Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges. **50** (1991): 537-570

Kryptogamenvegetation auf Dächern in Mittelfranken

von

Klaus von der Dunk, Hemhofen

Einleitung

Wenn man in Mittelfranken besonders durch kleinere Ortschaften fährt, fallen einem die oft üppigen Moospolster und bunten Flechtenüberzüge auf den Dächern auf. Ziel dieser Untersuchung war es, die floristische Zusammensetzung dieses anthropogenen Lebensraumes weitgehend zu erfassen, Unterschiede in der Abhängigkeit zu verschiedenen Dachdeckungsmaterialien festzuhalten und Rückschlüsse auf die ökologischen Bedingungen zu ziehen. Die Geländearbeit erstreckte sich über mehrere Jahre, wobei die verschiedenen Gebiete besucht und dabei für einige auffällige Arten Verbreitungskarten erstellt werden konnten.

1. Untersuchungsgebiet und Methode

1.1 Das Untersuchungsgebiet

Das bearbeitete Gebiet umfaßt ganz Mittelfranken. Dieses teilt sich in den größeren Teil Westmittelfranken und in die östliche sogenannte Industrieregion (vgl. Abb. 1). Das Kartenraster richtet sich nach dem in der floristischen Kartierung gebräuchlichen Minutengitter, das sich an das Greenwich-Gradnetz anlehnt und den Meßtischblättern zugrundeliegt.

Rund um das Mittelfränkische Becken im Bereich des Flusses Regnitz/Rednitz mit einer Höhe um 300 m ü. NN, einem durchschnittlichen Jahresniederschlag um 500 mm und einer Jahrestemperatur um 8 °C gruppieren sich die Mittelgebirge Frankenhöhe und Steigerwald im Westen und die Frankenalb im Süden und Osten. Hier liegen die Höhen zwischen 600 und 700 m, der Jahres niederschlag um 700-900 mm und die Jahrestemperatur bei 6-7 °C. Die Grenzen von Mittelfranken verlaufen so, daß das Untersuchungsgebiet praktisch nur die Ränder dieser Mittelgebirge ein schließt.

Anschrift des Verfassers: Dr. Klaus von der Dunk, Ringstr. 62, 8551 Hemhofen

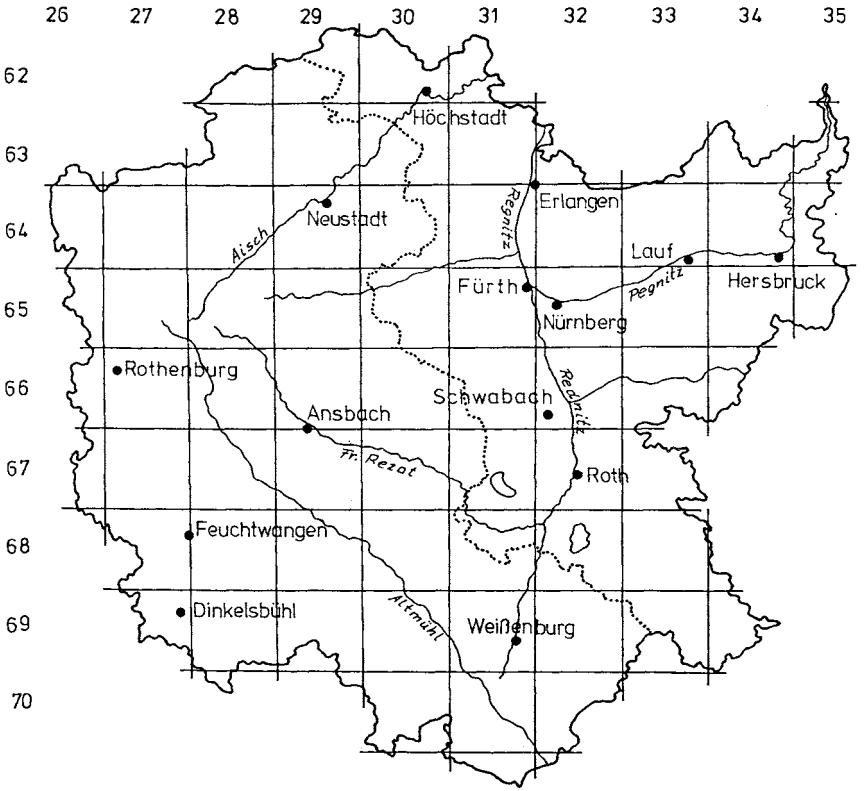

Abb. 1: Karte des Untersuchungsgebietes mit Meßtischblatt-Raster

Da die klimatischen Bedingungen gerade für Kryptogamen eine große Rolle spielen, ergibt sich für den größten Teil des betrachteten Bereiches ein warm-gemäßigtes Klima mit relativ geringen Niederschlägen. Dies hat zweifellos Auswirkungen auf die Artenvielfalt und Zusammensetzung der hier vorgefundenen Dachvegetation.

1.2 Zur Situation der Dächer in Mittelfranken

Für das Ziel dieser Arbeit hat sich Westmittelfranken als reichhaltiger erwiesen. Hier liegen viele kleinere Ortschaften mit Bauernhöfen verstreut in offenen landwirtschaftlichen Nutzflächen. In diesem Teil hat auch die Neubauwelle noch nicht so stark eingesetzt, wie im Osten, so daß sich viele Gebäude mit älteren, oft relativ gut bewachsenen Dachflächen zur näheren Begutachtung anboten. Nur dort, wo die Dächer weiter herabgezogen waren, konnten sofort direkte Studien vorgenommen werden. Das Besteigen höherer Dächer mit längeren Leitern war schwierig und oft vom Hausbesitzer nicht erlaubt. Daher wurden interessant erscheinende größere Dachflächen später meist vom Boden aus mit Hilfe eines Fernglases inspiziert.

Günstig war die Situation bei den noch vorhandenen altfränkischen Backöfen, die an der Hofeinfahrt zu manchen größeren bäuerlichen Anwesen stehen. Ihr Dach ist bei der niedrigen Bauweise gut zugänglich und trägt durch das Alter meist einen reichhaltigen Bewuchs.

Ähnliches gilt für die im Aischgrund um Höchstadt im Norden Mittelfrankens verbreiteten Feldhäuschen der dort ansässigen, Karpfen züchtenden Teichbauern. Die Lage in völlig freier Landschaft und ein oft beachtliches Alter führte zur Entdeckung seltener Flechtenarten. Leider werden beide "Gebäudetypen" immer seltener, da sie entweder als nutzlos abgebrochen oder durch moderne Bauten ersetzt werden.

Als besondere Informationsquelle dienten Schuttplätze und Feldwege. Bei einer in letzter Zeit immer häufiger zu beobachtenden Neueindeckung älterer Häuser werden die alten Dachziegel entweder auf nahe gelegene Schuttplätze gebracht, oder dienen zerkleinert als Befestigung sandiger oder schlammiger Feldwege. Für die Untersuchung ergab sich damit die Möglichkeit – vorausgesetzt, die Deponie war noch nicht allzu alt – Ziegel ohne großen Aufwand genau zu studieren, die ihren Platz wahrscheinlich vorher in größerer Höhe mitten auf einer Dachfläche hatten.

Die Anfertigung der Verbreitungskarten war erst möglich geworden, nachdem aufgrund genauer Kenntnis das Erscheinungsbild interessanter Arten auch von weiterer Entfernung mit Sicherheit zu identifizieren war.

1.3 Untersuchungsmethode

Für die soziologischen Aufnahmen wurden möglichst homogen bewachsene Dachflächen ausgewählt. Dabei spielte die Artenvielfalt und die Güte der Ausprägung eine untergeordnete Rolle.

Die anfängliche Absicht, jeweils die Fläche eines Dachziegels oder einer Dachpfanne als Untersuchungseinheit zu nehmen, scheiterte daran, daß besonders bei jüngeren Dächern die Ziegelflächen von Flechten und die Spalten zwischen benachbarten Ziegeln von Moosen besiedelt waren. Da es nicht sinnvoll schien, dieses kleinräumige Mosaik getrennt aufzunehmen, wurde prinzipiell von einem Quadratmeter als Grundfläche ausgegangen, so wie es auch von FRAHM 1972 praktiziert worden ist. Somit kommen auf diese Grundeinheit bei lockerer Belegung etwa 17 Tonziegel (Biber), bei doppelter Belegung 33 und etwa 10 Falzziegel oder Beton-Dachpfannen.

Die Prozentanteile der einzelnen Pflanzenarten an der Vegetationsbedeckung auf der Probefläche wurden geschätzt, wobei sich die Angaben, fußend auf der bekannten Methode von BRAUN-BLANQUET 1964, nach der verfeinerten und für Kryptogamen besser geeigneten Skala von FREY 1933 und KLEMENT 1955 richten. Dabei kennzeichnet eine "5" eine Abundanz von 50 und mehr % und nach jeweiliger Halbierung eine "1" 1-6 %. Mit einem "+" werden Einzelexemplare erfaßt. Die in der Pflanzensoziologie ebenfalls übliche Angabe des Soziabilitätsgrades (z. B. Rasen-, Posterwuchs, Einzelpflanzen...) wurde hier weggelassen, da die Wuchsformen der hier auftretenden Arten bekannt sind. Besonderheiten finden bei der Besprechung der Tabellen Berücksichtigung.

Das im Tabellenkopf vermerkte Alter der Dächer ist etwa zur Hälfte von den Hausbesitzern erfragt worden. Die übrigen Angaben beruhen auf Schätzungen, die nach dem Bewuchs und dem Aussehen der Ziegeloberflächen erschlossen wurden und der Wirklichkeit recht nahekommen dürften. Die Zahl 50 umfaßt auch ältere Dächer, über die keine genauen Angaben zu erhalten waren.

2. Das Dach als Lebensraum

2.1 Materialunterschiede

In Mittelfranken herrschen im allgemeinen **Ton**ziegeldächer vor. Der sozusagen klassische fränkische Dachziegel ist eine rot brennende Keramik. Als Rohmaterial werden die an verschiedenen Orten anstehenden Tonvorkommen (Lettenkohlenkeuper, Feuerletten und Liastone) verwendet, denen als Magerungsmittel mehr oder weniger viel Sand beigemischt wird. Praktisch alle Gebäude waren von altersher mit Dachziegeln in der Form des sog. Bibers oder Biberschwanzes gedeckt. Im Innenbereich der größeren Städte und in den Dörfern auf dem Lande herrscht auch heute noch diese Dachbedeckung vor.

Ein solcher Biberschwanz widersteht der Verwitterung sehr gut. Erst nach etwa 60 Jahren beginnt er schollig abzublättern, und zwar meist an den Stellen, an denen gröbere Sandkörner oder eingebackene andere Fremdkörper Temperaturspannungen in der Grundmasse verursachen.

Während die Biberschwänze etwa bis 1915 die einzige Art der Dachbedeckung darstellten, wurden in der Folgezeit verschiedene Wege gesucht, um die Nachteile der fehlenden Luftzirkulation und damit die Gefahr des Schimmelns der verarbeiteten Dachsparren und Latten zu beseitigen. Zwei Wege wurden beschritten. Der eine führte zu Hohlziegeln, die sich hier aber kaum durch gesetzt haben. Der andere brachte die sog. Falzziegel, die etwa seit 1920 hergestellt wurden. Die wellenförmig gepreßten Tonziegel ließen sich leichter verlegen, lagen fester auf den Dachlatten und boten bei anderen Ausmaßen eine Ersparnis an Material und damit auch an Gewicht für das Dach. Sie gestatteten eine gewisse Luftzirkulation, die besonders für das Trocknen landwirtschaftlicher Güter in Hausgiebeln und Scheunen notwendig war. Diese Falzziegel sind in Mittelfranken nicht selten. Allerdings kamen sie wohl in einer Zeit auf, in der relativ wenige Neubauten erstellt wurden und die vorhandenen alten Dächer noch nicht ersetzt werden sollten. Sie verwittern auch im Bereich der erhabenen Wellen schneller als die alten flachen Biberplatten.

Etwa seit 1945 entwickelte man Dach"ziegel" aus **Beton**, zuerst in der alten Biberschwanzform, dann aber bald in der heute gebräuchlichen, den Falzziegeln nachempfundenen Gestalt. Sie werden als Dachpfannen oder Dachsteine bezeichnet. Ihre schnellere und preisgünstigere Herstellung trug wohl zu ihrem Siegeszug bei. Praktisch bei allen Neubauten oder Neueindeckungen älterer Gebäude werden sie heute verwendet. Analog zu den Reetdächern Schleswig-Holsteins könnte man sagen, nur wohlhabende Hausbesitzer werden sich in Zukunft ein echtes Tonziegeldach leisten können und so das völlige Verschwinden der alten Dacheindeckungen verhindern.

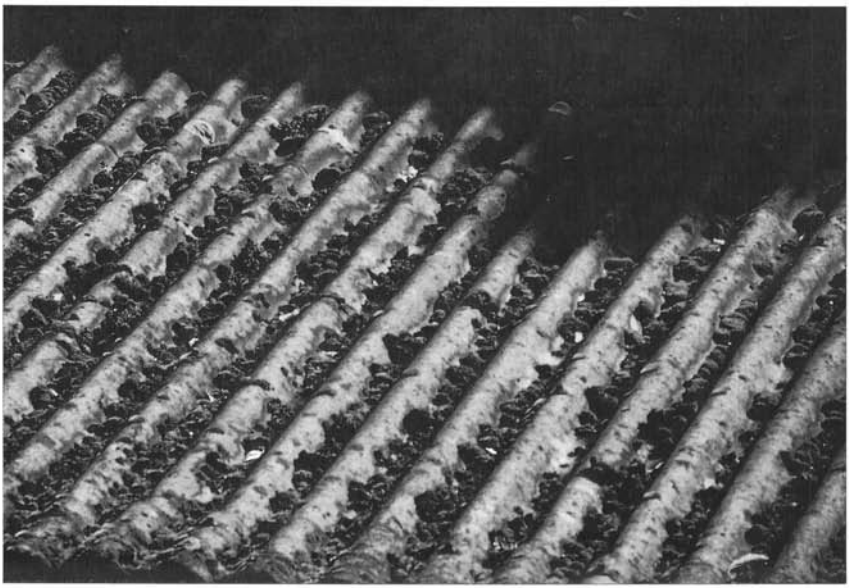

Abb. 2: Garagendach aus Welleternit. Die Flechten wachsen auf den Buckeln, während die Moose in den Wellentälern auf angesammeltem Detritus gedeihen. Nettetal, Ortsteil Kaldenkirchen, SW-Exposition, ca. 5° Neigung, Halbschatten. 10.88. Aufn. Dr. E. Stillger, Nettetal

Neben diesen beiden wesentlichen Dachbedeckungen entdeckt man in Mittelfranken noch ein paar andere Materialien, von denen nur der **Eternit** weiter verbreitet ist. In der Form rhombischer Platten wie auf Abb. 3 allerdings wurde er hier kaum verarbeitet. Häufig sind dagegen die charakteristischen Welltafeln, mit denen Garagen, Schuppen und größere Lagerhallen bedeckt sind (Abb. 2).

Im südöstlichsten Teil Mittelfrankens kann man noch einige Häuser finden, die mit Platten des Solnhofer Schiefers belegt sind. Auf älteren flach geneigten Dächern liegen die Kalkplatten in Lagen von 6 bis 10 Stück übereinander. Für steilere Dächer wurden sie in die Form der Biberschwänze gebracht und mit einem Loch zum Annageln an die Dachlatten versehen.

Auf diese Dächer, wie auch auf die heute verbreiteten Flachdächer von Häusern und Garagen, die mit Teerpappe abgedeckt sind und bei Garagen häufig eine Kiesschicht tragen, werde ich nur am Rande eingehen. Das gleiche gilt für die wenigen Schieferdächer, die erst weiter nördlich im Bereich des Frankenwaldes häufiger werden. Holzschindeln und Reetbedeckungen fehlen im Gebiet fast völlig.

2.2 Chemismus der untersuchten Dachbedeckungen

Für die Untersuchungen standen nach dem oben Gesagten drei verschiedene Materialien zur Verfügung: Tonziegel, Betonpfannen und Welleternit. Für die Beurtei-

lung der sich darauf ansiedelnden Kryptogamen ist ein kurzer Einblick in Chemismus, Alterungs- und Witterungsverhalten von Nutzen. Dafür folgende Übersicht:

	Ton	Beton	Eternit
chemische Bestandteile	bes. Kalifeldspat $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6\ SiO_2$ K_2O wird zu K_2CO_3	Sand: SiO_2 Kalk: $CaCO_3$	Asbest: $Ca/Fe/Mg(OH)_2 \cdot (SiO_4)_x$ Zement: $CaCO_3$
pH-Wert jung (Ø) alt	9 6,5 - 7	13 11	12,5 - 13 12
Alterungserscheinungen	Abplatzen über eingebackenen Fremdkörpern	Absanden, Kalkauswaschen, Haarrisse	Lockern der Fasern durch Klima und Bewuchs. Kalkauswaschen
besondere Eigenschaften	glatte, feste Oberfläche witterungsfest	meist rauhe Oberfläche, leichter angreifbar	Durch faserige Struktur Abblättern. Länger feucht bleibend

Für die besiedelnden Kryptogamen – das gilt nur für die direkt auf der Unterlage wachsenden Flechten und Moose – bedeutet das: Der Ton bildet nach 10-20 Jahren ein subneutrales Substrat und kann azidophilen Arten als Lebensraum dienen. Hier sind folglich Vertreter zu erwarten, die in der Natur von Silikatgesteinen (z. B. Sandstein, Granit u. a.) bekannt sind.

Beton und Eternit bleiben auch bei Alterung im basischen Bereich und können daher nur von basiphilen Arten besiedelt werden. Man wird hier natürlicherweise auf Kalkfelsen wachsenden Arten begegnen.

2.3 Ökologische Wachstumsbedingungen auf Dächern

Die **Neigung** einer Dachfläche entscheidet darüber, wie schnell sich eine Besiedlung einstellt. Je flacher das Dach ist, desto leichter können sich Kryptogamensporen festsetzen. Eine besondere Rolle spielt dabei die durch eine geringe Dachneigung erleichterte Ansammlung von Staub und Feinerde, die wiederum die pflanzliche Entwicklung begünstigt. Vor allem Moose können ihre größeren Polster auf einem flachen Dach leichter entwickeln und, vollgesogen mit Regenwassser, länger halten als auf einem steilen Dach.

Je größer der Neigungswinkel ist, desto mehr verschiebt sich das Artenspektrum in Richtung auf Krustenflechten.

Neben der Neigung ist die **Exposition** ein wirkungsvoller abiotischer Faktor, der Üppigkeit des Bewuchses und Artenzusammensetzung maßgeblich bestimmt. Nach Süden ausgerichtete Dachflächen unterliegen einer extrem starken Insolation, die besonders an heißen Sommertagen ein schnelles Aufheizen der Unterlage auf bis zu 70 °C bewirkt.

Nicht nur der Temperaturgang bewegt sich dabei innerhalb von 24 Stunden zwischen erstaunlichen Bereichen, sondern Hitze und Abkühlung beeinflussen natürlich auch

Abb. 3: Walmdach mit ca. 30-40 Jahre alten Eternitplatten. Im Traufgebiet einer darüber verlaufenden Kupferdrahtleitung ist das Dach frei von Bewuchs. Diez/Lahn, 120 m, Sommer 77. Aufn. Dr. E. Stillger, Nettetal

den Wassergehalt der hier siedelnden Pflanzen. Diesem Streß ist nicht jede Art gewachsen.

Wenn man bei einer südexponierten Dachfläche von einem "wüstenhaft kontinentalen Klima" sprechen könnte, wäre die treffende Bezeichnung für die Nordrichtung ein "gemäßigt ozeanisches Klima". Hier folgt die Temperatur der Dachplatten weitgehend der der umgebenden Luft. Außerdem hält sich die vorhandene Feuchtigkeit erheblich länger. Der daraus resultierende üppigere Bewuchs erhöht den Taufall und damit den Wassergehalt der ganzen Fläche. All das gestaltet das Mikroklima für die Kryptogamen erheblich günstiger. Südexponierte Dachflächen sind folglich die Heimat von Xerophyten, nordexponierte diejenige von Hygrophyten.

Regenfälle beeinflussen erheblich den Zeitablauf und die Art der Dachbesiedelung. Abhängig vom Neigungswinkel und der Größe der Fläche kann Regenwasser oft mit beachtlicher Geschwindigkeit ein Dach hinabfließen. Größere Hindernisse werden dabei schnell fortgespült. Sehr zum Leidwesen der Hausbesitzer finden sich daher nach Gewittergüssen Moospolster in den Regenrinnen und machen deren ständige Reinigung erforderlich. Aus der Sicht der Dachbewohner sind die zum unteren Dachrand weisenden Kanten der Ziegel und Platten die einzigen Stellen mit Strömungsruhezonen. Hier wird daher stets die Besiedelung eines Daches beginnen,

oder anders ausgedrückt, die zufällig hier keimenden Organismen unterliegen nicht der Selektion des Fließwassers und überleben. Von hier aus können die offenen Flächen erobert werden.

Der **Wind** greift ebenfalls die auf den Dachflächen siedelnden Pflanzen an, in unseren Breiten aber wohl kaum je so stark, daß die meist dicht an den Untergrund gepreßten Flechten und Moose herabgeweht werden – es sei denn, er nimmt gleich die ganze Dachplatte mit.

Wichtiger ist die einerseits feuchtigkeitsbringende, andererseits aber austrocknende Wirkung des Windes. Dachflächen, die ihm entgegen gerichtet sind, eignen sich daher zusätzlich zu den oben erwähnten Faktoren nur für Xerophyten. Im Leebereich, der in unseren geographischen Breiten meist mit einer Exposition nach Norden oder Osten zusammenfällt, verläuft folglich die Vegetationsentwicklung ungestörter.

Der Wind ist es auch, der einen weiteren Effekt hervorruft, der auf vielen Hausdächern auffällt: die Flechtenfahnen auf den windabgewandten Dachflächen unterhalb von Antennen. Die herangetragene Luftfeuchtigkeit kondensiert an den Drähten und tropft dann, vom Wind weitergetragen auf die Leeseite des Daches.

Ganz wichtig ist die **Beschattung** eines Daches durch neben dem Haus wachsende Bäume. Dies erhöht den Feuchtigkeitsfaktor des Mikroklimas, indem die Verdunstung durch fehlende Sonneneinstrahlung herabgesetzt wird. Nicht nur dies fördert das Wachstum der Kryptogamen, sondern auch der Laub- oder Nadelfall ermöglicht durch die schnellere Bildung einer Erdschicht selbst Waldbodenmoosen ein Auskommen. Größere Blatt- und Strauchflechten können hinzutreten.

Außer den erwähnten mehr oder weniger fördernden Faktoren gibt es auch zwei, die mit ziemlicher Sicherheit einen Dachbewuchs verhindern. **Schwermetallionen**, die aus den Einblechungen von Dachfenstern und Schornsteinen stammen oder aus engobierten bzw. glasierten Ziegeloberflächen ausgewaschen werden vereiteln eine Besiedlung durch Moose und Flechten, ja sogar durch Algen. Der Einfluß der Einblechungen schafft dachabwärts mindestens einen 1 m großen Freiraum, der nur im Randbereich sehr zögernd und sporadisch von Pionieren unter den Krustenflechten besiedelt wird. Sehr eindrucksvoll wird dieser Schwermetalleffekt durch Abb. 3 demonstriert, das mir Herr Dr. Stillger aus Nettetal übersandte. Genau unter einem darüber verlaufenden Kabel ist die Fläche des Eternitdaches völlig frei von Kryptogamen. Das sah wahrscheinlich so unschön aus, daß, wie mir Herr Dr. Stillger mitteilte, das Haus inzwischen neu gedeckt wurde.

Auf 20 bis 30jährigen Glasurziegeldächern konnte überhaupt kein Bewuchs festgestellt werden.

Da Flechten als Bioindikatoren besonders empfindlich auf eine **Luftverschmutzung**, speziell auf einen höheren Gehalt an Schwefeldioxid reagieren, kann es nicht verwundern, daß man sie im Innenbereich von Städten praktisch nicht auf Dächern findet. Aber auch die sonst reichlich vertretenen Algen und die meisten Moose meiden diese Gebiete. Nur das Moos *Ceratodon purpureus* übersteht selbst diese Belastung – allerdings nur geschützt in Erkerwinkeln und in den Dachrinnen.

3. Die untersuchten Kryptogamengruppen – Erläuterungen zu den Tabellen

3.1 Die Algen

– Die Nomenklatur folgt STREBLE & KRAUTER 1988 –

Luftalgen sind praktisch überall gegenwärtig. Es gibt daher mit Ausnahme glasierter Ziegeldächer keine, auf denen sich nicht wenigstens einzellige Grünalgen finden. Unter diesen ist *Pleurococcus vulgaris* besonders häufig. Mit ihren durchschnittlich 10 μm großen Zellen, die sich zu Aggregaten zusammenlagern, siedelt diese Alge zunächst in den länger feucht bleibenden Ritzen zwischen den Dachziegeln, überzieht aber bald nordexponierte Dachflächen ganz. Diese "Patina" ist vor allem im Windschatten der Antennen und Schornsteine und im Bereich der von Dachfenstern und Erkern herabziehenden Wasserablaufbahnen nicht zu übersehen. Weitere Chlorophyceen treten bald hinzu: *Chlorella sp.* (wohl meist die Art *vulgaris*), *Chlorococcum multinucleatum* und *Dictyosphaerium pulchellum.*

Auf länger feucht bleibenden Stellen entwickeln sich Fadenalgen (*Ulotrichales*). Häufig und mit fädig-verfilztem hell grünem Rasen auffällig ist die Art *Chlorhormidium flaccidum.* Kaum weniger oft begegnet man auch *Stichococcus bacillaris*, deren Zellschnüre meist in kurze Abschnitte zerbrochen sind. Bemerkenswert ist noch *Prasiola crispa.* Sie bildet im Winterhalbjahr nur wenigzellige Fäden, wächst jedoch während des Sommers mit einem flächigen Thallus.

Eine artenreiche Ansammlung der verschiedensten Algenarten kann man epiphytisch auf pleurokarpen Dachmoosen finden. In den Hohlräumen zwischen den Moosblättchen leben neben den bereits genannten Arten Blaualgen (*Bacillariophyceae*) mit der Art *Dactylococcopsis rhaphidioides* und Kieselalgen (*Diatomeae*) mit *Pinnularia borealis.*

Da auf bewachsenen Dächern stets auch Algen vorhanden sind, auch wenn sie makroskopisch nicht sofort ins Auge fallen oder während der Sukzession zeitweise durch sich ausdehnende Krusten- und Blattflechten beiseite gedrängt werden, wurden sie in den soziologischen Tabellen nicht weiter gekennzeichnet. Für die Quadratmeter großen Untersuchungsflächen wären die Dominanzwerte der einzelnen Algenarten auch kaum zu ermitteln gewesen.

3.2 Die Flechten

– Die Nomenklatur richtet sich nach WIRTH 1987 –

Flechten leben oft in relativ engen ökologischen Grenzen. Es kann daher nicht verwundern, daß Ton einerseits und Beton und Eternit andererseits unterschiedliche Arten beherbergen, wie ein Vergleich der Tabellen deutlich macht.

Beginnen wir mit dem **Ton** als Untergrund (Tabelle 1).

Pionier ist *Porpidia crustulata*, deren Thalli auf rotgrundigen Ziegeln bei näherer Betrachtung auffallen: Schwarze Apothecien stehen auf einem weißlichen, wenig deutlichen Lager in fast konzentrischen Kreisen. Diese Flechte findet sich fast nur auf den feuchteren Nordexpositionen (Aufnahme 1 und 2). Wo ein Baum zusätzli-

Laufende Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Aufnahme-Nummer	131	132	100	112	111	101	124	29	50	42	37	17	108	107	109	135	120	121	106	125	116	115	118	119	117	123	48	59	52	57	58	60	61
Exposition	SW	SW	SW	SE	SE	SW	SE	SW	NE	SW	S	SW	SW	SW	SW	SE	E	SE	SE	SE	SW	E	SE	S	SW	SW	SW	E	SW	S	W	S	N
Neigung (Grad)	40	40	45	45	45	45	45	40	30	40	40	50	30	30	35	45	45	45	45	45	45	30	30	45	45	45	30	40	45	45	40	40	40
Bedeckung (%)	20	20	20	50	50	30	50	30	60	30	50	30	30	50	30	50	30	60	50	60	10	60	50	80	50	80	50	50	95	100	100	70	40
Alter (Jahre)	25	30	30	40	40	30	50	20	35	40	50	50	50	50	40	50	30	30	40	40	30	30	30	40	30	30	35	35	50	50	50	45	45
Artenzahl	3	2	4	5	7	5	3	3	4	6	4	4	4	5	2	5	5	6	6	4	4	4	5	7	4	4	7	5	4	4	4	3	5
Beschattung "S"																																	
Porpidia crustulata	2	2	2	2	+	1																											
Physcia adscendens				+	1																												
Hypogymnia physodes				1	5	+																											
Physcia tenella			+		+					+																							
Lecanora muralis							1	3	1	2	+	2	2			4	+	1	+					1			2						
Candelariella vitellina								1	1	1	+	+				+							1	+			1		+	1			
Candelariella aurella							3									+	+	+	+	2	+	1		1	+						+	+	
Lecidea fuscoatra							2						+				2	2		1	1	+			2	1	1	1	5	2	3	1	2
Lecanora rupicola														+	2	1	2	4	3		+	2	1	+	1	3							+
Lecanora sulphurea														+				2	+	2													
Parmelia verruculifera																			2	3	5	4	2	2	1	5	2	+		1	1		
Parmelia conspersa																							2	1					2				
Rhizocarpon geographicum																	+						+			+		1	1	5	4	5	2
Rhizocarpon distinctum																																	
Xanthoria calcicola																																	
Ramalina capitata																																	
Physcia dubia																																	
Lecanora campestris																																	
Cladonia coniocraea																																	
Cladonia subulata																																	
Grimmia pulvinata								+							+	2	1	3	1	1	+			+			+						+
Schistidium apocarpum																	+				+												
Orthotrichum anomalum																1		+															
Tortula muralis																			+	1	3	+											
Ceratodon purpureus		+																	1								1						1
Hypnum lacunosum tect.																																	
Hypnum cupressiforme																																	
Tortula ruralis																												+					
Bryum argenteum																	+										+						
Bryum capillare																																	
Homalothecium sericeum																																	
Brachythecium rutabulum																																	
Sanionia uncinata																																	

Tabelle 1: Bewuchs auf Ton

chen Schatten bringt und sich die Feuchtigkeit länger hält können die eigentlich typischen Epiphyten *Physcia adscendens*, *P. tenella* und *Hypogymnia physodes* hinzutreten. Die Verbindung der Thalli über die Rhizinen mit der Unterlage ist so locker, daß man diese Flechten bei feuchter Witterung flächenhaft abziehen kann (Aufnahme 3-6).

Für lichtoffene Standorte charakteristisch ist die häufige *Lecanora muralis* und die beiden *Candelariella*-Arten *vitellina* und *aurella*. Letztere bilden oft unterhalb des Dachfirstes offen stehender Gebäude in der Sonne leuchtende Überzüge, ein Zeichen für eine Vorliebe für Nährstoffreichtum, der wohl hier vornehmlich von rastenden Vögeln geliefert wird (Aufnahmen 7-13). *Lecanora muralis* kann auf diesen Dächern Thalli von über 10 cm Durchmesser ausbilden, was nach FEIGE & KREMER 1979 eigentlich auf ein Alter von 80 Jahren schließen lassen würde, nimmt man den dort angegebenen Zuwachswert von 1,3 mm pro Jahr als Grundlage. Der Konsistenz der Ziegel nach zu schließen, sind diese Flechtenthalli aber höchstens 35-40 Jahre alt. Wie bei den Tropfsteinen in Kalkhöhlen scheint der an einigen Stellen beobachtete Wachstumswert nicht ohne weiteres auf jeden Standort übertragbar zu sein.

Auffällig und offenbar für ältere Tonziegel typisch ist *Lecidea fuscoatra* var. *grisella*. Ihre grauen, relativ dicken, areolierten Krustenthalli mit den eckigen

34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67
126	49	51	53	113	122	102	103	105	104	127	128	129	130	4	2	1	49	54	55	28	9	10	21	22	33	36	13	23	27	47	16	8	140
NW	NE	SW	NE	NE	NE	S	S	SW	S	S	SW	SW	S	SW	SE	NW	NE	NE	NE	NE	E	N	N	N	W	NW	NE	N	NE	W	NE	SW	NW
30	30	45	45	40	40	30	45	45	40	45	45	45	45	45	45	45	30	45	45	40	40	40	55	55	10	40	35	55	40	15	35	45	20
50	40	80	50	60	50	50	60	50	50	80	80	80	60	50	80	60	40	60	70	100	10	15	60	30	100	50	50	50	80	80	80	30	100
40	35	50	50	40	40	30	40	40	40	50	50	50	50	50	50	50	35	50	50	20	30	40	40	45	30	50	45	30	20	30	45	40	30
4	7	6	5	6	4	3	5	3	4	4	5	6	5	4	7	7	5	7	7	6	7	4	9	7	5	2	6	10	8	6	5	6	3
																	S			S		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

schwarzen Apothecien überziehen oft halbe Dachflächen und lassen dabei manchmal nur wenig Raum für andere Arten. Wo ihre Krusten abgeplatzt sind, stellt sich meist die weiße *Lecanora rupicola* (= *L. sordida*) ein. Aber auch die schmutzig gelbe *Lecanora sulphurea* (Aufnahme 18-20) verträgt solche offenen, staubimprägnierten Stellen recht gut und kann bei genügend frühem Eintreffen selbst *Lecidea fuscoatra* in Schranken halten.

Besonders auf den eingangs erwähnten Feldhäuschen der Teichbauern waren ausgedehnte Überzüge der dunkel braunroten *Parmelia verruculifera*. Sie, wie auch die hin und wieder dazugekommene *Parmelia conspersa* weisen auf Stickstoffreichtum speziell durch Vogelkot hin (Aufnahmen 19-27).

Überraschend war für mich das doch recht zahlreiche Auftreten der bekannten gelbgrünen Landkartenflechte *Rhizocarpon geographicum* , an vielen Stellen auch zusammen mit der dunkelgrauen *Rhizocarpon distinctum*, Sie waren mir bisher nur von hochmontan-alpinen Standorten auf Silikatgesteinen bekannt. Beide Arten vertragen offenbar einiges an Nährstoffen, so daß sie auf alten Tonziegeln im Gebiet nicht selten sind (Aufnahme 28-39).

Die charakteristische, unverwechselbare Färbung der Landkartenflechte machte ihre Kartierung relativ einfach (Abb. 4 und 11). Wo eine nähere Inspektion möglich war, konnte auch nach der anderen Art *R. distinctum* gesucht werden. Wahrscheinlich ist die tatsächliche Verbreitung dieser Art größer, als es die Karte vermittelt.

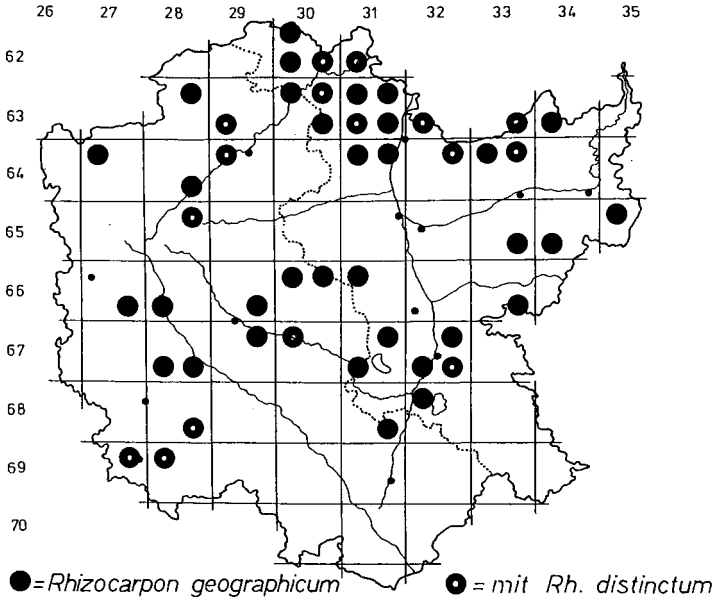

Abb. 4: Verbreitung von *Rhizocarpon geographicum* und *Rh. distinctum*

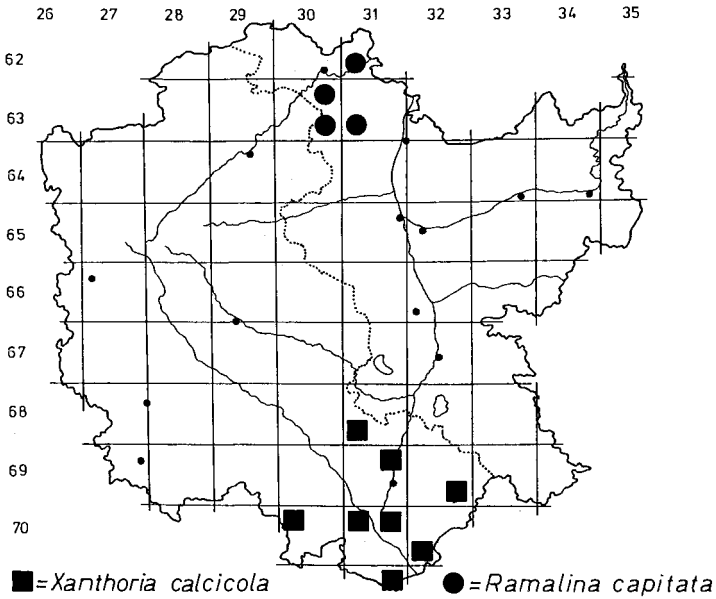

Abb. 5: Verbreitung von *Ramalina capitata* und *Xanthoria calcicola*

Abb. 6: Feldhäuschen von Teichbauern bei Adelsdorf mit dem Bewuchs von *Ramalina capitata*. 10.3.88 (siehe Abb. 12)

Beide *Rhizocarpon*-Arten werden aber mit Sicherheit zukünftig in Mittelfranken selten werden, da die von ihnen im Moment noch besiedelten Dächer mindestens 40 Jahre alt und damit offenbar – wie ich in vielen Fällen erlebt habe – als dringend erneuerungsbedürftig erachtet werden.

Auf trocken-warmen, voll besonnten Dachflächen, besonders im südlichen Mittelfranken häufiger, wächst in runzeligen großflächigen Überzügen die rotorange gefärbte *Xanthoria calcicola*. Sie fällt von weitem auf und unterscheidet sich außer in der Färbung auch durch die fehlenden Apothecien von der bekannteren Art *X. parietina*. Den in der Literatur und im Artnamen angesprochenen Kalk erhält die Flechte in diesen Bereichen wohl durch den von zahlreichen Kalksteinbrüchen im Raum Weißenburg-Treuchtlingen herangewehten Staub (Aufnahmen 40-43, Abb. 5).

Zu den bemerkenswertesten Funden zählt das Vorkommen der Strauchflechte *Ramalina polymorpha* var. *capitata* (= *Ramalina capitata*). Mit ihren gut 1 cm langen blaß-gelbgrünen, bandartigen Thallusabschnitten bedeckt sie rasig einige offenbar uralte Tonziegeldächer auf Feldhäuschen im nordmittelfränkischen Teichgebiet (Abb. 6 und 12). Da sich hier größere Mengen an Wasservögeln aufhalten und offenbar auch die Feldhäuschen als willkommenen Ruheplatz schätzen, dürfte der Nährstoffbedarf dieser Flechtenart gesichert sein. Nach Wirth 1980 und 1987 scheint diese Art in Süddeutschland nicht gerade häufig zu sein und ihre hochmon-

Tabelle 2: Bewuchs auf Beton

Laufende Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Aufnahme-Nummer	150	69	151	99	70	67	63	149	91	93	92	89	62	66	79	94	68	87	46	64	44	88	86	147	148	146	80	160	141	142	143	144	145
Exposition	S	SE	S	SE	SE	NW	SW	N	N	S	N	NE	SW	NW	N	S	NW	SW	SE	E	NW	SW	SW	N	N	N	N	N	SW	SW	SW	NE	NE
Neigung (Grad)	30	25	30	25	25	30	30	30	30	30	30	50	30	30	25	30	30	45	30	45	25	50	45	20	20	20	25	25	20	20	20	20	20
Bedeckung (%)	20	20	30	20	30	70	50	60	80	50	80	60	40	20	40	70	50	100	30	90	40	100	90	80	80	80	60	60	70	80	80	60	80
Alter (Jahre)	15	10	15	10	10	40	25	15	15	15	15	30	25	40	30	15	40	30	20	30	15	30	30	15	15	15	20	30	40	40	40	40	40
Artenzahl	4	5	5	6	7	6	6	9	8	6	9	6	4	11	6	6	10	9	9	6	4	7	6	4	3	3	7	5	8	8	10	12	10.
Beschattung "S"										S						S		S	S			S	S	S	S	S	S	S					
Xanthoria parietina	+	1	1	+	+	1	1	+		+		+	+	1			+			1				+			+	+	1		2		
Xanthoria elegans	2	1	+	+	+		2	+	+	1	1	2	2	1		1	1		+											1	+	+	+
Lecanora dispersa	1		+	+	+	1		+			+			1	1		1		+						+						+	+	+
Lecanora muralis	1	+					2	1	1	+	1	+	+			+		1				+	2							1		1	2
Candelariella aurella			+	+	+	2		+	+					1			1					+						+		+	+	+	+	+
Physcia sciastra			1	1	1	+	+	1	4	1	3			2	+		+		1	+													
Physcia caesia						1	1	2	2	4	1	1	2	1		1	+	1		1		2	1										
Physcia adscendens														+	2	+		+					+										
Physcia tenella														+	+		+		+														
Lecanora campestris											+							1	1										4	3	2	2	1
Lecanora rupicola																													+		1	+	
Lecanora albescens																													2		+		+
Lecidella stigmatea																														+		1	1
Caloplaca teicholyta																														+		+	
Caloplaca holocarpa																													+	+			+
Rinodina gennarii																													2		1	1	
Aspicilia contorta																														1			+
Verrucaria nigrescens																															+	2	
Grimmia pulvinata		1		+	1			+	1	+		+				1	+	2	1	1									+			+	1
Orthotrichum anomalum		+			1		+		+		+							2	+		1	+											
Bryum argenteum									1		+	+		+			+	1	+		1	1	2			+	+						
Tortula ruralis														+			+	1	1	3	3	3	2	1									
Ceratodon purpureus						1		+			+			+	1			2			+	2	2	5	5	5	1	+					
Pseudoleskeella tectorum																											2	2					
Hypnum lacunosum tect.																+				+					+		1	1			+		
Hypnum cupressiforme															+									+			2	+					
Brachythecium rutabulum																										+							

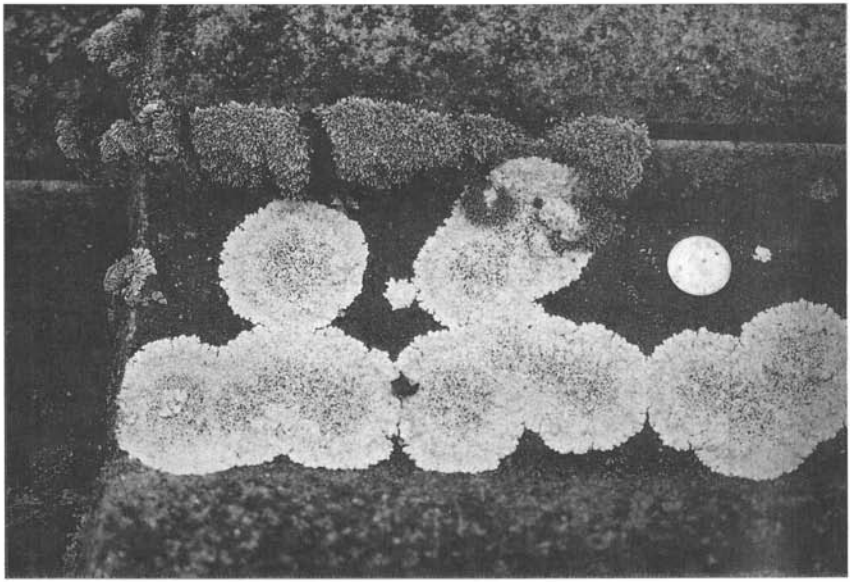

Abb. 7: Bewuchs auf 27 Jahre alten Beton-Dachplatten. *Lecanora muralis* auf den Flächen, *Bryum argenteum* in den Spalten. *Lecanora* überwächst *Bryum*. Pfennigmünze als Größenvergleich. Elmshorn, 50 m üNN, 2.8.88

tanen Standorte im Schwarzwald bis auf 300 m im Untersuchungsgebiet abgesenkt zu haben. Mit ihr vergesellschaftet wächst *Physcia dubia*, *Lecanora campestris* und *muralis* und *Parmelia verruculifera* (Aufnahme 44-50, Abb. 5).

Die hellgraue, rosettig wachsende *Physcia dubia* hat offenbar eine weite ökologische Amplitude, denn sie beschränkt sich nicht nur auf die lichtoffenen, vogelgedüngten Feldhäuschendächer, sondern gedeiht selbst bei starkem Schatten noch zwischen rasenbildenden Moosen (Aufnahmen 54-66).

Während FRAHM 1972 auf seinen Reetdächern 14 verschiedene *Cladonia*-Arten nachweisen konnte, fand ich nur *Cladonia coniocraea* und *C. subulata*, und beide nur je einmal. Sie wuchsen auf großen, in der Mitte abgestorbenen *Tortula muralis*- und *Hypnum cupressiforme*-Rasen. Dort entsprach offenbar der "torfähnliche" Rohhumus ihren Wachstumsansprüchen, so daß ihre von den nahen Kiefernwäldern herangewehten Soredien Fuß fassen konnten. Nur in diesen zwei Fällen wurden die zur genauen Bestimmung notwendigen Podetien beobachtet. An zwei weiteren Standorten auf einem Mühlendach östlich von Höchstadt fanden sich nur nicht bestimmbare sterile Cladonienthalli, die wahrscheinlich zu *C. coniocraea* gehören (Aufnahmen 63-66).

Beton-Dachplatten weisen größtenteils andere Flechtenarten auf (Tabelle 2).

Typisch, aber auf Tonziegeln nie gefunden sind die beiden *Xanthoria* Arten *parietina* und *elegans*. Beide gehören neben der scheinbar nur aus Einzelapothecien bestehenden *Lecanora dispersa* zu den Pionieren auf Beton. Dominierend wird auf 20- und mehrjährigen Dächern immer die gelbgrün aussehende *Xanthoria parietina*, während ihre verwandte Art stets als zierliche orange Farbtupfen im Aspekt zurücktritt. Am häufigsten ist jedoch *Lecanora muralis* (Abb. 7).

Ebenfalls zu den Primärbesiedlern, aber durch ihre dunklen Färbungen wenig hervortretend, gehören die beiden *Physcia*-Arten *sciastra* und *caesia*. Die manchmal fast schwarzen, mit unzähligen Isidien überzogenen, unregelmäßig geformten Lager der *P. sciastra* sind von Entfernung auf den vielfach dunkel-anthrazit gefärbten Beton-Dachsteinen gar nicht zu erkennen. Ein nur spärlich bewachsen scheinendes Dach entpuppt sich so erst bei näherem Hinsehen als völlig überzogen. *P. caesia* tritt dagegen deutlicher hervor und ist neben einer mehr kreisförmigen Gestalt im Alter, d. h. bei einem Thallusdurchmesser von über 2 cm sofort an den bläulich leuchtenden Soralenwarzen zu identifizieren (Aufnahmen 3-13).

Erheblich häufiger als auf Tonziegeln kann man auf Beton die beiden an ihren gewimperten Thalluslappen gleich erkennbaren *Physcia adscendens* und *tenella* antreffen. Stets aber ist in der Nähe ein Baum oder sonst ein Schattenspender, der den von diesen Flechten benötigten Feuchtigkeitsgehalt garantiert (Aufnahmen 14-19).

Im Untersuchungsgebiet fanden sich nur wenige Gebäude, die mit den ersten Betonplatten in Form von Biberschwänzen gedeckt waren. Von den entdeckten vier Häusern wurden inzwischen drei neu eingedeckt. Die gut 40 Jahre alten Dachsteine boten flechtenmäßig eine beachtliche Fülle von Arten, die sonst kaum gefunden wurden. Die *Lecanora*-Arten *campestris*, *muralis*, *rupicola* und *albescens* bestimmten den Aspekt. Zwischen den oft 8-9 cm großen, auf dem grobsandigen Untergrund vielfach bereits in der Mitte abgelösten Rosetten besonders der beiden ersten Arten waren immer wieder die ebenfalls hell gefärbten Thalli von *Lecidella stigmatea*, *Caloplaca teicholyta*, *Aspicilia contorta* und *Rinodina gennarii* anzutreffen. Etwas Farbe in den Bewuchs brachten nur die schwarze *Verrucaria nigrescens*, die intensiv orange gefärbten Apothecien der *Caloplaca holocarpa* und die dagegen sehr bescheiden ausgebildeten Ansiedlungen von *Candelariella aurella*. Auffällig an diesen Flechtenansammlungen war, daß praktisch kaum Moose dazwischen wuchsen und die wenigen, meist *Grimmia*-Polster, vielfach speziell von den *Lecanora*-Thalli überwachsen waren. Alle Häuser mit diesem Dachbewuchs stehen offen und unbeschattet (Hemhofen, südwestlich Neustadt a. A., nördlich Rothenburg o. d. T. und Abenberg nördlich von Spalt). Nur das letztgenannte Scheunengebäude trägt noch seine alte Dacheindeckung (Aufnahmen 29-33).

Der Flechtenbewuchs auf **Eternit**dächern (Tabelle 3) ähnelt dem der Betonplatten sehr. Zumindest die Grundausstattung ist praktisch die gleiche: die *Xanthoria*-Arten, *Lecanora muralis* und die Physcien. Ein auffälliger Unterschied sind nur die vielen *Caloplaca*-Arten *lactea*, *decipiens*, *saxicola* und *holocarpa*, die den Flechtenaufwuchs hier bunter erscheinen lassen als auf einem Betondach. Vielleicht hängt das mit der meist flacheren Neigung dieser Dächer, mit der länger festgehaltenen

Laufende Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Aufnahme-Nummer	96	24	34	161	97	31	166	163	164	165	12	162	25	81	82	77
Exposition	S	W	W	W	S	W	W	W	W	W	W	W	N	N	E	W
Neigung (Grad)	5	5	10	5	5	5	15	15	15	15	45	5	10	20	20	25
Bedeckung (%)	50	100	100	80	50	80	80	60	80	80	60	80	100	70	70	70
Alter (Jahre)	15	30	30	35	15	30	30	30	30	30	20	35	30	15	15	15
Artenzahl	6	9	6	6	8	6	11	8	8	12	9	7	8	4	4	9
Beschattung "S"														S	S	S
Xanthoria parietina	+	4		3			+			+	3	1	2	1	2	
Xanthoria elegans	1	1							+	+		+	1			1
Lecanora muralis	2	1	2	+	2	4	2	1		+		1	1			+
Physcia caesia	+				+		1			1	+					
Physcia dubia		2					+						2	+	1	
Physcia sciastra	4			1	3				2	1						
Lecanora dispersa			+				+	+	1	+						1
Candelariella aurella					+		+		+	+						+
Caloplaca lactea							+	+	+							
Caloplaca decipiens							1	1		1	+		+			
Caloplaca saxicola							+				+					
Caloplaca holocarpa							+	+	+	+		+	+			
Verrucaria nigrescens		+					+		1		+	+	1			
Physcia adscendens														4	3	2
Lecanora campestris			+			+										
Physcia orbicularis		2						2		+						
Rinodina gennarii																+
Parmelia conspersa											1					
Grimmia pulvinata		+		+	1	1				+	2				+	1
Orthotrichum anomalum	+	+		+	+	+		+	1		2	+	2			1
Tortula ruralis		+	2		+	1					+					
Bryum argenteum			1		+	+		+								
Orthotrichum affine				+						+		+				
Ceratodon purpureus														+		
Breachythecium rutabulum			+													

Tabelle 3: Bewuchs auf Eternit

Feuchtigkeit, mit der die Flechtenfestheftung erleichternden Faserstruktur oder mit einer größeren Vorliebe für Vögel als Ruheplatz zusammen. Bemerkenswert erscheint, daß sich häufig die auf den Welleternit-Bergen angesiedelten Flechten ablösen und in die "Täler" fallen, wo sie jedoch bald abgeschwemmt oder von Feinerde zugeschüttet werden. Die Ursache dafür könnte in den von Flechten abgesonderten Inhaltsstoffen liegen, die offenbar die Eternit-Textur – sofern sie nicht z. B. mit Wasserglas gehärtet worden ist – relativ leicht angreifen und aufweichen können.

Auf verschiedenen Clubheimen in Waldgebieten Nord-Mittelfrankens bildet *Physcia adscendens* ausgedehntere Rasen (Aufnahme 14-16).

Begleitende Flechtenarten treten hier aber zugunsten der Moose deutlich zurück.

3.3 Die Moose

– Die Nomenklatur richtet sich nach FRAHM & FREY 1983 –

Die Moose sind meist weniger abhängig von der chemischen Reaktion des Untergrundes als die Flechten. Das hängt sicher damit zusammen, daß ihre Rhizoiden praktisch nur zum Festheften dienen und weder zur Nährstoffaufnahme noch zur Abgabe spezieller Pflanzeninhaltsstoffe. Die Reichhaltigkeit eines Moosbewuchses richtet sich mehr nach dem Angebot an Licht und Feuchtigkeit. Damit erklärt sich auch die Tatsache, daß es für Ton und Beton keine jeweils kennzeichnenden Arten gibt. Eine Ausnahme bildet offenbar der Eternit, dessen Moosbewuchs deshalb auch in einer eigenen Tabelle (Tabelle 4) zusammengestellt wurde.

Die Grundsituation ist so, daß sich – wie eingangs erwähnt – auf südexponierten Dachflächen typische Xerophyten ansiedeln. Zu diesen zählen eigentlich nur zwei Arten, nämlich *Grimmia pulvinata* und *Orthotrichum anomalum*. Während *Grimmia* selbst gegenüber stärkerer Luftverunreinigung, also z. B. auch in den Vororten größerer Städte relativ widerstandsfähig erscheint, reagiert *Orthotrichum* deutlich empfindlicher. Dies scheint mit der exponierten Lage auf Dächern zusammenzuhängen, denn auf Mauern, erdbodennah und offenbar dadurch geschützter, begegnet man dieser Art noch in den Innenstädten. Ähnliches gilt auch für einige Flechten, wie z. B. *Lecanora muralis*.

Im Gegensatz zu anderen Dachmoosen siedeln *Grimmia* und *Orthotrichum* fast immer mitten auf den Ziegel- oder Dachplattenflächen. Von den feuchteren Spalten dazwischen werden sie durch die Konkurrenz anderer Arten verdrängt (vgl. HERTEL 1974). Das wird ihnen durch ihren Xerophytismus erleichtert. Er befähigt sie, die Lebensprozesse bei ungünstigen Verhältnissen relativ schnell einstellen zu können, um bei besser werdenden Bedingungen genauso schnell ihre Photosynthese wieder voll anlaufen zu lassen. Ebenso überstehen sie Einfrieren und Auftauen auch bei schnellem zeitlichem Wechsel unbeschadet.

Die in der Gemeinschaft dieser beiden Moose auf Mauern so typische *Tortula muralis* findet sich eigenartigerweise nur sehr selten auf Dächern. So konnte ich sie nur auf einigen uralten und schon halb zerfallenen Biberschwanz-Ziegeln entdecken, mit denen einige im Halbschatten liegende niedrigere Stadtmauer-Reste in Rothenburg o. d. T. und in Dinkelsbühl noch belegt waren. Außerhalb Mittelfrankens traf ich dieses Moos noch auf niedrigen halb verfallenen Stalldächern in Iphofen und Nördlingen.

Warum sie im Gegensatz zu Bemerkungen in vielen Moosbüchern auf Dächern so rar ist, obwohl sie auf Mauern im Gebiet nicht zu den Seltenheiten gehört und in ihrem xerophytischen Bau den beiden vorgenannten kaum nachsteht, konnte ich nicht herausfinden.

Vielleicht ist es, wie HERTEL 1974, SMITH 1980, AICHELE & SCHWEGLER 1984 u. a. angeben die Vorliebe für Zementmörtel und geschützte Standorte, wie am Fuß von Mauern, die das Moos auf Dächern selten sein läßt. Der Kalkgehalt des Untergrundes allein kann es m. E. nicht sein, denn dann sollte man meinen, daß es auf den Freikalk anbietenden Beton- und Eternitdächern reicher vertreten sein müßte. Dort fand ich es aber überhaupt nicht.

Abb. 8: Biberschwanz-Ziegel in luftfeuchter Lage mit Moosrasen aus *Ceratodon purpureus*, *Hypnum lacunosum* var. *tectorum* u. a. Der Moosbewuchs beginnt stets an den Ziegelgrenzen. Alter ca. 25 Jahre. Bei Spalt, südl. Nürnberg 24.5.89

Ceratodon purpureus könnte man fast als Charaktermoos der Dächer ansprechen. Auf keinen anderen Standorten sind mir bisher solch üppige, über 20 cm große und gut 5-6 cm hohe, reich fruchtende Rasen dieser Moosart begegnet. Da das Moos nach Boros 1968 nur an einem "Hungerstandort" steril bleibt, scheint die Nährstoffversorgung auf Dächern gut zu sein. *Ceratodon* wächst in den Übergangsbereichen zwischen voller Sonneneinstrahlung und größerem Schatten, also besonders in Ostpositionen nahezu konkurrenzfrei. Die Initialstadien, die sich oft schon nach wenigen Jahren auf einem neuen Dach zeigen, beginnen stets in den Ritzen zwischen den Ziegeln oder in den geschützten Spalten neben Erkern und Dachfenstern. Von hier wölben sich die Polster auf die angrenzenden Dachflächen. Bei flacher Neigung kann ein Dach mit Betonplatten schon nach etwa 10 Jahren über die Hälfte mit *Ceratodon* bewachsen sein (Zwei solche Dächer wurden inzwischen von den Hausbesitzern mit Drahtbürsten und Herbiziden wieder gereinigt). Auf Tonziegeln dauert es bis zum flächenartigen Auftreten sehr viel länger, da geeignete Spalten in den Ziegeln für das Verankern der Moosrhizoiden vorhanden sein müssen. Das Moos unterliegt trotzdem ständig der Gefahr, von den glatten Oberflächen abgewaschen zu werden (Abb. 8), wie man nach einem Gewitterguß häufig feststellen kann.

Obwohl die Blätter kein Glashaar als xerophytisches Kennzeichen tragen,ist diese Moosart dem Standort optimal angepaßt. Sie ist austrocknungsresistent, poikilo-

Laufende Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Aufnahme-Nummer	30	33	14	73	74	75	72	171	76	78	7	13	95	83	167	26	169	168
Exposition	S	W	SW	SE	SE	W	SE	SE	E	E	E	W	SW	N	W	W	W	W
Neigung (Grad)	5	10	10	10	10	25	10	15	25	25	20	25	5	25	25	20	25	25
Bedeckung (%)	100	100	60	100	80	40	100	80	40	80	80	70	80	80	50	100	80	80
Alter (Jahre)	30	30	10	20	20	15	20	15	15	20	20	20	15	20	20	30	15	15
Artenzahl	2	1	2	4	5	8	7	7	9	6	6	4	4	5	4	9	4	4
Beschattung "S"	S	S	S		S	S	S	S	S	S	S					S		
Tortula ruralis	5	5	5	2	2	+	1		+	+	2	3	4	3	1			
Pseudoleskeella tectorum				+	1	2	4	3	+	+	1					1		
Hypnum lacunosum tect.					+			+		1	3			1				+
Homalothecium sericeum						+		+	1	1								
Hypnum cupressiforme					+	1			1									
Eurhynchium praelongum				2			1											
Ceratodon purpureus			+						+	2	2	2	2	3	+	2	2	3
Bryum argenteum								+			+		1	+	1	3	2	1
Orthotrichum anomalum					1	1	1		1							+	+	
Bryum capillare										+						+	+	
Brachythecium rutabulum						1			+					1				+
Brachythecium salebrosum												+			+			
Brachythecium albicans																+		
Grimmia pulvinata						+	+	+	1									
Orthotrichum diaphanum																+		
Orthotrichum affine																+		
Xanthoria parietina				+			2	1			1	1						
Xanthoria elegans																1		
Physcia dubia						+	+											
Physcia caesia													+					
Lecanora muralis	+							+	+									

Tabelle 4: Bewuchs auf Eternit

hydrisch. DÜLL 1985 schreibt S. 7 über solche Pflanzen: "Sie nutzen wie Wüstenpflanzen die nächtliche Taufeuchte und oft dazu die Exposition zur aufgehenden Sonne, um in der für niedrige Pflanzen idealen Morgenkühle ihre kurze tägliche Photosynthese zu betreiben. Mit steigender Sonne trocknen sie ebenso schnell aus, wie sie befeuchtet werden. Die ... so nachteilige Zeitspanne des zwar noch etwas feuchten, aber nur noch zur Atmung fähigen Pflanzenkörpers ist hier relativ kurz. Es bedarf also keiner besonderen Anpassungen".

Wo *Ceratodon* wächst, ist meist *Bryum argenteum* nicht weit. Allerdings fand ich es auf Ziegeldächern nur sehr spärlich, häufiger dagegen auf Betonplatten und Welleternit. Im Gegensatz zu den Flach- und Kiesdächern fruchtet es aber hier nie. Ganz selten wuchs auch einmal *Bryum capillare* dazwischen.

Auf beschatteten oder in nördliche Richtungen weisenden Dächern, speziell bei geringer Dachneigung, gesellt sich *Tortula ruralis* dazu (Abb. 9). Unter optimalen Bedingungen (Tabelle 1, Aufnahme 67, Tabelle 4!) bildet es braungrüne Rasen von 3 und mehr cm Dicke, wobei die einzelnen Moosstengel über 10 cm lang sind, aber der Unterlage nach pleurokarper Manier anliegen (vgl. MEUSEL 1935). Ein für dieses Moos günstig gelegenes Dach aus Welleternit wirkt dann wie mit einem

Abb. 9: Besiedlungsinitiale auf einem 10 Jahre alten Betondach. In den Spalten siedeln die Moose (*Tortula ruralis*), auf den Flächen *Lecanora dispersa* und *Candelariella aurella*. Hemhofen 12.4.88

lückenlosen Teppich belegt. Typisch für alte Ziegeldächer, auch in sonniger Lage ist das Erscheinen des braungrünen, pleurocarpen *Hypnum lacunosum v. tectorum*. Vielfach war zu beobachten, daß *Grimmia*-Polster dieser Art als Ausgangspunkt für ihr eigenes Wachstum dienen. Die Vorliebe für saure Bodenreaktionen erklärt das spärliche Auftreten auf Beton und Eternit.

Hypnum cupressiforme erscheint erst dann auf schattigen Dächern, wenn sich besonders in den unteren Dachbereichen genügend Feinerde angesammelt hat. Es stellt vor allem auf Tonziegeln das Schatten-Klimaxstadium unter den Kryptogamen dar (Tabelle 1, Aufnahme 59-63). Auf abgestorbenen Teilen des *Hypnum*-Rasens siedeln Strauchflechten (*Cladonia* sp.), Phanerogamen oder von anderen Moosarten sehr gerne *Tortula ruralis*.

Nach Frahm & Frey 1983 ist *Pseudoleskeella tectorum* eine Besonderheit der süddeutschen Dächer. Die zarten, dunkel grünen und oft reich fruchtenden Rasen fanden sich im Gebiet eigentlich nur auf schattigem Welleternit (Tabelle 4, Aufnahme 4-11, Abb. 10). Nur an zwei Stellen wurden auch benachbarte, unter denselben schattig-feuchten Bedingungen liegende Beton-Dachplatten-Dächer besiedelt (Tabelle 2, Aufnahme 27 und 28). Über Ton fand ich diese Art nie.

4. Überlegungen zur Synsystematik

4.1 Vergleichbares aus der Literatur

Die Pflanzensoziologie spricht von "Gesellschaften", wenn eine bestimmte, sich unter vergleichbaren Bedingungen wiederholende Artenkombination vorhanden ist, von "Assoziationen", wenn hier Arten ihren eindeutigen Schwerpunkt haben und sich somit als Charakterarten zu erkennen geben.

Anders als bei vielen Phanerogamen spielt der Faktor Zeit für das Ausbilden einer **eigenständigen** Kryptogamen-Gesellschaft oder -Assoziation eine wichtige Rolle. Im Zusammenhang mit den Wachstumsgeschwindigkeiten kann es unter natürlichen Umständen lange bis zum Erreichen der Optimalphase dauern, in der dann die Kennarten deutlich werden.

Da der Lebensraum "Dach" aus der Sicht der Kryptogamen sehr kurzlebig ist und der Zufall oder der anthropogene Einfluß unabhängig von der natürlichen Verbreitung die Ansiedlung bestimmt, muß man wohl die vorhandene Artenzusammensetzung als durchwegs unfertig bezeichnen. Sie kann daher nicht als eigenständige Gesellschaft oder gar Assoziation gefaßt werden. Die in den Tabellen vorgenommene Ausgliederung bestimmter deutlich unterscheidbarer ökologischer Situationen kann nur dazu dienen, Parallelen zu den unter natürlichen Bedingungen während längerer Zeiträume entstandenen Assoziationen aufzuzeigen.

Nach dem Studium der soziologischen Literatur (Zusammenfassungen in v. HÜBSCHMANN 1986 und WIRTH 1980) ergibt sich folgender Gesellschaftsvergleich (K = Klasse, O = Ordnung, V = Verband, A = Assoziation, C = Charakterart, B = Begleiter)

Algengesellschaften:

Algen sind bisher kaum soziologisch erfaßt worden. Nur wenige Bearbeiter (BARKMAN 1958, OCHSNER 1928) haben bei der Untersuchung epiphytischer Kryptogamengesellschaften versucht, einige auffälligere Algenansammlungen in ihre Studien mit einzubeziehen. Die im folgenden genannten Algengesellschaften sind bisher für Baumrinde als Substrat aufgestellt worden und von FRAHM 1972 für Reetdächer, einem vergleichbaren Untergrund, bestätigt worden. Da die selben Arten in Mittelfranken nun auf Dächern, also epilithisch auftreten, unterstützt das zwar die einheitliche Ausprägung, deutet aber m. E. darauf hin, daß es sich bei den folgenden nicht im soziologischen Sinne um Assoziationen handelt. Vielmehr könnten die angegebenen Arten höhere soziologische Ränge, also z. B. Ordnungen, oder gar Klassen charakterisieren.

Pleurococcetum vulgaris Ochsner 1928
- AC: Pleurococcus vulgaris
- B: Chlorella vulgaris, Stichococcus bacillaris

Prasioletum crispae Ochsner 1928
- AC: Prasiola crispa
- B: Chlorhormidium flaccidum

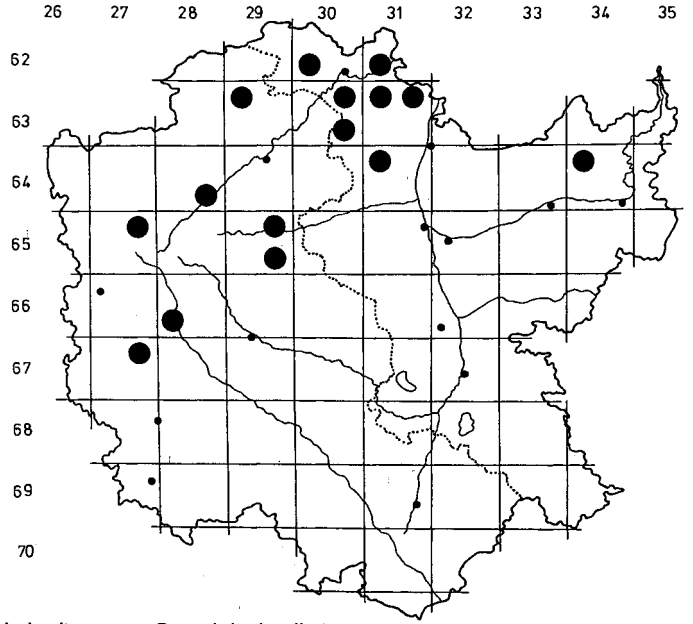

Abb. 10: Verbreitung von *Pseudoleskeella tectorum*

Flechtengesellschaften:

Die Erfassung der Flechten mit soziologischen Einheiten begann schon sehr früh. Grundlegende Arbeiten für das heute anerkannte System stammen von SCHADE 1923, OCHSNER 1928, FREY 1933, KLEMENT 1955, BARKMAN 1958, KALB 1970, WILMANNS 1962 und WIRTH 1972.

Für die Dachvegetation auf Tonziegeln kommen die *Rhizocarpetea geographici*, die natürlichen Gesellschaften beregneter Silikatfelsen als Vergleich in Frage:

Rhizocarpetea geographici Wirth 1972
KC: Rhizocarpon geographicum, Candelariella vitellina
Aspicilietalia gibbosae Wirth 1972
OC: Rhizocarpon distictum, Parmelia conspersa
Parmelion conspersae Cernoh. & Hadac 1944 em. Wirth 1972
VC: Parmelia verruculifera, Parmelia conspersa
Candelarielletum corallizae Masse 1964
AC: Candelariella coralliza, Ramalina capitata
B: Physcia dubia
Lecidelletum carpathicae Wirth 1980
AC: Lecanora campestris
B: Lecanora muralis, Lecidea fuscoatra, Physcia caesia
Lecidella stigmatea, Rinodina gennarii
Lecanoretum sordidae Hilitzer 1923
B: Lecanora sulphurea

Für die Beton-Dachpfannen und für Welleternit bieten sich entsprechend die *Verrucarietea nigrescentis* an. Es sind die natürlichen Gesellschaften nährstoffreicher Kalkfelsen.

Verrucarietea nigrescentis Wirth 1980
KC: Verrucaria nigrescens
Verrucarietalia nigrescentis Klement 1950
Caloplacion decipientis Klement 1950
VC: Candelariella aurella, Lecanora dispersa, Caloplaca decipiens, C.holocarpa, Aspicilia contorta
B: Lecanora dispersa, L. muraralis
Xanthoria elegans, X. parietina, Physcia caesia
Physcia adscendens, P. tenella, Rinodina gennarii
Caloplacetum saxicolae Du Rietz 1925 em. Klement 1955
AC: Caloplaca saxicola, Lecanora albescens
Caloplacetum teicholytae Wilmanns 1966
AC: Caloplaca teicholyta
Xanthorietum elegantis Motyka 1925
AC: Xanthoria elegans, Physcia sciastra
Xanthorietum calcareae (Besch. 1951) Klement 1955
AC: Xanthoria calcarea

Moosgesellschaften:

Die Grundlagen für die Moosgesellschaften wurden von GAMS 1927, v. KRUSENSTJERNA 1945, v. HÜBSCHMANN 1950ff, PHILIPPI 1956ff, MARSTALLER 1968ff u. a. geschaffen. Für den Vergleich mit den Dachmoosen kommt nur die Klasse *Tortulo-Homalothecietea sericei* in Frage:

Tortulo-Homalothecietea sericei Hertel 1974
Schistidietalia apocarpi Jezek et Vondracek 1962
OC: Schistidium apocarpum, Orthotrichum diaphanum, Homalothecium sericeum
Schistidion apocarpi Jezek et Vondracek 1962
VC: wie OC
Grimmio-Tortuletum muralis v.Hübschmann 1950
AC: Grimmia pulvinata, Orthotrichum anomalum, Tortula muralis
B: Bryum argenteum, Ceratodon purpureus, Tortula ruralis
Hypnum cupressiforme, Brachythecium rutabulum
Pseudoleskeelletum catenulatae Jezek et Vondracek 1962
AC: Pseudoleskeella catenulata
B: Hypnum lacunosum

4.2 Diskussion der eigenen Tabellen

Nach den im vorstehenden Abschnitt angeführten soziologischen Einheiten stellt sich die Dachvegetation folgendermaßen dar:

Die **Algen**soziologie ist nicht soweit erforscht, daß man echte Parallelen ziehen könnte. Die beobachteten Arten entsprechen zwar den als Epiphyten beschriebenen sehr, lassen aber höchstens den Schluß zu, daß sie mit ihrer weiten ökologischen Amplitude Kennarten einer Algenklasse oder -ordnung sein können, wohl kaum dagegen einer Assoziation.

Ausgenommen von dieser Beziehung sind die auf den pleurocarpen Moosarten epiphytisch ("epibryisch") gedeihenden Arten. Über sie aber ist noch kaum etwas bekannt.

Die **Flechten**vegetation der Tonziegel (Tabelle 1) hat deutliche Ähnlichkeiten zu den *Rhizocarpetea geographici*, die azidophile Arten zusammenfaßt.

Das *Candelarielletum corallizae* ist als Assoziation von Vogelfelsen mehrfach belegt worden. Das Alter der mittelfränkischen Feldhäuschenziegel und die vorhandene Artenkombination nähert sich sehr den natürlichen Verhältnissen, denn *Ramalina capitata*, *Parmelia verruculifera* und *Physcia dubia* bilden die Grundarten hier wie dort (Aufnahme 44-50). Nur *Candelariella coralliza* ist durch *C. vitellina* vertreten. Natürlich fehlen unter den Begleitern sowohl die alpinen (vgl. z. B. WIRTH 1969, KALB 1970) als auch die nordischen Arten (HAKULINEN 1962), so daß man höchstens von einem Assoziationsfragment sprechen kann.

Für die beiden anderen Assoziationen *Lecidelletum carpathicae* und *Lecanoretum rupicolae* gilt im Prinzip das gleiche. Wenn auch ein paar kennzeichnende Arten davon im Untersuchungsgebiet vorkommen, so fehlen doch die meisten der, wenigstens als Differentialarten wichtigen Begleiter.

Nachdem die *Rhizocarpetea* hochmontane bis alpine bzw. nordische Flechtengesellschaften umfassen, stellen wohl die mittelfränkischen Vorkommen auf anthropogenen Substraten zumindest starke Verarmungen tieferer Lagen dar.

Etwas anders liegen die Verhältnisse in den *Verrucarietea nigrescentis* (vgl. Tabelle 2 und 3). Der normale Flechtenbesatz der Beton-Dachpfannen entspricht wohl dem *Xanthorietum elegantis*, vermischt mit dem auch einmal beschriebenen pionierhaften *Lecanoretum dispersae*.

Die Flechtenvegetation der alten Beton-Dachsteine (Aufnahme 29-33) weist viele der in der Literatur angegebenen Charakterarten der Klasse und des Verbandes auf. Es fehlt eigentlich nur eine, ihren deutlichen Schwerpunkt zeigende Assoziationskennart - wenn man nicht die schwach vertretene *Caloplaca teicholyta* dafür herausstreichen will. Das Hinzutreten von *Aspicilia contorta* ist in dieser Kombination nur schmückendes Beiwerk und nicht etwa ein Hinweis auf ein vorhandenes *Aspicilietum contortae* Kaiser 1926 em. Klement 1955. Dies ist nämlich eine Kalk-Pioniergesellschaft mit völlig anderen Charakterarten (DOLL 1982).

Die beobachteten Bestände von *Xanthoria calcarea* weisen wohl darauf hin, daß diese Gesellschaft wahrscheinlich in den Gegenden Südmittelfrankens auf natürlichen Substraten vorkommt, auf den Dächern aber wohl nur als Fragment anzusprechen ist.

Das vermehrte Hinzutreten der *Caloplaca*-Arten zu den ausreichend vorhandenen Klassen- und Verbandskennarten erlaubt für die Eternitdächer (Tabelle 3) den Schluß auf die Präsenz des *Caloplacetum saxicolae*, einer stark nitrophilen Gesellschaft von Kalkfelsen und Mauern. Die Assoziationskennart ist aber auch hier recht spärlich.

Die **Moose** schließlich zeigen in ihrer Artenkombination ebenfalls solche Lücken, daß man nur eine gewisse Ähnlichkeit mit dem von Kalkfelsen und Mauern beschrie-

benen *Grimmio-Tortuletum muralis* erkennen kann. Höchstens die Aufnahmen 12-15 der Tabelle 1 kommen den natürlichen Gegebenheiten etwas näher, sind aber aus dem Blickwinkel der Dachvegetation untypisch und selten.

Mit dem *Pseudoleskeelletum catenulatae*, einer Moosassoziation trockener, heißer Standorte auf Kalkfelsen haben die *Pseudoleskeella*-Bestände der Eternitdächer nicht viel gemeinsam. Ähnlichkeiten entstehen erst, wenn man die schattige Variante dieser Gesellschaft heranzieht. Dann kommt nämlich als weitere Kennart *Hypnum lacunosum* dazu. Da auf Dächern sozusagen die "Kleinausgaben" dieser Kennarten wachsen, nämlich *Pseudoleskeella tectorum* und *Hypnum lacunosum* var. *tectorum* könnte man mit viel gutem Willen von einer schattenliebenden Variante mit vikariierenden Arten sprechen. Dieser soziologische Klimmzug scheint mir aber vermessen.

Als Resumee bleibt, daß die Dachvegetation deutliche Anklänge an natürliche Assoziationen zeigt, aber keine davon befriedigend vollständig entwickelt ist. Der Kurzlebigkeit des Substrats entsprechend, unter weitgehendem Ausklammern schnell wechselnder und in ihrer Wirksamkeit schlecht zu taxierender anthropogener Einflüsse, könnte auch die Zeitspanne für eine ausgewogene Gesellschaftsausbildung über die Sukzession auf den Dächern nicht ausgereicht haben.

4.3 Kryptogamen auf anderen Dächern

Wie am Anfang bemerkt, gibt es in Mittelfranken auch noch andere Materialien, mit denen Dächer belegt sind. Da sie nicht Schwerpunkt der Arbeit waren, soll hier nur kurz über einige Beobachtungen am Rande berichtet werden.

Die mit **Solnhofer Platten** belegten Häuser im mittleren Altmühltal und seiner näheren Umgebung sind eigentlich nur noch Relikte einer früheren Zeit und dementsprechend "am Aussterben". Eine nähere Erforschung wäre sicher noch lohnend, dürfte aber nicht ganz einfach sein, weil die interessant erscheinenden Dächer ohne eine größere Leiter nicht zu erreichen sind.

Bei Stichproben konnte ich folgende Arten feststellen (alle Fundorte außerhalb Mittelfrankens):

1. Flaches, mehrschichtig belegtes Dach eines Schuppens, Bahnhofnähe Solnhofen; Exp. SW, Neigung 15°, Bedeckung 50%, sonnig, Alter sicher über 80 Jahre:

Verrucaria nigrescens	(+)	*Caloplaca coronata*	(2)
Buellia punctata	(+)	*Candelariella aurella*	(+)
Aspicilia calcarea	(1)	*Lecidea chondrodes*	(1)
Thelotrema lepadinum	(+)		
Orthotrichum anomalum	(1)	*Camptothecium lutescens*	(+)
Ceratodon purpureus	(+)	*Bryum argenteum*	(+)
Tortula ruralis	(+)		

2. Flaches mehrschichtig belegtes Dach eines Hauses in Kinding;
Exp. N, Neigung 15 Grad, Bedeckung 100%, sonnig:
scheinbar völlig mit *Ceratodon purpureus* bedeckt (Fernglas!)

Lohnenswert vor allem für Lichenologen sind sicher die Hausdächer mit normaler Neigung (45°) und mit Solnhofenplatten-Biberschwänzen belegt. Vielleicht wachsen auch einige seltenere xerophytische Moose darauf.

Die inspizierten Flachdächer waren alle mit **Teerpappe** belegt, aber offenbar so gut drainiert (oder geputzt?), daß sie fast unbewachsen waren. Nur in schattigen Ecken und meist um den Schornstein herum konnte ich reich fruchtend *Ceratodon purpureus* und *Bryum argenteum* antreffen, sonst nichts.

Besser bewachsen sind Garagen-Flachdächer mit **Kies**auflage (siehe hierzu auch BORNKAMM 1961), da sich hier die Feuchtigkeit länger hält. Häufig ragen auch Bäume über den Dachrand und bringen neben ihrem Schatten vor allem durch Humifizierung ihres Fallaubes mehr Nährstoffe. Flußkies und Kalkschotter führen zu einem Bewuchs von den Allerweltsmoosen *Bryum argenteum*, *Ceratodon purpureus* und *Brachythecium rutabulum*. Auch *Tortula ruralis* erscheint ab und zu, unterliegt aber bei offenem Standort der Konkurrenz von *Ceratodon*.

Interessant war ein 22 Jahre altes Kies-Garagendach in einem Hinterhof der Nürnberger Altstadt, von Bäumem zusätzlich umwachsen. Ehe es gesäubert wurde, trug es einen nahezu lückenlosen Moosteppich mit folgenden Arten:

Tortula ruralis	(3)	*Ceratodon purpureus*	(+)
Brachythecium salebrosum	(1)	*Pleurozium schreberi*	(1)
Rhytidiadelphus squarrosus	(1)	*Climacium dendroides*	(+)
Callieronella cuspidata	(2)	*Eurhynchium swartzii*	(+)
Dicranum scoparium	(1)		

Bemerkenswertes bot ein Garagendach östlich von Erlangen, zu dessen Belegung man Moränenkies aus dem Voralpenland verarbeitet hatte. Jedenfalls trugen einige Kieselsteine Überzüge mit *Rhizocarpon geographicum*. Und unter dem Moosbesatz gab es einen rund 2 m^2 großen Fleck aus *Rhacomitrium canescens*, einer Art, die meines Wissens sonst in Mittelfranken nicht vorkommt. Die Artenkombination war (auch dieses Dach ist inzwischen gesäubert!):

Rhacomitrium canescens	(2)	*Tortella tortuosa*	(+)
Brachythecium albicans	(1)	*Eurhynchium hians*	(1)
Calliergonella cuspidata	(1)	*Bryum argenteum*	(1)
Ceratodon purpureus	(1)		

Außer *Rhacomitrium* und *Tortella* fruchteten alle anderen Arten.

Echte Schieferdächer sind in Mittelfranken extrem selten – wenn man von einigen Dächern älterer Repräsentativbauten in den Städten absieht, die aber aus Gründen der Luftverschmutzung ohnehin keinen Bewuchs zeigen. In manchen Dörfern am Rand der Frankenalb stößt man hin und wieder auf kleine Häuschen oder Schuppen mit Schieferbedeckung. Obwohl mir auf Nachfragen ein Alter von sicher 100 Jahren mitgeteilt wurde, war außer wenigen Algenanflügen auf den besonders beschatteten Platten nichts zu entdecken. In der Nähe der Schieferbrüche im Frankenwald fand ich eine Hütte mit schwach bewachsenen, nur roh behauenen Schieferplatten, wobei mir nicht klar ist, ob das nicht eventuell Platten sind, die bereits vor dem Hüttenbau

schon längere Zeit offen lagen. Dieser Schluß drängt sich deshalb auf, weil auf den Platten der ehemaligen Abraumhalden der inzwischen aufgelassenen Steinbrüche ein ähnlicher Bewuchs zu sehen war.

Schuppen Nähe Ludwigsstadt im Frankenwald, Exp. SW, Neigung 10°, Bedeckung 30%, Alter über 100 Jahre (?):

Rhizocarpon lecanorinum	(1)	*Lecanora soralifera*	(+)
Lecanora subaurea	(2)	Grünalgen	(1)

Meines Erachtens verhindert die äußerst glatte Oberfläche der Schieferplatten einen dauerhaften Bewuchs oder zögert seinen Beginn weit hinaus. Vielleicht stört auch der hohe Eisenanteil. In anderen Gebieten, wie z. B. dem Sauerland, in denen die Schieferbedeckung Tradition hat, war der praktisch fehlende Kryptogamenbewuchs ebenso auffällig.

5. Vermutungen über die Sukzession

Die Dächer als sogenannte Sekundärstandorte stellen natürlich für alle Pflanzen potentiell besiedelbare Neuflächen dar. So ermöglicht die Migrationsfähigkeit und Verbreitungskapazität durch weit reichenden Sporenflug den Kryptogamen die Pioniertätigkeit (v. ZANTEN & POCS 1981 u. a.). Dabei erhalten sie für ihre Rolle als Erstbesiedler in Extrembereichen, zu denen wohl auch Dächer zählen, die ökologische Konkurrenz durch so erstaunliche Fähigkeiten, wie u. a. eine die Zellen stärkende und Stoffwechselprozesse beschleunigende Polyploidie, ein Nichtangewiesensein auf sexuelle Vermehrung, durch eine beachtliche Vielzahl asexueller Reproduktionsmethoden und eine hohe, physiologisch begründete Austrocknungstoleranz. MISHLER et al. (1988) konnten beispielsweise zeigen, daß die Bruchstück-Keimung gerade an solchen Standorten weit besser funktioniert als die auf länger bleibende Feuchtigkeit angewiesene Sporenkeimung. Damit erklärt sich auch die Beobachtung, daß Dörfer mit praktisch gleich alten Häusern entweder alle gute, oder alle mäßig bewachsene Dächer haben. Würde es über die Sporenverbreitung allein gehen, müßte statistisch der Zufall überall einen vergleichbaren Bewuchs hervorgerufen haben.

Mäßig austrocknungstolerante Arten bleiben hierbei auf der Strecke. Im Konkurrenzkampf siegen die sog. K-Strategen, also Arten mit effektiver Ressourcennutzung und hoher Lebenserwartung, die zwar gering sozialisiert sind, aber eine große Flächenausdehnung der Einzelindividuen erreichen (PITSCHMANN 1986). Die K-Strategie (SOUTHWOOD et al. 1974) beinhaltet aber auch eine gewisse "konservative Lebenshaltung", die diese Lebewesen empfindlich gegen Umweltänderungen macht. Die r-Strategen dagegen müssen hier, obwohl evolutionsfreudig, anpassungsfähig und hochfertil, unterliegen, da sie als kleine Organismen mit geringer Lebenserwartung starke Fluktuationen durchmachen und daher mehr auf ephemere, also kurzlebige Biotope spezialisiert sind, oder genauer abgedrängt werden.

Entgegen PROBST 1987 kann man nicht sagen, daß die Lebensfeindlichkeit unserer Städte der geringen Luftfeuchtigkeit und dem überreichen Angebot an Beton zurückzuführen ist, sondern daß die für diesen Standort in Frage kommenden K-Strategen

der Abgasbelastung unterliegen, wogegen es den r-Strategen trotz euryöker Standortsvariabilität und hoher Fertilität durch schlechtere Nutzung der Ressourcen und geringere Lebenserwartung nicht gelingt, hier Fuß zu fassen. So sind *Bryum argenteum* und *Ceratodon purpureus* in Städten allgegenwärtig, wogegen ephemere Ackermoose beispielsweise, oder auch die anpassungsfähige *Funaria hygrometrica* dem Austrocknungsstreß physiologisch nicht gewachsen sind.

Der dynamische Besiedlungsablauf in der Sukzession läßt sich nur schwer in Tabellen ausdrücken. Durch die Ausgliederung bestimmter Abschnitte, wie Initial- (in Tabelle 1 Aufnahmen 1-2), Optimal- (Aufnahmen 7-43) und Terminalphasen (Aufnahmen 44-50 und 52-67) nach SJÖGREN 1964 (auch FRAHM 1974) wird mehr eine gewisse Statik induziert, die es eigentlich nicht gibt (HERTEL 1974).

Die Terminalphase wird natürlicherweise dadurch beendet, daß z. B. Moosrasen unter ihrem Gewicht - mit Wasser vollgesogen erhöht es sich um das 4-5fache bei *Ceratodon*, *Hypnum* oder *Tortula ruralis* - vom Dach abrutschen und die Fläche für die Neubesiedlung freigeben, oder sich Flechtenthalli durch das ständige Austrocknen und Wiederbefeuchten beulenförmig von der Unterlage abheben und beispielsweise bei *Lecanora muralis* in der Rosettenmitte abplatzen (v. d. DUNK 1988). In vielen Fällen ist aber auch die Luftverschmutzung der Faktor, der eine weitere Entwicklung der Besiedlung zumindest in ihrer Artenkombination verschiebt, wenn nicht gar beendet. Moosrasen sterben ab, werden braun und letztlich von Regen und Wind beseitigt. Flechtenthalli werden weiß, da zunächst der Mycobiont den Algenpartner überwächst, und lösen sich dann auf. In Vororten der Großstädte kann man häufig auf älteren Dachziegeln, die eigentlich gut bewachsen sein müßten, Spuren ehemaligen Flechtenbesatzes finden, kenntlich an meist konzentrischen, wahrscheinlich durch Flechtensäuren im Untergrund hinterlassenen, dunklen Markierungen. Heute wachsen auf der ganzen Fläche nur noch Algen, und zwar fast ausschließlich *Pleurococcus vulgaris*. Die Auswertung dieser Vorgänge für die Bioindikation von Schadstoffen ist daher gegeben (WINKLER 1977, MUHLE 1984, GLIME 1983, MARSTALLER 1987 u. a.).

In den Tabellen wurde durch "lange Kästen" versucht, der Dynamik dieser Vorgänge Rechnung zu tragen. Sie sind so zu interpretieren, daß die darin gefaßten Arten sozusagen den Grundstock bilden, gemäß dem Alter der Unterlage mehr oder weniger vorhanden sind und dann durch andere Artenkombinationen allmählich abgelöst oder ersetzt werden. Die in den Untereinheiten als dominant ersichtlichen Arten haben hier durch Zufall den Konkurrenzkampf (vorübergehend) gewonnen, ohne daß für den Betrachter Faktoren wie Lichtangebot, Feuchtigkeit, Nährstoffgehalt (durch Vogelkot, Staubanflug, Kalkimprägnierung u. a.) stets sofort faßbar wären.

"Härte und Porosität des Gesteins, Rauhigkeit oder Glätte seiner Oberfläche beeinflussen das Sukzessionstempo" (HERTEL 1974 S. 138). Das Mikrorelief entscheidet über die Besiedler (HERTEL 1974, PITSCHMANN 1986). So läuft die Sukzession in Spalten und Nischen schneller ab und fördert auch die Moose, während auf den exponierten Flächen Krustenflechten obsiegen (WIRTH 1972). Je steiler eine Fläche ist, desto eher dominieren die Flechten. Sehr gut ist dieser Effekt an Hausdächern

zu beobachten, die oben mit 50 und mehr Grad steil sind, im unteren Bereich aber flacher ausschwingen. Nur hier siedeln die Moose. Ihr Bestand wird immer lückiger, je näher sie der Kampfzone bei etwa 45° Neigung kommen. Die gleiche Wirkung läßt flachere Erker-Dächer reichhaltiger, vor allem mit Moosen, bewachsen sein als die Steilflächen des Gesamtdaches. Je flacher also und, das kann man hinzufügen, je bodennäher, desto schneller verläuft die Sukzession in Richtung auf die Moose, und umgekehrt, je steiler, offener und bodenferner, desto langsamer erfolgt der Besiedlungsablauf, und dann zugunsten der Flechten. Deshalb sind z. B. auch die niedrigen Feldhäuschen bei gleichem Dachalter und gleicher Neigung reichhaltiger und mit "besseren" Arten bewachsen (*Ramalina capitata* !) als größere Häuser daneben.

Die Überlegungen zur Sukzession resultieren in einem sehr vorsichtigen Umgang mit hierarchischen Termini, wie z. B. der Assoziation. Es ist daher verständlich, wenn BARKMAN 1978 lieber von "Beständen" im Sinne von GAMS 1918 spricht (vgl. auch PITSCHMANN 1986). Dem möchte ich mich im Prinzip anschließen und speziell beim Untersuchungsobjekt Dächer nicht mit soziologischen Einheiten operieren.

Die schwierige Darstellung einer dynamischen, überlappenden Organisation der Arten in ökologischer wie auch zeitlicher Hinsicht, wird heute mit recht abstrakten, nur dem Eingeweihten leichter verständlichen, statistischen Wertangaben zu verdeutlichen versucht. So wird die Vielfalt der Organismen als Artendiversität mit Werten nach der SHANNON & WEAVER-Formel ausgedrückt, die Vergleichbarkeit der Standorte darauf fußend logarithmisch als Evenness ermittelt und die Abundanz/Dominanz qualitativ nach RENKONEN oder quantitativ mit der SØRENSEN-Zahl errechnet. Mit der mutualen Entropie schließlich kann man versuchen, Aufschluß über den ökologischen Informationswert, also z. B. die gute oder schwache Charakterisierung einer Vegetationsfläche, und ihren floristischen Vorhersagewert zu erhalten. Der Zweck all dieser mathematischen Methoden ist, die Subjektivität des Bearbeiters auf ein Minimum zu beschränken und menschlich verständliche Fehler auszumerzen. Sicher wird die variable Natur dadurch erfaßbarer, aber wohl kaum besser begreifbar.

Danksagung

Bedanken möchte ich mich bei den Herren Jürgen Orlik, Hemhofen, für die Ermittlung der pH-Werte, Dr. Harald Kilias, Bayreuth, und Martin Pitschmann, München, für die Unterstützung bei der Flechtenbestimmung. Herrn Prof. Dr. Peter Schönfelder danke ich für die Möglichkeit der Veröffentlichung in der HOPPEA und das Entgegenkommen bei den Farbfotos. Schließlich darf ich noch allen Hausbesitzern danken, die mir die Besteigung ihres Daches erlaubt haben.

Nachtrag (im Februar 1991)

Seit dem Abschluß des Manuskripts im Frühsommer 1989 sind leider etliche der zum Aufstellen der Tabellen verwendeten besten Standorte vernichtet worden. Für die ersten beiden Verbreitungskarten (Abb. 4 und 5) bedeutet dies, daß bei *Rhizocarpon* etwa die Hälfte der nördlichen Fundstellen gestrichen werden müssen und

Abb. 11: *Rhizocarpon geographicum* auf Biberschwanzziegel. Dach eines Schuppens in Katterbach, östl. Ansbach. 14.6.89. Ausschnitt etwa 15 x 10 cm

Abb. 12: *Ramalina capitata* mit *Physcia dubia*. Feldhäuschen bei Adelsdorf, östl. Höchstadt (Abb. 6). 10.3.88. Ausschnitt etwa 12 x 8 cm. Kiefernadel als Größenvergleich

in Karte 2 alle Punkte der *Ramalina* nur noch historischen Wert haben! Drei Feldhäuschen existieren nicht mehr und das bestbewachsene wurde neu eingedeckt. Nur noch ein alter Ziegel in meinem "Herbar" erinnert an diesen Fundort!

Von *Xanthoria calcicola* existieren noch alle Fundorte mit Ausnahme des nördlichsten.

Die Abb. 10 mit *Pseudoleskeella* entspricht dem aktuellen Stand. Das hängt sowohl mit der meist abgelegenen und nicht als Dauerbehausung dienenden Lage der Häuser und mit dem offenbar kaum dem allgemeinen Schönheitsgefühl unterworfenen Eternitdach zusammen.

Daß man beim Kartieren von Pflanzenvorkommen stets am Rand der Vergangenheit arbeitet, ist bekannt. Daß einen der Fortschritt aber so schnell ins Abseits stellt, macht betroffen.

Literatur:

AICHELE, D. & SCHWEGLER, H. W. – 1988 – Unsere Moos- und Farnpflanzen. 10. Aufl. Stuttgart. 378 S.

BARKMAN, J. J. – 1958 – Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. Assen. 628 S.

BARKMAN, J. J. – 1978 – Synusial approaches to classification. In: Whittaker, R. H.: Classification of plant communities. 111 – 168

BORNKAMM, R. – 1961 – Vegetation und Vegetationsentwicklung auf Kiesdächern. Vegetatio **10**, 1-24

BOROS, A. – 1968 – Bryogeographie und Bryoflora Ungarns. Budapest. 466 S.

CORBET, S. A. & LAN, O. B. – 1974 – Moss on a roof and what lives in it. J. Biol. Educ. **8**: 153-160

DIRCKSEN, A. – 1964 – Vergleichende Untersuchungen zur Frost-, Hitze- und Austrocknungsresistenz einheimischer Laub- und Lebermoose unter Berücksichtigung jahreszeitlicher Veränderungen. Diss. Göttingen. 70 S.

DOLL, R. – 1982 – Die Flechten. Neue Brehm Bücherei **40**. Wittenberg Lutherstadt. 243 S.

DÜLL, R. – 1985 – Exkursionstaschenbuch der Moose. Rheurdt. 273 S.

v. d. DUNK, Kl. – 1976 – Flechten als Bioindikatoren. Unterricht Biologie **1**, 1: 38-41

v. d. DUNK, Kl. – 1988 – Das Dach als Lebensraum. Teil I: Algen und Flechten als Pioniere. Teil II: Zu den Moosen aufs Dach. Mikrokosmos **77**: 226-232 und 300-307

v. d. DUNK, K. & v. d. DUNK, Kl. – 1988 – Moose unter der Lupe. Bad Münstereifel. 144 S.

DURING, H. J. – 1972 – Life strategies of Bryophytes. A preliminary review. Lindbergia **5**: 2-18

FARRAR, J. F. – 1976 – Ecological physiology of the lichen *Hypogymnia physodes*. II. Effects of wetting and drying cycles and the concept of "physiological buffering". New Phytol. **77**: 105- 113

FEIGE, G. B. & KREMER, B. P. – 1979 – Flechten – Doppelwesen aus Pilz und Alge. Kosmos Bibliothek **302**: 72 S.

FRAHM, J. P. – 1972 – Die Vegetation auf Rethdächern. Diss. Kiel 212 S.

FRAHM, J. P. & FREY, W. – 1983 – Moosflora. UTB 1250. Stuttgart. 523 S.

GLIME, J. M. – 1988 – Methods in Bryology. The Hatt. Bot. Lab. 403 S.

GLIME, J. M. & KEEN, R. E. – 1983 – The importance of bryophytes in a man-centered world. Journ. Hatt. Bot. Lab. **54**: 133-146

GREBE, C. – 1917 – Studien zur Biologie und Geographie der Laubmoose. I. Biologie und Ökologie der Laubmoose. Hedwigia **59**: 1-205

HAEUPLER, H. – 1982 – Evenness als Ausdruck der Vielfalt in der Vegetation. Diss. Bot. **65**: 268 S.

HAKULINEN, R. – 1962 – Ökologische Betrachtungen über die Flechtenflora der Vogelsteine in Süd- und Mittelfinnland. Arch. Soc. Vanamo **17**: 1. 12-15

HAWKSWORTH, D. & ROSE, F. – 1976 – Lichens as Pollution Monitors. Studies in Biology **66**

HERTEL, E. – 1974 – Epilithische Moose und Moosgesellschaften im nordöstlichen Bayern. Beih. Ber. Naturwiss. Ges. Bayreuth **1**: 498 S.

HINDAK, F. – 1977 – Studies on the chlorococcal algae (Chloprophyceae) I. Biologiské Práce **23**/4. Prag, 724 S.

v. HÜBSCHMANN, A. – 1986 – Prodromus der Moosgesellschaften Zentraleuropas. Bryophytorum Bibliotheca **32**: 413 S.

JAHNS, H. M., MOLLENHAUER, D., JENNINGER, M. & SCHÖNBORN, D. – 1979 – Die Neubesiedelung von Baumrinde durch Flechten I. Natur und Museum **109**/2: 40-51

KALB, K. – 1970 – Flechtengesellschaften der vorderen Ötztaler Alpen. Diss. Bot. **9**: 118 S.

KILIAS, H. – 1974 – Die epiphytische Flechtenvegetation im Stadtgebiet von Erlangen. Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges. **33**: 99-169

KLEMENT, O. – 1955 – Prodromus der mitteleuropäischen Flechtengesellschaften. Feddes Rep., Beih. **135**: 5-194

LAWREY, J. D. – 1984 – Biology of Lichenized Fungi. New York. 407 S.

LETTAU, G. – 1912 – Beiträge zur Licheographie von Thüringen. Hedwigia **51**: 176-220

MÄGDEFRAU, K. – 1960 – Flechtenvegetation und Stadtklima. Nat. Rd-schau **13**: 210-214

MALEK, L. & BEWLEY, J. D. – 1978 – Effects of various rates of freezing on the metabolism of a drought-tolerant plant, the moss *Tortula ruralis*. Plant Physiol. **61**: 334-338

MARSTALLER, R. – 1987 – Zur Beeinflussung einiger Moosgesellschaften durch Luftverunreinigung. Hercynia N. F. **24**: 279-297

MARSTALLER, R. – 1988 – Bryosoziologische Untersuchungen am Koberfels bei Burgk, Kreis Schleiz. Hercynia N. F. **25**: 349-372

MASS , L. – 1964 – Recherches phytosociologique et ecologique sur les lichens des schistes rouges cambriens des environs de Rennes. Vegetatio **12**: 103-222

MEUSEL, H. – 1935 – Wuchsformen und Wuchstypen der europäischen Laubmoose. Nova Acta Leopoldina NF **3**: 123-277

MISHLER, B. D. & NEWTON, A. E. – 1988 – Influences of mature plants and desiccation on germination of spores and gametophytic fragments of *Tortula*. J. Bryol. **15**: 327-342

MUHLE, H. – 1984 – Moose als Bioindikatoren. In: SCHULTZE-MOTEL, W. Advances in Bryology **2**: 65-90

NICKL-NAVRATIL, H. – 1960 – Mooskleingesellschaften der Städte. Nova Hedwigia **2**:425-462

OCHSNER, F. – 1928 – Studien über die Epiphytenvegetation der Schweiz. Jb. St. Gallener naturwiss. Ges. **63**/2: 1-106

PITSCHMANN, M. – 1986 – Der floristische Vorhersagewert calciphytisch-saxicoler Flechten- und Moosgemeinschaften im Bereich des Frankendolomits. Diplomarbeit Universität Erlangen-Nürnberg. 87 S.

PITSCHMANN, M. & LINDACHER, R. – 1988 – Biologie und Systematik einheimischer Moose. Praktikums-Skriptum. Universität München, Inst. f. Syst. Bot. 30 S.

PROBST, W. – 1987 – Biologie der Moos- und Farnpflanzen. UTB 1418 Heidelberg-Wiesbaden. 2. Aufl. 333 S.

PROCTOR, M. C. F. – 1980 – Diffusion resistance in bryophytes. In: FORD, E. D. et al.: Plants and their atmospheric environment. J. Symp. Brit. Ecol. Soc. 219-229

PROCTOR, M. C. F. – 1981 – Physiological ecology of bryophytes. In: SCHUTZE-MOTEL, W. J.: Advances in bryology 1: 80-166, Berlin-Stuttgart

PURI, P. – 1973 – Bryophytes, a Broad Perspective. Atma Ram, Delhi. (cit. in RICHARDSON)

PURI, P. – 1986 – Bryophytes: Morphology, Growth and Differentiation. Atma Ram. Delhi. 370 S.

RICHARDSON, D. H. S.– 1981 – The Biology of Mosses. Blackwell Scient. Publ. Oxford. 220 S.

ROUND, F. E. – 1968 – Biologie der Algen. Stuttgart. 315 S.

SCHEIRER, D. C. & DOLAN, H. A. – 1983 – Bryophyte leaf epiflora: a SEM and TEM study of *Polytrichum commune* Hedw. Amer. J. Bot. **70**: 712-718

SEAWARD, M. R. D. – 1979 – Lower Plants and the urban landscape. Urban Ecol. **4**: 217-225

SJÖGREN, E. – 1964 – Epilithische und epigäische Moosvegetation in Laubwäldern der Insel Öland (Schweden). Acta Phytogeogr. Suecica **48**: 149 S.

SMITH, A. J. E. – 1978 – Cytogenetics, Biosystematics and Evolution in the Bryophyta. In: WOOLHOUSE, H.: Advances in Bot. Research **6**

SOUTHWOOD, T. R. E., MAY, R. M., HASSEL, M. P. & CONWAY, G. R. – 1974 – Ecological strategies and population parameters. Am. Nat. **100**: 791-804

STREBLE, H. & KRAUTER, D. – 1988 – Das Leben im Wassertropfen. Stuttgart. 363 S.

TANSEY, M. R. – 1977 – Microbial facilitation of plant mineral nutrition. In: WEINBERG, E. D.: Microorganisms and Minerals. New York. 343-385

TOPHAM, P. B. – 1977 – Colonization, growth, succession and competition. In: SEAWARD, M. R. D.: Lichen Ecology. London. 31-68

TUCKER, E. B., COSTERTON, J. W. & BEWLEY, J. D. – 1975 – The ultrastructure of the moss *Tortula ruralis* on recovery from desiccation. Canad. Journ. Bot. **53**: 94-101

WILMANNS, O. – 1966 – Die Flechten- und Moosvegetation des Spitzbergs. In: Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs **3**: 244-277

WINKLER, S. – 1977 – Flechten und Moose als Bioindikatoren. In: FREY, W. et al.: Beiträge zur Biologie der niederen Pflanzen. Stuttgart. 155-175

WIRTH, V. – 1969 – Neue und wenig beachtete Silikatflechten-Gemeinschaften Mitteleuropas. Herzogia **1**: 195-208

WIRTH, V. – 1972 – Die Silikatflechten-Gemeinschaften im außeralpinen Zentraleuropa. Diss. Bot. **17**: 306 S.

WIRTH, V. – 1980 – Flechtenflora. UTB 1062. Stuttgart. 552 S.

WIRTH, V. – 1982 – Flechten im Garten. Gartenpraxis 1982/12: 9-13

WIRTH, V.– 1987 – Die Flechten Baden-Württembergs. Stuttgart. 528 S.

VAN ZANTEN, B. O. & POCS, T. – 1981 – Distribution and dispersal of Bryophytes. In: SCHULTZE-MOTEL, W.: Advances in Bryology **1**: 479-562