe des Pleistozäns war das südliche Nordseebecken wechselweise Teil des Festlandes oder vom Meer überflutet. Die Bindung gewaltiger Wassermassen in den Gletschern beider Hemisphären führte während der verschiedenen Kaltzeiten zu einem globalen Absinken des Meeresspiegels.

Im Zuge der folgenden Erwärmungsphasen schmolzen die Eiskappen wieder ab, und das Meer drang allmählich in Richtung der heutigen Küstenlinie vor: **eustatischer Meeresspiegelanstieg. Isostatische Ausgleichsbewegungen**, die als Reaktion der Erdkruste auf unterschiedliche Druckverhältnisse während der Glazial- und Interglazialphasen auftraten, beschleunigten diesen Prozeß (JELGERSMA 1979, BEHRE 1987). So wurde die Erdkruste in Bereichen, welche während des Hochglazials von mächtigen Eismassen bedeckt waren (Skandinavien, Schottland), infolge der Druckentlastung herausgehoben, um als Ausgleich im Untergrund des südlichen Nordseebeckens allmählich einzusinken. Die „Kippachse“ zwischen Hebungs- und Senkungsbereichen verlief dabei durch Dänemark und Südengland. Weil die eu- bzw. isostatischen Kräfte bis heute nicht zum Erliegen gekommen sind, ist an der deutsch-holländischen Nordseeküste ein rezenter Anstieg des Meeresspiegels von 10 cm (eustatischer Anstieg) bzw. 4,5 cm (isostatischer Anstieg) pro Jahrhundert zu verzeichnen (VEENSTRA 1983).

Während der Weichsel-Eiszeit lag der Meeresspiegel 100 m tiefer als heute (BEHRE 1987, 1991). Das maximale Regressionsniveau des Weichselmeeres wurde etwa 120 m unterhalb der heutigen Küstenlinie um 18.000 B.P. (B.P. = before present = Jahre vor heute) erreicht (vgl. JELGERSMA 1979). Zu diesem Zeitpunkt war der gesamte Bereich der südlichen Nordsee Festland. Teile des mittleren Nordseeraumes wurden während dieser Phase von einem durch Süßwasserzuflüsse verbrackten und zeitweilig von Meereis bedeckten Flachmeer eingenommen. Dieses in eine Tundrenlandschaft eingebettete Binnenmeer war Vorfluter aller Flußsysteme des NW-europäischen Festlandes. Im frühen Postglazial (10.300 B.P.) verlief die Nordseeküste von Mittelengland über den Nordrand der Doggerbank bis nach Jütland und lag dabei 65 Meter tiefer als heute. Bis zum Ende des Boreals (9.000 B.P.) stieg das Meer auf -36 m an, wobei der Vorstoß mehrere hundert Meter bis einige Kilometer pro Generation (ca. 30 Jahre) betrug (KALLETAT 1990). Zu dieser Zeit waren die höhergelegenen Bereiche der Doggerbank schon vom Festland isoliert, und es deutete sich die Abschnürung der Britischen Inseln an. Im frühen Atlantikum (8.000 B.P.) erreichte die Grenze zwischen Land und Meer eine Tiefe von -20 m und damit in etwa den heutigen Küstenverlauf. Die Calais-Transgression setzte sich in verlangsamer Weise noch bis ins frühe Subatlantikum (3.200 B.P.) fort, um später mehrfach von Regressionsphasen unterbrochen zu werden. Seit der Völkerwanderungszeit drang das Meer wieder verstärkt vor, wovon besonders die mittelalterlichen Landverluste an Dollart und Jadebusen zeugen, welche infolge einer Reihe gewaltiger Sturmfluten auftraten.

Um 8.000 B.P. erreichte die transgredierende Nordsee die heutige Küstenregion. Die pleistozänen Geestrücken wurden in der Folgezeit fortschreitend vom Meer überflutet. Nur die höchsten Bereiche blieben zunächst ausgespart und überragten als Geestkerninseln das benachbarte Wattenmeer. Ein solches Stadium haben, wie aus Tiefenbohrungen geschlossen werden kann, auch Borkum, Juist, Norderney, Baltrum, Langeoog und Spiekeroog durchlaufen. Sie lagen zu diesem Zeitpunkt einer pleistozänen Hochlage auf und ähnelten damit dem heutigen Aufbau der Inseln Texel, Sylt, Föhr und Amrum im west- bzw. nordfriesischen Küstenbereich (DUKEMA 1983). Entlang der holländischen Küste konnten sich im Atlantikum auf Strandwällen schon erste, relativ niedrige Dünenrücken, die sogenannten „Alten Dünen“, entwickeln (EHLERS 1986). Diese Küstenbarriere verlief parallel etwas weiter nördlich bzw. westlich zum heutigen Wattengebiet (DOING 1983).

Bis zum Ende des Subboreals (ca. 3.200 B.P.) wurden alle Geestkerne und Dünenrücken überflutet und von marinen Sedimenten bedeckt. Die Ausbildung eines Systems von Watteninseln war in den ersten Jahrtausenden des Holozäns noch nicht möglich, weil das Meer zu dieser Zeit um 200-300 m pro Jahr vorrückte (EHLERS 1990).

Die **Transgressionsphasen der Nordsee** lassen sich anhand sogenannter Basistorfe nachweisen. Als Folge des Meeresspiegelanstieges konnten die Flüsse immer schlechter in die

Nordsee entwässern, und im küstennahen Raum traten verstärkt Rückstaueffekte auf. Dies führte zu Versumpfungen und Vermoorungen. Viele solcher Küstenrandmoore wurden im Laufe der Nacheiszeit von der transgredierenden Nordsee überflutet und sie liegen heute unter dem Wattenmeerschlick. Auf der Basis paläoökologischer Untersuchungen subrecenter Basistorfe läßt sich die Vegetationsentwicklung im Nordseegebiet während des frühen Holozäns somit gut rekonstruieren. Weil die entsprechenden Fragen nicht Gegenstand der vorliegenden Studie sind, muß auf die Arbeiten von GROHNE (1957), BEHRE & MENKE (1969) sowie BEHRE et al. 1984 verwiesen werden.

2.1.2 Die Entwicklung der Barriere-Inseln (Wattenmeer-Insel-System)

Gegen Ende des Subboreals begann die Umwandlung der früheren Geestkerninseln in die heutigen Barriere-Inseln. Dabei gingen die Barriere-Inseln aus dem Kräftespiel von Strömung, Seegang und Wind hervor, wie es auch die Hypothese von BARCKHAUSEN (1969) ausdrückt. Die häufig starken Winde (> Beaufort 4) in der Deutschen Bucht spielten dabei eine gewichtige Rolle (KLIN 1990). Entscheidend für diese Situation war aber die morphologische Situation am Nordrand des Watts, denn dort sinkt der Meeresboden rasch zu größeren Tiefen ab, was zu einer Steigerung der Flutstrom- und Absenkung der Ebbstromgeschwindigkeit führt. Aus der damit verbundenen Modifizierung der Transportkraft des Wassers resultierte eine Akkumulation sandigen Materials (vgl. NIEMEIER 1972, JACOBSEN 1983). Aus einem Entwicklungsstadium periodisch überfluteter Sandplatten entstanden in der Folgezeit teilweise hochwasserfreie Strandwälle und schließlich die heutigen **Düneninseln** (STREIF 1990; Abb. 1). Die pleistozänen Geestrücken im Untergrund wirkten dabei als Bildungsinitialen (PRIESMEIER 1975, DIJKEMA 1983).



Abb. 1: Primäres Stadium in der Entwicklung einer Watteninsel mit beginnender Dünen- und Salzwiesensukzession (Borkum-Lütje Hörn; Foto H. Kolde, Juist).

Die **Inseln als Schwemmsandkörper** machen im Verlauf ihrer individuellen Genese starke Wandlungen durch, weil ihre Form und Lage von den jeweils wirkenden Strömungsverhältnissen bestimmt werden. Noch in historischer Zeit lag die Inselkette vor der ostfriesischen Küste - bei etwa gleicher Längenausdehnung - weiter nördlich. Ihre nachfolgende Südverlagerung steht weiterhin in engem Zusammenhang mit dem langfristigen Anstieg des Meeresspiegels. Palynologische Untersuchungen und ^{14}C -Altersbestimmungen ergaben beispielsweise, daß innerhalb der Umrisse der heutigen Inseln Juist, Langeoog und Wangerooge z.T. bereits vor ca. 2000 Jahren weitflächige Salzwiesen existiert haben (Abb. 2). Seither hat sich Langeoog um mindestens 2 km südwärts verlagert, und seine Inseldünen sind in den letzten 400 Jahren mindestens 500 m weit über ehemalige Salzwiesen vorgerückt. Wangerooge wurde in 1500 Jahren mehr als 2 km auf das vormalige Rückseitenwatt verlagert, und die Südfront seiner Dünen hat sich in 500 Jahren min-

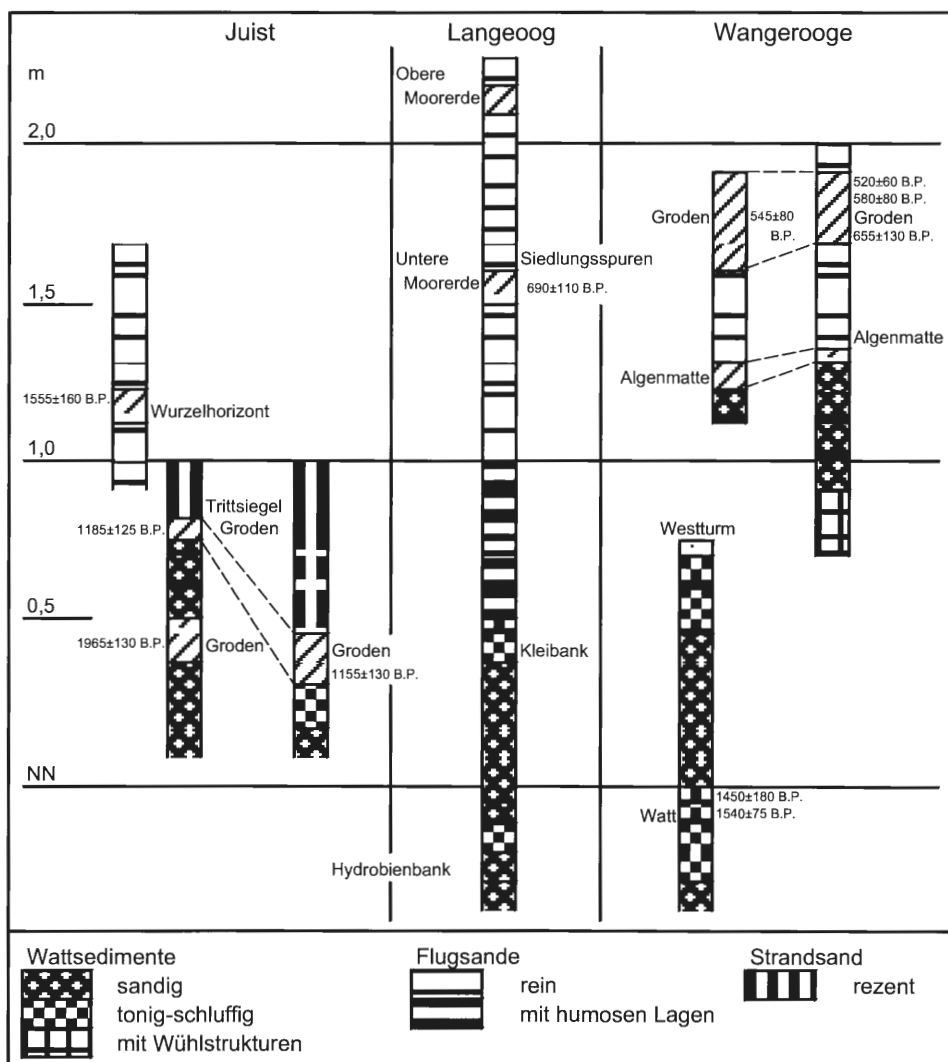


Abb. 2: Bodenprofile der Inseln Juist, Langeoog und Wangerooge (nach STREIF 1990)

destens 600 m weit über die ehemaligen Salzwiesen vorgeschoben (vgl. Abbildungen bei POTT 1995). Am Westkopf der Insel Juist haben die Haakdünen im Verlauf von 800 Jahren ein mindestens 1,2 km breites Salzwiesengebiet „überwandert“. Schlick und Torfschichten werden heute zwischen Strand- und Dünensanden immer wieder ausgewaschen.

Die in der südlichen Nordsee von Westen nach Osten fortschreitende **Tidewelle** erzeugt einen nach Westen gerichteten Ebbe- und einen nach Osten gerichteten Flutstrom. Insgesamt überwiegt der Flutstrom; deshalb läßt sich - verbunden mit Tidebewegungen - ein überwiegend ostwärts gerichteter Sandtransport konstatieren. Die Sande sind unterschiedlicher Herkunft: Es finden sich in ihnen Materialien, die durch Rhein und Schelde zugeführt werden, solche aus der englischen Steilküste und solche aus untermeerischen Kliffs. Die an den Ostenden der Inseln akkumulierten, ostwärts transportierten Sande lösen sich in Form von Sandplatten in bestimmten Zeiträumen ab und durchwandern über einen Riffbogen das Seegat (Seegat = Meeresdurchbruch zwischen zwei Düneninseln) zur nächsten Insel. Als Riffbogen bezeichnet man an der Nordsee das System hochliegender Sandplatten mit dazwischen liegenden flachen Rinnen, welches sich vom Ostende einer Insel bogenförmig in nördlicher, östlicher und südöstlicher Richtung zur benachbarten Insel hinzieht (s. auch STREIF 1990). Ein generelles West-Ost-Wandern der Inseln ist aber auszuschließen. Wenn dieses der Fall wäre, wären Geestkerne entweder im Bereich stabiler Seegatten abradert worden oder sie hätten sich mitsamt der Seegatten allmählich nach Osten verlagert. Beides ist nicht der Fall. Die tiefen Rinnenelemente wurden in den letzten Jahrhunderten lediglich um maximal 5-6 km verlagert, und es stellte sich ein großräumiger Gleichgewichtszustand ein, welcher mit hoher Wahrscheinlichkeit auch in Zukunft erhalten bleibt. Im Landschaftsbild der einzelnen Inseln laufen dagegen bis in die jüngste Zeit tiefgreifende morphodynamische Prozesse ab (s. Kap. 2.2), welche erst durch die Errichtung von Schutzwerken eingedämmt oder zum Erliegen gebracht wurden.

Im Jahre 1398 treten die Ostfriesischen Inseln unter voller Namensnennung in das Licht der Geschichte, wie es LUCK (1983) treffend ausdrückt. In einer Urkunde vom 11. September 1398 heißt es z.B.: „mit alsulken eylanden, als daer to behoirt, daer besten gelegen, das is te westen Borkyn, Just, Burse, Oesterende, Balteringe, Langeoch, Spikeroch ende Wangeroch“. Mit Hilfe von archivalischem Material, Chroniken und Seekarten gelingt es heute, die Entwicklung der Inselkette seit etwa 1650 in moderner kartographischer Bearbeitung darzustellen. Die wohl stärkste Änderung vollzog sich zwischen Juist und Norderney. Hier lag noch um 1650 der Rest der ehemals wahrscheinlich großen Insel Buise (oder früher auch Burse genannt). In der Folgezeit stieß Juist in diesen Raum vor, und die beiden früher links und rechts an Buise vorbeiziehenden Seegatts (Norderneyer und Buise-Tief) vereinigten sich zu einem einzigen Gatt (Norderneyer Seegatt). Die Insel **Norderney** ist dementsprechend auch erst im 15. oder 16. Jahrhundert aus den Sandmassen der Vorgänger-Inseln Buise und Osterende entstanden. In diese Verlagerungsvorgänge hat der Mensch seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts mit Bauwerken zum Insel- und Küstenschutz eingegriffen. Seinerzeit war der Untergang des Dorfes Wangerooge in der Silvesterflut von 1854/55 dafür ein Stimulus. Es entstanden die ersten Deckwerke, welche die Dünen vor der zerstörenden Wirkung des Seeganges bewahren sollten; zur Abwehr erosiver Kräfte der Seegatts und Baljen wurden Buhnen vorgetrieben.

Die neuerlichen Szenarien eines weltweit verstärkten Meeresspiegelanstieges um etwa 0,5 m in den nächsten Jahrzehnten infolge der künstlichen Veränderung der Gaszusammensetzung der Atmosphäre und der CO₂- bzw. Methan-Anreicherung (Treibhaus- oder Greenhouse-Effekt), wie sie z.B. von BIRD (1986), GORNITZ & LEBEDEFF (1987) sowie ROUDE & DE RUIJTER (1987) entwickelt worden sind, bringen für das hiesige Küstengebiet nicht nur eine Vergrößerung des Tidenhubs, sondern auch eine stärkere Überflutung der Wattgebiete, damit eine größere Wellenenergie in diesem Bereich sowie an der Küste

und an den Deichen. Das bedeutet nach KALLETAT (1990) eine stärkere Sedimentsuspension und größere Sedimenttransporte zwischen den Gezeiten. Zunehmende Stranderosion, Vertiefungen der Gezeitenrinnen, Ausweitungen von Ästuaren und stärkeres Vordringen von Salzwasser in die Flüsse sind als Folgen ebenfalls leicht vorstellbar. Bei Festlegung und verstärkter Erhöhung der Küstenlinie durch Deiche verschieben sich dann mit dem steigendem Meeresspiegel die Wattenmeerflächen landwärts und werden infolgedessen erheblich an Ausdehnung verlieren. Die potentiellen Auswirkungen etwaiger Klimaänderungen im Nordseeküstenbereich sind auch bei SCHELLNHUBER & STERR (1993) dargestellt. Den Inseln kommt dabei als langgestreckte Barriere eine vergleichsweise wichtige Rolle als „Wellenbrecher“ für den Schutz der Küstendeiche zu (POTT 1995).

2.2 Dynamik der Nordseeinseln

2.2.1 Geomorphodynamik als Grundlage für die Einzigartigkeit von Barriere-Inseln

Die Großgliederung des Wattenmeer-Insel-Systems ist abhängig von der Höhe des Tidenhubes. In Regionen mit einem Tidenhub unter 1,35 m bildet sich eine Ausgleichsküste mit langgezogenen Dünenzügen und Dünentälern aus, wie es z.B. in Westholland (Den Helder: 1,34 m), in Westjütland und im Bereich des Haff- und Nehrungssystems der Ostsee zu beobachten ist. Bei einem Tidenhub von mehr als 1,35 m entstehen statt der Düngürtel Barriere-Inseln mit ihren charakteristischen Hakenformen. Übersteigt die Tide eine Höhe von 2,90 m (Elbmündungsbereich: bis zu 4 m), so herrschen offene Wattflächen mit kleinen, stark beweglichen Inseln und Sandbänken vor (Abb. 3). Im Bereich der Elbmündung verengt sich die Deutsche Bucht stark und flacht gleichzeitig ab. Direkte Folge ist eine Intensivierung des Reibungsfaktors, und als Resultat steigt der Tidenhub erheblich an. Darüber hinaus wird das Wasser zum Festland hin mehr und mehr aufgestaut. Letzteres gilt auch für den Bereich des Wattenmeeres. So ist der Tidenhub entlang der Ostfriesischen Küste um 15-25% höher als in unmittelbarer Nachbarschaft der Watteninseln (HAYES 1979, DIJCKEMA 1983, EISMA 1983, EHLERS 1990).

Auf der Grundlage morphogenetischer und topographischer Gesichtspunkte lassen sich verschiedene Insel-Typen unterscheiden. **Typ I-Inseln** säumen den Bereich stabiler Küstenabschnitte (Tidenhub < 1,50 m; Abb. 4). Im zentralen Bereich der recht kompakten Typ I-Inseln steht in den meisten Fällen ein pleistozäner Dünenkern an. Dem Dünenkern folgt zur offenen See hin eine Staffel von Dünenketten, welche an beiden Enden landeinwärts gebogen sind. Zwischen den Dünenketten erstrecken sich mehrere primäre Dünentäler. Typ I-Inseln sind im allgemeinen nach Nord-Süd gerichtet, so daß es im Zuge der vorherrschenden W-Winde zu Kliffbildungen und Parabolisierungserscheinungen kommt. Zu den Typ I-Inseln gehören im Bereich der Nordseeküste die Inseln Texel, Amrum, Sylt, Römö und Fanö. Die nordfriesische Insel Föhr liegt hinter der eigentlichen Küstenlinie und ist mit ihren unzusammenhängenden Dünenzügen nur eine sehr fragmentarische Typ I-Insel.

Barriere-Inseln, welche sich von Nordwesten nach Südosten bewegen und beispielsweise einen Dünenbereich von mindestens 5 km Länge aufweisen, und die bei einem Tidenhub von weniger als 2,5 m relativ stabil sind, werden als **Typ II-Inseln** bezeichnet (vgl. Abb. 4). Verschiedenartige Düenschutzmaßnahmen, welche das Ziel haben, die Ostwanderung der Inseln zu stoppen, führen zu einer Streckung der Barriere-Inseln und fördern die Entwicklung von Typ II-Inseln. Neben den westfriesischen und ostfriesischen Inseln Terschelling, Ameland, Schiermonnikoog, Juist, Baltrum Langeoog, Spiekeroog und Wangerooge gehört auch Norderney zu dieser Kategorie.

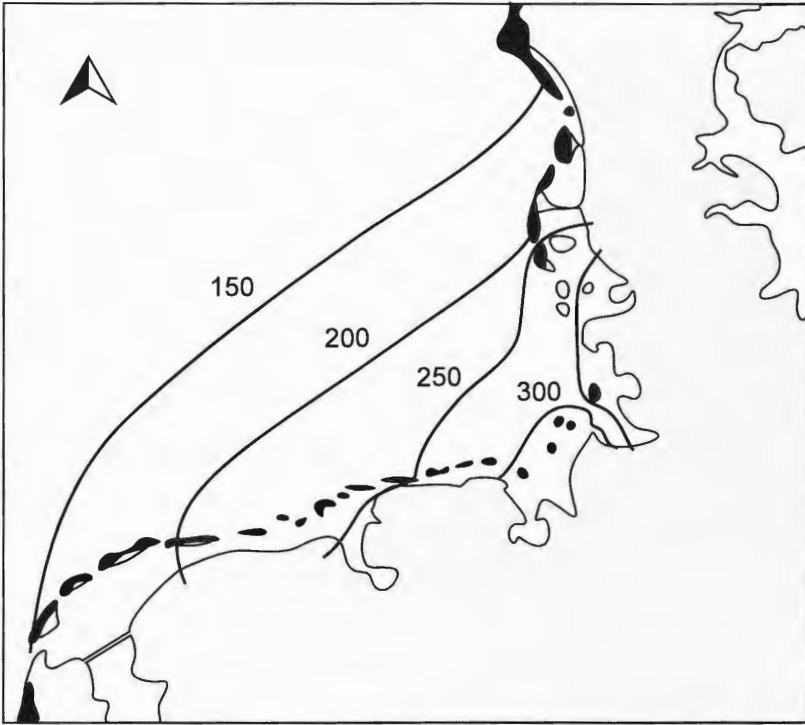


Abb. 3: Strandwälle, Düneninseln und Platen im Bereich der südlichen Nordsee sowie Linien gleichen Tidenhubs (cm). Schwarze Flächen = Dünengelände (nach STREIF 1990)

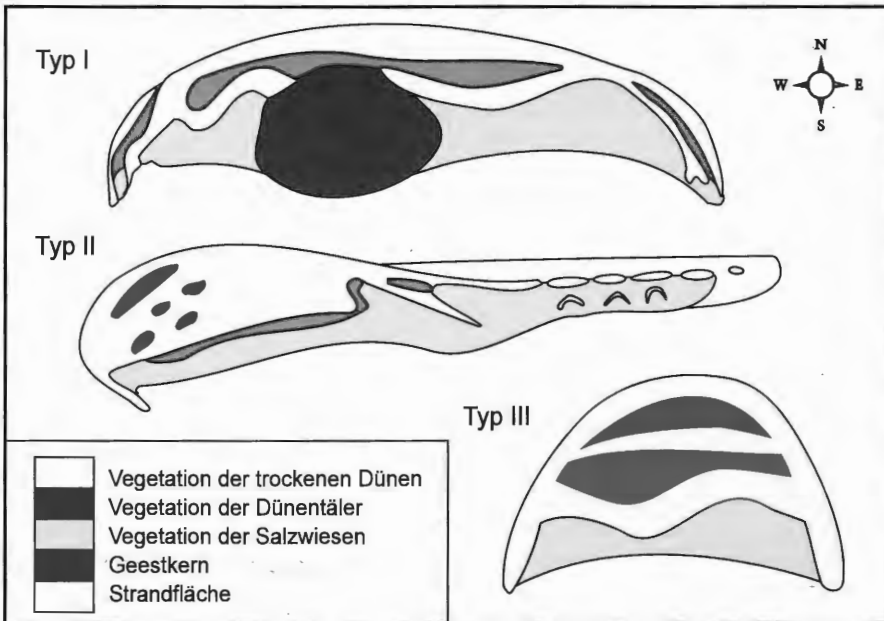


Abb. 4: Insel-Typen nach DOING (1983)

Typ III-Inseln sind kleiner als Typ I-Inseln und in der Regel auch weit weniger stabil. Häufig liegen sie im Nahbereich einer Flutrinne bzw. einer Flußmündung (Tidenhub > 2,50 m). Die Dünenketten haben die Form eines Hufeisens (Öffnung nach SW) und sind durch primäre Dünentäler voneinander getrennt (vgl. Abb. 4). Parabolisierungserscheinungen kennzeichnen über weite Strecken den Bereich der seewärtigen Dünen. Entsprechende Merkmale weisen in der Nordsee die Inseln Rottumeroog, Borkum, Lütje Hörn, Memmert, Minsener Oog, Süderoog, Norderoog und Mandö auf. Borkum besteht an sich aus zwei größeren Typ III-Inseln, die aber, bedingt durch Maßnahmen des Küstenschutzes, im Laufe der Zeit zusammengewachsen sind (PETERS 1996).

Das Wattenmeer ist insgesamt ein recht stabiles geomorphologisches System, allerdings können interne Prozesse lokal zu starken Veränderungen im Landschaftsbild führen (EISMA 1983).

Die jungen Düensysteme im Osten der Typ II-Inseln sind beispielsweise in etwa so lang wie die älteren im Westen, aber weniger zusammenhängend. Ursache hierfür ist nicht zuletzt eine infolge des CaCO_3 -armen Düensandes (< 0,5%) recht geringe Anzahl dünenfixierender Arten. Aber auch der landschaftsprägende und -gestaltende Effekt der Sturmfluten kann von großer Bedeutung für die spezifische naturräumliche Ausgestaltung der Inseln sein. Häufig können die Wassermassen im Vorfeld der langgestreckten Inseln nicht mehr ausreichend in die Gatts ausweichen und suchen sich einen direkten Weg in das Wattenmeer, wo sie mit den Prielsystemen im Salzwiesenbereich in Verbindung treten (Abb. 5). So sind auch im Ostteil von Norderney in typischer Weise Dünenkerne von einigen hundert Metern Durchmesser lokalisiert, die bei stärkeren Sturmfluten immer wieder an einzelnen Schwachstellen durchbrochen werden. Aus diesem Prozeß gehen linienhafte **Dünendurchbrüche** (Sloops) hervor, die in der amerikanischen Literatur treffend als **Washover** bezeichnet werden (vgl. POTT & PETERS 1997). Wattwärts aufgespülte Sandfächer heißen in dieser Terminologie **Washover Fan**. Die Häufigkeit von Dünendurchbrüchen resultiert dabei aus der Höhe des Tidenhubes und der Sturmintensität (GODFREY et al. 1979). Weitere Faktoren, welche die Ausbildung der Dünendurchbrüche darüber hinaus noch maßgeblich beeinflussen, sind die Höhe und die Stabilität der Dünen sowie die Existenz flacher Bereiche zwischen den Dünenzügen und die Strandbreite (FISHER & SIMPSON 1979). Dünendurchbrüche kreuzen die Dünen im allgemeinen als seichte, talförmige Senken und fallen im Landschaftsbild durch ihre z.T. reichhaltige Vegetation auf (DOING 1983). Insgesamt ist die Formengemeinschaft von Dünen und Dünendurchbrüchen für Typ II-Inseln ein besonders charakteristisches Merkmal.

Für den Lebensraum Küste im allgemeinen spielen **Dünendurchbrüche** in doppelter Hinsicht eine wichtige Rolle: Zum einen sind die Ablagerungen im Bereich dieser morphographischen Strukturen wichtige Faktoren für eine ausgeglichene Sedimentbilanz. Sie bewirken bei einem eventuellen Meeresspiegelanstieg oder häufigen Sturmflutereignissen eine allmähliche Rückverlagerung der Watteninseln, ohne das es zu einem nennenswerten Materialverlust kommt, und sind folglich von höchster Bedeutung für die Erhaltung des gesamten Watten-Insel-Systems. Zum anderen initiieren die tiefgreifenden Standortveränderungen im Bereich der Dünendurchbrüche immer wieder von neuem die Entwicklung typischer Vegetationseinheiten der Dünen, Dünentäler und Salzwiesen (Abb. 6). So auch auf Norderney

Wie bereits erwähnt, werden die Watteninseln von den Riffbögen her immer wieder mit frischem Sand versorgt. Beim Auftreffen der Sandmassen kommt es zu einer sprunghaften Verbreiterung des Strandes. Mit dem Transport des Sandes entlang der Nordstrände nach Osten verlagern sich auch die Zonen großer Strandbreiten (**Strandmaxima**). Ihnen folgen Zonen geringer Strandbreiten (**Strandminima**) nach, in denen das Meer unmittelbar bis an die Dünenzüge stößt (Abb. 7). Als Folge der regelmäßigen Sandbewegungen kommt es auf den Inseln zu einschneidenden morphologischen Veränderungen. So wer-



Abb. 5: Dünendurchbruch im Kontakt zu einem großem Priel (Ostteil von Norderney)



Abb. 6: Sandüberwehte Strandfliedergesellschaft mit sandbedeckten Exemplaren von *Limonium vulgare* im Kontaktbereich erodierter Sekundärdünen zu Salzwiesen im Sloop von Norderney

den im Bereich der Strandmaxima infolge positiver Sandbilanz immer neue Dünenketten gebildet. Leeseitig entsteht in der Regel ein neues primäres Dünental, welches bei Hochwasser zunächst noch Kontakt zum Meer hat, aber später vollständig abgeriegelt wird. Im Bereich der Strandminima werden die Dünenzüge nicht nur direkt durch Abrasion und Kliffbildung, sondern auch indirekt durch Parabolisierung abgebaut. Die Bildung strandparalleler Ketten von Dünen und Dünentälern sowie ihr nachfolgender Abbau im Zuge von Parabolisierungserscheinungen sind ein weiteres Charakteristikum sämtlicher Watteninseln.

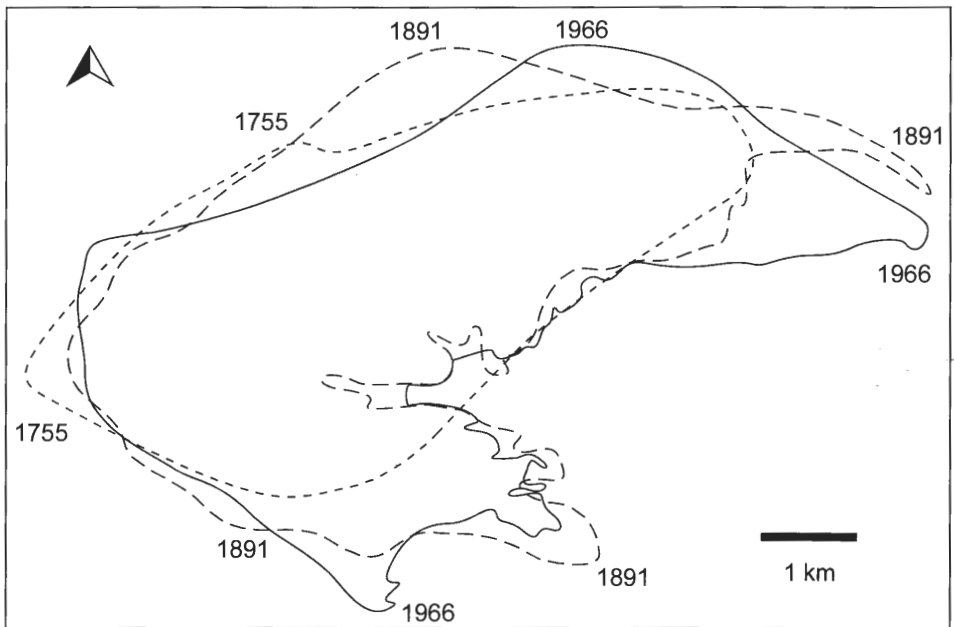


Abb. 7: Strandentwicklung einer Typ III-Insel am Beispiel von Borkum 1755-1966

Die **Parabolisierung** wird durch eine lokale Zerstörung der Vegetationsdecke eingeleitet, welche infolge der schütterten Vegetationsbedeckung auf den vergleichsweise kalkarmen Watteninseln sowohl natürliche – durch Wellenschlag – als auch anthropo-zoogene Ursachen – durch Tritt, Wühltätigkeit – haben können. Besonders im Innern von Dünenlandschaften treten sehr häufig kleinräumige Parabolisierungserscheinungen auf, bei denen der Vertritt von Menschen und auch Pferden, besonders aber die Wühltätigkeit der Kaninchen eine große Rolle spielt (Abb. 8). Danach greift der Wind an der gestörten Stelle an und legt den Sand in Form eines Hufeisens mit der Öffnung gegen die herrschende Windrichtung frei. Der freigelegte Sand wird fortgeweht und im Lee des Winddrisses angehäuft. Morphogenetisch führt eine solche Parabolisierung somit zur Ausdifferenzierung dreier Bereiche: einer Ausblasungszone, auch Windkuhle genannt, einer Ablagerungs- und einer Streuzone. Unter der Streuzone versteht man den Bereich mit geringmächtiger Sandaufwehung im Vorfeld einer parabolisierenden Düne. Parabolisierungserscheinungen laufen im Gleichgewicht zwischen Sandverfrachtung und -festlegung ab. Andernfalls wird der freigelegte Sand entweder vollständig verweht oder durch das Eindringen überwehungs-resistenter, d.h. psammophiler Gräser wieder komplett fixiert. Es treten mitunter ganze Serien parabolisierender Dünen auf, welche unter allmählicher Verflachung bis weit ins Inselinnere versetzt werden, wodurch sich dort sekundäre Dünengebiete herausbilden. In



Abb. 8: Primärstadium der Parabolisierung einer Düne



Abb. 9: Parabolbahn und -kopf einer Düne nördlich des Südstrandpolders auf Norderney (1996)

der ausgewehten Wanderbahn einer Düne, der sogenannten Parabolbahn, entsteht ein sekundäres Dünental. Kennzeichnend für sekundäre Dünentäler ist, daß sie in nordwestlicher Hauptwindrichtung streichen, während primäre Dünentäler parallel zur Küste verlaufen. Aufgrund der West-Ost-Erstreckung aller Inseln erfolgt die Parabolisierung also schräg zu den Dünenzügen. Daher ist die Gefahr gering, daß die Dünen in ihrer ganzen Breite durchbrochen und die dahinterliegenden Binnenwiesen, Dünentäler und Salzwiesen massiv übersandet werden.

In Abb. 9 treten Parabolbahn und -kopf deutlich hervor. Der Parabolkopf mit Ausblasungs- und Ablagerungszone wird durch den vegetationsfreien Luvbereich gekennzeichnet, während sich in der Parabolbahn schon wieder Pioniervegetation angesiedelt hat.

2.2.2 Veränderungen auf Norderney in den letzten Jahren und Jahrhunderten

Wie aus alten Karten und geologischen Untersuchungen hervorgeht, ist Norderney seit 1650 ständig gewachsen. Auch heute noch ist die Sedimentbilanz in weiten Teilen der Insel positiv. Lediglich im Westen der Insel würden Abbrüche stattfinden, wäre dieser Abschnitt nicht durch Deckwerke geschützt. Über die Veränderungen des Inselumrisses und der Dünengebiete von Norderney gibt Abb. 10 Auskunft.

Die auffälligste und weitreichendste geomorphologische Veränderung auf Norderney in neuerer Zeit ist die Ausweitung der Dünengebiete nach Osten, ein Vorgang, der noch nicht abgeschlossen ist. Er bedeutet für den Großteil der Insel im sogenannten Osthellerbereich weitgehend natürliche Vergrößerungen und Neubildungen von Weiß- und Graudünen; im Lee neu entstehender Dünenfelder können sich dann in charakteristischer Weise Salzwiesen auf der zuvor vegetationsfreien, sandgeschliffenen Plate etablieren. Dazwischen liegen primäre Dünentäler mit Anmooren, offenen Brackwasserflächen und Salzsümpfen. Einzelne **Sloops** mit ihren Ausblasungen und Verlagerungen von Sandmassen vervollständigen das Bild dieser einzigartigen Urlandschaft. Entsprechend artenreich und vielfältig ist auch die Tier- und Pflanzenwelt auf Norderney: Im Übergang zwischen Dünen und Salzwiesen gibt es seltene, artenreiche Watt- und Queller-Gesellschaften. Die etwas höher gelegenen Salzwiesen sind reich an Strandflieger (vgl. HOBOM 1991, 1993).

Die Entstehung grundwasserbeeinflusster **Dünentäler**, die vor Überflutungen des Meeres weitestgehend abgeschrmt sind, schließt sich, wie eingangs beschrieben, nach der Bildung von Dünen und Salzwiesen an. Aus der schalenförmigen Anordnung aller großen Dünenzüge auf Norderney ergibt sich die Vermutung, daß es sich bei den großen Tälern Meiereiwiesen, Bakenlegde und Großes Dünental um alte Plattenreste handelt (Abb. 11, 12). Bei der Entstehung des Großen Dünentales und der Bakenlegde wirkten darüber hinaus erodierende Kräfte, wie ein Vergleich des heutigen Zustandes mit der topographischen Karte von 1891 zeigt. Ein nicht zu vernachlässigender Faktor bei der Entstehung feuchter Dünentäler ist die künstliche Schließung der seewärtigen Dünenkomplexe, die als Inselfchutzmaßnahmen vorgesehen waren. Diese reichen auf Norderney von der Stadt bis zum östlichen Ausgang des Großen Dünentales.

Die Vegetation der alten Dünentäler und der Ausblasungswannen (Bakenlegde, Meiereiwiesen und Großes Dünental) wurde besonders in Ortsnähe bereits zum Ende des 19. Jahrhunderts durch Grünland ersetzt. Von einem ehemals ausgedehnten Dünental sind heute nurmehr Reste nördlich vom **Südstrandpolder** erhalten; ein großer Teil verschwand zusätzlich durch Sandeinwehungen. Im Bereich der **Bakenlegde** ist in den letzten 20 Jahren eine grundwasserunabhängige Heide entstanden, welche sich mit starkem Gehölzaufwuchs derzeit zu einem Birkenbusch weiterentwickelt. Das sind enorme Veränderungen von Landschaft und Vegetation.

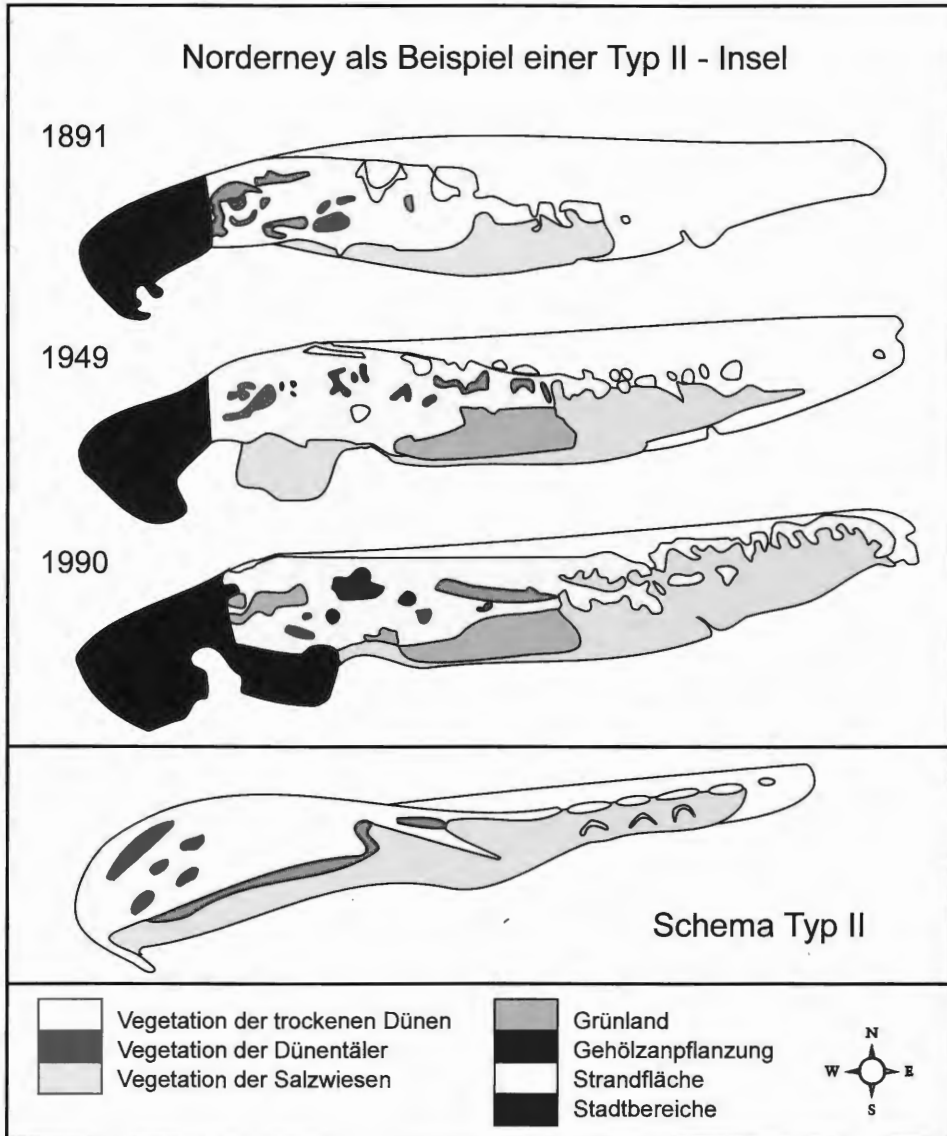


Abb. 10: Entwicklung der Insel Norderney zu einer Typ II-Insel während der letzten 100 Jahre (nach DOING 1983 und HOBOMH 1993)

Großräumige anthropogene Veränderungen wie die Eindeichung des **Grohdepolders** von 1926-1928 und die Schaffung des Südstrandpolders in den Jahren 1940/41 führten zu weiteren Veränderungen der Landschaft und damit in der Vegetationsentwicklung. Während der Grohdepolder zunächst ackerbaulich, später als Grünland genutzt wurde, blieb im Südstrandpolder eine landwirtschaftliche Nutzung aus. Hier wurden die Salzwiesen durch Ausspülungen, Bodenentnahmen etc. durch offene Wasserflächen, durch Röhrichte und Weidengebüsche ersetzt. Auf dem 140 Hektar großen Südstrandpolder konnten sich danach nahezu unbeeinflusst durch menschliche Nutzung wertvolle Lebensräume für Menschen und Tiere entwickeln. Dieses ist ein anschauliches, positives Beispiel dafür,



Abb. 11: Großes Dünen-tal (Norderney-Ostteil)

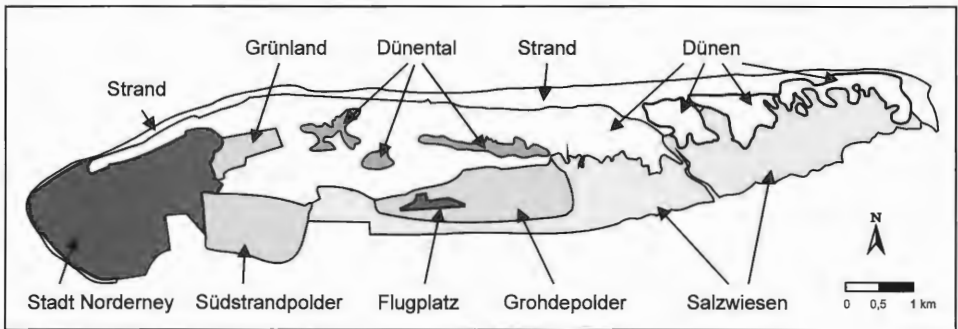


Abb. 12: Übersicht über die landschaftliche Gliederung der Insel Norderney

wie eine vom Menschen gestaltete Landschaft nach und nach von Pflanzen unterschiedlichster Nährstoffansprüche besiedelt wurde und wie dadurch verschiedene neue Biotope geschaffen wurden (vgl. Abb. 13).

Seit langem versucht man auf Norderney den Lebensraum durch Küsten- und Dünen-schutzmaßnahmen zu sichern. Zu den Küstenschutzmaßnahmen zählen heute vornehmlich der Bau von Buhnen und Deckwerken sowie die Landgewinnung mit Lahnungen und Grüppen. Im Zuge des Dünen-schutzes werden Abdeckungen mit Teek vorgenommen, Sandfangzäune errichtet und Dünenzüge geschlossen. Diese Maßnahmen führen zu tiefgreifenden Veränderungen der natürlichen morphographischen Prozesse (s. Kap. 2.2).



Abb. 13: Südstrandpolder, ein Naturschutzgebiet aus Menschenhand (Foto H. Kolde, Juist)

2.3 Die natürlichen Landschaftstypen und Vegetationskomplexe einer Wattenmeer-Insel

Die Inseldünen sind organogene Gebilde. Ohne Mitwirkung sandfestigender Salz- und Strandpflanzen wären die Inseln nie über das Stadium der unbewohnbaren dünenlosen Sandplatten hinausgekommen (GIERLOFF-EMDEN 1961). Pflanzen haben durch ihr Wurzelwerk hier denselben Dienst getan wie auf den Lössleinwehungen des postpleistozänen Mitteleuropas, indem sie die lockeren äolischen Sedimente fixiert und gegen Umlagerungen oder Abspülungen weitgehend geschützt haben (POTT 1995).

Es scheint daher durchaus angebracht, den Standortfaktoren und der Pflanzenverbreitung auf den Wattenmeer-Inseln an dieser Stelle einige Aufmerksamkeit zu schenken.

Die Vegetationskomplexe der Küstenlandschaften bilden - wie gesagt - ein miteinander vernetztes, dynamisches Mosaik von Ökosystemen. Unterschiedliche Grundwassernähe, verschiedene Salz-, Nährstoff- und Humusgehalte, mikroklimatisch differenzierte Kleinbiotope und verschiedene altersbedingte Sukzessions- bzw. Regressionsstadien bedingen hier eine vielfältige Landschaft, die sich nach POTT (1995, 1996) in folgende Teilräume bzw. Ökosystemkomplexe gliedern läßt:

- **Primär- und Sekundärdünen** (Vordünen und Weißdünen)
- **Tertiärdünen** (Graudünen und Braundünen, einschließlich der Dünengehölze)
- Nasse bis feuchte **Dünentäler** (primäre und sekundäre Dünentäler) und Dünenseen
- Großflächige Dünenwälder in grundwassernahen Dünentälern
- **Salzwiesen und Wattflächen**

Diese Ökosystemkomplexe unterliegen der jeweils typischen primären progressiven Sukzession, die wir als **Hydroserie** (Wasserpflanzen, Röhrichte und Großseggenrieder in und

an den offenen Brack- und Süßgewässern der Dünentäler und Dünenseen), als **Hygroserie** (offene Pioniergesellschaften, Niedermoor- und Hochmoorvegetation sowie Feuchtheiden und Gehölzgesellschaften mit Gebüsch und Wäldern der grundwasserbeeinflussten, wechselfeuchten Dünentäler) sowie als **Haloserie** (die Vegetationskomplexe des Inselwatts einschließlich des Grenzbereiches zwischen Dünen und Salzwiesen) und schließlich als **Xeroserie** (Vegetation der grundwasserfernen Dünen) bezeichnen wollen (vgl. WESTHOFF & VAN OOSTEN 1991, POTT 1995). Im folgenden Kapitel sind diese Mosaikkomplexe mit ihrem typischen Vegetationsinventar und ihren charakteristischen Pflanzengesellschaften unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse auf Norderey ausführlich dargestellt.

2.3.1 Dünen und ihre Vegetation

Küstendünen sind als primär durch Windeinwirkung entstandene Sandhügel weitgehend auf die Inseln im Wattenmeer beschränkt. In der typischen Abfolge treten seewärts die niedrigen, locker mit *Agropyron junceum* (Strandquecke) bewachsenen Vor- oder Primärdünen auf, daran anschließend die mehr oder weniger hohen Weiß- oder Sekundärdünen mit *Ammophila arenaria* (Strandhafer) bzw. *Ammocalamagrostis baltica* (Baltischer Strandhafer) als dominierende Pflanzenarten. Landwärts bzw. im Inneren der Inseln folgen die Grau- und Braundünen als Tertiärdünen mit Sandtrockenrasen, Krähenbeerheiden und Gebüsch u.a. aus Sanddorn (*Hippophaë rhamnoides*), Kriechweide (*Salix repens* var. *arenaria*) und Holunder (*Sambucus nigra*). Diese Pflanzengesellschaften werden hinsichtlich ihrer Dynamik der Xeroserie zugeordnet. Sie und ihre konstituierenden Arten sind aber nicht, wie man öfters meint, völlig grundwasserunabhängig, sondern es gibt in dieser Vegetation viele Arten, die mit ihren mehrere Meter langen Wurzeln in das tiefere Grundwasser hinabreichen können, so z.B. der Strandhafer (*Ammophila arenaria*) und der Strandroggen (*Elymus arenarius*). Auch die Dünenweide (*Salix repens* var. *arenaria*) keimt nur unter bodenfeuchten Bedingungen.

Der Strand ist die nahezu vegetationsfreie Zone oberhalb der MTHw-Linie bis zur Sturmflutlinie am Fuß der Weißdünenkette (Abb. 14). Pflanzenwuchs beginnt an den Sandküsten erst oberhalb der Springtide-Hochwasserlinie, denn hier können sich einige wenige Spezialisten ansiedeln, welche Flutmarkengesellschaften oder **Spülsaumgesellschaften** aufbauen. Dieses sind Pflanzenbestände, die instabile, annuelle, nicht ortsfeste und daher migrierende Gesellschaften immer dort bilden, wo die winterlichen Sturmfluten oder die Springfluten Seegras- und Algenstreifen als Tangwälle oder Spülsäume aufgeworfen haben. Dieses Material wird oft mit dünner Sandauflage bedeckt, zersetzt sich rasch und bildet daher ein kurzfristig nährstoffreiches Substrat. Sturmfluten oder Flugsandüberdeckungen können es oft wieder zuschütten (POTT 1995a).

Die Spülsaumgesellschaften der Wattenmeer-Inseln gehören im pflanzensoziologischen Sinn zur weltweit verbreiteten Klasse der *Cakiletea maritimae* (alle pflanzensoziologischen Bezeichnungen nach POTT 1995b). Das sind artenarme, lückige Pflanzengesellschaften auf den schwach geneigten Sandstränden meist im seeseitigen Vordünenbereich auf feuchtem, stickstoffreichem und salzhaltigem Sand. Die angepassten Pflanzen sind in gewissem Rahmen salztolerant und besiedeln als Nitrophyten eben die Flutmarken mit lebhafter Stickstoff-Umsetzung und wechselfeuchten Bedingungen (s. dazu vor allem ERNST 1969). Die Samen der bestandsbildenden Pflanzen, wie z.B. Meersenf (*Cakile maritima*), Salzkraut (*Salsola kali*), Meerkohl (*Crambe maritima*) und Salzmiere (*Honkenya peploides*), werden mit winterlichen Hochwassern verlagert und auf Treibselssäumen zusammengeschwemmt. So entstehen in unregelmäßigen Abschnitten perlschnurartig strandparallele Driftwälle. Ein derartiges Spülsaummateriel bietet für die Dauer einer



Abb. 14: Windgefegte Sandplate von Norderney

Vegetationsperiode vielen salzresistenten und nitrophytischen annuellen Pflanzen geeignete Wuchsplätze. Viele halophytische Gewächse aus den Spülsäumen der Meeresküsten sind Stammformen heimischer Ruderalpflanzen (z.B. Gänsefußarten der Gattung *Chenopodium*, Melden aus der Gattung *Atriplex*, Gänsedisteln der Gattung *Sonchus*) oder auch der Kulturpflanzen (z.B. die Runkelrübe, *Beta vulgaris* ssp. *maritima*, und der Gemüsekohl, *Brassica oleracea*).

In vorderster Front der Dünenbildung oberhalb der Springflut-Hochwasserlinie, wo besonders extreme Bedingungen herrschen, sind spezielle Gräser die wirksamen Sandfänger. Vor allem die Strandquecke (*Agropyron junceum* syn. *Elymus farctus*) bildet durchblasbare Hindernisse, an denen sich kleine Wirbel bilden. Vor, in und hinter den Horsten von *Agropyron junceum* können sich kleine Sandkissen ablagern; es entsteht in diesem Bereich die oft nur wenige Zentimeter hohe, maximal aber 1 m erreichende **Vordüne (Primärdüne)** mit der entsprechenden, oftmals nahezu einartigen Pioniergesellschaft des *Agropyretum juncei* (Strandquecken- oder Binsenquecken-Gesellschaft). Die halbsukkulente, nitratliebende Salzmiere (*Honkenya peploides*) und auch der Strandroggen (*Elymus arenarius*) können sich dazugesellen, wobei konsolidierte Dünenfüße vielfach durch deckenartige *Honkenya peploides*-Bestände markiert sind. Im Bereich von Primärdünen steht das leicht salzige (brackige) Grundwasser recht hoch, und der Sand ist ebenfalls infolge häufiger Überflutungen noch recht stark salzhaltig, so daß die konstituierenden Pflanzen des *Agropyretum juncei* zumindest salztolerant sein müssen. *Agropyron junceum* selbst ist sogar ein obligater Halophyt, der wenigstens für seine Entwicklungsphase ein euhalines Milieu benötigt, sich sogar aus angespülten Rhizombruchstücken entwickeln kann, später aber als Adultpflanze auch brackige Lebensbedingungen erträgt und mit seinen Tiefwurzeln bereits in das süße Grundwasser gelangen kann.

Hinter den Pflanzen von *Agropyron junceum* bilden sich kleine Sandfahnen, oder die Strandquecke kann sich bei Einsandung über die neue Sandoberfläche durch Internodien-

streckung und Wurzelneubildung rasch hinausschieben. Damit ist sie in der Lage, das Substrat mit ihrem Rhizom- und Wurzelsystem festzuhalten; so wächst die Primärdüne empor. Durch stetige Sandzufuhr werden auch ständig neue und notwendige Nährstoffe herangetragen. Der Gehalt an Calciumcarbonat (CaCO_3) ist in dieser Phase der Dünenentstehung noch recht hoch; die pH-Werte liegen beispielsweise bei pH 7,7 (s. auch KRA-TOCHWIL & SCHWABE 1984). *Agropyron junceum* ist mit stark sklerotisierten und cutinierten Unterseiten der Rollblätter an Windgebläse, Austrocknung und Salzgischt hervorragend angepaßt. Die Sandoberfläche solcher embryonalen Dünen kann sich bei Sonnenschein auf fast 60°C erhitzen. Strandquecken-Vordünenlandschaften sind auf den friesischen Inseln im allgemeinen seltener großflächig ausgebildet, weil an den Westenden der Inseln die Embryonal- oder Primärdünen abgetragen werden; man findet sie in der Regel in den Ansandungsgebieten auf den östlich gelegenen Inselteilen.

Die Festlegung des Sandes durch die geschilderten organogenen Prozesse mit Hilfe der Strandquecke ist Voraussetzung für weitere Aufhöhungsvorgänge. Wenn die Dünen so stark angewachsen sind, daß der Salzwasser- oder Brackwassereinfluß vollständig außerhalb des Wurzelraumes der Dünenpflanzen zu liegen kommt und der salzhaltige Sand durch Regenwasser zunehmend ausgewaschen wird, wandelt sich die Primärdüne zur **Sekundärdüne (Weißdüne)**, welche bis zu 20 m hoch werden kann.

In dieser Phase der Aufhöhung werden die leicht löslichen Salze, vor allem die Chloride, also NaCl, aber auch das aus Muschelschill stammende CaCO_3 sukzessive ausgewaschen. In gleicher Richtung nimmt der pH-Wert von anfänglich etwa 7 bis auf Werte um 4 ab. Die hier bestimmende Grasart ist der Strandhafer (*Ammophila arenaria*), als besonders gut angepaßte Art mit harten Rollblättern, zusätzlich noch stark reflektierenden Blattunterseiten sowie einem ausgedehnten Rhizom- und Wurzelsystem. Im bewegten Sand ist *Ammophila arenaria* ständig gezwungen, durch fortwährende Wurzelneubildung das frische Material zu durchziehen; das bedeutet ständige Zufuhr mineralischer Nährstoffe und allmähliche Festigung der Dünenkomplexe. Im ruhenden Sand wird das Wurzelwerk der *Ammophila* von Nematoden angegriffen und gefressen, so daß die Pflanzen verhungern und verdursten. In bewegtem Sand entgeht der Strandhafer der schädlichen Wirkungen dieser Bodenorganismen, wie man an vitalen *Ammophila*-Horsten fernab der Küste in parabolisierten, windgeöffneten Sekundärdünenlandschaften auf den Inseln sehen kann. Dieses Gleichgewicht zwischen Sandanwehung, Bildung von Biomasse, Dünenfestigung und Schwächung von *Ammophila* durch die Nematoden bedingt die maximale Höhe der Weißdünenkette.

Die Weißdünen haben ihren Namen daher, daß zwischen den einzelnen Pflanzen oder Pflanzengruppen der eingewehte weiße Sand durchleuchtet. Da *Ammophila* und auch der Baltische Strandhafer (*Ammocalamagrostis baltica*) die Sandüberstäubung brauchen, gedeihen auch sie am ehesten in Strandnähe bzw. an der Luvseite der Dünen. Durch rasche Internodienstreckung und Heben der Rhizomspitzen schieben diese angepaßten Sandfänger immer wieder ihre Vegetationskegel über die jeweils neuen Sandoberflächen hinaus und durchziehen mit riesigem Wurzelwerk somit große Sandflächen der Dünen. Dabei bilden sich an den oberflächennahen Nodien immer wieder die neuen Wurzeln. Alte, etagenhaft angeordnete Wurzelstöcke in den Anrissen mächtiger Weißdünen bezeugen diesen Vorgang. *Ammophila* und *Ammocalamagrostis* sind in den seewärtigen Weißdünen vielfach gleichermaßen am Aufbau der Pflanzengesellschaft beteiligt. In den alternden Weißdünen, wo die Sandüberwehungen reduziert sind, beginnt allmählich mit dem Aufbau von Humus eine Bodenentwicklung. Verlagerung und Auswaschung von Nährstoffen finden gleichzeitig statt; das macht sich bei der Entstehung eines leicht grau gefärbten A-Horizontes im Oberboden bemerkbar: Aus der Weißdüne ist eine **Graudüne** entstanden. Die Entkalkung schreitet in dieser Phase besonders an der Oberfläche deut-

lich voran, die pH-Werte sinken auf Werte unter 7. Graudünen werden vor allem durch eine Reihe von horstartig wachsenden Gräsern charakterisiert, die große Trockenheit ertragen können und nicht mehr so deutliche Anpassungen an die Sandüberwehungen aufweisen, wie das beim Strandhafer der Fall ist (POTT 1995a).

Knapp hinter dem Bereich der maximalen Sandüberwehung, meistens an der Leeseite der Weißdünen, ändern sich somit Standortklima und Vegetation sehr rasch. Hier stellt sich die sandschwingelreiche Weißdüne vom Typ des *Elymo-Ammophiletum festucetosum arenariae* ein (Abb. 15). Diese Pflanzengesellschaft zeichnet sich durch viele trockenheitsangepaßte Sandpflanzen aus, wie z.B. Stranddistel (*Eryngium maritimum*), Dünen-Platterbse (*Lathyrus maritimus*), Dünen-Nachtkerze (*Oenothera parviflora* var. *ammophila*), Strandwinde (*Calystegia soldanella*), Wundklee (*Anthyllis vulneraria* var. *langei*) und Doldiges Habichtskraut (*Hieracium umbellatum*). Mechanische Beanspruchung und Sedimentation sind an diesen mikroklimatisch ausgeglicheneren Standorten nicht mehr so extrem.

Wenn die Bodenbildung noch stärker voranschreitet und aus den anorganischen Komponenten sekundäre Tonmineralien aufgebaut und damit Wasser- und Ionenspeicher gebildet werden, beginnt die Auswaschung von Fulvosäuren mit hohen Gehalten an Fe^{3+} -Hydroxiden, die der Düne eine braune Bodenfärbung verleihen. Damit sind die **Braundünen** entstanden. Diese tragen primäre natürliche Heidegesellschaften mit Krähenbeere (*Empetrum nigrum*), Tüpfelfarn (*Polypodium vulgare*; Abb. 16) und Kriechweiden (*Salix repens*). Die Braundünen und auch schon Teile der älteren Graudünen wären unter natürlichen Bedingungen noch stärker mit Dünenweiden-Gebüsch des *Salicion arenariae*-Verbandes überzogen, es sind artenarme Pionierweiden-Gebüsche (*Roso pimpinellifoliae-Salicetum arenariae*, *Salici arenariae-Hippophaëtum rhamnoides*), die aus primären Sukzessionsreihen und nicht aus Wald hervorgehen (Abb. 17).

Vielfach führt also die Sukzession des *Elymo-Ammophiletum festucetosum arenariae* nach Aufsandung zu einem dichten und hohen Sanddorngestrüpp, dem *Salici-Hippophaëtum* (Abb. 18). Der Sanddorn siedelt sich im Endstadium der Weißdüne zusammen mit der Dünenweide (*Salix repens* var. *arenaria*) an und bildet in dieser Phase offene, niedrige und artenarme Gestrüppe. Die Zuwanderung des Sanddorns in den deutschen Küstenraum ist noch recht jung: Nachgewiesen ist eine West-Ost-Ausbreitung von *Hippophaë rhamnoides* von den Westfriesischen Inseln her, die Art war 1824 auf Borkum und Juist heimisch, 1856 auch auf Norderney, 1900 auf Langeoog, und sie wurde 1904 auf Wangerooge gefunden (FISCHER 1975). Heute besiedelt das Sanddorngebüsch nicht expositionsgebunden die hohen, noch nicht entkalkten Dünen der Ostfriesischen Inseln. Mancherorts sterben die *Hippophaë*-Sträucher sehr rasch ab; diesem Phänomen liegt ein kompliziertes Wirkungsgefüge zugrunde, das bei POTT (1995b) eingehend dargestellt ist. Auch *Hippophaë* lebt mit einem Wurzelsymbionten der Gattung *Frankia* zusammen; dieser spezielle Actinomycet fixiert den Luftstickstoff genau wie das *Rhizobium* der Leguminosen. Solche Wurzelsymbionten gedeihen aber nur optimal unter alkalischen pH- und Bodenbedingungen. Sobald der Bodenkalkgehalt einer Düne unter 0,3% liegt, sinkt auch der pH-Wert unter einen Schwellenwert. Auch in diesem Fall können Nematoden das Wurzelwerk und besonders die Bakterienknöllchen des Sanddorns angreifen und dadurch Photosynthese und die Aufnahme von Bodenphosphat und Luftstickstoff herabsetzen (vgl. auch WESTHOFF 1991).

Im Bereich des *Salici-Hippophaëtum* vollzieht sich in der Regel der Übergang von der Weißdüne zur Graudüne. Die Kriechweide (*Salix repens*) ist gegenüber den Winden resistent; sie erklimmt daher auch die Dünenkuppen und kann dort die letzten Wehsande fangen und festlegen. Für den Sanddorn (*Hippophaë rhamnoides*) ist sie Wind- beziehungsweise Sandschutz. Letzterer bleibt im Luv niedrig, wächst im Lee aber bis zu 2 Meter



Abb. 15: Alternde Weißdüne mit dem Sandswingel (*Festuca rubra* ssp. *arenaria*) als charakteristischer Art



Abb. 16: Tüpfelfarnreiche Gebüschgesellschaft (Norderney-Blautal)



Abb. 17: Verbuschung mit Kriechweiden (*Salix repens*) in den Graudünen von Norderney



Abb. 18: Sanddorngebüsch (*Salici arenariae-Hippophaëtum rhamnoides*) auf Norderney

hoch und ist seiner Vitamin C-haltigen orangeroten Früchte wegen ein Hauptnahrungsbau für die Vogelwelt der Insel. Anstelle der Sanddorngebüsche treten auf den Inseln häufig große Gebüsche der polykormischen Kartoffelrose (*Rosa rugosa*) auf. Diese Art wurde aus Nordasien eingeführt und hat sich seither in den Dünen eingebürgert. In den Altersphasen des Sanddorngebüsches kommen etliche Straucharten hinzu: Der Holunder (*Sambucus nigra*) vor allem ist windfest genug, um an stickstoffreichen Stellen einzudringen. Dieses ist besonders auf den Dünen der Fall, an denen sich Möwenkolonien für längere Zeit aufhalten. Wo der Sanddorn nachläßt und abstirbt, ist die weitere Sukzession vor allem expositionsbedingt. An Südhängen stellen sich offene und niedrige Gesellschaften ein. Die erste ist das *Tortulo-Phleetum arenarii* (Sandlieschgras-Gesellschaft), in dem Winterannuelle und zuerst akrokarpe Moose überwiegen; es ist eine Pioniergesellschaft der Schillergrasfluren des *Koelerion albescentis*, die sich auch unmittelbar dem *Elymo-Ammophiletum festucetosum arenariae* anschließen kann. Kennarten sind an erster Stelle *Koeleria albescentis*, *Phleum arenarium*, *Erodium glutinosum* und *Tortula ruraliformis* (vgl. PETERS 1996, POTT 1996).

Bei fortschreitender Bodenentkalkung geht das *Tortulo-Phleetum* in die vorwiegende Rasengesellschaft der kalkarmen Dünen über, das *Violo-Corynephorum canescentis* (Abb. 19). Im Gegensatz zu den Weißdünen, wo tiefwurzelnde Xerophyten überwiegen, dominieren hier Flachwurzler, besonders das Silbergras (*Corynephorus canescens*), sowie verschiedene Veilchenarten (*Viola tricolor* ssp. *curtisii*, *Viola canina*) und das Sandglöckchen (*Jasione montana* ssp. *littoralis*). Die Krautschicht der Gesellschaft ist offen; sie überragt eine geschlossene Bodenschicht von Flechten und Moosen.

Auffällig und charakteristisch ist die Kombination der fast weißen *Cladonia foliacea* mit der glänzend schwarzbraunen *Cornicularia aculeata*; dazwischen finden sich noch zahlreiche *Cladonia*-Arten sowie *Peltigera*-Arten. In flachen Mulden, wo Regenwasser von



Abb. 19: Silbergras-Gesellschaft (*Violo-Corynephorum canescentis*)

den Dünen herabrinnt und wo der Boden also zeitweise feuchter ist, findet sich eine *Cladonia*-reiche Form der Assoziation mit *Cladonia rangiferina*, *C. impexa*, *C. arbuscula* und *C. mitis* (*Violo-Corynephoretum cladonietosum*).

Auf festgelegten, ausgehagerten Trittstellen in den Graudünen bzw. an Wegrändern und anderen Störstellen zeigt sich oft die einjährige Frühlingsschmiele (*Aira praecox*), die innerhalb der Xeroserie nur eine untergeordnete Rolle spielt, gleichwohl aber auch eigene Pflanzengesellschaften zusammen mit der Sandsegge aufbauen kann (*Carici arenariae-Airetum praecocis*, s. POTT 1995b, ROSSKAMP 1992). Sehr interessant ist weiterhin das Auftreten des neophytischen Kaktusmooses (*Campylopus introflexus*), das seit etwa 1940 von der Südhalbkugel nach Europa gelangt ist (s. POTT & HÜPPE 1991, POTT 1995b).



Abb. 20: Moosteppich mit *Campylopus introflexus*

Die Küstendünen sind auch auf Norderney bevorzugte Einwanderungsflächen von *Campylopus introflexus*, wo dieses Moos dichte Teppiche mit großen Mächtigkeiten bilden kann (Abb. 20). *Campylopus* ist inzwischen auf allen Ostfriesischen Inseln verbreitet. KLINGER (1980) gibt für die einzelnen Ostfriesischen Inseln die Jahre der Erstfunde des Mooses an: 1970 Langeoog, 1975 Baltrum, 1976 Spiekeroog, 1977 Norderney und 1980 für die Inseln Borkum, Juist und Wangerooge.

Wenn die Landschaft extensiv, aber dauerhaft beweidet wird, kann die Sukzession zu einer dritten Gesellschaft des *Koelerion albescentis* führen, zum *Festuco-Galietum maritimi* (Straußgras-Gesellschaft) mit *Festuca tenuifolia*, *Polygala vulgaris* var. *dunensis*, *Bromus hordeaceus* ssp. *thominii* und auf den meisten Inseln auch *Galium mollugo*. Auf den Südhängen dominieren hingegen das Sandlieschgras (*Phleum arenarium*), das Silbergras (*Corynephorus canescens*) und *Silene otites* (Ohrlöffel-Taubenkropf). Wenn der Oberboden der älteren Graudünen stärker mit Humus angereichert ist und versauert, kommen zu den bisher genannten Arten weitere hinzu: anspruchslose säureertragende oder gar säureliebende Pflanzen wie Hasenklee (*Trifolium campestre*), Echtes Labkraut (*Galium verum*), Sauerampfer (*Rumex acetosella*) und auch das Bergglöckchen (*Jasione montana*); Moose bilden mitunter Rasen. Auch die Sandsegge (*Carex arenaria*) breitet sich neuerdings stark auf den Graudünen aus. Solche *Carex arenaria*-Bestände differenzieren sich von den benachbarten Sandtrockenrasen der Graudünen durch wesentlich höhere und stark verfilzte Vegetationsteppiche, geringere Moosanteile, stärkere Phytomassenentwicklung sowie durch ihre geringere Gesamtartenzahl. Stickstoffeinträge aus der Luft oder Guanotrophierung aus Möwenkolonien sind offenbar verantwortlich für die starken Vorkommen der Sandsegge. Auch auf intensiv von Kaninchen befressenen Dünen kann *Carex arenaria* mächtig hervortreten (POTT 1995 a,b, PETERS 1996).

Die Nordhänge sind meist geschlossen bewachsen, wobei speziell die Krähenbeere (*Empetrum nigrum*) häufig auftritt. Weitere bezeichnende Arten sind der Tüpfelfarn (*Polypodium vulgare*), Ehrenpreis (*Veronica officinalis*), Honiggras (*Holcus lanatus*), die Besenheide (*Calluna vulgaris*) und diverse Moose (z.B. *Hypnum cupressiforme*, *Dicranum scoparium*). Hier finden wir eine Zwergstrauchgesellschaft mit *Polypodium vulgare*, *Empetrum nigrum* und *Salix repens* var. *arenaria*, das *Hieracio-Empetretum*, die wichtigste Assoziation der Küstenheide, reich an Moosen und Flechten (Abb. 21). Auf flachem oder schwach geneigtem Gelände endet die Xeroserie in der windharten Ausprägung der Küstenheide, dem *Hieracio-Empetretum cladonietosum*. Dieses geschieht allerdings nur, wenn die Landschaft wenigstens jahrzehntelang nicht stark vom Menschen gestört wird.

Es ist anzunehmen, daß sich auf trockenen Grau- und Braundünen bei ihrer ungestörten Weiterentwicklung natürliche, windharte Pappel-Eichenwälder vom Typ des *Populo tremulae-Quercetum petraeae* als windgeschorene Krattwälder herausbilden können (Abb. 22). Auf Norderney sind solche **Dünenwälder** schon fragmentarisch ausgebildet, v.a. in solchen Dünentälern, die am Dünenfuß spitzwinkelig zulaufen, wo Nährstoffe akkumuliert werden und wo Windschutz gewährleistet ist. Daß die Primärsukzession vielfach noch nicht zur Waldbildung fortgeschritten ist, läßt sich nur dadurch erklären, daß menschlicher Einfluß, u.a. mit Brennholznutzung, Viehweide und Plaggenstich, dieser Entwicklung vorgebeugt oder entgegengewirkt hat. Das Fehlen der natürlichen Wälder ist heute vielleicht auch eine Folge der geringen Akzessibilität, weil es auf den Inseln kaum eine Quelle für natürliches, standortbedingtes Saatgut von Baumarten gibt.

Graudünen und Braundünen bilden zusammen mit den Dünengebüschen und -wäldern sowie dem Ökosystem der feuchten und nassen Dünentäler die **Tertiärdünenlandschaft**. Windanrisse in den Graudünen und Braundünen führen zu sekundären *Ammophila arenaria*-Dünen. Die beschriebenen synchronen Prozesse der Bodenreifung und Vegetationsentwicklung von den Primärdünen über die Sekundärdünen zu den Tertiärdünenlandschaften bewirken auch eine räumliche Zonierung der verschiedenen Dünentypen, wobei die ältesten Grau- und Braundünen im Inselinneren, die jeweils jüngsten Dünen dagegen seawärts liegen. Durch die bereits geschilderten anthropozoogenen Eingriffe und die natürlich vorkommenden Windanrisse, die gelegentlichen Meereseinbrüche sowie durch generelles Nachlassen der Sandanlieferung kann der Prozeß der voranschreitenden progressiven Dünenbildung stagnieren, bzw. es kommt zum Abtrag von Dünen. Neben der



Abb. 21: Krähenbeerheide (*Hieracio-Empetretum*)



Abb. 22: Initial eines Krattwaldes südlich der Weißen Düne auf Norderney

progressiven Sukzession gibt es - räumlich und zeitlich benachbart - also auch zahlreiche Phänomene der **Regression**. Auch hier zeigt sich die hohe Dynamik der Dünenlandschaften. Der Abbau der Düngürtel durch Wasser und Wind ist mit Sandanrissen, Windmulden, Paraboldünen und gelegentlich auch durch Wanderdünen gekennzeichnet. Unter natürlichen Bedingungen heilen solche Stellen durch das Wachstum von Pionierpflanzen rasch aus, doch kann der Flugsand in Siedlungen, auf Straßen und im Kulturland Schäden anrichten. Die Dünenzerstörungen sind oft so großflächig, daß man den Heilprozeß künstlich beschleunigen muß. Erste systematische Schutzmaßnahmen durch Strandhaferpflanzungen mit naturnahen Lebendbaumethoden, Einzäunungen und Wegegebot haben die natürliche und durch anthropo-zoogene Einwirkungen verstärkte Dynamik der Dünen im wesentlichen in den Griff bekommen (vgl. LUX 1964, 1969).

Weitere starke Veränderungen in den trockenen Dünen, wie wir sie mit zunehmender Tendenz beobachten müssen, fallen durch Dominanzbestände bestimmter Pflanzenarten auf: Zusammen mit der Sandsegge (*Carex arenaria*) breiten sich beispielsweise neuerdings massiv das Honiggras (*Holcus lanatus*) und das Wiesenlabkraut (*Galium mollugo*) in den Graudünen aus.

Zur Blütezeit besonders auffällige Massenentwicklungen des Schmalblättrigen Weidenröschens (*Epilobium angustifolium*) und der Brennessel (*Urtica dioica*) treten in Graudünenbereichen hauptsächlich an Dünennordhängen und vereinzelt in Dünen senken auf. Als Ursache für die Ausbreitung dieser stickstoffliebenden Pflanzen wird ebenfalls die Stickstofffreisetzung aus dem Guano von Möwenkolonien angesehen; in diesem Fall kann aber auch kurzfristig freigesetzter Stickstoff nach dem Zerfall der Actinomyceten-Wurzelsymbiosen in ehemaligen Sanddorngebüsch (*Salix-Hippophaëtum*) die Ansiedlung von *Urtica dioica* und *Epilobium angustifolium* fördern (vgl. auch dazu POTT 1995a, 1995b). Solche meist nur lokal verbreiteten Brennessel-Weidenröschen-Bestände können sich dann zu Kratzbeergestrüppen mit *Rubus caesius* weiterentwickeln. Die ebenfalls stickstoffliebende *Rubus caesius* tritt besonders intensiv in Dünenmulden zusammen und dehnt sich bei zusätzlichem Kaninchenverbiß von dort spontan auf die Graudünen aus, wo gespinstartige Kratzbeerstränge sich über den Dünen sand ausstrecken (Abb. 23). Sie deuten das Dünenbild der Zukunft an.

An den Inselenden bildet die Brandung auf den aus mikroklimatischen Gründen und wohl auch wegen ihrer oft schaumigen Sandlagerung pflanzenlosen Platen **Strandwälle**, die hakenförmig nach Süden umbiegen. Diese besiedeln sich vom Haken-Ende ausgehend mit Dünengräsern und wachsen unter ihrer Mitwirkung zu Dünenwällen auf, wie ähnliche auch aus dem sandigen Watt entstehen können. So bilden sich von hohen Außendünen umgebene Becken, denen im Laufe der Zeit weiter ostwärts neue folgen können (s. PRATJE 1941, 1942). Im Zentrum solcher **Kreisdünen** befindet sich ein rundes, primäres Dünentälchen, zu dem das Hochwasser anfangs noch Zutritt hat. Derartige **Kreisdünenkomplexe** existieren auch auf Norderney, und zwar im Ostteil westlich der Rattendünen sowie in den Dünen westlich davon. In beiden Komplexen befindet sich in charakteristischer Weise ein zentraler, tiefer Bereich, welcher von einem Dünenkranz umlagert ist. Das Zentrum der Kreisdünen beherbergt Zwergbinsen- (*Nanocyperion*-) Vegetation im Wechsel mit Schilf, das zum Rand hin von Weidengebüsch und Gehölzpflanzungen sowie schließlich von Silbergrasfluren (*Corynephorion*-Gesellschaften) abgelöst wird. Im Zentrum der kreisförmigen Dünenkränze im Westland sind daneben auch Kriechweiden-Bestände anzutreffen, die der Reitgras-Weiden-Gesellschaft (*Calamagrostis epigeios-Salix repens*-Gesellschaft) zugeordnet werden. Die Prozesse der Entkalkung und Austrocknung scheinen hier schon länger zu wirken, woraus folgt, daß diese Kreisdünenkomplexe vor denjenigen im Ostteil entstanden sind.



Abb. 23: Kratzbeere (*Rubus caesius*)

2.3.2 Dünentäler und ihre Vegetation

In den **Dünentälern** können je nach Grad der Vernässung, je nach Kalk- und Salzgehalt des Wassers verschiedene Röhrichte, Feuchtheiden, Seggen- und Binsensümpfe sowie aquatische und amphibische Gesellschaften in Tümpeln und in anderen Düentalgewässern auftreten. Hier sind weitaus die meisten aufbauenden Arten grundwasserbedingt. Letztere Gesellschaften werden dementsprechend in der Hygro- und Hydroserie zusammengefaßt. Die Vegetation der **grundwasserbeeinflussten Dünentäler** mit ihren charakteristischen Pflanzengesellschaften ist äußerst kompliziert. Oligohaline, brackige bis ausgesüßte, meist isoliert liegende Strandmulden und primäre Dünentäler bieten ideale Standorte für die oft nur fleckenhafte und sehr kleinflächige Pioniergesellschaft des *Centaurio litoralis-Saginetum nodosae* (Gesellschaft des Strandtausendgüldenkrauts). Es handelt sich dabei um eine relativ offene, niedrigwüchsige Gesellschaft des Strandtausendgüldenkrauts (*Centaureum littorale*) und des hemikryptophytischen Mastkrauts (*Sagina nodosa*). Die Populationen dieser beiden Arten pendeln jährlich, dem jeweiligen Grundwasserstand folgend, hin und her. Ein auffallendes Kennzeichen des *Centaurio-Saginetum* ist eine dichte und oft sogar geschlossene Moosschicht, meistens aus der Gattung *Bryum* (Birnmoos) aufgebaut. Die ökologische Funktion solcher Moosschichten besteht in der Feuchthaltung des Sandes und bewirkt somit einen Schutz gegen Austrocknung und Übersandung.

Auf leichten Sandböden - in meist ausgesüßtem Milieu -, in Feuchtheiden sowie an leicht verdichteten Stellen wie z.B. in Fahrspuren oder auf Trampelpfaden, wächst ebenfalls sehr kleinräumig verbreitet die Zwergflachsgesellschaft des *Ranunculo-Radioletum linoides*. Auch hier kennzeichnen niedrigwüchsige Elemente die Gesellschaft: der Zwergflachs (*Radiola linoides*), der Kleinling (*Centunculus minimus*) sowie Mastkraut (*Sagina*

procumbens) und Karthäuserlein (*Linum catharticum*). In älteren Dünentälern mit versauerten und anmoorigen Böden gibt es ebenfalls moosreiche Ausprägungen der Gesellschaft. An Arten sind hier zu nennen: *Gymnocolea inflata* (Kelchmoos), *Pellia epiphylla* (Beckenmoos), *Scapania irrigua* (Spatenmoos), *Polytrichum commune* (Gemeines Frauenhaarmoos) und *Sphagnum*-Arten (Torfmoose). Wenn der Boden einen höheren Säuregrad erreicht, so daß Torfmoose und *Polytrichum commune* vermehrt eindringen, verschwindet die Gesellschaft.

In nitrat-, ammonium- und phosphatarmen, ephemeren Dünentalgewässern mit hoher Alkalität gedeiht die Salzbungen-Strandlings-Gesellschaft (*Samolo-Littorelletum uniflorae*; Abb. 24). Es sind niedrige, vom Strandling (*Littorella uniflora*) und von der Salzbunge (*Samolus valerandi*; Abb. 25) beherrschte Rasen in oft nur wenige Quadratmeter großen Flächen. Dies ist die typische Initialgesellschaft der **Sukzession von Dünentälern**. Unter hohen Brackwassergehalten bleibt die Gesellschaft stationär; bei Versauerung kann die Entwicklung zu weiteren Strandlingsrasen der *Littorelletea uniflorae* (Pillenfarn-Gesellschaft *Pilularietum globuliferae*, Sumpfbinsen-Gesellschaft *Eleocharitetum multicaulis*) weitergehen. Hohe Kalkgehalte leiten die Sukzession zu Flachmoorgesellschaften, und bei Eutrophierung dringen Schilf (*Phragmites australis*) und Weidenröschen (*Epilobium hirsutum*) in die Bestände ein und bauen sie ab (Abb. 26). Auf Norderney ist das *Samolo-Littorelletum uniflorae* momentan nicht vertreten.

Die vorwiegend atlantisch-mediterran verbreitete Sumpferzblatt-Gesellschaft (*Parnassio-Juncetum atricapilli*) stellt ein wichtiges Bindeglied von der semiaquatischen Phase der Hydrosérie hin zur Niedermoorvegetation dar. Hier schließt sich erstmals die Vegetationsdecke dauerhaft. Es ist eine niedrige, buntblumige Gesellschaft, in der *Parnassia palustris* (Sumpferzblatt; Abb. 27) und *Centaurium littorale* (Strandtausendgüldenkraut)



Abb. 24: Sekundäres Dünental auf Borkum im Winter. Die gefrorene Wasserfläche kennzeichnet den Standort des *Samolo-Littorelletum uniflorae*.

besonders auffallen. Der wechselnde Wasserstand auf diesen frischen bis feuchten, stark humosen, kalk- und etwas salzhaltigen Sandböden schwankt in der Regel zwischen 30 und 50 cm Tiefe (POTT 1995b). Diese Gesellschaft steht an der Basis der Hygroserie im Verlandungsbereich primärer Dünentäler und entwickelt sich bei zunehmender Aussüßung und Entkalkung zum *Junco baltici-Schoenetum nigricantis* (Kopfbinsen-Gesellschaft). Es ist eine artenreiche Kalkflachmoorgesellschaft, die an der Küste oft die selte-



Abb. 25: Salzbunge (*Samolus valerandi*)

ne subatlantisch-präalpine Orchidee *Liparis loeselii* beherbergt. In den Küstendünen der Watteninseln ist das mehrjährige Kopfbins (Kopfbins, *Schoenus nigricans*) ein essentieller Vertreter der Hygroserie, weil diese Art - syndynamisch gesehen - eine Schlüsselstellung bei der Aussüßung und Bodenbildung solcher natürlichen, abgeschnürten, ehemals salzreichen Dünentäler einnimmt. Kennzeichnend für die ökologische Situation dieser Gesellschaft ist immer die **starke Fluktuation des Grundwasserstandes**, der im Winter bis zu 70 cm über der Bodenoberfläche steht und im Sommer bis zu unter 100 cm unter Flur absinken kann. In Gebieten mit starker Absenkung des Grundwasserstandes infolge Trinkwassergewinnung haben die Populationen von *Schoenus nigricans* seit einigen



Abb. 26: Dichtes Röhricht mit Schilf (*Phragmites australis*) im Großen Dünenental auf Norderney



Abb. 27: Sumpferzblatt (*Parnassia palustris*)

Dezennien stark unter dem Fraß von Kaninchen zu leiden, wobei infolge des Fehlens der winterlichen Überflutung die oberirdischen Sprosse fast völlig abgefressen werden. Hierdurch verliert die Pflanze nicht nur einen Teil der Nährstoffreserven, sondern v.a. die im Spätsommer angelegten neuen Blütenstände. Folglich wird die Saatproduktion und damit die Verjüngung der Population stark beeinträchtigt (ERNST 1991). Sprosse von *Schoenus nigricans* wachsen im Laufe ihres 8 bis 16jährigen Lebens stets von der Basis nach und beginnen an der Sproßspitze abzusterben; solche Kopfried-Bestände fallen ganzjährig durch ihre schmutzig-braun-schwarz-graue Farbe auf. Dies mag eine wichtige Ursache dafür sein, daß das *Junco baltici-Schoenetum nigricantis* während des Untersuchungszeitraums auf Norderney nicht auffindbar war. Von WESTHOFF & VAN OOSTEN (1991) wird die Sukzession aus der Kopfried-Gesellschaft in drei verschiedene Richtungen beschrieben:

- Als Normalfall ist eine allmähliche Bodenversauerung mit teilweise leichter Sandüberwehung zu beobachten. Die Entwicklung führt in der Regel zu einem Kriechweiden-Gebüsch (*Pyrolo-Salicetum*, Wintergrün-Kriechweiden-Gesellschaft).
- Durch starke Übersandung oder Grundwasserabsenkung kann eine Reitgras-Gesellschaft (*Ophioglossa-Calamagrostietum epigeios*) entstehen. *Calamagrostis* bildet in diesem Fall große und dichte, oft verfilzte Bestände und erzeugt eine dichte Streulage.
- Bei schneller Versauerung kann sich eine Feuchtheide mit Krähenbeere (*Empetrum nigrum*) und Glockenheide (*Erica tetralix*) entwickeln. Das ist die Krähenbeer-Glockenheide-Gesellschaft (*Empetro-Ericetum tetralicis*; Abb. 28).

Die Krähenbeer-Glockenheide-Gesellschaft ist dabei typisch für die feuchten Dünentäler, die im Winter öfters geflutet sind und wo das Grundwasser im Sommer bis an die Oberfläche reichen kann. Sie unterscheidet sich von den binnenländischen Glockenheide-Gesellschaften (*Ericetum tetralix*) durch das Vorkommen von *Carex trinervis* (Dreiner-



Abb. 28: Krähenbeer-Glockenheide-Gesellschaft (*Empetro-Ericetum tetralicis*)

ge Segge), *Juncus arcticus* ssp. *balticus* (Baltische Binse) und *Juncus alpino-articulatus* ssp. *atricapillus* (Zweischneidige Binse). Hierhin kann sich auch die nordamerikanische Moosbeere (*Oxycoccus macrocarpos*) ausbreiten.

Diese feuchte Küstenheide kann einmal auf schwach brackigen Dünenalstandorten aus dem Kopfried-Bestand (*Junco baltici-Schoenetum nigricantis*) hervorgehen; meist entwickelt sie sich jedoch aus dem Dreinerv-Seggensumpf (*Caricetum trinervi-nigrae*). Letztere natürliche Sumpfgesellschaft wächst im Bereich saurer Dünentäler mit hohem, aber schwankendem, im Winter über die Bodenoberfläche steigendem Grundwasserstand aus dem *Samolo-Littorelletum* hervor und führt unter Bildung von Niedermoortorfen zum *Empetro-Ericetum*.

Küstenheiden insgesamt sind natürliche Vegetationstypen, weil sie in der Regel aus der primären Sukzession hervorgehen. Sie können auch an windexponierten Stellen als Dauergesellschaft das Endstadium der Entwicklung bilden. Eine Weiterentwicklung hin zum Wald gibt es nur an windgeschützten Stellen, wo Grauweiden (*Salix cinerea*) und Lorbeerweiden (*Salix pentandra*) eindringen können und Gebüsche vom Typ des *Salicetum pentandrae-cinereae* aufbauen. Diese enden schließlich beim Dünen-Birkenwald (*Empetro-Betuletum carpaticae*), der letztlich in ein erlenreiches Schlußstadium mit *Alnus glutinosa* (Schwarzerle) übergehen kann.

2.3.3 Salzwiesen und ihre Vegetation

Salzwiesen der **Watten, Heller, Groden**, Polder und Köge zwischen der Mittleren Tidehochwasserlinie und der Sturmflutlinie, die also mehr oder weniger vom Salzwasser beeinflusst sind, werden zur Haloserie gestellt; im Salzwasserwatt der Küste, der Halligen und der Inseln wachsen in den höheren Bereichen Queller- und Schlickgras-Bestände, die zu den eigentlichen Salzwiesen überleiten. In tieferen Teilen finden sich stellenweise Seegraswiesen mit *Zostera*-Arten, ansonsten verschiedene Algen-Gesellschaften. Im Brackwasserwatt der Ästuar- und im Süßwasserwatt weiter flußaufwärts wachsen Röhrichte aus Schilf (*Phragmites australis*), Strandsimsen (*Bolboschoenus maritimus*, *Schoenoplectus tabernaemontani*) und der Dreikant-Simse (*Schoenoplectus triquetrum*). Diese Brackwasser- oder Tideröhrichte kennzeichnen den Süßwasser-Gezeiten-Grenzbereich der Nordseeküste, wo zeitweise schwache Überschlückung gewährleistet ist und starke Wasserstandsschwankungen herrschen. Die Böden der marinen bis brackischen Seemarschen bestehen aus chloridreichem Schlick mit hohem Kalkgehalt von 4-12 Prozent. Deren Vegetation ist nachfolgend erläutert.

Die von bandartigen Seegräsern der Gattung *Zostera* aufgebauten **untermeerischen Wiesen** sind an eu- bis polyhaline Standorte des Litorals bzw. Sublitorals der Gezeitenküste gebunden und wachsen bis zu einer Tiefe von etwa 3-4 m im Wattenmeerbereich der Nordsee. Die beiden Seegras-Gesellschaften, das *Zosteretum marinae* (Gesellschaft des Echten Seegrases) und das *Zosteretum noltii* (Zwergseegras-Gesellschaft), sind die einzigen untergetaucht lebenden Angiospermengesellschaften im Meer; beide können kleinräumig miteinander verzahnt sein. Sie unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Tiefenzonierung: Das *Zosteretum marinae* wächst auf Sand- und Schlickwatt im tiefen Wasser unterhalb MTNw, ist auch bei Ebbe überflutet und deshalb niemals trocken fallend. Das *Zosteretum noltii* besiedelt im Gegensatz dazu ausschließlich die Schlickwatten, es erträgt das stundenweise Trockenfallen bei Ebbe und ist sogar der Beregnung mit fast ionenfreiem Regenwasser ausgesetzt (Abb. 29). Als zentraler Biozönose kommt den *Zostera*-Gesellschaften der Nordsee eine Schlüsselstellung für den Arten- und Individuenreichtum des Ökosystems Wattenmeer zu. Sie bilden bekanntermaßen die „Kinderstube“ für zahlreiche Nordseefische, wie z.B. Seesunge, Scholle, Hering und Sprotte, die alle in der frei-



Abb. 29: Zwergseegras (*Zostera noltii*) und das Große Seegras (*Zostera marina*)

en Nordsee laichen, deren Larven aber im Watt und im Wattenmeer heranwachsen (s. z.B. MICHAELIS 1987). Die Ursache für die teilweise katastrophalen Schwankungen in der Bestandesdichte bei den Seegrasarten und ihr genereller Bestandesschwund ist wohl in Gewässerverunreinigungen zu sehen. Eine offenbar von dem Myxomyceten und Schwächeparasiten *Labyrinthula macrocystis* hervorgerufene Seuche hat beispielsweise schon in den 30er Jahren ein flächenhaftes und folgenschweres Seegras-Sterben bewirkt; mit *Zostera* verschwanden vielerorts auch zahlreiche Fische, Mollusken und Krebse, die sich direkt oder indirekt von ihr ernährten hatten. Nur sehr langsam erfolgt eine teilweise Wiederbesiedlung der ehemaligen Areale (REISE 1990, WILMANN 1993, POTT 1995a, 1996).

Das *Zosteretum noltii* kann sich landwärts mit *Salicornia*-(Queller-) und *Spartina*-(Schlickgras-)Gesellschaften verzahnen. Abgerissene und von der Brandung zerfaserte Seegras-Exemplare findet man oft in den Spülsäumen und zwischen den Quellerwatten. Detritus von *Zostera* ist entscheidend am Aufbau des Wattenschlicks beteiligt.

Im Watt oberhalb der *Zostera*-Zonen, zwischen 40 und 25 cm unterhalb des Mittelhochwasserniveaus, also im **Eulitoral**, begegnet man den ersten Landpflanzen. Es sind die stammsukkulente, halophytischen Quellerpflanzen der Gattung *Salicornia* sowie Strandsonen der Gattung *Suaeda*. Diese einjährigen Pflanzen vertragen keine Überstauung; sie wachsen meerrwärts mit locker zerstreuten Einzelpflanzen und schließen sich landwärts rasenähnlich zusammen (Abb. 30). Verschiedene Queller-Gesellschaften lassen sich je nach Salinität und Substrateigenschaften des Wattbodens differenzieren (vgl. v.a. KÖNIG 1960, KÖTTER 1961, TÜXEN 1974 und POTT 1995a, 1995b).

Der Pioniercharakter auf schlickigen und sandigen Schlammsubstraten ist allen gemein; wo die Quellerpflanzen bis zu mehreren Hunderten pro m² beisammen stehen, kommt das Wasser in Bodennähe zur Ruhe. Dort wirken sie als Schlickfänger und fördern die Anlandung. Nach erfolgreicher Sedimentation im Watt werden sie von geschlossenen Rasen der

eigentlichen Salzwiesen abgelöst. Folgende Quellergesellschaften sind für das Verständnis von Vegetation und Landschaft der Wattflächen von Bedeutung:

- Die Schlickqueller-Gesellschaft (*Salicornietum strictae*) wächst von etwa 40 cm unter MTHw bis MTHw auf Schlickwatten (Abb. 31). Diese artenarme einjährige Pioniergesellschaft wird meist im Herbst durch Sturmfluten beseitigt, sie erneuert sich alljährlich aus einem riesigen Samenvorrat. Die Verschmutzung und Überdüngung des Meerwassers begünstigt in letzter Zeit die Zunahme von Grünalgen der Gattungen *Ulva* (Seetang), *Cladophora* (Fadenalge) und *Enteromorpha* (Darmtang, Sauerkrautalge), die sich im Sommer deckenartig über Quellerpflanzen legen können und diese ausdunkeln.
- Die Gesellschaft des Vorlandquellers (*Salicornietum ramosissimae*) ist an ihrer typischen herbstlichen Rotfärbung leicht erkennbar. Sie ist eine vom Kurzjährigen Queller (*Salicornia ramosissima*) beherrschte, einjährige Dauer-Initialgesellschaft in schlickreichen Bodensenken, in Mulden, in Erosionsbereichen (z.B. Sodenentnahmestellen im Andelgrasrasen) und an Prielrändern (Abb. 32).
- Das Flugsand-Quellerwatt (*Salicornietum decumbentis*) ist eine niedrige, schütterte, annuelle Pioniergesellschaft auf Flugsandplatten oberhalb MTHw. *Salicornia decumbens* keimt optimal bei 1-2 mm starker Überschlickung; das sandüberwehte Schlicksubstrat dient als Keimbett.
- Auch die einjährigen Initialgesellschaften aus Strandsode (*Suaeda flexilis*-Gesellschaft; Abb. 33) und die Gesellschaft der Niederliegenden Strandsode (*Suaedetum prostratae*) entwickeln sich erst oberhalb MTHw (s. HOBÖHM & POTT 1992).

Allesamt sind sie also mehr oder weniger einartige Therophyten-Gesellschaften in diesem extremen Lebensraum; nur die ausdauernde Grasgattung *Spartina* kann solche Standorte ebenfalls besiedeln. Die Schlickgras-Gesellschaft (*Spartinetum anglicae*) bildet zwischen 40 cm unter und 20 cm über MTHw horstartige, schütterte bis dichte, kniehohe Bestände (Abb. 34). Diese Art wurde 1927 als Schlickfänger am Wattenmeer der Nordseeküste angesiedelt; sie hat sich seitdem stark ausgebreitet und verdrängt oft die einjährige Queller-Gesellschaft.

Sobald der Wattboden bis etwa 20 cm unter Mittelhochwasser aufgeschlickt wird, kann das durch seine etwas blaugrüne Färbung auffällige Andelgras (*Puccinellia maritima*) Fuß fassen. Die Andelrasen gehören bereits zu den Wattwiesen (Salzwiesen). Sie lösen landeinwärts die Queller-Gesellschaften ungefähr in der Höhe des mittleren Tidehochwassers zonenartig ab und werden nur noch von Sturmfluten mit Salzwasser überspült. Andelgrasrasen sind daher artenreicher als die Queller-Gesellschaften. Die niedrigen, dichten Rasen sind vielfach kleinbuckelig reliefiert; sie wurden auf Norderney bis in die jüngste Vergangenheit teilweise als Weideland genutzt (Schafe, Rinder und Pferde). Dadurch wurde das Artengefüge der Gesellschaft häufig beeinträchtigt und drastisch verändert. In nicht beweideten Wattflächen kann sich an etwas höheren Stellen mit besser durchlüfteten Böden sowie an Prielrändern der Salzmeldenrasen des *Halimionetum portulacoides* entwickeln (Abb. 35). Durch klonales Wachstum bildet die Salzmelde (*Halimione portulacoides*) in der unteren Salzwiese oftmals monodominante Riesendecken von mehreren Quadratmetern Ausdehnung. Je mehr der ehemalige Wattboden über MTHw aufgehöhht wird, desto öfter kann er vom Regen durchsickert und vorübergehend weniger entsalzt werden. Das Andelgras wird nun vom Salzbinsen- oder Bottenbinsenrasen mit *Juncus gerardii* (*Juncetum gerardii*) abgelöst; diese höher gelegene Salzwiese wird nur noch vergleichsweise selten überflutet. Die Bestände reichen meist ab 25 cm MTHw, werden nur noch 40 bis 70 mal im Jahr überflutet, und die Salzgehalte liegen meistens unter 15 ‰. Die Bottenbinsenwiese ist eine floristisch vielgestaltige Gesellschaft mit dichten, sattgrünen, blütenreichen Rasen aus *Juncus gerardii* (Bottenbinse), *Limonium vulgare* (Strandflieder) und *Armeria maritima* (Strandnelke). Das Salzkraut (*Glaux maritima*) kann in



Abb. 30: Das vereiste Watt vor Norderney im Winter 1995/96. Temporärer Eisgang verhindert die Etablierung mehrjähriger Pflanzen im Wattengebiet.



Abb. 31: Schlickqueller-Gesellschaft (*Salicornietum strictae*) im Yachthafen von Norderney



Abb. 32: Vorlandqueller-Gesellschaft (*Salicornietum strictae*) an einem Prielrand



Abb. 33: Strandsoden-Gesellschaft (*Suaedetum flexilis*) im sandigen Inselwatt von Norderney



Abb. 34: Schlickgras-Gesellschaft (*Spartinetum anglicae*)

dichten, teppichartigen Beständen zu geschlossenen Bottenbinsenwiesen überleiten. Auf den Inselwattflächen gibt es zudem ab Juli die unvergleichlichen harmonischen Farb-
aspekte der Strandflieder-Gesellschaft (*Plantagini-Limonietum*; Abb. 36). Die lila-farbenen Blütenwickel des Strandflieders beherrschen auch auf Norderney bis in den Herbst hinein die Nordsee-Wattwiesen.

Einige Spezialisten-Gesellschaften der **Wattwiesen** seien hier noch kurz angeführt:

Soweit im Salzwiesengelände noch Priele in Funktion sind, werden diese stellenweise vom hohen nitrophilen und zugleich salzertragenden, silbergrauen Strandwermut-Gestrüpp (*Artemisietum maritimae*) gesäumt (Abb. 37). Diese Gesellschaft stockt auf etwas erhöhten, sandigen Wällen, die bei Sturmfluten am Rande der Priele abgelagert wurden. Nur selten läßt sich noch im höher gelegenen, meist sandigen Gelände die Rot-schwingel-Salzwiese mit *Festuca rubra* ssp. *littoralis* erkennen. Diese Bestände dienen heutzutage in der Regel als wertvolle Außendeichsweide. Feuchtnasse Dellen innerhalb der Salzwiesen, wo schlecht durchlüftete Böden bei Süßwassereinfluß vorherrschen, sind kleinflächige Wuchsorte des Braunsimsenrasens (*Blysmetum rufi*). Am Rande der Dünen im Kontaktbereich zu den Salzwiesen über der mittleren Tidewasserlinie, wo auch Sturmfluten nur noch selten hingelangen, kann sich im feuchten Milieu stellenweise das Salzbinsen-Seggenried (*Junco-Caricetum extensae*) ausbilden. Höher gelegene, wattseitige Ausläufer von Dünen tragen dagegen trockenrasen-ähnliche Hauhechel-Seggenrasen (*Ononido-Caricetum distantis*) als Dauerpioniergesellschaft.

Die Watten-Landschaften besitzen also eine Vielzahl von artenarmen, aber individuenreichen Pflanzengesellschaften, die häufig in kleinräumigen Vegetationskomplexen miteinander verzahnt oder zonenartig angeordnet sind. Die standörtliche Vielfalt wechselt auf kleinstem Raum oft in einer sogenannten **Millimeterdifferenzierung**. Wir haben gesehen, daß die zahlreichen Standortfaktoren eine große Mannigfaltigkeit an Kleinstlebens-

räumen und, unmittelbar damit verbunden, eine Wuchsformenmannigfaltigkeit entstehen lassen (SCHWABE 1991).



Abb. 35: Salzmeldenrasen (*Halimionetum portulacoidis*)

Oberhalb MTHw in der höheren Salzmarsch, häufig im Kontakt zu halophilen Seebinsen-Beständen mit *Bolboschoenus maritimus* oder brackigen Schilfröhricht mit *Phragmites australis*, können sich in feuchten bis nassen Mulden ausgedehnte Binsenflächen mit der Meerstrandbinse (*Juncus maritimus*) und dem salzertragenden Wasserfenchel (*Oenanthe lachenalii*) etablieren. Zusammen mit dem Wiesen-Alant (*Inula britannica*) bauen diese Arten die Meerstrandbinsen-Wasserfenchel-Gesellschaft (*Oenanthe-Juncetum maritimi*) auf. Ähnliche Übergänge zu den mehr süßwasser-beeinflußten Standorten am Rand von Dünen oder Strandwällen bzw. im Übergangsbereich von den Graudünen zum Inselwatt markieren die Dünenquecken-Gesellschaften mit der pionierhaften *Agropyron littorale* (*Elymus pycnanthus*), der Amerikanischen Teichbinse (*Schoenoplectus americanus*) und mit dem Dänischen Löffelkraut (*Cochlearia danica*). Die Gesellschaftsbeschreibungen dieser speziellen Vegetationseinheiten finden sich ausführlich bei POTT (1995b).



Abb. 36: Strandflieder
(*Limonium vulgare*)



Abb. 37: Strandwermut-Gesellschaft (*Artemisietum maritimae*)

2.4 Einbürgerungen und Veränderungen der Flora und Vegetation auf den Wattenmeer-Inseln in historischer Zeit

Aus der Geomorphogenese der Inseln und der damit verbundenen Entstehung der verschiedenen Naturräume, aus aktualistischen Vergleichen mit einer heute noch zu beobachtenden „frühen“ Besiedlung sehr junger Inseln und Sandbänke im Wattenmeer sowie aus den Literaturdaten zur „späteren“ Besiedlung älterer Inseln ergibt sich hinsichtlich der Vegetationsentwicklung auf den Watteninseln folgende **Modellvorstellung**:

1. Phase: Spülsaumpflanzen und Vordünenarten besiedeln die Inseln, die mit diesem Bewuchs das Stadium einer hohen Sandbank noch nicht überwunden haben. Die Dünen wachsen zu Weißdünen heran, und Salzwiesen können sich im Lee etablieren. Im Bereich der Vogelbrutkolonien, die jetzt entstehen, erscheinen die ersten „Ruderalarten“. Alle Substrate sind noch nährstoffreich. Die Besiedlung erfolgt überwiegend durch Pionierarten, die an vielen Küsten verbreitet sind.

2. Phase: Im Bereich verhagerter Dünen entstehen Graudünen und Heiden. Verhagerung bedeutet die Auswaschung von Kochsalz, Kalk und Nährstoffen (s. Kap. 2.5). Durch die Bildung weiterer Dünenzüge und durch Erosion kommt es zur Ausbildung primärer und sekundärer Dünentäler, die auch Möglichkeiten für eine menschliche Besiedlung bieten. In dieser Phase erhalten boreale und atlantische Arten, die nährstoffarme Substrate bevorzugen, Einwanderungsmöglichkeiten.

3. Phase: Aufgrund menschlicher Tätigkeiten, z.B. durch die Schaffung von Teichanlagen, Grünland, Äckern und Gehölzanpflanzungen an den Wegen und auf den Ruderalplätzen, entstehen völlig neue Standorte. Besonders kontinentale und mediterrane Ruderalarten, die Trockenheit ertragen, finden sich auf „Störstellen“ ein, die kochsalzfrei aber nährstoffreich sind. Die Ausbreitung erfolgt häufig bewußt oder unbewußt durch den Menschen.

Aus den atlantischen Gebieten sind nur relativ wenige Arten (16 %) eingewandert; der überwiegende Teil (84 %) ist aus mehr oder weniger entfernten Gebieten Europas gekommen.

Die Ostfriesischen Inseln zeigen die größte floristische Verwandtschaft mit den Westfriesischen Inseln, eine geringere mit den Nordfriesischen Inseln; dies ist zu erklären mit der unterschiedlichen Inselentstehung, Bodenbeschaffenheit und Entfernung. Da außerdem westliche Strömungen und westliche Winde vorherrschen, ist die Einwanderung aus Westen für viele Arten wahrscheinlicher als aus anderen Richtungen. Gute Zuwanderungsmöglichkeiten gibt es auch vom benachbarten Festland. Lediglich die Dünen der Inseln enthalten eine größere Anzahl von Arten, die am Festland aufgrund der fehlenden Habitate nicht vorkommen, folglich von hier auch nicht eingewandert sein können. Der Zeitraum, in dem die Pflanzenarten auf die Inseln eingewandert sind, ist in vielen Fällen durch eine große Zahl von Einzelbeobachtungen und Artenlisten gut belegt. Weil die Artenzahl noch immer ansteigt, kann dieser Prozeß nicht als abgeschlossen gelten (vgl. VAN DIEKEN 1970).

1786 war die Strandaster (*Aster tripolium*) noch auf keiner Ostfriesischen Insel zu finden, an der Festlandsküste dagegen verbreitet. 1872 fehlten auf den Ostfriesischen Inseln noch die Arten Lauchkraut (*Alliaria petiolata*), Acker-Schmalwand (*Arabidopsis thaliana*), Weiche Trespe (*Bromus hordeaceus*), Pfeilkresse (*Cardaria draba*), Sandsegge (*Carex extensa*), Rauhe Segge (*Carex hirta*), Ufersegge (*Carex riparia*), Behaartes Schaumkraut (*Cardamine hirsuta*), Acker-Hornkraut (*Cerastium arvense*), Ackerwinde (*Convolvulus arvensis*), Kanadischer Katzenschweif (*Conyza canadensis*), Fleischrotes Knabenkraut (*Dactylorhiza incarnata*), Schlitzblättriger Storchschnabel (*Geranium dissectum*),

Gewöhnliche Eselsdistel (*Onopordum acanthium*), Gewöhnliche Natternzunge (*Ophioglossum vulgatum*), Brackwasser-Hahnenfuß (*Ranunculus baudotii*), Brombeere (*Rubus sprengelii*), Gewöhnlicher Beinwell (*Symphytum officinale*), und Großfrüchtige Moosbeere (*Oxycoccus macrocarpos*), während diese auf den niederländischen Inseln bereits vorkamen. Die Stielfrüchtige Salzmelde (*Halimione pedunculata*) erwähnte NÖLDEKE (1872) nur für Borkum, die Strand-Salzmelde (*Halimione portulacoides*) nur für Borkum und Wangerooge.

Die Wolgarauke (*Sisymbrium wolgense*) wurde im Jahre 1930 erstmals für Norderney angegeben. Diese Art wurde zunächst im Bereich der Mühle gefunden, wo sie 20 Jahre später noch zahlreich vorhanden war. Daß die Art gerade bei der Mühle keimte, ist ein Hinweis auf die mögliche Einwanderung mit Getreide aus den östlichen Gebieten.

Der Gekielte Lauch (*Allium carinatum*), heute noch auf Norderney in der Kuranlage nahe der Napoleonschanze zu finden, wurde möglicherweise von den Franzosen zu Beginn des 19. Jhdts. eingebracht.

Lagurus ovatus keimt regelmäßig an Straßenrändern und anderen Trockenstandorten. Diese Art hat jederzeit durch Ansalbung aus Vogelfutter oder aus Trockenpflanzen gute Einwanderungsmöglichkeiten.

An Neophyten aus Nordamerika wanderten bisher der Weiße Fuchsschwanz (*Amaranthus albus*), der Westamerikanische Fuchsschwanz (*Amaranthus blitoides*), der Kanadische Katzenschweif (*Conyza canadensis*), der Stechapfel (*Datura stramonium*), die Zarte Binse (*Juncus tenuis*), der Topinambur (*Helianthus tuberosus*), die Großfrüchtige Moosbeere (*Oxycoccus macrocarpos*) und die Brombeere *Rubus spectabilis*, aus Südamerika der Zweiknotige Krähenfuß (*Coronopus didymus*), das Behaarte Franzosenkraut (*Galinsoga ciliata*), das Kleinblütige Franzosenkraut (*Galinsoga parviflora*) und der Glanzfrüchtige Nachtschatten (*Solanum nitibaccatum*) erfolgreich ein.

Das Indische Springkraut (*Impatiens glandulifera*) stammt aus dem Himalaya, die Echte Kamille (*Matricaria chamomilla*) und der Schattenknöterich (*Reynoutria japonica*) aus Ost- bzw. Nordostasien. *Reynoutria japonica* wurde zunächst gepflanzt und weist nur eine leichte Verwilderungstendenz auf.

Die tropischen Wasserpflanzen *Pistia stratiotes* und *Eichhornia crassipes*, die 1989 in einem Tümpel auf Norderney zu finden waren, bezeugen, daß eine bewußte Einbringung von Exoten in die Landschaft auch heute nicht ausgeschlossen werden kann. Aber auch Arten, die inzwischen als vollkommen inseltypisch erachtet werden, wurden in früherer Zeit durch Pflanzungen gefördert oder erst eingebracht; zu diesen gehören die Hängebirke (*Betula pendula*), der Sanddorn (*Hippophaë rhamnoides*), die Zitterpappel (*Populus tremula*), die Schwarze Johannisbeere (*Ribes nigrum*), die Rote Johannisbeere (*Ribes rubrum*), die Sandweide (*Salix arenaria*), die Ohrweide (*Salix aurita*), die Grauweide (*Salix cinerea*), der Schwarze Holunder (*Sambucus nigra*), der Wiesenklee (*Trifolium pratense*) und der Weißklee (*Trifolium repens*).

Das Verschwinden von Arten kann insbesondere auf drei Wirkungen zurückgeführt werden:

- auf Nutzungsänderungen in der Landwirtschaft, z.B. durch Aufgabe des Ackerbaus; dadurch verschwanden Arten wie der Venuskamm (*Scandix pecten-veneris*), die Hundspetersilie (*Aethusa cynapium*) und viele andere,
- auf Biotopverluste durch Küstenschutzmaßnahmen, z.B. durch Schließung der Randdünenketten oder Errichtung von Sanddämmen; dadurch verschwanden auf einigen Inseln die echte Sellerie (*Apium graveolens*), in jüngster Zeit der Glanzstendel (*Liparis loeselii*) und das Schwarze Kopfried (*Schoenus nigricans*),

- auf die natürliche Kurzlebigkeit der für Ephemerophyten günstigen Standortverhältnisse; so stellten sich an Deichbaustellen häufig Arten ein, die bald wieder durch Grünland verdrängt wurden.

2.5 Wasser und Boden auf den Wattenmeer-Inseln

Auf den Wattenmeer-Inseln bilden sich unter den Dünen riesige **Süßwasserreservoirs** aus, weil wegen des geringen oberirdischen Abflusses ein hoher Anteil der Niederschläge versickert. Das Niederschlagswasser hat ein geringeres spezifisches Gewicht als das im Untergrund vorhandene Salzwasser. Im Laufe der Zeit wird das Salzwasser verdrängt, und es entsteht ein Süßwasserkörper, der auf dem stark salzhaltigen Grundwasser im tieferen Untergrund schwimmt. Dieser zunächst flache Bereich vertieft sich nach und nach immer mehr, bis sich ein hydrodynamisches Gleichgewicht eingestellt hat. Es beruht einerseits auf der laufenden Regeneration des Süßwasservorrates durch versickernde Niederschläge und andererseits auf dem Abfließen von Süßwasser ins Meer (GERHARDY et al. 1976). Zwischen Süß- und Salzwasser bildet sich eine brackige Grenzschicht (Abb. 38).

Bodentypologisch lassen sich auf den Watteninseln Rohböden, Marschböden und schwach entwickelte Braunerden unterscheiden. Strand- und Rohböden (Syrosemi und Regosole) sowie Braunerden treten im Strand- und Dünenbereich der Insel auf, wobei die Entwicklung der Dünenböden sehr stark mit dem Alter der Dünen verknüpft ist. In den Dünentälern bilden sich vereinzelt Torfe, häufiger sind Gley- und Naßgleyböden verbreitet. Dort kommt es im Winter, z.T. auch im Sommer zu längerfristigen Überschwemmungen. Marschböden sind auf den Heller- bzw. Grodenbereich beschränkt.

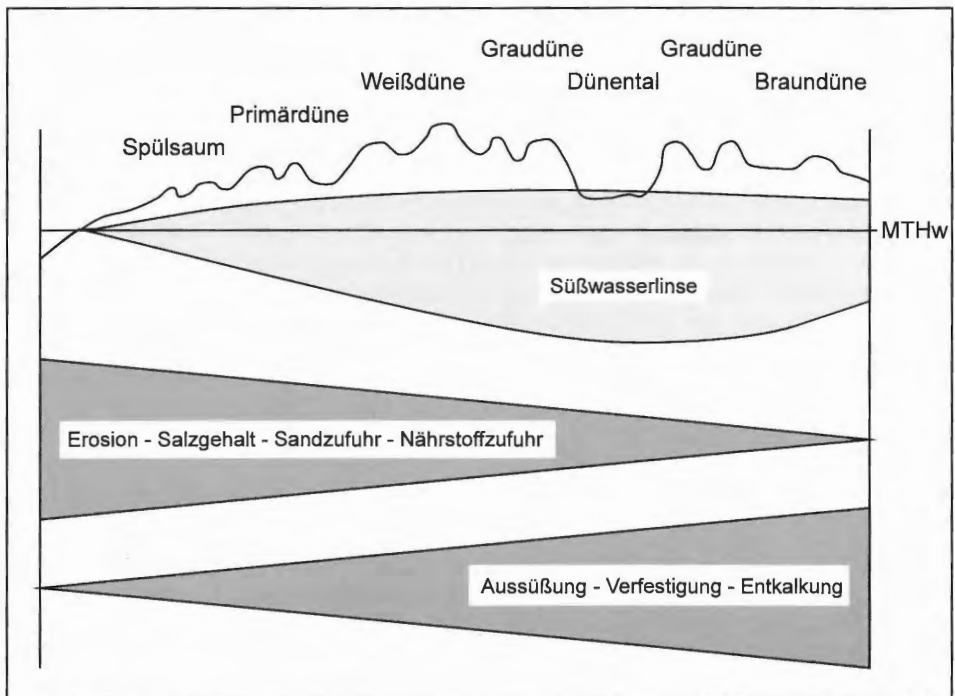


Abb. 38: Wirkung verschiedener Standortfaktoren und Ausdehnung der Süßwasserlinse im Bereich einer Watteninsel

Im jungen, strandnahen Dünengebiet herrschen Syrosete und Regosole als Rohböden vor. Im Zuge der Bodenentwicklung, die mit einer Entkalkung und Versauerung verbunden ist, gehen sie in schwach entwickelte Braunerden über. Die Dünenstrände sind durch eine wesentlich gröbere Körnung gekennzeichnet als die Böden der Salzwiesen. Bei den Dünenböden überwiegt die Korngrößenfraktion der Fein- und Mittelsande mit einem Äquivalentdurchmesser von 0,063 bis 0,2 bzw. 0,2 bis 0,63 mm. Die Feinsandfraktion ist dabei am stärksten vertreten (vgl. SCHUBA 1990). In den Salzwiesen liegen Seemarschböden vor. Sie sind in der Regel durch feinkörniges Sediment gekennzeichnet und weisen einen hohen Grundwasserstand auf. Der frische Seeschlick enthält etwa 20 Promille Salz, das beim Ausbleiben weiterer Überflutungen in wenigen Wochen vom Niederschlag in den Untergrund ausgewaschen wird. Die Auswaschung von Carbonaten nimmt dagegen Jahrhunderte in Anspruch. Neben Sanden enthalten Seemarschböden auch höhere Anteile an Schluff und Ton, deren Äquivalentdurchmesser unter 0,063 mm bzw. unter 0,002 mm liegen. Zudem wird bei der Entstehung der Salzwiesen mit dem mineralischen Ausgangssubstrat gleichzeitig organische Substanz abgelagert, wodurch von vornherein ein hoher Gehalt an humosen Bestandteilen und Nährstoffen vorliegt. Durch die gegebene Korngrößenverteilung und das damit einhergehende geringe Porenvolumen weisen die Böden der Salzwiesen eine sehr viel größere Wasser- und Nährstoffhaltekapazität als die der Dünen auf (KUNTZE et al. 1988).

Die Stickstoffgehalte der Dünenböden liegen in Relation zu denen anderer Böden sehr niedrig. Sie weisen vom jungen Dünengebiet, in dem eine nur geringfügige Bodenentwicklung stattgefunden hat, bis in das Altdünengebiet, das durch Entkalkung und Versauerung sowie durch Humusanreicherung gekennzeichnet ist, eine insgesamt zunehmende Tendenz auf. Abweichungen von dieser Entwicklung können in degradierten Bereichen des Tertiärdünengebietes, insbesondere an Südhängen, auftreten. Hier kann der Humusgehalt eine von Natur aus rückläufige Tendenz aufweisen. Der engen Korrelation von Humus- und Stickstoffgehalt entsprechend liegen dann auch die Stickstoffwerte niedriger.

Auch hinsichtlich der Verdichtungsneigung bestehen zwischen Dünengebiet und Salzwiesen deutliche Unterschiede. Während die Sandböden der Dünen durch Tritt kaum verdichtungsgefährdet sind, reagieren die Marschböden auf mechanische Belastungen schneller mit Verdichtungen und insbesondere bei Nässe auch mit Verschmierungen. Beides ist mit einer Zerstörung von Sekundärporen in den Böden verbunden.

Die Veränderung der Wirkung verschiedener abiotischer Faktoren vom peripheren Strand zum zentralen Dünenbereich wird in Abb. 38 zusammengefaßt. Insgesamt läßt sich konstatieren, daß die Kräfte der Winderosion, der Salzgehalt sowie die Zufuhr an Sand- und Nährstoffen mit zunehmender Distanz zum offenen Meer hin abnehmen, während Ausfällungs-, Verfestigungs- und Entkalkungsprozesse immer stärker den Naturhaushalt steuern.

2.6 Ergebnisse gewässer- und bodenkundlicher Untersuchungen auf Norderney

Auf Norderney befindet sich eine größere Anzahl von Kleingewässern, Gräben und ehemaligen Prielen. Nur im Südstrandpolder existieren auch größere Wasserflächen.

Die auf der Insel vorkommenden Gewässertypen weisen Besonderheiten auf, die zu einer Abgrenzung gegenüber den Gewässern auf dem Festland herangezogen werden können. Dies ist in der Diskussion der Meßwerte im einzelnen zu konkretisieren.

Die gemessenen Daten zeigen, daß Temperaturen, Leitfähigkeit, Chlorid-Konzentrationen und Carbonathärten sich im Untersuchungszeitraum (1995, 1996) etwa gleichsinnig veränderten. Sie lagen in Folge von hoher Evapotranspiration und geringerer Niederschläge im Sommer höher als im Frühjahr davor bzw. im Winter danach. Insgesamt ist der Zustand der untersuchten Gewässer als naturnah einzustufen. Darüber hinaus seien an dieser Stelle folgende Einzelbeobachtungen, welche bemerkenswert erscheinen, stichpunktartig aufgeführt:

- aus der vergleichsweise geringen Amplitude im Tages- und Jahresverlauf und den in der Regel auch im Winter nicht unter 0°C absinkenden Minima unterscheiden sich die Gewässer der Insel insgesamt deutlich von den Gewässern auf dem Festland (vgl. POTT 1998).
- Unterschiede im pH-Wert verschiedener Gewässer lassen sich auf Norderney im wesentlichen auf den Einfluß des Meeres, des Menschen bzw. auf Substratunterschiede zurückführen. In Abhängigkeit von der Pufferkapazität wird der pH-Wert insbesondere durch den Carbonatgehalt des Wassers bestimmt (vgl. Abb. 39). In elektrolytarmen Gewässern genügen bereits kleinste Mengen an Carbonat, um eine Erhöhung des pH-Wertes in den Neutralbereich zu bewirken. Sehr elektrolytreiche Gewässer sind auf der Insel Norderney sämtlich anthropogen bzw. marin beeinflußt und primär basenreich, so daß auch diese pH-Werte um den Neutralpunkt oder darüber aufweisen. Insgesamt ist der allgemein hohe pH-Wert letztlich wohl auf den kalkreichen Untergrund der ehemaligen Hellerflächen und auch der Dünen zurückzuführen. Niedrige pH-Werte wurden nur einmal im wechsellückigen Bereich alter, entkalkter Dünentäler gemessen; sie lagen bei 4 bis 5. Auch Kalk- bzw. Basengehalte der Substrate wirken auf den Gewässer-pH. So führen schluffig-tonige Sedimente und basenreiche Sande zu höheren Werten als bereits verhärtete und entkalkte Sande, die lange Zeit nicht mit Meerwasser in Berührung gekommen sind.
- Kleingewässer und Gräben im Dünenbereich zeichnen sich durch geringe Leitfähigkeits-Werte aus. Dagegen liegt dieser Faktor in den ehemaligen Salzwiesen weit höher (vgl. Abb. 39). Die Gewässer auf Norderney sind insgesamt als elektrolytreich bis sehr elektrolytreich einzustufen.

Die höchsten **Salzgehalte** wurden außendeichs im Salzwiesenbereich gemessen, die geringsten im Bereich der Dünen (vgl. Abb. 39). Der Grohdepolder wird über den Grohdepolder-Deichgraben entwässert. Ob die hier gemessene hohe Salzfracht allerdings ausschließlich auf Auswaschungen aus dem Boden zurückgeht, ist fraglich, weil ein direkter Einfluß des Meeres unter dem Deich hindurch nicht ausgeschlossen werden kann und das Grünland nahezu frei von salzzeigenden Pflanzen ist (Abb. 40).

Norderney gehört zu den Inseln, deren Strand- und Weißdünenbereich noch relativ reich an CaCO_3 ist (0,5%-1%). Damit liegt der **Kalkgehalt** zwar niedriger als im holländischen Dünendistrikt (WESTHOFF 1961), aber höher als auf den Watteninseln östlich von Baltrum (DOING 1983). Entscheidend dürfte die intensive Anlandung von Kalkschalenresten sein. Die Sandplatten weisen dementsprechend überwiegend kalkreiche Rohböden auf. Sie sind mit einer feinen Schlickauflage oder mit Flugsanddecken überzogen, bleiben jedoch humusfrei oder humusarm. Kennzeichnend sind hohe pH-Werte um 9 und geringe Waserkapazitäten.

In den noch relativ jungen Weißdünen und Dünentälern läßt sich schon ein deutlicher Rückgang des Kalkgehaltes, des **Stickstoffgehaltes** (1,8 mg N/100 g Boden) sowie eine beginnende Humusbildung beobachten, wobei der pH-Wert auf 7,5-8,5 absinkt. Die Graudünen weisen nur noch einen geringen Kalk- und Stickstoffgehalt (3,9 mg N/100g Boden) auf, weil die äolische Nachführung kalkhaltiger Substrate allmählich nachläßt. Der Anteil freier organischer Nährstoffe geht zurück, und es findet besonders in den Senken eine

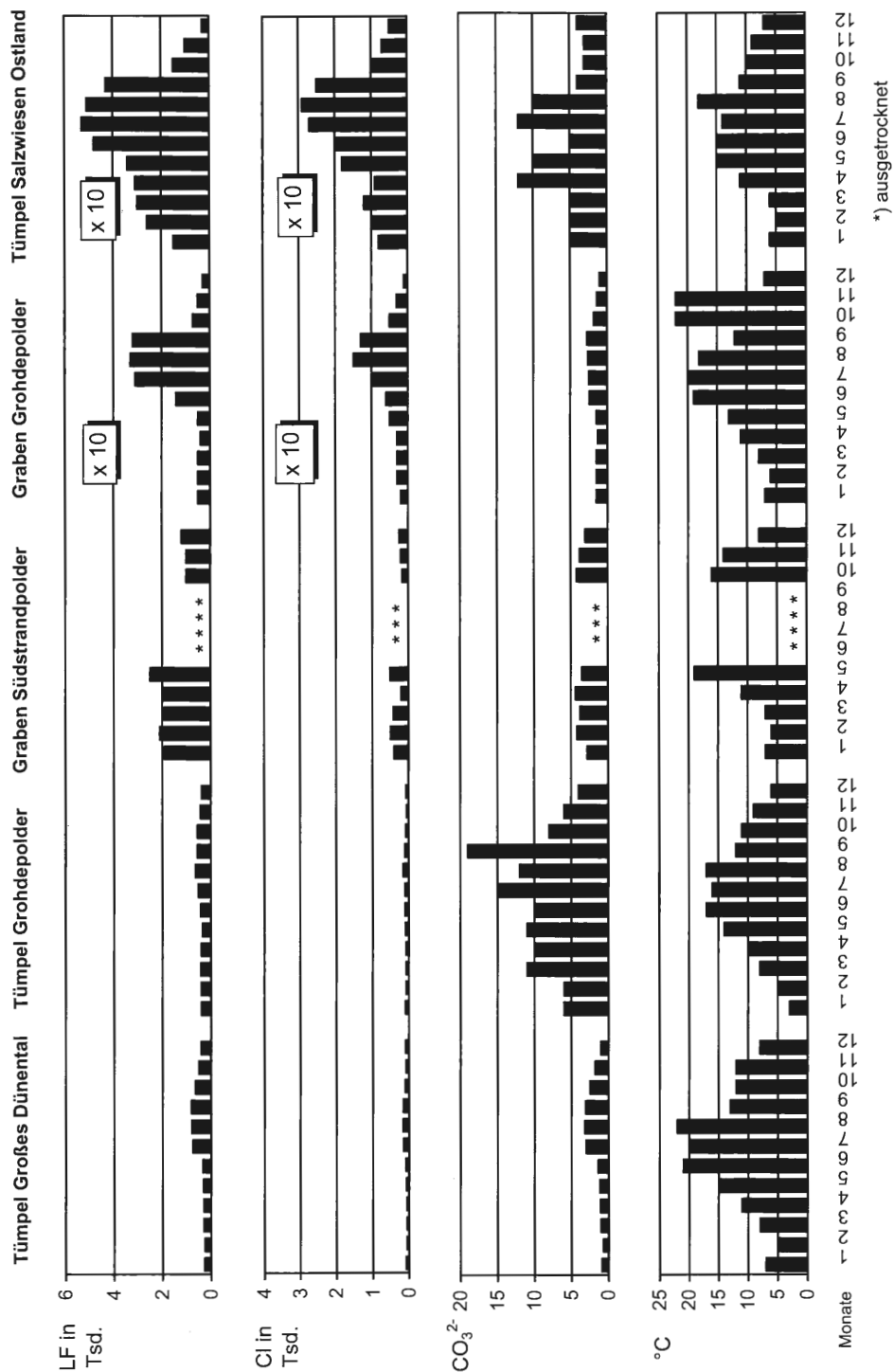


Abb. 39: Darstellung einiger wasserchemischer Parameter verschiedener Kleingewässern auf Nor-
derney



Abb. 40: *Utricularia australis* (Kleiner Wasserschlauch) als Süßwasserzeiger in einem Tümpel auf Norderney

Anreicherung von saurem Humus statt. Die pH-Werte pendeln sich zwischen 5 und 6 ein und können in den Dünentälern bis auf 4,5 absinken. Im Braundünenbereich erreichen Kalk- und Nährstoffgehalt Tiefstwerte. Der pH-Wert des Bodens ist sehr niedrig (< 5), der Stickstoffgehalt mit 12,9 mg N pro 100 Gramm Boden dagegen relativ hoch. Sämtliche genannten Werte sind Durchschnittswerte aus jeweils 30 pH- und Stickstoffmessungen in Weiß-, Grau- und Braundünenbereichen.

Aufgrund der Beimengung von Muschelschalen bildet sich in den Salzwiesen oberhalb des MTHw, wie STEUBING (1948) grundlegend nachweisen konnte, aus Schlick eine Salzmarsch mit z.T. sehr hohen Kalkgehalten. Bei fortschreitender Aussüßung entsteht daraus eine **Kleimarsch**, welche z.B. im inneren Bereich des Grohdepolders in charakteristischer Weise durch kalkarme Humusböden überlagert wird.

Bei dauerhaft hohem Grundwasserstand können sich in Dünentälern sowie am Übergang zwischen Dünen und Salzwiesen kleiige, z.T. vermooste Grastorfe bilden. Derartige **Moorerdebildungen** finden sich auf Norderney lediglich am Nordostrand des Südstrandpolders. Auch in Dünentälern ohne Moorerdebildung ist der Humusgehalt infolge des hohen Wasserangebotes und damit üppigen Pflanzenwachstums höher als auf den benachbarten Dünensanden.

Nach diesem ausführlichen allgemeinen Überblick soll nun speziell auf die Abwandlungen der natürlichen Verhältnisse auf Norderney unter dem mehr oder weniger starken Einfluß des Menschen eingegangen werden. Einmal geht es uns nicht nur darum, Landschaften und ihre Vegetation zu beschreiben, die nach allgemeiner Ansicht einen hohen Natürlichkeitsgrad aufweisen; dargestellt werden sollen auch die Vegetationstypen der städtischen Siedlung Norderney, die eindeutige Elemente der Kulturlandschaft sind. Die

Darlegungen sollen demonstrieren, daß der gesamte Pflanzenbestand und die Vielfalt an Lebensräumen auf Norderney keineswegs nur natürlicherweise entstanden sind. Eine Gesamtdarstellung der Lebensräume einer Insel muß beides berücksichtigen, eher natürliche und anthropogen geprägte Biotoptypen.

Zum anderen ist es uns wichtig, daß diese Lebensräume nicht nur aus geobotanischer und nicht nur aus der Sicht der Kommunalpolitik gesehen werden. Daher sind im folgenden eher „wissenschaftliche“ und eher „planerische“ Kapitel hintereinander gestellt, die in ihrem Inhalt und in ihrem Ansatz ungleich zu sein scheinen. Beide Ansätze müssen aber formuliert sein, um am Ende zu einer klaren Perspektive für die umweltgerechte Raumnutzung auf Norderney zu kommen.

3. Biodiversität und Biotopvielfalt von Norderney

3.1 Grundlagen

Biodiversität ist heute, einige Jahre nach der Umweltkonferenz von Rio de Janeiro im Jahre 1992, zum modernen Schlagwort in der Diskussion um den Zustand und die Behandlung unserer Landschaft geworden. Urlandschaft, Naturlandschaft, Kulturlandschaft und Industrielandschaft sind Begriffe, die aus der jeweils unterschiedlichen aktuellen Nutzung spezieller Landschaftsausschnitte abgeleitet werden. Dabei wird oft vergessen, daß auch die vermeintlich natürlichen Landschaften mit ihrer charakteristischen Naturausstattung seit vielen Jahrtausenden einem beständigen Wandel unterworfen sind. **Wattenmeer** und **Inseln**, Seen, Bäche, Moore und Heiden und Wälder sowie die moderat genutzten Wiesen und Weiden mit ihren Hecken und Gebüsch sind für viele der Inbegriff intakter Landschaften, weil hier oftmals eine hohe Biotopvielfalt auf engstem Raum vorzufinden ist. Abwechslungsreiche und differenzierte Landschaftsausschnitte sind in der Regel auch wertvolle, artenreiche Lebensräume mit hoher Biodiversität. Diese Vielfalt trifft auch für Norderney zu, und auch hier sind zahlreiche Lebensräume wildlebender Pflanzen und Tiere heute teilweise bedroht. Es werden die derzeit seltenen und gefährdeten Biotoptypen vorgestellt, die es vordringlich zu schützen und zu bewahren gilt.

Der ursprüngliche Lebensraum ist heute vielfach zum **Konsumgut des Menschen** geworden, und diese Tatsache prägt über weite Strecken unser heutiges Landschaftsbild. Aus der historischen Entwicklung der **Kulturlandschaft** geht aber auch hervor, daß der anthropogene Einfluß auf die Vegetation nicht allein aus der Perspektive des modernen Menschen betrachtet werden darf. Der Mensch hat nicht nur zerstörend, sondern auch ungemein bereichernd und differenzierend auf Vegetation und Landschaft eingewirkt. Bezüglich der Einflußnahme des Menschen auf die Natur müssen wir zwei zeitlich sich ablösende Prozesse unterscheiden: die Periode der **Vegetationsbereicherung** und die Periode der **Vegetationsverarmung** (BURRICHTER 1977).

Der Prozeß der Vegetationsbereicherung beginnt mit den ersten Eingriffen des siedelnden Fischers und Bauern in die ursprüngliche Insellandschaft und deckt sich zeitlich im wesentlichen mit der langen Periode der bäuerlichen Subsistenzwirtschaft der frühen Neuzeit. Die Zahl der Pflanzengesellschaften und die Mannigfaltigkeit von Flora und Vegetation steigen gegenüber der wenig differenzierten Naturlandschaft um ein Vielfaches an. Dabei schuf der Mensch aus der ehemaligen nahezu unberührten Insellandschaft die heutige Kulturlandschaft als meist offene und intensiv genutzte Wirtschaftslandschaft, die derzeit weitgehend von anthropogenen Grünländereien, Waldbeständen und Pflanzengesellschaften beherrscht wird. Diese Entwicklung ist in groben Zügen im Farbatlas

der Nordseeküste bei POTT (1995a) und dort in den Kapiteln über die Geschichte der Küstenlandschaft skizziert und wird aus Platzgründen hier nicht weiter behandelt.

Ein Großteil der Wirbeltiere und Insekten und mehr als ein Drittel der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands sind mittlerweile auf der „**Roten Liste**“ der gefährdeten Arten aufgeführt. Hier spiegelt sich die fortschreitende Gefährdung der Naturräume in eklatanter Weise wider: eine Gefährdung, welche die charakteristischen Biotope, Lebensgemeinschaften und Pflanzengesellschaften gleichermaßen umfaßt. Auch die ersten „Roten Listen“ der Pflanzengesellschaften der Nordseeinseln von WESTHOFF et al. (1993) weisen auf die fortschreitende Gefährdung zahlreicher Habitate von Pflanzen und Tieren hin.

Dieses wird auch deutlich im §20c des **Bundesnaturschutzgesetzes** in der novellierten Fassung vom 10.12.1986, gültig ab dem 1.1.1987. Der beständig gewachsenen Bedrohung und Beeinträchtigung tritt der Gesetzgeber mit folgender Formulierung entgegen:

„Maßnahmen, die zu einer Zerstörung oder sonstigen erheblichen oder nachhaltigen Beeinträchtigung folgender Biotope führen können, sind unzulässig:

- **Moore, Sümpfe, Röhrichte, seggen- und binsenreiche Naßwiesen, Quellbereiche, naturnahe und unverbaute Bach- und Flußabschnitte, Verlandungsbereiche stehender Gewässer,**
- **offene Binnendünen, offene natürliche Block- und Geröllhalden, Zwergstrauch- und Wacholderheiden, Borstgrasrasen, Trockenrasen, Wälder und Gebüsche trockenwarmer Standorte,**
- **Bruch-, Sumpf- und Auenwälder,**
- **Fels- und Steilküsten, Strandwälle sowie Dünen, Salzwiesen und Wattflächen im Küstenbereich.“**

Auch die **Nationalparkverordnung** hat solche Zielsetzungen des nachhaltigen Natur- und Landschaftsschutzes festgeschrieben. Damit ist nicht nur der bewahrende Artenschutz gemeint, sondern vielmehr der Ökosystemschutz. Dieser umfaßt die Funktionen und die natürlich ablaufenden Prozesse im Küstenbereich und findet sich wieder in den Zielvorgaben der sogenannten Leitbilder für verschiedene Biotoptypen im Nationalpark. Um einen nachhaltigen und integrierten Natur- und Ökosystemschutz zu gewährleisten, muß man aber alle natürlich ablaufenden Sukzessionslinien der Halo-, Hygro- und Xero-serie kennen und verstehen, um eventuelle Abweichungen oder anthropo-zoogene Wirkungen und deren Folgen richtig zu beurteilen. Daran herrscht leider immer noch ein großer Mangel. Entsprechende neue und künftige Richtlinien zum umfassenden Schutz gefährdeter Arten und der natürlichen Lebensräume in den Mitgliedstaaten der Europäischen Gemeinschaft (EU) zielen in die gleiche Richtung: Dabei sollen nach einer **Fauna-Flora-Habitatrichtlinie** (FFH-Richtlinie vom 21.5.1992) europaweite Schutzgebiete geschaffen werden, die später nach Aufbau einer gemeinschaftsweiten Datenbank (CORINE-Programm) überwacht und kontrolliert werden können. Die Diversität von Ökosystemen sowie die Diversität von Biotoptypen bzw. die Artendiversität werden künftig essentielle Inhalte im Natur- und Landschaftsschutz sein! Dazu ist eine detaillierte Artenkenntnis aller Lebewesen erst einmal vonnöten.

3.2 Klassifikation der schützenswerten Biotoptypen als Basis für eine künftige Planung nach Naturschutzrichtlinien

Auf der Grundlage unserer Ergebnisse (vgl. Kap. 2.2, 2.3, 8) wurde eine Liste besonders schützenswerter Biotoptypenkomplexe auf Norderney erstellt (Abb. 41).

1. Komplexe naturnaher Küstenbiotope - Wattflächen (Schlick-, Sand-, und Mischwatt; Seegraswiesen, Quellerfluren und Salzwiesen (einschließlich Brackwasserröhrichte und brackische Hochstaudengesellschaften) - Spülsäume - Küstendünen und Strandwälle - Nasse und feuchte Dünentäler 2. Komplexe naturnaher Binnengewässerbiotope - Naturnahe bzw. nicht gefaßte Quellbereiche (z.B. Quellsümpfe, Quellmoore einschließlich der quellwasserbeeinflussten Randzone an Dünenfüßen) - Naturnahe Prielabschnitte, in der Regel mit Steil- und Flachufeln, Schlick- und Sandbänken, einschließlich Kolke mit naturnaher Wasser- und Ufervegetation - Naturnahe Stillgewässer in Dünentälern (Schlatts, Tümpel, Weiher, Teiche), insbesondere deren Verlandungsbereiche mit naturnaher Wasser- und Sumpflvegetation 3. Naturnahe Hoch- und Übergangsmoore - Zwergstrauch-, Gebüsch- und birkenreiche Hochmoorstadien 4. Waldfreie Niedermoores, Seggenriede und Hochstaudenfluren - Kleinseggensümpfe saurer bis kalkreicher, mineralischer bis torfiger Standorte, Kopfbindegesellschaften in Dünentälern 5. Röhrichte des Süß- und Brackwassers - Groß- und Kleinhöhrichte überwiegend stehender Gewässer - Bachröhrichte an Gräben und Gruppen in Poldern 6. Feucht- und Naßgrünland - Wiesen und Weiden, einschließlich feuchter bis nasser Hochstaudenfluren, Flutrasen)	7. Zwergstrauch- und Ginsterheiden - z.T. mit eingestreuten Weiden- und Birkengebüschen 8. Magerrasen - auf Dünenand, z.T. mit eingestreuten Eichenbüschen und Bäumen. 9. Naturnahe Wälder und Gebüsch - Trockenwälder und -gebüsch einschließlich thermophiler Staudensäume an Dünenfüßen 10. Biotope im Siedlungsbereich - Waldbestände - Parks - Park- und Waldfriedhöfe - Stadt- und Gartenbrachen (als Sukzessionsflächen) - Hecken und Gebüsch einschließlich Staudensäume - Ruderalfluren (insbesondere dörfliche) und nitrophile Säume (an Weigrändern, Böschungen, Mauerfüßen etc.) - Einzelbäume, Baumgruppen, Alleen - Naturstein- und Ziegelmauern mit Kletter- und Fugenvegetation 11. Von besonderem Seltenheitswert sind intakte, landschaftstypische Komplexe, Zonierungen und Sukzessionsserien sowie großflächige oder gehäufte Vorkommen der genannten Biotop-typen, die auch andere, weniger oder nicht gefährdete Biotope enthalten können, u.a. als Lebensraum für besonders gefährdete Tierarten 12. Lebensräume für besonders gefährdete Tierarten mit speziellen Raum- und Biotopansprüchen (z.T. in Nr. 11 enthalten) Seehunde, Gänse, Wiesenbrüter (Brachvogel, Uferschnepfe, Rotschenkel), Muschelbänke etc.
--	---

Abb. 41: Liste besonders bedrohter und schutzbedürftiger Biotopentypenkomplexe auf Norderney

3.3 Natürlichkeit als Maßstab und andere Bewertungskriterien zum Schutz der Insellandschaft von Norderney

Intensität und Ausmaß menschlicher Einflüsse auf die Vegetation und Landschaft sind nur schwer abschätzbar. Wir wissen heute, daß unsere heutige Kulturlandschaft mit ihrem Vegetationsinventar und ihrer Tierwelt das Produkt einer langen Folge von natürlichen Prozessen und menschlichen Einwirkungen darstellt. Auch die einzelnen oben skizzierten Landschaften Norderneys haben sich, wenn man die Dünen, die perimarinischen Watten und Salzwiesen und die Gewässer betrachtet, ganz natürlich entwickelt und entstehen ja heute noch ohne das Dazutun des Menschen.

Hinsichtlich der Fragen von Reversibilität bzw. Irreversibilität anthropo-zoogener Eingriffe in Natur und Landschaft wissen wir, daß gerade vergangene und gegenwärtige Auswirkungen menschlicher Einflüsse auf Vegetation, Klima und Boden eine wesentliche

Rolle für die Beurteilung der Nachhaltigkeit des Beeinflussungsgrades und des Natürlichkeitsgrades der Vegetation spielen. Nach Ausschluß der menschlichen Wirtschaftsmaßnahmen und nach Ablauf bestimmter Sukzessionen mit bestimmten Vegetationsentwicklungsstadien kann sich ein neuer Zustand einstellen, der landschaftsspezifisch von der Gesamtheit des menschlichen Einflusses mit seinen aktuellen und vergangenen Nutzungen sowie vom standortmäßigen Regenerationsvermögen der ehemaligen oder der neuen Vegetation abhängt. Diese **Dynamik** muß man bei der Beurteilung des jeweiligen Status gerade von sogenannten „Halbkulturformationen“ berücksichtigen, z.B. bei Heiden, Dünen, Salzwiesen, Hochstaudenfluren und genutztem Grünland, die sich ja alle nach Nutzungsaufgabe über Gebüschstadien zum Wald zurückentwickeln.

Die Frage des **Natürlichkeitsgrades** bzw. des **Beeinflussungsgrades** (Hemerobie-Stufen) spielt also eine große Rolle für die Bewertung der Gefährdung von Naturräumen und Landschaftsbereichen. Entsprechende Hemerobie-Systeme und Bewertungsfragen wurden schon früh u.a. von JALAS (1955), ELLENBERG (1963), SUKOPP (1972), DIERSCHKE (1984), KOWARIK (1988, 1995) und KAULE (1991) vorgestellt. Darauf und auf der Hemerobie-Einteilung von DIERSCHKE (1984) sowie von LANG (1994) basiert auch die Zusammenstellung in Abb. 42. Dabei sind die Hemerobie-Stufen folgendermaßen klassifiziert und interpretiert:

- **Hemerobie-Stufe H1:** Natürliche und naturnahe Vegetationstypen. Menschlicher Einfluß fehlt oder ist nur schwach ausgeprägt. Diese Vegetationsformationen sind meist aus einheimischen Geoelementen aufgebaut. Hierzu gehören die Gewässervegetation, die eutraphenten Röhrichte und Großseggenriede, die Niedermoor- und Hochmoorvegetation, die halophytische Meerstrand-, Spülsaum-, Dünen- und Salzwiesenvegetation. Dazu kommen einige Magerrasen. Ähnliches gilt für eine Reihe von Zwergstrauch- und Hochstaudengesellschaften. Auch einige Gebüsch- und Waldformationen können in der heutigen Kulturlandschaft noch schwerpunktmäßig dieser Hemerobie-Stufe zugerechnet werden (vor allem die Bruchwälder der Dünentäler). Völlig natürliche Wälder (Urwälder) gibt es aber wegen forstwirtschaftlicher Eingriffe kaum, vielmehr sind es zumeist naturnahe Bestände, die vereinzelt aber auch als halbnatürlich (Hemerobie-Stufe H2) anzusprechen sind (s. Abb. 42).
- **Hemerobie-Stufe H2:** Halbnatürliche Vegetationsformationen. Sie sind vorwiegend anthropo-zogenen Eingriffen durch Mahd, Beweidung, Schlag u.a. ausgesetzt, und unter den konstituierenden Arten sind neben den einheimischen Arten auch viele eingebürgerte oder neophytische Elemente beteiligt. Hierher gehören neben einigen Vegetationsformationen der Gewässer (z.B. vom Menschen beeinflusste Laichkraut-, Schwimmblatt- und Röhrichtvegetation) vor allem die Mauerfugenvegetation und Schuttgesellschaften in Abgrabungsgebieten sowie die therophytenreiche Pionier- und Schlammvegetation. Dazu kommen Schlagfluren, nitrophile Säume, Uferstauden, zahlreiche Gebüschformationen der Vorwälder und fast die gesamte Palette des genutzten Grünlandes. Besonders wertvoll sind dabei die extensiv bewirtschafteten, nicht oder nur wenig gedüngten Magerweiden, Magerwiesen, Triftrasen und Saumkomplexe sowie die Heiden.
- **Hemerobie-Stufe H3:** Naturferne Vegetationsformationen. Diese stehen unter starkem Bewirtschaftungsdruck, insbesondere durch Anreicherung von Nährstoffen. Hierzu gehören vor allem das stark gedüngte, intensiv genutzte Wirtschaftsgrünland (Fettwiesen und -weiden, nährstoffreiche Naßwiesen), die gesamte Ruderalvegetation mit nitrophytischen Elementen sowie die Ackerwildkrautvegetation. Letztere besitzen hohe Anteile kulturabhängiger Arten unterschiedlichen Einbürgerungsgrades oder aus verschiedenen vergangenen Epochen. Viele von ihnen nehmen heute infolge der starken landwirtschaftlichen Intensivierung kontinuierlich ab.

	H1	H2	H3	H4
I. Gewässervegetation				
1. Seegraswiesen (<i>Zosteretea marinae</i>)	●	.	.	.
2. Meersalddenrasen (<i>Ruppiaetea maritima</i>)	●	.	.	.
3. Laichkraut- und Schwimmblattvegetation (<i>Potamogetonetea pectinati</i>)				
- Laichkraut-Bestände (<i>Potamogetonion</i>)	●	+	.	.
- Brackwasser-Teichfadenrasen (<i>Zannichellion pedicellatae</i>)	●	.	.	+
- Wasserhahnenfuß-Vegetation (<i>Ranunculon aquatilis</i>)	●	+	+	.
4. Strandlingsrasen (<i>Littorelletea uniflorae</i>)	●	.	.	.
II. Therophytenreiche Pioniergesellschaft (mit Ausnahme des unmittelbaren Küstenbereichs)				
5. Schlamm-Pioniervvegetation (<i>Bidentetea tripartitae</i>)	+	●	+	.
6. Zwergbinsen-Pioniervvegetation (<i>Isoeto-Nanojuncetea bufonii</i>)	+	●	+	.
7. Ackerwildkraut- und ruderaler Einjährigengvegetation (<i>Stellarietea mediae</i>)	.	.	●	.
III. Eutraphente Röhrichte und Großseggenriede				
8. Schilfröhrichte; Brackwasser- und Süßwasserröhrichte (<i>Phragmitetea australis</i>)	●	+	.	.
IV. Quell- und Niedermoorvegetation, Hochmoorschlenken und Bultenvegetation				
9. Niedermoor- und Hochmoorschlenkenvegetation (<i>Schleuchzerio-Caricetea nigrae</i>)				
- Vegetation kalkarmer Niedermoore (<i>Caricetalia nigrae</i>)	+	●	.	.
- Vegetation kalkreicher Niedermoore (<i>Caricetalia davallianae</i>)	+	●	.	.
10. Feuchtheide- und Hochmoorbultvegetation (<i>Oxycocco-Sphagnetetea</i>)	●	+	.	.
V. Meerstrand, Spülsaum-, Dünen- und Salzwiesenvegetation (mit Ausnahme der Vegetationstypen auf Grau- und Braundünen)				
11. Quellrasen (<i>Thero-Salicornietea</i>)	●	.	.	.
12. Schlickgrasrasen (<i>Spartinetea maritima</i>)	●	.	.	.
13. Küsten-Mastkraut-Vegetation (<i>Saginetea maritima</i>)	+	●	.	.
14. Vegetation der Spülsaume und Tangwälder (<i>Cakiletea maritima</i>)	●	.	.	.
15. Stranddünenvegetation (<i>Ammophiletea arenariae</i>)				
16. Salzrasen und Salzwiesen (<i>Asteretea tripolii</i>)				
- Andelrasen (<i>Puccinellion maritima</i>)	●	.	.	.
- Salzschwadenrasen (<i>Puccinellio-Spergularion</i>)	+	●	.	.
- Strandnelkenrasen (<i>Armerion maritima</i>)	+	●	.	.
VI. Tritt- und Flutrasen, Wirtschaftsgrünland, Vegetation der Graudünen, Halbtrockenrasen und Magerrasen				
17. Einjährige Trittrasen (<i>Polygono-Poetea annuae</i>)	.	.	●	+
18. Wiesen und Weiden (<i>Molinio-Arrhenatheretea</i>)				
- Kriechrasen (<i>Potentillio-Polygonetalia</i>)	+	+	●	+
- Mesophile Trittrasen (<i>Plantaginietalia majoris</i>)				
- Mädesüß-Hochstaudenvegetation (<i>Filipendulion</i>)	.	●	+	.
19. Vegetation der Graudünen, Sandtrockenrasen (<i>Koelerio-Corynephoretea</i>)				
- Silbergrasrasen (<i>Corynephoretalia canescentis</i>)	+	●	.	.
- Schillergras-Trockenrasen (<i>Koelerio-Phleion</i>)		●		
VII. Nitrophytische, ruderaler Staudenvegetation, halbruderaler Halbtrockenrasen, Saum und Verlichtungsvegetation, Uferstaudenvegetation und anthropogene Gehölzvegetation				
20. Ruderaler Säume, halbruderaler Halbtrockenrasen und Uferstaudenvegetation (<i>Artemisietea vulgaris</i>)				
- Wärmeliebende Ruderalvegetation (<i>Onopordetalia acanthii</i>)	.	.	●	.
- Nitrophytische Staudenvegetation (<i>Artemisietalia vulgaris</i>)	.	.	●	.
VIII. Gebüsch- und Vorwälder				
21. Anthropogene Gehölzvegetation, sub-spontane und ruderaler Gebüsch- und Vorwälder, urbanindustrielle Wälder	.	.	+	●
IX. Wälder				
22. Erlenbruchwälder und Moorgebüsch (<i>Alnetea glutinosae</i>)	●	+	.	.
23. Birken-Eichen-Wälder (<i>Quercetea roburi-petraeae</i>)	●	+	.	.

Abb. 42: Natürlichkeitsgrade von Vegetationsformationen auf Norderney. Benennung der pflanzensoziologischen Ordnungen und Verbände nach POTT (1995b). Natürlichkeitsgrade nach DIERSCHKE (1984) und LANG (1994). Hemerobie-Stufe H1 = natürlich und naturnah, H2 = halbnatürlich, H3 = naturfern, H4 = künstlich; l = Schwerpunkt; + = vereinzelter Vorkommen (aus POTT 1996).

- **Hemerobie-Stufe H4:** Künstliche Vegetationsformationen. Meist nach Anpflanzung oder durch Aussaat entstandene Vegetation mit oft standortfremden Arten (vor allem anthropogene Gehölzvegetation, subspontane und ruderale Gebüsch und Vorwälder, urbanindustrielle Wälder).

Alle diese Parameter ermöglichen nach POTT (1996) regionale und überregionale Bewertungsrahmen zur Einschätzung der Schutzwürdigkeit und damit auch der Gefährdung von Biotopen. In den Roten Listen der Biotope werden die Gefährdungsgrade in bestimmten Kategorien ausgedrückt (z.B. 0 = verschollen oder ausgestorben, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet und 3 = gefährdet).

Vielfach werden auch die Biotoptypen sehr stark gegliedert und numerisch unterteilt. Eine solche Klassifikation führt häufig zur enormen Aufspaltung von Biotoptypen. Für Norderney erscheint eine einfache Zweiteilung von gröber gefaßten Biotopen in eine Gruppe mit stärkerer und eine Gruppe mit schwächerer Gefährdung pragmatisch zu sein. Dabei muß bedacht werden, daß die Ursprünglichkeit der Naturbiotope im Siedlungsbereich der Insel vielfach längst verlorengegangen ist und größtenteils dem flächendeckenden Wirken des Menschen weichen mußte. Wir haben es heute hier, wie an den bisherigen Beispielen mehrfach ausgeführt, allenfalls noch mit naturnahen Lebensräumen zu tun. Dabei ist es selbstverständlich unbenommen, einzelne Elemente der Biotope wie Vegetationstypen und Pflanzengesellschaften nach der Hemerobie-Graduierung als natürlich zu bewerten.

4. Die Insel als Kulturlandschaft

Norderney ist eine ostfriesische Düneninsel mit einer heutigen Länge von 14 km und einer Breite von 2 km. Hier leben fast zehntausend Einwohner und erholen sich mehrere hunderttausend Gäste jährlich. Norderney ist ein Nordseeheilbad mit einem maritimen Klima, das besonders Allergikern und Hautkranken dienlich ist.

Früher war Norderney ein Fischerdorf. Höhe 13 ist das älteste Fischerhaus auf Norderney von 1816; es wurde 1960 restauriert und ist heute ein Ferienhaus.

Eindrücke aus der Vergangenheit vermittelt auch das Fischerhausmuseum im Argonner Wäldchen. Es wurde originalgetreu nach einem Norderneyer Fischerhaus wiederaufgebaut und ist seit 1937 Heimatmuseum mit einer umfangreichen Sammlung. Hier finden sich auch Gemälde und Bilder des berühmten Norderneyer Malers Poppe Folkerts. Er war ein Maler der See und ein leidenschaftlicher Segler, davon zeugen seine plastischen Bilder.

4.1 Allgemeine Bemerkungen zur Besiedlung der Inseln

Über die Bewohner Norderneys erfahren wir zum ersten Mal im Jahre 1530 von Henricus Ubbius, daß sich die Insulaner vom Fischfang und vom Einsammeln des Strandguts ernährten. Im Rechnungsbuch der Gräfin Anna von Ostfriesland ist nachzulesen, daß um 1550 etwa 16 Haushaltungen auf Norderney existierten. Weil man annimmt, daß zu einem Haushalt damals durchschnittlich fünf Personen gehörten, mögen um die Zeit wohl 80 Einwohner auf Norderney gelebt haben. Eine Quelle aus der Mitte des 17. Jahrhunderts gibt Auskunft darüber, daß zu jener Zeit auf der Insel 18 Häuser und eine Kirche standen, die Einwohnerzahl dürfte demnach zwischen 85 und 100 gelegen haben (SAATHOFF 1991). Einkommensquellen waren zu dieser Zeit die Fischerei und die Handelsschifffahrt. Am Ende des 18. Jhdts. lebten fast 600 Menschen in dem kleinen Ort, der sich noch ganz in die Dünenlandschaft einfügte. Er war auf allen Seiten von Dünen umgeben und wurde v.a. im Norden durch zwei mächtige Dünenketten gegen das Meer geschützt.

4.2 Entwicklung von Norderney als Siedlung und als Staatsbad

Die Entwicklung des Siedlungsgebietes von Norderney wird seit zwei Jahrhunderten durch den Fremdenverkehr bestimmt. Die Zahl der Besucher beeinflusste die Bautätigkeit und die Erweiterungen des Ortes, ihre Ansprüche und ihr Geschmack die Baustile. Das Stadtbild wird durch zahlreiche Hotels, von denen die größten als mehrgeschossige Hochhäuser an der Strandpromenade stehen, durch Pensionen, Ferienheime, Gastronomiebetriebe, durch Kliniken und verschiedene andere Kureinrichtungen geprägt.

Als auf Norderney im Jahre 1797 das **erste deutsche Seebad** an der Nordsee gegründet wurde, begann die zuvor durch sehr einfache Lebensverhältnisse bestimmte Entwicklung eine andere Richtung zu nehmen. Auf einen erfolgversprechenden Start des Seebades folgte die Zeit der Besetzung durch die französische Armee, an die die „Napoleonschanze“ im östlichen Teil des alten Kurparks noch heute erinnert. Von 1819 bis 1866 war Norderney **Staatsbad** des hannoverschen Königreiches. Bald gab es hier einen königlichen Hofgarten mit einem Konversationshaus und dem Großen Logierhaus, das 1837/38 erbaut wurde. Über die Bewilligung von Bauprämien, die Gewährung von Zuschüssen und die Ordnung der Mietpreise wurden die Übernachtungskapazitäten in geregelter Weise vergrößert. Das Dorf dehnte sich im wesentlichen nach Westen und nach Süden aus, wobei sich die Bauten und die Grünanlagen um das Kurhaus konzentrierten: Der südliche Teil des alten Ortskerns und der Kuranlagen (vgl. Abb. 43) entstanden im wesentlichen während dieser Zeit, die nördliche Begrenzung dieses Gebietes war die Lange Straße. Die Kurgäste stiegen damals direkt vom Schiff in einen „Wattwagen“ und gelangten so auf die Insel. Das Heinrich-Heine-Denkmal erinnert an den Besuch des Dichters im Jahre 1825, als er hier auf der Marienhöhe das „Lied vom Meer“ dichtete.

Mitte des 19. Jahrhunderts hatte Norderney 1.000 Einwohner und 2.000 Kurgäste jährlich und war durch einen geschlossenen Dünengürtel seewärts geschützt. Dies änderte sich allerdings in der Silvesternacht 1854, als durch eine katastrophale Sturmflut Dünenabbrüche bis zu 25 m in einer Nacht zustande kamen. Nun war das junge Seebad gefährdet. 1858 wurde daraufhin von der Strandstraße bis zur Moltkestraße die erste Strandmauer im Norderneyer S-Profil gebaut. Diese Mauer mußte kurz danach schon durch Strandbuhnen gesichert werden, weil die Strandhöhe durch Erosion weiter stark abgenommen hatte.

Nach der Gründung des Deutschen Reiches nahmen die Besucherzahlen weiter zu, und dementsprechend riß auch während der letzten Jahrzehnte des 19. Jhdts. die rege Bautätigkeit nicht ab. Nachdem die schützenden Randdünen in diesem Bereich abgetragen wurden, entstanden der nordwestliche Teil des alten Ortskerns und der Kuranlagen. Damit rückte die Bebauung bis an die Strandzone vor (Abb. 44). Die Bremer Häuser, die z.B. an der Moltke- und Kaiserstraße von der Bremer Baugesellschaft ab 1873 für gehobene Ansprüche gebaut wurden, bezeugen diese Entwicklung noch heute. Von den Bremer Häusern ist leider nur noch wenig erhalten; sie wurden durch viergeschossige Betonbauten oder gar durch Hochhäuser ersetzt.

Zwischen 1866 und 1914 stieg die Einwohnerzahl von 1.408 auf 4.261 an. Zugleich nahm die Zahl der Gäste von 2.815 auf 42.590 zu und erreichte damit einen ersten Höhepunkt. Bis zum Ende dieses Zeitraums wurden der nordöstliche Teil des alten Ortskerns bebaut und vorhandene Baulücken geschlossen.

Um 1900 war Norderney ein **Weltbad** mit einem Kurhaus und einem Kurplatz. Die Kaiserstraße war eine Prachtstraße mit bis zu 170 m langen Seestegen, an die Dampfer anlegen konnten. Das Strandleben fand damals in Geschlechtertrennung statt. Vor der Villa Belvedere, die damals Sommersitz des Reichskanzlers von Bülow war, gab es einen Segelsteg fürs Anlegen von Segelbooten.



Abb. 43: Kuranlagen auf Norderney



Abb. 44: Gebäude aus Wilheminischer Zeit

Während des Ersten Weltkrieges kam der Tourismus zum Erliegen. Im Südwesten, zwischen Ort und Hafen, wurde eine große Wattfläche aufgespült und mit Dünensand, den man im Bereich des Wasserturms abbaute, verfüllt. Hier wurde ein Militärflugplatz aufgebaut. Heute liegen große Teile dieser Fläche brach, werden als Weideland genutzt oder sind bebaut worden.

Zur Zeit der Weimarer Republik erreichten die Touristenzahlen das Vorkriegsniveau nicht, bauliche Erweiterungen des Ortes wurden nicht durchgeführt. Lediglich Baulücken innerhalb des bebauten Gebietes wurden mit Wohnhäusern für die Einheimischen geschlossen.

Zwischen 1935 und 1938 entstanden östlich des alten Kurparks große Kasernenanlagen mit zahlreichen Gebäuden und dazugehörigem Sportplatz. Als Unterkünfte für die Militärangehörigen wurden in der Umgebung über 20 Wohnblöcke gebaut. Norderney wurde erneut Seefestung und Luftwaffen- sowie Marinestützpunkt; von den zahlreichen Flakstellungen sind heute noch Reste vorhanden.

1948 wurden Norderney die Stadtrechte verliehen. In der allgemeinen Wiederaufbauphase nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges wurde im östlichen Teil der Nordhelmsiedlung das Gebiet zwischen Birkenweg und Lippestraße mit Wohnhäusern bebaut (Abb. 45).

Entlang des Nordstrandes entstanden 1965 die ersten Hochhäuser auf der Insel. Das Gewerbegebiet im Osten des Ortes und die nahe gelegenen Wohnsiedlungen wurden ausgebaut. Die neuesten Quartiere sind die im Südwesten des Ortes in Hafennähe gebauten Wohngebiete der achtziger Jahre mit lockerer Einzel- und Reihenhausbauung.

Das besiedelte Gebiet, das den Westkopf der Insel einnimmt, erstreckt sich heute über etwa 4 km² (Abb. 46). Es liegt im Altdünengebiet der Insel. Dort entsprechen die „naturbürtigen“ Standorte denen des Tertiärdünengebietes.

Infolge des vernachlässigten Inselschutzes im 2. Weltkrieg hatte der Strand überall im Westen der Insel stark abgenommen. Um den hochwasserfreien Strand wiederherzustellen, wurde 1951/52 auf Norderney die erste Strandaufspülung in Europa durchgeführt. Mit dieser Strandaufspülung hatte Norderney als erste europäische Insel einen Wendepunkt zum **aktiven Küstenschutz** vollzogen: Bis heute haben Strandaufspülungen auch an anderen Stellen wichtige Küstenschutzfunktionen übernommen.

Klimaveränderungen haben in den letzten 40 Jahren die Zahl der auftretenden Sturmfluten nahezu verdoppeln lassen. Die letzte schwere Sturmflut vom 16.02.1962 brachte sogar Meeresfluten in das Innere der Insel und die Kureinrichtungen vor der Kaiserstraße wurden total zerstört. Mehrere Hotels erlebten Grundbrüche der Mauerwerke; um diese in Zukunft zu vermeiden, wurden enge Durchgänge zwischen den Hotels geschlossen. Seit 1976 wird die Kaiserstraße durch einen Deich vor Sturmfluten geschützt.

Im Frühjahr 1992 erfolgte auf Norderney die 7. Strandaufspülung. Das Spülgut wurde dabei durch Druckrohrleitungen von der Robbenplate im Seegat her auf den Strand gepumpt. Technisch ist das erst seit 1976 möglich.

Dünenfüße, die im Winter durch Sturmfluten geschädigt werden, werden im Sommer gesichert. Dies geschieht in zwei Schritten: Zuerst werden Buschzäune aus Birkenreisig eingegraben. Sie haben die Aufgabe, die angewehten Sandkörner einzufangen und im Lee der Buschzäune abzulagern. Wenn der Sand eine gewisse Höhe erreicht hat, wird Strandhafer (*Ammophila*) angepflanzt. Randdünen dürfen nicht betreten werden; sie übernehmen vor allem im Osten der Insel Deichfunktionen und sind Bestandteile des geschlossenen Schutzringes von Dünen und Deichen auf Norderney.



Abb. 45: Sanddornhaus am Rande der Nordhelmsiedlung



Abb. 46: Luftbild der Insel Norderney (Foto H. Kolde, Juist 1986)

4.3 Der Nationalpark und seine Schutzzonen

Zum 01.01.1986 wies das Bundesland Niedersachsen ein 240.000 Hektar großes Gebiet als **Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer** aus. Das Niedersächsische Wattenmeer ist in drei verschiedene Schutzzonen unterschiedlicher Intensität eingeteilt.

In der **Ruhezone** gelten die strengsten Schutzbestimmungen, weil sich hier die empfindlichsten Landschaftsteile, Pflanzen- und Tierarten des Nationalparks befinden. Wandern, Radfahren, Reiten und Kutschfahrten sind in der Ruhezone auf ausgewiesenen Wegen, Routen und Flächen erlaubt; ansonsten besteht ein generelles Betretungsverbot. Um die hier lebenden Tiere nicht zu beunruhigen, dürfen sie an ihren Brutplätzen und in ihren Lebensräumen nicht aufgesucht, gefilmt oder fotografiert werden. Von den einschränkenden Regelungen sind aber nicht nur die Erholungssuchenden betroffen, sondern auch die Landwirtschaft, die Jagd und die Fischerei. So ist zum Beispiel in der Ruhezone die Wattenjagd verboten. Sport- und Freizeitfischerei sowie Wattwurmstechen im Handstich dürfen nur auf den dafür vorgesehenen Flächen ausgeübt werden. Bestimmte hergebrachte Nutzungen durch die ansässige Bevölkerung bleiben weiterhin möglich. Maßnahmen zur Erfüllung öffentlicher Aufgaben (Seenotrettungswesen, Deicherhaltung, Strandreinigung etc.) unterliegen keinen Beschränkungen.

Die **Zwischenzone** ist gegenüber der Ruhezone weniger streng geschützt. Hier sind alle Handlungen verboten, die den Charakter des Wattenmeeres einschließlich der Inseln verändern, vor allem das Landschaftsbild beeinflussen und den Naturgenuß beeinträchtigen können. Dazu gehört zum Beispiel, die Ruhe der Natur durch Lärm oder auf andere Weise zu stören, wildlebende Tiere zu beunruhigen, zu schädigen oder sie an ihren Brut- und Lebensräumen aufzusuchen, zu fotografieren und zu filmen. Hunde dürfen in der Zwischenzone nur frei laufen, wenn dies im Rahmen der ordnungsgemäßen Jagdausübung geschieht. Auf anderen als den dafür festgelegten Plätzen ist es nicht erlaubt zu zelten, Wohnwagen aufzustellen, Feuerstellen einzurichten oder Feuer anzuzünden. Die Salz- und Strandwiesen (Heller) zwischen der Hochwasserlinie um den Deichfuß bzw. den Dünenfuß in der Zwischenzone dürfen in der Zeit vom 1. April bis 31. Juli nur auf zugelassenen Wegen begangen werden, um das Brutgeschäft der Vögel nicht zu stören. Ansonsten ist das Betreten der Zwischenzone freigestellt, privatrechtliche Regelungen und sonstige Bestimmungen sind aber zu beachten.

Die **Erholungszone** ist offen für den Erholungs- und Kurbetrieb, örtliche Regelungen sind aber zu beachten. Die in der Ruhezone und in der Zwischenzone zugelassenen Wege sind durch Pfähle gekennzeichnet.

5. Der Tourismus auf der Insel Norderney

Vor dem Hintergrund der natur- und kulturräumlichen Rahmenbedingungen, wie sie in den Kap. 2, 3 und 4 beschrieben worden sind, sollen nun die speziellen Ergebnisse des Forschungsprojektes dargestellt werden. Weil die heutigen Bedingungen auf der Insel sehr weitgehend von den Besuchern geprägt werden, wird zunächst die Entwicklung des Tourismus beschrieben. Später muß dann gefragt werden, ob Ereignisse, die von den Feriengästen ausgehen, wirklich diejenigen sind, die den Charakter der Insel am nachhaltigsten beeinflussen und verändern.

5.1 Entwicklung des Tourismus

Das ostfriesische Küstengebiet ist seit langem das Ziel zahlreicher Erholungssuchender. Meer, Sandstrand, Dünen und Watt bieten Möglichkeiten für verschiedene Freizeitakti-

vitäten. Aufgrund der Heilwirkung des Klimas spielen auch Kuraufenthalte eine große Rolle. Die besondere Eignung für die Erholungsnutzung hat, langfristig betrachtet, zu stetig steigenden Übernachtungsziffern geführt.

Seit den 50er Jahren sind die **Besucherzahlen** auf Norderney durch einen stark aufwärtsgerichteten Trend gekennzeichnet (Abb. 47). Zwischen 1951 und 1960 hat sich die Zahl der anreisenden Personen von knapp 50.800 auf 101.400 verdoppelt. Die Anzahl der Übernachtungen stieg im gleichen Zeitraum von ca. 1.040.000 auf 1.900.000 an. Diese enorme Zunahme schwächte sich in den 60er Jahren ab, so daß die Zahl der Anreisen 1970 bei etwa 113.000, die der Übernachtungen bei 2.160.000 lag.

In der zweiten Hälfte der 70er Jahre war die Tendenz rückläufig. Zu Beginn der 80er Jahre nahm die Zahl der anreisenden Gäste dann langsam wieder zu. 1990 erfolgte ein sprunghafter Anstieg auf über 200.000 Anreisen pro Jahr. Die Zahl der Übernachtungen, bei der für das Vorjahr ein regelrechter Einbruch zu verzeichnen war, wuchs nicht im gleichen Maße mit. Interessant ist, daß seit dieser Zeit die Anzahl der Übernachtungen in Relation zu der der anreisenden Gäste zurückgegangen ist. Die durchschnittliche **Aufenthaltsdauer** hat sich also verringert. Hierin kommt der Trend zum Ausdruck, nicht mehr den Haupturlaub, sondern den Zweiturlaub auf der Insel zu verbringen. 1996 lag die Zahl der Anreisen bei rund 247.000, die der Übernachtungen bei 2.800.000.

Die angegebenen Zahlen (Fremdenverkehrsstatistik der Kurverwaltung) sind aufgrund nicht angemeldeter Fremdenbetten und nicht gemeldeter Gäste mit einer hohen Dunkelziffer behaftet. Die Schätzungen über die Dunkelziffer schwanken zwischen 10 bis 15 und 30%.

In den vergangenen Jahrzehnten, seit 1920, ist auch die Gesamtzahl der Einwohner - mit nur kurzfristigen Unterbrechungen - insgesamt kontinuierlich angestiegen. Seit der zweiten Hälfte der 80er Jahre zeichnen sich aber eine Stagnation bzw. leicht rückläufige Tendenzen ab. Für 1994 gibt die **Einwohner-Bestandsstatistik** (Stadtverwaltung Norderney) 10.293 gemeldete Einwohner an. Hierin ist ein beträchtlicher Anteil an Zweitwohnungsbesitzern enthalten, ihre Zahl beläuft sich auf 3.664 (Abb. 48).

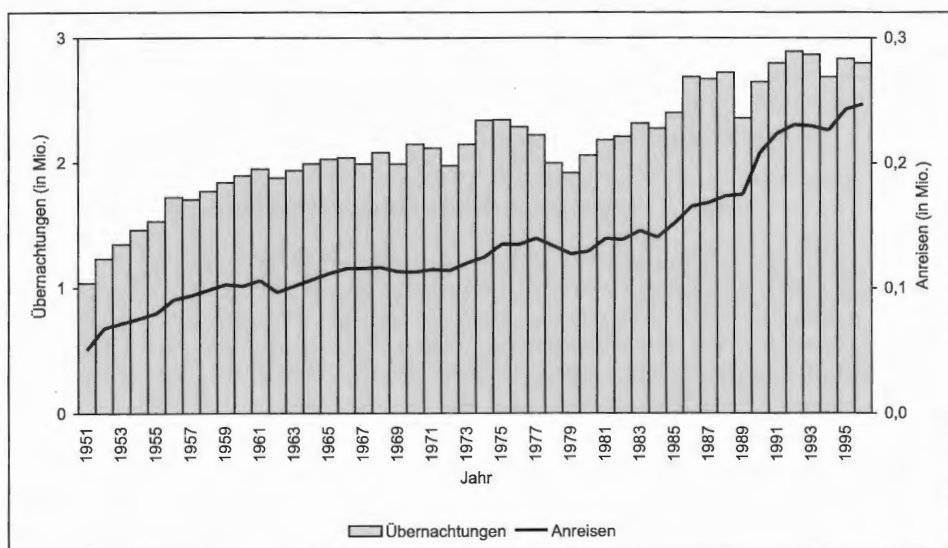


Abb. 47: Entwicklung der Anzahl der Besucher und der Übernachtungen zwischen 1951 und 1994

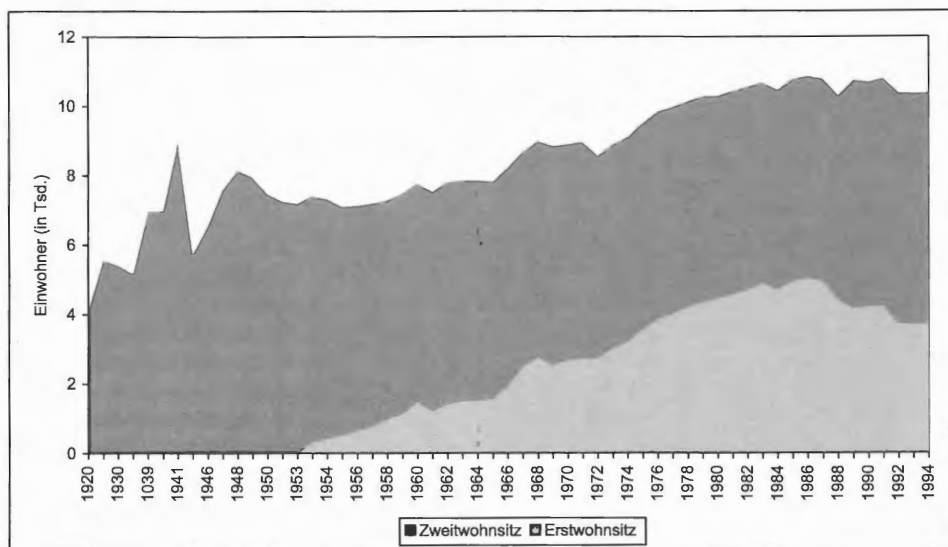


Abb. 48: Einwohnerzahl Norderneys von 1920 bis 1994 einschließlich Zweitwohnungsbesitzern

Über den ganzen Sommer verteilt beträgt die durchschnittliche Zahl der Tagesgäste 3.000 pro Tag, sowohl in der Woche als auch an den Wochenenden (Angaben der Frisia-Fähr-gesellschaft). Absolute Spitzenwerte, welche bei 5.000 Personen pro Tag liegen, werden erreicht, wenn bestimmte Bedingungen zusammentreffen: Schulferien in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen, günstige Witterung und weitgehende Belegung der Unterkünfte auf dem Festland. Rechnet man die Einwohner und die Tagesgäste mit ein, können sich an einem Sommertag mit gutem Wetter etwa 50.000 Menschen auf der Insel aufhalten. Je mehr Menschen sich gleichzeitig auf der Insel aufhalten, desto mehr können auch direkte und indirekte Einwirkungen auf die Landschaft zunehmen.

Auch von den Tagesgästen ist ein großer Teil sicher nicht bei der Kurverwaltung gemeldet. Um dieses Problem zu lösen und gleichzeitig die Anmeldung zu vereinfachen, wurde seit Beginn 1997 die **NorderneyCard** eingeführt. Die NorderneyCard ersetzt nicht nur die alte Kurkarte, sondern ist gleichzeitig auch Fährticket. Sie wird bei der Ankunft auf der Insel als Ferienkarte aktiviert. Wenn man ein Fährticket der Deutschen Bahn hat, erhält man die NorderneyCard direkt beim Verlassen des Schiffes. Vor dem Verlassen der Insel wird die Kurtaxe an den verschiedenen NorderneyCard-Automaten bezahlt, indem man die NorderneyCard „entwertet“. Mit der NorderneyCard ist die Benutzung des innerstädtischen Busingverkehrs, der Besuch des Freibades oder des Leuchtturmes kostenlos. Außerdem kann die Karte als Parkticket oder „elektronische Geldbörse“ genutzt werden. Wie bei der alten Kurkarte sind auch bei der NorderneyCard bestimmte Personengruppen von der Kurtaxe befreit oder sie erhalten die Karte zu Sonderkonditionen.

Während der letzten Jahrzehnte hat sich die Verteilung der Besucher auf die unterschiedlichen Jahreszeiten gewandelt. Diese ist in Abb. 49 für den Zeitraum zwischen 1956 und 1995 in Abständen von 5 Jahren dargestellt. Hierfür wurden die Anzahl der Übernachtungen und die der anreisenden Personen in den Monaten April, Juli, Oktober und Dezember ausgewählt.

Es wird deutlich, daß die starke Zunahme der Fremdenverkehrszahlen zwischen den 50er Jahren und heute in erster Linie auf einer Zunahme der Besucherzahlen während der Nebensaison basiert. Der Anteil der Nebensaisongäste lag zu Beginn des untersuchten

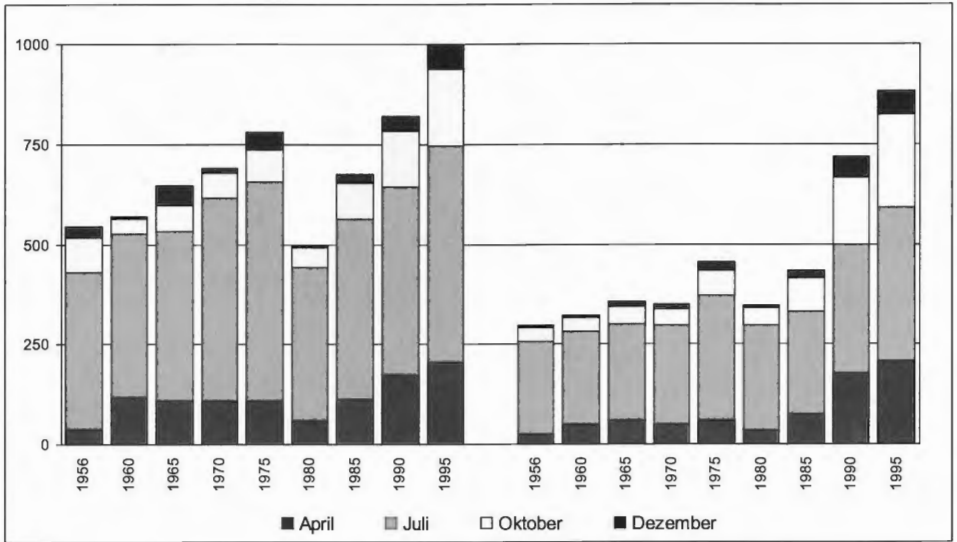


Abb. 49: Verteilung der Besucher auf die verschiedenen Jahreszeiten

Zeitraums um 25% des Gesamtbesucheraufkommens, betrug dann längere Zeit etwa ein Drittel und stieg in den 90er Jahren auf mehr als die Hälfte an. Hierin kommen die Bemühungen um eine Ausweitung der Saison, der Trend zum Zweit- und Dritturlaub sowie die veränderten Ansprüche der Gäste zum Ausdruck.

Bei der Anzahl der Übernachtungen schlägt sich diese Entwicklung weniger stark nieder: In den Übergangsjahreszeiten und zu Weihnachten bleiben die Gäste weniger lange auf der Insel als in den Sommermonaten. Stadt und Kurverwaltung sind zudem bemüht, die touristische Infrastruktur das ganze Jahr über anzubieten, um eine **Ganzjahressaison** zu erreichen.

5.2 Tourismus und Mobilität

Unter den Rahmenbedingungen des heutigen Verkehrssystems stehen Mobilitäts- und Umwelterfordernisse in dauerhaftem Widerspruch. Die „Flucht mit dem Auto vor dem Auto“ aus den Ballungsgebieten, wo es an Lebensqualität mangelt, löst Verkehrsströme in naturnahe Räume aus, deren Attraktivität sich überwiegend aus dem natürlichen Angebot ergibt. Insbesondere in prädikatisierten Kur- und Erholungsorten wie Norderney besteht die Gefahr, daß die kurörtliche Funktion durch Lärm- und Schadstoffemissionen nachhaltig gestört ist und der Status nicht mehr erreicht werden kann. Die höhere Sensibilität der Gäste gegenüber Ruhestörungen und Umweltbeeinträchtigungen, der allgemeine Wertewandel hin zu mehr Umweltbewußtsein sowie die steigenden Qualitätsansprüche im Urlaub erhöhen die Gefahr, daß der unzufriedene Gast nicht mehr wiederkommt. Durch verstärkten Infrastrukturausbau und damit verbesserte Erreichbarkeit eines Ortes kann dessen Attraktivität aufgrund der negativen Auswirkungen des Verkehrs und des so in Gang gebrachten Massentourismus sinken. Weitere Kapazitätserweiterungen führen nur zu einer Verschlechterung der Bedingungen am Ferienort. Dabei wird das Potential des Erholungs- und Gesundheitswertes nachhaltig beeinträchtigt. Bei Inlandurlaubs haben die verschiedenen Verkehrsmittel insgesamt folgende Anteile: Pkw 72%, Bahn 19% und Bus 9%. Auf Norderney stellt sich die Verteilung wie folgt dar: Pkw 56%, Bahn 37%, Bus 2% und Sonstiges 5%.

Die heute bestimmenden Faktoren für einen Qualitätstourismus sind: Kundenorientierung, Service, Aktion und Umweltqualität. Die Gäste autofreier Inseln kommen häufiger wieder als die Gäste autoorientierter Inseln. Auf autofreien Inseln urlauben außerdem mehr Gäste mit Familienangehörigen und Kindern. Der Hinweis des Pkw-Verbots auf einer Insel zieht viele Gäste an, dagegen hat die Kfz-Erlaubnis auf einer Insel keine Bedeutung für die Reiseentscheidung.

Gründe für die Mitnahme von Kfz in den Urlaub sind: Gepäcktransport, Bequemlichkeit und Zeitersparnis. Die Flexibilität am Urlaubsort spielt keine oder nur eine untergeordnete Rolle. Je kleinräumiger die Urlaubsregion, desto geringer ist das Mobilitätsanfordernis. In einem Kleinraum wie einer Insel lassen sich die Bedürfnisse durch den ÖPNV auffangen, sofern sie nicht schon durch andere Verkehrsmittel individuell befriedigt werden (z.B. Fahrrad). Diskutiert man über Verkehrsprobleme, so geht es in erster Linie immer um den durch Einheimische ausgelösten Verkehr. Der Anteil von Besuchern und Gästen am Verkehrsaufkommen beträgt maximal 10%. Diese allgemein bekannte Größenordnung gilt auch auf Norderney. Norderney hat keine unüberbrückbaren Entfernungen. Das Entfernungsempfinden der Insulaner ist verzerrt. Eine wirkliche Bedeutung hat die Mobilität durch Kfz lediglich für Behinderte, Kranke und für im Ostland Wohnende.

Die Anzahl der auf der Insel vorhandenen bzw. abzustellenden Kfz bleibt auch in den nächsten Jahren in Spitzenzeiten gleich hoch. Die städtischen Zählungen zeigen seit Jahren gleichbleibende Zahlen mit 4.500 bis 5.000 sichtbaren Kfz. Die Zunahme von Kfz insgesamt vollzieht sich im Zusammenhang mit Urlaubsfahrten nicht entsprechend. Urlaubsfahrten werden nach wie vor häufig im Verband vorgenommen. Die das insulare Verkehrsaufkommen beeinflussenden Faktoren sind also nur eine Steigerung des Inseltourismus einhergehend mit einer Zunahme des Bettenangebotes. Mit beidem kann in den kommenden Jahren nicht gerechnet werden.

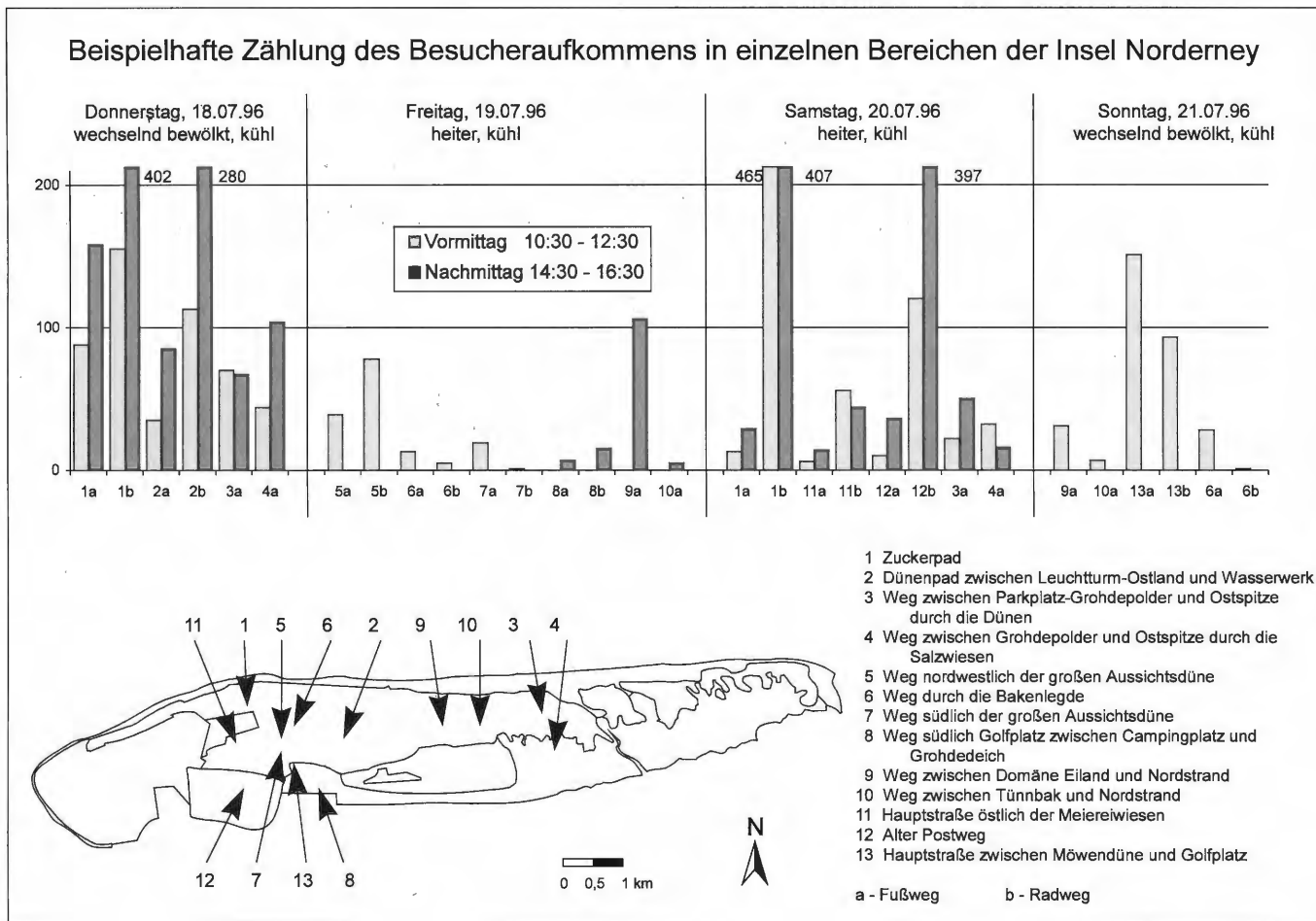
5.3 Das Verhalten der Touristen auf der Insel

Außerhalb der Stadt und abseits der Strände zählen Tagestouren mit dem Fahrrad, Wanderungen und Spaziergänge zu den beliebtesten Urlaubsaktivitäten der Gäste auf Norderney. Einen Überblick über die Frequentierung verschiedener Wege der Insel gibt Abb. 50. Sie beruht auf einer Zählung, die Ende Juli 1996 durchgeführt wurde. Zu diesem Zeitpunkt herrschte relativ kühles, trockenes Wetter, kein ausgesprochenes „Strandwetter“ also, bei dem sich die Gäste dort zum Baden konzentrieren, aber auch kein Wetter, bei dem die Unterkünfte wenig verlassen werden. Die Zählung wurde vor- und nachmittags durchgeführt und umfaßte sowohl Fußgänger als auch Fahrradfahrer.

Die Spitzenwerte des Besucheraufkommens wurden auf dem Zuckerpad, auf dem Dünenpad zwischen Leuchtturm und Wasserwerk II und auf dem Alten Postweg gezählt. Sie sind durch die Frequentierung durch Fahrradfahrer zustande gekommen; die Zahl der erfaßten Fußgänger liegt z.T. erheblich niedriger. Der höchste Wert überhaupt wurde auf dem Zuckerpad an einem Samstagvormittag mit 465 Radfahrern ermittelt, nimmt man den Nachmittag hinzu, ergibt sich eine Summe von 872. Bei allen anderen Wegen ist das Personenaufkommen mit Werten von z.T. unter 100 pro Vor- bzw. Nachmittag erheblich niedriger. Der überwiegende Anteil der Gäste benutzte das Fahrrad als Fortbewegungsmittel. Lediglich entlang der Hauptstraße zwischen Möwendüne und Golfplatz, d.h. auch in der Nähe der Jugendherberge und des Campingplatzes, lag der Anteil der Fußgänger deutlich höher.

Die am stärksten genutzten Wege verlaufen in West-Ost-Richtung und stellen die direkte Verbindung zwischen der Stadt und den weiter im Osten gelegenen Teilen der Insel dar.

Abb. 50: Besucheraufkommen



5.4 Fremdenverkehr als räumlicher Faktor

In Bezug auf die Bedeutung des Tourismus für den Naturraum ist zwischen direkten und indirekten Einflüssen zu unterscheiden. Direkte Einflüsse ergeben sich durch Wandern, Fahrradfahren, Reiten, Baden, durch Golfsport, Segelsport, durch den Kfz-Verkehr usw.. Zu den indirekten Einflüssen zählen der Verbrauch von Grundwasser, das Anfallen von Abwasser und Abfällen. Unter den direkten Wirkungen sind der Tritt und das Befahren diejenigen mit den Möglichkeiten gravierendster Auswirkungen auf die naturnahe Landschaft. Dadurch können Pflanzen beschädigt oder zerstört und die Bodenstruktur verändert werden (Abb. 51). Solche Stellen können in den Dünen leicht zu Angriffspunkten der Winderosion werden. Trittschäden gehen in starkem Maße auch von dem in den vergangenen Jahren stark ausgeweiteten Reitsport aus. Die genannten Belastungen können eine um so größere Rolle spielen, je höher die Besucherzahlen sind.

Vielfach kommt es im Bereich von Wegen zu Veränderungen der Bodeneigenschaften durch Eutrophierung und Einbringen von Materialien zur Wegebefestigung. Hierdurch wird die Entwicklung von Ruderalvegetation gefördert und das natürliche Artenspektrum verändert.

Bei der Nutzung der Landschaft unterliegt der Tourismus gewissermaßen einem Zwiespalt; einerseits können von ihm, je nach Ausprägung und Intensität, negative Einflüsse ausgehen, andererseits stellt eine möglichst intakte Landschaft eine unabdingbare Grundlage für den Tourismus selbst dar.

Das Stadtgebiet ist der bei weitem am stärksten anthropogen überformte Bereich. Die Versiegelung des Bodens mit ihren Folgewirkungen stellt den stärksten Eingriff in den Landschaftshaushalt der Insel dar. Aber auch die unversiegelten Flächen sind durch gärtnerische Pflege und Anpflanzungen erheblich verändert. Der seit langem bestehende Frem-



Abb. 51: Trittschäden im Bereich des Campingplatzes Domäne-Eiland im Ostteil von Norderney

denverkehr prägt also das Bild der Stadt entscheidend, und ohne die ökonomischen Möglichkeiten, die er bietet, hätte die Stadt sich sicher nicht auf ihre heutige Größe ausdehnen können.

6. Auswirkungen des Tourismus auf die freie Insellandschaft

Im folgenden wird - nach landschaftlichen Einheiten getrennt - auf der Grundlage unserer geobotanischen Untersuchungen gezeigt, wie sich die Vegetation und die Böden der Insel durch den Einfluß des Tourismus verändern. Die Einflüsse auf eher „natürlichen Landschaften“ sollen dabei zuerst besprochen werden, ehe weiter unten in Kapitel 9 die eindeutig auf anthropogenen Standorten vorkommenden Pflanzen und ihre Gesellschaften behandelt werden.

6.1 Vegetation

6.1.1 Wegrandbereiche

Dünen und Dünentäler

Im Einflußbereich der Wege wird der Grundstock des Pflanzeninventars durch einige Arten gebildet, welche für den gesamten Dünenbereich typisch sind. Zu ihnen zählen das Rote Straußgras (*Agrostis tenuis*), der Sandschwingel (*Festuca rubra* var. *arenaria*), die Sandsegge (*Carex arenaria*) sowie das Moos *Rhytidiadelphus squarrosus*. Zu diesen „Ubiquisten des Dünenengeländes“ treten je nach Standortbedingungen charakteristische Arten hinzu, über die eine Ausdifferenzierung der Bestände erfolgt. Bestimmende Standortfaktoren sind hierbei: die Frequenz von Störereignissen, die Höhe im Gelände, die Exposition, der Humusgehalt des Bodens und die Vegetation des umgebenden Geländes. Aufgrund der erhöhten Sonnenstrahlung stellt die nicht ausreichende Wasserversorgung besonders an süd- und südwestexponierten Standorten häufig einen Streßfaktor dar. Das gleiche gilt für Standorte, die hoch im Gelände liegen. Hier ist kein kapillarer Aufstieg von Grundwasser mehr gegeben, der aufsteigende Wasserstrom reißt in Abhängigkeit von der Korngröße des Substrates bei einer bestimmten Höhe über der Grundwasseroberfläche ab. Bei Sand ist diese Höhe am geringsten. Zudem ist die Austrocknung durch Wind an Standorten, welche hoch im Gelände liegen, stärker.

In Mulden sammelt sich normalerweise mehr Humus an als in höheren Lagen, was zu einer günstigeren Wasserversorgung und zu einem besseren Zusammenhalt der mineralischen Bodenbestandteile führt. Die Erosionsgefahr ist hier geringer. Weil die insgesamt humusarmen Sandböden der Insel auf mechanische Belastungen kaum mit Verdichtungen reagieren, spielen Pflanzenverschiebungen im Bereich der Xeroserie aufgrund von Änderungen der Porenvolumina der Böden und ihrer Durchlüftung nur eine sehr untergeordnete Rolle.

Im folgenden wird die Vegetation im Einflußbereich der Wander- und Reitwege innerhalb des Dünenengeländes und der Dünentäler beschrieben:

Entlang des östlichen Teils des Grohdepolderdeiches, der die Begrenzung zu den Salzwiesen des Ostlandes bildet, treten Straußgras-Dünenrasen auf.

Das *Festuco-Galietum maritimi* läßt sich von den übrigen Vegetationsbeständen der Wegrandbereiche des Dünenengeländes deutlich abgrenzen. Es stellt von allen unter Tritteinfluß stehenden Beständen den natürlichsten Dünenrasen dar.

Im Graudünengebiet Norderneys sind im Einflußbereich der Wege häufig fragmentarische Ausbildungen des *Tortulo-Phleetum arenarii* (Sandlieschgras-Gesellschaft) und des *Violo-Corynephorum canescentis* (Silbergras-Gesellschaft) anzutreffen.

An einigen Stellen haben sich Massenbestände von *Campylopus introflexus* (Kaktusmoos) angesiedelt. Das neophytische Moos breitet sich, wie bereits erwähnt, v.a. auf stärker gestörten, leicht humosen, sauren Sandböden aus. Sonst ist das großflächige Auftreten von Moosen und Flechten eher ein Zeichen dafür, daß keine Störfaktoren vorhanden sind. Dementsprechend liegen diese Bestände nicht direkt an der befestigten Wegefläche, sondern schließen oft an einen Streifen von Beständen mit Tritt- oder Ruderalarten an.

Die Fragmente der Sandlieschgras-Gesellschaft und die der Silbergrasflur weisen noch eine recht große Ähnlichkeit mit naturnahen Einheiten der Graudünen auf. Die Fragmentgesellschaften besitzen eine relativ weite ökologische Amplitude und sind gegenüber anthropo-zoogenen Einwirkungen unempfindlich bzw. besitzen ihnen gegenüber eine größere Toleranz.

Im Randbereich der Wege fallen häufig Vegetationsbestände auf, die pflanzensoziologisch nicht mehr zugeordnet werden können. Sie sind als Rumpfgesellschaften der *Koelerio-Corynephoretea* anzusprechen. Flächenmäßig nehmen sie hier den größten Raum ein. Am Aufbau der Rumpfgesellschaft sind durchgängig die in der Xeroserie sehr verbreiteten Arten *Carex arenaria* (Sandsegge), *Agrostis tenuis* (Rotes Straußgras) und *Festuca rubra arenaria* (Sandschwingel) beteiligt. Eine Differenzierung ergibt sich durch das Auftreten bzw. Fehlen von Therophyten, Nitrophyten sowie von Trittzeigern und Grünlandarten.

Im gesamten Westteil der Insel treten naturferne Gesellschaften auf, die häufig von nur einer Art dominiert werden:

Die Große Brennessel (*Urtica dioica*) bildet sowohl entlang der Reitwege auf sandigem Boden als auch im Bereich der Deiche, also auf lehmigem Substrat, größere Bestände aus, in denen typische Dünenarten, aber auch Grünlandarten nur vereinzelt vorkommen. Sie tritt fleckenhaft auf und weist auf Stickstoffanreicherung hin.

Die Kleine Brennessel (*Urtica urens*) beschränkt sich in der Regel auf den mittleren, stärkeren Trittbelastung ausgesetzten Teil der Reitwege. Dieser war vor der Besiedlung durch die Kleine Brennessel aller Wahrscheinlichkeit nach vegetationsfrei oder nur sehr dünn bewachsen. Hier besiedelt *Urtica urens* häufig die lückigen Stellen im Heu, mit dem die Reitwege an vielen Stellen abgedeckt werden. Durch diese Maßnahme kommt es zu einer Erhöhung des Stickstoff- und des Humusgehaltes im Boden und zu einem Eintrag von Samen von Nitrophyten und Grünlandarten.

An den Reitwegen treten *Urtica dioica* und *Urtica urens* in symmetrischer Anordnung auf. Während *Urtica dioica* im Randbereich sehr hohe Deckungswerte erreicht, hat *Urtica urens* in der Wegmitte ihren Verbreitungsschwerpunkt (Abb. 52).

Für die Ausbildung der Strandkamillen-Gesellschaft dürfte der Samenvorrat im Boden entscheidend sein. In den meisten Fällen ist *Matricaria maritima* (Strandkamille) an künstlich aufgetragene Substrate gebunden, wo nur eine schwache Trittbelastung vorliegt.

Dort, wo die Wege tiefe, grundfeuchte Geländebereiche durchlaufen – wie im Bereich des Großen Dünentales und des Südstrandpolders –, siedeln sich Binsen-Riede mit *Juncus effusus*- und *Juncus bufonius*-Gesellschaften an. Der Tritteinfluß wirkt hier in zwei Richtungen: Einerseits hat er im humosen Boden eine Verdichtung und damit wasserstauende Verhältnisse verursacht, andererseits hat er zu einer Eintiefung geführt, so daß die Bodenoberfläche an einigen Stellen in den Bereich des anstehenden Grundwassers geraten ist. Beide Binsenarten sind auf feuchte bis nasse Wuchsbereiche angewiesen und bevorzugen nährstoffreiche, kalkarme Böden. Während die Flatterbinse (*Juncus effusus*) sich auch in

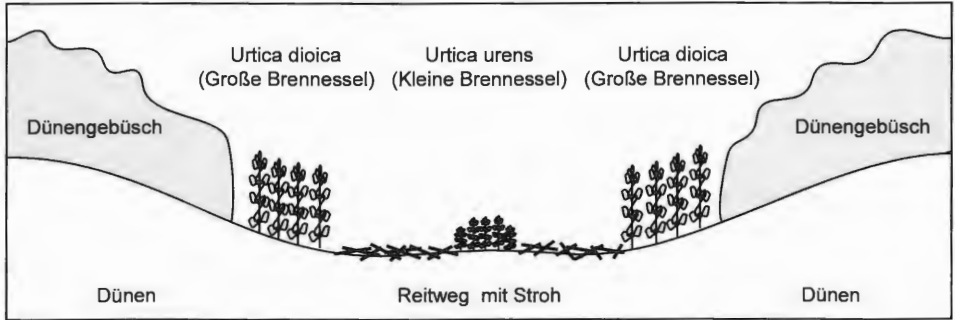


Abb. 52: Vegetation im Nahbereich der Reitwege in den Graudünen zwischen der Stadt Norderney und dem Flughafen



Abb. 53: Flatterbinsen-Gesellschaft auf einem Reitweg entlang des Großen Dünentales

Feuchtwiesen stark ausbreitet, ist die Krötenbinse (*Juncus bufonius*) eine Art der Pioniergesellschaften offener Standorte. *Juncus effusus* steht häufig am Rand oder in der Mitte von Reitwegen zwischen zwei hauptsächlich genutzten, stark betretenen Spuren. *Juncus bufonius* nimmt dagegen Bereiche ein, welche mehr oder weniger schwach betreten sind, wodurch andere Arten zurückgedrängt werden (Abb. 53).

Im gesamten Norderneyer Dünengebiet dominiert an den Wegesrändern das Einjährige Rispengras (*Poa annua*-Gesellschaft). Die Gesellschaft tritt allerdings kleinflächig und oft mit geringen Deckungswerten unter 50 % auf. Sie wächst auf frischen, stickstoffreichen Böden und hält nicht allzu starker Belastung durch Tritt und Befahren stand.

Abb. 54 gibt das Vorkommen vom Einjährigen Rispengras im Nahbereich eines befestigten Weges in den Graudünen südwestlich der Bakenlegde wieder. Das Dünenengelände wird hier von der Kriechweide (*Salix repens*), dem Wolligen Honiggras (*Holcus lanatus*) und dem Rotschwengel (*Festuca rubra*) beherrscht. Zum Weg hin, d.h. bei nur noch mäßiger Belastung, wachsen das Rote Straußgras (*Agrostis tenuis*) und der Rotschwengel (*Festuca rubra*) zusammen mit dem Weichen Storchschnabel (*Geranium molle*). Bei höchster mechanischer Beanspruchung gelangt wieder *Poa annua* zur Dominanz.

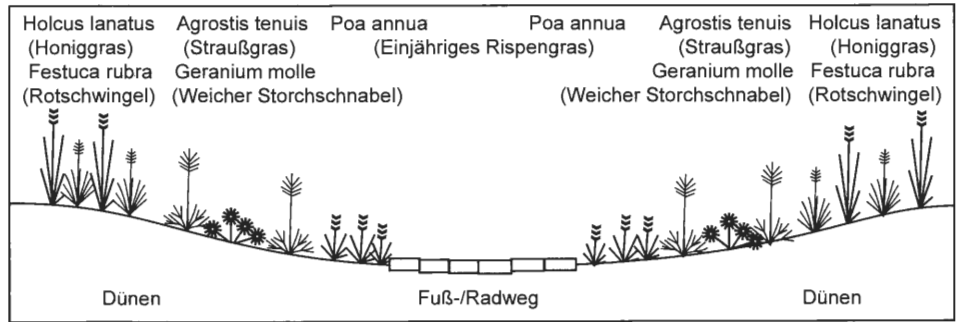


Abb. 54: Vegetation im Nahbereich eines kombinierten Fuß- und Fahrradweges in den Graudünen südwestlich der Bakenlegde

Salzwiesen und Übergangsbereiche

In den salzbeeinflussten Bereichen des Untersuchungsgebietes, also im Ostland und in dem schmalen Salzwiesenstreifen, der sich vom Südstrandpolder aus ostwärts zieht, zeigen die Böden neben Sand auch erhebliche Schluff- und Tonanteile. Infolgedessen führen Tritt und Befahren hier – ganz im Gegensatz zu den Sandböden der Dünen – schnell zu Verdichtungserscheinungen.

Das *Centauro litoralis-Saginetum nodosae* (Gesellschaft des Zierlichen Tausendgüldenkrauts) kommt an schwächer betretenen Stellen in der Nachbarschaft der Wege vor. Diese Pflanzengesellschaft leitet von den Dünen zu den Salzwiesen über und besiedelt die Dünenfußbereiche und die Strandmulden. Sie ist häufig im Ostland an den Wander- und Reitwegen sowie entlang des Pfades, der südlich vom Camping- und Golfplatz im Grenzbereich zu den Salzwiesen verläuft.

Die *Lolio-Potentillion*-(Fingerkraut-Quecken-)Rumpfgesellschaft hat ihren Verbreitungsschwerpunkt auf den betretenen, feinkörnigen Substraten des Ostlandes. Sie wird durch das Gänse-Fingerkraut (*Potentilla anserina*) charakterisiert. *Potentilla anserina* ist eigentlich eine typische Grünlandart von nährstoffreichen, verdichteten Flächen, auf denen Tiere gehalten werden.

Am Wanderweg, der im Ostland an den gegruppten Salzwiesen entlangläuft, sowie im Bereich der Möwendüne tritt das *Ononido-Caricetum distantis* (Hauhechel-Lückensegenrasen) auf. Es handelt sich hier um naturnahe Bestände, die unter schwachem Tritteinfluß mit *Lolium perenne* (Ausdauernder Lolch) angereichert sind.

Unter direktem anthropogenen Einfluß stehende Ausbildungen des *Juncetum gerardii* (Bottenbinsenwiese) kommen schwerpunktmäßig an dem südlichen Wanderweg entlang der gegruppten Salzwiesen im Ostland sowie östlich der Peilbake vor. In den untersuchten Flächen wird der Einfluß traditioneller Beweidung mit Rindern, der früher eine große Rolle spielte, heute zumindest teilweise durch anthropogenen Tritteinfluß und stellenweise zusätzlich durch Kaninchenfraß kompensiert. Dieses Phänomen tritt besonders im Bereich alter Fahrwege auf, welche im Ostland vereinzelt erkennbar sind. In den Fahrspuren dominiert *Juncus gerardii*, während der weniger verdichtete „Mittelstreifen“ vornehmlich von *Agrostis tenuis* (Rotes Straußgras) eingenommen wird (Abb. 55).

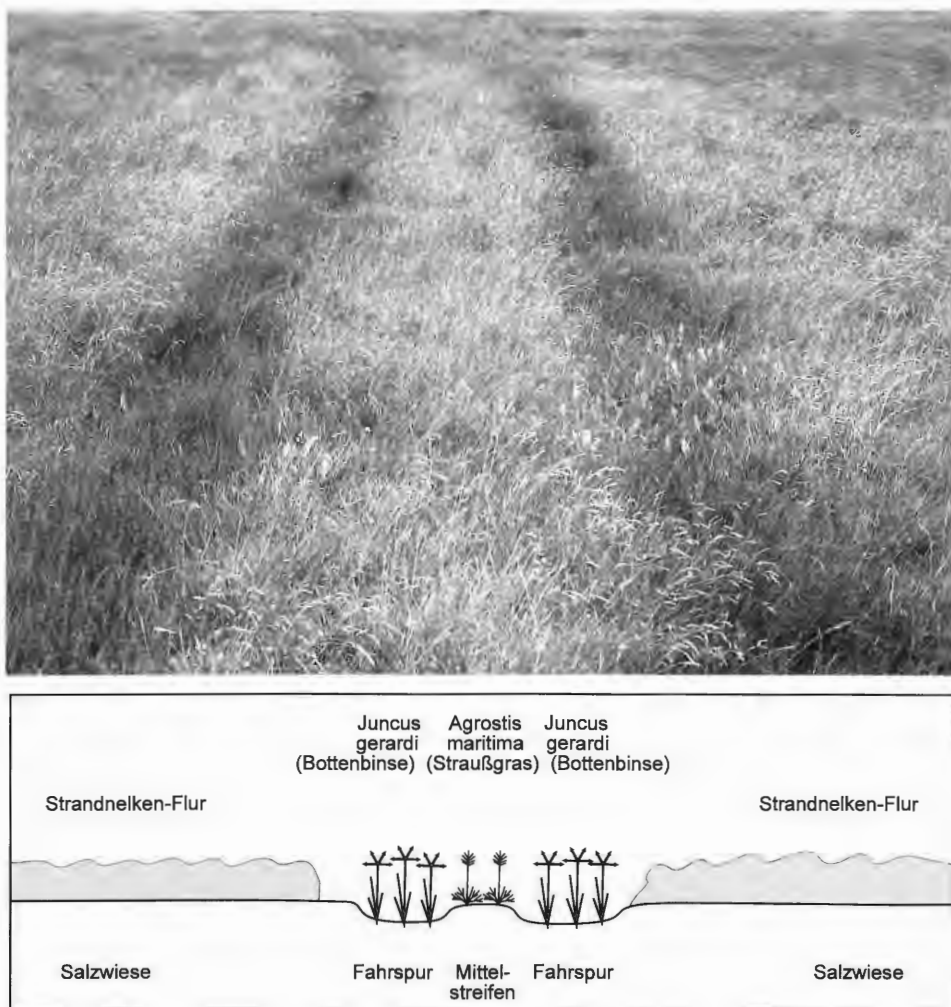


Abb. 55: Vegetation im Nahbereich der Fahrwege in den Salzwiesen des Ostlandes

Östlich der Peilbake wächst gelegentlich die *Salicornion*-(Queller-)Rumpfgesellschaft auf solchen Wegstrecken, die aufgrund der Trittbelastung vegetationsfrei geworden sind, wodurch sich infolge kleinflächiger Erosionsprozesse Mulden bilden konnten, die über längere Zeit hinweg wassergefüllt sind.

Mischbestände aus Arten des *Puccinellietum maritimae* (Anedelgras-Gesellschaft) und der *Suaeda flexilis*-(Soden-)Gesellschaft erscheinen zusätzlich auf den extensiv betretenen Flächen in den Salzwiesen östlich des Südstrandpolders.

Anedelgrasrasen sind artenarme Pflanzengesellschaften mit Pioniercharakter. Auf Norderney gibt es nennenswerte Bestände an stärker trittbeeinflussten Stellen in den ungegrüpften und gegrüpften Salzwiesen, z.B. südlich des Golfplatzes und im Ostland. Ihre randlichen Bereiche werden von der Bottenbinse (*Juncus gerardii*) dominiert. Im Zentrum, wo der Boden am stärksten verdichtet ist, hat sich ein *Puccinellietum distantis* (Salzschwaden-Gesellschaft) ausgebildet (Abb. 56).

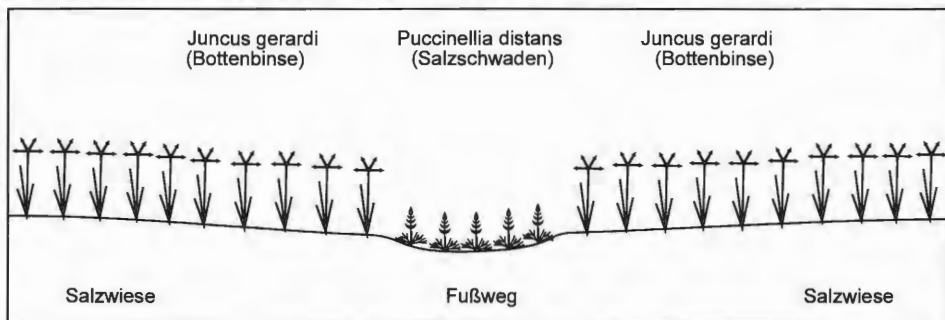


Abb. 56: Vegetation im Nahbereich eines Fußweges in den Salzwiesen des Ostlandes I

In weiten Bereichen des Ostlandes ist der Sandanteil im Untergrund höher. Dort wird *Puccinellia distans* durch die Krötenbinse (*Juncus bufonius*) ersetzt (Abb. 57).

Im Ostland schneidet der nördliche Wanderweg auf weiten Strecken das junge Dünengebiet. Hier wird das sandige Material leicht erodiert, und die wenigen Arten, die als Pioniere die Wegränder besiedeln, können sich nur schwer halten und werden bei Tritteinwirkung geschädigt. In erster Linie treten hier die Bottenbinse (*Juncus gerardii*) und das Salzmilchkraut (*Glaux maritima*) auf. Die Wege sind unbefestigt, und es findet auch auf andere Weise keine Besucherlenkung statt; hier ist es großflächig zu einer Ausweitung des Weges gekommen (Abb. 58).

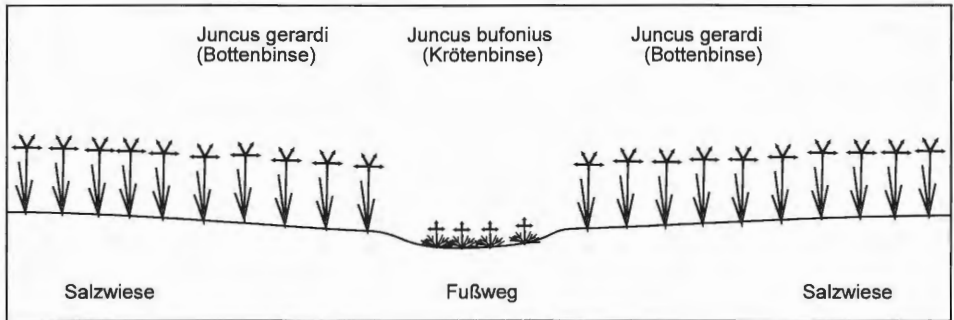


Abb. 57: Vegetation im Nahbereich der Fußwege in den Salzwiesen des Ostlandes II



Abb. 58: Wanderweg im Ostland

6.1.2 Aufgelassene Pfade

Seit der Einrichtung des Nationalparks wurden einzelne Wege aus der Nutzung genommen und abgesperrt. Das Begehen wilder Pfade, insbesondere in den Dünen, konnte durch Absperrungen, durch das Schaffen optischer Barrieren und das Aufstellen von Hinweis- und Verbotsschildern zurückgedrängt werden. Infolgedessen ist hier der Faktor Tritt weggefallen, und die Sukzession kann weitgehend ungestört verlaufen. Diese Wege sind in der Landschaft immer noch erkennbar, aber es läßt sich beobachten, wie sie langsam wieder zuwachsen.

Dünen

Die Vegetationsbestände auf den nicht mehr genutzten Pfaden im Dünengelände werden fast ausschließlich von typischen Vertretern der Dünengesellschaften aufgebaut. Sie lassen sich in der Artenkombination, in der man sie auf den ehemaligen Wegen findet, jedoch keiner bestimmten Assoziation zuordnen: ihre Bestände sind artenarm, immer wieder sind solche mit nur ein oder zwei Arten zu beobachten, die der angrenzenden Vegetation entstammen (Abb. 59).



Abb. 59: Wiederbesiedlung eines Pfades im Dünengelände

Dünentäler

Ein seit langem bestehender Reitweg, der am nördlichen Rand des Südstrandpolders entlang verläuft, wurde vor einigen Jahren streckenweise abgesperrt. Heute herrschen hier großflächig Dünentalgesellschaften. Hier befinden sich auch die am stärksten ausgehagerten und versauerten Böden der Dünentäler auf Norderney. In Abhängigkeit von der Intensität des ehemaligen Tritteinflusses, von der Bodennässe im Mikorelief und von der Zusammensetzung der benachbarten Pflanzenbestände lassen sich drei Pflanzengesellschaften unterscheiden, die bei der Wiederbesiedlung eine maßgebliche Rolle spielen: Die *Polytrichum commune*-Dünentalgesellschaft (Frauenhaarmoos-Gesellschaft), das *Empetro-Ericetum tetralicis* (Krähenbeer-Glockenheide-Gesellschaft) und das *Salici repentis-Caricetum nigrae* (Kriechweiden-Braunseggen-Gesellschaft). Sämtliche Bestände sind nicht optimal entwickelt, da es sich um noch sehr junge Stadien handelt. Ihre Abgrenzung untereinander erfolgt in erster Linie über Dominanzverhältnisse (HOBOM 1993).

In der Mitte des ehemaligen Reitweges ist gelegentlich die *Polytrichum commune*-Moos-Gesellschaft anzutreffen.

Im nördlichen Teil des Südstrandpolders und im Übergangsbereich zu den Dünen nimmt das *Empetro-Ericetum tetralicis* (Krähenbeer-Glockenheide-Gesellschaft) größere Flächen ein. Diese natürliche Küstenheide breitet sich von den Seiten her mittlerweile auch auf den stillgelegten Weg aus (Abb. 60). Alle Kriechweiden-Bestände lassen sich sehr gut an das von HOBOM (1993) beschriebene *Salici-Caricetum* anschließen. Bei den aktuellen Vegetations-Aufnahmen ist *Salix repens* jedoch nur mit Keimlingen oder mit juvenilen Exemplaren vertreten. Es handelt sich also um noch junge, im Aufbau befindliche Gebüsche, die sich erst nach der Nutzungsaufgabe einstellen konnten.



Abb. 60: Vegetation eines ehemaligen Reitweges mit Glockenheide (*Erica tetralix*) und Sonnentau (*Drosera rotundifolia*)

Salzwiesen

In den Salzwiesen hat es auch immer wieder ein Betreten abseits der Wege gegeben. Jedoch ist hier die Besucherichte insgesamt niedriger, es gibt weniger offizielle Wege und „Kernpunkte“ wie Campinganlagen und Gaststätten, von denen die Störungen oft ausgehen.

Von großer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang auch, daß die Pflanzendecke in den Salzwiesen gegenüber Vertritt widerstandsfähiger ist als in den Dünen und dadurch weniger schnell geschädigt wird. Vorhandene Tritt-Schäden werden schneller ausgeglichen, weil hier die Vegetation schneller und üppiger wächst. Das Anedelgras (*Puccinellia maritima*) beispielsweise breitet sich trotz einer reichen Samenbank unter Langtagbedingungen mit Langtrieben vegetativ aus. Diese gehen bei Überschlickung und unter Kurztagbedingungen in aufrecht wachsende Kurztriebe über (s. Abbildungen bei POTT 1995 b); so bilden sich letztendlich dicht schließende Rasen in den Salzwiesen. Ähnliche Ausbreitungs- und Lebensstrategien mit Rhizomvermehrung hat das Milchkraut (*Glaux maritima*) zur Wiederbesiedlung zerstörter Vegetationsflächen.

6.2 Stickstoffmessungen in den Böden im Wegrandbereich

Im zweiten Jahr der Projektlaufzeit wurden entlang der Wege Bodenproben entnommen. Es sollte untersucht werden, ob in ihrem direkten Einflußbereich höhere Stickstoffgehalte auftreten als in den Nachbarflächen und ob sich daraus ein Gradient von den Wegen in die Umgebung ergibt.

Im Dünengebiet wurden sowohl die Wander- als auch die Reitwege untersucht. In den wattseitigen Salzwiesen verlaufen – von einer kurzen, wenig genutzten Wegstrecke am Campingplatz „Um Ost“ abgesehen – keine Reitwege, so daß dort nur Wanderwege untersucht werden konnten. Wege, die direkt von der Feuchthevegetation der Dünentäler begleitet werden, sind nur an der Nordseite des Südstrandpolders zu finden. In den anderen Fällen verlaufen sie im Grenzbereich zu den Dünentälern, jedoch noch auf Dünenböden. Dabei schließt sich an den Wegrändern Vegetation trockener Standorte an. Häufig erfolgt hier eine Durchmischung von Arten der Dünen und der Dünentäler, so daß sich kein vollständiger Transekt im Wuchsbereich typischer Dünentalvegetation legen ließ. Die Untersuchungen umfassen ausschließlich die Wander- und Reitwege der Dünen sowie die Wanderwege der Salzwiesen.

Der Stickstoffgehalt der Ausgangssubstrate in den Dünenböden ist sehr gering, im Vergleich zu anderen Nährstoffen ist der Stickstoffbedarf für die Pflanzen deshalb hier am höchsten; er wirkt sich meist am stärksten auf das Pflanzenwachstum aus. Bodenstickstoff liegt zum größten Teil, meist zu mehr als 95 %, in Oberböden in organischer Bindung vor, in Form von Huminstoffen, Vegetationsrückständen, abgestorbenen Organismen und anderer Biomasse. Der Stickstoffgehalt korreliert eng mit dem Gehalt an organischer Substanz (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992).

Die Probeentnahmestellen wurden so gelegt, daß alle unterschiedlichen Bedingungen, die für die Nährstoffversorgung eines Bodens ausschlaggebend sind, in unsere Untersuchung einfließen konnten. Es wurden Transekte quer zu den Wegen gelegt und jeweils drei bis vier Proben entnommen: Die erste auf bzw. direkt am Weg, die letzte im nicht betretenen Bereich. Dabei orientierte sich die Auswahl der Probeentnahmestellen an der Gestalt der Wegrandbereiche und an der Ausprägung der Vegetation, insbesondere an ihrer Dichte, an der Artenzusammensetzung und am Deckungsanteil der einzelnen Arten. Die Proben wurden aus 3 – 10 cm Tiefe entnommen. Weil die Bodenbedingungen auch auf kleinem Raum leichten Schwankungen unterliegen können, wurden Mischproben gezogen. Jeder ange-

gebene Probenwert ist ein Mischwert, der nach jeweils fünf Einzelmessungen aus unmittelbar benachbarten Bodenparzellen ermittelt wurde. So wurde sichergestellt, daß man repräsentative Werte erhält.

Im Labor wurden die Proben nach der Kjeldahlmethode (Beschreibung bei SCHLICHTING et al. 1995) untersucht. Diese Methode dient zur Bestimmung des Gesamtstickstoffgehaltes einer Bodenprobe. Neben dem Anteil gebundener organischer Substanzen wird auch der in Bodenlösung befindliche Stickstoff erfasst.

Aufgrund unterschiedlicher Stickstoffgehalte in den verschiedenen Dünen und Salzwiesen können die Ergebnisse nur innerhalb der einzelnen Transekte, also jeweils für den Meßpunkt A oder B oder C usw., in Relation zueinander gesetzt werden. Der Maßstab für jeden einzelnen Transekt ist der jeweils naturnaheste Wert. Dieser Wert wird in allen Transekten durch die letzte, am weitesten vom Weg entfernt genommene Probe repräsentiert. Hierbei sind deutliche Unterschiede zwischen Wander- und Reitwegen sowie zwischen Dünen und Salzwiesen festzustellen.

Reitwege in den Dünen

Alle Reitwege sind unbefestigt, so daß die erste Probe aller Transekte direkt auf dem Weg entnommen werden konnte. Die Transekte B, C, D, F und H (Abb. 61) wurden an Wegen gelegt, die mit Heu abgedeckt worden waren. Der Stickstoffgehalt im unbeeinflussten Bereich schwankt zwischen 0,002 und 0,047 g Stickstoff pro 100 g Boden. Weil die Untersuchungen den gesamten Dünenbereich mit seinen standörtlichen Unterschieden umfassen, sind diese Schwankungen als natürlich einzustufen. Der erste und z.T. auch der zweite Wert zeigen eine deutliche Erhöhung der Stickstoffgehalte gegenüber den benachbarten Flächen an. Die Transekte B, D, F und H weisen für die heubedeckten Bereiche Werte zwischen 0,06 und 0,08 g Stickstoff auf. Bei Transekt B liegt auch der zweite Wert, der für die an den meistbetretenen Bereich angrenzende Fläche steht, in dieser Größenordnung. In Transekt F ist der entsprechende Wert ebenfalls erhöht, nimmt aber mit 0,028 g einen Zwischenwert zum unbeeinflussten Bereich ein. Diesen spiegeln bei Transekt D und H schon der zweite und in Anschluß daran der dritte bzw. der dritte und vierte Wert wider (vgl. Abb. 61).

Bei Transekt C liegen die Werte insgesamt sehr niedrig. Im Gegensatz zu den zuvor beschriebenen Transekten, die alle im Wuchsbereich der Sandtrockenrasen der Graudünen mit schon fortgeschrittener Bodenentwicklung gelegt wurden, stammt dieser Transekt aus dem Wuchsbereich von Weißdünen, also aus Rohböden mit extrem niedrigen Humusgehalten. Gegenüber den Werten C2 bis C4, die zwischen 0,001 und 0,003 g liegen, weist C1 mit 0,008 g eine deutliche Erhöhung an Stickstoff auf (vgl. Abb. 61). Insgesamt ist für die genannten Transekte festzustellen, daß die Heuabdeckung der Wege zu einer Erhöhung der Stickstoffwerte führt.

Die Transekte A, E, G und I stammen von Wegen, die nicht mit Heu abgedeckt worden waren. Bei A und E liegen die Werte von der Wegmitte bis in das unbetretene Gelände jeweils in der gleichen Größenordnung: bei A zwischen 0,025 und 0,03 g, bei E zwischen 0,005 und 0,013 g Stickstoff pro 100 g Boden. Bei den Transekten G und I ist für den am stärksten betretenen Bereich sogar eine Verringerung der Stickstoffwerte zu verzeichnen (vgl. Abb. 61). Es ist anzunehmen, daß sich hier durch die Tritteinwirkung keine Pflanzendecke entwickeln konnte und infolgedessen keine Anreicherung von humoser Substanz im Boden stattgefunden hat. Weil der Stickstoffgehalt stark mit dem Humusgehalt korreliert, kann sich auch kein Stickstoffvorrat herausbilden, wie es im angrenzenden Gelände der Fall ist. Ein Heueintrag, der den Humus- und gleichzeitig den Stickstoffgehalt erhöht hätte, hat nicht stattgefunden. Hinsichtlich des Nährstoffeintrages durch die Pferde ist aufgrund von Beobachtungen im Gelände davon auszugehen, daß die Wege ent-

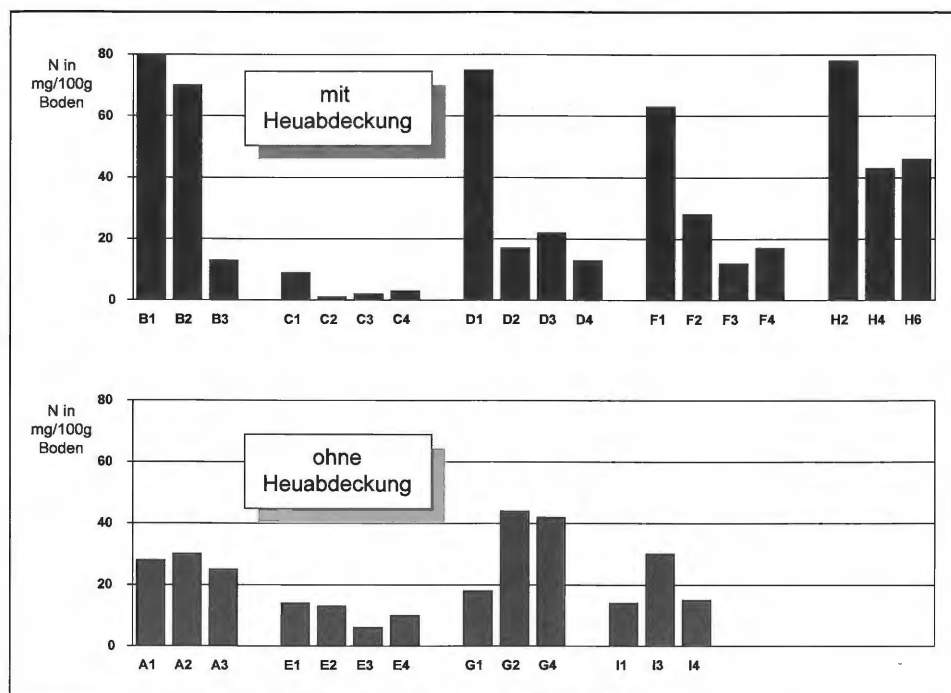


Abb. 61: Transekte von Reitwegen (A, B, C, D, E, F, G, H, I)

weder so wenig frequentiert werden, daß der Eintrag keine Rolle spielt, was auch am wahrscheinlichsten ist, oder die Nährstoffe wurden aufgrund der äußerst geringen Wasser- und Nährstoffhaltekapazität nicht im Oberboden gespeichert, so daß eine Auswaschung in tiefere Schichten stattgefunden hat. Aus den Untersuchungen von Transekten im Bereich der Reitwege geht also deutlich hervor, daß die Abdeckung mit Heu mit einem Nährstoffeintrag verbunden ist. Wo das nicht stattgefunden hat, ist keine Erhöhung der Stickstoffgehalte festzustellen, die Ergebnisse der vegetationskundlichen Arbeiten werden damit gestützt.

Wanderwege in den Dünen

Alle Wanderwege in den Dünen sind mit Betonsteinpflaster befestigt, die erste Bodenprobe wurde daher jeweils im direkten Wegrandbereich entnommen.

Die Ergebnisse der Beprobung zeigen keine eindeutige Tendenz (Abb. 62). Die Transekte M und R – beide aus dem Wuchsbereich der Silbergrasflur des *Violo-Corynephorum* – weisen einen mit der Entfernung vom Weg abnehmenden Stickstoffgehalt auf. Bei Transekt M geht er von 0,08 g Stickstoff pro 100 g Boden im Wegrandbereich auf 0,051 g in der unbetretenen Fläche zurück. Die Werte in Transekt R liegen insgesamt niedriger. Mit 0,037 g Stickstoff bei Probe R1, anschließend 0,017 g bei R2 und 0,021 g bei R3 ist zunächst eine Abnahme, dann wieder eine leichte Zunahme zu verzeichnen. Es ist anzunehmen, daß es sich bei den Unterschieden zwischen R2 und R3 um natürliche Schwankungen handelt, möglicherweise unterstützt durch einen trittbedingt leicht erniedrigten Humusgehalt bei R2. Sehr leichte Schwankungen sind bei Transekt K, der aus dem Wuchsbereich des *Violo-Corynephorum* stammt, festzustellen: Die Werte liegen zwischen 0,023 g am Wegrand und 0,028 g Stickstoff pro 100 g Boden in der Umgebung. Diese Schwankungen können als natürlich eingestuft werden. Eine Zunahme der Stick-

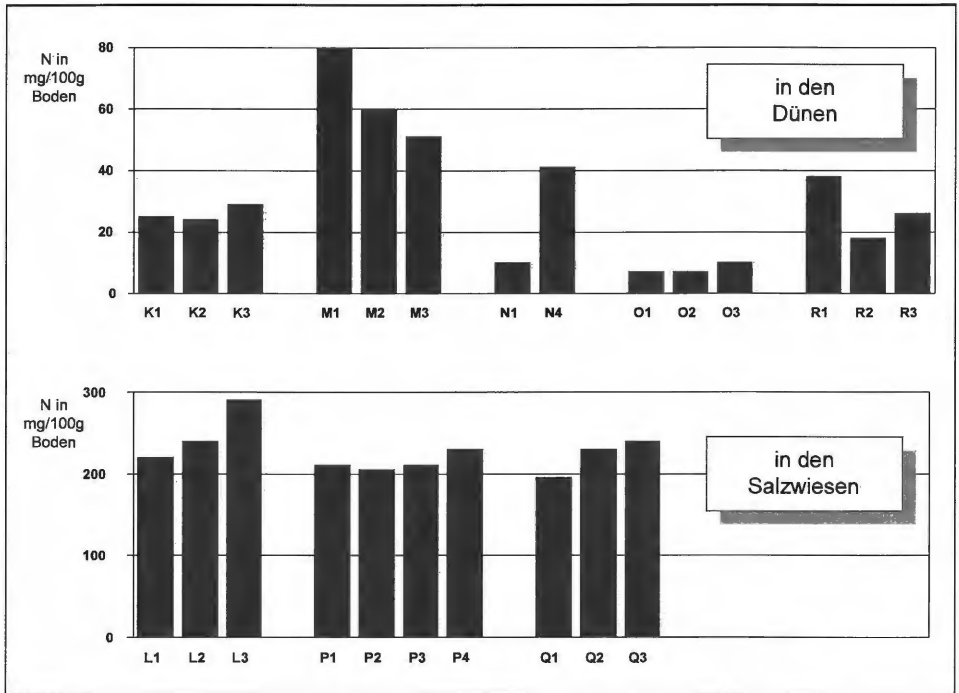


Abb. 62: Wanderwege in den Dünen (K, M, N, O, R) und Salzwiesen (L, P, Q)

stoffgehalte mit der Entfernung vom Weg ist bei den Transekten N und O zu beobachten: Die jeweils höchsten Stickstoffgehalte sind im trittunbeeinflussten Bereich zu finden, sie geben den natürlichen Stickstoffgehalt der Dünen wieder. Im wegnahen Bereich konnte sich die Vegetation schlechter entwickeln, dementsprechend waren die Humusbildung und die Möglichkeit, Nährstoffe zu binden, offensichtlich geringer. Der Transekt N wurde, wie auch die vorangehenden, im Wuchsbereich des *Violo-Corynephorum* gelegt. Im Gegensatz dazu stammt der durch insgesamt sehr niedrige Stickstoffwerte gekennzeichnete Transekt O aus der Weißdüne des *Elymo-Ammophiletum*, also aus dem jungen Dünengelände (vgl. Abb. 62).

Für die Fußwege im Dünengebiet bleibt festzuhalten, daß mit zunehmender Entfernung vom Weg sowohl eine Verringerung der Stickstoffgehalte als auch eine Erhöhung sowie, in einem Fall, gleichbleibende Werte auftreten können. Eine eindeutige Tendenz kann hier nicht festgestellt werden. Es ist davon auszugehen, daß die Erhöhung der Stickstoffwerte im Wegrandbereich bei den Transekten M und R auf anthropogenen Eintrag von humosem Material zur Stabilisierung des Wegrandes zurückzuführen ist (Abb. 63). Allein das Anlegen eines Weges mit den auf weiten Strecken dabei verwendeten Materialien führt auf Norderney nicht zu einer Heraufsetzung des Stickstoffgehaltes, solange keine randliche Einbringung von humosem, nährstoffreicherem Boden stattgefunden hat.

Wanderwege in den Salzwiesen

Die Transekte L, P und Q wurden entlang des Wanderweges durch die wattseitigen Salzwiesen im Ostland gelegt. Hier ist die Bottenbinsen-Gesellschaft des *Juncetum gerardii* großflächig verbreitet. Weil dieser Weg auf seiner gesamten Strecke unbefestigt ist, konnte die jeweils erste Probe eines Transektes direkt auf dem Weg entnommen werden,



Abb. 63: Befestigung von Wegrandbereichen durch Humusauftrag im Mittelteil von Norderney

die dritte bzw. vierte im offensichtlich unbetretenen Bereich. Die Stickstoffgehalte liegen hier von Natur aus insgesamt wesentlich höher als im Dünengebiet. Der Stickstoffgehalt steigt vom betretenen zum unbetretenen Bereich mit 0,251 g pro 100 g Boden bei L1 auf 0,285 g bei L3; hier ist der Anstieg am stärksten. Bei Transekt P ist die Zunahme mit Werten zwischen 0,208 g bei P1 und 0,23 g bei P4 am geringsten. Bei allen Transekten nimmt der Stickstoffgehalt mit der Entfernung vom Weg zu (vgl. Abb. 62). Der Transekt P wurde in einen schwach betretenen Bereich gelegt.

Es ist anzunehmen, daß die Ursache für die Zunahme des Stickstoffgehaltes mit der Entfernung vom Weg in der Korngrößenzusammensetzung des Bodens liegt. Während in den Dünen reine Sande vorliegen, enthalten die Böden der wattseitigen Salzwiesen auch Schluffe und Tone, sie sind wesentlich schwerer als Dünenböden und neigen zu Verdichtungen; diese Verdichtungen, die auf den Wegen durch das Betreten herbeigeführt worden sind, führen zu einer Verringerung des Porenvolumens und damit zu einer Verschlechterung der Boden-Durchlüftung, gleichzeitig kommt es schneller zu wasserstauenden Bedingungen (KUNTZE et al. 1988). Die Verschlechterung oder Unterbindung der Durchlüftung führt zu anaeroben oder zumindest zu partiell anaeroben Bedingungen. Bodenbakterien der Gattungen *Pseudomonas* und *Achromobacter* sind fähig, bei Sauerstoffmangel den im Nitrit und im Nitrat gebundenen Sauerstoff als Elektronenakzeptor anstelle von elementarem Sauerstoff zu verwerten. Die Reduktion von Nitrat führt über Nitrit zu gasförmigen Produkten in der Folge $\text{NO}-\text{N}_2\text{O}-\text{N}_2$ (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992). Der elementare Stickstoff entweicht in die Atmosphäre. Dieser als Denitrifikation bezeichnete Prozeß bedingt die Verringerung der Stickstoffgehalte in betretenen Flächen. Darüber hinaus wird durch das Betreten die Produktion von Biomasse und damit die Nachlieferung von organischer Substanz herabgesetzt.

7. Zoogene Einflüsse als Faktoren der Landschaftsgestaltung

Im vorhergehenden Kapitel sind die direkten und indirekten Auswirkungen von Tritt, Störung und mechanischer Belastung auf den Naturhaushalt der freien Insellandschaft besprochen worden.

Im folgenden werden die zoogenen Faktoren der Veränderungen in der freien Insellandschaft, vor allem die Bedeutung der Wildkaninchen, diskutiert, weil auch sie letztlich auf den Menschen zurückzuführen sind.

7.1 Der Einfluß des Wildkaninchens auf die Vegetationsdecke

7.1.1 Verbreitung, Ökologie und das Populationsverhalten des Wildkaninchens

Das Wildkaninchen gehört der Familie der Hasenartigen (*Leporidae*) an. Die Vorfahren der Wildkaninchen sind vermutlich im Jung-Tertiär von Asien nach Europa eingewandert und breiteten sich bis zum Ende des Pliozäns und zu Beginn des Pleistozäns in Europa aus. Der Vormarsch der nordischen Eispanzer beschnitt den europäischen Lebensraum erheblich, so daß sich das Wildkaninchen nach SW-Europa zurückzog. In der nun folgenden Zeit gelten Spanien, die Balearen und Atlasländer als Ursprungsländer des Wildkaninchens. Die Ausbreitung der Wildkaninchen ist unmittelbar an den Einfluß des Menschen gekoppelt. Schon im Altertum kam es in den Mittelmeerländern zu Massenvermehrungen, die zu großflächigen Verwüstungen in der Landschaft führten. Parallel zu der Lebensraumerweiterung in Europa wurde das Wildkaninchen nach Südamerika, Australien und Neuseeland verschleppt und gilt heutzutage mehr oder weniger als **Kosmopolit**.

Im 12. Jh. kamen Kaninchen nach Deutschland. Die ersten Vorkommen auf den Ostfriesischen Inseln wurden 1530 von Juist gemeldet. Als teilweise wichtiger Erwerbszweig der Inselbewohner kam der Jagd auf Wildkaninchen auf den kleinen Ostfriesischen Inseln eine bedeutende Rolle zu. Die älteste Nachricht über Kaninchen auf Langeoog stammt von 1636 (TONGERS 1892). Auf Baltrum und Norderney sind Kaninchen seit 1652 bekannt (HAMM 1976). Durch die Stabilisierung der wirtschaftlichen Lage und durch die nachlassende Wertschätzung der Kaninchenbälge im letzten Jahrhundert wurde schließlich die Ausrottung der landschaftsschädigenden Tiere von den Wasserbaubehörden angeordnet. Es gelang auf Norderney, Baltrum, Langeoog und Spiekeroog, die Populationen völlig zu vernichten. Allerdings wurden auf Norderney und Langeoog bald wieder Tiere ausgesetzt, die sich rasch vermehrten. Annerose FROMKE hat mit ihrer Dissertation (1997) grundlegend die Auswirkungen der Kaninchenbeweidung untersucht. Auf ihren Ergebnissen basieren die folgenden Darstellungen.

Angepaßt an offene Graslandschaften mit trockenen, lockeren Böden finden die wärmeliebenden Tiere auf den Küsteninseln einen optimalen Lebensraum. Weltweit stellen Inseln bevorzugte Ausbreitungsgebiete der Wildkaninchen dar und leiden durch die begrenzte Habitatausnutzung oft unter katastrophalen Auswirkungen. Leicht grabbare Sande, milde Winter, geringe Sommerniederschläge und vielfältige Vegetationsstrukturen bieten den Tieren auf den Ostfriesischen Inseln außergewöhnlich gute Ansiedlungs- und Entwicklungschancen. Darüber hinaus fördert die Ausschaltung natürlicher Feinde (u.a. Fuchs, Wiesel) eine ungehemmte Vermehrung.

In Abhängigkeit von der Topographie, dem Nahrungsangebot, der Bodenqualität und der Populationsdichte bevorzugen Kaninchen diverse Besiedlungsräume, in denen die Wohnbaue unregelmäßig verteilt werden. Die Röhreneingänge werden von den Wildkaninchen

unterschiedlich häufig genutzt. Meistens graben sie sich sogenannte Haupteingänge. Das unmittelbare Umfeld der Eingänge ist sehr verschiedenartig strukturiert. Löcher, die von innen geöffnet wurden oder selten genutzt werden, sind von einer dichten Pflanzendecke umgeben. Frisch aufgeworfener Sand verweist dagegen häufig auf von außen angelegte Bauten (vgl. Abb. 64). Die vorgelagerten Sandhalden können eine durchschnittliche Größe von 1,5 m² und eine Tiefe von 15 cm erreichen. Nutzung, Form und die nachwachsende Vegetation führen im Umkreis eines jeden Wohnbaues zu charakteristischen Vegetationszonierungen.

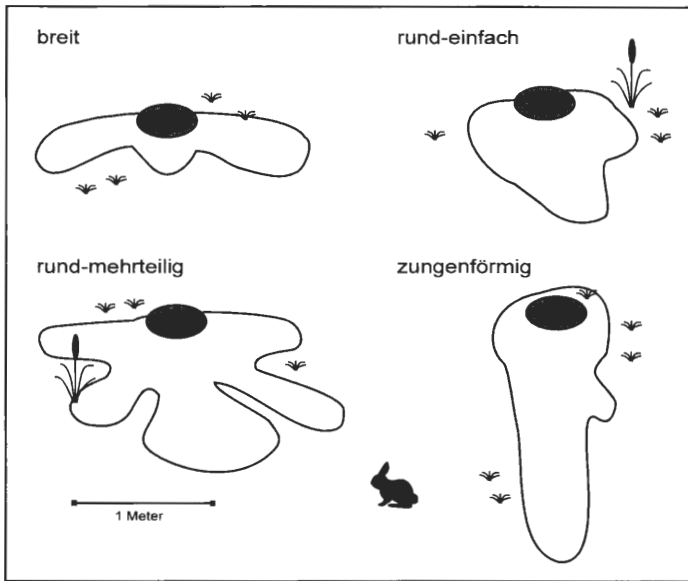


Abb. 64: Kaninchenbau mit Sandhalde

Reproduktionszeit und Reproduktionsleistung der Kaninchen werden durch intrinsische und extrinsische Faktoren deutlich modifiziert. Hohe Populationsdichten, Abweichungen in der Nahrungsquantität und -qualität, Witterungsverhältnisse sowie die soziale Rangstellung des einzelnen Tieres rufen erhebliche Unterschiede hervor. Die Ausdehnung des Aktionsraumes ist bei den Wildkaninchen aufgrund ihrer engen Bindung an den Erdbau begrenzt. Die Struktur des Lebensraumes, das Nahrungsangebot und die Rangstellung des Individuums modifizieren das Territorium des einzelnen Tieres. Bei angespannter Nahrungssituation sind die Grenzen des Gruppenreviers mit dem Bewegungsraum des Tieres nahezu identisch. ANGERMANN (1979; in LEICHT 1979) berechnet für eine Kleingruppe eine theoretische Kreisfläche von 500 m Durchmesser. Überschreiten Wildkaninchen gruppenfremde Territoriumsgrenzen, werden sie angegriffen.

Nach WIETJES (1989) beträgt der **Aktionsradius** der Insel-Kaninchen etwa 30 bis 150 m. Kaninchen, deren Zentren in Graudünen liegen, sind auf weniger weit entfernte Futterplätze angewiesen als die Tiere der Gebüschzonen. Mit Ausnahme des Watt- und Sandstrandes wird auf Norderney das gesamte Inselareal von den Kaninchen genutzt. Auf den feuchten Hellerwiesen und den vegetationsarmen Dünen liegt jedoch die Abundanz deutlich niedriger.

Die Populationsdichte eines Kaninchenbesatzes zu ermitteln, ist äußerst schwierig, weil es Jahr für Jahr zu erheblichen Schwankungen kommt. Eine Vielzahl von Regelmecha-

nismen führen auch schon innerhalb eines Jahres zu abrupten Populationsänderungen. Das qualitative und quantitative Nahrungsangebot, die Länge der Reproduktionszeit, Witterungsverhältnisse und Myxomatosewellen wirken sich unmittelbar auf die Populationsdichte aus.

Auf der Grundlage von Sichtbeobachtungen konnte der **Norderneyer Kaninchenbestand** auf 35.000 bis 40.000 Tiere geschätzt werden. Dies entspricht einer Menge von ca. 13 Tieren/ha.

Seit den 50er Jahren werden zahlreiche Populationseinbrüche durch die Myxomatose ausgelöst. Schon sehr bald nachdem 1952 in der Nähe von Paris die ersten infizierten Tiere entlassen wurden, breitete sich das Myxomatose-Virus in frappierender Schnelligkeit aus und führte zu Verlusten von 99,5 % (KÖPP 1965).

Ebenso wie die Virulenz des **Myxomatose-Virus** in der Gegenwart abgenommen hat, ist die Resistenz der Kaninchen angestiegen. Populationen werden nur noch um 5 bis 38 % reduziert (ROSS & TITTENSOR 1986). In Australien ist man derzeit bemüht, ein neues Virus gegen die Kaninchenplage einzusetzen.

Der unmittelbare Verwandte des Wildkaninchens, dessen Verbreitungsareal, Lebensraum und Nahrungsverhalten sich stark annähert, ist der Feldhase (*Lepus europaeus*). Im Unterschied zu Norderney, wo das Wildkaninchen dominiert, tritt auf Langeoog häufiger der Feldhase auf (KRUMMBIEGEL 1955, BOYE & PLAISIER 1989). Durch die geringere Reproduktionsleistung (2-3 Junge pro Wurf, 3-4 Würfe pro Jahr) und durch das Fehlen eines unterirdischen Bausystems (Schutzfunktion) ist der Feldhase in seiner Behauptung dem Wildkaninchen deutlich unterlegen. Massenvermehrungen sind ausgeschlossen. Normalerweise kann der Feldhase durch seinen weitaus größeren Aktionsraum dem Wildkaninchen als Nahrungskonkurrent ausweichen (CHAPIUS 1990). Dieser Regelmechanismus wird vermutlich auf Norderney durch den übermäßig starken Wildkaninchenbesatz ausgeschaltet.

7.1.2 Fraßverhalten und Nahrungswahl des Wildkaninchens

Neben einer Vielzahl anatomisch-physiologischer, volkswirtschaftlicher und verhaltenswissenschaftlicher Arbeiten über das Wild- und Hauskaninchen war auch die Ernährung des Kaninchens stets Gegenstand der Forschung. Ausgelöst durch die Störung größerer Landschaftsräume und den Ausbruch der Myxomatose in den 50er Jahren, sind Fraßverhalten und Nahrungswahl des Wildkaninchens näher untersucht worden. Man untersuchte die Verhältnisse vor und nach dem Ausbruch der Myxomatose im Vergleich. Ferner verglich man die Entwicklungen innerhalb und außerhalb künstlicher Umzäunungen sowie auf von Kaninchen besiedelten und unbesiedelten Inseln. Dabei wurden die Verhaltensweisen der Tiere studiert sowie Belastbarkeit und Regenerationsfähigkeit der Vegetationsdecke. Zu den wichtigsten Veröffentlichungen gehören u.a. Arbeiten von GILLHAM (1955), THOMAS (1963, 1965), WATT (1957, 1962, 1981), RANWELL (1960b), MYERS & POOLE (1963), ZEEVALKING & FRESCO (1977). Neuere Untersuchungen orientieren sich wiederum an Fragestellungen der qualitativen und quantitativen Nahrungszusammensetzung (u.a. MYERS & BULLTS 1977, COOKE 1979, HENDERSON 1979, WALLAGE-DREES et. al. 1986, WALLAGE-DREES & DEINUM 1986, DREES 1988, CHAPIUS 1990).

Die Hauptäusungsplätze der Kaninchen liegen 50 bis 200 m von den Wohnbauten entfernt (TURCEK 1959, JOSCHKO 1984). Wildkaninchen können dabei mehrmals am Tag ihre Nahrungsplätze wechseln (WALLAGE-DREES et.al. 1986). Beäste Gebiete sind an ihren charakteristischen mosaikartigen Vegetationsstrukturen leicht zu erkennen. Niederwüchsige Kurzrasen wechseln stets mit höherwüchsigen Vegetationsbereichen ab.

Das Fraßverhalten der Wildkaninchen steht in einem komplizierten Beziehungsgefüge. So spielen die Populationsdichte, der Lebensraum, das Nahrungsangebot, Witterungsverhältnisse, das Sozialverhalten der einzelnen Tiere und saisonale Unterschiede eine bedeutende Rolle. Der Lebensraum und das Nahrungsangebot hängen wiederum von der Vegetationsstruktur, der Vegetationszusammensetzung, dem Entwicklungsstadium und dem Beweidungsdruck ab. Obgleich es Abstufungen in der Nahrungswahl und der Bevorzugung von Lebensraumtypen gibt, bleiben spezielle Ergebnisse in ihrer Aussagekraft meistens zeitlich und örtlich begrenzt. Bisherige Versuche, Fraßpflanzen und deren Beliebtheit zu ermitteln (u.a. FARROW 1917, TURCEK 1959), führten zu fragwürdigen Aussagen (LEICHT 1979). So gehört z.B. im Eichen-Hainbuchen-Wald die Brennessel (*Urtica dioica*) zu den begehrtesten Nahrungspflanzen (TURCEK 1959), hingegen wird die Brennessel in Dünenlandschaften selten angerührt.

In vieler Hinsicht ist das Wildkaninchen in seiner Nahrungswahl spezialisiert, im Prinzip kann es sich aber von vielen Pflanzen ernähren. Kaninchen sind unter günstigen Nahrungsverhältnissen wählerisch, bei Nahrungsengpässen hingegen beschädigen sie fast alle Pflanzen. Rindenschutz, Verholzung, Behaarung, Stacheln, Dornen, Geruch oder Geschmack stellen insofern nur einen relativen Schutz dar. Darüber hinaus sind der Wasser-, Protein- und Ligningehalt entscheidend, ob eine Pflanzenart bevorzugt gefressen wird oder nicht. In Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen und dem Jahreslauf verändert sich die Zusammensetzung des Pflanzengewebes. Daher ist es verständlich, daß viele Arten nur zeitweise begehrt sind.

Die stete Beweidung einzelner Arten hat nicht unbedingt zur Folge, daß die Pflanzen verschwinden. Die Lage des Blattmeristems, der Lebenszyklus, Vermehrungsstrategien der Gewächse wie auch die Standort- und Konkurrenzverhältnisse entscheiden darüber, inwiefern die einzelnen Arten befähigt sind, sich gegen Beweidung zu behaupten oder nicht. Aut- und synökologische Faktoren greifen hier vielfältig ineinander. Sowohl morphologische Anpassungen als auch gesteigerte Wachstumsleistungen sind Möglichkeiten, auf Verbiß positiv zu reagieren.

In stark beweideten Gebieten bleibt es nicht aus, daß durch den Verlust von regenerationschwachen Arten und durch zeitgleiche Stimulation von angepassten Arten die Nahrungspalette der Kaninchen einem steten Wandel unterliegt. Insofern kommt zu den örtlichen Gegebenheiten noch eine zeitliche Komponente hinzu.

Ein positives Nahrungsangebot führt zu maximalen Populationsdichten der Kaninchen, die wiederum Nahrungsengpässe auslösen und die Reproduktion drosseln. Parallel dazu ist die Populationsdichte eng mit der Attraktivität und Ausgestaltung des Habitats verknüpft. Überbeweidung führt zu Nahrungsmangel und Unterbeweidung zur Sukzession schlecht verfügbarer, hochwüchsiger Vegetation.

Dieses komplexe Beziehungsgefüge zwischen Habitat, Nahrungsangebot und Populationsdichte wird darüber hinaus noch von internen populationspezifischen Regulationsmechanismen der Kaninchen gesteuert.

7.1.3 Merkmale beweideter Dünenlandschaften

Obgleich die Verzahnung von verschiedenen Parametern detaillierte Aussagen zum Fraßverhalten der Wildkaninchen und zur Beschädigung der Vegetationsdecke kaum ermöglichen, lassen sich von Kaninchen beweidete Landschaften allgemeingültig charakterisieren (u.a. GILLHAM 1955, WATT 1957, 1960, 1981, RANWELL 1960A, THOMAS 1963, JOSCHKO 1984, KIFFE 1989, BOORMAN 1989). Durch selektive Depression und selektive

Stimulation werden niederwüchsige grasartige Gewächse, Therophyten und Rosettenpflanzen gefördert. Darüber hinaus treten stachelbewehrte, verholzte oder ruderale Arten in den Vordergrund. So breiten sich z.B. in Dünenlandschaften das Jakobs-Greiskraut (*Senecio jacobaea*), Brombeeren (*Rubus spec.*) und das Schmalblättrige Weidenröschen (*Epilobium angustifolium*) deutlich aus. Vorteilhafte Standorte, geeignete Lebensstrategien und geringe Beschädigung durch Fraß begünstigen diese Ausbreitung. *Senecio jacobaea* regeneriert sich aus Wurzelstücken, die von den Kaninchen durch Wurzelfraß verbreitet werden.

Die **Vor- und Nachteile der Kaninchenbeweidung** als Faktor der Landschaftsgestaltung werden recht unterschiedlich bewertet. Geht der Beweidungsdruck zurück, so nimmt die Artenvielfalt oft nur kurzfristig zu; allerdings gelangen letztlich nur wenige Arten zur Dominanz. Insbesondere Gräser, Seggen und Waldpflanzen breiten sich aus. WATT (1981) weist darauf hin, daß sich die Stabilisierung der Bodenoberfläche, Bodenbildungsprozesse und die Habitatvielfalt erst auf unbeweideten Flächen durchsetzen. ZEEVALKING & FRESCO (1977) empfehlen bei nachlassender Artendiversität eine mäßige Beweidung durch Kaninchen beizubehalten.

Bisherige Untersuchungen über den Einfluß der Kaninchenbeweidung wurden hauptsächlich unter Beachtung der Fraßpflanzen, der Artenvielfalt, der Artenzahl, der Struktur, Höhe und Regeneration durchgeführt. Veränderungen von Vegetationseinheiten auf Assoziationsebene blieben nahezu unberücksichtigt. Arbeiten, in denen dieser Untersuchungsgegenstand in den Vordergrund rückte, sind selten. Infolgedessen ist die Bewertung der Kaninchenbeweidung sehr einseitig geführt worden. So ist es z.B. möglich, daß Pflanzengesellschaften zwar einerseits durch Beweidung an Diversität und Artenreichtum gewinnen, doch andererseits ihren Gesellschaftscharakter verlieren und vereinheitlichen. Positive Teilergebnisse können in diesem Fall zu einer negativen Gesamtbilanz führen. Insofern können Argumente (vgl. ZEEVALKING & FRESCO 1977, WESTHOFF & VAN OOSTEN 1991), daß starker Fraß von Kaninchen Artendiversität und Artenzahl fördert, nicht ungeprüft hingenommen werden.

Die sich nun anschließenden Erörterungen berücksichtigen ausschließlich den Wandel, die Beeinträchtigung und Schädigung von beweideten Pflanzengesellschaften.

7.1.4 Spezielle Ergebnisse zu Vegetationsveränderungen als Folge der Beweidung durch Kaninchen

Das natürliche Florengefälle, inselspezifische Ausprägungen, Nutzungen, Belastungen und Mobilitäten, Abstufungen des Bodensubstrates sowie Unterschiede des Alters und der Größe sind die Gründe dafür, daß die Ostfriesischen Inseln nur bedingt miteinander verglichen werden können. Trotzdem ist es überall augenscheinlich, daß Überbeweidungen durch Kaninchen und Haustiere zu Abweichungen in der Vegetationsstruktur und -vielfalt führen.

Weil die Erdbaue der Kaninchen ausschließlich an die Dünenlandschaft gebunden sind und der Bewegungsradius der Tiere eingeschränkt ist, unterliegt insbesondere die trockene Dünenvegetation dem Einfluß der Tiere. Hinzu kommt, daß die Xeroserie durch andere Faktoren nur relativ geringfügig überlagert wird. Die Rinder- und Pferdebeweidung und Verbrachungen im Bereich der Watt- und Salzwiesen führen dazu, daß das Ausmaß der Kaninchenbeweidung dort nur bedingt abgeschätzt werden kann. Die Intensität der Beeinflussung feuchter Dünentalbereiche ist davon abhängig, wie weit die Vegetationsentwicklung vorangeschritten ist.

Xeroserie

Abgesehen von den strandnahen oder hochwüchsigen Pflanzengesellschaften lassen sich in allen Bereichen der Xeroserie verändernde Folgen, die durch den Verbiß und die Wühlaktivitäten der Kaninchen ausgelöst werden, feststellen. Die Auswirkungen sind von sehr unterschiedlicher Art. In vielen Einheiten tritt das Einwandern oder Ausfallen von Arten in den Vordergrund. Insbesondere dort, wo die Oberfläche leicht zu beschädigen ist, etablieren sich Therophyten und kalkliebende Sandmoose. Doch auch die Dominanzverhältnisse der Arten werden neu verteilt. Das Hervortreten von Gräsern läßt sich in Beständen der Silbergras-Gesellschaft (*Violo-Corynephorum canescentis*), der Straußgras-Gesellschaft (*Festuco-Galietum maritimi*, syn. *Agrostio-Poetum humilis*), der Krähenbeerheide (*Hieracio-Empetretum*) und der Tüpfelfarn-Kriechweiden-Gesellschaft (*Polypodio-Salicetum repentis*) beobachten. In einigen Vegetationseinheiten werden Altersstadien begünstigt, die im natürlichen Ablöseprozeß ausbleiben (z.B. *Polypodio-Salicetum repentis*). Dieses Phänomen schränkt die Annahme, daß Kaninchenbeweidung zur Verjüngung der Vegetationsdecke beiträgt, erheblich ein (vgl. WESTHOFF & VAN OOSTEN 1991). Es ist auch fraglich, ob die Einnischung zahlreicher Therophyten wie *Ammophila arenaria* (Strandhafer) und Moosarten wie *Ceratodon purpureus* als Verjüngungsprozeß verstanden werden kann. Ebenso wie die Ablösung von Gesellschaften in der Sukzessionsreihe gehemmt wird, ist die Neuetablierung von Gesellschaften, wie z.B. der Krähenbeerheide, unterbunden. Andere Gesellschaften werden hingegen in ihrer Ausbreitung durch Kaninchen erheblich begünstigt. So ist die großflächige Verbreitung der *Campylopus introflexus*-Gesellschaft unmittelbar von der Aktivität der Kaninchen abhängig (Abb. 65). Vegetationsbestände wie die Gesellschaften der Sandsegge (*Carex arenaria*) und der



Abb. 65: *Campylopus introflexus*-Gesellschaft. An den polygonartigen Trockenrissen können die Moosteppiche aufbrechen und regelrechte Blöcke bilden. Diese lockeren Moospolster können über Jahre hinweg am Leben bleiben; sie werden vor allem von Kaninchen verbreitet und bilden dann immer wieder neue Moosteppiche aus.

Geschlängelten Schmiele (*Deschampsia flexuosa*) werden wiederum indirekt durch die Schädigung angrenzender Vegetationseinheiten oder ihre fehlende Attraktivität gefördert. Obgleich jede Pflanzengesellschaft mehr oder weniger stark durch Verbiß, Verschiebung der Dominanzverhältnisse oder Ein- und Abwanderung von Arten in ihrer Bestandsdichte und -höhe verändert wird, sind besonders nachhaltige Strukturveränderungen in den Vorkommen der Sanddorn-Holunder- Gesellschaft (*Hippophae-Sambucetum nigrae*) zu beobachten. Dichte Gebüsche treten auf Norderney, wie auch auf den meisten anderen Watteninseln, zurück.

Äußerst folgenreiche Vegetationsveränderungen stellen sich ein, wenn der Gesellschaftsbestand relativ schnell auf Veränderungen reagiert, mehrere Veränderungen sich überlagern oder die Beweidungsintensität und -dauer sehr hoch sind. Unter diesen Bedingungen ist es möglich, daß der Typus einer Pflanzengesellschaft derart modifiziert wird, daß er fließend in andere überleitet oder sich neue zoogene Ersatzgesellschaften herausbilden. So trennt sich die Silbergras-Gesellschaft (*Viola-Corynephorum canescentis*) im Bereich der trockenen Dünen nur undeutlich von der Sandschwingel-Weißdüne (*Elymo-Ammophiletum festucetosum*) oder der Straußgras-Gesellschaft (*Festuco-Galietum maritimi*) ab. Diese **Nivellierung** führt zu einer Einschränkung der Verschiedenheit der Biodiversität von Lebensräumen.

Haloserie

Im Vergleich zu der Xeroserie sind in der Haloserie relativ wenig Pflanzengesellschaften vom Einfluß der Kaninchen betroffen. Gesellschaften des Watts wie auch der unteren Salzwiese werden selten verbißen. Überflutungen, der Untergrund, die Erreichbarkeit, Artenarmut, Bestandsdichte und -höhe tragen dazu bei, daß diese Gesellschaften für Kaninchen unattraktiv bleiben. Auch die Festigkeit, Behaarung und der hohe Fasergehalt vieler Salzwiesenarten schränkt das Nahrungsinteresse der Tiere ein. Der Verbiß an *Spartina anglica* (Schlickgras) oder *Bolboschoenus maritimus* (Meerbinse) sind seltene Ereignisse. WIETJES (1989) gibt an, daß nur in Ausnahmefällen auch *Limonium vulgare* (Strandflieder) und *Artemisia maritima* (Strandbeifuß) gefressen werden. Dort, wo sich die Salzwiesen- oder Wattvegetation in unmittelbarer Nähe zu den Dünen befindet oder von ihr umschlossen wird, kann sich das Nahrungsverhalten der Tiere aber auch abrupt wandeln. So wird auf Norderney z.B. die Sandqueller-Gesellschaft (*Salicornietum decumbentis*) beäst. Manchmal tragen im oberen Salzwiesenbereich Pferdebeweidung und großflächige Verbrachungen dazu bei, daß der Einfluß der Kaninchen nur schwer zu ermitteln ist. Abweichungen im Vegetationsgefüge der Bottenbinsenwiese (*Juncetum gerardii*) und des Hauhechel-Lückenseggenrasens (*Ononido-Caricetum distantis*) lassen jedoch einen Einfluß der Kaninchen erkennen. Gesellschaften, die die Hygroserie einleiten, sind durch Kaninchenbeweidung besonders gefährdet. So fallen das Salzbinsen-Seggenried (*Junco-Caricetum extensae*) und Flutrasengesellschaften deswegen wohl häufig aus. Aufgrund ihrer Dünennähe können die Tiere die Gebiete, in denen diese Assoziationen zu erwarten sind, gut erreichen. Auch die qualitative und quantitative Vegetationszusammensetzung kommt dem Futterinteresse der Tiere sehr entgegen. Arten wie *Agrostis stolonifera* (Ausläufer-Straußgras), *Festuca rubra* (Rotschwingel), *Carex oederi* (Oeder's Gelbsegge), *Carex extensa* (Strandsegge) *Carex distans* (Lückensegge) *Juncus spec.* (Binsen), *Centaureum littorale* (Zierliches Tausendgüldenkraut), *Centaureum pulchellum* (Kleines Tausendgüldenkraut), *Sagina nodosa* (Knotiges Mastkraut), *Sagina maritima* (Strand-Mastkraut), *Potentilla anserina* (Gänse-Fingerkraut), *Eleocharis uniglumis* (Einspelzige Sumpfbirse), *Odontites rubra* agg. (Roter Zahntrost) werden oft aufgenommen. Fraßschäden an *Linum catharticum* (Purgier-Lein), *Radiola linoides* (Zwergflachs) und *Centunculus minimus* (Kleinling) sind hingegen selten zu beobachten.

Deutliche Folgen kristallisieren sich auch in Beständen der Gesellschaft des Dänischen Löffelkrautes (*Sagino-Cochlearietum danicae*) heraus. Das Arteninventar verschiebt sich derart, daß sich der Gesellschaftscharakter in Unschärfe verliert und in verwandte Assoziationen überleitet.

Hygroserie

Die Vegetationseinheiten der Hygroserie werden sehr unterschiedlich beeinflusst. Vielfalt, Dichte und Höhe der Pflanzen entscheiden darüber, ob der Vegetationsbestand für Wildkaninchen attraktiv ist oder nicht. Die artenreichen, niederwüchsigen Primärgesellschaften sind als Nahrungsflächen besonders beliebt. Infolgedessen wird die Gesellschaft des Zierlichen Tausendgüldenkrautes (*Centauro-Saginetum moliniformis*) durch Verbiß deutlich geschädigt und modifiziert. Die Zwergflachs-Gesellschaft (*Ranunculo-Radioletum linoidis*) und deren Verwandte gehören zu den wenigen Gesellschaften, die in ihrer Ausbreitung durch Beweidung gefördert werden. Als Ersatzgesellschaft des Salzbinsen-Seggenriedes (*Junco-Caricetum extensae*) und der Flutrasengesellschaften breiten sie sich weiträumig aus. Schon GILLHAM (1955) wies darauf hin, daß Arten wie der Zwergflachs (*Radiola linoides*) und der Kleinling (*Centunculus minimus*) durch Kaninchenbeweidung begünstigt werden. Die beweideten, kurzrasigen Vegetationsbestände bilden eine optimale Voraussetzung, daß sich derartige Arten ansiedeln und das Gesellschaftsbild neu bestimmen. Je höher Gesellschaften der Hygroserie aufwachsen, um so stärker tritt der Einfluß der Kaninchen zurück.

Der Einfluß der Kaninchenbeweidung ist in den drei dominanten Sukzessionsreihen sehr unterschiedlich. In den feuchten Dünenbereichen sind vor allem die Primärassoziationen betroffen, wohingegen in den Watt- und Salzwiesen ältere, mehr oder weniger ausgesüßte Wuchsbereiche von den Kaninchen aufgesucht werden. In den trockenen Dünen unterliegen nahezu alle Gesellschaften dem Einfluß der Tiere (Abb. 66).



Abb. 66: Dichter Bestand von *Ammophila arenaria* mit Kaninchenkot

Im Unterschied zu der Halo- und Hygroserie spielt hier nicht nur die Nahrungsaufnahme eine bedeutende Rolle, sondern auch Bauaktivitäten, Wühl- und Schartritte sowie die nachfolgenden **Erosionen**.

Obgleich die Gesellschaften der Xeroserie großflächig verändert werden, sind die folgenreichsten Einschnitte im Übergangsbereich der Halo- zur Hygroserie anzutreffen. Hier ist es kaum noch möglich, die ursprüngliche Vegetation zu rekonstruieren.

7.1.5 Schädigung und Regenerationsleistung ausgewählter Dünengesellschaften

Die Regenerationsfähigkeit einer Pflanzengesellschaft hängt von vielen Faktoren ab, von ihrer Vegetationszusammensetzung und -struktur, vom jeweiligen Altersstadium, von der Größe, Dauer und Art der Beschädigung, von Witterungsverhältnissen und den angrenzenden Vegetationseinheiten. Aufgrund dieser Komplexität ist die sich entwickelnde Vegetationszusammensetzung schwer vorhersagbar. Auf einer Reihe von Inseln, darunter Nordey, sind während der letzten Jahre in verschiedenen Dünengesellschaften kurzfristige Entwicklungstendenzen beobachtet worden.

Faßt man die Resultate zusammen, so zeigt sich, daß sich der **Kaninchenfraß** in typischer Weise auf sämtliche Dünengesellschaften in gleicher oder ähnlicher Weise auswirkt. Arten wie *Carex arenaria* (Sandsegge), *Festuca rubra* ssp. *arenaria* (Sandschwingel), *Agrostis tenuis* (Rotes Straußgras) werden in Beständen, die von Kaninchen aufgesucht werden, mehr oder weniger stark dezimiert. Bei einem Ausschluß der Beweidung kommt es dagegen bei vielen Arten zu deutlichen Massenvermehrungen. Insgesamt zeigen auch Parameter wie die Bestandshöhe, die Produktion der Biomasse und die Deckung je nach Beweidungsgrad deutliche Unterschiede zwischen beweideten und unbeweideten Flächen auf.

Mit Ausnahme der tüpfelfarnreichen Krähenbeerheide (*Hieracio-Empetretum polypodiotosum*) werden die meisten Dünengesellschaften während der Reproduktionszeit besonders häufig und intensiv attackiert. Die Krähenbeerheide bleibt vermutlich aufgrund ihrer Höhe und Struktur für die Tiere in der Sommerzeit uninteressant.

Die Aussagen zur **Regenerationsfähigkeit** der einzelnen Pflanzengesellschaften sind zunächst noch rein hypothetisch. Es zeichnet sich jedoch ab, daß durch die Regeneration von dominanten Arten wie das Silbergras (*Corynephorus canescens*) und die Krähenbeere (*Empetrum nigrum*) der Habitus der betreffenden Gesellschaft dem unbeschädigten Bestände ähnlich wird. Darüber hinaus haben Pflanzengesellschaften (*Elymo-Ammophiletum festucetosum*) offener, mobiler Substrate eine gute Chance, durch die Ansiedlung neuer Arten im Verlauf des Sukzessionsprozesses zu „normal zu werden“. Problematisch gestalten sich Bereiche, in denen Arten wie die Sandsegge, der Sandschwingel und das Rote Straußgras eine Vergrasung herbeiführen und dichte, artenarme Dünenrasen entstehen. Eventuell müßten derartige Dünengebiete nach dem Ausfall der Kaninchenbeweidung durch partielle Schafbeweidung o.ä. „nachgepflegt“ werden. Die Sandsegge breitet sich derzeit auf allen Graudünen aus und bildet dort stark verfilzte Vegetationsteppiche. Stickstoffeinträge aus der Luft oder Guanotrophierung aus Möwenkolonien wirken offenbar verstärkend (s. POTT 1995a, 1995 b, 1996). *Carex arenaria* ist durch einen Wurzeldimorphismus gekennzeichnet: dabei bildet jeder Sproß eine Pfahlwurzel und zusätzlich ein dichtes, flach streichendes Wurzelwerk in der oberen Bodenschicht aus. Lange Kriechtriebe bildet die Sandsegge in Windanrissen, in alten ruhenden Böden wächst sie rasig.

7.1.6 Das Nahrungsinteresse des Wildkaninchens an ausgewählten Dünenarten in Abhängigkeit vom Gesellschaftsbestand

Die Nahrungsaufnahme der Kaninchen wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst. So ist die Auswahl, aber auch das Angebot an den Jahresgang und Lebenszyklus der Tiere gebunden. Darüber hinaus bestimmen Erreichbarkeit und Nachbarschaft der Pflanzen das Interesse der Tiere. Ebenso korrelieren die Schwankungen der Populationsdichte mit dem Fraßverhalten. Trotz dieser offensichtlichen Komplexität stellt sich die Frage, ob in Abhängigkeit von definierten Pflanzengesellschaften die Beweidungsintensität und -häufigkeit von Nahrungspflanzen erkennbaren Regelmäßigkeiten unterliegen.

Die Zusammenhänge zwischen dem Verbiß an einzelnen Arten in Abhängigkeit vom Gesellschaftsbestand sind in der tabellarischen Übersicht (vgl. Abb. 67) zusammenfassend dargestellt worden.

Die Untersuchungen bestätigen keine eindeutigen Korrelationen zwischen dem Verbiß einer Pflanzenart und der jeweiligen Assoziation. Mit Ausnahme der ausschließlich im Winter/Frühjahr beästen Bestände der Krähenbeerheide (*Hieracio-Empetretum*) kommt es zu zahlreichen Unregelmäßigkeiten. Nur bei der Krähenbeerheide zeigt es sich, daß die Attraktivität eines Pflanzenbestandes dafür entscheidend ist, ob eine Art verbissen wird oder nicht.

Abgesehen von der Geschlängelten Schmiele (*Deschampsia flexuosa*) werden die bestandsbildenden Gräser der anderen Untersuchungsflächen mehr oder weniger während der gesamten Vegetationsperiode beäst. Die Intensität des Verbisses unterliegt extremen Schwankungen, die nur in Ausnahmefällen gedeutet werden können. So treten auch zwischen benachbarten Gesellschaften, die in ihrer Struktur und ihrem Arteninventar verwandt sind, erhebliche Unterschiede auf.

Daß das Fraßverhalten schwer zu erfassen ist, bestätigt im Grunde das komplizierte Beziehungsgefüge von Faktoren, die die Nahrungswahl bestimmen und die in diesem Kapitel näher erläutert wurden. Die vorliegenden Geländeuntersuchungen vermitteln vor allem den Eindruck, daß die Angebotsmenge (Häufigkeit) einer Nahrungspflanze, die Höhe und die Struktur des Pflanzenbestandes das Fraßverhalten beeinflussen. Wird eine Fläche von Kaninchen massiv beweidet, so werden nahezu alle Arten beschädigt. Hingegen werden begehrte Fraßpflanzen, die in mäßig beweideten Flächen in geringer Häufigkeit auftreten, nicht aufgenommen. Dieses Verhalten deutet darauf hin, daß die Aufnahme der Pflanzen nicht unbedingt einem selektiven Auswahlverhalten der Tiere unterliegen muß.

Allerdings können sich Intensität und Häufigkeit des Verbisses auch in Abhängigkeit von der Pflanzenart verändern. So wurde z.B. die Feld-Hainsimse (*Luzula campestris*) stets sehr massiv beschädigt (bis 80 %), wohingegen beim Strandhafer (*Ammophila arenaria*) nur die Blattspitzen Interesse fanden.

Die Untersuchungen zeigen, daß das Nahrungsverhalten der Kaninchen anhand einzelner Fraßpflanzen kaum aussagekräftiger ist als auf der Ebene von Pflanzengesellschaften. Es bleibt aber nicht auszuschließen, daß durch einen geringeren Beweidungsdruck oder kürzere Beweidungsdauer das selektive Fraßverhalten der Kaninchen gefördert wird. Hinzu kommt, daß begehrte Kräuter, wie z.B. der Wundklee (*Anthyllis vulneraria*), dem gängigen Arteninventar der Norderneyer Dünenlandschaft längst verlorengegangen sind.

Betrachtet man über den Einflußbereich der Wege hinaus das gesamte Norderneyer Dünengebiet – die Dünentäler ausgenommen –, ist festzustellen, daß die touristische Nutzung die Landschaft viel weniger stark schädigt als der übermäßig große Besatz mit Kaninchen. Während die anthropogenen Nutzungseinflüsse im Gelände ein eher linien-

Fläche	1	2	3	4	5
Gesellschaft	El.-Ammophiletum fest.	Tortulo-Phleetum arenarii	Vio.-Corynephoretum	Agrostio-Poetum humilis	Hier.-Empetretum polyp.
Carex arenaria	●	●	●	●	◐
Festuca rubra ssp. arenaria	●	●	◐	.	.
Corynephorus canescens	◐	◐	●	.	.
Aira praecox	.	⊙	◐	◐	.
Ammophila arenaria	●	.	.	.	.
Luzula campestris	.	.	●	◐	⊙
Agrostis tenuis	⊙	.	.	●	.
Deschampsia flexuosa	.	.	.	●	◐
Sedum acre	◐	◐	●	.	.
Cerastium semidecandrum	●	◐	◐	.	.
Erophila verna	.	⊙	⊙	.	.
Myosotis ramosissima	⊙	⊙	⊙	.	.
Epilobium angustifolium	●	.	.	.	.
Bromus hordeaceus	◐	.	.	.	.
Phleum arenarium	⊙	.	.	.	.
Rubus caesius	⊙	.	.	.	.
Arenaria serpyllifolia	.	.	◐	.	.
Viola tricolor ssp. curtisii	.	.	◐	.	.
Rumex acetosella	.	.	◐	●	⊙
Cerastium holosteoides	.	.	⊙	.	.
Poa pratensis ssp. humilis	⊙	.	.	.	⊙
Hieracium lachenalii	.	.	.	.	.
Polypodium vulgare	.	.	.	.	.
Empetrum nigrum	.	.	.	.	.
Anthoxanthum odoratum	.	.	.	.	◐
Die Häufigkeit von Verbißspuren an einzelnen Arten in Abhängigkeit von der Gesellschaft. Prozentangabe = das Auftreten von Verbißspuren in Beziehung zu der Anzahl der Beobachtungsgänge ⊙ kein Verbiß ◐ ab und zu (bis 25%) ◐ häufig (bis 75%) ◐ mehrmals (bis 50%) ● überwiegend (bis 100%)					

Abb. 67: Krautige Arten und ihre Beliebtheit in Abhängigkeit vom Gesellschaftsbestand

haftes Muster haben, führen Fraß und Wühltätigkeit der Kaninchen in der gesamten Fläche zur Eliminierung zahlreicher Pflanzenarten und dazu, daß die vollständige Entwicklung der unterschiedlichen, naturnahen Pflanzengesellschaften, welche die Dünen-sukzession begleiten, unterbleibt (vgl. auch Kap. 2.3.1). Die Kaninchen fressen selektiv, d.h. sie bevorzugen bestimmte Pflanzen und können deren mehr oder weniger vollständige Verdrängung bewirken. Man könnte es auch so sagen: auf Norderney wächst in den Dünen der freien Insellandschaft nur noch das, was die Kaninchen nicht mögen. Das zeigen Dünen in der Stadt, – beispielsweise am Januskopf –, wo innerhalb der Wohnflächen keine Kaninchen sind: hier gibt es die typischen artenreichen Graudünen, wie wir sie von der kaninchenfreien Insel Spiekeroog kennen.

7.2 Der Einfluß der traditionellen Salzwiesenbeweidung auf die Vegetationsdecke

Nicht allein durch die Kaninchen, sondern auch durch andere Tiere, die der Mensch auf die Insel Norderney brachte, wird die Landschaft in charakteristischer Weise geprägt. Folge der intensiven Beweidung von Salzwiesenflächen mit Schafen, Rindern und Pferden ist eine starke Beeinträchtigung und drastische Veränderung im floristischen Aufbau der entsprechenden Pflanzengesellschaften. Verbißunempfindliche und trittresistente Arten wie das Andelgras (*Puccinellia maritima*) werden in ihrer Verbreitung gefördert und bilden schließlich großflächig artenarme Bestände aus. Ähnliches gilt auf etwas höher gelegenen Flächen für die Bottenbinse (*Juncus gerardii*). Auch die Bottenbinsen-Gesellschaft expandiert unter starker Beweidung. Geringere Beweidungsintensitäten begünstigen die Ausbreitung des *Plantagini-Limonietum* als relativ artenreiche Pflanzengesellschaft der mittleren Salzwiese. Der Strandflieder (*Limonium vulgare*) reagiert besonders positiv auf einen leichten Verbiß. Er kann dann über große Flächen leuchtend blau- bzw. violettfarbene Blütenteppiche ausbilden, die zahlreiche Insektenarten anlocken. In nicht beweideten Wattflächen kann sich an etwas höheren Stellen mit besser durchlüfteten Böden sowie an Prielrändern der Salzmeldenrasen (*Halimionetum portulacoidis*) entwickeln.

Auf den Ostfriesischen Inseln wurde die Beweidung der Salzwiesen in den letzten Jahren generell immer mehr eingeschränkt und in den Salzwiesen auf Norderney östlich des Grohdepolders mittlerweile sogar völlig aufgegeben. Seither ist zu beobachten, daß der Anteil des Strandfleders in den entsprechenden Flächen mehr und mehr abnimmt. Stattdessen breiten sich artenarme Bestände des *Artemisietum maritimae* (Strandbeifuß-Gesellschaft) aus. Es kann also hinsichtlich der Artenvielfalt und bioökologischer Aspekte durchaus sinnvoll sein, eine extensive Beweidung hier und da auch weiterhin durchzuführen oder wieder aufzunehmen. Ein generelles Verbot jeglicher Nutzung der Salzwiesen ist sicherlich nicht notwendig.

8. Die natürliche und naturnahe Gehölzvegetation der Tertiärdünenlandschaften als Basis für die künftige Landschaftsplanung und Wiederherstellung naturnaher Bedingungen auf Norderney

In diesem Kapitel geht es um **Gehölze in der freien Insellandschaft**, die teilweise gepflanzt, teilweise eher natürlich sind. Welche dieser Gehölze als natürlich oder eher als anthropogen betrachtet werden müssen und wie sie sich insgesamt entwickeln, soll im folgenden diskutiert werden.

8.1 Natürliche Gehölzartenkombination der Inselwälder und -gebüschs sowie Pflanzungen außerhalb der Stadt

Die Wuchsorte der Gehölze außerhalb der Stadt befinden sich vor allem im Bereich der älteren, strandferneren Tertiärdünen im mittleren Teil von Norderney. Die Böden sind stärker entkalkt und versauert und weisen höhere Humusgehalte auf, eine Nährstoffzufuhr durch Übersandung findet kaum noch statt. Entsprechend sind hier anspruchslose Gehölze wie Birken (*Betula pubescens*, Moorbirke, teils auch *Betula pendula*, Hängebirke), die Zitterpappel (*Populus tremula*), die Eberesche (*Sorbus aucuparia*) oder die Stieleiche (*Quercus robur*) prägend. Als Begleiter finden sich zahlreiche azidophytische und ebenfalls anspruchslose Kräuter und Moose. Kontaktgesellschaften sind z.B. im trockenen Milieu die Silbergras-Gesellschaft (*Violo-Corynephorretum*), die Krähenbeerheide (*Hieracio-Empetretum*; samt verwandter Aspekte wie *Polypodium*-Dünenrasen) sowie die *Carex arenaria*-(Sandseggen-) oder die *Campylopus introflexus*-Gesellschaft. In feuchten bis nassen Dünentälern treten Bestände der Wintergrün-Kriechweiden-Gesellschaft (*Pyrolo-Salicetum*), der Schwarzseggen-Kriechweiden-Gesellschaft (*Carici-Salicetum*) und anderer Gesellschaften auf. Auch Gehölzpflanzungen mit Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) oder Traubeneiche (*Quercus petraea*) finden sich stellenweise.

In der floristischen Komposition dieser Bestände bestehen auf den Ostfriesischen Inseln teilweise erhebliche Abweichungen. Dies beginnt bereits bei der Zusammensetzung der Baum- und Strauchschicht. Allgemein häufig sind *Betula pubescens* und *Populus tremula*; letztere tritt auf Norderney allerdings seltener auf (Abb. 68). Darüber hinaus hängt die Zusammensetzung der Baum- und Strauchschicht spontaner Gehölze in entscheidender Weise davon ab, welche Arten auf der jeweiligen Insel durch den Menschen eingebracht



Abb. 68: Bestand von Birken (*Betula pubescens*) und Pappeln (*Populus tremula*) im Tertiärdünengebiet am Flughafen von Norderney

worden sind. Auf dem Norderneyer Ostland sind nur in geringem Maße Gehölzanpflanzungen, vor allem von Erlen, und diese auch erst vor wenigen Jahrzehnten vorgenommen worden. Ähnlich verhält es sich im Mittelteil von Norderney. Entsprechend stellen hier heute Moorbirke und Zitterpappel beinahe die einzigen bestandsbildenden Baum- bzw. Straucharten. Die Insellage bedingt ferner auch zufällige Verteilungen einzelner Arten: Die Eberesche ist auf Norderney allgegenwärtig, auf Juist z.B. dagegen, besonders im Westteil der Insel, ausgesprochen selten. Dort ist wiederum, wie auch auf Norderney, das Geißblatt (*Lonicera periclymenum*) massenhaft vorhanden, das auf anderen Ostfriesischen Inseln nur selten auftritt.

Auch in der Krautschicht der Buschwälder zeigen sich unterschiedliche Ausprägungen, die teils kausal erklärbar sind, teils rein zufällige, lokale Einzelphänomene sein dürften. Faktoren, die sich hier auswirken, sind unterschiedliches Alter der Dünenketten, geringfügig variierende Kalkgehalte, unterschiedliche Ausstattung der Inseln mit feuchten Dünentälern, Guanotrophierung im Umkreis größerer Vogelkolonien, ehemalige Grünlandnutzung benachbarter Dünentäler, unterschiedliche Grade der Beeinträchtigung durch Kaninchen oder Rehwild und die gezielten Auspflanzungen und Ansahlungen einiger Pflanzenarten.

8.1.1 Verbuschung der Krähenbeer-Inselheiden vom Typ des *Hieracio-Empetretum* und die Sukzession in trockenen Dünenbereichen

Der Prozeß der Ausbreitung der Krähenbeere auf den Ostfriesischen Inseln vollzog sich ab 1909 (MÜHL 1994). Ihre heutige große Ausdehnung erreichten die Krähenbeerheiden erst in den letzten Jahrzehnten (CORDES & ISERMANN 1992).

Nordöstlich des Südstrandpolders werden große Bereiche der grundwasserfernen Tertiärdünen von Krähenbeerheiden des Typs *Hieracio-Empetretum* eingenommen. Der Flächenanteil der *Empetrum*-Heiden an der Tertiärdünen-Vegetation der Insel liegt sicherlich bei mehr als 10%.

Die Gesellschaft geht aus einer primären Sukzession hervor und ist nicht, wie beispielsweise Festlandheiden des *Genisto-Callunetum* (Sandginsterheide) an bestimmte Wirtschaftsformen gebunden. Auf Norderney zeigt sich heute, daß die *Empetrum*-Heiden aber keineswegs ein Endstadium der natürlichen Sukzession darstellen. Offenbar ist jetzt ein weiterer Zeitabschnitt angebrochen, der zu weitgehender Ablösung der Heiden führen wird.

Die Sukzession wird hier am Beispiel der Verbuschung mit Birken erläutert (Abb. 69). Grundsätzlich können auch andere Baumarten die Krähenbeerheiden abbauen, z.B. die Zitterpappel (*Populus tremula*), gelegentlich treten auch nur die Eberesche (*Sorbus aucuparia*) und die Stieleiche (*Quercus robur*) auf. Die Veränderungen in der Kraut- und Moosschicht verlaufen dabei jeweils vollkommen analog. Das Beispiel der Verbuschung mit Birken wurde gewählt, weil diese auf den Inseln heute größere Flächenanteile einnehmen als alle anderen Arten.

Noch konzentriert sich die Verbuschung des *Hieracio-Empetretum* auf weiter westlich gelegene Bestände, die sich im Umkreis der größeren Gehölzbestände befinden, und nimmt nach Osten hin (etwa im Gebiet nördlich bis nordöstlich des Südstrandpolders) ab. Angesichts des heutigen Bildes ist ein weiteres Vordringen bereits absehbar. Weil unter den Birken und unter der Eberesche (*Sorbus aucuparia*) auch bereits häufig die Stieleiche (*Quercus robur*) zu finden ist, ist mittelfristig eine Sukzession zu Eichenwäldern zu erwarten. Kleinflächig im Umkreis der Pflanzungen gelangen die Eichen bereits heute zur Dominanz.



Abb. 69: Verbuschung einer Krähenbeerheide mit Birken (Norderney-Bakenlegde)

Auch im Wuchsbereich der Sandseggen-Gesellschaft ist gelegentlich, jedoch deutlich seltener als in Krähenbeerheiden, eine Ansiedlung von Bäumen und Sträuchern zu beobachten. Der dichte Teppich der Sandsegge bietet offenbar für Baum- und Strauchkeimlinge mikroklimatisch ähnlich günstige Bedingungen, wie sie in Krähenbeerheiden herrschen.

Wenn es auch meist zu einer deutlichen Erhöhung der Artenzahl kommt, ist doch festzustellen, daß ähnlich wie bei der Verbuschung des *Hieracio-Empetretum* in der Krautschicht der Waldinitialen immer noch die Ausgangsgesellschaft stark „durchgepaßt“ wird mit hohen Artmächtigkeiten von *Carex arenaria* sowie den steten Begleitern *Agrostis tenuis*, *Deschampsia flexuosa* (Geschlängelte Schmiele), *Anthoxanthum odoratum* und *Dicranum scoparium*. *Carex arenaria* ist in der Lage, in Baum- und Gebüschbeständen jahrzehntelang zu persistieren. Die Art blüht und fruchtet zwar nicht mehr, tritt aber vegetativ optimal in dichten Rasen in Erscheinung. Eine eigenständige Waldbodenflora ist nur andeutungsweise zu erkennen und dann auch nur anhand relativ euryöker Arten wie *Dryopteris dilatata*. Sie ist hier auch kaum zu erwarten, weil die Bäume bzw. Sträucher nur etwa 20-25 Jahre alt sein mögen, für die Einwanderung typischer Waldarten dagegen selbst auf dem Festland eine Zeitspanne von Jahrhunderten anzusetzen ist. Trotzdem sind diese Bestände nicht untypisch für die floristische Ausstattung der Norderneyer Birkenwäldchen und bezeugen das unreife Stadium der Waldentwicklung.

8.1.2 Birkenaufwuchs (*Betula pubescens*-Gesellschaft)

Von der Moorbirke (*Betula pubescens*) dominierte Bestände stellen heute auf Norderney den größten Teil der Gehölze in den älteren Graudünen östlich der Stadt, besonders in der Bakenlegde. Die Birken waren bereits in den älteren Anpflanzungen zu finden, haben jedoch erst in den letzten Jahrzehnten eine ganz massive Zunahme erfahren. Nur wenige

der heutigen Bestände lassen sich noch auf Anpflanzungen zurückführen. In der floristischen Ausstattung unterscheiden sie sich nicht von den spontan aufgewachsenen Wäldern der Insel.

Betula pubescens-Bestände finden sich auf Norderney sowohl auf trockenen Dünenhängen als auch in wechselfeuchten Dünentälern (Abb. 70).

Zumindest in Teilbereichen ist auch die Hängebirke (*Betula pendula*) vorhanden und kann sogar höhere Artmächtigkeiten erreichen als die Moorbirke. Es ist zu vermuten, daß diese Art durch Anpflanzungen gefördert wurde.

Stete Begleiter in der Baum- und Strauchschicht sind Stieleiche (*Quercus robur*) und Eberesche (*Sorbus aucuparia*). Die allgemein weite Verbreitung von Eichenjungwuchs zeigt, daß auf längere Sicht eine Weiterentwicklung zu einem Eichenwald anzunehmen ist.

Quercus petraea (Stieleiche) ist nur vereinzelt beigemischt. *Populus tremula* (Zitterpappel) tritt stellenweise, vor allem in etwas feuchteren Tälern, als Unterholz auf. Vorkommen von *Alnus glutinosa* (Schwarzerle) sind meist auf Anpflanzung zurückzuführen, nur in wenigen Fällen handelt es sich um Bäume, die aus spontaner Saat aufgewachsen sind.

In struktureller Hinsicht handelt es sich häufig, insbesondere an Dünenhängen und in windexponierten Lagen, noch um Gebüsche, in geschützten Dünentälern werden jedoch mit bis zu 9 m hohen Bäumen bereits waldähnliche Strukturen erreicht.

Relativ häufig finden sich in den Norderneyer Wäldchen ausgeprägt azidophytische Arten wie das Moos *Dicranum scoparium* und die Geschlängelte Schmieie (*Deschampsia flexuosa*), die auf stärkere Versauerung des Oberbodens hindeuten. Ursache hierfür dürften die recht geringen Kalkgehalte der Dünenande sein, andererseits das hohe Alter des Dünenkerns im Mittelteil der Insel.



Abb. 70: Birkenaufwuchs in der Bakenlegde

Mit hohen Anteilen an *Quercus robur* und relativ hohen Stetigkeiten von Eichenwald-(*Quercion*-)Elementen in der Kraut- und Moosschicht repräsentieren die Norderneyer Birkenwälder den Typ einer *Quercion*-Gesellschaft „in statu nascendi“.

8.1.3 Schwarzerlen-(*Alnus glutinosa*-)Pflanzungen

Gehölzpflanzungen, in denen die Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) die dominierende Art ist, finden sich auf Norderney nur an wenigen Stellen. Größere Bestände sind am nördlichen Rand der **Bakenlegde**, nordwestlich des Flughafens und in dem kleinen Wäldchen am nordöstlichen Rand des Grohdepolders ausgebildet. Neben den Erlen wurden hier zum Teil auch die Moorbirke (*Betula pubescens*) und die Stieleiche (*Quercus robur*) gepflanzt. *Sorbus aucuparia* dürfte sich weitgehend spontan angesiedelt haben und tritt in allen Flächen in den verschiedensten Altersklassen auf.

Die Bestände erwecken einen durchaus naturnahen Eindruck. Die Ausbreitungstendenzen der Erle in den Dünengebieten sind sehr gering, spontan bis subspontan tritt sie nur in Form von Einzelexemplaren, niemals jedoch bestandsbildend auf. Als Begleiter sind zahlreiche hygrophytische Arten wie die Grauweide (*Salix cinerea*), der Faulbaum (*Frangula alnus*), das Schilfrohr (*Phragmites australis*) usw. vertreten, die ansonsten den Dünengebieten der Insel weitgehend fehlen. In den übrigen Beständen herrschen allenfalls wechselseuchte Bedingungen.

Auffallend ist das faziesbildende Auftreten des Dornfarns (*Dryopteris dilatata*). Dieser Farn tritt auch in anderen Gehölzbeständen als Faziesbildner auf. Es handelt sich dabei stets um relativ alte, schattige Bestände auf besonders humosen und frischen bis feuchten Böden. Wenn die Erlen alterungsbedingt zusammenbrechen, kann die Brombeere *Rubus gratus* eine Fazies bilden, die hier als Zeichen von Degeneration und Verlichtung gewertet werden kann. Teilweise sterben bei den Erlen nur die Hauptstämme ab, es erfolgt eine Verjüngung durch Stockausschlag. In die Lücken der Baum- und Strauchschicht solcher Bestände tritt vor allem die Eberesche (*Sorbus aucuparia*), auch *Quercus robur* profitiert von der Auflichtung.

8.1.4 Stieleichen-(*Quercus robur*-)Bestände

Von der Stieleiche dominierte Gehölze finden sich auf Norderney außerhalb der Stadt nur ganz vereinzelt, z.B. nördlich des Flughafens.

Quercus robur breitet sich heute auf Norderney stark aus. Früher ausschließlich gepflanzt, siedeln sich die Eichen in geschützten Lagen nun direkt in Krähenbeerheiden an, ohne daß ein weiteres Pionierholzstadium durchlaufen werden muß. Der frei aufwachsende Eichenjungwuchs ist jedoch häufig sehr stark windgeformt und auch frostgefährdet, wie sich im Winter 1995/96 zeigte. Angesichts der mittlerweile zunehmenden Verbreitung, welche die Stieleiche heute auf Norderney gefunden hat, und der bekannten Langlebigkeit der Eichen gegenüber der Birke als Pionierart ist anzunehmen, daß die Birken-Gebüsche in der Endphase ihrer Sukzession ähnliche Struktur annehmen werden wie die heutigen *Quercus robur*-Bestände. Es sei aber betont, daß die Eichen-Bestände nicht aus einer solchen Sukzession, sondern aus Pflanzungen oder direkter Ansiedlung von jungen Eichen in Heiden o.ä. hervorgegangen sind.

Nicht völlig geklärt werden konnte die Frage, auf welche Weise die Diasporen der Eichen auf den Inseln ausgebreitet werden. Auf dem Festland geschieht dies bekanntlich normalerweise synzoochor in Form von „Versteckverbreitung“, vor allem durch Eichelhäher (*Garrulus glandarius*) und Eichhörnchen (*Sciurus vulgaris*). Diese Tiere fehlen den

Inseln nahezu vollkommen; immerhin wird der Eichelhäher nach übereinstimmenden Mitteilungen mehrerer Vogelwärter vereinzelt als Nahrungsgast im Herbst für wenige Tage auf den Inseln beobachtet. Der Effekt hinsichtlich einer Ausbreitung von Eicheln könnte durchaus von Bedeutung sein.

Auf Norderney fällt auf, daß Eichenjungwuchs besonders häufig im näheren Umkreis von Samenbäumen bzw. älteren Pflanzungen zu finden ist. In den weiter östlich gelegenen Dünenbereichen sind Eichenjungwüchse daher etwas seltener als im direkten Umkreis der alten Pflanzungen in Stadtnähe. Es ist anzunehmen, daß hier für die Ausbreitung in erster Linie zufälliges Fortrollen der Früchte verantwortlich ist, verstärkt durch starke Winde im Herbst und Frühjahr.

Für die Ausbreitung über etwas größere Distanzen ist auch die wohlmeinende Hilfe durch Naturfreunde oder spielende Kinder nicht zu unterschätzen.

Es stellt sich die Frage, ob die Birken-, Pappel- und Eichen-Bestände auf Norderney den in der Literatur beschriebenen und etablierten Waldgesellschaften des Binnenlandes zugeordnet oder ob sie, weil auf den Ostfriesischen Inseln offenbar hauptsächlich Pionierarten dominieren, eventuell nur als verschiedenartige Pionierstadien angesehen werden können.

Birken-, Pappel- und Eichenwälder gelten im allgemeinen als artenarm (s. POTT 1995b). Die Tatsache, daß, z.B. auf Norderney, aus der üblichen Artengarnitur auch noch zahlreiche Arten fehlen, kann als weiterer Beleg einer gerade erst beginnenden Entwicklung in noch dazu arealgeographisch randlicher Lage gewertet werden. **Wälder** und **Gebüsche** sind als Biotoptypen für die Inseln noch zu junge Gebilde, um schon eine Sättigung mit ausgesprochenen Waldarten erwarten zu dürfen. Die Insellage verlangsamt die Einwanderungsgeschwindigkeit erheblich. Eine einmal eingewanderte Art muß dann die ihr zusagehenden Standortbedingungen vorfinden und benötigt weitere Zeit zur Etablierung. Es handelt sich bei den Gehölzen auf Norderney also um „Assoziationen in statu nascendi“ im Sinne WESTHOFFS (1990), deren Sukzessionsendglied derzeit noch nicht annähernd abzusehen ist. Es kann allenfalls vorhergesagt werden, daß sich die Stieleiche dort, wo sie bereits eine weitere Verbreitung gefunden hat, mittelfristig zur bestands- und gesellschaftsprägenden Art entwickeln wird.

In welchen Zeiträumen sich eine Weiterentwicklung auf Norderney vollziehen könnte, kann nur grob abgeschätzt werden. Nach den Angaben von POTT (1996) ist selbst für nicht isoliert liegende, festländische Wälder mit einer Zeitspanne von mehreren Jahrhunderten zu rechnen, die von typischen Waldarten für die Einwanderung benötigt wird. Weil einige der auf den Inseln fehlenden Arten wie Wiesen-Wachtelweizen (*Melampyrum pratense*), Pillensegge (*Carex pilulifera*), Behaarte Hainsimse (*Luzula pilosa*) oder Felsen-Labkraut (*Galium spec.*) wegen Ameisen- bzw. Klettausbreitung kaum zu einem wirklichen „long distance dispersal“ befähigt sind, für andere Arten vermutlich der Grad der Bodenreifung noch nicht weit genug fortgeschritten ist, erscheint eine sichere Prognose über das Ausbreitungsverhalten nicht möglich zu sein. Windgeschorene **Krattwälder** aus Eiche dürften aber das Endergebnis der natürlichen Sukzession sein, wie wir es ja auch von Spiekeroog kennen.

8.2 Pflanzungen und natürliche Kombinationen von Gehölzen und deren Auswirkungen auf das Vegetations- und Landschaftsbild

Die Bedeutung von Baum- und Gebüschbeständen für das Landschaftsbild der Ostfriesischen Inseln hat in jüngster Zeit stark zugenommen. In früheren Zeiten war eine Etablierung von Bäumen und Sträuchern auf den Inseln kaum möglich. Es fehlten nicht nur die

entsprechenden Samenbäume, sondern auch die geeigneten Standorte. Noch bis Anfang dieses Jahrhunderts war gerade auch Norderney weit mehr von offenen Weißdünen und Sandflug geprägt als heute. Immer wieder erfolgte eine Mobilisierung der Dünen, weil z.B. das Vieh in den Dünen graste oder der Strandhafer gemäht wurde. Die Inseln einschließlich der Siedlungslagen waren noch weniger stabilisiert als heute, und Sturmfluten konnten immer wieder ganze Dünenketten fortreißen.

Erst mit der weitgehenden **Aufgabe landwirtschaftlicher Nutzungen** infolge zunehmender Einnahmen aus dem Fremdenverkehr ab dem letzten Jahrhundert und mit den verbesserten technischen Möglichkeiten des Insel schutzes konnte der Prozeß der Alterung der Dünen eintreten (Abb. 71). Im Laufe der Zeit breiteten sich Arten aus, die heute in charakteristischer Weise die Grau- und Braundünen prägen, z.B. die Krähenbeere (*Empetrum nigrum*), deren Verbreitung in diesem Jahrhundert erfolgte, und der Tüpfelfarn (*Polypodium vulgare*), zu dessen Vorkommen auf Borkum BUCHENAU (1878) noch schreibt: „Ein Exemplar in der Nähe des neuen Warmwasserbades, wohl zufällig dorthin gelangt“. Als zwingende Folge des Alterungsprozesses erscheint auch die heutige Ausbreitung von Baum- und Straucharten.

Alle heute vorhandenen Baum- und Straucharten bis auf die Kriechweide (*Salix repens* agg.) sind offenbar erst seit dem letzten Jahrhundert in größerem Maße auf den Inseln eingewandert, wobei diese Entwicklung durch Anpflanzungen gefördert, z.T. erst möglich gemacht wurde. In einigen Fällen ist die Ausbreitung einer Art anhand von Quellen gut nachvollziehbar.

Es werden heute bereits Meinungen laut, gegen die Zunahme von Bäumen und Sträuchern vorzugehen. So fordern z.B. CORDES & ISERMANN (1992), die weitere Expansion vom Sanddorn (*Hippophaë rhamnoides*) zu beschränken, weil diese auf Kosten schutzwürdi-



Abb. 71: Dünenfixierung mit Sandfangzäunen im Mittelteil von Norderney. Inzwischen konnte sich die Vegetation hier wieder weitgehend schließen.

ger Trockenrasen, wie z.B. der Sandlieschgras-Gesellschaft (*Tortulo-Phleetum*), gehe. Dagegen spricht, daß die zunehmende Ausbreitung von Gehölzen einen natürlichen Prozeß darstellt. Von Gehölzen bestimmte Schlußgesellschaften müssen sich zwangsläufig einstellen, menschliches Einwirken hat diesen Vorgang lediglich beschleunigt.

Die meisten der heute vorhandenen Gehölzarten hätten sicherlich auch ohne menschliche Mithilfe einwandern können. Grundsätzlich gilt dies für den Großteil der ornithochor verbreiteten Gattungen wie *Hippophaë* (Sanddorn), *Sorbus* (Vogelbeere), *Crataegus* (Weißdorn), *Rubus* (Brombeere), *Rosa* (Rose) usw.. Auch Weiden (*Salix spec.*) und die Zitterpappel (*Populus tremula*) mit ihren gut flugfähigen Diasporen könnten über weite Distanzen einwandern. Bei den Birken sind eventuell leichte Einschränkungen zu machen: Der größte Teil der heute vorhandenen Population stammt vermutlich von gepflanzten Beständen ab, grundsätzlich wäre aber auch hier über längere Sicht eine natürliche Besiedlung denkbar. Etwas kritischer sind in dieser Hinsicht die Eichen zu beurteilen, die ohne menschliche Hilfe nie die Inseln erreicht hätten, weil ihre schweren Früchte kaum über große Distanzen verschleppt werden können. Eine zufällige Anschwemmung dürfte ausgeschlossen sein, weil die Früchte ein mehrwöchiges Salzwasserbad ertragen und dann auch noch vom Treibelsaum am Strand oder in der Salzwiese an einen geeigneten Ort in den Dünen transportiert werden müßten.

Da die genannten Arten inklusive der Eichen aber, gemessen an ihren standörtlichen Ansprüchen, keinen naturraumfremden Charakter haben, sollten die heutigen Baum- und Gebüschbestände als natürlich akzeptiert werden. Dafür spricht auch die bioökologische Betrachtungsweise, gibt es doch hinsichtlich der Besiedlung der Gehölzbestände z.B. durch Pilze, Rüsselkäfer, Pflanzenwespen sowie Heuschrecken und Schaben wenigstens schon einzelne Hinweise auf eine zunehmende Ansiedlung von Arten mit Habitatspräferenzen für Wälder und Gebüsche, wenn es sich auch teilweise um relativ euryöke Pioniere handeln mag. Die bioökologische Einbindung muß allerdings bezweifelt werden bei Arten, die aus völlig anderen Naturräumen bzw. geographisch weit entfernten Regionen stammen, z.B. die Schwarzkiefer (*Pinus nigra*) und andere Nadelbäume, die Grauerle (*Alnus incana*) oder die **Kartoffelrose** (*Rosa rugosa*).

Das Anpflanzen von Nadelbäumen in den Dünengebieten gehört heute der Vergangenheit an. Es könnte hier auf das Absterben der vorhandenen Bestände infolge Überalterung gewartet oder durch behutsames Freistellen von spontanem Laubholzaufwuchs ein Umbau eingeleitet werden. Die Auswilderungstendenzen der Kiefern auf den Inseln sind, wie bereits erwähnt, relativ gering, so daß diesen Maßnahmen auch Erfolg beschieden sein dürfte.

Die noch immer zunehmende Ausbreitung der Kartoffelrose bereitet erheblich mehr Sorgen. Wenn auch eine direkte Verdrängung anderer Arten, wie z.B. für die **Dünenrose** (*Rosa pimpinellifolia*) von GARVE & LETSCHERT (1991) für die Ostfriesischen Inseln und von TÜRK (1995) für Amrum angegeben, bisher nicht bestätigt werden kann, ist die Zunahme eines solchen Neophyten doch grundsätzlich bedenklich. Ob allerdings Möglichkeiten bestehen, dem entgegenzuwirken, muß bezweifelt werden. Auf Spiekeroog sind die Bestände der Art noch so wenig umfangreich, daß eine mechanische Beseitigung möglich wäre. Auf den anderen Inseln, inklusive Norderney, sind aber derart große Bestände vorhanden, daß eine Bekämpfung nur unter Einsatz von Maschinen in Kombination mit Herbiziden aussichtsreich erscheint. Daß derartige Methoden im Nationalpark nicht in Frage kommen, versteht sich von selbst. „Nebenbei“ hätte dies zur Folge, daß wahrscheinlich ganze Dünenketten mobilisiert würden. Weil die Kartoffelrose auch in den Gärten gepflanzt wird, könnte sie ohnehin immer wieder erneut auswildern. Einfaches Zurückschneiden schadet der Art dagegen kaum, weil sie als Polykormonbildner gut befähigt ist, immer wieder auszutreiben. Allenfalls könnte durch regelmäßiges Zurück-



Abb. 72: Weißblühende Form der Kartoffelrose (*Rosa rugosa*)

schneiden in Kombination mit der Pflanzung schattender einheimischer Gehölze wie *Sorbus aucuparia* (Eberesche) oder *Crataegus* (Weißdorn) ein gewisser Erfolg erreicht werden. Aber Aufwand und Ergebnis dürften kaum in einem vernünftigen Verhältnis stehen. Es wird nur übrig bleiben, *Rosa rugosa* auf den Inseln als voll eingebürgerten Neophyten zu betrachten und sich an ihren Anblick zu gewöhnen (Abb. 72).

Gezielte Bekämpfungen von Gehölzen sind schon deshalb heikel, weil in Nationalparks prinzipiell die Natur sich selbst überlassen werden sollte. Nach § 2 der **Nationalparkverordnung** (NIEDERSÄCHSISCHES GESETZ- UND VERORDNUNGSBLATT 1985) sollen die „natürlichen Abläufe in diesen Lebensräumen (mit ihrem artenreichen Pflanzen- und Tierbestand) (...) fortbestehen.“ Wie dies verstanden wird, ist Auslegungssache. Ist man der Meinung, die Alterung der Dünengebiete und die damit verbundene Zunahme von Baum- und Gebüschbeständen sei lediglich Folge anthropogen herbeigeführter Prozesse und die Tier- und Pflanzenwelt offener Dünen und Dünentäler verdiene besonderen Schutz, so muß man letztlich den Rückbau aller Inseln und damit die Aufgabe der Siedlungen fordern. Diese Forderung wäre geradezu abenteuerlich und völlig unrealistisch. Weil aber auf der anderen Seite die „natürlichen Abläufe“, d.h. auch die natürliche Morphodynamik der Inseln, nicht nur aus Gründen des Natur- und Landschaftsschutzes von Wichtigkeit sind, sondern darüber hinaus längerfristig den Bestand des gesamten Watten-Insel-Systems garantieren, muß auch hier immer wieder um einen Kompromiß zwischen den Forderungen der Nationalparkverordnung und den berechtigten Interessen der Inselbewohner gerungen werden. Die unbewohnten (Ost-)Teile der Inseln einer weitgehend **ungestörten Geo-** und damit **Biodynamik** zu überlassen, während die besiedelten und anderweitig vom Menschen genutzten Flächen mit den Mitteln des Küstenschutzes konserviert werden, erscheint als probates Mittel, einen Kompromiß zu finden. Norderney dient hier als gutes Beispiel.

Bäume und Sträucher dringen heute in verschiedene Pflanzengesellschaften der Ostfriesischen Inseln ein. Primärsukzessionen verlaufen hierbei parallel: In den Randdünen ent-

wickeln sich Sanddorn-Gebüsch zu holunder- und rosenreichen Stadien weiter, in den älteren Dünen breiten sich Birken, Espen und Eichen an verschiedenen Standorten aus, denen jeweils gemein ist, daß wenigstens die Wasser- und Mineralstoffversorgung für Gehölze ausreichend sein muß. Bei krähenbeer- und kriechweidenreichen Gesellschaften, aber auch schon bei Trockenrasen wie der Sandseggen- (*Carex arenaria*-)Gesellschaft, deuten sich zunehmende Sukzessionstendenzen zu Gehölzgesellschaften an. Das Landschaftsbild der Inseln wird sich grundlegend ändern. Lichtliebende Phytozönosen wie z.B. Trockenrasen dürften auf immer kleinere Areale in den Randdünen zurückgedrängt werden. Praktisch jede Generation von Inselbewohnern erlebte derart gravierende Umwälzungen. Aus der Weißdünenlandschaft vom Anfang des Jahrhunderts entwickelten sich immer mehr Graudünen, und auf einigen Inseln erfolgte eine großflächige Verheidung.

Die geringe Geschwindigkeit allerdings, mit der die Verbuschung und Bewaldung auf den Düneninseln voranschreitet, ist erstaunlich und war die Ursache der in der Vergangenheit entwickelten **Spekulationen** über deren **Waldfreiheit**. Heute hat es den Anschein, daß die edaphische Ungunst und die Beeinträchtigung durch Flugsand hier lediglich verzögernd, aber nicht grundsätzlich ausschließend gegen ein Vordringen von Bäumen wirken können.

Es bleibt noch zu klären, welche standörtlichen Bereiche in den Dünenlandschaften der Inseln von Bäumen und Sträuchern grundsätzlich gemieden werden bzw. bisher nur in so geringem Maße erobert werden konnten, daß die weitere Entwicklung noch als offen betrachtet werden muß. Es sind hauptsächlich:

- Von Salzwasser beeinflusste Stellen am Rande der Dünengebiete wegen der bei mittel-europäischen Baum- und Straucharten allgemein gering ausgeprägten Salztoleranz.
- Sehr stark übersandete Bereiche der Randdünen; bei einer Sandzufuhr von mehr als einem Meter pro Jahr kann kein Baum oder Strauch mehr existieren.
- Extrem an Nährstoffen verarmte Bereiche der Silbergrasfluren (*Violo-Corynephorum*). Hier treten neben der Nährstoffarmut noch ungünstige Wasserversorgung und starke Sonnenexposition als limitierende Faktoren hinzu. In Gebieten mit größeren, älteren Dünen, wie z.B. auf Norderney zwischen Stadt und Flugplatz, beschränkt sich die Ansiedlung von Gehölzen bisher überwiegend auf die Nordhänge, deren Krähenbeerheiden dem Gehölzjungwuchs mikroklimatisch günstigere Bedingungen bieten. An den Südhängen finden sich nur vereinzelt schwachwüchsige Sträucher. Infolge der heute zu beobachtenden zunehmenden Verbuschung der Kontaktgesellschaften (s.o.) werden aber auch die Silbergrasfluren immer mehr Beschattung und Windschutz erfahren, so daß die standörtliche Ungunst für Baum- und Strauchwuchs hier abnimmt. Ferner deuten bereits die Veränderungen im *Violo-Corynephorum* (Abnahme der Flechten, Zunahme von *Carex arenaria* und *Holcus lanatus*, Einwanderung von *Campylopus introflexus*) auf Entwicklungen, die mittelfristig die Standortbedingungen verändern, u.a. im Sinne zunehmender Humusakkumulation, und damit eventuell auch für die weitere Ansiedlung von Gehölzen günstigere Bedingungen schaffen.
- Ausgeprägt nasse Stellen der Dünentäler. Dies dürfte nur für wenige Bereiche gelten, denn im allgemeinen ist zumindest noch die Grauweide (*Salix cinerea*) in der Lage, auch eine dauerhafte Überstauung zu ertragen.

Wenig Einfluß auf Möglichkeiten und Ausmaß der Ansiedlung von Gehölzen dürfte dagegen die Präsenz von Kaninchen auf einer Insel haben, weil die Ansiedlung von Gehölzjungwuchs überwiegend in relativ hoch- und dichtwüchsigen Pflanzengesellschaften erfolgt, die von den Kaninchen ohnehin gemieden werden. Die Entwicklung von Baum- und Gebüschbeständen ist ja heute auf allen Inseln zu beobachten, wobei es egal ist, ob Kaninchen vorhanden sind oder nicht.

Es wird jedoch nicht in jedem Einzelfall möglich sein, eine exakte Kausalanalyse zu betreiben, weshalb an einer Stelle Gehölze aufkommen und an einer anderen, scheinbar vergleichbaren, nicht. So war die „Bakenlegde“ auf Norderney, wie noch zu erörtern ist, früher von ausgedehnten Feuchtheiden geprägt, die eventuell nach Grundwasserentnahme oder nach natürlicher Sukzession sich mit Gehölzen bestockt haben. Heute ist dieses Gebiet ausgesprochen stark mit Birken bebuscht. Scheinbar ähnliche Verhältnisse liegen im Pirolatal auf Langeoog vor. Nach POTT (1995a) befanden sich dort früher ausgedehnte Bestände der Wintergrün-Kriechweiden-Gesellschaft (*Pyrolo-Salicetum*), die ebenfalls infolge von Austrocknungserscheinungen durch Wasserentnahme verschwanden. An deren Stelle treten heute Krähenbeerheiden, eine Ansiedlung von Bäumen und Sträuchern hat kaum in nennenswertem Maße stattgefunden. Allein die geringe Präsenz von geeigneten Samenbäumen in der Hauptwindrichtung vom Pirolatal dafür verantwortlich zu machen, überzeugt wenig, weil andererseits auf dem Ostland der Insel ausgedehnte Baum- und Gebüschbestände innerhalb weniger Jahrzehnte entstanden sind. Die kurzfristige Überflutung des Pirolatales mit Salzwasser während der Sturmflut 1962 kann ebenfalls kaum den Grund für mangelnden Baumwuchs liefern (vgl. OBSTFELD 1995), denn ähnlich betroffene Bereiche auf der Insel Spiekeroog haben sich davon längst erholt, und im Pirolatal sind ansonsten keinerlei Anzeichen auszumachen, die einen Hinweis auf für Bäume ungeeignete Bedingungen geben würden.

9. Der städtische Lebensraum auf Norderney im Konfliktbereich zwischen Naturnähe, Natürlichkeit und urban-industriellen Bedürfnissen

Nach der Darstellung der Entwicklungen, die sich unter dem unmittelbaren oder mittelbaren Einfluß des Menschen in den Dünen- und Salzwiesengebieten der Insel abspielen, sollen nun im wesentlichen siedlungsnähere Landschaften behandelt werden. Dabei dürfen selbstverständlich Abschnitte über Pflanzengesellschaften, die sich innerhalb des Stadtgebietes finden lassen, nicht fehlen; sie sind schließlich am stärksten anthropogen geprägt.

9.1 Standortfaktoren des Stadtbereiches

Wie auch in anderen Teilen der Kulturlandschaft setzt sich die Vegetation der Siedlungsräume nicht nur aus den angepflanzten bzw. angebauten Arten, sondern zu einem nicht unbeträchtlichen Teil aus spontanen, d.h. nicht angepflanzten Arten wie Wildpflanzen und verwilderten Nutz- und Zierpflanzen zusammen. Dabei unterscheiden sich die Wuchsbedingungen innerhalb der Städte normalerweise in charakteristischer Weise von denen des Umlandes. Die natürlichen Standortfaktoren werden von der menschlichen Nutzung überlagert und in unterschiedlichem Ausmaß verändert. Das hervorstechendste Merkmal der Städte ist der hohe Grad der Oberflächenversiegelung durch Bebauung, Straßenbeläge etc., die sich verändernd auf den Wasserhaushalt, die Böden und das Klima auswirken.

Einschneidende Veränderungen im Wasserhaushalt führen dazu, daß der Vegetation in Städten obendrein weniger Wasser zur Verfügung steht als derjenigen im Umland. Ein großer Teil des Niederschlagswassers wird kanalisiert abgeführt, kann nicht versickern und ergänzt infolgedessen nicht den Bodenwasser- und den Grundwasserspeicher. Je nach der Nutzung unterliegen die Böden eines Stadtgebietes unterschiedlich starken Beeinflussungen. Vielfach wurden die Oberböden abgetragen und mit Gebäuden bzw. Straßen

und Plätzen überbaut. Die nicht versiegelten Böden bestehen z.T. aus carbonathaltigen, steinreichen Aufschüttungen. Neben Grundwasserentnahmen haben auch die Aufschüttungen dazu beigetragen, daß viele ehemals feuchte Standorte in trockene Standorte umgewandelt worden sind. Gartenböden wurden meist stark mit Humus angereichert, was zur Entstehung von Hortisolen geführt hat (SUKOPP 1990). An Straßenrändern und Baumscheiben ist eine Erhöhung des Stickstoff- und Phosphatgehaltes zu verzeichnen, winterlicher Streusalzeinsatz verursacht einen Anstieg des Natriumchloridgehaltes. Durch Betreten und Befahren sind Stadtböden häufig verdichtet.

Im Gegensatz zu größeren Verdichtungsräumen sind die Klimaparameter in kleineren Städten, wie auch in Norderney, gegenüber dem Umland kaum abgewandelt. Zudem wirkt hier der beständige Wind ausgleichend.

Von allen Faktoren hat die menschliche Nutzung den größten Einfluß auf die Zusammensetzung der urbanen Flora und Vegetation. Störungsereignisse wie Tritt, Befahren, Überschüttung, Abgrabung und Unkrautbekämpfung sind typische Merkmale städtischer Standorte und von grundlegender Bedeutung für den Bewuchs einer Fläche (WITTIG 1991).

Den beschriebenen Veränderungen von Klima, Boden und Wasserhaushalt entsprechen Veränderungen in der Zusammensetzung der Vegetation der Städte Norderney gegenüber der freien Insellandschaft, wie sie vorher beschrieben ist.

Für die Flora und Vegetation der Stadt wird neben dem Begriff der **spontanen Vegetation** auch der Begriff **Ruderalvegetation** häufig verwendet. BRANDES & GRIESE (1991) definieren ihn folgendermaßen: „Ruderalvegetation ist die vorwiegend krautige Vegetation anthropogen stark veränderter und/oder gestörter Wuchsplätze, sofern diese weder land- noch forstwirtschaftlich genutzt werden.“ Weil bereits geringe Änderungen einzelner Standortfaktoren zu quantitativen oder qualitativen Änderungen in der Artenzusammensetzung führen, ist sie auf kleinstem Raum sehr vielfältig. Weil ihnen das charakteristische Merkmal Störung meistens fehlt, gehören die sog. **ruderalen Gehölzbestände** nicht zum Kern der Ruderalvegetation.

Auch die subspontane Flora spielt in Städten eine große Rolle. Hierunter werden die Pflanzenbestände zusammengefaßt, die ursprünglich vom Menschen angesät oder angepflanzt wurden, wie z.B. Scherrasen oder Gehölzbestände in alten Parkanlagen, in denen sich inzwischen aber ein Gleichgewicht der Arten einstellen konnte, so daß die Sukzession auf gleichen Standorten auch gleiche Artenkombinationen hervorgebracht hat (WITTIG 1991).

9.2 Gliederung des Stadtgebietes in Flächenstrukturtypen

Weil aufgrund der Diversität eine detaillierte Erfassung und Darstellung der gesamten Vegetationseinheiten der Stadt Norderney nicht möglich ist, wurde eine Einteilung des Stadtgebietes in **Flächenstrukturtypen** vorgenommen, die besser beschrieben werden können. Die Flächenstrukturtypen besitzen jeweils ein unterschiedliches abiotisches und biotisches Potential, was sich in der spontanen Vegetation widerspiegelt. Die aufgenommenen und kartierten Bestände und Gesellschaften wurden zu den Flächenstrukturtypen in Beziehung gesetzt und diesen bei der Beschreibung im Text zugeordnet.

Die Gliederung des Stadtgebiets erfolgte in Anlehnung an den „Biotoptypen-Kartierschlüssel für den besiedelten Bereich und dessen Randzonen“ (AG METHODIK DER BIOTOPKARTIERUNG IM BESIEDELTEN BEREICH 1993) und den „Kartierschlüssel für Biotoptypen in Niedersachsen“ (DRACHENFELS 1992). Um den Gegebenheiten im Untersuchungsgebiet gerecht zu werden, wurden entsprechende Anpassungen vorgenommen.

Die menschliche Nutzung ist, wie bereits erwähnt, der wichtigste Standortfaktor in der Stadt. Die jeweils vorherrschende Nutzung führt zu einer charakteristischen **Baustruktur** und der sich daraus ergebenden **Freiflächenstruktur**. Es bilden sich vergleichsweise homogene Stadtteile, die sich in der durchschnittlichen Grundfläche und Höhe der Gebäude, der Dimensionierung von Verkehrsanlagen und dem Anteil und der Art der Grünflächen unterscheiden lassen. Dabei bestimmt der Grad der Versiegelung durch Häuser, Straßen und Plätze die Quantität, die Nutzung der offenen Flächen die Qualität der Vegetation. Die nach diesen Kriterien abgeleiteten Flächenstrukturtypen besitzen jeweils eine charakteristische Kombination von Pflanzenarten bzw. -gesellschaften. Mit dem Alter und der Größe der Stadt nimmt die Anzahl der deutlich voneinander unterscheidbaren Flächenstrukturtypen i. d. R. zu (vgl. BRANDES & GRIESE 1991, AEY 1990, WITTIG 1991). Im besiedelten Bereich von Norderney lassen sich die folgenden Flächenstrukturtypen ausdifferenzieren:

- Stadtkern mit Block- und Blockrandbebauung
- Wohngebiete mit Zeilen- und Hochhausbebauung
- Wohngebiete mit Einzel- und Reihenhausbauung
- Kuranlagen
- Gewerbeflächen
- Grünanlagen
- Waldartige Bestände und Gehölzgruppen
- Grünflächen der Außenbereiche
- Verkehrsflächen
- Dünen

Die Verteilung der einzelnen Flächenstrukturtypen im Stadtgebiet gibt Karte 1 wieder.

Abweichend von der in der pflanzensoziologischen Literatur üblichen Gliederung nach Klassen werden die aufgenommenen Bestände in der anschließenden Beschreibung zur leichteren räumlichen Einordnung nach Flächenstrukturtypen gegliedert. Die Pflanzengesellschaften treten in dem Flächenstrukturtyp, unter dem sie aufgeführt werden, zwar nicht unbedingt ausschließlich auf, sind hier aber vorherrschend oder haben hier zumindest deutlich ihren Verbreitungsschwerpunkt. Die Diskussion der Flächenstrukturtypen „Waldartige Bestände und Gehölzgruppen“ und „Dünen“ erfolgt wegen der großen Bedeutung der entsprechenden Flächen in eigenen Kapiteln (Kap. 9.2.2, 9.2.3, 9.2.4).

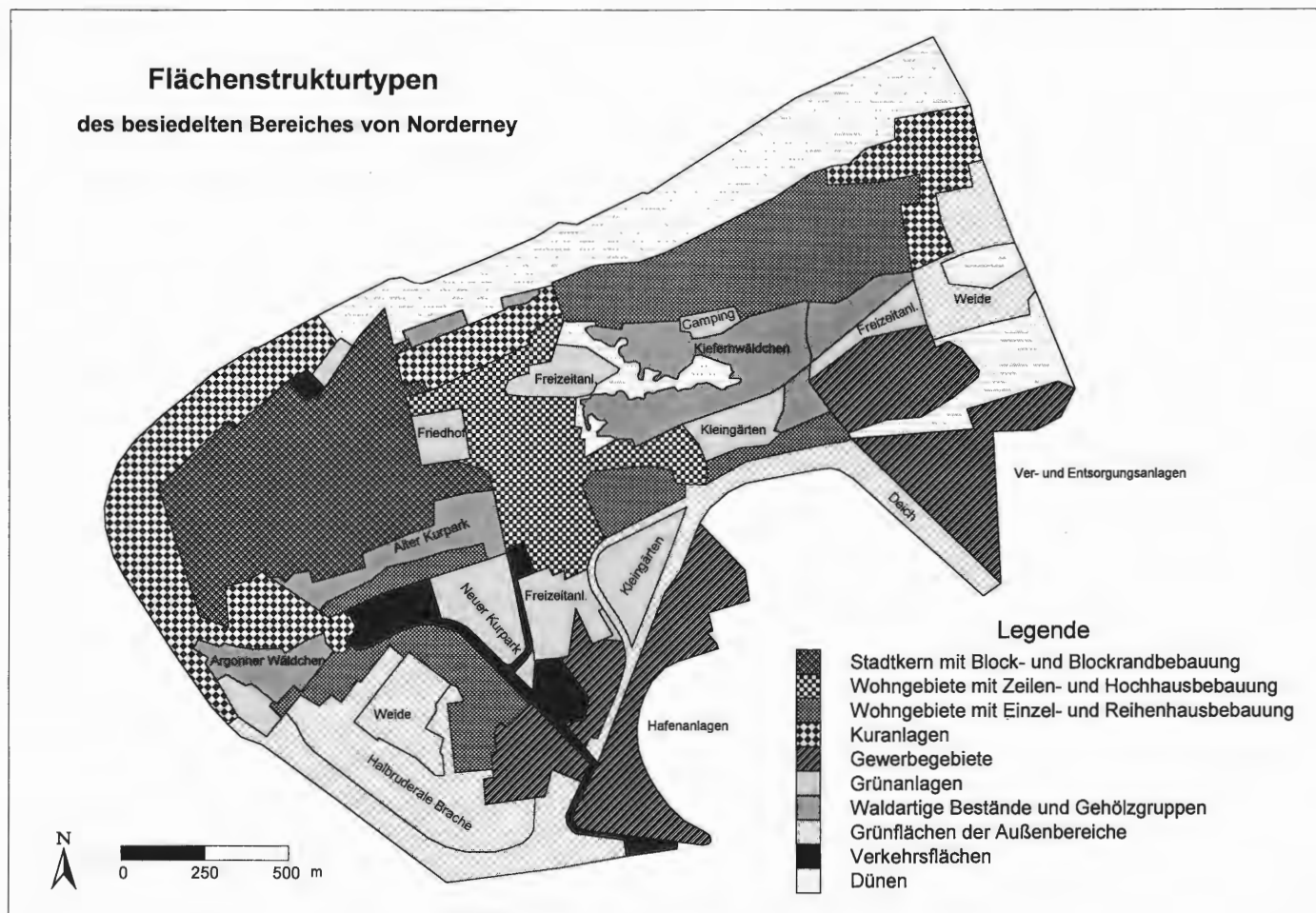
9.2.1 Die Flächenstrukturtypen und ihre Vegetation

Stadtkern mit Block- und Blockrandbebauung

Der Stadtkern umfaßt den dicht bebauten westlichen Teil des Ortes. Er läßt sich in zwei Teile von unterschiedlicher Entstehungszeit und etwas unterschiedlicher Flächenstruktur unterteilen. Die südliche Hälfte bis zur Langen Straße entstand zum größten Teil bis 1860. Sie ist durch etwas aufgelockere Bebauung mit einem hohen Anteil an zweigeschossigen Häusern mit kleinen Vorgärten sowie Baumpflanzungen entlang der Straßen gekennzeichnet. Die nördliche Hälfte des Stadtkerns ist durch mehr oder weniger geschlossene Bebauung mit überwiegend höheren, meist zwei- bis viergeschossigen Gebäuden, teils in klassizistischer Bauweise, teils im Jugendstil, charakterisiert. Sie entstand bis 1914. Hier befindet sich eine Vielzahl von Versorgungseinrichtungen. Die Pflasterung der Straßen und Gehwege reicht meistens bis direkt an die Häuser heran. Im Kernbereich der Stadt werden durch Hotels, Pensionen und private Anbieter Unterkünfte für Touristen bereitgestellt.

Trotz vorhandener Unterschiede sollen der ältere und der jüngere Teil des Stadtkerns zusammengefaßt werden, weil es aufgrund des insgesamt hohen Versiegelungsgrades und

Flächenstrukturtypen des besiedelten Bereiches von Norderney



der intensiven Nutzung bzw. Pflege der nicht versiegelten Flächen für die spontane Vegetation kaum Chancen gibt, sich zu entwickeln. Der Kernbereich der Stadt nimmt eine Fläche von 47,5 ha ein und weist einen Versiegelungsgrad von etwa 90 % auf. Mit hoher Stetigkeit sind nur Gartenunkräuter und Arten, die auch mit Pflasterritzen auskommen, wie *Polygonum aviculare* agg. (Vogelknöterich), *Plantago major* (Breitblättriger Wegeschirm), *Senecio vulgaris* (Gewöhnliches Greiskraut) und *Poa annua* (Einjähriges Rispengras) anzutreffen. Als gut entwickelte Pflanzengesellschaft tritt nur das *Sagino-Bryetum* (Mastkraut-Silbermoos-Gesellschaft) häufig auf. Die vielfach mit Ziegeln gepflasterten Straßen des Stadtkerns stellen geeignete Wuchsplätze für diese Gesellschaft dar. Seltener und nur in Randbereichen kommt das *Hordeetum murini* (Mäusegersten-Gesellschaft) vor.

Wohngebiete mit Zeilen- und Hochhausbebauung

Dieser Flächenstrukturtyp wird in erster Linie durch zeilenförmig angeordnete, drei- bis viergeschossige Wohnblöcke geprägt, die größtenteils aus den 30er, aber auch aus den 70er Jahren stammen. Vielgeschossige Hochhäuser stellen nur zu einem sehr geringen Teil die Bebauung dar. Relativ großzügige Freiflächen umgeben die Gebäude, wobei der weitaus größte Teil des Abstandsgrüns von Scherrasen gebildet wird, die in Randbereichen gelegentlich in Trittgemeinschaften übergehen. In den Rasenflächen sind kleinere Gehölzgruppen mit sowohl einheimischen als auch fremdländischen Arten und Bäumen locker verteilt. Der Versiegelungsgrad liegt unter 50 %. Im Bereich des Wasserwerkes, das inmitten dieses Bebauungstyps liegt, ist der Anteil der versiegelten Flächen aufgrund der großen, gepflasterten bzw. betonierten Höfe höher.

Insgesamt werden die Freiflächen intensiv gepflegt, nur an solchen Stellen, an denen das Mähen der Rasenflächen oder die Unkrautbekämpfung eingeschränkt wurden, konnten sich einige ruderal Pflanzengesellschaften entwickeln. Hier sind das *Convolvulo-Agro-pyretum repens* (Ackerwinden-Quecken-Gesellschaft) und das *Chenopodietum ruderalis* (Ruderal Gänsefuß-Gesellschaft) sowie verschiedene fragmentarische Ausbildungen der einjährigen Ruderalgesellschaften vertreten.

Wohngebiete mit Einzel- und Reihenhausbauung

In Wohngebieten mit Einzel- und Reihenhausbauung weisen die Gebäude größere Abstände auf; die Versiegelungsgrade liegen bei 30 - 40 %. Es überwiegen zweigeschossige Wohnhäuser. Insbesondere in der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg wurden die Grundstücke großzügiger bemessen, so daß die Häuser im östlichen Teil der Nordhelmsiedlung von relativ großen Hausgärten umgeben sind. In den neuen Wohngebieten zwischen Ort und Hafen sind die Gärten kleinflächiger, die Bebauung ist deshalb enger, zumal hier mehrere Reihenhauskomplexe erstellt wurden.

Die Gärten werden zum größten Teil als Ziergärten genutzt. Den flächenmäßig überwiegenden Vegetationstyp bilden die Scherrasen. Nutzgärten, in denen Gemüse angebaut wird, sind selten. Die Grundstücke sind oft von Hecken umgeben, wobei v.a. in der Nordhelmsiedlung häufig Liguster (*Ligustrum vulgare*) gepflanzt wurde. Während bei den Sträuchern sowohl einheimische als auch fremdländische Arten vertreten sind, wurden bei Baumpflanzungen Pappeln, die im norddeutschen Raum beheimatet sind, bevorzugt.

In den intensiv gepflegten Gärten kann sich spontane Vegetation nur vereinzelt entwickeln. Es sind besonders Arten aus *Stellarietea*-Gesellschaften, die hier vorkommen. Dazu zählen u. a. *Galinsoga parviflora* (Kleinblütiges Franzosenkraut), *Stellaria media* (Vogelmiere) und *Sonchus oleraceus* (Kohl-Gänsedistel).

Als relativ gut entwickelte Gesellschaften sind nur das *Sagino-Bryetum* und das *Urtico-Malvetum neglectae* im Bereich der Straßen und Gehwege vertreten (vgl. Abb. 73).

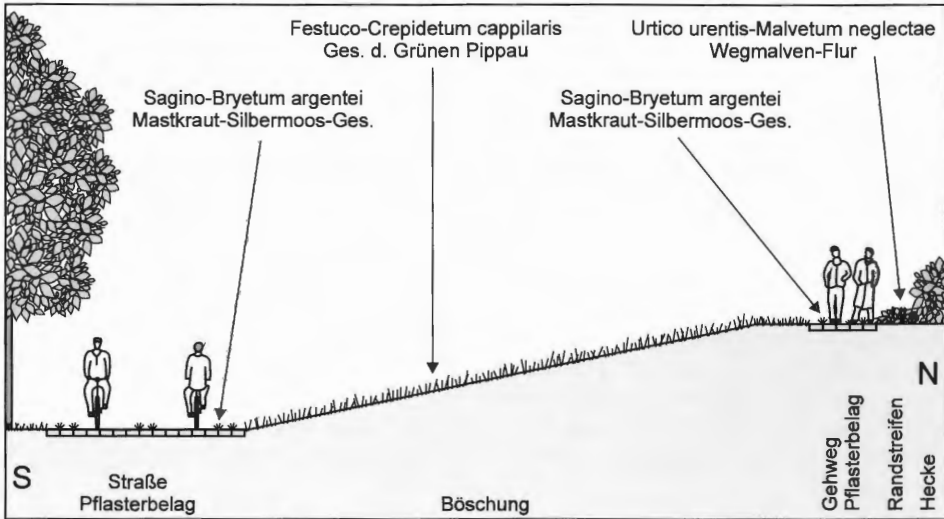


Abb. 73: Halbschematischer Schnitt durch die Marienstraße. Auf einem Randstreifen an der Südseite von Hecken hat sich das *Urtico urentis-Malvetum neglectae* angesiedelt. Die Fugen der Straßen- und Gehwegbeläge sind Lebensraum für Pflasterritzenvegetation (*Sagino-Bryetum argentei*). Die Böschung wird vom *Festuco-Crepidetum capillaris* (Gesellschaft des Grünen Pippau) eingenommen.

Kuranlagen

Ein Bereich, in dem Hotels und Kureinrichtungen verschiedener Art vorherrschen, umgibt im Norden und Westen halbkreisförmig den Stadtkern. Weitere Kuranlagen bzw. -kliniken, die eine größere Fläche einnehmen, befinden sich ebenfalls unweit des Strandes weiter westlich im Stadtgebiet im Anschluß an die Dünen (vgl. Karte 1). Dieser Flächenstrukturtyp ist durch eine relativ große Vielfalt an Baukörpern geprägt. Entlang des Weststrandes dominieren viergeschossige Hotels aus der Zeit um die Jahrhundertwende, am Nordstrand stehen neuere Gebäude mit bis zu 12 Stockwerken. Die übrigen Flächen dieses Strukturtyps sind mit Gebäuden aus unterschiedlichen Bauphasen, aber in jedem Fall großer Grundfläche bestanden. Sie weisen eine geringere Gebäudedichte und weniger Abstandsgrün mit angepflanzten Ziersträuchern und Rasenflächen auf. Entlang der Strandpromenade wurden großflächig Scherrasen angelegt. Sie werden ständig sehr kurz gehalten und konnten deshalb pflanzensoziologisch nicht zugeordnet werden.

Im Bereich der Kuranlagen hat die spontane Vegetation aufgrund der intensiven Nutzung nur wenige Möglichkeiten, sich anzusiedeln. Gut ausgebildete Pflanzengesellschaften kommen nicht vor. Bemerkenswert sind aber die wenn auch vereinzelt Vorkommen von *Coronopus squamatus* (Gewöhnlicher Krähenfuß) an der Strandpromenade.

Gewerbeflächen

Unter dem Strukturtyp „Gewerbeflächen“ werden die Hafenanlagen, die Ver- und Entsorgungsanlagen und die Gewerbegebiete im engeren Sinne zusammengefaßt. Ihre Bebauung setzt sich vorwiegend aus Lagerhallen, Werkstätten, Fertigungshallen und kleineren Bürogebäuden zusammen. Die Ver- und Entsorgungsanlagen mit Klärwerk, Windradanlage, Mülldeponie und Klärteichen wurden nicht kartiert.

Im Hafen reicht die Pflasterung bzw. die Betondecke meist bis direkt an die Gebäude heran, jedoch sind die Lagerplätze größere unversiegelte Flächen, auf denen sich Ruderal-

pflanzen ansiedeln können. In den Gewerbegebieten stellt sich das Gelände der einzelnen Betriebe unterschiedlich dar: Während bei einigen der feste Belag der Höfe die Fläche komplett ausfüllt, gibt es bei anderen freie Flächen, v.a. entlang der Grundstücksgrenzen, die wenig genutzt werden. Der Versiegelungsgrad in den Gewerbegebieten und Hafenanlagen beträgt 60 - 70 %.

Aufgrund des hohen Anteils an extensiv genutzten, unversiegelten Flächen liegt in diesem Flächenstrukturtyp innerhalb des Norderneyer Stadtgebietes der Verbreitungsschwerpunkt für Gesellschaften der Klassen der *Artemisietea vulgaris* (Ruderales Hochstaudenfluren) und der *Stellarietea mediae* (Ackerwildkrautfluren und einjährige Ruderalgesellschaften; Abb. 74, 75). Während in den bisher beschriebenen Strukturtypen nur einzelne Gesellschaften und Bestände als charakteristisch für den jeweiligen Typ angesehen werden können, sind in den Hafenanlagen und auf den Betriebshöfen eine größere Anzahl von Gesellschaften vertreten, die je nach den Standortbedingungen entweder den *Stellarietea* oder den *Artemisietea* angehören. Häufige Störung der Standorte durch Bodenbewegung etc. führen zur Ausbildung der einjährigen *Stellarietea*-Gesellschaften, kann die Entwicklung einige Zeit ungestört ablaufen, stellen sich mehrjährige *Artemisietea*-Gesellschaften ein.



Abb. 74: Ochsenzunge (*Anchusa officinalis*)



Abb. 75: Wolga-Rauke (*Sisymbrium wolgense*)

Grünanlagen

Der Neue Kurpark, der Friedhof, die Kleingartengebiete und die Sport- und Freizeitanlagen wurden unter dem Flächenstrukturtyp „Grünanlagen“ zusammengefaßt. Der Kurpark stellt das botanisch interessanteste Gebiet dar. Das wellige Gelände ist von rasen- und wiesenartigen Beständen bedeckt. Darin stehen vereinzelt junge Erlen (*Alnus glutinosa*), Weiden (*Salix spec.*) und Pappeln (*Populus alba*), die auch die den Park umgebenden Baumreihen aufbauen. Ein Teich in der Mitte und eine Reitbahn im Südosten des Parks prägen das Gesamtbild.

Der Park unterliegt extensiver Pflege und wird zum größten Teil nur einmal pro Jahr gemäht, so daß sich verschiedene, z.T. sehr artenreiche Pflanzengemeinschaften entwickeln konnten. Hierzu zählen das *Festuco-Crepidetum capillaris* (Gesellschaft des Grünen Pippau), *Holcus lanatus*-(Honiggras-)Bestände, *Parentucellia viscosa*-(Bartsien-)Bestände, das *Juncetum tenuis* (Trittbinsenrasen) und das *Lolio-Plantaginetum* (Weidelgras-Wegerichrasen). Auch das *Lolio-Cynosuretum* (Weidelgras-Weißkleeweide) kommt hier vor, beschränkt sich aber auf sehr kleine Bereiche entlang der Wege und wird deshalb unter dem Strukturtyp „Grünflächen der Außenbereiche“, wo es flächenmäßig eine sehr viel größere Rolle spielt, beschrieben.

In den Kleingartenanlagen, auf dem Friedhof und auf den Sport- und Freizeitanlagen kommen neben Arten der Trittgemeinschaften hauptsächlich Arten und Fragmente der *Stellarietea*-Gesellschaften spontan vor. Diese Strukturtypen stellen insgesamt ungünstige Lebensräume für die spontane Flora dar. Die Kleingartengebiete werden durch Nutz- und Ziergärten, Obstbaumbestände und vereinzelt gepflanzte Großbäume, meist Pappeln (*Populus nigra*, *Populus x canadensis*, *Populus x canescens*) geprägt. Die Gräber des Friedhofes sind größtenteils mit Kieselsteinen abgedeckt, größere Bäume sind nicht vor-

handen. In den Sport- und Freizeitanlagen herrschen strapazierfähige, artenarme Rasen vor, die ständig kurz gehalten werden. Der Sportplatz östlich des Neuen Kurparks wurde mit Pappeln (*Populus alba*, *Populus nigra*) eingefäßt, in deren Schutz sich Fragmente der *Galio-Urticetea*-Gesellschaften (Nitrophytische Säume) entwickeln konnten. Hier befindet sich der einzige Wuchsort von *Torilis japonica*-Beständen (Bestände des Gewöhnlichen Klettenkerbels). Andere Gesellschaften der *Galio-Urticetea* sind im Alten Kurpark und im Argonner Wäldchen besser und großflächiger entwickelt.

Im Strukturtyp „Grünanlagen“ nehmen Gesellschaften der Klasse der *Molinio-Arrhenatheretea*, also des Wirtschaftsgrünlandes, mit Abstand den größten Anteil ein. Aufgrund veränderter Pflegebedingungen konnten sich in den vergangenen Jahren die weniger häufig gemähten, wiesenartigen Bestände auch in städtischen Gebieten verstärkt herausbilden.

Für die Scherrasen ist der häufige Schnitt der wichtigste prägende Faktor. Dabei kommt den hemikryptophytischen Arten mengenmäßig die größte Bedeutung zu, da sie durch ihre Lebensform an den Schnitt angepaßt sind. Einen Überblick über die syntaxonomische Stellung der Parkrasen gibt MÜLLER (1988).

Grünflächen der Außenbereiche

Die Deiche, die die Ortslage nach Süden und Westen schützen, die sich an den Westdeich anschließende halbruderale Brache und die Weideflächen im Südwesten und im Osten des Ortes bilden zusammen den Flächenstrukturtyp „Grünflächen der Außenbereiche“. Pflanzengesellschaften

Pflanzen- gesellschaft Standort- eigenschaft	Sagino- Bryetum argentei	Hordeetum murini	Coronopus squamatus-Bestände	Convolvulo-Agropyretum repentis	Chenopodietum ruderales	Urtico urentis - Malvetum neglectae	Bromo-Corispermetum leptopteris	Sisymbrium altissimum- Bestände	Tanacetum Artemisiolum vulgaris	Anchusa officinalis- Bestände	Sisymbrium volgense- Gesellschaft	Saponaria officinalis- Bestände	Cirsium arvense- Cirsium vulgare-Ges.	Cardario draba- Agropyretum repentis	Poo- Tussilaginetum farfarae
Substrat locker, sandig bis kiesig		●					●		●	●	●	●	●		
Substrat lehmig			●	●									●		●
Boden roh o. geringer Humusgehalt					●		●	●		●	●				●
frischer oder mäßig trockener Boden	●				●			●	●	●		●	●	●	
gute Wasserversorgung			●	●											●
hoher Nährstoffgehalt	●		●		●	●	●	●		●	●	●	●	●	
mäßiger Nährstoffgehalt		●							●						
Salzeinfluß ertragend			●	●											
offener Boden		●			●			●							
Bodenbearbeitung		●				●									
Tritteinfluß	●														
kleinklimatische humide Bereiche															
trocken-warme u. besonnte Bereiche		●				●		●	●					●	

Abb. 76: Kombinationen verschiedener Standortbedingungen als Ursache der Entwicklung unterschiedlicher Pflanzengesellschaften. Auffallend ist der hohe Anteil an Gesellschaften, deren Arten eine gute Nährstoffversorgung bevorzugen und gleichzeitig mit mehr oder weniger rohen Böden auskommen (gilt für Norderney nur eingeschränkt).

zengesellschaften aus der Klasse der *Molinio-Arrhenatheretea*, d. h. des Wirtschaftsgrünlandes, sind hier absolut vorherrschend.

Auf den Weideflächen, die ausschließlich von Pferden begrast werden, ist das *Lolio-Cynosuretum* entwickelt. Es kommt ebenso auf dem Westdeich und dem Hafendeich großflächig vor. Beide Deiche wurden in den achtziger Jahren ausgebaut bzw. erhöht und mit Klei abgedeckt. Der alte Deich, der die dem Hafen gegenüberliegenden Kleingärten nach Westen und Norden umgibt, wird von einer verarmten Ausbildung des *Dauco-Arrhenatheretum* (Glatthaferwiese) bedeckt.

Die halbruderal Brache, größtenteils Bauerwartungsland, zeigt ein abwechslungsreiches Vegetationsmosaik mit dominierendem Rotschwingel (*Festuca ruba*). Die Brachfläche ist während des ersten Weltkrieges aufgespült und mit Dünen sand verfüllt worden, im Hinblick auf die Bodenentwicklung handelt es sich also um eine sehr junge Fläche. An einigen Stellen finden sich Betonreste der ehemaligen Landebahn.

Einen Überblick über die Standortverhältnisse, die zur Ausbildung der verschiedenen spontanen Gesellschaften führen, gibt Abb. 76. Neben den Gesellschaften der Gewerbeflächen enthält sie auch die des Stadtkerns, der Kuranlage und der Wohngebiete.

9.2.2 Spezielle Fragen zum Kurpark und zum Argonner Wäldchen

Bestandstruktur und Nutzung

Bei der Anlage des Alten Kurparks um 1880 wählte man als Hauptbaumart die Ulme. Im Windschutz, den einerseits die Bebauung und andererseits der Bestand selbst bieten, konnten sich die Bäume für Inselverhältnisse gut entwickeln. Um 1988 begann sich jedoch das „Ulmensterben“ vom Festland auf die Inseln auszuweiten. Die Krankheit wird durch einen Pilz (*Ceratocystis ulmi*) ausgelöst, als dessen Überträger der Kleine und der Große Splintkäfer fungieren. Während der Vegetationsperiode beginnen Kronenpartien sich zu verfärben und zu welken. Bei stärkerem Befall kann ein Baum nach zwei Jahren abgestorben sein. Weil es gegen den Krankheitserreger derzeit keine praktikable Bekämpfungsmethode gibt (vgl. MALEK 1985; BUTIN 1989), mußte innerhalb weniger Jahre der gesamte Ulmen-Bestand des Alten Kurparks abgeholzt werden (Abb. 77).

Nachdem die Ulmen ausgefallen sind, bilden die folgenden Arten die aufgelockerte, etwa 15 m hohe Baumschicht:

<i>Alnus glutinosa</i> (Schwarzerle)	<i>Populus canescens</i> (Graupappel)
<i>Acer pseudoplatanus</i> (Bergahorn)	<i>Tilia cordata</i> (Winterlinde)
<i>Aesculus hippocastanum</i> (Roßkastanie)	<i>Quercus robur</i> (Stieleiche)
<i>Alnus incana</i> (Grauerle)	

Die im Alten Kurpark im Bestandesschutz der Ulmen aufgewachsenen Erlen (*Alnus glutinosa*) wurden freigestellt und so stark dem Wind ausgesetzt. Sie sind im oberen Teil abgestorben und haben entlang des Stammes zahlreiche neue Triebe gebildet (Abb. 78). Nach der Schwarzerle ist *Populus canescens* mit einem hohen Anteil am Aufbau der Baumschicht beteiligt. Alle anderen Arten sind mehr oder weniger vereinzelt eingestreut.

Auf den ausgelichteten Flächen wurden in den vergangenen Jahren Neuanpflanzungen vorgenommen. Unter diesen jungen Bäumen sind die folgenden Arten vertreten:

<i>Acer pseudoplatanus</i> (Bergahorn)	<i>Acer platanoides</i> (Spitzahorn)
<i>Tilia cordata</i> (Winterlinde)	<i>Tilia x euchlora</i> (Krimlinde)
<i>Aesculus hippocastanum</i> (Roßkastanie)	<i>Sorbus aucuparia</i> (Vogelbeere)
<i>Fraxinus excelsior</i> (Gewöhnliche Esche)	<i>Betula pendula</i> (Hängebirke)
<i>Sorbus intermedia</i> (Schwedische Vogelbeere)	



Abb. 77: Alter Kurpark im Südteil der Stadt Norderney (Foto H. Kolde, Juist)

Einige, z.T. spontan aufgekommene Gehölze bilden stellenweise eine dünne Strauchschicht:

Sambucus nigra (Schwarzer Holunder)

Ribes uva-crispa (Stachelbeere)

Crataegus monogyna (Eingrifflicher Weißdorn)

Ilex aquifolium (Stechpalme)

Ribes rubrum (Rote Johannisbeere)

Die Vegetation der Krautschicht setzt sich in erster Linie aus *Holcus mollis*-Beständen und, v.a. in den eutrophierten Bereichen, aus *Galio-Urticetea*-Gesellschaften (Gesellschaften der nitrophilen Säume) zusammen. Der Alte Kurpark ist von einem dichten Wegenetz durchzogen und wird von Spaziergängern stark frequentiert.

Am westlichen Ortsrand von Norderney liegt ein als „Argonner Wäldchen“ bzw. „Erlenwäldchen“ bezeichneter Laubbaumbestand. Wie der Name bereits andeutet, tritt auch hier *Alnus glutinosa* als bestandsbildende Art auf. Allerdings weisen Erlenwäldchen und Alter Kurpark eine sehr unterschiedliche Struktur auf. Das Erlenwäldchen ist wesentlich einfacher strukturiert: In der Baumschicht treten im Gegensatz zum Kurpark neben *Alnus glutinosa* alle anderen Arten viel stärker zurück. Eine Strauchschicht existiert nicht (Abb. 79).

Aufgrund der Windschur liegt die Bestandshöhe zwischen 7 m im Westen und 12 m im Osten. Das in einer leichten Mulde hinter dem Deich liegende Wäldchen wurde bei der Sturmflut im Winter 1962 überflutet. Man nahm an, daß die Bäume infolge des Salzeintrages durch das Meerwasser absterben würden und holzte sie ab. Dieser Eingriff stellte sich im Nachhinein als Verjüngungsmaßnahme heraus. Die Bäume reagierten mit kräftigem Stockausschlag, was heute an der Mehrstämmigkeit der Erlen und Birken zu erkennen ist.

Neben der Hauptbaumart Erle sind die folgenden Baumarten – mit abnehmender Häufigkeit – vertreten:

Populus x canescens (Graupappel)

Betula pubescens (Moorbirke), *Betula pendula* (Hängebirke)

Ulmus minor var. *suberosa* (am Ostrand des Wäldchens gehäuft, stark von der Ulmenkrankheit befallen, z.T. abgestorben)

Quercus robur (Stieleiche)

Salix alba (Silberweide)

Acer pseudoplatanus (Bergahorn)

Sorbus aucuparia (Vogelbeere)

Tilia cordata (Winterlinde)

Crataegus monogyna (Eingrifflicher Weißdorn)

Die Erle hat ihre natürlichen Hauptvorkommen in Bruchwäldern (*Carici elongatae-Alnetum glutinosae*), die als azonale Gesellschaft in den Niederungen vorkommt. Sie stocken auf organischen Naßböden mit einer Auflage von Niedermoortorf, die sich aufgrund von hoch anstehendem Grundwasser entwickeln kann. Die Bruchwaldstandorte sind häufig durch eine periodische Überflutung gekennzeichnet. Erlen liefern aufgrund des günstigen



Abb. 78: Schwarzerlen (*Alnus glutinosa*) im alten Kurpark. Durch Windeinwirkung sind die Bäume im oberen Bereich völlig verkahlt.



Abb. 79: Sommeraspekt des Argonner Wäldchens mit Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) und Moorbirke (*Betula pubescens*). In der Krautschicht dominiert das Honiggras (*Holcus mollis*).

C/N-Verhältnisses eine leicht zersetzbare Streu. Die Erle ist aber nicht auf diese Standorte angewiesen, sondern wächst auch auf frischen bis feuchten Lehm- und Sandböden. Häufig wird sie für die Melioration ungünstiger Standorte verwendet, weil sie auch auf Böden mit relativ geringem Nährstoffgehalt in der Lage ist, eine leicht zersetzbare, stickstoffreiche Streu zu liefern. Diese Eigenschaft beruht auf der Symbiose der Erlen mit luftstickstoffbindenden Actinomyceten. Aufgrund der elastischen Äste und Zweige ist die Windbruchgefahr relativ gering. Mit einem Höchstalter von 80 - 100, seltener 120 Jahren ist die Schwarzerle eine eher kurzlebige Baumart.

Das Argonner Wäldchen ist in seinem Bestandesinneren relativ licht, weil sich das Kronendach wegen der windexponierten Lage nicht so üppig entwickeln konnte. Die Bodenbedeckungswerte der Baumschicht liegen überwiegend bei 80 %. Die Krautschicht hat sich fast flächendeckend ausgebreitet, die Moosschicht nimmt nie mehr als 5 % der Aufnahmefläche ein. Die Wege innerhalb des Wäldchens sind mit Muschelschalen, also mit einem kalkreichen Material, abgedeckt.

Spontane und subspontane Vegetation

Brennessel-Giersch-Gesellschaft (*Urtico-Aegopodietum podagrariae*)

Zum *Urtico-Aegopodietum podagrariae* gerechnet werden üppige Bestände, deren Höhe oft über 1 m liegt. Das durch dunkelgrüne Farbtöne bestimmte Erscheinungsbild wird nur durch die im Juni und Juli erscheinenden weißen Doldenblüten des Giersches unterbrochen.

Die Pflanzenbestände, die zu der Gesellschaft gehören, bevorzugen tiefgründige, lockere, mehr oder weniger humusreiche Böden. Des weiteren sollte der Boden gut mit Nährstoffen und Basen, aber nicht unbedingt mit Kalk versorgt sein (MÜLLER 1983).

Das *Urtico-Aegopodietum* kommt im Alten Kurpark, im Erlenwäldchen und im Laubgehölz-Bestand östlich des Kiefernwäldchens vor. Besonders üppig ist es an Stellen entwickelt, an denen gelegentlich Kompostmaterial abgeladen wird. Fragmentarische Ausbildungen der Gesellschaft sind in Verbindung mit Gehölzgruppen auch in Gärten und Grünflächen der Wohngebiete zu finden.

Japan-Knöterich-(*Reynoutria japonica*-)Gesellschaft

Der Japanische Staudenknöterich wächst in bis zu 2 m hohen, dichten Herden, in denen sich nur wenige andere Arten halten können. Er fällt durch Großblättrigkeit, hellgrüne Belaubung und weiße Blütenstände auf. Die Blütezeit beginnt im Juli und endet im September.

Der Knöterich besiedelt mehr oder weniger nährstoffreiche Böden, die in Bezug auf den Wasserhaushalt recht unterschiedlich sein können. Die Spanne reicht von mäßig trocken bis naß (MÜLLER 1983).



Abb. 80: Wiesenkerbel-Gesellschaft im Unterwuchs des Alten Kurparks

Knoblauchrauken-(*Alliaria petiolata*-)Gesellschaft

Durch die Knoblauchrauke werden dichte, bis 1 m hohe Bestände gebildet, die im Frühjahr weiß blühen. Die einjährige Art besiedelt humose, lockere und frische, vorzugsweise lehmige Böden mit guter Nährstoffversorgung. Die Standorte sind meist durch relativ hohe Luftfeuchtigkeit gekennzeichnet.

Wiesenkerbel-(*Anthriscus sylvestris*-)Gesellschaft

Der Wiesenkerbel tritt zumeist in lockeren, bis 1,5 m hohen Beständen auf. Zwischen Mai und August bringt er weiße Doldenblüten hervor (Abb. 80).

Die Art stellt hohe Ansprüche an das Nährstoffangebot des Bodens, der frisch bis feucht, locker, humos und tiefgründig sein sollte. Der Nährstoffzeiger wächst sowohl in voller Sonne als auch im Halbschatten. Unter dem Einfluß von hohem Stickstoffeintrag und häufiger Mahd breitet sich die Gesellschaft v.a. in Fettwiesen stark aus.

Die *Anthriscus sylvestris*-Gesellschaft tritt im Argonner Wäldchen und im Alten Kurpark als Saumgesellschaft insbesondere entlang der Wege auf und ist an lichter Stellen am besten entwickelt.

Zaunwinden-Weidenröschen-Gesellschaft (*Convolvulo-Epilobietum hirsuti*)

Die Charakterart der Assoziation, *Epilobium hirsutum* (Zottiges Weidenröschen), baut zusammen mit der Brennessel (*Urtica dioica*) dichte, bis 1,5 m hohe Bestände auf, die von *Convolvulus sepium* (Zaunwinde) überrankt werden (Abb. 81). Die Assoziation gehört zur Ordnung *Convolvuletalia sepium*, d.h. zu den nitrophytischen Uferstaudenfluren. Wuchsorte der Gesellschaft sind die feuchten bis nassen Uferböschungen langsam fließender Bäche oder auch die Ränder von Wiesengraben. Ein wichtiger Standortfaktor



Abb. 81: Zaunwinden-Weidenröschen-Gesellschaft

ist der hohe Nährstoffgehalt des Bodens. Die nitrophytische Uferstaudenflur siedelt sich unter entsprechenden Bedingungen auch häufig auf anthropogenen Standorten wie an Gräben und Teichen an.

Bestände des Weichen Honiggrases (*Holcus mollis*)

Holcus mollis baut relativ dichte, bis kniehohe Bestände auf, die im Untersuchungsgebiet allerdings schon im Frühsommer beginnen, sich zu legen. Das Gras ist queckenartig wuchernd und gelangt nur in seltenen Fällen zur Blüte.

Im Norderneyer Stadtgebiet ist die Art auf den Alten Kurpark und das Argonner Wäldchen beschränkt. Hier wächst sie im Halbschatten und, in Beständen von ausgesprochen geringer Vitalität, im vollen Schatten der Bäume. Im Alten Kurpark ersetzt sie in solchen Bereichen das Wollige Honiggras (*Holcus lanatus*), das auf den besonnten Flächen dominiert, was dazu führt, daß *Holcus mollis*- und *Holcus lanatus*-Bestände je nach den Lichtbedingungen eng benachbart und mit Übergängen auftreten.

9.2.3 Ökosystemare Aspekte der Schwarzkiefer- (*Pinus nigra*-)Forsten, der Pappel-Erlen- und der Eichenforsten

Die im östlichen Ortsbereich im Dünengebiet angepflanzten Schwarzkiefern (*Pinus nigra* var. *austriaca*) bilden einen bis zu 12 m hohen, lichten Bestand (Abb. 82). Die geraden Stämme sind wenig beastet und tragen eine ausgesprochen kleine, flache Krone. Wo der Bestand stärker windexponiert ist, also an seinen Rändern und auf den Kuppen der Dünen, haben sich die Kiefern noch schwächer entwickelt, sind z.T. durch tote Äste gekennzeichnet oder ganz abgestorben. Die Bodenbedeckungswerte der Baumschicht betragen maximal 70 %.

Pinus nigra var. *austriaca* ist in den Kalkgebieten der Ostalpen beheimatet. Hier ist sie bei vielfach steilem Relief auf initialen Rendzinen, auf trockenen, aber spaltenreichen Felsstandorten und auf Ost- und Südhängen mit xerophilem Charakter zu finden.

Innerhalb des Bestandes wurden in den vergangenen Jahren einige Flächen durch Entnahme von einzelnen Exemplaren ausgelichtet und mit Laubgehölzen bepflanzt. Hierbei wurden hauptsächlich verwendet: *Acer pseudoplatanus* (Bergahorn), *Prunus serotina* (Späte Traubenkirsche), *Sorbus aucuparia* (Vogelbeere), *Sorbus intermedia* (Schwedische Mehlbeere), *Sambucus nigra* (Schwarzer Holunder), *Rosa canina* (Hundsrose), *Crataegus monogyna* (Eingrifflicher Weißdorn), *Betula pendula* (Hängebirke), *Quercus robur* (Stieleiche), *Tilia cordata* (Winterlinde), *Rosa virginiana* (Virginische Rose), *Fraxinus excelsior* (Gewöhnliche Esche), *Alnus glutinosa* (Schwarzerle). Am häufigsten wurden *Acer pseudoplatanus* und die beiden *Sorbus*-Arten gepflanzt. Der Weißdorn hat sich möglicherweise auch spontan ausgesät.

Von diesen verstreuten Neupflanzungen abgesehen, gibt es im Kiefernwäldchen keine nennenswerten Vorkommen von strauchartigem Bewuchs. In der Krautschicht ist *Holcus lanatus* absolut dominierend. Das Honiggras erreicht Bodenbedeckungswerte von bis zu 85 %, und es ist eine gut entwickelte Moosschicht mit maximalen Deckungsgraden von 50 % vorhanden.

Als Gründe für die „mühsame und kostspielige Aufforstungstätigkeit“ in dem Norderneyer Altdünengebiet werden in den Akten des Staatsforstamtes Aurich (1973 - 1977) folgende Punkte genannt:

- Landeskulturelle Bedeutung
- Hemmung der Winderosion

- Vorteile für den Kurbetrieb
- Dünenschutz, die vorher notwendige jährliche Strandhaferbepflanzung entfällt
- Bedeutung für Vogelschutz und Jagd

Das Kiefernwäldchen ist heute ca. 100 Jahre alt. Es liegt im Wassereinzugsgebiet des Wasserwerkes I. Das Wäldchen ist durch viele Wege erschlossen, allerdings weniger dicht, als es beim Kurpark und beim Argonner Wäldchen der Fall ist. Es wird wegen seiner peripheren Lage weniger durch Spaziergänger frequentiert. Entlang der Wege wurden Zäune errichtet, um die erosionsanfälligen Dünenböden vor Tritteinwirkung zu schützen. Ein behutsamer, allmählicher Umbau dieser standortfremden Kiefernforste in natürliche Laubwälder mit Eiche wäre sehr sinnvoll.



Abb. 82: Bestand mit Schwarzkiefer (*Pinus nigra* var. *austriaca*) im Stadtgebiet zwischen Kap und Blautal. Die Krautschicht wird durch das Honiggras (*Holcus mollis*) aufgebaut.

9.2.4 Die Vegetation der Dünen im Stadtgebiet und der Randdünen

Die Randdünen, die sich im Norden an das besiedelte Gebiet anschließen, stellen einen natürlichen Hochwasserschutz dar und sind durch kleinräumig sehr bewegtes Relief gekennzeichnet. Die Vegetation ist reich strukturiert. In den strandnahen Bereichen ist das *Elymo-Ammophiletum* (Strandhafer-Weißdüne) ausgebildet. Daran schließen sich Gesellschaften der *Koelerio-Corynephoretea* (Graudünengesellschaften) an, wobei von *Corynephorus canescens* (Silbergras) beherrschte Pionierfluren, die hohe Temperaturen und Trockenheit ertragen, größere Flächen einnehmen. Sie sind stark mit Sanddorn-(*Hippophaë rhamnoides*-)Gebüsch durchsetzt.

In den älteren Bereichen des Dünenzuges, v.a. auf der südexponierten Leeseite, die an die Nordhelmsiedlung angrenzt, haben sich verschiedene Gebüschgesellschaften stark ausgebreitet. Insbesondere Gebüsch mit *Salix arenaria* (Sand-Kriechweide) und *Rosa pimpinellifolia* (Dünenrose) nehmen größere Flächen ein. Daneben treten immer wieder verschiedene *Rubus*-Arten, *Sambucus nigra* (Schwarzer Holunder) und einzelne Pappeln (v.a. *Populus alba*) auf. Die Pappeln haben sich hier, ausgehend von angepflanzten Beständen, z.T. selbst ausgesät. Außerdem treten hier zahlreiche Nitrophyten (*Urtica dioica*, *Cirsium aparine*, *Sisymbrium officinale*, *Asparagus officinalis*, *Galium aparine*) auf. Offene Flächen werden von Fragmenten der *Corynephorion*- und *Koelerion*-Gesellschaften eingenommen, wobei besonders das Silbergras z.T. nicht sehr vital ist.



Abb. 83: Sand-Schillergras (*Koeleria arenaria*)

Auf den Dünen im Bereich des Kiefernwäldchen zwischen Kap und Blautal (Abb. 84) konnte sich die xerophile Vegetation – bezogen auf Norderneyer Verhältnisse – außerordentlich gut entwickeln. Hier kommen die *Ammocalamagrostis baltica*-Gesellschaft, das *Violo-Corynephorum canescentis* (Silbergras-Gesellschaft) und das *Festuco-Galietum veri* (Straußgras-Gesellschaft) vor. Die letztgenannten Gesellschaften sind in der freien Insellandschaft meist nur fragmentarisch ausgebildet, weil sie durch Arten gekennzeichnet sind, die bevorzugt von Kaninchen gefressen werden. Zu nennen wären hierbei *Koeleria arenaria* (Sand-Schillergras; Abb. 83), *Hieracium umbellatum* (Dünen-Habichtskraut) und *Hypochoeris radicata* (Ferkelkraut).

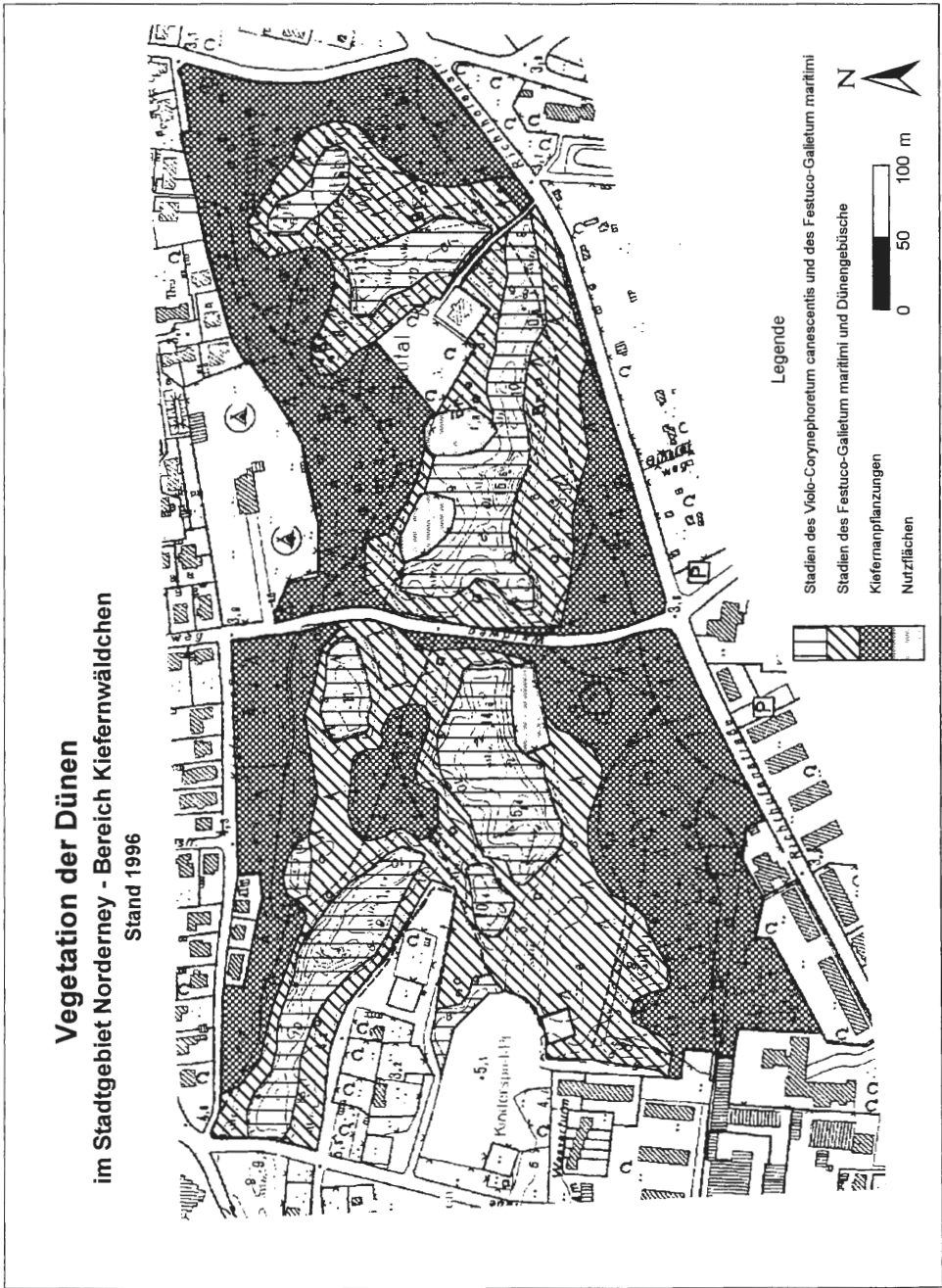
In den Dünen nahe der Feuerbake ist die typische Ausbildung des *Festuco-Galietum maritimi* (= *Festuco-Galietum veri*) noch weit verbreitet. Zahlreiche Gräser und Kräuter, die in den Graudünen außerhalb der Stadt schon fast völlig verdrängt wurden, kommen hier noch mit recht hohen Stetigkeits- und Deckungsgraden vor. Es treten allerdings auch übersandete Flächen mit *Carex arenaria* (Sandsegge) und sehr vereinzelt Moosteppiche mit *Campylopus introflexus* (Kaktusmoos) und mit Fragmenten des *Violo-Corynephorum canescentis* auf. Allgemein deutet *Asparagus officinalis* (Spargel) auf eine Ruderalisierungstendenz hin. An den Hängen kommen zahlreiche Exemplare von *Salix repens* (Kriechweide) auf, an den Nordhängen geradezu massenhaft auch *Polypodium vulgare* (Tüpfelfarn; beginnende Sukzession von Braundünenvegetation). Nur die Südhänge sind von der Verbuschung weitgehend ausgenommen. Insgesamt gibt es hier die artenreichsten Dünenrasengesellschaften der Insel. Durch die Anwesenheit des Menschen werden die Kaninchen zurückgedrängt, die Siedlung stellt hier gewissermaßen einen Schutz für die Vegetation dar. Man könnte also sagen, verschiedene Pflanzenarten der Dünen „flüchten in den Schutz des Ortes“.

Im Bereich des Fußballplatzes unweit der Feuerbake macht sich der höhere Besatz an Kaninchen im Vegetationsbild schon deutlich bemerkbar. An den Südhängen sind



Abb. 84: Kiefernwäldchen im Ostteil der Stadt Norderney

großflächig *Carex arenaria*-Rasen mit *Agrostis tenuis* (Straußgras) verbreitet. Sie bilden mit vereinzelt Beständen des *Violo-Corynephorum canescentis* und der floristisch ganz ähnlich aufgebauten *Ammocalamagrostis*-Gesellschaft ein Vegetationsmosaik aus. In dem Silbergrasrasen kommen hier und da auch Elemente des *Festuco-Galletum mari-*



Karte 2

timi vor, besonders häufig sind diese Flächen aber mit *Campylopus introflexus* infiziert und weisen starke Degenerationserscheinungen auf. *Corynephorus canescens* ist z.T. sogar vollständig abgestorben. Die Nordhänge verbuschen zunehmend mit *Salix repens*, *Lonicera periclymenum* und z.T. auch *Rosa pimpinellifolia*. *Polypodium vulgare* kommt auch hier in großer Zahl auf. In Wegesnähe zeigt *Elymus arenarius* einen Kalk- bzw. Stickstoffeintrag an. Dieser Hinweis auf eine Ruderalisierung wird durch das Vorkommen von *Asparagus officinalis* unterstrichen. Der hohe Anteil an Moosen und Flechten ist ein Hinweis auf konsolidiertes Substrat, was bedeutet, daß die Dünen ein relativ hohes Alter aufweisen und daß die Wühltätigkeit von Kaninchen hier immer noch recht gering ist. Die Verbreitung der Gesellschaften ist in Karte 2 dargestellt.

9.3 Bewirtschaftung der Grundwasserlinse

Der obere Grundwasserspiegel der Süßwasserlinse liegt in der Mitte der Insel am höchsten und neigt sich von dort sowohl seewärts als auch wattwärts. Die Beeinflussung des Grundwasserspiegels erfolgt einerseits durch die geförderten Wassermengen, andererseits aber auch durch die Niederschlagsmengen, welche in unserem Klima immer wieder das Auffüllen des Grundwasserkörpers und ein Ansteigen des Wasserspiegels bedingen. Schwankungen des Grundwasserspiegels sind von entscheidender Bedeutung für den Aufbau und die Struktur der Vegetation in Dünentälern. Kurzfristige und jahreszeitliche Wasserstandsschwankungen sind dabei unerheblich. Langfristige Änderungen des Grundwasserstandes wirken aber nachhaltig; ihre Wirkungskomplexe zu analysieren und etwaige Ursachen von Veränderungen aufzuzeigen, ist jedoch nicht immer leicht. So können natürliche Änderungen des Grundwasserstandes bei Ausweitung oder nach Rückweichen der Küstenlinie meereswärts auftreten; Bildungen neuer Dünenkomplexe führen zum Steigen des Grundwassers in benachbarten Dünentälern und beeinflussen somit die Vegetation (POTT & PETERS 1997, WOLFF 1997).

Auf Norderney erfolgt die **Trinkwassergewinnung** aus der **Süßwasserlinse** im Untergrund, die vom Wasserturm bis zum Leuchtturm aufgrund der geologischen Verhältnisse eine Mächtigkeit von bis zu 80 m hat. Der Grundwasserspiegel stellt sich in Abhängigkeit vom Relief, von den Niederschlägen und der Evapotranspiration sowie von der Wasserentnahmemenge auf eine bestimmte Höhe über NN ein. Im Dünengelände der Insel gelangen jährlich etwa 40% der Niederschläge in den Grundwasserspeicher. Dabei beträgt die Grundwasserneubildungsrate im Sommer etwa 35% und im Winter 45% (RÜFFER & WICHMANN 1983). Die jährliche Fördermenge liegt bei etwa 1 Mio. m³ (1991: 996.000 m³). In den Monaten Juli und August werden mit 150.000 bis 200.000 m³ die größten Mengen aus der Süßwasserlinse entnommen. Es stehen 35 Brunnen für die Förderung aus dem oberflächennahen Bereich von 10 - 20 m Tiefe zur Verfügung. An den Brunnen entstehen durch die Wasserentnahme Absenkungstrichter der Grundwasserlinse, die in sandigem Substrat eine unterschiedlich große horizontale, aber nur geringe vertikale Ausdehnung erreichen können.

Die Wasserversorgung erfolgt über **zwei Wasserwerke**. Das eine, Wasserwerk I, liegt im Stadtgebiet und bezieht das Wasser aus Förderbrunnen im Kiefernwaldchen. Es wurde im Jahre 1889 in Betrieb genommen, 1929 wurde der Wasserturm gebaut. Bis 1937 erstreckte sich die Förderung auf 19 Tief- und 4 Flachbrunnen. Weil der hohe Wasserverbrauch in den Sommermonaten in den 50er Jahren zur Versalzung einiger Brunnen führte, wurde im Mittelteil der Insel, wo die Süßwasserlinse ihre größte Mächtigkeit besitzt, ein zweites Wasserwerk errichtet. Das Wasserwerk II befindet sich im Bereich der Bakenlegde, wo

auch das Wasser entnommen wird. Ein Teil der Brunnen wurde 1959 in Betrieb genommen, ein weiterer Teil 1970.

Voraussetzungen für die schonende und nachhaltige Nutzung einer Süßwasserlinse sind ein wirksamer flächendeckender Grundwasserschutz und eine standortangepaßte Stabilisierung der Linse durch entsprechende Bewirtschaftungs-, Küstenschutz- und gegebenenfalls Anreicherungs-Maßnahmen.

9.3.1 Grundwasserstandsmessungen an Peilbrunnen

Die Stadtwerke Norderney stellten Pegelstandsmessungen mehrerer Peilbrunnen zur Verfügung. Diese Peilbrunnen liegen im Bereich des Kiefernwäldchens, in den **Meiereiwiessen** und in der **Bakenlegde**. Die Werte geben die Pegelstände für die Zeiträume 1953 bis 1961, 1974 bis 1980 und 1987 bis 1991 wieder.

In Abb. 85 wird die Höhe des Grundwasserstandes am Peilbrunnen P1 dargestellt, der sich am südöstlichen Rand des Kiefernwäldchens befindet. Die Geländeoberkante liegt hier bei 5,26 m NN. Die Kurven zeigen den Jahresverlauf in Abhängigkeit von den Niederschlägen und dem schwankenden Grundwasserstand. Zusätzlich zur Grundwasserkurve sind die Niederschlagsmengen eingetragen. Zwischen 1953 und 1961 pendelte die Grundwasserstandskurve, von einem Extremwert im Winter 1953/54 abgesehen, um einen Mittelwert von 1,36 m NN. Im Winter und Frühjahr lag sie 2 bis 4 dm höher, im Sommer und Herbst entsprechend tiefer. Dabei ist bis 1960 eine leicht abnehmende Tendenz zu erkennen, bis im Frühjahr 1961 mit etwa 2,2 m NN ein erneuter Höchststand erreicht wurde. In dem Zeitraum von 1974 bis 1980 lag der Wasserstand bei P1 insgesamt wesentlich höher. Er wies ein Maximum bei über 4 m NN und ein Minimum bei knapp 3 m NN auf, im Mittel betrug die Höhe 3,61 m NN. Die Kurve, die die Zeit von 1987 - 1991 repräsentiert, verhält sich ganz ähnlich wie die aus den 50er Jahren, verläuft aber insgesamt etwas gleichmäßiger bei einer mittleren Höhe von 1,58 m NN. Es ist davon auszugehen, daß der in den 70er Jahren um etwa 2 m höher liegende Grundwasserstand auf geringere Fördermengen in der Umgebung des Peilbrunnens P1 zurückzuführen ist.

Am Peilbrunnen P6 (Abb. 86) wurde der Grundwasserstand im Westen der Bakenlegde gemessen, die Geländeoberkante liegt hier bei 2,8 m NN. Alle drei Kurven spiegeln die jahreszeitlichen Schwankungen wider, wobei für die 50er Jahre – wie schon bei P1 – eine insgesamt abnehmende Tendenz zu erkennen ist. Die Höchststände lagen hier bei etwa 2,5 m NN, die niedrigsten bei 1,5 m NN. Der Mittelwert betrug 2,02 m NN.

Demgegenüber zeigt der Kurvenverlauf für die 70er Jahre im Mittel einen Grundwasserstand von 1,19 m NN an und liegt damit um ca. 80 Zentimeter niedriger. In dem Zeitraum von 1988 bis 1994 liegt die Kurve mit Minima von 1,5 m NN und Maxima von 2,3 m NN wieder etwas höher, erreicht aber mit einem Mittelwert von 1,67 m NN nicht wieder den Durchschnittswert der 50er Jahre.

An beiden Meßpunkten sind die Grundwasserstände in den 70er und 80er Jahren durch einen regelmäßigeren Verlauf geprägt als in den 50er Jahren, worin sicherlich die umsichtige Bewirtschaftungsweise der Grundwasserlinse zum Ausdruck kommt. Die Mittelwerte des Grundwasserstandes schwanken bei beiden Peilbrunnen zwischen den genannten Zeiträumen erheblich.

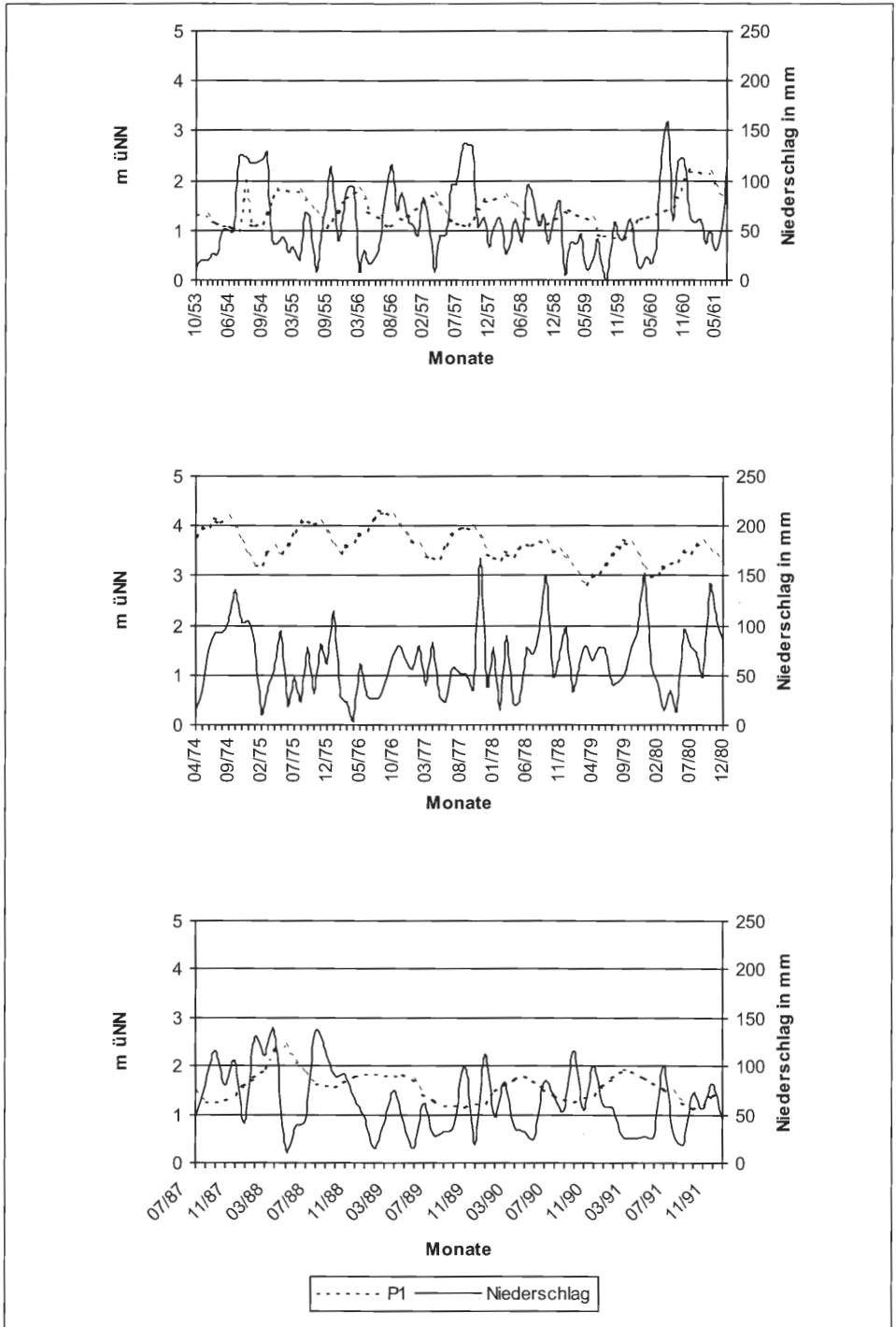
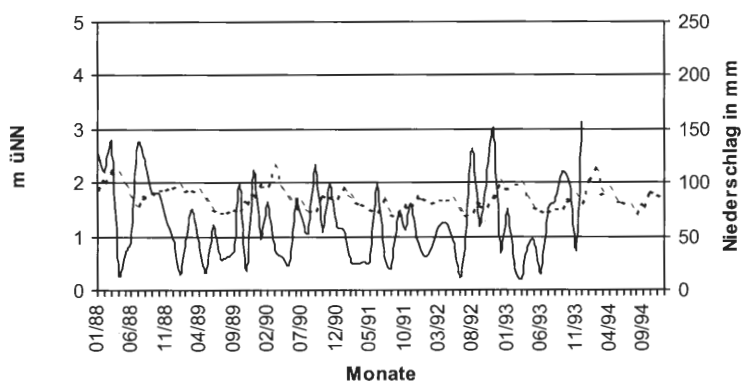
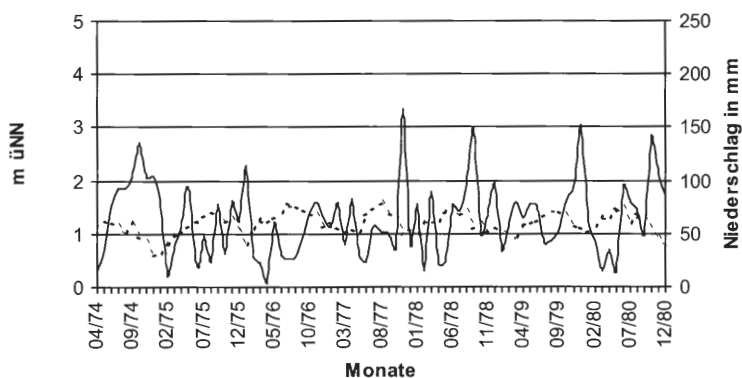
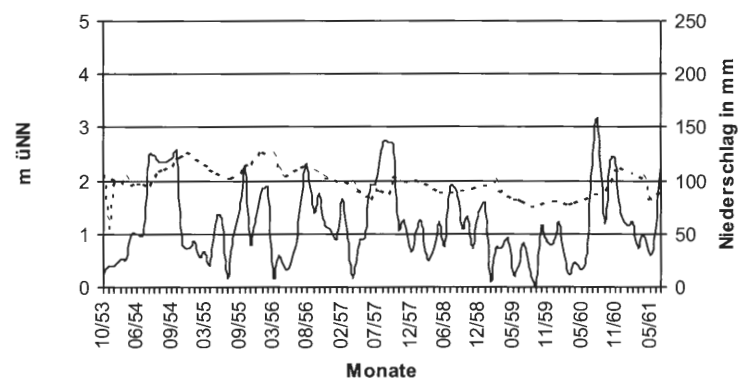


Abb. 85: Grundwasserstände am Peilbrunnen 1 (Kiefernwäldchen) in den Zeiträumen von 1953 bis 1961, von 1974 bis 1980 und von 1987 bis 1991



----- P6 ——— Niederschlag

Abb. 86: Grundwasserstände am Peilbrunnen 6 (Bakenlegde) in den Zeiträumen von 1953 bis 1961, von 1974 bis 1980 und von 1988 bis 1994

9.3.2 Ermittlung von Vegetationsveränderungen in grundwassernahen Bereichen (Dünentäler) aus Kartenvergleichen

Weil die Vegetation Indikatorfunktion besitzt und am besten die abiotischen Standortbedingungen widerspiegelt, ermöglichen Veränderungen in der Zusammensetzung der Pflanzendecke Rückschlüsse auf Änderungen zahlreicher Standortbedingungen, zu denen in den Dünentälern auch der Grundwasserstand gehört. Im Archiv Tüxen des Institutes für Geobotanik liegen Karten und Tabellen vor, die vegetationskundliche Arbeiten von REINHOLD TÜXEN und Mitarbeitern dokumentieren, welche in den 30er und 40er Jahren auf den Ostfriesischen Inseln durchgeführt worden sind. Stellt man beispielsweise die Vegetationskarte Norderneys von NEUMANN aus dem Jahre 1949 einer neueren Vegetationskarte von HOBOM (1993) gegenüber, so lassen sich für die Dünentäler deutliche Unterschiede im Mosaik der Pflanzengesellschaften herausarbeiten.

NEUMANN kartierte vor allem im Bereich der Bakenlegde das *Saliceto-Caricetum fuscae* (Kriechweiden-Braunseggen-Gesellschaft) und das *Pyrolo-Salicetum* (Wintergrün-Kriechweiden-Gebüsch). Die erstgenannte Assoziation wird heute als solche nicht mehr geführt, ihre beteiligten Arten sind in Dünentälern jedoch häufig anzutreffen. Sie besiedeln vorwiegend Flachmoorböden im mäßig sauren Bereich. *Carex fusca* (= *Carex nigra*, Braune Segge) gilt dabei als Vernässungszeiger. Das *Pyrolo-Salicetum* ist Bestandteil der Hygroserie, d. h. einer natürlichen Sukzessionsreihe der Gesellschaften feuchter Dünentäler. Häufig steht diese Pflanzengesellschaft am Rand der Dünentäler im Kontaktbereich zu den Dünen, wo auch leichte Sandeinwehungen eine Rolle spielen können. Das *Pyrolo-Salicetum* kann sich über Krähenbeer- und Kriechweiden-Stadien mit *Empetrum nigrum* und *Salix arenaria* sowie die Krähenbeer-Glockenheide-Gesellschaft (*Empetro-Ericetum tetralicis*) zu Weidengebüsch vom Typ des *Salicetum pentandro-cinereae* und zum Dünen-Birkenwald weiterentwickeln (POTT 1995a).

Das *Caricetum fuscae* und das *Pyrolo-Salicetum* sind in der Bakenlegde nicht mehr anzutreffen. Hier konnte sich bis heute großflächig Dünenbirkenwald ausbreiten, daneben treten vereinzelt Krähenbeer-Heiden auf. Der Unterwuchs des Birkenwaldes läßt großflächig keine Verwandtschaft mehr zu typischen Sukzessionsstadien der Vegetation feuchter Dünentäler erkennen. Mit hohen Deckungswerten sind hier *Anthoxanthum odoratum* und *Poa pratensis* vertreten, beides häufige Arten der trockenen Dünen. Es ist davon auszugehen, daß das schnelle Voranschreiten der Sukzession mit einer Absenkung des Grundwasserspiegels im Wassergewinnungsgebiet des Wasserwerkes II in Zusammenhang steht, fördernd hat hierbei wahrscheinlich die partielle Anpflanzung von Birken gewirkt. An dieser Stelle ist anzumerken, daß die Birke dort, wo sie Fuß gefaßt hat, die Standortbedingungen zu ihren Gunsten verändert. Sie entzieht dem Boden sehr viel Wasser und verschafft sich dadurch einen Konkurrenzvorteil gegenüber feuchtigkeits- oder nassebedürftigen Pflanzen. So können additive Phänomene von natürlicher Sukzession einer Dünentalvegetation zum Birkenwald, nachhelfende Birkenanpflanzungen sowie Grundwasserabsenkungen im Tal der Bakenlegde gewirkt haben.

9.3.3 Rückschlüsse auf Grundwasserstandsänderungen

Wie in Kap. 9.3.1 erläutert, zeigen die Meßwerte der Peilbrunnen P1 und P6 zwischen den dargestellten Zeiträumen der 50er und 70er Jahre und um 1990 erhebliche Unterschiede der Grundwasserstände. Nach FAHSOLD (1960) hängt die Höhe des Grundwasserstandes vom Relief, von den Niederschlägen, von der Evapotranspiration und von der Wasserentnahme ab. Alle in den Abbildungen 86 bis 88 angeführten Messungen erfolgten immer bezogen auf NN (Amsterdamer Pegel) und sind mit dieser Bezugsbasis direkt vergleich-

bar. Darüber hinaus wird an beiden Peilbrunnen für die genannten Zeiträume die Geländeoberkante mit jeweils einheitlicher Höhe angegeben. Veränderungen der Wasserstände in den feuchten Dünentälern, die sich aus einem Pulsieren der Süßwasserlinse mit der Tide ergeben, sind jedoch niemals auszuschließen und werden dementsprechend in den Dünentälern sichtbar. Winterliche Hochwasserstände zeigen das regelmäßige auf vielen Nordseeinseln.

Der Peilbrunnen P1 liegt am Kiefernwäldchen. Aufgrund seiner hohen Lage im Gelände und der dadurch bedingten größeren Entfernung des Wurzelraumes aller Bäume von der Grundwasseroberfläche ist auszuschließen, daß es in diesem Gebiet (vom Blautal abgesehen) zu einem früheren Zeitpunkt grundwasserabhängige Vegetation gegeben hat. Eine Absenkung des Grundwasserspiegels führt hier nicht zu einer Artenverschiebung in der Pflanzendecke.

Die Wasserstandsgraphiken zeigen von der Mitte der 50er Jahre bis um 1990 eine Absenkung des Grundwasserstandes um etwa einen halben Meter, in den 70er Jahren lag der Wert noch einmal um den gleichen Betrag niedriger. Bedenkt man, daß die kapillare Steighöhe des Wassers in Sandböden sehr niedrig ist – MÜCKENHAUSEN (1977) gibt hierfür als Richtwert 30 cm an – und daß die Vegetation der Dünentäler auf einen zumindest zeitweiligen Kontakt zum Grundwasser angewiesen ist, so wird deutlich, daß schon ein Absenken des Grundwasserspiegels um einige Dezimeter gravierende Auswirkungen auf diese Pflanzengesellschaften haben kann.

Der indirekte Nachweis von **Grundwasserabsenkungen** ausschließlich über Vergleiche von Vegetationskarten unterschiedlichen Alters ist mit großen Unsicherheiten behaftet, weil Vegetationsveränderungen häufig durch ein ganzes Faktorenbündel gesteuert werden. Wir haben es am Beispiel der Bakenlegde bereits gesehen – es sind zwar deutliche Unterschiede zwischen der Situation vor 50 Jahren und heute festzustellen, eine eindeutige Klärung der Ursachen für die Verbuschung ist aber nicht möglich. So kann der Einfluß von Sandeinwehungen nicht generell ausgeschlossen werden. Angesichts der in den letzten Jahrzehnten erfolgreich durchgeführten Dünenfestlegungen ist ein solcher Eintrag größeren Ausmaßes aber derzeit unwahrscheinlich. Wahrscheinlich wird die Tendenz der natürlichen Sukzession, die in trockeneren Bereichen der Dünentäler auf eine Verbuschung ausgerichtet ist, durch Grundwasserabsenkungen verstärkt. Konkrete Hinweise für solche Vorgänge liefern langjährige Meßreihen von Wasserständen. Allein die Kombination von Kartenvergleichen und Peilbrunnenmessungen gewährleistet Rückschlüsse auf wasserstandsbedingte Vegetationsveränderungen.

Weil eine zufriedenstellende Klärung dieser Fragestellungen mit vegetationskundlichen Methoden und angesichts des geringen verfügbaren Datenbestandes aus Peilbrunnenmessungen Schwierigkeiten bereitet, soll an dieser Stelle kurz auf eine neuere Veröffentlichung von MÜLLER et al. (1997) zur Bewirtschaftung der Norderneyer Grundwasserlinse eingegangen werden. Hierin werden erste Ergebnisse einer Modellierung des Grundwasserstandes sowohl mit als auch ohne Wasserförderung vorgestellt. Die Modellierung wurde mit dem Modell ModFlow durchgeführt. Das Modell ist dem Zustand der Grundwasserförderung entsprechend geeicht und validiert, weil alle hydraulischen Grundbedingungen ohne Grundwasserförderung nicht bekannt sind. Abb. 87 zeigt, daß sich im Einzugsbereich des Wasserwerkes II ein Absenkungstrichter herausgebildet hat. Hier liegt der Grundwasserstand bei 0,4 m NN. Im Osten und im Westen schließen sich Grundwasserhochlagen mit Höhen von über 1,4 m NN an. Im Siedlungsbereich, in dem das Wasserwerk I fördert, ist ein flacherer Absenkungstrichter entstanden, der nur an einem abweichenden Verlauf der 0,6 m-Isohyse zu erkennen ist.

Der in Abb. 88 dargestellte Zustand ohne Grundwasserförderung wurde unter gleichbleibenden Bedingungen bei Herausnahme der Förderbrunnen aus dem Modell ermittelt. Im

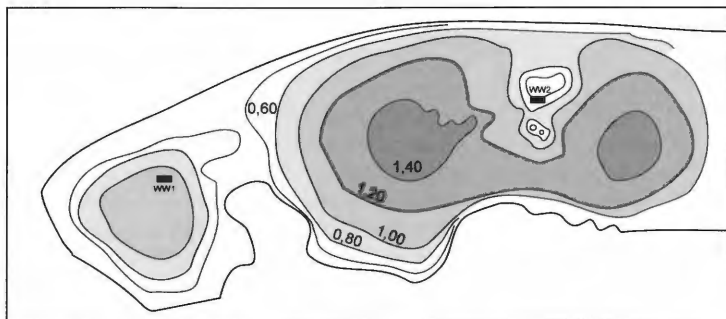


Abb. 87: Grundwasserstandisohypsen bei Grundwasserförderung (aus MÜLLER et al. 1997)

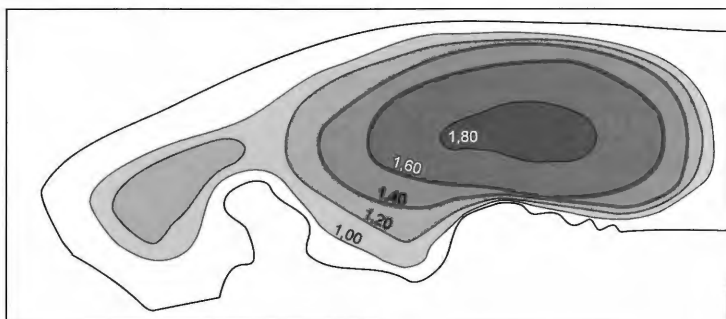


Abb. 88: Grundwasserstandisohypsen ohne Grundwasserförderung (aus MÜLLER et al. 1997)

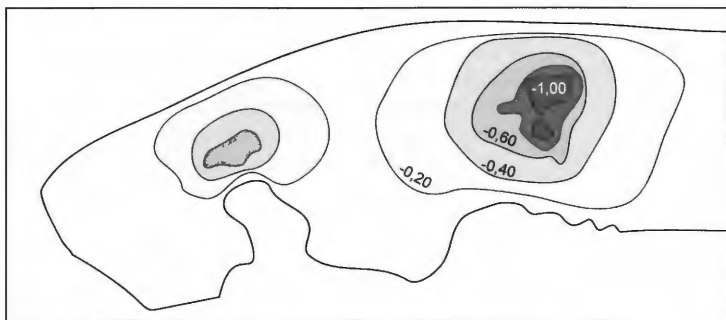


Abb. 89: Grundwasserstandsdifferenzen (aus: MÜLLER et al. 1997)

Förderbereich des Wasserwerkes II wird mit 1,8 m NN der höchste Grundwasserstand erreicht. Hier besitzt die Süßwasserlinse dementsprechend ihre insgesamt größte Mächtigkeit. Nach Westen und Osten nehmen die Grundwasserstände ab. Im Bereich des Westkopfes der Insel gibt es eine weitere, jedoch schwächer ausgeprägte Grundwasserhochlage mit Höhen von > 1,2 m NN.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß sich eine umweltschonende, nachhaltige **Grundwasserbewirtschaftung** am natürlichen Wasserkreislauf und an der **Grundwasserneubildungsrate** der Insel orientieren muß. Die besonderen hydrogeologischen Grundbedingungen, die hydraulisch variable Salz- und Süßwassergrenze, der normalerweise hohe Grundwasserstand der Süßwasserlinse und die sorptionsschwachen Dünenände als Grundwasserleiter sind dabei zu berücksichtigen. Die Feuchtbiopte der Dünentäler sind

allesamt grundwasserabhängig und können Grundwasserstandsschwankungen nur in einem relativ schmalen Toleranzbereich schadlos überstehen. Längerfristiges Austrocknen führt dabei zur Durchlüftung organischer Bodenschichten und zur forcierten Mineralisation der oberen Bodenhorizonte mit den Folgen kurzfristig oder langfristig hoher Ammonium- und Nitratkonzentrationen (vgl. auch GROOTJANS et al. 1991 sowie ERNST et al. 1996).

Neue Forschungsarbeiten mit dem Ziel der Erarbeitung praktikabler Konzepte für eine dauerhafte und umweltschonende Grundwasser- und Bodenbewirtschaftung unter Beobachtung der Tragekapazität und Belastungsfähigkeit werden derzeit für Norderney vorbereitet (s. MÜLLER et al. 1997, MATTHESS 1997). Dabei sollen fachübergreifende kritische **Toleranzbereiche** sowie **Optimalbereiche** auch für die Naturschutzflächen und deren Randzonen ermittelt werden, die langfristig eine standortspezifische Steuerung der Grundwasserbewirtschaftung ermöglichen.

Mögliche Konflikte zwischen den Interessen einer intensiven touristischen Nutzung der Insel einerseits und den hohen Ansprüchen des Nationalparks andererseits um die natürliche Ressource des süßen Grundwassers können damit entschärft oder gar vermieden werden. **Norderney** ist dabei als **Modell** für Fragen der nachhaltigen Entwicklung für Küstengebiete mit variabler Salz- und Süßwassergrenze überaus geeignet. Dabei kann voraussichtlich gezeigt werden, inwieweit durch geeignete Spar- und Substitutionsmaßnahmen – hier am Beispiel Süßwasser aus Eigenversorgung – weitere **Entwicklungspotentiale** für die Insel erschlossen werden können. Dabei können als Maßnahmen zur Stabilisierung des Wasserhaushaltes folgende Punkte diskutiert werden:

- Nutzung von Regenwasser und ungeklärtem Abwasser zur Versickerung und Infiltration außerhalb der Trinkwasserschutzzonen (s. EBELING et al. 1989).
- Vermeidung allzu starker Süßwasserabflüsse ins Meer
- Reduktion der Grundwasserförderung in der Nähe sensibler Feuchtbiotope (Dünentäler)
- Maßnahmen zur Förderung des Wassersparens

Dies alles sind Grundlagen für einen **integralen Naturschutz**, der in so komplexen Ökosystemen, wie es die Dünentäler sind, zum Tragen kommen muß.

Abb. 89 verdeutlicht zusätzlich die Differenzen in der Grundwasserstandshöhe zwischen dem Zustand mit und dem ohne Förderung. Die Grundwassermodellierung zeigt, daß es in den Förderbereichen beider Wasserwerke zu einer Absenkung des Grundwasserspiegels gekommen ist, im Bereich der Bakenlegde in stärkerem Maße als im Siedlungsgebiet.

Bei Modellierungen ist zu berücksichtigen, daß sie immer mit einer Vereinfachung der realen Verhältnisse verbunden und mit einem gewissen Fehlerquotienten behaftet sind. Aber selbst, wenn man von einem unrealistisch hohen Fehlerquotienten von 50 % ausgeht, ergibt sich für die Bakenlegde eine Absenkung von bis zu 0,5 m. Bei der bereits erwähnten geringen Kapillarität von Sandböden können Auswirkungen auf die Vegetation nicht ausbleiben. Ein weiteres interdisziplinäres Forschungsprojekt zur umweltverträglichen Grundwasserbewirtschaftung auf Norderney ist für die nächsten Jahre geplant.

10. Ein zusammenfassendes Konzept einer umweltgerechten Raumnutzung

An dieser Stelle sollen noch einmal alle Faktoren präsentiert werden, die, wie wir im Rahmen unserer Untersuchung nachweisen konnten, eine nachhaltige Wirkung auf den Landschaftshaushalt der Insel Norderney ausüben.

Darüber hinaus werden Maßnahmen vorgestellt, welche geeignet sind, schädliche Einflüsse zu mindern oder gar zu unterbinden. Objekte dieser Betrachtung sind die freie Insellandschaft, das Stadtgebiet und der Komplex Versiegelung, Verkehr, Abfall, Wasser und Küstenschutz.

10.1 Synthese der anthropo-zoogenen Einflüsse

Allgemein betrachtet sind auf Norderney heute die Watt-, Salzwiesen- und Dünenlandschaften nicht akut gefährdet:

Die Gefährdung der Wattengebiete allgemein ist im wesentlichen auf Verschmutzungserscheinungen zurückzuführen, deren Ursachen einen überregionalen Charakter haben. Das Schiffsunglück von 1998 und die derzeitige Ölpest vor Amrum machen dies deutlich. Beeinträchtigungen durch regionale Phänomene sind auf Norderney nicht nachweisbar. Auch die verschiedenen Tümpel und Kleingewässer auf Norderney sind in ihrem Zustand als naturnah zu bezeichnen. Zwar weichen die Ergebnisse der hydrochemischen Messungen z.T. sehr stark voneinander ab, jedoch sind die Ursachen hierfür nicht auf anthropogene Faktoren zurückzuführen. Vielmehr ist entscheidend, ob die Gewässer im ehemaligen Salzwiesenbereich oder im Dünen Gelände liegen, bzw. wie groß sie sind. Die anderen Lebensräume unterliegen aber sowohl direkten als auch indirekten Einflüssen von Mensch und Tier. Als Folge treten Landschafts- und Vegetationsveränderungen auf, die teilweise einen linienhaften (z.B. Tritt), teilweise einen flächenhaften Charakter (z.B. Beweidung durch Kaninchen) haben.

Gravierende Veränderungen der Vegetation gegenüber dem unbeeinflussten Gelände sind im Einflußbereich der Wege nachweisbar. Hinsichtlich der Frage, durch welche Artenspektren die naturnahe, inseltypische Vegetation ersetzt wird, ist zwischen Dünen Gelände und Salzwiese zu unterscheiden.

Die Häufigkeit von Störeeignissen wie Betreten und Befahren entscheidet darüber, ob die Vegetation eines Wuchsortes genügend Zeit hat, sich zu regenerieren, eine Artenverschiebung hin zu beispielsweise trittresistenteren Arten stattfindet oder ob die Vegetationsdecke generell zerstört wird. In diesem Fall, aber auch schon bei geringer Vegetationsbedeckung, kann es zur Ausblasung ungeschützten Bodens kommen. Je nach der Lage zur Hauptwindrichtung und nach der Lage im Relief – je höher, desto exponierter – ist die Gefahr der Winderosion außerordentlich groß.

Innerhalb des Dünen Geländes stellen sich entlang der Wege zahlreiche Arten der Ruderal- und der Trittgemeinschaften ein. Das gilt sowohl für die Wanderwege, die durch Fußgänger und Radfahrer genutzt werden, als auch für die Reitwege. In welchem Verhältnis der Anteil dieser Arten zu dem der Arten der naturnahen Vegetation, v.a. der Tertiärdünen, mengenmäßig steht, hängt vom Ausmaß des anthropogenen Einflusses ab. Je häufiger Flächen betreten werden, desto mehr trittanzeigende Arten siedeln sich an, jedenfalls solange es nicht zur vollständigen Zerstörung der Vegetationsdecke kommt und, was in erster Linie für die trockenen Dünen gilt, zu Erosionsprozessen. Die meisten Arten der Trittgemeinschaften werden durch nährstoffreiche Bedingungen gefördert, so daß sie sich v.a. dort entwickeln, wo sich Eutrophierungserscheinungen und Tritteinfluß überlagern. Wo letzterer nachläßt, mischen sich hauptsächlich Ruderalpflanzen unter die typischen Dünenpflanzen. Neben den nutzungsbedingten Einflußgrößen spiegelt die Vegetation gleichzeitig die natürlichen Standortfaktoren, v.a. die Bodenfeuchte und den Humusgehalt, wider.

Es ist eindeutig festzustellen, daß Ruderalarten besonders dann Dominanzbestände aufbauen, wenn standortfremdes Material wie Mutterboden, Steingrus oder Heu im Bereich

der Wege eingebracht wurde. Damit werden geeignete Wuchsplätze für Nitrophyten geschaffen. Bei der Artenzusammensetzung spielt hier allerdings auch die im Boden vorhandene Samenbank eine Rolle.

Die Reitwege wurden innerhalb des Dünengebietes mit dem Ziel, die Winderosion zu vermindern, auf weiten Strecken mit Heu abgedeckt (Abb. 90). Dies führt zu einer Anreicherung des Dünenandes mit humosen Substanzen und Nährstoffen und fördert die Ansiedlung von Nitrophyten.



Abb. 90: Abdeckung der Reitwege mit Heu im Mittelteil von Norderney

Trotz der teilweise sehr starken Artenverschiebungen im direkten Einflußbereich der Wege scheint von dort eine Ausbreitung in das angrenzende Gelände der trockenen Dünen und auch der Dünentäler nicht zu erfolgen. Nicht nur die Tritt-, sondern auch die Ruderalarten sind an den Bereich der direkten Einwirkung der sie bedingenden Faktoren gebunden, und ihre Ausbreitung in den Bereich der nährstoffarmen Graudünen konnte nicht beobachtet werden. Hier zu erkennende Eutrophierungsprozesse stehen, zumindest soweit sie punktuell vorkommen, meist mit der Teek-Einbringung und der Kaninchenpo-

pulation im Zusammenhang. An dieser Stelle muß aber betont werden, daß die Gefahr eines Windeintrages von nährstoffreichem Material in die Umgebung dennoch ständig gegeben ist.

Die aufgelassenen Pfade in den Dünen werden, wenn die Trittbelastung nachgelassen hat, fast ausschließlich von typischen Vertretern der Düningesellschaften, d.h. von Arten der Klasse der *Elymo-Ammophiletea* (Weißdüningesellschaften) und der *Koelerio-Corynephoretea* (Graudüningesellschaften) eingenommen. Zunächst erfolgt die Besiedlung nur sehr dünn; bis wieder von einer Pflanzendecke gesprochen werden kann, vergehen Jahre. Der Sandpionier *Carex arenaria* (Sandsegge), *Ammophila arenaria* (Strandhafer) und *Corynephorus canescens* (Silbergras) stellen sich als erste ein. Sie sind später am Aufbau der sich entwickelnden Pflanzengesellschaften beteiligt. Bei der Wiederbesiedlung spielt die Zusammensetzung der angrenzenden Vegetation eine sehr große Rolle.

Für den Dünenaltbereich ist zusammenfassend festzuhalten, daß sich in dem aufgelassenen Reitweg im nördlichen Südstrandpolder schon wenige Jahre nach der Aufgabe der Nutzung Arten etabliert haben, die auch die Gesellschaften in seiner Umgebung, also in weitgehend ungestörten Flächen aufbauen. Das heißt, daß der Weg als Standort in seinen abiotischen Faktoren durch die ehemalige Nutzung nicht so weit verändert wurde, daß sich Störzeiger, insbesondere Nitrophyten oder auch Trittpflanzen, ausbreiten konnten. Auf dem Weg hat eine Verschiebung der Standortbedingungen hin zu stärkerer Vernäsung durch trittbedingte Verdichtung, aber auch durch Eintiefung nach Materialumlagerung stattgefunden, die den Ansprüchen der Dünenaltarten jedoch nicht entgegen läuft. Die Verdichtung des Bodens hat nicht zu einer wesentlichen Verschiebung des Arteninventars geführt, weil die typischen Pflanzen der Dünenaltarten an nasse Böden und zumindest zeitweilige Überflutung angepaßt sind bzw. sie sogar benötigen. Zudem kann davon ausgegangen werden, daß die Verdichtung in Frostperioden durch das Gefrieren des Wassers in den Bodenhohlräumen über längere Zeiträume hinweg abgeschwächt, vielleicht sogar aufgehoben wird.

Ein Nährstoffeintrag durch die Pferde läßt sich anhand der Vegetation nicht deutlich feststellen; lediglich einige schwach entwickelte Exemplare von *Juncus conglomeratus* (Knäuelbinse) im *Empetro-Ericetum* (Krähenbeer-Glockenheide-Gesellschaft) könnten ein Hinweis auf leicht erhöhte Nährstoffgehalte sein. Das muß aber nicht zwangsläufig der Fall sein. Ein stärkerer Nährstoffeintrag hätte zu einer tiefgreifenden und lange anhaltenden Umgestaltung der Vegetation geführt.

Daß sich gerade im Bereich des aufgelassenen Weges *Juncus bulbosus* (Zwiebelbinse) in relativ großen Beständen angesiedelt hat, während sie in den umliegenden Flächen nur vereinzelt auftritt, hängt damit zusammen, daß der Weg eingetieft wurde und gleichzeitig nur dünn bewachsen war. Dadurch nahm die Bodennässe zu, und die Konkurrenzbedingungen für die Pionierpflanze wurden verbessert. Beides sind Bedingungen, die sich auch auf den Mittleren Sonnentau (*Drosera rotundifolia*) fördernd auswirkten.

Die hier beschriebene Tatsache, daß ein ehemaliger Weg Wuchsort von Rote Liste-Arten sein kann, darf nicht dahingehend mißverstanden werden, daß diese Nutzung zu fördern sei. Sie stellt einen Eingriff in die Landschaft dar und die natürliche Sukzession ist hier zu akzeptieren, auch wenn in ihrem Verlauf einige Arten seltener werden oder verschwinden.

Im Bereich der Salzwiesen sind Spuren der ehemaligen landwirtschaftlichen Nutzung ebenso wie die Anlage von Gruppenbeeten noch sichtbar. Glykophile Ruderal- und Trittarten können sich dagegen aufgrund des Salzgehaltes des Bodens hier nicht durchsetzen. Statt dessen erscheinen auch im Einflußbereich der Wege überwiegend Salzwiesenpflanzen. Viele Halophyten sind an feuchte bzw. nasse Böden – wobei es keine Rolle spielt, ob diese Eigenschaften durch trittbedingte Verdichtungen zustande gekommen oder natürlich

sind – und eutrophe Verhältnisse angepaßt. Der Hauptunterschied zu den umgebenden Flächen liegt häufig darin, daß es zu Verschiebungen in den Dominanzverhältnissen kommt. Entlang der Wege treten zudem Pflanzengesellschaften und deren Fragmente auf, die auch durch Beweidung gefördert werden. Diese traditionelle Nutzung wird hier durch den Tritteinfluß der Wanderer und durch Kaninchenfraß ersetzt. Im Bereich der Wege kommt es in den Salzwiesen in der Weise zu Verschiebungen der Standorteigenschaften, daß sie den Charakter eines anderen naturnahen Standortes annehmen.

Die Bodenuntersuchungen haben ergeben, daß der Stickstoffgehalt auf Reitwegen, die mit Heu abgedeckt worden waren, deutlich erhöht ist. Mit der Heuabdeckung ist ein Eintrag von humosen Substanzen und Nährstoffen in die von Natur aus humus- und nährstoffarmen Dünen verbunden. Dementsprechend stellen sich, wie bereits erwähnt, nitrophytische Arten ein, insbesondere Brennesseln. Nicht abgedeckte Reitwege zeigen keine Erhöhung der Stickstoffwerte.

Für die Fußwege in den Dünen konnten keine einheitlichen Ergebnisse gewonnen werden. Mit zunehmender Entfernung von den Wegen kann sowohl eine Verringerung als auch eine Erhöhung der Stickstoffwerte gegeben sein. Es ist davon auszugehen, daß sich die Fußwege insgesamt in Bezug auf die Nährstoffgehalte „neutral“ verhalten, daß in Bereichen mit erhöhtem N-Gehalt jedoch ein zusätzlicher anthropogener Eintrag in Form von Erde oder humosem Material zur Stabilisierung des Wegrandes stattgefunden hat.

In den Salzwiesen liegen die Stickstoffgehalte von Natur aus insgesamt wesentlich höher als in den Dünen. Hier wurden in den betretenen Flächen geringere Stickstoffwerte festgestellt als in der unbeeinflussten Umgebung. Dieser Sachverhalt steht mit der ausgeprägten Bodenfeuchte bzw. -nässe und dem geringen Porenvolumen im Zusammenhang. Beides bedingt eine schlechte Durchlüftung des Bodens, die durch das Betreten noch verstärkt wird. Eine durch Bodenbakterien verursachte Denitrifikation, die den Sauerstoffmangel kompensiert, führt zu geringeren Stickstoffgehalten.

Betrachtet man über den Einflußbereich der Wege hinaus das gesamte Norderneyer Dünengebiet – die Dünentäler ausgenommen –, ist festzustellen, daß sich der Einfluß touristischer Nutzung (vgl. Abb. 91) weit weniger auswirkt als die Kaninchenpopulation. Während die anthropogenen Nutzungseinflüsse im Gelände ein eher linienhaftes Muster haben, führen Fraß und Wühltätigkeit der Kaninchen in der gesamten Fläche zur Eliminierung zahlreicher Pflanzenarten und dazu, daß die vollständige Entwicklung der unterschiedlichen, naturnahen Pflanzengesellschaften, die die Dünensukzession begleiten, unterbleibt (vgl. auch Kap. 7.1). Die Kaninchen fressen selektiv, d.h. sie bevorzugen bestimmte Arten, und sie können deren mehr oder weniger vollständige Verdrängung bewirken. Besonders offenkundig wird die übergroße Bedeutung der Kaninchen für den Zustand der Insellandschaft, wenn man den Grad der Beeinflussung bzw. der Veränderung natürlicher Strukturen auf Norderney mit der Intensität der Kaninchenbeweidung vergleicht (Abb. 92, 93). Weil jedoch eine Abwanderung von Kaninchen auf den Düneninseln nicht möglich ist, natürliche Feinde mehr oder weniger ausfallen und Dünengesellschaften relativ störanfällig sind, kann eine Beweidung auf den Ostfriesischen Inseln nicht befürwortet werden. Eine Dezimierung des Kaninchenbestandes würde dagegen die Regenerierung zahlreicher Pflanzenarten einleiten und die Arten- und Strukturvielfalt in der Insellandschaft wesentlich erhöhen. Landschafts- und vegetationsverändernde Einflüsse anderer Tiere fallen kaum ins Gewicht. Die Fraßschäden durch Rehe sind gering und die zahlreichen Pferde weiden ausschließlich im Bereich landwirtschaftlicher Nutzflächen.

Die verschiedenen Insel- und Dünenschutzmaßnahmen der letzten 100 Jahre haben sich in vielfältiger Weise auf den Landschaftshaushalt ausgewirkt: Einmal wurde der Abbau der Insel in ihrem Westteil verhindert. Allerdings nimmt der Druck des Meeres auf den

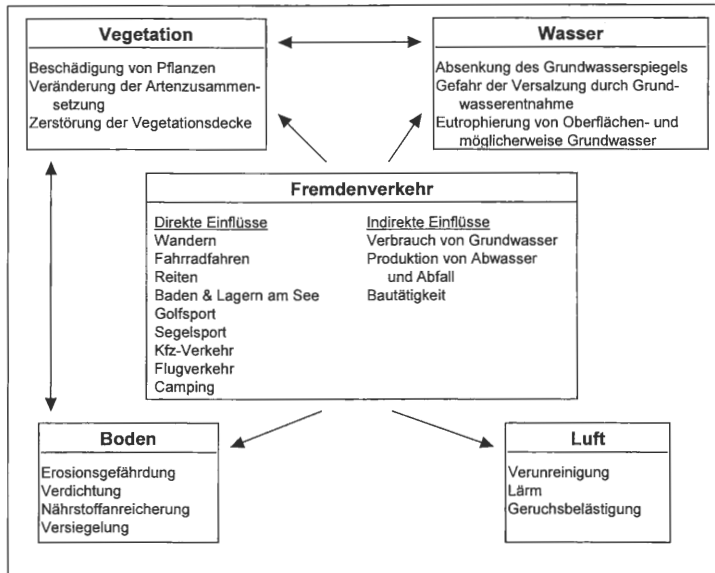


Abb. 91: Wirkungen des Fremdenverkehrs auf den Landschaftshaushalt

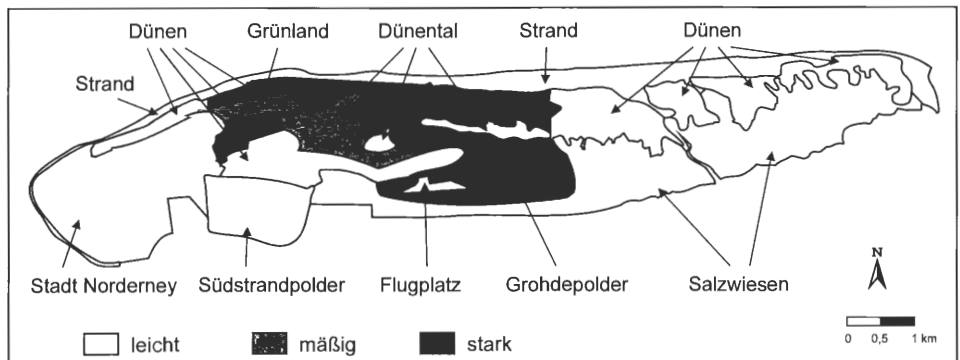


Abb. 92: Grad der Beeinflussung bzw. Veränderung natürlicher Strukturen auf Norderney

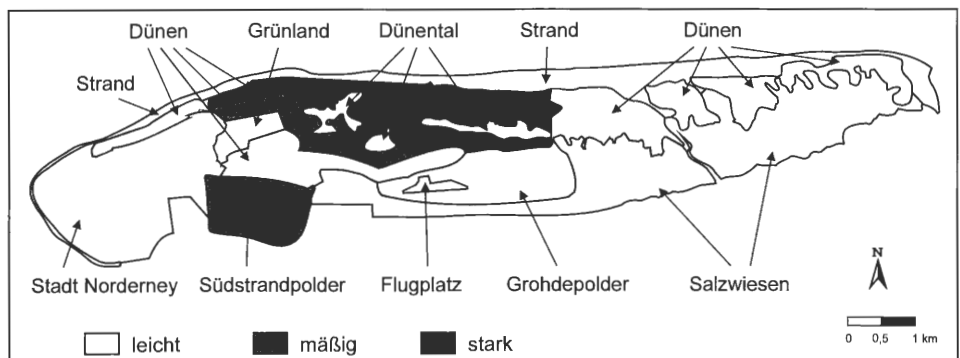


Abb. 93: Intensität der Kaninchenbeweidung auf Norderney

Übersichtskarte Anthropo-zoogene Einflüsse auf die Landschaft

Betreten und Befahren:
dichtes Wegenetz zerschneidet das Dünenareal; Einwirkung linienhaft und räumlich begrenzt; Veränderung von Artenzusammensetzung und Stickstoffgehalt nur bei Eintrag von standortfremdem Material.

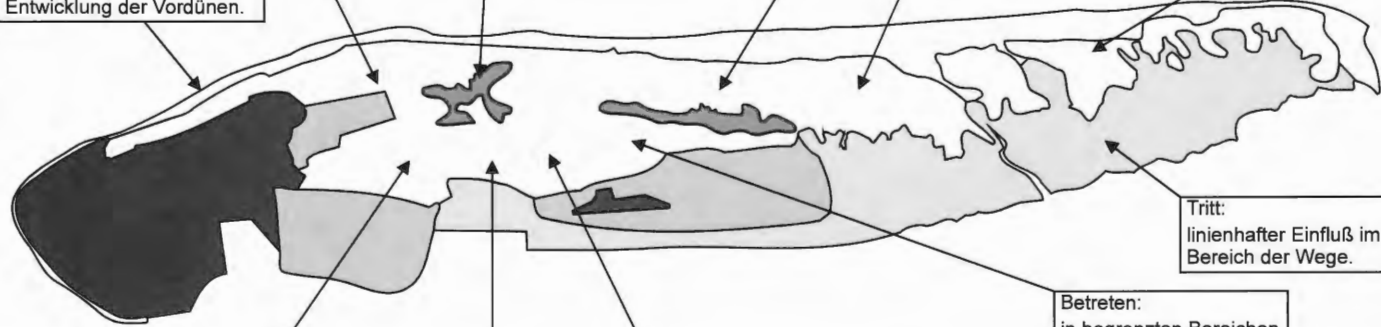
Dünenschutzmaßnahmen:
Abdeckung mit Teek führt zur Ruderalisierung; Festlegung mit Trevirazäunen ohne Teeeinbringung führt vielfach zu artenarmen Degenerationsstadien; Anwachsenerfolge mit *Ammocalamagrostis* nur, wo Eintrag nährstoffreichen Sandes vom Strand her stattfindet oder wo Dünen stärker umgelagert werden.

Tritt und Lagern:
verhindert in weiten Teilen Ausbildung von Spülsaumgesellschaften und stört die Entwicklung der Vordünen.

Grundwasserentnahme:
Absenkung des Grundwassers; Verdrängung der Feuchtvegetation; Verbuschung (Trennung der Ursachen, inwieweit Sandeinwehungen und natürliche Sukzessionsverläufe eine Rolle spielen, nicht möglich).

Kaninchen:
im gesamten Dünengebiet Herabsetzung der Arten- und Strukturvielfalt durch Kaninchenbeweidung; stellenweise Erosionsgefährdung.

Betreten:
bei unbefestigten Wegen (Ostland) erfolgt häufig starke Ausweitung.



Tritt:
linienhafter Einfluß im Bereich der Wege.

Betreten:
in begrenzten Bereichen flächenhafte Schädigung der Vegetationsdecke.

Reiten:
da Wege unbefestigt, stellenweise erhebliche Erosionsgefährdung, Bildung von Hohlwegen; Stickstoffeintrag durch Heuabdeckung.

Campingplätze:
weitgehende Zerstörung der natürlichen Dünenmorphologie und Ersatz der naturnahen Vegetation durch artenarme strukturlöse Rasengesellschaften.

Anlage des Golfplatzes:
weitgehende Zerstörung der natürlichen Dünenmorphologie und Ersatz der naturnahen Vegetation durch artenarme strukturlöse Rasengesellschaften; Nährstoffeintrag durch Düngung.

0 0,5 1 km



Westkopf immer weiter zu. Insgesamt erfuhr die Insel durch die Küstenschutzmaßnahmen in ihrem Westteil und den Zuwachs im Osten eine starke Längsstreckung. Damit verbunden ist die Ausbildung zahlreicher Dünendurchbrüche. Auch die verschiedenen Dünenschutzmaßnahmen dienen dem Erhalt der Insel in ihrer jetzigen Form. Strandhaferpflanzungen fixieren den Sand im Bereich der vorderen Weißdünenketten ebenso wie Sandfangzäune dies im Innern der Insel bewirken. Dadurch kommt es hier zu einem Rückgang der Pionierstadien der Vegetationsentwicklung und zu einer „Alterung“ der Dünen.

Karte 3 gibt einen Überblick über die anthropogenen und zoogenen Einflüsse auf die Landschaft.

10.2 Hinweise zur Verringerung und Vermeidung negativer Auswirkungen auf die freie Insellandschaft

Der Tourismus und seine Begleiterscheinungen sind als bedeutendster Faktor der Veränderung von Natur und Landschaft auf Norderney außerhalb des Stadtgebietes zu betrachten. In diesem ökologisch sensiblen wie touristisch intensiv genutzten Lebensraum fragt man nach einer besonders schonenden fremdenverkehrlichen Nutzung. Entsprechende Strategien zur Verminderung von Belastungen werden seit Mitte der 80er Jahre im Zuge des Aufkommens der Ökologie-Bewegung diskutiert. Ein mittlerweile breit in der Öffentlichkeit diskutiertes Schlagwort hierzu ist das des „sanften Tourismus“. Nach ROMEISS-STRACKE (1993) ist sanfter **Tourismus** allerdings „in bereits gut entwickelten Tourismusgebieten nur unter Vorbehalt möglich“, weil hier schon „harte“ Infrastruktur, Gästezahlen und -gewohnheiten vorhanden sind. Das trifft auch auf Norderney zu. Hier geht es also vor allem um die Steuerung von Touristenströmen.

Als Maßnahmen zur Besucherlenkung in der freien Insellandschaft lassen sich nach JOB (1991) großräumige Zonierungen sowie Zwangs-, Abschreckungs- und Anreizmittel auf Objektebene unterscheiden. Durch eine Zonierung im Sinne einer großräumigen Funktionstrennung können in der Regel im Vorfeld der Erholungsnutzung Interessenkonflikte vermieden werden, indem der Besucherstrom auf bestimmte geeignet erscheinende Landschaftsteile konzentriert wird, um andere, sensiblere Bereiche zu schonen. Ein Beispiel für eine solche Zonierung läßt sich im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer erkennen, dessen Fläche durch die Nationalparkverordnung in die drei Kategorien Ruhezone, Zwischenzone und Erholungszone eingeteilt wurde. Während in der Erholungszone keine Nutzungsbeschränkungen gelten, darf die Ruhezone ganzjährig nur auf zugelassenen Wegen betreten werden, die während der Brutzeit vom 01.04. bis zum 31.07. z.T. gesperrt werden können. Die größten Bereiche auf den Inseln nimmt die Zwischenzone ein, in der Einschränkungen nur während der Brutzeit gelten.

Kleinräumig kann die Lenkung der Besucher einerseits direkt über Zwangsmittel bzw. über Rechtsinstrumentarien erfolgen, wie etwa ein Wegeverbot, das in Niedersachsen generell in allen Naturschutzgebieten gilt, oder für bestimmte Bereiche über entsprechende Schutzverordnungen erlassene (zeitweilige) Betretungsverbote. Um deren Wirksamkeit zu garantieren, ist jedoch eine meist personell zu aufwendige Überwachung erforderlich. Effektiver sind häufig indirekte Maßnahmen zur psychologischen Steuerung, sofern Kenntnisse zur Beschaffenheit der betreffenden Landschaft, zur Raumwirksamkeit der Touristen sowie zu deren typischem Verhalten vorliegen. Als Mittel zur indirekten Steuerung nennt JOB (1991)

- das Angebot attraktiver Sondereinrichtungen wie Informationshütten, Lehrpfade als Ablenkungsmaßnahmen,

- die Anlage eines gut markierten und zugebauten Wanderwegenetzes; möglichst durch weniger empfindliche, aber landschaftlich reizvolle Bereiche,
- zusätzliche Angebote entlang des Wegenetzes wie Rastplätze, Aussichtspunkte,
- einen generellen Rückbau des Wegenetzes,
- das bewußte Verwildernlassen von Wegstrecken sowie
- die Schaffung von optischen Reizen.

Die Wirksamkeit von optischen Reizen untersuchte BARTH (1982) im Harz. Er fand heraus, daß 80 bis 90 % der Touristen dem positiven Reiz des Hinweises auf Sehenswürdigkeiten folgen und nicht einem schlecht ausgebauten Weg (negativer Reiz). Diese Ergebnisse sind durchaus auf Norderney übertragbar, wenn man bedenkt, welche Bedeutung z.B. die Aussichtsdünen oder das „Wrack“ an der Ostspitze als Ausflugsziele haben.

Vorteile dieser Reglementierungen sind einerseits die Tatsache, daß Orientierungsmaßnahmen, die nicht bewußt als solche empfunden werden, nicht zu deren Übertretung reizen, und andererseits der meist geringere Kostenaufwand etwa gegenüber großräumigen Einzäunungen. Eine 100%ige Steuerung ist hierdurch allerdings nicht zu erreichen, so daß langfristig wohl eine Kombination mit harten **Lenkungsmaßnahmen** am wirkungsvollsten ist.

Um das Verlassen der Wege zu erschweren, nennt JOB (1991) als Maßnahmen

- das Errichten von Bohlenwegen,
- die Begrenzung der Wege mit gezielten, eventuell dornigen Anpflanzungen,
- die Abzäunung und
- niedrige Naturholzbarrieren als „Leitplanken“.

Entsprechende Maßnahmen sind dort, wo sie noch nicht durchgeführt wurden, für den gesamten Dünenbereich auf Norderney zwischen der Stadt und dem Flugplatz zu empfehlen (Abb. 94).

Um der starken Verbreiterung der Wege im Ostland entgegen zu wirken, sollten hier keine Holzbohlenwege angelegt werden, weil schon der Bau mit einem erheblichen Eingriff verbunden wäre. Statt dessen sind „psychologische Barrieren“ vorzuziehen, wie z.B. das Anlegen niedriger Buschzäune in besonders betroffenen Bereichen und an Anfangspunkten der verbreiterten Stellen. Solche Maßnahmen können durch ergänzende Hinweise auf Informationstafeln unterstützt werden.

Darüber hinaus sollte in den Dünen generell auf eine Ausweitung des Wegenetzes und auf eine Verbreiterung der Wege verzichtet werden. Auf Engpässe, die zeitweise z.B. am Zuckerpad bestehen, sollte nicht mit dem Ausbau der Wege und damit zu einer Erhöhung der Kapazität in diesem Bereich reagiert werden. Hierdurch würden an anderen Stellen erneut Engpässe geschaffen und die Probleme letztlich nur verlagert werden. Die Überlastung in einigen Teilen des Wegenetzes sollte als ein Hinweis darauf, daß die Insel – wie alle anderen Räume auch – nur eine begrenzte Anzahl von Menschen aufnehmen kann, verstanden und als solcher akzeptiert werden.

Die zur Erosionsminderung auf Reitwegen durchgeführte Heuabdeckung ist mit einem erheblichen Nährstoffeintrag verbunden. Um diesen zu reduzieren, sollte die Heuabdeckung auf die stark erosionsgefährdeten exponierten Stellen beschränkt werden.

Häufig führt die mangelnde Information über ökologische Zusammenhänge bei Touristen zu unbeabsichtigtem Fehlverhalten, so daß deren Aufklärung zu einer Verminderung der Belastungen führen kann. JOB (1991) sowie CARLSON & GODFREY (1989) nennen als Möglichkeiten:

- Führungen zu verschiedenen ökologischen und kulturellen Themen,
- Lehrpfade zu verschiedenen ökologischen und kulturellen Themen,
- einzelne erklärende Ge- und Verbotsschilder,

- Informationsbroschüren,
- Ausstellungen in Museen, Nationalparkhäusern oder sonstigen Informationszentren,
- (Dia-) Vorträge zu verschiedenen ökologischen und kulturellen Themen,
- Beiträge in Zeitungen, Fach- und Vereinszeitschriften des Freizeitsports,
- erweitertes Bildungsangebot (Seminare) durch Naturschutzverbände, Naturschutzakademien und
- Zusammenarbeit mit Schulen.

Damit die Touristen auch erreicht werden, muß das Informationsangebot entsprechend attraktiv sein. Führungen haben in den letzten Jahren einen starken Nachfragezuwachs zu verzeichnen, aufgrund der Unverbindlichkeit wird jedoch vielfach ein Lehrpfad vorgezogen, der auch abschnittsweise begangen werden kann. HEDEWIG (1985) definiert einen Lehrpfad als „kürzere oder längere Strecke im Gelände, längs der Naturobjekte gekennzeichnet und vorgestellt werden“. Während die frühen Lehrpfade meist botanisch bzw. ornithologisch und auf die Vermittlung von Detailkenntnissen ausgerichtet waren, steht



Abb. 94: Weg im Tertiärdünenbereich von Norderney. Die massiven Trittschäden am Rand des Weges enden unmittelbar vor dem im Hintergrund erkennbaren Zaun. Sie sind durch das Scharren von Kaninchen verstärkt.

heute eher die Darstellung von ökologischen Wirkungszusammenhängen im Vordergrund. Dabei gibt es generell zwei Möglichkeiten der Informationsvermittlung, einerseits die über Schautafeln, deren optimaler Abstand nach HEDEWIG (1985) zwischen 50 und 60 m liegt, um eine Überforderung zu vermeiden, andererseits die über nummerierte Pfosten und ein dazugehöriges Faltblatt. Bei ersterer besteht die Gefahr einer Beeinträchtigung des Landschaftsbildes, und sie ist insgesamt aufwendiger in Herstellung und Instandsetzung, dafür aber auch einzeln zu nutzen, während bei Faltblättern ein Verteilungsproblem entsteht und Müll anfällt. Die Errichtung eines Lehrpfades wäre auf Norderney überall im Dünen Gelände außerhalb der Schutzzone 1 des Nationalparks denkbar, z.B. im Bereich des Parkplatzes am Ostheller. Auch das Nationalparkhaus auf Norderney könnte diese Aufgabe verstärkt übernehmen.

Grundsätzlich sollten aber alle Maßnahmen vermieden werden, die zu einer Veränderung der natürlichen Gegebenheiten führen. Für die Vegetation bedeutet das nicht nur, daß ihre direkte Zerstörung vermieden wird, sondern daß auch die abiotischen Standortfaktoren, die überhaupt erst ihre Entstehung ermöglicht haben, erhalten werden. Hierzu gehören die Erhaltung des Bodens mit seinen typischen Nährstoffeigenschaften und die Schonung des Wasserhaushaltes.

Beim Dünenschutz sollte auf Teekeinbringung verzichtet werden. Teek bringt in den Dünen die gleichen Auswirkungen mit sich wie der Heueintrag auf den Reitwegen. Er ist mit einem nicht standortgemäßen Eintrag von humoser Substanz und Nährstoffen verbunden. Infolgedessen können sich Nitrophyten in den Dünen ansiedeln.

Wie bereits erwähnt, hat der Kaninchenfraß eine enorme Auswirkung auf die Zusammensetzung der Pflanzendecke des Dünengebietes. Die Salzwiesen sind, von den dünen-nahen Flächen abgesehen, weniger betroffen. Eine Dezimierung oder Beseitigung des Kaninchenbestandes würde, wie bereits erwähnt, die Konsolidierung der Dünen fördern. Artenreiche und gut entwickelte Pflanzengesellschaften verschiedener Sukzessionsstadien der Dünen, wie sie auf kaninchenfreien Inseln zu beobachten sind, könnten sich etablieren.

Golf- und Campingplätze sollten nicht erweitert oder neu angelegt werden. Hiermit wäre eine grundlegende Umgestaltung der Landschaft und ihrer natürlichen Ausstattung verbunden. Das Ergebnis wäre ein großflächiger Verbrauch von naturnaher Landschaft.

Die Situation der Salzwiesen ist aus vegetationskundlicher Sicht insgesamt positiv zu beurteilen. Lediglich dort, wo sich der Salzwiesenwanderweg und der große Priel kreuzen, werden zahlreiche Spaziergänger durch die häufige Wasserführung des Priels veranlaßt, sich von dem ausgewiesenen Weg zu entfernen und sich eine gut überquerbare Stelle zu suchen. Dadurch werden an der Vegetation Trittschäden verursacht und Tiere gestört. Es ist zu bedenken, daß dieses Gebiet als Ruhezone 1 ausgewiesen ist. Weil die Belastungen hier von einem bestimmten Punkt ausgehen, wäre eine bauliche Maßnahme ratsam. Es könnte aus einigen Brettern eine einfach konstruierte Brücke gebaut werden.

10.3 Hinweise zur Pflege der Vegetation im Stadtgebiet

10.3.1 Erhaltung und Förderung der ein- bis zweijährigen Ruderalgesellschaften

In Bezug auf die Förderung bestimmter Vegetationstypen gilt im Stadtgebiet ein anderes **Leitbild** bzw. **Entwicklungsziel** als in der freien Insellandschaft. Während in der freien Landschaft die Erhaltung und Förderung der natürlichen bzw. naturnahen Vegetation

absolute Priorität hat, muß für das Stadtgebiet den veränderten Standortbedingungen Rechnung getragen werden. Unter Naturschutzgesichtspunkten wäre auch hier die Verwirklichung der für die freie Landschaft formulierten Zielvorstellungen optimal. Sie sind aber angesichts der bestehenden Nutzungen sowie der Bedürfnisse der Einwohner und Besucher nicht durchzusetzen.

Im Stadtgebiet sind die biotischen und abiotischen Standorteigenschaften i. d. R. stark verändert. Zur Abwandlung der abiotischen Standortfaktoren seien hier die Stichpunkte „Nährstoffeintrag“ und „Humusanreicherung“ infolge gärtnerischer Maßnahmen als die wichtigsten genannt. Das bedeutet, daß sich die inseltypische natürliche Vegetation auf diesen Standorten – auch wenn der Mensch sie nicht zurückdrängen würde – gar nicht mehr ausbreiten kann, weil die dazu erforderlichen abiotischen Bedingungen nicht mehr gegeben sind.

Das wiederum bedeutet keinesfalls, daß die einzige Entwicklungsmöglichkeit städtischer Freiflächen in der Unterhaltung intensiv gepflegten Grüns liegt. Es gibt zwischen den Extremen „naturnahe Vegetation“ und „intensiv gepflegtes gärtnerisches Grün“ verschiedene Entwicklungsmöglichkeiten, die sich an ökologischen Kriterien orientieren. Eine besondere Rolle spielen hierbei die Extensivierung der Pflege und das Sich-selbst-überlassen von Flächen, damit sich spontane bzw. ruderale Vegetation, die sich auch als die naturnahe Vegetation der Siedlungsräume bezeichnen ließe, entwickeln kann.

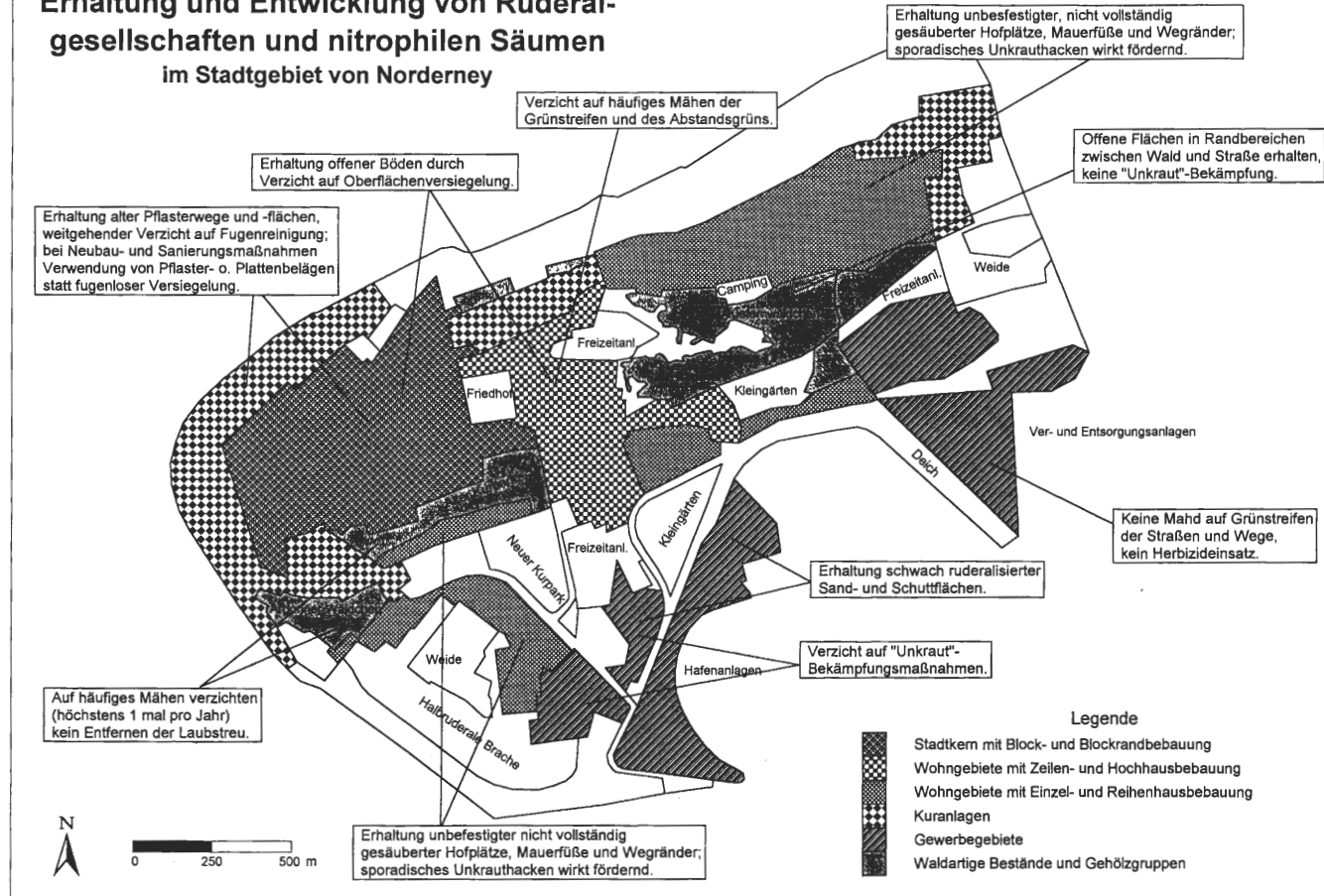
Im folgenden sollen die Möglichkeiten zur Erhaltung und Förderung der ein- und zweijährigen Ruderalgesellschaften dargestellt werden, die im besiedelten Bereich Norderneys in den Flächenstrukturtypen „Stadtkern mit Block- und Blockrandbebauung“, „Wohngebiete mit Zeilen- und Hochhausbebauung“, „Wohngebiete mit Einzel- und Reihenhausbebauung“, „Kuranlagen“ und „Gewerbegebiete“ vorkommen. Auch die nitrophilen Säume innerhalb der „Waldartigen Bestände und Gehölzgruppen“ werden berücksichtigt. Zunächst wird kurz auf die ökologische Bedeutung dieser Gesellschaften eingegangen.

Flächen mit spontaner Vegetation tragen erheblich zu Erhöhung der Artenvielfalt in Siedlungsräumen bei. Hier sind Pflanzenarten zu finden, die auf intensiv genutzten und gepflegten Flächen in Siedlungen keine Lebensmöglichkeiten haben. Sie bilden die Lebensgrundlage für viele Tierarten und sind unter diesem Aspekt nicht durch die vom Menschen eingebrachten Pflanzenarten zu ersetzen. So sind z.B. viele Insekten an wildwachsende Pflanzen gebunden, und Kleinsäuger finden Refugien in größeren Ruderalflächen. BLAB (1993) nennt als für den Faunenschutz bedeutsame Biotoptypen im engen Stadtbereich neben Gehölzbeständen sowie Wiesen- und Rasenflächen usw. auch Brachen, Ruderalflächen und ungenutzte Bereiche mit Spontanvegetation niederer Sukzessionsstufen.

Je vielfältiger die räumlichen Verhältnisse sind, desto mehr Pflanzen- und Tierarten haben die Möglichkeit, die gerade ihnen zusagenden Bedingungen zu finden. Daher gilt es, eine standörtliche Vielfalt in den Städten zu gewährleisten. Diese wiederum beruht auf einer Vielfalt von Nutzungen, die durch Differenzierungen in der Nutzungsart, -intensität und -frequenz zu erreichen ist. Im allgemeinen ist dabei eine mäßige Nutzungsintensität zu bevorzugen (vgl. SUKOPP et al. 1984). Eine detaillierte Auseinandersetzung mit den Gründen für den Arten- und Biotopschutz in der Stadt als einem Teil des Naturschutzes erfolgt bei der AG ARTENSCHUTZPROGRAMM BERLIN (SUKOPP et al. 1984) sowie bei der AG STADTBIOTOPKARTIERUNG HANNOVER (1984).

Innerhalb der verschiedenen Flächenstrukturtypen sind es immer wieder bestimmte Elemente, die jeweils eine für den Strukturtyp spezifische spontane Flora beherbergen. Bei ihnen handelt es sich zumeist um Übergangstandorte, wie sie z.B. zwischen Straßen und Gartengrundstücken, zwischen Rasen und Gebüsch sowie zwischen Wegen und Wiesen bzw. Waldbeständen oder in Randbereichen von Lagerplätzen und Betriebshöfen gegeben

Erhaltung und Entwicklung von Ruderal- gesellschaften und nitrophilen Säumen im Stadtgebiet von Norderney



sind. In diesen Übergangsbereichen ist meist nicht nur eine Mischung aus den Arten beider angrenzender Lebensräume zu finden, sondern sie enthalten auch solche, die an diese Übergangsbedingungen angepaßt sind und nur in Grenzzonen vorkommen. Daher sind die Übergangsbereiche meist durch eine größere Vielfalt gekennzeichnet als die angrenzenden Lebensräume. Weil die Isolierung der von Pflanzen und Tieren besiedelbaren Biotope in Städten ein großes Problem ist, stellen die Säume durch ihre biotopvernetzende Wirkung ein wichtiges Element dar. Wegen der hohen Artenzahlen und der Vielzahl reich blühender Stauden kommt den Übergangsbereichen eine bedeutende Funktion in der Nahrungskette zu. Sie sind Lebensräume blütenbesuchender Insekten wie Schmetterlinge, Wildbienen, Hummeln, Schwebfliegen und anderer Hautflügler. Die Zahl der Insekten, die sich von einer Pflanzenart ernähren, kann außerordentlich hoch sein; so werden die Blüten von *Cirsium arvense* (Ackerkratzdistel) von über 100 Insektenarten des Nektars oder des Pollens wegen besucht. Im Winter stellen die Samen oder Früchte vieler dieser Pflanzenarten ein Nahrungsreservoir für die Fauna dar.

Die Entwicklung von spontaner Vegetation kann auf einfache, d.h. auch arbeits- und kostensparende Weise gefördert werden, indem ihr extensiv oder gar nicht gepflegte Flächen zur Besiedlung überlassen werden. Hierbei können schon Flächen von wenigen Quadratmetern sinnvoll sein, wobei es aber nicht darum geht, zu versuchen, einen statischen Zustand zu erhalten. Ruderale Gesellschaften siedeln sich v.a. dort an, wo in zumeist größeren Intervallen ein Wechsel von Nutzungseinflüssen, womit eine zumindest teilweise Zerstörung der Pflanzendecke verbunden ist, und von „Ruhephasen“, in denen Aufwuchs möglich ist, besteht. Deshalb müssen und sollen Flächen mit ruderaler Vegetation „keineswegs immer auf der gleichen Stelle konserviert werden (...)“, d.h. nicht ihre Lage, sondern ihr Flächenanteil muß stabil bleiben“ (KAULE 1986). Aus Karte 4 sind die Bedingungen zur Entwicklung und Erhaltung spontaner Pflanzengesellschaften in den einzelnen Flächenstrukturtypen zu entnehmen.

Auf Maßnahmen wie Herbizideinsatz oder die mechanische „Unkraut“-Bekämpfung durch sehr häufiges Hacken ist zu verzichten. Bei der Mahd von Rasenflächen sollten Abstände zu Hecken und Gehölzgruppen belassen werden, die nur 0,5 - 1 m zu betragen brauchen, damit sich staudenreiche Säume entwickeln können. Das Entfernen der Laubstreu sollte unterbleiben, damit dem Boden nicht unnötig Humus und Nährstoffe entzogen werden. Die wildwachsenden Pflanzen stellen in diesen Bereichen ohnehin keine ernsthafte Konkurrenz für die angepflanzten Heckengehölze oder sogar Bäume dar.

10.3.2 Pflege von Rasen und Wiesen

Ökologische Bedeutung

Die in Kap. 9.2.1 beschriebenen Gesellschaften des Grünlandes sind im Norderneyer Stadtgebiet flächenmäßig am weitesten verbreitet. Das Erscheinungsbild der Flächenstrukturtypen „Grünanlagen“ und „Grünflächen der Außenbereiche“ wird durch sie bestimmt. Sie umfassen sowohl Rasen- als auch Wiesengesellschaften, die sich je nach der Häufigkeit des Schnittes voneinander unterscheiden. Der Schnitt bewirkt, daß die höherwüchsigen, v.a. sich generativ vermehrenden Arten verschwinden und niedrigwüchsige, sich vegetativ vermehrende Rosetten- und Kriechpflanzen zur Vorherrschaft gelangen. Sehr intensive Pflege, d.h. sehr häufiger Schnitt, Bewässerung, Düngung und Bekämpfung unerwünschter Kräuter und Moose durch Herbizide sowie eventuelle starke Trittbelastung, führt zu einer Verarmung des Arteninventars. So können die Artenzahlen in Wiesen und Extensivrasen um das drei- bis vierfache über denen intensiv gepflegter Rasen liegen (SUKOPP 1984).

Der geringen Zahl an Pflanzenarten entsprechend liegt auch die Zahl der direkt oder indirekt auf sie angewiesenen Tierarten niedriger. Auf die Insektenfauna wirkt sich besonders ungünstig aus, daß die Rasenpflanzen kaum zur Blüte gelangen. Die extensiv gepflegten, weniger stark gedüngten Wiesen sind für das Funktionieren vieler komplizierter Nahrungsketten unentbehrlich. Zudem haben blütenreiche Wiesenbestände einen hohen Zierwert, bieten Abwechslung und erlauben in kleinem Rahmen Naturbeobachtungen im dicht besiedelten Bereich (KUNICK 1979). BERG (1993) weist darauf hin, daß gerade die städtischen Wiesen gefährdete Pflanzenarten enthalten, die in der freien Landschaft aufgrund der Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung nicht mehr zu finden sind.

Weil Intensivrasen in den meisten Strukturtypen der Stadt anzutreffen sind, ließe sich die biotische Vielfalt erheblich steigern. Es stellt sich die Frage, ob und in welchem Maße es möglich ist, Rasenflächen weniger intensiv zu pflegen. Wo Rasen als Spiel- und Sportflächen oder als stark frequentierte Liegewiese genutzt werden, ist eine intensive Pflege unumgänglich. Sehr stark genutztes Grünland, das nicht ständig kurz gehalten wird, wird schnell lückig. Wo allerdings die Trittbelastung gering ist, was für einen Großteil der Flächen, die lediglich Zierwert besitzen, zutrifft, kann problemlos die Entwicklung artenreicher Wiesen und Extensivrasen angestrebt werden.

Voraussetzung für die Umwandlung der Intensivrasen ist selbstverständlich die Verringerung der Schnitthäufigkeit. Der Schnitt darf nicht zu dicht über dem Boden erfolgen, die Höhe sollte mindestens 5 cm betragen. Herbizide dürfen natürlich nicht angewendet werden. Düngung ist zu vermeiden, zumal die produzierte Biomasse „Abfall“ darstellt und kostenintensiv entfernt werden muß. Düngung hat zudem den Effekt, daß einige Arten, besonders manche Gräser, Überhand nehmen und die weniger auf zusätzliche Nährstoffgaben ansprechenden Arten verdrängen. Um auf zuvor gedüngten Flächen das Nährstoffangebot zu reduzieren, muß das Mähgut regelmäßig abtransportiert werden. So läßt sich im Laufe einiger Jahre erreichen, daß die Bestände artenreicher werden.

Auf sehr nährstoffreichen, insbesondere überdüngten Flächen kann der erhoffte Erfolg auch ausbleiben, v.a. bei Neuansaat. Die extrem dichten, aus gutwüchsigen Gräsern bestehenden und kaum Kräuter enthaltenden Bestände beginnen, wenn sie nicht geschnitten werden, zu lagern und zu vergilben. In solchen Fällen muß erst durch regelmäßiges Abräumen der Grünmasse das Nährstoffangebot verringert werden, bevor sich artenreiche Wiesen bilden können.

Weil über die Häufigkeit des Schnittes in Abhängigkeit von Bodenwasserhaushalt und Nährstoffangebot die Entwicklung ganz bestimmter Pflanzengesellschaften herbeigeführt werden kann, sind die Pflegemaßnahmen entsprechend dem angestrebten Entwicklungsziel festzulegen. Weil wiesenartige Bestände auf städtischen Flächen z.T. immer noch auf Ablehnung stoßen, sind, insbesondere auch aufgrund der Tatsache, daß Norderney ein Kurort ist, Kompromisse in Bezug auf die Pflege der verschiedenen Grünflächen unumgänglich. Flächen mit besonders repräsentativem Charakter können häufiger gemäht werden, diejenigen, die mehr an der Peripherie des Ortes liegen, sind extensiver zu pflegen. Insgesamt ergibt sich für das Grünflächensystem des Ortes ein Konzept, das durch eine abgestufte Intensität der Pflege gekennzeichnet ist. Dadurch können sich auf den verschiedenen Flächen rasen- bzw. wiesenartige Bestände entwickeln, die durch ihre unterschiedliche Struktur zu einem abwechslungsreichen Erscheinungsbild beitragen. Die Unterschiede in der Artenzusammensetzung der einzelnen Flächen und die höheren Artenzahlen steigern den ökologischen Wert. In den anschließenden Kapiteln wird der Zusammenhang zwischen Pflegemaßnahmen und Vegetationstyp dargestellt.

Scherrasen

Dort, wo die Nutzungsansprüche Scherrasen unumgänglich machen, ist eine Reduzierung der Schnitthäufigkeit auf alle drei bis vier Wochen bei Verzicht auf Düngung meist möglich. Das Mähgut kann dann liegen bleiben (vgl. BERG 1993). Der Mährhythmus sollte Rücksicht auf besonders auffällig blühende Arten nehmen. So kann auf frischen Böden z.B. im Frühjahr bis Mitte Mai die Blüte von Wiesenschaumkraut und Löwenzahn abgewartet werden. Das Mähgut des ersten Schnittes muß dann jedoch i. d. R. abgefahren werden. Die Pflege der Scherrasen sollte auf die Nutzungsfähigkeit und Artenvielfalt, nicht auf die „Reinheit“ abzielen.

In den Intensivrasen häufig anzutreffen sind neben den typischen Fettweidenarten Lieschgras, Weißklee, Kammgras, Spitzwegerich und Schafgarbe die Parkrasenarten Gänseblümchen, Rotschwingel, Pippau oder Fadenförmiger Ehrenpreis. Letzterer ist erst in den vergangenen Jahrzehnten in die Rasen eingewandert. Die älteren, weniger betretenen Rasen auf frischen, halbschattigen Standorten werden durch Braunelle und Gamander-Ehrenpreis angezeigt. Für trocken-sandige Böden sind Thymian, Habichtskraut und Ferkelkraut typisch.

Auf nährstoffreichem Boden verändern sich die Rasen bei nachlassender Pflege unterschiedlich schnell, je nach Nachbarschaft und Artenbestand aus früheren Zeiten geht die Entwicklung zu Wiesen oder artenarmen Dominanzbeständen weiter.

Wird auf den produktiven Böden nur noch ein- bis zweimal pro Jahr gemäht, entwickeln sich oftmals wenig ansprechende Dominanzbestände aus Honiggras, Knäuelgras oder Wiesenschwingel. Sie sind vergleichsweise artenarm und wirken aufgrund des hohen Altgrasanteils strohig. In diesem Fall sollte die Schnitthäufigkeit auf drei bis fünf Schnitte pro Jahr (s.o.) erhöht werden, um eine Aushagerung zu bewirken, die eine Artenanreicherung begünstigt.

Mittelschnittrassen

Die durchgewachsenen, ehemaligen Scherrasen, die naturnaher Pflege unterliegen, werden von BERG (1993) als Mittelschnittrassen bezeichnet. Bei diesem Rasentyp beschränkt sich die Pflege auf fünf bis sieben Schnitte im Jahr, wobei der Zeitpunkt jeweils auf den Blürrhythmus der Krautarten abzustellen ist. Diese Mittelschnittrassen bilden als Übergangstyp gewissermaßen einen Kompromiß zwischen den Scherrasen und den hochwüchsigen Wiesen. Auf frischen Böden kommen v.a. Braunelle, Herbst-Löwenzahn, Wiesenschwingel, Honiggras und Lieschgras zur Dominanz, die gewünschte bunt blühende Blumenwiese stellt sich nicht ein. Auf trockeneren Böden erscheinen Margerite, Schafgarbe, Bibernelle, Greiskraut und vereinzelt auch Wiesen-Flockenblume. Diese Gesellschaft zeigt ein vergleichsweise buntes Bild. Der erste Schnitt sollte nicht vor Ende Mai bis Mitte Juni erfolgen, der nächste bis Mitte Juli, die weiteren im August und ab Mitte September bis in den Oktober.

Wiesen

Auf mageren, ungedüngten Standorten mit mittlerer Bodenfeuchte können sich bei zweibis viermaliger Mahd sehr artenreiche und bunt blühende Pflanzengesellschaften entwickeln. Oft treten hier sog. Trockenheits- und Feuchtezeiger nebeneinander auf, die dann eher als Magerkeitszeiger anzusehen sind. Zu beobachten sind Blaugrüne Segge, Knollen-Hahnenfuß, Hauhechel, Zittergras, Wiesenklee, Wiesenknopf, Gliederbinse usw.. Diesen artenreichen Beständen kommt auch aus Gründen des Artenschutzes eine besondere Bedeutung zu und sie können als ein wesentliches Entwicklungsziel naturnaher Pflege angesehen werden.

Die hochwüchsigen Wiesengesellschaften setzen sich aus Arten zusammen, die mit ihrem Entwicklungsrhythmus an ein- bis dreimaligen Schnitt angepaßt sind. Es treten viele Obergräser und Doldenblütler auf, die empfindlich gegenüber Tritt, Bodenverdichtung und ständiger mechanischer Belastung sind. Häufig entwickeln sich Tieflagen-Glatthaferwiesen, auf denen unter atlantischem Klimaeinfluß die Gräser dominieren. Auf nährstoffreichen, frischen bis wechselfeuchten Böden dominiert die artenarme, eintönig wirkende Wiesenfuchsschwanz-Wiese. Auf etwas nährstoffärmeren Standorten entwickelt sich ebenfalls eine artenarme Honiggras-Wiese. Viele der naturnah gepflegten, durchgewachsenen Rasen in Grünanlagen entsprechen diesen letztgenannten Typen, das gilt auch für die Bestände im Neuen Kurpark Norderneys.

Magerrasen sollten einmal jährlich im Herbst gemäht werden oder bei stärkerem Aufwuchs nach dem ersten Blütenhöhepunkt Ende Juli und dann zum zweiten Mal im Herbst. Nach dem Mähen sollte das Schnittgut einige Tage liegen bleiben, damit sich v.a. die zweijährigen Arten wieder aussamen können. Das Mähgut ist auf jeden Fall zu entfernen. Bei allen Varianten mit ein bis drei Schnitten pro Jahr ist eine Mähgutabfuhr erforderlich, weil beim Mulchen die Gefahr besteht, daß Streudecken entstehen, die zu Bestandslücken führen.

Bei der Pflege der verschiedenen Wiesentypen sollten immer nur Teilflächen gemäht werden, um nicht die Nahrungsbasis für die blütenbesuchenden Wirbellosen (v.a. Insekten) auf großer Fläche zu zerstören.

10.3.3 Erhaltung und Entwicklung des Baumbestandes

Bedeutung der Baumbestände und Auswahl geeigneter Arten

Norderney verfügt im Vergleich zu den anderen Ostfriesischen Inseln über relativ große Waldbestände, deren Bedeutung als Windschutz im Vordergrund steht. Der Wald schützt die erosionsanfälligen Dünen und bietet Kurgästen, die sich nur eingeschränkt dem Wind aussetzen möchten, einen erweiterten Bewegungsraum. Auch die rege Benutzung der im Kiefernwaldchen eingebetteten Spielplätze deutet darauf hin, daß ein Bedarf an Alternativen zum Strandleben besteht. Der Schutz des Wassereinzugsgebietes ist eine weitere wichtige Funktion.

Darüber hinaus gehören die Waldbestände seit Generationen zum Ortsbild und stellen ein für die Insel charakteristisches Element der Kulturlandschaft dar, das auch in der Fremdenverkehrswerbung seinen Niederschlag findet. Das Interesse an der Erhaltung bzw. Erneuerung der Gehölze ist demzufolge groß. Die wirtschaftliche Nutzung des Holzes spielt keine Rolle.

Die Begründung von Gehölzbeständen ist wegen der besonderen klimatischen Gegebenheiten mit Schwierigkeiten verbunden. Die häufig vorherrschenden hohen Windgeschwindigkeiten verstärken Evaporation und Transpiration. Um sich vor Trockenschäden zu schützen, reagieren die Pflanzen mit dem Verschließen der Stomata. Häufiger Stomatenschluß führt dazu, daß die Stoffwechselprozesse auf einem niedrigeren Niveau ablaufen und sich das Wachstum verlangsamt. Zudem führen die Winde feinste Partikel der Salzwassergischt sowie Sand- und Schluffkörner mit sich, die zu mechanischen Verletzungen der Blätter und jungen Triebe führen.

Die geringe Wasserhaltekapazität der Sandböden kommt erschwerend hinzu. Das Niederschlagswasser versickert in dem grobporigen Substrat sehr schnell ins Grundwasser. Pflanzen, die auf höher gelegenen Standorten nicht mit ihren Wurzeln in den Bereich des Grundwassers hinabreichen, sind also einem enormen Wasserstreß ausgesetzt. Auf tiefer gelegenen Flächen erreichen die Bäume oft das anstehende Grundwasser.

Vor allem auf grundwassernahen Standorten, die relativ windgeschützt liegen, können sich Bäume, die auch an nährstoffarme Böden angepaßt sind, recht gut entwickeln. Allerdings werden auf den Inseln nie ausgedehnte Wälder mit hohen, ausgesprochen kräftig gewachsenen Bäumen wie auf dem Festland zu finden sein. Es werden immer niedrige, durch Windschur geprägte Bestände bleiben, denen man die geringe jährliche Zuwachsrate ansieht.

Welche Baumarten mit den gegebenen Bedingungen zurecht kommen und sich für eine Anpflanzung eignen, läßt sich am besten an den sich natürlich, d.h. ohne Hilfe des Menschen, auf den Inseln etablierenden Baumarten ablesen. Bäume, die durch ihre artspezifischen Eigenschaften an die extremen Wuchsbedingungen angepaßt sind, lassen den größten Anwacherfolg und den geringsten Pflegeaufwand erwarten. Die Baumbestände, die sich auf den Ostfriesischen Inseln natürlich entwickelt haben, stellen also das beste Vorbild für Anpflanzungen dar. Im einzelnen sind die in Tab. I mit einer Kurzbeschreibung der Eigenschaften aufgelisteten Arten als geeignet abzuleiten. Die Liste wurde um einige heimische Arten ergänzt, die spontan ausgebreitet und in gutem Entwicklungszustand im Untersuchungsgebiet immer wieder vorkamen.

Sambucus nigra (Schwarzer Holunder), *Rosa pimpinellifolia* (Bibernell-Rose), *Rosa canina* (Hundsrose), *Hippophaë rhamnoides* (Sanddorn) und *Salix arenaria* (Dünenweide) haben sich auf der inselwärtigen Seite der nördlichen Randdünen ausgebreitet. In verschiedenen Bereichen des Untersuchungsgebietes ist das Aufkommen von *Crataegus monogyna* (Eingrifflicher Weißdorn), *Sorbus aucuparia* (Eberesche), *Sambucus nigra* (Schwarzer Holunder), *Lonicera periclymenum* (Wald-Geißblatt) und *Hedera helix* (Efeu) zu beobachten. Auch das spontane Auftreten der Pappelarten ist nicht selten.

Die in Tab. I angegebenen Gehölze sind zur Verwendung im gesamten besiedelten Bereich Norderneys geeignet. Bei den nachfolgenden Beschreibungen zur Entwicklung von Kiefernwäldchen, Argonner Wäldchen und Kurpark wird im einzelnen auf die Artenwahl eingegangen. Die detaillierten Aussagen beschränken sich auf diese drei Gehölzbestände, weil sie aufgrund ihrer flächenmäßigen Ausdehnung für das Ortsbild am bedeutendsten sind und ein Entwicklungskonzept auch aufgrund ihres Zustandes hierfür am vordringlichsten ist.

Alter Kurpark

In der Baumschicht des Kurparks dominieren, wie in Kapitel 9.2.2 ausführlich beschrieben, alte Erlen (*Alnus glutinosa*). Nachdem die vormals im Bestand dominierenden Ulmen entfernt werden mußten, sind an einigen Stellen verschiedene Laubbaumarten angepflanzt worden.

Der Alte Kurpark stellt ein für die Bepflanzung mit Bäumen recht gut geeignetes Gebiet dar. Er liegt zum einen im Windschatten des sich im Norden und im Westen erstreckenden Stadtgebietes und weist zum anderen relativ günstige Bodeneigenschaften auf. Die durch die aufgepflanzten Bäume über Jahrzehnte hinweg gelieferte Laubstreu hat zur Verbesserung des Bodens geführt. Der Alte Kurpark liegt mit einer Geländehöhe von etwas mehr als 2 m über NN – wahrscheinlich handelt es sich um ein altes Dünenental – ähnlich tief wie das Argonner Wäldchen und damit grundwassernah.

Bei der weiteren Entwicklung des Kurparks sollten neben den Kenntnissen über die potentielle natürliche Vegetation des Standortes auch die Ansprüche, die an die Gestaltung eines Kurparks gestellt werden, Berücksichtigung finden. Dabei kommt es zunächst darauf an, den parkartigen Charakter zu erhalten bzw. in einigen Bereichen wieder herzustellen. Das ist zum einen über die Struktur und zum anderen über die Artenwahl bei Bäumen und Sträuchern zu erreichen. Die Liste der zu verwendenden Arten wird hierfür gegenüber dem Argonner und Kiefernwäldchen etwas erweitert. Die alten, durch einen

Tab. 1: Für die Anpflanzung im Stadtgebiet geeignete Baumarten

Gehölzart	Standort / Eigenschaften
<i>Aesculus hippocastanum</i> Gewöhnliche Roßkastanie	häufiger Park- und Straßenbaum, auch forstl. eingebracht und gelegentlich verwildert, nährstoffreiche Sand- und Lehmböden, Standorte müssen ausreichende Bodenfeuchtigkeit besitzen, 20 - 30 m hoch
<i>Acer pseudoplatanus</i> * Bergahorn	Schatt- bis Halbschattpflanze, Tiefwurzler, in Schluchtwäldern, in Buchen-Mischwäldern des Gebirges, anspruchsvoll im Hinblick auf Bodeneigenschaften: auf frischen, nährstoff- und basenreichen, humosen Lehm- und Steinschuttböden, in kühler, luftfeuchter Klimalage, im Tilio-Acerion, Fagion und Alno-Ulmion, zur Anpflanzung besonders in Höhenlagen geeignet, Sicherung von Schuttböden und Hanglagen, Uferbepflanzung von Gebirgsbächen, zur Kippen- und Haldenbegrünung nur wenn Sicker- oder Regenwasser vorhanden
<i>Alnus glutinosa</i> Schwarzerle	Waldpionier, sicker oder staunasse, kalkarme, humose Kies- Sand- und Tonböden bei meist guter Nährstoffversorgung, Grundwasserzeiger, Tiefwurzler, hohe Stockausschlagfähigkeit, bis 120 Jahre alt und 25 m hoch, Alnion glutinosae, saure Alno-Ulmion-Ges.
<i>Betula pubescens</i> Moorbirke	Pionierholz auf staunassen bis feuchten sauren Sand- und Torfböden, nimmt im Vergl. zu <i>Alnus glutinosa</i> die nährstoffärmeren Standorte ein
<i>Betula pendula</i> Hängebirke	Pioniergehölz, Lichtbaumart, auf feuchten bis trockenen, überwiegend nährstoffarmen, sauren Böden aller Art, dabei bevorzugt Sandböden, Waldbodenbereiter, in Vorwaldgesellschaften d. <i>Quercion roburi-petraeae</i> , bis 120 Jahre alt und 28 m hoch
<i>Crataegus monogyna</i> Eingrifflicher Weißdorn	Licht- bis Halbschattpflanze, an Waldrändern, in Laubmischwäldern, trockene bis frische, basenreiche, mäßig saure Böden, <i>Prunetalia</i> Ordn.-Charakterart, auch in wärmeliebenden <i>Fagetalia</i> -Gesellschaften, im Alno-Ulmion, zur Befestigung von Sand- und Rohböden geeignet, bis 4 m hoch
<i>Frangula alnus</i> Faulbaum	häufig in Erlenbrüchen und Birkenmooren, Weidengebüsch, Auenwäldern, lichten Kiefern-, Eichen- u. Eichen-Buchen-Wäldern, auf staunassen oder in der Tiefe zeitw. feuchten, ± mageren Böden, bevorzugt saure Bodenreaktion, wenn genügend Feuchtigkeit vorhanden, auch auf Sandböden, verträgt sowohl sonnige Standorte als auch starke Beschattung, bis 4 m hoher schnellwüchsiger Strauch, baumartig bis 7 m
<i>Fraxinus excelsior</i> Gewöhnliche Esche	Pionierbaum, ausschlagfähig, Halbschattholz, in Auen- und Schluchtwäldern, in krautreichen Laubmischwäldern auf nährstoff- und basenreichen, schwach sauren, humosen Böden, Verbreitungsschwerpunkt im Alno-Ulmion, für verdichtete Böden und trockene Sandstandorte nicht geeignet, gedeiht auf trockenen Böden nur wenn Kalk vorhanden ist, im Auenwald u. a. feuchten Standorten, Durchwurzelung kann ausgesprochen flach und weitreichend sein, Windfestigkeit stark vom Standort abhängig, 30 - 40 m hoch
<i>Hippophaë rhamnoides</i> Sanddorn	Pionierpflanze, Sandzeiger, Bodenfestiger, tief wurzelnd, auf kalkhaltigen, basenreichen rohen Sand- und Kiesböden, bis 3 m hoch
<i>Ilex aquifolium</i> Stechpalme	Schatt-bis Halbschattpflanze, in Buchen-, Eichen-Hainbuchen- und Fichten-Birkenwäldern, auf frischen bis mäßig trockenen, schwach sauren, meist sandigen Böden mittleren Nährstoffgehaltes, ausschlagfähig, atlantischer Verbreitungsschwerpunkt, v. a. in Fagion-Ges., in <i>Quercion roburi-petraeae</i> -Ges., selten in Alnion-Ges., Verwendung zur Unterpflanzung von Wald und Waldrändern, bis 5 m hoch
<i>Ligustrum vulgare</i> Liguster	Pionier und Bodenfestiger, Intensivwurzler, in basenreichen, bevorzugt neutralen, lockeren Böden, Licht- bis Halbschattpflanze, in lichten, artenreichen Eichen- und Kiefernwäldern, Charakterart des <i>Pruno-Ligustretum</i> , in wärmeliebenden <i>Fagetalia</i> -Gesellschaften, bis 5 m hoch
<i>Lonicera periclymenum</i> Wald-Geißblatt	häufig in Eichen-Birkenwäldern, Erlenwald-Gesellschaften, auf mäßig frischen bis feuchten, nährstoffarmen, bevorzugt sandigen Böden, in <i>Quercion roburi-petraeae</i> -Gesellschaften
<i>Populus nigra</i> Schwarzpappel	Pionierpflanze, bevorzugt auf Sand- und Kiesböden, wild v.a. in Auenwäldern, häufig als Feldgehölz oder Parkbaum, Charakterart des <i>Salicetum albae</i> , dabei besonders im Übergang zum <i>Quercio-Ulmetum</i> , l bis 30 m hoch
<i>Populus tremula</i> Zitterpappel	Waldpionier, Rohbodenbesiedler, bodenbereitend, häufig in lichten Wäldern, an Waldrändern, auf kalkarmen sowie kalkreichen mäßig sauren Böden jeder Bodenart, bevorzugt bei Grund- oder Sickerfeuchte, aber auch auf trockenen Standorten, zählt mit der Birke zu den ersten Bäumen der Wiederbewaldung nach Kahlschlägen, zur Bepflanzung von rohen Sandböden, Spülsandflächen, Binnen- und Küstendünen usw., bis 30 m hoch

Fortsetzung Tab. 1:

Populus alba Silberpappel	Pionierpflanze, Lichtholzart, sehr windbeständig, in Auenwäldern, auf Schuttplätzen, auf zumindest in der Tiefe zeitweise sickerfeuchten, nährstoffreichen, humosen oder rohen Böden, im Alno-Ulmion, Charakterart des Quercio-Ulmetum, wegen weitreichender Wurzeln und starker Wurzelbrut auch zur Dünenbefestigung im Küstengebiet und zur Flugsandbefestigung geeignet, bis 400 Jahre alt und 30 m hoch
Quercus robur Stieleiche	Lichtholzart, Tiefwurzler, sturmfest, in Laubmischwäldern, sowohl auf basenarmen als auch basenreichen, mäßig sauren Böden, für fast alle Böden geeignet, erschließt tiefliegendes Grundwasser, bes. geeignet zur Spülsand- und Uferbepflanzung, in älteren Küstendünen, da sie den Boden gut aufschließt, zur Bodenpflege geeignet, jedoch Begleiter nötig, da ihr Laub im Boden versauernd wirkt, 30 - 35 m hoch
Quercus petraea Traubeneiche	auf trockenen bis frischen, sowohl basenarmen als auch basenreichen Böden, bevorzugt leichte, warme Böden, auch saure Sand- und Sandsteinböden, stellt allgemein an Nährstoffgehalt und Bodenfeuchte geringere Ansprüche, verträgt sommerliche Trockenheit
Rosa canina Hundsrose	Tiefwurzler, optimale Wachstumsbedingungen auf basischen oder kalkhaltigen sonnigen und trockenen Standorten, gut geeignet zur Befestigung von südexponierten Steilböschungen an Kies und Sandgruben Waldmantelpflanzungen, bis 3 m hoch
Rosa pimpinellifolia Bibernellrose	natürlich an warmen, trockenen Südhängen von Dünen, unempfindlich gegen Winddruck und Sandschliff, als Befestiger von Böschungen, Rohböden und Spülsandflächen geeignet, bis 1 m hoch
Rosa rubiginosa Weinrose	auf ähnlichen Standorten wie Rosa canina vorkommend, für die Pflanzung an sonnigen Waldrändern, an Böschungen von Sandgruben usw. geeignet, bis 2 m hoch
Rubus plicatus (R. fruticosus) Brombeere	an Wald- und Wegrändern, auf mäßig trockenen bis feuchten, kalkfreien, mäßig sauren Sand- und Lehmböden, im Bereich des Quercion robori-petraeae, auch Piceion, Char. d. Frangulo-Rubetum plicatae, als Sand- und Böschungsfestiger wichtiges Pioniergehölz für Rohböden, Bodenverbesserer wegen reichlichem Laubfall und guter Durchwurzelung
Rubus caesius Kratzbeere	lichte Auenwälder, Weidengebüsch, Waldränder, auf sickerfeuchten, nährstoff- und basenreichen, schwach humosen bis rohen Böden, Rohbodenpionier, Bodenverdichtungs- und Nährstoffzeiger, Convolvuletalia-OC, im Salicion und Alno-Ulmion
Salix arenaria Sand-Kriechweide	häufig im Gebüsch der Küstendünen, auf trockenen, +/- rohen Sandböden, relativ unempfindlich gegen Wind und Übersandung, zur Befestigung von Rohböden, Sandböschungen und Spülsandflächen, bis 1 m hoch
Salix caprea Salweide	Rohboden- und Waldpionier, an Waldrändern, in Kiesgruben und auf Schuttplätzen, Bodenfestiger sowohl auf trockenen als auch vernässten Böden, optimal auf frischen bis feuchten Böden, oft mit Betula pendula im Sambuco-Salicion, lichtliebend, jedoch schattenvertragend, als bodenverbesserndes Pioniergehölz für humusarme Rohböden, rutschgefährdete Hänge und Böschungen, bis 9 m hoch
Sambucus nigra Schwarzer Holunder	Licht- bis Halbschattholz, in feuchten Wäldern, an Schuttplätzen, bevorzugt auf frischen nährstoffreichen tiefgründigen Böden, jedoch auch auf sandigen, trockenen Böden, Stickstoffzeiger, Flachwurzler ausschlagfähig, im Vorwald feuchter Fagetalia-Ges., in Prunetalia-Ges., geeignet für Anpflanzung am Waldrand und Begrünung von Schutthalde, bis 4 m hoch
Sorbus aucuparia Vogelbeere	Wald-Pionier, Licht- bis Halbschattholz, in lichten. Laub- und Nadelwäldern, auf mäßig trockenen bis frischen nährstoffarmen, sauren, humosen Böden, auch auf Küstendünen und sauren Sandsteinböden, gute Streuzersetzung, charakteristisches Vorwaldgehölz, 10 - 12 m hoch

hohen Totholzanteil gekennzeichneten Erlen sind zu entfernen und durch Neuanpflanzungen zu ersetzen.

Neben *Quercus robur* (Stieleiche), *Betula pendula* (Hängebirke) und den *Populus*-(Pappel)-Arten kommen *Quercus petraea* (Traubeneiche), *Acer pseudoplatanus* (Bergahorn), *Tilia cordata* (Winterlinde) und *Aesculus hippocastanum* (Roßkastanie) in Frage. *Tilia cordata* und *Aesculus hippocastanum* sind in Bezug auf die Bodenbedingungen recht anspruchsvolle Arten, und besonders *Aesculus* reagiert empfindlich auf Windeinwirkung. Nach Beobachtungen im Untersuchungszeitraum bilden sich bei ihnen im Vergleich zu anderen Baumarten am schnellsten Blattrandnekrosen. Zwar lassen Beobachtungen aus wenigen Vegetationsperioden nur eingeschränkte Schlußfolgerungen zu, eine Tendenz ist

jedoch in jedem Fall erkennbar und gibt Anlaß, Linden und Kastanien vorsichtig zu verwenden. Sie sollten nur an ganz geschützten Stellen im Inneren des Bestandes gepflanzt werden. Weil die Stieleiche (*Quercus robur*) sich auf Sandböden sehr gut entwickeln kann und in Bezug auf die Feuchtigkeitsverhältnisse eine breite ökologische Amplitude aufweist, sind mit dieser Art langfristig die besten Erfolge zu erwarten. Dabei ist aber zu beachten, daß die Eiche nicht durch andere Bäume stark beschattet wird.

Als Unterwuchs eignen sich *Ilex aquifolium* (Stechpalme), *Crataegus monogyna* (Eingrifflicher Weißdorn), *Sambucus nigra* (Schwarzer Holunder), *Lonicera periclymenum* (Wald-Geißblatt) und *Hedera helix* (Efeu).

An wesentlichen Strukturelementen sind, auch unter stadtoökologischen Gesichtspunkten, zu nennen:

- mehrschichtiger Aufbau der Gehölzbestände mit Baumschicht, Strauchschicht und Krautschicht (letztere spontan entwickelt),
- Schaffung von Randelementen als ökologisch vielfältige Übergangszonen,
- Beachtung der bewährten Strukturen, d.h. von Westen nach Osten ansteigende Bestandesränder, und keine Einzelpflanzungen, sondern Pflanzung möglichst großer Gruppen, damit die einzelnen Bäume vom Schutz des Gesamtbestandes profitieren können.

Bei der Umgestaltung sollte nicht der ganze Kurpark in einem Durchgang erfaßt werden, sondern es sind Teilflächen auszugliedern, die nach und nach umgebaut werden (s. Karte 5). Auf diesen Flächen sind die alten Erlen zu entfernen und durch Neuanpflanzungen mit den oben genannten Baumarten zu ersetzen. Dabei sollte mit den Flächen begonnen werden, die den höchsten Anteil an z.T. abgestorbenen Bäumen aufweisen. Die Angaben zur Auswahl der Arten für die verschiedenen Flächen sind der Karte 5 zu entnehmen.

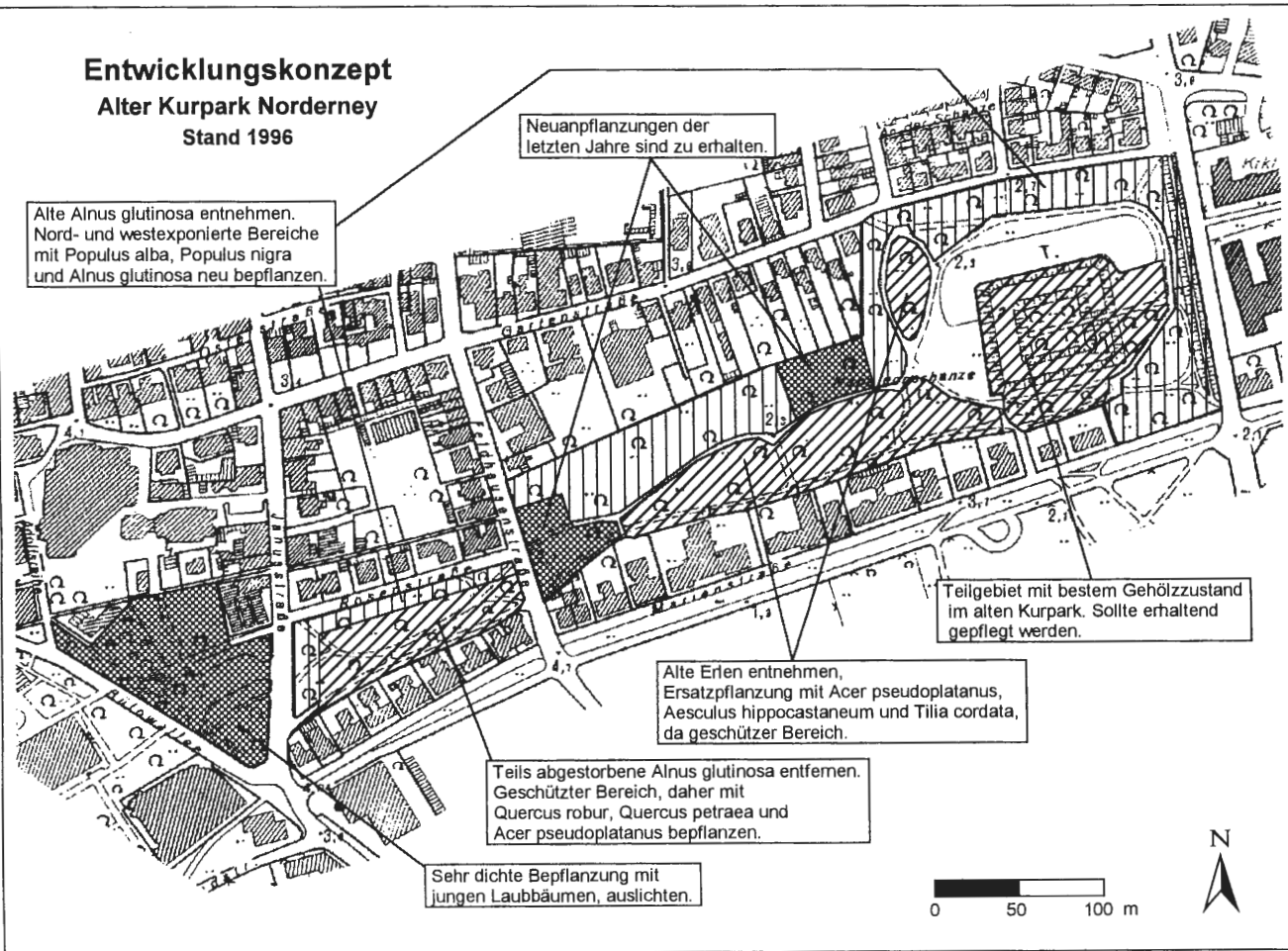
Die Neuanpflanzungen der vergangenen Jahre sind zu erhalten. Im Westteil des Kurparks stehen die Bäume auf einer der neu bepflanzten Flächen sehr eng. Der Bestand sollte etwas ausgelichtet werden, damit sich die Pflanzen besser entwickeln können.

Argonner Wäldchen

Das Argonner Wäldchen wird, wie bereits beschrieben (Kap. 9.2.2), zum weitaus größten Teil von der Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) aufgebaut. Die Art hat sich an diesem Standort als ausdauernd erwiesen und gehört zu den natürlichen Besiedlern grundwasserbeeinflusster Dünentäler. Weil die Geländeoberfläche im größten Teil des Argonner Wäldchens bei 2,0 bis 3,5 m über NN liegt und das Wurzelsystem der Schwarzerle bei 30-jährigen Exemplaren 1,4 bis 1,6 m, bei 80-jährigen sogar 2,0 bis 2,5 (3,8) m in den Boden hinabreicht (MAYER 1980), ist vor dem Hintergrund der Kenntnisse über den Grundwasserstand davon auszugehen, daß die Bäume mit diesem in Kontakt stehen. Die Schwarzerle soll aufgrund dieser Zusammenhänge im Argonner Wäldchen auch in Zukunft die Hauptbaumart sein.

Weil es sich bei *Alnus glutinosa* um eine sehr ausschlagfreudige Art handelt, wurde sie vielerorts jahrhundertlang im Niederwaldbetrieb genutzt. Das Prinzip dieser Wirtschaftsform – der Hieb stellt gleichzeitig die Verjüngung dar – sollte auch auf das Argonner Wäldchen angewendet werden. Die Bäume werden auf den Stock gesetzt, d.h. kurz über dem Erdboden abgesägt. Anschließend treiben sie aus Adventiv-Knospen („schlafende Augen“) wieder aus. Die Erle behält ihre Stockausschlagfähigkeit über einen Zeitraum von bis zu 60 Jahren, auf günstigen Standorten auch länger. Bei den Weiden-, Birken-, Pappel- und Ahornarten hält sie dagegen nur 20 bis 30 Jahre an (MAYER 1980). Werden die Stämme später abgeholzt, erfolgt ein sehr schwacher oder gar kein Neuaustrieb, und die Bäume sterben ab. Weil jüngere Stöcke im allgemeinen reproduktionsfreudiger

Entwicklungskonzept Alter Kurpark Norderney Stand 1996



sind, müssen alte rechtzeitig durch junge Pflanzen (Kernwüchse) ersetzt werden. Die nach dem Hieb aufwachsenden Stocklohdn bauen mehr oder weniger dichte Büsche auf.

Weil Bäume im allgemeinen auf Extrem-Standorten schneller altern, sollte im Argonner Wäldchen trotz der Verjüngung durch Stockhieb rechtzeitig mit der Ergänzung des vorhandenen Bestandes durch Neuanpflanzung von Jungwuchs begonnen werden. Neben der Verwendung von Erlen-Jungpflanzen bietet sich zur Ergänzung v.a. die Moorbirke (*Betula pubescens*) an, die in naturnahen Wäldern oft gemeinsam mit der Erle auftritt. Weil es sich bei beiden um Lichtbaumarten handelt (vgl. DENGLER 1972, MAYER 1980), ist fraglich, ob die Neupflanzung unter dem vorhandenen Kronenschirm zum Erfolg führen kann. Es ist deshalb ratsam, die vorhandenen Erlen auf den Stock zu setzen und, sobald die Lohden etwa 1,5 bis 2,0 m hoch sind, das Aufpflanzen von Jungwuchs im Windschatten der Stockausschläge zu beginnen. Die neuen Pflanzen können so die kritische Anwachsphase und die Jugendentwicklung besser überstehen. Der Winter ist bei Erlen die günstigste Zeit für den Stockhieb.

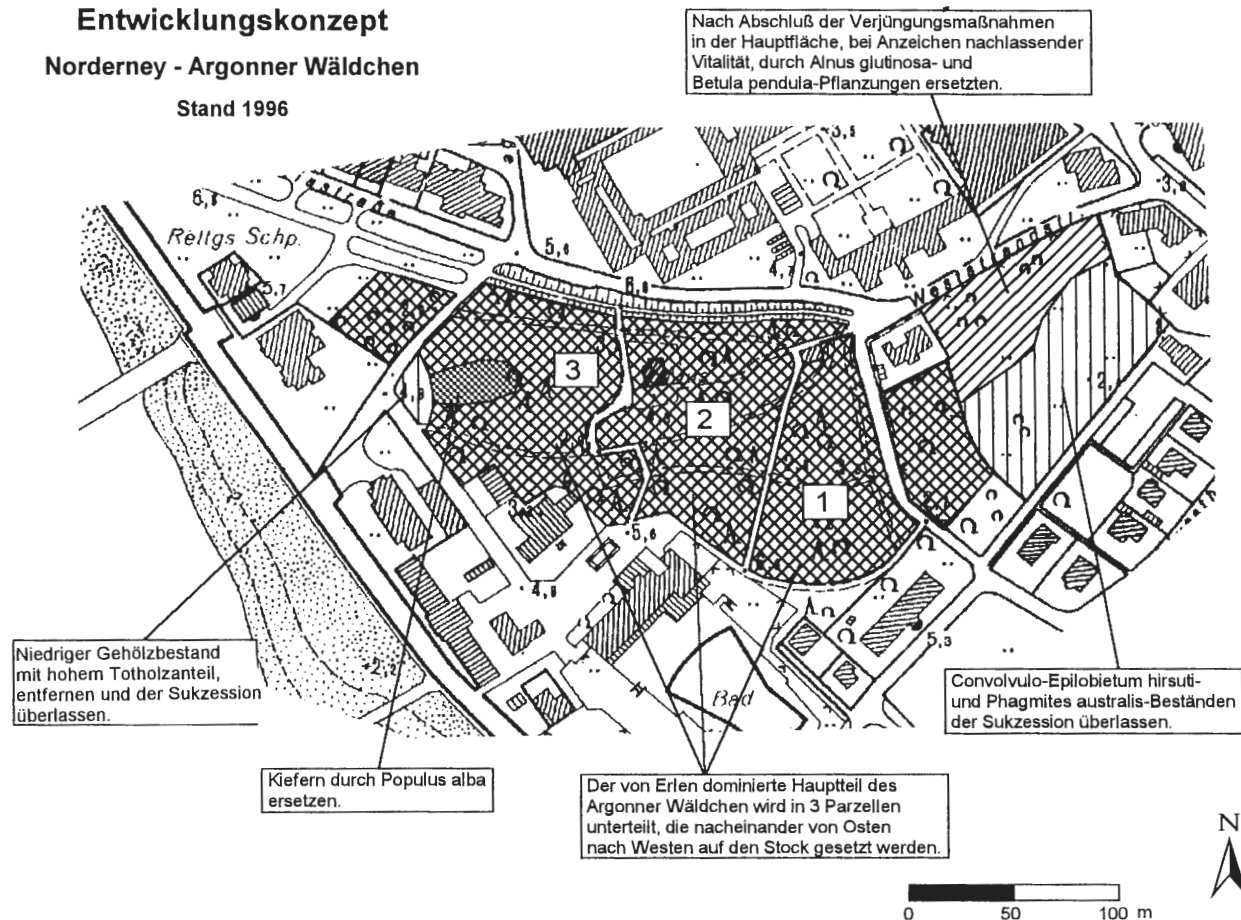
Im größten Teil des Erlenwäldchens besteht die Möglichkeit, sowohl für den Neuaustrieb als auch für den nachgepflanzten Jungwuchs einen gewissen Windschutz zu gewährleisten, indem nicht die ganze Fläche in einem Durchgang, sondern nach und nach eingeschlagen wird. Dafür ist sie in streifenförmige Parzellen zu unterteilen. Beginnend auf der Ostseite des Bestandes werden diese Parzellen im Abstand von 6 - 8 Jahren nacheinander abgeholzt (s. Karte 6). So besteht hier für den Aufwuchs durch die noch vorhandenen Baumgruppen zumindest am Anfang ein Schutz vor den vorherrschenden westlichen Winden. Ein weiterer Vorteil dieser Vorgehensweise besteht darin, daß kein Kahlschlag entsteht, der den Wert für die Erholungsnutzung stark herabsetzt, und so die Akzeptanz für diese Maßnahme bei den Einwohnern und Gästen eher erreicht wird.

Am Nordrand des Argonner Wäldchens entlang der Viktoriastraße stocken kleinere Gruppen von *Ulmus minor* var. *suberosa* (Feldulme), die durch die Ulmenkrankheit stark in Mitleidenschaft gezogen worden sind und bei denen eine Regeneration nicht zu erwarten ist. Sie sind vollständig zu entfernen. Bei der anschließenden Neugestaltung kann der Waldrand mit verschiedenen Straucharten aufgebaut werden. Hierfür bieten sich *Ligustrum vulgare* (Liguster), *Ilex aquifolium* (Stechpalme), *Frangula alnus* (Faulbaum), *Crataegus monogyna* (Eingrifflicher Weißdorn) und *Salix caprea* (Salweide) an. Diese Arten kommen mit den durch niedrigen pH-Wert und relativ hohen Grundwasserstand gekennzeichneten Bodenverhältnissen zurecht. *Ligustrum vulgare* zeichnet sich durch besondere Windhärte aus.

Im westlichen Teil des Argonner Wäldchens liegt ein kleinflächig ausgebildeter Dünenzug, der mit Schwarzkiefern (*Pinus nigra* var. *austriaca*) bepflanzt ist. Sie bilden einen sehr dichten, dunklen Bestand ohne jeglichen Unterwuchs. Der hohe Anteil abgestorbener Äste trägt dazu bei, daß er in keiner Weise ansprechend wirkt. Der Bestand sollte abgeräumt und durch die ausgesprochen windfeste *Populus alba* (Silberpappel) ersetzt werden.

Entlang des Weges, der von der Viktoriastraße durch den nördlichen Teil des Argonner Wäldchens zum Weststrand führt, liegt eine Fläche mit niedrigen Bäumen und Sträuchern, die einen hohen Anteil an Totholz aufweist. Es handelt sich um einen Bereich, der entlang des mit Schwarzkiefern bestandenen Dünenzuges den nordwestlich exponierten Waldrand bildet. Dieser Bereich liegt höher als die übrigen Teile des Argonner Wäldchens und ist sehr stark dem Wind ausgesetzt. Möglicherweise spielt hierbei auch die Lage der Gebäude entlang des Strandes, durch die Düseneffekte ausgelöst werden können, eine Rolle. Es findet eine leichte Übersandung statt. Die einzigen strauchigen Arten, die hier eine Chance hätten, sich zu entwickeln, sind *Rosa pimpinellifolia* und *Salix arenaria*. Die stark geschädigten Gehölze sind zu entfernen, zumal sie an diesem stark frequentierten

Entwicklungskonzept Norderney - Argonner Wäldchen Stand 1996



Weg zur Kurpromenade jeglichen „Zierwertes“ entbehren. Auf dieser stark sandigen, humusarmen Fläche sind weitere Anpflanzungsversuche wegen der geringen Erfolgsaussichten nicht angeraten, man sollte ihre weitere Entwicklung der natürlichen Besiedlung überlassen. Hier werden sich v.a. Arten wie Strandhafer (*Ammophila arenaria*) und Strandroggen (*Elymus arenarius*) einstellen.

Im Osten des Argonner Wäldchens stockt eine Gruppe von *Populus x canadensis* (Kanadische Pappel), die sich in einem recht guten Zustand befindet. Derzeit ist eine Erneuerung nicht erforderlich. Wenn erwünscht, sollte damit erst begonnen werden, wenn die Maßnahmen auf der Hauptfläche des Argonner Wäldchens abgeschlossen sind. An die Pappel-Bestände grenzt eine sehr feuchte Fläche, auf der sich das *Convolvulo-Epilobietum hirsuti* und *Phragmites australis*-Bestände entwickelt haben. Weil sie etwas abseits liegt und bereits von dichten, hochwüchsigen Stauden eingenommen ist, sollte sie als Sukzessionsfläche sich selbst überlassen bleiben.

Kiefernwäldchen

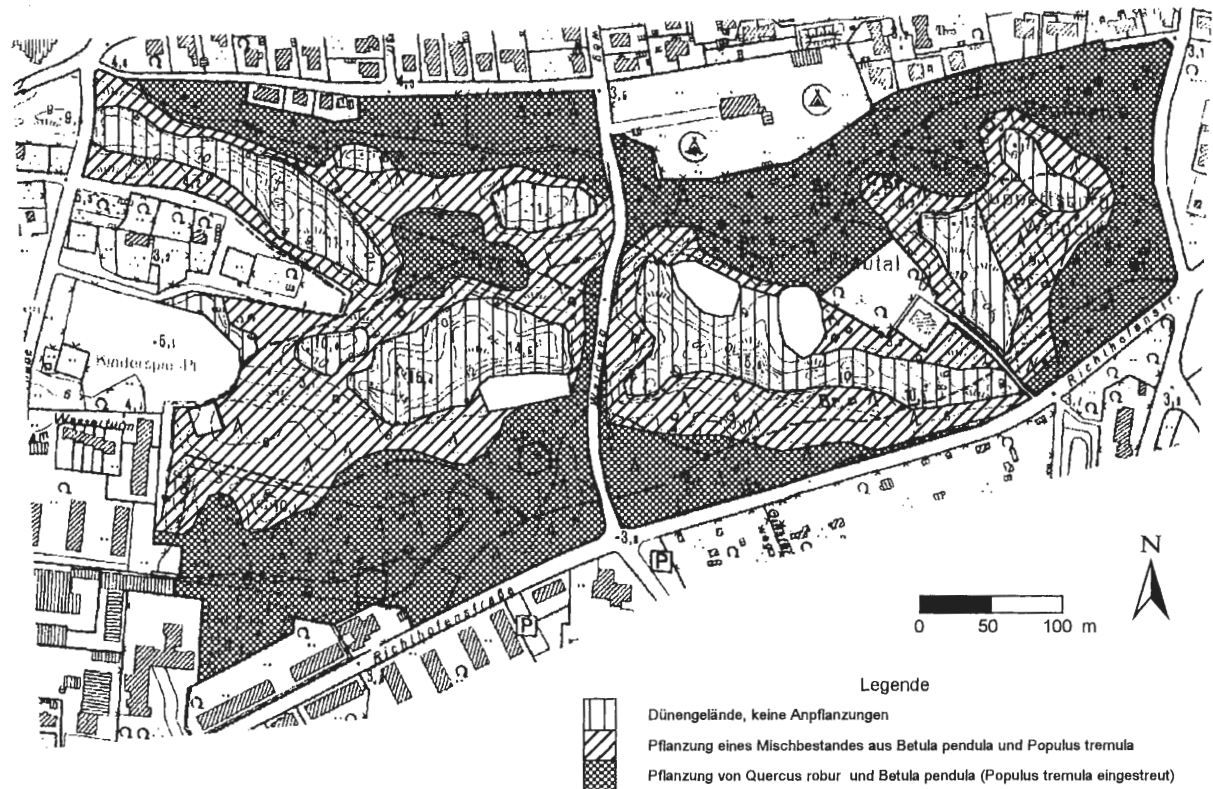
Wie in Kap. 9.2.3 beschrieben, wird das Kiefernwäldchen durch *Pinus nigra* var. *austriaca* (Schwarzkiefer) aufgebaut. Die Art bildet hier einen lichten Bestand, in dessen Unterwuchs *Holcus lanatus* und verschiedene säureanzeigende Moose vorkommen. An einzelnen Stellen wurden in den vergangenen Jahren bereits kleine Laubgehölzgruppen aufgepflanzt, in denen *Acer pseudoplatanus* (Bergahorn) die am häufigsten gewählte Baumart ist. Die Kiefern sind durch eine geringe Vitalität gekennzeichnet und z.T. bereits abgängig.

Es stellt sich die Frage, wie lange sich der Bestand auf diesem Standort noch halten kann, zumal eine Naturverjüngung nicht stattfindet. Sollen Waldbestände als solche - gleich, in welcher Artenzusammensetzung - erhalten werden, ist im Hinblick auf die Ausrichtung der künftigen Entwicklung langfristig zu planen. Gerade auf windgefährdeten Standorten ist der schützende Altbestand bei der Aufpflanzung von Jungwuchs zu nutzen.

Der Kiefernbestand ist im Zuge von längerfristig angelegten **Waldumbaumaßnahmen** in einen Laubmischwald umzuwandeln, der der potentiellen natürlichen Vegetation auf einem Altdünenstandort entspricht. Als Entwicklungsziel ist ein Bestand mit *Quercus robur* (Stieleiche), *Betula pendula* (Hängebirke) und *Populus tremula* (Zitterpappel) in der Baumschicht anzustreben (s. Karte 7). Diese Arten werden von verschiedenen Autoren als potentielle Besiedler der Dünen beschrieben. Fragmentarische Ausbildungen des *Populo-Quercetum petraeae* mit *Populus tremula* sind auf Norderney in der Nähe des Leuchtturms zu finden. Allerdings sollte im Kiefernwäldchen *Quercus robur* gegenüber *Quercus petraea* (Traubeneiche) der Vorzug gegeben werden, weil diese Art in Bezug auf die Feuchtigkeitsverhältnisse eine größere ökologische Amplitude aufweist (OBERDORFER 1990). *Betula pendula* zählt zu den natürlichen Besiedlern der Dünen. Zusammen mit *Quercus robur* baut sie die Eichen-Birkenwälder der nährstoffarmen Sandböden Nordwestdeutschlands auf.

Der Umbau des Kiefernwäldchens sollte im Femelschlag erfolgen, d.h. aus dem Bestand werden gruppenweise Bäume entnommen und so Verjüngungsflächen mit einem unregelmäßig aufgelockerten Kronendach geschaffen. Es entstehen Teilflächen mit stärkerem Zutritt von Einstrahlung und Niederschlag, während andere Teile des Bestandes zunächst weniger aufgelichtet werden oder noch ein geschlossenes Kronendach behalten (DENGLER 1972). Die entstandenen Lücken werden anschließend mit Jungwuchs bepflanzt. Die jungen Baumgruppen profitieren so noch vom Windschutz durch den Altbestand. Im weiteren Vorgehen werden die aufgelichteten Flächen vergrößert und die Pflanzung ausgeweitet.

Waldumbau **im Stadtgebiet Norderney - Bereich Kiefernwäldchen** **Stand 1996**



Bei der Neupflanzung ist das leicht wellige Relief des Geländes zu berücksichtigen (Abb. 95). Die Auswahl der Arten für die verschiedenen Bereiche orientiert sich an der Geländehöhe. Dementsprechend erfolgte die Ausweisung der Flächen, für die jeweils eine unterschiedliche Bepflanzung vorgegesehen ist (vgl. Karte 7), in Anlehnung an die Höhenlinien. In die tiefer gelegenen, grundwassernäheren Bereiche sollten hauptsächlich die etwas anspruchsvolleren Eichen gepflanzt werden. Die Birken und Pappeln können als Pioniergehölze auf den höher liegenden, trockeneren Standorten leichter Fuß fassen.



Abb. 95: Kiefern im leicht welligen Dünengelände westlich der Meierei

Damit sind bis zu einer Geländehöhe von 4 m vorwiegend Eichen, gemischt mit einigen Birken und Pappeln, zu verwenden, in den höher liegenden Flächen, bis etwa 8 m über NN, sind ausschließlich Birken und Pappeln aufzupflanzen. Zwischen den beiden Bestandstypen sind fließende Übergänge zu schaffen. Die Wahl der Höhenlinien als ungefähre Abgrenzung zwischen diesen Typen erfolgt aufgrund von Beobachtungen, die im Gelände über die Qualität des derzeitigen Gehölzbestandes gemacht werden konnten.

Die Dünenzüge sollten wegen der geringen Erfolgsaussichten nicht bepflanzt werden. Hierbei handelt es sich um die Flächen, die höher als ca. 8 m über NN liegen. Die im Kiefernwäldchen bereits vorhandenen Laubgehölzgruppen sind zu erhalten. Das in Privatbesitz befindliche „Blautal“ wird bei der Bepflanzungsplanung ausgeklammert.

Die Pflanzung des Jungwuchses sollte zunächst relativ dicht erfolgen, damit die wegen des Pflanzschocks und der schwierigen Standortverhältnisse zu erwartenden Abgänge ausgeglichen werden können. Als Richtwert kann eine Jungpflanze pro Quadratmeter gelten (vgl. DENGLER 1972). Im Laufe der Jahre sind Durchforstungen notwendig. Es ist darauf zu achten, daß die Eichen von den schnellwüchsigeren Birken und v.a. Pappeln nicht zu sehr bedrängt werden. Freistellungen sind nötig, um den langsamwüchsigen und lichtbedürftigen Arten gerecht zu werden.

Um eine mehrschichtige Struktur des Waldes zu erreichen, können die neu eingebrachten Baumarten mit *Sorbus aucuparia* (Eberesche), *Sambucus nigra* (Schwarzer Holunder) und an lichter Stellen mit *Rosa canina* (Hundsrose) und *Rosa rubiginosa* (Weinrose) unterpflanzt werden. Diese Straucharten sind auch zum Aufbau eines Waldrandes geeignet. Entlang des Wäldchens sollte, naturnahen Wäldern vergleichbar, ein Waldmantel mit Gehölzarten, deren Größe von außen nach innen zunimmt, aufgebaut werden. Waldränder zählen zu den ökologisch besonders wertvollen Bereichen und tragen unter gestalterischen Gesichtspunkten zur Erhöhung der Strukturvielfalt bei.

10.4 Hinweise zu Maßnahmen im Zusammenhang mit den Problemfeldern Versiegelung, Verkehr, Abfall, Abwasser

10.4.1 Versiegelung

Im Straßenbau sollte Straßenpflaster anstelle von Asphalt- oder Betondecken eingesetzt werden. Letztere sind nicht inseltypisch.

Als vorteilhaft erscheint die Verwendung eines Kanaltrennsystems. Zu einer Regenentwässerung sollte es nur in dem Umfang kommen, in welchem nicht auf den Anliegergrundstücken versickert werden kann. Dies beinhaltet die Abkehr von dem bisher praktizierten Vorgehen, grundsätzlich eine Regenkanalleitung zu verlegen und daran alles anzuschließen. Fehlanschlüsse werden dadurch vermieden, d.h., es gelangt weniger Schmutzwasser ins Kanalsystem. Die Verwendung eines Kanaltrennsystems müßte also auch zu Kostenreduzierungen führen.

Es ist zu überlegen, ob in Bebauungsplänen Festsetzungen getroffen werden können, die eine Versiegelung von Flächen im Maßstab zum Verhältnis der Grundstücksfläche beschränken. Dies gilt insbesondere für die in offener Bauweise vorhandenen Stadtgebiete.

Oberflächenwasser, das von Anliegergrundstücken und öffentlichen Flächen zusammengeführt wird, ist in jedem Fall mit Schadstoffen belastet. Es ist damit zu rechnen, daß späterhin im Wasserrecht Standards entwickelt werden, die möglicherweise auch eine Reinigung des Oberflächenwassers erfordern. Die Ableitung von Oberflächenwasser von der Insel sollte deshalb so geplant werden, daß erforderliche Einrichtungen für solche Reinigungsmaßnahmen geschaffen werden können (z.B. Schönungssteiche mit Schilfbesatz vor denjenigen Stellen, an denen das Wasser ausgesielet wird). Dabei besteht sicher die Gefahr, daß geringe Wassermengen ins Grundwasser gelangen. Deshalb sollten die Schönungssteiche in Bereichen angelegt werden, wo keine Grundwassergewinnung durchgeführt wird. Zu nennen wären hier z.B. die Meiereiwiesen oder die Freiflächen (Wiesen) in Hafennähe.

10.4.2 Verkehr

Es muß auf Norderney mehr für den Fußgänger und den Radfahrer getan werden - dies ist die Mehrheit der Verkehrsteilnehmer. Im Vergleich zu anderen Inseln schneidet hier das Angebot an Fußgänger und Radfahrer relativ schlecht ab. Es darf nicht nur von der Prioritätenreihenfolge Fußgänger, Radfahrer, Autofahrer gesprochen, sondern es muß auch entsprechend gehandelt werden. Kombinierte Rand- und Fußwege sind auf Norderney die Regel. Der Umstand der gemeinsamen Wegnutzung wird auch von den Gästen sehr kritisiert. Die Präsenz des Pkw auf dieser Inseln bringt für Fußgänger und Radfahrer Nachteile mit sich, müssen sie doch insbesondere in den Stadtgebieten um die knappen Verkehrsflächen mit dem Pkw konkurrieren. Allerdings läßt diese Führung beiden Verkehrsarten nicht genügend Platz, so daß Konflikte vorprogrammiert sind, die bei der Verkehrsplanung bisher weitgehend unberücksichtigt blieben.

Folgende Ziele sind zur Realisierung als Leitziel einer sanften Mobilität maßgebend:

- größtmögliche Reduzierung des motorisierten Individualverkehrs
- absolute Priorität des Fahrrad- und Fußgängerverkehrs
- Ausbau eines auf die Bedürfnisse der Urlauber und der Bewohner abgestimmten ÖPNV
- restriktive Regelungen für den Wirtschafts-, Ver- und Entsorgungsverkehr
- attraktives Rad- und Wanderwegenetz
- Garantie der schnellen Erreichbarkeit aller touristischen Attraktionen mit sanften Verkehrsmitteln

Außerdem sollte der Verkehr die durch ihn ausgelösten Kosten selbst tragen. Folgende Punkte sind nach Angaben des Stellv. Stadtdirektors Ludwig SALVERIUS hier als Diskussionsgrundlage zu nennen:

Konkret sind folgende Maßnahmen geeignet, die Verkehrspolitik auf Norderney nach dem Willen und den Bedürfnissen der Bevölkerung und der Gäste zu steuern:

1. Gleichbehandlung aller Wohnbereiche mit Fremdenbeherbergung = Schaffung eines gleich **hohen Qualitätsstandards**.

Damit verbunden ist die Einbeziehung der Siedlung Nordhelm, der Straßen Süd-/Südhoffstraße, An der Mühle und Alter Fliegerhorst in den verkehrsbeschränkten Bereich.

2. Erlass einer Satzung zum Ausschluß der Anlegung von **Kfz-Einstellplätzen**.

Einstellplätze innerhalb von Wohngebieten stellen immer eine Belastung dar. Dies gilt auch im Falle der Beibehaltung der Kriterien für Kfz-Ausnahmegenehmigungen für den Individualverkehr (Schlauchgenehmigungen). Eine solche Satzung muß gerade hinsichtlich der Nutzung von Grundstücken in offener Bauweise baldmöglichst erlassen werden. Wenn die Ablösung damit für die ganz überwiegend bebauten Teile der Insel (s.o.) Regel wird, könnte der Ablösebetrag abgesenkt werden. An den baulichen Anlagen selbst sollten nur noch die für den Betrieb der Anlage erforderlichen notwendigen Einstellplätze angelegt werden dürfen.

3. Schaffung eines ausreichenden **Parkplatzangebotes** außerhalb von Wohnanlagen.

Weil ein überwiegendes Verbleiben von Fahrzeugen auf dem Festland in absehbarer Zeit nicht erreichbar ist, muß auf der Insel ein ausreichendes zentrales Parkplatzangebot vorgehalten werden: Beibehaltung der Parkplätze A und B mit Kurzzeitparken, Aufgabe des Parkplatzes Knyphausenstraße, Aufgabe des Parkplatzes D (negative Optik, bessere Erschließung der Sportanlagen), einfache Erweiterung des Parkplatzes C um ca. 500 Stellplätze (250 Plätze an der Knyphausenstraße, 120 Plätze am Parkplatz D, 100 Plätze an der Mühle und am Alten Fliegerhorst), Beibehaltung Parkplatz Pietschmann, Einrichtung eines Parkplatzes auf der Bürgermeisterwiese für den Bereich Siedlung Nordhelm mit ca. 250 Plätzen (incl. Stellplätze Oder-, Nordhelm-, Emsstraße und Kiefernweg - bei

Wegfall des Parkplatzes Lippestraße müssen weitere 120 Stellplätze neu bereitgestellt werden), Stellplatzangebote für Behinderte und Kranke (Ems-, Nordhelm-, Oderstraße).

4. Parkplatzgebühren überall.

Die Punkte Parkraumvorhaltung bzw. -bewirtschaftung gehören zu den wenigen Aufgaben, die die Stadt in verkehrspolitischer Hinsicht selbstverantwortlich regeln kann; auch ein Stück Raumordnung ist damit verbunden. Deshalb und weil sich hier auch finanziell etwas gewinnen läßt, sollte dieser gesamte Bereich in öffentlicher Hand verbleiben; ausgenommen ist hierbei die Durchführung von Dienstleistungen durch Dritte. Die Parkgebühren müssen so ausgelegt sein, daß Maßnahmen der Unterhaltung und Investitionen direkt, festgelegte Förderungen des ÖPNV und Anlagen für den Fahrradverkehr mittelbar finanziert werden können. Auf Dauer gesehen - bei Ausbau eines besseren ÖPNV - sollte auch über eine Parkgebührenerhebung an den Stränden (Weiße Düne, Oase, Ostheller) nachgedacht werden, weil sich damit die Fahrleistungen auf der Insel weiter verringern lassen. Zumindest der Parkplatz am Ostheller könnte verkleinert, begrünt und teilweise auch als Sportstätte ausgebaut werden.

5. Ganzjährige Kfz-Sperre.

Zumindest das heutige Kfz-Sperrgebiet sollte ganzjährig gesperrt werden. Es macht keinen Sinn, das Sperrgebiet alljährlich wieder für einen auch noch unterbrochenen Zeitraum von gut vier Monaten zu öffnen, damit dann ganz überwiegend Norderneyer mit ihren Fahrzeugen das Stadtgebiet bevölkern, die die übrigen Monate problemlos auch ohne Kfz auskommen. In Greetsiel haben 26 örtliche Vereine in einer ähnlichen Situation die Forderung nach einer Ganzjahressperre formuliert.

6. Teilweise Öffnung der Verkehrszonen in Verbindung mit einer Ganzjahressperre.

Dort, wo sich nicht das Erfordernis zur Beibehaltung von Fußgängerbereichen stellt, kann die Trennung der Verkehrszonen 1 und 2 aufgehoben werden (Garten-, Maybach- und Benekestraße). Der Abschnitt der Jann-Berghaus-Straße zwischen Winter- und Luciusstraße sollte dagegen mittelfristig in einen fußgängerfreundlichen Bereich umgewandelt werden. Teilweise Öffnung bedeutet: Zulassen des Querverkehrs für Busse und Taxen, Ver- und Entsorgungsverkehr. Der Individualverkehr wird weiter über die Schlauchgeheimungen direkt nach außen gelenkt. Durch diese Teilung des Verkehrs wird das Verkehrsaufkommen für die im Falle von Straßenwiederöffnung betroffenen Anlieger gemindert.

7. Ausgleich von „Mobilitätsnachteilen“ durch eine flexibleres Angebot von Bussen und Taxen.

Der ÖPNV kann auf Norderney sicher noch optimiert werden. Zum Beispiel müßten einige Haltestellen besser erkennbar sein, die Beförderung besonders abends und an den Wochenenden kundenfreundlicher geregelt, mehr Wert auf Pünktlichkeit gelegt und das Ostland häufiger angefahren werden. Auf der anderen Seite soll nicht unerwähnt bleiben, daß die NorderneyCard, soweit dies wenige Monate nach ihrer Einführung absehbar ist, von den Gästen offenbar angenommen wird. Das Hinausschieben des Nachtfahrverbots für besonders gut ausgestattete Taxen als Angebot an Behinderte, aber auch an die Allgemeinheit hat sich ebenfalls bewährt. Erwägenswert ist ein weiteres Hinausschieben bis auf 01.00 Uhr im ursprünglichen Sperrbereich. In den anderen Ortslagen ist ein 24-Stunden Angebot durchaus weiter vertretbar. Dies gilt ausdrücklich auch für Busse.

Aufgaben für die weitere Zukunft sind die Planung einer Optimierung der Gepäckbeförderung zwischen dem Festland und der Insel, die Beobachtung der Entwicklung bei der Bahn, um positive Ansätze (z.B. Pauschalangebote) zu unterstützen, und die Berücksichtigung neuer Fahrzeugantriebstechniken/Normen und deren Einbau in die Ausnahmegeheimungskriterien.

10.4.3 Abfall- und Abwasserproblematik

Die Strategie des Abtransports von Haus- und Gewerbeabfällen zur Sortierung, zum Recycling oder zur Endablagerung auf das Festland muß beibehalten werden.

Zur Stützung der Bauwirtschaft und um ein Bauen überhaupt in bezahlbaren Größen zu halten, muß vor Ort das Angebot einer Bauschuttentsorgung im Rahmen eines Wertstoffkreislaufs beibehalten werden. Dies gilt ebenfalls für die Vorhaltung eines Angebotes zur Entsorgung von Grünschnitt. Die seit einigen Jahren mögliche kostengünstige oder auch kostenlose Abnahme von Grünschnitt auf dem Recyclinggelände hat zu einer deutlichen Entlastung der freien Landschaft geführt. Durch die Kompostierung von Grünschnitt kann zugleich dringend benötigter Boden hergestellt werden, der im Garten- und Landschaftsbau des Stadtbezirks Verwendung findet.

Besondere Bedeutung kommt dem Konzept der Verwendung des vererdeten Klärschlammes auf der Insel zu. Unabhängig von Einsatzmöglichkeiten im Garten- und Landschaftsbau in der Stadt sind die Überlegungen zum Einsatz eines solchen Materials im Rahmen einer alternativen Sicherung und Rekultivierung von devastierten Flächen (hier: Deponie) voranzutreiben. Neben der Möglichkeit, insulare Entsorgungsprobleme zu lösen, ergeben sich auch über das von der DBU (Deutsche Bundesstiftung Umwelt) geförderte Forschungsprogramm zur Klassifizierung von vererdetem Klärschlamm und zur Prüfung der Einsatzmöglichkeiten auch auf der Insel grundlegende Perspektiven einer innovativen Strategie. Das Forschungsprogramm ist zur Zeit noch in Arbeit.

Die Stadt sollte in ihrem Bemühen fortfahren, eine möglichst komplette Reinigung von öffentlichen Flächen zu betreiben. Die Sauberhaltung kommt der Insel insgesamt zugute. Erforderlich ist von Zeit zu Zeit sicher auch eine **Reinigung der freien Landschaft** von Müll und Abfall, besonders an den Wegesrändern und auch im Ostland. Die Reinigungsarbeiten stellen keinen unzumutbaren Eingriff in die Natur dar, auch nicht in den Bereichen des Nationalparks, soweit sie umweltgerecht durchgeführt werden, also z.B. nicht das Brutgeschäft der Vögel stören. Falls die Nationalparkverwaltung keine Möglichkeit sieht, die Reinigungsarbeiten selbst zu übernehmen, sollten die Arbeiten auf die Stadt Norderney übertragen werden. Die ehemalige Deponie auf dem Meiereigelände kann in ihrem jetzigen Zustand verbleiben. Nach der vorgenommenen Gefährdungsabschätzung besteht dort nur ein geringes Gefährdungspotential. Außerdem ist sie Heimat zahlreicher Ruderalpflanzen, die z.T. erst in den letzten Jahren auf Norderney heimisch geworden sind.

Die vor kurzem modernisierte Kläranlage sollte auch den künftigen Entwicklungen stets frühzeitig angepaßt werden, um beispielhaft auf den Umweltsektor wirken zu können.

Besondere Beachtung ist dem Alter des Kanalnetzes zu schenken. Es wurde festgestellt, daß zwar die alten Steinzeug-Rohre zumeist noch in gutem Zustand sind, was allerdings von den Muffenverbindungen nicht gesagt werden kann. Gerade auch im Hinblick auf immerhin denkbare negative Einwirkungen auf das Süßwasserreservoir der Insel sollten die Verhältnisse genau überprüft werden. Eine Sanierung ist möglicherweise unabdingbar.

10.5 Flächennutzungspläne der Stadt und des Küstenschutzes (Westwerk, Bühnen, Strandaufspülungen)

Die Änderung des **Flächennutzungsplanes von 1973** ist voranzutreiben. Wegen der Vermischung von Wohnen und Beherbergung sollte das Stadtgebiet weitgehend als Sondergebiet entwickelt werden. Dabei ist allerdings je nach Immissionsgrad zu differenzieren. Die Planung muß so ausgeführt werden, daß die Waldflächen erhalten bleiben (Argonner

Wald, Kurpark, Kiefernwald usw.). Wichtig für den Charakter Norderneys ist es auch, daß die natürliche Landschaft möglichst an die bebauten Ortsteile heranreicht oder sogar hineinreicht. Für das Dünengebiet zwischen Kaap und Blautal ist bereits ein genereller Bau-stopp verhängt worden.

Neubauf Flächen sollten nur auf dem ökologisch nicht allzu interessanten Gebiet des alten Flugplatzes südlich der Stadt ausgewiesen werden. Auch dort ist darauf zu achten, daß Grünzüge mit eingearbeitet werden. Aus Gründen einer positiven Beeinflussung von Bauwerken sollten nach Möglichkeit im gesamten Stadtgebiet sogenannte einfache Bebauungspläne erstellt werden. Darin werden Baufluchten, Höhen und Nutzungen vorgegeben. Im Hinblick auf die Gestaltung ergibt sich somit noch ein Beeinflussungsspielraum für die Kommune, weil diese bei nicht qualifizierten Bauleitplänen dennoch das gemeindliche Einvernehmen herstellen muß.

Durch die natürliche räumliche Einfassung des bebauten Stadtgebietes im Westen und Norden, durch die Entscheidung, den Inselort hinter der Linie Lippestraße/Im Gewerbe-gelände nicht weiter zu bebauen, und durch eine wie oben beschriebene Bauleitplanung, die vor allem die Prägung und vorhandene Strukturen aufnimmt, ergeben sich der Rahmen und schließlich auch die Obergrenze der quantitativen baulichen Entwicklung der Insel. Konkret heißt dies, daß in den vorhandenen Baugebieten vor allem Ersatzbauten erstellt werden (siehe Zone 1) und in den Gebieten mit offener Bauweise Ergänzungs-bauten vorgenommen werden. Eine grundsätzliche Neubebauung kann sich nur auf dem alten Fliegerhorstgelände entwickeln. Auch dort ist der Entwicklungsrahmen bereits aus der umgebenden Randbebauung ablesbar. Aus alledem folgt, daß eine uferlose quantitati-ve bauliche Entwicklung nicht stattfindet.

Neben der Grundinstandsetzung der Bühnen bedarf das eigentliche Deckwerk im Westen einer grundsätzlichen Sanierung, wobei es gleichzeitig den im Moment entwickelten neuen Szenarien zum Meeresspiegelanstieg angepaßt werden muß (Abb. 96).

Aufgrund der heute angewandten Bauform im Küstenschutz, der Anlage von Schräg-deckwerken, ist darauf zu achten, daß für den existentiell notwendigen Inselchutz aus-reichend Flächen vorgehalten werden. Diese Flächen sind in aller Regel bereits in der Schutzdünenverordnung erfaßt.

Wenngleich ein beschleunigter **Meeresspiegelanstieg** heute noch nicht wissenschaftlich belegt ist, so sind doch klimatische Veränderungen erkennbar, die schon jetzt zu immer deutlicheren, nicht erwarteten Verwerfungen im Wattengebiet geführt haben (siehe Fahr-rinne, Seegatt). Die **Sturmfluthäufigkeit** nimmt zu - insbesondere aus der Hauptwind-richtung Südwest. Daraus folgt eine zunehmende Belastung für die Inselrückseiten (Hel-lerabbrüche bereits in den letzten Jahren). Entscheidend ist aber auch, daß der Insel - besonders nach Westen hin - durch die Küstenschutzmaßnahmen die Möglichkeit genom-men wird, auf den zunehmenden Druck durch eine Rückverlagerung zu reagieren. Sie gerät dadurch in eine immer stärker exponierte Lage. Die Problematik wird auch im Bereich des Nordstrandes sichtbar. Die Strände werden schmaler (Abb. 97). Der Osthel-ler ist davon nicht betroffen, da die natürliche Dynamik hier noch nicht gestört ist (vgl. Kap. 2.2.2). Da die Stadt aus wirtschaftlichen Erwägungen geschützt werden muß, steigt die Erfordernis für Strandaufspülungen zum Schutz der Massivdeckwerke - allerdings werden die Zeitintervalle dabei immer kürzer. Die Massivdeckwerke selber werden dem-nächst auf 9,50 m erhöht. Dort, wo die Sandbilanz zwischenzeitlich positiv ist, sollten Strandquecke und Strandhafer angepflanzt werden, um den Dünen sand zu fixieren (Abb. 98). Die zunehmende Problematik an den Inselstränden wird möglicherweise auch deren touristische Nutzung berühren bzw. einschränken. Von daher kann es erforderlich werden, daß sich die Badeeinrichtungen auch mit Eingriffen längerfristig auf nur einen Strandab-



Abb. 96: Küstenschutz am Westkopf von Norderney (Foto H. Kolde, Juist)



Abb. 97: Der Nordstrand von Norderney. Es handelt sich hierbei um einen mittlerweile stark regressiven Strandabschnitt.



Abb. 98: Strandhaferpflanzung im Weißdünenbereich als Küstenschutzmaßnahme (Norderney-Weiße Düne)

schnitt konzentrieren müssen, der dann im Zweifelsfall für die touristische Nutzung hergerichtet werden muß. Der Tourismus und die Strände sind für die Insel von existentieller Bedeutung. Trotz bestehender Hemmnisse (z.B. Nationalpark, Erholungszone) muß ein Verschieben von Strandnutzungen möglich sein (z.B. Nordbadestrand 500 m weiter östlich).

11. Zusammenfassung

Der Schwerpunkt des Forschungsprojektes lag auf der Untersuchung von Auswirkungen, die anthropogene Einflüsse, besonders der Fremdenverkehr, in der Landschaft haben.

Der Vegetation kommt eine hohe Indikatorfunktion in Bezug auf die sie bedingenden Standortfaktoren zu. Vor dem Hintergrund der Kenntnisse über die Natürlichkeitsgrade von Vegetation konnten Aussagen über die Wirkungen anthropogener Nutzungen auf die Landschaft getroffen werden und damit mit dem Projekt verbundene Fragestellungen geklärt werden. So wurden pflanzensoziologische Aufnahmen aus Bereichen, die weitgehend frei von anthropogenen Einflüssen sind, mit denen aus beeinträchtigten Bereichen verglichen, um Veränderungen festzustellen. Hieraus ließ sich ableiten, welche Maßnahmen oder Nutzungsänderungen durchgeführt werden sollten, um die naturnahe Vegetation zu schonen und zu fördern. Das gilt sowohl für den unbesiedelten als auch für den besiedelten Bereich der Insel.

Um Ergebnisse und Hypothesen, die sich aus den vegetationskundlichen Untersuchungen ergaben, zu bestätigen, hat es sich als unabdingbar erwiesen, ergänzende bodenkundliche und hydrochemische Analysen sowie Grundwasserstandsmessungen durchzuführen bzw.

auszuwerten. Nur so konnte ein umfassendes und konkretes Monitoring der Einflüsse und Auswirkungen verschiedener Faktoren auf den Landschaftserhalt einer Düneninsel gelingen. Für ein Konzept einer umweltgerechten Raumnutzung mußten natürlich die wichtigsten anthropogenen Faktoren, das Besucheraufkommen und das Verhalten der Touristen, mit einbezogen werden.

Es hat sich gezeigt, daß die mittlerweile sehr große Anzahl an Besuchern direkt keine Bedrohung für den Erhalt der Landschaft auf Norderney darstellt. Viele Einflüsse, die von den Touristen ausgehen, haben einen räumlich sehr begrenzten, linienhaften Charakter. Trotzdem ist deutlich geworden, daß gerade das z.T. sehr stark frequentierte Wegenetz zukünftig Ausgangspunkt für eine Schädigung des Landschaftshaushaltes sein kann. Von daher ist es notwendig, hier zukünftig in bestimmten zeitlichen Abständen boden- und vegetationskundliche Vergleichsuntersuchungen durchzuführen, um eine Kontrolle zu ermöglichen.

Limitierender Faktor für den Tourismus auf Norderney kann der Zustand der Süßwasserlinse als Trinkwasserreservoir sein. Eine zu starke Beanspruchung kann nicht nur zu einer Beeinträchtigung der Wasserqualität, sondern auch zur Gefährdung wertvoller Feuchtbiootope führen, wie in einigen Bereichen bereits angedeutet ist. Grundsätzlich muß aber deutlich gesagt werden: die Größe der Süßwasserlinse und die Menge der jährlichen Grundwasserneubildung reichen allemal für die Eigenversorgung von Norderney, jetzt und in der Zukunft.

Insgesamt wurde jedoch deutlich, daß die touristische Nutzung der Insel in ihrer gegenwärtigen Intensität vor dem Hintergrund einer umweltverträglichen Raumnutzung akzeptabel ist, wenn zukünftig eine Kontrolle der o.g. Faktoren gewährleistet ist und die im Rahmen des Projektes erarbeiteten Maßnahmen durchgeführt werden.

Ein besonderes Problem stellt die Kaninchenpopulation dar. Sie muß durch eine stärkere Bejagung dezimiert oder bestenfalls ganz beseitigt werden, um wieder einen naturnahen Zustand von Vegetation und Landschaft zu erreichen.

Auch die vielfältigen Insel- und Dünenschutzmaßnahmen wirken sich auf den Naturhaushalt der Insel Norderney aus. Es muß aber akzeptiert werden, daß vor allem der Erhalt des besiedelten Bereiches in keiner Weise zur Disposition gestellt werden kann. Dies ist Teil eines Kompromisses zwischen Mensch und Natur, ohne den eine umweltverträgliche Raumnutzung im norddeutschen Küstenraum nicht zu erreichen ist.

Nachdem schon seit längerem bekannt ist, daß die Düneninseln der Nordsee einem vielfältigen Einfluß anthropo- und zoogener Faktoren unterliegen, war es ein wichtiges Ziel unseres Projektes, diese einzelnen Faktoren der Veränderung von Natur und Landschaft hinsichtlich ihrer Raumwirksamkeit beispielhaft zu quantifizieren. Der Anwendung naturwissenschaftlicher Methoden kam dabei eine entscheidende Bedeutung zu; nur so konnten beispielsweise ruderalisierte Vegetationsbestände im Bereich des Straßen- und Wegenetzes in klar definierter Weise erfaßt und einem konkreten Typ zugeordnet werden. Schließlich wurde so die Basis für Folgeuntersuchungen gelegt, die in bestimmten zeitlichen Abständen durchgeführt werden sollten: Nicht nur über die Erfassung des Ist-Zustandes der Vegetation, sondern besonders über die Erfassung der Veränderungen lassen sich Rückschlüsse auf den landschaftsverändernden Einfluß anthropo-zoogener Faktoren ziehen.

Das Projekt hatte **Pilotfunktion**; es mußte also zunächst einmal geklärt werden, welche Störpotentiale überhaupt vorliegen, bevor im einzelnen untersucht werden konnte, welche Wirkung sie entfalten. Basis hierfür war die grundlegende Erfassung der naturräumlichen Situation; so ist z.B. die große Anzahl an Vegetationsaufnahmen zu erklären. Anders hätte aber auch kein Beleg dafür erbracht werden können, daß die Schädigungen der Pflanzen-

decke durch Radfahrer oder Fußgänger räumlich stark eingeschränkt bleiben: Bei der Planung vergleichbarer Projekte kann nun der Aufwand für pflanzensoziologische Untersuchungen im Bereich des Wegenetzes geringer veranschlagt werden. Dagegen müßte die Anzahl an Bodenanalysen deutlich vergrößert werden, da sich zeigte, daß der Stickstoffeintrag in die Dünenlandschaften mittelfristig ein weit größeres Problem darstellen könnte, als dies aktuell der Fall ist. Ein dauerhaftes Monitoring ist auch hinsichtlich der Grundwassersituation und der Kaninchenproblematik unerlässlich: So wäre zum Beispiel eine feste Installierung von Dauerbeobachtungsflächen zu befürworten, besonders dann, wenn die Anzahl der Kaninchen entweder ansteigen oder etwa durch eine verstärkte Bejagung zurückgehen sollte. Auch müssen Besucherströme genauer und über das ganze Jahr erfaßt werden. Nur so kann im Bedarfsfall eine geeignete Lenkung erfolgen.

Insgesamt war es möglich, raumwirksame Einflüsse des Fremdenverkehrs von weniger wirksamen Faktoren zu trennen. Vergleichbare Untersuchungen und Folgeuntersuchungen mit dem Ziel einer umweltgerechten Raumplanung können nun auf der Grundlage dieser Ergebnisse möglichst schnell und effizient durchgeführt werden.

12. Literaturverzeichnis

- AEY, W. (1990): Historisch-ökologische Untersuchungen an Stadttökotopen Lübecks. - Mitt. Arbeitsgem. Geobotanik Schleswig-Holstein u. Hamburg.
- ARBEITSGRUPPE STADTBOTOPKARTIERUNG HANNOVER (1984): Stadtbiotopkartierung Hannover - Auswertung der Strukturkartierung Hannover für den Arten- und Biotopschutz und das Naturerleben in der Stadt. Hannover.
- ARBEITSGRUPPE „METHODIK DER BIOTOPKARTIERUNG IM BESIEDELTEN BEREICH“ (1993): Flächendeckende Biotopkartierung im besiedelten Bereich als Grundlage einer am Naturschutz orientierten Planung. - Natur und Landschaft H. 10: 491-525.
- BARCKHAUSEN, J. (1969): Entstehung und Entwicklung der Insel Langeoog. Beiträge zur Quartärgeologie und Paläogeographie eines ostfriesischen Küstenabschnittes. - Oldenb. Jahrb. **68**: 239-281.
- BARTH, W.-E. (1982): Tourismus in Waldgebieten. - Neues Arch. Niedersachs. **31**: 270-289.
- BATHE, G.M. & N.G. BAYFIELD (1982): Experimental closure of footpaths in a woodland national nature reserve in Scotland. - Biol. Cons. **22**: 229-237.
- BEHRE, K.-E. (1987): Der Anstieg des Meeresspiegels in den letzten 1000 Jahren. - Wilhelmshavener Tage **1**: 13-18.
- BEHRE, K.-E. (1991): Die Entwicklung der Nordseeküsten-Landschaft aus geobotanischer Sicht. - Ber. Reinh.-Tüxen-Ges. **3**: 45-58.
- BEHRE, K.-E. & B. MENKE (1969): Pollenanalytische Untersuchungen an einem Bohrkern von der südlichen Doggerbank. - Dt. Akad. Wiss. Berlin. Beitr. Meereskunde **24/25**: 122-129.
- BEHRE, K.-E.; J. DÖRJS & G. IRION (1984): Ein datierter Sedimentkern aus der südlichen Nordsee. - Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet **15**: 135-184.
- BERG, E. (1993): „Naturnahe“ Pflege von Rasen- und Wiesenflächen aus der Sicht des Naturschutzes. - Mitt. NNA, H. 1: 4-11.
- BIRD, E.C.F. (1986): Potential effects of the Sea Level Rise on the coasts of Australia, Africa and Asia. In: J.G. TITUS (ed.): Effects of changes in stratosphere, ozone and global climate 4. Sea Level Rise: 93-98.
- BLAB, J. (1993): Grundlagen des Biotopschutzes für Tiere. Bonn.
- BOORMAN, L.A. (1989): The grazing of British sand dune vegetation. - Proceedings of the Royal Society of Edinburgh **96 B**: 75-88.
- BOYE, P. & F. PLAISIER (1989): Die Säugetiere der Nordseeinsel Langeoog. - Drosera **89**(1/2): 69-78.
- BRANDES, D. & D. GRIESE (1991): Siedlungs- und Ruderalvegetation von Niedersachsen. Eine kritische Übersicht. Braunschweig.
- BUCHENAU, F. (1878): Zur Flora von Borkum. - Abh. Naturw. Verein Bremen **5**: 511-522.

- BUCHWALD, K. (1990): Nordsee - Lebensraum ohne Zukunft? - 1. Aufl., 552 S., Verlag Die Werkstatt, Göttingen.
- BUCHWALD, K. (1991): Nordsee - Ein Lebensraum ohne Zukunft? - 2. Aufl., 552., Verlag Die Werkstatt, Göttingen.
- BUCHWALD, K., W. ENGELHARDT & W. SCHLÜTER: (1996): Schutz der Meere. In: BUCHWALD, K. & W. ENGELHARDT (Hrsg.): Umweltschutz - Grundlagen und Praxis 6/1, 176 S., Economica-Verlag, Bonn.
- BUCHWALD, K., G. RINCKE & K.-H. RUDOLPH (1985): Umweltprobleme der Ostfriesischen Inseln. Gutachterliche Stellungnahme. Hannover, Zwingenberg, Nordhorn.
- BURRICHTER, E. (1977): Vegetationsbereicherung und Vegetationsverarmung unter dem Einfluß des prähistorischen und historischen Menschen - Natur und Heimat 37(2): 46-47. Münster
- BUTIN, H. (1989): Krankheiten der Wald- und Parkbäume. Stuttgart.
- CARLSON, L.H. & P.J. GODFREY (1989): Human impact management in a coastal recreation and natural area. - Biol. Cons. 49: 141-156.
- CHAPUIS, J.-L. (1990): Comparison of the diets of two sympatric lagomorphs, *Lepus europaeus* (Pallas) and *Oryctolagus cuniculus* (L.), in an agroecosystem of the Ile-de-France. - Z. Säugetierkunde 55: 176-185.
- COOKE, B.D. (1979): Food and dynamics of rabbit populations in inland Australia. In: MYERS, K. & C.D. MACINNES (eds.): Proceedings of the World Lagomorph Conference Held in Guelph, Ontario, August 1979: 633-648.
- CORDES, H. & M. ISERMANN (1992): Changes in dune vegetation on Spiekeroog (East Frisian islands) over a 30 year period. In: CARTER, R.W.G., T.G.F. CURTIS & M.J. SHEENY-SKEFFINGTON (eds.): Coastal dunes - Geomorphology, Ecology and Management for Conservation: 201-209.
- DENGLER, A. (1972): Waldbau auf ökologischer Grundlage. Bd. 2. Hamburg, Berlin.
- DER RAT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (1992): Richtlinie 92/43 EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 206/7 („FFH-Richtlinie“).
- DIEKEN, J. VAN (1970): Beiträge zur Flora Nordwestdeutschlands unter besonderer Berücksichtigung Ostfrieslands.- 284 S., Jever.
- DIERSCHKE, H. (1984): Natürlichkeitsgrade von Pflanzengesellschaften unter besonderer Berücksichtigung der Vegetation Mitteleuropas. - Phytocoenologia 12:173-184.
- DIJKEMA, K.S. (1983): Climate of the wadden sea area. In: K.S. DIJKEMA & W.J. WOLFF (eds.): Flora and vegetation of the wadden sea islands and coastal areas. - Rep. wadden sea 9: 10-11.
- DOING, H. (1983): The vegetation of the wadden sea islands in Niedersachsen and the Netherlands. In: K. DIJKEMA & W.J. WOLFF (eds.): Flora and vegetation of the wadden sea islands and coastal areas. - Rep. wadden sea 9: 165-185.
- DRACHENFELS, O. v. (1992): Kartierschlüssel für Biotoptypen in Niedersachsen. Stand: Oktober 1992. - Naturschutz Landschaftspfl. Nds. A/4. Hannover.
- DREES, J.M. (1988): Rabbits in the coastal sand dunes; weighed and counted. - Proefschrif.
- EBELING, J., A. MÜLLER & J. WOLFF (1989): Möglichkeiten der Grundwasseranreicherung durch Infiltration von vorbehandelten Abwässern in pleistozäne Grundwasserleiter. - Texte Umweltbundesamt 23/89, 123 S., Berlin.
- EHLERS, M. (1986): Baum und Strauch in der Gestaltung und Pflege der Landschaft. Hamburg.
- EHLERS, J. (1990): Sedimentbewegungen und Küstenveränderungen im Wattenmeer der Nordsee. - Geographische Rundschau 42(12): 640-646.
- EISMA, D. (1983): Natural forces. In: W.J. WOLFF (ed.): Ecology of the Wadden Sea. Vol. 1. Rep. 1: 20-31.
- ELLENBERG, H. (1963): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 3. Aufl.. Stuttgart.
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 5. Aufl.. Stuttgart.
- ERNST, W. (1969): Beitrag zur Kenntnis der Ökologie europäischer Spülsaumgesellschaften. 1. Mitteilung: Sand- und Kiesstrände. - Mitt. flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 14: 86-94.
- ERNST, W.H.O. (1991): Ökophysiologie von Pflanzen in Küstendünen Europas - in einem Gradienten von der Nordsee zum Mittelmeer. - Ber. Reinh.-Tüxen-Ges. 3: 157-172.
- ERNST, W.H.O., Q.L. SLINGS & H.J.M. NELISSEN (1996): Pedogenesis in coastal wet dune slacks after sod-cutting in relation to revegetation. - Plant and Soil 180: 219-230.

- FAHSOLD, A. (1960): Rhythmus des Grundwassers auf den Ostfriesischen Inseln. - Gas- und Wasserfachmann **10**(1/2): 26-33.
- FARROW, E.P. (1916): On the ecology of the vegetation of the Breckland. - Journal of Ecology **4**: 7-64.
- FARROW, E.P. (1917): On the ecology of the vegetation of the Breckland. - Journal of Ecology **5**: 1-18.
- FISCHER, H. (1975): Aufbau, Standortverhältnisse und Pflanzenverbreitung der Ostfriesischen Inseln. - Naturwiss. Rundschau H. 4: 109-115.
- FISHER, J.J. & E.J. SIMPSON (1979): Washover and tidal sedimentation rates as environmental factors in development of a transgressive barrier shoreline. In: S. LEATHERMAN (ed.): Barrier islands. New York, San Francisco, London.
- FROMKE, A. (1997): Geobotanische Vergleichsuntersuchungen der Ostfriesischen Inseln Baltrum und Langeoog im Nationalpark Wattenmeer. - Diss. Inst. f. Geobotanik Univ. Hannover.
- GARVE, E. & D. LETSCHERT (1991): Liste der wildwachsenden Farn- und Blütenpflanzen Niedersachsens. 1. Fassung von 31.12.1990. - Naturschutz Landschaftspfl. Niedersachs. **24**: 1-152.
- GERHARDY, H. et al. (1976): Wasserhaushalt der Ostfriesischen Inseln - Geologische und hydrologische Datenbestandsaufnahme für die Insel Norderney. - Technische Berichte 9. SFB 79. TU Hannover.
- GIERLOFF-EMDEN, H.G. (1961): Luftbild und Küstengeographie am Beispiel der Deutschen Nordseeküste. - Landeskundl. Luftbildauswertung im mitteleurop. Raum **4**. Bonn-Bad-Godesberg.
- GILLHAM, M.E. (1955): Ecology of the Pembrokeshire Islands III. The effect of grazing on the vegetation. - Journal of Ecology **43**: 172-206.
- GODFREY, P.J. et al.: (1979): A geobotanical approach to classification of barrier beach systems. In: S. LEATHERMAN (ed.): Barrier islands - from the Gulf of St. Lawrence to the Gulf of Mexico. New York, San Francisco, London.
- GORNITZ, V. & S. LEBEDEFF (1987): Global Sea-Level-Changes during the past century. In: D. NUMMEDAL et al. (eds.): Sea Level fluctuation and Coastal Evolution: 3-16.
- GROHNE, U. (1957): Zur Entwicklungsgeschichte des Ostfriesischen Küstengebietes auf Grund botanischer Untersuchungen. - Probleme der Küstenforschung **6**.
- GROOTJANS, A.P., P.S. HARTOG, L.F.M. FRESCO & H. ESSELINK (1991): Succession and fluctuation in a wet dune slack in relation to hydrological changes. - Journal of Veg. Science **2**: 545-554.
- HAMM, F. (1976): Naturkundliche Chronik Nordwestdeutschlands. Hannover.
- HAYES, M.O. (1979): Barrier island morphology as a function of tidal and wave regime. In: LEATHERMAN, S.P. (ed.): Barrier islands - from the Gulf of St. Lawrence to the Gulf of Mexico: 1-27.
- HEDEWIG, R. (1985): Der Naturlehrpfad. Wetzlar.
- HENDERSON, B.A. (1979): The role of the food quality and social behavior in the regulation of the size of the breeding population of the European rabbit. In: MYERS, K. & C.D. MACINNES (eds.): Proceedings of the World Lagomorph Conference Held in Guelph, Ontario, August 1979: 664-666.
- HOBOHM, C. (1991): Die Pflanzengesellschaften von Norderney. - Diss. Institut für Geobotanik der Univ. Hannover.
- HOBOHM, C. (1993): Die Pflanzengesellschaften von Norderney. Unwesentlich verändert. Veröff. d. gleichlautenden Diss. aus d. Inst. f. Geobotanik, FB Biologie d. Univ. Hannover. - Arbeiten aus der Forschungsstelle Küste **12**. Norderney.
- HOBOHM, C. & R. POTT (1992): Das *Suaedetum prostratae*: eine bislang übersehene Salzwiesenassoziation im Wattenmeerbereich und Vorschläge zur Gliederung der Klasse *Thero-Salicornietea*. - Ber. Reinh.-Tüxen-Ges. **4**: 123-133.
- MATTHESS, G. (1997): Grundlagen und Ziele einer umweltschonenden Grundwasserbewirtschaftung. - Zentralblatt Geologie u. Paläontologie, Teil 1, Heft 1/2: 15-29. Schweizerbarth, Stuttgart.
- MOOSFOMM, T., U. DE BRUYN & L. ECKSTEIN (1994): Dynamik und Konstanz in der Flora der Insel Juist seit der Jahrhundertwende. - Drosera **94**(1/2): 71-83.
- JACOBSEN, K. (1983): Form elements of the Wadden Sea area. - In: W.J. WOLFF (ed.): Ecology of the Wadden Sea, Vol. 1, Rep. 1: 50-71.
- JALAS, L. (1955): Hemerobe und hemerochrome Pflanzenarten. Ein terminologischer Reformversuch. - Acta Soc. Fauna Flora Fennica **72**: 1-15.

- JELGERSMA, S. (1979): Sea-level changes in the North Sea basin. In: OELE E., R.T.E. SCHÜTTENHELM & A.J. WIGGERS (eds.): The Quaternary History of the North Sea. - Acta Univ. Ups. Symp. Univ. Ups. Annum Quingentesimum Celebrantis 2: 233-248.
- JOB, H. (1991): Tourismus versus Naturschutz: „Sanfte“ Besucherlenkung in (Nah-)Erholungsgebieten. - Naturschutz und Landschaftsplanung: 28-34.
- JOSCHKO, M. (1984): Populationsentwicklung, Ökologie und Verhalten des Wildkaninchens. - Niedersächsischer Jäger 1: 30-32; 2: 61-64; 3: 119-121; 4: 180-181.
- KALLETAT, D. (1990): Meeresspiegelanstieg und Küstengefährdung. - Geographische Rundschau 42(12): 648-652.
- KAULE, G. (1986): Arten- und Biotopschutz. 1. Aufl.. Stuttgart.
- KIFFE, K. (1989): Der Einfluß der Kaninchenbeweidung auf die Vegetation am Beispiel des Straußgras-Dünenrasens der Ostfriesischen Inseln. - Tuexenia 9: 283-291.
- KLINGER, P.U. (1980): Zur Verbreitung und Ausbreitung der Moose auf den Ostfriesischen Inseln. - Drosera '80(1): 1-12.
- KLUN, J.A. (1990): Dune Forming Factors in a Geographical Context.- Catena Supplement 18: 1-13, Cremlingen.
- KÖNIG, D. (1960): Beiträge zur Kenntnis der deutschen Salicornien. - Mitt. flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 8: 5-58.
- KÖPP, H. (1965): Zur Ökologie des Wildkaninchens. - Diss. Hann. Münden.
- KÖTTER, F. (1961): Die Pflanzengesellschaften im Teilgebiet der Unterelbe. - Arch. Hydrobiol. Suppl. 26(1): 106-184.
- KOWARIK, I. (1988): Zum menschlichen Einfluß auf Flora und Vegetation. - Landschaftsentwicklung und Umweltforschung 56.
- KOWARIK, I. (1995): Wälder und Forsten auf ursprünglichen und anthropogenen Standorten. - Ber. Reinh.-Tüxen-Ges. 7: 47-67.
- KRAWITZ, R. (1982): Ostfriesland mit Jever und Wangerland. - Du Mont Landschaftsführer. 5. Aufl.. Köln.
- KRATOCHWIL, A. & A. SCHWABE (1984): Trockenstandorte und ihre Lebensgemeinschaften in Mitteleuropa: Ausgewählte Beispiele. In: Ökosystem III: Fernlehrgang Ökologie und ihre biologischen Grundlagen, H. 6: 1-84.
- KRUMBIEGEL, I. (1955): Die Säugetierfauna von Wangerooge mit Bemerkungen über die übrigen Ostfriesischen Inseln. - Säugetierkundl. Mitt. 3: 12-18.
- KUNICK, W. (1979): Vegetationskundlich-landschaftsökologische Untersuchungen im Gebiet der Stadt Bremerhaven. - Inst. Ökologie TU Berlin. Berlin.
- KUNTZE, H., G. ROESCHMANN & G. SCHWERDTFEGER (1988): Bodenkunde. Stuttgart.
- LANG, G. (1994): Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. Jena.
- LEICHT, W. H. (1979): Tiere der offenen Kulturlandschaft, Feldhase und Wildkaninchen. H. 1. Heidelberg.
- LÖWE, S. (1993): Die Xeroserie der Insel Spiekeroog unter Berücksichtigung der Gebüschformationen. - Unveröff. Diplomarbeit Inst. f. Geobotanik d. Univ. Hannover.
- LUCK, G. (1983): The development of the East-Frisian area of Juist and Norderney. In: W.J. WOLFF (ed): Ecology of the Wadden Sea 1(1): 103-109.
- LUX, H. (1964): Die biologischen Grundlagen der Strandhaferpflanzung und Silbergrasansaat im Dünenbau. - Angewandte Pflanzensoziologie 20: 5-49.
- LUX, H. (1969): Festlegung und Begrünung von Dünen. In: BUCHWALD, K. & K. ENGELHARDT (eds.): Handbuch f. Landschaftspflege und Naturschutz 4: 237-248.
- MALEK, J. v. (1985): Baumpflege. Stuttgart.
- MAYER, H. (1980): Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage. Stuttgart, New York.
- MICHAELIS, H. (1987): Strukturveränderungen der Wattenfauna am Beispiel des Jadebusens. In: NIEDERSÄCHS. UMWELTMINISTERIUM (ed.): Umweltvorsorge Nordsee, Belastungen, Gütesituationen, Maßnahmen: 151-161.
- MÜCKENHAUSEN, E. (1977): Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. 2. Aufl.. Frankfurt a. M..
- MÜHL, M. (1994): Zum Einfluß des Wildkaninchens (*Oryctolagus cuniculus* L.) auf die Verbreitung von Krähenbeerheiden (*Carici arenariae-Empetretum*) auf den Ostfriesischen Inseln. - Ber. Reinh.-Tüxen-Ges. 6: 165-177.

- MÜLLER, A., H. MÜLLER & D. DE VRIES (1997): Eine schonende Bewirtschaftung der Süßwasserinseln auf den Ostfriesischen Inseln am Beispiel der Insel Norderney. - Zbl. Geol. Paläont. Teil 1.(1, 2): 111-124.
- MÜLLER, N. (1988): Zur Syntaxonomie der Parkrasen Deutschlands. - Tuexenia 9: 293-301.
- MÜLLER, TH. (1983): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. In: E. OBERDORFER (ed.): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil 3. Stuttgart, New York.
- MYERS, K. & H.G. BULLTS (1977): Observations on changes in the quality of food eaten by the wild rabbit. - Austr. Journal of Ecology 2: 215-229.
- MYERS, K. & W.E. POOLE (1963): A study of the wild rabbit, *Oryctolagus cuniculus* (L.), in confined population: IV. The effects of rabbit grazing on sown pastures. - Journal of Ecology 51: 435-451.
- NIEDERSÄCHSISCHES GESETZ- UND VERORDNUNGSBLATT (1985): Verordnung über den Nationalpark „Niedersächsisches Wattenmeer“ vom 13. Dezember 1985. 39, Nr. 48: 533-542.
- NIEMEIER, G. (1972): Ostfriesische Inseln. - Sammlung Geographischer Führer 8. Berlin, Stuttgart.
- OBERDORFER, E. (1990): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. Stuttgart.
- OBSTFELD, I. (1995): Langeoog - Chronik einer ostfriesischen Insel. Langeoog.
- PETERS, M. (1996): Vergleichende Vegetationskartierung der Insel Borkum und beispielhafte Erfassung der Veränderung von Landschaft und Vegetation einer Nordseeinsel. - Diss. Botanicae 257, 227 S.
- PLACHTER, H. (1992): Naturschutz. 1. Aufl.. Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- POTT, R. (1995a): Farbatlas Nordseeküste und Nordseeinseln. Ausgewählte Beispiele aus dem südlichen Nordseebereich in geobotanischer Sicht. Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- POTT, R. (1995b): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. 2. Aufl.. Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- POTT, R. (1996): Biototypen: schützenswerte Lebensräume Deutschlands und angrenzender Regionen. Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- POTT, R. (Hrsg.) (1998): Stickstoffbelastungen der Gewässerlandschaft im Naturschutzgebiet „Heiliges Meer“ (Kreis Steinfurt) und Möglichkeiten landesplanerischer Gegensteuerung. - Abh. Westf. Mus. Naturk. 60(2), 127 S., Münster.
- POTT, R. & J. HÜPPE (1991): Die Hudelandschaften Nordwestdeutschlands. - Abh. Westf. Mus. Nat. 53(1/2): 3-313. Münster.
- POTT, R. & M. PETERS (1997): Dünendurchbrüche und ihre Bedeutung für die Vegetations- und Landschaftsdynamik. - Naturschutz und Landschaftsplanung 29(3): 69-74.
- PRATJE, O. (1941): Das Wandern der Insel Norderney. - Die Umschau 48. Frankfurt.
- PRATJE, O. (1942): Das Verhalten der Dünen beim Ostwärtswandern der Ostfriesischen Inseln. - Geol. Rundschau 33: 8-15.
- PRIESMEIER, K. (1975): Geomorphologische Beschreibungen.- In: W. HOFFMANN & H. LOUIS (ed.): Landformen im Kartenbild 1:25000, Insel Borkum, Braunschweig.
- RANWELL, D.S. (1960a): Newborough Warren, Anglesey II. Plant associations and succession cycles of the sand dune and dune slack vegetation. - Journal of Ecology 48: 117-141.
- RANWELL, D.S. (1960b): Newborough Warren, Anglesey III. Changes in the vegetation on parts of the dune system after the loss of rabbits by myxomatosis. - Journal of Ecology 48: 385-395.
- REISE, K. (1990): Historische Veränderungen in der Ökologie des Wattenmeeres. - Vorträge Rhein. Westf. Akademie d. Wissensch. 382: 35-55.
- ROMEISS-STRACKE, F. (1993): Herausforderungen an den Tourismus auf dem Weg zu einem modernen Wirtschafts- und Lebensbereich im Spannungsfeld zwischen Ökonomie und Ökologie. In: Industrie- und Handelskammer Lüneburg-Wolfsburg (ed.): Tourismus und Umwelt, Dokumentation zum Fremdenverkehrstag Niedersachsen, 27./28. 4. 1993 in Cuxhaven: 22-38.
- ROSS, J. & A.M. TITTENSOR (1986): Influences of myxomatosis in regulating Rabbit numbers. - Mammal. Rev. 16(3/4): 163-168.
- ROSSKAMP, T. (1992): Die Kleinschmielenrasen im Landkreis Friesland und Vorschläge für eine Neugliederung dieser Gesellschaften in Mitteleuropa. - Drosera '92(1): 17-26.
- ROUDE DE, J.G. & W.P.M. DE RUIJTER (1987): Die Auswirkungen eines verstärkten Meeresspiegelanstiegs auf die Niederlande. - Die Küste 45: 123-163.
- RÜFFER, H. & K. WICHMANN (1983): Wasserversorgung und Abwasserreinigung auf den Ostfriesischen Inseln - Beispiel Norderney. - Vom Wasser 61: 51-56.

- RUTIN, J. (1992): Geomorphic activity of rabbits on a coastal sand dune, De Blink dunes, the Netherlands. - Earth surface processes and landforms **17**: 85-94.
- SAATHOFF, J. (1991): Die bauliche Entwicklung der Insel Norderney. In H. SMEINS (ed.): Norderney - Auf dem Weg in das dritte Jahrtausend: 3-19.
- SCHARPF, H. (1989): Sanfter Tourismus - Chance oder Krise für den Nordwesten. In: FREMDENVERKEHRSVERBAND NIEDERSACHSEN - BREMEN e.V.: Beiträge zur Fremdenverkehrspraxis: 3-14.
- SCHEFFER, F. & P. SCHACHTSCHABEL (1992): Lehrbuch der Bodenkunde. 13. Aufl.. Stuttgart.
- SCHELLNHUBER, H.-J. & H. STERR (1993): Klimaänderung und Küste. Einblick ins Treibhaus. Heidelberg.
- SCHLICHTING, E., H.-P. BLUME & K. STAHR (1995): Bodenkundliches Praktikum. 2. Aufl.. Berlin, Wien.
- SCHUBA, V. (1990): Die Entwicklung der Inseldünen unter ökologischem Aspekt - dargestellt am Beispiel der Ostdünen der Ostfriesischen Insel Spiekeroog. - Diss. Geogr. Inst. Univ. Düsseldorf.
- SCHWABE, A. (1991): Kleinräumige Vegetationskomplexe am Rande des Wattenmeeres: einige synmorphologische und biozöologische Merkmale. - Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. **3**: 241-267.
- STEUBING, L. (1948): Einfluß der Brandung auf die Strandvegetation. - Zeitschr. Naturforschung **3b**: 293-298.
- STREIF, H. (1990): Das ostfriesische Küstengebiet. - Sammlung geologischer Führer **57**. Stuttgart.
- SUKOPP, H. (1972): „Rote Liste“ der in der Bundesrepublik Deutschland gefährdeten Arten von Farn- und Blütenpflanzen (1. Fass.). - Natur u. Landschaft **49**: 315-322.
- SUKOPP, H. (1984): Grundlagen für das Artenschutzprogramm Berlin. Bd. 1-3. Landschaftsentwicklung und Umweltforschung. Arbeitsgruppe Artenschutzprogramm Berlin. - Schriftenr. d. Fachber. Landschaftsentwicklung TU Berlin Nr. **23**.
- TEMME, M. (1995): Die Vögel der Insel Norderney. - Jordsand **9**. Ahrensburg.
- THOMAS, A.S. (1963): Changes in vegetation since the advent of myxomatosis. - Journal of Ecology **48**: 287-306.
- THOMAS A.S. (1965): Further changes in vegetation since the advent of myxomatosis. - Journal of Ecology **51**: 151-183.
- TONGERS, H.J. (1892): Die Nordsee-Insel Langeoog und ihr Seebad. 2. Aufl..
- TURCEK, F. (1959): Beitrag zur Kenntnis der Fraßpflanzen des Wildkaninchens *Oryctolagus cuniculus* (L.) in freier Wildbahn. - Säugetierkundl. Mitt. **7**: 151-153.
- TÜRK, W. (1995): Pflanzengesellschaften und Vegetationsmosaik der Insel Amrum. - Tuexenia **15**: 245-294.
- TÜXEN, R. (1974): Die Pflanzengesellschaften Nordwestdeutschlands. Lehre.
- VEENSTRA, H.J. (1983): Introduction to the geomorphology of the Wadden Sea area. In: W.J. WOLFF (ed.): Ecology of the Wadden Sea. Vol. **1**. Rep. 1: 8-19.
- WALLAGE-DREES, J.M. & B. DEINUM (1986): Quality of the diet selected by wild rabbits (*Oryctolagus cuniculus* L.) in autumn and winter. - Netherland Journal of Zoology **36**: 438-448.
- WALLAGE-DREES, J.M., H.J. IMMINK, G.-H. DE BRUYN & P.A. SLIM (1986): The use of fragment-identification to demonstrate short-term changes in the diet of rabbits. - Acta Theriologica **31**: 293-301.
- WESEMÜLLER, H. (1982): Nutzungskonflikte im niedersächsischen Wattenmeer und Grundgedanken zu ihrer Überwindung. In: Ökologische Auswirkungen des Fremdenverkehrs auf das Wattengebiet. - Abhandlungen des Wattensymposiums auf Norderney, 27.-30.10.1981: 127-155.
- WESTHOFF, V. (1961): Die Dünenbepflanzung in den Niederlanden. - Reichsinstitut für Grundlagenforschung des Naturschutzes (R.I.V.O.N.), Mitt. **68**, Bilthoven.
- WESTHOFF, V. (1990): Neuentwicklung von Vegetationstypen (Assoziationen in statu nascendi) an naturnahen und neuen Standorten, erläutert am Beispiel der Westfriesischen Inseln. - Ber. Reinh.-Tüxen-Ges. **2**: 11-23.
- WESTHOFF, V. (1991): Die Küstenvegetation der Westfriesischen Inseln. - Ber. Reinh.-Tüxen-Ges. **3**: 269-290.
- WESTHOFF, V. & M.F. VAN OOSTEN (1991): De Plantengroei van de Waddeneilanden. - Sticht. koninkl. Nederl. Naturhist. Ver. **53**: 416 S., 1. Aufl., Den Haag.

- WESTHOFF, V., C. HOBOHM & J.H.J. SCHAMINEE (1993): Rote Liste der Pflanzengesellschaften des Naturraumes Wattenmeer unter Berücksichtigung der ungefährdeten Vegetationseinheiten. - *Tuexenia* **13**: 109-140.
- WIETJES, H. (1989): Untersuchungen zur Ökologie der Kaninchenpopulation auf der Insel Baltrum. - Diplomarbeit. Göttingen.
- WILMANN, O. (1993): Ökologische Pflanzensoziologie. Heidelberg, Wiesbaden.
- WITTIG, R. (1991): Ökologie der Großstadtflora. Fischer-Verlag, Stuttgart.
- WOLFF, J. (1997): Die Rolle des Grundwassers im Landschaftshaushalt. - *Zentralblatt Geologie u. Paläontologie*, Teil 1, Heft **1/2**: 1-13. Schweizerbarth, Stuttgart.
- ZEEVALKING, H.J. & L.F.M. FRESCO (1977): Rabbit grazing and species diversity in a dune area. - *Vegetatio* **35**(9):193-196.

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Richard Pott, Dr. Michael Peters, Universität Hannover, Institut für Geobotanik,
Nienburger Straße 17, D-30167 Hannover

