

**Kurzfassung  
des  
Forschungsberichts**

**Reet als Dacheindeckungsmaterial  
Qualitätssicherung und –erhaltung eines  
Baustoffs aus nachwachsenden Rohstoffen**

Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt

QSR – Gesellschaft zur Qualitätssicherung Reet mbH

November 2008



## Inhaltsverzeichnis

Forschungsergebnisse zum vermehrten Auftreten schadhafter Reetdächer .....	3
Ursachen schadhafter Reetdächer .....	3
Reetinhaltsstoffe und Reetstruktur als Indikatoren der Reetqualität.....	6
Mikrobieller Befall von gesundem und schadhaftem Reet .....	7
Wichtige Fakten für Bauherren von Reetdächern .....	10
Zukünftige Schwerpunkte .....	11
Vorläufige Checkliste für Arbeiten mit Reet als Dachdeckungsmaterial .....	13
Materialprüfung vor oder bei Ankunft auf der Baustelle .....	13
Materialprüfung während der Verarbeitung .....	14
Prüfen auf Eignung der Baukonstruktion .....	14
Einfache Prüfung der handwerklichen Verarbeitung .....	14
Übersicht der Reetdaten .....	15

## Forschungsergebnisse zum vermehrten Auftreten schadhafter Reetdächer

Reetdächer sind ein Kulturgut und prägen vielerorts das Landschaftsbild in Norddeutschland. In letzter Zeit häuften sich jedoch die Meldungen über Reetdächer, die vorzeitig verfielen und Standzeiten von weniger als 10 Jahren aufwiesen. Einige Landesdenkmalämter (z.B. in Niedersachsen) empfahlen, Neudeckungen bis zur Klärung der Ursachen zurückzustellen und sich auf Reparaturen zu beschränken. Das vorliegende Forschungsprojekt kann einen ersten Überblick über das Ausmaß und die Ursachen des vorzeitigen Reetdachverfalls geben.

Unter Federführung der Gesellschaft zur Qualitätssicherung Reet mbH Kiel (QSR) arbeiteten verschiedene Institute und Sachverständige daran, zunächst die Schadbilder und die Gesamtsituation zusammenzutragen und anschließend durch eingehende naturwissenschaftliche Untersuchungen, die Umstände normaler wie beschleunigter Verrottung genauer zu beschreiben. Außer von der DBU wurde das Projekt von den Ländern Niedersachsen und Schleswig-Holstein, durch einen Verbandsbeitrag der Dachdeckerverbände, einer Materialumlage auf Verbrauchsmaterialien des Reetdachhandwerks und durch Zuschüsse der Versicherungswirtschaft gefördert.

Jahr für Jahr werden in Deutschland bei einem Gesamtbestand von etwa 30.000 Weichdächern etwa 1.000 Dächer neu mit Reet gedeckt; das entspricht einer mittleren Lebensdauer von 30 Jahren. Dieser Zahl stehen nur etwa 100 bisher vorliegende Schadensmeldungen für dauerfeuchte Dächer gegenüber; unter Berücksichtigung der Dunkelziffer wird geschätzt, dass bis zu 10 % der in den letzten Jahren neu erstellten Dächer betroffen sein könnten.

### Ursachen schadhafter Reetdächer

Als Schadensursachen der frühzeitigen Alterung von Reetdächern wurden Mängel für die folgenden 4 Kategorien festgestellt:

- Materialqualität
- Bauphysikalische Ursachen
- Handwerkliche Fehler
- Standorteigenschaften

Der Aspekt der Materialqualität umfasst ein weites Spektrum möglicher Fehler. Das beginnt bei der Ernte und pflanzt sich fort über Transport- bis zu diversen Lagerschäden, die dann Grundlagen sind für (Folge-) Schäden aufgrund verschiedener biochemischer Prozesse. Gerade dieses Schadensbündel ist prototypisch für den komplexen, multikausalen Prozess. Die Ernte und Lagerung von zu nassem Reet spielen hier eine herausragende Rolle, da hohe Feuchtigkeitsgehalte die Voraussetzung der mikrobiellen Folgeprozesse bilden.

Typische Fehler aus dem Bereich der Bauphysik sind in der Regel eine fehlerhafte oder fehlende Hinterlüftung bzw. Dampfsperre. Durch den zunehmenden Dachausbau der letzten Jahre ist hier sicherlich ein zusätzliches Gefährdungspotenzial entstanden.

Handwerkliche Fehler als Schadensursache sind in erster Linie eine zu geringe Halmneigung bei ausreichender Dachneigung oder aber das Reet wurde sehr fest eingedeckt. Die zu geringe Halmneigung begünstigt eine tiefere Durchfeuchtung des Daches, während eine zu feste Eindeckung die Austrocknung des Daches verzögert.

Bei Standortnachteilen ist die Beschattung durch dicht am Haus stehende Bäume die wesentliche Schadensquelle. Zusätzlich sorgt Blattfall auf das Dach für eine Beeinträchtigung des Reets.



*Nicht fachgerechte Ausführung von Gauben. Das Wasser wird in den Kehlen zusammengeführt, die damit einer starken Durchfeuchtung ausgesetzt sind. Schäden sind vorprogrammiert.*

Im Rahmen des Projektes wurden 79 Reetdächer eingehend untersucht: 27 davon in Schleswig-Holstein, 34 in Niedersachsen und 15 in Mecklenburg-Vorpommern (vornehmlich Rügen) mit einer relativ gleichmäßigen Altersverteilung: 34% der Dächer waren nicht älter als 5 Jahre, 24% zwischen 5 und 10 Jahre, 15% zwischen 10 - 15 Jahren alt und 27% älter als 15 Jahre. Die Herkunft des Reets ließ sich nur für 49 (62%) der untersuchten Dächer ermitteln, vornehmlich für die jüngeren. Dabei dominiert die Herkunft aus Südeuropa (34% aller Dächer) über die aus Norddeutschland (25%).

Von den 79 Reetdächern waren 54 (68%) schadhaft und zeigten Symptome eines dauerfeuchten Daches. 20 Dächer (31%) waren unauffällig oder in einem altersgemäßen Zustand; 5 Dächer (8%) ließen sich nicht eindeutig zuordnen. Gemessen an einer Importquote des bei uns verarbeiteten Reets von über 80 % kann man nicht davon ausgehen, dass Importreet überproportional an der Schadensbilanz betroffener Reetdächer beteiligt ist.

Bei derart geringen Fallzahlen birgt diese Darstellung eine gewisse Problematik, erschien jedoch aus Gründen des schnelleren Überblicks und der Vergleichbarkeit gerechtfertigt.

Die Beurteilung der Schadensursachen wird mit zunehmendem Alter der Dächer schwieriger. Die Alterung des Reets, hervorgerufen durch physikalische und biologische Verwitterungsprozesse, führt bei einem gesunden Dach zu einem sukzessiven Abbau und Abschliffen der Halmenden, die der Witterung unmittelbar ausgesetzt sind. Die innen liegenden Halmabschnitte sind von diesem Vorgang nicht betroffen und bleiben über die Lebensdauer eines Reetdachs erhalten. Nicht so bei geschädigten Dächern: Abbau und Materialzersetzung zeigen sich nicht nur an den Dachoberflächen, sondern laufen fallabhängig auch in tiefer liegenden Dachschichten ab. Dort liegt dann immer eine erhöhte Durchfeuchtung des Reetmaterials vor. Erste Symptome sind oft ein Schimmelgeruch im Hausinneren und weißlich-graue Pilzmycelien auf der Halmoberfläche. Es folgen punktuelle Aufhellungen der Dachoberfläche an einigen Stellen, oftmals in der Größe einzelner Halmbunde.

Bei den als schadhaft eingestuften Dächern war in den meisten Fällen eine geringe Qualität des Reets wesentliche Ursache für die frühzeitige Alterung der Dächer. An zweiter Stelle folgten bauphysikalische Ursachen, in der Regel eine fehlerhafte oder fehlende Hinterlüftung bzw.

Dampfsperre. Handwerkliche Mängel als Schadensursache traten ebenfalls auf: wie eingangs erwähnt wurden hier häufig zu geringe Halmneigungen und/oder zu feste Eindeckungsflächen festgestellt. Sowohl die zu geringe Halmneigung als auch die zu festen Eindeckungsflächen führen zu einer wesentlich höheren durchschnittlichen Feuchtigkeit in der Reetschicht (Abb. 1).

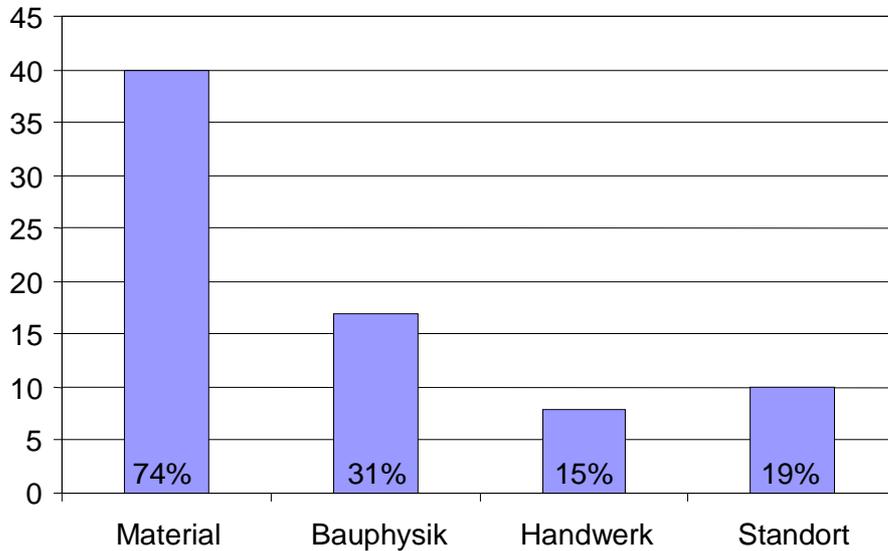


Abb. 1: Ursachen der Reetdachschäden

Jede der genannten 4 Kategorien der Schadensursachen kann mehrere Einzelursachen haben, so dass hier nach Froehlich besser von Ursachenbündeln zu sprechen ist (Ursachenbündel bei Schäden an Reetdächern, Der Holznagel, Heft 2, S. 11-13, 2008). Bei 35 Dächern, das entspricht 65%, war ein Ursachenbündel alleine für die Dachschäden verantwortlich. In 17 Fällen (35%) waren zwei Ursachenbündel an den Dachschäden beteiligt, während nur in zwei Fällen (4%) die Schäden auf drei Ursachenbündel zurückgeführt wurden (Abb. 2).

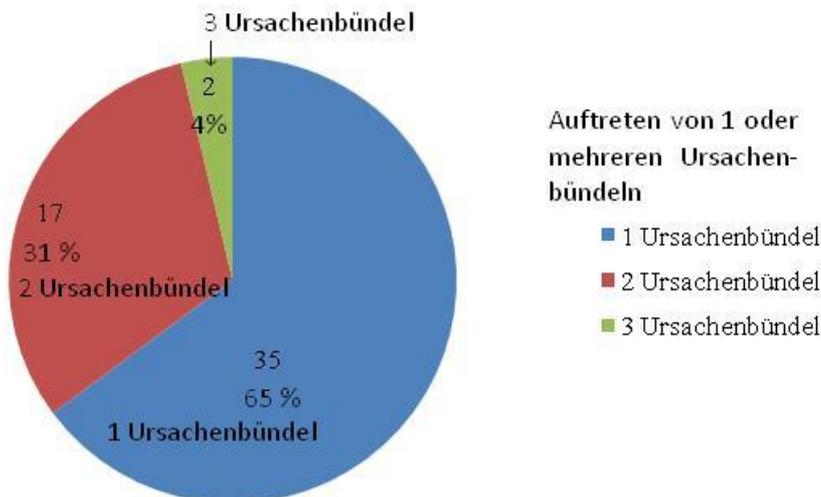


Abb. 2: Anteil einzelner Ursachenbereiche an Reetdachschäden

Wird weiter ins Detail gegangen und eine Unterscheidung der Dächer nach ihrem Alter getroffen, so lässt sich als Tendenz feststellen, dass die Materialqualität bei den jungen bis zu den 15 Jahre alten Dächern eine zunehmende Rolle spielt. Bei den über 15 Jahre alten Dächern waren es vor allem Standorteinflüsse, die maßgeblich für Schäden an den Reetdächern verantwortlich waren (Abb. 3). Das Problem der nachlassenden Materialqualität könnte damit ein Phänomen der letzten 15 Jahre sein. Davor war es von untergeordneter Bedeutung. Im Gegensatz zur Materialqualität ließen die anderen Ursachenbündel keinerlei Tendenzen in den verschiedenen Altersklassen erkennen.

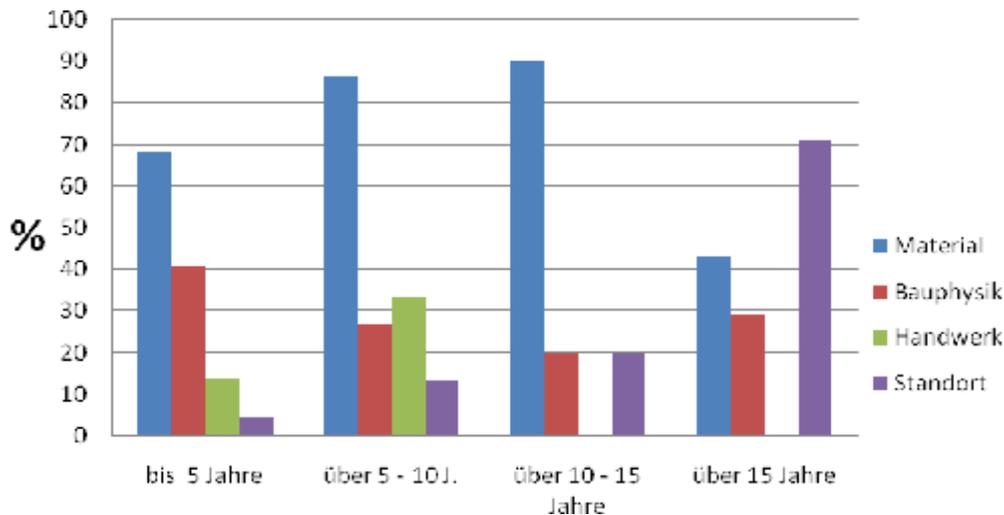


Abb. 3: Ursachen der Reetdachsäden in Abhängigkeit vom Alter eines Reetdachs

### Reetinhaltsstoffe und Reetstruktur als Indikatoren der Reetqualität

An der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) wurden Proben neu geernteten Reets und Proben von intakten und geschädigten Reetdächern unterschiedlichen Alters analysiert. Ziel war es, anhand ausgewählter Inhaltsstoffe die Reetqualität zu charakterisieren, und Parameter zur Unterscheidung von Reetqualitäten als Grundlage einer einheitlichen Qualitätsbeurteilung zu entwickeln. Im Hinblick auf die Langlebigkeit von Reet als Naturbaustoff ist der Wassergehalt von maßgeblicher Bedeutung. Er sollte nicht über 18% liegen, da Mikroorganismen bei höheren Gehalten günstige Wachstumsbedingungen vorfinden und das Reet abbauen. Reet ist ein verholztes Naturprodukt und besteht im Prinzip aus den zwei wesentlichen Komponenten: Den Kohlenhydraten Zellulose und Hemizellulose und der phenolischen Komponente Lignin. Diese werden auch unter dem Begriff Lignozellulose zusammengefasst und als Gerüstsubstanzen bezeichnet, da sie als Stützskelett der Reethalme (wie auch der Halme aller anderen Pflanzen) fungieren und zur Halmstabilität in hohem Maß beitragen. Wird die Zellulose bevorzugt abgebaut, bleibt das oxidierte Lignin als braune Masse zurück, und man spricht von Braunfäule. Im umgekehrten Fall der Weißfäule besteht der Rückstand aus der gebleichten Zellulose. Die Lignozellulose im Halm und da besonders das Lignin stellen eine Barriere für Mikroorganismen dar und werden vergleichsweise langsam abgebaut. In der Tat zeigten die Ergebnisse an der FAL, dass der Verrottungsgrad von Dachflächen mit unterschiedlichen Lignozellulosegehalten einhergeht. Der Verholungsgrad kann daher als ein Kriterium für die Reetqualität angesehen werden, der - je höher er ist - die Reetqualität positiv beeinflusst.

Auch zeigte sich in den Untersuchungen der FAL, dass der Nährstoffgehalt den mikrobiellen Reetabbau beeinflusst. Stark zerstörte Dächer wiesen einen höheren Stickstoffgehalt als intakte

Dächer auf. Stickstoff ist gleichermaßen für Pflanzen aber auch für Pilze das wichtigste Nährelement. Erhöhte Stickstoffgehalte fördern die mikrobielle Aktivität. Der Quotient aus den Gehalten an Stickstoff (N) und Kohlenstoff (C), der als C/N- Verhältnis bezeichnet wird, könnte ein weiteres Kriterium für die Reetqualität darstellen. Kohlenstoff ist der Grundbaustein der organischen Substanz und wird von den Mikroorganismen als Nahrungsquelle genutzt. Je mehr Stickstoff einer gegebenen Menge an Kohlenstoff gegenübersteht, desto niedriger ist der Zahlenwert für das C/N – Verhältnis (man spricht von einem engen C/N – Verhältnis) und desto ungünstiger ist die Reetqualität zu beurteilen. Große Zahlenwerte bedeuten einen geringeren Stickstoffgehalt im Verhältnis zum Kohlenstoff und führen zu einem weiten C/N - Verhältnis. Weite C/N- Verhältnisse sind positiv für die Qualität des Reets zu bewerten (Tab. 1).

*Tab. 1: Kohlenstoffgehalt (C) und Stickstoffgehalt (N) und C/N-Verhältnis in Reet unterschiedlicher Herkunft. Bei Importreet handelt es sich in der Regel um südeuropäische Herkünfte.*

	C in % der Trockenmasse	N (in% der Trockenmasse)	C/N-Verhältnis
Inlandreet Halmbasis	47,6	0,45	110
Inlandreet Halmmitte	46,6	0,50	96
Importreet Halmbasis	46,9	0,27	180
Importreet Halmmitte	46,1	0,31	158

Die Bestimmung der Gerüstsubstanzen und von Nährstoffen geschieht klassisch mit Hilfe nasschemischer Analyseverfahren, die jedoch zum Teil sehr aufwändig sind. Zur Vereinfachung wurde an der FAL ein optisches Bestimmungsverfahren, die Nah-Infrarot- Spektroskopie (NIRS) eingesetzt. Mit der NIRS-Analytik werden für die unterschiedlichsten Inhaltsstoffe und Stoffkonzentrationen charakteristische spezifische Lichtbanden abgebildet. Für quantitative Bestimmungen werden diese Lichtbanden mit den Ergebnissen der chemischen Analyse abgeglichen und kalibriert (geeicht). Liegen genügend Vergleichsmessungen vor, die eine genaue Bestimmung der Gehalte von Pflanzeninhaltsstoffen zulassen, kann dann für weitere Messungen neuen Probenmaterials auf die nasschemische Analyse verzichtet werden. Die NIRS-Analytik ist damit eine vergleichsweise schnelle und kostengünstige Bestimmungstechnik, die in den letzten Jahren wesentlich verbessert wurde und in immer mehr u. a. landwirtschaftlichen Bereichen Einzug gehalten hat. Die FAL-Ergebnisse zeigen, dass sie auch im Rahmen von Routineuntersuchungen zur Qualitätsbeurteilung von Reet angewendet werden kann. Zurzeit wird in einem weiteren Vorhaben an der Fortentwicklung dieser Methode für den Baustoff Reet gearbeitet. Um sie in Zukunft im Sinne einer für den Verbraucher transparenten Zertifizierung nutzen zu können sind jedoch die weiteren Randbedingungen in anstehenden Forschungsvorhaben zu erarbeiten.

### **Mikrobieller Befall von gesundem und schadhaftem Reet**

Unter den nachgewiesenen Organismen auf Reet befinden sich keine unbekanntes oder gar neuen Arten. Fast alle der nachgewiesenen Pilze gehören zu den systematischen Gruppen der Zygo- und Ascomyceten (Joch- und Schlauchpilze). Es besteht kein offensichtlicher Zusammenhang zwischen dem Auftreten identifizierter Pilz- und Bakterienarten und dem Zustand des jeweiligen Daches. Beispielsweise wurden die Pilze *Umbelopsis isabellina* und *Penicillium* sp. sowohl in Reetproben von intakten als auch beschädigten Dächern gefunden.

Die an der Christian-Albrechts-Universität in Kiel vorgenommenen Untersuchungen zur Besiedelung von Reet durch Mikroorganismen erlaubten die Identifizierung von Pilz- und Bakterienflore auf intakten und geschädigten Reetdächern. Es konnten verschiedene Pilz- und Bakterienarten

identifiziert werden, die aber keinesfalls auf Reet spezialisiert sind, sondern ubiquitär (in der Umwelt allgegenwärtig) vorkommen.

Anwuchstests der aus dem Reet stammenden Pilze auf sterilem Reet ergaben, dass die gefundenen Organismen Reet als Nahrungsquelle nutzen können. Tatsächlich bilden einige der beobachteten Arten Zellulase, ein Enzym, das die Zellulose des Holzes abbaut und Braunfäule auslöst. Zellulase produzierende Pilze kamen jedoch sowohl auf intakten als auch auf beschädigten Dächern vor. Quantitative Vergleiche der Befallsdichte, die weitergehende Aussagen zulassen, sind schwierig und wurden im vorliegenden Projekt noch nicht durchgeführt.

Die Tatsache, dass nur wenige Bakterien nachgewiesen wurden, ist wahrscheinlich auf die Tätigkeit der Pilze zurückzuführen, die das Substrat ansäuern bzw. durch Sekundärmetabolite (Stoffwechselprodukte) die Bakterien unterdrücken können. Es besteht kein offensichtlicher Zusammenhang zwischen dem Auftreten identifizierter Pilz- und Bakterienarten und dem Zustand des jeweiligen Daches. Beispielsweise wurden die Pilze *Umbelopsis isabellina* und *Penicilium* sp. sowohl in Reetproben von intakten als auch beschädigten Dächern gefunden.

Zusammenfassend schließen die Kieler Untersuchungen die Existenz von neuartigen, besonders aggressiven Pilzen oder Bakterien als Ursache der untersuchten Reetdachschäden aus. Die Befunde deuten vielmehr darauf hin, dass allgegenwärtig vorhandene Mikroorganismen offensichtlich bestehende Vorschädigungen des Reets oder durch Baufehler hervorgerufene günstige Umgebungsbedingungen nutzen und sich dort ansiedeln.



*Im fortgeschrittenen Verfallsstadium eines Reetdachs kommt es zur Ausbildung einer Rotteschicht, auf der sich Hut- oder Ständerpilze (Basidiomyceten) ansiedeln können. Auf jungen Dächern im Anfangsstadium des mikrobiellen Abbaus sind sie dagegen eher selten zu finden.*

Ergänzend dazu beschäftigte sich die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) eingehend mit der Quantifizierung des Reetabbaus und seiner Auswirkungen auf die physikalischen Eigenschaften der Reethalme.

In einer ersten Versuchsreihe wurde Reet mit Sporen definierter Pilze beimpft und unter optimalen Pilzwachstumsbedingungen längere Zeit gelagert. Dabei scheinen die verschiedenen Pilze alle Halme ähnlich stark zu befallen und in ihrer Druckfestigkeit zu schädigen. Bei allen Tests bildete sich schnell Schimmel auf der Halmoberfläche, wobei es sich vermutlich um *Mucor* sp. handelte. Dies ist ein sehr häufig vorkommender Pilz, der sich bei hohen Luftfeuchtigkeiten schnell ausbreitet und auch in den Kieler Untersuchungen nachgewiesen wurde. Als Ernährungsgrundlage reichen Staub- und Schmutzablagerungen auf der Materialoberfläche. Es war auffällig, dass der Mycelbewuchs verstärkt an den Halmknoten (Nodien) auftrat. Bemerkenswert war, dass die

Festigkeit der Halme über die gesamte Halmlänge hinweg auch nach längerer Einwirkung der Pilze nur wenig beeinträchtigt wurde.

Um die Untersuchungsbedingungen stärker an die Realität anzunähern, wurden, ähnlich den Versuchen an der Uni Kiel, auch die Mikroorganismen charakterisiert, die Freilandproben besiedeln. Ergebnis: Die Artenvielfalt ist bei den Mehrzellern (Pilze etc.) im inneren Teil des befallenen Daches größer als im äußeren Teil des Daches. Die Zusammensetzung der Mehrzeller-Lebensgemeinschaft und das Auftreten der am meisten verbreiteten Arten entspricht im äußeren Teil des befallenen Daches im Wesentlichen der des unbefallenen Daches.

Für die bakterielle Lebensgemeinschaft (Einzeller) in diesen Habitaten stellt sich die Situation aber anders dar. Die bakteriellen Lebensgemeinschaften innen und außen sind sich bei befallenen Dächern wesentlich ähnlicher als beim unbefallenen Dach. Die Anzahl der Arten beim befallenen Dach ist deutlich geringer, und ihre mengenmäßige Verteilung unterscheidet sich stark von den unbefallenen Dächern. Das lässt vermuten, dass sich durch den Befall des Daches zu diesem Zeitpunkt eine spezifische bakterielle Lebensgemeinschaft etabliert hat, die als charakteristisch für die Schädigung angesehen werden darf.



*Auf vielen Dächern wurde die Ansiedlung von Algen und Bakterien als Biofilm beobachtet. Es entsteht eine Sperrschicht, unter dem sich ein Kleinklima mit hoher Feuchtigkeit ausbildet. Die Durchlüftung und Abtrocknung des Reets wird gestört. Damit sind günstige Voraussetzungen für die Verrottung des Reets durch später folgende aggressivere Pilze gegeben. Bakterien selbst zeigen nur geringe Abbauraten.*

Abschließend wurde untersucht, ob die „Verrottungsanfälligkeit“ von Reet unterschiedlicher Qualität von verschiedenen Wachstumsstandorten signifikante Unterschiede aufweist. Dazu wurde frisches Reet geerntet, das zum Erntetermin äußerlich ungeschädigt war, also keine fühlbare Erweichung bei den verschiedenen Halmkontingenten zeigte. Parameter wie z.B. Halmdurchmesser oder Wanddicke können durchaus zu einer veränderten Wasseraufnahme und Abgabe führen, scheinen für die Verrottung aber wenig relevant zu sein. Auch zwischen den verschiedenen Erntegebieten gibt es praktisch keine Unterschiede im Feuchteverhalten oder in der Abbaubarkeit durch die in den Laborversuchen verwendeten Pilze. Da bei der Ernte des Reets keine erkennbaren Mängel am Reet vorlagen, ist es durchaus möglich, dass nur „gute“ Qualität in den Laborversuchen vorlag.

Einen Hinweis auf mögliche Einflüsse der Erntebedingungen zeigte sich aber doch: Werden die Wachsschichten des Reets innen und außen am Halm mechanisch durchbrochen, kann es deutlich leichter durch Pilze abgebaut werden. Hier könnten weitere Untersuchungen ansetzen: Es wäre zu prüfen, ob Längsrisse, die z.B. durch Quetschung bei Ernte; Transport und Verarbeitung entstehen könnten, die Gefahr höherer Wassereinlagerung in den Halm und höherer Abbauwahrscheinlichkeit

durch Pilze mit sich bringen. Auch Insektenbefall öffnet den Halm, der ansonsten durch seine Wachsschicht zuverlässig vor dem Eindringen von Wasser geschützt ist. Ebenfalls wäre zu prüfen, ob einzelne, mit Pilz befallene Halme ausreichen, um angrenzendes, unbefallenes Reet zu infizieren und damit den beschleunigten Verfall eines Reetdachs einleiten.

Im Laufe des Projektes wurde u.a. von Prof. Dr. Gunter B. Schlechte, Sachverständiger, Bockenem, Niedersachsen berichtet, dass man Weißfäuleerreger und Braunfäuleerreger auf schadhafte Dächern gefunden habe. Im Falle der Braunfäuleerreger wird u.a. auf *Coniophora puteana* (Kellerschwamm) hingewiesen. Die Versuche haben in der Tat bewiesen, dass Reet bei entsprechend feuchtem Milieu ohne Vorbefall durch andere Organismen allein durch diese Einzelpilze intensiv abgebaut wird.

Die Isolierung von Mikroorganismen von schadhafte Dächern im Freilichtmuseum Molfsee hat die BAM zugunsten weiterführender Untersuchungen zu Feuchtigkeitsverhalten, Biegefestigkeit, C/N-Einfluss auf Abbaubarkeit durch Braun- und Weißfäule und Dichtigkeitsbestimmung der Reetzellwand eingestellt. Dies geschah aus der Überlegung heraus, dass die mikrobiellen Lebensgemeinschaften, die auf den Reetdächern erfasst werden konnten, nur eine Momentaufnahme darstellen in einer komplexen, mikrobiellen Sukzession. Lebensgemeinschaftsmuster, wie sie durch die angewandte SSCP-Fingerprinting-Methode ermittelt werden, sind kein direkter Nachweis von schädigenden Mikroorganismen des Daches, somit lassen auch allein die aufgenommenen Lebensgemeinschaftsmuster als Indikatoren für einen „pathologischen Befall“ des Reets noch nicht eindeutige Aussagen zu. Meist werden Lebensgemeinschaften durch die Wechselwirkungen mit ihrer belebten und unbelebten Umgebung geformt. Um zu verstehen, was im Zuge ihrer Entwicklung „normalerweise“ geschieht, müsste man diese Entwicklung der Lebensgemeinschaften über einen Zeitraum verfolgen, der etwa der Lebensdauer eines Reetdaches entspricht. Dazu wäre zum Beispiel eine Aufnahme der Gemeinschaftsmuster von Halmen in ihrer Schilfumwelt, während Lagerung und Transport und über viele Jahre nach dem Einbau auf dem Dach durchzuführen. Nur wenn man versteht, aufgrund welcher Faktoren sich die Lebensgemeinschaft verändert, wird es gelingen, Art und Geschwindigkeit des Materialabbaus wirklich mit konkreten aktiven Zellulose- und/oder Ligninzerstörern zu korrelieren. Das wäre allerdings ein weiteres, sehr langfristig angelegtes Projekt.

### **Wichtige Fakten für Bauherren von Reetdächern**

Der Schutz von Reet vor vorzeitigem biologischem Abbau beginnt bereits mit der Ernte. Die Erfahrungen zeigen, dass eine Ernte des Reets im Winter zum richtigen Zeitpunkt bei trockener Witterung und ausreichender Halmabreife und die folgende Lagerung des Materials in einer trockenen, luftumspülten Umgebung dieses vor mikrobiellem Abbau schützt. Ursachen hierfür sind die in der Regel geringe biologische Aktivität der Organismen auf Grund niedriger Temperaturen, ein geringerer Nährstoffgehalt in den Halmen und die Absenkung der Materialfeuchte unterhalb kritischer Werte.

Reet kann nur dann von Pilzen befallen werden, wenn freies, d.h. nicht von der Zellwand des Reets gebundenes Wasser zur Verfügung steht. Pilzbefall ist also ein Indikator für eine erhöhte Feuchtigkeit im Reet. Bei fortschreitendem Pilzwachstum zerlegt der Pilz die Zellwand des Reets in die Stoffwechselprodukte Kohlendioxid und Wasser und setzt dabei Prozessenergie als Wärme frei (Maschmeyer: „Angriff der Killerpilze“ oder Folge von Schlamperei, *Der Holznagel, Heft 2, S. 6-9, 2008*)

Reet kommt u.a. aus den Niederlanden, Ungarn, Österreich, Polen, Rumänien, Ukraine, der Türkei, Estland, Norddeutschland, Frankreich und seit 2006 sogar aus China. Reet muss nach der Ernte

sehr sorgfältig und längere Zeit getrocknet werden, um eine Erstbesiedlung mit schädigenden Pilzen (s.o.) weitgehend zu unterbinden. Dabei muss es locker aufgestellt werden.

Bei Bezug aus größerer Entfernung ist die gesamte Herstellungs- und Transportkette kaum noch überschaubar. Damit erhöhen sich die Risiken sehr. Dem kann nur eine geschlossene Qualitätsüberwachung des Reets von Anbau und Ernte bis zur Anlieferung an der Baustelle entgegenwirken. In diese Richtung gehen daher auch die Bemühungen von Reethändlern und Dachdeckern.



*Lagerung von Reet auf Holzpaletten und unter Plane. Gegen seitlichen Regen ist das Lager nicht ausreichend geschützt. An den Übergängen zwischen Plane und Reet und aufgrund nicht bündig übereinander liegender Reetbunde bilden sich bei Regen Tropfkanten und Fließrinnen. Für längere Lagerzeiträume ist die Methode ungeeignet.*

## Zukünftige Schwerpunkte

Als Konsequenz der Fragestellungen, die sich aus diesem Projekt ergeben haben, werden weitere Vorhaben und Maßnahmen geplant oder sind bereits begonnen worden:

- Zur weiteren Identifizierung der maßgeblichen Schadorganismen wurde im Dezember 2007 an der Universität Greifswald unter der Leitung von Prof. Schauer ein weiteres Vorhaben gestartet.
- Herr Prof. Schlechte aus Bockenem/Niedersachsen hat seine Erkenntnisse aus seinen bisherigen Untersuchungen zusammengefasst und wird ein weiteres Projekt hierzu durchzuführen.
- In Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Lübeck plant die Gesellschaft zur Qualitätssicherung Reet ein Projekt zu baukonstruktiven und bauphysikalischen Anforderungen bei Reetdachkonstruktionen. Dabei will die Fachhochschule insbesondere das Feuchteverhalten bei unterschiedlichen Unterkonstruktionen und unter Berücksichtigung des konstruktiven Brandschutzes untersuchen.
- Außerdem wird die QSR Untersuchungen zur Qualität neu geernteter Reetware fortführen, wobei Feuchtigkeitsgehalte, Inhaltsstoffe und Verlagerungsprozesse aus dem Halm in das unterirdische Rhizom beginnend mit dem Vegetationsende periodisch während einer Erntesaison untersucht werden sollen. Hierdurch sollen Eckwerte zur Eingrenzung relevanter

Qualitätsparameter gewonnen und die Grundlage für belastbare Qualitätsbeurteilungen verbessert werden.

- Die QSR ließ im Freilichtmuseum Molfsee eine Dachfläche mit zwei unterschiedlichen handwerklichen Decktechniken eindecken. Teilflächen des Daches sollen mit einem Mittel gegen Mikroorganismen behandelt werden. Veränderungen in der Reetqualität in Abhängigkeit von der Decktechnik und in Abhängigkeit des Behandlungsmittels sollen im Zeitverlauf dokumentiert werden. Ziel ist es, die Wirksamkeit prophylaktischer Reetbehandlungen zu überprüfen. Dabei soll mit Sensoren für Temperatur und Materialfeuchte in 3 Dachtiefen der Witterungseinfluß aufgezeichnet werden. Die Daten sollen fortlaufend ins Internet gestellt werden, die bei Bedarf allen Interessierten zur Verfügung stehen.
- Die QSR plant weiterhin einen Versuch zur Trocknung neu geernteten Reets. Die Erntebedingungen im letzten und im vorletzten Jahr waren vielerorts durch anhaltend regnerische Erntebedingungen gekennzeichnet, so dass in einigen Reetgebieten die Ernte nicht im vorgesehenen Umfang bis zum 15. März abgeschlossen werden konnte und Reetbestände ungeerntet auf dem Feld verblieben. In anderen Gebieten wurde das Reet in zu nassem Zustand eingefahren und gelagert. Die Lagerung von zu feuchtem Erntematerial ist jedoch bekanntlich eine der bedeutendsten Schadensursachen bei Reet. In Zusammenarbeit mit einem Betreiber einer Biogasanlage soll feuchtes Reet mit der bei der Stromerzeugung aus Biogas anfallenden Abwärme in eigens zu konzipierenden Containern nachgetrocknet werden. Getrocknetes und ungetrocknetes Material sollen vergleichsweise auf einer Dachfläche eingedeckt werden und die Qualität des Reets untersucht werden. Zu untersuchen ist, ob der Trocknungsprozess – abhängig von der maximal zu erreichenden Temperatur in der Biogasanlage - zu einer Verminderung des Besatzes mit Mikroorganismen führt und ob sich vergleichbar der Kammertrocknung bei Holz Effekte im Hinblick auf eine verminderte Wasseraufnahme bei erneuter Befeuchtung ergeben. Die Trocknung in Biogasanlagen wäre eine Option mit Vorteilen für beide Seiten, Anlagenbetreiber und Reetdachdecker. Bei Nachweis der Abwärmenutzung erhält der Betreiber der Biogasanlage eine höhere garantierte Grundvergütung/Kwh. Daneben könnte er einen geringen Aufschlag auf die Trocknungskosten verlangen. Der Reetdachdecker erhält im Gegenzug trockene Reetware zu einem moderaten Preis.
- Ein Teil der schadhafte Dächer basiert auf handwerklichen Fehlern. Das Deutsche Dachdeckerhandwerk ist Herausgeber eines eigenen Regelwerks, welches den Status der allgemein anerkannten Regeln der Technik besitzt. Demzufolge sind die „Fachregeln für Dachdeckungen mit Reet“ zum Oktober 2008 durch die Fachgremien unter Einarbeitung der Ergebnisse dieses Forschungsprojekts überarbeitet worden.
- Schulungs- und Weiterbildungsmaßnahmen werden der Reetbranche zur Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse im Sinne des Verbraucherschutzes angeboten.

## Vorläufige Checkliste für Arbeiten mit Reet als Dachdeckungsmaterial

Die Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens haben gezeigt, dass Reetdächer nach wie vor haltbar sind. Nur Bedarf es auch in diesem Handwerk der Einhaltung einiger Randbedingungen. Diese Checkliste mag allen Beteiligten als Grundlage offenen und transparenten Handelns seitens des Reetdachdeckers, des Bauherren, insbesondere aber auch des Reetlieferanten dienen und helfen das Vertrauen in das Reetdach zu stärken.

Die nachfolgend aufgeführten Kontrollen können natürlich nur stichprobenartig durchgeführt werden. Sie finden am Schluss eine Übersicht zu messbaren „Reetwerten“ nach dem derzeitigen Kenntnisstand.

### Materialprüfung vor oder bei Ankunft auf der Baustelle

- ü Im Großhandel ist es ohne Weiteres möglich das Reet nach Herkunftsgebieten chemisch untersuchen zu lassen. Hierbei werden zumeist Untersuchungen zum Stickstoffgehalt vorgenommen, der meist als C/N-Wert angegeben wird. C/N-Werte unter 100 sollten auf keinen Fall vorkommen. Je größer die Zahl ist, desto geringer ist der mikrobiologische Nährstoff vorhanden. Werte von über 200 sind keine Seltenheit.
- ü Eine hohe Feuchtigkeit innerhalb der verpackten Ware stellt das ideale Wachstumsmilieu für Mikroorganismen dar. In der Praxis haben sich Messlanzen aus der Landwirtschaft bewährt. Diese Lanzen sind jedoch auf relativ trockenes Wetter angewiesen. Werte über 18 % sind ein absolutes Ausschlusskriterium; Werte unter 12 % sind ohne Probleme möglich. Sicher lässt sich die Feuchtigkeit nur mit der Darmmethode im Labor untersuchen.
- ü Die Begrenzung der Feuchtigkeit ist während der gesamten Lieferkette einzuhalten. Abgeplante Transporte sind also sicherer.
- ü Die Lagerung auf der Baustelle ist dementsprechend wettergeschützt vorzunehmen. Das verpackte Reet sollte sowohl von unten als auch von oben keine Feuchtigkeit aufnehmen können. Es sollte luftumspült und nicht hermetisch abgedeckt gelagert werden.
- ü Die Länge des Reets ist entscheidend für die spätere handwerkliche Qualität des Daches. Kurzes Reet muss deutlich flacher im Dach liegen als langes Reet. Die Wasserableitung ist schlechter. So ist im Regelfall mittellanges Reet zu empfehlen.
- ü Reet sollte einen Durchmesser am Stoppel von 3 bis 4 mm nicht unterschreiten. Als optimal gelten Durchmesser zwischen 4 und 6 mm. Je höher der Feinanteil des Reets im späteren Dach ist, desto stärker bindet das Dach das Wasser und desto schlechter trocknet es wieder ab.
- ü Das Reet sollte sauber sein. Blätter, Binsen oder sonstige Verunreinigungen geben Auskunft über die Qualität der Aufarbeitung und Behandlung des Reets während der Ernte und des Transports. Hellgraue Verfärbungen können Aufschluss darüber geben, ob das Reet eventuell überaltert ist. Viele zerborstene Halme deuten auf rauen Umgang mit dem Material hin. Unbeschädigtes Material ist vorteilhaft.

## Materialprüfung während der Verarbeitung

Während der Verarbeitung durch den Dachdecker werden die großen Reetballen erstmals seit der Verpackung durch den Reetbauern wieder geöffnet. Somit ist zu diesem Zeitpunkt eine Inaugenscheinnahme der einzelnen Bunde möglich.

- ü Aufstoßen einzelner Bunde zur Prüfung des Insektenbefalls o.Ä.
- ü Beim Greifen der Bunde gibt das Geräusch der knisternden Halme Auskunft über die Trockenheit der Bunde und die Festigkeit des Materials.
- ü Die Austrocknung nasser Bunde ist bei straff gepresster Ware am schlechtesten. Oft findet man in der Bundmitte einen feuchten Kern, der sich später als stark geschädigt herausstellen kann. Reet muss trocken sein.
- ü Reet ist nicht einheitlich lang. So kann es vorkommen, dass von außen ausreichend lange Bunde in einem Ballen zu sehen sind, aber im Inneren mehrere kurze Bunde zu finden sind. Kurze Ware ist nur an steilen oder sehr dünnen Dächern sinnvoll einzudecken.
- ü Beim Öffnen der Bunde auf dem Dach sollten sich keine Beläge oder übermäßige Verunreinigungen zeigen. Die Oberfläche des Halmes weist optimalerweise einen wachsartigen Glanz auf.

## Prüfen auf Eignung der Baukonstruktion

Die meisten Reetdächer in Deutschland sind historisch oder nach historischen Vorbildern konstruiert; Nur werden die Häuser heute anders genutzt. Daraus entstehen konstruktive Anforderungen, die man unbedingt berücksichtigen sollte.

- ü Ausgebaute Dachgeschosse müssen Wasserdampfwanderungen berücksichtigen. Dies wird durch Dampfsperren und/oder durch luftdichte Schichten erreicht.
- ü „Reet muss atmen können“. Dieser alten Weisheit sollte man durch zusätzliche Be- und Entlüftungsöffnungen an Traufe und First Rechnung tragen. Dies gilt insbesondere für ausgebaute Dachgeschosse. Das Deutsche Dachdeckerhandwerk sieht unter den Traglatten der Reeteindeckung eine freie Luftschicht von mindestens 6 cm von der Traufe zum First vor.
- ü Niederschläge müssen möglichst schnell ablaufen können. Dafür sind Dachneigungen von 45° und mehr erforderlich. Verschneidungen durch Gauben oder Kehlen behindern und setzen dadurch die Lebenserwartung des Daches herab.

## Einfache Prüfung der handwerklichen Verarbeitung

- ü Ihr Reetdach muss fest eingedeckt werden, da es sonst nicht ausreichend sturmsicher sein kann. Ein zu locker gedecktes Dach wird in relativ kurzer Zeit beginnen abzurutschen und muss nachgeklopft werden.
- ü Liegt die Bindung des Reets zu dicht am Stoppelende der Halme, erzeugt man damit eine sehr dichte Oberfläche und stärkere Kapillarität der außen liegenden Reetschichten. Nach traditioneller Überlieferung liegt das optimale Maß für den Bindungsabstand bei ca. einer Elle oder zwei Händen vom Stoppel entfernt; also ca. 40 cm und mehr.
- ü Durch verschiedene Verarbeitungsweisen variiert die Halmneigung bei identischer Dachneigung auffällig. Bei 45° Dachneigung kann die Halmneigung von 32° und nur noch 20° variieren. Fakt ist, je steiler ein Halm im Dach liegt, desto länger hält es. Die Halmneigung darf nach dem neuen Regelwerk 25° nicht unterschreiten.

## Übersicht der Reetdaten

### Aus dem Produktdatenblatt Reet des Deutschen Dachdeckerhandwerks

Tab. 1: Sortierung von Reetbunden

Typ	Kurzes Reet	Mittellanges Reet	Langes Reet
Länge	bis ca. 1,50 m	bis ca. 1,80 m	bis ca. 2,30 m
Höchstens 5% der Halme kürzer als	0,80 m	1,10 m	1,40 m
2/3 der Halme	1,00 – 1,50 m	1,60 – 1,80 m	1,90 – 2,30 m
Durchmesser	≤ 6 mm	3 bis 9 mm	6 bis 12 mm

90 % der Bunde einer Lieferung müssen der angegebenen Sortierung entsprechen.

© Alle Rechte beim ZVDH

Aus den Projektdaten haben sich folgende Orientierungswerte zu Einstufung der Reetqualität anhand von Inhaltsstoffanalysen ergeben. Die Werte sind an der Halmbasis (0 bis 20 cm) zu ermitteln.

C/N – Werte	C – Werte	N – Werte	C/N
Schlechtester Messwert	45,1 %	0,62 %	77,26
Mittelwert	47,0 %	0,47 %	112,64
Bester Messwert	48,6 %	0,27 %	180,73

#### Rohlignin – Gehalte

Schlechtester Messwert	9,4 %
Mittelwert	10,5 % TM
Bester Messwert	12,0 % TM

#### Zellulose – Anteil

Schlechtester Messwert	52,8 % TM
Mittelwert	54,0 % TM
Bester Messwert	54,9 % TM

#### Hemizellulose – Anteil

Schlechtester Messwert	24,0 % TM
Mittelwert	25,4 % TM
Bester Messwert	28,3 % TM

Alle Angaben in % Trockenmasse (TM)