

**Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft für Floristik
in Schleswig-Holstein und Hamburg**

Herausgegeben von Prof. Dr. E.-W. Raabe

Heft 21

Die Vegetation auf Rethdächern

**Eine pflanzensoziologische Untersuchung von
Kryptogamengesellschaften auf Reth- und Strohdächern
in Schleswig-Holstein**

von

Jan-Peter Frahm

Kiel 1972

**Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft für Floristik
in Schleswig-Holstein und Hamburg**

Herausgegeben von Prof. Dr. E.-W. Raabe

Heft 21

Die Vegetation auf Rethdächern

**Eine pflanzensoziologische Untersuchung von
Kryptogamengesellschaften auf Reth- und Strohdächern
in Schleswig-Holstein**

von

Jan-Peter Frahm

Kiel 1972

INHALT

	Seite
1. Einleitung	5
1.1 Siedlungsgeographischer Überblick	5
1.2 Themenstellung	7
1.3 Vorliegende Untersuchungen	8
1.4 Durchführung der Untersuchungen	8
1.4.1 Untersuchungszeitraum	8
1.4.2 Untersuchungsgebiete	9
1.4.3 Klimatische Verhältnisse während des Untersuchungs- zeitraumes	10
1.5 Methodik	11
1.5.1 Probeflächen	13
1.5.2 Schätzung der Bedeckung	14
1.5.3 Tabellenarbeit	15
1.5.4 Lebensformen	16
1.6 Nomenklatur	17
1.7 Referenzen	17
2. Beschreibung der erfaßten Einheiten	18
2.1 Luftalgen- und Krustenflechtenstadium	18
2.2 Cladonia -Stadium	21
2.3 Dicranoweisia -Stadium	22
2.4 Leptodontium-, Ceratodon- und Syntrichia -Stadien	29
2.5 Dicranum- und Hypnum -Stadien	38
2.6 Degenerations- und Regenerationsphasen	46
2.7 Übrige Algenstadien	55
2.8 Sonderfälle	62
3. Die Sukzessionsfolge	65
3.1 Zusammenfassung der Ergebnisse	65
3.2 Untersuchung von Dauerprobeflächen	71
3.3 Dauerbeobachtung eines Versuchsdaches	79
4. Die systematische Stellung der kryptogamen Rethdachgesellschaften	82
4.1 Behandlung von Kryptogamengesellschaften im allgemeinen	82
4.2 Die Stellung der kryptogamen Dachgesellschaften	85
4.3 Einordnung und Benennung der beschriebenen Sukzessionsstadien	87
4.3.1 Algengesellschaften: Pleurococcetum vulgaris, Prasioletum crispa	87
4.3.2 Flechtengesellschaften: Lecanorion, Cladonion, Parmelietum furfuraceae	88
4.3.3 Moosgesellschaften: Dicranoweisietum cirrhatae, Syntrichietum ruralis, Leptodontietum flexifoliae	89
4.3.4 Zusammenfassung	96
4.4 Vergleich der Ergebnisse mit den Angaben anderer Autoren	100
5. Die unterschiedliche Ausprägung der Rethdachvegetation in den verschiedenen Naturräumen Schleswig-Holsteins	103
5.1 Vergleichende Untersuchungen in verschiedenen Meßtisch- blättern	103
5.1.1 Jungmoränengebiet	105
5.1.2 Altmoränengebiet	111
5.1.3 Eiderniederung	111
5.2 Die Rethdachvegetation ausgewählter Naturräume	115
5.2.1 Fehmarn und Land Oldenburg	115
5.2.2 Die Seemarschen	117

	Seite
6. Die geographische Differenzierung der Rethdachvegetation in S.-H.	118
6.1 Die Verbreitung der einzelnen Gesellschaften	118
6.2 Die Verbreitung der einzelnen Arten	124
7. Ökologische Faktoren	125
7.1 Edaphische Faktoren	128
7.1.1 Glühverlustbestimmung	129
7.1.2 Chemische Substratanalyse	131
7.1.3 pH-Wert	133
7.1.4 Sonderstellung der Strohdächer	142
7.2 Atmosphärische Faktoren	142
7.2.1 Feuchtigkeit	142
7.2.2 Temperatur	149
7.2.3 Licht	151
7.2.4 Wind	151
7.3 Orogaphische Faktoren	152
7.3.1 Exposition	152
7.3.2 Inklination	160
7.4 Biotische Faktoren: Anthropogener Einfluß	162
8. Struktur und Gefüge der Rethdachvegetation	163
9. Behandlung der einzelnen systematischen Gruppen	167
9.1 Algen	167
9.2 Pilze	173
9.3 Flechten	174
9.4 Moose	177
9.5 Phanerogamen	181
10. Zusammenfassung	184
11. Anhang	186
11.1 Artenverzeichnis	186
11.2 Verzeichnis der Aufnahmepunkte	195
11.3 Literaturverzeichnis	198
11.4 Fotoanhang	203

1. Einleitung

1.1 SIEDLUNGSGEOGRAPHISCHER ÜBERBLICK

Die Verwendung von Getreide-Stroh und Schilf zum Dachdecken kann als eine der ursprünglichsten Formen der Dachdeckung überhaupt gelten. Grasdächer (zu denen ja Stroh- und Rethdächer gehören) waren schon in vorgeschichtlicher Zeit nicht nur in Europa, sondern auch in Asien, Afrika und den Südseeinseln gebräuchlich. Der Gebrauch von Stroh ist im allgemeinen auf das Getreideanbaugebiet der mittleren Breiten beschränkt (SCHWARZ 1966). In Europa waren Stroh- und Schilfdächer von England über Nordfrankreich, Belgien, Holland, Deutschland, Dänemark und Polen bis nach Rußland und Südosteuropa (KLUTE 1933) verbreitet, darüberhinaus in den großen Flusslandschaften an Guadalquivir, Rhone, Po und Donau. Nur in Gebieten mit höheren Niederschlägen und längerer Schneedeckung wie in Skandinavien und den Alpen wurden meist Schindeln oder Soden als dauerhafteres Material verwendet (HELBOK 1937). Nach GRADMANN (1922) besteht eine Beziehung zwischen der Roggenanbauzone und der Verbreitung von Strohdächern, da sich Roggenstroh zur Dachdeckung besser als Weizen- oder Gerstenstroh eignet. Wo nur letzteres zur Verfügung stand, ging man schon frühzeitig zu anderen Materialien über. Roggen wird aber in größerem Umfang nur in Mittel- und Osteuropa angebaut (Abb. 1), in süd- und westeuropäischen Ländern ist dieses Getreide unbekannt.

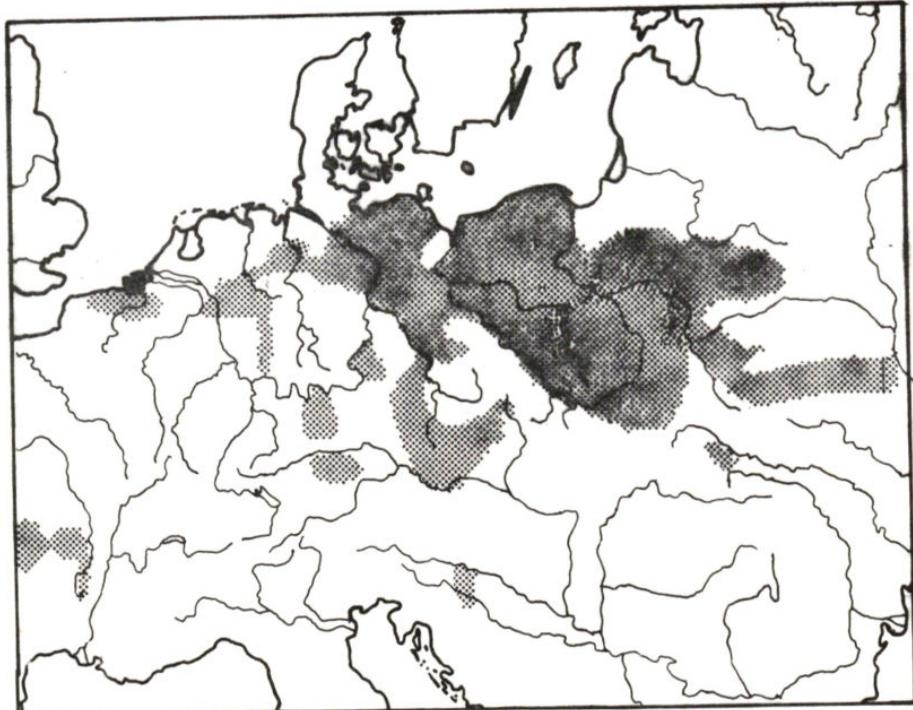


Abb. 1: Der Roggenanbau in Europa nach DIERCKE (1957)
als Grundlage der Verbreitung von Strohdächern

Die heutige Verbreitung des Strohdaches fällt damit, so lächerlich es sich auf den ersten Blick anhören mag, mit der Verbreitung des Schwarzbrotessens zusammen, denn aus Roggen wird Schwarzbrot hergestellt, und aus dem Roggenstroh werden bzw. wurden die Dächer gedeckt.

Wie das Lehnwort "Ziegel" (von lat. *tegula*) schon zu verstehen gibt, war die Verwendung von Ziegeln zum Dachdecken in Mitteleuropa ursprünglich unbekannt, was aus der Erwähnung der für keltische und germanische Stämme eigentümlichen Strohdachdeckung bei Caesar (*De bello gallico* 5, 43) und Plinius (16, 36) hervorgeht. Bis ins 18. Jahrhundert war in vielen Landschaften fast jedes Haus mit Stroh gedeckt, selbst im Schwarzwald und auf der Schwäbischen Alb, wo man heute so gut wie kein Strohdach mehr findet (GRADMANN 1922). Erst im 19. Jahrhundert wurde das Dachdecken mit Stroh vielfach durch polizeiliche Brandvorschriften, besonders in den Städten, eingeschränkt, so daß Strohdächer wegen der Feuersgefahr langsam durch Ziegel dächer ersetzt wurden (MIELKE 1936). Daher griff man besonders im Mittelgebirge auf andere Materialien wie Kalk- oder Schieferplatten oder Dachpfannen zurück (WOLF 1923). Lediglich im diluvialen Flachland blieb Stroh in ländlichen Siedlungen in Ermangelung von Steinen noch längere Zeit vorherrschend. Wo weder Reth noch Stroh zur Verfügung steht, etwa in großen Teilen Irlands, wo kein Ackerbau getrieben wird, wird auch heute noch Heu als Dachauflage verwendet und mit großen Hanfnetzen gegen den Wind geschützt. Diese Art der Dachdeckung erinnert an die Bedeckung von Hütten im Savannengebiet Afrikas mit getrocknetem Gras.

Leider geht aus der siedlungskundlichen Literatur nichts über die Verteilung von Stroh- und Rethdächern hervor. Man kann annehmen, daß überall da, wo ausreichend *Phragmites* vorhanden war, dieses wegen seiner größeren Haltbarkeit dem Stroh vorgezogen wurde. Reth (= niederdeutsch für Ried = Schilf, mundartlich auch Reet oder Reit, holl. *riet*, engl. *reed*) wurde in Norddeutschland zur Hauptsache in dem Jungmoränengebiet, den Fluß- und Seemarschen und den großen Niederungsgebieten (Dümmer, Steinhuder Meer u.a.) zum Dachdecken verwendet. Stroh wurde in Schleswig-Holstein ursprünglich anscheinend nur auf der Geest dazu gebraucht (LAUFFER 1934). Heute finden wir nur noch auf der Flensburger Geest Strohdächer in größerer Zahl. In den übrigen Gebieten wurde Stroh nur in Notzeiten benutzt, wie von Hauseigentümern versichert wurde. Die Mehrzahl der strohgedeckten Bauten im Jungmoränengebiet betrifft zudem nur Ställe und Schuppen. Gelegentlich sollen auch Binsen (*Scirpus lacustris*) als Bedachungsmaterial zur Verwendung gelangt sein, z.B. im Gebiet des Plöner Sees. Derartige Dächer wurden jedoch bei den vorliegenden Untersuchungen nicht mehr vorgefunden.

Die Verwendung von Stroh und Reth zum Dachdecken hat verschiedene Gründe. Einmal fällt das Ausgangsmaterial praktisch umsonst an, dann wurde besonders in früheren Zeiten vom Eigentümer selbst gedeckt und ausgebessert. Selbst nach Erneuerung ließ sich das alte Stroh-Material verkompostieren und als Dünger verwerten. Schließlich besitzt Beides eine sehr geringe Wärmeleitung, sodaß es im Hause im Sommer angenehm kühl, im Winter angenehm warm ist.

In neuerer Zeit werden auch auf dem Lande Reth- und Strohdächer immer mehr von Ziegel- oder Eternitdächern ersetzt. Wie von den Hausbesitzern geltend gemacht wird, hat das seinen Grund nicht allein im Modernisierungsbestreben, sondern in der Rentabilität, da ein naturgedecktes Haus ungleich höhere Erstellungs- und Instandsetzungskosten verursacht und darüberhinaus noch

höhere Brandversicherungsprämien erfordert. Nach (einer sehr niedrig angesetzten) Schätzung des Landeskonservators Dr. BESELER existieren in Schleswig-Holstein noch 3000-4000 Rethdachhäuser (Kieler Nachrichten vom 8.3.69) und "von den Rethdachhäusern verschwinden fast täglich einige Bauten, sodaß man absehen kann, wann sie vollkommen abgerissen sind".

1.2 THEMENSTELLUNG

Ziel der Arbeit war es, einen Überblick über die Vergesellschaftung sämtlicher auf Reth- und Strohdächern in Schleswig-Holstein auftretender Arten (Cyanophyta, Chlorophyta, Chrysophyta, Mycophyta, Lichenes, Bryophyta, Spermatophyta) zu geben, soweit sie makroskopisch in Erscheinung treten. Das reicht von der 1m großen *Betula pubescens* bis zur 10 µm großen Alge *Stichococcus minor*. Lediglich mikroskopische Pilze sind nicht mit berücksichtigt worden, sodaß der Anspruch erhoben werden kann, annähernd die gesamte Vegetation erfaßt zu haben.

Wenn in der Interpretation der Ergebnisse das Hauptgewicht bei den Moosen liegt, dann deshalb, weil die Moose aspektmäßig und prozentual bei der Rethdachvegetation in den Vordergrund treten und der Verfasser auf Grund längerer Beschäftigung mit dieser Pflanzengruppe zu genaueren Aussagen in der Lage ist. Zudem fehlt, insbesondere für Algen und Pilze, die für spezielle Aussagen notwendige Literatur.

Die größte Schwierigkeit für diese Arbeit bedeutete die dafür notwendige Artenkenntnis, die sämtliche Pflanzenstämme umfassen mußte. Ein Großteil der aufgewendeten Zeit verging daher allein mit der Einarbeitung und Bestimmung der auftretenden Arten, der notwendigen Grundlage für jede weitere Arbeit, anders als bei der Bearbeitung von Makrophytengesellschaften, bei denen normalerweise nicht solch ein Ausmaß unbekannter Formen und nicht solch ein Aufwand für die Bestimmung (z. B. Kultur von Algen) nötig ist. Jedoch wurde es für notwendig erachtet, einen Überblick über die gesamte Rethdachvegetation zu geben und nicht nur einzelne Kryptogamengruppen zu behandeln, was zu einer unerwünschten Trennung in Vegetationseinheiten geführt hätte, die allein pflanzensystematisch abgegrenzt sind.

Da die vorliegende Arbeit die erste größere umfassende Untersuchung auf diesem Gebiet ist, bleiben verständlicherweise bei solch einem komplexen Gebiet noch Fragen offen. Diese Arbeit ist also als eine grundlegende Inventaraufnahme kryptogamer Vegetation auf Reth- und Strohdächern gedacht.

Für die Untersuchungen kommen zur Hauptsache Rethdächer in Betracht. Die nur in geringer Zahl erfaßten Strohdächer sind in Kap. 7.1.4 gesondert behandelt. Aus Zweckmäßigkeitssgründen sind die Vegetationsaufnahmen von Strohdächern mit in die Tabellen der Rethdachaufnahmen einbezogen worden und dort durch ein "Str." gekennzeichnet. Wenn daher im folgenden von Rethdächern die Rede ist, schließt dies die wenigen untersuchten Strohdächer mit ein.

Die allmähliche Verdrängung von Rethdächern durch moderne Bauweisen ließ es angebracht erscheinen, in Schleswig-Holstein, einem Land mit noch relativ vielen Rethdächern, die Vegetation der ehemals so charakteristisch ins Landschaftsbild gehörenden, oft grün bemoosten Dächer festzuhalten. Über diesen historischen, mehr auf das Festhalten in naher Zukunft verschwindender Pflanzengesellschaften bezogenen Gesichtspunkt hinaus versprach dies Thema interessante Einblicke in die Abhängigkeit solcher kryptogamer Gesellschaften

vom Klima, Substrat, den Naturräumen und kleinstandörtlichen Faktoren wie Inklination, Exposition und Beschattung.

1.3 VORLIEGENDE UNTERSUCHUNGEN

Bisher lag noch keine zusammenfassende pflanzensoziologische Bearbeitung der Reth- und Strohdachvegetation eines größeren Raumes vor. Von Moosen und Flechten, die den größten Anteil an der kryptogamen Dachvegetation ausmachen, gibt es zur Hauptsache nur floristische Angaben über Funde auf Reth- und Strohdächern. Insbesondere über Flechten existieren Angaben von ERICHSEN (1928, 1957) und SANDSTEDE (1906-12, 1931) aus dem nordwestdeutschen Flachland. Moose sind anscheinend nur beiläufig auf Dächern gesammelt worden, was einen geringen Niederschlag in Floren (JENSEN 1952, KOPPE 1964, 1965) gefunden hat. Über Algen auf Strohdächern finden sich wenige Bemerkungen bei MIGULA (1915).

Eine erste pflanzensoziologische Bearbeitung der "Flechtenbestände der Heiden und Reitdächer" bringt die Arbeit von TOBLER und MATTICK (1938) aus Südniedersachsen, die sich jedoch rein auf die Flechtenvegetation unter Ausschluß anderer Kryptogamenstämme bezieht, aber in eindrucksvoller Form über Besiedlung, Gesellschaftsbildung und Standortverhältnisse solcher flechtenreichen Rethdächer Auskunft gibt.

Vegetationsaufnahmen von *Leptodontium flexifolium*-enthaltenden, moosreichen Dächern aus Holland bringen BARKMAN und RINGELBERG-GIESEN (1959). Diesen Studien soll noch eine größere, bislang unveröffentlichte Arbeit über die Vegetation holländischer Rethdächer folgen.

Kleinere, wenige Vegetationsaufnahmen enthaltende Beiträge liefern KÜHNER et al. (1968) von der Insel Rügen und KRÖGER (1957) aus dem Kreis Segeberg (Schleswig-Holstein). Aus jüngster Zeit liegt eine Bearbeitung von Rethdächern aus der Umgebung von Oldenburg (Niedersachsen) durch ROHMEYER (1970, unveröffentlichte Examensarbeit) vor.

1.4 DURCHFÜHRUNG DER UNTERSUCHUNGEN

Insgesamt wurden 616 Vegetationsaufnahmen auf 360 Häusern erstellt. Eine größere Aufnahmefähigkeit war einerseits wegen der geringen Anzahl vorgefundener Einheiten nicht erforderlich, andererseits zum Teil auch nicht mehr möglich. Mangelndes Verständnis der Hausbesitzer machte es oft unmöglich, interessant erscheinende Dächer zu untersuchen und dadurch noch mehr Dächer in Augenschein zu nehmen. Durchschnittlich jeder vierte Hausbesitzer verweigerte die Erlaubnis zur Untersuchung seines Daches, womit die Beschaffung des grundlegenden Materials sehr erschwert wurde. Trotzdem stellen die über sechshundert Aufnahmen eine ausreichende Basis zur Unterscheidung der daraus resultierenden Vegetationstypen dar.

1.4.1 Untersuchungszeitraum

Die Aufnahmen wurden in folgenden Zeiträumen gemacht:

- 1-227 August/September 1969
- 228-273 Juni 1970
- 274-504 September/Oktober 1970
- 505-616 Juni 1971

Darüberhinaus wurden durchgehende Beobachtungen an einem zu Versuchs- zwecken im Botanischen Garten Kiel aufgestellten Rethdach angestellt und jährliche Inspektionen von vier in der Umgebung Kiels gelegenen Dauerprobe- flächen durchgeführt.

Das geringe zeitliche Ausmaß der Untersuchungen über drei Jahre hat den Nachteil, über Sukzessionsfragen keine direkten Aussagen machen zu können, vielmehr mußte die Besiedlungsfolge über indirekte Schlüsse rekonstruiert werden.

Der große apparative Aufwand und das mangelnde Einverständnis der Hausbesitzer machten ökologische Untersuchungen im Gelände unmöglich. Lediglich Reth- und Strohproben zur pH-Wert-Messung, Glühverlustbestimmung und chemischen Analyse wurden bei einem Teil der Aufnahmen entnommen.

1.4.2 Untersuchungsgebiete

Um einen möglichst umfassenden Überblick zu gewinnen, wurden Exkursionen in alle Landesteile unternommen (Abb. 2). Auf Untersuchungen in benachbarten Ländern mußte aus Zeitgründen verzichtet werden, sodaß die Ergebnisse vorläufig nur für Schleswig-Holstein repräsentativ sind.

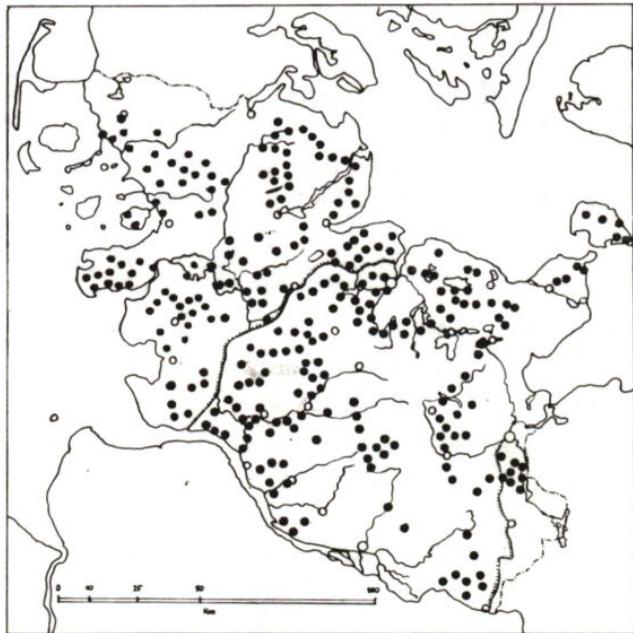


Abb. 2: Lage der Aufnahmepunkte

(Es ist jeweils nur die Ortschaft bezeichnet, unabhängig davon, wie viele Häuser untersucht bzw. wie viele Vegetationsaufnahmen gemacht wurden.)

Wenn einige Regionen, die nur durch wenige oder gar keine Aufnahmen ausgewiesen sind (Kr. Lauenburg, Geestteil des Kr. Pinneberg, Kr. Lübeck, Teile des Kr. Segeberg), so lag das an dem geringen Vorhandensein von Rethdächern. Vornehmlich in vielen Dörfern der Sandergebiete finden sich nur noch einzelne oder überhaupt keine Rethdächer mehr. In der Regel lassen sich aber keine Angaben über die Häufigkeit von Reth- oder Strohdächern in den einzelnen Landesteilen machen, da die Verteilung sehr ungleich und örtlich stark wechselnd ist. So sind z. B. in Bergenhusen (Eiderniederung) noch über 75% aller Häuser mit Reth gedeckt, in den nur 5 km entfernten Dörfern Dörpstedt und Kl. Rheide existieren trotz analoger Lage der Dörfer am Rande eines "Holms" (Altmoränenerhebung) keine Rethdächer mehr. Aus diesem Grund sind auch später angeführte Verbreitungskarten auf jeden Fall mit der Karte der Aufnahmepunkte zu vergleichen.

Von der Methode, die Aufnahmepunkte schwerpunktmäßig zu verteilen, wurde bei den zur Erfassung der Vegetationseinheiten herangezogenen Aufnahmen verzichtet. Es wurde vielmehr versucht, möglichst gleichmäßig verstreut Vegetationsaufnahmen zu gewinnen, um mögliche, vorher nicht bekannte, lokale Ausprägungen nicht überzupräsentieren. Daher wurden auch in Dörfern mit hohem Rethdachanteil nur wenige Dächer untersucht. Schwerpunkt-mäßige Untersuchungen in verschiedenen Naturräumen Schleswig-Holsteins wurden zum Abschluß der Arbeit gesondert durchgeführt, um lokale Eigenheiten zu erfassen, nachdem die Vegetationseinheiten an Hand breit gestreuter Aufnahmen festlagen.

Die Verteilung der Vegetationsaufnahmen auf die einzelnen Naturräume (unter Ausschluß der 47 Aufnahmen von Initialphasen, die nur im Freilichtmuseum Molfsee untersucht wurden,) gibt die statistische Übersicht in Abb. 3 wieder.

Abb. 3: Statistische Übersicht der Verteilung der Vegetationsaufnahmen auf die Naturräume Schleswig-Holsteins

		Marsch	Geest	Jungmoräne	
1)	besuchte Ortschaften	(abs.) (in %)	50 19,6	80 31,6	124 48,8
2)	Anzahl der Aufnahmen	(abs.) (in %)	97 21,2	140 32,6	221 48,2
3)	Schwerpunkt-mäßige Aufnahmen in MTBn		17	45	53
4)	Summe (aus 2) u. 3))		114	185	274

1.4.3 Klimatische Verhältnisse während des Untersuchungszeitraumes

Für Pflanzengesellschaften, die allein auf atmosphärischen Niederschlag angewiesen sind, sind bei den Vegetationsaufnahmen in besonderem Maße auch die zu der Zeit herrschenden klimatischen Verhältnisse zu berücksichtigen, da diese Artenbestand-, -verteilung, Vitalität und Aspekt beeinflussen können.

Wie die Untersuchungen gezeigt haben, sind insbesondere kleinstandörtliche und kleinklimatische Daten für Rethdachgesellschaften von Wichtigkeit, die

aber aus den regionalen Klimadaten nicht hervorgehen, sodaß hier auf besondere Klimafaktoren wie Sonnenscheindauer, Schneedecke, Luftfeuchte, Nebelhäufigkeit etc. nicht eingegangen werden kann, sondern nur ein kurzer Abriß der makroklimatischen Verhältnisse von Temperatur und Niederschlag während des Untersuchungszeitraumes skizziert werden kann. Gerade hierin unterscheiden sich die Aufnahmezeitpunkte 1969 und 1970 wesentlich.

1969 wurde im August/September durch ein kontinentales Hoch warme, trockene Luft in das Gebiet gebracht, sodaß die Niederschläge im September nur 25-50% vom Monatsmittel erreichten und die Temperatur um $0,5-1,0^{\circ}\text{C}$ über dem langjährigen Mittel lag. Im ganzen war es also während des Untersuchungszeitraumes zu warm, zu trocken und zu sonnig, was sich für die Erfassung von Kryptogamengesellschaften ungünstig auswirkt: Der Algenbewuchs trat kaum in Erscheinung, Pilze traten überhaupt nicht auf, die Moospolster waren vertrocknet.

Auch der Winter 1969/70 trug nicht zur optimalen Entwicklung der Dachmoosgesellschaften bei. Wie sich bei Dauerbeobachtungen gezeigt hat, fällt die Periode des größten Wachstums in den Spätherbst und Winter, wo bei Temperaturen zwischen 4° und 10°C die besten Wuchsbedingungen bei einer hohen Luftfeuchte erzielt werden. Dieser Winter setzte aber früh ein und blieb mit Schneefällen bis Ende März. Auf den langen Winter folgte ein trockener Frühsommer mit langen niederschlagsfreien Perioden im Mai/Juni bei einer positiven Temperaturanomalie von $2-3^{\circ}\text{C}$, was nur in fünf Jahren seit 1871 eingetreten war. Somit fehlte die kurze aber wichtige feuchte Frühsommerperiode, bei der sich die Dachvegetation (es handelt sich ja hierbei um "immergrüne Vegetation") von den Winterschäden erholen kann. Ein kaltes Frühjahr und ein trockener Frühsommer (im Juni waren 20 Tage regenfrei, Niederschlagsmenge in Schleswig 17 mm) sind genau die entgegengesetzten Verhältnisse, die die kryptogame Dachvegetation zum Gedeihen benötigt.

Nach der Dürre im Mai/Juni folgte ein feuchter Sommer mit Dauerregenfällen im August und folgten, verursacht durch häufige Tiefdruckeinbrüche, häufige Septemberniederschläge, die streckenweise über 150% des Monatsmittels be trugen. Geringe Sonnenscheindauer (also verminderte Verdunstung für die Dachoberfläche), häufiger Wechsel von warmen, trockenen und kühlen, feuchten Perioden, ein feuchter Oktober (148 mm Niederschlag), der Rekordniederschlagssummen mit 150-200% des Monatsmittels brachte, glichen dann die ungünstigen Witterungsbedingungen der vorausgegangenen Zeit wieder aus, sodaß dieser Herbst reichlichen Algenbewuchs, starke Pilzentwicklung und bei fast allen Aufnahmen eine gut durchfeuchtete Moosdecke bot, was die Artenansprache sehr erleichterte.

Die positiven bzw. negativen Temperatur- und Niederschlagsanomalien gehen aus Abb. 4 hervor, in der die Abweichungen vom Monatsmittel für die Station Hamburg dargestellt sind (nach WETTERKARTE DES SEEWETTERAMTES HAMBURG vom 9.1.70 und 14.1.71).

1.5 METHODIK

Wegen mancher Besonderheiten, die die Erfassung kryptogamer Gesellschaften erfordern, sollen kurz Aufnahme- und Untersuchungsmethoden umrissen werden. Dies soll nicht eine Rekapitulation selbstverständlicher Methoden sein, sondern ein notwendiger, theoretischer Abriß, da hier Begriffe und Methoden auf einen weiten, in seiner Eigenart besonderen Bereich übertragen werden.

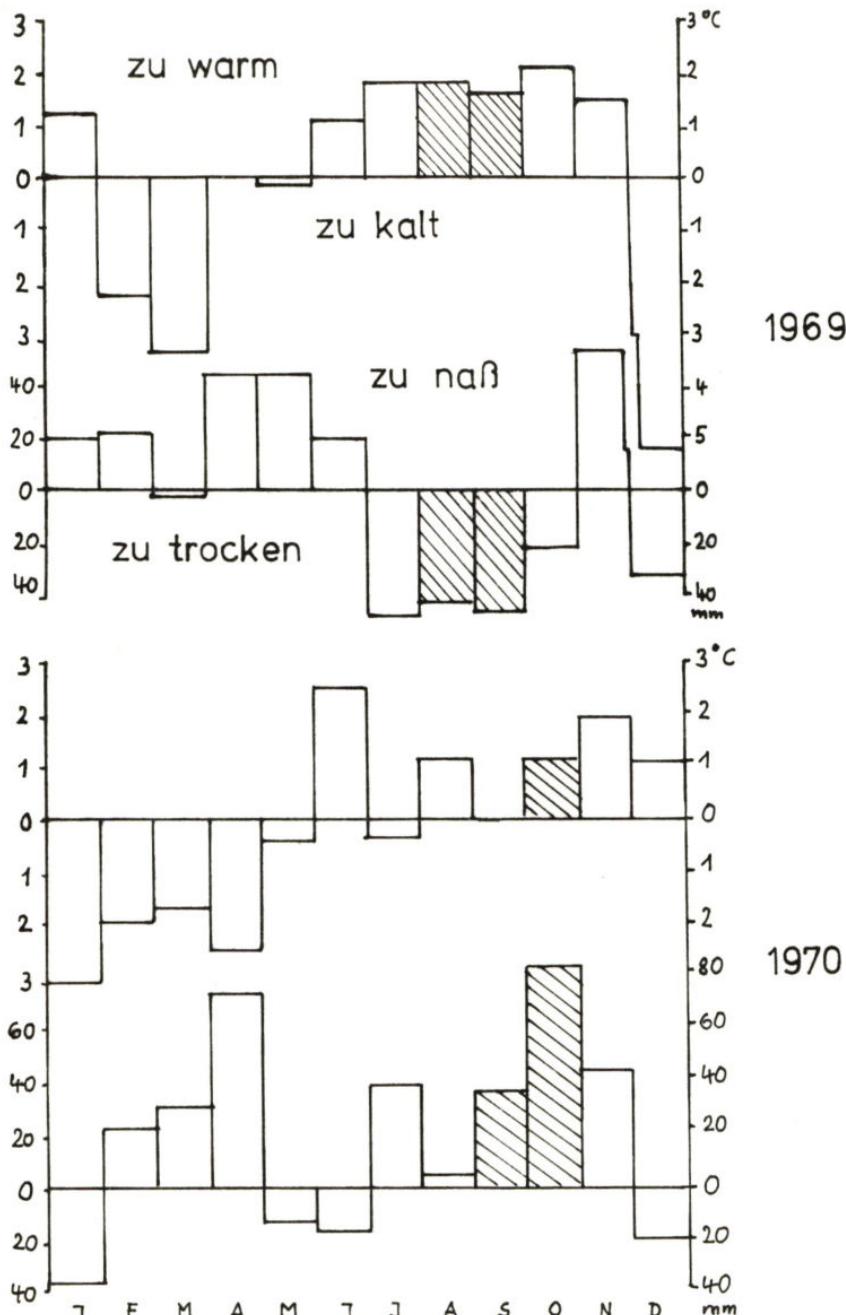


Abb. 4: Monatliche Temperatur- und Niederschlagsanomalien (Station Hbg.) für 1969 und 1970 (nach WETTERKARTE DES DEUTSCHEN WETTERDIENSTES HAMBURG)

1.5.1 Probeflächen

Die Vegetationsaufnahmen wurden auf einheitlich 1 m^2 großen Probeflächen erstellt. Pro Dachfläche wurden eine bis mehrere Aufnahmen gemacht, je nachdem wie homogen oder inhomogen eine Dachfläche ausfiel. Dies ist abhängig davon, inwieweit unterschiedliche Kleinstandorte wie Wasserabflußbahnen unter Schornsteinen, beschattete Stellen unter Bäumen, Verebnungen auf Erkern, nitrifizierte Stellen unter Storchennestern u.a.m. vorliegen, oder aber inwieweit die an sich auf der ganzen Dachoberfläche gleichmäßig voranschreitende Sukzession auf dem gesamten Dach durch teilweisen Abtrag der Vegetationsdecke gestört ist. Eine der Entstehung nach gleichaltrige Dachoberfläche kann also durch unterschiedliche Kleinstandorte, ungleichen Abtrag und Neubewuchs ein Mosaik verschiedener Vegetationstypen aufweisen. Eine Vegetationsaufnahme repräsentiert also nicht die gesamte Dachfläche!

Das Minimiareal beläuft sich auf 50 cm^2 , wie aus mehreren Artenzahl-Arealkurven (Abb. 5) hervorgeht. Für die Darstellung solcher Kurven empfiehlt sich nach BARKMAN (1968) die logarithmische Gliederung der Abszisse (der Flächengröße), was die sichere Bestimmung des Kurvenknicks erleichtert, sowie an Stelle der Artenzahl die Zunahme der Artenzahl auf der Ordinate darzustellen.

Die Aufnahmeflächen sind nicht auf die bestentwickelten Seiten beschränkt, wie es bei Epiphytenuntersuchungen an Baumstämmen meist gehabt wird, sondern auf sämtlichen Expositionen vertreten. Außerdem wurden keine geometrisch feststehenden Aufnahmeflächen benutzt, sondern die Fläche physiognomisch nach ihrer Homogenität ausgesucht. Innerhalb homogener Flächen wurden die Aufnahmen an optimal ausgebildeten Bereichen gemacht. Aus praktischen Erwägungen mußten die Aufnahmeflächen zumeist im unteren Drittel der Dächer liegen, da höher gelegene Bereiche nur mit Leitern von Dachlänge zu erreichen wären, deren Benutzung aber Transport- und Installationsschwierigkeiten bereiten würde. Da im unteren Dachdrittel der Feuchtigkeitsgenuß durch das ablaufende Niederschlagswasser größer ist, finden wir hier auch die

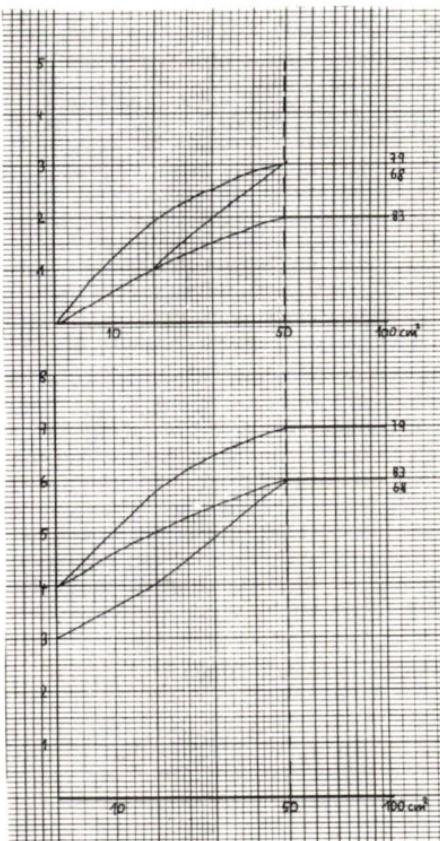


Abb. 5: Minimiarealkurven von Reth-dachprobeflächen mit Darstellung der Artenzahlen (untere Abb.) und der Artenzahlzunahme (obere Abb.) auf der Ordinate

reichsten Bereiche der Dachvegetation. Zum Dachfirst hin ist eine allmähliche Abnahme der Bedeckung und des Artenreichtums zu verzeichnen, während am Dachtrauf eine Zunahme feuchtigkeitsliebender Arten, z.B. Algen, erfolgt, die durch das hier langsamer absickernde Regenwasser feucht gehalten werden. Hier wächst auch der größte Teil der Phanerogamen, begünstigt durch die hier am mächtigsten entwickelte Schicht abgestorbener Moose. Es wurde versucht, auch spärlich bewachsene, auf den ersten Blick nicht "so ansprechende" Dächer in die Untersuchungen einzubeziehen. Auf diese Weise wurde nicht nur die optimale Ausprägung der Vegetationseinheiten erfaßt, sondern wurden auch Degenerations- und Regenerationsphasen mit aufgenommen und somit Einblick in den Ab- bzw. Aufbau solcher Gesellschaften gewonnen.

Algen wurden im allgemeinen nur soweit berücksichtigt, als sie makroskopisch in Erscheinung traten. Zur Kontrolle wurden wahllos Proben von Rethdachoberflächen und Moospolstern auf ihren mikroskopischen Anteil an Algen hin untersucht. Bei den Flechten mußten die häufig auftretenden sterilen *Cladonia*-Lager ohne Podetien unbestimmt bleiben, da diese ohne eine höchst umfangreiche Kenntnis auch von Flechtnspezialisten kaum bestimmt werden können. In den Vegetationstabellen wurden solche Lager als "*Cladonia spec. steril*" aufgeführt und als eine Art gezählt.

An weiteren Angaben wurden Exposition (Kompaßmessung), Inklination (mittels Klinometer), Substrat, sowie weitere von Fall zu Fall interessierende Angaben über Beschaffenheit der Dachoberfläche, etwaige Beschattung etc. notiert, die nicht in den Tabellenkopf eingingen.

1.5.2 Schätzung der Bedeckung

Die Bedeckung wurde in Prozenten geschätzt, was gerade bei den hier vorliegenden, gut überblickbaren Probeflächen mit dazu noch fast einschichtiger Bedeckung keine Schwierigkeiten bereitet, da die Genauigkeit der Schätzung mit der Größe der Probefläche abnimmt. (Algenbewertung s. Kap. 9.1)

Generell wurde auf 5% genau geschätzt, unter 5% wurden noch 1, 2 und 3% zur gestuften Darstellung kleiner Bedeckungsanteile verwandt, außerdem noch + und - in üblicher Verwendung. Die Genauigkeitstoleranz dieser Methode wurde mehrfach durch Nachmessung und wiederholte Schätzung derselben Probefläche überprüft. Dabei ergab sich eine absolute Abweichung von den durch Nachmessung ermittelten Werten von $\pm 5\%$. Die relative Abweichung, durch Wiederholung der Schätzung derselben Probefläche ermittelt, beträgt $\pm 2,5\%$. Diese Art der Schätzung ist ohne weiteres in die sonst übliche Methode nach BRAUN-BLANQUET zu überführen, indem die Bedeckungsprozente in die dort verwandten Kategorien überführt werden.

Abgesehen von einem zur Dauerbeobachtung im Botanischen Garten Kiel aufgestellten Rethdach und vier Dauerprobeflächen auf ausgesuchten Rethdächern im Gelände sind alle anderen Vegetationsaufnahmen nur einmal gemacht worden, da es bei diesen Gesellschaften keinen Aspektwechsel im Laufe des Jahres im eigentlichen Sinne gibt. Um annuelle Phanerogamen, fruchtkörpertragende Pilze und die Hauptentwicklung der Algen zu berücksichtigen, wurde der Großteil der Aufnahmen im Spätsommer bis Herbst durchgeführt.

Die höheren Pilze sind nur insoweit berücksichtigt, als Fruchtkörper in der Aufnahmefläche vorhanden waren. Eine methodische Berücksichtigung der Pilze hätte wiederholte Aufnahmen derselben Flächen im Zeitraum zwischen

Frühsummer und Winter erfordert, was aber bei der Anzahl der untersuchten Dächer nicht möglich war.

Die Soziabilitätsgrade wurden generell nicht mitnotiert, da sie in vielen Fällen artspezifisch sind (obligatorische Soziabilität). Wie sich jedoch später herausstellte, wäre die Angabe der Verteilung dieser charakteristischen Wuchsformen innerhalb der Aufnahmefläche (Dispersion) von Nutzen gewesen, die den typischen Aspekt der Gesellschaft in den Tabellen besser hätte hervortreten lassen. Daneben wäre die Angabe der Soziabilitätsgrade zur Bezeichnung der Vitalität wünschenswert gewesen (z.B. Hypnum cupressiforme 10.5 eine geschlossene Moosdecke bildend. bzw. 10.1 einzelne, zwischen anderen Moosen kriechende Sprosse). Solche Angaben würden besser Aussagen über den Stellenwert einzelner Arten innerhalb der Tabelle zulassen.

1.5.3 Tabellenarbeit

Bei der Tabellenarbeit wurden die Arten stets nach systematischen Gruppen geordnet und erst innerhalb dieser Gruppen nach ihrer Stetigkeit. Es wurde davon ausgegangen, daß diese Anordnung den natürlichen Verhältnissen am besten entspricht, da jede Pflanzengruppe für sich eigene Synusien bildet. So sind Dominanzen von einer Moosart und drei Flechtenarten nicht unbedingt Ausdruck desselben ökologischen Faktors, sondern lediglich zwei voneinander unabhängige Erscheinungen. Genauso, wie man logischer- und zweckmäßigerweise Vegetationsaufnahmen von höher organisierten Einheiten in Baum-, Strauch- und Moosschicht trennt, empfiehlt sich hier ebenfalls eine Differenzierung in Moos-, Flechten-, Pilz- und Algenschicht.

Analog wurde auch bei der Angabe der mittleren Artenzahl (mAZ) verfahren. Die mAZ besagt in Gemischen von Synusien, wie sie hier in besonderem Maße vorliegen, nicht soviel wie in Phanerogamengesellschaften oder in Gesellschaften, in denen nur oder überwiegend Phanerogamen erfaßt wurden. Je feiner die vorliegenden Gesellschaften in Algen-, Flechten-, Moos- und Phanerogamensynusien getrennt, und je heterogener die Kleinstbestände innerhalb einer Probedfläche werden, um so höher wird die mAZ ausfallen. Die mAZ wird hier für Phanerogamen, Moose und Flechten getrennt berechnet, ein Verfahren, das auch allgemein für Makrophytengesellschaften empfohlen sein sollte. So sehr insgesamt eine Aufspaltung von Kryptogamengesellschaften in Einheiten von systematischem Rang abzulehnen ist, muß man doch den einzelnen Synusien dieser Gesellschaften Rechnung tragen und darf sie nicht bei arithmetischen Indices zusammenfassen. Das Verhältnis der mittleren Artenzahlen von Phanerogamen-, Moos- und Flechtensynusien kann als

Quotient (z.B. $\frac{mAZ_{Flechten}}{mAZ_{Moose}}$) zur Veranschaulichung von Schichtung und Gefüge solcher Gesellschaften dienen.

Ferner läßt sich aus den mittleren Artenzahlen der einzelnen systematischen Gruppen ein Index zusammensetzen. Dem liegt folgende Überlegung zu Grunde: Eine mAZ von 5,7 sagt zwar etwas über den relativen Artenanteil aus, aber während man sich bei Phanerogamengesellschaften wohl ein Bild davon machen kann, versagt dies bei Gesellschaften, die aus Vertretern verschiedener Pflanzenstämme zusammengesetzt sind. Daher werden im folgenden die mittleren Artenzahlen der einzelnen Pflanzengruppen (auf Einerstellen auf- bzw. abgerundet) zu einer vierstelligen Zahl in der Reihenfolge Phanero-

gamen, Moose, Flechten und Algen zusammengesetzt. Pilze sind wegen ihres unbeständigen Auftretens nicht erfaßt. So besagt z.B. die Zahl 0521, daß die betreffende Vegetationseinheit im Durchschnitt aus 5 Moos- und 2 Flechtenarten sowie einer Algenart zusammengesetzt ist, Phanerogamen gar nicht vertreten sind. Man kann mit dieser Ziffernkombination auch die maximale Schwankungsbreite dieses Vegetationstyps (z.B. 0210-1633) angeben. Die Höhe der aus diesen Ziffern resultierenden Zahl ist gleichzeitig Ausdruck der Organisationshöhe eines Vegetationstyps: 8642 stellt den Typ einer höher entwickelten Gesellschaft dar, 0023 den Typ einer Gesellschaft, die sich nur aus Flechten und Algen zusammensetzt, also relativ niedrig organisiert ist. So kann dieser Index die Organisationshöhe einer Gesellschaft wiederspiegeln, weshalb er im folgenden als Organisationsindex bezeichnet wird.

Gewisse Schwierigkeiten bereitete die Ordnung der Aufnahmen in Tabellen, da die geringe Kenntnis von kryptogamen Dachgesellschaften und das Vorherrschen oftmals ubiquitärer Arten eine systematisch einwandfreie Gliederung der Aufnahmen von vornherein nicht erlaubte. Daher wurden die Aufnahmen vorläufig nach der Sukzessionsfolge gegliedert und diese provisorischen Einheiten zunächst als "Stadien" bezeichnet. Eine synsystematische Wertung dieser Einheiten erfolgte erst nach Sichtung des so aufbereiteten Materials (s. Kap. 4).

1.5.4 Lebensformen

Um dem mit den einzelnen angeführten Arten nicht vertrauten Leser ein anschaulicheres Bild von den Vegetationsaufnahmen zu vermitteln, sind in den Tabellen die Lebensformen mit angegeben. Unter Lebensform wird hierbei die Art und Weise der Anpassung an den Lebensraum verstanden im Gegensatz zur Wuchsform, die eine morphologische Typisierung der Einzelpflanzen gibt.

Lebensformklassifikationen für Kryptogamen finden sich bei HERZOG (1926), OCHSNER (1928), BRAUN-BLANQUET (1951), ELLENBERG (1956) und speziell für Moose sehr ausführlich bei DÜLL (1969). Während HERZOG nach synökologischen Typen gliedert (z.B. Herden, Kurzrasen, Decken), richtet sich die Klassifikation OCHSNERs nach bezeichnenden Vertretern (Leucodon-Form, Neckera-Form), was aber nur Kennern dieser Arten etwas verrät. Bei BRAUN-BLANQUET werden sowohl Thallophyten als auch Kormophyten den gleichen Lebensformen zugeordnet, sodaß z.B. "Chamaephyta pulvinata" sowohl Saxifraga-Polster als auch Grimmia-Polster und Polytrichum- "Flachpolster" umfassen (letztere stellen Rasen und keine Polster dar). Die hier benutzte Einteilung, die in einigen Fällen für diese Zwecke erweitert wurde, stützt sich anlehnungsweise an ELLENBERG (1956).

Lebensformenübersicht für Kryptogamen

I. CHAMAEPHYTA: Oberflächenpflanzen (Ch)

BrChsph	Bryochamaephyta sphagnoidea	Bultenmoose
BrChpulv	" pulvinata	Polstermoose
BrChrept	" reptantia	Deckenmoose
BrChcaesp	" caespitosa	Rasenmoose
LChrac	Lichenochamaephyta racemosa	Strauchflechten
LChcal	" calycantes	Becherflechten

II. HYDROPHYTA: Wasserpflanzen (Hyd)			
BrHydad	Bryohydrophyta	adnata	Wasserhafter
BrHydnat	"	natantia	Wasserschwimmer
III. HEMIKRYPTOPHYTA: Haftpflanzen (H)			
BrHth	Bryohemikryptophyta	thallosa	thallöse ausdauernde
BrHfol	"	foliosa	Lebermoose beblätterte ausdauernde
LHfol	Lichenohemikryptophyta	foliosa	Lebermoose
LHad	"	adnata	Laubflechten
PhycHcocc	Phycohemikryptophyta	coccalia	Krustenflechten
PhycHtrich	"	trichalia	einzellige Luftalgen
PhycHthall	"	thallosa	fädige Erdalgen
IV. GEOPHYTA: Erdpflanzen (G)			thallöse Erdalgen
MycGepi	Mycogeophyta	epigaea	oberirdisch fruchtende
MycGhypo	"	hypogaea	Pilze
			unterirdisch fruchtende
			Pilze
V. THEROPHYTA: Einjährige (Th)			
BrThfol	Bryotherophyta	foliosa	einjährige Laub- und
BrThth	"	thallosa	beblätterte Lebermoose
MycTh	Mycotherophyta		einjährige thallöse
			Lebermoose
			kurzlebige Pilze

1.6 Nomenklatur

Da in den Vegetationsaufnahmen im einzelnen keine Autorennamen angeführt sind, richtet sich die Nomenklatur der

Gefäßpflanzen nach OBERDORFER (1962)

Moose nach GAMS (1957)

Flechten nach ERICHSEN (1957)

Pilze nach MOSER (1955)

Cyanophyta nach GEITLER (1932).

Bezüglich der übrigen Algenstämme vergleiche man das Artenverzeichnis am Ende der Arbeit (Kap. 11.1).

1.7 Referenzen

Herrn Professor Dr. E.-W. RAABE danke ich für die entgegenkommende Förderung und Unterstützung dieser Arbeit. Zu Dank verpflichtet bin ich ebenfalls Herrn Dr. G. SCHWABE (Limnologisches Institut Plön) für die Kultivierung der Algen und die Bestimmung der Cyanophyta, Herrn Dr. K. BEHRE (Bremen-Lesum) für die Anleitung und Bestimmung der übrigen Algen. Herr Dr. O. KLEMENT übernahm dankenswerterweise die Überprüfung von Flechtenbelegen, Herr M. LETTAU die Bestimmung der Pilze. Für klärende Diskussionen bin ich Herrn Doz. Dr. J.J. BARKMAN (Wageningen) dankbar. Durch freundliche Erlaubnis von Herrn Professor KAMPHAUSEN (Kiel-Molfsee) durfte ich die

Rethdächer im Freilichtmuseum Schleswig-Holstein untersuchen. Herr cand. chem. W. WILKER (Freiburg) übernahm die chemischen Analysen von Reth- und Strohmaterial. Schließlich gilt mein Dank dem Direktor des Botanischen Instituts Kiel, Herrn Professor Dr. W. HALBSEGUTH, für die Überlassung eines Platzes in den Gewächshäusern für Kulturversuche von Moosen.

2. Beschreibung der erfaßten Einheiten

2.1 LUFTALGEN- UND KRUSTENFLECHTENSTADIUM

Die pflanzliche Besiedlung der Rethdächer beginnt bereits einige Jahre nach der Erstellung der Dächer. "Pionierpflanzen" sind aerophytische Algen, also das nahezu überall gegenwärtige pflanzliche "Luftplankton". Bereits an vier Jahre alten Dächern wurden besonders an den geschützten Halmunterseiten und den Höhlungen in den Halm spitzen (Tropfwirkung des Regenwassers) schwach erkennbare grünliche Anflüge sichtbar, ein Zeichen dafür, daß die sicherlich schon seit Errichtung des Daches angewicheten Algen hier ein geeignetes Substrat gefunden haben, auf dem sie sich rasch vermehren können. Es darf angenommen werden, daß die pflanzliche Besiedlung der Rethdächer schon früher einsetzen kann, da zum Zeitpunkt der Untersuchungen im Juni 1970 eine abnorm trockene Witterung herrschte. Die Untersuchungen dieser Erstbesiedlungsstadien wurden auf den rethgedeckten Häusern des Freilichtmuseums Schleswig-Holstein in Kiel-Molfsee durchgeführt, da dort eine ausreichende Anzahl von Häusern jüngeren Erstellungsdatums zur Verfügung steht, von denen das genaue Alter an Hand der Bauunterlagen festgestellt werden konnte. Die hier gewonnenen Ergebnisse sind aber nicht ohne weiteres zu verallgemeinern, da es sich hier sämtlich um freistehende, unbeschattete Häuser handelt und die Verhältnisse bei beschatteten oder geschützt gelegenen Häusern anders geartet sein mögen. Auch sind Abweichungen in anderen Landesteilen (etwa Marschen) nicht auszuschließen.

Während von Rethalmen 1-3 Jahre alter Dächer in der Kultur keine Algen aufgingen, waren die ersten Arten bei vier Jahre alten Dächern zu verzeichnen. In der Hauptsache handelt es sich dabei um die trichale Grünalge *Stichococcus minor*, die hier allerdings lediglich in Einzelzellen vorliegt. Daneben treten weit verbreitete einzellige Grünalgen wie *Chlorella vulgaris*, *Monodus cf. coccomyxa* und *Chloridella* sp. auf sowie gelegentlich eine aerophytische Kieselalge (*Hantzschia amphioxys*). Die auf Baumstämmen häufige, pulverige Überzüge bildende Grünalge *Desmococcus vulgaris* tritt hier noch nicht auf, kann damit auch nicht zu den initialen Besiedlern gerechnet werden, für die sie an Baumstämmen gehalten wird und dürfte dort nur an solchen Stellen vorkommen, wo keine Moose und Flechten, also konkurrenzkräftigere Arten hochkommen, was meistenteils im Inneren der Städte der Fall ist.

Nach durchschnittlich sechs Jahren treten die ersten Krusten- und Blattflechten auf. Erwähnenswert ist dabei, daß keine Flechtenalgen auf den Dächern gefunden wurden, die Flechten dort also nicht durch Neukombination, sondern immer durch Isidien- oder Soredienanflug dorthin gelangen. Die häufigste Krustenflechte ist *Lecanora varia*, die bis zu 65% einer Dachfläche einnehmen kann. Generell kann kein zeitlicher Abstand zwischen dem Auftreten von Krusten- und Blattflechten festgestellt werden. Das liegt jedoch wohl an den unterschiedlichen Lebensbedingungen auf den einzelnen Expositionen, wo die Sukzession auf Nordseiten rascher vorstatten geht als auf Südseiten, und

Tabelle 1: Luftalgen- und Krustenflechtenstadium

Aufnahme-Nr.

258 259 260 257 246 234 235 236 243 239 245 269 228 240 246 261 238 241 377 231 268 230 271 1414 503 255 264 262 263 229

Exposition

SW SO NW ND N SO SW NW NW SS0 SO NO SS0 WSW NW SO OWO OWO W NSW SO OWO NW OSO S SS0 NW SW NO NW O

Inklination

35 35 35 35 45 50 60 50 45 60 45 50 40 50 45 50 50 45 45 55 50 55 50 45 50 45 50 50 50 40

Vegetationsbedeckung

5 10 40 30 3 25 25 20 5 15 20 15 5 15 30 40 10 2 20 15 3 45 25 30 25 35 25 65 25 30

Alter

4 4 4 4 4 7 7 7 7 7 6 6 7 7 8 7 7 7 6 6 6 6 6 7 7 8 8 8 6

Artenzahl

1 1 1 4 4 3 1 3 1 3 4 5 2 4 3 4 5 2 2 6 5 5 2 3 7 8 3 6 6

mittleres Alter

4 2 7 2 6,5 4 7 5

mittlere Artenzahl

2 2 4 4

Stichococcus minor

(5) (5) (5) (3) (3) (5) (5) (4) (1) (4) (5) (1) (5) (2) (5) (1) (3)

Ochrolella vulgaris

(+) (2) (3) (2) (1) (1) (1) (2) (1) (3) (4) (3) (1) (1) (3)

Monodus cf. coccomyxa

(2) (2) (3) (4) (2) (3) (1) (2) (3) (3) (1) (2) (3)

Chloridella sp.

(2) (3) (3) (1)

Hantzschia amphioxys

(2) (3) (4)

Algen insgesamt

5 10 40 30 2 10 2 2 3 15 2 1 2 5 1 1 3 20 3 10 10 5

Lecanora variia

15 25 20 5 15 20 1 1 15 30 40 3 15 15 1 40 5 30 20 25 10 65 5

Hypogymnia physodes

1 r 2 2 1 5 + 1 2 3 1 3 5 r 2 2

Lecidea himonga

2 2 1 3 3 2 15 20

Hypogymnia tubulosa

1 r 2 2 1 5 + 1 2 3 1 3 5 r 2 2

Cladonia sp. steril

2 2 1 3 3 2 15 20

Cladonia floerkeana

2 5 1 r 0

Cladonia chlorophcea

2 r

Cladonia implexa

r + r

Dichromewisia cinnabata

BeChpulv

Artenzahl/Flechten

0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 2 3 5 5 2 2 3

Luftalgen

+ Krustenflechten

+ Blattflechten

+ Becherflechten + Moose

20

Tabelle 2: Luftalgen- und Krustenflechtenstadium

hierdurch das unterschiedliche Alter der Dächer kompensiert wird. An Blattflechten treten meistens nur *Hypogymnia physodes*, daneben seltener *Parmelia tubulosa* auf. Die relativ geringe Artenzahl von Flechten mag auch auf die Stadtnähe und die für Flechten schädlichen Emissionen zurückgehen. (Molfsee liegt nur 5 km Luftlinie vom Stadtzentrum Kiels entfernt.)

Auf 6-8 Jahre alten Dächern finden sich bereits die ersten Cladonien in geringerer Zahl und Bedeckung ein. Das Vorkommen von *Cladonia impexa*, (die im übrigen bei sehr viel älteren Dächern nur äußerst selten gefunden wurde), geht auf die Deckung des Dachfirstes mit Heideplaggen zurück, womit die Art eingeschleppt wurde. Gleichzeitig mit den Becherflechten können auch schon die ersten Moosanflüge von *Dicranoweisia cirrhata* auftreten.

Über diese initiale Dachvegetation orientieren Tabelle 1 und 2. In Tab. 1 sind die Aufnahmen fortlaufend nach dem Alter geordnet. Da sich hier aber die unterschiedlichen Expositionen in der Schnelligkeit der Besiedlung auswirken und auch gelegentlich der Zufall bei der Besiedlung eine Rolle spielen mag, sind in Tab. 2 die Aufnahmen nach Artengruppen geordnet, die die mutmaßliche Besiedlungsfolge wiedergeben, bei der auf Luftalgen Krustenflechten, Blattflechten, Becherflechten und schließlich Moose folgen dürften. Auch in den Aufnahmen, in denen keine Algen angegeben sind, dürften welche vorhanden sein, da immer nur wenige Rethalme zur Kultur auf Agarplatten entnommen wurden, auf denen manchmal zufälligerweise keine oder keine vitalen Algen vorhanden waren. Daher wäre es also verfehlt, die Tabelle nach Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Algen zu ordnen.

Aus dem gleichen Grund wurde auf die Angabe der mAZ für Algen verzichtet, da die Algen nur mehr oder weniger zufällig erfaßt wurden.

Bezüglich der Bewertung der Algen in den Aufnahmen vergleiche man Kap. 9.1.

Die Besiedlungsfolge, bei der bereits innerhalb der ersten acht Jahre Algen, Flechten und Moose erscheinen, ähnelt einer verkürzten Rekapitulation der Besiedlung von lebendem oder totem Holz, wo ebenfalls auf ein Algenstadium mit vorherrschend *Desmococcus vulgaris* (= *Protococcus viridis*) Krustenflechten (*Lecanora subfusca* u.a.), Blattflechten (Parmelien) und schließlich Moose (*Dicranoweisia cirrhata* u.a.) folgen, mit dem Unterschied, daß auf Rethdächern diese Stadien einmal nicht optimal ausgebildet sind und zum anderen sehr schnell ineinander übergehen.

2.2 CLADONIA-STADIUM

Die bereits im Krustenflechtenstadium eindringenden *Cladonia*-Arten bestimmen für die nächsten zehn Jahre den Aspekt von Rethdächern. Die Stetigkeit einzelner Arten ist dabei nicht besonders groß. Dieses Stadium wird weniger durch einzelne Flechtenarten als vielmehr durch verschiedene Vertreter der Gattung *Cladonia* charakterisiert. In über 40% der Aufnahmen vertreten und damit annäherungsweise repräsentativ sind nur

Cladonia floerkeana
 " *subulata*
 " *fimbriata*
 " *chlorophaea*.

Schlüsselt man die Stetigkeitsverhältnisse nach Wuchsformen auf, so bekommt man folgende für diese Gesellschaft typische Verteilung:

Becher- und Stiftflechten	100%
Blattflechten	41%
Krustenflechten	34%
Moose	67%.

Eine Abhängigkeit im Auftreten der einzelnen *Cladonia*-Arten von bestimmten Standortverhältnissen ist nicht belegbar, die Verteilung von z.B. *Cl. floerkeana* auf Nordseiten und *Cl. chlorophaea* überwiegend auf Südseiten ist ebenso nicht kausal zu deuten und vielleicht nur zufällig. Hingegen hat die auffällige Häufung von sterilen *Cladonia*-Lagern auf dem Süd-Quadranten seinen Grund in der dort stärkeren Insolation, die eine Podetienbildung hemmt.

Die Übergänge vom vorausgegangenen Krustenflechtenstadium zum folgenden *Dicranoweisia*-Stadium sind fließend. Es wurde hier so gehandhabt, daß beim Überwiegen der Deckungsprozente von Krustenflechten einerseits und *Dicranoweisia cirrhata* andererseits die Aufnahmen bei diesen Stadien angeführt wurden, sodaß in Tabelle 3 alle Aufnahmen Krustenflechten <Cladonien> *Dicranoweisia* enthalten sind.

Man kann bei jeder Exposition jeweils eine Variante mit oder ohne *Dicranoweisia* unterscheiden, was wohl einem jüngeren oder älteren Stadium entspricht.

Dicranoweisia kommt als obligater Epiphyt als häufigste Moosart in diesem Stadium vor. Da die Art in über der Hälfte aller Aufnahmen des *Cladonia*-Stadiums vorkommt, darf man *Dicranoweisia* wohl zu den charakteristischen Arten dieses Stadiums zählen. Das gelegentliche Vorkommen von drei weiteren Moosarten muß auf Zufallsbesiedlungen zurückgeführt werden, da diese nur je einmal in verschwindend geringer Bedeckung vorgefunden wurden.

Algen werden hier ebenso wie im Krustenflechtenstadium vertreten sein. Da sie makroskopisch so gut wie nicht zu erkennen sind, sind sie auch nicht gesondert durch Kulturversuche erfaßt worden und damit auch nicht in die Aufnahmen eingegangen.

Bezeichnend ist, daß O- und S-Expositionen häufiger repräsentiert sind, als N- und W-Expositionen. Wie nämlich aus den (nicht sehr zahlreichen) Altersangaben zu ersehen ist, wird das *Cladonia*-Stadium auf Nordexposition am frühesten vom *Dicranoweisia*-Stadium abgelöst, auf Südexpositionen am spätesten. Hier finden wir noch nach 30 bis 40 Jahren *Cladonia*-Bewuchs und wie aus späteren Ausführungen hervorgeht, wird auf den Südseiten das *Dicranoweisia*-Stadium überhaupt kaum noch überschritten. Auf die einzelnen Expositionen verteilt ergeben sich folgende höchste Altersangaben:

- N: 14 Jahre
- W: 17 Jahre
- O: 17 Jahre
- S: 40 Jahre.

Ebenfalls expositionsbedingt ist die mAZ, die bei Nord- und Ostexpositionen 5, bei West- und Südexpositionen nur 3,5 beträgt.

2.3 DICRANOWEISIA -STADIUM

Wie sich aus der Beobachtung der Dauerprobeflächen (vergl. Kap. 3.2), den Altersangaben und der vergleichenden Betrachtung verschiedener Dächer ergab, gehen die mit *Cladonien* bewachsenen Dächer mit der Zeit in ein über-

Tabelle 3: Cladonia-Stadium

wiegend mit *Dicranoweisia cirrhata* bewachsenes Stadium über (Foto 1). Dies beginnt zunächst mit einer relativ geringen *Dicranoweisia*-Bedeckung, die langsam ansteigt und dadurch den Prozentsatz der Flechten, die hier in gleicher Zusammensetzung wie im *Cladonia*-Stadium erscheinen, zurückdrängt. Die Flechten gehen schließlich vom Reth auf die Moospolster über.

Haben die *Dicranoweisia*-Polster eine größere Ausdehnung erreicht, nisten sich in den Polstern andere Moosarten ein. Das ist immer dann der Fall, wenn sich die zunächst einzeln wachsenden, isolierten Moospolster zu einer geschlossenen Decke zusammengeschlossen haben. Die Polster des obligaten Epiphyten *Dicranoweisia cirrhata* bieten dann anderen, nur noch fakultativ epiphytischen Arten durch Haftmöglichkeit und Feuchtigkeitsversorgung in den Polstern Lebensmöglichkeit auf dem Dach.

Vorzugsweise durchwuchert *Ceratodon purpureus* die *Dicranoweisia*-Polster (Foto 6), bis es schließlich die Dominanz erreicht und *Dicranoweisia* nur noch an wenigen Stellen erscheint. Ein gewisses Problem bei Moossynusien ist nämlich, daß die beteiligten Arten zum größten Teil nebeneinander Platz finden müssen, da es sich in den meisten Fällen um einschichtige Vergesellschaftungen handelt. Dies ist ein wesentlicher Unterschied zu *Phanerogamengesellschaften*, wo die einzelnen Arten sich in verschiedenen Schichten gruppieren können. Daher kommt es bei Moosgesellschaften leicht zur Dominanz einzelner Arten, die die größte Konkurrenzkraft besitzen, wie es auch hier im *Dicranoweisia*-Stadium der Fall ist.

Fest steht, daß sich zu dieser Zeit, besonders in etwas beschatteten Lagen auf Flachdächern, schon einige weitere Arten außer *Ceratodon* einstellen können, deren Bedeckungsanteil aber 10% meist nicht überschreitet. Hierzu gehören *Pohlia nutans*, *Leptodontium flexifolium*, *Polytrichum piliferum* und *Hypnum cupressiforme*. Besonders auf Nordexpositionen ist dieser Anteil besonders groß. Der Anteil dieser Arten nimmt dann von Ost- nach West- und Südexpositionen sukzessive ab. Denn auch hier läuft eine Verringerung des maximal wirksamen ökologischen Faktors, in diesem Fall der Feuchtigkeit, auf eine Verminderung der Artenzahl hinaus.

Bei allen anderen Aufnahmen, bei denen die genannten Arten mit mehr als 10% vertreten sind, ohne daß die Altersangabe die Aufnahme mit großer Wahrscheinlichkeit in das *Dicranoweisia*-Stadium stellen würde, ist angenommen worden, daß es sich hierbei um Aufnahmen älterer Stadien handelt, bei denen durch teilweisen Abtrag von Moospolstern aus späteren Stadien und Neubesiedlung der freigewordenen Lücken mit Arten jüngerer Stadien ein Gemisch von sonst nur nacheinander auftretenden Arten entstanden ist. Für diese Annahme sprechen folgende Gründe:

1. Innerhalb der dominant auftretenden Arten auf Rethdächern tut sich ein sinnvoller Wechsel von obligat epiphytischen über präferent und fakultativ epiphytischen zu epigäischen Arten auf. Krustenflechten, Stift- und Becherflechten, *Dicranoweisia cirrhata*, *Ceratodon purpureus*, *Leptodontium flexifolium* und *Dicranum scoparium* bilden eine logische Besiedlungsfolge.
2. Die Besiedlungsfolge wird durch fließende Übergänge der einzelnen Stadien untereinander einerseits und durch Übereinstimmung der im zeitlichen Nacheinander vorliegenden Altersangaben andererseits begründet.
3. In vielen Fällen wurden Dächer beobachtet, wo sich neben *Dicranoweisia*-

Polstern alte, abgestorbene *Dicranum*-Bulte fanden, was auf ein Wiederbesiedlungsstadium schließen läßt. Es hat sich nämlich gezeigt, daß isoliert stehende, höhere *Dicranum*-Polster nicht lebensfähig sind, da die seitliche Austrocknung zu groß ist. Solche durch starken partiellen Abtrag geschädigte *Dicranum*-Polster verlieren ihre Existenzgrundlage und machen anderen Arten Platz.

Aus diesen Gründen sind in Tabelle 4 nur die Aufnahmen aufgenommen, die diesem initialen *Dicranoweisia*-Stadium entsprechen. Über Aufnahmen mit *Dicranoweisia* in Wiederbesiedlungsstadien vergleiche Kap. 2.6.

Die Flechten im *Dicranoweisia*-Stadium stammen eigentlich aus dem Krustenflechten- und *Cladonia*-Stadium. Genau genommen sind sie auch keine Begleiter dieses Stadiums, vielmehr liegt ein diffiziles Mosaik aus Krusten- und Blattflechten, *Cladonien* und Moosen vor. Nur bei wenigen Dächern hat man Gelegenheit zu sehen, daß dieses räumliche Nebeneinander auf ein zeitliches Nacheinander zurückgeht, wie sich am Beispiel der Aufnahmen 375-377 von einem Rethdach aus Klenzau (Kr. Eutin) erläutern läßt (Abb. 6).

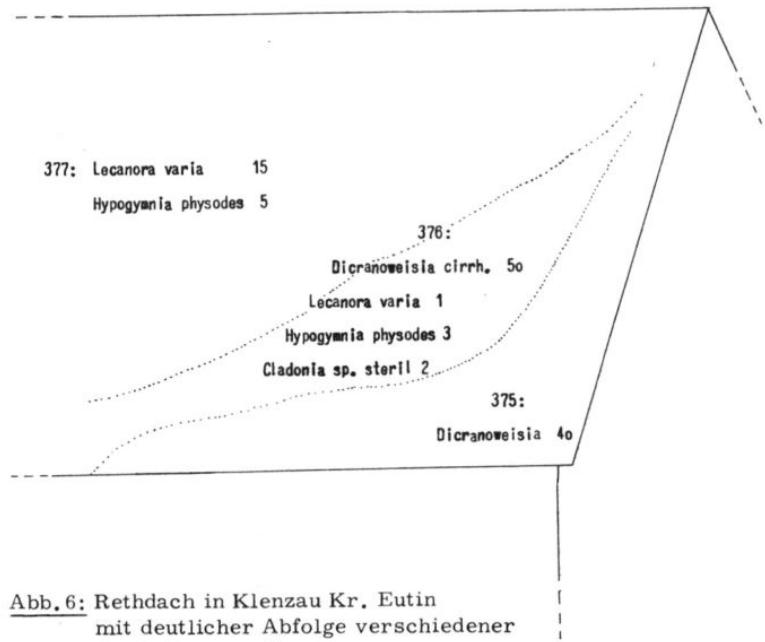


Abb. 6: Rethdach in Klenzau Kr. Eutin
mit deutlicher Abfolge verschiedener
Besiedlungsstadien

Hier ist die obere Dachfläche mit *Parmelia physodes* und *Lecanora varia* bewachsen, gegen den unteren Rand zu treten *Dicranoweisia* und sterile *Cladonien* hinzu, am unteren Dachrand folgt schließlich ein Reinbestand von *Dicranoweisia*. (Die zum rechten Dachrand hin verschobene Lage der einzelnen Zonen röhrt von einem rechts stehenden Baum her, der durch seine Beschattung und die damit verbundene geringere Insolation und Verdunstung diese Bereiche für einen Bewuchs begünstigt.)

Mit ähnlichen Gemischen haben wir es genaugenommen auch bei vielen Phanerogamengesellschaften zu tun, in die die Kryptogamen als Begleitarten eingehen, obwohl sie von den Phanerogamen unabhängige, eigene Synusien bilden.

Im *Dicranoweisia*-Stadium kann man vier verschiedene, in Tabelle 4 herausgearbeitete Facies unterscheiden:

- eine artenarme Facies (mAZ 3), die außer *Dicranoweisia* keine anderen Moosarten sowie im Durchschnitt zwei weitere Flechtenarten enthält
- eine Facies mit einer Häufung von Blatt- und Krustenflechten (Moos-Flechten-Verhältnis 1:4),
- ein gealtertes Stadium, in das bereits *Ceratodon purpureus* als eine der nächstfolgenden dominanten Arten eindringt,
- eine Facies mit einem hohen Anteil anderer begleitender Moosarten, praktisch eine "reiche" Ausprägung.

Neben *Dicranoweisia cirrhata* mit 100% Stetigkeit erreicht nur noch *Cladonia chlorophaea* mit 57% eine nennenswerte Stetigkeit, was sich dadurch erklärt, daß diese Art häufig nicht nur offene Stellen auf dem Reth wie die meisten Cladonien besiedelt, sondern gerne auch die *Dicranoweisia*-Polster selbst.

Das Alter der Dächer bewegt sich zwischen 15 und 35 Jahren. An begünstigten Stellen finden wir bereits nach 8-12 Jahren höhere *Dicranoweisia*-Bedeckungen vor. Lediglich auf Südexpositionen wird dieser Zeitraum überschritten, da hier die pflanzliche Besiedlung nicht viel weiter über das *Dicranoweisia*-Stadium hinausgeht.

Im Gegensatz zu allen folgenden Stadien ist das *Dicranoweisia*-Stadium ausgesprochen photophil und hält sich daher auf freistehenden Dächern weitaus länger als an durch Bäume oder Gebäude beschatteten Stellen, wo rascher andere Moosarten eindringen. Auch kann *Dicranoweisia* längere Trockenperioden besser als andere Moosarten überdauern, da sie ihre Blätter völlig einzurollen vermag, sodaß beispielsweise eine längere Trockenperiode oder mehrere hintereinander folgende trockene Sommer eine weitergehende Besiedlungsfolge hemmen können und die Dachvegetation auf dem *Dicranoweisia*-Stadium vorläufig stehen bleibt.

Die fließenden Übergänge zwischen Krusten- und Blattflechten, Becherflechten und *Dicranoweisia* werden aus Abb. 7 deutlich.

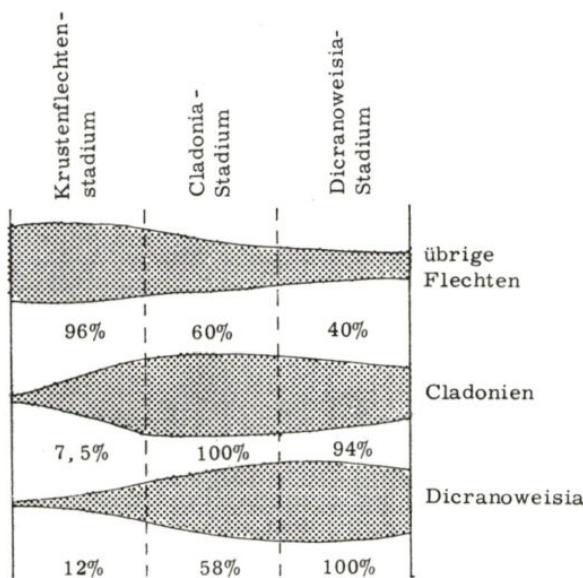


Abb. 7: Stetigkeiten von Krusten- und Blattflechten, Becherflechten und *Dicranoweisia* in den einzelnen Stadien

Table 4: Dicranoweisia-Stadium

Name Nr.		b		c		d	
sition	irition	S	N	W	E	W	S
istung	istung	5	5	45	5	45	45
ir	ir	40	70	20	50	60	45
mazhi	mazhi	28	7	7	7	20	7
itrat	itrat	2	4	4	2	2	3
[1996.10.26]		3		5		5	
vinca/191	vinca/191	40	40	15	40	80	60
itobea purpurea	itobea purpurea	30	70	50	60	10	20
num cypressiforme	num cypressiforme	40	20	25	40	25	35
nia nutans	nia nutans	30	30	10	2	1	20
totontium flaxifolium	totontium flaxifolium	15	20	5	15	2	+
ratum seporium	ratum seporium	+	+	+	+	+	+
yttricum gracile	yttricum gracile	+	+	+	+	+	+
yttricum piliferum	yttricum piliferum	+	+	+	+	+	+
penilla heteromalla	penilla heteromalla	+	+	+	+	+	+
un capilli	un capilli	+	+	+	+	+	+
donia chlorophylla	donia chlorophylla	1	+	1	1	5	20
donia subulata	donia subulata	30	3	3	20	5	15
donia filiformia	donia filiformia	5	5	5	15	25	2
donia sp. steril	donia sp. steril	3	2	5	2	10	+
donia maculata	donia maculata	10	15	5	10	2	+
donia fibrifera	donia fibrifera	2	5	2	5	+	10
donia pitynea	donia pitynea	15	20	2	10	5	2
donia gracilis	donia gracilis	1	10	10	5	2	+
donia furcata	donia furcata	1	10	10	5	2	+
donia crisata	donia crisata	1	10	10	5	2	+
donia glauca	donia glauca	+	+	+	+	+	+
donia conica	donia conica	+	+	+	+	+	+
hogenia physodes	hogenia physodes	2	1	5	1	+	+
melia sulata	melia sulata	+	+	+	+	+	+
tanora varia	tanora varia	2	2	1	+	1	2
antra ptyma	antra ptyma	1	1	5	4	2	2
adevernia furfuracea	adevernia furfuracea	1	1	1	1	1	1
cidea humosa	cidea humosa	1	1	1	1	1	1
trifol glauca	trifol glauca	1	1	1	1	1	1
tenzhi/biosa	tenzhi/biosa	1	1	1	1	1	1
tenzhi/Flechten	tenzhi/Flechten	1	3	3	1	1	2
os-Flechten-Juuent	os-Flechten-Juuent	1	1	1	1	2	3

2.4 LEPTODONTIUM-, CERATODON- UND SYNTRICHIA-STADIEN

Nach dem Dicranoweisia-Stadium beginnt sich die bislang einheitliche Sukzessionsfolge zu differenzieren. In der Folge können auf gleichaltrigen Dächern verschiedene Moosarten zur Dominanz gelangen: Ceratodon purpureus, Leptodontium flexifolium oder Syntrichia ruralis (Foto 2). Da zunächst nichts über die Beziehungen der Arten zueinander bekannt war, auch alle drei Stadien durch Übergänge miteinander verbunden waren, schien eine Gliederung nach der Dominanz einer Art in diesem Fall nicht berechtigt. Daher wurde das Aufnahmematerial in Tabellen zusammengefaßt, die in möglichst kleine Einheiten wie folgt zerlegt wurden:

Leptodontium allein	Tabelle 5 a
Leptodontium > Ceratodon	" b
Ceratodon > Leptodontium	" c
Ceratodon allein	" d
Ceratodon > Syntrichia	" e
Syntrichia > Ceratodon	" f
Syntrichia allein	" g

Dadurch gelangte man zu sehr kleinen, aber auch sehr homogenen Einheiten, die zur Klärung der näheren Verwandtschaft auf ihre Stetigkeit hin verglichen wurden (Tab. 5). Daraus geht folgendes hervor: Man kann drei verschiedene Gruppen von Arten unterscheiden, und zwar umfaßt die eine Gruppe Arten, die in der Tabelle 5, a-c auftauchen, eine weitere, die in der Tabelle 5, e-g vertreten ist, und eine dritte Gruppe, die zwischen beiden vermittelt:

Trennarten des Leptodontium-St. (vergl. Tab. 5, a-c)	indifferente Arten des Ceratodon-St. (5, d)	Trennarten des Syntrichia-Stadiums (5, e-g)
Dicranum scoparium	Dicranoweisia cirrh.	Bryum capillare
Pohlia nutans	Polytrichum piliferum	Brachythecium alb.
Polytrichum gracile	§ Cladonia	Bryum argenteum
Dicranella heteromalla	§ Parmelia s. lat.	Sedum acre
Ptilidium ciliare		
Campylopus flexuosus		
Lecidea humosa		
Galerina spec.		
Mycena spec.		
Lyophyllum spec.		
Sphaerobolus stellatus		
Poa annua		
" pratensis u.a. Gräser		
Taraxacum officinale		
(Die übrigen in Tab. 5 angeführten Arten sind zu gering vertreten, als daß man sie genauer zur Interpretation heranziehen sollte.)		

Beim Vergleich der Artengruppen fällt auf, daß die erste Gruppe (Tab. 5, a-c) aus oxyphilen oder subneutrophilen Arten besteht (hier finden sich Sauerhumusbesiedler wie Dicranum scoparium, Pohlia nutans, Dicranella heteromalla, Campylopus flexuosus, sämtliche Pilze), die letzte Gruppe (Tab. 5, e-g) hingegen aus basiphilen Arten besteht, eine Hypothese, die später durch pH-Messungen gestützt wird. Die Gruppe mit Ceratodon purpureus zeigt hingegen nur eine vermittelnde Stellung.

Tabelle 5: Stetigkeiten der Arten des Leptodontium-Ceratodon-Syntrichia-Komplexes

Aufnahmenzahl	a	b	c	d	e	f	g	:135
	30	9	15	60	5	6	1	
Leptodontium flexifolium	100	100	100					
Dicranum scoparium	30	11	20	8				
Hypnum cupressiforme	10		20	20	20		33	
Pohlia nutans	33	55	26	11				
Polytrichum piliferum	20	77	13	14	20			
Polytrichum gracile	8	11						
Dicranoweisia cirrata	33		13	30	20			
Dicranella heteromalla	3	11	6					
Ptilidium ciliare	3		6					
Brachythecium rutabulum	3					33		
Compolitus flexuosus	3							
Scleropodium purum	3							
Ceratodon purpureus		100	100	100	100	100		
Hypnum revolutum			6	2	20		*	
Polytrichum juniperinum			6					
Bryum capillare				4	40	33		
Brachythecium albicans				2			*	
Bryum argenteum				7	20			
Bryum capillare				1				
Rhizopodialephus squarrosus				1				
Syntrichia ruralis						100	100	*
Barbula unguiculata							33	
Erythrophyllum rubellum							16	
Cladonia sp. sterilis	50	44	33	33				
Cladonia chlorophlea	42	22	26	26	20	16		
Cladonia floerkeana	42	44		11		16		
Cladonia aciculata	6			1				
Cladonia fimbriata	10		33	36		16	*	
Cladonia ptychodon	10		6	8	20			
Cladonia gracilis	3		6	7				
Cladonia subulata	13	11	13	17	20			
Cladonia pyxidata	6							
Cladonia major				4		16		
Cladonia crispata				2				
Cladonia coniocraea				1				
Lecanora ptychodes	3	11		1				
Lecanora varia				1				
Lecidella humosa		11	6					
Hypogymnia physodes	3			4	20			
Parmelia sulcata	6			1				
Condylaria virens					20			
Galerina sp.	13							
Mycoena sp.	3		6	5				
Lyophyllum sp.			6					
Sphaerobolus stellatus		13	1					
Rumex acetosa	3							
Betula verrucosa	3							
Staphylos nigra	3							
Poa annua	6		6	1				
Poa pratensis	3		13					
Betula pubescens	3				20			
Taraxacum officinale	3			1				
Senecio vulgaris	3					33		
Spergula arvensis			6					
Holcus lanatus			6					
Agrostis alba			6					
Ceratistium triviale				1				
Sedum acre					20	16		
Stellaria media					20			
Urtica dioica					20			

Berücksichtigt man, daß *Leptodontium* bis auf eine Ausnahme nur auf Reth-substrat gefunden wurde, *Syntrichia* hingegen Strohdächer bevorzugt, daß beide Arten sich hinsichtlich ihrer Verbreitung nahezu völlig ausschließen und daß das Alter der Dächer bei beiden Stadien maximal 100 Jahre erreichen kann, was bedeutet, daß diese Stadien nahezu das Endglied der beobachtbaren Vegetationsentwicklung auf stroh- oder rethgedeckten Dächern darstellen, dann gelangt man zu der Auffassung, daß es sich hierbei um zwei gleichaltrige, aber vikarierende Gesellschaften handelt. *Ceratodon* erscheint als wenig anspruchsvolle ubiquitäre Art immer dann, wenn die Standortverhältnisse *Leptodontium* oder *Syntrichia* nicht zusagen.

Auch wenn eine dieser Arten in den Aufnahmen fehlt, läßt sich an dem Vorhandensein der aus dem Vergleich der Stetigkeitstabelle gewonnenen typischen Begleitarten auf die entsprechende Gesellschaft schließen. Aufnahmen des *Ceratodon*-Stadiums geben also verarmte Ausbildungen des *Syntrichia*- oder *Leptodontium*-Stadiums wieder, wie auch aus dem Vergleich der folgenden Daten ersichtlich ist:

Abb. 8

Tabelle Nr.	5a	5b	5c	5d	5e	5f	5g
Alter	25-100	30-50	30-40	20-30	15-40	16-100	100
Expositionen	N, W, O, S	N, W, O	N, W, O, S	N, W, O, S	S, W, O,	S, O, N	N
max. Bedeckung (%)	100	100	100	100	90	90	100
mittl. Artenzahl	4,7	5,4	5,8	4,3	5,8	4,6	4,0
Substrat	R	R	R(S)	R>S	R>S	R<S	S
	Leptodontium			<	Ceratodon	>	Syntrichia

Die Bewertung des *Ceratodon*-Stadiums als indifferentes Übergangsstadium erweist sich auch bei der Verteilung der bei den jeweiligen Stadien beteiligten Gesamtartenzahl als richtig. Während wir bei der Zusammenfassung der Gruppen in a und b, c-e, f und g in Tab. 5 eine ganz ungleiche Verteilung der Gesamtartenzahlen (43, 59, 16) bekommen würden, zeigt die Anordnung der Gruppen in a-c, d, e-g zu gemeinsamen Blöcken den sehr viel ausgeglicheneren Verlauf von stetig abfallenden Artenzahlen (44, 38, 28). Die Artenzahlen nehmen also vom hygrophilen Ende zum xerophilen Ende stetig ab. Dieses Verfahren zeigt, daß man aus dem Kurvenverlauf der Gesamtartenzahlen (Abb. 9) bei parallelen Sukzessionsentwicklungen auf die Natürlichkeit oder Unnatürlichkeit von Gliederungen schließen kann.

Die Gliederung des Komplexes in die durch *Ceratodon*, *Leptodontium* oder *Syntrichia* geprägten Aufnahmen zeigt also, daß die Tabellenarbeit nicht immer automatisch die in der Natur implizierte Ordnung wiedergibt.

Bei der Ablösung des *Dicranoweisia*-Stadiums können im Westen des Landes sowohl *Leptodontium* als auch *Ceratodon* den Vorgänger überwachsen. Welche von beiden Arten in Zukunft die dominierende Rolle spielt, entscheidet die Lage, was nicht immer geographisch, sondern auch kleinklimatisch zu verstehen ist. In relativ trockenen Gebieten wird *Ceratodon* die nächste dominierende Art sein, in luftfeuchten Bereichen *Leptodontium*. Am Rande des Verbreitungsgebietes von *Leptodontium* können beide Arten zusammen auftreten. In Aufn. 494 (Tab. 4) (Achterwehr Kr. Rendsburg) überwachsen beide Arten *Dicranoweisia* gleichzeitig. Auf der gegenüberliegenden Dachfläche (Nord-

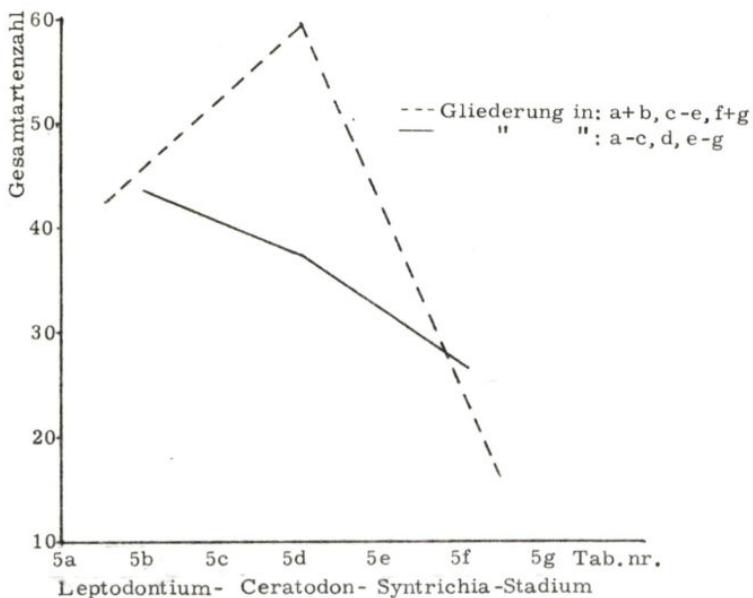


Abb. 9: Gesamtartenzahlkurven bei verschiedenen Gliederungen des Komplexes von Leptodontium-, Syntrichia- und Ceratodonstadien

exponiert) haben wir ähnliche Verhältnisse. Hier ist bald Leptodontium (Aufn. 491, Tab. 6), bald Dicranum scoparium (Aufn. 492, Tab. 9) die vorherrschende Art, ein Zeichen dafür, daß Leptodontium hier die Grenze seines Verbreitungsgebietes und damit auch die Grenze seiner Konkurrenzkraft erreicht. Hier erfolgt nicht die Wendung zu 90-100% Leptodontium, wie es etwa im Eiderdalen der Fall ist und auch nicht zu einartigen Dicranum-Beständen, mit denen im allgemeinen die ältesten Dächer in den größten Teilen Schleswig-Holsteins bedeckt sind. Genauso wie fließende Übergänge von einem Sukzessionsstadium zum anderen vorkommen, finden wir fließende Übergänge zwischen den geographisch und kleinklimatisch alternierenden Parallelstadien, wie es das Ceratodon- und Leptodontium-Stadium darstellen.

Wie Tab. 6 zeigt, ist die Gesamtbedeckung im Leptodontium-Stadium mit ca. 90% relativ hoch, was beweist, daß die in den ersten 20 Jahren der Rethdachbesiedlung rasch wechselnden initialen Algen-, Flechten- und Moosgesellschaften vorbei sind und dauerhaften Moosgesellschaften Platz gemacht haben.

Die Frage, wann die dominierende Art mit anderen Moosen auftritt und wann nicht, ist weitgehend expositionsbedingt. Auf den Südexpositionen hat Leptodontium gar keine Begleiter unter den Moosen, auf Ostseiten durchschnittlich 1, auf Westseiten 1,5 und auf Nordseiten 2,5 Arten. Im Gegensatz zum Syntrichia-Stadium ist das Vorkommen von Leptodontium nahezu auf Rethdächer beschränkt. Von hundert Leptodontium-Funden ist die Art nur einmal mit 1% auf Stroh gefunden worden.

Tabelle 6: Leptodontium-Stadium

Im Gegensatz zu dem Hygro- bis Mesophyten *Leptodontium* ist *Syntrichia ruralis* ein ausgesprochener Xerophyt mit Glashaaren an den Blattspitzen und in trockenem Zustand eingedrehten Blättern. Auch viele Begleiter des *Syntrichia*-Stadiums sind ebenfalls xerophytisch, wie *Brachythecium albicans* f. *julacea* mit kätzchenförmiger Beblätterung, *Bryum argenteum* mit silbrigen, wurmförmig angepreßten Blättern und *Sedum acre* mit sukkulenten Blättern. Trotzdem äußert sich dies nicht etwa in einer Verbreitungstendenz, etwa in gehäuften Vorkommen im Südosten des Landes. Vielmehr scheint primär das Vorhandensein von Strohdächern ausschlaggebend zu sein, bei Vorkommen auf Rethdächern hingegen alkalische Einwirkungen, die die Existenz dieses basischen Stadiums auf dem sonst langsam versauernden Substrat ermöglichen.

Aus Herbarbelegen im Botanischen Institut Kiel geht hervor, daß *Syntrichia* auch in Mecklenburg und Niedersachsen auf Reth- oder Strohdächern gefunden wurde. Leider geht nicht mit entsprechender Sicherheit hervor, ob es sich dabei um echte Strohdächer handelt, oder ob sich darunter auch als Strohdächer bezeichnete Rethdächer verbergen. Leider ist nämlich auf die korrekte Unterscheidung von Reth- und Strohdächern bei solchen Angaben kein Verlaß. So werden z.B. die *Leptodontium*-Funde aus der Eiderniederung von Strohdächern angegeben, obwohl dort nur Rethdächer vorhanden sind, sodaß man annehmen kann, daß "Strohdach" als Überbegriff benutzt wird. Ein solcher müßte aber korrekt wohl "Grasdach" lauten, der allerdings nicht gebräuchlich ist und daher hier auch nicht benutzt wird.

KÜHNER et al. (1968) bringen eine Vegetationsaufnahme von einem Schilfdach in Gustrow auf Rügen (Tab. 23 Aufn. 3: *Syntrichia ruralis* 4, *Ceratodon purpureus* 3, VB 100%), die sehr schön in die hier vorgelegten Aufnahmen (Tab. 7) paßt und vielleicht davon Ausdruck gibt, daß *Syntrichia*-Dächer nach Osten häufiger werden. Obwohl sich diese Tendenz in Schleswig-Holstein nicht abzeichnet, ist dies anzunehmen, da dieses Stadium am meisten an Trockenheit (und die nach Osten abnehmenden Niederschläge) angepaßt ist.

Wenngleich das Hauptvorkommen von *Syntrichia* auf strohgedeckten Dächern liegt, kommt *Syntrichia* dennoch gelegentlich auf rethgedeckten vor. Das ist einerseits auf den mit Kalkstaub imprägnierten Dächern der Umgebung des Zementwerks Lägerdorf der Fall, andererseits auch in der nordfriesischen Marsch (Nordstrand, Wobbenbüll), wofür eine nähere Erklärung aber fehlt.

Auch *Bryum capillare* hat eine Präferenz für leicht basische Substrate. Auf der Insel Langeland (Dänemark) wurden Reinbestände von *Bryum capillare* auf Rethdächern beobachtet, da dort sehr viel kalkhaltigeres Moränenmaterial vorliegt als in Schleswig-Holstein. (Der hohe Kalkgehalt zeigt sich in dem häufigen Vorkommen der kalksteten Moose *Pottia lanceolata* und *Encalypta vulgaris* an den die Felder umgebenden, übererdeten Wällen.) *Bryum capillare* scheint aber eine hygrophilere Variante des *Syntrichia*-Stadiums zu repräsentieren. Es steht nämlich auf den in Dänemark häufigen Dreiseithöfen auf den geschützten Dachseiten des Innenhofes, *Syntrichia* hingegen auf den exponierten Dachflächen der Außenseiten. Aufnahme 352 in der tabellarischen Zusammenstellung der Sonderfälle (Kap. 2.8) zeigt solch ein mutmaßliches Stadium auch bei uns.

Trotz der relativ wenigen Aufnahmen (Tab. 7) stellen diese einen gut abgegrenzten Typ dar, der floristisch und ökologisch gut von den übrigen Dachmoosgesellschaften getrennt ist.

Aufnahme Nr.	o76 161 292a373	o96 292 363a117	289 o98 118 121	x	Tabelle 7:
Exposition	S	0 NNW	0 SSW	NNW W SSO WSW W NNW SSW	Syntrichia-
Inklination	45	65	45	45 45 50	Stadium
Bedeckung	75	55	90	60 70 85 80 95 80	
Alter	25	7	2	18 15 7 18 100	
Artenzahl	2	2	6	6 4 8 8 7 4	
Substrat	Str	Str	R	R R Str Str R R Str Str Sand	
<i>Syntrichia ruralis</i>	70	40	40	3 15 60 3 80 20 30 40 40 40	BrChcaesp
<i>Ceratodon purpureus</i>	1	15	5	50 30 1 50 5 55 35	BrChcaesp
<i>Bryum capillare</i>			25	1 25 20	BrChcaesp
<i>Brachythecium rutabulum</i>				1	BrChrept
<i>Barbula unguiculata</i>				5	BrChcaesp
<i>Erythrophyllum rubellum</i>				5	BrChcaesp
<i>Hypnum cupressiforme</i>				2 r 3	BrChrept
<i>Bryum argenteum</i>				3	BrChcaesp
<i>Polytrichum piliferum</i>				2	BrChcaesp
<i>Dicranoweisia cirrata</i>				15	BrChpulv
<i>Hypnum lacunosum</i>				15 20	BrChrept
<i>Brachythecium albicans</i>				15	BrChcaesp
<i>Cladonia fimbriata</i>				5 5	LChcal
<i>Cladonia chlorophaeia</i>				3 5	LChcal
<i>Cladonia subulata</i>				2	LChcal
<i>Cladonia floerkeana</i>				+	LChcal
<i>Cladonia major</i>				2	LChcal
<i>Cladonia ptyreia</i>				2	LChcal
<i>Candelariella xanthostigma</i>				+	LHfol
<i>Hypogymnia physodes</i>				+	LHfol
<i>Betula pubescens</i>				5	M
<i>Sedum acre</i>				+	Ch
<i>Senecio vulgaris</i>				+	Th
<i>Stellaria media</i>				v	Th
<i>Urtica dioica</i>				v	6
Algen insgesamt				10	
<i>Chlorhormidium flaccidum</i>				(1)	PhycHtrich
<i>Chlorhormidium mucosum</i>				(4)	PhycHtrich
<i>Desmococcus vulgaris</i>				(1)	PhycHcocc
Artenzahl/Phanerogamen	0	0	0	0 1 2 2 1 1 0 0 0	Org.-Index
Artenzahl/Moose	2	2	6	6 3 6 3 3 2 3 3 2	131a
Artenzahl/Flechten	0	0	0	0 0 3 3 1 1 1 1	

Eine nahezu identische Gesellschaft findet sich im Bereich der Grauen Düne an der Nord- und Ostseeküste, (an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste wegen der Kalkarmut der nordfriesischen Dünenküsten meist fehlend und zur Hauptsache an den ostfriesischen und jütischen Küsten ausgebildet). Die am meisten kennzeichnenden Arten (*Syntrichia ruralis*, *Brachythecium albicans*, *Hypnum lacunosum*, *Ceratodon*, *Sedum acre*) sind auch hier vertreten. Manche der angeführten Dachmoosaufnahmen könnten ohne weiteres auch auf Sandböden der Grauen Düne gemacht worden sein (so Aufn. 118, 76, 121, 161 in Tab. 7). Sogar die wenigen Phanerogamenarten, die hier auftreten, wie *Senecio vulgaris* und *Sedum acre*, stehen ebenfalls im Dünenbereich. Zum Vergleich ist eine Aufnahme aus dem Ostseeküstenbereich angeführt, in der nur die Moosschicht notiert ist, die aus *Tortulo-Phleetum* ähnlichen Bereichen stammt (+).

Zum Schluß seien noch die nicht ins *Leptodontium*- oder *Syntrichia*-Stadium einzuordnenden indifferenten Aufnahmen des *Ceratodon*-Stadiums angeführt (Tab. 8). Bei ihnen kann man zum Zeitpunkt der Aufnahmen lediglich Vermutungen aus dem Vorhandensein von Trennarten über die Beziehungen zu einem der beiden anderen Stadien äußern, jedoch kann sich solch ein Dach bei Änderung, d.h. Polarisierung der Standortbedingungen zu trockenen oder feuchten Verhältnissen dem einen oder anderen Stadium nähern.

Zur Gliederung dieser Tabelle sei bemerkt, daß sich grundsätzlich mehrere verschiedene Gliederungsgesichtspunkte anbieten:

1. die formale Gliederung nach artenärmer und artenreicher Ausprägung
2. die Gliederung nach der Affinität zum vorausgegangenen bzw. folgenden Stadium
3. die Gliederung nach ökologischen Varianten, mit oder ohne Algen bzw. Flechten (feuchtschattige oder lichte, trockene Ausbildungen)
4. die Gliederung nach der Verwandtschaft zu gleichaltrigen Stadien, hier etwa mit oder ohne *Leptodontium* oder *Syntrichia*
5. die Gliederung nach der Höhe der Deckungsprozente in optimale oder schwache Ausbildungen
6. die Gliederung nach Expositionen
7. die Gliederung nach Inklinationen (Flach-, Steildächer)
8. die Gliederung nach dem Substrat (Reth oder Stroh).

Da es nicht möglich ist, mehrere Gesichtspunkte in einer Tabelle gleichberechtigt miteinander zu vereinen, da immer ein Gesichtspunkt dem anderen untergeordnet werden muß, ist hier von Fall zu Fall die günstigste Möglichkeit gewählt worden. Leider mußten dabei meistens die Aufnahmen sämtlicher Expositionen in einer Tabelle miteinander vereinigt werden, wodurch expositionsbedingte Unterschiede nicht mehr sichtbar werden und ein generalisiertes Bild einer Gesellschaft entsteht. Dabei werden z.B. die extrem hohen Artenzahlen der Nordexpositionen und die extrem niedrigen auf Südexpositionen gemittelt und man erhält im Endeffekt nur noch statistisch verwertbare Angaben, die in Wirklichkeit aber nicht zutreffen. Durchschnittswerte sind eben nur bei einigermaßen gleichartigen Werten sinnvoll, je weiter die Extreme auseinanderliegen, um so mehr ist der Durchschnittswert von der Realität entfernt.

Im Gegensatz zu früheren Tabellen ist hier jedoch eine Abtrennung der Aufnahmen mit Algen nicht mehr nur aus formalen Gründen vorgenommen worden, da hier nicht mehr für die Gesellschaft bedeutungslose Luftalgenanflüge auftreten, sondern fäidige Algen, die im Gegensatz zu den kaum sichtbar werden-

den Luftplanktern deutlich erkennbare Überzüge bilden.

Das Vorhandensein dieser Algen wird erst von einem bestimmten Schwellenwert an, (der etwa bei 5% Bedeckung liegt), erfaßt. Wie Stichproben ergaben, sind diese Algen in vielen Probeflächen mit geringen Anteilen ebenfalls vertreten, fallen dann aber makroskopisch nicht ins Auge.

Algen treten nur an beschatteten Stellen auf und meiden direkte Sonneneinstrahlung. Stets sind sie nur im Schatten von Bäumen oder anderen Gebäuden zu finden. Je größer die Schattwirkung wird, um so mehr nehmen die Algen zu. Daß sich die Algenbesiedlung nicht nur nach den Lichtverhältnissen mit den Moosen reguliert, zeigt die Tatsache, daß in Degenerationsstadien (Kap. 2, 6), wo die Moosdecke der Abspülung durch Regen o. ä. zum Opfer gefallen ist, sich Algenlager auch an besonnten Stellen finden. Hier sind eben die Konkurrenzverhältnisse einseitig zugunsten der Algen verschoben worden.

Neben der Ausschaltung zu starken Lichteinfalls und der damit verbundenen Ausschaltung der photophileren Moose haben beschattete Stellen auch den Vorteil höherer Luft- und Substratfeuchte, sodaß insgesamt Lichteinfall, Konkurrenz der Moose und Feuchtigkeitsverhältnisse über die Existenz von Algen auf Rethdächern entscheiden. In den Tabellen kann man daher von dem Vorhandensein von Algen auf Schattlagen schließen, weshalb die Algen enthaltenen Aufnahmen gesondert zusammengefaßt wurden.

2.5 DICRANUM- UND HYPNUM-STADIEN

Die Trennung der Sukzessionsfolge in einen hygrophilen und einen xerophilen Ast, durch ein indifferentes Stadium verbunden, bestimmt auch die weitere Vegetationsentwicklung. Dieses indifferenten Ceratodon-Stadium bildet nämlich nirgends ein Endstadium, sondern entwickelt sich seinerseits wieder zu einem hygro- und acidiphilen Stadium mit vorherrschend *Dicranum scoparium* und in ein xero- und basiphiles Stadium mit vorherrschend *Hypnum cupressiforme* weiter, wie aus entsprechenden Übergängen und dem höheren Alter der *Dicranum*- und *Hypnum*-Dächer zu schließen ist.

Das *Dicranum*-Stadium (Tab. 9) ist (mit einer Ausnahme) nur auf Nordexpositionen gefunden worden. Die Art liegt auf Dächern in den orthophylen Varietäten var. *orthophyllum* und var. *tectorum* vor, die sich aber nur mikroskopisch durch die Zähnelung der Blattspitze unterscheiden und abgesehen von Stichproben nicht unterschieden wurden. Wichtiger ist, daß es sich generell um geradblättrige Varietäten handelt, die niemals in gesichelte Formen übergehen, also genotypisch festgelegt zu sein scheinen, und die nach eigenen Beobachtungen trockenere Standorte als der gesichelte Typ von *Dicranum scoparium* besiedeln.

Dicranum bildet mit einer durchschnittlichen Bedeckung von 95% sehr dichte, in alten Stadien sogar fast reinartige Bestände (Foto 8, 12). Das röhrt daher, daß *Ceratodon purpureus* immer mehr zurückgeht und schließlich völlig verschwindet, da sich kleinere Arten in den relativ hohen *Dicranum*-Polstern nicht halten können. Neben *Polytrichum gracile* stellt *Dicranum* das größte auf Rethdächern zu findende Moos dar. Lediglich *Phanerogamen* können in den fast stets gut durchfeuchteten Polstern hochkommen.

Die Höhe der *Dicranum*-Polster, die schließlich 8-10 cm erreichen kann, wird schließlich zum Verhängnis. Sie bieten Sturzregen und Schneerutschungen große Ansatzflächen zum Abtrag, sodaß an solchen Stellen die Besiedlung mit

Tabelle 8: Ceratodon-Stadium

Tabelle 9: Dicranum-Stadium

Aufnahme-Nr.	158	175	185	219	333	500	612	172	233	432	166	223	365	667	144	165	415	426	421	628	633	154	613	617	618	643	644	661	169	116	168	171a	191	262	222	364	339	2111	015	294	467													
Exposition	MNO	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N												
Inklination	45	45	50	45	50	30	45	45	50	45	45	50	50	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45							
Bedeckung	56	80	95	85	90	100	100	100	100	100	100	100	100	70	65	50	95	90	95	90	95	90	80	75	80	85	85	80	85	75	1	90	95	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70									
Altar	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						
Artenzahl	2	2	1	5	3	5	5	6	3	9	13	5	2	3	2	4	6	2	3	5	6	5	8	12	6	2	4	5	3	4	10	4	6	7	3	13	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6						
mittl. Artenzahl			2,6			5,5																																																
Dicranum scoparium	Bo	Bo	96	45	85	50	100	65	100	50	60	65	65	50	95	90	100	90	60	75	95	90	45	85	50	30	50	65	55	40	35	75	75	50	70	90	70	55																
Carolidon purpureus	15	2	3	20																																																		
Hypnum cupressiforme			5	15 ^a	3	10																																																
Dicranella cirrhosa																																																						
Polytrichum piliferum	40	5																																																				
Pohlia nutans																																																						
Lestotium flaxifolium	2																																																					
Phllymum ciliare																																																						
Polytrichum formosum																																																						
Cladonia chlorophcea																																																						
Cladonia fimbriata																																																						
Cladonia floerkeana																																																						
Cladonia sp. stellaris																																																						
Cladonia subulata																																																						
Cladonia gracilis																																																						
Cladonia aciculata																																																						
Cladonia crispatula																																																						
Cladonia pilosa																																																						
Cladonia pyxidata																																																						
Hypogymnia physodes																																																						
Cardotella xanthostigma	2		1	1																																																		
Salvinia sp.																																																						
Alnen integrifolia																																																						
Chiiorhynchium flaccidum																																																						
Chiaydonia sp.																																																						
Phenidium foetidum																																																						
Descolea vulgaris																																																						
Phlebia annulata																																																						
Poa pratensis	20	2																																																				
Dactylis glomerata	1	1																																																				
Sorbus aucuparia																																																						
Senecio vulgaris																																																						
Oenopodium album																																																						
Betula pubescens																																																						
Epilobium angustifolium																																																						
Sonchus arvensis																																																						
Sonchus asper																																																						
Taraxacum officinale																																																						
Artenzahl/Masse	2	2	1																																																			

einer Regenerationsphase praktisch wieder von vorne beginnt.

Wenn *Hypnum cupressiforme* gelegentlich mit *Dicranum scoparium* zusammen wächst, dann bildet es nie Moosdecken wie auf *Hypnum*-Dächern, wie es der natürlichen Wuchsform dieser Art entspricht, sondern kriecht immer nur in einzelnen Pflanzen auf den *Dicranum*-Polstern. Auch die beteiligten Flechten siedeln auf ihnen.

Die erfaßten Algen sind teils Bewohner der Rhizoid- und Blattsphäre in den Moospolstern (z. B. *Chlamydomonas*), teils Besiedler besonderer Kleinststandorte wie Tropfstellen am Rande der (wegen der Dachschräge) etwas überhängenden Polster. Die Phanerogamen werden durch die auf den Nordseiten fast stets feuchten Moospolster, die ein gutes Keimsubstrat abgeben, sehr begünstigt, sodaß die einjährigen Arten sogar einen vollen Vegetationszyklus bis zur Fruchtreife hier durchmachen, während ausdauernde Arten wegen des hohen Wasserbedarfs und des geringmächtigen Substrates nur wenige Jahre überdauern können.

Auch *Hypnum cupressiforme* ist überwiegend auf Nordseiten zu finden, (nur bei dieser Exposition führt die Sukzession also über das *Ceratodon*-Stadium hinaus), ebenfalls auf Dächern von 20-80 Jahren, es zeigt jedoch ein ganz anderes ökologisches Verhalten. Während *Dicranum* flach geneigte Dächer mit hoher Ansammlung von Feinmaterial bevorzugt (Inklination im Durchschnitt 46°), geht *Hypnum* bevorzugt auf Steildächer (Inklination im Durchschnitt 51°) sowie auf Regenabflußrinnen unter Schornsteinen und Erkern, da die stark angehefteten Decken dem Abtrag durch Regenfälle sehr viel besser entgehen als die hohen *Dicranum*-Polster.

Wie auch beim *Dicranum*-Stadium ist die mAZ auffällig niedrig. Unter Ausschluß der Algen sind kaum mehr als durchschnittlich vier Arten vertreten, das aber nur dafür spricht, daß es sich hierbei um gut umrissene Einheiten handelt und nicht um Gemische, die eine weitaus höhere Artenzahl aufweisen würden.

Ferner geht aus dem Vergleich der Stetigkeitstabelle (Tab. 10) hervor, daß das *Dicranum*-Stadium mehr acidophile, das *Hypnum*-Stadium mehr basiphile Begleitarten aufweist, wie die folgende Zusammenstellung zeigt:

differenzierende Arten:

<i>Hypnum</i> -Stadium	<i>Dicranum</i> -Stadium
<i>Bryum capillare</i>	<i>Polytrichum formosum</i>
<i>Brachythecium albicans</i>	<i>Ptilidium ciliare</i>
<i>Sempervivum tectorum</i>	<i>Galerina spec.</i>
<i>Sedum acre</i>	<i>Mycena spec.</i>

mehr zum *Dicranum*-Stadium tendierende Arten:

<i>Leptodontium flexifolium</i>
<i>Polytrichum piliferum</i>

+ gemeinsame Arten:

<i>Ceratodon purpureus</i>
<i>Dicranoweisia cirrhata</i>
<i>Pohlia nutans</i>
§ <i>Cladonia</i>

Es sind im wesentlichen die gleichen Arten, die auch das *Leptodontium*- vom

Tabelle 10:
Stetigkeitstabellen des
Dicranum- und Hypnum-
Stadiums

Aufnahmenzahl	Hypnum- Stadium 26	Dicranum- Stadium 42
<i>Hypnum cypresiforme</i>	100	26
<i>Ceratodon purpureus</i>	42	28
<i>Dicranomelis cinnata</i>	19	28
<i>Bryum capillare</i>	23	
<i>Brachythecium albicans</i>	3	
<i>Dicranum scoparium</i>	15	100
<i>Pohlia nutans</i>	11	14
<i>Polytrichum piliferum</i>	7	21
<i>Leptodontium flexifolium</i>	3	16
<i>Polytrichum formosum</i>		2
<i>Ptilidium ciliare</i>		4
<i>Cladonia chlorophaeae</i>	19	28
<i>Cladonia fimbriata</i>	15	21
<i>Cladonia floerkeana</i>		11
<i>Cladonia pleurota</i>		2
<i>Cladonia subulata</i>		16
<i>Cladonia crispata</i>		2
<i>Cladonia gracilis</i>		7
<i>Cladonia ptyreia</i>	3	2
<i>Cladonia macilenta</i>	11	7
<i>Cladonia sp. steril</i>	27	23
<i>Hypogymnia physodes</i>	11	16
<i>Parmelia sulcata</i>	3	
<i>Candelariella xanthostigma</i>		4
<i>Galerina sp.</i>		11
<i>Mycena sp.</i>		2
<i>Poa annua</i>	3	4
<i>Poa pratensis</i>	3	7
<i>Senecio vulgaris</i>	3	7
<i>Dactylis glomerata</i>		2
<i>Sorbus aucuparia</i>		4
<i>Chenopodium album</i>		2
<i>Betula pubescens</i>		2
<i>Epilobium angustifolium</i>		2
<i>Sonchus arvensis</i>		2
<i>Sonchus asper</i>		2
<i>Taraxacum officinale</i>		2
<i>Triticum aestivum</i>	7	
<i>Polygonum lapathifolium</i>	3	
<i>Sempervivum tectorum</i>	3	
<i>Sedum acre</i>	3	
<i>Sambucus nigra</i>	7	

Syntrichia-Stadium trennen, eine für die systematische Bewertung dieser Stadien wichtige Tatsache.

Obwohl Phanerogamen nicht sehr häufig vertreten sind, polarisieren sich auch diese in Sauerhumuszeiger wie *Betula pubescens*, *Epilobium angustifolium* und *Sorbus aucuparia* im Dicranum-Stadium sowie anspruchsvollere Arten wie *Sempervivum*, *Sedum acre*, *Polygonum lapathifolium* im Hypnum-Stadium.

Zwar schließen sich Hypnum und Dicranum in ihrem Vorkommen nicht völlig aus, wie das bei Leptodontium und Syntrichia der Fall ist, doch stellen beide Stadien auch nicht solche Extreme dar, da hier ja die Aufnahmen hingehören, die aus dem indifferenten Ceratodon-Stadium durch eine weitere, nicht so einschneidende Differenzierung hervorgegangen sind. Die folgende Zusammenstellung ermöglicht einen Vergleich zwischen Dicranum- und Hypnum-Stadien:

	Dicranum-Std.	Hypnum-Std.
Alter:	20-80	18-80
mAZ:	4, 3	4, 2
Exposition:	N	N
Inklination:	46	51
Standorts- ansprüche:	skiophil acidiphil	photophil subneutrophil
Org. index:	0310	1211-0210

Die Unterteilungen in der Tabelle 11 erfolgten mehr aus formalen Gründen als zum Ausdruck verschiedener ökologischer Bedingungen. Ob Hypnum mit oder ohne andere Moosarten, mit oder ohne begleitende Flechten oder Phanerogamen vorkommt, kann schwerlich interpretiert werden und stellt in vielen Fällen wohl ein Zufallsprodukt dar, wie einige Aufnahmenpaare zeigen, die von der gleichen Dachfläche stammen (z. B. Aufn. 89/90 und 91/92), aber sich in der Tabelle auf zwei verschiedene Gruppen verteilen, ohne daß dafür ein Grund ersichtlich wäre. Anders ist es mit dem Vorkommen von Algen, das auf Be- schattung oder ammoniakhaltige Luft zurückgeht (vgl. Kap. 2.7).

Es ist nicht klar geworden, wo die Hypnum lacunosum-Aufnahmen einzuordnen sind. Beide Hypnum-Arten schließen sich im Vorkommen innerhalb einer Probefläche aus. Da sich die wenigen Aufnahmen mit Hypnum lacunosum (z. B. Foto 15) jedoch gut in die Tabelle mit Hypnum cupressiforme einfügen, sind sie dort mit aufgenommen worden.

Das bei diesen Arbeiten erfaßte älteste Stadium überhaupt stellt Aufnahme 470 dar:

Aufnahme 470:

Süderheistedt Kr. Dithmarschen, NW-exponiertes, sehr altes Rethdach, größtenteils mit Leptodontium, Pohlia, Betula und Pilzen bewachsen. Auf einer 3x3 m großen Fläche über einer Toreinfahrt bei 40° Neigung und 100% Bededung:

<u>Phanerog.</u> :	Calamagrostis can.	35	<u>Flechten:</u>	Cladonia spec. steril	10
	Eriophorum ang.	20	<u>Pilze:</u>	Galerina spec.	2
	Betula pubescens	15	<u>Algen:</u>	Stichococcus bacill.	
	Poa pratensis	5		Chlorococcum vulg.	
	Senecio vulgaris	5		Chlorella vulg.	
	Sorbus aucuparia	2		Chlorhormidium fl.	2
<u>Moose:</u>	Leptodontium flex.	20		Chlamydomonas spec.	
	Pohlia nutans	5		Navicula mutica	
	Campylopus flex.	5	<u>Str. S.:</u> 15% <u>KS:</u> 60% <u>MS:</u> 40%		

Hier ist praktisch die Endphase der bei uns möglichen beobachtbaren Vegetationsentwicklung erreicht, bei der die Moose zugunsten der Phanerogamen zurückgehen. Das seltene Vorkommen solcher Aufnahmen liegt daran, daß entsprechende Dächer vorzeitig abgerissen werden und aus diesem Grunde eine mögliche Weiterentwicklung der Vegetation auf dem Dach unterbleibt. Die in Aufn. 470 erfaßten Verhältnisse erinnern an die von MIYAWAKI (1956) beschriebenen Strohdächer in Yokohama, die bei flacheren Neigungen, schneller zersetzbarem Substrat und 2100 mm Jahresniederschlägen bis zu mit Ahornen bewachsenen regelrechten Wiesen führen, ein Bild, dem nicht einmal die mit Soden gedeckten Blockhäuser im alpinen Bereich Mitteleuropas nahekommen.

Beachtenswert ist, daß sämtliche Phanerogamen in einer knapp 10 cm dicken, z.T. verrotteten *Phragmites*-Schicht ihr Auskommen finden. Es handelt sich dabei nicht umsonst um Flachwurzler (*Betula*, *Eriophorum*), die hier auftreten, sowie Torfbesiedler, denn abgesehen von dem schlecht zersetzen Reth stocken die höheren Pflanzen hier auf den humifizierten Lagen alter Moospolster, die bei der hier vorliegenden geringeren Neigung von 40° dem Abtrag nicht so stark ausgesetzt waren.

Somit käme also anschließend an das *Dicranum*-Stadium ein weiteres mit acidiphilen Phanerogamen, das wegen Mangel an alten Dächern jedoch kaum realisiert ist.

2.6 DEGENERATIONS- UND REGENERATIONSPHASEN

Häufig konnten Dächer beobachtet werden, auf denen die Bedeckung mit Moosen gering war, offene Flächen von Algen besiedelt waren, die Vitalität der Moose sichtlich herabgesetzt war und Cladonien meist keine Podetien mehr ausbildeten. Um einen Einblick in diese, auf den ersten Blick abstoßenden Verhältnisse, zu bekommen, wurden auch hier Vegetationsaufnahmen erstellt, obwohl die Probeflächen hinsichtlich Homogenität und Vitalität eigentlich nicht den Anforderungen entsprachen. Daß diese Aufnahmen hier gesondert angeführt und nicht in die zu Vegetationseinheiten zusammengestellten Tabellen eingegliedert wurden, entschuldigt dies Verfahren. Die Anforderungen zur Wahl der Probefläche dienen ja nur dazu, eine möglichst gute Typisierung in der Tabellenarbeit zu erreichen. Jedoch ist es genauso wichtig, nicht nur über die Wahl der Aufnahmeflächen gesteuerte Typen zu erlangen, sondern vielmehr durch möglichst viele wahllos gelegte Aufnahmen einen vollständigen Überblick über sämtliche Ausprägungen der Vegetation zu bekommen. Daher kann man sagen, daß, je weniger Vegetationsaufnahmen man macht, um so mehr das Charakteristische der Vegetation durch eine typische Wahl der Probefläche bestimmt werden muß, je mehr Vegetationsaufnahmen man aber macht, um so exakter und gründlicher also die Ergebnisse werden sollen, um so mehr man darauf zu achten hat, das ganze Kontinuum verschiedener Ausprägungen der Vegetation zu bekommen. Ist die Zahl der Aufnahmen hinreichend groß, bekommt man den Vegetationstyp durch eine Häufung von Aufnahmen gleicher oder ähnlicher Art automatisch. Durch die Aufnahmen von an sich nicht ausreichenden Probeflächen wurde in diesem Zusammenhang jedoch ein wichtiger Einblick in den Auf- und Abbau von Dachmoosgesellschaften gewonnen.

Es handelt sich zumeist um Dächer, auf denen die Moosdecke schollig abblättert, sodaß man in den Probeflächen nur noch isolierte Moosdeckenreste vorliegen hat, deren Ränder sich bei Trockenheit krustig aufbiegen (Foto 17).

Tabelle 11: Hypnum-Stadium

Aufnahme Nr.	629 106 163 671	660 610 694 105 288 302 354	664 136 355 356 135	691 103 357 392 480 130	129 391 609 602
Exposition	NO N NNO NNO	NNW NNO NWV NO NWV NNO N	NO N N N N	NNW N N N N N N	N N NWV NO
Inklination	45 70 65 30	45 60 45 45 70 65 50	45 55 45 45 45	45 50 45 50 50 60	45 45 45 60
Bedeckung	70 40 80 100	95 80 80 70 100 75 70	90 70 90 95 100	70 50 90 75 90 90	95 75 95 60
Alter	35 40 7 80	2 7 7 7 7 7 7	2 2 2 7 7 7	30 18 30 30 7 7	50 2 7 7 7
Artenzahl	3 2 2 3	4 5 7 3 4 3	5 5 8 9 5	3 8 6 4 3 4	2 4 4 2
mittl. Artenzahl	2,5	4,3	6,3	4,8	3
<i>Hypnum cupressiforme</i>	60 35 70 60 70 70 30 45 80 75 85 85 55 70 80 100	50 45 60 70 80	1	5	BrChrept
<i>Hypnum lacunosum</i>	1		80	95 60 90 60	BrChrept
<i>Ceratodon purpureus</i>	5 40 1	25 20	5 1 1	1 +	BrChaeap
<i>Dicranoweisia cirrata</i>	5 1 3	3	1	1 10 2	BrChpulv
<i>Bryum capillare</i>	1 1 10 15	5 3	5	3	BrChaeap
<i>Dicranum scoparium</i>	10 1 25 5				BrChaeap
<i>Pohlia nutans</i>	1 2 2	+			BrChaeap
<i>Polytrichum piliforum</i>	10 1				BrChaeap
<i>Leptodontium flexifolium</i>		+			BrChaeap
<i>Brachythecium albicans</i>		5			BrChrept
<i>Cladonia sp. steril</i>	1 5 + r 5		2 +		LChal
<i>Cladonia chlorophylla</i>	+ 1 2 5	+			LChal
<i>Cladonia fimbriata</i>	10 2	+		1	LChal
<i>Cladonia macilenta</i>	2	+			LChal
<i>Cladonia ptyreia</i>		10			LChal
<i>Hypogymnia physodes</i>		+	1 +		LHfol
<i>Parmelia sulcata</i>		+			LHfol
Algen insgesamt	1		20 10 30 5 10 10		
<i>Chlorosarcidium mucosum</i>		(5) (4) (3)			Phycitrich
<i>Chlorosarcidium flaccidum</i>		(1) (2) (3) (3) (1)			Phyditrich
<i>Chlamydomonas sp.</i>		(1) (1) (4)			Phycooc
<i>Prasiola crispa st. hors.</i>		(3) (4)			Phyditrich
<i>Desmococcus vulgaris</i>		(1) (2)			Phycooc
<i>Chlorococcus vulgare</i>		(1)			Phycooc
<i>Symploca rufisiana</i>		(1)			Phyditrich
<i>Poa annua</i>	1		v		Th
<i>Poa oratensis</i>	1	1			6
<i>Triticum aestivum</i>	1	+	v		Th
<i>Senecio vulgaris</i>	1	2			Th
<i>Polygonum lapathifolium</i>	1	3			Th
<i>Sempervivum tectorum</i>	1	5			Ch
<i>Sedum acre</i>	1	20			Ch
<i>Taraxacum officinale</i>	1		+		H
<i>Sambucus nigra</i>	1		20 + 0		M
Artenzahl/Mbose	3 2 2 3	2 4 5 2 2 2 2	3 2 3 2 1	2 3 1 3 1 1	Org.-Index
Artenzahl/Flechten	0 0 0 0	2 1 2 1 2 1 2	1 2 2 5 2	0 1 1 0 0 0	o210

Die Moose zeigen stark herabgesetzte Vitalität oder sind schon letal, was bei ihnen nicht auf den ersten Blick kenntlich ist. Dazwischen steht offenes Reth an. Häufig sind sowohl Moosreste als auch die Dachoberfläche veralgt. Besonders Chlorhormidien bilden dort in feuchtem Zustand schleimig-fädige Überzüge, die beim Abnehmen Ziehfäden wie bei Watte bilden, bei trockenem Wetter jedoch papierartige, gelbgrüne, beim Anfassen knisternd brechende Häute bilden. Die Genese solcher Stadien konnte nicht mit letzter Sicherheit ermittelt werden. Es ist anzunehmen, daß ein Teil der Moosdecke bei starken Regengüssen, Schneerutschungen oder von nach Ungeziefer suchenden Vögeln herabgerissen wird, sodaß ein lockeres Mosaik von Moospolstern und offenen Stellen entsteht. Es kommt hinzu, daß die Polster von einer bestimmten Größe an von alleine herunterfallen, da sich der Polsterwuchs radial nach allen Seiten vollzieht und sich dabei einige Polster über die allgemeine Oberfläche emporheben und dann leicht bei Schneerutschungen herausgerissen werden. Die verbleibenden Moosreste trocknen bei Besonnung von den Seiten her stark aus und krümmen sich an den Seiten hoch, wodurch sie sich allmählich von der Unterlage lösen, zumal dann auch das darunterliegende Reth austrocknet. Mit einer Handbewegung sind dann solche Reste, die auf Grund der starken Austrocknung zum Absterben verurteilt sind, vom Dach zu entfernen. Bei den nächsten Regengüssen werden sie dann ganz vom Dach geschwemmt. Der freigewordene Platz wird bei feuchtem Wetter sehr schnell von Algen besiedelt. Diese Algen waren schon in den Moospolstern und besonders an deren Rande an Stellen, wo das abfließende Regenwasser herableckt, vorhanden gewesen, brauchen also nicht erst dorthin verfrachtet zu werden. Da diese Algen eine kürzere Entwicklungszeit benötigen als Moose, die sich erst aus verbliebenen Sproßresten und Wurzelfilzstücken über ein neues Protonema regenerieren müssen, bedecken die Algen bald größere Flächen.

Interessant ist, daß dieses Stadium nur bei epigäischen Dachmoosen auftritt, da diese nur eine lockere Bindung zum Dach über eine dazwischenliegende Schicht erdigen Materials besitzen. Solange diese Schicht durchfeuchtet ist, solange also die Moosdecke geschlossen ist, haben wir eine relativ gute Hafung der Moospolster. Bei Epiphyten wie *Dicranoweisia cirrhata* ist dies nicht der Fall, da diese Art direkt auf den Rethhalmen haftet, mit zahlreichen Rhizoiden an die Halme geschlungen. Die Polster sind gerundet und voneinander isoliert, sodaß nach Entfernung eines Polsters nicht der Feuchtigkeitshaushalt der gesamten Moosdecke beeinflußt wird.

Für ein solches, als Degenerationsphase bezeichnetes Stadium, ist eine geringe Bedeckung mit Moosen charakteristisch, die durchschnittlich 2-10%, selten bis 25% beträgt. Unter den Moosen ist das gehäufte Vorkommen von *Polytrichum piliferum* oder *P. gracile* kennzeichnend, da diese beiden Arten gerne abgestorbene Moospolster besiedeln. Dank tiefreichender Rhizoide weisen diese beiden Arten auch eine bessere Verankerung als Schutz gegen Ab-spülung auf, sodaß man in typischen Fällen nur noch einige *Polytrichum*-Hochrasen inmitten von Algenüberzügen von Chlorhormidien findet. Besonders *Polytrichum gracile*, das normalerweise Torfböden besiedelt, und das gerade hier auf vertorften Moospolstern ein ausgezeichnetes Substrat findet, kann im Anschluß an solche Degenerationsphasen große Flächen überziehen, in einzelnen Fällen (Aufn. 398 und 472, Tab. 19) ganze Dachseiten überziehen, sodaß keine anderen Moosarten mehr in die Bestände dieser größten auf Dächern vorkommenden Moosart eindringen können.

Die Cladonien sind häufig steril. In vielen Fällen wurde notiert, daß es sich

um relativ großblättrige Primärthalli handelte. Vielleicht wird die ausbleibende Podetienbildung durch Bildung großer steriler Lagerschuppen kompensiert, da solche bei fertilen Cladonien nie beobachtet wurden.

Der Anteil an Degenerationsphasen ist höher, als es die kleine Auswahl von Aufnahmen in Tab. 12 vermuten lässt. Bekanntlich ist man an solchen Stellen weniger geneigt, Aufnahmen zu machen. Es würden in diesen Zusammenhang auch noch Aufnahmen gehören, die eine Degenerationsphase ankündigen, in dem die Moosdecke bereits schollig aufreißt und abblättert, wo sich rein tabellarisch jedoch noch keine Anzeichen für gestörte Verhältnisse anbieten, da die Artenzusammensetzung und Bedeckung noch dem ursprünglichen Vegetationstyp gleichen.

Je nachdem wie vollständig das Dach von Moosen befreit ist und ob auf dem gleichen Dach noch genügend Reste verblieben sind, die eine Wiederbesiedlung einleiten können, dauert die Regeneration der Dachvegetation unterschiedlich lange. Es liegt auf der Hand, daß kleine Lücken schneller bewachsen werden, völlig von Moosen befreite Dächer hingegen relativ lange zur Wiederbesiedlung brauchen.

Die Algenperiode innerhalb solcher Degenerationsphase wird durch eine längere Trockenperiode beendet, die in Schleswig-Holstein oft in den Frühsommer fällt. Da sich in den untersuchten Algenproben immer größere Mengen Moosprotionemen fanden, ist es wahrscheinlich, daß die Moose bereits in den feuchten Algenlagern auskeimen und dann die durch eine längere Trockenperiode geschädigten Algen überwachsen.

Je nach dem Ausmaß der Schädigung werden die offenen Flächen durch verbliebene Moosreste, Bruchäste oder Rhizoidprotionemen besiedelt, oder es treten durch Anflug von Verbreitungsmitteln Arten vorausgegangener Sukzessionsstadien auf. So bekommt man ein anfänglich verworrenes Gemisch von Arten, die bei ungestörter Vegetationsentwicklung nicht nebeneinander, sondern nacheinander auftreten, beispielsweise *Dicranum scoparium* zusammen mit *Dicranoweisia cirrhata*. Besonders auffällig ist es immer dann, wenn epigäische Arten zusammen mit epiphytischen Arten auftreten, wie aus Tab. 12 ersichtlich wird. Insgesamt ergibt sich also ein sehr heterogenes Bild.

Diesen Besiedlungszyklus hat auch SJÖGREN (1961) an epiphytischen Gesellschaften studieren können. Hier setzte genauso durch die größere Erosionsempfindlichkeit der Endstadien ein Abtrag und darauf eine Neubesiedlung ein. SJÖGREN nannte diese hier als Degenerations- bzw. Regenerationsstadien bezeichneten Einheiten regressive bzw. sekundär progressive Sukzession.

Zum Teil sind solche Regenerationsphasen sehr artenreich, da auf die freigewordenen Flächen sehr viele Arten eindringen, die sich später nicht behaupten können und von der Konkurrenzkraft anderer Arten wieder verdrängt werden. Somit tauchen hier auch für Rethdächer seltene Arten wie *Dicranella heteromalla* und *Plagiothecium neglectum* auf, die kurzzeitig dort existieren können und später wieder verschwinden. Andererseits bieten solche Regenerationsphasen ungleich mehr Lebensmöglichkeiten durch die Verschiedenheit des zur Verfügung stehenden Substrates wie offenes Reth, abgestorbene Moospolster, alte Humusauflagen, Ränder stehengebliebener Moospolster u.a.

Solche Regenerationsphasen tabellarisch zu ordnen, ist nicht möglich, da diese sich nicht nach bestimmten Prinzipien aufbauen. Je nachdem wie groß das Ausmaß der Schädigung war, bei welchem Stadium die Sukzession unterbrochen

Tabelle 12: Degenerationsphasen

Aufnahme Nr.	298 299 284 312 328 439 448 447 481 634 662 669 416 214 281 287 277															
Exposition	OSO OSO N W W NNW O NWW N S SO NNO S NO NWW SW W															
Inklination	45 45 50 45 50 45 45 45 50 45 40 40 45 45 45 50 45															
Bedeckung	30 35 15 75 30 95 30 50 55 10 30 40 7 80 95 30 40															
Alter	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Artenzahl	3 5 5 6 6 6 1 6 4 6 4 6 4 5 4 5 9															
<i>Leptodontium flexifolium</i>	10 ⁰ 10 ⁰ 3			5	BrChae sp											
<i>Polytrichum piliferum</i>	3 5 2				BrChae sp											
<i>Dicranum scoparium</i>	5 ⁰ 60 ⁰ 10 1				BrChae sp											
<i>Ceratodon purpureus</i>	5 5 15 10 40 ⁰				BrChae sp											
<i>Polytrichum gracile</i>	10				BrChae sp											
<i>Pohlia nutans</i>	25 5				BrChae sp											
<i>Hypnum cupressiforme</i>	+	15 r	15		BrChrept											
<i>Dicranoweisia cirrata</i>	30 ⁰ 35 3 5			5	BrChpulv											
<i>Cladonia sp. steril</i>	+	2 2 5 3 5 2 2 2 10	5		LChal											
<i>Cladonia fimbriata</i>	1				LChal											
<i>Cladonia chlorophaea</i>	2			5	LChal											
<i>Cladonia floerkeana</i>	25			3	LChal											
<i>Lecidea humosa</i>				2	LHad											
<i>Lecanora pithyrea</i>	5			+	LHad											
<i>Galerina sp.</i>	1				MycSepi											
Algen insgesamt	20 20 5 30 10 30 5 10 15 5 80 45 5 15															
<i>Chlorhormidium flaccidum</i>	(5) (3) (4) (1) (3) (2) (3) (2) (2)				PhycHtrich											
<i>Chlorhormidium mucosum</i>	(5) (4) (4) (2) (3)				PhycHtrich											
<i>Chlamydomonas sp.</i>	(5) (2) (3) (1) (3)				PhycCooc											
<i>Desmococcus vulgaris</i>	(1) (1) (1)				PhycCooc											
<i>Prasiola crispa st. horm.</i>	(5) (5) (5)				PhycHtrich											
<i>Chlorococcum vulgare</i>	(1)			3)	PhycCooc											
<i>Chlorella vulgaris</i>	(4)		(1)		PhycCooc											
<i>Pinnularia borealis</i>				(2)	PhycCooc											
<i>Stichococcus bacillaris</i>			(4)		PhycCooc											
<i>Cylindrocystis brebissonii</i>			(1)		PhycCooc											
<i>Sonchus asper</i>				10	Th											
<i>Rumex acetosella</i>				15	Th											
<i>Epilobium angustifolium</i>	15				H											
<i>Poa annua</i>	v				Th											
<i>Agrostis alba</i>	+				H											

Tabelle 13: Regenerationsphasen

wurde, wie das Verhältnis von stehengebliebenen Resten und neuen Besiedlungen ist, wie lange die Degenerationsphase mit Algen gedauert hat, fällt auch die Regenerationsphase qualitativ und quantitativ unterschiedlich aus. Da die neu einsetzende Vegetationsentwicklung nicht mehr auf den gleichen Standortverhältnissen aufbaut wie die ursprüngliche Sukzessionsreihe, die in relativ eng definierten von Dach zu Dach vergleichbaren ökologischen Bedingungen vor sich geht, können in der Wiederbesiedlungsphase anfänglich sehr individuelle Züge zum Vorschein kommen. Wahrscheinlich gehört auch ein Teil der unter "Sonderfälle" (Kap. 2.8) aufgeführten Aufnahmen hier hinein. Solche durch *Polytrichum piliferum*, *P. gracile* oder *Pohlia nutans* mit dominierendem Mengenanteil geprägten Aufnahmen können Ausdruck von einseitig zugunsten der betreffenden Arten verschobenen Standortbedingungen sein, auf die diese Arten mit Massenwuchs reagieren. Die geringe Zahl solcher geschilderten Verhältnisse und mangelnde Indizien zu einer kausalen Erklärung machen jedoch eine exakte Klärung vorerst unmöglich.

Grundsätzlich kann man zwei Varianten von Regenerationsphasen unterscheiden:

1. Aufnahmen, in denen nur kleine Flächen neu besiedelt sind. Diese zeigen ihr ursprüngliches Gepräge, nur sind kleine Bereiche darin "gestört". Bei einer geschickteren Auswahl der Probefläche, (man sieht, welche Bedeutung diesem Faktor bei den Aufnahmen zugemessen werden muß), wären solche Bereiche wahrscheinlich eliminiert worden.
2. Aufnahmen, bei denen ein solches Gemisch von Arten vorliegt, daß eine Zuordnung zu einem bestimmten Typ unmöglich ist. Diese Aufnahmen sind in Tabelle 13 zusammengefaßt.

Regenerationsstadien treten neben wohl ausgebildeten Dachmoosgesellschaften auf gleichaltriger Unterlage auf, wenn durch Zufall auf einer oder mehreren Stellen der normale Sukzessionsablauf gestört wurde. Dann ergeben sich auf der gleichen Dachfläche starke qualitative und quantitative Verschiebungen, wie das Beispiel der Aufnahmen 495 und 496 zeigt (Abb. 10).

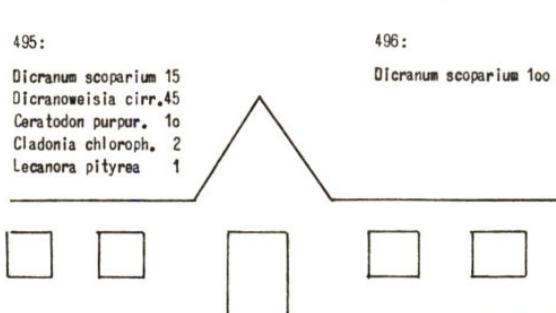


Abb. 10: Unterschiedliche Vegetation auf dem gleichen Dach (Bovenau Kr. Rd)
Links: Wiederbesiedlungsstadium
Rechts: Optimalphase des *Dicranum*-Stadiums

Nach einer gewissen Zeit, über dessen Ausmaß keine Beobachtungen vorliegen, stellen sich durch Konkurrenzverhältnisse der Arten untereinander wieder "normale" Verhältnisse ein, d.h. auf einer Dachfläche bilden sich wieder die schon beschriebenen Stadien aus.

Dieser Kreislauf, der bei Unterbrechung der normalen Besiedlungsfolge auf-

tritt, kann bei allen beschriebenen Einheiten auftreten. Er ist schematisch in Abb. 11 dargestellt.

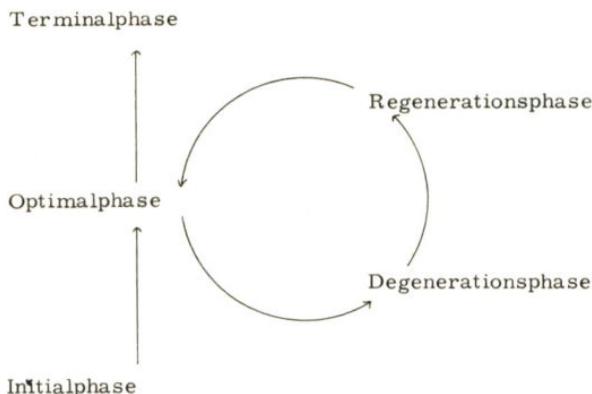


Abb. 11: Schema des Entwicklungskreislaufes der Vegetation auf gestörten Dachflächen

In den Regenerationsphasen liegen also eigentlich Gesellschaftsmosaiken vor. Nun ist es normalerweise nicht besonders glücklich, solche Verhältnisse in Aufnahmen festzuhalten. Hier liegen die Verhältnisse aber etwas anders, da es sich hierbei nicht um Gemenge völlig verschiedener, andersartiger Gesellschaften handelt, sondern um verschiedene Sukzessionsstadien. Die Sukzession, die bei ungestörten Verhältnissen auf der ganzen Dachfläche synchron verläuft, wird durch einen Eingriff zunächst metachron, bis die Entwicklung auf den offenen Flächen durch Festhalten angewiehten Staubes und Absterben alter Moospolster wiederum Lebensmöglichkeit für epigäische Arten bietet und sich dadurch der Eingriff wieder ausgleicht. (Ein Torfstich besiedelt sich genauso mit *Sphagnum cuspidatum*, das auch an einem natürlichen Heideweicher die Moorentwicklung einleitet.) So tritt an gestörten Stellen, wenn diese nicht durch Ersatzgesellschaften ersetzt werden, bei einer reversiblen Entwicklung eine der vorausgegangenen Sukzessionsstadien wieder auf.

Erkennbar wird dieser Vorgang erst, wenn Arten des vorletzten Sukzessionsstadiums in größerer Bedeckung auftreten, in diesem Fall also, wenn im *Dicranum*- oder *Hypnum*-Stadium Arten des *Dicranoweisia*-Stadiums auftreten oder im *Leptodontium*- und *Syntrichia*-Stadium *Cladonien* in größerer Ausdehnung auf offenen Flächen angetroffen werden. Ein Zeichen für den Mischcharakter solcher Aufnahmen ist die relativ hohe Artenzahl, da diese bei Dachmoosgesellschaften um so niedriger ist, je optimaler die Lebensbedingungen den speziellen Bedürfnissen der Charakterart entsprechen. Bei Regenerationen, die bei dem *Cladonia*-Stadium wieder einsetzen, ist dann auch das Moos-Flechten-Verhältnis im Vergleich zu dem Alter des Daches weit zugunsten der Flechten verschoben.

Flechten sind bei allen Dachmoosgesellschaften vertreten. Leider wurde versäumt zu notieren, ob diese auf dem Reth oder aber auf den Moospolstern vorkamen. Beide Fälle sind realisiert, oft zusammen in einer Aufnahme.

Die Kartierung der Ortschaften (Abb. 12), in denen Regenerationsphasen aufgenommen wurden, zeigt nicht etwa eine gleichmäßige Verteilung über ganz Schleswig-Holstein, sondern eine merkwürdige Häufung im Jungmoränengebiet. Von 44 Ortschaften, in denen Wiederbesiedlungsstadien erfaßt wurden, liegen 34 im Jungmoränengebiet (= 77%). Hingegen ist der Prozentsatz der in diesem Bereich insgesamt aufgesuchten Ortschaften nur 48,8%. Jedoch entzieht sich diese Erscheinung vorläufig jeder Erklärung.

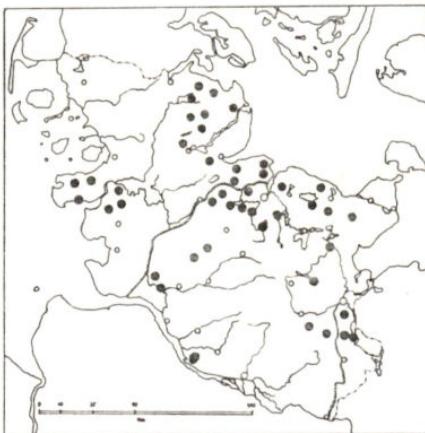


Abb. 12: Verbreitung der Regenerationsstadien

2.7 ÜBRIGE ALGENSTADIEN

Bei einer größeren Anzahl von Aufnahmen (knapp 1/5) fällt der hohe Anteil von Algen auf, der Moose und Flechten weit zurücktreten läßt. Es handelt sich dabei einmal um die thallöse Grünalge *Prasiola crispa*, die sogar nahezu einartige Bestände bilden kann, ferner um Überzüge von *Chlorhormidium flaccidum* oder um Blaualgen.

Von *Prasiola crispa* ist bekannt, daß diese Art nitrophil ist, was ihr Vorkommen an Vogelrastplätzen und mit Hundeurin verunreinigten Steinmauern belegt. Auch auf Dächern ist eine deutliche Nitrophilie zu belegen. *Prasiola* erscheint nur auf Dächern von Bauernhöfen, wo der Ammoniakgehalt der Luft (auf einen nahegelegenen Misthaufen zurückgehend) schon geruchsmäßig sehr deutlich wird. Am schönsten entwickelt sich *Prasiola* über Jaucheabflüssen an Ställen, wo oberhalb dieser Stelle sämtliche übrigen Dachmose von *Prasiola* verdrängt werden und man direkt von dem Jaucheabfluß auf den lokalen Algenbewuchs auf dem Dach schließen kann.

Deutlich wird dieser Effekt ebenfalls bei jütischen Langhäusern, wie sie in Schleswig gelegentlich noch erhalten sind. Diese Häuser haben einen Wohntrakt und einen Stall unter dem gleichen Dach, wobei der bewohnte Teil des Hauses mit Moosen, der als Stall genutzte Teil mit *Prasiola* bedeckt ist. Neben den NH_3 -Emissionen von Misthaufen neben den Gebäuden, die meist nur eine teilweise *Prasiola*-Bedeckung der umliegenden Dächer zur Folge haben, rufen bei Ställen mit Viehbesatz die durch das Rethdach aufsteigenden ammoniakalischen Dünste, (die wintertags als aufsteigende Dämpfe sichtbar werden), einen geschlossenen *Prasiola*-Bewuchs hervor (Fotos 3 und 4).

So können wir, wie aus Tabelle 14 hervorgeht, eine reinartige Fazies (A), eine Fazies mit anderen Algenarten (B) und eine Fazies mit kümmerlichen Moos- und Flechtenresten unterscheiden (C). *Prasiola* ist zwar eine thallöse Alge, die aber auch in Einzelfäden (*in statu hormidii*) oder Doppelzellreihen (*in statu schizogonii*) vorliegen kann, bevor sie sich zu einschichtigen Lagern

Tabelle 14: Prasiola-Stadium

zusammenschließt (in statu prasiolae). Die fädigen Formen bilden schwärzliche, schleimige Massen, die ebenso wie die bis 25 cm großen Thalli kaum Moos- oder Flechtenbewuchs aufkommen lassen.

An begleitenden Algenarten treten wiederum Luftplankter (*Desmococcus*, *Stichococcus*, *Chlorella*, *Chlorococcum*) oder Bodenalgen (*Chlorhormidium*, *Chlamydomonas*, *Hantzschia*) auf.

In der Tabelle 14 ist eine reinartige Fazies und eine Fazies mit begleitenden Algenarten aus gegliedert, die aber wohl identisch sind, da anzunehmen ist, daß die Algen aus Gruppe B auch in der Gruppe A vertreten sind, aber bei der unvollkommenen Erfassung der Algen nicht aufgenommen wurden.

Je nach Intensität der Ammoniakdämpfe kann die Bedeckung von *Prasiola* zwischen 10 und 100% schwanken. Da *Prasiola* nicht die Kraft hat, schon bestehende wüchsige Moosdecken zu überwachsen und somit auf eine einsetzende Ammoniakalisierung der Luft zu reagieren, ist der Wechsel vom Moos- zum Algenstadium abhängig von einer Beeinträchtigung der Moosdecke. In Aufnahme 306 waren die ursprünglich das Dach bedeckenden Moose vom Dachdecker abgehakt worden. Unter dem Einfluß eines Jaucheabflusses aus der Scheunenmauer unterhalb des Daches bildeten sich daraufhin nicht etwa wieder Moospolster sondern *Prasiola*-Lager. So stellt zumindest ein Teil der Aufnahmen mit *Prasiola* Degenerationsphasen dar.

Knapp 20% der Aufnahmen stammen von Strohdächern, gemessen an der gesamten Beteiligung der Strohdächer an den Aufnahmen ist dies ein hoher Anteil. Ein relativ hoher Prozentsatz der Aufnahmen stammt von Steildächern (rund 35% von Dächern mit einer Inklination $> 55^\circ$), wo Algen gegenüber Moosen konkurrenzkräftiger sind, da sie der Abspülung leichter standhalten. In der Verteilung auf die einzelnen Expositionen ist der Nordquadrant mit 48% bevorzugt. Es folgen Ostseiten mit 31%, Westseiten mit 12% und Südseiten mit 9%. Auffällig ist, daß das *Prasiola*-Stadium unabhängig von einer bestimmten Altersklasse der Dächer auftritt. Es kann also aus allen anderen Stadien hervorgehen und stellt bei gleichbleibenden Bedingungen ein echtes Dauerstadium dar. So war z.B. ein von JENSEN 1948 genau beschriebener *Leptodontium*-Fundort in Felde Kr. Rendsburg bei der vorliegenden Untersuchung 1969 mit *Prasiola* bewachsen (Aufn. 21).

In vielen Fällen kommt hinzu, daß das Dach beschattet ist, was die Existenz für Moose und Flechten erschwert. Wie sich nämlich gezeigt hat, finden sich in dem tiefen Schatten von Bäumen oder Gebäuden niemals mehr Moose und Flechten, sondern nur noch Algen. Bei mäßiger Beschattung können noch weniger photophile Moosarten gedeihen. Das sind nach den vorliegenden Beobachtungen:

<i>Dicranum scoparium</i>	<i>Bryum capillare</i>
<i>Hypnum cupressiforme</i>	<i>Dicranella heteromalla</i>
<i>Leptodontium flexifolium</i>	<i>Scleropodium purum.</i>
<i>Pohlia nutans</i>	

Die wenigen Funde der beiden letzten Arten lagen sogar nur an schattigen Stellen, da nicht nur die Schattwirkung allein eine Rolle spielen dürfte, sondern auch die damit gekoppelte höhere Luftfeuchte und die selteneren Austrocknungen des Substrats. *Skiophob* sind sämtliche Xerophyten unter den Rethdachbesiedlern: alle Flechten *Systrichia ruralis* *Dicranoweisia cirrhata* *Brachythecium albicans* *Ceratodon purpureus* *Hypnum lacunosum.*

A B C D

Aufnahme Nr.	o21 o35 124 o81 323 410 o22 216 311 276 467 451 393 388 o24 o66 o20 137			
Exposition	0 0 NNO NWW OSO N N N SSO S NO NO N O N NW SSW NW			
Inklination	75 60 45 45 45 50 45 75 50 40 45 70 50 50 45 55 35 45			
Bedeckung	35 60 15 40 50 50 85 90 70 45 70 70 75 60 40 75 60 100			
Alter	? 60 25 ? ? 7 ? 7 2 ? ? ? 3 40 35 30 ? ?			
Artenzahl	6 5 3 4 4 6 5 6 4 8 7 4 2 3 3 1 7 10			
Substrat	Str Str Str Str Str Str			
Algen insgesamt	35 60 15 30 10 40 70 60 40 20 70 70 70 60 40 75			
<i>Prasiola crispa</i>	(4) (5) (5) (5) (5) (5)		(5) (2) (5) (5) (5)	
<i>Chlorhornmidium mucosum</i>	(4)	(4) (4) (2)	(2) (3)	
<i>Chlorhornmidium flaccidum</i>	(1) (1)	(3) (1) (5) (3)	(4)	
<i>Desmococcus vulgaris</i>	(1) (1)	(2) (3) (1) (2) (1)	(+)	
<i>Chlamydomonas</i> sp.	(1)	(3) (2) (+) (1) (2) (1)	(1) (5)	
<i>Stichococcus bacillaris</i>			(1) (1)	
<i>Chlorococcum vulgare</i>			(+)	
<i>Monodus</i> cf. <i>cocomyxia</i>			(2)	
<i>Phormidium foveolatum</i>			(+)	
<i>Dictyosphaerion minutum</i>			(+)	
<i>Hantzschia amphioxys</i>			(+)	
<i>Leptodontium flexifolium</i>	+	10 30	1 40	BrChae sp
<i>Ceratodon purpureus</i>	1 25 3	15	30	BrChae sp
<i>Pohlia nutans</i>	2	5	+	5
<i>Hynum cypressiforme</i>	5 3		3	BrChrept
<i>Dicranoweisia cirrhata</i>	+	5		BrChpulv
<i>Bryum capillare</i>	+	5		BrChae sp
<i>Dicranella heteromalla</i>		2	+	BrChae sp
<i>Polytrichum juniperinum</i>			5	BrChae sp
<i>Dicranum scoparium</i>			20	BrChae sp
<i>Scleropodium purum</i>			1	BrChrept
<i>Polytrichum piliferum</i>			30	BrChae sp
<i>Cladonia</i> sp. steril	5 10 + 10 + 5		20 1	LCical
<i>Cladonia subulata</i>	1	+		LCical
<i>Cladonia floerkeana</i>		10		LCical
<i>Cladonia fimbriata</i>		5		LCical
<i>Lecidea granulosa</i>		+		LHad
<i>Poa annua</i>			5 1	Th
<i>Sambucus nigra</i>			0	M
<i>Agrostis alba</i>			+	H
Org.-Index	o212	o113	o002	o113

Tabelle 15:
Schattenlagen

Es bleibt die Frage, wo die Aufnahmen aus Schattenlage einzuriehen sind. Eine algenreiche Fazies von Moosgesellschaften wäre wohl denkbar, aber kaum realisierbar, da Moose oft gänzlich fehlen oder nur fragmentarisch auftreten, also die Zugehörigkeit zu einer Moosgesellschaft nicht mehr zu rekonstruieren ist. Andererseits ist der wesentliche ökologische Faktor hierbei der Lichtmangel, dem die Algen ihr dominantes Auftreten verdanken. Bei einer Algengesellschaft stellt sich jedoch die Frage nach einer Charakterart oder einem charakteristischen Artenkomplex. Während die Blöcke A und C in Tabelle 15 sich durch das stete Auftreten von *Prasiola crispa* ins *Prasiola*-Stadium einreihen lassen würden, ergeben sich in Block B damit Schwierigkeiten. Es treten Chlorhormidien sowohl mit als auch ohne Moose auf, in Aufnahme 467 mehrere andere Algenarten ohne Chlorhormidien. Da die Auswertung der Algen wegen der nicht repräsentativen Probenentnahme und etwaigen Veränderungen bei der Kultivierung sehr schwierig ist, bleibt diese Frage zunächst noch ungeklärt. Man ist versucht, neben den von *Prasiola*-bestimmten Algenblöcken A und C den Block B durch Chlorhormidien charakterisiert zu sehen, kann aber nicht mit Gewißheit sagen, ob nicht dort auch *Prasiola*, etwa in *statu hormidii*, in der Probeläche vertreten war, oder umgekehrt Hormidien in den *Prasiola*-Aufnahmen. In Block D sind zwei Aufnahmen zusammengestellt, bei denen zwar Beschattung, aber keine größere Algenmenge notiert

wurde. Auch die vergleichsweise höhere Bedeckung mit Moosen zeigt, daß hier bereits die Grenze erreicht ist, bei der sich die Beschattung für eine algenreiche Dachvegetation in großem Umfang auswirkt.

Ebenfalls stellt sich Algenbewuchs nach dem Abharken der Moosdecke auf Dächern ein. Diese wären dann ebenfalls als Degenerationsphasen zu werten (vgl. Kap. 2.6.).

Die Aufnahmen von den in Tab. 16 aufgeführten Dächern waren innerhalb der letzten zwei Jahre vor der Vegetationsaufnahme abgeharkt worden.

Aufnahme Nr.	o27 211 186 144	o29 193 278 306	o59	Tabelle 16: Abgeharkte Dächer
Exposition	NO N NNO NO NO O	NNO NNO NNO		
Bedeckung	70 75 80 50	70 35 90 90	35	
Alter	40 7 50 40	35 7 39 20	7	
Artenzahl	7 3 1 2	3 2 3 4	4	
Substrat	Str			
<i>Dicranum scoparium</i>	15 70 80 50	0	50	BrChae sp
<i>Dicranoweisia cirrhata</i>	20 +	5		BrChpul v
<i>Pohlia nutans</i>	10			BrChae sp
<i>Polytrichum piliferum</i>	5	10	+	BrChae sp
<i>Ceratodon purpureus</i>	2		35	BrChae sp
<i>Hypnum cupressiforme</i>			60 0	BrChrept
<i>Leptodontium flexifolium</i>			+	BrChae sp
<i>Cladonia chlorophcea</i>	2			LChal
<i>Cladonia sp. steril</i>	10	2	25	LChal
<i>Cladonia subulata</i>	5			LChal
Algen insgesamt			65 90 30	
<i>Chlorhormidium mucosum</i>			(1) (3)	PhyChtrich
<i>Chlorhormidium flaccidum</i>			(4) (1) (1)	PhyChtrich
<i>Desmococcus vulgaris</i>			(3)	PhyChcocc
<i>Prasiola crispa</i>			(5)	PhyChthall
<i>Chlorella vulgaris</i>			(2)	PhyChcocc

Ähnlich wie bei den Wiederbesiedlungsstadien, wo der Moosbewuchs durch Regen oder Schnee abgeräumt wurde, trifft hier ein Gemenge verschiedenster im Normalfall oft nicht vergesellschafteter Arten zusammen (Aufn. 27 und 29). In der Tabelle sind nur Aufnahmen angeführt, bei denen definitiv feststand, daß das Dach abgeharkt war. Dadurch erklärt sich auch die geringe Zahl der Aufnahmen. Die sonst sinnvolle Angabe der mAZ wurde hier nicht für opportunit gehalten, da die vollständige Erfassung der Algen einen zu großen Unsicherheitsfaktor einschließt. Man kann voraussetzen, daß aerophytische Luftplankter in den meisten Aufnahmen enthalten sind. Je nachdem, ob diese erfaßt wurden oder nicht, ergeben sich in den Artenzahlen erhebliche Differenzen, die aber nicht den tatsächlichen Verhältnissen entsprechen.

Um den Wiederbesiedlungsmechanismus näher zu studieren, wurden auf dem Versuchsdach im Botanischen Garten Kiel im November 1970 auf der Westexposition je zwei Flächen von 20 x 20 cm vom Ceratodon-Bewuchs freigelegt.

Einmal wurden die

Polster nur abgekratzt, ohne Reste zu hinterlassen, auf den anderen Flächen wurde auch eine 0,5-1 cm starke Rethschicht darunter entfernt. Bereits bei der nächsten Kontrolle nach vier Wochen war, (allerdings bei günstigen Witterungsbedingungen), in den Vertiefungen zwischen den Rethalmen auf den lose abgekratzten Flächen ein dichtes Gespinst von Vorkreimen, nach weiteren vier Wochen, (von einer einwöchigen Frostperiode unterbrochen), war schon wieder Jungwuchs vorhanden. Auf der, einschließlich des mit Moosbruchstücken und Rhizoiden infizierten Reths, völlig freigelegten Fläche siedelten sich nach vier Wochen hingegen erst spärlich Algen an. Diese Fläche wuchs dann im Laufe des nächsten halben Jahres langsam von den Seiten her zu.

Schließlich existiert noch eine geringe Zahl von Aufnahmen (Tab. 17), in der Blaualgen vorherrschen. *Mycena* sp.

Aufnahme Nr.	359	313	405	467	357	367	346	Tabelle 17:	
Exposition	N	NO	NO	NO	N	SSW	S	Aufnahmen mit Blaualgen	
Inklination	45	50	45	45	45	50	45		
Bedeckung	90	80	70	70	90	50	85		
Alter	7	7	7	7	30	22	7		
Artenzahl	5	4	7	8	6	2	4		
Substrat	Str				Str				
Algen insgesamt	40	80	20	70	30	50	20		
<i>Phormidium autumnale</i>	40							Phycitrich	
<i>Phormidium foveolarum</i>		60	(3)	(2)				Phycitrich	
<i>Symploca ralfsiana</i>					(5)	40	20	Phycitrich	
<i>Chlorormidium mucosum</i>						(3)		Phycitrich	
<i>Chlorormidium flaccidum</i>				(2)	(2)	(3)	(2)	Phycitrich	
<i>Chlamydomonas</i> sp.					(1)	(1)	(2)	(1)	Phycitocc
<i>Prasiola crispa</i>			(3)				10	Phycitball	
<i>Desmococcus vulgaris</i>						(1)		Phycitocc	
<i>Monodus</i> cf. <i>cocomyxa</i>					(+)			Phycitocc	
<i>Chlorococcum vulgare</i>						(2)		Phycitocc	
<i>Dictyosphaerion minutum</i>						(+)		Phycitocc	
<i>Stichococcus bacillaris</i>						(1)		Phycitocc	
<i>Hypnum cupressiforme</i>	10		2		60			BrChrept	
<i>Ceratodon purpureus</i>	40		45				40	BrChcaesp	
<i>Bryum capillare</i>	3							BrChcaesp	
<i>Bryum argenteum</i>							15	BrChcaesp	
<i>Dicranoweisia cirrata</i>			3					BrChpulv	
<i>Cladonia</i> sp. <i>steril</i>	2				+		10	LCheal	
						r		Mycepi	

Diese treten jeweils in größeren Mengen auf und überziehen große Teile der Dächer mit schmierigem, dunkelgrünem bis fast schwärzlichem Belag. Auf Grund des geringen vorliegenden Aufnahmematerials können jedoch keine weiteren Aussagen über Blaualgenvorkommen gemacht werden. Das seltene Auftreten von Blaualgen beruht wahrscheinlich auf dem wenig zusagenden niedrigen pH-Wert von Reth- und Strohdächern, da die meisten Blaualgen subneutrophil bis basiphil sind.

Insgesamt konnten also fünf verschiedene Algenstadien festgestellt werden:

1. initiale Luftalgenanflüge,
2. das von NH_3 -Wirkung induzierte Prasiola-Stadium,
3. die durch Schattwirkung bedingte Veralgung mit Chlorhormidien,
4. die im Verlaufe einer Degenerationsphase einsetzende Veralgung, einschließlich der Folgen des Abharkens von Moospolstern,
5. die (ungeklärten) Aufnahmen mit vorherrschend Blaualgen.

Hinzu kommen noch Aufnahmen, die als algenreiche Varianten von Moosstadien gelten können. Es ist

in Einzelfällen schwer, eine Abgrenzung zwischen Moos- und Algengesellschaften durchzuführen. Das Fehlen von scharfen Übergängen ist dadurch bedingt, daß sehr einheitliche Standortsbereiche vorliegen.

Die Gleichartigkeit des Substrats, das Vorherrschen von ubiquitären Arten und die geringe Vielfalt der Vegetationsentwicklung lassen keinen großen Spielraum für genauere Unterschiede zu. Modifizierende Faktoren wie Lichteinfluß, Beschattung, NH_3 -Dämpfe und Humusanreicherung im Substrat bringen nie einen schlagartigen Wechsel, sondern immer nur eine langsame Anpassung der Dachflora.

Eine Stetigkeitsübersicht der von Algen geprägten Aufnahmen ist in Tab. 18 zusammengestellt. An Moos- und Flechtenarten treten etwa alle Arten gleichermaßen als Begleiter von Algen auf. Auch ihre Verteilung auf einzelne Algenstadien läßt keine typischen Züge erkennen.

Nach dieser Aufstellung

Tabelle 18:
Stetigkeitstabellen
der
Algenstadien

Aufnahmehzahl	Prasiola-Stadium	Schattenlagen	Blaualgen-Aufnahmen	Degenerationsphasen	Übrige Aufnahmen
	28	18	7	17	37
<i>Prasiola crispa</i>	100	60	28	17	29
<i>Chlorhormidium mucosum</i>	35	33	14	29	43
<i>Chlorhormidium flaccidum</i>	32	44	57	53	78
<i>Chlamydomonas</i> sp.	14	38	57	29	38
<i>Desmococcus vulgaris</i>	14	27	14	17	16
<i>Stichococcus bacillaris</i>	10	11	14	5	13
<i>Chlorococcum vulgare</i>	10	11	14	11	13
<i>Chlorella vulgaris</i>	3			11	13
<i>Hantzschia amphioxys</i>	3	5			
<i>Phormidium foveolarum</i>	3	5	43		2
<i>Pinnularia borealis</i>				5	2
<i>Cylindrocystis brebissonii</i>				5	10
<i>Dictyosphaerion minutum</i>			5	14	
<i>Monodus</i> cf. <i>cocconyxa</i>			5	14	2
<i>Phormidium autumnale</i>				14	
<i>Symploca ralfsiana</i>				43	
Artenzahl / Phanerogamen	0	3	0	4	9
Artenzahl / Moose	8	11	5	8	12
Artenzahl / Flechten	4	5	1	6	9
Artenzahl / Algen	10	11	12	10	12

enthalten 107 Aufnahmen, abgesehen von denen mit initialen Luftalgenanflügen und damit abgesehen von den wohl überall präsenten Luftalgen, Algen in nennenswertem Umfang. Unter den Algen sind

<i>Prasiola crispa</i>	<i>Desmococcus vulgaris</i>
<i>Chlorhormidium mucosum</i>	<i>Stichococcus minor</i>
" <i>flaccidum</i>	<i>Chlorococcum vulgare</i>
Chlamydomonas spec.	

allen Typen gemeinsam, wobei *Chlorhormidium flaccidum* und *Prasiola crispa* die beherrschenden Arten darstellen. *Desmococcus*, *Stichococcus* und *Chlorococcum* sind verbreitete Luftalgen, die auch auf offenem Reth und in Moospolstern vorkommen. *Chlamydomonas* besiedelt kleine Feuchtigkeitsansammlungen in Moospolstern, zwischen Rethhalmen und anderen Algen, sodaß *Chlorhormidium flaccidum* als skizophile und *Prasiola crispa* als nitrophile Art die veralteten Dächer am besten repräsentieren.

2.8 SONDERFÄLLE

Zum Schluß bleibt noch eine Reihe von Aufnahmen, deren Anschluß ungewiß ist. Die Tendenz der Dachmoosgesellschaften, möglichst einartige Bestände anzustreben, wie es bei den Terminalstadien von *Dicranum* oder *Leptodontium* ersichtlich wird, greift hier auf Arten über, deren Stellenwert schwer zu interpretieren ist. Es handelt sich um Aufnahmen, die durch dominantes Auftreten von *Ptilidium ciliare*, *Pohlia nutans*, *Polytrichum gracile*, *P. piliferum* oder *Bryum capillare* ausgezeichnet sind. Es kann nicht unterstellt werden, daß es sich um Zufallsprodukte handelt, da das gehäufte Auftreten einer Art durch das Überwiegen eines Standortsfaktors hervorgerufen sein dürfte.

Wie schon erwähnt, haben die *Polytrichum*-Arten auf Dächern eine Vorliebe für abgestorbene Polster anderer Arten, in deren "torfigen" Verwitterungsprodukten sie optimale Verhältnisse finden. In den Aufnahmen 398, 472 und 423 (Tab. 19) basiert die *Polytrichum*-Bedeckung erwiesenermaßen auf diesem Phänomen, wobei nicht geklärt ist, wieweit auch noch lebende Moospolster durch ein Einwurzeln von den relativ hochrasigen *Polytrichum*-Arten zum Absterben gebracht werden können.

Die Aufnahmen mit dem hohen Anteil an *Pohlia nutans* sind wahrscheinlich dem *Leptodontium*-Stadium zuzuordnen. Dies geht einmal aus der Verbreitung dieser von *Pohlia* beherrschten Dächer hervor, die sich nur im Verbreitungsgebiet des *Leptodontium*-Stadiums befinden, zum anderen aus der Zusammensetzung der Begleitarten, die keine subneutrophilen oder xerophytischen Arten aufweist. Auffällig ist, daß diese *Pohlia*-Dächer nur in küstennahen Gebieten gefunden wurden. Man ist in diesem Zusammenhang an das *Leptodontio-Pohlietum* von BARKMAN und RINGELBERG-GIESEN (1959) erinnert, das *Pohlia* als treue Art aufweist und deren Aufnahmen aus der küstennahen Landschaft Drente in Holland stammen. Kartiert man nämlich die *Leptodontium*-Aufnahmen aus Schleswig-Holstein, in denen *Pohlia nutans* mit vorkommt, so ergibt sich, daß *Pohlia* im Hauptverbreitungsgebiet von *Leptodontium* in der Untereiderniederung nicht vorkommt, hingegen aber in breitem Saum im Randgebiet (Abb. 13). Ganz im Küstenbereich kommt dann *Pohlia* ohne *Leptodontium* vor. Wären sämtliche Aufnahmen von *Leptodontium* nur in dem um die Eiderniederung anschließenden Geestbereich gemacht worden, wäre man ebenfalls auf das *Leptodontio-Pohlietum* in der von BARKMAN beschriebenen Zusammensetzung gestoßen. Die über ganz Schleswig-Holstein verteilten Aufnahmen zeigen jedoch, daß *Pohlia* in den übrigen Gebieten sehr viel weniger

Tabelle 19: Sonderfälle

Aufnahme Nr.	325 226 386 429 417 399 326 389 396 397 424 435 436 438 473 468 471 398 472 423 399 108 305 196 352 337	
Exposition	N N NW NO N N NW N N NW NO NO OSO NW NW NW N N NNO NO N N SSO NNO N	
Inklination	45 45 45 45 50 45 50 50 45 70 50 50 45 45 45 45 45 45 45 45 45 45 45 45 45 50	
Bedeckung	100 95 50 70 75 100 80 90 75 90 100 100 80 85 100 100 100 75 70 65 95 80 70 90 85	
Alter	2 2	
Artenzahl	7 3 4 5 5 6 6 3 4 6 6 3 5 5 3 8 6 3 3 5 4 7 6 5 5 6	
Substrat		Str
<i>Ptilidium ciliare</i>	70 95	BHfol
<i>Dicranum scoparium</i>	5 5 1	BrChaeesp
<i>Leptodontium flexifolium</i>	3 r 30 20 25 2 20 30	BrChaeesp
<i>Pohlia nutans</i>	2 40 40 70 95 75 90 80 85 80 70 30 40 80 80 80 2 3	BrChaeesp
<i>Polytrichum gracile</i>	2 1 r 2 3 35 90 70	BrChaeesp
<i>Polytrichum piliferum</i>	2 5 65 30 75 40 30	BrChaeesp
<i>Bryum capillare</i>		BrChaeesp
<i>Brachythecium rutabulum</i>		BrChaept
<i>Dicranoweisia cirrata</i>	20 3 3 20	BrDipulv
<i>Hypnum cupressiforme</i>	+ 8 1 1 3	BrChrept
<i>Ceratodon purpureus</i>		BrChaeesp
<i>Cephalozia luteola</i>	5	BHfol
<i>Hypnum lacunosum</i>		BrChrept
<i>Cladonia fimbriata</i>	15 3 5	LChol
<i>Cladonia floerkeana</i>	10 1 1	LChol
<i>Cladonia subulata</i>	2	LChol
<i>Cladonia chlorophcea</i>	5 2 10	LChol
<i>Cladonia sp. steril</i>	2 3 2 3 2 3 2 2 2 2 5 10	LChol
<i>Cladonia pyxidata</i>		LChol
<i>Cladonia impexa</i>		LChac
<i>Cladonia gracilis</i>		LChac
<i>Hypogymnia physodes</i>	2	LHfol
<i>Lecidea humosa</i>		LHfol
<i>Galerina sp.</i>	1 1 2 2	MycGepl
Algen insgesamt	20 20 20	30
<i>Chlorhornidium flaccidum</i>	(3) (2) (2)	(4) PhycHirich
<i>Chlorhornidium mucosum</i>		PhycHirich
<i>Prasiola crispa</i>		PhycHthal
<i>Chlamydomonas sp.</i>	(1) (4)	PhycCocc
<i>Chlorococcus vulgare</i>		PhycCocc
<i>Dessicoccus vulgaris</i>	(3)	(+) PhycCocc
<i>Hedera helix</i>		M
<i>Betula pubescens</i>		M
<i>Senecio vulgaris</i>		Th
<i>Agrostis alba</i>		H
<i>Poa pratensis</i>		G
<i>Stellaria media</i>		Th

stet ist oder ganz fehlt und daß damit das Leptodontion-Pohlietum mit hohem Pohlia-Anteil in Schleswig-Holstein nur eine lokale Fazies darstellt, die in entsprechenden Naturräumen lokalisiert ist wie in Drente in Holland.

Wie die Verbreitungskarte von Pohlia zeigt, ist diese Art auf Rethdächern zur Hauptsache im Südwesten des Landes angetroffen worden. Da die Verbreitung von Dachmoosarten jedoch auf anderen ökologischen Faktoren beruht als die der epigäischen Phanerogamen, von denen zahlreiche Verbreitungskarten vorliegen und damit auch verschiedene Verbreitungstypen

manifestiert sind, hat man vorläufig keinerlei Vergleichsmöglichkeiten bei der Interpretation der Verbreitung von Dachmoosen.

Schließlich seien noch zwei Aufnahmen erwähnt, die ebenfalls nicht einzuordnen sind, aber der Vollständigkeit halber erwähnt werden sollen. Es handelt sich einmal um eine Aufnahme (Tab. 19, Aufn. 352) mit vorherrschend Bryum capillare von einem Strohdach, die auf Grund der hohen Veralzung wohl eine Degenerationsphase darstellt und wegen des Auftretens basiphiler Arten wohl in das Syntrichia-Stadium einzuordnen ist.

Auch die Aufnahme 337 (Tab. 19) mit einem großen Anteil an Brachythecium rutabulum dürfte in das Syntrichia-Stadium einzuordnen sein, wie das Vorhandensein von den dort charakteristischen Arten wie Bryum capillare, Stellaria media und Hypnum lacunosum zeigt.

Zum anderen handelt es sich um Aufnahmen mit vorherrschend Ptilidium ciliare. Dieses in Calluna-Heiden häufige Lebermoos hat die Tendenz, (die sich auch schon in den übrigen, Ptilidium in geringeren Anteilen enthaltenden Aufnahmen andeutet), durch flächige, dichte Überwucherung andere Moosdecken zum Absterben zu bringen, insbesondere, wie bei den vorliegenden Fällen, auf Nordseiten oder an etwas beschatteten Stellen und dadurch nach einer + zufälligen Besiedlung mit Thallusfragmenten (die Art bildet sehr selten Sporo-

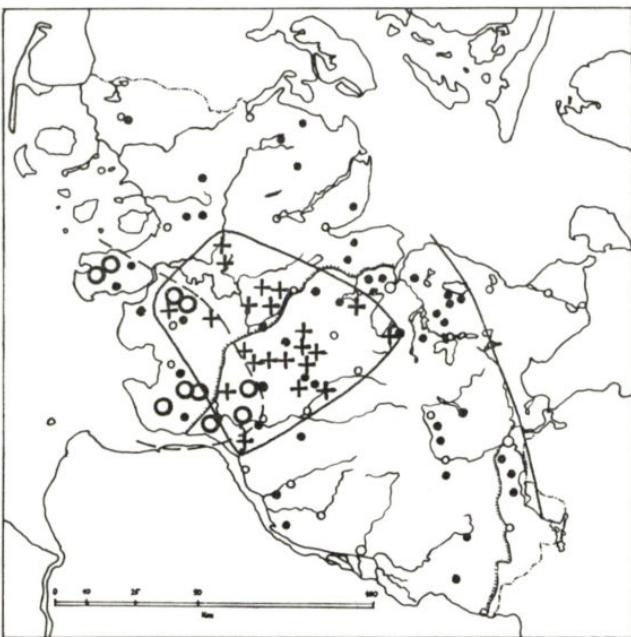


Abb. 13: Vorkommen von *Pohlia nutans*

⊕ mit *Leptodontium* ○ dominant (ohne *Leptodontium*) • übrige Vorkommen auf Dächern

phyten) in kürzerer Zeit größere Flächen einzunehmen.

Die Mehrzahl dieser Sonderfälle wurde in dem feuchteren Herbst 1970 aufgenommen, wo durch bessere klimatische Bedingungen vielleicht eine größere Variationsbreite geschaffen wurde. Mit Ausnahme der Aufnahmen mit *Polytrichum*-Arten und *Ptilidium* kann man diese wohl als ausgefallene Varianten schon beschriebenen Stadien zuordnen.

Inwieweit der Zufall überhaupt bei der Besiedlung von Rethdächern eine Rolle spielt, kann generell nicht abgeschätzt werden. Jedoch ist man versucht, in einigen Fällen diesen Faktor als Erklärung heranzuziehen. So ist beispielsweise in Aufn. 310 und 311 (Tab. 6) auf der Nord- und Südseite eines Hauses *Leptodontium* reichlich vertreten, auf dem gleichaltrigen (!) Dach eines 20 m entfernten Hauses hingegen überhaupt nicht. Daher kann es sein, daß solche Dominanzen von *Brachythecium rutabulum* oder *Ptilidium ciliare* nicht ökologisch, sondern zufallsbedingt sind.

3. Die Sukzessionsfolge

3.1 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

In Tab. 20 sind noch einmal die wichtigsten Daten der beschriebenen Stadien zusammengestellt.

Tabelle 20	Aufnahmehzahl	mAZ	Org.-Index	beteiligte Arten					Alter	
				Ph	M	Fl	P	A		
Luftalgen- u. Krustenfl.-Stadium	30	3	0022	-	1	9	-	5	15	4 - 8
<i>Cladonia</i> -Stadium	30	4	0140	-	4	17	-	-	21	6 - 15
<i>Dicranoweisia</i> -Stadium	74	4,5	0230	-	10	19	-	-	29	10 - 35
<i>Leptodontium</i> -Stadium	60	5,4	0320	11	15	13	4	6	49	25-100
<i>Syntrichia</i> -Stadium	12	5	1310	5	12	8	-	3	28	16-100
<i>Ceratodon</i> -Stadium	45	4,8	0310	3	12	13	2	8	38	20 - 45
<i>Dicranum</i> -Stadium	42	4,3	0310	11	10	12	2	4	39	20 - 80
<i>Hypnum</i> -Stadium	26	4,2	0210	9	10	7	-	7	33	18 - 80
<i>Prasiola</i> -Stadium	28	3	0102	-	8	4	-	11	23	10 - 60

Betrachtet man die Altersangaben (Abb. 14), die für die einzelnen Stadien angegeben sind, so fällt auf, daß das *Leptodontium*- und *Syntrichia*-Stadium mit maximal 100 Jahren und *Dicranum*- sowie *Hypnum*-Stadium mit maximal 80 Jahren zu den ältesten beobachtbaren Dächern gehören, also hier als vorläufige Schlußstadien gewertet werden können. Daß dieses zeitliche Nacheinander des Auftretens einzelner dominanter Moosarten auf unterschiedliches Konkurrenzvermögen zurückgeht, belegen zum Teil Kulturversuche. Hierbei wurden im Herbst und Winter 1970 mehrere Aufsammlungen von Mischrasen im Gewächshaus kultiviert und die Verschiebungen der Anteile der beteiligten Arten notiert. Im einzelnen wurden folgende Mischproben kultiviert:

Aufn. nr.

- 364 *Pohlia nutans* - *Dicranoweisia cirrhata*
 Dicranum scoparium - "
- 373 *Syntrichia ruralis* - *Ceratodon purpureus*
 " " - *Pohlia nutans*

Aufn. nr.

- 494 *Leptodontium flexifolium* - *Ceratodon purpureus*
Dicranoweisia cirrhata - "
 468 *Pohlia nutans* - *Leptodontium flexifolium*

Bereits im Verlaufe eines Vierteljahres zeigten sich bei allen Proben deutliche Dominanzverschiebungen: In Probe 364 überwucherte sowohl *Pohlia* als auch *Dicranum* die *Dicranoweisia*-Polster, bei Probe 373 wurde *Syntrichia* sowohl von *Pohlia* als auch von *Ceratodon* überwachsen, in Probe 494 wurden *Leptodontium* und *Dicranoweisia* von *Ceratodon* verdrängt, in 468 *Leptodontium* von *Pohlia*.

Es spielt dabei natürlich mit, daß solche Verschiebungen im Gewächshaus bei gleichbleibender Feuchte und Temperatur sowie in ebener Lage schneller ablaufen als auf dem Dach. Dennoch wird eine auch im Gelände beobachtete Grundtendenz hier sichtbar: Die epiphytische Art *Dicranoweisia* wird in allen Fällen von epigäischen Arten überwachsen. *Ceratodon* erweist sich in Kultur viel konkurrenzkräftiger als die auf gleichaltrigen Dächern auftretenden *Leptodontium* und *Syntrichia*, ein Zeichen dafür, daß beide Arten auf Dächern streng definierte extreme Standortverhältnisse anzeigen und, wo sie nicht von *Ceratodon* verdrängt werden, einartige Bestände bilden. Daraus wird auch der große Anteil des indifferenten *Ceratodon*-Stadiums an den Aufnahmen klar, da diese Art weder in zu feuchten noch in zu trockenen Lagen *Leptodontium* und *Syntrichia*

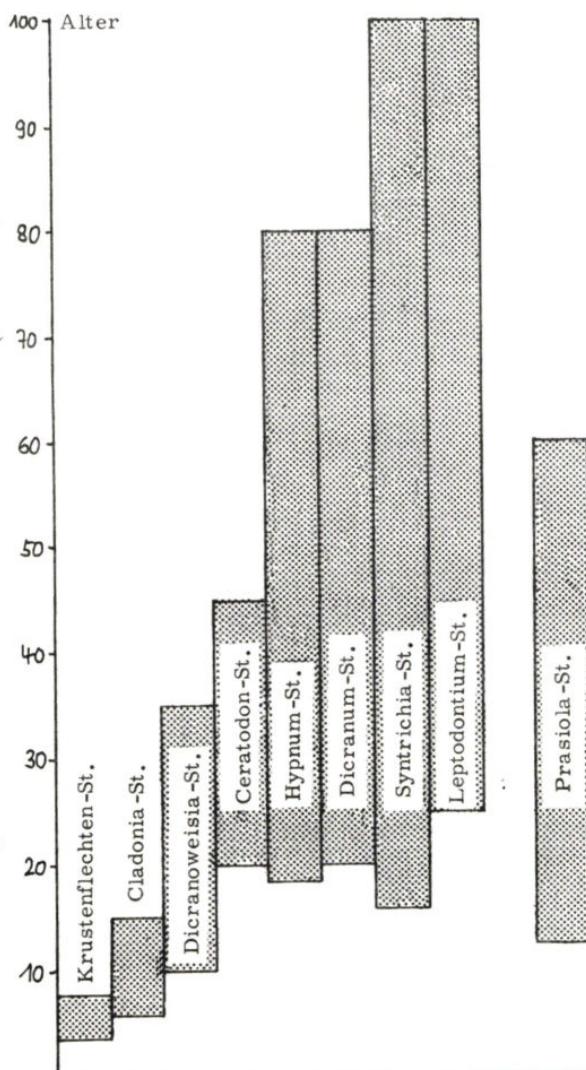


Abb. 14: Altersverteilung der Sukzessionsstadien

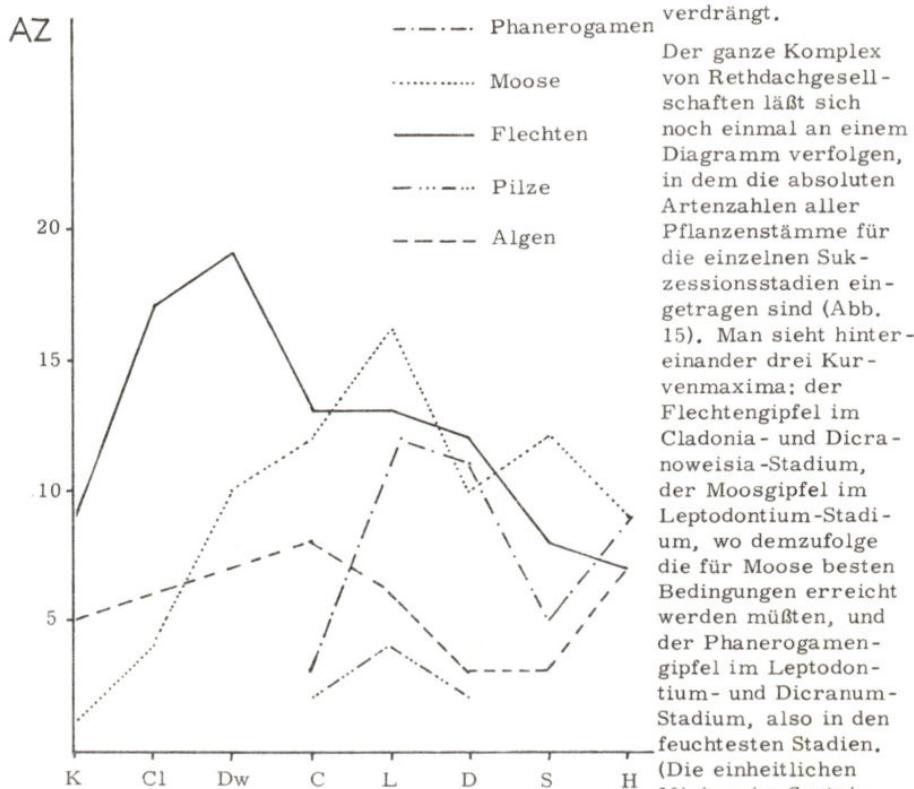


Abb. 15: Absolute Artenzahlen von Phanerogamen, Moosen, Flechten, Pilzen und Algen in den Sukzessionsstadien

Abkürzungen (gelten auch für Abb. 16 und 17!):
 K : Krustenflechten-St. L: Leptodontium-St.
 Cl : Cladonia-St. D: Dicranum-St.
 Dw : Dicranoweisia-St. S : Syntrichia-St.
 C : Ceratodon-St. H: Hypnum-St.

weisen die höchsten vertretenen Artenzahlen auf.

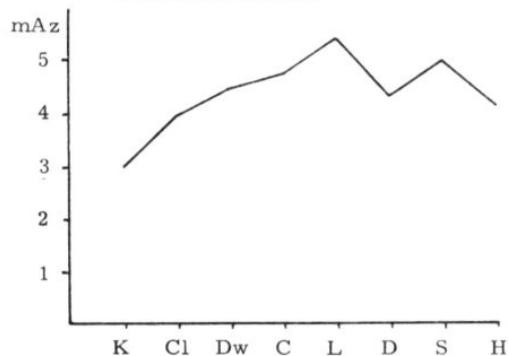
Eine Darstellung des Verlaufs der mAZ (Abb. 16) zeigt ein sukzessives Ansteigen der mittleren Artenzahlen vom Krustenflechtenstadium bis zum Leptodontium Stadium. Auffällig ist die geringe Amplitude (mAZ zwischen 3 und 5), die den kryptogamen Dachgesellschaften eigen ist, wenngleich gelegentlich Artenzahlen bis zu 12 oder 18 erreicht wurden, liegen diese im Schnitt doch sehr viel niedriger.

Das Verhältnis von Moosen und Flechten gibt die graphische Darstellung in Abb. 17 wieder. Wie sich sehr schön zeigt, ist das Moos-Flechten-Verhältnis bei Moos- und Flechtenstadien nahezu umgekehrt.

verdrängt.

Der ganze Komplex von Rethdachgesellschaften lässt sich noch einmal an einem Diagramm verfolgen, in dem die absoluten Artenzahlen aller Pflanzenstämme für die einzelnen Sukzessionsstadien eingetragen sind (Abb. 15). Man sieht hintereinander drei Kurvenmaxima: der Flechtengipfel im Cladonia- und Dicranoweisia-Stadium, der Moosgipfel im Leptodontium-Stadium, wo demzufolge die für Moose besten Bedingungen erreicht werden müssten, und der Phanerogamen-Gipfel im Leptodontium- und Dicranum-Stadium, also in den feuchtesten Stadien. (Die einheitlichen Minima im Syntrichia-Stadium gehen auf die geringe Aufnahmenzahl zurück.) Wie weiter ersichtlich wird, sind Pilze auf einige Moostadien beschränkt, mit einem Gipfel im Leptodontium-Stadium. Die Flechten

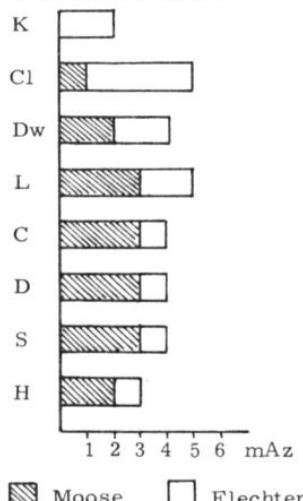
Abb. 16: Verteilung der mittleren Artenzahlen auf die einzelnen Sukzessionsstadien



Tab. 21: Vereinfachte Stetigkeitstabelle der Sukzessionsstadien

	Krustenflechter-Stadium	Cladonia-Stadium	Dicranoweisia-Stadium	Ceratodon-Stadium	Leptodontium-Stadium	Syntrichia-Stadium	Dicranum-Stadium	Hypnum-Stadium	
<i>Lecanora varia</i>	V	II	I	-	-	-	-	-	
<i>Lecidea humosa</i>	II	I	I	-	I	-	-	-	
<i>Hypogymnia physodes</i>	IV	III	II	I	I	I	I	I	
<i>Cladonia chlorophaea</i>	I	III	III	II	II	I	II	I	
<i>Cladonia subulata</i>	-	III	III	I	I	I	I	I	
<i>Cladonia fimbriata</i>	-	III	II	II	I	I	II	I	
<i>Dicranoweisia cirrata</i>	I	III	V	III	II	I	II	I	
<i>Ceratodon purpureus</i>	-	-	II	V	III	V	II	III	
<i>Leptodontium flexifolium</i>	-	I	I	-	V	-	I	I	
<i>Syntrichia ruralis</i>	-	-	-	-	-	V	-	-	
<i>Dicranum scoparium</i>	-	-	I	I	II	-	V	I	
<i>Hypnum cupressiforme</i>	-	-	I	II	I	II	II	V	
<i>Pohlia nutans</i>	-	-	I	II	II	-	I	I	
<i>Polytrichum piliferum</i>	-	-	I	II	II	I	II	I	
<i>Bryum capillare</i>	-	-	I	I	-	II	-	II	
sowie weitere 65 Arten der Stetigkeitsklasse I									

Abb. 17: Mittlerer Artenanteil von Moosen und Flechten an den einzelnen Sukzessionsstadien

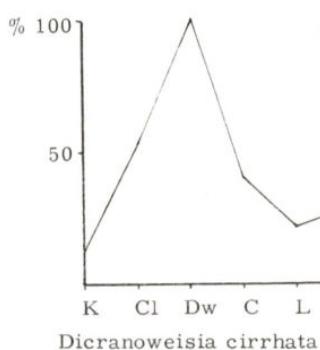


Zur schnellen Orientierung ist in Tab. 21 eine vereinfachte Stetigkeitstabelle, die nur die wesentlichsten Arten mit ihren Stetigkeitsklassen angibt, zusammenge stellt.

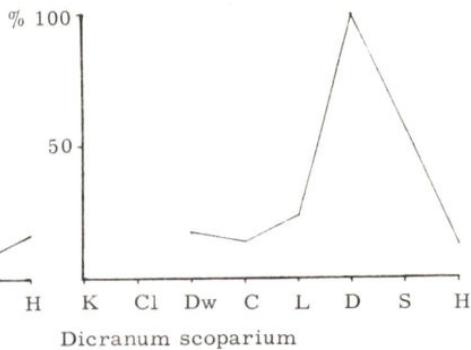
Die Verteilung einiger Arten auf die einzelnen Stadien zeigt Abb. 18, wo auch optisch die unterschiedliche Beteiligung der einzelnen Arten an den Sukzessionsstadien deutlich wird. Bei dieser Darstellungsweise stört etwas, daß unterschiedlich viele Aufnahmen bei der Berechnung der Stetigkeitsprozente zu Grunde liegen. Zu berücksichtigen ist ferner, daß auf der Abszisse z.T. hetero-

gene Stadien nebeneinander auftreten. Dem ist dadurch begegnet worden, daß teilweise die Werte vom *Syntrichia*- und *Hypnum*-Stadium einerseits und *Leptodontium*- und *Dicranum*-Stadium andererseits direkt verbunden worden sind, da beide Gruppen nicht in einem Zusammenhang stehen.

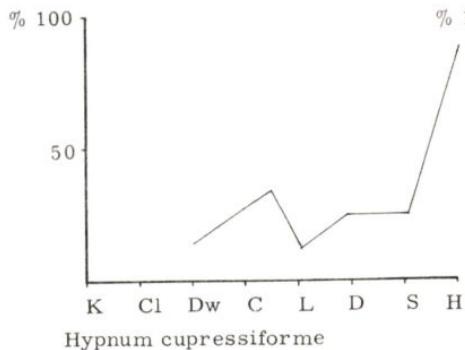
Abb. 18: Stetigkeit einzelner Arten in den verschiedenen Sukzessionsstadien



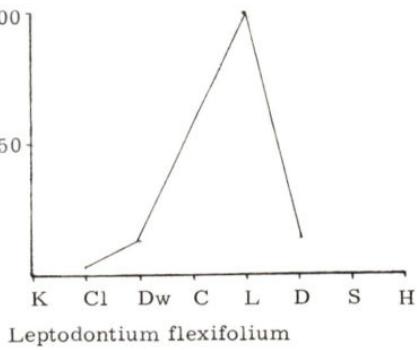
Dicranoweisia cirrhata



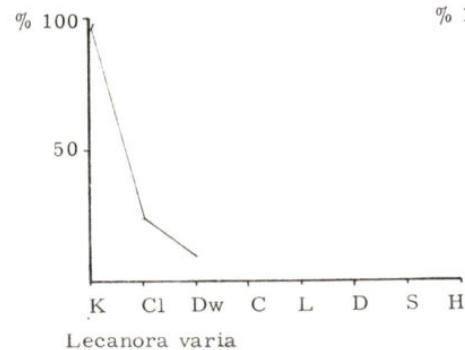
Dicranum scoparium



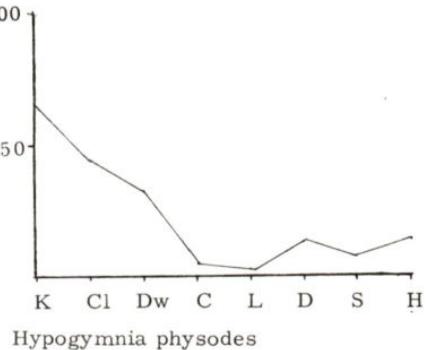
Hypnum cupressiforme



Leptodontium flexifolium



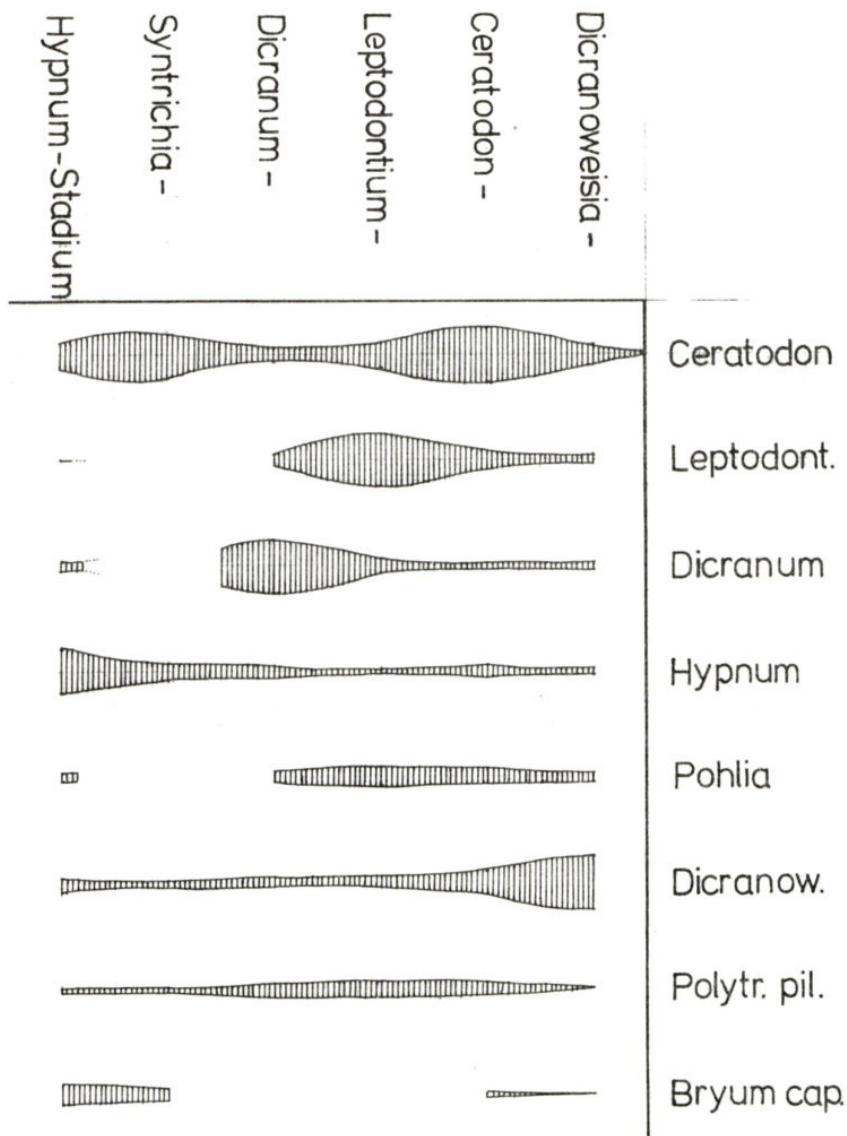
Lecanora varia



Hypogymnia physodes

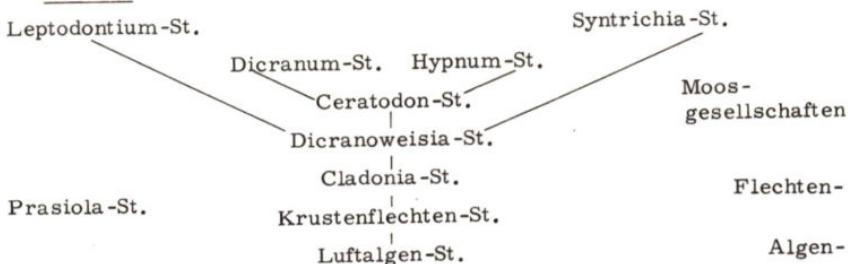
Die Verteilung der häufigsten Moose auf die einzelnen Stadien zeigt Abb. 19, wo deutlich Zu- und Abnahme sowie das Alternieren der Maxima abzulesen ist.

Abb. 19: Verteilung der häufigsten Moose auf die einzelnen Sukzessionsstadien



Die Sukzessionsfolge ist in Abb. 20 schematisch dargestellt. Aus ihr geht die Höherentwicklung von Algen- über Flechten- zu Moosgesellschaften hervor, die sich dann nach Alter und Standortsansprüchen zu differenzieren beginnt.

Abb. 20: Sukzessionsschema der Reth- bzw. Strohdachbesiedlung



Der Sukzessionsverlauf nimmt schließlich dort ein Ende, wo die Polster zu hoch wachsen und damit erosionsempfindlich werden. Gleichzeitig werden mit dem Abtrag der Moospolster auch der angesammelte Staub und die Verwitterungsreste abgespült, sodaß die Entwicklung mehr oder weniger von vorne beginnt und wir auf solchen geneigten Flächen von einem bestimmten Alter an einen dauernden, durch die Dachschräge in Bewegung gehaltenen Entwicklungszyklus bekommen.

3.2 UNTERSUCHUNG VON DAUERPROBEFLÄCHEN

Zur Beobachtung von Rethdachflächen über eine längere Zeit (1969-71) wurden in der Umgebung Kieles sechs Rethdächer mit unterschiedlichem Bewuchs ausgewählt. Da im Laufe der Zeit ein Haus abgerissen wurde und ein anderes davon neu gedeckt, verblieben zur Beobachtung über die gesamte Zeit nur noch vier Dächer, die in jährlichem Abstand, jeweils im Herbst, aufgesucht wurden. Diese Dauerbeobachtung sollte, sofern es in der kurzen Zeit möglich war, Aufschluß über die Veränderungen im Artenbestand geben, aus denen man anhaltweise auf den Sukzessionsgang schließen könnte, sowie über das Ausmaß der Veränderungen unterrichten, die durch äußeren Einfluß entstanden. Zu diesem Zweck wurden auf den Dachflächen mit durch Nägeln verankertem Draht etwa 0,3 m² große Flächen, die den Anforderungen von Aufnahmeflächen entsprachen, abgegrenzt. Bei den jährlichen Untersuchungen wurde neben den Vegetationsaufnahmen die Fläche fotografiert und die Fotos nach Vergrößerung und Entzerrung als Kartierungsgrundlage benutzt. Diese Methode erwies sich als sehr viel praktikabler als die zunächst versuchte Kartierung solch einer Dauerprobefläche mit Hilfe eines Gitternetzes.

Im einzelnen wurden folgende Dächer beobachtet:

1. Aufnahme 224, Molfsee Kr. Rendsburg, ostexponiertes Rethdach, Cladonia-Stadium mit Dicranoweisia-Anflügen,
2. Aufnahme 226, Scharnhagen Kr. Eckernförde, ostexponiertes Rethdach, Dicranoweisia-Stadium mit hohem Flechtenanteil,
3. Aufnahme 225, Molfsee Kr. Rendsburg, ostexponiertes Rethdach, beginnendes Ceratodon-Stadium
4. Aufnahme 227, Kaltenhof Kr. Eckernförde, nordexponiertes Rethdach, artenarmes Dicranum-Stadium.

Die Probeflächen lagen jeweils 1 m vom unteren Dachrand, 5-7 m vom First und 3-5 m vom seitlichen Rand entfernt.

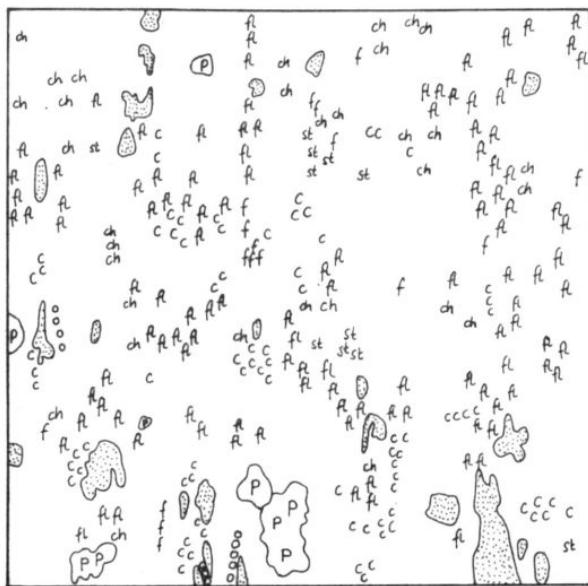


Abb. 21: Dauerprobefläche Nr. 224, 5.9.1969

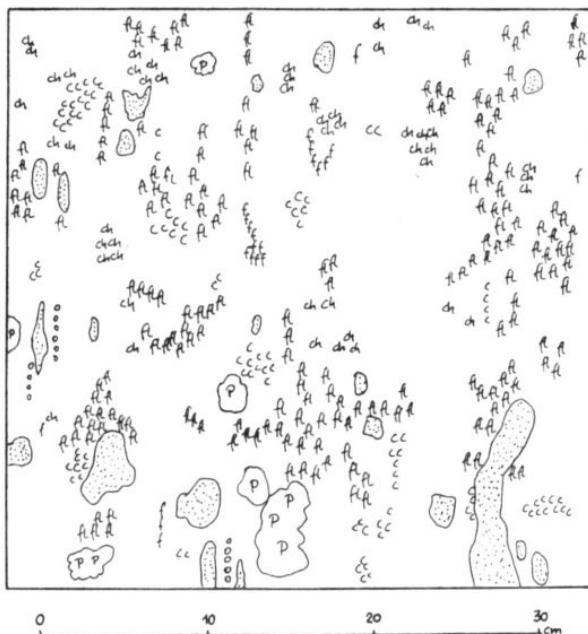


Abb. 22: Dauerprobefläche Nr. 224, 10.9.1970

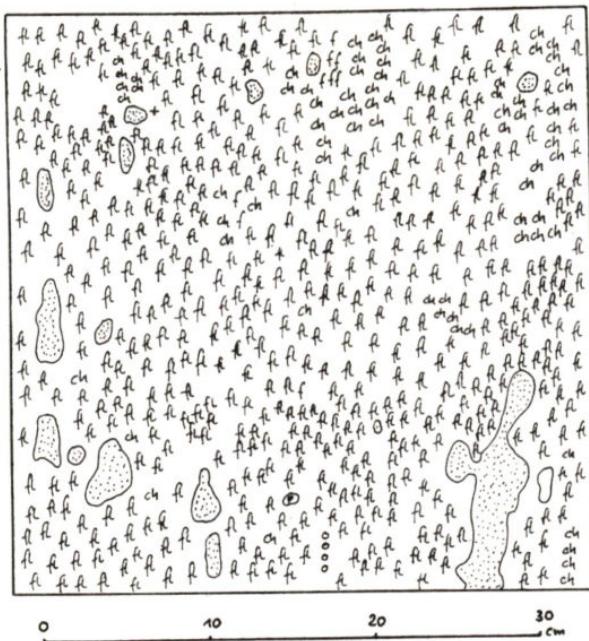


Abb. 23: Dauerprobefläche Nr. 224, 4. 10. 1971

Zu 1. (Abb. 21-23): Es handelte sich um ein ca. 15 Jahr altes Dach, das zur Hauptsache mit Cladonien besiedelt war, in die Dicranoweisia cirrhata aber schon mit einigen Polstern eindrang. Die Moosbesiedlung machte in dem Zeitraum keine Fortschritte: Der Dicranoweisia-Anteil blieb konstant bei 10%, auch die Lage der Polster blieb ungefähr die gleiche. Bei den Flechten war hingegen eine deutliche Zunahme zu verzeichnen. Die Gesamtbedeckung stieg von 60% (1969) auf 90% (1971), das insbesondere auf die rapide Zunahme von Cladonia floerkeana zurückgeht. Da das Dach völlig frei exponiert steht, verzögert sich hier anscheinend die Besiedlung mit Moosen und statt dessen breitet sich Cladonia floerkeana auf dem ganzen Dach in Massenentfaltung aus. Das Dach machte stets einen sehr trockenen Eindruck, was sich in dem lokaler Abstehen und dem leichten, spröden Abbrechen von einzelnen Halmen äußerte, sodaß hier auf Grund schlechter Feuchtigkeitsverhältnisse die Weiterentwicklung zu Moosgesellschaften gehemmt bleibt und Cladonien, die einen geringeren Bedarf an Luftfeuchte erfordern als Blattflechten, den offenen Platz einnehmen.

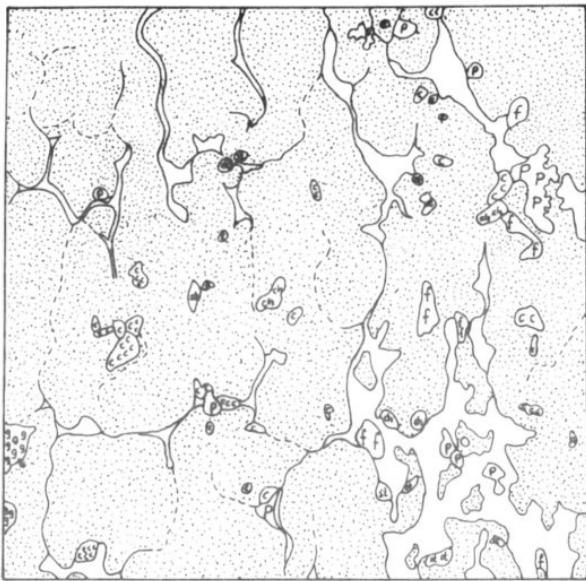


Abb. 24: Dauerprobefläche Nr. 226, 5. 9. 1969

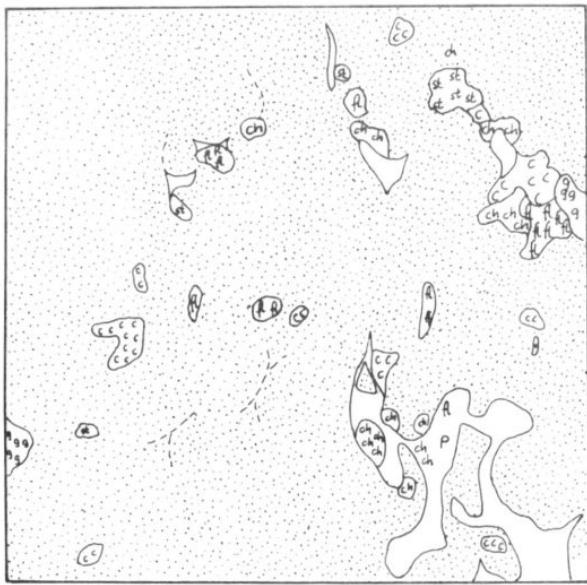


Abb. 25: Dauerprobefläche Nr. 226, 10. 9. 1970

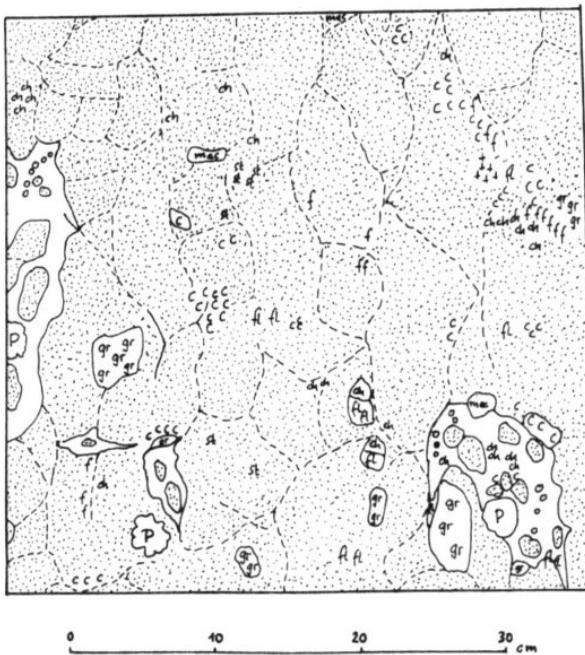


Abb. 26: Dauerprobefläche Nr. 226, 4. 10. 1971

Zu 2, (Abb. 24-26): Auch hier liegen aus dem Zeitraum keine wesentlichen Sukzessionsschritte vor. Dafür zeigte das überwiegend mit *Dicranoweisia* bewachsene Dach sehr schön jährliche Vitalitätsschwankungen seines Bewuchses. Die *Dicranoweisia*-Polster hatten sich 1969 gerade zu größeren Decken zusammengeschlossen, nur noch rund 10% der Fläche war unbewachsen. Die in Aufnahme 224 noch auf dem Rethdach siedelnden Cladonien sind hier bereits auf die Moospolster übergewechselt. 1970 hat sich die Fläche weiter geschlossen, auch die Risse zwischen den *Dicranoweisia*-Polstern sind weiter zugewachsen. Die ganze Fläche ist aber durch Frosteinwirkung (Ostexposition! Schneegebläse?) in Mitleidenschaft gezogen, die Moospolster sind zum grossen Teil gelblich verfärbt und wenig vital. Die Folgen davon zeigen sich im nächsten Jahr: die 1969 bis 1970 zusammengeschlossene Moosdecke ist durch Schrumpfungsrisse stark gefeldert, am linken Rand der Probefläche sind infolgedessen Polsterstücke herausgefallen. Auf den offen gewordenen Flächen siedeln sofort *Lecanora varia* und *Hypogymnia physodes*, die Besiedlung offener Flächen setzt also mit einem früheren Stadium wieder ein, es ist genau genommen ein Gesellschaftsmosaik entstanden. Als Hinweis auf die spätere Weiterentwicklung der Moosdecke finden sich 1971 im oberen rechten Viertel der Probefläche in den *Dicranoweisia*-Polstern schon einige *Ceratodon*-Pflanzen als Vorboten eines späteren *Ceratodon*-Stadiums.

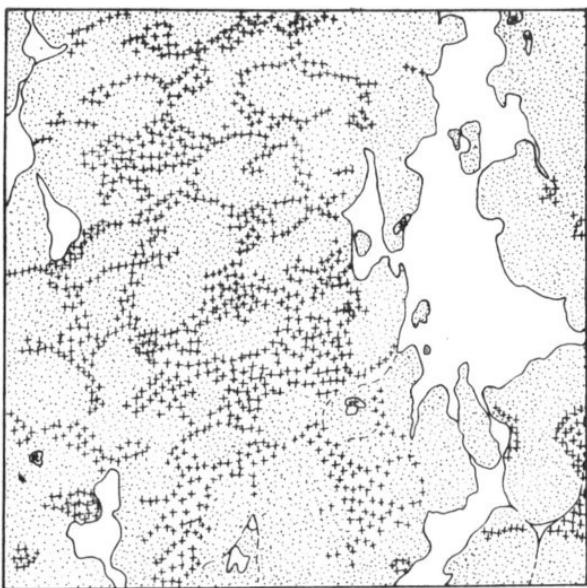


Abb. 27: Dauerprobefläche Nr. 225, 5.9.1969

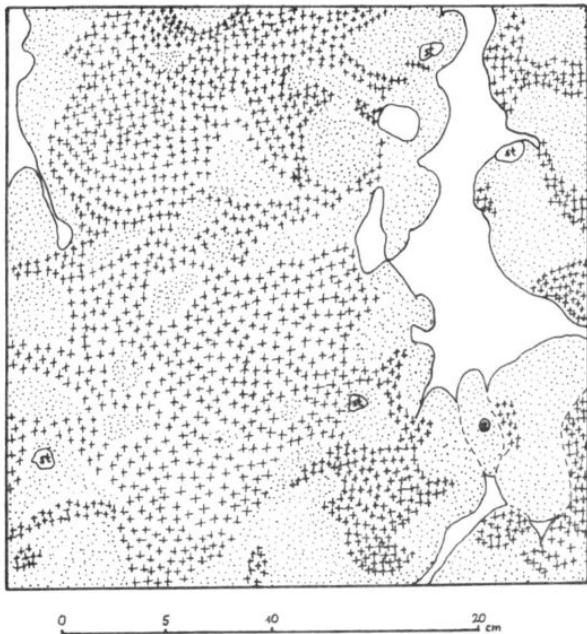


Abb. 28: Dauerprobefläche Nr. 225, 16.9.1970

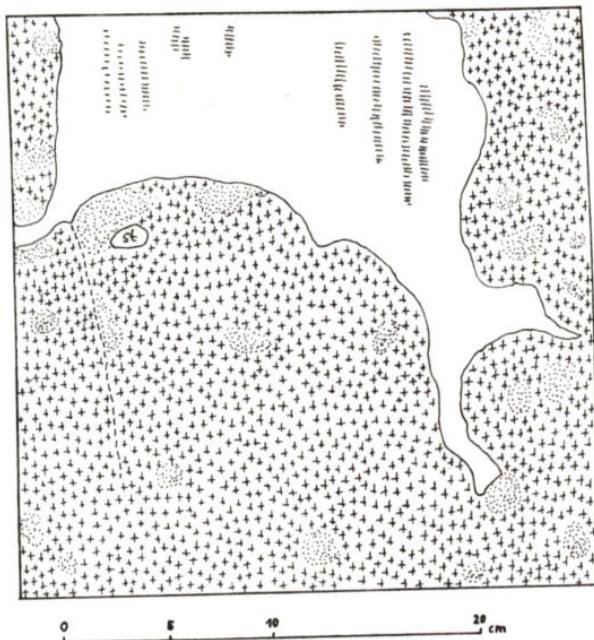


Abb. 29: Dauerprobefläche Nr. 225, 4. 10. 1971

Zu 3. (Abb. 27-29): Die Erscheinung, daß *Ceratodon* die *Dicranoweisia*-Polster besiedelt, zeigt sich noch deutlicher in dieser Probefläche. 1969 waren dort vorherrschend *Dicranoweisia*-Polster, auf denen *Ceratodon* in ornamentalen Mustern netzartig wuchs, eine überaus typische Erscheinung (vgl. Foto 6), da *Ceratodon* die Vertiefungen zwischen den Polstern bevorzugt, die nicht so eine hohe Wachstumsrate aufweisen wie die Mitte von Moospolstern. Ein Jahr später sind nicht nur größere, bislang offene Flächen zugewachsen, sondern hat sich auch der *Ceratodon*-Anteil von 40% auf 65% erhöht, der von *Dicranoweisia* hat hingegen von 60% auf 35% abgenommen. Dieses Verhältnis hätte sich noch vollends umgekehrt, wären nicht in der Zwischenzeit die Polster auf durchschnittlich 6 cm, maximal 8 cm hochgewachsen, sodaß ein Teil der Polster bei Regenfällen oder Schneerutschungen entfernt wurde. Die Gesamtdeckung des Daches sank dadurch 1971 von 90% auf 40%. Trotzdem hat *Ceratodon* fast die gesamte übrige Fläche eingenommen, nur an einigen Stellen tauchen noch *Dicranoweisia*-Reste auf, die in naher Zukunft sicher ebenfalls überwuchert werden. Für *Dicranoweisia* besteht jetzt die Möglichkeit, die offenen Stellen zu besiedeln, die bislang erst von Algen (*Chlorhormidium flaccidum*) in grünen, halbparallelen Streifen bewachsen sind. So hat sich hier in relativ kurzer Zeit der Übergang vom *Dicranoweisia*- zum *Ceratodon*-Stadium vollzogen.

Zeichenerklärungen zu Abb. 21-29

	Dicranoweisia cirrhata		mac	Cladonia macilenta
	Ceratodon purpureus		CC	Cladonia cornuto-radiata (subulata)
	Cladonia floerkeana		st	Cladonia, sterile Lager
	Cladonia chlorophaea		P	Hypogymnia physodes (Parmelia)
	Cladonia gracilis		oo	Lecanora varia
	Cladonia fimbriata		≡≡	Chlorhormidium flaccidum

Zu 4. (ohne Abb.): Hier lag auf einem sehr alten, mäßig beschatteten Dach eine nahezu geschlossene *Dicranum scoparium*-Decke vor, die sich innerhalb von zwei Jahren überhaupt nicht veränderte. 1969 wuchs lediglich ein Exemplar von *Senecio vulgaris* darin, 1971 hatte sich ein Thallus von *Hypogymnia physodes* darin niedergelassen. Da die *Dicranum*-Dächer zu den ältesten beobachtbaren Dächern gehören, ist die mangelnde Dynamik in diesem Stadium verständlich, ist doch hier ein vorläufiges Endstadium in der Vegetationsentwicklung erreicht, das nur durch einen Abtrag der Polster und damit durch eine Neubesiedlung der Flächen, also eine Wiederholung der Sukzessionsfolgen, abgelöst wird. Dieser Effekt war auf demselben Dach, leider außerhalb der abgesteckten Probefläche, zu beobachten. Hier waren am Trauf des Daches *Dicranum*-Polster herabgerissen worden. Die freigewordene Fläche besiedelte sich mit *Dicranum*-Jungwuchs (aus verbliebenen Stengelteilen, Rhizoiden oder herangewicherten Bruchblättern), *Dicranoweisia cirrhata*, *Cladonia chlorophaea* und *Cl. fimbriata*, *Lecidea humosa* und *Ramalina pollinaria*.

Die Beobachtung von Dauerprobeflächen hat also einen genauen Aufschluß über die Übergänge vom *Cladonia* - zum *Dicranoweisia* - und *Dicranoweisia* - zum *Ceratodon*-Stadium gegeben. Wie sich gezeigt hat, sind jedoch in den meisten Fällen längere Zeiträume erforderlich, um ein genaues Bild der qualitativen und quantitativen Veränderungen zu bekommen, sodaß hier lediglich eine aneutungsweise Erprobung des Verfahrens wiedergegeben werden konnte.

Die Vegetationsaufnahmen aus den einzelnen Jahren, die tabellarisch die Veränderungen belegen, sind in Tab. 22 wiedergegeben.

Probeflächennr.	224			Probeflächennr.	226		
Jahr	69	70	71	Jahr	69	70	71
<i>Dicranoweisia cirrhata</i>	10	10	10	<i>Dicranoweisia cirrhata</i>	70	85	90
<i>Cladonia subulata</i>	10	10		<i>Cladonia gracilis</i>	5	3	5
<i>Cladonia floerkeana</i>	25	35	70	<i>Cladonia floerkeana</i>		5	
<i>Cladonia fimbriata</i>	3	2	+	<i>Cladonia chlorophcea</i>	1	3	2
<i>Cladonia chlorophcea</i>	10	8	10	<i>Cladonia subulata</i>	5	3	2
<i>Hypogymnia physodes</i>	5	10	r	<i>Hypogymnia physodes</i>	5	+	2
<i>Lecanora varia</i>	1	2	+	<i>Cladonia fimbriata</i>	3		
				<i>Cladonia impexa</i>		(+)	
				<i>Cladonia sp. steril</i>	1	2	
Probeflächennr.	225			<i>Cladonia macilenta</i>			1
Jahr	69	70	71	<i>Lecanora varia</i>			1
<i>Dicranoweisia cirrhata</i>	55	35	10				
<i>Ceratodon purpureus</i>	45	65	50	Tabelle 22: Aufnahmen von Dauerprobeflächen			
<i>Cladonia sp. steril</i>	1	3	+				

3.3 DAUERBEOBACHTUNG EINES VERSUCHSDACHES

Datailierteren Aufschluß über die während eines Jahres erfolgten Veränderungen innerhalb einer Probefläche ergab die 1970/71 durchgeführte Dauerbeobachtung des Versuchsdaches im Botanischen Garten Kiel. Diese je 4 m² großen Rethdachflächen wurden im Herbst 1969 aus einem zum Abbruch bestimmten Haus in Neuwittenbek (Kr. Eckernförde) entnommen und in derselben Exposition (O-W) bei einer Traufhöhe von 2 m in Kiel wieder aufgestellt.

Die Ostseite war spärlich mit *Ceratodon purpureus* bewachsen, die Westseite kurz zuvor abgeharkt worden und nur noch mit *Ceratodon*-Resten bedeckt. Auf der Ostseite wurden Ansalbungsversuche mit verschiedenen Moosarten unternommen, so mit *Polytrichum piliferum*, *P. gracile*, *Syntrichia ruralis*, *Brachythecium albicans*, *Dicranum scoparium*, *Hypnum lacunosum* und *Leptodontium flexifolium*. Interessanterweise konnte sich nur die letzte Art in Resten erhalten, obgleich die Polster, die mit Draht verankert waren, im Winter bei Schneerutschungen losgerissen wurden. Für die übrigen Arten trafen die hier gebotenen Standortverhältnisse nicht zu: Für die auf abgestorbenen Moospolstern siedelnden *Polytrichum*-Arten fehlte eine entsprechende organische Auflage, für *Syntrichia* und *Brachythecium* sowie *Hypnum lacunosum* dürfte, den pH-Ansprüchen dieser Arten entsprechend, das Substrat zu sauer gewesen sein.

Für *Leptodontium* hingegen bot das Dach einen potentiellen Standort hinsichtlich der geographischen Lage (westlich der 0° Januarisotherme) und des Standorts in etwas luftfeuchter Lage in der Nähe der Kieler Förde. Die erfolgreiche Ansalbung von *Leptodontium* beweist den Anspruch hinsichtlich der Luftfeuchte, der bei dem ursprünglichen Standort des Daches (frei exponiert in flachem Gelände) nicht gegeben war, weshalb dort nur *Ceratodon* und *Cladonien* auf-

kommen konnten.

Durch die monatlich bis zweimonatlich durchgeführten Vegetationsaufnahmen von den Dachflächen (Tab. 23) konnte ein Einblick in den jahreszeitlichen Aspektwechsel gewonnen werden.

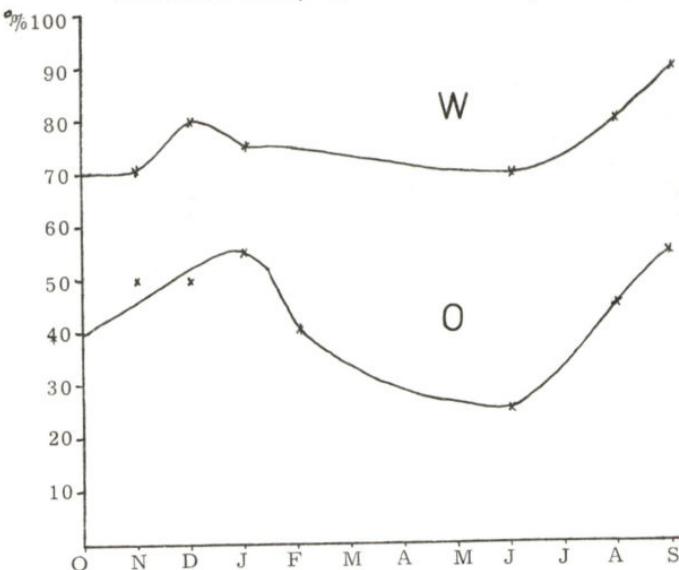
Tabelle 23

	0										W									
	20,10,70	23,11,70	15,12,70	20,1,71	25,2,71	8,6,71	23,8,71	29,9,71			20,10,70	23,11,70	15,12,70	20,1,71	25,2,71	8,6,71	23,8,71	29,9,71		
<i>Ceratodon purpureus</i>	40	50	50	55	40	25	45	55			70	70	80	75	75	75	70	80	90	BrChcaesp
<i>Leptodontium flexifolium</i>	5	3	2	3	+	2	5													BrChcaesp
<i>Cladonia fimbriata</i>	3	3	3	3		2					+	1	2	1	2					LChcal
<i>Cladonia</i> sp. <i>steril</i>			1	1	2		+				+		2	1						LChcal
<i>Sphaerobolus stellatus</i>	+	1	1	+	0		r				5	3	2	1					1	MycTh
<i>Mycena</i> sp.				+																MycGepi
<i>Hypnum cupressiforme</i>						r										r	r	r		BrChrept
<i>Dicranum scoparium</i>						+														BrChcaesp
Algen	v	v	v	v	v	v	v	v			v	v	v							

Der kühle und feuchte Herbst stellt die Hauptvegetationsperiode der Dachmoosvegetation dar und bringt auf Grund günstiger Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse auch die besten Voraussetzungen für Algen- und Pilzbewuchs. Auf der Ostseite hatte *Ceratodon* von 5% im Sommer 1969 auf 40% im Sommer 1970 zugenommen. Im Laufe von Herbst und Winter stieg der Anteil weiter auf 55%, um im Laufe des nächsten Sommers durch

Austrocknung und den dadurch erfolgten Abtrag auf 25% zurückzugehen. Die

Abb. 30: Jahreszeitliche Veränderungen der Bedeckungsprozente von *Ceratodon purpureus* auf dem Versuchsdach (1970/71) in W- und O-Exposition



Schäden durch die sommerliche Trockenheit wurden dann im Herbst durch vermehrten Zuwachs ausgeglichen. Im Herbst 1971 stieg der Ceratodon-Anteil wieder auf 55% und damit wieder auf den winterlichen Vorjahresstand. Auf der Westseite war diese Periodik, die in Abb. 30 veranschaulicht ist, zwar nicht so ausgeprägt, aber ebenfalls sichtbar.

Neben der Sommertrockenheit spielt der Abtrag durch Schneerutschungen im Winter eine Rolle, bereits im Februar war auf der Ostseite der Ceratodon-Anteil von 55% auf 40% gesunken. Die dadurch entstandenen Lücken bewirken im Sommer eine rasche Austrocknung der Polster von der Seite her, eine Aufbiegung der Polsterränder und dadurch eine Ablösung vom Untergrund.

Pilze erscheinen in feuchten Herbstmonaten und bleiben bis zu den ersten längeren Frostperioden, in diesem Fall bis in den Januar hinein. Auf dem Versuchsdach nahm zumeist der "Kugelschneller", *Sphaerobolus stellatus*, größere Flächen auf offenen Rethalmen mit seinen mm großen, orangenen Bechern ein.

Mit Schnee- und Dauerfrostperioden erlischt das Wachstum auf dem Dach. Die im Herbst reichlich vertretenen Algen, (auf dem Versuchsdach wurden *Chlorhormidium flaccidum*, *C. mucosum*, *Chlamydomonas spec.*, *Chlorella vulgaris*, *Stichococcus minor* und *Desmococcus vulgaris* festgestellt), die nur in dieser humiden Jahreszeit für das bloße Auge in größerer Entwicklung sichtbar werden, bevorzugt auf feuchterem Trauf des Daches, bilden sich zu Dauerstadien um. Die fädigen Arten zerfallen bei niedrigen Temperaturen in einzelne Zellen. *Chlamydomonas* bildet in Gallerthüllen eingebettete Akineten, nur *Desmococcus* und *Chlorella* bleiben wenig verändert, bei ihnen schrumpft nur der Chloroplast sichtlich.

Trotz tiefer Temperaturen werden nur selten Frostschäden an Moosen in Form von zerstörten Zellinhalten, die eine Gelbfärbung der Blätter hervorrufen, festgestellt. Nach Untersuchungen von DIRCKSEN (1964) sind experimentell Temperaturen von über -20°C ohne Schädigung überstanden worden. In einigen Fällen wurden Schädigungen der Sproßgipfel beobachtet, die jedoch alsbald durch seitliche Innovationen wieder überwachsen wurden.

Das Frühjahr bringt wiederum eine kleine Wachstumsperiode, die jedoch bei langem Winter und darauf folgendem trockenen Frühjahr auch ausbleiben kann, wie es in dem trockenen Frühjahr 1970 beobachtet wurde, wo nur gelegentlich Austriebe und Jungtriebe auftraten. Normalerweise bringen Moose jedoch in dieser Jahreszeit einen Frühjahrstrieb hervor.

Der Sommer wird die längste Zeit in Trockenstarre verbracht, die gelegentlich auftretenden Regenfälle bewirken keine langdauernde Anfeuchtung des Substrates, da Sonnenscheindauer und hohe Temperaturen eine rasche Austrocknung bewirken. Von Algen ist in dieser Jahreszeit makroskopisch überhaupt nichts zu sehen. (Ausnahmen machen *Prasiola*-Dächer, die großflächig mit Thalli bedeckt sind.) Kratzt man jedoch einen Rethalm ab, so findet man im mikroskopischen Präparat Algen in geringer Menge, die sich in den Halmriffen zurückgezogen haben und bei längerer Befeuchtung im Herbst von hier ausgehend durch schnelles Wachstum bald größere Flächen bedecken können.

An spontan auftretenden neuen Arten erschienen auf dem Versuchsdach im Herbst 1971 *Dicranum scoparium* und *Hypnum cupressiforme*. Während *Hypnum* nur in einzelnen Stengeln aufgefunden wurde, machte *Dicranum* einen sehr vitalen Eindruck.

So weist die Rethdachvegetation eine ganz typische Jahresperiodizität auf, die offensichtlich temperatur- und niederschlagsbedingt ist. Nach SJÖGREN (1964) kann man bei Schwankungen der Mengenverhältnisse innerhalb einer Probefläche insgesamt folgende Veränderungen unterscheiden: zufällige, abrupte, periodische, irreguläre und sukzessive. Zufällig sind in diesem Fall geringe Schwankungen, wie sie aus Tab. 23 hervorgehen, abrupte Veränderungen durch menschliche Eingriffe (Abharken, Ausbessern des Daches). Periodisch ist der jahreszeitliche Wechsel in der Bedeckung. Irregulär wären Schwankungen auf Grund verschiedener Witterungsbedingungen in den einzelnen Jahren und sukzessive z.B. die Abnahme der Moosdecke bei langsamer Beschattung durch einen Baum. So ergibt sich in der Variation dieser Möglichkeiten eine Vielfalt von Veränderungen, die eine durch Alter, geographische Lage und besondere Standortverhältnisse umrissene Dachvegetation noch im einzelnen gestalten können.

4. Die systematische Stellung der kryptogamen Rethdachgesellschaften

4.1 BEHANDLUNG DER KRYPTOGAMENGESELLSCHAFTEN IM ALLGEMEINEN

Kryptogamengesellschaften werden allgemein in abhängige und unabhängige bzw. unselbständige und selbständige Gesellschaften unterteilt: "Die niederen Pflanzen schließen sich entweder höher organisierten Vegetationseinheiten als gleichwertige Gesellschaftsglieder oder aber als abhängige Gesellschaften an, oder sie bilden unter extremen Standortbedingungen gefäßpflanzenfreie, selbständige, meist sehr niedrig organisierte Gesellschaften." (BRAUN-BLANQUET 1951).

Als gleichwertige (unabhängige) Gesellschaftsglieder sind z.B. die Moose in Mooren zu verstehen, wo Phanerogamen, Moose und Pilze in einer Vegetationsschicht zusammen siedeln. Die Gleichberechtigung der Moose schlägt sich dann auch in Bezeichnungen wie *Oxycocco-Sphagnetea* nieder.

Abhängige Kryptogamengesellschaften sind Teile mehrschichtiger Assoziationen, z.B. die Moosschicht in einem Wald oder der Heide, die von den von den höheren Pflanzen geschaffenen Standortbedingungen abhängig sind.

Als selbständige Gesellschaften bezeichnet man reine Kryptogamengesellschaften auf Steinen, lebendem oder totem Holz, Erdblößen etc., z.B. die silikatischen Felsmoosgesellschaften (*Grimmietalia commutatae*).

Die Trennung von selbständigen und abhängigen Kryptogamengesellschaften bringt jedoch nicht nur praktische Anwendungsschwierigkeiten mit sich, sondern hat auch zu einer Vielzahl von verschiedenen Auffassungen über die systematische Stellung geführt. Einerseits wurden aus mehrschichtigen Assoziationen kleine Synusien herausgelöst und zu selbständigen Einheiten erhoben. So schreibt KRIEGER (1937) bei der Behandlung von flechtenreichen Gesellschaften der Mark Brandenburg: "Es gibt dort eine Reihe öfter wiederkehrender Artenkombinationen, die hier als Assoziationen beschrieben werden sollen." Es werden dann in den Aufnahmen der *Cladonia mitis*-"Assoziation" 24 Phanerogamenarten, 21 Flechten- und 2 Moosarten angeführt, die im Grunde genommen eine Assoziation von verschiedenen Einschichtgesellschaften, Sozietäten, aber keine Flechtenassoziation darstellen. Man unterscheidet nach BRAUN-BLANQUET (1951) die Gesamtvegetation (Assoziation, Soziation im Sinne von DU RIETZ 1932 und GAMS 1918) und Teile der Gesamtvegetation,

nämlich Einschichtgesellschaften (Sozietäten, Vereine im Sinne von HERZOG 1942). Sicherlich haben einige Kryptogamengesellschaften, die selbständige Einschichtgesellschaften sind, den Rang von Assoziationen. Das gilt aber nicht für das zitierte Beispiel, wo die Flechtenzusamensetzung lediglich ein Teil einer mehrschichtigen Gesellschaft ist. KLEMENT (1955) führt mit Recht die speziellen Lebensbedingungen der Flechten an, durch die sich Flechtengemeinschaften von anderen Gesellschaften unterscheiden, wertet aber alle Flechtengesellschaften generell als Assoziationen. Würde man sich bei der Behandlung der Rethdachvegetation dieser Ansicht anschließen, läge auf solchen Dächern eine Vielzahl von Assoziationsgemischen von lagernden Algen, haftenden Flechten und oberflächlich wurzelnden Moosen vor. Damit wäre die Assoziation im alten Sinne zugunsten von nur noch von Spezialisten durchschauhbaren größeren Anzahlen von Kleinstassoziationen aufgespalten. Logischerweise müßte man dann nicht mehr von einer Assoziation sprechen, sondern von einer "Dissoziation". Ein Calluno-Genistetum wäre dann in eine Vielzahl von Phanerogamen-, Moos-, Flechten und Bodenalgen-Assoziationen "dissoziiert".

Im Gegensatz dazu wurden entsprechende Einheiten nach einem Vorschlag HERZOGS (1942) als "Verein" bezeichnet, also typische, unter gleichen Standortsbedingungen wiederkehrende Vergesellschaftungen von Moosarten beschrieben. So sind z.B. der Mnium-Climacium dendroides-Verein v. Krusenstjerna 1945, der Acrocladium-Climacium-Verein Poelt 1954, der Camptothecium nitens-Verein Poelt 1954 u.v.a.m. Bestandteile von Kleinseggen-Sumpfen (*Caricetea fuscae*). Je nachdem beließe man also Moosvergesellschaftungen im Rahmen von größeren Einheiten oder eliminierte sie, wofür eine neue Bezeichnung "Bryozoologie" geschaffen wurde.

Bezüglich begrifflicher und methodischer Fragen zu diesem Komplex, insbesondere der Trennung von Phytocoenosynsystem (Soziation-Assoziation-Verband) und Synusialsystem (Soziatät-Union-Federation) vgl. BARKMAN (1958) und WILMANNS (1962).

Die selbständigen Moosgesellschaften wurden schon bald in das pflanzensoziologische System eingeordnet, wogegen auch nichts einzuwenden ist, denn mit gleicher Berechtigung wie von Felsspalten-Gesellschaften (*Asplenietea*) kann man auch von Felsmoosgesellschaften (*Grimmietalia*) sprechen. Ein geringfügiger Unterschied besteht nur in der niedrigeren Organisation der von Flechten oder Moosen aufgebauten Gesellschaften.

Kritisch wird es dann, wenn man selbständige und abhängige Gesellschaften auseinanderhalten will. Wie so oft bestehen fließende Übergänge. Z.B. ist das *Syntrichietum laevipilae* in Mitteleuropa eine Moosgesellschaft freistehender Laubbäume, wird daher auch als selbständige Gesellschaft aufgefaßt. *Syntrichia laevipila* ist eine submediterrane Art, die in Norddeutschland als Charakterart nur noch selten auftritt und mit dem letzten Vorkommen von Edellaubhölzern in Südkandinavien verschwindet. In ihrem Hauptverbreitungsgebiet im Mittelmeerraum kommt die Art jedoch nicht an freistehenden Bäumen vor, sondern in Beständen von *Olea europaea* oder *Quercus suber*. Tritt die Gesellschaft nun einmal selbständig und ein anderes Mal abhängig auf? Fragt man sich, wo es in der Naturlandschaft Mitteleuropas ursprünglich freistehende Laubbäume gegeben hat, dann allenfalls am Rande von Waldlichtungen, Sumpfen, Mooren oder Blockhalden, also immer am Rande von Beständen. Waldränder, die heute Standorte für solche Arten abgeben, werden als spezielle Saumgesellschaften aufgefaßt, epiphytische Moosgesellschaften wären

also auch hier von diesen abhängig. Das *Syntrichietum latifoliae*, das Pappeln und Weiden in Stromtälern besiedelt, wächst doch damit praktisch auf Resten des *Salico-Populetum* und wäre ebenfalls eine abhängige Gesellschaft. TÜXEN et al. (1957) nennen die übrigen Gesellschaften dann mit Recht auch "völlig abhängige Gesellschaften". Man müßte dann also solche völlig abhängigen Gesellschaften wie das *Blepharostomion* auf morschen Nadelholzstubben, das *Diphysciatum foliosi* Philippi 1963 von Sauerhumuswäldern von weniger abhängigen Gesellschaften wie die oben genannten Beispiele und beide schließlich von den selbständigen Gesellschaften trennen.

Nun lassen sich die völlig abhängigen Gesellschaften aber nicht in ein pflanzensoziologisches System einordnen, da sie keine gleichwertigen Glieder stellen. Man kann nicht das Ganze und ein Teil des Ganzen mit dem gleichen Terminus "Assoziation" belegen. Wo dies durchgeführt wurde, sieht dies folgendermaßen aus: Eine Assoziation wie das *Fagetum subatlanticum* enthält das *Scopario-Hypnetum filiformis*, *Isothecietum myuri*, *Neckeretum complanatae*, *Lophocoleetum heterophyllae*, *Diphysciatum foliosi*, *Calypogeietum fissae* u. a. m., unberücksichtigt zahlreiche "Flechtenassoziationen". In solcher Assoziation langläufigen Sinnes wären danach acht verschiedene Moosassoziationen enthalten, die wiederum noch fünf verschiedenen Verbänden und drei verschiedenen Klassen angehören. Dadurch ist der traditionelle Assoziationsbegriff durch eine Vielzahl von Kleinstassoziationen (im Englischen *Micro-Assoziation* genannt) zersplittert.

Man sollte schon Moos-, Flechten- oder Algenvergesellschaftungen als das bezeichnen, was sie wirklich darstellen, nämlich einschichtige Synusien. Diese wären aber nicht als Assoziationen, sondern als Sozietäten und Unionen aufzufassen, wobei bei der Benennung zur Vermeidung neuer Endungen oder anderer Ausdrücke die herkömmlichen Endungen beibehalten werden können. Damit wäre das *Syntrichietum laevipilae* eine Sozietät photophiler Moose auf Laubbäumen, unabhängig davon, ob die Gesellschaft Teil eines Verbandes sein kann (*Quercion subri*) oder isoliert vorkommend einer eigenen Union (*Syntrichion laevipilae*) angehört. Damit entfiele die verwirrende Trennung von selbständigen und abhängigen Kryptogamengesellschaften und ihre unterschiedlichen Folgen bei der Benennung und Klassifizierung.

FRIEDEL (1956) ersetzt die Unterscheidung von den sog. abhängigen Kryptogamengesellschaften durch die folgende Unterteilung, die den Beziehungen der Synusien zu den Assoziationen besser gerecht wird:

1. korrelierende Synusien, d.h. mehr oder weniger stark an eine Assoziation gebundene Einheiten, z.B. der *Pellia epiphylla-Catharinea undulata*-Verein im *Alno-Ulmion*, diverse *Epiphytensynusien* (*Dicrano-Hypnetum filiformis* Barkm. 1958, *Isothecietum myuri* Sjögren 1961) im *Fagion*. Hierher wären auch die Unterschichtsynusien FRIEDELS zusammenzufassen.
2. halbkorrelierende Synusien, d.h. in verschiedenen Assoziationen vertretene Einheiten, z.B. die gleichartige Mooschicht im *Dicrano-Pinetum* und *Calluno-Genistetum* oder aber teils allein für sich existierende, teils an eine Assoziation gebundene Einheiten, z.B. das *Syntrichietum latifoliae* auf freiliegenden Steinen und in Auenwäldern.
3. Lückensynusien, d.h. in mosaikartigem Wechsel mit höheren Assoziationen auftretende Einheiten, z.B. das *Pottietum truncatae* auf Erdblößen im *Lolio-Cynosuretum*.

Das Gleiche bezeichnet BARKMAN (1970) als Kennsynusie (1), Begleitsynusie (2) und gesellschaftsfremde Synusie (3).

Alle diese Synusien können entweder in Assoziationstabellen als Schichten erfaßt werden oder für sich behandelt werden, wobei die Art der Bindung an eine Assoziation anzugeben ist.

4.2 DIE STELLUNG DER KRYPTOGAMEN DACHGESELLSCHAFTEN

Die vorläufig, in Unkenntnis ihrer Wertigkeit, als Stadien bezeichneten Einheiten, stellen teils einschichtige Gesellschaften (Algenanflüge, initiale Flechtengesellschaften), teils mehrschichtige Gesellschaften (z.B. die Moosgesellschaften) dar. Einschichtgesellschaften (Sozietäten) bestehen nur aus einer Synusie, in den Mehrschichtgesellschaften (Assoziationen) schließen sich mehrere Synusien zu einer Einheit zusammen, wie es FRIEDEL (1956) sehr anschaulich bildlich dargestellt hat (Abb. 31). Diesen Verhältnissen wurde insoweit entsprochen, als in den Assoziationstabellen die Vertreter der einzelnen Synusien (meist gleichbedeutend mit verschiedenen systematischen Gruppen, die sich durch verschiedene Lebensformzugehörigkeit unterscheiden) getrennt aufgeführt wurden.

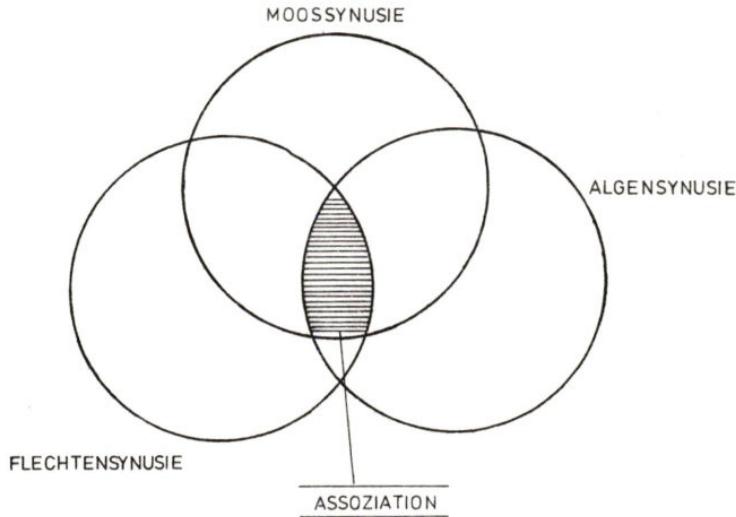


Abb. 31: Assoziationsbildung durch einzelne Synusien, für Rethdachgesellschaften vereinfacht dargestellt nach FRIEDEL (1956)

Die niedrige Organisation dieser Gesellschaften tut dem Assoziationsbegriff keinen Abbruch, da Assoziationen durchaus eine unterschiedliche Wertigkeit besitzen, z.B. das Sphagnetum *medii et rubelli* im Vergleich mit dem *Ericetum tetralicis*. Genausowenig besteht also ein prinzipieller Unterschied zwischen dem Sphagnetum *medii* und einer Dachmoosgesellschaft. Der relativ künstliche Standort auf Dächern macht dabei ebenso keinen Unterschied, da Dachgesellschaften im Prinzip nichts anderes als etwa Hackunkrautgesell-

schaften darstellen.

Eigentümlich ist diesen Dachgesellschaften das besondere Substrat, das ja genaugenommen aus trockenen Gramineenhalmen besteht. Dies erschwert nämlich die standörtliche Einordnung dieser Gesellschaften durch die Charakterisierung des Substrats.

Grundsätzlich kann man vier verschiedene Modi zur Bezeichnung der Lebensweise einer Gesellschaft heranziehen:

1. nach der Ernährung: autotroph, mixotroph, heterotroph, saprophytisch, parasitisch
2. nach dem Standort: epigäisch, epiphytisch, epilithisch, epixylich
3. nach dem Lebensraum: aquatisch, terrestrisch, aerophytisch
4. nach dem Grad der Anpassung: obligat (exclusiv), fakultativ (-präferent, -indifferent, -occasional).

So gibt es z.B. parasitische, obligat epiphytische, aerophytische Baumpilzgesellschaften oder aquatische, autotrophe, fakultativ epiphytische Wasseralgen-Haftgesellschaften.

Trotz dieser Auswahl an Termini macht die Einordnung der Reth- und Strohdachvegetation Schwierigkeiten. Epiphyten sind es nicht, (obwohl zwar epiphytische Arten auftreten), da per definitionem ein Epiphyt "auf einer Pflanze lebt oder in dem toten äußeren Gewebe einer Pflanze ohne Wasser und Nährstoffe von dessen lebendem Gewebe zu beziehen" (BARKMAN 1958). Da hier aber totes organisches Material als Untergrund vorliegt, müßte man die Rethdachvegetation zu den Epixylen rechnen, mit dem Unterschied, daß Reth schlecht als Holz zu bezeichnen ist, obwohl die Parallele zu Faulholz recht nahe liegt. Man unterscheidet gewöhnlich holzbewohnende Arten und Gesellschaften (Xylophyten) folgendermaßen:

- I. auf lebendem Substrat: Epiphyten
 - a. Blattbewohner, epiphylle
 - b. Stammbewohner, epidendren
 1. reine Rindenhafter, corticole
 2. auf erdigen Anweihungen, humicole
- II. auf totem Substrat: Epixylen.

An sich müßte hier eine neue Unterteilung durchgeführt werden, es soll aber vermieden werden, hier einen neuen Begriff aus der Taufe zu heben, etwa Epitecten oder Tectophyten o.ä.

Da auf Grasdächern sowohl epiphytische als auch epigäische Arten auftreten, ähnlich dem Wechsel von corticolen zu humicolen epidendrischen Arten, könnte man hier von einem Wechsel von epixylen zu epigäischen Verhältnissen reden, zumal viele der auf Dächern auftretenden Flechten nicht nur epiphytisch, sondern zugleich auch epixyl sind.

Im einzelnen ist nun zu prüfen, ob es sich um eigene, "rethdachspezifische" Gesellschaften handelt, oder aber um Fragmente oder Derivate von epiphytischen bzw. epigäischen Gesellschaften.

4.3 EINORDNUNG UND BENENNUNG DER BESCHRIEBENEN SUKZESSIONSTADIEN

4.3.1 Algengesellschaften: *Pleurococcetum vulgaris, Prasioletum crispae*

Die initialen Algenanflüge auf Rethdächern weisen sehr große Verwandtschaft mit dem *Pleurococcetum vulgaris* Ochsner 1928 von Baumstämmen auf. OCHSNER führt als bezeichnende Arten *Pleurococcus vulgaris*, *Protococcus viridis*, *Stichococcus dissectus* und *Chlorella vulgaris* an. *Pleuro-* und *Protococcus* werden heute zu *Desmococcus* zusammengefaßt, *Stichococcus dissectus* = *bacillaris*. Alle angeführten Arten sind auch auf Rethdächern gefunden worden. Es liegt zudem nahe, daß solche, durch keine Ausbreitungsschranken beeinträchtigten, nahezu kosmopolitischen Algengesellschaften auf Rinde und Reth identisch sind oder nur geringfügig durch das unterschiedliche Substrat modifiziert sind. Genauere Aussagen setzen aber noch genauere Untersuchungen dieses für die Rethdachsukzession relativ unbedeutenden Abschnittes voraus.

Da die Charakterart *Desmococcus vulgaris* niemals auf initialen Besiedlungsstadien frisch gedeckter Dächer auftrat, sondern immer an etwas beschatteten Stellen älterer Dächer, kann man der Ansicht sein, es handle sich hier um ein initiales Algenstadium mit vorwiegend einzelligen coccalen Arten und ein älteres Stadium mit vorwiegend capsalen Arten vom "Zellhäufchentypus" (OCHSNER). Jedenfalls scheint es angebracht, die Bestände einzelliger Luftalgen in dem *Pleurococcetum* zusammenzufassen, auch wenn *Pleurococcus* (*Desmococcus*) nicht immer präsent ist.

Die von *Prasiola crispa* charakterisierte nitrophile Gesellschaft entspricht dem *Schizogonietum cruenti* Ochsner 1928. OCHSNER gibt *Schizogonium cruentum*, *crispum* und *murale* sowie *Stichococcus flaccidus* als bezeichnende Arten an. Unter *Schizogonium* verbergen sich die fädigen Formen von *Prasiola crispa*, unter *Stichococcus flaccidus* = *Ulothrix flaccida* verbirgt sich nach neuerer Nomenklatur *Chlorhormidium flaccidum* (= *Hormidium flaccidum*). Beide Arten sind ebenfalls auch auf Rethdächern reich vertreten. Auch eine weitere, von OCHSNER nur in der Artenzusammenstellung erwähnte Art, *Schizogonium crenulatum* (= *Hormidium crenulatum* = *Chlorhormidium mucosum*) tritt hier in größeren Mengen auf. Das *Schizogonietum cruenti* ist also eine nitrophile Algengesellschaft fädiger bis thallöser Arten.

Inwieweit die Aufnahmen von beschatteten Rethdächern oder Degenerationsstadien von Dachmoosgesellschaften, die nur Chlorhormidien, aber keine Schizogonien (*Prasiola i.w.S.*) enthalten, hierher gehören, kann in diesem Zusammenhang nicht entschieden werden. Es mag sein, daß es eine weniger nitrophile Variante dieser Gesellschaft ohne *Prasiola* gibt, dann wären hier im Gegensatz zum *Pleurococcetum* die Vergesellschaftungen fädiger Erdalgen zusammengefaßt. Das *Schizogonietum cruenti* kommt an Bäumen stets an den staubimprägnierten Basisteilen vor und analog auf Rethdächern nur auf älteren Dächern, auf denen sich schon angewehtes Material angesammelt hat. Unter alten *Prasiola*-Lagern findet man oft eine regelrechte Lage von anorganischen Einweihungen.

Es fragt sich, ob man auf Grund der geänderten Nomenklatur, auf Grund der Tatsache, daß die unterschiedlichen von OCHSNER unterschiedenen Algenarten zu verschiedenen Zustandsformen (status) von *Prasiola crispa* gerechnet

werden, nicht auch die Bezeichnung der Gesellschaft in *Prasioletum crispa e* ändert.

4.3.2 Flechtengesellschaften: *Lecanorion*, *Cladonion*, *Parmelietum furfuraceae*

Über die Verwandtschaft zwischen den Rethdachflechtengesellschaften und den bislang beschriebenen Flechtengesellschaften ist wenig auszusagen, sodaß eine Einordnung oder Parallelisierung zu den etwa bei KLEMENT (1955) aufgeführten Gesellschaften ohne ausreichende lichenologische Kenntnis nicht möglich ist.

Das Krustenflechtenstadium ist zu artenarm ausgebildet, als daß man genauere Bezüge feststellen könnte. Lediglich *Lecanora varia* tritt darin mit 96% Stetigkeit auf, sodaß ein andeutungsweiser Bezug zum *Lecanorion subfusca e* vielleicht besteht.

Noch schwerer sind die *Cladonia*-Bestände einzuordnen. Zwar sind *Cladonia*-Gesellschaften von Rethdächern bei TOBLER und MATTICK (1938) aus Südniedersachsen beschrieben und auf epigäische Flechtengesellschaften aus Heiden zurückgeführt worden. Dies trifft aber nur dort zu, wo die Dachfirste mit Heideplaggen gedeckt worden sind und die Flechten daraus auf die Dachfläche übergehen. Diese bei TOBLER und MATTICK beschriebenen Flechtengesellschaften sind demnach nicht mit denen aus Schleswig-Holstein zu vergleichen und weisen eine ganz andere Zusammensetzung auf, z.B. Dächer mit überwiegend *Cladonia impexa* oder *Cl. glauca*, die hier nur ganz selten gefunden wurden.

Daß Verwandtschaften zu Flechtengesellschaften aus Heiden oder Kiefernwäldern kaum bestehen, zeigt ein Vergleich der Rethdachflechten mit den in der Arbeit von KRIEGER (1937) angeführten Arten. Es kommen alle auf Rethdächern vertretenen *Cladonien* auch in Heiden, auf trockenem Torf und trockenen Waldböden, an heidigen Wegrändern und zum Teil an Baumstümpfen vor, jedoch nicht bestandsbildend sondern als Begleiter des *Cladonion silvatica e* oder des *Cladonietum coniocraeae*.

Bei den gelegentlich an luftfeuchten Stellen auf Dächern auftretenden Strauchflechten *Pseudevernia furfuracea* und *Evernia prunastri* sowie den Blattflechten *Cetraria chlorophylla*, *C. glauca* und *Parmelia tubulosa* handelt es sich um Charakterarten des *Parmelietum furfuraceae* Ochsner 1928. Wenngleich *Pseudevernia furfuracea* und *Evernia prunastri* meist zwischen Moosen gefunden wurden, sowie das seltene und geringe Auftreten dieser Arten zu berücksichtigen ist, kann man dennoch von Fragmenten dieser Gesellschaft sprechen, die an entsprechend luftfeuchten Stellen anklingen. Die einmal gefundene *Alectoria fuscescens*, eine *Usneion*-Charakterart, scheint diese Zuordnung in sehr typischer Weise zu bestätigen.

Nach BARKMAN (1954) ist das *Parmelietum furfuraceae* als flachländische Assoziation des *Usneion barbatae* aufzufassen (neben dem subalpinen *Letharietum vulpinae* und dem montanen *Usneetum barbatae*), in das dies auf Dächern auftretende Fragment auch hinsichtlich der angegebenen Standortverhältnisse (acidophil, psychrophil, aber austrocknungstolerant) paßt.

4.3.3 Moosgesellschaften: *Dicranoweisietum cirrhatae*, *Syntrichietum ruralis*, *Leptodontietum flexifoliae*

Das auf die Flechtengesellschaften folgende *Dicranoweisia*-Stadium ähnelt sehr dem *Dicranoweisietum cirrhatae* Duvigneaud 1941. Diese initiale Moosgesellschaft freistehender Laubbäume wurde von v. HÜBSCHMANN (1952) für Nordwestdeutschland mit Aufnahmen belegt. Dabei wird nichts über die Verbandszugehörigkeit gesagt, was auch sehr schwierig ist, da diese Gesellschaft sehr artenarm ist und als Begleiter eine Reihe sehr unterschiedlicher Moosarten auftritt, sodaß die Vermutung nahe liegt, bei dem *Dicranoweisietum* handle es sich um Initialphasen verschiedener Moosgesellschaften. Dasselbe zeichnet sich auch bei dem "epitectischen" *Dicranoweisietum* ab. Hier treten bereits die Arten späterer, sogar divergenter Rethdachsukzessionen auf, z. B. *Leptodontium flexifolium*, *Dicranum scoparium*, *Pohlia nutans*, *Dicranella heteromalla* und *Polytrichum gracile* einerseits, die auf ein folgendes *Leptodontium*-Stadium hinweisen, oder *Bryum capillare* andererseits, das auf eine Fortsetzung der Sukzession zum *Syntrichia*-Stadium hin schließen läßt.

Das *Dicranoweisia*-Stadium dient also zwei verschiedenen Sukzessionsästen als Initialphase, daß es unangebracht erscheinen läßt, dieses Stadium als eigene Gesellschaft zu führen. Hingegen kann man jedoch bei den meisten Vegetationsaufnahmen mit vorherrschend *Dicranoweisia* noch nicht den künftigen Sukzessionsverlauf feststellen, also nicht sagen, ob es sich um ein initiales *Leptodontium*- oder *Syntrichia*-Stadium handelt. Aus diesem Grund muß es aus praktischen Erwägungen zunächst noch gesondert behandelt werden.

Bei den folgenden Moosstadien konnten wir eine acidophile, skizophile und hygrophile Reihe (*Leptodontium*- und *Dicranum*-Stadium) einerseits und eine basiphile, photophile und xerophile Reihe (*Syntrichia*- und *Hypnum*-Stadium) andererseits unterscheiden. Das dazwischen liegende *Ceratodon*-Stadium erwies sich als indifferentes Zwischenstadium, das sich z. T. nach charakteristischen Arten der einen oder anderen Sukzessionsreihe zuschreiben ließ.

Als Charakterart für die trockene und lichte Sukzessionsreihe bietet sich *Syntrichia ruralis* an. Die Art kommt außer auf Reth und Stroh mit annähernd den gleichen Begleitern auch auf Erdboden vor. Von v. KRUSENSTJERNA (1945) stammt die Beschreibung des *Tortuletum ruralis* (*Tortula ruralis* = *Syntrichia ruralis*), in dem als typische Begleitarten *Hypnum cupressiforme*, *Ceratodon purpureus*, *Bryum capillare* und *Rhacomitrium canescens* angegeben werden. Mit Ausnahme der letzten Art treten die übrigen auch auf Rethdächern auf. In ähnlicher Zusammensetzung kommt diese Gesellschaft auch in Bereichen der Grauen Dünne vor, wo an Stelle des hygrophytischeren *Bryum capillare* *Bryum argenteum* auftritt, ferner *Brachythecium albicans* und *Hypnum lacunosum*, die ebenfalls zu den typischen Arten dieser Rethdachgesellschaft gehören. An kalkreicher Stellen in Dünen im Bereich des *Tortulophleetum* wird *Syntrichia ruralis* durch die xeromorphe Kleinart *S. ruraliformis* ersetzt. Darüberhinaus kommt *S. ruralis* auch noch an Kalkfelsen vor, wo neben den genannten Arten noch weitere kalkstete Arten zu finden sind.

(Inwieweit der *Ceratodon purpureus*-*Bryum argenteum*-Verein Nickl-Navratil 1960, der ebenfalls aus subneutrophilen und photophilen, aber nur aus acrocarpen Pionierarten besteht, evtl. als Initialphase dem *Syntrichietum* zuzurechnen ist, wäre noch zu prüfen.)

Die nebenstehende Ge- genüberstellung zeigt, daß es sich dabei mit großer Wahrscheinlichkeit um die gleiche Vegetationseinheit handelt, sodaß das Syntrichia-Stadium und das Hypnum-Stadium von Reth- und Strohdächern dem Syntrichietum (=Tortulietum) ruralis v. Krusenstjerna 1945 zuzuordnen ist. Das Hypnum-Stadium, das zwar die typischen Begleitarten, nicht aber die Charakterart selbst aufweist und im übrigen nicht so extreme Standortsansprüche stellt, wäre als Subass. von Hypnum cupressiforme und lacunosum zu bezeichnen, das Syntrichia-Stadium selbst als typische Subassoziation.

Als Charakterart für den acidophilen und hygrophilen Sukzessionsast bietet sich Leptodontium flexifolium an, da diese Art durch Verbreitung, Vorkommen und Standort ausgezeichnet ist und daher als Kennart für den überwiegenden Teil der Dachmoosvegetation gelten kann.

Leptodontium flexifolium kommt im diluvialen Flachland nur auf Rethdächern vor und nur in Ausnahmefällen auch auf Strohsubstrat, (so einmal nach BARKMAN und RINGELBERG-GIESEN(1959) in Holland und einmal in Schleswig-Holstein), ist also in hohem Maße substrattypisch. Außerhalb dieses Gebietes besiedelt die Art auch übererde Felsblöcke, so längs des Mittelgebirgsrandes in Westfalen (KOPPE 1934-49, 1965), im Harz (HAMPE 1839, zit. nach LIMPRICHT 1890), im Rheinland (Oberstein nach C. MÜLLER 1853) und im Saarland (SCHIMPER 1876, MIGULA 1904). In England und der Normandie wächst die Art sowohl auf Rethdächern (Thatch-roofs) als auch auf Erde (HUSNOT 1887, DIXON 1924, WARBURG 1963), dort relativ häufiger als in Mitteleuropa (Abb. 32).

Das Phänomen, daß Leptodontium flexifolium im nordwestdeutschen Raum und in Holland nur auf Rethdächern gedeiht, bedarf noch einer Klärung, insbesondere, ob es sich dabei um edaphische oder Konkurrenzgründe handelt. Im Herbst 1970 wurde daher versucht, Leptodontium im Gewächshaus sowie im Freien auf anderen Substraten (humoser Sand, Humus, Torf etc.) zu ziehen, was aber ohne Erfolg blieb, da die Gewächshaus-Proben durch Pilzbefall geschädigt wurden, die im Freiland gezogenen Proben von anderen, epigäischen Moosen überwuchert wurden.

Das Areal von Leptodontium flexifolium ist deutlich atlantisch orientiert (Abb. 32).

	1	2a	2b	3	4
<i>Syntrichia ruralis</i>	+	+	+	+	+
<i>Hypnum cupressiforme</i>	+			+	+
<i>Hypnum lacunosum</i>		+	+		+
<i>Ceratodon purpureus</i>	+	+		+	+
<i>Bryum capillare</i>	+				+
<i>Bryum argenteum</i>		+			+
<i>Brachythecium albicans</i>		+	+		+
<i>Camptothecium lutescens</i>				+	+
<i>Rhacomitrium canescens</i>	+	+			

1 : Tortuletum ruralis v. Krusenstjerna 1945

2a: Kalkarme Dünen, Ostseeküste bei Hohwacht, nach eigenen Aufzeichnungen

2b: Kalkreiche Dünen, Nordseeküste bei Skallerup/Dänemark, nach eigenen Aufzeichnungen

3 : Anhydritfelsen von Segeberg (Schl.-Holst.), nach eig. Aufzeichnungen

4 : Syntrichietum ruralis von Reth- und Strohdächern aus Schl.-Holst.

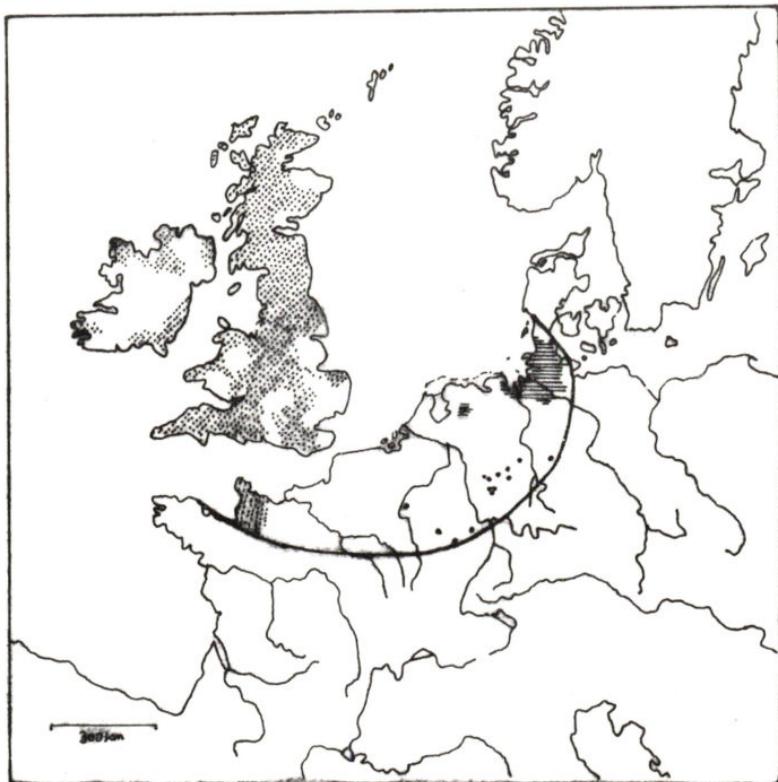


Abb. 32: Verbreitung von *Leptodontium flexifolium* in Europa.
 (Vorkommen auf Rethdächern schraffiert, auf
 Erdboden und/oder Rethdächern gepunktet.)

Die Ostgrenze fällt, wie es bei vielen atlantisch verbreiteten Arten der Fall ist, mit der 0° Januarisotherme zusammen. Auch werden Gebiete mit weniger als 700 mm Niederschlag pro Jahr kaum besiedelt. Schließlich ist die Art auch ökologisch gut dadurch geschieden, daß sie luftfeuchte Stellen bevorzugt. Der überwiegende Teil der Fundorte liegt in Niederungen unterhalb der 20 m Isohypse. Gehäufte Vorkommen in Schleswig-Holstein liegen in der Eierniederung und den flachen Sandern der Geest. Im Jungmoränengebiet liegen die Fundorte zumeist an größeren Seen (Westensee, Postsee, Selenter See) oder in Flussniederungen (Obereider). Das gleiche trifft auch für Niedersachsen zu, wo die Art gehäuft in den Niederungen der Oste, Lehe und Wümme gefunden wurde. Eine eingehende Beschreibung von Verbreitung und Ökologie dieser Art ist in Vorbereitung.

Der besondere Standort, die atlantische Verbreitung in ihrer klimatischen Abhängigkeit und die distinkten ökologischen Ansprüche zeichnen diese Art als gute Charakterart für den hygrophilen Teil der Dachmoosvegetation aus.

BARKMAN und RINGELBERG-GIESEN (1959) nannten diese Gesellschaft daher *Leptodontio-Pohlietum*. Da *Pohlia nutans* jedoch in Schleswig-Holstein keine hohe Stetigkeit erreicht (max. 33%) und ihr m.E. wegen ihrer relativ weiten ökologischen Amplitude kein besonderer Zeigerwert zugesprochen werden kann, scheint es angebracht, diesen Teil der Dachmoosgesellschaften als *Leptodontietum flexifoliae* zu bezeichnen.

Als Begleiter tritt u.a. eine Reihe von Arten auf, die auf diesen Sukzessions-
ast beschränkt ist (*Pohlia nutans*, *Dicranum scoparium*, *Campylopus flexuosus*, Pilze u.a., vgl. Kap. 2.4), und die eine Zuordnung zum *Leptodontietum* erlauben, auch wenn die Charakterart nicht präsent ist. Somit können *Leptodontium*- und *Dicranum*-Stadium zum *Leptodontietum* zusammengefaßt werden. Wie weit man das *Dicranoweisietum* hier einbezieht, ist aus den schon genannten Gründen fraglich. Das indifferente *Ceratodon*-Stadium, das den Übergang vom *Leptodontietum* zum *Syntrichietum* anzeigt, gehört teils zur einen und teils zur anderen Gesellschaft.

Da das *Leptodontietum* in Schleswig-Holstein zahlenmäßig den überwiegenden Teil der Rethdachmoosgesellschaften ausmacht, (hier kommen allein 69 Arten, das sind 60% aller in Schleswig-Holstein auf Reth- und Strohdächern gefundenen Arten vor), ist es nötig, etwas näher auf diese Gesellschaft und ihre unterschiedlichen Ausprägungen einzugehen.

Jede Assoziation kann sich in der Regel in drei Richtungen (Dimensionen) differenzieren:

1. geographisch: Kern-, Randgebiet
2. sukzessionsmäßig: Jugend-, Altersstadium
3. ökologisch: Nord-, Südexposition.

Alle drei Faktoren in ihren insgesamt neun verschiedenen Kombinationen sind auch in Schleswig-Holstein festzustellen. (Dies kann als ein Zeichen dafür bewertet werden, daß das Untersuchungsgebiet für eine systematische Bearbeitung der vorgefundenen Einheiten groß und repräsentativ genug war.)

Bei der ökologischen Differenzierung, die sehr vielgestaltig sein und durch mancherlei Faktoren (Licht, Feuchte, Substrat etc.) variiert werden kann, sollen hier nur ganz grobe Untereinheiten ausgegliedert werden, nämlich die expositionsbedingten, die ja viele Faktoren zu Komplexen (z.B. Nordseite = Schatten, höhere Feuchte, schwächere Insolation, weniger Verdunstung) vereinen. Daher kann man ganz pauschal von einer Nordexpositionsvariante und einer Südexpositionsvariante sprechen, wie es BARKMAN (mdl.) an Hand von Aufnahmen aus Holland vorschlug. Eine Schwierigkeit besteht darin, daß die Assoziationsentwicklung nicht linear verläuft. So kann die geographische Lage durch unterschiedliche klimatische Jahresgänge beeinflußt werden: Eine ungewöhnlich niederschlagsreiche Periode kann zu einem verstärkten Auftreten von *Leptodontium* im Randgebiet seiner Verbreitung führen und umgekehrt eine trockene Periode zum Verschwinden führen. Bei diesem komplexen Gefüge kann also nur der momentane Zustand einer Aufnahmefläche konstatiert werden und über seine wahrscheinliche Weiterentwicklung nur unter konstanten Bedingungen etwas ausgesagt werden. Unter diesen Voraussetzungen kann man Zustand und Entwicklung einer Aufnahmefläche in einem dreidimensionalen Schema, wie es Abb. 33 zeigt, darstellen.

Die sukzessionsmäßige Differenzierung (Abb. 34) besteht in dem Fortschreiten der Entwicklung vom *Dicranoweisia*- über *Ceratodon*- zum *Leptodontium*- oder *Dicranum*-Stadium. Hier spielt wiederum die geographische Lage eine

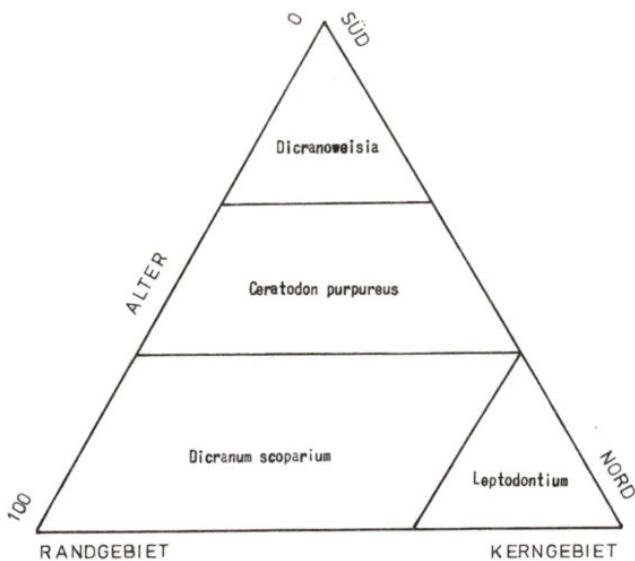
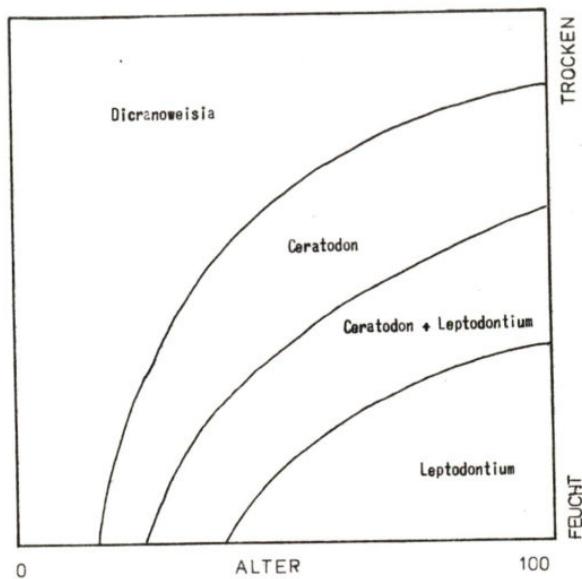
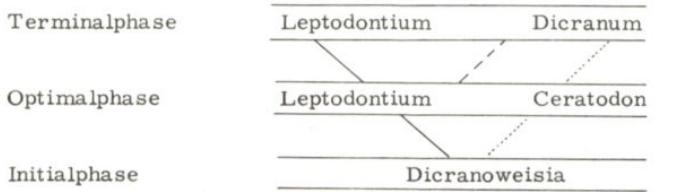


Abb. 33: Dreidimensionale Gliederung des Leptodontietum flexifoliae in Abhängigkeit von Alter, Exposition und geographischer Lage

Abb. 34: Zweidimensionale Gliederung des Leptodontietum flexifoliae in ökologischer und sukzessionsmäßiger Sicht



Rolle, die entscheidet, welches Stadium im einzelnen erreicht wird. In Abb. 35 ist versucht, beide Faktoren, Sukzession (Initialphase, Optimalphase, Terminalphase) und geographische Lage (Hauptverbreitungsgebiet, Übergangs- und Randgebiet) zusammen darzustellen, woraus sich verschiedene Entwicklungsgänge ergeben.



Sukzessionsweg im Hauptverbreitungsgebiet: —
 " im Übergangsgebiet: - - -
 " im Randgebiet:

Abb. 35: Verlauf der Sukzessionswege des Leptodontietum flexifoliae in verschiedenen Gebieten (geographische Differenzierung)
 (angegeben sind jeweils die bestandsbildenden Arten)

Mit zunehmendem Alter werden diese Sukzessionsstadien immer hygrophiler. Reichen die Standortverhältnisse dafür nicht aus, bleibt die Entwicklung vorzeitig stehen.

Die Ausprägungen aller drei Faktoren (sukzessionsmäßige, geographische, ökologische) sind in Abb. 36 dargestellt. Hier sind die ineinander übergreifenden Stadien mit Kreisen veranschaulicht. Da sich jedes Sukzessionsstadium je nach der geographischen Lage mit anderen Stadien verbindet, ergeben sich die aus der Faktorenkombination postulierten neun Möglichkeiten, die alle bei den Vegetationsaufnahmen erfaßt wurden.

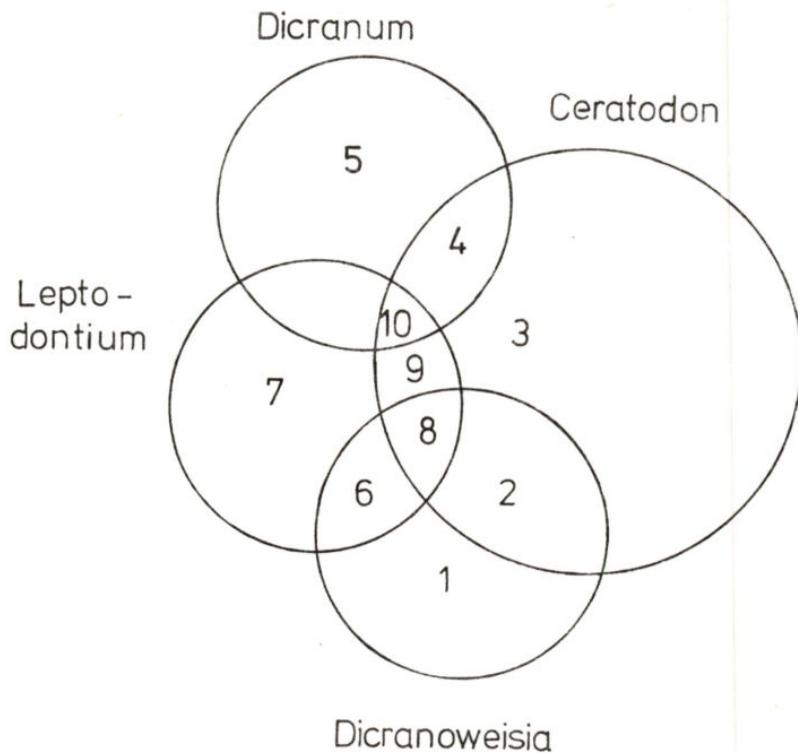


Abb. 36: Die möglichen Differenzierungen des Leptodontietum

a. Sukzessionsdifferenzierung

Initialphase 1, Übergangsphasen 6, 8, 9, 10, Terminalphasen 5, 7

b. geographische Differenzierung

Entwicklungsgang außerhalb des Leptodontium-Areals 2, 3, 4, 5, im Randbereich 8, 9, 10, im Kerngebiet 6, 7

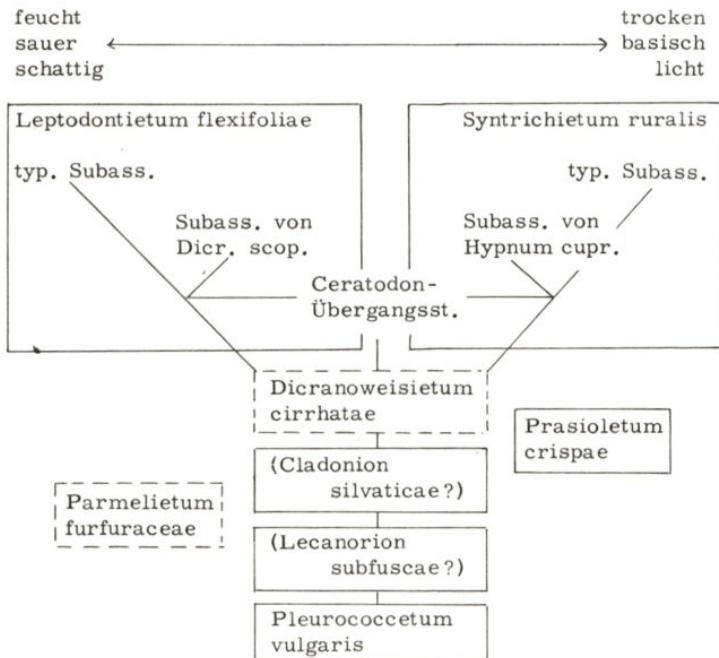
c. ökologische Differenzierung

trocken, vorwiegend südexponiert 1, 2, 6, 8, indifferent 3, 9, 7 feucht, vorwiegend nordexponiert 4, 5, 10

(angegeben sind jeweils die bestandsbildenden Arten bzw. die Kombinationen zwischen ihnen)

4.3.4 Zusammenfassung

Insgesamt sieht die Sukzession nach ihrer synsystematischen Bewertung folgendermaßen aus:



Zur schnelleren Orientierung sind anschließend kurze, stenogrammartige Übersichten der einzelnen Gesellschaften zusammengestellt.

I. ALGENGESELLSCHAFTEN

1. Das Pleurococcetum *vulgaris* Ochsner 1928

Überzüge einzelliger Algen, auf Rethdächern nur fragmentarisch entwickelt, meist in Flechtengesellschaften frühzeitig übergehend oder auf freien Stellen in Moosgesellschaften vertreten.

Die Charakterart *Desmococcus (Pleurococcus) vulgaris* tritt nur auf älteren Dächern in beschatteten Lagen auf, die übrigen Arten

Stichococcus minor *Monodus cf. cocomyxa*

Chlorella vulgaris *Chloridella spec.*

bilden die initiale Besiedlung wenige Jahre alter Dächer.

2. Das Prasioletum *crispae* (Schizogonietum *cruenti* Ochsner 1928)

Auf mäßig bis stark beschatteten Dächern bei ammoniakhaltiger Luft.

Aufnahmehzahl: 28

mittlere Artenzahl: 3,0

beteiligte Arten: 23 (Algen 11, Flechten 4, Moose 8)

Stete Arten: *Prasiola crispa* 100%
Chlorhormidium flaccidum 32%
 " *mucosum* 25%
 durchschnittliche Bedeckung: 58%
 Organisationsindex: 0102 (0001-0213)
 Inklinations: $\phi 50^\circ$, Steildächer bevorzugend
 Exposition: N 57%, S 15%, W 7%, O 21%
 Alter der Dächer: 10-60 Jahre
 Verbreitung: im ganzen Gebiet
 Substrat: Reth 82%, Stroh 18%
 Standortsansprüche: leicht skizophil, subneutrophile Unterlagen bevorzugend,
 stark nitrophil

II. FLECHTENGESELLSCHAFTEN

1. Das *Parmelietum furfuraceae* Ochsner 1928

Auf Rethdächern nur sehr fragmentarisch entwickelt und nur in Andeutungen in spätere Moosgesellschaften eindringend:

<i>Parmelia physodes</i>	3,7-64%	<i>Cetraria chlorophylla</i>	3,4%
" <i>tubulosa</i>	3,4-4%	" <i>glauca</i>	1,4%
<i>Pseudevernia furfuracea</i> 2,8%			

(Stetigkeiten in verschiedenen Dachmoosgesellschaften)

An luftfeuchten Stellen, gern auf Nordexposition, acidophil, psychrophil, austrocknungstolerant

2. Krustenflechtenstadium

(Anschluß unsicher, evtl. *Lecanorion subfuscae*)

Moos-Flechten-Verhältnis: 0:2

Aufnahmefzahl: 30 (untersuchte Flächen 42, davon 12 ohne Bewuchs)

mittlere Artenzahl: 3

beteiligte Arten: 15 (Algen 5, Flechten 9, Moos 1)

Stete Arten: *Lecanora varia* 96%

Hypogymnia physodes 64%

Organisationsindex: 0022 (0010-0132)

Alter der Dächer: 4-8 Jahre

Verbreitung: nicht näher untersucht, wahrscheinlich allgemein verbr.

Standortsansprüche: photophil, xerophil, austrocknungsresistent

3. *Cladonia*-Stadium

(Anschluß unsicher, evtl. *Cladonietum coniocreae* oder *Cladonion silv.*)

Moos-Flechten-Verhältnis 1:4 (1:2-1:7)

Aufnahmefzahl: 30

mittlere Artenzahl: 4,75 (2-7)

beteiligte Arten: 21 (Flechten 17, Moose 4)

Stete Arten: *Cladonia floerkeana*, *subulata*, *fimbriata*, *chlorophaea* je III,
Cladonien insgesamt V,

Parmelia physodes, *Dicranoweisia cirrhata* je III

durchschnittliche Bedeckung: 44%

Organisationsindex: 0140

Inklination: $\phi 47,5^\circ$

Exposition: N 10%, S 47%, W 16%, O 27%

Alter der Dächer: 6-15 Jahre, an Südseiten bis 40 Jahre

Verbreitung: wahrscheinlich allgemein

Standortsansprüche: photophil, mesophil, schwach acidophil,
sehr austrocknungsresistent

Dynamik: wird im Laufe der Zeit von epiphytischen Moosen überwachsen
Lebensformen: Becher- und Stiftflechten 100%

Blattflechten 41%

Krustenflechten 34%

Polstermoope 61%

III. MOOSGESELLSCHAFTEN

1. Das *Dicranoweisietum cirrhatae* Duv. 1945 bzw. Initialphasen des *Leptodontietum flexifoliae* oder *Syntrichietum ruralis* (*Dicranoweisia*-Stadium)

Moos-Flechten-Verhältnis 2:2 (1:2-3:2)

Aufnahmезahl: 74

mittlere Artenzahl: 4, 5 (2-8)

beteiligte Arten: 29 (Flechten 19, Moose 10)

Stete Arten: *Dicranoweisia cirrhata* 100%

Cladonia chlorophaea, *subulata* je III

durchschnittliche Bedeckung: 61%

Organisationsindex: 0230 (0120-0320)

Inklination: ϕ 45°

Exposition: gleichmäßige Verteilung

Alter der Dächer: 10-35 Jahre, auf Südexpositionen bis 60 Jahre

Verbreitung: in Schleswig-Holstein allgemein

Substrat: 4 Stroh-, 70 Rethrächer

Standortsansprüche: photophil, xerophil, mäßig acidophil,
austrocknungsresistent

Dynamik: je nach Standortverhältnissen mehr oder weniger schnell in das

Leptodontietum flexifoliae od. das *Syntrichietum ruralis* übergehend

Lebensformen: Moose 66%

Stift- und Becherflechten 89%

Blatt- und Krustenflechten 39%

2. Das *Leptodontietum flexifoliae*

(*Leptodontio-Pohlietum* Barkman u. Ringelberg-Giesen 1959)

a. typische Subassoziation (*Leptodontium*-Stadium)

Trennarten des *Leptodontietum*:

Dicranum scoparium, *Pohlia nutans*, *Polytrichum gracile*,

Campylopus flexuosus, *Dicranella heteromalla*, Pilze

Moos-Flechten-Verhältnis: 3:2 (5:0-1:5)

Aufnahmезahl: 60

mittlere Artenzahl: 5, 4 (2-15)

beteiligte Arten: 49 (Algen 6, Pilze 4, Flechten 13, Moose 15,
Phanerogamen 11)

Stete Arten: *Leptodontium flexifolium* 100%

Ceratodon purpureus 44%

Pohlia nutans 33%

Polytrichum piliferum 27%

durchschnittliche Bedeckung: ~85%

Organisationsindex: 0320

Inklination: $<65^\circ$, $>35^\circ$, $\phi 45^\circ$

Exposition: N 38%, S 10%, W 28%, O 24%

Alter der Dächer: 25-100 Jahre

Verbreitung: subatlantisch, in Schleswig-Holstein im W und SW, östlich bis zur Linie Lütjenburg-Lauenburg in luftfeuchten Senken,

Flußniederungen. Niedersachsen, Holland, England

Substrat: nur auf Rethdächern

Standortsansprüche: mäßig photophil bis leicht skiophil, psychrophil, hygrophil, acidophil, wenig austrocknungsresist.

Dynamik: vorläufig beobachtbares Endstadium der Rethdachbesiedlg.

b. Subass. von *Dicranum scoparium* (*Dicranum*-Stadium)

Aufnahmehzahl: 42

mittlere Artenzahl: 4,3 (1-12)

beteiligte Arten: 39 (Algen 4, Pilze 2, Flechten 12, Moose 10, Phanerogamen 11)

Stete Arten:	<i>Dicranum scoparium</i>	100%
	<i>Ceratodon purpureus</i>	28%
	<i>Pohlia nutans</i>	14%
	<i>Leptodontium flexifolium</i>	16%
	<i>Galerina spec.</i>	11%

durchschnittliche Bedeckung: ~90%

Organisationsindex: 0310

Inklination: $\phi 46^\circ$

Exposition: nur auf Nordseiten

Alter der Dächer: 20-80 Jahre

Verbreitung: in Schleswig-Holstein mit Ausnahme der Massenverbreitung der typ. Subass., Fehmarns und Oldenburgs und Teilen der Seemarsch sowie Gebieten mit vorzugsweise Strohdächern, stets an für *Leptodontium* nicht zur Massenentfaltung ausreichenden Lagen

Substrat: nur auf Rethdächern

Standortsansprüche: skiophil (Nordschatten), hygrophil, acidophil

Dynamik: vorläufig beobachtbares Endstadium der Rethdachbesiedlg.

3. Das *Syntrichietum ruralis* v. Krusenstjerna 1945

a. typische Subassoziation (*Syntrichia*-Stadium)

Trennarten des *Syntrichietum*:

Syntrichia ruralis, *Bryum capillare*, *argenteum*, *Brachythecium albicans*, *Sedum acre*, *Sempervivum tectorum*

Aufnahmehzahl: 12

mittlere Artenzahl: 5 (2-8)

beteiligte Arten: 28 (Algen 3, Flechten 8, Moose 12, Phanerog. 5)

Stete Arten: *Syntrichia ruralis* 100%

Ceratodon purpureus 92%

Bryum capillare 33%

durchschnittliche Bedeckung: 78%

Organisationsindex: 1310 (0200-2330)

Inklination: ~45°

Exposition: N 25%, S 33%, W 25%, O 18%

Alter der Dächer: 16-100 Jahre

Verbreitung: in Schleswig-Holstein nur fragmentarisch, wohl sub-

kontinental in niederschlagsärmeren, lufttrockenen Gebieten; nach floristischen Angaben aus folgenden Gebieten zu schließen: Rügen (KÜHNER et al. 1968), München (ARNOLD 1891), Niedersachsen (KOPPE 1964)

Substrat: Reth 50%, Stroh 50%

Standortsansprüche: xerophil, photophil, basiphil,
austrocknungsresistent

Dynamik: vorläufig beobachtbares Endstadium der Strohdachbesiedl.

b. Subass. von *Hypnum cupressiforme* (*Hypnum*-Stadium)

Aufnahmehzahl: 26

mittlere Artenzahl: 4, 2

beteiligte Arten: 33 (Algen 7, Flechten 7, Moose 10, Phanerog. 9)

Stete Arten: *Hypnum cupressiforme* und *lacunosum* 100%

Ceratodon purpureus 42%

Bryum capillare 23%

durchschnittliche Bedeckung: 85%

Organisationsindex: 0210

Inklination: ϕ 51°, Steildächer bevorzugend

Exposition: N 95%, S 0%, W und O je 2, 5%

Alter der Dächer: 18-80 Jahre

Verbreitung: mit Ausnahme des Hauptverbreitungsgebietes des

Leptodontietum allgemein

Substrat: Reth 95%, Stroh 5%

Standortsansprüche: schwach photophil aber skiotolerant, mesophil,
basiphil bis subneutrophil

Dynamik: vorläufig beobachtbares Endstadium auf Standorten, die
Syntrichia ruralis nicht mehr zusagen

4.4 VERGLEICH DER ERGEBNISSE MIT DEN ANGABEN ANDERER AUTOREN

Die weltweite Verbreitung von Strohdächern im weiteren Sinne wird darin deutlich, daß nicht nur aus Mitteleuropa, sondern sogar aus Japan Untersuchungen über die Strohdachflora vorliegen. MIYAWAKI (1956) berichtet von der Vegetation der mit *Misanthus sinensis* und *Pleoblastus Chino* bedeckten Häuser in Yokohama. Wegen der größeren Humusanreicherung, der geringeren Dachneigung, den höheren Niederschlägen (mit 2100 mm/Jahr etwa die dreifache Menge wie in Schleswig-Holstein), höhere Temperaturen (26, 6°C Juli-Durchschnitt), sind die Nordseiten der Dächer dort mit mannigfaltigen Phanerogamen bestanden, die den Eindruck eines regelrechten Dachgartens hervorrufen. Neben Gramineen treten auch Geophyten wie *Allium*-, *Tulipa*- und *Iris*-Arten auf, an Bäumen *Acer*-Arten. Die unterschiedlichen naturgeographischen Voraussetzungen machen es leider nicht möglich, die vorbildlichen Untersuchungen über Mikrotemperatur, Lichtintensität, Humus- und Wassergehalt sowie pH-Wert zu vergleichen mit den hiesigen Verhältnissen heranzuziehen.

An Kryptogamen treten auf Nordseiten, hier wegen der schnelleren Verwitterung des Substrates, als initiale Besiedler auf:

Ceratodon purpureus *Hypnum plumaeiforme*.

Bryum capillare

West-, Ost- und Südseiten sind nur von Kryptogamen bedeckt:

Cladonia conistea	Ceratodon purpureus
" pityrea var. zwackii	Bryum argenteum.

Mit Ausnahme von *Hypnum plumaeforme* und *Cladonia conistea* kommen die übrigen Arten in der gleichen Zusammensetzung auch in Mitteleuropa auf Strohdächern vor. Man kann also einen starken kosmopolitischen Zug in der Strohdachvegetation feststellen. Sogar die auf diesen Dächern beobachteten jahreszeitlichen Schwankungen, die MIYAWAKI "Frühlingsdichtewachsen, Sommersdürre, Herbstesdichtewachsen und Winsterabsterben" (bzw. Winterstarre bei Kryptogamen) nennt, gleichen den Beobachtungen über die Jahresperiodizität auf dem Versuchsdach in Kiel (vgl. Kap. 3.3).

Für die kosmopolitische Verbreitung und große Ähnlichkeit der Strohdachvegetation spricht auch folgende Vegetationsaufnahme des Verfassers aus den Marismas von Sevilla (SW-Spanien), wo folgende Vegetation auf einem rethgedeckten, mit Reisstroh unterlegten Dach eines Wohnhauses im März 1970 vorgefunden wurde:

Bryum caespiticium cfr.	75
" argenteum	1
Poa annua	20

Man kann also nach den bisherigen wenigen Unterlagen sagen, daß der Grundstock der Strohdachvegetation von Kosmopoliten gebildet wird und in den einzelnen Florenbezirken regionale Charakterarten hinzutreten (z.B. *Leptodon-tium* im atlantischen Bereich).

Die weiteren vorliegenden Angaben betreffen alle das nordwestdeutsche Flachland.

Aus der Umgebung Oldenburg (Old.) liegt eine Bearbeitung der Moosflora von 16 rethgedeckten Häusern durch ROHMEYER (1970) vor. Aus den 147 Aufnahmen, die nur das Vorhandensein der einzelnen Arten berücksichtigen, wurden 10 Typen isoliert, die aus dem Vorkommen bzw. der Kombination hochsteter Arten erfaßt wurden. Das kleinräumige Untersuchungsgebiet (zwei Dörfer) läßt schon vermuten, daß es sich hierbei größtenteils um einzelne Fazies handelt. Die Zusammenstellung der Häufigkeit der einzelnen Arten läßt deutlich den Anteil der verschiedenen Dachmoosgesellschaften in diesem Gebiet abschätzen. Die häufigsten Arten sind *Pohlia nutans* (47% aller Aufnahmen), *Ceratodon purpureus* (48%), *Dicranum scoparium* (46%) und *Leptodontium flexifolium* (35%), alles Arten des *Leptodontietum*. Hinzu kommt noch *Campylopus piriformis* mit 12%, die in Schleswig-Holstein überhaupt nicht auf Dächern gefunden wurde, aber gut in die Reihe der hygro- und acidophilen Arten paßt.

Hingegen ist das *Syntrichietum ruralis* nur fragmentarisch entwickelt: *Syntrichia ruralis* 1%, *Bryum capillare* 1%, *Brachythecium albicans* 1%, *Hypnum cupressiforme* 3%. *Hypnum lacunosum*, *Sedum acre* u.a. fehlen überhaupt.

Dicranoweisia wurde nicht beobachtet, was wohl an der geringen Zahl untersuchter Dächer liegt.

Die Gesamttafel ist in Tab. 24 wiedergegeben. Sie zeigt in schöner Deutlichkeit Fazies des *Leptodontietum*, und zwar:

- die typ. Subassoziation (Tab. 24, V-VII),
- die Variante von *Pohlia nutans*, wie sie in Schleswig-Holstein nur in Dithmarschen gefunden wurde (Tab. 24, II-IV),

- die Subassoziation von *Dicranum scoparium* (Tab. 24, VIII),
- Tab. 24, IX, die neben Aufnahmen des Leptodontietum (30%) Anteil an Aufnahmen des indifferenten *Ceratodon*-Stadiums hat. Diese Einheit weist die meisten Arten auf, was für den indifferenten Charakter des *Ceratodon*-Stadiums spricht,
- die Dominanz von *Campylopus pyriformis* auf einer Dachfläche (Tab. 24, X), wahrscheinlich infolge einer Störung,
- die Dominanz von *Bryum argenteum* (ornithocophile Vegetation unter einem Storchennest).

Tabelle 24: Gesamttafel der Vegetationstypen Rohmeyers (1970)

Nummer:	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Aufnahmenzahl:	13	19	29	13	10	21	20	17	4	1
<i>Pohlia nutans</i>	100	100	100	100	60	77				
<i>Ceratodon purpureus</i>		100	67	100	20			100		
<i>Dicranum scoparium</i>			100		100		100		35	
<i>Leptodontium flexifolium</i>				100	100	100			30	
<i>Campylopus pyriformis</i>	15	5	14						100	
<i>Bryum argenteum</i>		8		11		10		18		100
<i>Ptilidium ciliare</i>							25	6		25
<i>Polytrichum formosum</i>		8		4		20				
<i>Hypnum cupressiforme</i>				4		10			12	
<i>Polytrichum juniperinum</i>							10	6		
<i>Polytrichum gracile</i>						10				
<i>Bryum capillare</i>								12		
<i>Brachythecium salebrosum</i>								6		
<i>Brachythecium albicans</i>								6		
<i>Dicranella heteromalla</i>		8								
<i>Syntrichia ruralis</i>				4						
<i>Funaria hygrometrica</i>								6		
<i>Cephalozziella starkei</i>								6		
<i>Cladonia</i> sp.	23	21	14	46	50	43	5	12		25
<i>Prasiola crispa</i>				4		40	10	6		25

(Unterstreichungen vom Verfasser)

Nahezu alle Aufnahmen gehören also dem Leptodontietum an, was dem atlantischen Klima Oldenburgs (800 mm Jahresniederschlag) und der niedrigen, luftfeuchten Lage (0-13 m üb. NN) entspricht. Aufnahmen vergleichbarer Zusammensetzung treten in Schleswig-Holstein auf der Grenze Eidermarsch-Geest auf, also geologisch auf der Grenze zwischen Saalemoränen und alluvialen Marschen und Mooren sowie klimatisch in entsprechender Lage. Auch hinsichtlich Alter und Exposition stimmen die Beobachtungen von ROHMEYER mit denen aus Schleswig-Holstein überein. So wurde der "Ceratodon-Typ" auf 10-45 Jahre alten Dächern gefunden, der "Dicranum-Typ" nur auf Nordseiten von 45-50 Jahren, der "Leptodontium-Typ" (entsprechend der starken

Konkurrenzkraft dieser Art in ihrem Hauptverbreitungsgebiet) auf allen Seiten auf bis zu 80 jährigen Dächern.

Auf die Vegetationsaufnahmen von Rethdächern in der Provinz Drente (Niederlande) von BARKMAN und RINGELBERG-GIESEN (1959) wurde schon in Kap 2.8 eingegangen. Es ist dabei zu berücksichtigen, daß die dort aufgeführten Aufnahmen die einzigen *Leptodontium*-Funde in den Niederlanden erfassen, die Rethdachvegetation der Niederlande insgesamt also eine andere Zusammensetzung haben dürfte. Diese lokale Ausprägung der Aufnahmen aus Drente entspricht voll derjenigen aus Oldenburg und dem westlichen Schleswig-Holstein, sodaß das Verbreitungsgebiet des *Leptodontietum* sich von Schleswig-Holstein auf der Geest längs der Nordseeküste fortsetzt. Verglichen mit den lokalen Abweichungen von höheren Pflanzengesellschaften zeichnet sich also ein überaus einheitliches Bild ab, das in seiner Gänze vollständig zu ergründen sich lohnen würde.

Aus Schleswig-Holstein ist außer floristischen Angaben nur ein kleinerer Beitrag von KRÖGER (1957) über "Die Flora der Strohdächer im Kreis Segeberg" (gemeint sind Rethdächer) veröffentlicht worden. Dort werden *Dicranoweisia cirrhata*, *Ceratodon purpureus* und *Dicranum scoparium* in zehn Vegetationsaufnahmen angeführt. Die Aufnahmen lassen den Sukzessionsverlauf in der genannten Reihenfolge vermuten und sich auf das Gebiet außerhalb des Vorkommens der typischen Subassoziation des *Leptodontietum* begrenzen, in dem der Kreis Segeberg nach den vorliegenden Untersuchungen mit Ausnahme der tiefergelegenen Sanderflächen um Heidmühlen auch wirklich liegt.

Die deutliche geographische Differenzierung der Rethdachvegetation läßt somit eine grobe Lokalisierung einer repräsentativen Auswahl von Aufnahmen einer Gegend zu (vgl. Kap. 5) nach dem Motto: "Sage mir, was auf deinem Dach wächst, und ich sage dir, wo du wohnst".

5. Die unterschiedliche Ausprägung der Rethdachvegetation in den verschiedenen Naturräumen Schleswig-Holsteins

5.1 VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN IN VERSCHIEDENEN MESS-TISCHBLÄTTERN

Ein Vergleich der in verschiedenen Landesteilen Schleswig-Holsteins im Juni 1971 gesondert erstellten Vegetationsaufnahmen gibt ein ausgezeichnetes Bild der verschiedenartigen lokalen Ausprägungen der Rethdachvegetation auf Grund unterschiedlicher klimatischer Grundlagen. Im Prinzip sind nämlich die Rethdachbesiedler weitaus besser als Klimaindikatoren zu verwenden als Epiphyten, deren Klimaabhängigkeit oft erwähnt wird (JENSEN 1951), da hier die wesentliche Rolle des unterschiedlichen Substrates fortfällt. Epiphyten reagieren ja nicht allein auf klimatische Verhältnisse, sondern ebenfalls durch die Wahl ihnen zusagender Porophyten. Gerade dieser Aspekt wird häufig außer acht gelassen: "Da es sich hier aber um eine rein klimatische Frage handelt (gemeint ist der atlantische Klimakeil), eignen sich zu ihrer Klärung am besten solche Moose, die in ihrem Wachstum und ihrer geographischen Verbreitung vom Boden unabhängig und im wesentlichen klimatischen Faktoren unterworfen sind, und das trifft eben für die Rindenmose zu, die sich ausschließlich von Atmosphärieren ernähren und ihren Wasserbedarf nur aus den Niederschlägen und der Luftfeuchtigkeit decken können." (JENSEN 1951). Damit geben Epiphyten zwar gute Feuchteindikatoren ab, aber noch nicht ausschließlich Klimaindikatoren. Genau wie Bodenpflanzen nämlich

auf Bodenart, Kalkgehalt, pH-Wert etc. reagieren, sprechen Epiphyten auf pH-Wert, Chemismus und Oberflächenstruktur der Rinde ihrer Trägerpflanze an. Das Problem von substratunabhängigen Indikatorarten ist damit also nicht gelöst, sondern nur vom Erdboden auf die Baumrinde verschoben. Epiphyten gedeihen nun nicht auf jedem in dem zusagenden Klimabereich vorkommenden Baum. Über die Auswahl der zur Verfügung stehenden Bäume bestimmt aber weitgehend die Forstwirtschaft. So kommt z.B. die euatlantische Art *Ulota phyllantha* in 29% aller Fundorte auf *Ulmus* auf der Schleswigschen Geest vor.

Dadurch soll nicht grundsätzlich bezweifelt werden, daß Rindenmoose keine Klimaindikatoren wären, jedoch einmal gezielt auf die bislang übersehene Rolle der unterschiedlichen Porophyten und ihrer Verbreitung hingewiesen werden. Die unterschiedliche Verteilung der atlantischen Rindenmoose auf verschiedene Porophyten zeigt die nachfolgende Zusammenstellung nach Fundortangaben bei JENSEN (1952):

1. <i>Frullania fragilifolia</i>		
<i>Fagus silvatica</i>	70%	<i>Alnus glutinosa</i> 8%
<i>Fraxinus excelsior</i>	10%	<i>Quercus</i> sp. 8%
<i>Ulmus</i> sp.	4%	
2. <i>Zygodon conoideus</i>		
<i>Fagus silvatica</i>	44%	<i>Populus</i> sp. 13%
<i>Quercus</i> sp.	15%	<i>Salix</i> sp. 4%
<i>Fraxinus excelsior</i>	20%	<i>Ulmus</i> sp. 6%
3. <i>Ulota phyllantha</i>		
<i>Fraxinus excelsior</i>	37%	<i>Sambucus nigra</i> 4%
<i>Ulmus</i> sp.	29%	<i>Quercus</i> sp. 4%
<i>Salix</i> sp.	13%	<i>Castanea sativa</i> 2%
<i>Populus</i> sp.	10%	<i>Acer</i> sp. 2%

Entsprechendes geht aus den Worten von E. FREY (1927) hervor, der bereits damals unterschiedliche klima- und substratabhängige Flechtengesellschaften unterschied: "... sind die epiphytischen Gesellschaften sehr wohl zur Charakterisierung der Gesamtvegetation geeignet. Insbesondere geben sie uns gute Anhaltspunkte, um zu erforschen, wie weit eine Vegetation vom Klima bedingt ist. Haben nicht die Flechten an Baumstämmen ähnliche Standorte wie die meteorologischen Instrumente, die wir in einiger Höhe über dem Erdboden anbringen, um sie dem Einfluß des Bodens möglichst zu entziehen? Allerdings sind ja viele Epiphyten sehr stark vom Substrat abhängig. Aber es gibt vielleicht ebensoviele oder gar mehr Arten und Assoziationen von Epiphyten, die sich zur Baumart indifferent verhalten. Mit HILITZER (1925) möchte ich diese letzteren als klimatoide den ersteren als substratoide gegenüberstellen. Diese zwei Termini sind vielleicht sprachlich-logisch nicht ganz gut gewählt, aber bequem und leichtverständlich. Diese klimatoiden Arten und Assoziationen eignen sich besonders gut zum Vergleich verschiedener Lokalklima..."

Bei Rethdachmoosen entfallen weitgehend Unterschiede im Substrat. Es ist vom Ausgangsmaterial her das Gleiche, sogar die pH-Werte sind in den einzelnen Naturräumen im Durchschnitt die gleichen (vgl. Kap. 7.1.3). Wir haben es hierbei also mit konstanteren Substratbedingungen als bei Epiphyten zu tun.

Zum Vergleich der unterschiedlichen, weitgehend auf das Klima zurückgehenden

den Ausprägungen der Rethdachgesellschaften wurden in verschiedenen Meßtischblättern Vegetationsaufnahmen erstellt und gesondert zu Tabellen zusammengefaßt, und zwar im Jungmoränengebiet (MTB 1728), im Altmoränengebiet (MTB 1824/1924) und in der Flussmarsch (MTB 1621/1721). Da in den beiden letzten Gebieten die vorhandenen Rethdächer in einem Meßtischblatt nicht ausreichten, mußte hier ein zweites, angrenzendes hinzugenommen werden sowie, besonders in den MTB 1621/1721 durch Aufnahmen aus den Vorjahren aus dem gleichen Gebiet ergänzt werden. Zur Lage der Untersuchungsgebiete vergleiche Abb. 37.

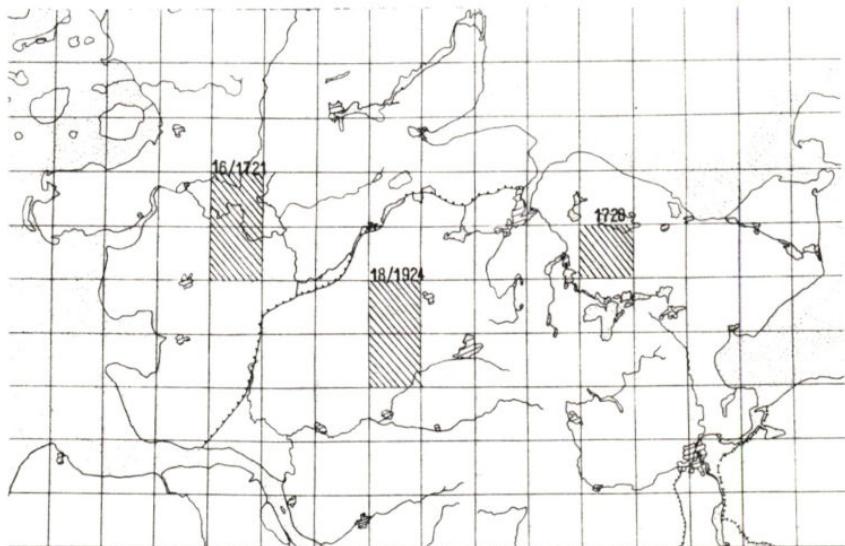


Abb. 37: Spezielle Untersuchungsgebiete in den verschiedenen Naturräumen Schleswig-Holsteins

5.1.1 Jungmoränengebiet

Das MTB 1728 liegt im Gebiet weichsel(würm)zeitlicher Moränen, die der Landschaft ein unregelmäßig welliges Relief mit Höhen zwischen 30 und 80 m geben. Die Niederschläge liegen hier zwischen 700 und 750 mm jährlich, was etwa dem Gesamtdurchschnitt Schleswig-Holsteins entspricht. Es herrschen dichte, schwere Geschiebelehme und -mergelböden vor, auf denen Parabraunerden entwickelt sind. Auf Grund vieler eingestreuter Zungenbecken- und Grundwasserseen liegt der Rethdachanteil bei den Häusern nach groben Schätzungen bei 5%, was im einzelnen sehr schwankt, denn in manchen Ortschaften finden sich gar keine Rethdächer (z.B. Wittenberger Passau), in anderen, besonders an Seen gelegenen (z.B. Lebrade, Bellin), ist der Anteil um so größer. Im großen und ganzen ist der durchschnittliche Anteil von 5%, gemessen an der Rethdachdichte in Schleswig-Holstein, überdurchschnittlich hoch.

Die Aufnahmen sind in Tab. 25 zusammengestellt. Auf rund 50% der Dächer wurde gar kein oder unwesentlich geringer Bewuchs festgestellt, teils, weil die Dächer nicht alt genug waren, teils, weil die Moosdecke durch die Besit-

zer regelmäßig entfernt wird. In manchen Fällen ist nicht auszuschließen, daß die Lage der Häuser so ungünstig exponiert ist, daß deshalb hier keine pflanzliche Besiedlung einsetzt, zumal an solchen Stellen das Rethmaterial so spröde ist, daß die Halme nicht angepreßt anliegen, sondern abstehen und leicht abbrechen und so eine dauernde Besiedlung verhindert wird.

Die meisten Dächer (rund 38% der untersuchten) sind mit *Dicranoweisia* bedeckt. Dies deutet auf ein recht trockenes Allgemeinklima hin, da hier ein Großteil der Dächer auf Grund der Trockenheit in der Entwicklung im *Dicranoweisietum* stehen bleibt. Nur in wenigen Fällen erscheint hier *Ceratodon* oder *Pohlia*, die eine Weiterentwicklung ankünden. Ansonsten ist das *Dicranoweisietum* auf die initiale, flechtenreiche Phase beschränkt. Ein kleiner Teil der Aufnahmen betrifft Wiederbesiedlungsstadien (Aufn. 511, 532), in denen *Dicranum*-Jungwuchs vertreten ist.

Die Aufnahmen vom *Leptodontietum* sind hier, am Rande des Verbreitungsgebietes, bei weitem nicht so typisch ausgebildet wie im Westen des Landes. Auffällig ist das Zurücktreten von *Pohlia nutans* und *Polytrichum gracile* sowie das Fehlen von *Campylopus flexuosus*. Reinartige Dächer treten hier überhaupt nicht mehr auf, *Leptodontium* tritt vielmehr stets mit einem größeren Anteil anderer Arten wie *Dicranoweisia* (Initialphase) oder *Ceratodon* auf. Aufmerksamkeit verdient auch das lokale Vorkommen von *Leptodontium*, das auf einige wenige rethgedeckte Schuppendedächer direkt am Selenter See, also in sehr luftfeuchter Lage, beschränkt ist. Hier, am nord-östlichsten Fundort dieser Art in Schleswig-Holstein, wächst *Leptodontium* nur an besonders geschützten Stellen, zumeist zwischen anderen Moosen oder in den Vertiefungen der Dächer, die von dem ablaufenden Niederschlag geschaffen wurden, stets auf humoser, also besser durchfeuchteter Unterlage.

Ganz im Gegensatz dazu tritt das *Syntrichietum*, das hier mit zehn Aufnahmen vertreten ist (also in 1/5 der Aufnahmen) auf offen exponierten Dächern, in einigen Fällen (so in Lebrade) auf Häusern in regelrechter Kammlage auf. Das Vorkommen von *Syntrichia* selbst ist anscheinend stark vom Zufall abhängig. Die Art tritt nur vereinzelt auf, und die umliegenden Dächer weisen einen Bewuchs zur Hauptsache aus *Ceratodon*, *Dicranoweisia* oder *Hypnum cupressiforme* auf, also alles potentielle *Syntrichia*-Standorte. Bei der geringen Verbreitung des *Syntrichietum* sowie von *Syntrichia* in Schleswig-Holstein spielt sicher die geringe Verbreitungsmöglichkeit eine Rolle, zumal die Art auf dem Erdboden nicht annähernd so häufig ist wie die anderen genannten Arten.

Im *Syntrichietum* ist nicht der Block hygrophiler und acidophiler Arten wie *Leptodontium*, *Pohlia nutans*, *Dicranum scoparium* und *Polytrichum*-Arten vertreten, wie aus der Tabelle hervorgeht. Statt dessen tritt *Hypnum cupressiforme* in größeren Mengen und an etwas feuchteren Stellen auch *Bryum capillare* auf. Andere subneutrophile Arten fehlen hier, zumal auch bis auf eine Ausnahme nur Reth- und keine Strohdächer vorliegen, wo optimale Bedingungen für diese Gesellschaft erreicht werden.

Algen waren innerhalb des Untersuchungszeitraumes (im Juni) makroskopisch nur wenig vertreten, sodaß nur größere Arten (*Prasiola*, *Desmococcus*-Lager, *Hor-midien*) mit in die Aufnahmen eingingen. Wie allgemein im Lande, so auch hier, tritt auf Viehställen *Prasiola crispa* auf. Zusammen mit dieser Alge wurde auffälligerweise auch das einzige Vorkommen von *Xanthoria polycarpa* auf Reth entdeckt, das schön den nitrophilen Charakter dieser Gesellschaft dokumentiert.

Tabelle 25: Aufnahmen aus dem MTB 17286

Tabelle 26: Aufnahmen aus den MTB 18/1924

5.1.2 Alt moränengebiet

Die untersuchten Meßtischblätter 1824 und 1924 liegen auf weichselzeitlichen Sandern und saale(riß)zeitlichen (Alt)Moränen. Während sich die Sander ungefähr im 10 m Niveau befinden, erheben sich die Alt moränen bis zu 80 m. Die Niederschläge erreichen hier im Westen Schleswig-Holsteins 775-800 mm pro Jahr und damit nahezu die Höchstwerte von 825 mm. An Böden herrschen Podsole, podsolige Braunerden und auf den grundwassernahen Sandern Anmoore vor. Diese vom östlichen Hügelland und dem zuerst behandelten Meßtischblatt Selent abweichenden Verhältnisse führen auch zu einer wesentlich anderen Dachvegetation. Obwohl dieses Gebiet nur 50 km vom Meßtischblatt Selent entfernt liegt, sind doch hier Arten und Artenverteilung beträchtlich verschieden.

In 64% aller Aufnahmen tritt *Leptodontium* auf (Tab. 26). Diese Aufnahmen weisen zudem Arten wie *Campylopus flexuosus*, *Dicranella heteromalla*, *Ptilidium ciliare* und *Cephaloziella starkei* auf, Arten, die in dem östlicheren MTB 1728 fehlen. *Dicranum scoparium* als verbreitetes Endstadium der Vegetationsentwicklung auf Rethdächern tritt hier ganz zurück und stets zusammen mit *Leptodontium* auf. Die Beimengungen von für Rethdächer ungewöhnlichen Arten wie *Mnium hornum* und *Rhytidadelphus squarrosus* zeigen, daß hier besonders günstige Bedingungen für Moose auf Rethdächern geboten werden.

Sämtliche Moosstadien gehören hier dem hygrophilen *Leptodontietum flexifoliae* an, die meisten davon der typischen Subassoziation. Selbst sonst verbreitete Dächer mit vorherrschend *Ceratodon* wurden hier unter 50 Aufnahmen nur einmal beobachtet. Die Sukzession führt hier vom *Dicranoweisietum* direkt zur typischen Subass. des *Leptodontietum*. Innerhalb des *Leptodontietum* treten hier die bereits bei den Sonderfällen behandelten Dominanzen von *Pohlia nutans* und *Polytrichum gracile* auf, ferner noch ein Dach mit vorherrschend *Campylopus flexuosus*, die alle als besondere Fazies gewertet werden können.

Das xerophytische *Syntrichietum* tritt hier nirgends, auch nicht andeutungsweise auf. Auffällig ist auch gegenüber den Aufnahmen aus dem MTB 1728 der hohe Algenanteil (46% aller Aufnahmen) trotz des relativ ungünstigen Aufnahmezeitpunktes im Juni, das alles zusammen auf sehr viel luftfeuchtere Verhältnisse schließen läßt.

Dächer mit vorherrschend Krustenflechten sind gar nicht, mit vorherrschend *Cladonien* oder *Dicranoweisia* sehr selten angetroffen worden, das zeigt, daß die Sukzession hier sehr rasch abläuft und nicht auf initialen xerophytischen Stadien stehenbleibt.

5.1.3 Eiderniederung

In der nur rund 25 km westlich gelegenen Eiderniederung sind ebenfalls fast ausschließlich nur mit *Leptodontium* bewachsene Rethdächer zu finden. Diese Niederung liegt in Höhen von 0-20 m und besteht aus holozänen Marschen über Moor oder Niedermoar mit einzelnen saalezeitlichen Durchrungen ("Holme"). Die Niederschläge liegen zwischen 750 und 800 mm/Jahr, also ebenfalls sehr hoch. An Böden kommen Knickmarschen, Anmoore oder podsolige Braunerden vor.

Der Rethdachanteil liegt bei ca. 1-2%, weshalb hier auch nur insgesamt 25

Aufnahmen zustande kamen, insbesondere auch, weil die nach drei Seiten anschließenden Geesthöhen hierbei nicht erfaßt werden sollten, die einen Teil der Meßtischblätter 1621/1721 ausmachen.

Unter den 25 Aufnahmen (Tab. 27) ist nur je eine mit vorherrschend *Dicranum*, *Ceratodon*, *Dicranoweisia* oder *Prasiola*, der Rest gehört der typischen Sub- assoziation des *Leptodontietum flexifoliae* an, die hier in der Tallage hohe Luftfeuchte anzeigt. Obwohl dies aus großräumigen Klimakarten nicht her- vorgeht, muß hier ein bedeutender Unterschied zu der Jungmoräne vorliegen, wo *Leptodontium* nur ganz vereinzelt an besonderen Standorten vorkommt, wohingegen in der Eiderniederung fast alle Dächer mit dieser Art bewachsen sind und hier eine hygrophytische Art andere meso- oder xerophytische Arten verdrängen kann. Daß hier der komplexe Klimafaktor der Atlantizität keine Rolle spielt, zeigt die Tatsache, daß in dem nördlich anschließenden Marsch- und Geestgebiet, die nach ihrer Gefäßpflanzen- und Epiphytenflora einen weit- aus deutlicheren atlantischen Charakter zeigen als die Eiderniederung, im Gegenteil weitaus xerophytischere Dachmoosgesellschaften auftreten.

Tabelle 27: Aufnahmen aus den MTB 16/1721

Leptodontietum flexifoliae, typ. Subassoziation

Im Vergleich zu den vorher besprochenen östlich anschließenden Geesthöhen ist die Artenzusammensetzung hier deutlich ärmer, es herrschen hohe Moosbedeckungen vor, sodaß Flechten nur selten vertreten sind. Auffällig ist der hohe Anteil von sterilen Cladonien, wofür im einzelnen keine Erklärung gegeben werden kann und der schon bei der Behandlung des Leptodontietum-Stadiums sich als hierfür typisch erwiesen hat.

So zeigt der Vergleich der Rethdachvegetation von diesen drei Naturräumen am Beispiel einiger Meßtischblätter eine gute klimatische Charakteristik dieser Gebiete. Die von Westen nach Osten abnehmenden Niederschläge bedingen auch eine Anpassung der Rethdachvegetation dergestalt, daß nach Osten zunehmend meso- und xerophytische Gesellschaften auftreten und die im Westen einheitlich bewachsenen Dächer im Osten je nach kleinsteppografischer Lage einen unterschiedlichen Bewuchs aufweisen.

Tabelle 28

Meßtischblattnr.	1728	16/1721	18/1924	1728	16/1721	18/1924
<i>Syntrichia ruralis</i>	8			<i>Cladonia arbuscula</i>	2	
<i>Bryum capillare</i>	4			<i>Cladonia pyxidata</i>	4	10
<i>Polytrichum juniperinum</i>	2			<i>Cladonia cf. alcicornis</i>		2
<i>Hypnum cupressiforme</i>	32	16	2	<i>Cladonia pityrea</i>		4
<i>Dicranoweisia cirrata</i>	70	36	26	<i>Lecanora pityrea</i>	26	16
<i>Polytrichum piliferum</i>	8	16	14	<i>Lecanora varia</i>	16	
<i>Ceratodon purpureus</i>	64	24	44	<i>Lecidea humosa</i>	4	8
<i>Polytrichum gracile</i>	14	4	28	<i>Lecidea granulosa</i>		4
<i>Dicranum scoparium</i>	26	36	22	<i>Hypogymnia physodes</i>	26	6
<i>Pohlia nutans</i>	24	28	38	<i>Cetraria glauca</i>	2	
<i>Leptodontium flexifolium</i>	10	84	64	<i>Candelariella xanthostigma</i>	2	
<i>Campylopus flexuosus</i>		8	8	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	6	
<i>Cephalozia starkei</i>			6	<i>Evernia prunastri</i>	2	2
<i>Rhytidadelphus squarrosus</i>			2	<i>Xanthoria polycarpa</i>	2	
<i>Ptilidium ciliare</i>			4	<i>Xanthoria parietina</i>		2
<i>Dicranella heteromalla</i>			6			
<i>Mnium hornum</i>			4	<i>Prasiola crispa</i>	12	8
<i>Cladonia chlorophcea</i>	50	12	24	<i>Chlorormidium sp.</i>	6	36
<i>Cladonia subulata</i>	32	4	14	<i>Desmococcus vulgaris</i>	6	6
<i>Cladonia floerkeana</i>	20	8	16	<i>Agrostis alba</i>		4
<i>Cladonia fimbriata</i>	30	4	2	<i>Poa annua</i>		2
<i>Cladonia sp. steril</i>	26	68	64	<i>Lolium perenne</i>		4
<i>Cladonia gracilis</i>	8		14	<i>Deschampsia caespitosa</i>		4
<i>Cladonia coniocraea</i>	4			<i>Poa pratensis</i>		4
<i>Cladonia major</i>	2			<i>Artenzahl insgesamt</i>	35	23
<i>Cladonia macilenta</i>	4	4	16	<i>Aufnahmehzahl</i>	50	25
<i>Cladonia cf. squamosa</i>	4				50	50

Vergleicht man die Stetigkeitswerte der Arten (Tab. 28) und die prozentuale Häufigkeit der Gesellschaften (Tab. 29) in den drei untersuchten Meßtischblättern, so ergibt sich ein deutlicher Wandel von West nach Ost. In Abb. 38 und 39 sind diese Werte graphisch dargestellt. So entspricht z. B. einer Abnahme von *Leptodontium flexifolium* von W nach O eine Zunahme von *Ceratodon purpureus* in gleicher Richtung. Ähnlich

verhält sich die Zunahme des *Dicranoweisietum* und das Auftreten des *Sytrichietum* im Osten und die Abnahme des *Leptodontietum* im gleichen Gebiet. So lässt sich aus einer repräsentativen Anzahl von Aufnahmen eines Gebietes ein Spektrum der beteiligten Gesellschaften erstellen, das Aussagen über den Florencharakter dieses Gebietes zuläßt.

Indifferent verhält sich nur das *Prasioletum crispae*, das in allen Meßtischblättern gleichmäßig auftritt und, weitgehend klimaunabhängig, nur an stickstoffhaltiges Milieu gebunden ist.

Tabelle 29: Prozentuale Häufigkeit der Gesellschaften in den untersuchten MTB

Meßtischblattnr.	1728	1824	1621
	1924	1721	
<i>Leptodontietum flexifoliae</i>	28	74	92
---typische Subassoziation	10	72	84
---Subass. von <i>Dicranum scoparium</i>	10	--	4
---Subass. von <i>Ceratodon purpureus</i>	8	2	4
<i>Sytrichietum ruralis</i>	18	--	--
---typische Subassoziation	8	--	--
---Subass. von <i>Hypnum cupressiforme</i>	10	--	--
<i>Dicranoweisietum cirrhatae</i>	38	8	4
<i>Prasioletum crispae</i>	14	12	4
<i>Lecanorion</i>	2	--	--
<i>Cladonion</i>	--	6	--

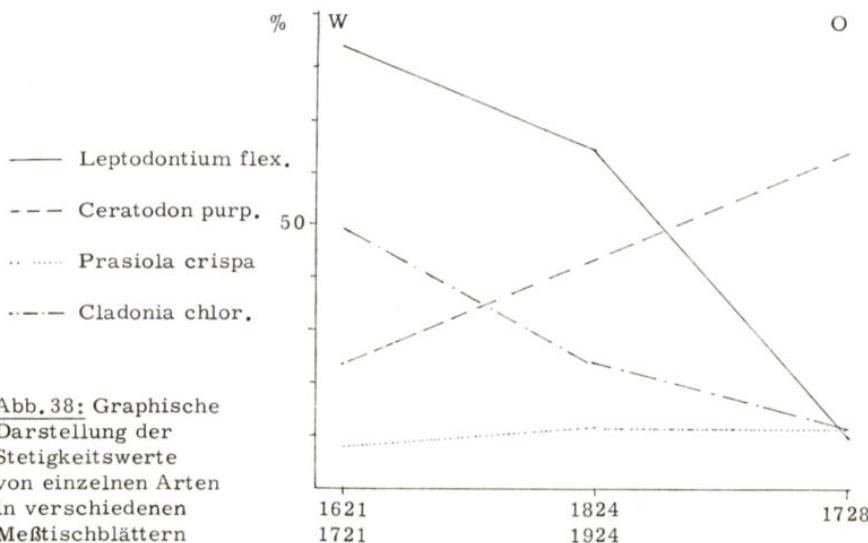


Abb. 38: Graphische Darstellung der Stetigkeitswerte von einzelnen Arten in verschiedenen Meßtischblättern

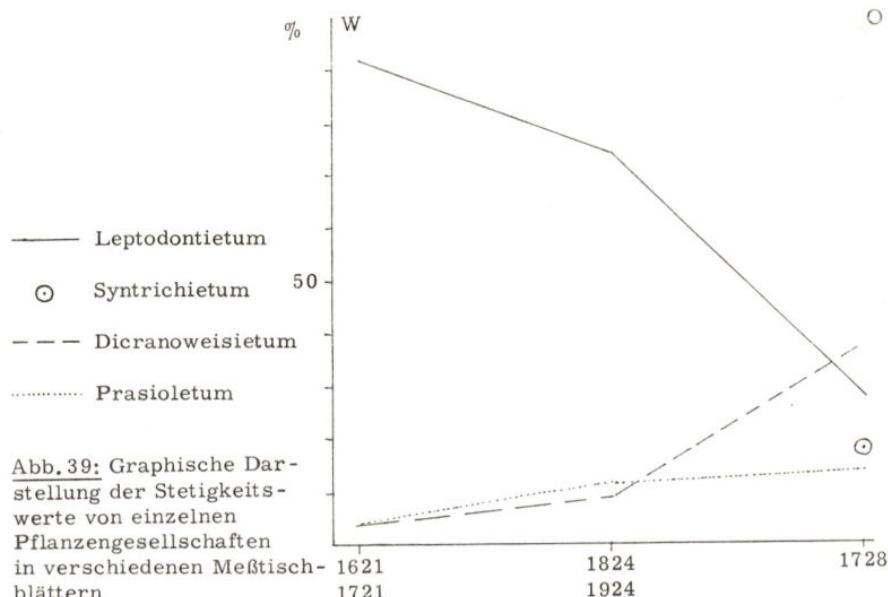


Abb. 39: Graphische Darstellung der Stetigkeitswerte von einzelnen Pflanzengesellschaften in verschiedenen Meßtischblättern

5.2 DIE RETHDACHVEGETATION AUSGEWÄHLTER NATURRÄUME

Die pflanzengeographische Sonderrolle der Marschengebiete und des Landesteils Fehmarn-Nordoldenburg, die sich in der Verbreitung höherer Pflanzen deutlich manifestiert, ließ es angebracht erscheinen, auch die Rethdachvegetation dieser Gebiete gesondert zu betrachten. Daher wurden die 1969 und 70 in diesen Gebieten gemachten Aufnahmen extra in den Tabellen 30 und 31 zusammengefaßt.

5.2.1 Fehmarn und Land Oldenburg (vgl. Tab. 30)

Der durch Niederschlagsarmut geprägte subkontinentale Vegetationscharakter des nördöstlichsten Teiles von Schleswig-Holstein (im Durchschnitt 550 mm pro Jahr, Landesdurchschnitt etwa 700 mm Niederschlag) drückt sich auch sehr deutlich in der Rethdachvegetation aus. Es fiel bereits während der Erstellung der Aufnahmen auf, daß hier nirgends *Dicranum scoparium* auftrat. Diese Art erreicht nur den Oldenburger Graben und kommt nördlich davon auf Rethdächern nicht mehr vor, obwohl sie in den Fehmarn säumenden Küstenheiden reichlich vertreten ist, sogar in der var. *orthophyllum*. Zunächst angestellte Überlegungen bezüglich der Waldarmut dieses Gebietes, auf Grund dessen hier eine ganze Reihe von Waldpflanzen (*Equisetum siliculosum*, *Galium saxatile*, *Melandrium rubrum*, *Trientalis europaea*, *Lysimachia nemorum* u.a.) fehlt, führten zu keinem Ergebnis. Erst nachdem die systematische Bewertung der Rethdachgesellschaften abgeschlossen war, konnte das Vorkommen der artenarmen, nur von *Dicranoweisia*, *Ceratodon* und *Hypnum* bewachsenen Dächer erklärt werden. Es handelt sich hierbei um Aufnahmen des *Syntrichietum ruralis*, weswegen hier alle acidophilen und besonders (wegen der Niederschlagsarmut) hygrophilen Arten wie *Dicranum*, *Pohlia* o.ä. fehlen. Endstadium der Rethdachbesiedlung bilden hier lediglich

Hypnum cupressiforme und *H. lacunosum*. Letztere Art tritt besonders häufig bestandsbildend auf, da sie wahrscheinlich xerophytischer ist als *Hypnum cupressiforme*, die auch noch an beschatteten Stellen gedeiht. Außerhalb von Rethdächern wächst nämlich *Hypnum lacunosum* lediglich auf Sand in Küstendünen und seltener an offenen, sandigen Stellen auf der Geest, während *Hypnum cupressiforme* feuchtliegende Steine und Baumstämme besiedelt. *Syntrichia ruralis* selbst wurde in diesem Gebiet nicht gefunden, es mag dabei eine Rolle spielen, daß hier die sonst bevorzugten Strohdächer fehlen.

Neben den durch *Dicranoweisia* und *Ceratodon* markierten Sukzessionsstadien innerhalb des *Syntrichietum* ist nur noch das *Prasioletum crispae* auf Viehställen vertreten. So bietet dieses Gebiet ein sehr einheitliches Bild einer vom trockenen Klima beeinflußten Rethdachvegetation, was die Abgrenzung dieses Naturraumes unterstützt.

Bezieht man die in den untersuchten Meßtischblättern gewonnenen Ergebnisse mit ein, so sieht man die Vermutung bestätigt, bei den Dachmoosgesellschaften handle es sich um zwei vikariierende Gesellschaften: Im kontinentalen

Tabelle 30: Aufnahmen aus Fehmarn und Nordoldenburg

Aufnahme Nr.	128	133	125	126	132	134	135	136	127	129	130	131	124
Exposition	OSO	0	W	0	0	0	N	N	N	N	N	W	NNO
Inklination	50	45	45	35	45	45	45	55	50	45	60	45	45
Bedeckung	40	80	60	35	70	85	100	70	95	95	90	45	15
Alter	35	35	30	40	?	45	?	?	40	50	?	50	25
Artenzahl	3	5	5	3	3	6	5	5	1	2	4	4	3
<i>Dicranoweisia cirrata</i>	40	50				5							+
<i>Ceratodon purpureus</i>	+	10	30	35	70	55		1	+		25		BrChaepl
<i>Hypnum cupressiforme</i>		15	5	+	1	15	100	55					BrChrept
<i>Hypnum lacunosum</i>									95	95	80	20	BrChrept
<i>Cladonia subulata</i>	1	1	20		3	2						1	LChal
<i>Cladonia fimbriata</i>			5			8	+						LChal
<i>Cladonia sp. steril</i>		3			1						2		LChal
<i>Cladonia major</i>						+							LChal
<i>Cladonia macilenta</i>							+						LChal
<i>Cladonia pityrea</i>								10					LChal
<i>Hypogymnia physodes</i>					+			+					LHfol
Algen insgesamt									10	5	15		
<i>Chlorhormidium flaccidum</i>									(1)				Phycitrich
<i>Desmococcus vulgaris</i>									(2)				Phycicocc
<i>Prasiola crispa</i>									(4)	(5)	(5)		Phycithall
<i>Sempervivum tectorum</i>								5					Ch
<i>Taraxacum officinale</i>								+					H
<i>Sambucus nigra</i>								0	+				M

Osten kommt nur das *Syntrichietum* vor, im MTB 18/1924 und 16/1721 im Westen kommt nur das *Leptodontietum* vor und im MTB 1728 überschneiden sich beide Gesellschaften, sodaß wir analog zu den atlantisch oder kontinental beeinflußten Florengebieten Schleswig-Holsteins auch die Dachmoosgesellschaften verteilt sehen.

5.2.2 Die Seemarschen (vgl. Tab. 31)

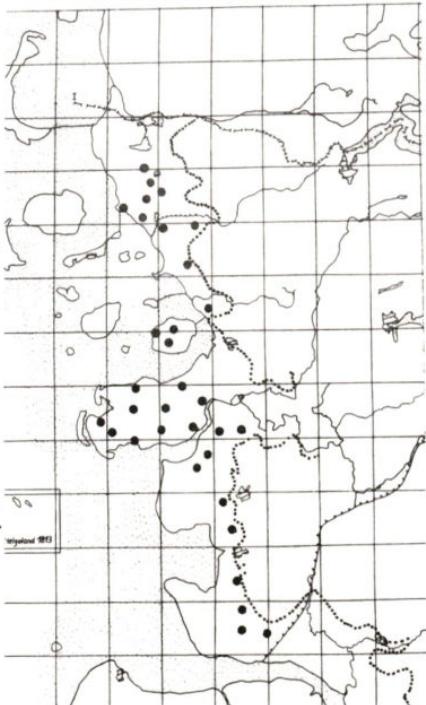
Im Gegensatz zu Fehmarn und Oldenburg bieten die Marschen der Nordseeküste wider Erwarten überhaupt kein einheitliches Bild in der Rethdachvegetation. Es liegen Aufnahmen aller Gesellschaften vor, die nur in einzelnen Teilgebieten, nämlich Friesland, Eiderstedt und Dithmarschen, gleichartige Verhältnisse zeigen.

In Friesland sind nur Aufnahmen des *Syntrichietum ruralis* vertreten. Auf allen Dächern tritt *Ceratodon* zusammen mit den für diese Gesellschaften typischen Arten wie *Bryum argenteum*, *B. capillare*, *Brachythecium albicans*, *Hypnum lacunosum*, *Sedum acre* sowie *Syntrichia ruralis* auf. Schon während der Aufnahmen war aufgefallen, daß in diesem Gebiet z.B. *Dicranum scoparium* ebenso wie auf Fehmarn völlig fehlt, was zunächst zu falschen Schlüssen führte, da Fehmarn annähernd und die Marschen völlig waldfreie Gebiete in Schleswig-Holstein sind. Da in den innerhalb der letzten 70 Jahre eingedeichten Kögen rethgedeckte Häuser fehlen, stammen die meisten Aufnahmen von der Insel Nordstrand und den Geestranddörfern zwischen Husum und Niebüll sowie den alten Marschgebieten (Abb. 40). Auch auf Amrum wurden auf Rethdächern *Hypnum cupressiforme* und *Dicranoweisia festigata* (FRAHM und KLINGER 1968), was auf ähnliche Verhältnisse auf den Geestkerninseln schließen läßt. Dafür sprechen auch die Angaben von TIMM (1926), der in seiner Arbeit "Moose auf der Insel Föhr" auch Rethdächer in Utersum und Nieblum untersuchte und die folgenden sieben Arten aufzählt:

- Dicranoweisia cirrhata
- Ceratodon purpureus*
- Tortula (Syntrichia) ruralis*
- Stereodon (Hypnum) cupressiformis*
insbes. in der var. *tectorum*
- Dicranella heteromalla*
- Polytrichum piliferum*
" *gracile*

Bis auf *Dicranella* und *Polytrichum gracile*, die beide nur einmal auf einem nordexponierten Dach in Nieblum gefunden wurden, sind dies alles Arten des *Syntrichietum ruralis*. Die Varietät *tectorum* von *Hypnum cupressiforme*

Abb. 40: Aufnahmepunkte in den Seemarschen
..... Geeststrand



gehört zu *Hypnum lacunosum*, was diesen Eindruck noch verstärkt.

In Eiderstedt ist ganz im Gegensatz dazu zur Hauptsache das Leptodontietum auf den Dächern vertreten. Von *Cladonia*- über *Dicranoweisia*- beherrschten Dächern reicht die Sukzession zum eigentlichen Leptodontietum, das aber in vielen Fällen nicht *Leptodontium*, sondern *Pohlia nutans* dominierend enthält, eine nur in den Marschen beobachtete Fazies. Ebenso ungewöhnlich ist das Auftreten von *Cephaloziellen* (*C. rubella* und *C. hampeana*), die nur in Eiderstedt auf Rethdächern gefunden worden sind. Schließlich ist vergleichsweise häufig noch das *Prasioletum crispae* vertreten. Nur in zwei Aufnahmen mit *Hypnum lacunosum* bzw. *Hypnum cupressiforme* trifft man auf Arten des *Syntrichietum ruralis*.

In Dithmarschen liegen die Verhältnisse wieder anders. Hier wurden zur Hauptsache mit *Dicranoweisia* bewachsene Dächer angetroffen. Trotz des relativ hohen Alters dieser Dächer (20-30 Jahre) war hier die Sukzession nicht weiter fortgeschritten, sondern im flechtenreichen *Dicranoweisietum cirrhatae* stehen geblieben. Nur selten wurden *Pohlia*-, *Ceratodon*- oder *Hypnum*-Dächer (letztere an beschatteten Stellen) angetroffen.

Wie die recht tiefgreifenden Unterschiede zwischen den einzelnen Marschen-gebieten zu erklären sind, konnte nicht geklärt werden. Es ist merkwürdig und bezeichnend zugleich, daß die unterschiedliche Ausprägung der Rethdach-vegetation sich nicht nur an größere naturräumliche Einheiten, sondern sogar an solche relativ gering unterschiedenen Gebiete hält. Es ist lediglich festzustellen, daß die Rethdachvegetation Frieslands der im Binnenland anschließen den Flensburger- und Schleswiger Geest entspricht, also sich hier ein Dachvegetationstyp bis an die Küste fortsetzt. In etwa ist dies auch bei Eiderstedt der Fall, wo man sich die *Leptodontium*-Vegetation der Eiderniederung in Abwandlungen bis nach Eiderstedt fortgesetzt denken kann. Nur im Falle von Dithmarschen würde dies nicht zutreffen. Hier liegt gegenüber den östlich anschließenden Geesthöhen eine auffällig gehemmte Vegetationsentwicklung vor.

Wie zunächst zu erwarten gewesen wäre, unterscheidet sich die Rethdachvegetation in den Marschen (abgesehen von der *Pohlia nutans*-Fazies des Leptodontietum) generell nicht von der Rethdachvegetation des Binnenlandes. Dies ist vielmehr ein Zeichen dafür, daß solche Gesellschaften rein klimatisch beeinflußt sind, wohingegen die unterschiedliche Phanerogamenflora der Marschen rein auf edaphische Ursachen zurückgeht.

6. Die geographische Differenzierung der Rethdachvegetation in Schleswig-Holstein

6.1 DIE VERBREITUNG DER EINZELNEN GESELLSCHAFTEN

Neben der Untersuchung einzelner Naturräume mit ihrem unterschiedlichen Inventar an Rethdachgesellschaften gibt die Kartierung der Vorkommen dieser Gesellschaften einen umfassenden Überblick über die geographische Differenzierung der Rethdachvegetation in Schleswig-Holstein.

Die Initialgesellschaften (*Cladonia*-Stadium, *Dicranoweisietum cirrhatae* Abb. 41) sind noch gleichmäßig über das ganze Land verteilt. Wenn sie auf den Verbreitungskarten an einigen Stellen fehlen, so liegt das daran, daß sie hier in den Aufnahmen unterrepräsentiert sind. Da die Entwicklung der Rethdachgesellschaften zunächst eingleisig verläuft, sind gerade die initialen

Tabelle 31: Aufnahmen aus den Seemarscherr

Friesland

Gesellschaften im ganzen Lande vertreten. Das *Dicranoweisietum* scheint im Jungmoränengebiet häufiger vertreten zu sein als in den übrigen Landesteilen. Das mag daran liegen, daß *Dicranoweisia* hier längere Zeit bestandsbildend bleibt als in anderen Gebieten, wo Arten wie *Leptodontium* sehr schnell die Sukzession vorantreiben.

Auch die Verbreitung des *Prasioletum crispae* (Abb. 42) entzieht sich naturgemäß einer Interpretation, da diese Gesellschaft primär an das Vorhandensein ammoniakalischer Dämpfe gebunden ist, die an geeigneten Stellen auf Bauernhöfen im ganzen Lande anzutreffen sind. Auch die küstennahen Funde (Eiderstedt, Wobbenbüll, Fehmarn, Westerbüttel) sind direkt von diesem Faktor beeinflußt und stehen nicht, jedenfalls nicht ersichtlich, mit den nitrat-haltigen Salzaerosolen der Nord- und Ostsee in Verbindung.

Ganz im Gegensatz dazu beginnen sich bei älteren Moosgesellschaften die Standortsansprüche und damit auch die Verbreitung zu differenzieren: In Abb. 43 ist das *Syntrichietum* und *Leptodontietum* i.w.S. kartiert. Es zeigt sich, daß das *Leptodontietum* das nordöstliche Gebiet Schleswig-Holsteins ausläßt. Zur Hauptsache stößt es von der Eider niederung keilförmig nach Osten bis in die Gegend von Kiel vor. Das *Syntrichietum* hingegen besiedelt die umliegenden Gebiete und dringt auf der Flensburger Geest, dem Hauptvorkommen von Strohdächern, bis an die Nordseeküste vor. Eine Exklave besitzt das *Syntrichietum* in der Gegend von Lägerdorf, wo die Rethdächer mit dem Kalkstaub einer Zementfabrik imprägniert sind. Im trockenen Südosten des Landes sind beide Gesellschaften nur fragmentarisch entwickelt, das *Leptodontietum* gerät hier an die äußersten Grenzen seiner Verbreitung, (das Vorkommen von Behlendorf Kr., Lauenburg ist abgesehen von einem Fund am Harznordrand aus dem letzten Jahrhundert der bislang absolut östlichste), das *Syntrichietum* scheint hier keine optimalen Existenzbedingungen (Strohdächer, kalkhaltige Anflüge) zu finden. Die Verbreitungskarten der typischen Subassoziation (Abb. 45 und 46) zeigen diese Tendenzen noch deutlicher.

Die über das ganze Land verteilte Verbreitung von *Ceratodon purpureus* (Abb. 44) zeigt den indifferenten Florencharakter dieser Art, die zwischen diesen beiden Gesellschaften vermittelt und je nach Begleitarten zum *Syntrichietum* oder *Leptodontietum* gestellt werden kann.

Auch die Verbreitung der Subassoziationen von *Dicranum scoparium* bzw. *Hypnum cupressiforme* (Abb. 47 und 48), die nicht ganz so extreme Standortverhältnisse anzeigen wie die typischen Subassoziationen, zeigen die gleiche Verbreitungstendenz. *Dicranum scoparium* meidet den Nordosten des Landes sowie Friesland, wo nur das *Syntrichietum* vorkommt, sowie die Heide-Itzehoer Geest und den größten Teil der übrigen Seemarschen, wo das *Leptodontium*-Hauptverbreitungsgebiet liegt. Die *Hypnum*-Arten wiederum besiedeln die Gebiete, wo *Leptodontium* und *Syntrichia* nicht mehr hindringen: Fehmarn, Angeln, Eiderstedt und Friesland.

Es zeigt sich somit eine grobe Dreiteilung des Landes in das *Leptodontietum*-Kerngebiet (Vorkommen der typ. Subass.), ein *Leptodontietum*-Randgebiet (vorwiegend *Dicranum*-Subass.) und den übrigen vom *Syntrichietum* eingenommenen Bereich. Diese Gliederung wird vornehmlich auf einem West-Ost-Profil von Tönning nach Fehmarn deutlich, im nördlichen Schleswig und im südlichen Holstein sind mehr oder weniger Durchmischungsgebiete beider Gesellschaften.

Abb. 44: Verbreitung des *Ceratodon purpureus*-Übergrangsstadiums
und des Syntrichiellum l.w.S. ●

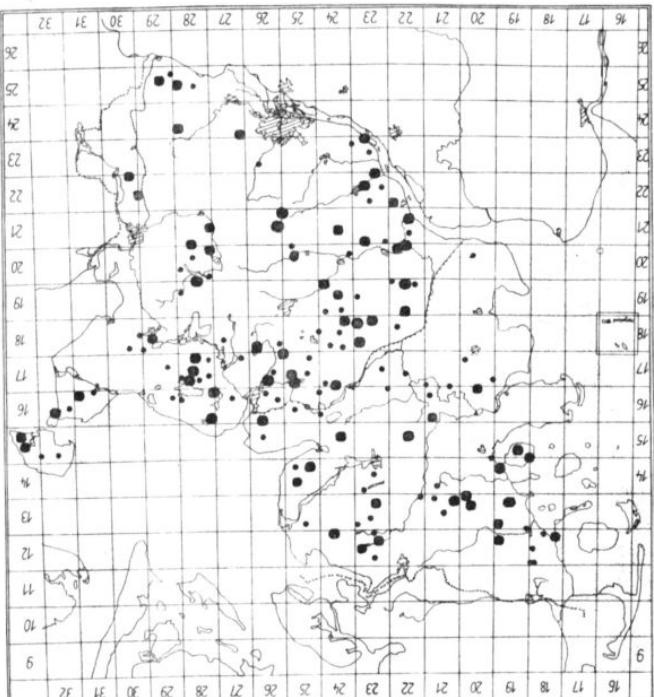


Abb. 48: Verbreitung des Syntrichialem rurale, Schädel, von Hyppomys und Dachfern
dbrige Vorkommen von Hyppomys und Dachfern

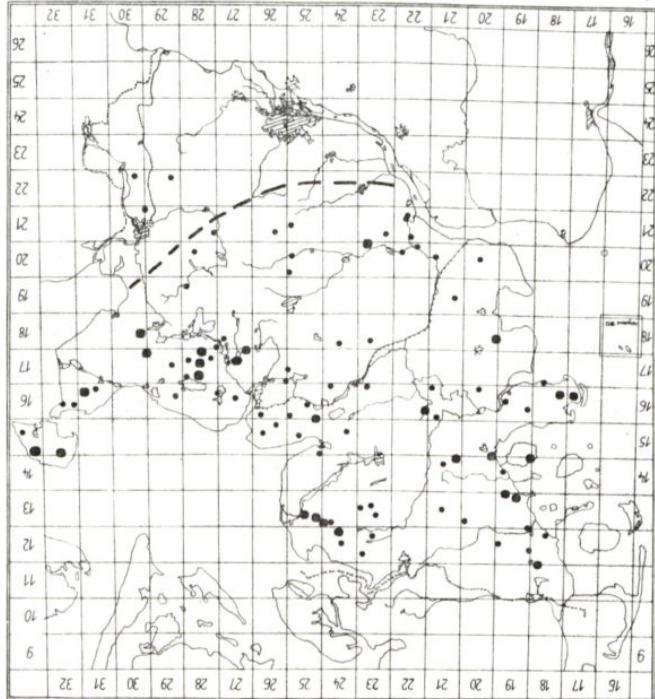


Abb. 47: Verbreitung des Lepidodontatum flexuolae, Schädel, von Dicranium scoparium
dbrige Vorkommen von Dicranium scoparium

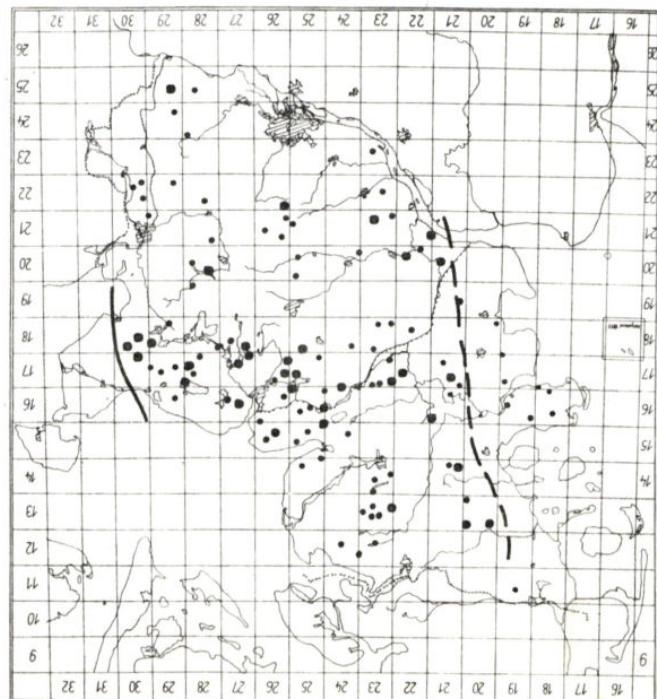


Abb. 46: Verbreitung des Syntrichialem rurale, Typ, Schädel, dbrige Vorkommen von Syntrichialem rurale, Schädel, Dachfern

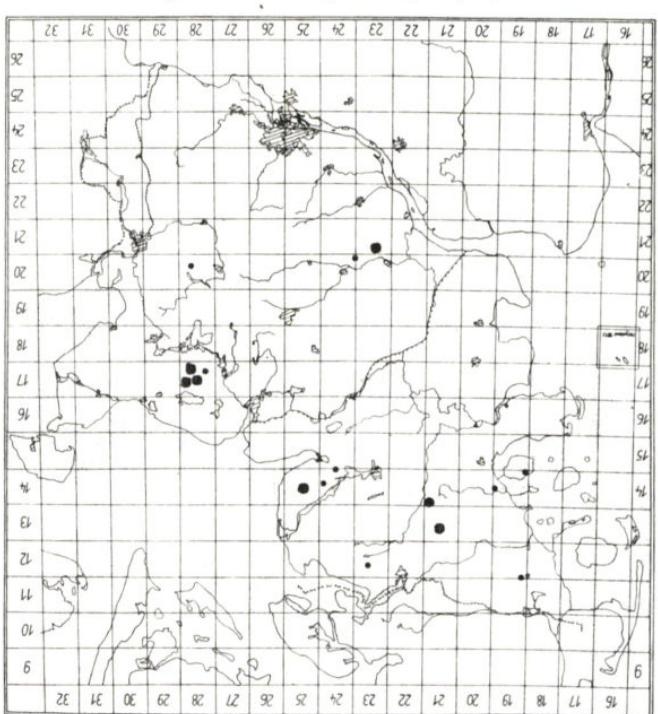
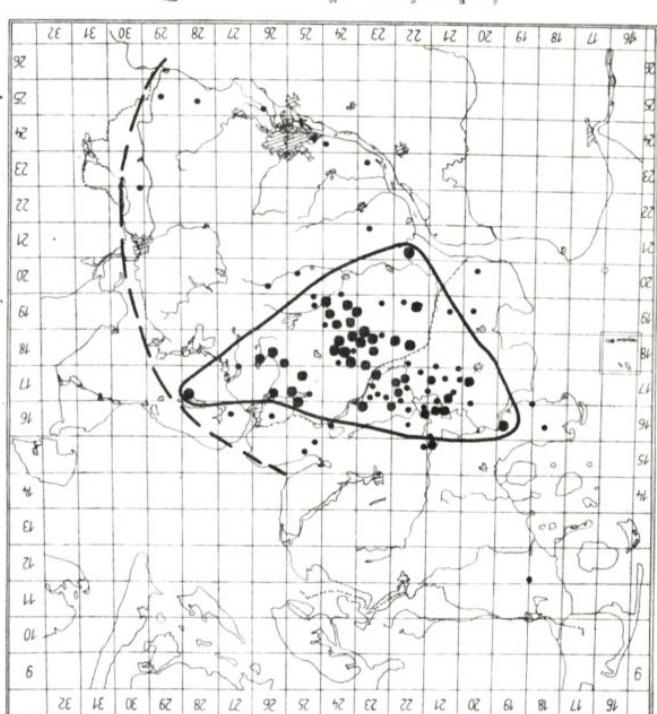


Abb. 45: Verbreitung des Lepidodontatum flexuolae, Typ, Schädel, dbrige Vorkommen von Lepidodontatum flexuolae



6.2 DIE VERBREITUNG DER EINZELNEN ARTEN

Ähnlich wie die Verbreitung der einzelnen Dachgesellschaften lassen sich auch die einzelnen Arten in gleichmäßig verbreitete Arten und dem Syntrichietum oder Leptodontium verbundene Arten einteilen, die deutliche Verbreitungstendenzen aufweisen. Hinzu kommt ein großer Teil von Arten, der sich einer genaueren Interpretation seiner Verbreitung entzieht, da er in zu wenig Aufnahmen vertreten war und hier nicht in Verbreitungskarten festgehalten ist. Zur Beurteilung der Verbreitungskarten ist in allen Fällen die Karte der Aufnahmepunkte (Abb. 2) hinzuzuziehen. Durch eine möglichst gleichmäßige Streuung der Aufnahmepunkte sollte gesichert werden, daß die Verbreitungskarten nicht nur einige aufgesuchte Punkte wiedergeben, sondern auch Schlüsse über die Verbreitungstendenz einzelner Arten zulassen.

An Besonderheiten fallen bei den Verbreitungskarten auf:

1. Einige Arten, die normalerweise nicht in den Seemarschen vorkommen, finden sich dort aber auf Rethdächern, z.B. *Dicranella heteromalla* (Abb. 49), *Dicranum scoparium* (Abb. 47) und *Pohlia nutans* (Abb. 50). Andere Arten wie *Syntrichia ruralis*, *Brachythecium albicans* und *Hypnum lacunosum* kommen dort nur an den vorgelagerten Dünenschnitten vor. Arten wie *Bryum capillare* und *Brachythecium albicans* zeigen stellenweise eine Häufung der von ihnen bevorzugten Strohdächer an (z.B. in Angeln) und nicht etwa besondere klimatische Verbreitungstendenzen.

2. Die Tendenz, daß Verbreitungslücken auf dem Erdboden durch die Rethdachflora überbrückt werden, zeigt sich auch bei vielen *Cladonia*-Arten, die im Jungmoränengebiet aus Mangel an geeigneten epigäischen Standorten streckenweise fehlen, im gleichen Gebiet aber auf Rethdächern vorkommen.

3. Viele Arten weisen eine distinkte NO-Grenze auf, die ungefähr mit der Linie Lütjenburg-Mölln zusammenfällt. Es handelt sich zumeist um feuchtigkeitsliebende Arten wie *Pohlia nutans* (Abb. 50), *Polytrichum gracile* (Abb. 51) oder *Dicranum scoparium* (Abb. 47), sodaß die Vermutung nahe liegt, daß diese Arten auf diesem rein mit atmosphärischem Niederschlag versorgten Substrat wegen der in dem ausgeschlossenen Gebiet stark, von 700 auf 600 mm und darunter, fallenden Niederschläge ausbleiben. Auf Fehmarn selbst mit Niederschlägen zwischen 550 und 600 mm wurden nur 4 Moosarten festgestellt, in den Meßtischblättern 18/1924 mit 775 bis 800 mm Niederschlägen waren es 14 Moosarten.

4. Unter den Flechten bevorzugt die Gattung *Parmelia* deutlich das Jungmoränengebiet, wie die Zusammenfassung aller Vorkommen der Vertreter dieser Gattung in Abb. 53 zeigt. Eine Erklärung dafür kann nicht gegeben werden. Auch *Evernia prunastri* und *Pseudevernia furfuracea* (Abb. 54) bevorzugen diesen Raum genauso wie die *Cladinae* aus der Gattung *Cladonia* (Cl. *arbuscula*, Cl. *impexa*), obwohl letztere ihre Hauptverbreitung in den Heiden der Geest besitzen. Vielleicht bietet das intensivere Relief der Jungmoränlandschaft bessere Kleinstandorte für diese psychrophilen Arten.

5. Die Krustenflechten *Lecidea humosa* (Abb. 55) und *Lecanora pityrea* (Abb. 56) zeigen eine auffällig atlantische Verbreitung, vergleicht man die Verbreitung dieser Arten etwa mit dem Vorkommen der atlantischen Art *Leptodontium flexifolium*. Bei *Lecanora pityrea* stimmt dies gut mit der atlantischen Gesamtverbreitung überein (ERICHSEN 1928). Nimmt man nämlich die Verbreitung des substrattypischen *Leptodontium* (Abb. 45) als Muster der Ver-

breitung einer atlantischen Art auf Rethdächern, so ergeben sich gegenüber epiphytischen Moosen und Phanerogamen abweichende Verhältnisse. *Leptodontium* kommt zur Hauptsache in dem Keil Eiderstedt-Kiel-Itzehoe vor und darüberhinaus nur noch an wenigen Stellen in Holstein. Wenngleich man vermuten muß, daß auch Schleswig, eventuell auch Nordschleswig zum Bereich potentieller *Leptodontium*-Vorkommen gehören, was aber durch die dort vorherrschenden Strohdächer unterbunden ist, so fällt doch gegenüber der Verbreitung atlantischer Epiphyten und Phanerogamen, die zur Hauptsache nördlich der Eider verbreitet sind, eine Häufung der *Leptodontium*-Funde im Gebiet der Hohenwestedter Geest auf, ein bislang einmaliges Phänomen.

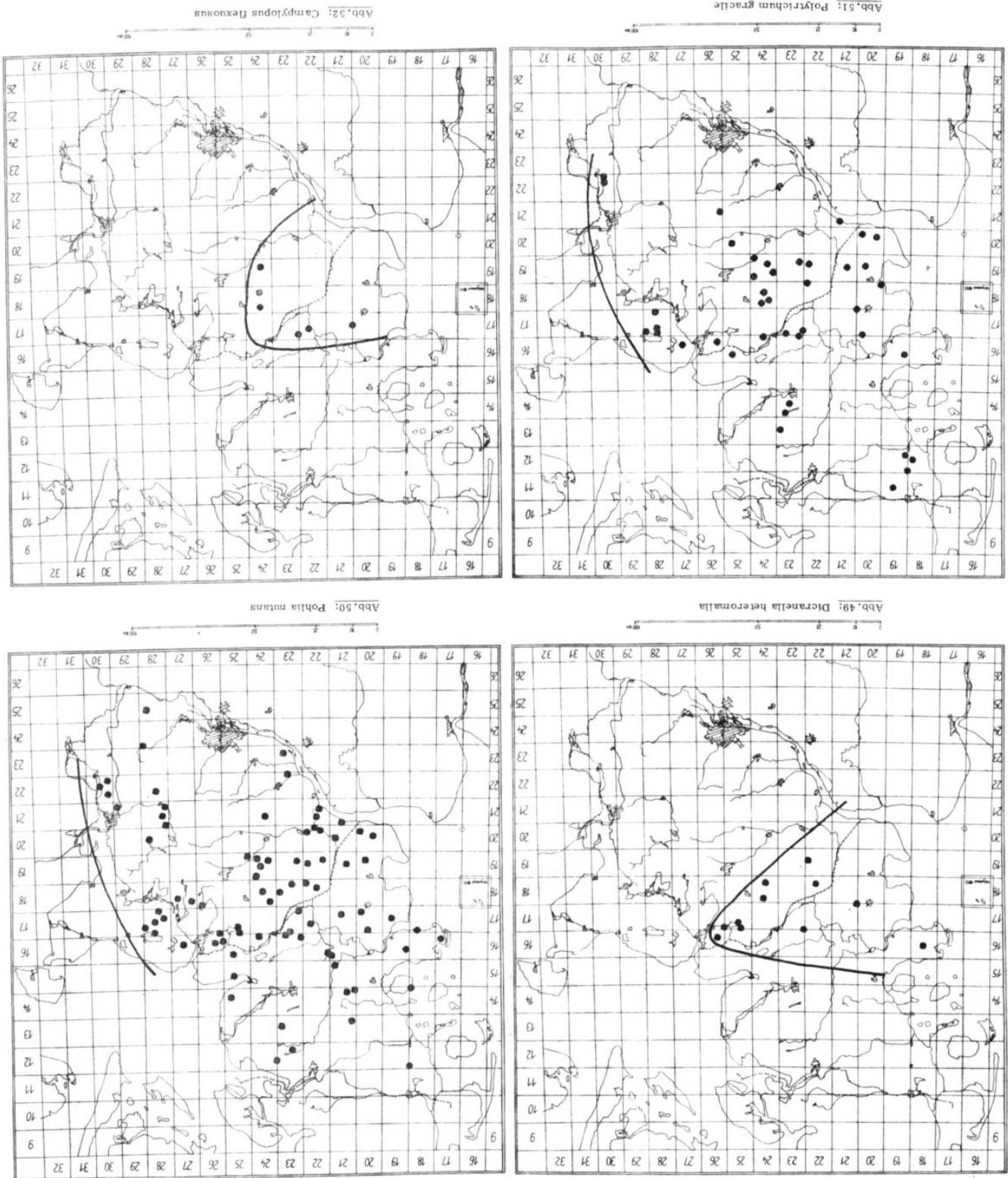
Eine ähnliche keilförmige Verbreitung wie die drei genannten Arten weisen auch *Dicranella heteromalla* (Abb. 49) und *Campylopus flexuosus* (Abb. 52) auf.

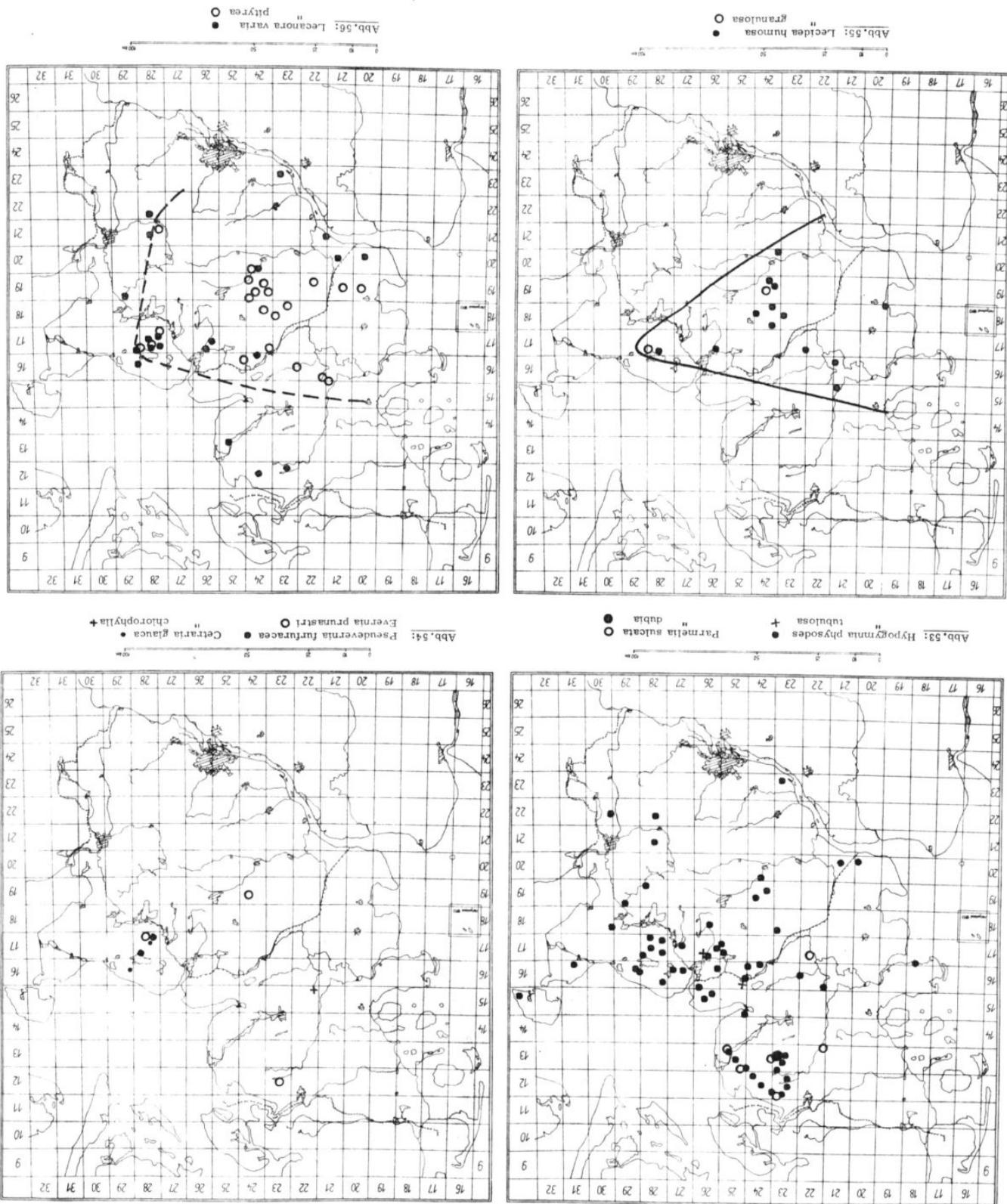
Von der Kartierung der Algen- und Pilzvorkommen wurde Abstand genommen, da diese beiden Gruppen mit Sicherheit nicht vollständig erfaßt wurden. So wurden die Pilze wegen der kurzen Zeit der Fruchtkörperbildung nur zufällig in den Aufnahmen notiert, die zudem wohl ubiquitär verbreiteten 19 Algenarten wurden nur in rund einhundert Aufnahmen festgestellt, was bei einer versuchsweise durchgeführten Kartierung zu keinen interpretierfähigen Ergebnissen führte.

Die Verbreitungskarten von Moosen wurden durch einige im Herbar des Botanischen Instituts Kiel belegte Funde von Reth- oder Strohdächern ergänzt, um ein nach bisheriger Kenntnis vollständiges Verbreitungsbild zu geben.

7. Ökologische Faktoren

Die Besonderheit des Substrates und des Standortes von Rethdachgesellschaften machen es notwendig, kurz auf die einzelnen ökologisch wirksamen Faktoren einzugehen. Die Behandlung dieser Standortfaktoren muß sehr oberflächlich erfolgen, da im Mittelpunkt der vorliegenden Arbeit die vorrangige soziologische Erarbeitung der Rethdachgesellschaften gestanden hat. Zudem haben ins einzelne gehende ökologische Untersuchungen nur Sinn, wenn dabei die Beziehungen von unterschiedlichem Standort zur unterschiedlichen Ausprägung der Dachgesellschaften erfaßt werden, was aber beispielsweise Untersuchungen des Licht- oder Wasserfaktors auf allen Expositionen aller ausgliederten Gesellschaften und einen nicht zu leistenden apparativen Aufwand erfordert hätte. Daher wurde ganz von der Bearbeitung des vielseitigen mikroklimatischen Aspektes abgesehen, der gerade bei Kryptogamengesellschaften wesentlich ist. Es besteht nämlich ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Standort von Kryptogamen und Phanerogamen. Kryptogamen haften sehr dicht, aber nur oberflächlich, auf dem Substrat und decken ihren Bedarf ausschließlich aus atmosphärischem Wasser, sind damit von dem Wassergehalt der tieferen Substratschichten unabhängig. (Direkte Standortabhängigkeit herrscht nur bei den aquatischen Arten in Gewässern oder Mooren, die vom Bodenwasser abhängig sind.) Daher wären kleinklimatische Messungen im Gegensatz zu Phanerogamenstandorten hier besonders vonnöten. Lediglich die besondere Rolle des Substrates wurde daher etwas eingehender betrachtet.





7.1 EDAPHISCHE FAKTOREN

Das eigenartige Substrat, das im Grunde genommen aus Gramineenhalmen besteht, bietet zunächst quasi epixyle Verhältnisse. Besonders das Reth mit seiner starken Verkieselung, die es gegen Verwitterung wenig anfällig macht, bietet den darauf siedelnden Pflanzen nahezu xylophytische Verhältnisse. Da die Kryptogamen sowieso in solchem Substrat nicht wurzeln, sondern nur oberflächlich darauf haften, spielt dieser Unterschied zwischen totem Holz und Rethhalmen nur eine geringe Rolle. Daß es sich bei den einjährigen Gramineenhalmen nicht um Holz im eigentlichen Sinne handelt, ist eher eine akademische als für die Existenz der Kryptogamen belangvolle Frage, bietet diese Unterlage doch praktisch genau die gleichen Voraussetzungen.

So sind denn auch die ersten Besiedler von Rethdächern corticole oder epixyle Arten. Viele von ihnen machen zwischen diesen beiden Substraten (der toten Rinde von lebenden Bäumen oder totem Holz) keinen Unterschied. Luftalgen, Krustenflechten und Blattflechten siedeln gleichermaßen auf beidem. Cladonien sind eher epixyl, die darauf folgende *Dicranoweisia cirrhata* ist hingegen epiphytisch, wenn auch nicht obligat, was ihr gelegentliches Vorkommen auf Stein beweist. Diese Arten bestreiten ihren Nährstoffhaushalt aus folgenden Quellen:

1. dem Substrat, soweit dort Stoffe vom Regenwasser gelöst werden. Die geringe Verwitterungsintensität gerade von Reth schafft jedoch keinen sehr großen Anteil an Verwitterungsprodukten
2. den im Regenwasser gelösten Nährstoffen und dem aus der Luft ausgewaschenen Staub
3. Exkrementen von Vögeln
4. Aerosolen, durch den Wind herbeigeführten Salzen, normalerweise nur in Küstennähe vorhanden
5. eingeweitem Sand und Staub.

Wie die zunächst wenig beachtete Nährstoffquelle Vogelkot sich in der Praxis sehr deutlich auswirkt, zeigt das Beispiel eines Strohdaches aus Süderhackstedt (Kr. Flensburg), das unterhalb eines Storchenesters eine deutlich besser entwickelte Moosvegetation zeigte (vgl. Abb. 57).

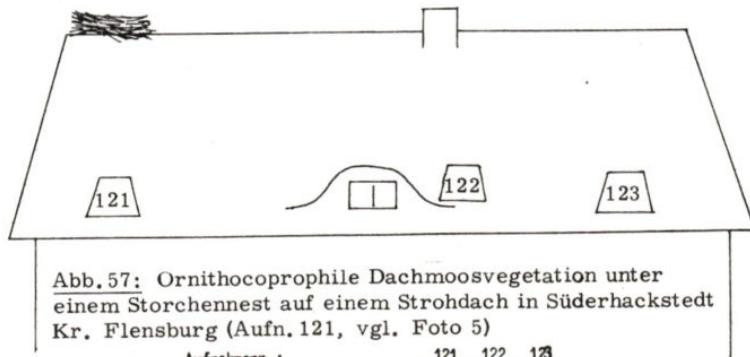


Abb. 57: Ornithocoprophile Dachmoosvegetation unter einem Storchenest auf einem Strohdach in Süderhackstedt Kr. Flensburg (Aufn. 121, vgl. Foto 5)

Aufnahmenr.:	121	122	123
<i>Syntrichia ruralis</i>	40		
<i>Ceratodon purpureus</i>	20	30	1
<i>Cladonia fimbriata</i>	5	+	10
<i>Dicranoweisia cirrhata</i>		1	2
<i>Bryum argenteum</i>		10	
<i>Cladonia ptyrea</i>		3	60

Hier liegt also eine deutliche Ornithokoprophilie vor, wie sie auch auf anderen nährstoffarmen Substraten, z.B. Dünensanden vorliegt, die von Vögeln gedüngt werden und die eine besonders üppige Moosvegetation aufweisen (vgl. FRAHM und KLINGER 1968). Diese stickstoffhaltige Nährstoffquelle reicht aber nicht zum Erscheinen von ammoniumholden Arten, unter den Flechten z.B. Xanthorien, aus.

Die überwiegende Nährstoffquelle dürfte angewehter Sand und Staub sein. Besonders ein Substrat wie Reth- oder Strohhalme bietet eine gute Auffangquelle für solches Material. Inwieweit die vorherrschende Windrichtung und die Exposition diesen Faktor beeinflussen, ist nicht ermittelt worden. Um jedoch über das Ausmaß der Staubimprägnierung einen Anhalt zu bekommen, wurde mittels Glühverlustbestimmung der Anteil angewehten anorganischen Materials auf einem unbewachsenen Rethdach ermittelt.

7.1.1 Glühverlustbestimmung

Die Höhe des Glühverlustes gibt Auskunft über die Gesamtmenge an organischem Material im Substrat. Da reines Reth zum überwiegenden Teil aus organischer Substanz besteht, kann bei der Glühverlustbestimmung von altem Dachmaterial der Anteil angewehter anorganischer Substanz bestimmt werden.

Zur Ermittlung des Glühverlustes wurden je vier zuvor auf mg genau austarierte, ausgeglühte Porzellantiegel mit mechanisch zerkleinertem Reth von der Unterseite (= reines, unangewittertes Reth), sowie von der Oberfläche des ca. 30 Jahre alten, ostexponierten Versuchsdaches im Botanischen Garten gefüllt. Die Proben wurden nach zweistündiger Trocknung im Trockenschrank bei 110° auf mg genau ausgewogen und anschließend in einem Muffelofen zwei Stunden lang auf 400°C erhitzt. (Zur Vermeidung der Aufnahme von Luftfeuchtigkeit wurden die Proben vor und nach dem Wägen in einem Exsiccator aufbewahrt.) Die ausgeglühten Reste der Proben von der Dachunterseite waren danach nahezu weiß, die der Dachoberseite hellbraun. Nach dem Auskühlen der Tiegel im Exsiccator wurden die Proben neu ausgewogen. Dabei ergaben sich folgende Werte:

	Einwaage (g)	Rest nach dem Glühen (g)	Glühverlust (%)
A	3,602	0,189	94,5
	2,076	0,089	95,7
	1,545	0,075	95,2
	2,346	0,116	95,1
B	3,749	0,758	79,8
	2,180	0,435	80,3
	2,304	0,453	80,3
	2,098	0,526	74,9

Reines Reth verascht also bis auf 5%, der Glühverlust beträgt somit durchschnittlich 95% (94,5-95,7%, Schwankungsbreite 1,2%). Hingegen weist das Reth von der Oberfläche des Daches auf Grund der Imprägnierung mit Sand und Staub einen durchschnittlichen Glührückstand von 21,2% auf. Der Glühverlust beträgt hier 78,8%, also 16% weniger als bei reinem Reth, bei einer Schwankungsbreite von 5,4%. Zum Vergleich liegt der Gehalt an organischer Substanz von humusarmen Böden bei 1-2%, von humosen Böden bei 2-10% und

bei reinen Humusböden bei 8-20% (nach THUN et al. 1955).

Die Differenz der beiden gemittelten Glührückstandswerte (21,2% und 5%) ergibt einen Anteil der angewhechten anorganischen Substanz von 16,2 Gewichtsprozenten.

Dies scheint bei weitem die genaueste Methode zur Bestimmung des angewhechten Anteils zu sein. Die bei STEUBING (1965) für Bodenproben angeführte Methode der Veraschung auf einem Bunsenbrenner führt hierbei zu falschen Ergebnissen, da ein Teil der sehr leichten Asche beim Erhitzen von der aufsteigenden heißen Luft davongetragen wird. Auch die anfänglich benutzte Methode, den eingeweichten Sand durch Aufschütteln mit Wasser zu isolieren, bringt keine exakten Werte: Der durch Aufschwemmen isolierte Sandanteil betrug nach Trocknung bei 110°C nur 5,18% der Gesamteinwaage. Eine Kontrolle durch nachträgliches Glühen des isolierten Reths ergab einen Glühverlust von 84,4%, was im Vergleich mit dem durchschnittlichen Glühverlust reinen Reths von 95% zeigt, daß 10% Sand, vornehmlich wohl aber kleinere Fraktionen wie Staub beim Aufschwemmen nicht erfaßt wurden. Der um 10% niedrigere Glührückstand und der direkt isolierte Sandanteil von 5% ergeben bei der Rückrechnung zusammen wieder einen Anteil von 15,7% anorganischer Stoffe (bei der zuerst geschilderten Methode 16%), vgl. Tab. 32.

Tab. 32: Bestimmung des anorganischen Anteils von Rethproben

von reinem Reth		von 30 Jahre altem Reth			
durch Glühverlustbestimmung		durch Ausschütteln in Wasser			
		Bodensatz	Nachglühen		
16,2%	95%			84,4%	10,6%
		78,8%	5,18%		5,18%
16,2%					15,78%

Es wäre interessant, das Ausmaß der Staubimprägnierung von Rethdächern in Abhängigkeit von Alter, Exposition und Inklination festzustellen, eventuell auch die Korrelation von bestimmten epigäischen Moosarten mit einem gewissen Gehalt des Reths an anorganischer Substanz. Leider läßt sich das nur mit Hilfe der Entnahme von Rethmaterial durchführen, was sich aber wegen der damit verbundenen Beschädigung der Dächer verbietet.

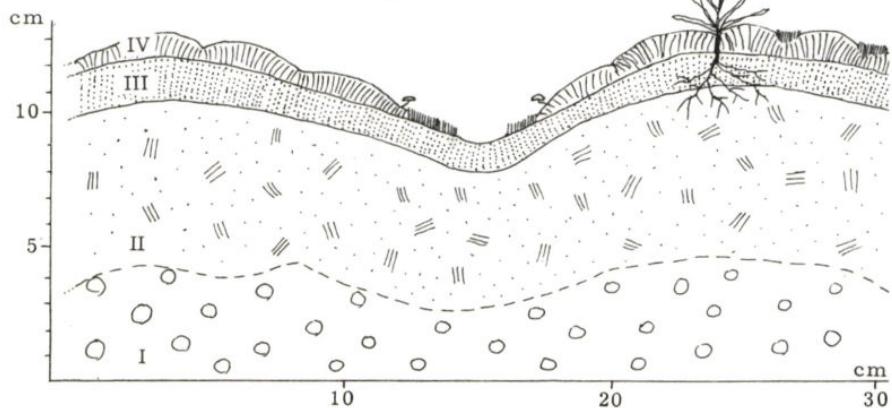
Eine besonders staubspeichernde Wirkung haben die Moospolster, in denen man z.T. regelrecht geschichtete Einweihungslagen von besonders starken Stürmen finden kann. Hier ist der Staubanflug nicht so sehr der abspülenden Wirkung des Regens ausgesetzt wie auf der unbewachsenen Dachoberfläche. Dies ist mit ein Faktum für die besonderen Verhältnisse auf Regenabflußbahnen unterhalb von Schornsteinen oder Erkern, wo ein Vielfaches der Regenmenge abfließt, die auf die normale Dachoberfläche fällt, was zu einer besonderen Vegetation auf diesen Streifen führt.

Im Verein mit den Verwitterungsprodukten der abgestorbenen Moospolster ergibt dies im Alter eine Dachauflageschicht, die voll epigäischen Verhältnissen entspricht. Einen solchen Querschnitt durch eine besonders mächtige Auflage zeigt Abb. 58.

Um einen genauen Einblick in die in diesem Substrat enthaltenen Bestandteile und der Beschaffenheit des angewhechten Materials zu bekommen, wurde

außerdem eine chemische Analyse von Rethmaterial durchgeführt.

Abb. 58: Profil durch die Oberfläche eines alten Rethdaches in Wacken (Kr. Steinburg), Aufn. 443



I Rethlage, II Gemisch aus Rethalmstücken und Humus, III Schicht abgestorbener Moospolster, IV Dachoberfläche mit *Leptodontium*, Pilzen, *Pohlia* und *Poa annua*

7.1.2 Chemische Substratanalyse

Die bei den Glühverlustbestimmungen gewonnene Asche von Rethmaterial des Versuchsdaches wurde anschließend einer chemischen Analyse unterzogen, die Herr W. WILKER (Freiburg) durchführte. Wiederum wurde unangewittertes Reth von der Dachunterseite mit 30 Jahre den Atmosphärilien ausgesetztem Reth von der Dachoberseite verglichen. Die Ergebnisse sind in Tab. 33 zusammengefaßt.

Wie die durch die Glühverlustbestimmung nachgewiesene Gewichtszunahme durch die Staubbimprägnierung zu erwarten war, ist auch bei allen untersuchten Elementen eine prozentuale Zunahme zu verzeichnen, die jedoch in charakteristischer Weise unterschiedlich hoch ausfällt. Während die chemische Analyse der Asche von unangewittertem Reth, die praktisch die Grundbestandteile von *Phragmites* wiedergibt, 4,015% vom Reth erfaßte (=80-90% des Glührückstandes), stieg der Anteil bei dem 30 Jahre alten Reth auf 14,337%, also um etwa 350%. Da der Kohlenstoffanteil beim Veraschen eliminiert wurde und in dem Reth in den 30 Jahren nur geringfügige chemische Veränderungen vorgegangen sein dürften, betrifft die Zunahme des analysierbaren Anteils von 350% also eingeweitetes Material. Die Unterschiede in den Analysen betreffen also durch Staubbimprägnierung hervorgerufene Änderungen in dem für die Rethdachvegetation physiologisch wirksamen Substrat.

Unter den Veränderungen ist die Zunahme der Fe-Ionen um 2400%, die auf den in der eingeweichten Erde enthaltenen Eisenanteil zurückgeht, am auffälligsten. Auch der SiO_2 -Anteil stieg immerhin noch um 335%, woraus ersichtlich wird, daß der im Reth enthaltene hohe Kieselsäureanteil, der dieses Material zur Dachdeckung so geeignet macht (80% vom Glührückstand bestehen

Tabelle 33: Ergebnisse der chem. Analyse von Rethproben

	Dachunterseite		Dachoberseite		Zunahme	
	% vom Glührückstand	% vom Reth	% vom Glührückstand	% vom Reth	absolut	prozentual
Na	0,9	0,045	0,6	0,127	0,082	280
K	0,8	0,040	1,4	0,300	0,260	750
Ca	2,8	0,140	1,9	0,405	0,285	290
SiO ₂	80,0	4,000	55,0	11,700	8,200	335
Fe	0,4	0,020	2,2	0,489	0,460	2400
P ₂ O ₅	0,1	0,005	0,8	0,017	0,012	340
SO ₄ ²⁻	4,3	0,215	2,0	0,436	0,221	200
NO ₃	-	-	rrs.	rrs.	-	-
Cl ⁻	0,5	0,025	0,5	0,109	0,084	435
CO ₃	0,5	0,025	0,5	0,109	0,084	435
Al	-	-	1,0	0,218	0,218	218
Mg	rrs.	rrs.	1,0	0,218	0,218	218
NH ₄	-	-	-	-	-	-
Cu	-	-	-	-	-	-
Mn	-	-	1,0	0,218	0,218	218
	90,3	4,015	67,0	14,337	10,322	

aus SiO₂!), durch erdige Anwehungen ergänzt wurde. Der Anteil des später hinzugekommenen Siliziumdioxids muß sogar noch höher veranschlagt werden, wenn man bedenkt, daß ein Teil davon durch Regenwasser im Laufe der Zeit gelöst wird, was durch stark angegriffenes Metall an Blitzableiterhalterungen deutlich wird. Daher findet man an Rethdächern auch keine Regenrinnen, da diese in kurzer Zeit durch die im Regenwasser gelöste Kieselsäure zerstört würden.

Auch im Erdboden verbreitete Metallionen (Al, Mg, Mn), die ursprünglich gar nicht oder nur in kaum nachweisbaren Spuren im Reth vorhanden waren, lassen sich im alten Reth deutlich nachweisen. Gleichzeitig mit den erdigen Anwehungen dürften die gesteigerten Anteile von Phosphat (P₂O₅), Sulfat (SO₄²⁻) und Nitrat (NO₃⁻), verbreitete Kunstdüngerringredienzien, auf das Dach gelangt sein. In Verbindung mit dem Nachweis nitrophiler Arten auf Rethdächern dürfte dieses Analysenergebnis von besonderem Interesse sein. Der erhöhte Karbonat (CO₃²⁻)-Anteil dürfte hingegen direkt aus dem Kalkanteil des Bodens stammen. In diesem Zusammenhang wäre interessant zu erfahren, ob der Karbonatanteil in den einzelnen Naturräumen Schleswig-Holsteins (etwa Jungmoräne im Vergleich zu Altmoräne und Sandern) unterschiedlich ausfällt.

Bei allen diesen Ergebnissen ist zu bedenken, daß das untersuchte Material von einer unbewachsenen Rethdachoberfläche stammt, und nicht etwa unter Moospolstern entnommen wurde, die eingewehrtes Material zwischen den Moospflanzen regelrecht auffangen. Hier wäre selbstverständlich der Glüh-

verlust bedeutend geringer und damit wären die Analysenwerte noch sehr viel höher. Mit dieser Analyse sollte jedoch gezeigt werden, wie weit bereits das Ausgangsmaterial für die Besiedlung von Kryptogamen ohne biotische Einflüsse in einem Zeitraum von 30 Jahren verändert ist und damit Ausdruck gewandelter Standortbedingungen wiedergibt. Diese spiegeln sich auch in unterschiedlichen pH-Werten wieder, wie das folgende Kapitel zeigt.

7.1.3 pH-Wert

Zur Messung des pH-Wertes wurden Reth- und Strohproben von der Oberfläche der Dächer entnommen, und zwar sowohl von offenen, unbewachsenen Stellen als auch von der Unterseite der Algen-, Flechten- und Mooslager, die stark mit Humus und angewehten Fremdstoffen durchsetzt waren.

Damit wurde einerseits der pH-Bereich des reinen Substrates ermittelt, wie er den darauf siedelnden Kryptogamen zur Verfügung steht, andererseits des Materials aus dem Untergrund der verschiedensten Arten, um ihre pH-Abhängigkeit zu ermitteln.

Die Proben wurden in verschlossenen Plastikbeuteln transportiert und zur Vermeidung einer nachträglichen Veränderung der pH-Werte durch einsetzende Fäulnis etc. am nächsten Tage untersucht, und zwar nach der elektrometrischen Methode.

Eine Schwierigkeit bei der Messung des pH-Wertes liegt darin, daß die Angabe absoluter pH-Werte von festem Substrat nicht möglich ist, da nur in wässriger Lösung gemessen werden kann. Eine direkte Messung der pH-Werte im Gelände ist somit schlecht möglich, da die Elektrode überall gleichmäßig von feuchtem Reth oder Stroh umgeben sein muß. Je nach der Temperatur und der Menge des im Untergrund enthaltenen Wassers fällt auch der pH-Wert verschieden aus, erhöhter Niederschlag führt zu einer erhöhten H^+ -Konzentration, sodaß man je nach Jahres- oder Tageszeit zu abweichenden Ergebnissen kommt. Daher wurden alle Messungen unter konstanten Bedingungen bezüglich Menge des Substrates, Vortrocknung, Verdünnung, Medium und Messung durchgeführt, sodaß die gewonnenen Ergebnisse zwar nicht den tatsächlichen Werten entsprechen, sich aber dafür untereinander vergleichen lassen.

Die Reth- bzw. Strohproben wurden bei 40° im Trockenschrank 24 Stunden getrocknet und anschließend zerkleinert. Je 5g (auf 10mg ausgewogen) wurden in einen Erlenmeyerkolben gegeben, mit 50ml gekochtem Aqua dest. versetzt (Verdünnung also 1:10) und 2 Stunden in der Schüttelmaschine bewegt. (Geringere Verdünnungen als 1:10 waren nicht zu erzielen, da das trockene, zerkleinerte Reth eine große Wassermenge aufsog, zur pH-Messung aber eine überschüssige Flüssigkeitsmenge vorhanden sein mußte.) Anschließend wurden die pH-Werte mit einem Beckmann-pH-Meter mit einer Einstabglaselektrode in der Suspension elektrometrisch ermittelt. Die Messungen wurden dreimal innerhalb einer Stunde wiederholt, wobei sich Abweichungen von $\pm 0,1$ pH ergaben. Insgesamt wurden 60 Proben verschiedenster Herkunft gemessen, weitere Messungen schienen auf Grund der Ergebnisse (pH-Amplitude max. 1,5) nicht sinnvoll, zumal bei der geringen Spanne der Werte eine ins einzelne gehende Interpretation fragwürdig wird.

Die untersuchten Proben von unbewachsenem Reth ergaben pH-Werte um 5,9. Bei Stroh liegen die Werte bei 6,2, also geringfügig höher, was die Vorliebe

subneutrophiler Arten wie *Brachythecium albicans*, *Syntrichia ruralis*, *Bryum capillare*, *B. caespiticium* für dieses Substrat erklären mag.

Die in der Suspension von Humus, zersetzttem Reth und angewehetem Material unter den Moos- und Flechtenlagern gemessenen pH-Werte liegen zwischen 5,1 und 6,5, und damit im Mittel etwas tiefer als bei den Proben der offenen Dachoberfläche, das vermutlich auf den (sauren) Humusanteil darin zurückgeht. Lediglich die unter *Prasiola crispa* ermittelten Werte liegen mit durchschnittlich etwa 6,0 (bei einer Schwankungsbreite von 5,8 bis 6,2) geringfügig höher.

Für reines, unverwittertes Reth von der Unterseite der Dächer wurde ein pH von 5,8 gemessen. Nimmt man diesen Wert als Bezugspunkt, so liegen die Werte für angewittertes, staubimprägniertes und mit Humus angereichertes Reth um 0,7 pH darüber bis darunter, wobei das Abfallen bzw. Ansteigen des pH-Wertes durch Einweihung von Fremdmaterial (Sand, Staub) als auch durch den unterschiedlichen Chemismus der Zersetzungprodukte alter Flechten- und Mooslager bedingt ist.

Im einzelnen wurde folgendes pH-Profil ermittelt:

Reth, unverwittert	pH 5,8
Reth, angewittert, staubimprägniert	5,9
Stroh, angewittert	6,2
Reth unter Flechtenlagern	5,7
Reth unter Moospolstern	5,6
Reth unter Algenlagern (<i>Prasiola</i>)	6,0

Auffälligerweise stammt der höchste gemessene Wert von pH 6,6 von einem Dach in Lägerdorf (Kr. Steinburg) aus nächster Nähe der Kreidegruben und Zementfabriken, das der Einweihung von Kalkstaub ausgesetzt ist und infolgedessen auch Arten aufweist, die nur hier auf Rethdächern gefunden wurden (*Barbula unguiculata*, *Erythrophyllum rubellum*) oder die auf anderen Dächern nur bei subneutralen pH-Werten vorkommen (*Brachythecium rutabulum*, *Syntrichia ruralis*, *Bryum capillare*).

Generell kann man sagen, daß das Substrat normalerweise immer saurer wird. Die Humusschicht dürfte auch bis zu einem gewissen Grad basische Einweihungen abpuffern. Nur in trockenen Gebieten, wo mangels hoher anfallender Pflanzenmasse eine stärkere Humusanreicherung unterbleibt, bleibt auch der pH-Wert beim Ausgangspunkt oder erhöht sich durch basische Einweihungen.

Die direkt in der Unterlage einzelner Arten gemessenen pH-Werte gehen aus Abb. 59 hervor. Neben der pH-Amplitude der Arten sind auch die

Abb. 59: pH-Werte in der Unterlage verschiedener Arten

pH-Wert	5,0 . . . 5,5 . . . 6,0 . . . 6,5
<i>Dicranum scoparium</i>	— + +
<i>Polytrichum gracile</i>	+
<i>Cladonia</i> ssp.	+++ + +
<i>Leptodontium flexifolium</i>	— + + +
<i>Pohlia nutans</i>	++
<i>Dicranoweisia cirrata</i>	++ + + + + + +
<i>Caratodon purpureus</i>	— + + + + +
<i>Hypnum cypriiforme</i>	— + + + +
<i>Prasiola crispa</i>	— + + +
<i>Polytrichum piliferum</i>	— +
<i>Brachythecium rutabulum</i>	— +
<i>Syntrichia ruralis</i>	— +
<i>Erythrophyllum rubellum</i>	— +

Bereiche angegeben, bei denen die gleichen Werte gehäuft auftraten, also die betreffende Art vermutlich ihr ökologisches Optimum besitzt. Die geringe Zahl der Werte ließ eine sichere Darstellung einer Optimumkurve nicht zu.

Alle gemessenen Werte liegen im mäßig (5,1-6,0) bis schwach sauren (6,0-6,5) Bereich, wir haben es also insgesamt mit acidophilen bis acidotoleranten Arten zu tun, was immerhin schon eine wesentliche Einschränkung der Artenzusammensetzung auf Grund der Substratacidität bedeutet.

Über annähernd den gesamten pH-Bereich kommt lediglich *Dicranoweisia cirrhata* vor, auch *Ceratodon purpureus* zeigt eine recht weite Amplitude. Beide Arten können daher als euacid gelten. Die restlichen Arten besitzen eine sehr distinkte pH-Amplitude von durchschnittlich weniger als 0,5 Einheiten, wie die folgende Übersicht zeigt:

1. acidophile Arten pH < 5,5
Dicranum scoparium
Polytrichum gracile
 mit diesen Arten ist das Vorkommen von *Campylopus flexuosus* und allen Pilzen gekoppelt
2. acidophile Arten pH 5,5-6,0
Pohlia nutans *Cladonia* ssp.
Leptodontium flexifolium
3. subneutrophile Arten pH > 6,0
Polytrichum piliferum *Syntrichia ruralis*
Brachythecium rutabulum *Erythrophyllum rubellum*
 mit den Vorkommen dieser Arten sind gekoppelt:
Bryum capillare *Barbula unguiculata*
 " *argenteum* alle *Cyanophyten*
 " *caespiticium*
4. subneutrophile Arten pH 5,5-6,5
Hypnum cupressiforme *Prasiola crispa*
Ceratodon purpureus
5. + indifferente, euryacide Arten
Dicranoweisia cirrhata

Die Terminologie bezüglich der pH-Ansprüche geht sehr auseinander, zur Orientierung seien hier als Beispiele die Einteilungen von BARKMAN (1958), SJÖGREN (1964) und WALDHEIM (1947) gegenübergestellt (Abb. 60).

Die gewonnenen Ergebnisse stimmen gut mit den Beobachtungen

pH	Sjögren 1964	Waldheim 1947	Barkman 1958
< 4,0	stark acidophil		stark acidophil
4,5		acidophil	
5,0	acidophil		acidophil
5,5		circumneutrophil	
6,0	subneutrophil		subneutrophil
6,5			
7,0	circumneutrophil	alkaliphil	circumneutrophil ± 1
> 7,5	basiphil		basiphil

Abb. 60: Terminologie bezüglich der pH-Ansprüche bei verschiedenen Autoren

über die Standortsbereiche der einzelnen Arten außerhalb der Dächer ein. Die auf Dächern im sauersten Milieu vorkommenden Arten wie *Dicranum scoparium*, *Polytrichum gracile* und *Campylopus flexuosus* sind Rohhumus- und Trockentorfbesiedler. Man trifft diese drei Arten sogar in Feuchtmus-

Tabelle 34: nach dem pH-Wert geordnete Aufnahmen

heiden (*Calluno*-*Genistetum molinietosum*, *Ericetum tetralicis typicum*) zusammen an.

Die Gruppe der mäßig acidiphilen Arten besiedelt mit Ausnahme des bei uns nur auf Rethdächern vorkommenden *Leptodontium flexifolium* schwach saure Heideböden. *Pohlia nutans* und *Cladonia*-Arten bilden eine typische Artenkombination an Weghängen, Grabeneinschnitten und offenen Sandböden in Heiden und Kiefernforsten.

In der Gruppe der subneutrophilen Arten sind einerseits Ubiquisten wie *Ceratodon purpureus* und *Brachythecium rutabulum* vertreten, andererseits Arten, die als basiphil gelten können und hier am untersten Bereich ihrer pH-Amplitude angetroffen werden, z.B. *Syntrichia ruralis* und *Erythrophyl-lum rubellum*, die ansonsten kalkhaltige Böden und Mauern besiedeln.

Insgesamt nimmt der pH-Wert mit zunehmendem Alter der Dächer ab, was sich darin zeigt, daß die durch die Sukzessionsfolge in zeitlichem Nacheinander auftretenden bestandsbildenden Moosarten abnehmende pH-Werte bevorzugen.

Wie Vergleichsmessungen ergeben haben, kann man von dem pH-Wert, der im Substrat unter einer Art gemessen wurde, auch auf die pH-Werte im Substrat der Begleitarten schließen, da die Werte an verschiedenen Stellen innerhalb einer Probefläche nur geringfügig schwanken. So wurde auf einem nordexponierten Rethdach in St. Peter (Kr. Eiderstedt) auf offenem Reth ein pH von 6,2, unter *Hypnum cupressiforme*-Polstern von 6,0 und unter *Prasiola*-Lagern von 6,2 gemessen. So kann man mit geringfügigen Abweichungen von dem pH-Wert aus dem Substrat einer Art auf den pH-Wert der ganzen Probefläche Rückschlüsse ziehen. In Tabelle 34 sind somit Vegetationsaufnahmen nach den pH-Werten geordnet, die im Untergrund einer darin vertretenen Art (unterstrichen) ermittelt wurden. In dieser Tabelle wird sehr schön der acidiphile und der subneutrophile Flügel unter den beteiligten Arten deutlich.

Zum Vergleich der hier ermittelten pH-Werte des Substrates einzelner Arten mit den Angaben aus der Literatur ist folgendes zu sagen: Grundsätzlich lassen sich solche Werte nicht vergleichen, da zumeist die Methoden zur Ermittlung des pH-Wertes differieren und bereits geringfügige Abweichungen (höhere oder tiefere Trocknungstemperaturen, Messung nach Auslaugung oder Schütteln, Verhältnis von Einwaage zu Verdünnung, Verwendung von gekochtem oder ungekochtem Aqua dest. oder bidest.) Änderungen des Wertes ergeben, die nach eigenen orientierenden Versuchen bis 0,5 Einheiten ergeben, das aber bei einer pH-Amplitude von beispielsweise zwei Werten einen Unterschied von 25% ausmacht. Außerdem besteht die grundsätzliche Schwierigkeit, die Werte derselben Art von verschiedenen Substraten miteinander zu vergleichen, da die pH-Amplituden durchaus unterschiedlich ausfallen können und dieselbe Art auf verschiedenen Unterlagen auch verschiedene Optima aufweisen kann, die durch unterschiedliche Konkurrenzverhältnisse begründet sein können. Als Beispiele seien die von drei Autoren ermittelten Werte für die Arten angeführt, die auch auf Reth- oder Strohdächern vorkommen, und den hier gemessenen Werten gegenübergestellt (jeweils pH-Werte des Substrats, Abb. 61).

Wie ein Vergleich der pH-Werte aus den verschiedenen Naturräumen Schleswig-Holsteins ergab, lag der Mittelwert in Jungmoränen-, Altморänen- und

Abb. 61: pH-Wert-Vergleichsdaten

	Sjögren 1964	Apinis&Lacis 1936	v.Krusenstjerna 1945	Waldheim 1947	Reth/Stroh
<i>Syntrichia ruralis</i>	> 6,0	5,2-7,4	5,4-7,0		> 6,5
<i>Dicranum scoparium</i>	4,5-6,0	3,6-6,1	3,9-6,0		5,1-5,4
<i>Bryum capillare</i>	< 6,0-7,5	5,0-7,1			> 6,5
<i>Brachythecium albicans</i>	5,7-6,3		4,8-6,7		~ 6,0
<i>Polytrichum piliferum</i>				5,1-5,6	6,2

Marschengebiet jeweils immer bei 5,8, obwohl angenommen werden darf, daß die chemische Beschaffenheit des eingeweihten Materials in den einzelnen Naturräumen unterschiedlich ist, je nachdem, ob es sich um kalkarmen Sand und Staub aus den Sandergebieten oder um mehr kalkhaltigere Anwehungen aus dem Jungmoränengebiet handelt. Ein Zusammenhang zwischen der Einwehung unterschiedlichen Materials und der Veränderung des pH-Wertes wird anscheinend deshalb nicht so deutlich, da einmal Lage und Exposition der Dächer eine unterschiedlich starke Staubimprägnierung zur Folge haben, zum anderen die unterschiedlichen Verwitterungsprodukte von Flechten- und Mooslagern das Ergebnis beeinflussen können. Daran zeigt sich, wie problematisch die Korrelation von Epiphytengesellschaften mit potentiell natürlichen Vegetationseinheiten ist, wie sie z. B. für Flechtengesellschaften festgestellt wurden.

"Die Staubimprägnierung der Borke durch kleinste Bodenpartikel bestätigt lediglich die schon bekannte Tatsache, daß die Böden des Querceto-Betuletum eine durchschnittlich niedrigere Wasserstoffionenkonzentration besitzen, als die des Querceto-Carpinetum. Nach dem viel häufigeren Auftreten des Parmelietum furfuraceae muß der nördliche und westliche Teil (im Gebiet des Elbe-Trave-Kanals, d. Verf.) zum Klimax-Gebiet des Eichen-Birken-Waldes gezählt werden" (KLEMENT 1949).

Unbestritten ist, daß die unterschiedlichen Böden der einzelnen Naturräume eine unterschiedliche H^- -Ionenkonzentration besitzen. Ob dieser Faktor aber an dem pH-Wert von Epiphytengesellschaften ablesbar ist, wird fraglich, wenn man sich die pH-Werte der Rinde verschiedener Porophyten ansieht, die beträchtliche Schwankungen aufweisen können (Angaben nach BARKMAN 1958):

	pH	Differenz Min. - Max.
<i>Sambucus nigra</i>	5,3-7,0	1,7
<i>Acer pseudoplatanus</i>	6,1-6,9	0,8
<i>Alnus glutinosa</i>	4,2-5,0	0,8
<i>Fraxinus excelsior</i>	5,2-5,8(-6,8)	0,6(1,6)
<i>Populus tremula</i>	3,9-7,9	4,0(!!)
<i>Sorbus aucuparia</i>	4,6-5,2	0,6

Daraus geht hervor, daß wir es mit einigen ausgesprochen euryionischen Porophyten zu tun haben. Wir können daher feststellen, daß bestimmte Moos- und Flechtenarten eine deutliche Verbreitungstendenz in einzelnen Naturräumen besitzen, aber nicht mit Sicherheit sagen, ob es sich hier um edaphische Gründe handelt, die am pH-Wert der Staubimprägnierung ablesbar wären.

Die geringe Schwankungsbreite der pH-Werte erklärt sich durch die gute

Pufferung des Rethsubstrates, das sich besonders im Vergleich der Pufferungskurven von Reth und schlecht gepuffertem Seesand zeigt (Tab. 35). Das

Tab. 35: Pufferungswerte von Seesand und Reth

Seesand		Reth		
	pH	$gH^+/10^7 l H_2O$	pH	$gH^+/10^7 l H_2O$
16	10,0	0,001	8,7	0,02
ml	8	0,0025	7,1	0,8
0,1n	4	0,016	6,5	3,1
NaOH	2	0,063	6,1	8
	1	0,16	5,9	12,5
H_2O	7,6	0,25	5,8	16
	1	10	5,7	20
ml	2	40	5,6	25
0,1n	4	160	5,4	40
HCl	8	4000	4,9	125
	16	16000	3,9	1250

zu Ziffer um das 10fache der H^+ -Ionenkonzentration zu- oder abnehmen, wenden die Meßwerte entlogarithmiert und dadurch die Acidität in $g H^+$ -Ionen pro $10^7 l H_2O$ ausgedrückt.

Der steile Verlauf der Seesandkurve (Abb. 62/63) zeigt deutlich die schlechte Pufferung dieses Substrates, was auf das Fehlen von Huminsäuren und Pufferge- mischen im Sand zurückgeht, wohingegen das Reth die H^+ -Ionenkonzentration

zur Untersuchung verwandte Rethmaterial stammt vom Versuchsdach im Botanischen Garten Kiel, das 30 Jahre alt und überwiegend mit Ceratodon bewachsen ist. Der zum Vergleich untersuchte Sand stammt aus einer Ostseedüne bei Noer (Kr. Eckernförde) von einer mit Ammophila baltica, Carex arenaria und Syntrichia ruralis bewachsenen Stelle. Je 1g Reth bzw. Sand wurden eingewogen, in Erlenmeyerkolben gefüllt und mit steigenden Mengen (1, 2, 4, 8, 16ml) von HCl und NaOH versetzt (beides 0,1n). Nach zweistündigem Schütteln im Schüttelapparat wurde der pH-Wert elektrometrisch in Suspension gemessen. Da die gemessenen pH-Werte Exponentialwerte darstellen, die jeweils von Ziffer

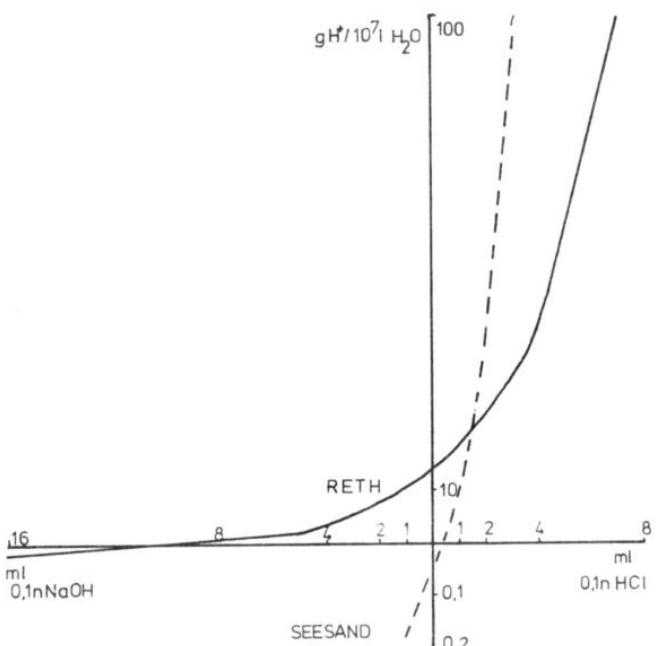


Abb. 62: Pufferungskurve von Seesand und Reth (Ausschnitt)

innerhalb gewisser Grenzen trotz Zusätzen von Lauge bzw. Säure annähernd konstant hält. Ist in diesem Fall rohes, unbewachsene Rethmaterial untersucht worden, so ist für angewittertes Reth unter Moospolstern die Pufferung noch erheblich höher, da der darin enthaltene Humus gegen Säuren- bzw. Laugen-zusatz noch weniger empfindlich ist. Die gute Pufferwirkung des Reth-substrates bzw. des Rethhumusgemisches ist insbesondere für stenöke Dachbesiedler wichtig, da größere pH-Schwankungen die Zusammensetzung der Vegetation beeinflussen würden. Als Pufferstoff kommt insbesondere die reichlich in Reth eingelagerte Kieselsäure in Frage.

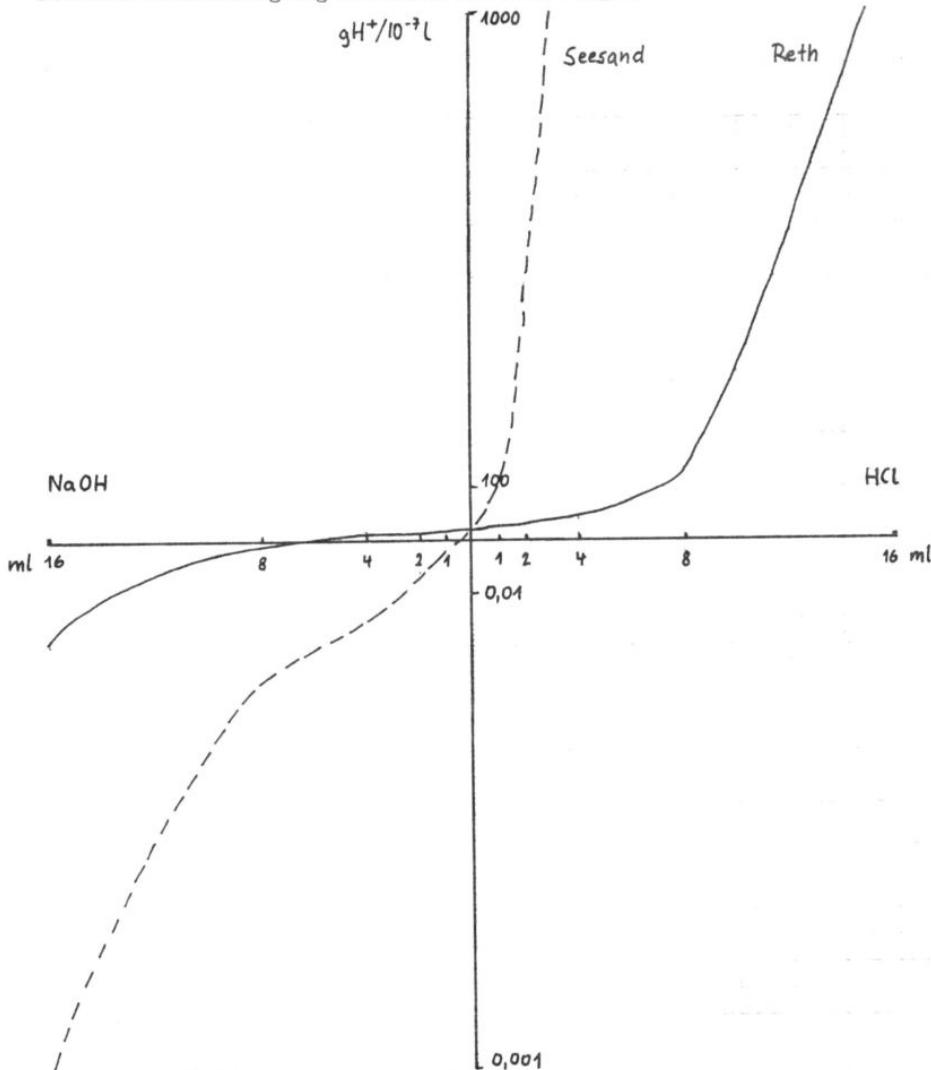


Abb. 63: Pufferungskurve von Seesand und Reth

7.1.4 Sonderstellung der Strohdächer

Ein geringer Teil der untersuchten Dächer (rund 5%) war mit Stroh gedeckt (Abb. 64). Diese Art der Dachdeckung scheint landschaftlich sehr unterschiedlich vertreten zu sein. In Schleswig-Holstein ist der größte Strohdachanteil auf der Flensburger und Schleswiger Geest und in Angeln vertreten. Auch in dem nördlich anschließenden Nordschleswig ist die Strohdachdeckung nach eigenen Beobachtungen (bei noch geringerem Grasdachanteil) häufig. In den übrigen Landesteilen Schleswig-Holsteins bestehen zumeist nur die Dächer von Schuppen aus Stroh. Auch wurde seitens der Hausbesitzer erwähnt, daß die Strohdachdeckung hauptsächlich in Notzeiten, etwa in Kriegszeiten, üblich war, nämlich dann, wenn die Landwirte ihre Häuser billiger mit dem vorhandenen Roggenstroh selber deckten.

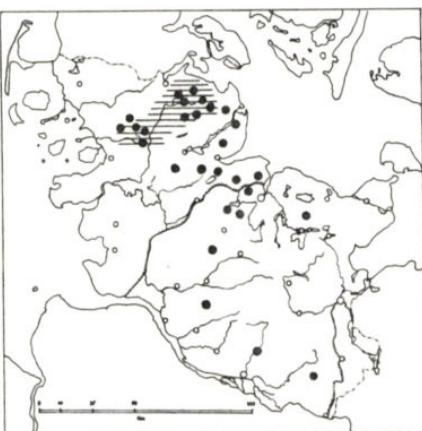


Abb. 64: Die Verbreitung von Strohdächern nach eigenen Feststellungen

Roggenstroh verwittert schneller als Reth. Bei älteren Dächern kann man beobachten, wie die obersten Halmsschichten im Gegensatz zum Reth zerfallen und sich eine pappige Oberfläche bildet. Im Durchschnitt werden Strohdächer alle 20-30 Jahre neu gedeckt. Die vorgefundenen 60-100 Jahre alten Dächer waren nicht mehr intakt und stammten von verfallenen Häusern.

Im Prinzip ist die Vegetationsentwicklung auf Strohdächern dieselbe wie auf Rethdächern. Im einzelnen ergeben sich folgende Unterschiede:

1. Die schnellere Verwitterung des Substrates führt zu einer geringfügig schnelleren Sukzessionsfolge.
2. Roggenstroh besitzt einen etwas höheren pH-Wert als Reth (pH 6, 2). Daher gehören annähernd alle auf Stroh gemachten Aufnahmen (Tab. 35) zu dem basiphileren *Syntrichietum ruralis*. Lediglich bei den Aufnahmen mit vorherrschend *Ceratodon* ist die Zugehörigkeit zum *Syntrichietum* nicht in allen Fällen nachweisbar, in mehreren Fällen durch das Auftreten von *Bryum argenteum* jedoch wahrscheinlich.
3. Acidiphile Arten wie *Polytrichum gracile*, *Dicranella heteromalla*, *Campylopus flexuosus* u.a. treten auf Strohdächern nicht auf. Lediglich *Dicranum scoparium* wurde zweimal in geringer Bedeckung gefunden. Umgekehrt ist der Anteil subneutrophiler Arten wie *Bryum argenteum*, *Bryum capillare*, *Brachythecium albicans* u.a. relativ hoch.

7.2. ATMOSPHÄRISCHE FAKTOREN

7.2.1 Feuchtigkeit

Dieser Faktor dürfte der für die anhaftende Kryptogamenvegetation zentralste sein, sind doch alle dachbewohnenden Pflanzen auf atmosphärische Feuchtigkeit allein angewiesen. Das Substrat, selbst ohne jede Wasserver-

Tabelle 35: Aufnahmen von Strohdächern

Aufnahme Nr.	S	SSO	NNW	SW	0	NNW	N	NNW	0	NNW	S	SSO	W	SW	N	W	NNW	W	NNW	W	N	SSW	0	S	N	NO		
Exposition	45	45	45	50	65	45	50	65	45	55	45	45	55	50	45	50	45	55	45	45	50	45	45	50	45	45		
Inklination	75	95	95	65	55	90	70	90	40	90	60	60	65	60	70	50	70	90	80	70	50	55	90	40	70	85		
Bedeckung	25	100	100	16	7	2	16	7	35	30	60	7	7	40	30	20	7	20	30	7	7	18	7	30	30	7	16	
Alter	2	7	4	3	2	5	4	5	3	1	5	4	6	6	6	7	7	6	4	8	8	3	2	5	4	9	5	
Antenzahl	70	80	40	40	40																							
<i>Syntichia ruralis</i>																												
<i>Dicranoweisia cirrata</i>	1	5	20	15	1	r			1	15	15	2	15	2	20	30	30	20	60	45	3	10	15	2	2	1	3	
<i>Ceratodon purpureus</i>																												
<i>Dicranus scoparius</i>																												
<i>Hypnum cupressiforme</i>	3																											
<i>Hypnum laetevirens</i>																												
<i>Bryum capillare</i>																												
<i>Bryum argenteum</i>																												
<i>Bryum capillitium</i>																												
<i>Pohlia nutans</i>																												
<i>Rhizidiodia phaea squarrosa</i>																												
<i>Brachythecium albicans</i>	15																											
<i>Cladonia chlorophaea</i>	5																											
<i>Cladonia mucilaginosa</i>																												
<i>Cladonia pistillaria</i>																												
<i>Cladonia fimbriata</i>	5	5																										
<i>Cladonia floerkeana</i>																												
<i>Cladonia gracilis</i>																												
<i>Cladonia subulata</i>																												
<i>Cladonia sibirica</i>	2																											
<i>Cladonia ciliata</i>																												
<i>Cladonia coniocrea</i>																												
<i>Hypogymnia physodes</i>																												
<i>Parmelia sulcata</i>																												
<i>Algen im Gesamt</i>																												
<i>Prasiola crispa</i>																												
<i>Onthophyllum succosum</i>																												
<i>Desmococcus vulgaris</i>																												
<i>Onthophyllum flaccidum</i>																												
<i>Chiæydonia sp.</i>	30																											
<i>Synoicula rufiflava</i>																												
<i>Hantzschia aphissyna</i>																												
<i>Phormidium autumnale</i>																												
<i>Poa annua</i>																												
<i>Senecio vulgaris</i>																												
<i>Taraxacum officinale</i>																												
<i>Ceratium triviale</i>																												
<i>Stellaria media</i>																												
<i>Urtica dioica</i>																												

sorgung, kann lediglich die anfallende Feuchtigkeit zum Teil speichern. Es hat zwar eine ziemlich hohe Wasserkapazität, die aber durch die schnelle Austrocknung kompensiert wird.

Um einen ungefähren Anhalt für die Wasserspeicherung von Reth zu bekommen, wurde eine eingewogene Probe wassergesättigten Reths im Trockenschrank bei 105°C getrocknet und wiederum gewogen, wobei sich eine Wasserkapazität von 72,5% des Naßgewichtes ergab. Eine zu Vergleichszwecken genauso behandelte Probe Gartenerde hatte einen Wassergehalt von nur 26,9% des Naßgewichtes. Hingegen dürfte leicht angewittertes Stroh, bei dem die Halme kollabieren, sodaß nur noch sehr kleine Zwischenräume zwischen den Halmen der Dachoberfläche vorhanden sind, eine höhere Wasserkapazität besitzen.

Die Zeittdauer der Substratdurchfeuchtung wird von der Beschaffenheit, der Neigung, Exposition, den momentanen Witterungsverhältnissen (Luftfeuchte, Wind) und dem mehr oder weniger geschlossenen Bewuchs bestimmt. Unbewachsene Südseiten trocknen bei trockener Witterung nach Regenfällen in kürzester Zeit wieder ab. Diese starken Feuchtigkeits- und Temperaturgegensätze bewirken auch, daß das Rethmaterial spröde wird, die einzelnen Halme liegen nicht mehr der Oberfläche an, sondern biegen sich auf und brechen sehr leicht ab, was sich in dauernden Ansammlungen von Rethstückchen unter dem Trauf manifestiert. Damit erfolgt eine dauernde Zurückverlegung der Dachoberfläche (eine Art rückschreitender Erosion), die die Lebensdauer der Dachdeckung auf Südexpositionen sehr stark einschränkt und keine ruhende Oberfläche zur dauernden Besiedlung mit Flechten und Moosen bietet, es sei denn, das Dach ist beschattet oder liegt in geschützter Lage.

Bei den Niederschlägen, die sich in Schleswig-Holstein zwischen 550 und 800 mm/Jahr bewegen, ist zu berücksichtigen, daß hierzu der örtlich sehr stark wechselnde Tauniederschlag hinzugerechnet werden muß. Im Durchschnitt beträgt dieser 30-40 mm/Jahr zusätzlich (GEIGER 1950), ist aber lokal von der Luftfeuchte, der Luftbewegung und dem Temperaturabfall zur Umgebung abhängig, sodaß beispielsweise in luftfeuchten Senken wie Flüßtälern oder Seerändern noch eine beträchtliche Tau- und Nebelfeuchte hinzukommen kann. Außerdem können Moose auf Grund ihres hohen osmotischen Wertes, mit Hilfe dessen sie auch bei Temperaturen unter dem Nullpunkt überdauern können, Feuchtigkeit aus ungesättigter Luft aufnehmen und so in Ermangelung einer Kutikula- oder regulierbarer Stomata (Ausnahme Sporophyten) die Transpiration über die Blattoberfläche regeln (GREBE 1912).

Bei der Beurteilung des für die Dachvegetation zur Verfügung stehenden Niederschlags ist ferner zu berücksichtigen, daß er durch Verdunstung und in besonderem Maße durch den Abfluß auf der Dachschräge eine Verminderung erfährt. Verdunstung und Luftfeuchte sind also einander kompensierende Faktoren. (Zur Messung der Verdunstung an Epiphytenstandorten siehe OCHSNER 1933.) Niederschlagsminderung durch Abfluß ist besonders im oberen Dachdrittel wirksam, wo eine deutlich schwächere Vegetationsentwicklung vorliegt, während im unteren Dachdrittel die Benetzung auf Grund der darüber abfließenden Wassermassen größer ist. Die Wasserabgabe durch Verdunstung erfolgt denn auch im oberen Dachdrittel schneller als unten, wo noch nach Regenfällen die aufgesogenen Wassermengen am Trauf herabtropfen, weshalb die üppigste Vegetation im unteren Dachdrittel entwickelt ist.

(Foto 16).

So wirken also Gesamtniederschlag, Substratdurchfeuchtung, Abflußmenge und Verdunstung bei der effektiv wirksamen Feuchtigkeitsmenge zusammen, wofür im einzelnen experimentelle Berechnungen der im Laufe eines Jahres im Vergleich zu den örtlichen Niederschlägen der Dachflora zur Verfügung stehenden Wassermenge stattfinden müßten. Es kann also nicht gesagt werden, wieviel Niederschlag der Dachvegetation zukommt, da hier einander konkurrierende Faktoren mitspielen.

Die besonderen Hydraturverhältnisse auf Dächern erfordern auch besondere autökologische Anpassungen seitens der Dachflora. Annähernd alle Arten reagieren sehr schnell auf plötzlich einsetzende Feuchtigkeitsgaben durch rasche Wasseraufnahme. Dies wurde experimentell dadurch ermittelt, daß die jüngsten Triebe völlig lufttrockener Moospflanzen in Wasser gebracht wurden und die Zeit bis zur vollen Turgeszenz gemessen wurde. Alle Versuche wurden mehrmals durchgeführt, was aber keinerlei Abweichungen er gab. Dabei wurden folgende Werte ermittelt:

- a) 0,5 min. *Syntrichia ruralis*, *Dicranum scoparium orthophyllum*,
Leptodontium flexifolium, *Hypnum cupressiforme s.str.*,
Ptilidium ciliare fo. ericetorum, *Brachythecium albicans*,
Pleurozium schreberi, *Rhytidadelphus squarrosus*
- b) 0,75 " *Ceratodon purpureus*
- c) 1,0 " *Bryum caespiticium*, *Dicranella heteromalla*, *Pohlia nutans*
- d) 2,0 " *Hypnum lacunosum*
- e) 8-10 " *Polytrichum gracile*, *piliferum*, *juniperinum*.

Die meisten Arten erreichen also ihre volle Turgeszenz innerhalb nur einer halben Minute. Lediglich die *Polytrichum*-Arten brauchen wesentlich länger dazu. Während nämlich die meisten Moose ihren Wasserbedarf direkt durch die Aufnahme über die Blattoberfläche decken, gibt es bei den *Polytrichum*-Arten eine innere Leitung und damit eine innere Wasseraufnahme, die nicht nur experimentell (BUCH 1945) sondern auch anatomisch (ESCHRICH und STEINER 1968) nachgewiesen worden ist. BUCH (1945, 1947) nennt die Arten mit äußerer Wasseraufnahme ektohydatisch, die mit innerer endohydatisch. Der Unterschied bei den Dachmoosen wird in Abb. 65 deutlich.

Es ist bezeichnend, daß die Endohydren tief "wurzelnde" große Arten sind, die in den Polstern der Ektohydren sitzen und sich über diese erheben, also infolge ihrer physiologisch unterschiedlichen Wasseraufnahme zwei verschiedene Schichten besiedeln.

Viele Arten können beide Arten der Wasseraufnahme in Anspruch nehmen. BUCH nennt diese mixohydatisch. Interessant ist dabei, daß epiphytische Arten rein ektohydatisch sind und die Humusbewohner mixo- oder endohydatisch.

Da nun bei der Rethdachvegetation weitgehend eine Wasserzufluhr aus dem Substrat fehlt, (das evtl. im Reth gespeicherte Niederschlagswasser läuft wegen der Dachschräge schnell ab), müssen die beteiligten Arten eine hohe Austrocknungsresistenz aufweisen.

Von den Kryptogamen untersuchte LANGE (1953) die Flechten, HÖFLER (1946, 1953, 1954) Lebermoose und IRMSCHER (1912), MALTA (1921) und ABEL (1958) die Laubmoose. Während IRMSCHER und MALTA die Lebensdauer der Moose bei bestimmter konstanter Luftfeuchte als Maß für die

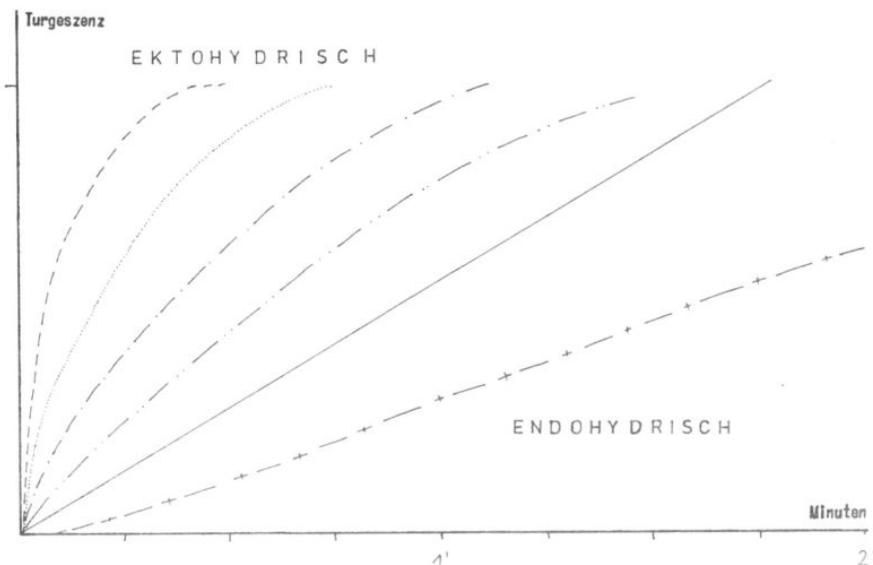


Abb. 65: Geschwindigkeit der Wasseraufnahme ekto- und endohydrischer Dachmose bis zur Erlangung der Turgeszenz (Erl. s. Text)

Resistenz wählten, geben HÖFLER und ABEL die Luftfeuchte an, die die Zellen der untersuchten Arten vertragen können, ohne abzusterben. Wie beide Autoren feststellen konnten, ist die Austrocknungsresistenz abhängig von der protoplasmatischen Konstitution der einzelnen Arten. ABEL (1958) führt bei seinen physiologischen Versuchen, bei denen Blätter in Kammern absteigender Luftfeuchtigkeitsgrade ausgetrocknet und anschließend in einem Plasmolytikum untersucht werden, auch folgende auf Rethächern wachsende Arten an:

Luftfeuchtigkeit	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	5	0
Ceratodon purpureus	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Bryum capillare	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	+
Dicranum scoparium	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+
Syntrichia ruralis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

1 = trockenresistant + = letal - = kritische Schwelle

Syntrichia ruralis ist selbst gegen eine Luftfeuchtigkeit von 0% noch resistent, besitzt also völlige Austrocknungsresistenz. Dicranum scoparium ist trockenresistent bis 10% Luftfeuchte. Ceratodon purpureus verträgt keine plötzliche Austrocknung, in wassergesättigtem Zustand liegt die Resistenzgrenze bei 82%, in vorgetrocknetem Zustand bei 4% Luftfeuchte. Bei Bryum capillare liegt die Vitalitätsgrenze bei 62% relativer Feuchte, die letale Grenze bei 1%. Dazwischen liegt die "kritische Schwelle" (ABEL). Dies bestätigt in gewissem Maße, Bryum capillare als austrocknungsresistenter Hygrophyten aufgefaßt und als Kennart der feuchten Variante des Syntrichietum ruralis gewertet zu haben.

Es handelt sich also bei diesen Dachmoosen um sehr austrocknungsresistente Arten, deren letale Grenze bei 0-4% relativer Feuchte liegt, also Werten, die selbst an trockenen heißen Tagen kaum erreicht werden. Auch dann erreicht die Luftfeuchte normalerweise 25-30%.

Es ist sogar zu erwarten, daß die Resistenzschwellen bei Dachmoosen im Vergleich zu den gleichen Arten anderer Standorte niedriger liegen. ABEL fand heraus, daß sich je nach Standort ziemliche Unterschiede in der Austrocknungsresistenz ergaben. So haben Pflanzen von trockenen Standorten eine niedrigere Resistenzschwelle als Pflanzen von feuchten Standorten. Daher dürften Dachmoose an diesen sehr trockenen Standort besonders adaptiert sein. Es wäre interessant festzustellen, wie weit die Resistenzschwelle einer Art auf Nord- und Südexpositionen eines Daches differiert.

Die Mehrzahl der Arten, die sowohl trockene als auch feuchte Standorte besiedelt, besitzt eine große Amplitude zwischen vitaler und letaler Grenze (vgl. *Bryum capillare*). Nach diesen Ergebnissen sind Xerophyten austrocknungsresistente Arten (letale Grenze nicht erreicht), Mesophyten Arten mit großer Amplitude und Hygrophyten Arten mit schwacher Trockenresistenz, die bis 82% rel. Feuchte herabreicht, wobei Mesophyten im Vorteil sind, da sie sowohl Dürreperioden als auch feuchte Perioden gut überstehen können, indem sie teils wie Hygrophyten, teils wie Xerophyten reagieren können. Lebermoose zeigen ein ähnliches Resistenzverhalten (HÖFLER 1953, 1954).

An autökologischen Anpassungen sind hyaline Haare und austretende Rippen vertreten, (so bei *Syntrichia ruralis* und *Bryum capillare*, bezeichnenderweise tritt diese extreme Anpassung bei den Arten der xerophilen Dachmoosgesellschaft auf), ferner dichtschließende Blätter und kätzchenförmige Beblätterung (bei *Dicranoweisia cirrhata*, *Pohlia nutans*, *Ceratodon purpureus*, *Hypnum cupressiforme*, *H. lacunosum*, *Brachythecium albicans*) oder papillöse Zellen. Im einzelnen unterrichten die Arbeiten von IRMSCHER (1912), MEUSEL (1935) und BARKMAN (1958) über die anatomischen Anpassungen an Trockenheit.

An Wuchsformen treten bevorzugt Polster- und Kissenwuchs auf. Rasenbildend sind nur die *Polytrichum*-Arten, die aber über einen Verdunstungsschutz in Form von Rollblättern und Rippenlamellen verfügen. Im einzelnen wären hier Angaben über das Wasserspeicherungsvermögen von Interesse, aus denen eine genaue Reihenfolge der Arten bezüglich ihrer Austrocknungstoleranz hervorgehen würde. Wollte man die gefundenen Moosarten nach den Beobachtungen auf Rethdächern grob klassifizieren, würde sich etwa folgende Einteilung ergeben:

xerophil:

- Syntrichia ruralis*
- Bryum argenteum*
- " *caespiticium*
- Hypnum lacunosum*
- Brachythecium albicans*
- Dicranoweisia cirrhata*
- Cephaloziella starkei*

hygrophil:

- aerohygrophil:*
- Leptodontium flexifolium*
- Campylopus flexuosus*
- Plagiothecium neglectum*
- Ptilidium ciliare?*
- substratohygrophil:*
- Polytrichum*, alle Arten

mesophil:

<i>Ceratodon purpureus</i>	<i>Rhytidadelphus squarrosus</i>
<i>Pohlia nutans</i>	<i>Barbula unguiculata</i>
<i>Dicranum scoparium</i>	<i>Erythrophyllum rubellum</i>
<i>Hypnum cupressiforme</i>	<i>Cephaloziella hampeana</i>
<i>Brachythecium rutabulum</i>	" <i>rubella</i>
<i>Pleurozium schreberi</i>	
<i>Scleropodium purum</i>	<i>Dicranella heteromalla</i>

7.2.2 Temperatur

Die auf den einzelnen Expositionen unterschiedliche Wärmeeinstrahlung in ihrer Tages- und Jahresperiodizität, in ihrer Schichtung in, auf und über dem Substrat, in ihrer unterschiedlichen Ausprägung auf feuchtem und trockenem Reth muß gesonderten Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Zur groben Orientierung wurde an einem heißen Sommertag am 5.7.1971 in Erfde Kr. Dithmarschen um 11^h eine Temperaturmessung durchgeführt, die folgende Werte ergab:

Lufttemperatur im Schatten	23 [°] C
Südseite, 45 [°] geneigt	
auf Leptodontium-Polstern	49 [°]
in Leptodontium-Polstern	47 [°]
10 cm über dem Dach	34 [°]
Nordseite, 45 [°] geneigt	
Rethdachoberfläche	27 [°]
10 cm über dem Dach	24 [°]

Aus den Temperatursteigerungen auf der Südseite geht sehr deutlich das unterschiedliche Expositionsklima hervor. Die Werte zeigen ferner, daß die Dachoberfläche ein hohes Wärmespeicherungsvermögen besitzt, verglichen mit den Temperaturwerten der darüberliegenden Luftsicht.

Neben der Exposition ist die Inklination für die unterschiedlichen Temperaturverhältnisse wesentliche Ursache. Die durchschnittlich 45[°] geneigten Dächer bekommen folgende Sonneneinstrahlung: im Sommer (21.6.) aus 76[°], im Winter (21.12) aus 58[°] Neigung. In der Zwischenzeit wird eine Einstrahlung von 90[°] erreicht, sodaß der Jahresdurchschnitt 81[°] beträgt (auf ebener Unterlage hingegen nur 36[°]). Durch den viel steileren Einfallswinkel gelangt also auf die Dächer eine sehr viel größere Wärmemenge pro Flächeneinheit. In Abb. 66 sind die von parallelen Lichtstrahlen getroffenen Flächen auf einer 45[°] geneigten und einer ebenen Fläche zeichnerisch dargestellt. Damit ist der Einfallswinkel des Lichtes auf Dächern ebenso steil wie in Äquatornähe! Dies ist also die ökologisch ungünstigste Lage verglichen mit der etwa senkrecht wachsenden Epiphytenvegetation und der waagerecht wachsenden epigäischen Vegetation. Gemildert wird dieser Effekt dadurch, daß zur Zeit des Sonnenhöchststandes ein geringerer Winkel (76[°]) erreicht wird als in der Zwischenzeit (max. 90[°]) und zur Zeit der schwächsten Lichtintensität im Winter ein verglichen mit der auf der Erdoberfläche aufkommenden Lichtintensität durch den hohen Einfallswinkel (58[°] statt 13[°]) hoher Lichtgenuss herrscht. Dadurch wird der durch den Einfallswinkel des Sonnenlichtes begründete Unterschied zwischen Sommer- und Winterhalbjahr auf dem Dach entschärft. Dennoch erhält eine geneigte Fläche auch im Winter immer noch wesentlich höhere Wärmegaben. Nach GEIGER (1950) erhält eine 20[°] nach S geneigte Fläche unter

Einbeziehung der Bewölkung im Januar rund doppelt so viel Sonneneinstrahlung wie eine horizontale Fläche!

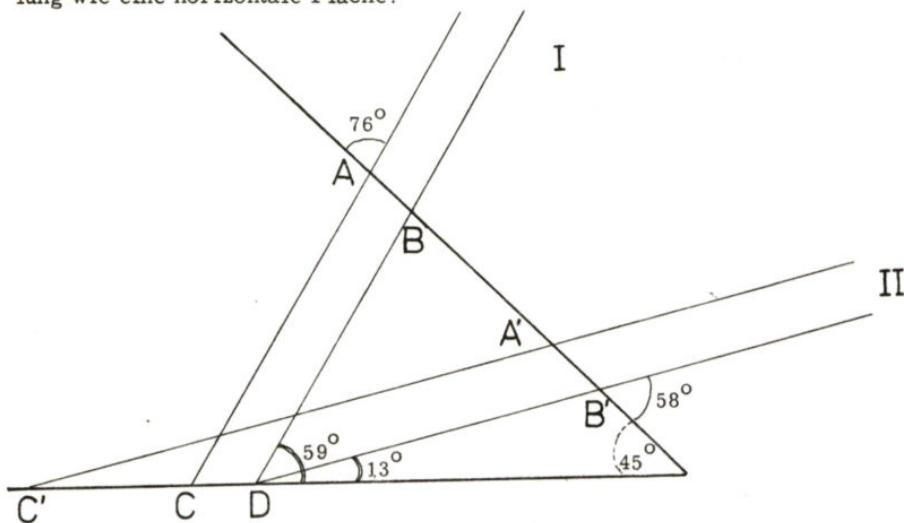


Abb. 66: Einfallswinkel des Sonnenlichtes und Lichtintensität auf einer 45° geneigten und einer ebenen Fläche in 54° n. Br.
I Sonnenstand am 21.6. - II Sonnenstand am 21.12.
(Erläuterungen siehe Text!)

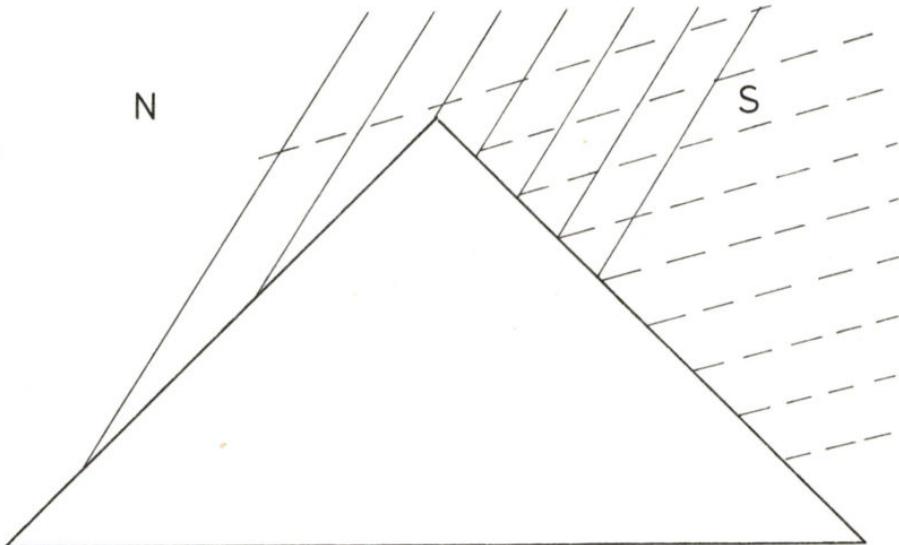


Abb. 67: Unterschiedlicher Lichteinfall auf Nord- und Südseiten von Dächern zur Zeit des Sonnenhöchststandes (21.6.) und des Sonnentiefststandes (21.12., gestrichelt), gültig für 54° n. Br.

7.2.3 Licht

Ebenso wie die Wärmeeinstrahlung ist auch der Lichteinfall neben der Witterung von der Dachneigung abhängig (bei klarem Wetter tritt der Unterschied in der Beleuchtung natürlich deutlicher hervor als bei diffusem Licht). Während bei 45° geneigten Flächen die Südseiten ganzjährig direkte Sonneninstrahlung empfangen, gelangt auf Nordseiten nur zur Zeit des täglichen und jährlichen Sonnenhöchststandes direktes Sonnenlicht (Abb. 67). Diese Insolations- und Wärmeunterschiede drücken sich deutlich in der auf Nord- und Südseiten unterschiedlichen Vegetationsentwicklung aus, die auf Südseiten oft gehemmt ist und nicht weiter als bis zu dem Dicranoweisietum führt. Wo auf beiden Seiten die gleichen Gesellschaften auftreten, ergeben sich prägnante Unterschiede in den dort auftretenden Arten, die eine ungefähre Klassifizierung nach den Lichtansprüchen zulassen, (was noch im einzelnen durch Messungen der Lichtintensitäten auf den einzelnen Expositionen zu belegen wäre):

photophile (heliophile) Arten: skizophile (heliophobe) Art.:

<i>Dicranoweisia cirrhata</i>	<i>Dicranum scoparium</i>
<i>Hypnum lacunosum</i>	<i>Bryum capillare</i>
<i>Brachythecium albicans</i>	<i>Campylopus flexuosus</i>
<i>Bryum argenteum</i>	<i>Dicranella heteromalla</i>
<i>Syntrichia ruralis</i>	<i>Leptodontium flexifolium</i>
	<i>Plagiothecium neglectum</i>
	<i>Scleropodium purum</i>

phototolerante Arten:

<i>Brachythecium rutabulum</i>	skiotolerante Arten:
<i>Barbula unguiculata</i>	<i>Pleurozium schreberi</i>
<i>Bryum caespiticium</i>	<i>Pohlia nutans</i>
<i>Cephalozia rubella</i>	<i>Mnium hornum</i>
" <i>hampeana</i>	<i>Polytrichum gracile</i>
" <i>starkei</i>	" <i>formosum</i>
<i>Erythrophyllum rubellum</i>	" <i>juniperinum</i>
<i>Polytrichum piliferum</i>	<i>Ptilidium ciliare</i>
<i>Rhytidadelphus squarrosus</i>	

euryphotische (indifferente) Art.:

<i>Hypnum cupressiforme</i>
<i>Ceratodon purpureus</i>

Da bei der schwächeren Insolation auf den Nordseiten auch die verringerte Verdunstung eine Rolle spielt, kann man im einzelnen nicht genau sagen, ob Hygro- oder Skiphilie der ausschlaggebende Faktor ist und das Auftreten der genannten Arten beeinflußt. Bei den meisten Arten wird es sich jedoch um beide Faktoren handeln.

7.2.4 Wind

Einen leicht zu unterschätzenden Einfluß übt der Wind auf die Dachvegetation aus:

- Er besorgt die Verbreitung der Diasporen,
- führt durch Anwehungen erdigen Materials zur Staubimprägnierung des Substrates,
- führt durch Verdunstung zur schnelleren Austrocknung des Substrates oder umgekehrt durch Heranführen feuchter Luftmassen zur Befeuchtung,
- zerstört die Temperaturschichtung über der Dachfläche, die bei windstilen Tagen zu einer starken Temperaturerhöhung führt.

Regelrecht schädigende Wirkung kommt dem Wind dabei kaum zu. Nur selten wurden Frostschäden auf Ostexpositionen durch die Wirkung von Eiskristallen bei Stürmen beobachtet. Auch in der Nähe der Küsten macht sich der Einfluß der dort stärkeren Windwirkung nicht nachteilig bemerkbar, bringt der Wind doch dort zumeist auch feuchte Luftmassen.

7.3 OROGRAPHISCHE FAKTOREN

7.3.1 Exposition

Eine Schlüsselstellung unter den ökologischen Faktoren kommt der Exposition zu. Dadurch, daß durch sie Licht, Wärme- und Feuchtigkeitsgenuss der Rethdachvegetation verteilt wird, nehmen die unterschiedlichen Expositionen den größten Einfluß auf Verteilung, Zusammensetzung und Gestaltung der Dachflora.

Bei den Vegetationsaufnahmen konnte auf die gleichmäßige Erfassung aller Expositionen kein Einfluß genommen werden. Die Ausrichtung der Häuser (gerade bei Bauernhäusern vielfach O-W, sodaß die Seitendächer N-S exponiert sind); das häufige Fehlen nennenswerter Vegetation auf den Südseiten und die Üppigkeit ihrer Entwicklung auf Nordseiten führte zu einer etwas unterschiedlichen Repräsentanz der einzelnen Expositionen, die prozentual an einer Auszählung von 250 Aufnahmen ermittelt wurde, wobei sich folgende Werte ergaben:

NW	4, 4%	ONO	4, 8%	SO	1, 6%	WSW	2, 8%
NNW	6, 0%	O	13, 6%	SSO	4, 8%	W	7, 2%
N	18, 4%	OSO	4, 0%	S	3, 6%	WNW	2, 0%
NNO	11, 2%			SSW	4, 0%		
NO	8, 4%			SW	2, 8%		
	48, 4%		22, 4%		16, 8%		12, 0%

Diese unterschiedliche Verteilung ist bei den folgenden Interpretationen zu berücksichtigen.

Die Unterschiede im Expositionsverhalten gehen auf folgende Ursachen zurück: Hinsichtlich der Besonnung empfängt die Südseite annähernd den ganzen Tag direktes Sonnenlicht, die Nordseite nur zur Zeit des Sonnenhöchststandes im Sommer. Auf Ost- und Westseiten herrscht ein tieferer Einstrahlungswinkel als auf der Südseite, sodaß diese beiden Seiten hinsichtlich der Licht- und Wärmeeinstrahlung mehr zu den Nordseiten tendieren als zu den Südseiten, wo das Licht annähernd senkrecht einfällt. Ost- und Westseiten sind auch hinsichtlich der ökologischen Differenzierung auf Dächern weitgehend dem Nordquadranten zuzurechnen.

Auch der Niederschlag dürfte nicht auf allen Seiten gleichmäßig ausfallen, da dieser von der Neigung des Daches, der Windrichtung und der Windstärke unterschiedlich beeinflußt sein kann. Bei den oftmals durch starke Westwinde herbeigeführten Niederschlägen ist nicht nur die Durchfeuchtung der geneigten Dachoberfläche größer, sondern auch bei schrägem Niederschlagseinfall die Regensumme auf der geneigten Fläche größer als auf der ebenen Dachoberfläche. Insgesamt dürfte das Kleinklima auf Westseiten demnach etwas feuchter und wärmer als auf Ostseiten sein.

Die Auswirkungen der Expositionsunterschiede werden an folgenden Punkten ersichtlich:

- der unterschiedlichen Verteilung der Arten,
- der unterschiedlichen Verteilung der Artenzahlen,
- der Präferenz der Gesellschaften für bestimmte Expositionen,
- der unterschiedlichen Sukzession,
- der Verteilung der einzelnen Lebensformen,
- der unterschiedlichen Vegetation auf verschiedenen Seiten gleichaltriger Dächer.

Bei den initialen Gesellschaften bis zum *Dicranoweisietum* macht sich die Exposition nicht so stark bemerkbar. So setzt die Besiedlung mit Krusten- und Blattflechten auf allen Expositionen gleichmäßig ein. Je älter die Sukzessionsstadien sind, um so mehr neigen sie zu einer Bevorzugung der Nordseiten bzw. der Nordhälfte. Die ältesten Sukzessionsstadien kommen nur noch auf Nordseiten vor, da die Vegetationsentwicklung auf anderen Seiten nicht mehr weiter führt.

Als Maßstab für die "Expositionsverträglichkeit" wurde die maximal erreichte Bedeckung je Himmelsrichtung gewählt. *Ceratodon purpureus* (Abb. 68, 1) zeigt bereits eine schwache Tendenz für die Nordseiten, *Leptodontium flexifolium* schon eine deutliche Vorliebe (Abb. 68, 2), *Dicranum scoparium* tritt schließlich auf nach Süden geneigten Dachflächen kaum noch auf (Abb. 68, 3). Alle Phanerogamen bevorzugen ebenfalls deutlich die Nordseite.

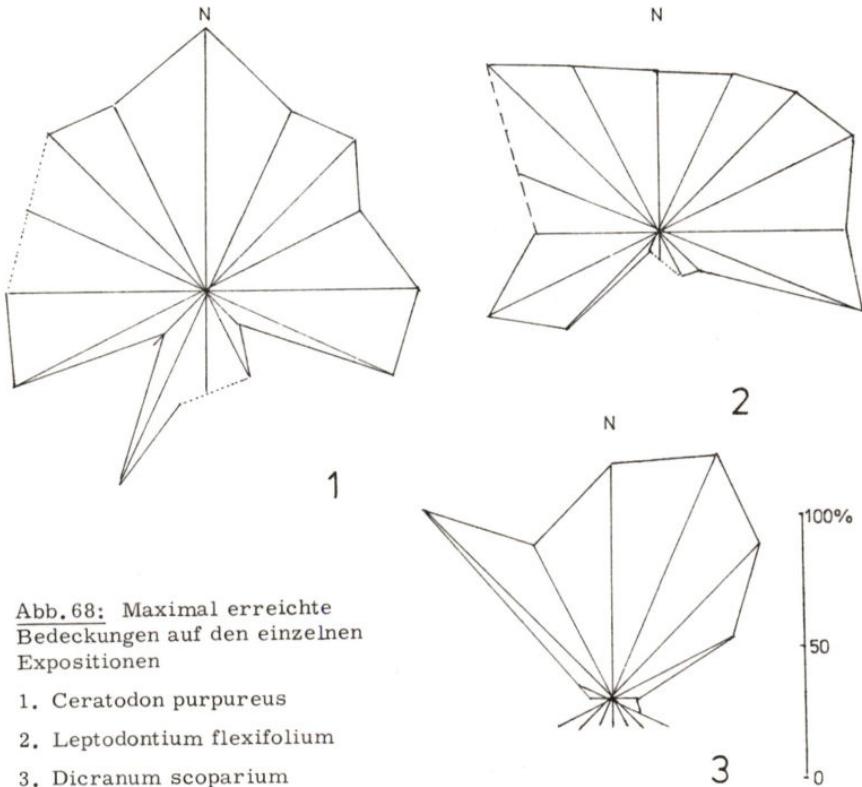


Abb. 68: Maximal erreichte Bedeckungen auf den einzelnen Expositionen

1. *Ceratodon purpureus*
2. *Leptodontium flexifolium*
3. *Dicranum scoparium*

Eine Präferenz für Südseiten gibt es überhaupt nicht. Sie scheint die lebensfeindlichere Seite zu sein und, soweit beobachtet, nur Flechten und Dicranoweisia ausreichende Lebensmöglichkeit zu gewähren, sofern diese Seite nicht beschattet ist. Alle Moosarten tendieren mehr oder weniger zu der Nordseite, wo auch die höchsten Bedeckungen erreicht werden (im Durchschnitt 80%).

Ein anschauliches Bild gibt die Zusammenstellung der auf den einzelnen Expositionen gefundenen Artenzahlen der beteiligten systematischen Gruppen (Abb. 69). Wie zu erwarten, ist die Gesamtartenzahl auf dem Südquadranten am geringsten, dem Nordquadranten am höchsten. Ost- und Westquadranten tendieren hinsichtlich des Phanerogamenanteils zur Südseite, hinsichtlich des Kryptogamenanteils zur Nordseite.

Bei dem Flechtenanteil ist auffällig, daß er auf Westseiten deutlich höher liegt als auf Nordseiten. Dies hat anscheinend etwas mit dem an Bäumen beobachtbaren Phänomen zu tun, wo der Flechtenwuchs an den windexponierten Seiten immer deutlich stärker ist als im Windschatten. Dies hängt mit dem

Abb. 69: Verteilung der Artenzahlen auf die Expositionen
 // Phanerogamen . Moose □ Flechten

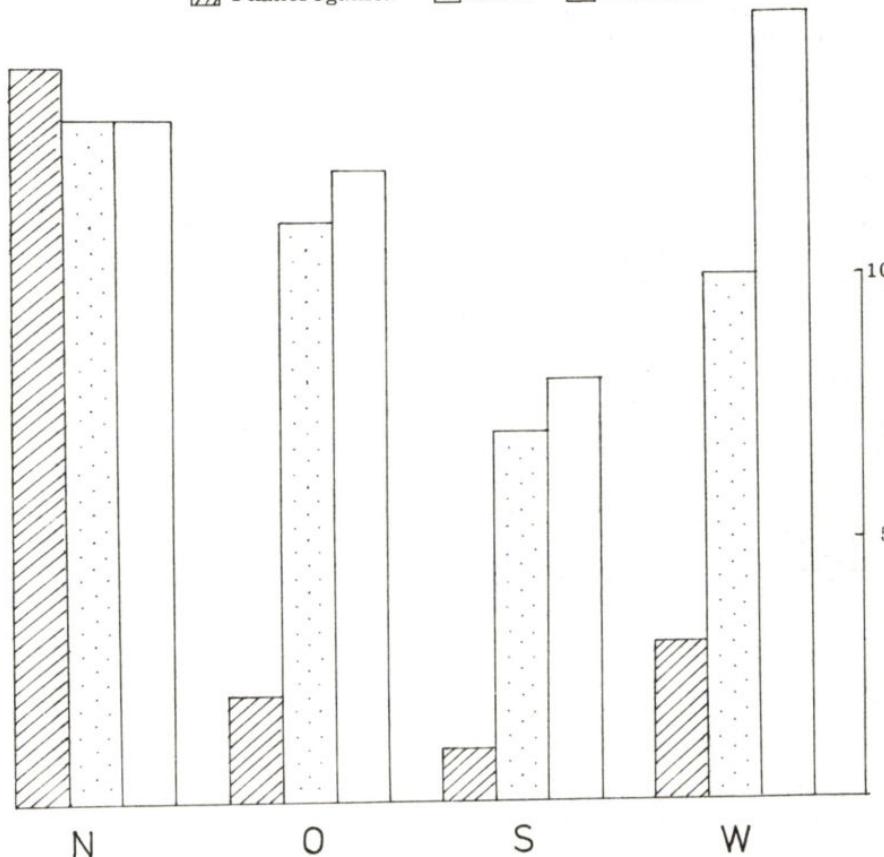


Tabelle 36: Nord- und Südpositionen des *Leptodontietum flexifoliae* typ.

Anflug von Nährstoffen, dem Anflug von Vermehrungsorganen und der meist auch intensiveren Befeuchtung bei schräg einfallendem Regen zusammen.

Zum gleichen Ergebnis kommt man, wenn man den Moos-Flechtenquotient für die Berechnung der Häufigkeit von Flechten im Vergleich zu Moosen heranzieht (Abb. 70). Beim Dicranoweisietum beträgt dieser:

$$N: 1,36 \quad O: 1,10 \quad S: 0,89 \quad W: 0,45.$$

Während im Durchschnitt pro Aufnahme auf Nordseiten also auf eine Flechtenart 1,36 Moosarten kommen, ist das Verhältnis auf Westseiten etwa umgekehrt. Hier kommen auf eine Flechtenart nur 0,45 Moosarten oder eine Moosart auf zwei Flechtenarten. Daß dies Verhältnis zur Hauptsache Strauch- und Blattflechten, nicht aber Krustenflechten betrifft, zeigt die Expositionsverteilung dieser Lebensformen in Abb. 71.

Die Auswirkungen der quantitativen und qualitativen expositionalen Veränderungen schlagen sich in den Gesellschaften als expositionalen Varianten nieder. Am Beispiel des Leptodontietum soll dies näher erläutert werden. In Tab. 36 sind alle 56 in den Jahren 1969-70 erstellten, Leptodontium enthaltende Aufnahmen von Nord- und Südseiten einander gegenübergestellt. Während sich auf der Nordseite ein vielfältiges Gemisch ergibt, an dem 15 Moos-, 11 Flechten-, 2 Pilz-, 12 Phanerogamen- und 6 Algenarten beteiligt sind, finden sich auf den Südseiten nur 8 Moos-, 7 Flechten-, 3 Algenarten und eine Phanerogamenart. Auch wenn zu berücksichtigen ist, daß von der Südseite weniger Aufnahmen vorliegen, (was natürlich auch für die Existenzfeindlichkeit dieser Exposition spricht), so ist doch eine deutliche Verarmung nicht zu erkennen. Auf den Südseiten fehlen, abgesehen

Abb. 70: Moos-Flechtenquotient auf verschiedenen Expositionen des Dicranoweisietum

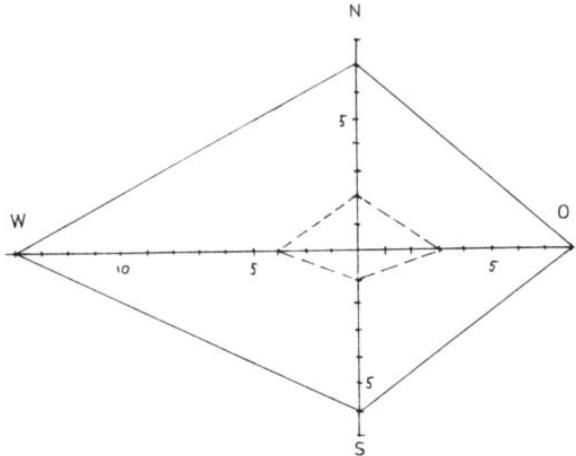
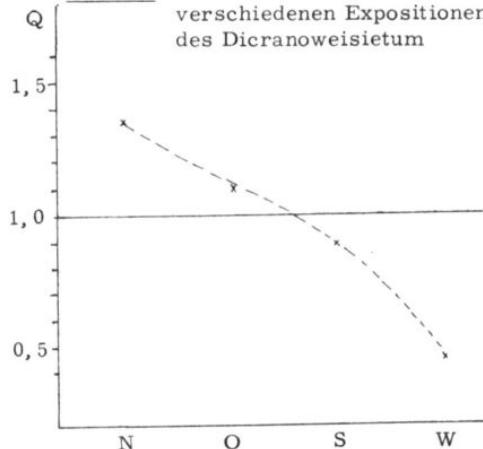


Abb. 71: Artenzahlenverteilung von Krustenflechten (gestrichelt) und Blatt- und Strauchflechten auf den einzelnen Expositionen

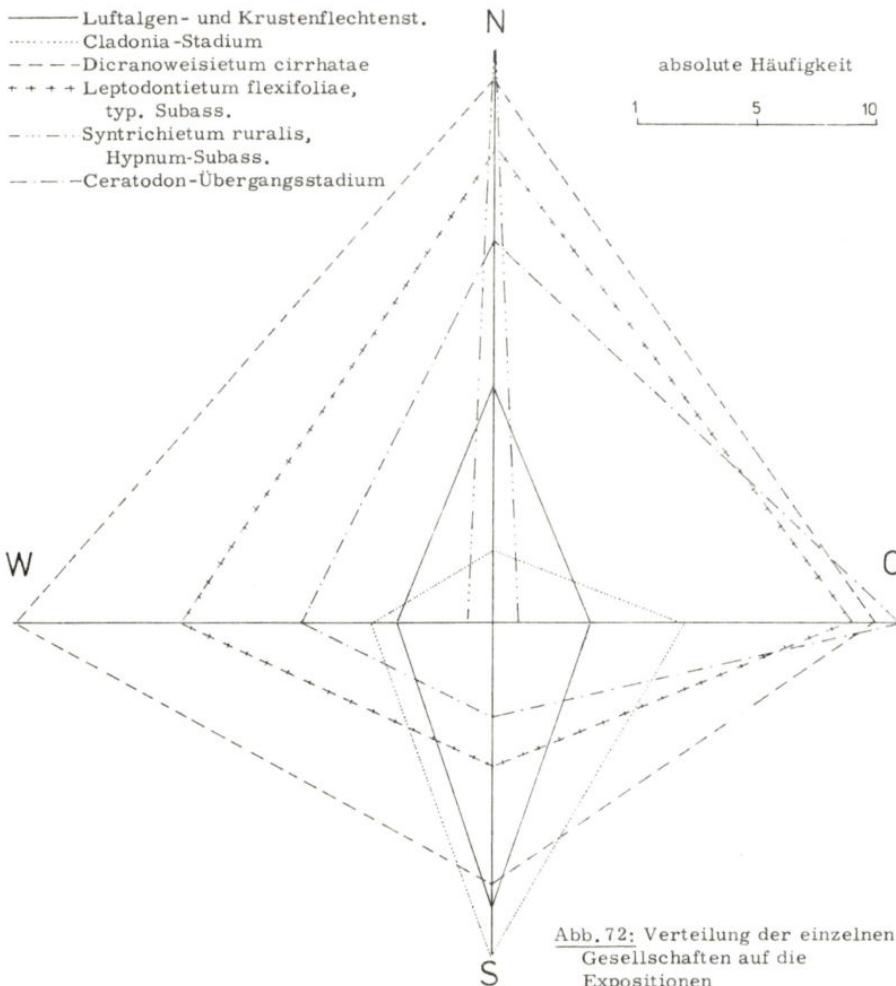
Varianten nieder. Am Beispiel des Leptodontietum soll dies näher erläutert werden. In Tab. 36 sind alle 56 in den Jahren 1969-70 erstellten, Leptodontium enthaltende Aufnahmen von Nord- und Südseiten einander gegenübergestellt. Während sich auf der Nordseite ein vielfältiges Gemisch ergibt, an dem 15 Moos-, 11 Flechten-, 2 Pilz-, 12 Phanerogamen- und 6 Algenarten beteiligt sind, finden sich auf den Südseiten nur 8 Moos-, 7 Flechten-, 3 Algenarten und eine Phanerogamenart. Auch wenn zu berücksichtigen ist, daß von der Südseite weniger Aufnahmen vorliegen, (was natürlich auch für die Existenzfeindlichkeit dieser Exposition spricht), so ist doch eine deutliche Verarmung nicht zu erkennen. Auf den Südseiten fehlen, abgesehen

von auf der Nordseite nur selten vertretenen und daher nicht als Indikatoren zu wertenden Arten:

<i>Dicranum scoparium</i>	<i>Ptilidium ciliare</i>
<i>Hypnum cupressiforme</i>	<i>Cladonia furcata</i>
<i>Polytrichum gracile</i>	" <i>gracilis</i>
<i>Campylopus flexuosus</i>	alle Pilze
alle Phanerogamen bis auf <i>Poa annua</i> .	

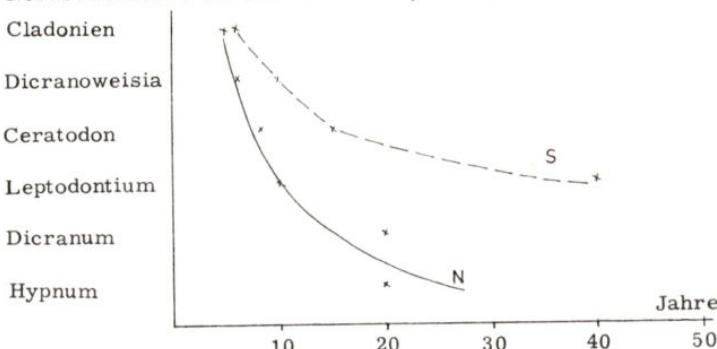
Man kann hier also von einer expositionsbedingten artenarmen Variante des *Leptodontietum* sprechen.

Bei der Verteilung der einzelnen Gesellschaften auf die Expositionen zeigt sich der Unterschied zwischen initialen und terminalen Gesellschaften besonders gut (Abb. 72).



Das Luftalgen- und Krustenflechtenstadium ist noch gleichmäßig auf alle Expositionen verteilt (die Häufung auf Nord- und Südseiten röhrt von der überwiegenden Ost-West-Ausrichtung der Häuser im Freilichtmuseum her). Das *Cladonia*-Stadium kommt sogar zur Hauptsache auf Südseiten vor, wahrscheinlich nicht wegen einer Bevorzugung dieser Seite, sondern weil hier andere Gesellschaften nicht so schnell oder aber gar nicht nachfolgen. Die folgenden Moosgesellschaften tendieren deutlich zur Nordseite, beim *Dicranoweisietum* noch gering angedeutet, am stärksten bei der *Hypnum*-Subass. des *Syntrichietum* und der (hier gar nicht mehr aufgenommenen, völlig auf Nordseiten beschränkten) *Dicranum*-Subass. des *Leptodontietum*.

Daß die Sukzession auf Nordseiten nicht nur weiter geht, sondern auch schneller vor sich geht, zeigt Abb. 73. Hier ist das erste Auftreten der einzelnen bestandsbildenden Arten auf Nord- und Südseiten durch eine Kurve verbunden, wobei die Nordseitenkurve ein sehr viel steileres Gefälle aufweist.



Aufnahme Nr.	172	173	502	503
Exposition	NNO	SSW	N	S
Inklination	45	45	50	50
Bedeckung	100	10	95	25
<i>Dicranum scoparium</i>	100			
<i>Dactylis glomerata</i>	1			
<i>Sorbus aucuparia</i>	+			
<i>Senecio vulgaris</i>	+			
<i>Poa pratensis</i>	2			
<i>Hypnum cupressiforme</i>		5		
<i>Ceratodon purpureus</i>		75		
<i>Pohlia nutans</i>		3		
<i>Dicranoweisia cirrhata</i>	10	10		
<i>Hypogymnia physodes</i>	r		1	
<i>Cladonia</i> sp. steril	2			
<i>Cladonia chlorophaea</i>		5		
<i>Cladonia floerkeana</i>		5		
<i>Lecanora varia</i>		20		

Abb. 73: Erstes Auftreten bestandsbildender Arten auf Nord- und Südexpositionen

← Tabelle 37: Aufnahmen von N- und S-Seiten gleichaltriger Dächer

Der prozentuale Anteil der einzelnen Gesellschaften auf Nord- und Südexpositionen (Abb. 74) verhält sich fast genau umgekehrt proportional. Auf Südseiten erreichen besonders die initialen Gesellschaften einen hohen Anteil, auf Nordseiten die älteren Gesellschaften. Dies wird auch am Beispiel in Tab. 37 deutlich, wo jeweils eine Aufnahme von der Nordseite einer von der Südseite eines gleichaltrigen Daches gegenübergestellt ist.

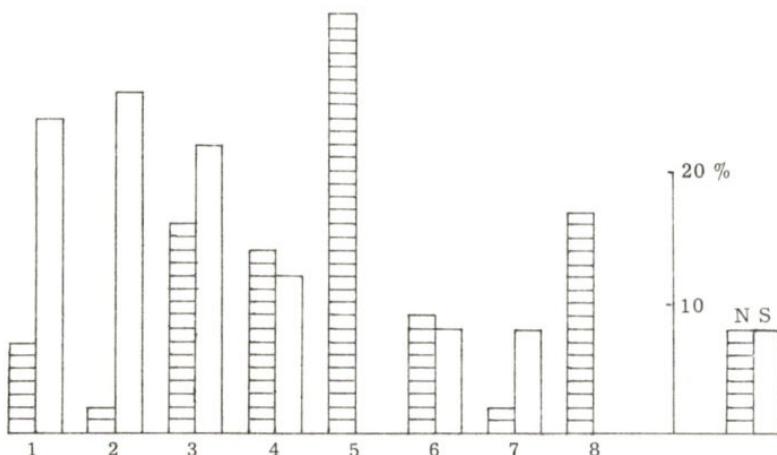


Abb. 74: Prozentualer Anteil der einzelnen Gesellschaften an Nord- und Südexpositionen

- 1 = Luftalgen- und Krustenflechtenst. 5 = Leptodontietum flex., Dicranum-S.
 2 = Cladonia-Stadium 6 = Ceratodon-Übergangsst.
 3 = Dicranoweisietum cirrhatae 7 = Syntrichietum rur., typ. Subass.
 4 = Leptodontietum flex., typ. Subass. 8 = " " , Hypnum-S.

7.3.2 Inklination

Die unterschiedlichen Dachneigungen, die sich zwischen 30° und 75° bewegen, in der Regel aber 40° bis 50° betragen, können in ihren Extremen die Dachvegetation ganz verschieden beeinflussen. Eine steile Dachschräge führt zu einem schnelleren Ablauen des Niederschlagswassers, zu einer geringeren Akkumulation von Feinmaterial, wie es für das Gedeihen epigäischer Arten ungünstig ist und durch das abfließende Wasser zu einer schnelleren Abspülung zu hoher Moospolster, sodaß nur gut haftende Arten hier auf Dauer ein Auskommen finden.

Steildächer kommen fast nur an den Giebelseiten von Häusern vor, wo Neigungen von $60-75^{\circ}$ vorherrschen. Als Anpassung an die schlechteren Feuchtigkeitsverhältnisse ist die zumeist auf solchen Dächern typisch ausgeprägte Zonierung der Moosdecke längs der Unterkante zu beobachten (Abb. 75), also längs des feuchteren Traufs des Daches, wo nach Regenfällen das Wasser noch

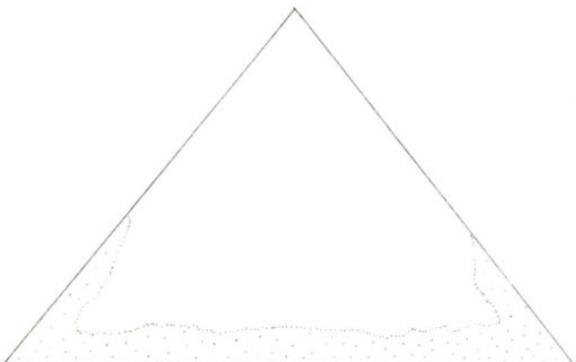


Abb. 75: Zonierung der Moosdecke an einem Steildach (Aufn. 318)

längere Zeit in den Moospolstern gehalten wird und nur langsam abtropft.

In trockenen Lagen geht die Besiedlung nicht über Cladonien und Dicranowiesia hinaus. Besonders letztere ist als Epiphyt mit den Rhizoiden zu einer guten Haftung befähigt, besiedelt diese Art doch auch senkrechte Unterlagen an Baumstämmen. In vielen Fällen gedeihen an Steildächern allein oder neben einer spärlichen Moosdecke Algen, besonders *Desmococcus vulgaris*, was ebenfalls eine Parallele zu epiphytischen Standorten an Baumstämmen darstellt. Dort besiedeln nämlich *Hormidien*, *Blaualgen* und *Prasiola crispa* die übererdeten (meist verschmutzten) Baumbasen und *Desmococcus* die senkrechten Stämme. Unter den Moosen vermögen ziemlich alle Arten je nach Alter und Exposition des Daches steile Flächen zu besiedeln, es kommt jedoch nur selten zu gut ausgebildeten Moosdecken. Meist sind diese lückig oder siedeln inmitten einer Algendecke mit herabgesetzter Vitalität. Eindeutiger Favorit bei der Besiedlung von Steildächern ist *Hypnum cupressiforme*. Diese Art vermag durch fest angelegten pleurocarpen Wuchs ebenso wie auf Regenabflußbahnen der Abspülung besser zu trotzen und die mangelnde oder nur geringe Ansammlung von Feinmaterial im Reth zu tolerieren. Stärkere Neigung führt bei dieser Art zur Ausbildung von schwächeren, in der Größe bald an *Hypnum resupinatum* heranreichende Formen, die eventuell als Übergänge an die *forma filiforme* zu werten sind.

Grundsätzlich sind alle auftretenden Gesellschaften auch auf Steildächern gefunden worden, sodaß sich eine gesonderte Zusammenstellung der Aufnahmen von Steildächern erübrigt. Solche Bestände sind lediglich artenärmer (hier fehlen z.B. *Phanerogamen*) und die Bedeckung ist geringer als auf flachen Dächern.

Wie sehr die Vegetationsentwicklung auf Steildächern gehemmt ist, zeigt die Abb. 76, wo nach den zur Verfügung stehenden Angaben die maximal erreichte Bedeckung in Abhängigkeit von Alter und Inklination dargestellt ist. Wenngleich nur wenige Angaben vorliegen, so zeichnet sich doch die Tendenz ab, daß die steileren Dächer gemessen am Alter die geringere Bedeckung aufweisen.

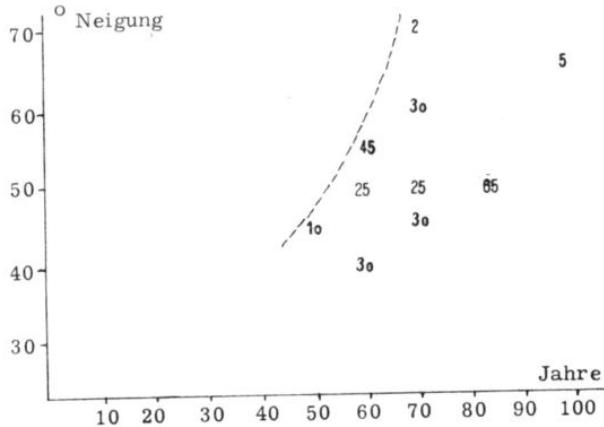


Abb. 76: Maximal erreichte Bedeckungswerte in Abhängigkeit von Alter und Inklination der Dächer

Durch die geringere Verwitterung können Steildächer wesentlich länger halten als flacher geneigte. Absolute Rekorde erreichen dabei die Dächer von Windmühlen, die mit 70° Dachneigung auch nicht mehr geneigt sind als Giebelräder, obwohl sie einen sehr viel steileren Eindruck machen. So erreichte das Dach der Nordseite der Windmühle in Struckum (Kr. Husum) das höchste ermittelte Alter von 165 Jahren. Es war auf dieser Seite lediglich mit

Cladonia subulata und Desmococcus vulgaris bewachsen, die Westseite zeigte nur noch spärliche Desmococcus-Anflüge und die übrigen Seiten waren völlig vegetationsfrei.

Hingegen sind flache Dächer mit Neigungen unter 45° weitaus seltener als Steildächer, da sie nur eine geringe Haltbarkeit besitzen. Meistens werden solche Neigungen nur lokal auf Gebäuden über Erkern oder Toreinfahrten erreicht. Hier gilt nahezu das Gegenteil der für Steildächer erwähnten Charakteristika:

1. Die Sukzession verläuft schneller, da die Ansammlung von Feinmaterial hier schneller vor sich geht. *Dicranum scoparium* tritt hier z. B. in Aufn. 18 schon nach 35 Jahren mit 85% auf.
2. Es treten bevorzugt epigäische Arten auf. Flechten treten hier ganz zurück.
3. Die Bedeckung ist mit durchschnittlich 92,5% auf 30° geneigten Flächen und 76,25% auf 35° geneigten Flächen sehr viel höher als auf steileren Dachabschnitten (vgl. Foto 7).
4. Flachdächer sind bevorzugte Siedlungsplätze für Phanerogamen, die wegen der Anhäufung von Feinmaterial und besseren Durchfeuchtung (das Niederschlagswasser rinnt hier nicht so schnell ab, sondern versickert tiefer) hier ein gutes Auskommen finden und nur bei längeren Trockenperioden Schaden nehmen.

Da der Prozentsatz der Flach- und Steildächer jedoch nicht so groß ist und hier die gleichen Gesellschaften nur in etwas veränderter Form und Häufigkeit auftreten, kann man von einer eingehenderen Behandlung dieser Fälle absehen und normalerweise bei der Behandlung der Rethdachvegetation von einer Dachneigung von 45° ausgehen.

7.4 BIOTISCHE FAKTOREN: ANTHROPOGEMER EINFLUSS

Neben den Tieren, insbesondere Vögeln, die bei der Suche nach Nahrung die Moosdecke der Dächer beeinträchtigen, beseitigt in vielen Fällen der Mensch die auf den Dächern wachsenden Moose. Verbreitetste Methode ist das Entfernen der Moose mit einer Harke. Daneben wird auch schon die ganze Dachoberfläche mit Unkrautvernichtungsmitteln gespritzt, um den Bewuchs auf dem Dach zu zerstören. Wie sich im Gespräch mit den Hausbesitzern gezeigt hat, ist der alteingesessene Unterschied von Kraut und Unkraut, dem gerade in der Landwirtschaft eine lebenswichtige Rolle zukommt, auch hier maßgeblich, wird doch die Moosdecke der Dächer eben als Unkraut eingestuft und ohne logische Begründung als schädlich erklärt.

"Schadet das Moos dem Strohdach?" hieß schon ein Aufsatz von JENSEN (1949), der sich ausführlich mit dieser Frage beschäftigte. JENSEN führte an, daß die Dachmoose nicht die Unterlage wie befürchtet, zersetzen, sondern nur lose darauf haften, die Moose das Niederschlagswasser festhalten und es nicht durchsickern lassen und empfiehlt eine Moosdecke als wirksamen Schutz gegen die Witterungseinflüsse, die sonst die Dachoberfläche treffen.

Die Begutachtung von über 300 moosbewachsenen Dächern, insbesondere der Vergleich von bewachsenen und abgeharnten, läßt folgende Aussagen zu:

1. Die Moosdecke von Rethdächern läßt sich nie auf Dauer, sondern immer nur für eine relativ kurze Zeit entfernen. Das unwirksamste, problematische und teuerste Mittel ist dabei das Besprühen mit Kontaktgiften.

Hierbei werden die vorhandenen Moose, sofern die Anwendung bei trockenem Wetter erfolgt und die Chemikalien nicht vom Regen wieder abgewaschen werden, nur zum Teil letal geschädigt. Die Regenerationszeit der Moosdecke liegt je nach Witterungsbedingungen zwischen einem halben und einem Jahr. Das Abharken führt zu einer gleichmäßigen Verteilung von Blatt- und Sproßfragmenten sowie Rhizoiden auf dem Dach, sodaß ein Nachwuchs durch diese Methode nahezu garantiert ist.

2. Das Abharken führt außerdem, besonders bei epiphytischen Arten wie *Dicranoweisia cirrhata*, zu einer Entfernung der anhaftenden Rethalme. Bei regelmäßigen Abharken, was alle zwei Jahre erforderlich sein kann, wird dadurch die Rethschicht laufend dünner und damit die Lebensdauer solcher Dächer wesentlich verkürzt. Oftmals wird das Abharken der "schädlichen Moose" auch in regelmäßigen Abständen gegen Bezahlung vom Dachdecker übernommen. Im Zusammenhang mit der Verkürzung der Lebensdauer durch das Abharken spricht dieser "Kundendienst" für sich, resp. für die Geschäftstüchtigkeit der Dachdecker.
3. Die ältesten angetroffenen Dächer waren über und über mit Moosen bedeckt. Die Moosdecke besitzt nämlich den Vorteil, die Dachoberfläche festzulegen und ständig feucht zu halten (diese Beobachtung steht im Gegensatz zu der Feststellung JENSENS, die Moose würden eine Befeuchtung der Dächer verhindern). Wie die Erfahrungen auf Südseiten gezeigt haben, wo selten eine Moosdecke hochkommt, führt der dauernde Wechsel von Befeuchten und Trocknen, dazu die Frostwechselhäufigkeit im Winter, zum Abbrechen der Halme, die sich dann unter dem Dach ansammeln. Auf moosbedeckten Dächern kommt dies nicht vor. Fällt hier einmal ein Moospolster heraus, so schließt sich die Lücke bald mit Pflanzen, nur bei *Dicranoweisia* wird auch meist etwas Reth dabei entfernt, was aber weniger ist als beim regelmäßigen Abharken.
4. Befragt man Hausbesitzer nach der schädigenden Wirkung der Moose, so wird zur Antwort gegeben (wenn überhaupt ein Grund dafür angegeben werden kann und die Moose nicht allein aus ästhetischen Gründen entfernt werden), Moose zersetzen das Dach durch Verwitterung. Dies röhrt wohl von der Beobachtung her, daß unter alten Moospolstern sich erdiges Material befindet. Dieses stammt aber nicht von dem kaum zersetzbaren kieselsäureimprägnierten Reth, sondern von der Verwitterung von Moosen und der Anwehung von Staub und Sand.

Insgesamt sind also die Folgen der Entfernung von Moospolstern sehr viel größer als das Belassen der Moose auf den Dächern, im Gegenteil kann eine Moosdecke nur als Schutz für das Dach und der Verlängerung der Lebensdauer empfohlen werden. Genauso wenig, wie ein bemooster Baum stirbt, schadet das Moos dem Rethdach.

8. Struktur und Gefüge der Rethdachvegetation

Neben der reinen Artenzusammensetzung ist auch die vertikale und horizontale Zonierung des Dachbewuchses von Interesse.

Bei der Dachbesiedlung läßt sich nämlich im vertikalen (senkrecht zur Dachoberfläche) Profil folgende Sequenz beobachten: Zunächst werden die offen liegenden Halme mit Flechten besiedelt, Moose siedeln sich dann lokal in einzelnen Pölsterchen an. Diese bedecken durch ihren radialen Zuwachs bald größere Flächen und schließen sich endlich zu Decken zusammen. Die Flech-

ten rücken dabei auf offen gebliebene Stellen zusammen, wo sie oft auch von Moospolstern "unterwachsen" werden und nur noch durch ihre reihige Anordnung zeigen, daß sie auf einem darunterliegenden Rethhalm fußen. Diese Folge ist am Beispiel der Aufnahmen 537, 515 und 528 (Abb. 77) ersichtlich, die drei verschiedene Phasen des *Dicranoweisietum* zeigen.

Abb. 77: Profile durch verschiedene Phasen des *Dicranoweisietum*



537



515



528

+++ *Ceratodon purpureus*

Dicranoweisia cirrhata

Hypogymnia physodes

Cladonia chlorophaea

Cladonia subulata

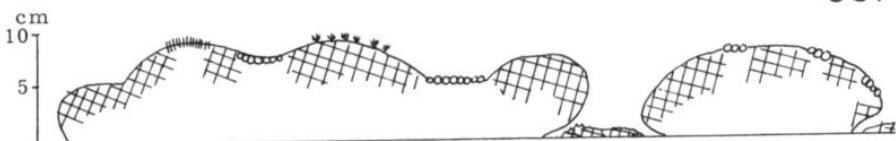
Pseudevernia furfuracea

Cladonia furcata

Schließlich ist die Rethdachoberfläche fast völlig mit Moosen bedeckt, auf denen wiederum Moose der epigäischen Generation siedeln. Diese verdrängen die *Dicranoweisia*-Reste durch schnelleres Wachstum. In Aufn. 331 (Abb. 78) sieht man deutlich, wie die ehemals einnistenden *Leptodontium*-Polster eine größere Höhe erreichen als die ursprünglich oben vorhandenen *Dicranoweisia*-Polster, die noch an vertieften Stellen zu finden sind und bald ebenfalls überwuchert werden. Die Höhe der Moospolster führt zu einem teilweisen Abtrag derselben. Es bleiben Reste stehen, die erneut durch ein radiales Wachstum an den Seiten zur Ausbreitung beitragen. Größere Lücken werden neubesiedelt. Dadurch entstehen unterschiedlich hohe Moospolster, wie es am Beispiel eines *Leptodontietum* in Abb. 78 gezeigt wird. In diesen Polstern

siedeln dann wiederum andere Moosarten wie *Dicranum scoparium*, *Pohlia nutans* und *Polytrichum piliferum*. Flechten erscheinen nur noch vereinzelt auf den Moospolstern.

331



330



	Pohlia nutans		Leptodontium flex.
	Dicranoweisia cirrhata		Polytrichum pil.
	Dicranum scoparium		Cladonia subulata

Abb. 78: Profile durch zwei Aufnahmeflächen des Leptodontietum

Ebenso wie die vertikale Zonierung der Vegetationsdecke nicht einheitlich ist und, durch regressiven und progressiven Sukzessionsverlauf beeinflußt, variabel ausfällt, ist auch die horizontale Zonierung der Vegetation auf der Dachfläche unterschiedlich. Auf den Unterschied zwischen oberer und unterer Dachhälfte wurde schon hingewiesen. Je nach Dauer der Schneedecke, Durchfeuchtung oder Regenwasserablaufmenge ergibt sich ferner ein mosaikartiges Bild, wovon besonders die Regenablaufbahnen unter Schornsteinen der Erwähnung bedürfen. Diese wirken sich durch einen zeitweiligen überdurchschnittlichen Wasserabfluß förderlich, durch Abschwemmen angewehten erdigen Materials sowie von Moospolstern hinderlich aus.

In Abb. 79 sind einige Beispiele für die unter dem Einfluß solcher Abflußbahnen entstandene Zonierung angeführt.

Bei initialen Besiedlungsstadien wirkt sich der hier herrschende Wasserzuschuß förderlich aus. Dies sind dann zumeist die Stellen, wovon eine stärkere Besiedlung mit Moosen (*Dicranoweisia*) ausgeht (Aufn. 88, 8, 513). Auf älteren Dächern unterscheiden sich diese Bereiche durch das Auftreten von *Hypnum cupressiforme*, da hier anfallendes Feinmaterial ausgeschwemmt und somit eine Versauerung des Substrates verhindert wird, sowie andere auf gleichaltrigen Dachflächen auftretende Arten wegen ihres acrocarpen Wuchses und der damit erreichten Höhe bald abgespült würden (Aufn. 9).

Die auswaschende Wirkung des Regenwassers ist an regelrechten Erosionsrinnen im Reth ersichtlich. Ähnliche Unterschiede sind an den Regenbahnen von Baumstämmen, etwa unterhalb von Gabelungen zu beobachten. Auch hier

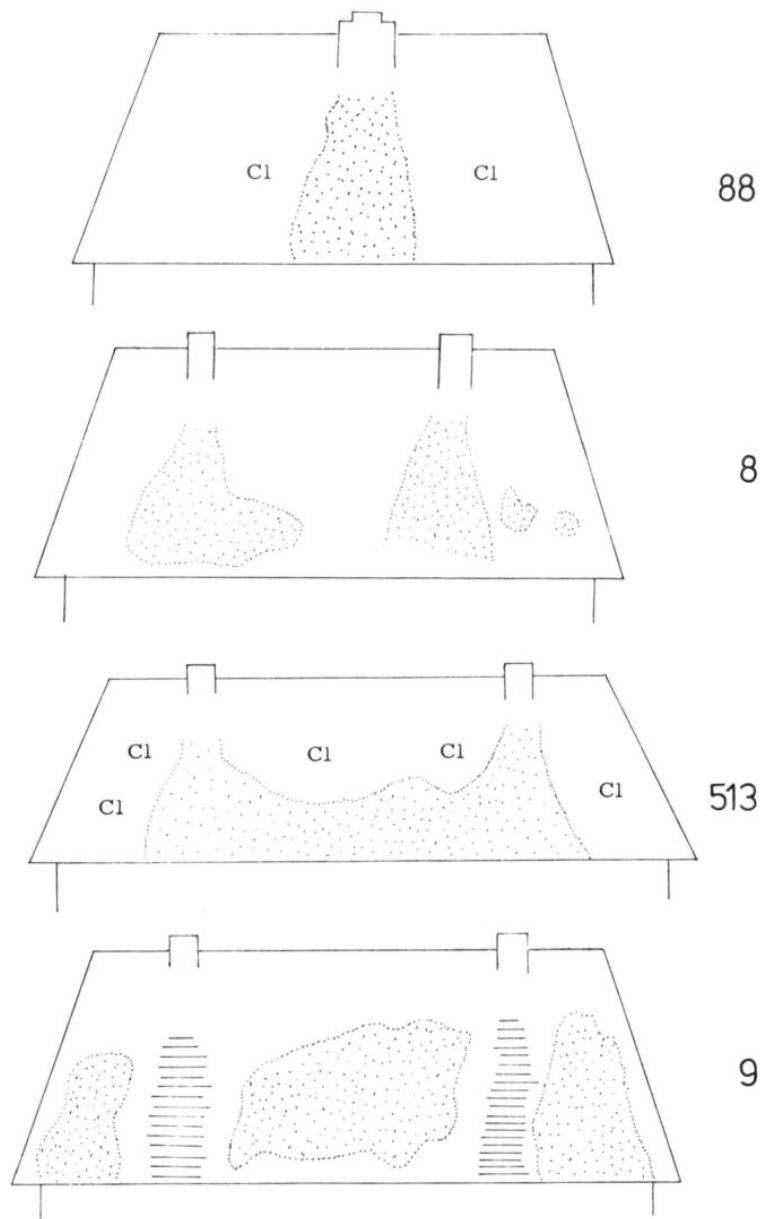


Abb. 79: Beispiele für die besondere Zonierung der Moosdecke auf Regenablaufbahnen unterhalb von Schornsteinen

■ *Dicranoweisia cirrh.* □ *Cladonia* ■ *Hypnum cupr.*

ist es zunächst *Dicranoweisia*, die als Pionier unter den Moosarten diese Stellen besiedelt. Später folgt ebenfalls *Hypnum cupressiforme*, unter dem Einfluß der annähernd senkrechten Lage in der *fo. filiforme*, das mit seinen hängenden Moosdecken dem fließenden Wasser besser angepaßt ist.

Ein weiterer häufig anzutreffender Sonderstandort liegt in dem Winkel zwischen Dachfläche und Erkern überdachter Fenster oder Toreinfahrten. Hier ist neben der besseren Durchfeuchtung im Gegensatz zu den Regenabflußbahnen eine stärkere Anreicherung erdigem Materials zu verzeichnen, weswegen an solchen Stellen besonders *Phanerogamen*, insbesondere Gräser und Bäume wachsen.

9. Behandlung der einzelnen systematischen Gruppen

9.1 ALGEN

Der Algenbestand der Rethdächer wurde ermittelt, indem einzelne Rethalme oder Teile von Algenlagern auf Nährböden (pH 7,5) gebracht und nach 14tägiger Kultur bei 18°C und 1000 Lux Beleuchtung untersucht wurden. Dieses Verfahren birgt zwar erhebliche Fehlerquellen, scheint aber den besten Anhalt für qualitative und quantitative Schätzungen zu geben.

Dazu wurden aus jeder Probefläche von mehreren Stellen Proben entnommen, um den Fehler einer zufälligen Auswahl gering zu halten, in lufttrockenen Papierkapseln transportiert und innerhalb einer Woche in Kultur genommen. Die Kultivierung ist notwendig, da die Frischproben oft in Dauerstadien, atypischen Modifikationen oder ohne die zur Bestimmung notwendigen Reproduktionsstadien vorliegen und dadurch erst in die zur Bestimmung notwendigen optimalen Zustandsformen überführt werden. Ein Nachteil dieser Methode sind die hierbei möglichen Verschiebungen der Dominanzen, zumal der pH-Wert des Agars sehr viel höher liegt als der von Reth- oder Strohsubstrat.

Die Frequenz der Algen läßt sich auf dreifache Weise schätzen:

1. Die prozentuale Bedeckung der Algenlager insgesamt innerhalb der Probefläche. Diese Methode läßt jedoch die Schätzung der Häufigkeit einzelner Arten nicht zu oder nur bei makroskopisch sicher ansprechbaren Arten.
2. Schätzung der Bedeckung der auf den Agarflächen aufgegangenen Anteile der einzelnen Arten, die in gewissem Umfang Rückschlüsse auf die Menge der eingebrachten Algenarten zuläßt, wenn man davon ausgeht, daß die auf einem Rethalme eingebrachte Menge einer Algenart proportional dem Anteil der auf dem Agar aufgegangenen Menge der gleichen Art ist. Dies ist nur innerhalb der ersten drei Wochen der Kultur vorzusezten, da sich später durch Konkurrenzverhältnisse der Arten untereinander neue Mengenverhältnisse einstellen.
3. Schätzung der Frequenz einzelner Algenarten an Hand von Mikropräparaten. Diese normalerweise benutzte Methode gibt m. E. ohne ergänzende Angaben der unter 1. und 2. angeführten Methoden kein vollständiges Bild der Algenverteilung, da die in einem Mikropräparat getroffene Auswahl zu exemplarisch ist.

Die wohl eleganteste Methode wurde erst nach Fertigstellung der Tabellen erprobt, sodaß sie nicht mehr berücksichtigt werden konnte. Sie beinhaltet alle drei Schätzmethoden auf folgende Weise:

Algen insgesamt	2%
Chlorella vulgaris	1/+
Stichococcus minor	1/5

d.h. innerhalb einer Probefläche wurde makroskopisch eine Algenbedeckung von 2% festgestellt. In der Kultur gingen zwei Arten auf, die die Agarfläche mit je 1-5% überzogen (vgl. die 1 vor dem Schrägstreich). Die mikroskopische Verteilung zeigte, daß Stichococcus mit 75-100% im Präparat vertreten war (vgl. die 5 hinter dem Schrägstreich), Chlorella aber nur mit wenigen Exemplaren (+ hinter dem Schrägstreich). Anders ausgedrückt: 75-100% von der 1-5%igen Algenbedeckung auf der Agarplatte, die 2% Algenbedeckung der Probefläche repräsentiert, gehört zu Stichococcus, einzelne Exemplare zu Chlorella.

In den vorliegenden Tabellen wurde nur die Frequenz der auf den Agarplatten aufgegangenen Algenlager nach einer fünfteiligen relativen Skala geschätzt. Es bedeuten:

- 1: vereinzelte Zellen
- 2: wenig vertreten
- 3: zahlreiche Zellen
- 4: häufig auftretend
- 5: dominant erscheinend.

Zur Verdeutlichung, daß es sich hierbei um eine relative Skala und nicht prozentuale Anteile (1-5%, 5-25% o.ä.) handelt, sind die Indices in den Tabellen in Klammern gesetzt. Daneben wird jeweils getrennt der Prozentsatz angegeben, mit dem die Algen insgesamt in der Probefläche vertreten sind.

Auf die oft benutzte quantitative Erfassung des Algenbestandes, etwa durch Auszählen pro g oder cm² des Substrats wurde verzichtet. Die Methoden der Algenerfassung gehen noch sehr auseinander: Einige Autoren geben bei der Beschreibung von Algengesellschaften nur textliche Erläuterungen (KURZ 1922), andere vermerken nur das Vorhandensein oder Fehlen von Arten (SYMONS 1951), manche Autoren zählen Individuen aus, so bei Diatomeen (Thomasson Methode) bei CHOLNOKY und HÖFLER (1952); RAABE (1950) (alle Autoren zitiert nach FETZMANN 1956) schätzte die Frequenz nach einer sechsteiligen Skala, daneben sind auch vier-, fünf- oder zehnteilige Skalen (BEHRE 1966) benutzt worden.

Ebenso wurden keine bestimmten Algengruppen durch Selektion mit verschiedenen Nährböden erfaßt, was zwar interessant (z.B. zur Klärung der Beziehung von Algenvorkommen zu bestimmten ökologischen Faktoren wie Salzaerosolwirkung an der Westküste), aber im Rahmen des Themas zu aufwendig gewesen wäre.

Bei den Angaben der Frequenz ist zu berücksichtigen, daß durch Kultur die Mengenverhältnisse gegenüber der tatsächlichen Verteilung auf den Dächern geändert sein kann. Es kann nämlich bei der Kultur passieren, daß der Agar durch die mit dem Rethstück eingebrachten Huminsäuren, insbesondere bei erdigen Proben, auslaugt, mit dem Erfolg, daß die Algen den Agar nicht besiedeln. Auch machen sich oft schädliche Verpilzungen bemerkbar, die den Algenaufwuchs hemmen. Schließlich stimmt die Temperatur, bei der die Kulturen gehalten wurden, nicht mit der tatsächlich wirksamen überein. Bei Erniedrigung der Temperaturen unter 10°C zeigten so z.B. Diatomeen eine rapide Vermehrung, wie zur Kontrolle ermittelt wurde.

Die Bestimmung erfolgte nach folgenden Werken:

Chaetophorales:	PRINTZ 1964
Heterokontae:	PASCHER 1925, 1939
Volvocales:	PASCHER 1927
Bacillariophyta:	HUSTEDT 1930, 1930a
Desmidiaeae:	MIGULA 1924
Cyanophyta:	GEITLER 1932.

Insgesamt wurden 19 Algenarten erfaßt, davon 3 Cyanophyta, 5 Chrysophyta und 11 Chlorophyta (s. Artenverzeichnis Kap. 11, 1).

Unklarheit blieb bei einer Reihe von Zelltypen, die ggf. Aplanosporen aus trichalen Algen geschlüpfter Vermehrungsstadien sein können. Da die diagnostischen Merkmale bei der Bestimmung auf die Trichome beschränkt sind und andererseits solche Stadien bei den Bestimmungsschlüsseln coccaler Algen nicht berücksichtigt sind, mußten diese (allerdings sehr spärlich vertretenen) Formen unberücksichtigt bleiben.

Außer den im Artenverzeichnis genannten Arten wurden laut Literaturangaben noch folgende Arten auf Reth- oder Strohdächern gefunden:

Palmogloea protuberans (Glaucophyta) BARKMAN 1959, 1963
Phormidium obscurum KG. (Cyanophyta) MIGULA 1915
" corium (AC.) SONN. " " "

Die Angabe *Pleurococcus tectorum* TREV. nach MIGULA (1915) gehört mit in den Komplex, der heute als *Desmococcus vulgaris* zusammengefaßt wird. Die genannte Art soll sich lediglich durch größere Zellen und dickere Zellwände auszeichnen.

OCHSNER (1928) erwähnt in einer Aufstellung der epiphytischen Algen der Schweiz 18 Arten, von denen 8 Arten auch in den vorliegenden Untersuchungen erfaßt wurden. Wie OCHSNER erwähnt, können die dort genannten Arten sowohl an Bäumen als auch an Felsen, Mauern, Baumstümpfen, auf feuchter Erde und Strohdächern vorkommen, stellen also vorwiegend aerophytische, fakultative Epiphyten dar.

Alle beteiligten Arten sind damit, wie aus den Literaturangaben ersichtlich, mehr oder weniger ubiquitär verbreitet, sodaß es schwer wird, Arten mit definierten Standorten abzugrenzen, vielmehr sind die Lebensansprüche meist so, daß es fließende Übergänge von der Algenflora des Bodens, feuchter Gesteinsoberflächen, Moospolstern und episodischen Wasseransammlungen gibt. Unter dieser Rücksicht ist es nicht möglich, nähere Angaben zur Ökologie der auf Reth- und Strohdächern gefundenen Arten zu machen, da leichte Verbreitungsmöglichkeiten im Verein mit geringen ökologischen Ansprüchen eine breite Besiedlungsmöglichkeit gestatten.

Im Verhältnis zu dem Artenreichtum der Algenstämme scheint die niedrige Zahl der auf Dächern gefundenen Algen in starkem Gegensatz zu stehen. Veranschaulicht man sich jedoch die Lebensbedingungen der beteiligten Arten einmal genauer, so findet man gravierende ökologische Minima, die die Einschränkung der Dachalgenflora auf wenige Arten erklären mag:

1. In der Wasserversorgung sind die Algen ausschließlich und direkt auf Niederschläge oder hohe Luftfeuchtigkeit, also rein auf atmosphärischen Niederschlag angewiesen. Sie müssen oftmals lange Trockenperioden überdauern können, ohne, wie etwa Moose und Flechten, zur Wasserspeicherung in den Thalli befähigt zu sein.

2. In der Nahrungsversorgung sind diese Algen auf die Nährstoffe angewiesen, die der Regen in der Luft (z.B. Staub) oder auf dem Substrat löst. Im Vergleich dazu haben epigäische Algen stets ein fast unbeschränktes Nährstoffangebot, daß durch Niederschläge, aber auch durch kapillares Bodenwasser verschlossen wird. Größere Trockenperioden können viele Arten durch Abwandern in tiefere Bodenschichten überstehen.

Auch die Algenflora der Moospolster ist durch die zeitweilige Austrocknung beeinträchtigt. Während die dauernd feuchten Moospolster hygrophytischer, epigäischer oder aquatischer Moosarten eine Vielzahl von Desmidiaceen, Conjugaten, Diatomeen, Chlorophyceen und Cyanophyten enthalten, treten auf den Dächern lediglich einige wenige Vertreter auf.

Grundsätzlich haben wir es mit zwei Gruppen von Algen auf Reth- und Strohdächern zu tun:

1. reine Luftalgen (Aerophyten, Luftplankter): vorwiegend Einzeller (*Monodus*, *Diatomeen*, *Chlorella*, *Chlamydomonas*) oder einzellige Stadien trichaler Formen (*Stichococcus*). Diese Arten, insbesondere *Desmococcus vulgaris*, sind bezeichnend für die epiphytische Algenflora auf Baumstämmen in unseren Breiten.
2. Algen, die sowohl epigäisch als auch epiphytisch oder epilithisch leben: Hierher gehören von den Dachalgen die trichalen bis thallösen Grünalgen wie *Chlorhormidien* und *Prasiola*.

Da beide Gruppen sämtlich auf atmosphärische Feuchtigkeit angewiesen sind, werden sie auch als Atmophyten bezeichnet, im Gegensatz zu Hydrophyten, die auf Bodenwasser angewiesen sind. Nach ihren Feuchtigkeitsansprüchen werden Atmophyten in Oligo-, Meso- und Polyatmophyten unterteilt, wobei die Dachalgen zu den Oligo- bis Mesoatmophyten zu zählen sind.

Insgesamt wurden 125 Algenproben untersucht, davon

- 23 von unbewachsenem Reth,
- 7 von offenen Stellen innerhalb kryptogamer Vegetation,
- 8 aus Moospolstern,
- 87 von makroskopisch sichtbaren Algenlagern in Probeflächen.

33 Proben davon aus dem Jahre 1969 waren in Formalin fixiert worden, der Rest auf Agarplatten kultiviert. Dabei sind in den Formalinproben, die ja einen durch die Fixierung gestoppten, momentanen Ausschnitt der Algenzusammensetzung bieten, auffälligerweise capsale Arten und Diatomeen häufiger vertreten, woraus zu schließen ist, daß diese Gruppen in der Kultur unterrepräsentiert sind.

Im einzelnen ergibt sich folgende Artenverteilung:

Auf den zwischen drei und zehn Jahre alten Rethdächern wurden folgende Arten festgestellt:

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| <i>Monodus</i> cf. <i>cocomyxxa</i> | <i>Chlorella vulgaris</i> |
| <i>Chloridella</i> spec. | <i>Hantzschia amphioxys</i> . |
| <i>Stichococcus</i> minor | |

Es handelt sich dabei sämtlich um einzellige Formen, die einen häufigen Teil des Luftplanktons darstellen dürften, da sie z.T. auch an offenen Stellen älterer Rethdächer gefunden wurden, wo folgende Arten festgestellt wurden:

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------|
| <i>Monodus</i> cf. <i>cocomyxxa</i> | <i>Stichococcus</i> minor |
| <i>Chlorella vulgaris</i> | <i>Pinnularia borealis</i> . |

Die Arten beider Gruppen können anscheinend auch in den Lagern trichaler

Algen vorkommen, wo sie eingeweht werden. Hier wurden folgende Arten ermittelt:

<i>Chlamydomonas spec.</i>	<i>Chlorococcum spec.</i>
<i>Cylindrocystis brebissonii</i>	<i>Stichococcus minor</i>
<i>Navicula mutica</i>	" <i>bacillaris s. str.</i>

So finden sich auch innerhalb der ältesten Moosstadien auf offenen, abgedeckten Halmen wiederum initiale Algenanflüge, ein Zeichen dafür, daß eigentlich ein sehr kompliziertes Gemisch von Kleinstsynusien vorliegt. Ebenfalls auf offenem Reth, aber immer in älteren Stadien und makroskopisch deutliche Lager bildend, tritt noch

Desmococcus vulgaris

auf.

Auch in den Polstern von Moosen kommen annähernd die gleichen Arten wie auf offenem Reth vor. Zur Feststellung dieser Arten wurden durch Schütteln und Abkratzen von Polstern acht verschiedener Moosarten (*Dicranoweisia cirrhata*, *Pohlia nutans*, *Polytrichum gracile*, *Leptodontium flexifolium*, *Ceratodon purpureus*, *Hypnum lacunosum*, *H. cupressiforme*, *Dicranum scoparium*) Kulturen angelegt, bei denen folgende Arten aufgingen:

<i>Chlorella vulgaris</i>	<i>Chlorhormidium flaccidum</i>
<i>Chlorococcum vulgare</i>	" <i>mucosum</i>
<i>Chlamydomonas spec.</i>	<i>Symploca ralfsiana</i> .

Eine eingehendere Beschreibung der Biologie und des Kulturverhaltens aero-phytischer Algen und die Behandlung taxonomischer Fragen des *Protococcus-Desmococcus-Pleurococcus*-Komplexes gibt BRAND (nach dem Tode des Verfassers herausgegeben von STOCKMEYER 1925). Danach setzen sich die bezeichnenden grünen, pulverigen Überzüge aus Arten mehrerer Algenklassen und -stämme zusammen und sind gar nicht so einheitliche Anflüge, wie es den Anschein hat.

Besonders reichliche Algenvegetation ist in den Degenerationsphasen vorhanden, wo die Algen die von Moosen geräumte Dachoberfläche überziehen. Ansonsten sind von Algen bevorzugte Plätze die traufseitigen Ränder der Moospolster und der Dachtrauf selber, also Stellen mit überdurchschnittlich langdauernder Durchfeuchtung durch ablaufendes Sickerwasser, wie es in Abb. 80 dargestellt ist.

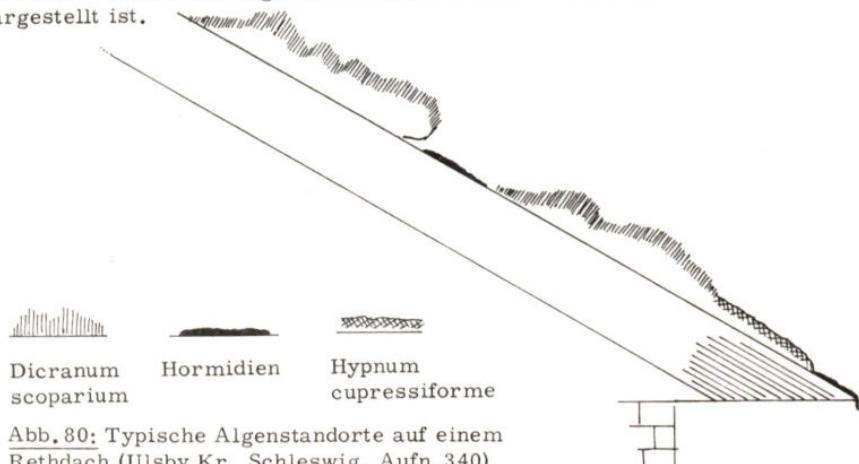


Abb. 80: Typische Algenstandorte auf einem Rethdach (Ulsby Kr. Schleswig, Aufn. 340)

Das Ausmaß der Veralgung eines Daches ist abhängig von der Witterung. So waren im trockenen Herbst 1969 nur spärliche Algenanflüge gefunden worden, dazu noch in anderer Artenzusammensetzung als im sehr viel feuchteren Herbst 1970. Wenn auch anzunehmen ist, daß Algen latent auf jedem Reth- oder Strohdach vorhanden sind, so ist doch ihre Entwicklung und Massenentfaltung und der dadurch erst sichtbare Algenaspekt durch feuchte Witterung bedingt (vgl. Tab. 38). Wie aus der Gegenüberstellung hervorgeht, waren

Tabelle 38: Stetigkeit der Algenarten in den Aufsammlungen

	1969	1969	1970
<i>Chlorormidium mucosum</i>	IV	II	
<i>Chlorormidium flaccidum</i>	III	IV	
<i>Desmococcus vulgaris</i>	III	I	
<i>Prasiola crispa</i>	II	I	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	I	III	
<i>Chlorella vulgaris</i>	I	I	
<i>Cylindrocystis brebissonii</i>	I	I	
<i>Hantzschia amphioxys</i>	I	I	
<i>Pinnularia borealis</i>	I	I	
Zahl der Aufsammlungen	33	62	

Chlorormidium mucosum und besonders *Desmococcus vulgaris* 1969 bedeutend häufiger. Für *Desmococcus* zeichnet sich also eine größere Trockenresistenz ab, was das Vorkommen auf Bäumen im relativ trockenen Stadtklima verständlich macht. Hingegen ist eine Art wie *Chlamydomonas*, die zu ihrer Existenz auf einen Feuchtigkeitsfilm angewiesen ist, in dem trockeneren Herbst viel seltener angetroffen worden. Bei *Chlamydomonas* kommt hinzu, daß diese Art in Kultur überrepräsentiert ist, da sie aus zufälligen Beimengungen sich sehr schnell vermehren kann, im Gegensatz zu anderen Formen, die eine längere Anlaufzeit brauchen.

Ferner werden spärliche Algenlager bei

trockenem Wetter sehr viel schwerer sichtbar als nach Regenfällen. Auch die Diatomeen dürften einen größeren Anteil an der Algenflora der Dächer haben, da sie auf Grund ihres dispersen Vorkommens im Gegensatz zu großflächigen Lagern trichaler Algen bei wahllosen Aufsammlungen oft nicht erfaßt wurden und in Kultur nicht unbedingt immer aufgegangen zu sein brauchten, da sie dort keinen sehr vitalen Eindruck machten und hinsichtlich ihrer Größe sehr viel kleiner ausfielen, als die Beschreibung bei PASCHER (1930) angibt.

Über das Auftreten der einzelnen Arten in den verschiedenen Sukzessionsstadien unterrichtet die Zusammenstellung in Tab. 39. (Auf Häufigkeits- oder Stetigkeitsangaben mußte wegen des dabei enthaltenen Ungenauigkeitsfaktors verzichtet werden.)

Im allgemeinen sind die auf Dächern angetroffenen Algenarten skizophil. 55% aller Algenfunde liegen auf Nordseiten, je 20% auf West- und Ostseiten, und nur 5% auf Südseiten. Hier treten nur einzellige Luftalgen in geringem Umfang auf. Gegen die hier häufige Austrocknung schützen sich diese Arten mit Gallertschichten. Neben dieser klimatischen Beeinträchtigung unterliegen die einzelligen Algen, insbesondere die kleinen Formen, nur der "Beweidung" durch Rotatorien und Ciliaten, die in Kultur häufig beobachtet werden konnten und die, abgesehen von auf oder in Dächern nistenden Vögeln neben Aptygoten, Spinnen, Milben und Tardigraden die einzigen beobachteten Vertreter der Dachfauna sind.

Es ist beinahe anzunehmen, daß analog zu den Dachmoosgesellschaften auch die Algenbestände der Dächer verkümmerte Derivate von epiphytischen oder epigäischen Gesellschaften sind, die "aufs Dach gegangen sind". So kommen Hormidien meistenteils auf feuchtem Erdboden vor, wo sie wahrscheinlich

eine eigene Algengesellschaft bilden. Auf dem Dach würde diese Gesellschaft eine Synusie innerhalb einer Moosgesellschaft bilden oder aber selbstständig vorkommen. PANKNIN (1941, zit. nach FETZMANN 1956) unterscheidet "echte Algengesellschaften", bei denen sich die gesamte Vegetation nur aus Algen zusammensetzt, wie manche limnische Gesellschaften, sowie "zugeordnete Algengesellschaften", d.h. Algen als Bestandteil von Makrophytengesellschaften, von denen sie nicht zu trennen sind. Dies entspricht der Einteilung von abhängigen und unabhängigen Kryptogamengesellschaften bei BRAUN-BLANQUET (1951). Wie BARKMAN (1968) gezeigt hat, können abhängige Kryptogamengesellschaften nicht nur in verschiedenen Makrophytenassoziationen auftreten, sondern auch in der gleichen Zusammensetzung einmal eine selbständige Gesellschaft und ein anderes Mal eine abhängige Synusie bilden. Algen können somit einmal als selbständige Gesellschaften auftreten, zum anderen in einer Algenschicht innerhalb einer höher organisierten Einheit. So können auch mehrere Algengesellschaften in einer Dachmoosgesellschaft auftreten, z.B. auf offenem Reth, zwischen Moospolstern und an Leckstellen von Regenwasser. Genauso, wie die Mooschicht in einem Waldbestand bezeichnende Charakterarten stellen kann, können auch diese sog. "zugeordneten" Algen gute Charakterarten für die betreffende Gesellschaft abgeben, da sie viel feiner auf ökologische Unterschiede (etwa den pH-Wert des Wassers bei Schwimmblattgesellschaften) reagieren können.

Tabelle 39

	Krustenfl.-Std.	Cladonia-Std.	Dicranoweisstetum	Leptodonitum typ.	Ceratodon-Std.	Lept. Oler. Subass.	Sytrichiatum typ.	Sytr. Hynum Subass.	Prasiolietum
<i>Stichococcus minor</i>	+			+	+				+
<i>Chlorella vulgaris</i>	+			+	+				+
<i>Monodus cf. cocomyxa</i>	+								
<i>Chloridella sp.</i>	+								
<i>Hantzschia amphioxys</i>	+								+
<i>Chlorhormidium mucosum</i>	+	+		+	+				
<i>Chlorhormidium flaccidum</i>	+	+		+	+				
<i>Prasiola crispa</i>	+	+		+	+				
<i>Chlamydomonas sp.</i>	+	+		+	+				
<i>Cylindrocystis brebissonii</i>				+					
<i>Chlorococcum vulgare</i>				+					
<i>Pinnularia borealis</i>				+					
<i>Symploca ralfsiana</i>				+				+	
<i>Phormidium autumnale</i>				+					
<i>Phormidium foveolarum</i>				+	+				+
<i>Desmococcus vulgaris</i>				+	+				
Summe	5 (0) (0)	8	12	4	(0)	7	10		

9.2 PILZE

Besonders im feuchten Herbst 1970 wurden des öfteren Pilze auf Rethdächern gefunden. Es handelte sich dabei um den Gastromyceten *Sphaerobolus stellatus*, der in kleinen, kaum 3 mm großen Kugeln den Rethhalmen aufsitzt, später sternförmig aufplatzt und mit Hilfe der umstülpbaren Exoperidie die Endoperidie mit der darin enthaltenen Sporenmasse (Gleba) wegschleudert ("Kugelschneller").

Daneben treten drei Agaricale auf, deren Bestimmung Schwierigkeiten bereitete, sodaß auf die Angabe der Art verzichtet werden muß. Es handelte sich um:

Mycena spec., kleine, zarte Fruchtkörper mit glockigem, bis über die Mitte gerieftem, braunem Hut von 0,5-1 cm Durchmesser, hellbraunen, nicht herablaufenden Lamellen auf 1,5-2 cm hohem, glattem, braunem Stiel. Diese sehr artenreiche Gattung ist bei KÜHNER (1938) bearbeitet.

Galerina spec., sehr zarte, hell ockerbraune Fruchtkörper mit bis 0,5 cm breitem, glockigem, bis über die Mitte gerieftem Hut und 1-1,5 cm langem, glattem Stiel. Lamellen gleichfarbig, Velum fehlend, Pilz nicht schleimend.

Lyophyllum spec., größter auf Dächern vorgefundener Agaricale, 4-5 cm hoch mit 3-5 cm breitem Hut, grau bis graubraun mit fahlgrauen Lamellen und gerieftem Hutrand; meist büschelig wachsend.

TOBLER und MATTICK (1938) geben von Rethdächern neben *Sphaerobolus stellatus* noch *Naucoria* (= *Tubaria*) *stagnina* an.

Die Pilze wachsen stets auf Rethhalmen, die unter einer oft mächtigen Moos- schicht liegen, und brechen mit den Fruchtkörpern meist aus der Seite von Moospolstern hervor. Es sind alles Vertreter von Gattungen, die für ihr Vorkommen auf alten Ästen, Nadeln usw., in Moosdecken der Wälder und Moore bekannt sind.

Hutpilze treten nur dann auf, wenn eine einigermaßen dicke Moos- schicht vorliegt, unter der sich Zersetzungspodukte von Reth und Moosen angesammelt haben, was eine dauernde Feuchte zur Entwicklung von Fruchtkörpern garantiert. Sie fehlen daher dem *Dicranoweisietum*, obwohl *Dicranoweisia* oftmals hohe Bedeckungen aufweist, als Epiphyt aber direkt den Rethhalmen aufsitzt. Erst im *Leptodontietum* sind Pilze vorhanden. Das *Syntrichietum* scheidet offensichtlich wegen zu großer Trockenheit, eventuell auch wegen des zu hohen pH-Wertes im Substrat, aus. Den größten Pilzbewuchs weisen *Leptodontium*-Dächer auf, da hier ein Höchstmaß an dauernder Feuchtigkeit auf Grund der Lage an luftfeuchten Orten vorliegt. Daraus wird auch verständlich, daß Nordexpositionen für Pilzbewuchs bevorzugt sind. Von 19 Pilzvorkommen entfielen

13 auf Nordseiten, 4 auf Westseiten, 2 auf Ostseiten.

Da die Entwicklung von Fruchtkörpern bei Pilzen sehr von den jahreszeitlichen klimatischen Verhältnissen abhängt und Fruchtkörper nur sehr kurze Zeit im Jahr sichtbar werden, würde eine gezielte Nachsuche oder die Dauerbeobachtung von einzelnen Dächern noch weitaus mehr Pilzfunde bringen, wohingegen die hier beschriebenen Pilze mehr zufällig in den Aufnahmen erfaßt wurden.

9.3 FLECHTEN

Insgesamt wurden 33 Flechtenarten auf Rethdächern in Schleswig-Holstein bei den vorliegenden Untersuchungen gefunden. Davon konnten folgende 11 Arten neu für das Gebiet auf Rethdächern nachgewiesen werden:

<i>Alectoria fuscescens</i>	<i>Lecanora pityrea</i>
<i>Candelariella xanthostigma</i>	<i>Lecidea granulosa</i>
<i>Cetraria chlorophylla</i>	<i>Parmelia saxatilis</i>
<i>Cladonia squamosa</i>	" <i>dubia</i>
" <i>coniocraea</i>	<i>Pseudevernia furfuracea</i> .
" <i>pyxidata</i>	

Alectoria fuscescens ist dabei neu für die Flechtenflora Nordwestdeutschlands (det. KLEMENT).

Außer den im Artenverzeichnis aufgeführten vorgefundenen Arten wurden von ERICHSEN (1928, 1957) und SANDSTEDE (1931) noch folgende Flechten auf Reth- oder Strohdächern in Nordwestdeutschland beobachtet:

<i>Usnea hirta</i>	<i>Cladonia uncialis</i>
<i>Peltigera polydactyla</i>	" <i>destricta</i>
" <i>canina</i>	" <i>coccifera</i>
<i>Parmelia caperata</i>	" <i>pleurota</i>
" <i>subaurifera</i>	" <i>cornuta</i>
" <i>fuliginosa</i>	" <i>scabriuscula</i>
" <i>exasperatula</i>	<i>Bacidia ligniaria</i>
<i>Rinodia conradi</i>	<i>Buellia punctata</i>
<i>Pertusaria amara</i>	<i>Alectoria jubata</i>
<i>Lecanora trabalis</i>	<i>Opegrapha betulina</i> .
" <i>foehrensis</i>	

Die Liste läßt sich um die folgenden Arten erweitern, berücksichtigt man die Angaben von TOBLER und MATTICK (1938). Die dort angeführten Arten wurden jedoch auf Rethdächern gefunden, deren Firste mit Heideplaggen gedeckt waren, womit sich abweichende Besiedlungsbedingungen ergeben:

<i>Cladonia mitis</i>	<i>Diploschistis bryophilus</i>
" <i>tenuis</i>	<i>Lecidea parasema</i>
" <i>rangiformis</i>	" <i>sapinea</i>
" <i>ochrochlora</i>	" <i>uliginosa</i>
" <i>verticillata</i>	<i>Catillaria synothecea</i>
" <i>alcicornis</i>	<i>Lecanora albescens</i>
" <i>digitata</i>	" <i>salina</i>
" <i>polydactyla</i>	" <i>subfusca</i>
<i>Physcia orbicularis</i>	<i>Parmelia acetabulum</i> .
" <i>tenella</i>	
" <i>pulverulenta</i>	

TOBLER und MATTICK (1.c.) weisen darauf hin, daß flechtenreiche Dächer nur dort vorhanden sind, wo die Dachfirste mit Heideplaggen gedeckt sind und ein Großteil der Heideflechten das neue Substrat besiedelt. Überhaupt scheint der Flechtenbewuchs auf Reth- oder Strohdächern örtlich sehr unterschiedlich zu sein. TOBLER und MATTICK (1.c.) führen Beispiele aus Ostpreußen, Rügen, Sachsen, Thüringen und der Bretagne an, wo gar kein oder nur spärlicher Flechtenbewuchs auf Dächern gefunden wurde. ARNOLD (1891) weist in seiner Lichenenflora von München darauf hin, daß auf den Strohdächern der Umgebung von München nur Algen und Moose, aber keine Flechten gefunden wurden. ERICHSEN (1928) gibt für Ostschleswig und Ostholstein an, daß die älteren Gebäude vorwiegend mit Stroh und seltener mit Reth gedeckt sind und daß die Anzahl der Flechten auf dem weicheren Stroh bemerkenswert gering sei im Gegensatz zu den Schilderungen SANDSTEDEs (1906 ff.) von den flechtenreichen Rethdächern Ostfrieslands. Daraus geht hervor, daß der Anteil von Strohdächern in früheren Jahren sehr viel größer war als heute, als man noch mit Sensen geschnittenes Getreide zu Garben band und diese nach dem Ausdreschen direkt zum Dachdecken benutzen konnte. Ferner wird ersichtlich, daß der Anteil an Flechten auf dem festen, schlecht verwitterbaren Reth größer ist als auf Stroh, woher sich wahrscheinlich auch die Fehlangaben TOBLER und MATTICKs für Ost- und Mitteldeutschland erklären. Daneben wird auch der auf Stroh höhere pH-Wert eine Rolle spielen, denn das Vorkommen z.B. von Cladonien ist an sauer reagierende Böden gebunden, TOBLER und MATTICK (1.c.) geben für Cladonien-Standorte in Kiefernwäldern

Tabelle 40

	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Alectoria fuscescens</i>				+				
<i>Cetraria chlorophylla</i>			+					
<i>Cetraria glauca</i>				+				
<i>Evernia prunastri</i>				+				
<i>Hypogymnia physodes</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Parmelia dubia</i>			+					
<i>Parmelia saxatilis</i>			+					
<i>Parmelia sulcata</i>		+	+	+		+		+
<i>Parmelia tubulosa</i>	+	+						
<i>Pseudevernia furfuracea</i>				+				
<i>Ramalina pollinaria</i>					+			
<i>Lecanora varia</i>	+	+	+					
<i>Lecanora pityrea</i>		+	+	+		+		
<i>Lecidea humosa</i>	+	+	+	+				
<i>Lecidea granulosa</i>			+					
<i>Xanthoria polycarpa</i>				(Prasiolietum)				
<i>Xanthoria parietina</i>				+				
<i>Candelariella xanthostigma</i>					+	+		+
<i>Cladonia arbuscula</i>				+				
<i>Cladonia bacillaris</i>				+				
<i>Cladonia chlorophylla</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cladonia coniocraea</i>			+			+		
<i>Cladonia crispata</i>			+		+	+		
<i>Cladonia fimbriata</i>		+	+	+	+	+	+	+
<i>Cladonia floerkeana</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cladonia furcata</i>			+					
<i>Cladonia glauca</i>			+					
<i>Cladonia gracilis</i>		+	+	+	+	+	+	
<i>Cladonia impexa</i>	+							
<i>Cladonia macilenta</i>		+	+	+	+			+
<i>Cladonia major</i>						+	+	
<i>Cladonia pityrea</i>		+	+	+	+	+	+	+
<i>Cladonia squamosa</i>						+		
<i>Cladonia subulata</i>		+	+	+	+	+	+	+
<i>Cladonia pyxidata</i>				+				
<i>Cladonia pleurota</i>					+			

1=Krustenflechtenst., 2=Cladonia-St., 3=Dicranoweisietum,
 4=Leptodontietum, typ. Subass., 5=Leptodontietum, Subass.
 von Dicranum, 6=Ceratodon-Übergangsst., 7=Syntrichietum,
 typ. Subass., 8=Syntrichietum, Subass. von Hypnum

pH-Werte von 3-4 an. Auch die meisten epiphytischen Blattflechten bevorzugen sauer reagierende Rinden.

Ein Großteil der Dachflechten sind ursprünglich Erdflechten, z.B. *Cladonia*-Arten, die den größten Teil des Flechtenbewuchses ausmachen. Die übrigen Arten sind Epiphyten und auf offen liegendes Reth oder später moosfrei gewordene Flächen angewiesen, stets direkt dem Reth angeheftet. Nur *Hypogymnia physodes* geht ausnahmsweise auch auf Moospolster. Die Verteilung der einzelnen Flechtenarten auf die verschiedenen Sukzessionsstadien geht aus der Übersicht in Tab. 40 hervor. Daraus wird ersichtlich, daß sich das Arteninventar grob in zwei Blöcke teilt: Eine Gruppe von epiphytischen Arten, die den initialen Stadien eigen ist und die relikтив noch in den folgenden Stadien auszuhalten vermag und die Gruppe der Cladonien, von denen die häufigsten Arten in sämtlichen Stadien zu finden sind, weil sie die Fähigkeit besitzen, von der offenen Rethunterlage auf Moospolster überzugehen.

Reichlicher Flechtenwuchs, insbesondere von Cladonien, ist stets ein Zeichen für trockene Standortsverhältnisse, da hier die feuchtigkeitsabhängigen Moose nicht hochkommen können. Auch reichlicher epiphytischer Flechtenbewuchs zeigt an, daß hier der Zuwachs der Moospolster, der normalerweise die aufkommenden Flechten verdrängen würde, nur gering ist. FREY schrieb (1927) dazu folgende Beobachtung: "Je trockener das Klima, um so mehr dominieren in der Bodenschicht die Moose, um so ärmer ist die Epiphyten-

vegetation. In mäßig feuchtem Klima dominieren in der Bodenschicht die Moose, die Stämme tragen reiche Flechtenvegetation. In noch feuchterem Klima wird man in der Bodenschicht gar keine Flechten finden, an den Stämmen dominieren Moose und Flechten. In extrem humidem Klima dagegen wird auch die Flechtenvegetation von Algen und Moosen verdrängt." Dies gilt auch für die Verhältnisse auf Rethdächern, sodaß man ganz allgemein formulieren kann: Je trockener das Kleinklima, um so mehr dominieren die Flechten über die Moose. Je feuchter der Kleinstandort, um so mehr verdrängen die Moose die Flechten.

Dachflechten erscheinen häufig in interessanten Hemmungsformen, deren Bearbeitung jedoch Lichenologen überlassen bleiben muß. In diesem Zusammenhang sei nur auf die Ausführungen von TOBLER und MATTICK (1938) verwiesen.

9.4 MOOSE

Insgesamt wurden in Schleswig-Holstein 29 Moosarten auf Reth- und Strohdächern gefunden, die im einzelnen im Artenverzeichnis am Schluß der Arbeit angeführt sind. Von den nach Literaturangaben bislang auf Rethdächern gefundenen Arten sind die euatlantischen Laubmose *Ulota phyllantha* und *Orthotrichum pulchellum*, die von PRAHL (1876) in heute dänischem Gebiet nachgewiesen wurden, nicht gefunden worden, ebenso *Ulota bruchii*. Alle drei Arten sind obligate Epiphyten. Von *Drepanocladus uncinatus* liegt zwar die Angabe für Rethdächer bei JENSEN (1952) vor, aber kein Beleg davon in seinem Herbar. Auszuschließen ist das Vorkommen dieser Art hingegen nicht. Ferner wird *Platygyrium repens* von Strohdächern aus der Umgebung von Salzburg angegeben (LIMPRICHT 1890), die Vorkommen dieser Art in Schleswig-Holstein sind jedoch so gering, daß ein Dachvorkommen nicht naheliegt.

Neu auf Rethdächern wurden folgende 7 Arten nachgewiesen:

<i>Barbula unguiculata</i>	<i>Erythrophyllum rubellum</i>
<i>Brachythecium rutabulum</i>	<i>Mnium hornum</i>
<i>Cephaloziella hampeana</i>	<i>Rhytidadelphus squarrosus</i> .
" <i>rubella</i>	

Wie die Sukzessionsfolge gezeigt hat, folgen auf epiphytische Arten vorwiegend epigäische. In der Zusammenstellung in Tab. 41 ist versucht worden, die Substrate zu ermitteln, auf denen die einzelnen in Schleswig-Holstein auf Rethdächern vorkommenden Arten einzig, bevorzugt oder gelegentlich wachsen. Wie daraus ersichtlich wird, haben wir keine Art unter den Rethdachbesiedlern, die an ein bestimmtes Substrat gebunden wäre, es sind also allesmehr oder weniger substratindifferente Arten. Die meisten können sowohl auf Erde als auch auf Rinde und Steinen vorkommen, sind aber auf einem Substrattyp vorwiegend zu finden. Lediglich *Dicranoweisia* ist rein epiphytisch bzw. epilithisch. Als reine Erdbewohner treten nur unter den einzigen auf Rethdächern vorkommenden Lebermoosen *Cephaloziella starkei* und die *Polytrichum*-Arten als Sand- bzw. Torfbesiedler auf. Der Großteil der Arten ist lediglich präferent epigäisch. Insgesamt wird jedoch ersichtlich, daß annähernd epigäische Standortsverhältnisse vorherrschen.

Man könnte annehmen, daß die Verbreitung der Dachmose leicht durch Sporenflug vonstatten geht. Mangelnde Bildung von Sporophyten bei vielen Arten zeigt aber, daß dies meist nicht der Fall ist. Einige Arten fruchten sogar fast gar nicht: *Dicranum scoparium* nur an sehr luftfeuchten Stellen in Wäldern,

Tabelle 41: Standortsklassifikation der auf Rethdächern gefundenen Moosarten

	epigäisch			epiphytisch			epilithisch		
	obligat	präferent	fakultativ	obligat	präferent	fakultativ	obligat	präferent	fakultativ
<i>Barbula unguiculata</i>		+							+
<i>Brachythecium albicans</i>		+							+
<i>Brachythecium rutabulum</i>	+					+			+
<i>Bryum argenteum</i>	+					+			+
<i>Bryum caespiticium</i>	+								+
<i>Bryum capillare</i>			+			+			+
<i>Campylopus flexuosus</i>		+							+
<i>Cephaloziella hampeana</i>	+								+
<i>Cephaloziella rubella</i>	+								+
<i>Cephaloziella starkei</i>	+								+
<i>Ceratodon purpureus</i>		+				+			+
<i>Dicranella heteromalla</i>		+							+
<i>Dicranoweisia cirrata</i>					+				+
<i>Dicranum scoparium</i>		+				+			+
<i>Erythrophyllum rubellum</i>		+							+
<i>Hypnum cupressiforme</i> s.str.			+		+				+
<i>Hypnum lacunosum</i>	+								
<i>Leptodontium flexifolium</i>			(+)						
<i>Mnium hornum</i>		+					+		+
<i>Plagiothecium neglectum</i>		+					+		+
<i>Pleurozium schreberi</i>	+								
<i>Pohlia nutans</i>		+					+		+
<i>Polytrichum gracile</i>	+								
<i>Polytrichum juniperinum</i>	+								
<i>Polytrichum piliferum</i>	+								
<i>Ptilidium ciliare</i>		+					+		
<i>Rhytidadelphus squarrosus</i>	+								
<i>Scleropodium purum</i>	+								
<i>Syntrichia ruralis</i>		+					+		+

wo eine Vermehrung durch Bruchblätter wegen der anhaltenden Feuchtigkeit unterbleibt. *Leptodontium flexifolium* wurde auf dem europäischen Festland erst zweimal fruchtend gefunden, davon einmal vom Verfasser in Schleswig-Holstein. Die hier entdeckten Sporophyten machten zudem keinen vitalen Eindruck. Weitere Arten fruchten sehr selten, so z.B. *Brachythecium albicans*, *Syntrichia ruralis*, *Hypnum lacunosum*, *Ptilidium ciliare*, *Pleurozium schreberi*, *Rhytidadelphus squarrosus* und *Campylopus flexuosus*. Andere Arten fruchten auf Rethdächern seltener als auf anderen Substraten, z. B. *Dicrano-*

weisia, alle Polytrichum-Arten, Hypnum cupressiforme und Brachythecium rutabulum. Eine wichtige Rolle muß somit die ungeschlechtliche Vermehrung durch Brutkörper und Brutäste bzw. -knospen spielen, auf die die auf Dächern nie oder selten fruchtenden Arten angewiesen sind. Ob die auf Dächern selten fruchtenden Arten zur Hauptsache durch Sporenflug von epigäischen Standorten oder durch Brutkörperanflug von anderen Dächern verbreitet werden, ist nicht geklärt, wie es ebenfalls nicht festzustellen ist, ob die Dachmoose eigene Populationen bilden oder aber von Neubesiedlungen epigäischer oder epiphytischer Bestände stammen.

Der für einige Arten auf Dächern beobachtete Verbreitungsmodus ist in nebenstehender Übersicht (Tab. 42) zusammengestellt. Für manche Arten, insbesondere selten vorkommende Zufallsbesiedlungen, ist der Be- siedlungsweg nicht genau anzugeben.

Bei der mikroskopischen Untersuchung der Algenproben fielen oftmals Moosbrutkörper auf, die in den Algenüberzügen festgehalten wurden. Leider ist eine genaue Zuordnung der Brutkörper zu einzelnen Arten nicht möglich gewesen. Nach eigenen vergleichenden Untersuchungen kann man bei den in Schleswig-Holstein brutkörperbildenden Arten (insgesamt 17) lediglich mehrere verschiedene morphologische Typen unterscheiden, die aber nicht artspezifisch sind (vgl. Abb. 81):

1. der *Zygodon*-Typ:

längliche, 4-10zellige Ketten, die entweder blatt- oder blattachselständig sind (*Zygodon viridissimus*, *Z. conoideus*, *Leptodontium flexifolium*, *Grimmia hartmannii*, *G. trichophylla*, *Ulota phyllantha*, *Orthotrichum diaphanum*, *O. lyellii*, also bei *Orthotrichaceen*, *Grimmiaceen* und *Trichostomaceen*),

2. der *Pottiaceen*-Typ:

keulige bis kugelige blattbürtige Zellhäufchen (bei *Syntrichia latifolia*, *S. papillosa*, *Barbula rigidula*, *B. convoluta*),

3. der *Protoneumabrutkörpertyp*:

mehrzellige, fädige, z.T. verzweigte, aber nicht typisch brutkörperförmig geschwollene Rhizoidderivate (*Encalypta contorta*, *Bryum capillare*).

Gerade eine Unterscheidung der Brutkörper von Arten der ersten Gruppe wäre interessant gewesen, da damit hätte geklärt werden können, welche Arten vornehmlich durch Brutkörper Dächer besiedeln, ob Arten dabei sind, die in ausgewachsenen Pflanzen nicht auf Dächern gefunden wurden, also trotz eventueller Anwehung von Verbreitungsorganen dort nicht Fuß fassen konnten, und schließlich, ob darunter Brutkörper von *Leptodontium flexifolium* sind, das überhaupt erst zweimal mit Brutkörpern gefunden wurde, und damit gegebenenfalls weitere Nachweise hätte bringen können.

Tabelle 42: Verbreitungsökologie der Dachmoose

	Sporen	Brutkörper	Bruchäste,-knospen
<i>Dicranoweisia cirrhata</i>	+	+	
<i>Ceratodon purpureus</i>	+		
<i>Dicranum scoparium</i>			+(Foto 13)
<i>Bryum argenteum</i>			+
<i>Bryum caespiticium</i>	+		
<i>Leptodontium flexifolium</i>	(+)	(+)	+
<i>Hypnum cupressiforme</i>			?
<i>Brachythecium albicans</i>			?
<i>Pohlia nutans</i>			+

Alle gefundenen Brutkörper gehören dem ersten Typ an und werden wenigstens zum Teil zu Dicranoweisia gehörten, da dies eine häufige und zudem noch meistens Brutkörper bildende Dachmoosart ist.

Einen Einblick in die verschiedenen Brutkörpertypen gibt Abb. 81.



— *Zygodon viridissimus* *Dicranoweisia cirrhata* *Orthotrichum lyellii* *Dichodontium pellucidum* *Grimmia trichophylla*
Zygodon-Typ:



Pottiaceen-Typ: Abb. 81: Brutkörpertypen verschiedener Moosarten,
zusammengestellt nach MÖNKEMEYER (1927)

Unter den Moosen ist eine Reihe von "tectorum"-Formen und -Varietäten beschrieben worden. Es sind dies:

Bryum capillare var. *tectorum* WARNST.

Dicranella heteromalla fo. *tectorum* R. TIMM 1924

Dicranum scoparium var. *tectorum* H. MÜLLER

Hypnum cupressiforme var. *tectorum* WARNST.

Bei der Untersuchung der Dächer wurde in besonderem Maße bei diesen Arten auf abweichende Formen geachtet und das auf Dächern gesammelte Material mit Herbarmaterial anderer Herkunft verglichen.

Dabei ist zunächst zu berücksichtigen, daß die Benennung der Formen und Varietäten aus dem Anfang des Jahrhunderts stammt, wo eine andere Einstufung als heute üblich war. So definiert man heute Varietäten meist als Genotypen, worunter früher lediglich Standortvarianten (heute Formen oder Modifikationen) verstanden wurden. So schreibt z.B. ERICHSEN (1957) bei der Bewertung von Flechtenformen: "Sicher liegt ein Körnchen Wahrheit in der Abwehr gegen allzu übertriebene Formenbenennungen, wie man sie gelegentlich auch bei anerkannten Autoritäten findet, wenn z.B. ein auf abweichendem Substrat wachsender Fund als *f. corticola*, *saxicola*, *lithophila*, *xylophila* usw. bewertet wird, ohne daß bemerkenswerte morphologische Abweichungen festzustellen sind." So konnten auch bei *Bryum capillare*, *Dicranella heteromalla* und *Polytrichum piliferum* keinerlei morphologische Abweichungen festgestellt werden. Dies geht bereits aus der Beschreibung von *Dicranella heteromalla* fo. *tectorum* bei TIMM (1926) hervor: "Dicranella heteromalla fo. *tectorum* n.f. Dach in Nieblum, ... an der Nordseite eines

Daches mit meist noch grünen, wenig über den etwa 2 1/2 cm tiefen Rasen hervorragenden Früchten und sichelförmigen Blättern, eine Form, die als *tectorum* bezeichnet werden kann." Aus der letzten Bezeichnung kann bereits geschlossen werden, daß es sich dabei mehr um ein nomen *provisorium* handelt, das keinerlei Anspruch auf systematischen Rang erhebt. Zudem weicht die Beschreibung in keiner Weise von der Normalform ab. Es werden zwar kürzere Seten angegeben, zugleich aber erwähnt, daß die Früchte noch grün, also unreif sind, ein weiteres Wachstum also noch vermutet werden kann. So sind diese Formen und Varietäten lediglich durch den Standort geschieden.

Hingegen ist die var. *tectorum* von *Dicranum scoparium* auch anatomisch durch fast ganzrandige Blätter vom Typ unterschieden. Auf Dächern treten sowohl die var. *orthophylla* BRID. mit scharf gesägter Blattspitze als auch die var. *tectorum* H. MÜLL. mit fast ganzrandiger Spitze auf. Beide Varietäten sind *orthophylla* und *habituell* nicht zu unterscheiden. MÖNKEMEYER (1927) zieht die var. *tectorum* mit anderen (var. *alpestre*, var. *rupicola*) zu der fo. *integrifolia* (LINDBG.). Es scheint nicht zweckmäßig zu sein, eine fo. *integrifolia* neben einer fo. *orthophylla* zu stellen, da dann das Merkmal der Blattzähnung gegenüber der *Orthophylle* überbewertet ist. Daher wäre vorzuschlagen, die ganzrandige *orthophylle* fo. *integrifolia* (LINDBG.) MKM. zu der gezähnten *orthophyllen* var. *orthophylla* BRID. zu stellen. Da alle genannten Taxa auch auf Erdboden vorkommen, empfiehlt es sich, die Bezeichnung *tectorum* zu vermeiden.

Die var. *tectorum* von *Hypnum cupressiforme* gehört offensichtlich zu *Hypnum lacunosum*. KOPPE (1964) führt eine fo. *tectorum* B.S.G. als var. unter der ssp. *eucupressiforme* auf. Diese Form wird bei MÖNKEMEYER (1927) unter der var. *lacunosum* geführt. Bei der nachträglichen Bewertung von *H. lacunosum* als eigener Art muß demnach auch die fo. *tectorum* zu *H. lacunosum* gestellt werden. Zudem sprechen anatomisch-morphologische Gründe dafür: BARKMAN (1966) stellt die var. *tectorum* B.S.G. und die var. *lacunosum* BRID. gleichberechtigt nebeneinander. Diese unterscheiden sich durch Standort (Dächer bzw. Dünen und Kalkgrasland), Farbe (olivgrün-braungrün), Wuchs (niederliegend-aufrecht) und Blattspitze (gerade bzw. sichelig). Die Durchsicht des *Hypnum*-Materials von Dächern ergab einerseits ganz typisches *H. lacunosum* s.str. mit braungrünen, aufrechten Stämmen und sicheligen Blättern sowie (seltener) niederliegende, unregelmäßig gefiederte Polster mit fast geraden Blattspitzen, die deutlich auf die Beschreibung der var. *tectorum* passen. Die geschwollenen Äste, die im Vergleich zu *Hypnum cupressiforme* s.str. großen Blattflügel und das weitere Zellnetz zeigen jedoch, daß dieser Typ eindeutig in die Verwandtschaft von *H. lacunosum* gehört und als var. *tectorum* zu dieser Art gestellt werden sollte. In diesem Fall unterscheidet sich also die var. *tectorum* vom Typ recht deutlich. Es wäre interessant, die ökologischen Unterschiede zwischen *Hypnum lacunosum* s.str. und der var. *tectorum* herauszuarbeiten, was bei der vorliegenden Arbeit unterbleiben mußte, da zunächst einmal ein Überblick über die Formenvielfalt gerade dieser *Hypnum*-Arten und eine sichere Unterscheidung angeeignet werden mußte.

9.5 Phanerogamen

Blütenpflanzen stellen sich erst auf relativ alten Dächern ein, und zwar dann, wenn der Anteil von eingeweitem Staub und Verwitterungsprodukten so groß geworden ist, daß sie einen ausreichenden Lebensraum darin finden. Das ist

nach den vorliegenden Beobachtungen frühestens nach 34 Jahren der Fall gewesen.

Die meisten Arten siedeln sich direkt in den Moospolstern an, da hier ein günstiges, feuchtes Keimsubstrat für die Samen vorliegt und gute Durchwurzelungsmöglichkeit sowie Nährstoffversorgung geboten wird. Ausnahmen davon machen *Sempervivum tectorum* und *Sedum acre* (Foto 9 und 10), die offenes Reth zu besiedeln vermögen, ihre Wurzeln direkt zwischen die Rethhalme entsenden und dank ihrer Sukkulenz auch längere Trockenperioden überdauern können, bei denen das Reth völlig austrocknet (im Gegensatz zu großen Moospolstern, die im Inneren auch dann meist noch etwas feucht bleiben). Zur Nährstoffversorgung genügt diesen beiden Arten der angewehrte Staub.

Auch alle Bäume, die auf Rethdächern hochkommen, durchwurzeln nach Keimlings- und Jungpflanzenstadium in den Moospolstern später auch das darunterliegende Reth. Eine größere Höhe erreichen sie nur dann, wenn dies an einem feuchten Ort geschieht, etwa einer Regenabflußbahn neben einem Erker oder an Stellen, wo zwei Dächer rechtwinklig aneinanderstoßen. Hier wurden bis 1 m hohe Exemplare beobachtet.

Je älter ein Dach wird, um so mehr Phanerogamen erscheinen dort, da Humusanreicherung und Substratverwitterung zunehmen, bis der überwiegende Teil eines Daches mit Blütenpflanzen bedeckt ist, wie Aufnahme Nr. 470 (vgl. Kap. 2.5) von einem hundertjährigen Scheunendach zeigt. Selbstverständlich bevorzugen auch die Phanerogamen Nordexpositionen wegen der besseren Feuchtigkeitsversorgung.

Auch die Phanerogamenarten geben durch ihr Erscheinen ein deutliches Bild von den Standortsverhältnissen auf den einzelnen Dächern. Als extreme Beispiele können *Stellaria media*, die bei einem pH von 6,6 gefunden wurde, und *Eriophorum angustifolium* bei einem pH von 5,1 gelten. Während *Stellaria media* "frische, nährstoffreiche, + mildhumose Böden" anzeigt, steht *Eriophorum* auf "nährstoffarmen, mäßig basenarmen und sauren Torfböden" (OBERDORFER 1962). Ob man aus dem Vorkommen von *Stellaria media* aber auch von *Urtica dioica* als Stickstoffzeiger auf besonders reichliche Kunstdüngeranwendungen schließen kann, die bei der chemischen Substratanalyse nachgewiesen sind, ist zwar nicht belegt, aber doch mit einiger Wahrscheinlichkeit anzunehmen.

Man kann die übrigen Arten nach ihren Standortsansprüchen in drei Gruppen teilen:

1. Arten nährstoffreicher, mildhumoser, mäßig saurer Substrate,
2. Arten mäßig nährstoffreicher, humoser, mäßig basenreicher Substrate,
3. Arten nährstoffärmer, sauerhumoser und basenärmer Substrate.

Gruppe 1 enthält dünger- und basenliebende Arten, die zumeist aus den umliegenden Unkautgesellschaften stammen:

<i>Stellaria media</i>	<i>Polygonum lapathifolium</i>
<i>Urtica dioica</i>	<i>Sonchus arvensis</i>
<i>Chenopodium album</i>	" <i>asper</i> .

Gruppe 2 stellt indifferente Arten, zumeist Gräser, dar:

<i>Agrostis alba</i>	<i>Holcus lanatus</i>
<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Hordeum vulgare</i>
<i>Deschampsia caespitosa</i>	<i>Poa pratensis</i>

<i>Poa annua</i>	<i>Cirsium arvense</i>
<i>Triticum aestivum</i>	<i>Senecio vulgaris</i>
<i>Sambucus nigra</i>	<i>Taraxacum officinale</i> .

In Gruppe 3 sind die Versauerungszeiger zusammengefaßt, die nur in dem acidiphilen Teil der Dachmoosgesellschaften auftreten. Es handelt sich zumeist um Humuszehrer oder Torfzeiger:

<i>Betula verrucosa</i>	<i>Rumex acetosella</i>
" <i>pubescens</i>	<i>Calamagrostis canescens</i>
<i>Sorbus aucuparia</i>	<i>Eriophorum angustifolium</i>
<i>Spergula arvensis</i>	<i>Epilobium angustifolium</i> .

Je älter ein Dach, um so saurer das Substrat also wird, um so mehr erscheinen Arten der Gruppe 3, die als "Torfzeiger" schließlich sehr treffend den Untergund aus wenig zersetzm. Reth und stärker zersetzen Moospolstern charakterisieren.

Bei der Besiedlung von Rethdächern mit Blütenpflanzen spielt neben dem Zufall auch die Verbreitungsmöglichkeit eine Rolle. Stets sind es Arten, die in nächster Nähe des Hauses wachsen (Ausnahmen sind *Calamagrostis canescens* und *Eriophorum angustifolium*), es handelt sich also zumeist um Nahverbreitung. Eine Aufschlüsselung der Arten nach ihren Verbreitungsmitteln zeigt, daß der überwiegende Teil anemochor ist. Nur zwei Arten, nämlich *Sambucus nigra* und *Sorbus aucuparia*, sind zoochor, geraten also durch Vögel auf die Dächer. Nach Berichten von Hausbesitzern ist auch *Prunus avium* auf Rethdächern beobachtet worden, die dann noch mit in diese Gruppe gehören würde.

Lediglich bei den Crassulaceen *Sempervivum tectorum* und *Sedum acre* ist die Verbreitung etwas unklar. Wenngleich die meisten *Sempervivum*-Exemplare von den Hausbesitzern auf die Dächer gepflanzt sind, wurde teilweise behauptet, die Pflanzen hätten sich dort selbsttätig angesiedelt. Auch *Sedum acre*, der viel in Bauerngärten als Rabattenpflanze gehalten wird, breitet sich selbsttätig auf Dächer aus.

Ein Drittel aller Arten wird von Gräsern ausgemacht (Foto 11 und 14), die zugleich die häufigsten Rethdachbesiedler sind, während die anderen angeführten Arten nur ein bis wenige Male gefunden wurden.

10. Zusammenfassung

1. In den Jahren 1969-71 wurden über 600 Vegetationsaufnahmen von 1 m² Probefläche unter Berücksichtigung aller darin vorkommenden Pflanzengruppen auf Reth- und Strohdächern in allen Teilen Schleswig-Holsteins erstellt.
 2. Aus den Aufnahmen wurden tabellarisch nach der Dominanz der Arten und dem Alter der Dächer vorläufige Einheiten ("Stadien") isoliert, die den Sukzessionsverlauf klären sollten.
 3. Daraus ergab sich folgende Abfolge pflanzlicher Besiedlung:
 - a) ein von Luftalgen- und Krustenflechten gebildetes initiales Stadium auf frisch gedeckten Dächern, das wenige Jahre darauf von
 - b) vorherrschend Cladonia-Arten abgelöst wird, worauf nach durchschnittlich zehn Jahren
 - c) die Besiedlung durch die epiphytische Moosart *Dicranoweisia cirrhata* fortgesetzt wird.
 4. In den *Dicranoweisia*-Polstern siedeln im Laufe der Zeit epigäische Arten, und zwar *Syntrichia ruralis* an trockenen und *Leptodontium flexifolium* an luftfeuchten Stellen. Übergänge zwischen beiden Stadien werden durch *Ceratodon purpureus* ausgefüllt.
 5. *Syntrichia* und *Leptodontium* bleiben die beobachtbaren Endglieder der Besiedlung, während sich das indifferente Stadium wiederum in ein hygrophytisches *Dicranum*- und ein xerophytisches *Hypnum*-Stadium differenziert.
- Die Schnelligkeit des Sukzessionsablaufes ist im wesentlichen von der Exposition und kleinstandörtlichen Faktoren abhängig.
4. Dieser Sukzessionsablauf kann durch einen teilweisen Abtrag der Pflanzendecke infolge von Regengüssen oder Schneerutschungen, aber auch durch menschlichen Einfluß (Abharken) unterbrochen werden, worauf die freigewordenen Flächen nach vorübergehender Veralgung mit Chlorhormidien (Degegenerationsphase) sich wieder mit Arten vorausgegangener Stadien besiedeln (Regenerationsphase).
 5. Abweichend davon entwickeln sich an ammoniakalischen Standorten auf Viehställen und in der Nähe von Misthaufen Überzüge der nitrophilen thallösen Grünalge *Prasiola crispa*.
 6. Zur Klärung der Sukzessionsabläufe wurden auf vier Rethdächern Dauerprobeflächen über drei Jahre jährlich kartiert und die qualitativen und quantitativen Veränderungen darin erfaßt.
 7. Die Jahresperiodizität der Rethdachvegetation wurde an Hand von monatlichen Kontrollen einer Versuchsdachfläche beobachtet.
 8. Nach Erfassung des grundlegenden Gesellschaftsinventars wurde eine systematische Einordnung der als Stadien bezeichneten Einheiten durchgeführt, wonach
 - a) das Luftalgenstadium dem *Pleurococcetum vulgaris*,
 - b) das Krustenflechtenstadium dem *Lecanorion i.w.S.*,
 - c) die Blatt- und Strauchflechtenanflüge dem *Parmelietum furfuraceae*,
 - d) das Cladonia-Stadium dem *Cladonion (silvaticae?)*,
 - e) das *Dicranoweisia*-Stadium dem *Dicranoweisietum cirrhatae* zugeordnet werden konnte.
 - f) Der hygrophile Ast der Moosstadien wurde zum *Leptodontietum flexifoliae*,
 - g) der xerophile Ast zum *Syntrichietum ruralis* zusammengefaßt.
 9. Der Vergleich mit den Ergebnissen anderer Autoren aus Holland, Oldenburg (Niedersachsen) und Schleswig-Holstein zeigte, daß die hier gewonnenen

Einheiten ohne weiteres auch auf diese angrenzenden Gebiete übertragen werden können.

10. Das unterschiedliche Gesellschafts-inventar einzelner Naturräume Schleswig-Holsteins wurde an Hand von gesonderten Zusammenstellungen erfaßt.

Daraus ergab sich von W nach O ein Abfall der hygrophilen und eine Zunahme der xerophilen Gesellschaften. In gleicher Richtung erfolgt eine Abnahme der Gesamt-Artenzahlen und eine Verminderung der Sukzessionsgeschwindigkeit. Die Rethdachvegetation der Seemarschen stellte sich als eine seewärtige Fortsetzung der im Binnenland anschließenden Gesellschaften dar.

11. Die Verbreitung der Dachgesellschaften und dachbesiedelnden Arten läßt eine Gruppe gleichmäßig verbreiteter von regional geschiedenen älteren Vegetationstypen trennen. Letztere bilden in den einzelnen Landesteilen vi-karierende Gesellschaften, wobei das Verbreitungsgebiet des Leptodontietum mit dem des Syntrichietum alterniert, was auf unterschiedliche Ansprüche bezüglich Luftfeuchte, Niederschläge, Staubimprägnierung und pH-Werte des Substrates zurückzuführen ist.

12. An ökologischen Faktoren wurden

- a) die Rolle der Staubimprägnierung mittels Glühverlustbestimmung und chemischer Substrat-analyse ermittelt, was Einblick in den Wechsel von quasi epiphytischen zu epigäischen Standortsverhältnissen bietet;
- b) der pH-Wert des Substrates je nach Art und Menge von Einweihungen fremden Materials, Anhäufung von Verwitterungsprodukten und Alter des Daches zwischen 5,1 und 6,6 ermittelt und die Korrelation der pH-Werte zu einzelnen Arten und Gesellschaften festgestellt, wonach das acidophile Leptodontietum dem subneutrophen Syntrichietum gegenüber steht.
- c) Ferner wurden die besonderen Auswirkungen der Feuchtigkeits-, Temperatur- und Lichtverhältnisse auf Rethdächern sowie die Auswirkungen von Exposition und Inklinierung auf die Rethdachvegetation untersucht.

11. Anhang

11.1 ARTENVERZEICHNIS

Algen

Cyanophyta:

Phormidium autumnale (AG.) JOHS. SCHMIDT

incl. *Ph. uncinatum*

Merkmale des kultivierten Materials: Trichomdurchmesser 5,3-5,8 µm, Zellhöhe 2,4-5,0 µm, rechtsdrehend, gut beweglich, keine Stränge, Apex typisch schwach abgebogen, verjüngt, Querwände größtenteils krenuliert (Dr. SCHWABE).

Nach GEITLER (1932) "auf feuchter, verschmutzter Erde, an Mauern, Baumstämmen". Nur einmal auf einem Strohdach in Angeln in großen Überzügen gefunden.

Phormidium foveolarum GOM. (= *Plectonema* spec.)

Dreimal auf Rethdächern, stets zusammen mit Grünalgen, angetroffen.

Die Art soll verschmutzte Plätze bevorzugen und kommt nach GEITLER (1932) auf feuchter Erde als auch in Wasser vor.

Symploca ralfsiana RABENH.

Die Art wurde dreimal in Moosproben vorgefunden, nach GEITLER (1932) dem typischen Standort. Da der Algenbestand von Moospolstern nur exemplarisch untersucht wurde, ist nicht auszuschließen, daß *Symploca ralfsiana* noch häufiger in Dachmoosen vorkommt. Abweichend von der Diagnose (GEITLER 1932) ist die Zellhöhe 3-5,5 µm, die Apikalzone nicht rosenkranzförmig und sind die Scheiden fest, farblos, dünn und nicht geschichtet.

Chrysophyta:

Xanthophyceae (Heterokontae):

Chloridella PA. spec.

Zellen kugelig, 8-10 µm im Durchmesser, häufig zu 2-4 nach der Teilung zusammenbleibend, Vermehrung durch Autosporie selten (insgesamt sechs Autosporen beobachtet), Chromatophor napfförmig, einzeln. Die vier Arten dieser Gattung werden von PASCHER (1939) aus moorigen Tümpeln angegeben, es ist aber nicht auszuschließen, daß hier eine neue, bislang nicht beschriebene Form vorliegt.

Monodus cf. *cocomyx*

Schief-eiförmige, 15 µm lange Einzelzellen, ein Ende abgerundet, das andere schief gespitzt, Zellen asymmetrisch, zur Bauchseite etwas gekrümmmt; ein Chromatophor, meist rückenständig, der Zellwand anliegend, kein Pyrenoid; Vermehrungsstadien nicht gesehen. Nach PASCHER (1939) Erdalge aus Ackerböden oder Gartenerde, bei den vorliegenden Untersuchungen nur in Kulturen von Proben offen liegender Rethalme festgestellt.

Bacillariophyceae (Diatomeae):

Hantzschia amphioxys (EHRH.) GRUN.

Eine der häufigsten atmophytischen Diatomeen; Zellen in Gürtelbandansicht rechteckig, in Schalenansicht mit konvexen Rücken.

Navicula mutica KÜTZ

Häufige Luftalge, jedoch nur einmal zwischen anderen Algen erfaßt worden.

Pinnularia borealis EHRH.

Sehr häufige atmophytische Diatomee, dreimal in Lagern von Chlorhor-

midien vorgefunden. Leicht kenntlich an den nur 4-6, sehr locker gestellten Transapikalstreifen pro 10 µm.

Chlorophyta:

Volvocales

Chlamydomonas EHRH. spec.

Freibeweglich oder in Palmella-artigen Ruhestadien vorliegend. (Die unbeweglichen Stadien sind vielleicht durch die Kultur auf festem Agar induziert.) Autosporie beobachtet. Diese Art lebt im Feuchtigkeitsfilm anderer Algen oder in Moospolstern.

Asterococcus spec.

Zellen zu viert, meist durch die gemeinsam gesprengte Membran zusammenhängend. Nur ein einziges Mal auf einem stark veralteten Dach gefunden.

Chlorococcales

Chlorella vulgaris

Nicht immer eindeutig zu identifizierende Art, vielleicht auch ein Gemisch verschiedener Typen. Die für die Chlorococcaceen typische Autosporenbildung konnte nur einmal beobachtet werden, Schwärmerbildung überhaupt nicht, sondern lediglich vegetative Teilung, sodaß das meiste Material lediglich als *Chlorella*-Stadien vorlag, die aber Pyrenoid und Stärkekörner aufweisen. *Chlorella*-Stadien waren in den verschiedensten Aufsammlungen gefunden worden, am häufigsten auf offenem Reth.

Chlorococcum NÄG. spec.

Zellen 15 µm und größer mit fast geschlossenem Chromatophor; Autosporie und Zweiseiteteilung beobachtet. Wie die vorige Art Luftplankter, jedoch nicht so häufig.

Dictyosphaerium minutum PETERSEN 1932

Mit *Phormidium foveolarum* und Grünalgen zusammen nur einmal aufgenommen.

Ulotrichales

Chlorhormidium flaccidum A.BR.

Trichale Alge mit oft undeutlichem Pyrenoid, oft in wenigzellige Bruchstücke zerfallend. Eine der häufigsten Erdalgen, auf Dächern oft große Flächen mit gelbgrünen, trocken papierdünnen Lagern überziehend.

Chlorhormidium mucosum

Größer und breiter (14 µm) als die vorige, mit krenulierten Zellwänden. Oft mit *Chlorhormidium flaccidum* zusammen, aber insgesamt nicht so häufig wie diese.

Stichococcus minor NÄG. (= *St. bacillaris* s. lat.)

Trichale Art, aber stets in Einzelzellen aufgelöst vorliegend. Luftplankter und häufige Art auf offenem Reth.

Prasiola crispa (LIGHTF.) MENEGH.

Einzellreihig (in *statu hormidii*), zweizellreihig (in *statu schizogonii*) oder thallös (in *statu prasiolae*) vorliegend. Die einzellreihigen Stadien sind an dem sternförmigen Chromatophor erkennbar. Nitrophile Art, geeignete Dächer (z. B. Viehställe) in Reinbeständen überziehend.

Chaetophorales

Desmococcus vulgaris BRAND 1925

(= *Protococcus viridis* p. parte, *Pleurococcus vulgaris*)

Körnige, an Rinde von Laubbäumen häufige Überzüge, auf Dächern an

trichalen Algen zu trockenen Stellen. In Kultur in Sarcina-ähnlichen, nach allen Seiten ausgebreiteten Zellaggregaten, auf Dächern meist in den typischen Vierer-Zellgruppen.

Conjugales

Cylindrocystis brebissonii MENEGH.

Zwischen den übrigen Algenarten sehr auffällige Jochalge mit zwei sternförmigen Chromatophoren. Immer nur in wenigen Exemplaren gefunden. Von GAMS (1969) für sich stark erwärmende Moorgewässer angegeben.

Pilze

Gastromycetales

Sphaerobolus stellatus (TODE) PERS.

Agaricales

Mycena (PERS. ex FR.) S.F.GRAY spec.

Die Belege gehören wahrscheinlich zu *Mycena inclinata* FR. (det. LETTAU).

Galerina EARLE spec.

Diese und die vorige Art, die sonst in Laub oder Moosen sowie auf Holz wachsen, wurden am häufigsten auf Rethdächern angetroffen. Bezuglich der Beschreibung der Fruchtkörper vgl. Kap. 9.2.

Lyophyllum KARST spec.

Flechten

Alectoria fuscescens GYEL.

Neu für Nordwestdeutschland auf einem Rethdach in der Eiderniederung in sehr luftfeuchter Lage in einem kaum 2 cm hohen Exemplar gefunden. *Candelariella xanthostigma* (PERS.) LETTAU

Cetraria chlorophylla (WILLD.) VAIN.

" *glaaca* (L.) ACH.

Cladonia arbuscula (WALLR.) RABENH.

" *bacillaris* NYL.

" *chlorophaea* (FKE.) SPRGL.

" *coniocraea* (FKE.) VAIN.

Sehr selten und neu für Rethdächer nachgewiesen. Es wird vermutet, daß ein Teil der sterilen, relativ großblättrigen *Cladonia*-Lager zu dieser Art zu rechnen ist, da nur stark gehemmte Podetienbildung beobachtet wurde.

Cladonia crispata (ACH.) FLOT.

Meistens in Moospolstern einnistend.

Cladonia fimbriata (L.) FR.

" *florkeana* (FR.) VAIN.

Neben *Cl. chlorophaea* und *Cl. subulata* die häufigste Rethdachflechte.

Cladonia furcata (HUDS.) SCHRÖD.

" *glaaca* (FKE.) SANDST.

" *gracilis* (L.) WILLD.

Meistens in der fo. *foliosa* vorliegend.

Cladonia impexa HARM.

Diese in Heiden häufige Art erscheint nur auf Dächern, wo der First mit Heideplaggen gedeckt ist, was nur noch sehr selten der Fall ist.

Cladonia macilenta (HOFFM.) NYL.

Cladonia major (HAG.) SANDST.

" *pityrea* (L.) VAIN.

" *pleurota* (FKE.) SCHAER.

" *pyxidata* (L.) VAIN.

" *squamosa* (SCOP.) HOFF.

War in der Literatur noch nicht von Rethdächern genannt und bei diesen Untersuchungen einmal auf Stroh im Kr. Husum gefunden.

Cladonia subulata (L.) WIGG.

Evernia prunastri (L.) ACH.

Hypogymnia physodes (L.) NYL.

" *tubulosa* (SCHAER.) KROG.

Lecanora varia (EHRH.) ACH.

Leitet die Flechtenbesiedlung auf Rethdächern ein. In späteren Stadien oft noch an dem moosfreien Trauf der Dächer auf Rethhalmen vorhanden.

Lecanora pityrea ERICHS. (= *L. conizaeoides* NYL.)

Nach ERICHSEN (1928) eine ozeanische Art, in Schleswig-Holstein zur Hauptsache auf der Geest angetroffen.

Lecidea granulosa (EHRH.) ACH.

" *humosa* (EHRH.) RÖHL

Häufiger als vorige *Lecidea*-Art und zur Hauptsache die Besiedlung moosfrei gewordener trockener Flächen einleitend, also an gestörten Stellen vorkommend, hier dann oft in großer Abundanz auftretend.

Parmelia dubia (WULF.) SCHAER.

" *saxatilis* (L.) FR.

" *sulcata* TAYL.

Nur auf Stroh gefunden, scheint daher subneutrale Substrate zu bevorzugen.

Alle genannten Parmelien sind vergleichsweise selten und treten nur an begünstigten luftfeuchten Stellen auf, wohingegen die häufigste Blattflechte, *Hypogymnia physodes*, sehr viel austrocknungsresistenter erscheint.

Pseudevernia furfuracea (L.) ZOPF

Ramalina pollinaria (LILJEBL.) ACH.

Nur einmal auf einem Rethdach in Kaltenhof Kr. Eckernförde in kleinen, kaum 0,5 cm hohen Exemplaren gefunden. Die Art war aus Schleswig-Holstein noch nicht von Rethdächern bekannt. TOBLER und MATTICK (1938) geben sie jedoch aus Südniedersachsen an.

Xanthoria parietina (L.) BELTRAM

" *polycarpa* (EHRH.) RIEBER

Beide *Xanthoria*-Arten wurden nur je einmal gefunden, beide Male ihrem nitrophilen Charakter entsprechend auf Viehställen. Xanthorien gedeihen seltsamerweise auf Reth nicht so gut, (obwohl sie auch auf dünnen Zweigen vorkommen), wie die Massenentfaltung dieser Arten auf oftmals Rethdächern dicht benachbarten Eternitdächern beweist.

Moose

Barbula unguiculata (HUDS.) HEDW.

Einmal in Lägerdorf Kr. Steinburg in der Nähe einer Zementfabrik auf einem Rethdach gefunden.

Brachythecium albicans (NECK.) B.S.G.

Zur Hauptsache auf Strohdächern, wird auch dafür von KOPPE (1964) aus Niedersachsen angegeben.

Brachythecium rutabulum (L.) B.S.G.
var. *plumulosum* B.S.G.

Selten auf Rethdächern mit subneutraler Reaktion.
Bryum argenteum L.

Selten, vorzugsweise auf Strohdächern gefunden, jedoch nie in Massenvegetation, wie JENSEN (1952) schreibt. Aus Holland von BARKMAN und RINGELBERG-GIESEN (1959) angegeben.

Bryum caespiticium L.

Bislang noch nicht von Rethdächern bekannt geworden, doch nur sehr selten und mehr zufällig dort auftretend.

Bryum capillare L.

Auf schattigen Reth- und Strohdächern mit subneutraler Reaktion. Von TIMM (1926) ferner von der Insel Föhr angegeben.

Campylopus flexuosus (L.) BRID.

Meistens in niedrigen, 1 cm hohen Pölsterchen oder eingenistet am Rande anderer Moospolster. Der Formenkreis dieser Art bedarf noch genauerer Klärung. Die häufigste Form in Schleswig-Holstein wächst auf trockenem Torf in Mooren in sehr dünnen, zarten, stark sickeligen, wurzelfilzigen Räschchen, die der Verfasser jedoch noch nicht beschrieben fand. Dieser Form entsprechen einige Funde, während andere aufrechte, kürzere Blätter besitzen mit in der stumpferen Blattspitze schwindender Rippe, die auf die Beschreibung der var. *paradoxus* HUSN. paßt.

Zur Hauptsache auf der Geest in Begleitung von *Leptodontium flexifolium* angetroffen. Aus Holland von BARKMAN und RINGELBERG-GIESEN (1959) angegeben.

Cephaloziella hampeana (NEES) SCHIFFN.

Auf dem torfigen Untergrund verwitterter, alter, trockener Moospolster sehr selten.

Cephaloziella rubella (NEES) WARNST.

(= *C. myriantha* pro parte)

An ähnlichen Stellen wie die vorige und nur durch dickwandigeres Zellnetz und schmalere Blattlappen zu unterscheiden.

Cephaloziella starkei (FUNCK) SCHIFFN.

Nur einmal auf einem Rethdach im Aukrug in Massenentfaltung gefunden, abgestorbene *Dicranoweisia*-Polster überziehend. Diese Art wächst sonst auf trockenen Sandböden und nicht wie die anderen gefundenen *Cephaloziella*-Arten auf Trockentorf.

Ceratodon purpureus (L.) BRID.

Eine der häufigsten Arten auf Dächern. Gefunden wurde eine fo. *brevifolia* mit kurzgespitzten Blättern sowie eine fo. *flaviseta* mit strohfarbenen Seten und lanzettlichen Blättern. Gelegentlich traten rot überlaufene Farbformen auf. TIMM (1926) gibt von Nieblum/Föhr eine var. *fastigiatus* WARNST. von Rethdächern an.

Dicranella heteromalla (L.) SCHPR.

Selten in kleinen Einsprengungen in anderen Moosrasen. In einer "fo. *tectorum* R. TIMM" von TIMM (1926) aus Föhr angegeben.

Dicranum scoparium (L.) HEDW.

Sehr häufige Art, stets in aufrechten, orthophyllen Formen, die auch bei Kultur im Gewächshaus beibehalten werden, sodaß es sich hierbei um genotypische Merkmale handeln wird. Lediglich zweimal wurden Formen mit schwach einseitswendigen Blättern gefunden, deren Stel-

lung im (bislang nicht voll geklärten) Formenkreis der Art nicht genau festgestellt werden konnte. Die orthophyllen Formen gehören zu der var. *orthophyllum* BRID. und der var. *tectorum* H. MÜLL., die makroskopisch und habituell nicht zu unterscheiden sind sondern nur durch die Zähnung der Blattspitzen. Da beide Varietäten außer auf Dächern auch auf Sand in Grauen Dünen und Heidehängen vorkommen, sich also ökologisch nicht unterscheiden, kann die Zweckmäßigkeit der Trennung beider Taxa bezweifelt werden. MÖNKEMEYER (1927) gliedert jedoch eine fo. *integrifolia* (LINDBG.) MKM. aus, in der er alle Formen mit fast ganzrandigen Blättern zusammenfaßt (var. *alpestris* HÜB., var. *tectorum* H. MÜLL., var. *rupicola* H. MÜLL.). Diese Einteilung geht jedoch quer durch die orthophyllen Formen, die sich zwar geringfügig durch die Blattzähnelung unterscheiden aber nicht durch die Standortsverhältnisse, sodaß die Gruppe der *Integrifoliae* MÖNKEMEYER künstlich erscheint. Man sollte hier vielleicht besser eine fo. *vulgaris* und eine fo. *orthophyllum* unterscheiden. In die letztere wären die var. *tectorum* und die var. *orthophyllum* zu vereinigen.

Erythrophyllum rubellum (HOFFM.) LOESKE

Basiphile Art, ansonsten auf kalkhaltigem Gestein und mergeligen Erdbößen in Wäldern. Nur ein einziges Mal auf Kalkstaub imprägniertem Rethdach in Lägerdorf Kr. Steinburg zusammen mit anderen ungewöhnlichen Rethdachbesiedlern wie *Barbula unguiculata* gefunden.

Hypnum cupressiforme L.

ssp. *eucupressiforme*

Die angegebene var. *tectorum* (BR. eur.) WARNST., die nicht nur auf Dächern, sondern auch in Dünen und Sandhängen vorkommen soll, gehört wahrscheinlich zu *Hypnum lacunosum* (= *Hypnum cupressiforme* ssp. *lacunosum*) und nicht zur ssp. *eucupressiforme* (vgl. Kap. 9.4). TIMM (1926) gibt noch eine var. *brevisetus* (SCHPR.) WARNST. von Föhr an. Unter der var. *uncinatum* BOULAY, die BARKMAN und RINGELBERG-GIESEN (1959) angeben, ist anscheinend die auf Holz und Gestein häufige Normalform (*Hypnum cupressiforme* s. str.) zu verstehen.

Hypnum lacunosum (BRID.) HOFFM.

(= *H. cupressiforme* L. ssp. *lacunosum* BRID.)

Mehrfach in ähnlichen Artenverbindungen wie *H. cupressiforme* angetroffen, wahrscheinlich geringfügig basiphiler als diese.

Leptodontium flexifolium (DICKS.) HPE.

Die Art, die bislang in Schleswig-Holstein erst von wenigen Stellen bekannt war, konnte in den Jahren 1969-71 in insgesamt 73 Ortschaften nachgewiesen werden. Die meisten Funde konzentrieren sich in der Eideriederung (Kr. Dithmarschen) und den südöstlich anschließenden Altmoränen- und Sandergebieten (Kr. Rendsburg), wo das Moos auf fast allen entsprechenden, verbliebenen Rethdächern zu finden ist, größtenteils sogar bestandsbildend. Für floristische Zwecke sind hier die Neufunde zusammengestellt:

Kr. Eiderstedt: Poppenbüll, Welt, Witzwort

Kr. Dithmarschen: Wrohn, Dellstedt, Tellingstedt, Schalkholz, Hollingstedt, Friedrichsholm, Friedrichsgraben, Pahlen, Derve, Erfde, Kattrepel, Gudendorf, Frestedt, Süderholm, Kleve

Kr. Rendsburg: Innien, Langwedel, Stafstedt, Legan, Hamweddel, Breiholz, Bargstall, Hohn, Fockbek, Ottendorf, Felde, Westensee,

Schierensee, Holtdorf, Luhnstedt, Tappendorf, Mörel, Sarlhusen, Poyendorf, Russee, Achterwehr, Meggerdorf, Bergenhusen, Wohlde, Heinkenborstel, Remmels, Osterstedt, Beringstedt, Hademarschen, Gokels

Kr. Steinburg: Willenscharen, Brokstedt, Horst, Hennstedt, Hadenfeld, Agethorst, Beidenfleth, Wewelsfleth, Lockstedt, Wacken

Kr. Segeberg: Heidmühlen, Bimöhlen

Kr. Pinneberg: Holm, Haseldorf

Kr. Eckernförde: Bornstein, Schnellmark

Kr. Lauenburg: Hamwarde, Lütau

Kr. Plön: Postfeld, Bissee, Brügge, Schmalstede, Schönkirchen, Bellin.

Mnium hornum L.

Als Zufallsbesiedler einmal im Kr. Rendsburg in wenigen Exemplaren zwischen Ceratodon-Polstern gefunden.

Plagiothecium neglectum MKM.

Ebenfalls als Zufallsbesiedlung nur einmal gefunden.

Pleurozium schreberi (WILLD.) MITT.

Sehr selten auf Rethdächern. MÖNKEMEYER (1927) gibt die Art von Strohdächern an, BARKMAN und RINGELBERG-GIESEN (1959) geben sie von Rethdächern aus Holland an.

Pohlia nutans (SCHREB.) LINDBG.

Häufig in einer eigenartigen Form angetroffen, die der Verfasser nie auf Erdboden sah. Die Pflanzen sind auch feucht dicht wormförmig beblättert, die Rasen sind grünglänzend, die Vermehrung erfolgt durch Bruchknospen. Daneben kommt eine Form mit lang-linealischen Blättern, verlängertem Stengel und austretender Rippe in hohen, gezonten Rasen vor. Auf Dächern wurde Pohlia nie fruchtend gefunden.

Polytrichum gracile SMITH.

Auf abgestorbenen Resten anderer Moosarten, selten fruchtend. Auch aus Niedersachsen (KOPPE 1964) und Holland (BARKMAN und RINGELBERG-GIESEN 1959) von Dächern bekannt.

Polytrichum formosum HEDW.

Lediglich einmal von Dächern nachgewiesen. Die Art wird von ORTMANN aus Südtondern angegeben. Die Belege im Herbar des Botanischen Instituts Kiel beinhalten jedoch P. gracile (rev. FRAHM). Beide Arten sind steril sehr ähnlich, während P. formosum jedoch einen dreizelligen Saum neben den Lamellen der Blattmitte aufweist, ist der Saum bei P. gracile 4-7zellig.

Polytrichum juniperinum WILLD.

Ebenfalls nur einmal auf Dächern gefunden. Die Art scheint dort aber häufiger beobachtet zu sein, wie die Angabe bei JENSEN (1952) vermuten lässt.

Polytrichum piliferum SCHREB.

Die häufigste Polytrichum-Art auf Dächern, öfter mit Gametangien oder Sporophyten.

Ptilidium ciliare (L.) HAMPE

Mehrfach auf Rethdächern gefunden. Die Art wird früher, als die Häuser noch öfter mit Firsten aus Heideplaggen versehen waren, dort häufiger gewesen sein. Stets in der fo. ericetorum NEES.

Rhytidia delphus squarrosus (L.) WARNST.

Dreimal in spärlichen Exemplaren gefunden, offensichtlich Zufallsbesiedlungen dieser sonst in Rasen häufigen Art. Bislang noch nicht

von Dächern bekannt gewesen.
Scleropodium purum (L.) LIMPR.

Nur einmal auf einem feuchtliegenden Dach gefunden.
Syntrichia ruralis (L.) BRID.

Besonders auf Strohdächern teilweise bestandsbildend, JENSEN fand die Art dort sogar einmal fruchtend. Im Herbar des Botanischen Instituts Kiel findet sich eine ganze Reihe Belege von Strohdachvorkommen dieser Art von TIMM und WAHNSCHAFF, ERICHSEN, BROCKMÜLLER (Exsiccataenwerk "Laubmose Mecklenburgs"), die zeigen, daß Strohdächer früher sehr viel häufiger gewesen sein müssen.

Phanerogamen

Agrostis stolonifera L. ssp. *prorepens* KOCH

Betula pubescens EHRH.

Mehrfach, auch aus Holland von BARKMAN und RINGELBERG-GIESEN (1959) angegeben.

Betula verrucosa EHRH.

Häufigster auf Dächern angetroffener Baum, meistens nur 15-20 cm hoch werdend, gelegentlich 1 m Höhe erreichend.

Calamagrostis canescens (WEB.) ROTH

Ein einziges Mal auf einer hundertjährigen Scheune angetroffen.

Chenopodium album L.

Cirsium arvense (L.) SCOP.

Nicht mit in Aufnahmen erfaßt, aber einmal in vier Exemplaren in einer ins Reth erodierten Abflußrinne in Großenbrode Kr. Oldenburg beobachtet.

Dactylis glomerata L.

Deschampsia caespitosa (L.) P. B.

Epilobium angustifolium L.

Eriophorum angustifolium HONCK.

Nur einmal auf einer alten Scheune beobachtet.

Festuca ovina L.

Mehrfach auf der Insel Nordstrand auf mit Plaggen gedeckten Dachfirsten.

Hedera helix L.

Gelegentlich von Hauswänden auf die Dachoberflächen übergreifend.

Holcus lanatus L.

Hordeum vulgare L.

Lolium perenne L.

Parthenocissus tricuspidata PLAUCH

Gelegentlich von Hauswänden auf die Dächer übergreifend.

Poa pratensis L.

Poa annua L. (Foto 14)

Die beiden Poa-Arten sind die häufigsten Phanerogamen auf Rethdächern mit Bedeckungen bis 20%. Meist blühend.

Polygonum lapathifolium L.

Rumex acetosella L.

Sambucus nigra L.

Meistens Keimpflanzen, nur in einem Fall 50 cm hoch werdend.

Sedum acre L. (Foto 9)

Wohl aus in der Nähe liegenden Gärten stammend.

Sempervivum tectorum L. ssp. tectorum (L.) WETTST. (Foto 10)

Die Art wurde in früheren Zeiten häufiger auf Reth- und Strohdächer gepflanzt, in Südholstein auch auf Ziegeldächer (PHILIPPSEN 1913, STUDT 1917, CHRISTIANSEN 1953). Es handelt sich stets um die grösste ssp. tectorum, eine Gartenpflanze, die in Schleswig-Holstein nicht heimisch ist. Der Art wurde eine abergläubische Wirkung gegen Blitzschlag nachgesagt. HORSTMAN (1959) gibt für den Kreis Husum noch zwölf Fundortangaben aus den Jahren 1876 bis 1934 an, dort fand der Verfasser die Art nur noch auf Nordstrand, wo mehrere Dachfirste in Norden damit bepflanzt sind.

Senecio vulgaris L.

Sonchus arvensis L.

" asper (L.) HILL.

Sorbus aucuparia L.

Einmal ein 1 m hohes Exemplar in Aufnahme 172 vorgefunden.

Spergula arvensis L.

Stellaria media (L.) VILL.

Taraxacum officinale WEB.

Nur ein einziges Mal ein Exemplar beobachtet.

Triticum aestivum L.

Urtica dioica L.

Vitis vinifera L. ssp. vinifera

Ähnlich wie Hedera oder Parthenocissus auf die Dachoberfläche übergreifend.

Insgesamt wurden 19 Algenarten,

4 Pilzarten,

36 Flechtenarten,

29 Moosarten,

33 Blütenpflanzenarten,

zusammen 121 Arten, auf Reth- bzw. Strohdächern in Schleswig-Holstein gefunden.

11.2 VERZEICHNIS DER AUFNAHMEPUNKTE

1-6: Altenholz Kr. Eck., 1.8.69 - 7-8: Scharnhagen Kr. Eck., 1.8.69 - 9-11: Rabendorf Kr. Eck., 1.8.69 - 12-13: Kaltenhof Kr. Eck., 1.8.69 - 14: Molfsee Kr. Rd., 4.8.69 - 15: Rumohr Kr. Rd., 4.8.69 - 16-18: Schierensee Kr. Rd., 4.8.69 - 19-20: Westensee Kr. Rd., 4.8.69 - 21-22: Felde Kr. Rd., 4.8.69 - 23-24: Ottendorf Kr. Eck., 5.8.69 - 25-26: Stampe Kr. Eck., 5.8.69 - 27: Schinkel Kr. Eck., 5.8.69 - 28: Königsförde Kr. Eck., 5.8.69 - 29: Holtsee Kr. Eck., 5.8.69 - 30-31: Sehestedt Kr. Eck., 5.8.69 - 32: Lehmsiek Kr. Eck., 5.8.69 - 33: Bornstein Kr. Eck., 5.8.69 - 34-35: Tüttendorf Kr. Eck., 5.8.69 - 36-38: Bellin Kr. Plön, 6.8.69 - 39-40: Emkendorf Kr. Plön, 6.8.69 - 41-42: Tröndel Kr. Plön, 6.8.69 - 43-45: Schönkirchen Kr. Plön, 7.8.69 - 46-47: Dobersdorf Kr. Plön, 7.8.69 - 48-49: Schlesen Kr. Plön, 7.8.69 - 50-51: Schönberg Kr. Plön, 7.8.69 - 52-53: Schmalstede Kr. Plön, 8.8.69 - 54-56: Brügge Kr. Plön, 8.8.69 - 57-58: Bissee Kr. Plön, 8.8.69 - 59: Schönhorst Kr. Plön, 8.8.69 - 60-61: Sieversdorf Kr. Plön, 14.8.69 - 62-65: Postfeld Kr. Plön, 14.8.69 - 66: Löptin Kr. Plön, 14.8.69 - 67-68: Kühren Kr. Plön, 14.8.69 - 69-71: Wahlstorf Kr. Plön, 14.8.69 - 72-73: Barkelsby Kr. Eck., 15.8.69 - 74: Ludwigsburg Kr. Eck., 25.8.69 - 75-77: Söby Kr. Eck., 15.8.69 - 78: Loose Kr. Eck., 15.8.69 - 79-80: Schnellmark Kr. Eck., 15.8.69 - 81-82: Hütten Kr. Eck., 18.8.69 - 83-84: Ascheffel Kr. Eck., 18.8.69 - 85-86: Owschlag Kr. Schl., 18.8.69 - 87-88: Oster-Ohrstedt-Feld Kr. Hus., 18.8.69 - 89-90: Wester-Ohrstedt Kr. Hus., 18.8.69 - 91-92: Schobüll Kr. Hus., 18.8.69 - 93: Süden/Nordstrand, 18.8.69 - 94-96: Norderhafen/Nordstrand, 18.8.69 - 97-98: Wobbenbüll Kr. Hus., 19.8.69 - 99: Struckum Kr. Hus., 19.8.69 - 100: Ebüll Kr. Südt., 19.8.69 - 101: Mönkebüll Kr. Südt., 19.8.69 - 102: Enge Kr. Südt., 19.8.69 - 103: Niebüll Kr. Südt., 19.8.69 - 104: Dagebüll Kr. Südt., 19.8.69 - 105: Fahretoft Kr. Südt., 19.8.69 - 106: Waygard Kr. Südt., 19.8.69 - 107: Risum Kr. Südt., 19.8.69 - 108: Maasbüll Kr. Südt., 19.8.69 - 109: Lütjenholm Kr. Südt., 20.8.69 - 110: Goldebeck Kr. Fl., 20.8.69 - 111: Joldelund Kr. Fl., 20.8.69 - 112-114: Kolkerheide Kr. Fl., 20.8.69 - 115-116: Löwenstedt Kr. Hus., 20.8.69 - 117-118: Stieglund Kr. Fl., 20.8.69 - 119: Groß-Jörl Kr. Fl., 20.8.69 - 120: Klein-Jörl Kr. Fl., 20.8.69 - 121-123: Süderhackstedt Kr. Fl., 20.8.69 - 124: Sahrensdorf/F., 25.8.69 - 125-126: Meeschendorf/F., 25.8.69 - 127: Gahlendorf/F., 25.8.69 - 128: Klausdorf/F., 25.8.69 - 129: Todendorf/F., 25.8.69 - 130-131: Schlagsdorf/F., 25.8.69 - 132: Großbenbrode Kr. Old., 25.8.69 - 133: Lütjenbrode Kr. Old., 25.8.69 - 134-136: Meeschendorf Kr. Old. - 137: Fockbek Kr. Rd., 26.8.69 - 138: Hohn Kr. Rd., 26.8.69 - 139: Bargstall Kr. Rd., 26.8.69 - 140: Erfde Kr. Rd., 26.8.69 - 141-142: Delve Kr. Dithm., 26.8.69 - 143: Hollingstedt Kr. Dithm., 26.8.69 - 144: Glüsing Kr. Dithm., 26.8.69 - 145: Tellingstedt Kr. Dithm., 26.8.69 - 146-147: Dellstedt Kr. Dithm., 26.8.69 - 148: Breiholz Kr. Rd., 26.8.69 - 149: Hamweddel Kr. Rd., 26.8.69 - 150-151: Legan Kr. Rd., 26.8.69 - 152: Stafstedt Kr. Rd., 26.8.69 - 153: Langwedel Kr. Rd., 26.8.69 - 154: Blumenthal Kr. Rd., 26.8.69 - 155-157: Lebrade Kr. Plön, 28.8.69 - 158: Sellin Kr. Plön, 28.8.69 - 159-161: Mucheln Kr. Plön, 28.8.69 - 162-163: Dannau Kr. Plön, 28.8.69 - 164: Högsdorf Kr. Plön, 28.8.69 - 165: Alt Harmhorst Kr. Eut., 28.8.69 - 166: Bergfeld Kr. Eut., 28.8.69 - 167-171: Schönwalde Kr. Eut., 28.8.69 - 171a: Kasseedorf Kr. Eut., 28.8.69 - 172-174: Sagan Kr. Eut., 28.8.69 - 175: Warder Kr. Seg., 29.8.69 - 176: Garbek Kr. Seg., 29.8.69 - 177: Travenort Kr. Seg., 29.8.69 - 178-179: Großenaspe Kr. Seg., 1.9.69 - 180-182: Bimöhlen Kr. Seg., 1.9.69 - 183: Hasenmoor Kr. Seg., 1.9.69 - 184-185: Struvenhütten Kr. Seg., 1.9.69 - 186: Sievershütten Kr. Seg., 1.9.69 -

187:Hüttblek Kr.Seg., 1.9.69 - 188:Kattendorf Kr.Seg., 1.9.69 - 189:Oersdorf Kr.Seg., 1.9.69 - 190:Winsen Kr.Seg., 1.9.69 - 191:Hennstedt Kr.Seg., 1.9.69 - 192:Poppenbüttel/Hamburg, 1.9.69 - 193:Holm Kr.Pinn., 2.9.69 - 194:Hetlingen Kr.Pinn., 2.9.69 - 195-196:Haseldorf Kr.Pinn., 2.9.69 - 197:Sestermühe Kr.Pinn., 2.9.69 - 198:Elmshorn, sw Ortsausgang Kr.Pinn., 2.9.69 - 199-200:Neuendorf Kr.Pinn., 2.9.69 - 201:Herzhorn Kr.St., 2.9.69 - 202:Dükermühle Kr.St., 2.9.69 - 203:Horst Kr.St., 2.9.69 - 204:Hamwarde Kr.Lau., 3.9.69 - 205:Kollow Kr.Lau., 3.9.69 - 206:Gützow Kr.Lau., 3.9.69 - 207:Krukow Kr.Lau., 3.9.69 - 208-209:Lütau Kr.Lau., 3.9.69 - 210:Wanglau Kr.Lau., 3.9.69 - 211:Sahms Kr.Lau., 3.9.69 - 212:Mühlenrade Kr.Lau., 3.9.69 - 213-214:Stapelfeld Kr.Storm., 3.9.69 - 215-216:Bokel Kr.St., 4.9.69 - 217:Quarnstedt Kr.St., 4.9.69 - 218:Brokstedt Kr.St., 4.9.69 - 219-220:Willenscharen Kr.St., 4.9.69: - 221:Innien Kr.Rd., 4.9.69 - 222:Dätgen Kr.Rd., 4.9.69 - 223:Havetoft Kr.Schl., 22.11.69 - 224-225:Molfsee Kr.Rd., 5.9.69 - 226:Scharnhagen Kr.Eck., 5.9.69 - 227:Kaltenhof Kr.Eck., 5.9.69 - 228-273:Freilichtmuseum Molfsee Kr.Rd., Juni 1970 - 274-275:Innien Kr.Rd., 7.9.70 - 276-281:Hennstedt Kr.St., 7.9.70 - 282:Rade Kr.St., 7.9.70 - 283:Rosdorf Kr.St., 7.9.70 - 284-286:Wittenbergen Kr.St., 7.9.70 - 287-288:Breitenberg Kr.St., 7.9.70 - 289-291:Westermoor Kr.St., 7.9.70 - 292:Lägerdorf Kr.St., 7.9.70 - 293-296:Hohn Kr.Rd., 8.9.70 - 297:Tetenhusen Kr.Rd., 8.9.70 - 298-299:Meggerdorf Kr.Rd., 8.9.70 - 300-302:Fünfmühlen Kr.Rd., 8.9.70 - 303-305:Bergenhusen Kr.Rd., 8.9.70 - 306-307:Wohlde Kr.Rd., 8.9.70 - 308:Gr. Rheide Kr.Rd., 8.9.70 - 309:Gnutz Kr.Rd., 10.9.70 - 310-312:Heinkenborstel Kr.Rd., 10.9.70 - 313:Nindorf Kr.Rd., 10.9.70 - 314-316:Remmels Kr.Rd., 10.9.70 - 317-324:Osterstedt Kr.Rd., 10.9.70 - 325:Beringstedt Kr.Rd., 10.9.70 - 326:Hadenfeld Kr.Rd., 11.9.70 - 327-328:Agethorst Kr.St., 11.9.70 - 329:Thaden Kr.Rd., 11.9.70 - 330:Hanerau-Hademarschen Kr.Rd., 11.9.70 - 331:Gokels Kr.Rd., 11.9.70 - 332:Schenefeld Kr.Rd., 11.9.70 - 333-334:Neuberend Kr.Schl., 14.9.70 - 335:Nübel Kr.Schl., 14.9.70 - 336-337:Brekling Kr.Schl., 14.9.70 - 338:Böklund Kr.Schl., 14.9.70 - 339-340:Ulsby Kr.Schl., 14.9.70 - 341:Ekeberg Kr.Schl., 14.9.70 - 342-345:Thumby Kr.Schl., 14.9.70 - 346:Gr. Rüde Kr.Schl., 14.9.70 - 347-348:Satrup Kr.Schl., 14.9.70 - 349:Havetoftloit Kr.Schl., 14.9.70 - 350:Molfsee Kr.Rd., 15.9.70 - 351:Winnewark Kr.Schl., 16.9.70 - 352:Kopperby/Angeln, 16.9.70 - 353:Molfsee Kr.Rd., 15.9.70 - 354:Mehlby/Angeln, 16.9.70 - 355:Wittkiel Kr.Fl., 16.9.70 - 356:Oersby Kr.Schl., 16.9.70 - 357:Brunsholm Kr.Fl., 16.9.70 - 358-359:Grünholz Kr.Fl., 16.9.70 - 360:Sterup Kr.Fl., 16.9.70 - 361:Schwensby Kr.Fl., 16.9.70 - 362-363:Lützhöft Kr.Fl., 16.9.70 - 363a:Husby Kr.Fl., 16.9.70 - 364-366:Aussacker Kr.Fl., 16.9.70 - 367-368:Dreggers Kr.Seg., 17.9.70 - 369:Sühlen Kr.Seg., 17.9.70 - 370:Schlamersdorf Kr.Seg., 17.9.70 - 371:Wakendorf I Kr.Seg., 17.9.70 - 372:Havighorst Kr.Seg., 17.9.70 - 373:Geschendorf Kr.Seg., 17.9.70 - 374:Prohnsdorf Kr.Seg., 17.9.70 - 375-377:Klentzau Kr.Eut., 17.9.70 - 378:Braak Kr.Eut., 17.9.70 - 379:Witzwort Kr.Eid., 22.9.70 - 380-381:Katharinenheerd Kr.Eid., 22.9.70 - 382-384:Welt Kr.Eid., 22.9.70 - 385-386:Vollerwiek Kr.Eid., 22.9.70 - 387-388:Ebnet Kr.Eid., 22.9.70 - 389-393:St. Peter Kr.Eid., 22.9.70 - 394:Poppenbüll Kr.Eid., 22.9.70 - 395-396:Osterhever Kr.Eid., 22.9.70 - 397-401:Warmenhörn Kr.Eid., 22.9.70 - 402:Bekmünde Kr.St., 23.9.70 - 403-407:Stördorf Kr.St., 23.9.70 - 408-411:Beidenfleth Kr.St., 23.9.70 - 412:Wewelsfleth Kr.St., 23.9.70 - 413-416:Brokdorf Kr.St., 23.9.70 - 417:St. Margarethen Kr.St., 23.9.70 - 418-419:Ecklack Kr.St., 23.9.70 - 420-423:Neuendorf Kr.St., 23.9.70 -

424-425:Wilster Kr.St., 23.9.70 - 426:Lockstedt Kr.St., 23.9.70 - 427-428:Westerbüttel Kr.Dithm., 24.9.70 - 429-434:Kattrepeil Kr.Dithm., 24.9.70 - 435-437:Gudendorf Kr.Dithm., 24.9.70 - 438-442:Frestedt Kr.Dithm., 24.9.70 - 443-444:Wacken Kr.St., 24.9.70 - 445-446:Rethwischdorf Kr.Storm., 28.9.70 - 447-448:Sierksrade Kr.Storm., 28.9.70 - 449-451:Berkenthin Kr.Lau., 28.9.70 - 452:Kulpin Kr.Lau., 28.9.70 - 453-454:Harmsdorf Kr.Lau., 28.9.70 - 455-456:Buchholz Kr.Lau., 28.9.70 - 457:Kl. Sarau Kr.Lau., 28.9.70 - 458-459:Klempau Kr.Lau., 28.9.70 - 460-462:Krummesse Kr.Lau., 28.9.70 - 463:Labenz Kr.Lau., 28.9.70 - 464:Stubben Kr.Lau., 28.9.70 - 465-466:Süderholm Kr.Dithm., 29.9.70 - 467:Ostrohe Kr.Dithm., 29.9.70 - 468-471:Süderheistedt Kr.Dithm., 29.9.70 - 472-474:Kleve Kr.Dithm., 29.9.70 - 475:Schlichting Kr.Dithm., 29.9.70 - 476:Rehm Kr.Dithm., 29.9.70 - 477:Strübbel Kr.Dithm., 29.9.70 - 478-479:Schülp Kr.Dithm., 29.9.70 - 480-481:Wöhrden Kr.Dithm., 29.9.70 - 482-484:Bosfleth Kr.Dithm., 29.9.70 - 485-489:Russee Kr.Rd., 1.10.70 - 490:Schönwohld Kr.Rd., 1.10.70 - 491-494:Achterwehr Kr.Rd., 1.10.70 - 495-497:Bovenau Kr.Rd., 1.10.70 - 500-503:Ostenfeld Kr.Rd., 1.10.70 - 504:Osterrönfeld Kr.Rd., 1.10.70 - 505-508:Rastorfer Passau Kr.Plön, 16.6.71 - 509-518:Selent Kr.Plön, 16.6.71 - 519-527:Selent Kr.Plön, 22.6.71 - 528-535:Bellin Kr.Plön, 22.6.71 - 536-543:Lepahn Kr.Plön, 22.6.71 - 544-550:Lebrade Kr.Plön, 23.6.71 - 551-554:Sellin Kr.Plön, 23.6.71 - 555-557:Mucheln Kr.Plön, 23.6.71 - 558-560:Holtdorf Kr.Rd., 25.6.71 - 561-563:Luhnstedt Kr.Rd., 25.6.71 - 564-567:Tappendorf Kr.Rd., 25.6.71 - 568-569:Rade Kr.Rd., 25.6.71 - 570-578:Mörel Kr.Rd., 25.6.71 - 579-580:Böken Kr.Rd., 28.6.71 - 581-582:Bünzen Kr.Rd., 28.6.71 - 583-588:Bargfeld Kr.Rd., 28.6.71 - 589-593:Sarlhusen Kr.St., 28.6.71 - 594-596:Hennstedt Kr.Rd., 28.6.71 - 597-599:Poyendorf Kr.Rd., 28.6.71 - 600-605:s Hohn Kr.Rd., 5.7.71 - 606-608:Friedrichsgraben Kr.Dithm., 5.7.71 - 609-616:Erfde Kr.Dithm., 5.7.71.

Abkürzungen der Landkreise:

Dithm. : Dithmarschen	Old. : Oldenburg
Eck. : Eckernförde	Pinn. : Pinneberg
Eid. : Eiderstedt	Rd. : Rendsburg
Eut. : Eutin	Schl. : Schleswig
F. : Fehmarn	Seg. : Segeberg
Fl. : Flensburg	St. : Steinburg
Hus. : Husum	Storm. : Stormarn
Lau. : Lauenburg	Südt. : Südtondern

11.3 LITERATURVERZEICHNIS

- ABEL, W.O. (1958) Die Austrocknungsresistenz der Laubmoose. *Sitz. ber. österr. Akad. Wiss. math. nat. Klasse Abt. I*, 165:619-707
- ANDERS, J. (1928) Die Strauch- und Laubflechten Mitteleuropas. Jena
- APINIS, A. u. LACIS, L. (1936) Data on the ecology of Bryophytes II, Acidity of the substrata of musci. *Acta horti bot. Latviensis* 9-10:1-100
- ARNOLD, F. (1891/92) Zur Lichenenflora von München I. *Ber. Bayr. Bot. Ges.* 1891:1-147, 1892:1-76
- BARKMAN, J.J. (1946) Over oecologie en sociologie der cryptogame epiphyten. *Vakbl. Biologen* 26, 3-4:35-45
- - - (1954) Zur Kenntnis einiger Usneion Assoziationen in Europa. *Vegetatio* IV, 5:309-333
- - - (1955) Verband tussen epiphytenverspreiding en klimaat in Nederland. *Meded. Kon. Nederl. Bot. Ver.* 1954:25-26
- - - (1958) Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes with special reference to the Netherlands. Assen
- - - u. RINGELBERG-GIESEN, W. (1959) *Leptodontium flexifolium* in Drente. *Buxbaumia* 13:29-38
- - - (1960) Die Kryptogamenflora einiger Vegetationstypen in Drente und ihr Zusammenhang mit Boden und Mikroklima. *Biosoziologie*, Ber. Internat. Symposium 1960:157-171
- - - (1963) De Epifyten-Flora en -vegetatie van Midden-Limburg (Belgie). *Verh. Kon. Nederl. Akad. Wetensch. Afd. Nat.* 2, 4
- - - (1966) Menschlicher Einfluß auf die Epiphytenvegetation Westeuropas. *Anthropogene Vegetation*. Ber. Internat. Symposium 1961
- - - (1966) De varieteten van *Hyphnum cupressiforme* HEDW. in Nederland. *Buxbaumia* 20, 1-2:1-6
- - - (1968) Das synsystematische Problem der Mikrogesellschaften innerhalb der Biozönosen. *Pflanzensoz. Systematik*. Ber. Internat. Symposium 1964:21-53
- - - (1970) Enige nieuwe aspecten inzake het problem van synusiae en microgesellschaften. *Med. Bot. Tuinen Belmonte Arboretum Landbouwhogeschool Wageningen* XII:85-116
- BEHRE, K. u. WEHRLE, E. (1942) Welche Faktoren entscheiden über die Zusammensetzung von Algengesellschaften? *Arch. Hydrobiol.* 39, 1
- - - (1966) Zur Algensoziologie des Süßwassers. *Arch. Hydrobiol.* 62, 2: 125-164
- BERTSCH, K. (1955) Flechtenflora von Südwestdeutschland. Stuttgart
- BRAND, F. u. STOCKMEYER, S. (1925) Analyse der aerophilen Grünalgenanflüge, insbesondere der proto- und pleurococcoiden Formen. *Archiv Prostistenk.* 52:265ff.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1951) *Pflanzensoziologie*. 2. Aufl., Wien
- BUCH, H. (1945/1947) Über die Wasser- und Nährstoffversorgung der Moose. *Soc. sci. Fenn. Comm. biol.* 9, 16 1945, 9, 20 1947
- - - (1947) De l'adaptation des Bryophytes, des Algues et des Lichenes aux condition d'humidité et la concentration de la solution nutritive dans la milieux naturels. *Revue Bryol. Lichenol.* 16:54-60
- BURCK, O. (1947) Die Laubmoose Mitteleuropas. *Abh. Senckenberg.* *Naturf. Ges.* 477:1-210
- CHRISITIANSEN, W. (1953) Neue kritische Flora. Rendsburg
- DEUTSCHER PLANUNGSLAS, III Schleswig-Holstein. Bremen 1960
- DIRCKSEN, A. (1964) Vergleichende Untersuchungen zur Frost-, Hitze- und

- Austrocknungsresistenz einheimischer Laub- und Lebermoose unter besonderer Berücksichtigung jahreszeitlicher Veränderungen. Diss. Göttingen
- DIXON, H.N. (1924) The student's handbook of British Mosses. Eastbourne
- DÜLL, R. (1969) Moosflora von Südwestdeutschland. Mitt. bad. Landesv. Naturk. N.F. 10, 1:39-138
- ELLENBERG, H. (1956) Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. Einf. Phytologie IV, 1, Stuttgart
- ENGLER-PRANTL, Natürliche Pflanzenfamilien, Musci bearb. Brotherus I, 3, 1 Leipzig 1909, 10 Leipzig 1924
- ENGLER, A. (1954) Syllabus der Pflanzenfamilien I. Berlin 12
- ERICHSEN, C.F.E. (1928) Die Flechten des Moränengebietes von Ostsachsen. Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenburg 70:1-129, 72:1-68
- (1957) Flechtenflora von Nordwestdeutschland. Stuttgart
- ESCHRICH, W. u. STEINER, M. (1968) Die Struktur des Leitgewebesystems von *Polytrichum commune*. *Planta* 82:33-49
- FETZMANN, E.L. (1956) Beiträge zur Algensoziologie. Sitzber. österr. Akad. Wiss. math. nat. Kl. I, 165:709-783
- FOTT, B. (1959) Algenkunde. Jena
- FRAHM, J.-P. u. KLINGER, P.U. (1968) Zur Moosflora der Insel Amrum. Die Heimat 75, 10:304-311
- FREY, E. (1927) Bemerkungen über die Flechtenvegetation Skandinaviens, verglichen mit derjenigen der Alpen. Ergebnisse I.P.E. durch Schweden und Norwegen 1925. Veröff. Geobot. Inst. Rübel 4
- FRIEDEL, H. (1956) Die alpine Vegetation des oberen Mölltales. Wiss. Alpenvereinsheft 16
- GAMS, H. (1955) (Hrsg.) Kleine Kryptogamenflora IIb Basidiomyceten II. Teil Stuttgart
- (1957) Kleine Kryptogamenflora IV Moose. Stuttgart
- (1961) Erfassung und Darstellung mehrdimensionaler Verwandtschaftsbeziehungen von Sippen und Lebensgemeinschaften. Veröff. Geobot. Inst. Rübel 32
- (1969) Kleine Kryptogamenflora Ia Mikroskopische Süßwasser- und Luftalgen. Stuttgart
- GEIGER, R. (1950) Das Klima der bodennahen Luftsicht. Braunschweig 3
- GEITLER, L. (1932) Cyanophyceae. Rabenhorst's Kryptogamenflora 14, Leipzig
- GRADMANN, R. (1922) Das Steildach des deutschen Bauernhauses. Geogr. Zeitschr. 1922:143-148
- GREBE, K. (1912) Beobachtungen über die Schutzvorrichtungen xerophiler Laubmoose gegen Trocknis. *Hedwigia* 52:1-20
- HELBOK, A. (1937) Haus und Siedlung. Berlin
- HERZOG, Th. (1926) Geographie der Moose. Jena
- (1942) Moosgesellschaften des höheren Schwarzwaldes. *Flora* 36: 263-308
- HÖFLER, K. (1946) Über Trockenhärtung und Härtungsgrenzen einiger Lebermoose. Abh. Akad. Wiss. math. nat. Kl. 3, 5
- (1953) Durch plasmatische Trockengrenzen bedingte Lebermoosver-eine. Proc. 7. Int. Bot. Congr. Stockholm 1950
- (1954) Über einige Lebermoose des Bayreuther Raumes und ihre plasmatischen Trockengrenzen. Naturw. Ges. Bayreuth. Ber. 1953/4
- HORSTMANN, H. (1959) Flora des Kreises Husum. Mitt. AG Flor. 7, Kiel

- HÜBSCHMANN, A. v. (1952) Zwei epiphytische Moosgesellschaften Nord-deutschlands. *Mitt. flor. soz. AG 3*
- HUSNOT, T. (1887) *Muscologia gallica*. Paris
- HUSTEDT, F. (1930) Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Rabenh. *Krypt. flora*, Leipzig
- - - (1930a) Die Süßwasserflora Mitteleuropas (hrsg. v. PASCHER)
10 *Bacillariophyta*
- IRMSCHER, E. (1912) Über die Resistenz der Laubmoose gegen Austrocknung und Kälte. *Jahrb. Wiss. Bot.* 50:387-449, Berlin
- JENSEN, N. (1949) Schadet das Moos dem Strohdach? *Die Heimat* 56, 5: 114-116
- - - (1949a) *Leptodontium flexifolium* mit Brutkörpern. *Die Heimat* 56, 10: 246-249
- - - (1951) Die atlantischen Rindenmose und der atlantische Klimakeil. *Die Heimat* 58, 6:206-211
- - - (1952) Die Moosflora von Schleswig-Holstein. *Mitt. AG Flor.* 4, Kiel
- - - (1955) Das atlantische Element in der Moosflora von Schleswig-Holstein. *Mitt. AG Flor.* 5:79-97, Kiel
- KLEMENT, O. (1949) Zur Flechtenvegetation Schleswig-Holsteins. *Schr. Naturw. Ver. Schl.-Holst.* 24:1-15, Kiel
- - - (1955) Prodromus der mitteleuropäischen Flechtengesellschaften. *Feddes Repert. Beih.* 135:5-194
- - - (1958) Die Stellung der Flechte in der Pflanzensoziologie. *Vegetatio* 8:43-56
- KLIMAATLAS VON SCHLESWIG-HOLSTEIN, HAMBURG UND BREMEN.
Deutscher Wetterdienst Offenbach/M. 1967
- KLUTE, F. (1933) Die ländlichen Siedlungen in verschiedenen Klimazonen. Breslau
- KNEBEL, G. (1935) Monographie der Algenreihe der *Prasiolales*, insbesondere von *Prasiola crispa*. *Hedwigia* 75, 1/2
- KOPPE, F. (1934ff.) Die Moosflora von Westfalen I-IV. *Mitt. Landesmuseum Naturk. Münster*
- - - (1955) Die bryogeographischen Verhältnisse des niedersächsischen Tieflandes. *Mitt. AG Flor.* 5:131-157, Kiel
- - - (1964) Die Moose des niedersächsischen Tieflandes. *Abh. naturw. Ver. Bremen* 36, 2:237-424
- - - (1965) Zweiter Nachtrag zur Moosflora von Westfalen. *17. Ber. Naturw. Ver. Bielefeld*
- KRIEGER, H. (1937) Die flechtenreichen Flechtengesellschaften der Mark Brandenburg. *Beih. Bot. Centralblatt Abt. B.*, LVII, Dresden
- KRÖGER, H. (1957) Die Flora der Strohdächer des Kreises Segeberg. *Heimatkundliches Jahrb. Kr. Segeberg* 3:187-189
- KRUSENSTJERNA, E. v. (1945) Bladmossvegetation och bladmossflora i Uppsalatrakten. *Acta Phytogeogr. Suecica* 19:1-250
- KÜHNER, E. u. SCHÄDLICH, G. u. VERCH, L. (1968) Beiträge zur Moosflora Mecklenburgs. VII Die Insel Rügen. *Wiss. Zeitschr. Univ. Rostock math.-nat. Reihe* 4/5:355-382
- KÜHNER, R. (1938) Le genre *Mycena* (FRIES). *Encyclopedie Mycologique* X
- LANGE, O.L. (1953) Hitze- und Trockenresistenz der Flechten in Beziehung zu ihrer Verbreitung. *Flora* 140:39ff.
- - - (1954) Einige Messungen zum Wärmeaushalt poikilohydrer Flechten und Moose. *Arch. Met. Geophys. u. Biol. Ser. B*, 5, 182

- LANGE, O. L. (1955) Untersuchungen über die Hitzeresistenz der Moose in Beziehung zu ihrer Verbreitung. I Die Resistenz stark ausgetrockneter Moose. *Flora* 142:381-399
- LAUFFER, O. (1934) Dorf und Stadt in Niederdeutschland. Berlin-Leipzig
- LIMPRICHT, K. G. (1890) Die Laubmose Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Rabenh. Krypt. flora IV, 1 Leipzig
- LINDAU, G. (1923) Die Flechten. Kryptogamenflora für Anfänger. Berlin 2
- MALTA, N. (1921) Versuche über die Widerstandsfähigkeit der Moose gegen Austrocknung. *Acta Univ. Latvian.* 1
- MATTICK, F. (1951) Wuchs- und Lebensformen, Bestand- und Gesellschaftsbildung der Flechten. *Bot. Jahrb.* 75:378-424, Jena
- MEUSEL, H. (1935) Wuchsformen und Wuchstypen der europäischen Laubmose. *Nova Acta Leopoldina*, N. F. 3, 12 Halle
- MIELKE, R. (1936) Siedlungskunde des deutschen Volkes. München
- MIGULA, W. (1904) Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz (Thomé's Flora). I Moose
 (1912) Die Grünalgen. *Handb. prakt. naturw. Arbeit* 10, Stuttgart
 (1915) Die Spaltalgen, *ibid.* 12, Stuttgart
 (1924) Die Desmidiaceen, *ibid.* 5, Stuttgart
 (1931) Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz IV Flechten, Berlin
- MIYAWAKI, A. (1956) Untersuchungen über die Pflanzengesellschaften auf den Strohdächern. *Science Reports Yokohama Nat. Univ. Sec.* II, 5: 16-33
- MÖNKEMEYER, W. (1927) Die Laubmose Europas. Rabenh. Krypt. flora IV, Ergbd., Leipzig
- (1931) Bryales in: PASCHER, Süßwasserflora 14, Jena
- MOOSER, M. (1955) Kleine Kryptogamenflora IIb Basidiomyceten II. Teil, Stuttgart
- MÜLLER, C. (1853) Deutschlands Moose. Halle
- NICKL-NAVRATIL, H. (1960) Kleinmoosgesellschaften der Städte. *Nova Hedwigia* 2:425-462
- OBERDORFER, E. (1962) Pflanzensoziologische Exkursionsflora. Stuttgart 2
- OCHSNER, F. (1928) Studien über die Epiphytenvegetation der Schweiz. *Jb. St. Gall. Naturw. Ges.* 63
- (1933) Verdunstungsmessungen an Epiphytenstandorten. *Ber. Geobot. Inst. Rübel* 1932:58-63, Zürich
- OLSEN, C. (1917) Studier over epifyt-mossernes invandringsfolge på barken af vore forskellige traer, samt en bidrag til disse mossers økologi. *Bot. Tidskr.* 34:313-342, Kopenhagen
- PANKNIN, W. (1945) Zur Entwicklungsgeschichte der Algensoziologie und zum Problem der "echten" und "zugehörigen" Algengesellschaften. *Arch. Hydrobiol.* 41, Stuttgart
- PASCHER, A. Die Süßwasserflora Mitteleuropas. 4 Volvocales, Jena 1927, 10 Bacillariophyta bearb. v. HUSTEDT, F. Jena 1930, 11 Heterokontae, Jena 1925
- (1939) Heterokonten. Rabenh. Krypt. flora II Leipzig
- PHILIPPSEN, H. (1913) Der Hauslauch, *Sempervivum tectorum*. *Die Heimat* XXIII:338
- POELT, J. (1963) Bestimmungstabellen der höheren Flechten von Europa. Sonderdruck Mitt. Bot. Staatssamml. München IV, 1962, Weinheim
- PRAHL, P. (1876) Schleswigsche Laubmose. *Schr. Naturw. Ver. Schl.* -

- Holst. 2:49-64
- PRAHL, P. (1895) Laubmoosflora von Schleswig-Holstein und den angrenzenden Gebieten. Schr. Naturw. Ver. Schl. -Holst. X, 2:147-224
- PRINTZ, H. (1964) Die Chaetophoralen der Binnengewässer. Den Haag
- ROHMEYER, J. (1970) Moose auf Reithdächern bei Oldenburg. Seminararbeit PH Oldenburg
- ROUND, F.E. (1968) Biologie der Algen. Stuttgart
- RUNGBY, S. (1958) *Leptodontium flexifolium* (SMITH) HAMPE var. *gemmaferum* (SCHPR.) nov. comb. in Denmark. Bot. Not. 111, 2:477, Lund
- SANDSTEDE, H. (1906-12) Die Cladonien des nordwestdeutschen Tieflandes und der deutschen Nordseeinseln. Abh. Naturw. Ver. Bremen 18, 2 - 21, 3
- - - (1931) Die Gattung *Cladonia*. Rabenh. Krypt. flora 9, Leipzig 1
- SCHIMPER, W.P. (1860) *Synopsis muscorum europaeorum*. Stuttgart, 2. Aufl. 1876
- SCHWARTZ, G. (1966) Allgemeine Siedlungsgeographie. Berlin 3
- SJÖGREN, E. (1961) Epiphytische Moosvegetation in Laubwäldern der Insel Öland. Acta phytogeogr. Suecica 44, Uppsala
- - - (1964) Epilithische und epigäische Moosvegetation in Laubwäldern der Insel Öland. ibid. 48
- STEUBING, L. (1965) Pflanzenökologisches Praktikum. Berlin
- STUDT, F. (1917) Hauslauch auf Dächern. Die Heimat XXVII:26
- TIMM, R. (1926) Moose auf der Insel Föhr. Führer Heimatbücherei 12, Wyk
- THUN, R. u. HERRMANN, R. u. KNICKMANN, E. (1955) Methodenbuch I. Die Untersuchung von Böden. Berlin-Radebeul
- TOBLER, F. u. MATTICK, F. (1938) Die Flechtenbestände der Heiden und Reitdächer Nordwestdeutschlands. Bibl. Bot. 117, Stuttgart
- TÜXEN, R. u. HÜBSCHMANN, A. v. u. PIRK, W. (1957) Kryptogamen- und Phanerogamengesellschaften. Mitt. flor. soz. AG N. F. 6/7:114-118,
- VARESCHI, V. (1934) Meereshöhe, Kontinentalität und Epixylenverbreitung (Epixylenstudien I). Ber. Geobot. Inst. Rübel 1933, Zürich
- - - (1936) Die Epiphytenvereine von Zürich (Epixylenstudien II). Ber. Schweiz. Bot. Ges. 46
- WARBURG, E.F. (1963) *Census Catalogue of British Mosses*. Selbstverlag der British Bryol. Soc.
- WALDHEIM, S. (1947) Kleinmoosgesellschaften und Bodenverhältnisse in Schonen. Bot. Not. 1, 1, Lund
- WALTER, H. (1949) Grundlagen der Pflanzenverbreitung 1. Standortslehre. Einf. Phytologie III/1, Stuttgart
- WERFT, A. v.d. (1939) De betekenis van der algere Algen in de sociologie. Nederl. Kruidk. Arch. 49:238-242, Amsterdam
- WILMANNS, O. (1958) Zur standörtlichen Parallelisierung von Epiphyten und Waldgesellschaften. Beitr. naturk. Forsch. SW-deutschl. 15:29-51
- - - (1962) Rindenbewohnende Epiphytengemeinschaften in Südwestdeutschland. ibid. 21, 2:87-164
- WETTERKARTE DES SEEWETTERAMTES. Deutscher Wetterdienst Hamburg, Monats- und Jahresübersichten 1969-71
- WOLF, G. (1923) Das norddeutsche Dorf. München

11.4 FOTOANHANG

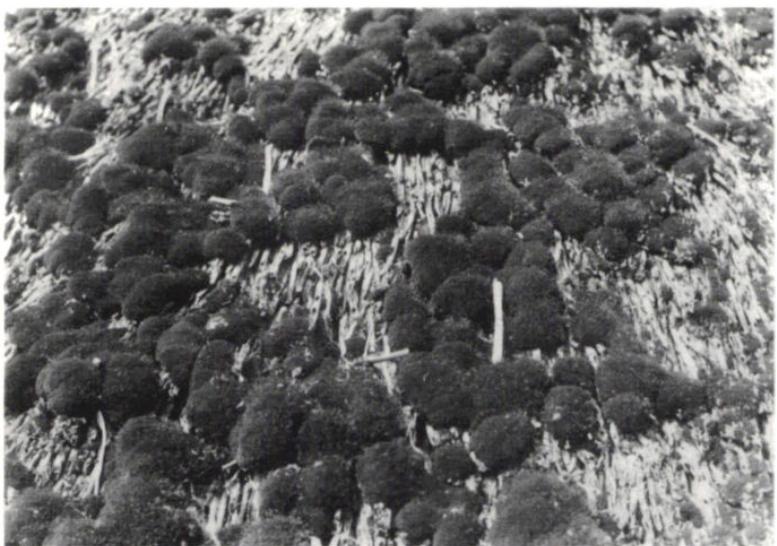


Foto 1: *Dicranoweisietum cirrhatae*, Altenholz Kr. Eckernförde,
1.8.69, Aufn. 4



Foto 2: *Syntrichietum ruralis* auf einem Strohdach, Mucheln Kr. Plön,
28.8.69, Aufn. 161

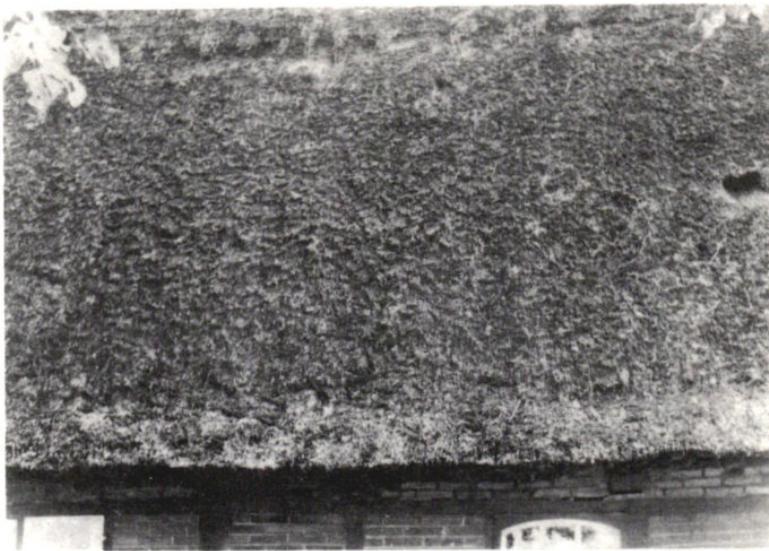


Foto 3: *Prasioletum crispae*, Altenholz Kr. Eckernförde, 1.8.69, Aufn. 6



Foto 4: *Prasioletum crispae* auf einem Stalldach, wie vor.

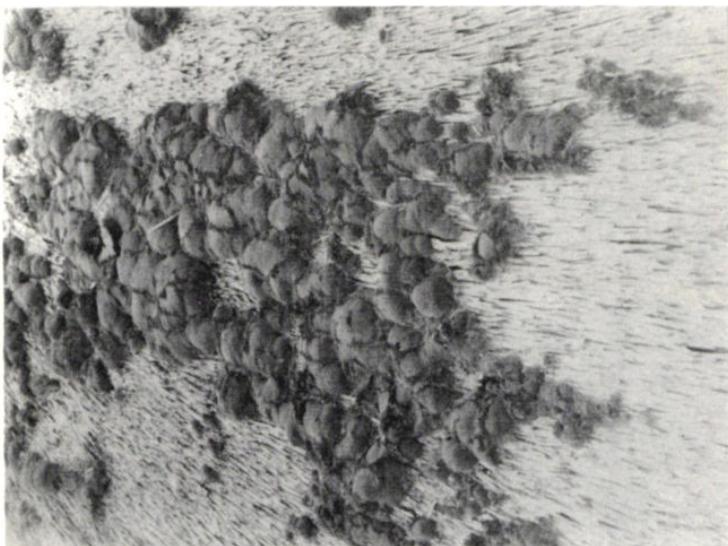


Foto 5: Ornithocrophile Rethdachvegetation unter
einem Storchenbett, Süderhakstede Kr.
Flensburg, 20.8.69, Aufn. 121

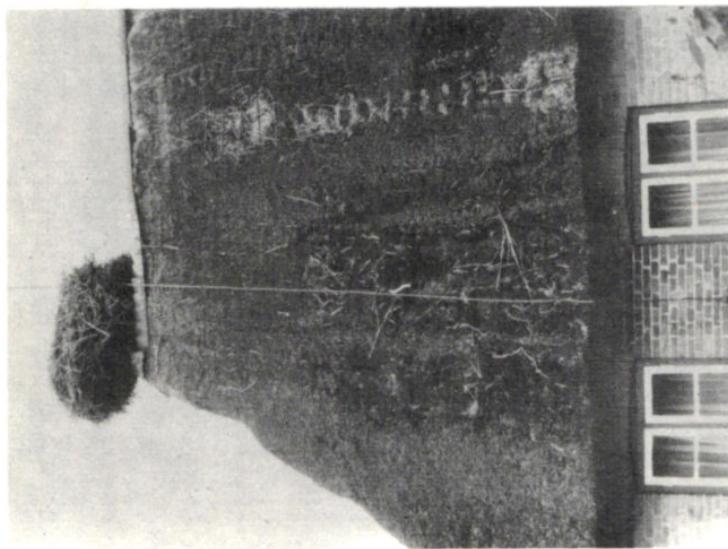


Foto 6: Dicranoweisia-Polster, von Ceratodon
purpureus streifig durchwachsen, Traventort
Kr. Segeberg, 29.8.69, Aufn. 177

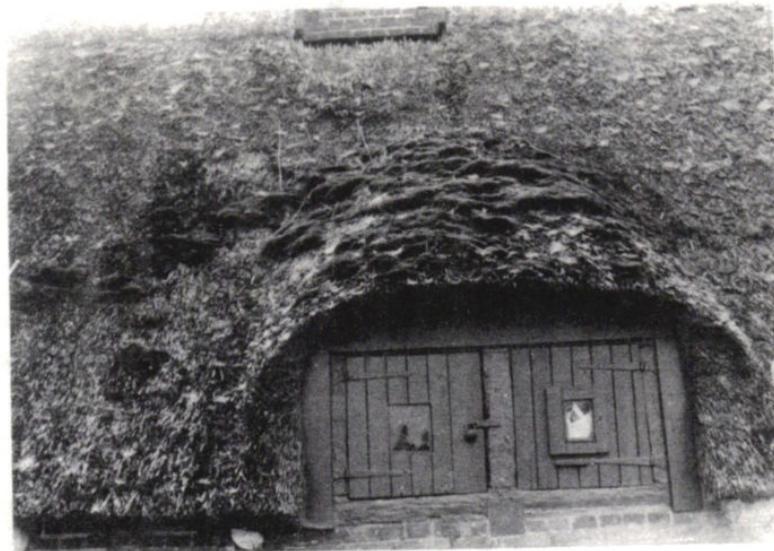


Foto 7: *Dicranum scoparium*-Rasen auf der Verflachung eines Dacherkers,
Schierensee Kr. Rendsburg, 4.8.69, Aufn. 18



Foto 8: *Dicranum*-Subassoziation des *Leptodontietum flexifoliae* auf einem
alten NW-exponierten Dach, Bergfeld Kr. Eutin, 28.8.69, Aufn. 166



Foto 9: *Sedum acre* auf einem Rethdach in *Syntrichia ruralis*-Polstern,
Norderhafen/Nordstrand, 18.8.69, Aufn. 96

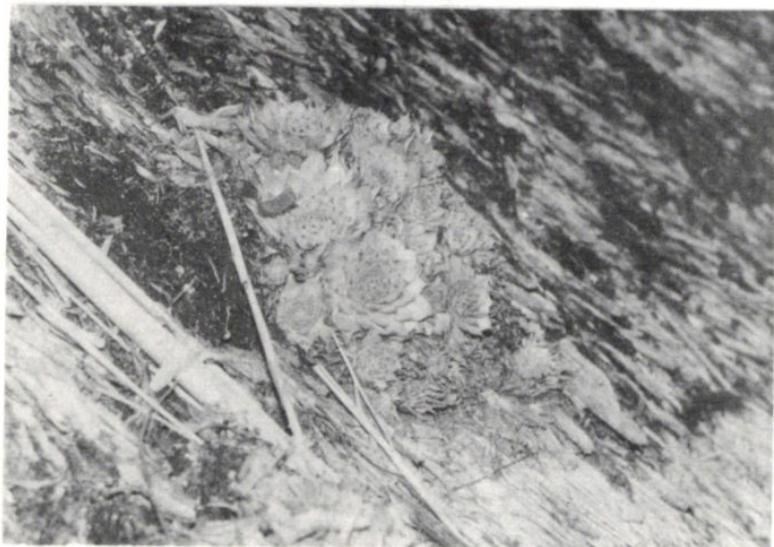


Foto 10: *Sempervivum tectorum* auf einem mit *Hypnum cupressiforme*
bewachsenen Rethdach, Meeschendorf Kr. Oldenburg,
25.8.69, Aufn. 136

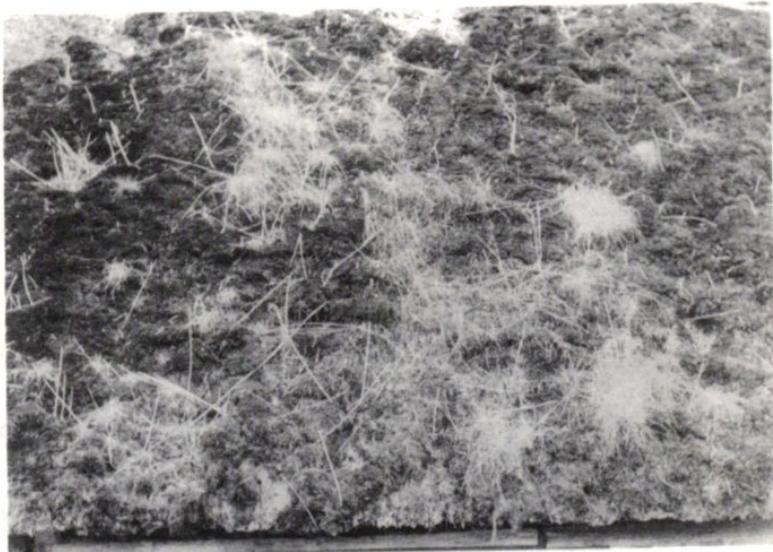


Foto 11: Mit *Agrostis alba* und *Poa pratensis* bewachsenes Rethdach, an
Moosen *Polytrichum piliferum* vorherrschend,
Maasbüll Kr. Südtirol, 19.8.69, Aufn. 108



Foto 12: Über 80 Jahre altes Rethdach in Sagan Kr. Eutin, nahezu völlig
mit *Dicranum scoparium* bestanden, darin *Senecio vulgaris*,
28.8.69, Aufn. 172

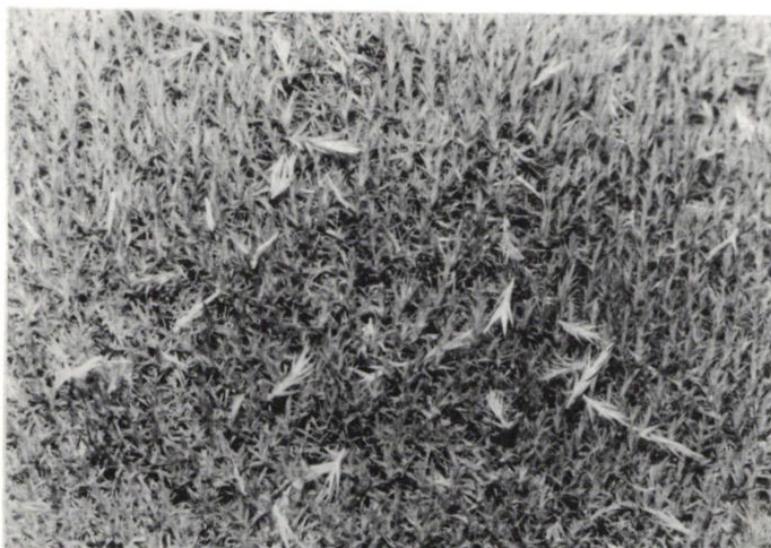


Foto 13: Bruchknospen von *Dicranum scoparium* zur Verbreitung, wie vor.

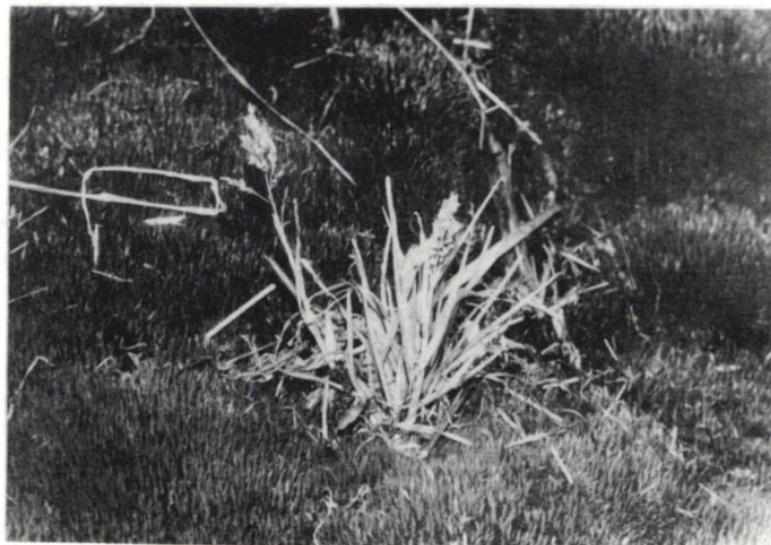


Foto 14: *Poa annua* im *Dicranum scoparium*-Polster wachsend,
Bergfeld Kr. Eutin, 28.8.69, Aufn. 166



Foto 15: Mit *Hypnum lacunosum* bewachsenes Rethdach in Todendorf/Fehmarn,
25.8.69, Aufn. 129



Foto 16: Unterschiedliche Verteilung der Dachvegetation auf linker und
rechter sowie oberer und unterer Dachhälfte, Altenholz Kr. Eckern-
förde, 1.8.69, Aufn. 3

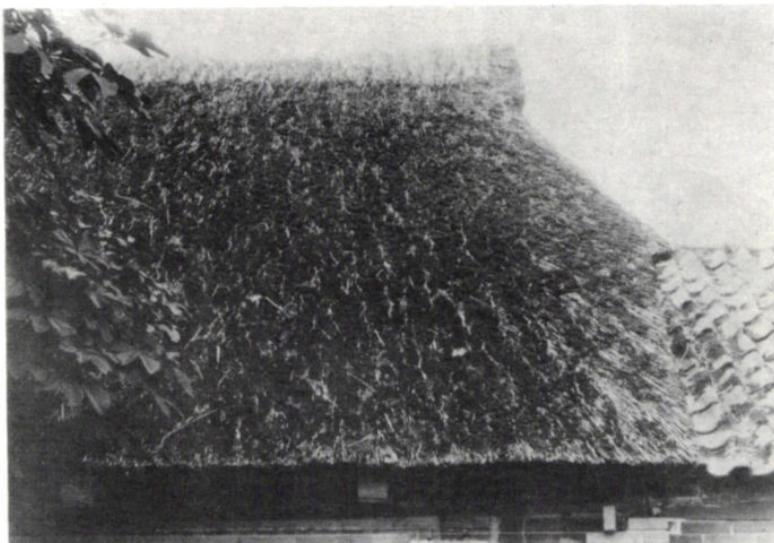


Foto 17: Degenerationsphase, Moosdecke schollig abblätternd, die offenen Flächen mit Cladonien bewachsen, Ludwigsburg Kr. Eckernförde, 15.8.69, Aufn. 74

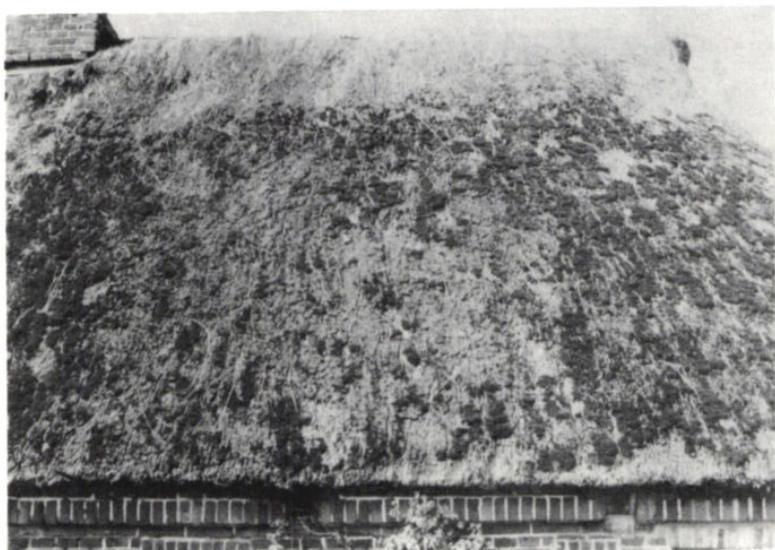


Foto 18: Mit *Ceratodon purpureus* bewachsenes Dach in Molfsee Kr. Rendsburg, 4.8.69, Aufn. 14

Arbeit abgeschlossen am 6.12.1971

Anschrift des Verfassers:

J.-P. Frahm, 23 Kiel, Waitzstr. 52

Bisher sind folgende Hefte erschienen:

- Heft 1, 1950 RAABE, E.-W., Fehmarn.(vergriffen).
- Heft 2, 1950 RUNDESHAGEN, E., Dänischer Wohld.(vergriffen).
- Heft 3, 1951 RAABE, E.-W., Über die Gräser in Schleswig-Holstein. 133S. mit Nachträgen. DM 4, -- (3, --)
- Heft 4, 1952 JENSEN, N., Die Moosflora von Schleswig-Holstein. (vergriffen).
- Heft 5, 1955 Festschrift für Dr.h.c. Willi CHRISTIANSEN zur Vollendung des 70. Lebensjahres. Mit 32 Beiträgen. 325S. DM 12,80 (10, 30)
- Heft 6, 1956 RAABE, E.-W., Bericht über die Arbeitstagung in Lauenburg an der Elbe. 39S. DM 1, -- (0, 80)
- Heft 7, 1959 HORSTMANN, H., Flora des Kreises Husum.(vergriffen)
- Heft 8, 1959 SCHREITLING, K.-Th., Beiträge zur Erklärung der Salz-vegetation in den nordfriesischen Kögen 98S. MENZEL, Fr., Die Verbreitung der Röhrlinge, Blätter- und Bauchpilze in Südtondern. 17S. DM 4, -- (3, --)
- Heft 9, 1961 MÖLLER, H., Floristisch-soziologische Untersuchungen im Scharnhagener Moor (Dänischer Wohld). 64S. GAERTNER, K.-H., Die Vegetationsverhältnisse der Wiesen am Barsbeker See. 110S. DM 8, -- (6, 40)
- Heft 10, 1962 MANG, Fr., Zur Kenntnis der gegenwärtigen Vertreter der Salix-sektion INCUBACEA DUMORTIER und ihre häufigsten Bastarde in Schleswig-Holstein, Hamburg und den angrenzenden Gebieten. 79S. DM 7,50 (5, 80)
- Heft 11, 1963 SCHREITLING, K.-Th., Im Spülsaum der nordwestdeutschen Flachküste. 105S. DM 5, -- (4, --)
- Heft 12, 1963 VOGEL, H., Moorstratigraphische und pollenanalytische Untersuchungen am Himmelmoor bei Quickborn. 35S. DM 2,80 (2, --)
- Heft 13, 1965 HEYKENA, A., Vegetationstypen der Küstendünen an der östlichen und südlichen Nordsee. 135S. DM 13, -- (10, 40)
- Heft 14, 1966 SCHLOTTMANN, C.P., Die Pflanzengesellschaften des Gaarder Bauernwaldes (Kreis Südtondern). 129S. MENZEL, Fr., Die Verbreitung der Moose in Südtondern. 8S. DM 10, -- (7, 50)
- Heft 15, 1967 WEBER, H.E., Über die Vegetation der Knicks in Schleswig-Holstein. 196S. Text und 43 Tab. DM 21, -- (16, 90)
- Heft 16, 1968 SCHREITLING, K.-Th., Wir bestimmen Laubbäume im Winter. 53S. DM 5, -- (4, --)
- Heft 17, 1969 EGGERS, Th., Über die Vegetation im Gotteskoog (Nordfriesland) nach der Melioration. 103S. DM 16, -- (13, 25)
- Heft 18, 1970 PIONTKOWSKI, H.U., Untersuchungen zum Problem des Atlantischen Klimakeils 217S. DM 14, -- (10, 30)
- Heft 19, 1970 MÖLLER, H., Soziologisch-ökologische Untersuchungen in Erlenwäldern Holsteins. 109S. DM 14, -- (10, 20)
- Heft 20, 1972 URBSCHEIT, J., Flora des Kreises Pinneberg. ca. 280S. DM DM ca. 14, --

Außerdem kann durch die AG bezogen werden:

RAABE, E.-W., Über die Vegetationstypen am Dummerdorfer Ufer. 78S. mit mehrfarbiger Vegetationskarte 1:5000. Lübeck 1960 DM 12, --

(Die in Klammern gesetzten Preise gelten für Mitglieder unserer Arbeitsgemeinschaft und für Studierende bei direktem Bezug.)