

**Bericht
zum
Forschungsvorhaben
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt**

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

Aktenzeichen: 25018 – 25

Beauftragt, koordiniert und vorgelegt von der
QSR – Gesellschaft zur Qualitätssicherung Reet mbH

Kiel, im Februar 2008



Reet als Dacheindeckungsmaterial

Qualitätssicherung und –erhaltung eines Baustoffs aus nachwachsenden Rohstoffen

**Wir danken allen Förderern, Ratgebern und Mitwirkenden, die dieses
Forschungsvorhaben ermöglichten.**

Unser Dank gilt insbesondere:

- **Der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Herrn Dr. Grimm**
- **Dem Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume
des Landes Schleswig-Holstein**
- **Dem Ministerium für Wissenschaft und Kultur des Landes
Niedersachsen**
- **Der Bundesfachgruppe Reetdachtechnik im Zentralverband des
Deutschen Dachdeckerhandwerks (Arbeitsgruppe Qualitätssicherung
Reet)**
- **Den Landesinnungsverbänden im Zentralverband des Deutschen
Dachdeckerhandwerks**
- **Der Itzehoer Versicherung und der Provinzial Versicherung**
- **Den beteiligten wissenschaftlichen Instituten und
Kooperationspartnern**

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
2. Mögliche Ursachen des frühzeitigen Verfalls von Reetdächern	6
3. Zielsetzung des Vorhabens	7
4. Projektpartner	8
5. Ergebnisse	12
5.1 Dokumentation dauerfeuchter im Vergleich zu nicht dauerfeuchten Reetdächern und Analyse der Verfahrenskette Reet	12
5.1.1 Beschreibung bisheriger Qualitätsdefinitionen für Reet als Dacheindeckung	12
5.1.2 Erarbeiten eines Prüfkatalogs zur Schadenserhebung, der bauphysikalische Parameter des Hauses/Daches und des verwendeten Reetmaterials enthält	16
5.1.3 Dokumentation von Schadensfällen anhand Prüfkatalogs	18
5.1.4 Probenahme von Dächern	26
5.1.5 Stickstoff (N), Kohlenstoffgehalte (C) und C/N-Verhältnis für Reetdächer	27
5.1.6 Gerüstsubstanzen	40
5.1.7 Dichte von Reet in Feld- und Dachproben	42
5.1.8 Asche- und Silikatgehalt	49
5.1.9 Die Verfahrenskette von Reet - mögliche Schwachstellen	50
5.1.10 Grundzüge einer erweiterten Qualitätsdefinition für Reet	54
5.2.1 Einleitung	58
5.2.2 Material und Methoden	59
5.2.3 Ergebnisse	62
5.2.4 Diskussion	67
5.2.5 Literatur	67
5.3 Untersuchungen an der Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM) im Rahmen des DBU-Forschungsprojektes Qualitätssicherung bei Reet als Dachmaterial	68
5.3.1 Probennahme in Reeterntegebieten	68
5.3.2 Untersuchungen am Reet im Labor	70
5.3.2.1 Physikalische Messungen	70
5.3.2.2 Versuche zur Hygroskopie der Halme	74
5.3.2.3 Mikrobiologische Untersuchungen	78
5.4 Möglichkeiten zum Schutz von Reet vor biologischem Abbau aus „holzschutztechnischer“ Sicht	88
5.5 Juristisches Kurzgutachten zur Reetschadenproblematik	92
5.5.1 Einleitung	93

5.5.2 Relevante Fragestellungen	93
5.5.2.1 Der werkvertragliche Mangelbegriff	93
5.5.2.2 Beweislastfragen / Abnahme	101
5.5.2.3 Formelle Voraussetzungen der Gewährleistungsrechte	103
5.5.2.4 Verjährung	104
5.5.2.5 Einbeziehung Dritter?	106
5.5.2.6 Sonderproblematik des „weiterfressenden“ Mangels	109
5.5.3 Dem Werkunternehmer anzuempfehlende Verhaltensmaßregeln/“Checkliste“	111
6. Fazit und Ausblick	113
7. Anhang und Dokumentation	116
7.1 Zukünftige Bauherren-Erstinformation - Flyer	116
7.2 Niederländische Veröffentlichung zum Thema der vorzeitigen Alterung von Reetdächern (Vakfederatie Rietdecker)	117
7.3 Anforderungskatalog des Niedersächsischen Landesamtes für Denkmalpflege	132
7.4 Ergebnisbericht zur Schadenserhebung des Niedersächsischen Landesamtes für Denkmalpflege im Elbe-Weser-Dreieck	134
7.5 Beurteilung schadhafter Dächer durch öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige mit dem Spezialgebiet Reetdach	139

1. Einleitung

In den norddeutschen Bundesländern Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern stellen sich Dacheindeckungen aus Reet als Teil des Kulturgutes dar. Die Lebensdauer eines Reetdaches liegt in der Regel bei ca. 30 Jahren. Häufig kann die Lebensdauer aber auch 40 oder sogar 50 Jahren übertreffen.

Die Dächer, die in den vergangenen 10 bis 15 Jahren gedeckt wurden, weisen jedoch zunehmend erhöhte Zersetzungsprozesse und damit einhergehend eine deutlich verkürzte Lebenserwartung auf.

Im vorliegenden Bericht wird versucht, Antworten auf die Frage zu geben, was die Gründe und die Auslöser für den vorzeitigen Verfall junger Reetdächer sind.

Als Symptome werden auf den Dächern punktuell Farbveränderungen festgestellt, die sich als gelbliche oder hellgrüne Flecken vom übrigen Dach abgrenzen. Zunächst sind nur ein oder wenige Flecken erkennbar, die mit der Zeit an Größe und Anzahl zunehmen und sich über das gesamte Dach ausbreiten. Die das Dach abschließenden Halmenden werden entweder spröde und brüchig oder werden bei Regen aufgeweicht und abgespült. Charakteristisch für die Flecken ist ein pilzartiger Geruch und eine sehr viel höhere Wasseraufnahme bei Regen im Vergleich zum angrenzenden gesunden Dach. Das Wasser hält sich an diesen Stellen lange und trocknet nur langsam ab. Die Stellen fühlen sich u.U. noch Tage, nachdem das übrige Dach bereits abgetrocknet ist, durchnässt an und trocknen je nach Witterung nicht mehr vollständig durch. Der Zersetzungsprozess erfasst die Halmenden und erstreckt sich bis zum jeweils nächsten Halmknoten (Nodium), der als Barriere den Rotteprozess eine Zeit lang aufhält, bis das darunter liegende Halmsegment und der Halmknoten selbst mehr und mehr aufgelöst bzw. geschwächt worden sind und der Zersetzungsprozess auf das nächste Halmsegment (Internodium) übergreifen kann. Mit fortschreitendem Befallsgrad beschleunigt sich der Rotteprozess und führt zum vollständigen Verfall des Reetdachs. Der Prozess des Verfalls geht of einher mit einem muffigen, schimmelartigen Geruch, der sich im Haus festsetzt und auch durch intensives Lüften nicht entfernt werden kann. Der Geruch wird von den Hausbewohnern meist als erstes Zeichen eines beginnenden Zersetzungsprozesses ihres Reetdachs wahrgenommen.

Der Befall des Reets setzt eine erhöhte Durchfeuchtung des Reets voraus, weshalb befallene und geschädigte Dächer als dauerfeuchte Reetdächer bezeichnet werden. Der Prozess des Verfalls von Reetdächern wird synonym auch als vor- oder frühzeitige Reetdachalterung beschrieben.

Verschiedene Gründe werden als Ursachen vermutet: Eine veränderte, erhöhte Aggressivität bestimmter Pilzarten, fehlende bzw. nicht einheitliche Qualitätsstandards für Reet als Baustoff, Änderungen in den Wohn- und Baugewohnheiten, aber auch Umwelteffekte könnten eine Rolle spielen. Insbesondere die nicht klar definierten Qualitätseigenschaften des Reets führen zu Unsicherheiten in der Beurteilung von Reetpartien. Reet ist wie viele Naturprodukte kein in sich homogenes Gut, sondern unterliegt umweltabhängig großen Schwankungen.

Die Schadensfälle stiegen allerdings nicht in dem Ausmaß an, wie bei Projektbeginn befürchtet. Die Schadensquote liegt bei geschätzten 1% oder darunter. Nichtsdestotrotz stellt die vorzeitige Alterung von Reetdächern betroffene Hausbesitzer und Reetdachdecker hinsichtlich der Schadensregulierung bzw. der Gewährleistungspflicht vor große Probleme. Einzelne Reetdachdeckerbetriebe gaben auf, für andere war die Situation existenzbedrohend und ist es noch. Dennoch kann nicht vorausgesagt werden, wie sich die Zahl der Schadensfälle

weiterentwickelt. Liegt es an der wärmeren Sommerwitterung, die trotz viel Regens zu keinem nennenswerten Eingang weiterer Schadensfälle führte oder bringt der Winter und das Frühjahr, in denen Reetdächer langsamer austrocknen die Problematik erneut verstärkt zurück?

Für betroffene Hauseigentümer und Reetdachdeckerbetriebe ist die Frage wichtig, wie sich der Befall stoppen lässt und ob befallene Dächer saniert werden können.

Desweiteren werden Ansätze für ein Gütesiegel und Zertifizierungssystem aufgezeigt, wie die gesamte Verfahrenskette von der Reeternte bis hin zur Verarbeitung des Reets auf dem Dach kontrolliert werden kann, um die Langlebigkeit eines Reetdachs zukünftig besser zu gewährleisten.

2. Mögliche Ursachen des frühzeitigen Verfalls von Reetdächern

Gründe für die frühzeitige Alterung von Reetdächern werden in einem Ursachenkomplex gesehen, an dem die verschiedensten Faktoren beteiligt sind. Als ursächlich beteiligte Faktoren wurden diskutiert:

- Auftreten neuer, bislang an Reetdächern nicht beobachteter Pilzarten:
Dem steht gegenüber, dass auch in der Vergangenheit immer wieder Einzelfälle mit den oben beschriebenen Symptomen beobachtet wurden.
- Änderungen in den Wohn- und Baugewohnheiten:
Ungenügende Dachhinterlüftung durch den Ausbau des Dachbodens oder durch den Einbau zusätzlicher Dachisolierungen, dichter schließende Fenster und Türen in modernen Häusern, ungenügende Mauerwerkstrocknung durch frühen Bezug eines Neubaus und zu geringes Lüften etc. führen möglicherweise zu einer stärkeren Belastung des Reetdaches als dies früher der Fall war. Hinzu kommen z. T. flache Dachneigungen bei Gauben und Dacherkern, die den Abtransport von Regenwasser erschweren. Bäume in der Nähe eines Hauses führen zur Beschattung des Daches und verzögern dadurch die Austrocknung des Reets. Die höhere Feuchtigkeitsbelastung des Reetdaches ist die Voraussetzung für mikrobielle Aktivität und den schnellen Abbau des Reets.
- Qualitative Mängel in der Bauausführung
Handwerkliche Fehler durch nicht fachgerecht durchgeführte Maßnahmen zum konstruktiven Bauschutz (fehlerhafte Dachhinterlüftung, Dampfsperren, Dämmungen etc.) ziehen eine erhöhte Durchfeuchtung des Reetdachs nach sich.

Auch die Wahl von kurzem und dünnem Reet zur Dacheindeckung, das aufgrund ästhetischer Gesichtspunkte immer stärker nachgefragt wird, kann zu erhöhter Feuchtigkeit des Reetdaches führen. Bei kurzem Reet und großer Dachstärke kann die Abnahme in der Halmneigung trotz ausreichender Dachneigung zu groß werden. Als Folge dringt Regenwasser tiefer in den Reetkörper ein, der dadurch langsamer austrocknet. Dieser Effekt verschärft sich, je feinhalmiger das Reet und je dichter es gepackt bzw. gebunden ist.

- Qualitative Mängel des Reetmaterials:
Fehlende Qualitätsstandards für Reet lassen die Vermarktung von Reet geringer Qualität zu. Die Qualität der Reetbunde lässt sich bislang nicht zweifelsfrei feststellen.

Zwar werden offensichtliche Qualitätsschäden, wie z. B. Pilzbefall durch zu nasse Lagerung erkannt und entsprechende Bunde eliminiert. Doch berichten erfahrene Reetdachdecker, dass auch als qualitativ hochwertig eingestufte Reetpartien schon kurze Zeit nach ihrer Verarbeitung Schadenssymptome zeigten. Daraus resultiert eine große Unsicherheit in der Beurteilung der Reetqualität bei den Handwerkern.

- **Veränderungen des Reetmarktes**
Nur ein geringer Teil des Reets kommt aus regionaler Erzeugung vor Ort, die Importquote in Deutschland liegt bei ca. 85%. Neue Lieferländer, aus denen bislang kein Reet importiert wurde, kommen hinzu (z.B. China). Allgemein wird von einer Ausweitung des Reetmarktes in den letzten Jahren berichtet. Auch hierin wird eine Ursache für das vermehrte Auftreten befallener Reetdächer gesehen, da bei knappem Lagerbestand den Handwerkern der Spielraum zur Auswahl qualitativ hochwertigen Reets fehlt.
- **Sich verändernde Umweltstandards und Umweltbedingungen:**
Umwelt- und Naturschutz sowie höhere Auflagen für die Reeternte in einigen Erzeugerländern könnten das Problem eines knappen Reetangebots zusätzlich verschärft haben. Die Reduzierung der Luftverschmutzung wird als Grund dafür gesehen, dass z. B. der Algenbewuchs auf Fassaden zunimmt. Auch die Biofilmbildung auf Reetdächern könnte hierdurch begünstigt werden.

Andererseits werden für einige Länder aber auch erhöhte Umweltbelastungen als Grund für die nachlassende Qualität des Reets angeführt: Die Nährstoffbelastung der Gewässer (Eutrophierung), vor allem mit Düngemitteln aus der Landwirtschaft trägt zur Massenwüchsigkeit des Reets bei, worunter Halmstabilität bzw. Halmfestigkeit negativ beeinflusst werden können. Das schnelle Reetwachstum kann zu längeren Halmen mit größeren, aber instabileren Zellen führen (fehlende xeromorphe Zellstruktur). Auch milde Winter verbunden mit höheren Niederschlägen, der Rückgang in der Anzahl an Frosttagen, wodurch das Reet nicht ausreichend austrocknet, kann die Reetqualität negativ beeinflussen.

3. Zielsetzung des Vorhabens

Die Zielsetzung ist entsprechend der komplexen Aufgabenstellung weit gefasst und machte ein umfangreiches Arbeitsprogramm erforderlich. In diesem Projekt geht es in erster Linie darum, im Sinne einer schnell greifenden Schadensbegrenzung die Fülle der möglichen Ursachen zu erfassen, einzugrenzen und die am Ende wesentlichen Problembereiche zu definieren, die dann in einem Folgeprojekt eingehend untersucht werden sollen. Die Ziele des Projektes lassen sich auf vier Kernbereiche konzentrieren:

- **Dokumentation beispielhafter Schadensfälle zur Eingrenzung des möglichen Ursachenkomplexes für den Pilzbefall.**
- **Sicherung der Reetqualität:**
 - Schwachstellenanalyse der Verfahrenskette Reet von der Ernte bis zur Verarbeitung.
 - Bestimmung von Parametern zur Unterscheidung von Reetqualitäten.
 - Entwicklung eines Leitfadens als Grundlage einer einheitlichen Qualitätsbeurteilung.

- Physikalisch/chemische Beschreibung verschiedener Reetqualitäten und ihre Besiedelbarkeit durch schädigende Mikroorganismen.
- Maßnahmen zur Schadensminimierung
 - Möglichkeiten zur Behandlung von befallsgefährdetem Material vor der Verarbeitung durch ökologisch unbedenkliche Mittel.
 - Möglichkeiten der Behandlung mit ökologisch unbedenklichen Mitteln bei Auftreten von Schadsymptomen auf bereits gedeckten Dächern.

Vorrangig werden im vorliegenden Projekt neben der Dokumentation von Schadensfällen die verschiedenen Reetqualitäten und ihre Besiedelbarkeit durch Mikroorganismen, sowie die Verfahrenskette des Reets von der Ernte über die Lagerung bis zur Verarbeitung analysiert werden. Schwachstellen sollen benannt und wesentliche Mindestanforderungen an die Reetqualität definiert werden. Viele Teilprobleme sind den Reetdachdeckern bekannt. Auf diesem Wissensfundus und Erfahrungsschatz baut das Projekt auf, um zum einen als „Sofortmassnahme“ zur Schadensbegrenzung beitragen zu können und um zum anderen die Grundlagen und Voraussetzungen für die Konzeption eines Nachfolgeprojektes zu erarbeiten, dass dann detailliert die aufgezeigten Problemfelder bearbeiten soll.

4. Projektpartner

Der Antragsteller ist der Berufsbildungsverein des Dachdeckerhandwerks Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein e.V. Der BBV ist ein gemeinnütziger Verein, dessen Aufgabe insbesondere die Förderung der beruflichen Bildung im Dachdeckerhandwerk ist. Dies umfasst sowohl die Ausbildung von Lehrlingen als auch die Fort- und Weiterbildung der Mitarbeiter und Unternehmer. Mitglieder des Vereins sind die Landesinnungsverbände Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein. Darüber hinaus unterhalten die beiden Landesinnungsverbände eine technische Beratungsstelle, die den Mitgliedsbetrieben der Innungen alle technischen Neuerungen aus Normung und Wissenschaft praxisgerecht aufarbeitet und zur Verfügung stellt. Insbesondere werden neben den traditionellen Bereichen des Dachdeckerhandwerks die Themen „wärmetechnische Gebäudesanierung und erneuerbare Energien“ in den Mittelpunkt der Arbeiten gestellt. Das Ausbildungszentrum in Lübeck-Blankensee ist zudem bundesweit die einzige Ausbildungsstätte, in der die Aus- und Fortbildung in der Fachrichtung Reet betrieben wird. Die Ausbildung zum Dachdecker Gesellen mit Fachrichtung Reet ist erst seit ca. 6 Jahren möglich und wird durch die ortsansässige Landesberufsschule unterstützt und begleitet.

Aus diesem Grund wurde das Streben der norddeutschen Landesinnungsverbände zur Lösung der Reetproblematik unter dem Dach des Berufsbildungsvereins zusammengefasst und Ihnen als Antragsteller benannt. Die Projektleitung wird durch Herrn Dachdeckermeister und Dipl. Ing. Jan Juraschek übernommen.

Kontaktdaten:

Jan Juraschek

Telefon: 0431 – 54 77 60

Telefax: 0431 – 54 77 666

email: juraschek@dachdeckerbbv.de

Berufsbildungsverein des Dachdeckerhandwerks
Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein e.V.

Geschäftsstelle:

Holkoppelweg 5, 24118 Kiel
Telefon: 0431 – 5477 – 60
Telefax: 0431 – 5477 – 666

Ausbildungszentrum:

Am Flugplatz 4, Nr. 75, 23560 Lübeck
Telefon: 0451 – 5040 – 230
Telefax: 0451 – 5040 – 240

Zur Bewältigung der Aufgaben wurde ein Unterauftrag an Dr. Kai-Uwe Schwarz von der Arbeitsgemeinschaft für Agrarökologische Untersuchungen, Kiel (AFAU)/ Kompetenzzentrum für Bioenergie und Pflanzenrohstoffe im Grünen Zentrum, Bad Fallingbostel vergeben, der im Rahmen vergleichender Untersuchungen zu Reet und Miscanthus sich schon zuvor mit Fragen zur Qualität beider Pflanzenarten befasste.

Adresse und Kontaktdaten des Auftragnehmers:

AG für Agrarökologische Untersuchungen	Kompetenzzentrum für Bioenergie und
Russeer Weg 179, 24109 Kiel	Pflanzenrohstoffe
Tel. 0431 5351399	Düshorner Str. 25
Email: kai-uwe.schwarz@12move.de	29683 Bad Fallingbostel

Ein weiterer Unterauftrag wurde an das Institut für Holzbiologie und Holzschutz der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft vergeben. Das Institut verfügt über langjährige Erfahrung auf dem Gebiet des Holzschutzes, sowohl was kurative wie auch prophylaktische Verfahren anbetrifft. Diese Expertise soll genutzt werden, um Möglichkeiten zum Schutz und zur Behandlung von Reet als ein dem Holz in mancher Hinsicht nahestehendes Naturprodukt aufzuzeigen und zu diskutieren.

Ansprechpartner: Dr. E. Melcher
Institut für Holzbiologie und Holzschutz
Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft
Leuschnerstr. 91
21031 Hamburg
Tel. 040 73962-442
Fax: 040 73962-499
Email: e.melcher@holz.uni-hamburg.de

Das Team der Wirtschaftsförderung und Technologietransfer Schleswig-Holstein GmbH (WTSH) unterstützte das Projekt insbesondere im Hinblick auf die Durchführung von Informationsveranstaltungen, Öffentlichkeitsarbeit und bei der Vermittlung von Kontakten begleiten und unterstützen.

Ansprechpartner: Dr. Michaela Oesser
Wirtschaftsförderung und Technologietransfer Schleswig-Holstein GmbH
Heinrichstraße 28-34
24937 Flensburg
Tel. 0461 806-149
Fax: 0461 806-171
Email: oesser@wtsh.de

4.1 Kooperationspartner

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

12000 Berlin

Ansprechpartner:

Frau Dr. Ina Stephan

Tel. 030 81041412

Fax. 030 81041417

Email: ina.stephan@bam.de

Eine der Aufgaben der BAM liegt in der Analyse und Bewertung von Wechselwirkungen zwischen Material und Umwelt durch eine multidisziplinäre Zusammenarbeit verschiedenster Fachrichtungen. Es werden Untersuchungen zur langfristigen Beanspruchung an der Schnittstelle Material/Umwelt unter Abwägung technischer, ökologischer und ökonomischer Aspekte durchgeführt. Einen besonderen Stellenwert bei der BAM hat die Mitarbeit bei der Entwicklung von gesetzlichen Regelungen, Normen, Richtlinien und deren Umsetzung in der Praxis.

4.2 Kooperationspartner

Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft der

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Jörg Michael Greef

Telefon: 0531 596 2301

Telefax: 0531 596 2399

Email: joerg.greef@fal.de

In dem vorliegenden Projekt übernahm das Institut die Aufgabe der chemischen Analytik vor allem der Faserkomponenten. Die eingesetzten Verfahren ähneln der der Futteranalytik. Das Institut hat hierin langjährige Erfahrungen. Die NIRS-Methodik ist ebenfalls am Institut seit langer Zeit in der Qualitätssicherung etabliert.

Das Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig hat die Aufgabe, wissenschaftliche Grundlagen für eine nachhaltige, leistungsorientierte und umweltverträgliche Bewirtschaftung des Acker- und Grünlandes zu erarbeiten. Der erste Arbeitsschwerpunkt gliedert sich in die Analyse von Nutzungssystemen für Ackerbau- und Grünlandstandorte hinsichtlich ihrer Ertragsleistung, Produktqualität und Umweltleistung sowie die Erarbeitung von Grundlagen und Indikatoren zur Erfassung der Agrobiodiversität (Nachhaltige Bewirtschaftungssysteme).

Der zweite Arbeitsschwerpunkt beinhaltet die methodische Entwicklung zur Qualitätsverbesserung von Saat- und Pflanzgut und die Analyse ertragslimitierender Vorgänge in der Pflanze, bzw. im Pflanzenbestand (Ertragsbildung landwirtschaftlicher Nutzpflanzen).

Der dritte Arbeitsschwerpunkt beschäftigt sich mit der Entwicklung und Bestimmung von Qualitätsparametern vor, während und nach der Ernte zur Prognose der Qualität von Ernteprodukten im Rahmen der Präzisionslandwirtschaft sowie der Optimierung pflanzenbaulicher und konservierungstechnischer Verfahren zur Erhaltung der Futterwertes und zur Minderung von Toxinbelastungen und Hygienemängeln in Ernteprodukten und Konservaten (Qualitätssicherung landwirtschaftlicher Nutzpflanzen).

4.3 Kooperationspartner

Biozentrum Klein Flottbek (BKF)

Prof. Dr. Wolfgang Streit
Universität Hamburg, Abteilung für Mikrobiologie
Ohnhorststr. 18
D-22609 Hamburg
Tel: ++49-40-428-16- 463 / 443
Fax: ++49-40-428-16- 459
Email: wolfgang.streit@uni-hamburg.de

Die Expertise der AG STREIT (Universität Hamburg) liegt im Gebiet der Metagenomik und Biofilmbildung. Metagenomik ist eine neue und relativ junge Forschungsrichtung in der Mikrobiologie, die mit Hilfe von genomischen Methoden die Gesamtheit aller Mikroorganismen in einem Habitat erschließt. Bisher ist es mit Hilfe von Kultivierungen nur möglich ca. 1% aller Mikroorganismen zu erschließen, da die Nährstoffansprüche von Mikroorganismen zu komplex sind, um sie in Einzelkultur zu bekommen. Diesen ‚Bottleneck‘ kann man mit Hilfe der Metagenomik umgehen und so relativ schnell ein vollständiges Bild aller Mikroorganismen in einem Habitat erhalten. Die AG Streit nahm beratend an dem Projekt teil.

4.4 Kooperationspartner

Botanisches Institut, Abt. Botanische Genetik & Molekularbiologie (BGM)
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Prof. Dr. Frank Kempken
Frau Dr. Kerstin Stockmeyer
Olshausenstr. 40
24098 Kiel
Tel.: 0431 880 4274
Fax: 0431 880 4248
Email: fkempken@bot.uni-kiel.de

Die Expertise der Abteilung Prof. KEMPKEN (CAU Kiel) liegt im Bereich der Hyphenpilze. Herr KEMPKEN beschäftigt sich seit seiner Diplomarbeit (1985) mit Hyphenpilzen. Diplom- und Doktorarbeit wurden im Labor von Prof. Dr. h.c. mult. KARL ESSER durchgeführt, der seinerseits eine Kapazität auf diesem Gebiet war. Neben Kenntnissen der Morphologie und Systematik von Pilzen (Vorlesungstätigkeit von 1994-2001 in Bochum und ab 2006 in Kiel) kann Herr KEMPKEN auf eine langjährige Forschungstätigkeit zurückblicken, aus der zahlreiche Publikationen hervorgegangen sind. Diese Arbeiten wurden bzw. werden vom Bennisen-Foerderpreis des Landes NRW, der DFG, der Innovationsstiftung SH und in Kooperation mit der DSM (Niederlande) gefördert.

4.5 Kooperationspartner

Institut Für Allgemeine Mikrobiologie (IFAM)
Christian-Albrechts-Universität Kiel
Prof. Dr. Ruth Schmitz-Streit
Am Botanischen Garten 1-9
24118 Kiel
Tel. ++ 431-8804334
Fax. ++ 431-8802194
Email: rschmitz@ifam.uni-kiel.de

Die Expertise der AG SCHMITZ-STREIT (CAU Kiel) liegt ebenfalls im Bereich der Metagenomik. Darüber hinaus verfügt die Gruppe über sehr viel Erfahrung bei der

Charakterisierung von Mikroorganismen und im Bereich der DNA-Sequenzierung. Weiterhin verfügt die Gruppe über sehr viel Erfahrung im Bereich der Physiologie und Genetik von Mikroorganismen.

Kooperationspartner 2.5 und 2.6 bündelten ihre Projektaktivitäten und richteten eine gemeinsamen Stelle ein, für die Frau Dr. Kerstin Stockmeyer gewonnen werden konnte. Frau Dr. Stockmeyer, die bei Prof. Kempken promovierte, übernahm die Aufgabe der Identifikation von Mikroorganismen, die auf Reetdächern auftreten.

5. Ergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse der beteiligten Projektpartner dargestellt. Einzelne Arbeitsgebiete wurden von mehreren Partnern bearbeitet und aus unterschiedlichen Blickwinkeln dargestellt.

5.1 Dokumentation dauerfeuchter im Vergleich zu nicht dauerfeuchten Reetdächern und Analyse der Verfahrenskette Reet

K.U. Schwarz, Jan Juraschek (QSR) und J. Greef (FAL)

Die Ergebnisse gliedern sich in mehrere Teilbereiche, wobei die Dokumentation von Schadensfällen an Reetdächern, die Laboruntersuchungen von Reetdach- und Feldproben und die Analyse möglicher Schwachpunkte in der Verfahrenskette an vorderster Stelle stehen.

5.1.1 Beschreibung bisheriger Qualitätsdefinitionen für Reet als Dacheindeckung

’Reet muss dem Produktdatenblatt des Regelwerkes des Dachdeckerhandwerks entsprechen: Reet soll ausgereift, gesund, blattfrei, dünnhalmig (etwa 3 mm bis höchstens 9 mm dick), gradhalmig und bei der Verarbeitung trocken und gesäubert sein. Die Länge der Reetbunde für die Flächendeckung soll entsprechend der Dachneigung, der Sparrenlänge und der Dicke der Dachdeckung zwischen 1,40 m und 2,00 m lang sein. Bei An- und Abschlüssen können andere Längen verwendet werden.’ (aus dem Regelwerk des Dachdeckerhandwerks).

Im Produktdatenblatt für Reet - aufgestellt und herausgegeben vom Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks (Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik - e. V.) werden die Qualitätskriterien für Reet als Dachmaterial dargestellt (Ausgabe März 2003). In dem Produktdatenblatt werden Maße, Anforderungen und Prüfungen beschrieben (Zitat):

Anforderungen

Allgemeines

- (1) Reet muss frei sein von Gras, Alt- und Krummrohr sowie sonstigen Beimengungen.
- (2) Reet sollte hart sein, d. h. Halme und Bunde sollen sich nicht leicht bzw. wesentlich zusammendrücken lassen. Die Halme dürfen bei Biegung nicht brechen und müssen sich zurückstellen. Ein Reetbund darf sich nicht wesentlich biegen lassen.
- (3) Reet muss ausgereift und sollte von gelber bis brauner Farbe sein.
- (4) Die Reethalme sollen zwischen dem ersten und dritten Wachstumswirbel geschnitten sein. Der Schnitt darf erst erfolgen, wenn die Halme vollständig abgestorben sind.

Formen und Maße

- (1) Reet wird in Bündeln entsprechend der Sortierung in Tab. 5.1.1 geliefert.
- (2) Der Umfang eines Bündels soll bei einer Prüfung entsprechend (s.u.) mindestens 0,60 m betragen.
- (3) Die Bündel werden mit mindestens zwei z. B. Stahlreifen zu Paketen (Kolli, Rollen) von 25, 50, 60, 100 oder ähnlicher Stückzahl zusammengebunden. 90 % der Bündel einer Lieferung müssen der angegebenen Sortierung entsprechen.

Tab. 5.1.1: Sortierung von Reethalmen

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

Feuchte

- (1) Reetbündel dürfen keinen Schimmel beinhalten. Bei der Prüfung (s.u.) dürfen sich keine Schimmelspuren oder ein Schimmelgeruch zeigen.
- (2) Reet muss trocken aufbereitet und gepackt werden.
- (3) Bei der Lagerung von Reet darf keine Feuchtigkeit eindringen. Oberflächliche Feuchtigkeit trocknet wieder, das Bündelinnere muss trocken sein.
- (4) Reet ist für die Verarbeitung lufttrocken bereitzustellen. Bei der Prüfung (s.u.) darf keine Feuchtigkeit festgestellt werden.

Insekten und Tierbefall

- (1) Reet sollte frei von Insekten, Larven und sonstigen Tieren sein, insbesondere sollen keine den Menschen schädigende Tiere enthalten sein.
- (2) Reet ist ein Naturprodukt. Dementsprechend sind bei einer Lieferung und beim fertig gedeckten Dach kleinere Mengen von Insekten und Larven nicht zu vermeiden. Insekten können üblicherweise Reet nicht schädigen, aber bei der Verarbeitung und danach zur Belästigung von Personen führen.
- (3) Reet darf bei Prüfung (s.u.) keinen wesentlichen Befall aufweisen.

Bezeichnung

- (1) Das Reet ist durch Schnittjahr, Herkunftsland und Abbauggebiet entsprechend der Zuordnung zur Abb. 5.1.1 sowie mit dem Typ entsprechend der Sortierung zu bezeichnen. Der Händler des Reets ist anzugeben.
- (2) Beispiel
Mittellanges Reet vom ungarischen Plattensee, geschnitten 1999:
1999 - Ungarn - Plattensee - mittellanges Reet - Händler XY

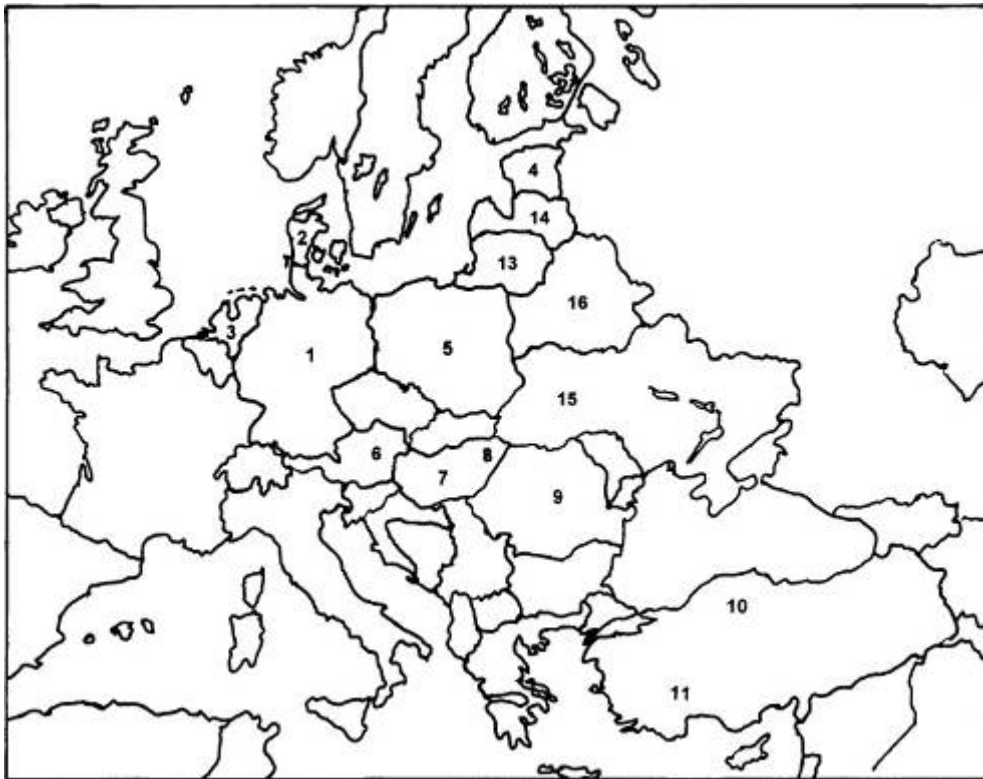


Abb. 5.1.1: Reeternteregionen in Europa.

Region 1	Deutschland	Region 9	Rumänien
Region 2	Dänemark	Region 10	Türkei Nord (Schwarzmeer- Küste)
Region 3	Niederlande	Region 11	Türkei Süd
Region 4	Estland	Region 12	Südafrika
Region 5	Polen	Region 13	Litauen
Region 6	Österreich	Region 14	Lettland
Region 7	Ungarn West (Fertoe)	Region 15	Ukraine
Region 8	Ungarn	Region 16	Weißrussland

Kennzeichnung

Jede Verpackungseinheit ist mit dem Abbaugelände und einem Händlerzeichen dauerhaft und deutlich lesbar zu kennzeichnen.

Prüfung - Formen und Maße

- (1) Die Länge von Reethalmen und Reetbunden wird ermittelt, indem Halm oder Bund auf einem glatten Untergrund senkrecht aufgestellt wird und der Abstand vom Untergrund bis zur Halmspitze mit einem Gliedermaßstab oder einem Maßband gemessen wird. Die Länge wird auf 0,05 m gerundet angegeben..
- (2) Der Umfang eines Bundes wird mit einem Maßband ermittelt. Die Messung erfolgt mindestens 0,20 m vom Stoppelende entfernt. Das Maßband wird fest um das Bund gezogen und der Umfang ermittelt. Der Umfang wird auf 0,02 m gerundet angegeben.
- (3) Der Durchmesser eines Reethalms wird mindestens 0,20 m vom Stoppelende entfernt mit z. B. einem Messschieber ermittelt. Der Durchmesser wird auf ganze Millimeter gerundet angegeben.

Prüfung - Feuchte

Reet kann auf schädliche Feuchtigkeit und Schimmel untersucht werden, indem ein Reetbund aus einer Lieferung herausgezogen und geöffnet wird. Die Prüfung erfolgt mit der Hand auf Feuchtigkeit sowie per Augenschein und Geruch auf Schimmel.

Prüfung Insekten- und Tierbefall

Reetbunde können auf Insekten- und Tierbefall geprüft werden, indem ein Bund fest auf einem glatten Untergrund mit den Stoppelenden nach unten aufgestoßen wird. Die Anzahl des dabei herausfallenden Insekten- und Tierbefalls kann per Augenschein festgestellt werden (Zitatende).

Nicht alle Merkmale lassen sich zweifelsfrei bestimmen. Ob Reethalme ausreichend trocken sind, lässt sich bei einer Sichtkontrolle nur unzureichend beurteilen. Grüne Halmenden weisen auf eine noch hohe Feuchtigkeit hin, ebenso oberflächlich sichtbarer Pilzbewuchs. Der Wassergehalt ist jedoch eine entscheidende Größe für die Beurteilung der Reetqualität und sollte genau bestimmt werden. Ist er zu hoch, sind günstige Voraussetzungen für den mikrobiellen Abbau des Reethalms gegeben. Daher gehen Reetdachdecker vermehrt dazu über, die Feuchtigkeit in den Reetbunden beim Ankauf der Ware zu messen. Der Wassergehalt in einem Reetbund sollte nicht über 80% liegen, da bei höheren Werten die Gefahr des Pilzbefalls zunimmt.

Daneben werden weitere Materialprüfungen diskutiert, die als Schnelltest mehr Sicherheit bei der Beurteilung der Reetqualität liefern sollen. Diese Testverfahren sind noch zu entwickeln und die Praxis muss zeigen, inwieweit sie dem Handwerker vor Ort als Entscheidungsgrundlage bei der Begutachtung und/oder beim Kauf des Reets von Nutzen sind. In Dänemark wurde der sogenannte Biegetest entwickelt, der Aufschluss über die Materialqualität liefern soll (Technologisches Institut, Aarhus): Geprüft wird die Bruchfestigkeit, die sich ermitteln lässt, indem der Halm an beiden Enden gefasst und in einem 90°-Winkel gebogen wird. Qualitativ gute Halme sind ausreichend elastisch und brechen anfangs nicht. Der Halm wird anschließend von der Spitze aus in 3-5 cm Schritten kürzer gefasst und jedes Mal erneut im 90°-Winkel gebogen, bis es zum Bruch kommt. Die

Halmlänge von der Halmbasis bis zur Bruchstelle wird als Maß für die Bruchfestigkeit herangezogen. In Abhängigkeit von Halmlänge und -dicke sowie der Halmfeuchte könnten hieraus Richtwerte entwickelt werden, anhand derer sich die Reetqualität beurteilen lassen soll.

5.1.2 Erarbeiten eines Prüfkatalogs zur Schadenserhebung, der bauphysikalische Parameter des Hauses/Daches und des verwendeten Reetmaterials enthält

Es wurde ein Prüfkatalog erarbeitet, der die wesentlichen Kriterien, die eine frühzeitige Zerstörung des Reets zur Folge haben können, berücksichtigt.

- Lage des Hauses: Ort, Ausrichtung der Dachfläche nach Himmelsrichtung, Beschreibung der Umgebung (freistehend, Beschattung durch Bäume)
- Art der Hausnutzung
- Erfassung baulicher Parameter: Dachneigung, Dachausbau, Dachgauben, Isolierung, Hinterlüftung
- Erfassung verarbeitungsrelevanter Parameter: Halmneigung im Vergleich zur Dachneigung, Kurz-/ Langstrohigkeit, Feinhalmigkeit
- Analyse der Produktionskette Reet (soweit möglich): Herkunft, Besonderheiten in der Produktionskette

Der entsprechend den Vorgaben entwickelte Prüfkatalog ist in Tab. 5.1.2 dargestellt. Um die Zustände verschiedener Reetdächern besser vergleichen zu können und um vergleichende Aussagen über den Schädigungsgrad zu treffen, wurde später ein zweiter Erhebungsbogen erstellt, in dem Merkmale nicht nur beschrieben, sondern durch Zahlenwerte erfasst wurden. Die Zahlenwerte wurden zum einen durch Messungen bestimmt (z. B. Halmlänge, oder Halmdurchmesser). Zum anderen wurden Boniturwerte vergeben, wenn Messungen vor Ort nicht möglich waren (z.B. Verfärbungsgrad, Pilzbefall, Bruchfestigkeit). Die Boniturwerte reichen in der Regel von 1-9. Werte von 1-3 stehen für eine geringe, 4-6 für eine mittlere, 7-9 für eine starke Merkmalsausprägung.

Tab. 5.1.2: Prüfungskatalog zur Schadenserhebung für Reetdächer

Bauvorhaben:

Prüfdatum:		wann eingedeckt?
Art der Prüfung	Sichtprüfung ohne Begehung des Daches	Sichtprüfung mit Begehung des Daches
	Probennahme	

Objektbeschreibung:

Allgemeines	Himmelsrichtung des Firstes	Firstart (Heide, Soden, Reet ?)	Flechtenbildung	Moosbildung	Algenbildung
Lage des Gebäudes	freistehend	geschützt	baumnah	Gewässernah	verschattet
Dachneigung	Hauptdachflächen	Gauben	Walme	Erker	Anbauten
Dachausbau	Wohnraumbau	Dämmung ohne Luftschicht	Dämmung mit Luftschicht	Durchlüftung vorhanden	Dampfsperre, Luftdichtheit
Renovierung / Ausbau	Fassaden	Fenster (Isoglas o.a.)	Heizung	zusätzliche Wohnräume	Innenausbau

Materialprüfung:

Sichtprüfung:	Belag auf den Halmen	schwarze Färbung	Insektenbefall	starke Verrottung	Stabilitätsverlust
Geruchsprüfung:	unauffällig	deutlicher Pilzgeruch	auffällig (modrig/holzig)	weiteres	
Tastprüfung:	normal trocken	klamm	nass	weich / zerfallen	verklebt
Feuchtigkeitsmessung:	%	%	%	%	%
Witterung bei Überprüfung	trocken		regnerisch		wechselnd
Lage auffälliger Stellen	Hauptdachfläche	Walme	Gauben, Anbauten	Kehlen	Traufe, First
Verrottung feststellbar (in cm vom Stoppelende)	cm	cm	cm	cm	cm

Materiallieferung:

Reetlieferant					
Herkunftsland		Herkunftsregion:		Erntejahr/-zeitpunkt:	

weitere Auffälligkeiten:

5.1.3 Dokumentation von Schadensfällen anhand Prüfkatalogs

Ausgangspunkt für die Untersuchungen war die Beurteilung schadhafter im Vergleich zu gesunden Reetdächern (Abb. 5.1.2). Hierzu wurden an den untersuchten Reetdächern neben bauphysikalischen Merkmalen biologische bzw. morphologische und mechanische Eigenschaften des Reets dokumentiert.

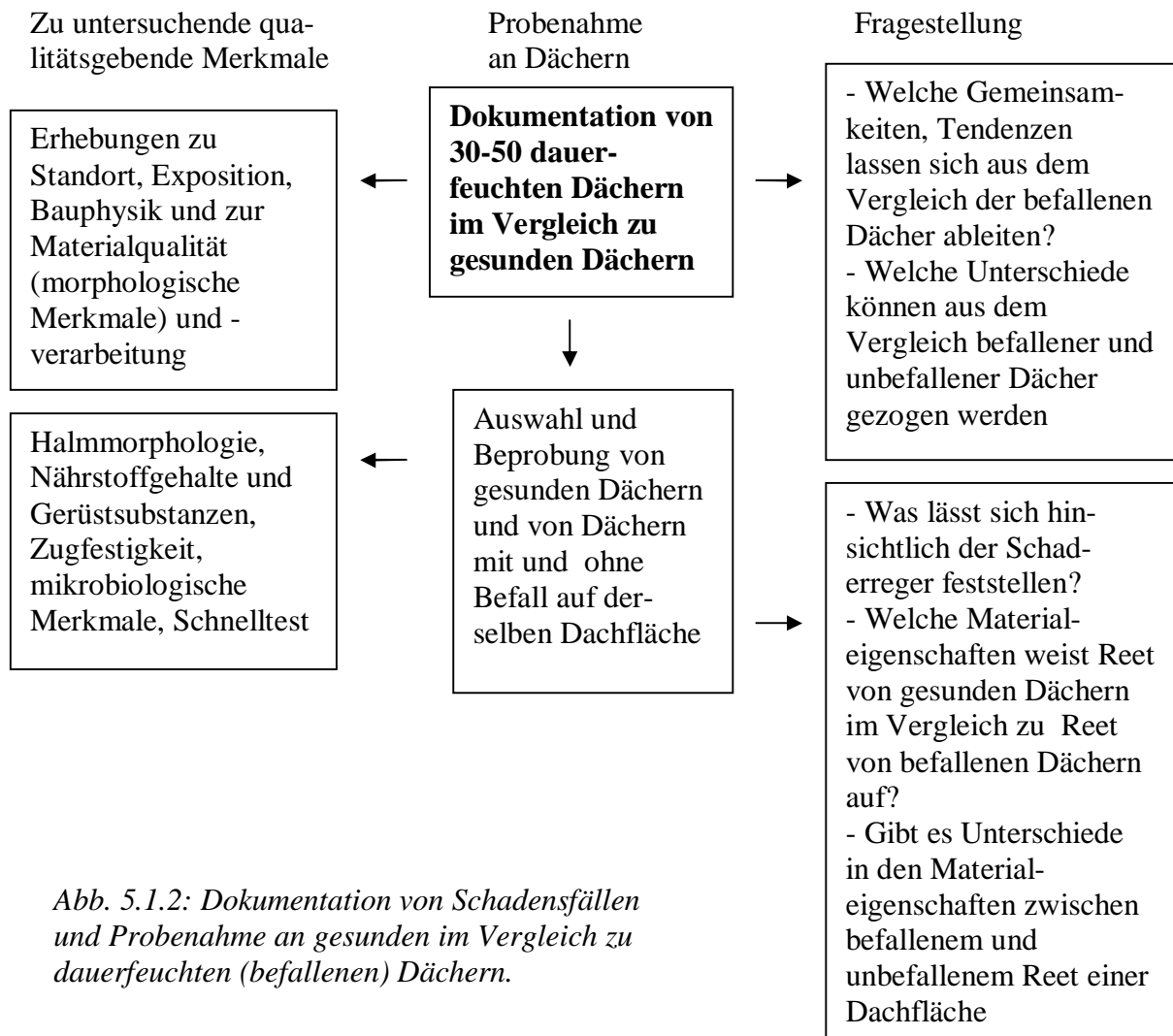


Abb. 5.1.2: Dokumentation von Schadensfällen und Probenahme an gesunden im Vergleich zu dauerfeuchten (beefallenen) Dächern.

Mit Hilfe eines Prüfkatalogs wird versucht, die Bandbreite der Schadensursachen der vorzeitigen Alterung von Reetdächern detailliert zu erfassen (s.o). Das Augenmerk konzentriert sich auf mehrere mögliche Schadensquellen, wobei die Exposition der Gebäude, Gebäudenutzung, bauphysikalische Parameter, Eigenschaften der Reetmaterialqualität, die Besiedelung des Reets durch Moose, Flechten, Pilze und Algen (Biofilm) sowie die handwerkliche Ausführung der Eindeckung beurteilt werden. Der Erhebungsbogen wird nicht nur von der QSR eingesetzt, sondern wurde auch an Sachverständige, Reetdachdecker und Bauherren verschickt. Der Rückfluss der Informationen sollte eine genügend große Datenbasis für eine statistische Auswertung der dokumentierten Schadensfälle liefern.

Es ist nicht gelungen, die Zahl der Reetdächer in Schleswig-Holstein bzw. in Norddeutschland genau zu erfassen. Weder bei Versicherungen, Ministerien, Landesämtern (Denkmalpflege), Kreisbauämtern, Statisches Bundes- und Landesamt, die diesbezüglich angeschrieben wurden,

werden Reetdachhäuser gesondert erfasst. Die hier getroffenen Angaben beruhen auf Schätzungen anhand der Informationen der Reetdachdecker und des Reethandels.

Der Innung liegen etwa 100 gemeldete Schadensfälle vor. Insgesamt wird von 30.000 Reetdachhäusern in Deutschland ausgegangen. Dies ist ein Schätzwert. 2 Möglichkeiten der Schadensabschätzung sind denkbar:

1. Die Schadensfälle werden auf den Gesamtbestand der Reetdachhäuser bezogen. Wird von den oben genannten Werten ausgegangen, so beläuft sich die Zahl der Schadensfälle auf 0,33 %.
2. Die 100 Schadensfälle wurden in diesem und im letzten Jahr der Innung gemeldet. Dauerfeuchte Reetdächer sind also ein relativ neues Phänomen (zumindest im Hinblick auf die Wahrnehmung des Problems). Daher müssen die Schadensfälle auf die Zahl neu eingedeckter Dächer bezogen werden und nicht auf den Gesamtbestand reetgedeckter Häuser. Für diese Berechnung ist zusätzlich die Zahl der Häuser, die in einem Jahr neu eingedeckt werden, notwendig. Da keine Statistiken über die Zahl neu eingedeckter Reetdächer/Jahr vorliegen, wird sie anhand der Reetbunde, die in einem Jahr verarbeitet werden, der durchschnittlichen Dachgröße eines Reetdachhauses und der Reetbunde/m² Dachfläche berechnet. Der Reetmarkt in Deutschland ist in den letzten Jahren gewachsen und wird nach Auskunft der Händler auf 3 Millionen Bunde/Jahr veranschlagt (Mit Beginn der Diskussion der Ursachen dauerfeuchter Reetdächer ist der Reetmarkt zwischenzeitlich allerdings eingebrochen). Bei einer durchschnittlichen Größe der Dachflächen von 250 m²/Haus und 12 Bunden/m² werden 3000 Reetbunde für ein Haus benötigt (Tab. 5.1.3). Danach werden jedes Jahr etwa 1000 Reetdachhäuser gedeckt. Wenn die ca. 100 Schadensmeldungen in einem Zeitraum von 2 Jahren eingegangen sind, machen sie bei 2000 gedeckten Dächern 5% aus. Rechnet man eine ebenso große Dunkelziffer hinzu, dürften mindestens 10% der Dächer problematisch sein.

Tab. 5.1.3: Reetmarkt (Umsatz Reetbunde) und relevante Dachparameter (nach Angaben des Reethandels) zur Schätzung des Potentials schadhafter Reetdächer.

Reetmarkt Anzahl Bunde/Jahr	Durchschnittliche Dachgröße	Reetbunde/m ² Dachfläche	Neu eingedeckte Reetdächer/Jahr	Schadensmeldungen in den letzten 2 Jahren
3.000.000	250 m ²	12	1000	100

Da die Beurteilung der Schadensursachen insbesondere mit zunehmendem Alter der Dächer schwieriger wird, wird zunächst grundsätzlich dargelegt, wie sich nach den laufenden Untersuchungen die Alterungsprozesse eines gesunden von einem geschädigten Dach unterscheiden: 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, die Halmstruktur bleibt 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 und sind an eine erhöhte Durchfeuchtung des Reetmaterials gebunden. Erste Symptome sind oft ein schimmelartiger Geruch im Hausinneren und weißlich-graue Pilzmycelien auf der Halmoberfläche. Es folgen punktuelle Aufhellungen der Dachoberfläche an einigen Stellen, oftmals in der Größe einzelner Halmbunde (Siehe Photos auf den nächsten Seiten).

Rechtes Bild: Dauerfeuchtes Dach, dass besonders im Traufenbereich stark geschädigt ist, sichtbar an den weißen Pilzbelägen (Mortierella sp.). Westseite, keine Beschattung, Raum unter dem Dach nicht ausgebaut (Garage). Belüftung im First durch Eulenloch.



Linkes Bild: Gelblich - grüne Flecken, anfangs noch vereinzelt. Typischer Beginn für Dauerfeuchtigkeit. In den Befallsstellen ist das Reet im Vergleich zum angrenzenden Reet deutlich feuchter und trocknet nur sehr langsam bzw. nicht ab. Photo: Erling Bach Petersen

Rechtes Bild: 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 Basidiomyceten dagegen eher selten zu finden.





Linkes Bild: Reetdach im fortgeschrittenen Stadium der Zersetzung. Eine mehrere cm starke Rotteschicht mit Moos und/oder Flechten bedeckt das Dach. Bei längerer Trockenheit bilden sich Schrumpfungsrisse auf der Dachoberfläche.



Rechtes Bild: Reethalme zum Teil durch schwarze oder grüne Algenteppiche verklebt. Halme wenig strukturiert, sondern zerfallen.



Linkes Bild : Auflösung der Halmstruktur in einem geschädigten Reetdach. Aus der Rotteschicht lassen sich Reste der Halme als Häckselgut leicht entnehmen.

Im fortgeschrittenen Stadium löst sich die Halmstruktur auf und macht einer häckselartigen Materialstruktur Platz. Auf den Dachoberflächen bauen sich teilweise mächtige Rotteschichten auf. Vorläufig ist festzuhalten, dass eine Schädigung des Reetmaterials durch zu hohe Feuchtigkeit bedingt wird, wobei die Geschwindigkeit des Abbauprozesses durch weitere Faktoren begünstigt wird. Neben bauphysikalischen Ursachen spielen hierbei die Qualität der Ausgangsware sowie Mängel in der gesamten Verfahrenskette von der Reeternte bis zur Reetverarbeitung einschließlich Lagerung und Transport eine wichtige Rolle.

Insgesamt wurden 65 Reetdächer untersucht. 27 der Reetdächer davon waren in Schleswig-Holstein, 23 in Niedersachsen und 15 in Mecklenburg -Vorpommern (vornehmlich Insel Rügen). Von den 65 untersuchten Reetdächern waren 32 % nicht älter als 5 Jahre, 26 % der Dächer waren zwischen 5 und 10 Jahre alt. Der Anteil der Dächer von 10 - 15 Jahren lag bei 17 %, während der Anteil von Dächern älter als 15 Jahre 25 % betrug (Abb. 5.1.3).

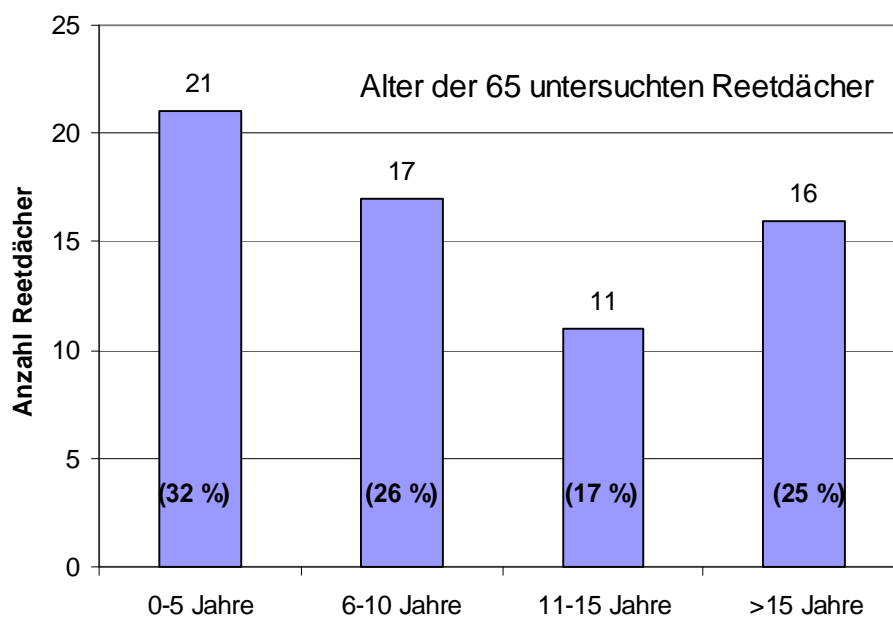


Abb. 5.1.3: Altersverteilung der untersuchten Reetdächer

Die Reetherkunft ließ sich für 39 (60%) der untersuchten Dächer ermitteln. Für 26 Dächer (40%) ließ sie sich nicht ermitteln (Abb. 5.1.4). Mit 25% sind die Reetherkünfte aus Norddeutschland etwas schwächer vertreten als die südeuropäischen Herkünfte (32%). Bei den beiden afrikanischen Herkünften handelt es sich um Dächer, die nicht mit Reet, sondern mit afrikanischem Savannengras eingedeckt wurden. Afrikanisches Savannengras wurde um 1990 aus Südafrika eingeführt, als europäisches Reet erstmals knapp wurde. In Südafrika wird es ebenfalls zum Decken von Strohdächern genutzt.

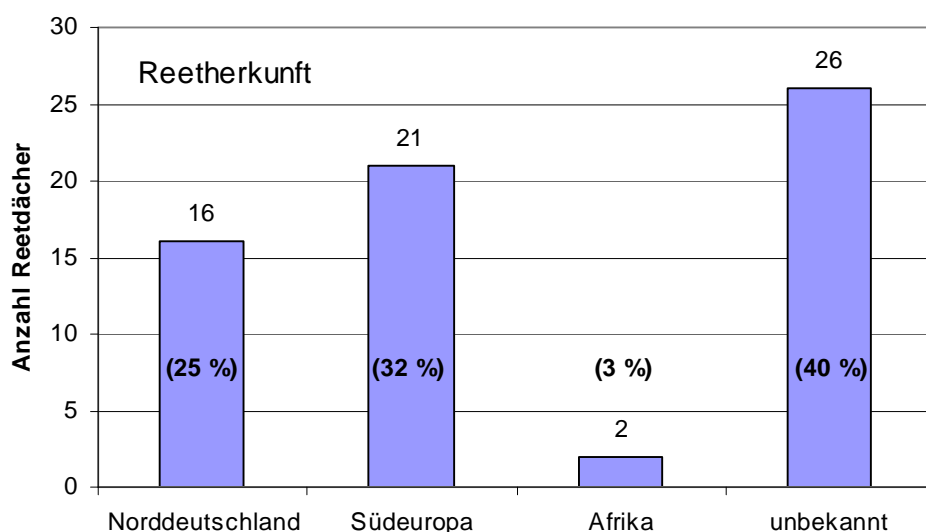


Abb. 5.1.4: Reetherkünfte bei 65 untersuchten Reetdächern.

Von den 65 Reetdächern waren 43 Dächer (66%) schadhaft und zeigten Symptome eines dauerfeuchten Daches. 18 Dächer (28%) waren unauffällig oder in einem altersgemäßen Zustand. Bei 4 Dächern (6%) konnte keine genaue Einordnung erfolgen, weil die Schadsymptome zu schwach ausgeprägt waren, um sie als solche zweifelsfrei zu identifizieren (Abb. 5.1.5).

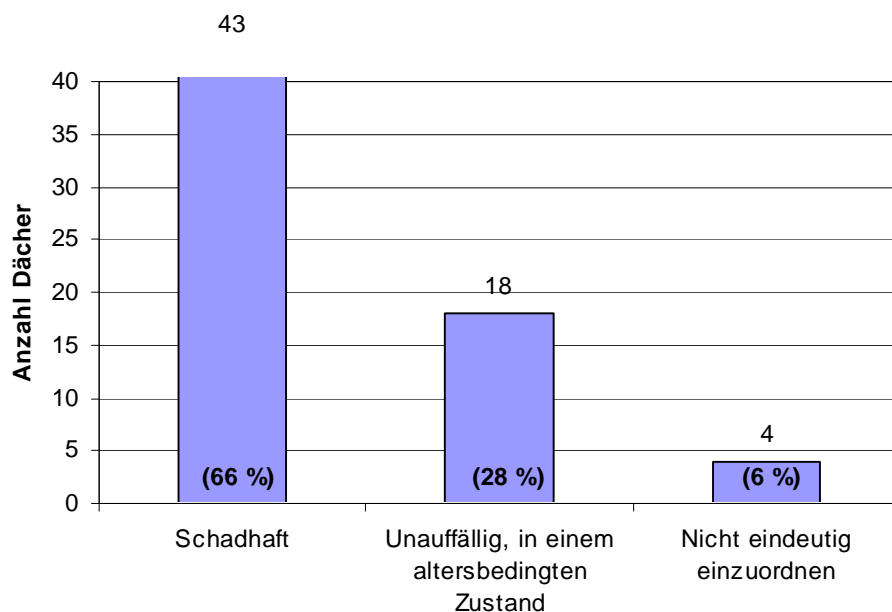


Abb. 5.1.5: Schadensquote bei 65 untersuchten Reetdächern.

Bei den schadhaften Dächern konnte für 25 von ihnen die Reetherkunft zurückverfolgt werden. In 8 Fällen kam das Reet aus Norddeutschland und in 17 Fällen aus Südeuropa bzw. war afrikanischen (2 Dächer) Ursprungs. Für 18 schadhafte Dächer konnte die Reetherkunft nicht geklärt werden (Abb. 5.1.6). Da ca. 80-90% des Reets Importware ist, liegt der Anteil

schadhafte Dächer, die mit ausländischem Reet gedeckt wurden, erwartungsgemäß höher als der Anteil schadhafte Dächer mit regionaler Reetherkunft. Die schadhafte Reetdächer mit regionaler Reetherkunft machen trotz geringen Marktanteils dieses Reets rund 32% der untersuchten schadhafte Dächer mit bekannter Reetherkunft aus.

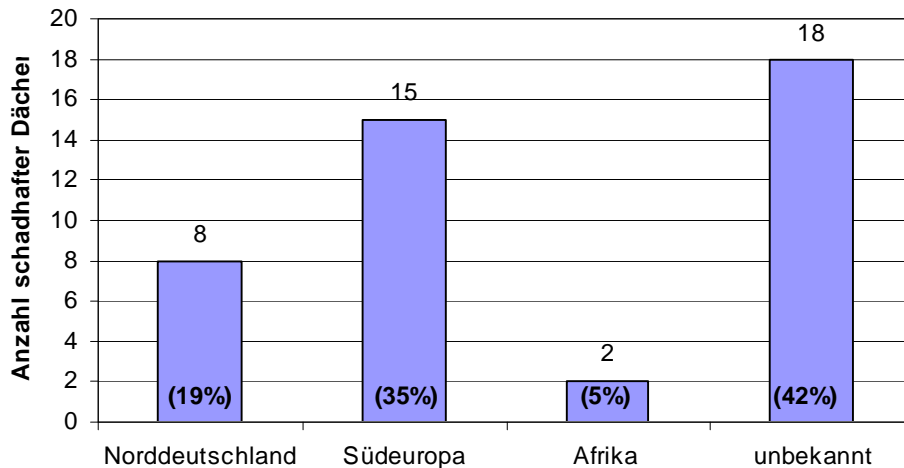


Abb. 5.1.6: Reetherkünfte bei 43 schadhafte Reetdächern

In Tab. 5.1.4 sind die untersuchte Reetdächer einzeln aufgeführt. Entsprechend des Dachzustandes wurde zwischen gesunde, geschädigte und Dächern unterschieden, bei denen nicht zweifelsfrei geklärt werden konnte, ob Symptome für Dauerfeuchtigkeit vorliegen. Des Weiteren wurden die möglichen Schadensursachen aufgeführt, die nach 4 Kategorien unterschieden wurden: Materialqualität, Bauphysik, handwerkliche Fehler und Standort. Bei den 43 als schadhaft eingestufte Dächern war in 32 Fällen eine geringe Qualität des Reets mit Ursache für die frühzeitige Alterung der Dächer. An zweiter Stelle lagen bauphysikalische Schadensursachen, die in der Regel mit einer fehlerhaften oder fehlenden Hinterlüftung bzw. Dampfsperre zu tun hatten. Handwerkliche Mängel als Schadensursache wurden in 6 Fällen diagnostiziert. Hier ist in erster Linie eine zu geringe Halmneigung bei ausreichender Dachneigung zu nennen, oder aber das Reet wurde sehr fest eingedeckt. Die zu geringe Halmneigung begünstigt eine tiefere Durchfeuchtung des Daches, während eine zu feste Eindeckung die Durchtrocknung des Daches verzögert. In 7 Fällen wurden Standortnachteile als Schadensquelle festgehalten. In diesen Fällen war die Beschattung durch dicht am Haus stehende Bäume die wesentliche Schadensquelle. In einigen Fällen sorgte zusätzlich Blattfall auf das Dach für eine Beeinträchtigung des Reets.

Tab. 5.1.4: Übersicht über die untersuchten Reetdächer: Dachzustand und Ursachen für Dachschädigung.

Haus	Nutzung	Einge- deckt Jahr	Dachzustand unauffällig oder altersbedingt (1), geschädigt (2), nicht eindeutig (3)	Fehler- ursache Material	Bau- physik	Hand- werk	Stand- ort	Reetherkunft unbekannt (0) Regional (1) Südeuropa (2) Afrika (3)
Herzhorn	Museumshaus, FM	2005	2	X				1
Bergenhusen	Museumshaus, FM	2003	2	X				0
Bandreißerkate	Museumshaus, FM	1995	2	X			X	0
Kohlscheune	Museumshaus, FM	1995	2	X			X	0
Siede Hattstedt	Wohnhaus	1995	1					0
Ludersdorf	Wohnhaus	2000	3					2
Milstedt	Wohnhaus	1996	2	X				0
Blick	Wohnhaus	2005	3					2
Lehbek	Wohnhaus	2000	2	X	X			0
Rundhof	Ferienhaus	1991	2	X			X	0
Großsolt	Wohnhaus	2003	2	X				0
Kronsgaard	Ferienhaus	1970	1					2
Kronsgaard H	Ferienhaus	1990	2	X				0
Karolinenkoog	Wohnhaus	1989	2		X		X	2
Tiebensee	Wohnhaus	1994	2	X				2
Delve 1	Wohnhaus	1997	1					1
Delve 2	Wohnhaus	1993	2	X				1
Hennstedt	Kate, verlassen	1957	1					0
Schülpersiel	Ferienhaus	1995	1					0
Hillgroven 1	Ferienhaus	1957	1					1
Hillgroven 2	Wohnhaus	2001	1					1
Groß Wittensee	Wohnhaus	2003	2	X				2
Braderup 1	Wohnhaus	2004	2	X	X			1
Braderup 2	Wohnhaus	2005	2	X				1
Hörup	Wohnhaus	2005	2	X				1
Koldenbüttel	Wohnhaus	1993	2	X				0
St-Peter-Ording	Ferienhaus	1999	1					0
Jork	Wohnhaus	1984	1					0
Jork	Wohnhaus	2005	1					1
Jork Scheune	Wohnhaus	1980	1					0
Bliedersdorf 1	Wohnhaus	1997	2	X				3
Bliedersdorf 2	Wohnhaus	2003	2		X			0
Bliedersdorf 2	Wohnhaus	1992	2		X			2
Schumper	Schuppen	2001	2	X				2
Heede	Wohnhaus	1985	2		X			2
Hechth. Kiesow	Wohnhaus	1970	3					2
Hechthausen 1	Wohnhaus	1970	3					2
Hechthausen 1	Wohnhaus	2005	1					2
Hechthausen 2	Wohnhaus	1997	2	X				0
Hechthausen 3	Wohnhaus	1947	1					0
Guderhand-	Wohnhaus	2004	2	X				0
Guderhand	Wohnhaus	2001	2	X				0
Guderhand	Wohnhaus	1976	1					1
Alfstedt	Wohnhaus	2000	2		X	X	X	2
Ankelohe	Schuppen	2005	2	X		X		1
Ankelohe	Wohnhaus	1999	2			X		2
Rechtenfleth	Museumshaus	1997	2	X			X	2

Haus	Nutzung	Einge- deckt Jahr	Dachzustand unauffällig oder altersbedingt (1), geschädigt (2), nicht eindeutig (3)	Fehler- ursache Material	Bau- physik	Hand- werk	Stand- ort	Reetherkunft unbekannt (0) Regional (1) Südeuropa (2) Afrika (3)
Elsfleth	Wohnhaus	1997	2	X	X			2
Elsfleth	Wohnhaus	1987	1					0
Thorm	Wohnhaus	2003	2	X		X		2
Puddemin Zeit 1	Scheune	2002	1					1
Puddemin Zeit 2	Ferienhaus	1999	2	X		X		2
Puddemin Zeit 3	Wohnhaus, unbew.	2005	1					1
Puddemin 1	Ferienhaus	2002	2		X			2
Puddemin 2	Ferienhaus	2002	2		X			2
Puddemin 3	Ferienhaus	2002	2		X			2
Puddemin 4	Ferienhaus	2002	2		X			1
Puddemin 5	Ferienhaus	2002	2		X			1
Freetz 1	Ferienhaus	1992	2	X				0
Freetz 2	Ferienhaus	1994	2	X				0
Kassevitz	Wohnhaus	1997	2	X				3
Lobbe	Wohnhaus	1998	2	X	X	X		0
Neuenkirchen 1	Pfarrhaus, unbew.	1990	2	X			X	0
Neuenkirchen 1	Pfarrhaus, unbew.	1970	1					1
Neuenkirchen 2	Wohnhaus	1997	2	X				0

5.1.4 Probenahme von Dächern

Die Probenahme bei den Dächern konzentrierte sich auf Nährstoffanalysen und auf die Analyse der Gerüstsubstanzen. Die Nährstoffanalysen wurden für Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Magnesium (Mg) und Kalzium (Ca) durchgeführt. Weiterhin wurde der C-Gehalt bestimmt, um auch das C/N-Verhältnis berechnen zu können. Der Abbau organischer Substanz ist u.a. mit vom C/N-Verhältnis abhängig. Organische Substanz, durch den C-Gehalt charakterisiert, wird im Laufe der Zeit mikrobiell zersetzt. Dabei fördern hohe N-Gehalte den Abbauprozess. N ist gleichermaßen für Pflanzen aber auch für Pilze Hauptnährstoff. Das C/N-Verhältnis könnte insofern ein Indikator für die Anfälligkeit von Reet für eine mikrobielle Zersetzung darstellen. Weite C/N-Verhältnisse weisen auf einen niedrigen N-Gehalt im Reetmaterial hin. Enge C/N-Verhältnisse kennzeichnen einen höheren N-Gehalt in der organischen Substanz.

Zu den Gerüstsubstanzen zählen Hemizellulose, Zellulose und Lignin, die zusammenfassend als Lignozellulose bezeichnet werden. Für die Laboranalysen wurden die aus den Dächern gezogenen Halme in einen unteren oder basalen Halmabschnitt von 0 – 40 cm Länge und einen darüber liegenden oder mittleren Abschnitt von 40 – 80 cm Länge unterteilt.

Nach ihrem Zustand wurden die untersuchten Dächer in Gruppen unterteilt (Tab. 5.1.5), die in Beziehung zu den Laboranalysen gesetzt wurden. Die erste Gruppe stellt unauffällige oder intakte Dächer ohne erkennbare Schädigungen dar, in der zweiten Gruppe sind schadhafte Dächer zusammengefasst, bei denen die gesamte Dachfläche Symptome für Dauerfeuchtigkeit zeigte. In der dritten Gruppe sind Dächer mit punktuellen Schädigungen der Hauptdachfläche zusammengefasst. Die vierte Gruppe enthält die Dächer, die nicht eindeutig oder zweifelsfrei als schadhaft bzw. nicht schadhaft eingestuft werden konnten. Die fünfte Gruppe fasst die Dächer zusammen, die zwar schadhaft sein können, wobei aber dem Alter des Daches Rechnung getragen wurde. Bei diesen Dächern kann nicht von einer vor- bzw. frühzeitigen Alterung gesprochen werden, sondern der Zustand wurde auf einen normalen Alterungs- und

Verwitterungsprozesses zurückgeführt, dem jedes Reetdach unterliegt. Die Gruppe der unauffälligen Dächer war im Mittel 16 Jahre alt, die ganzflächig schadhaften Dächer waren 13 Jahre alt, die punktuell schadhaften Dächer 8 Jahre alt, die hinsichtlich von Schadsymptomen als nicht eindeutig eingestuften Dächer waren 7 Jahre alt, während die Gruppe von Dächern in einem altersbedingten Zustand durchschnittlich 39 Jahre alt war.

Tab. 5.1.5: Gruppierung der Reetdächer nach Auftreten von Schadsymptomen auf den Hauptdachflächen.

Gruppe	Dachzustand	Jahr der Eindeckung	Anzahl Dächer
1	Unauffällig	1992	6
2	Hauptdachfläche flächig geschädigt	1995	12
3	Punktuelle Schäden auf der Hauptdachfläche	2000	14
4	Nicht eindeutig	2001	5
5	Altersbedingt	1967	7

5.1.5 Stickstoff (N), Kohlenstoffgehalte (C) und C/N-Verhältnis für Reetdächer

Der mittlere N-Gehalt im basalen Halmteil (0-40 cm) liegt über dem N-Gehalt des mittleren Halmabschnitts (40- 80 cm) (Tab. 5.1.6). Die Spannweite im unteren Halmteil reicht bis zum 6-fachen Wert und macht im mittleren Halmteil noch das 4,5-fache zwischen Minimum und Maximum aus. C-Gehalt und C/N-Verhältnis variieren weniger markant zwischen basalem und mittlerem Halmabschnitt. Die Spannweite zwischen Minimum und Maximum weist für beide Merkmale jedoch ebenfalls große Unterschiede auf.

Tab. 5.1.6: Stickstoff (N), Kohlenstoffgehalte (C) und C/N-Verhältnis.

Halmabschnitt		N	C	C/N
0 – 40 cm	Mittel	0,47	46,8	112,4
	Min	0,18	43,6	44,1
	Max	1,04	48,9	260,2
40 – 80 cm	Mittel	0,43	46,2	115,7
	Min	0,18	43,7	62,4
	Max	0,74	48,3	258,9

Die Einteilung der Dächer nach ihrem Zustand in Gruppen und der für die jeweilige Gruppe festgestellte N- und C-Gehalt sowie das C/N-Verhältnis ergeben ein differenzierteres Bild (Abb. 5.1.7). Für eine Gegenüberstellung von Dachzustand und N-Gehalt werden die Gruppen 1 (unauffällig), 2 (Dachfläche insgesamt schadhaft) und 5 (altersbedingter Zustand) miteinander verglichen. Die Gruppen 3 (punktuelle Schäden) und 4 (nicht eindeutig im Hinblick auf Schadsymptome) werden nicht dargestellt, da sie als Übergangsstadien für dauerfeuchte Schäden anzusehen sind bzw. nicht zweifelsfrei als schadhaft eingestuft werden konnten.

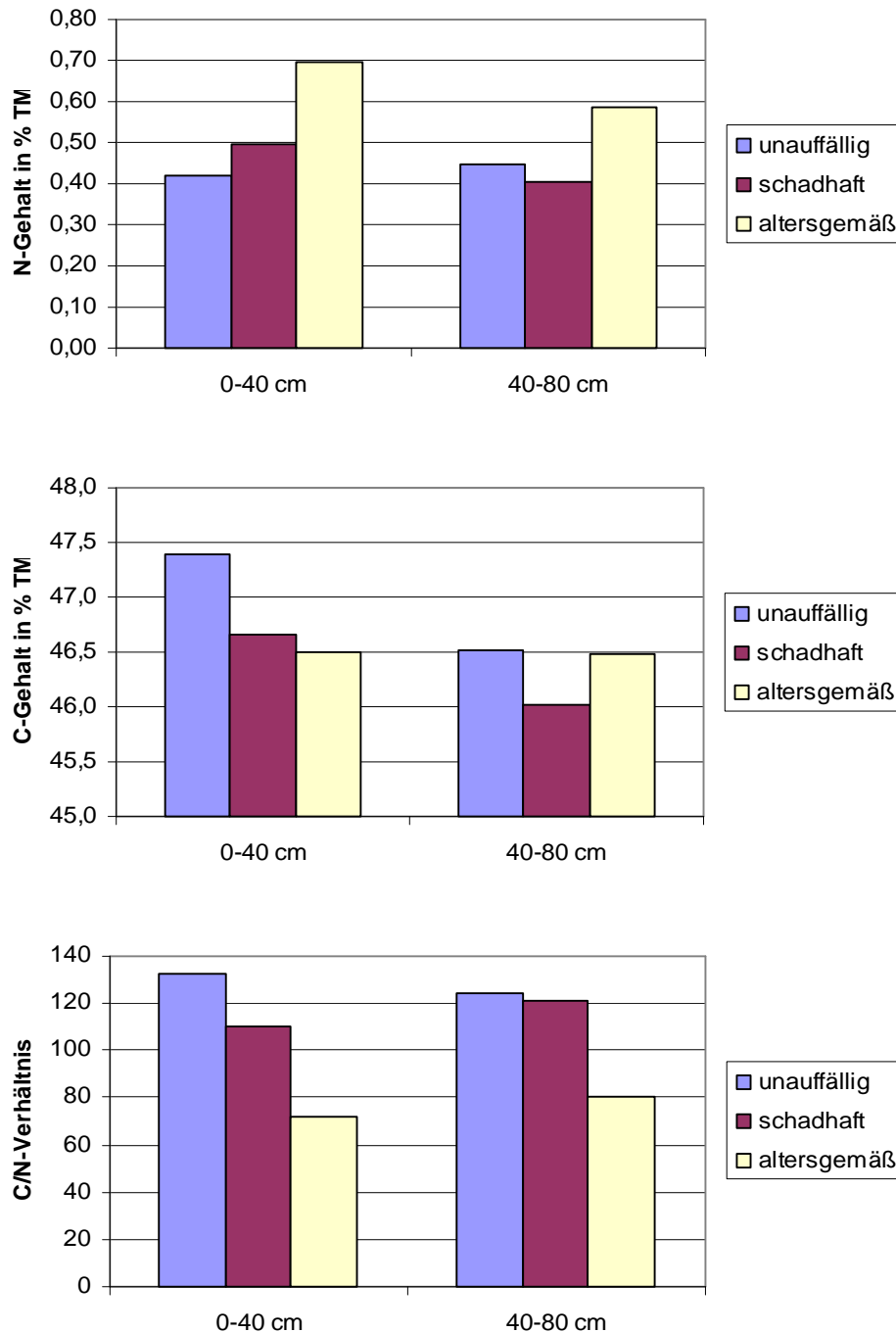


Abb. 5.1.7: N-Gehalt (oben) und C-Gehalt (Mitte) in der Trockenmasse (TM) sowie C/N-Verhältnis (unten) für Dächer im unterschiedlichen Zustand.

Die Gruppe der intakten oder unauffälligen Dächer weisen den geringsten N-Gehalt im unteren Halmbereich auf. Dieser liegt erheblich unterhalb des N-Gehaltes der Gruppe der schadhaften Dächer und der Gruppe der sehr alten Dächer im altersgemäßen Zustand. Im mittleren Halmbereich 40-80 cm sind die Unterschiede insgesamt geringer und die schadhaften Dächer weisen einen geringeren N-Gehalt als die unauffälligen Dächer auf.

Im C-Gehalt ist eine zum N-Gehalt gegenläufige Tendenz zu beobachten. Prozentual sind die Unterschiede zwischen den Gruppen wesentlich geringer im Vergleich zum N-Gehalt. Im unteren basalen Halmbereich haben die unauffälligen Dächer einen höheren C-Gehalt als die beiden anderen Gruppen, die schadhafte Dächer wiederum einen höheren C-Gehalt als die altersgemäßen, sehr alten Dächer. Der Unterschied zwischen geschädigten und altersgemäßen, sehr alten Dächern ist jedoch vergleichsweise gering. Im mittleren Halmbereich liegen die nicht auffälligen Dächer im C-Gehalt mit den altersgemäßen, sehr alten Dächern auf einem Niveau. Die schadhafte Dächer weisen den geringsten C-Gehalt auf.

Da C vor allem in den Gerüstsubstanzen, der Lignozellulose der Halme eingebunden ist, kann der C-Gehalt vereinfacht auch als Maß für den Anteil der Lignozellulose im Halm angesehen werden. Hohe Lignozellulosegehalte erhöhen die Stabilität des Halmes und bedingen eine größere Widerstandsfähigkeit des Reets gegenüber mikrobiellem Abbau. Der Rückgang im C-Gehalt steht letztlich für die im Laufe der Jahre eingetretenen Masseverluste an organischer Substanz und die damit verbundene Anfälligkeit des Reets gegenüber Verrottungsvorgängen.

Im C/N-Verhältnis weisen die intakten, unauffälligen Dächer ein weites C/N-Verhältnis auf, das über die schadhafte Dächer zu den sehr alten Dächern hin abnimmt. Wird das C/N-Verhältnis als ein Indikator für Abbauprozesse betrachtet, so ist bei den sehr alten Dächern der Prozess der Zersetzung des Reetmaterials am weitesten fortgeschritten.

Werden die Gruppen der punktuell geschädigten Dächer und der nicht eindeutig zuzuordnenden Dächer in die Gesamtbetrachtung einbezogen, so ist für den N-Gehalt festzustellen, dass beide Gruppen mit fast identischen Werten zueinander und für beide Halmbabschnitte zwischen den Gruppen 1 und 2 anzusiedeln sind und sich in das Gesamtbild einfügen (Tab. 5.1.7).

Tab. 5.1.7: Gehalte an Stickstoff (N) und Kohlenstoff (C) in der Trockenmasse (TM) und C/N-Verhältnis.

Halmabschnitt	Dachzustand	N (% TM)	C (% TM)	C/N-Verhältnis
0-40 cm	1 Unauffällig	0,42	47,4	132,8
	2 Hauptdachfläche flächig geschädigt	0,50	46,7	109,9
	3 Punktuelle Schäden auf der Hauptdachfläche	0,41	46,8	122,4
	4 Nicht eindeutig	0,41	47,4	118,5
	5 Altersbedingt	0,69	46,5	72,0
40-80 cm	1 Unauffällig	0,45	46,5	124,2
	2 Hauptdachfläche flächig geschädigt	0,40	46,0	120,6
	3 Punktuelle Schäden auf der Hauptdachfläche	0,40	46,1	121,2
	4 Nicht eindeutig	0,41	46,4	114,9
	5 Altersbedingt	0,59	46,5	80,1

Bemerkenswert ist, dass der N-Gehalt der Dachproben über alle Gruppen betrachtet in der Regel höhere Werte im basalen Halmabschnitt (0-40 cm) als im mittleren Halmabschnitt (40-80 cm) aufweist (Ausnahme Gruppe 1 mit höheren Werten für den basalen Halmbereich und Gruppe 4 mit identischen Werten für beide Halmbereiche). Bei den Feldproben der Ernte 2006/2007 ist dies genau umgekehrt. In den Feldproben liegt der N-Gehalt des Reets im

mittleren Halmsegment über dem des unteren Halmsegments (s.u.). Da einzelne Feldproben abweichend vom allgemeinen Trend ebenfalls höhere N-Gehalte im unteren als im mittleren Halmabschnitt aufweisen, könnten die beprobten Dächer aus solchen Reetpartien stammen. Für einzelne Dächer mag das zutreffen.

Wahrscheinlicher ist jedoch, dass äußere Einflussfaktoren für die Unterschiede zwischen Dachreet und neu geerntetem Reet im N-Gehalt verantwortlich sind. Zum einen könnten N-Einträge aus der Luft (in Böden in Deutschland in einer Größenordnung zwischen 15-35 kg pro ha und Jahr) eine N-Anreicherung insbesondere in den unteren Halmbereichen, die die Dachoberfläche bilden, bewirken. Die mittleren Halmabschnitte, die im Inneren des Dachkörpers geschützt liegen, sind hiervon weniger betroffen. Dafür spricht, dass die N-Gehalte in den Halmen aus den untersuchten Reetdächern höher liegen als die von neu geerntetem Reet (s.u.). Zum anderen ist von Bedeutung, in welchem Umfang über Veratmungs- bzw. Verrottungsprozesse, die mit dem Verlust organischer Substanz einhergehen, eine Aufkonzentrierung des N-Gehalts in der verbleibenden organischen Substanz erfolgt. Es ist anzunehmen, dass im Reetdach hinsichtlich der Mineralisation und N-Fixierung ähnliche Prozesse wie bei der Strohverrottung im Boden stattfinden – allerdings über einen unvergleichlich längeren Zeitraum.

In der vorliegenden Untersuchung wurde wenige Jahre altes Dachreet mit Reet von bis zu 50 Jahre alten Dächern verglichen. Es zeigt sich, dass der N-Gehalt, je älter die Dächer sind, zunimmt (Abb. 5.1.8). Dies erklärt, weshalb der N-Gehalt von Reet aus sehr alten Dächern über dem N-Gehalt von jüngerem Dachreet und neu geerntetem Feldmaterial liegt.

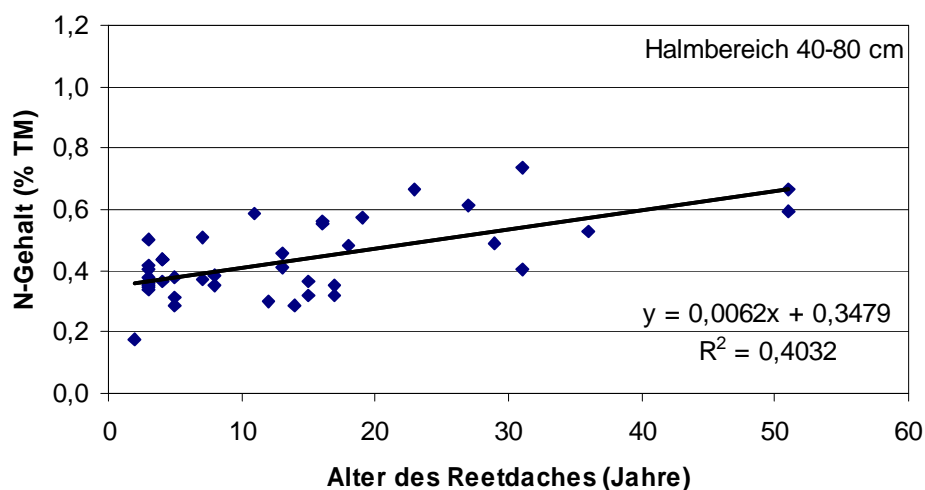
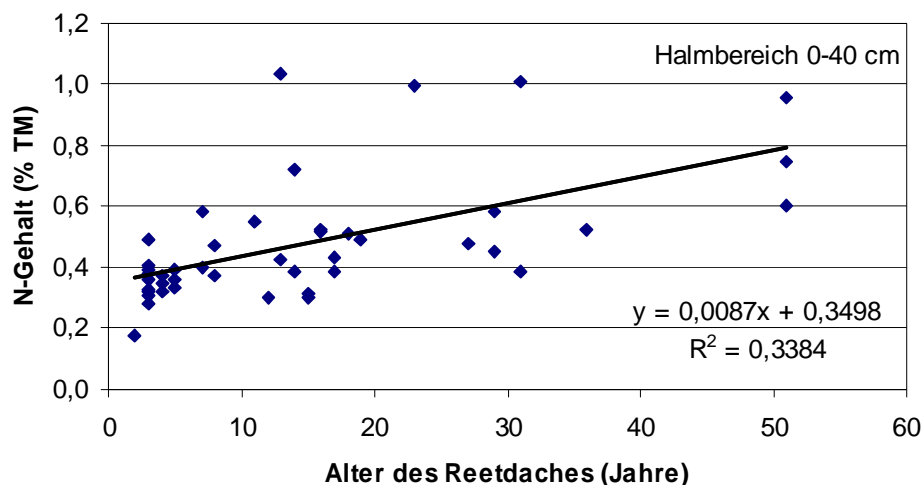


Abb. 5.1.8: Beziehung zwischen Alter eines Reetdaches und N-Gehalt in der Trockenmasse (TM) für die Halmbereiche 0-40 cm (Dachoberfläche) und 40-80 cm (mittlere Dachschicht).

Die N-Anreicherung nimmt in den in der Dachoberfläche liegenden Halmabschnitten (0-40 cm) im Laufe der Jahre stärker zu als in der darunter liegenden mittleren Dachschicht, die durch die Halmbereiche 40-80 cm dargestellt wird. Daraus wird deutlich, dass bei sehr altem Reetmaterial im Gegensatz zu jüngerem und neu geerntetem Reet der N-Gehalt im unteren höher als im mittleren Halmbereich ist.

Die auffälligen, über die gesamte Fläche schadhafte Dächer sind 13 Jahre alt. Sie zeigen bereits wie die sehr alten, altersgemäßen Reetdächer für den Halmbereich 0-40 cm einen höheren N-Gehalt als für den mittleren Halmbereich 40-80 cm. Nominal beträgt der Unterschied in den N-Gehalten zwischen den Halmbereichen für beide Gruppen 0,1%, was bezogen auf den jeweils höheren Wert prozentual für die Gruppe der schadhafte Dächer 20% und für die Gruppe der sehr alten, altersgemäßen Dächer 14% mehr N im unteren Halmbereich bedeutet. Die Gruppe der intakten, unauffälligen Reetdächer hat ein Durchschnittsalter von 16 Jahren. Trotz des etwas höheren Alters der Dächer dieser Gruppe gegenüber der Gruppe der schadhafte Dächer liegt der N-Gehalt im unteren Halmbereich 0-40 cm niedriger als im mittleren Halmbereich 40-80 cm.

Der durchschnittliche N-Gehalt für norddeutsches Reet zur Ernte (Ernte Frühjahr 2007) liegt bei 0,45% im unteren (0-40 cm) und bei 0,50% im mittleren (40-80 cm) Halmbereich (vgl. Tab. 5.1.12). Rechnerisch bedeutet dies, dass bei einer jährlich stärkeren Zunahme des N-Gehaltes im Halmbereich 0-40 cm von 0,0025% gegenüber dem Halmbereich 40-80 cm (vgl. Gleichungen in Abb. 5.1.8) nach etwa 20 Jahren beide Halmbereiche übereinstimmende N-Gehalte aufweisen. Gruppe 2 der schadhafte Dächer hat danach diesen Zustand vorzeitig erreicht, während in Gruppe 1 (unauffällig) nach 16 Jahren immer noch ein um 0,3 % niedrigerer N-Gehalt im unteren gegenüber dem mittleren Halmbereich vorliegt. Rechnerisch würde sich erst nach weiteren 12 Jahren ein gleicher N-Gehalt für beide Halmbereiche ergeben.

Die C-Verluste durch Veratmung lassen sich für den Halmbereich 0-40 cm nur bedingt darstellen (Abb. 5.1.9), weil durch Verwitterung und durch Bröckelverluste der größte Teil im Laufe der Jahre verloren geht und immer nur im verbleibenden Halm die C-Werte bestimmt werden. Dennoch ist der Verlust an organischem Material über die Jahre tendenziell für den unteren Halmbereich festzustellen. Im geschützten Halmbereich 40-80 cm im Inneren des Reetdaches treten dagegen praktisch keine C-Verluste auf.

Das C/N-Verhältnis wird mit steigendem N-Gehalt des Reets über die Jahre bei alten Dächern immer enger. Dies liegt wie dargestellt am steigendem N-Gehalt im Reet, der in älteren Dächern höher ist als in jüngeren.

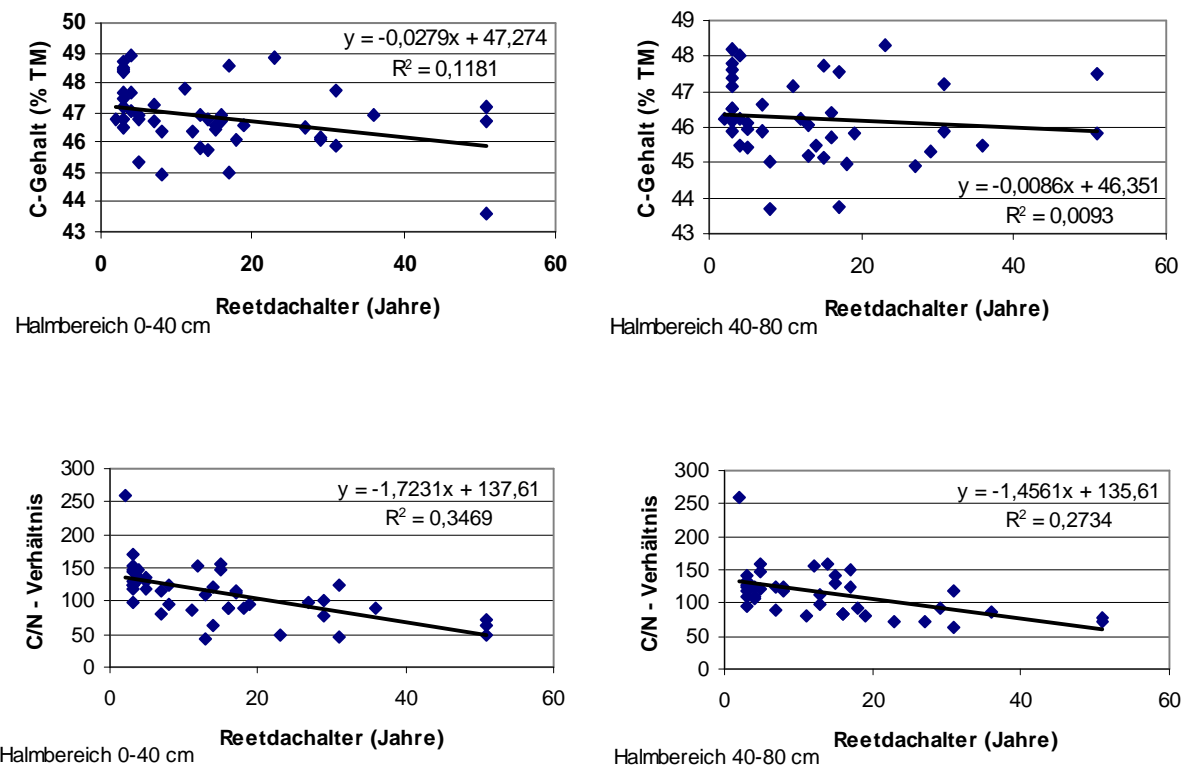


Abb. 5.1.9: Beziehung zwischen Reetdachalter auf der einen und C-Gehalt sowie C/N-Verhältnis auf der anderen Seite.

Unter den Gerüstsubstanzen ist die Zellulose mit 50% am stärksten vertreten. Die Hemizellulose macht ca. 26 % aus, während Lignin mit 11% in den Reethalmen enthalten ist.

(Tab. 5.1.8). Während die Hemizellulose vom unteren (0-40 cm) zum mittleren Halmbereich (40-80) zunimmt, verändert sich der Zellulosegehalt kaum und der Ligningehalt nimmt ab.

Tab. 5.1.8: Hemizellulose-, Zellulose- und Ligningehalte in den untersuchten Reetdächern

Halmsegment		Hemizellulose (% TM)	Zellulose (% TM)	Lignin (% TM)
0-40 cm	Mittel	24,5	50,3	12,2
	Minimum	18,6	44,0	9,5
	Maximum	29,2	54,5	15,0
40-80 cm	Mittel	26,7	50,1	10,9
	Minimum	23,4	45,2	9,1
	Maximum	31,5	54,4	13,6
Gesamtmittel		25,6	50,2	11,6

Die Gruppierung der Dächer nach ihrem Zustand zeigt, dass hinsichtlich der Gerüstsubstanzen die Gruppe der unauffälligen Dächer die höchsten Gehalte in der Reettrockenmasse für den Halmbereich 0-40 cm aufweist (Abb. 5.1.10). Auffällig ist, dass in diesem Halmbereich die Gruppe der schadhafte Dächer geringere Zellulosegehalte selbst als die Gruppe der sehr alten, altersgemäßen Dächer hat. Tab. 5.1.9 stellt für den Halmbereich 0-40 cm die Einzelwerte der untersuchten Reetdächer für die Merkmale N, C, C/N-Verhältnis und Lignozellulose dar.

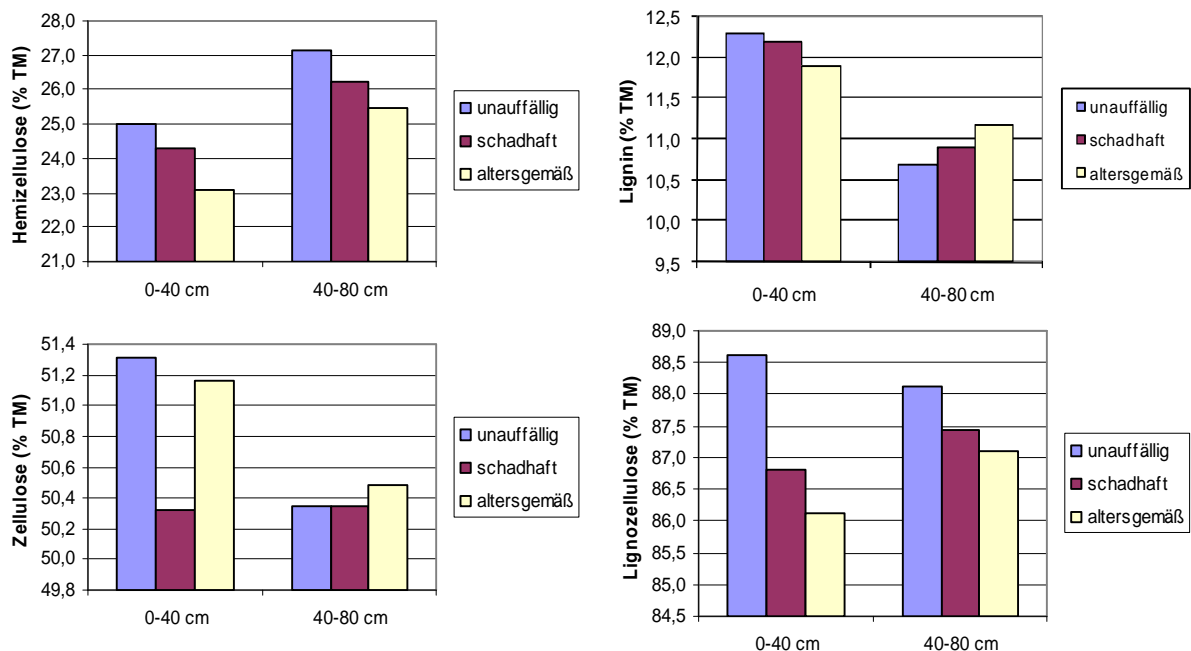


Abb. 5.1.10: Gehalte der Gerüstsubstanzen in der Trockenmasse (TM) im unteren (0-40 cm) und im mittleren (40-80 cm) Halmbereich bei Reetdächern in unterschiedlichem Zustand. Das Durchschnittsalter der Dächer zwischen den Gruppierungen variiert zwischen 16 (unauffällig), 13 (schadhaft) und 39 (altersgemäß) Jahren.

Tab. 5.1.9: Stickstoff (N)-, Kohlenstoff (C) und Lignozellulose -Gehalte in der Trockenmasse (TM) sowie C/N-Verhältnis für Reetdächer im Halmbereich 0-40 cm. Die Dächer wurden nach ihrem Zustand Gruppen zugeordnet: unauffällig (1), flächig (2) und punktuell schadhaft (3), uneindeutig (4) und altersgemäßer Zustand (5).

	Jahr	Dach- zu-	Reet- herkunft	N % TM	C % TM	C/N	Hemi- zell. % TM	Roh- Zell. % TM	Roh- Lignin % TM
Reetdach	Dachein- Deckung	stand							
Kronsgaard	1977	1	Ungarn	0,38	47,7	124,3	24,1	52,4	12,3
Delve 1	1997	1	Delve	0,55	47,8	86,9	24,6	52,1	12,6
Hillgroven 2	2001	1	Steller See	0,58	47,2	81,1	28,0	48,0	12,2
Jork, Scheune	1981	1	Ungarn	0,48	46,5	97,1	23,4	51,3	11,7
St Peter Ording	2005	1		0,33	48,3	146,9	25,8	49,9	13,1
Hechthausen 1	2006	1	Türkei	0,18	46,8	260,2	24,1	54,1	11,9
Kohlscheune FM	1995	2		0,42	46,9	110,5	25,1	50,8	12,0
Kohlscheune FM	1995	2		1,04	45,8	44,1	23,3	44,7	13,9
Siede Hattstedt	1977	2		1,01	45,8	45,4	25,2	50,8	10,2
Mildstedt	1993	2	Ungarn	0,32	46,4	146,4	22,6	54,5	11,4
Rundhof	1991	2		0,39	45,0	115,6	27,2	49,6	9,9
Rundhof	1991	2		0,44	48,5	111,4	22,2	50,7	14,3
Lehbeck	2000	2		0,38	46,4	123,3	22,8	52,2	12,2
Lehbeck	2000	2		0,47	44,9	95,6	25,7	49,0	10,7
Bliedersdorf	1993	2		0,30	46,6	154,6	24,7	52,4	12,1
Hörup	2005	2	Hauke-H. K.	0,41	48,5	119,5	26,2	48,7	13,7
Braderup 1	2005	2	Gotteskoog	0,49	48,7	98,7	25,3	48,8	14,0
Bliedersdorf	1996	2	Savannengras	0,30	46,3	154,0	21,2	51,6	11,7
Bergenhusen FM	2003	3		0,36	46,8	130,1	21,0	51,0	12,3
Bergenhusen FM	2003	3		0,33	45,3	136,2	24,4	51,4	10,4
Herzhorn FM	2005	3	Weißens St.	0,32	46,8	145,3	27,8	48,7	10,8
Herzhorn FM	2005	3	Weißens St.	0,28	47,5	169,1	25,6	50,3	12,6
Mildstedt	2004	3	Ungarn	0,35	47,7	136,4	23,6	52,2	12,9
Mildstedt	2004	3	Ungarn	0,32	47,1	147,0	24,4	51,0	11,0
Koldenbüttel	1992	3		0,53	46,9	89,0	25,6	50,3	12,3
Koldenbüttel	1992	3		0,52	46,7	89,9	29,2	46,1	10,8
Karolinenkoog	1989	3	Ungarn	0,49	46,6	94,2	24,2	51,8	12,3
Tibensee 1	1994	3	Ungarn	0,39	46,8	120,2	24,5	49,2	12,4
Tibensee 2	1994	3	Ungarn	0,72	45,7	63,5	22,2	47,3	14,5
Schump	2001	3		0,40	46,7	115,9	22,0	52,6	13,8
Herzhorn FM	2005	3	Weißens St.	0,31	47,7	154,0	27,9	48,8	12,0
Herzhorn FM	2005	3	Weißens St.	0,38	47,2	123,1	26,2	48,1	13,7
Blick	2005	4	Rumänien	0,36	46,5	128,9	23,4	53,5	11,9
Kronsgaard, H	1990	4	Ungarn	0,51	46,1	89,8	22,9	49,0	13,1
Wittensee	2003	4	Ungarn	0,39	46,9	118,9	25,7	51,0	11,2
Archsum	2004	4	Gotteskoog	0,37	48,9	131,9	28,4	45,6	13,3
Jork, Wohnhs	2005	4		0,39	48,5	123,1	26,9	45,7	13,5
Delve 2	1985	5	Delve	1,00	48,8	48,9	27,2	44,0	15,0
Hennstedt	1957	5	Region	0,96	47,2	49,1	22,5	52,3	11,9
Schülpersiel	1972	5	Region	0,52	46,9	89,3	22,7	51,7	11,7
Blick	1979	5	Rumänien	0,45	46,1	102,3	23,1	50,9	12,4
Blick	1979	5	Rumänien	0,58	46,1	79,0	23,8	54,0	11,4
Hillgroven 1	1957	5	Region	0,74	46,7	62,7	23,7	51,6	11,3
Hillgroven 1	1957	5	Stroh	0,60	43,6	72,7	18,6	53,7	9,5

Tab. 5.1.10: Fortsetzung von vorheriger Tabelle für den Halmbereich 40-80cm. Stickstoff (N)-, Kohlenstoff (C) und Lignozellulose -Gehalte in der Trockenmasse (TM) sowie C/N-Verhältnis. Dachgruppierung: unauffällig (1), flächig (2) und punktuell schadhaf (3), uneindeutig (4) und altersgemäßer Zustand (5).

Reetdach	Dach- Ein- deckung	Dach- zu- stand	Reetherkunft	N in % TM	C in % TM	C/N	Hemi- zell. in % TM	Roh- Zell. % TM	Roh- Lignin in % TM
Kronsgaard	1977	1	Ungarn	0,40	47,2	117,7	26,6	51,8	10,8
Delve 1	1997	1	Delve	0,59	47,2	80,4	27,4	50,4	11,0
Hillgroven 2	2001	1	Steller See	0,51	45,9	89,8	30,4	46,8	9,8
Jork, Scheuene	1981	1	Ungarn	0,62	44,9	73,0	26,1	48,7	10,4
St Peter Ording	2005	1		0,38	47,6	125,6	27,5	50,2	11,8
Hechthausen 1	2006	1	Türkei	0,18	46,2	258,9	24,7	54,1	10,3
Kohlscheune FM	1995	2		0,41	46,0	112,7	27,4	50,2	10,3
Kohlscheune FM	1995	2		0,45	45,2	99,4	26,7	48,6	10,7
Siede Hattstedt	1977	2		0,74	45,9	62,4	29,2	47,2	9,5
Mildstedt	1993	2	Ungarn	0,32	45,1	141,0	24,2	54,4	10,6
Rundhof	1991	2		0,35	43,7	124,0	27,2	49,8	9,7
Rundhof	1991	2		0,32	47,6	150,0	24,3	53,6	11,2
Lehbeck	2000	2		0,38	45,0	117,2	25,0	52,4	10,5
Lehbeck	2000	2		0,35	43,7	124,6	25,3	50,4	11,0
Bliedersdorf	1993	2		0,37	47,8	130,3	23,4	49,8	13,6
Hörup	2005	2	Hauke-H. K.	0,36	47,8	133,4	29,1	48,4	11,5
Braderup 1	2005	2	Gotteskoog	0,50	48,2	96,5	27,2	50,0	11,8
Bliedersdorf	1996	2	Savannengras	0,30	46,2	155,4	25,5	49,2	10,2
Bergenhusen FM	2003	3		0,31	46,1	146,7	24,2	53,5	11,0
Bergenhusen FM	2003	3		0,28	45,4	159,6	25,5	54,2	9,2
Herzhorn FM	2005	3	Weißens St.	0,35	46,5	132,9	29,9	48,8	10,0
Herzhorn FM	2005	3	Weißens St.	0,37	46,2	125,4	29,1	48,6	10,6
Mildstedt	2004	3	Ungarn	0,44	46,2	106,0	26,0	49,9	11,5
Mildstedt	2004	3	Ungarn	0,36	45,5	124,8	25,1	49,5	10,7
Koldenbüttel	1992	3		0,55	45,7	82,8	27,9	48,5	10,8
Koldenbüttel	1992	3		0,56	46,4	83,1	31,3	45,2	10,2
Karolinenkoog	1989	3	Ungarn	0,58	45,8	79,5	26,1	49,9	11,3
Tibensee 1	1994	3	Ungarn	0,29	45,5	158,5	25,1	52,5	10,7
Schump	2001	3		0,37	46,7	124,6	23,8	53,5	11,7
Herzhorn FM	2005	3	Weißens St.	0,34	47,1	140,3	29,7	48,3	10,8
Herzhorn FM	2005	3	Weißens St.	0,42	46,5	111,0	29,3	48,6	11,6
Blick	2005	4	Rumänien	0,35	45,9	132,0	25,3	52,8	10,9
Kronsgaard H	1990	4	Ungarn	0,48	44,9	93,4	23,8	49,3	12,2
Wittensee	2003	4	Ungarn	0,38	46,0	121,9	27,6	50,9	10,3
Archsum	2004	4	Gotteskoog	0,44	48,0	109,6	31,5	45,6	12,7
Jork, Wohnhs	2005	4		0,40	47,4	117,7	29,9	45,8	11,4
Delve 2	1985	5	Delve	0,66	48,3	72,7	26,2	47,7	13,2
Hennstedt	1957	5	Region	0,66	47,5	71,7	24,9	50,4	12,2
Schülpersiel	1972	5	Region	0,53	45,5	85,6	26,2	49,1	9,1
Blick	1979	5	Rumänien	0,49	45,3	93,2	25,0	52,5	11,2
Hillgroven 1	1957	5	Region	0,59	45,8	77,6	25,1	52,6	10,1

Hervorzuheben ist der niedrige N-Gehalt beim Haus in Hechthausen, das mit türkischem Reet gedeckt wurde. Aus dem niedrigen N-Wert und einem auf mittlerem Niveau liegenden C-Gehalt resultiert das sehr weite C/N-Verhältnis, das gegenüber den anderen untersuchten Reetdächern mehr als das Doppelte beträgt. Das andere Extrem ist die Kohlscheune im Freilichtmuseum Molfsee, bei der eine Probe einen N-Gehalt von über 1% in der Trockenmasse auswies, was ein sehr enges C/N-Verhältnis zur Folge hatte. Dieser beprobte Teil des Reetdachs ist von einer Linde überwachsen, deren Blätter und Samen auf dem Dach zu finden waren und die im Laufe der Jahre zu diesem hohen N-Gehalt beigetragen haben dürften. Die zweite Probe von einem ungestörten Teil des Daches wies bei einem mittleren N-Gehalt und einem vergleichsweise eher geringen C-Gehalt im Gesamtvergleich ein mittleres C/N-Verhältnis auf. Das mit afrikanischem Savannengras gedeckte Haus in Bliedersdorf schneidet im C/N-Verhältnis im Vergleich zu Reet recht gut ab, obwohl der Zustand des Daches als flächig schadhaf eingestuft wurde. Hier werden die Ursachen für den dauerfeuchten Zustand des Daches eher in einem niedrigen Lignozellulosegehalt und in einer gegenüber Reet unterschiedlichen Halmmorphologie gesehen. Im Gegensatz zu Reet ist der Halm vom afrikanischen Savannengras nicht hohl, sondern mit Markparenchym gefüllt, was möglicherweise eine Austrocknung nach Regen verzögert. Hingewiesen sei auch auf die Strohunterfütterung, die sich am Dach in Hillgroven 1 fand. Im Stroh ist der N-Gehalt gegenüber Reet vergleichsweise hoch und der C-Gehalt geringer. Der geringe C-Gehalt spiegelt sich auch in dem niedrigeren Gehalt an Hemizellulose und dem geringsten Ligningehalt aller untersuchten Proben wieder. Da das Stroh als Unterfütterung diente, war es jedoch keiner durch Feuchtigkeit bedingten Beanspruchung ausgesetzt.

Für den Halmbereich 40-80 cm finden sich im Wesentlichen dieselben Abstufungen zwischen den Dächern wie im oben dargestellten Halmbereich 0-40 cm (Tab. 5.1.10).

5.1.6 Inhaltsanalysen der Feldproben

Zunächst wurden neben Nährstoffanalysen und Aschegehalt die Gerüstsubstanzen (Lignozellulose) und die Dichte des Reetmaterials bestimmt.

Eine wichtige Kenngröße für Reet könnte der Stickstoff (N)- Gehalt im Pflanzenmaterial spielen, da N gleichermaßen für die Pflanzen aber auch für pilzliche Mikroorganismen als Nährstoff von Bedeutung ist. Neben der Probenahme auf 10 Reeternteflächen im Januar 2007 wurden nochmals drei dieser Reeternteflächen im April 2007 beprobt sowie 17 Reetflächen, die keine Rolle in der Reetproduktion spielen. Letztere Flächen wurden ausgewählt, um zum einen die Ergebnisse auf einer möglichst großen Datenbasis abzusichern. Zum anderen war eine große Datenbasis Voraussetzung für die Anwendung der NIRS-Analytik als Schnellmethode, die bei entsprechender Eignung die arbeits- und kostenintensive chemische Nassanalytik ablösen sollte.

Der N-Gehalt wird im Zusammenhang mit dem Kohlenstoff (C) - Gehalt betrachtet, wobei der C-Gehalt ein Maß für die organische Substanz darstellt. Der Quotient aus C und N – Gehalt wird als C/N – Verhältnis bezeichnet. Weite C/N Verhältnisse charakterisieren N arme Substrate mit entsprechend ungünstigen Bedingungen für Mikroorganismen. Enge C/N – Verhältnisse dagegen weisen auf einen hohen Gehalt an N im Reethalm hin und bedingen günstigere Voraussetzungen hinsichtlich einer etwaigen mikrobiellen Aktivität.

Der C-Gehalt liegt im Mittel für die norddeutschen Reetherkünfte bei 47 %, wobei Halmbasis (0-40 cm) und der Halmbereich 40-80 cm im C-Gehalt kaum voneinander abweichen (Tab.

5.1.11). Die Differenz zwischen Maximum- und Minimumwerten, auch als Spannbreite bezeichnet, erstreckt sich von 44,3 – 48,6 %. Im basalen Halmteil (0-40 cm) wurden etwas höhere C-Gehalte als im darüber liegenden Halmabschnitt (40-80 cm) festgestellt. Die N-Gehalte weisen eine stärkere Streuung als die C-Gehalte auf. Die Spannbreite reicht von 0,27% als Minimumwert bis auf 0,83% für den Maximumwert, was knapp einer Verdreifachung des N-Gehalts entspricht. Anders als für den C-Gehalt wurden im basalen Halmteil (0-40 cm) niedrigere N-Gehalte als im darüber liegenden Halmabschnitt (40-80 cm) festgestellt.

Tab. 5.1.11: Kohlenstoff (C)–, Stickstoff (N) – Gehalte und C/N – Verhältnis für Reetproben aus der Ernte Frühjahr 2007. Angaben in % der Trockenmasse (TM).

	C	N	C/N -
	in % TM	in % TM	Verhältnis
Mittelwert	46,64	0,47	104,73
Mittelwert Halmabschnitt 0-40 cm (Halmbasis)	46,99	0,43	112,64
Mittelwert Halmabschnitt 0-80 cm (mittlerer Halm)	46,28	0,51	96,81
Minimum Halmabschnitt 0-40 cm (Halmbasis)	45,11	0,27	77,26
Minimum Halmabschnitt 0-80 cm (mittlerer Halm)	44,28	0,30	54,73
Maximum Halmabschnitt 0-40 cm (Halmbasis)	48,56	0,62	180,73
Maximum Halmabschnitt 0-80 cm (mittlerer Halm)	48,00	0,83	160,36

Eine relativ geringe Streuung in den C-Werten und eine hohe Streuung in den N-Werten bedeutet, dass die Unterschiede im C/N-Verhältnis in erster Linie durch den N-Gehalt bestimmt werden. Hohe N-Gehalte führten in den untersuchten Feldproben zu einem sehr engen C/N-Verhältnis, dessen Minimum bei 55 lag. Das Maximum im C/N-Verhältnis lag bei 181.

In Tab. 5.1.12 sind die Werte für C, N und das C/N-Verhältnis für ausgewählte Erntegebiete in Norddeutschland angegeben. Mit dem höchsten C-Gehalt (48,6%) und dem niedrigsten N-Gehalt (0,27%) im Standortvergleich im basalen Halmbereich weist das Erntegebiet auf Rügen östlich der Insel Dam zugleich das weiteste C/N-Verhältnis auf. Es handelt sich um einen durch die Ostsee beeinflussten Brackwasserstandort. Der zweite Standort auf Rügen, Nordwestliche Drigge, weist im Standortvergleich ebenfalls einen unterdurchschnittlichen N-Gehalt und ein weites C/N-Verhältnis für den basalen Halmbereich auf. Mit einem N-Gehalt von 0,36% weist das Reet im Erntegebiet Stelle am Steller See ebenfalls einen unterdurchschnittlichen Wert für den basalen Halmbereich auf, der mit einem weiten C/N-Verhältnis einhergeht. Gleiches gilt für den Standort Gammendorf 1 auf Fehmarn. Die Untersuchungen zeigen allerdings auch, dass der N-Gehalt bereits kleinräumig eine erhebliche Schwankungsbreite aufweisen kann, wie die Analysen für die Reetproben Gammendorf 1 und Gammendorf 2 belegen. Die Reetproben Gammendorf 2 zeigen in beiden Halmabschnitten höhere, überdurchschnittliche N-Werte und entsprechend enge C/N-Verhältnisse.

Ein hoher N-Gehalt im basalen Halmbereich wurde für das Reet aus dem Hauke-Haien-Koog 1 festgestellt. Der entsprechende N-Wert für Reet von der Oste liegt zwar noch höher, jedoch fällt bei diesem Standort auf, dass der N-Wert im basalen Bereich über dem Wert für den Halmabschnitt 40-80 cm liegt. Das ist bei keinem anderen norddeutschen Standort der Fall. Insofern ist dieser Wert vorsichtig zu bewerten, da auch Verunreinigungen der Halmbasis das Messergebnis beeinflusst haben könnten.

Tab. 5.1.12: Kohlenstoff (C)-, Stickstoff (N)-Gehalte und C/N-Verhältnis von Reetproben ausgewählter Erntegebiete in Norddeutschland (Ernte Frühjahr 2007). Angaben in % der Trockenmasse (TM).

Reetherkunft	Halm-Abschnitt (cm)	C (% in TM)	N (% in TM)	C/N
Steller See, nahe Leck	0-40	47,7	0,41	116
Steller See, nahe Leck	40-80	47,1	0,50	94
Steller See, Stelle	0-40	47,7	0,36	132
Steller See, Stelle	40-80	46,5	0,46	101
Hauke-Haien Koog 1	0-40	47,0	0,56	84
Hauke-Haien Koog 1	40-80	45,7	0,68	67
Hauke-Haien Koog 2	0-40	45,1	0,47	96
Hauke-Haien Koog 2	40-80	44,4	0,62	72
Gotteskoog	0-40	46,9	0,47	100
Gotteskoog	40-80	46,7	0,52	90
Schlei, Hirschholm	0-40	47,9	0,46	104
Schlei, Hirschholm	40-80	46,0	0,49	94
Schlei, Büstorf	0-40	46,9	0,46	102
Schlei, Büstorf	40-80	46,8	0,50	94
Weißenhäuser Strand	0-40	46,8	0,42	112
Weißenhäuser Strand	40-80	46,5	0,46	101
Fehmarn, Altenteil	0-40	47,1	0,50	94
Fehmarn, Altenteil	40-80	46,3	0,53	87
Fehmarn, Gammendorf 1	0-40	47,2	0,51	93
Fehmarn, Gammendorf 1	40-80	46,8	0,61	77
Fehmarn, Gammendorf 2	0-40	47,5	0,39	122
Fehmarn, Gammendorf 2	40-80	46,7	0,42	111
Oste, Außendeich	0-40	47,7	0,62	77
Oste, Außendeich	40-80	47,6	0,50	96
Rügen, östl. Insel Dam	0-40	48,6	0,27	181
Rügen, östl. Insel Dam	40-80	48,0	0,30	160
Rügen, nordwestl. Drigge	0-40	47,8	0,39	121
Rügen, nordwestl. Drigge	40-80	46,8	0,45	104
Mittel	0-40	47,3	0,45	110
Minimum	0-40	45,1	0,27	77
Maximum	0-40	48,6	0,62	181
Mittel	40-80	46,6	0,50	96
Minimum	40-80	44,4	0,30	67
Maximum	40-80	48,0	0,68	160

Heimisches Reet macht nur einen geringen Teil des Reetmarktes aus. Der Reetmarkt wird zu 80-90% mit ausländischem Reet, überwiegend aus Süd- und Osteuropa beliefert. Zum Vergleich mit heimischer Ware wurden Proben des Reethandels aus ausländischer Ernte 2006/2007 mit untersucht (Tab. 5.1.13).

Tab. 5.1.13: Kohlenstoff (C)-, Stickstoff (N)-Gehalte und C/N-Verhältnis von Reetproben ausländischer Herkunft (Ernte 2006/2007.) Angaben in % der Trockenmasse (TM).

Reetherkunft	Ort	Halmabschnitt	C (% TM)	N (% TM)	C/N
Polen	Danziger Bucht	0-40	47,2	0,27	178
Polen	Danziger Bucht	40-80	46,2	0,35	131
Ungarn	Debrecin	0-40	46,6	0,27	173
Ungarn	Debrecin	40-80	46,5	0,29	161
Ungarn	Debrecin	0-40	46,8	0,21	222
Ungarn	Debrecin	40-80	46,4	0,21	226
Ungarn	Ost	0-40	46,9	0,38	125
Ungarn	Ost	40-80	46,2	0,46	101
Südungarn		0-40	45,8	0,19	240
Südungarn		40-80	45,0	0,23	196
Rumänien 1	Donaudelta	0-40	46,6	0,30	153
Rumänien 1	Donaudelta	40-80	45,3	0,37	123
Rumänien 2	Donaudelta	0-40	47,7	0,23	204
Rumänien 2	Donaudelta	40-80	47,2	0,31	150
Rumänien 3	Deltaausläufer	0-40	46,9	0,23	207
Rumänien 3	Deltaausläufer	40-80	46,2	0,25	184
Rumänien 4	Deltaausläufer	0-40	47,3	0,23	204
Rumänien 4	Deltaausläufer	40-80	47,0	0,27	174
Ukraine 1		0-40	46,5	0,27	173
Ukraine 1		40-80	45,8	0,33	139
Ukraine 2	Dnjestr	0-40	46,9	0,28	165
Ukraine 2	Dnjestr	40-80	46,4	0,27	171
Ukraine 3	Donaudelta	0-40	46,8	0,33	142
Ukraine 3	Donaudelta	40-80	44,8	0,42	107
Türkei 1		0-40	47,0	0,26	182
Türkei 1		40-80	45,3	0,27	170
Türkei 2		0-40	47,0	0,26	179
Türkei 2		40-80	46,0	0,25	184
China		0-40	48,2	0,31	157
China		40-80	47,2	0,33	145
Mittel		0-40	46,9	0,27	180
Minimum		0-40	45,8	0,19	125
Maximum		0-40	48,2	0,38	240
Mittel		40-80	46,1	0,31	158
Minimum		40-80	44,8	0,21	101
Maximum		40-80	47,2	0,46	226

Die C-Werte der ausländischen Reetherkünfte unterscheiden sich nicht wesentlich von denen des norddeutschen Reets. Norddeutsches Reet weist tendenziell etwas höhere C-Gehalte auf. Bei den N-Werten dagegen ergeben sich deutliche Unterschiede. Die importierte Ware weist geringe N-Werte auf, die gemessen an den norddeutschen Herkünften im Schnitt um etwa 40% niedriger liegt. Für einheimisches wie für ausländisches Reet nimmt der N-Gehalt in der Regel von der Halmbasis zum darüber liegenden Halmabschnitt um 0,05 bzw. 0,04% zu.

5.1.6 Gerüstsubstanzen

Zu den Gerüstsubstanzen, die die Stabilität des Halmes maßgeblich beeinflussen, zählen in erster Linie Lignin, Zellulose und Hemizellulose. Das Lignin stellt die verholzenden Anteile der Gerüstsubstanzen dar, die mikrobiell am schwersten aufzuschließen sind.

Das Lignin ist in den Halmen mit etwa 11,5% vertreten (*Tab. 5.1.14*). Der untere oder basale Halmbereich (0-40cm) weist im Mittel 1,4% höhere Ligningehalte als der darüber liegende Halmbereich 40-80 cm auf. Der Ligningehalt variiert in beiden Halmabschnitten in einer Bandbreite (Minimum-Maximum) von etwa 4 %. Die Zellulose macht den größten Teil unter den Gerüstsubstanzen aus und bewegt sich bei Gehalten um 50% der Halm-trockenmasse. Die Hemizellulose macht etwa 25% der Halm-trockenmasse aus. Der Zellulosegehalt nimmt vom unteren zum darüber liegenden Halmabschnitt im Mittel um 1,8% ab, während der Hemizellulosegehalt leicht ansteigt (etwa 1,5 %). Die Bandbreiten zwischen Minimum- und Maximumwerten liegen bei etwa 8% im unteren Halmbereich und bei knapp 13% im Halmbereich 40-80cm. Die entsprechenden Bandbreiten für die Hemizellulose betragen ca. 9 % (Halmabschnitt 0-40 cm) und ca. 13 % (Halmabschnitt 40-80 cm).

Tab. 5.1.14: Lignin-, Zellulose- und Hemizellulosegehalt in den Halmen (Angaben in % der Trockenmasse (TM)).

	Rohlignin (% TM)	Rohzellulose (% TM)	Hemizellulose (% TM)
Mittel	11,46	50,80	27,19
Mittel 0-40 cm	12,18	51,73	26,39
Mittel 40-80 cm	10,79	49,94	27,94
Minimum 0-40 cm	10,41	47,42	21,40
Minimum 40-80 cm	8,39	43,72	21,43
Maximum 0-40 cm	14,10	55,57	30,72
Maximum 40-80 cm	12,57	56,49	33,95

Die höchsten Ligningehalte in den norddeutschen Erntegebieten für den basalen Halmbereich (>12 %) finden sich für Reet vom Steller See, aus Gammendorf (Fehmarn) und von der Oste (*Tab. 5.1.15*). Vergleichsweise niedrige Ligninwerte (<11 %) im basalen Bereich finden sich für die Standorte Büstorf (Schlei) und Hauke-Haien Koog 2.

Tab. 5.1.15: Lignin-, Zellulose- und Hemizellulosegehalt in Reethalmen aus norddeutschen Erntegebieten. (Ernte 2006/2007. Angaben in % der Trockenmasse (TM).)

Reetherkunft	Halm-Abschnitt (cm)	Rohlignin (% TM)	Rohzellulose (% TM)	Hemizellulose (% TM)
Steller See, nahe Leck	0-40	12,6	50,5	28,5
Steller See, nahe Leck	40-80	10,5	49,9	30,3
Steller See, Stelle	0-40	12,0	49,1	30,7
Steller See, Stelle	40-80	9,8	47,5	31,5
Hauke-Haien Koog 1	0-40	11,5	48,3	29,7
Hauke-Haien Koog 1	40-80	10,6	45,5	32,1
Hauke-Haien Koog 2	0-40	10,8	47,4	30,2
Hauke-Haien Koog 2	40-80	8,4	43,7	34,0
Gotteskoog	0-40	12,1	48,0	28,9
Gotteskoog	40-80	10,3	47,3	31,7
Schlei, Hirschholm	0-40	11,6	53,8	27,9
Schlei, Hirschholm	40-80	9,7	50,4	29,4
Schlei, Büstorf	0-40	10,4	52,2	27,5
Schlei, Büstorf	40-80	10,4	50,6	29,7
Weißenhäuser Strand	0-40	11,5	50,1	29,1
Weißenhäuser Strand	40-80	9,5	49,8	30,6
Fehmarn, Altenteil	0-40	11,6	49,9	28,4
Fehmarn, Altenteil	40-80	11,1	48,5	29,3
Fehmarn, Gammendorf 1	0-40	12,6	52,7	25,5
Fehmarn, Gammendorf 1	40-80	12,7	53,2	26,1
Fehmarn, Gammendorf 2	0-40	12,1	49,5	27,8
Fehmarn, Gammendorf 2	40-80	10,9	51,6	28,5
Oste, Außendeich	0-40	12,1	55,6	21,4
Oste, Außendeich	40-80	12,6	56,5	21,4
Rügen, nordwestl. Drigge	0-40	11,7	49,3	29,3
Rügen, nordwestl. Drigge	40-80	10,3	46,3	31,8
Mittel 0-40 cm	0-40	11,7	50,5	28,1
Minimum 0-40 cm	0-40	10,4	47,4	21,4
Maximum 0-40 cm	0-40	12,6	55,6	30,7
Mittel 40-80 cm	40-80	10,5	49,3	29,7
Minimum 40-80 cm	40-80	8,4	43,7	21,4
Maximum 40-80 cm	40-80	12,7	56,5	34,0

Bei den Zellulosegehalten erreichen der Standort Oste und beide Schleistandorte die höchsten Zellulosewerte im basalen Halmbereich. Niedrige Werte im basalen Halmbereich wurden für die beiden Standorte im Hauke-Haien-Koog nachgewiesen. Während Lignin- und Zellulosegehalt von der Halmbasis zum darüber gelegenen Halmbereich in den meisten Fällen abnehmen, weist der Hemizellulosegehalt mit in der Regel höheren Werten im mittleren Halmbereich einen entgegengesetzten Trend auf.

Die Reethalme der ausländischen Herkünfte sind im Halmbereich 0-40 cm in der Regel weniger verholzt als Reethalme aus Norddeutschland, was sich in einem um ca. 1% niedrigeren mittleren Ligningehalt zeigt (Tab. 5.1.16). Im darüber liegenden Halmabschnitt 40-80 cm sind die Unterschiede geringer und die Ligninwerte auf einem fast ähnlichen Niveau.

Tab. 5.1.16: Lignin-, Zellulose- und Hemizellulosegehalt in Reethalmen aus norddeutschen Erntegebieten. (Ernte 2006/2007. Angaben in % der Trockenmasse (TM)).

Reetherkunft	Bemerkungen	Halm-Abschnitt (cm)	Rohlignin (% TM)	Rohzellulose (% TM)	Hemizellulose (% TM)
Polen	Danziger Bucht	0-40	10,3	54,2	25,6
Polen	Danziger Bucht	40-80	8,9	51,0	28,3
Ungarn	Debrecin	40-80	10,3	54,3	24,6
Ungarn	Ost	40-80	11,4	47,2	27,9
Südungarn		0-40	10,4	53,7	26,0
Südungarn		40-80	9,3	51,8	27,0
Rumänien 1	Donaudelta	0-40	9,5	54,7	25,0
Rumänien 1	Donaudelta	40-80	9,2	53,9	25,2
Rumänien 2	Donaudelta	0-40	11,1	52,8	27,0
Rumänien 2	Donaudelta	40-80	10,3	49,9	28,1
Rumänien 3	Deltaausläufer	40-80	10,2	51,3	26,5
Rumänien 4	Deltaausläufer	0-40	12,0	53,8	25,5
Ukraine 1		0-40	9,4	53,3	25,5
Ukraine 1		40-80	9,5	51,6	27,6
Ukraine 2	Dnjestr	0-40	10,4	54,9	24,7
Ukraine 3	Donaudelta	0-40	10,7	54,4	24,0
Türkei 1		40-80	10,4	52,0	25,5
China		40-80	11,3	53,0	25,1
Mittel		0-40	10,5	54,0	25,4
Minimum		0-40	9,4	52,8	24,0
Maximum		0-40	12,0	54,9	27,0
Mittel		40-80	10,1	51,6	26,6
Minimum		40-80	8,9	47,2	24,6
Maximum		40-80	11,4	54,3	28,3

Die Zellulosegehalte der ausländischen Reetherkünfte sind im unteren Halmbereich im Schnitt um etwa 4 % und im Halmbereich 40-80 cm um gut 2 % gegenüber den norddeutschen Reetherkünften erhöht. Die Hemizellulosegehalte der ausländischen Herkünfte liegen im Mittel im unteren und im darüber liegenden Halmbereich 3 % niedriger als dies für die norddeutschen Herkünfte der Fall ist.

5.1.7 Dichte von Reet in Feld- und Dachproben

Die Dichte von Reet kann ein Kriterium für die Qualität von Reet sein (Tab. 5.1.17). Reet mit einer hohen Dichte könnte positive Effekte im Hinblick auf Halmstabilität und Langlebigkeit des Reets haben. Die Dichte wurde mit Hilfe eines Pyknometers in gemessen. Dabei wurde das Volumen einer Reetprobe über die Verdrängung in Alkohol gemessen, nachdem zuvor das Probentrockengewicht bestimmt wurde.

Für die Untersuchungen wurde ein Querschnitt aus Dach- und Feldproben zusammengestellt. Zusätzlich wurde der Halmdurchmesser des Reets und die Halmwandstärke erfasst. Die Dichte der Proben schwankt zwischen 1,0 und 1,6 g/ml. Allerdings lässt der noch geringe Probenumfang noch keine weiterführenden Aussagen zu, sondern zeigt lediglich Tendenzen auf. Die Probenpaare Nr. 9 und 10, Nr. 11 und 12 sowie Nr. 43 und 44 wurden von 3 Dächern

gezogen, wobei jeweils eine Probe aus einer unauffälligen und die andere aus einer dauerfeuchten Stelle eines Daches gezogen wurde. Bei zwei Dächern war die Materialdichte in den dauerfeuchten Stellen niedriger als in den unauffälligen Stellen.

Tab. 5.1.17: Dichte, Halmdurchmesser und Halmwandstärke für ausgewählte Dach- und Feldproben.

Probe	Probenart	Herkunft, Ort	Ernte	Symptome für Dauerfeuchtigkeit	Dichte (g/ml)	Halmdurchmesser (mm)	Wandstärke (mm)
9	Dachprobe	Mildstedt	2004	Ja	1,3	4,8	0,5
10	Dachprobe	Mildstedt	2004	Nein	1,6	3,7	0,4
11	Dachprobe	Koldenbüttel	1992	Nein	1,3	2,7	0,3
12	Dachprobe	Koldenbüttel	1992	Ja	1,5	2,1	0,2
23	Dachprobe	Hilgroven	1957	Nein	1,2	4,8	0,4
24	Dachprobe	Delve 1	1997	Nein	1,3	3,8	0,4
43	Dachprobe	Herzhorn	2005	Ja	1,2	3,0	0,3
44	Dachprobe	Herzhorn	2005	Nein	1,3	3,6	0,5
45	Dachprobe	Bliedersdorf (Savannengras)	1996	Ja	1,1	2,3	0,2
52	Feldprobe	Oste	2007	Nein	1,2	4,7	0,5
53	Feldprobe	Oste	1975	Nein	1,0	7,1	0,9
55	Feldprobe	Oste	1999	Nein	1,0	4,5	0,4
63	Feldprobe	Weißenh. Strand	2007	Nein	1,0	5,0	0,5
65	Feldprobe	Weißenh. Strand	2007	Nein	1,2	3,4	0,5
Mittel					1,2	4,0	0,4
Minimum					1,0	2,1	0,2
Maximum					1,6	7,1	0,9

In einem Fall (Koldenbüttel) war es jedoch umgekehrt. Die Feldproben von der Oste und vom Weißenhäuser Strand aus den Jahren 1975 bis 2007 hatten eine geringere Dichte als die älteren Dachproben. Aber auch hier lässt die noch geringe Anzahl an Proben und Herkünften keine verallgemeinernden Schlussfolgerungen zu. Eine geringe Dichte des untersuchten Materials weist auch das Strohdach in Bliedersdorf auf, das nicht mit Reet, sondern mit afrikanischem Savannengras eingedeckt wurde.

Die Dichte des Reets steht in Beziehung zum Halmdurchmesser (Abb. 5.1.11). Je größer der Halmdurchmesser, umso geringer ist in der Regel auch die Dichte des Reets. Allerdings ist die Beziehung mit einem Bestimmtheitsmaß von 24 % ($R^2=0,24$) nicht sehr streng ausgeprägt.

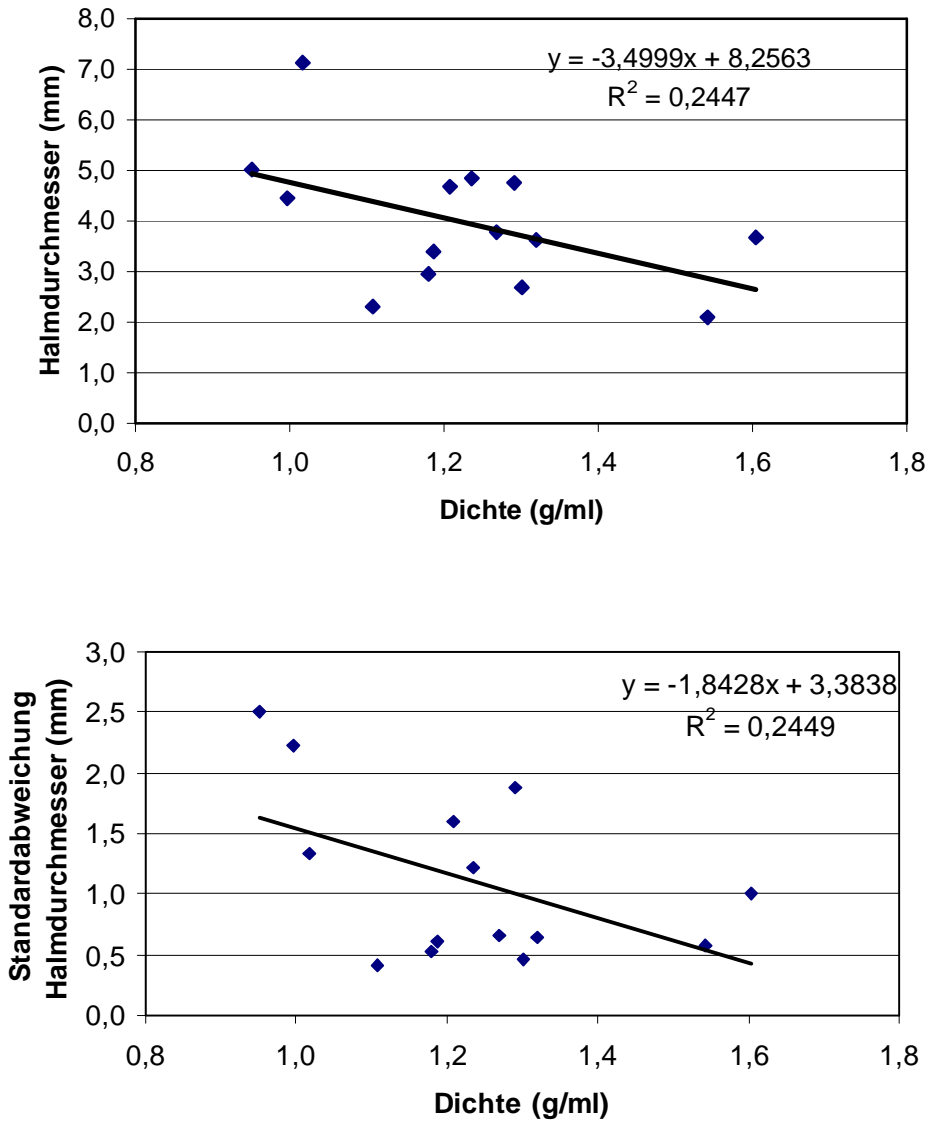


Abb. 5.1.11: Beziehung zwischen Materialdichte und Halmdurchmesser (oben) und Standardabweichung des Halmdurchmessers (unten).

Dichte und Standardabweichung des Halmdurchmessers stehen in ähnlicher Beziehung zueinander, wobei die Abhängigkeit ebenfalls nicht sehr straff ist ($R^2=0,24$). Die Standardabweichung des Halmdurchmessers kann direkt die natürliche Variation im Halmdurchmesser einer Reetlinie oder eines Genotyps widerspiegeln. Sie kann aber auch indirekt Folge eines ungleichmäßigen Triebaufgangs zu Vegetationsbeginn sein. So werden Reetbestände unterschieden, bei denen die Halme zu Vegetationsbeginn gleichmäßig treiben. Für andere Reetbestände werden oft aber auch später treibende Triebe (Nachschosser oder sekundäre Triebe) beobachtet. Sekundäre Triebe sind in der Regel dünner und weicher, was u.U. mit einer geringeren Materialdichte verbunden ist.

Die Beziehungen zwischen den Gerüstsubstanzen und der Materialdichte werden nachfolgend behandelt. Mit zunehmender Dichte nimmt der Zellulosegehalt ab (Abb. 5.1.12). Der

Hemizellulosegehalt nimmt mit zunehmender Dichte zu (Abb. 5.1.13). Dagegen konnte keine Beziehung zwischen Dichte und Ligningehalt festgestellt werden (Abb. 5.1.14).

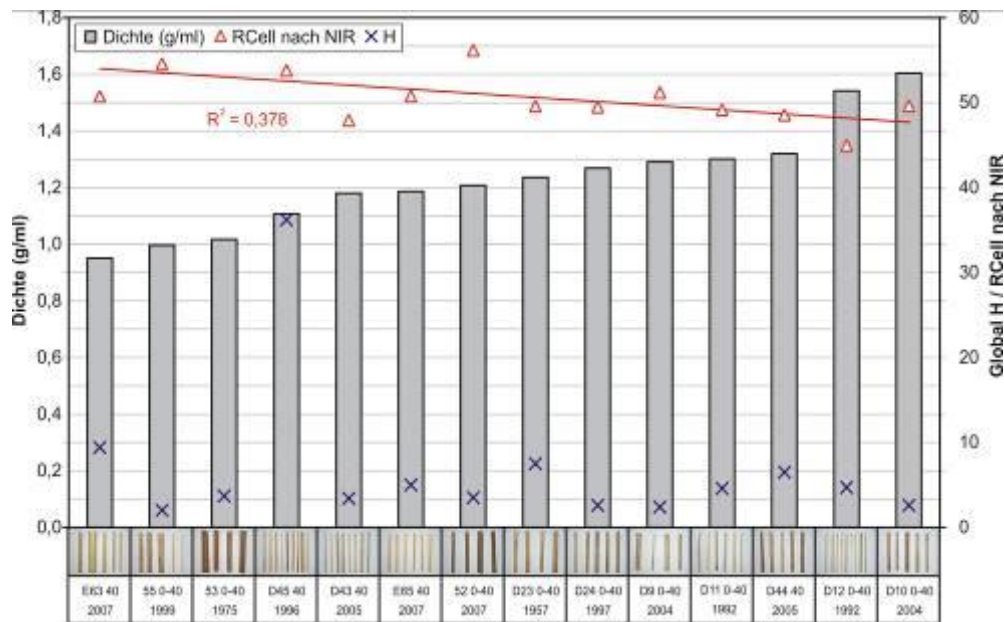


Abb. 5.1.12: Materialdichte und Zellulosegehalt (RCell) in ausgewählten Reetproben. Die Zellulosegehalte wurden mittels Nah-Infrarot (NIR)-Spektroskopie bestimmt. Es wurden Proben des unteren Halmsegments 0-40 cm untersucht. Bei mit D bezeichneten Proben handelt es sich um Proben von Reetdächern (die Nummern entsprechen der Nummerierung in Tab. 5.1.17. Bei den übrigen Proben handelt es sich um Ernteproben aus Reetgebieten.

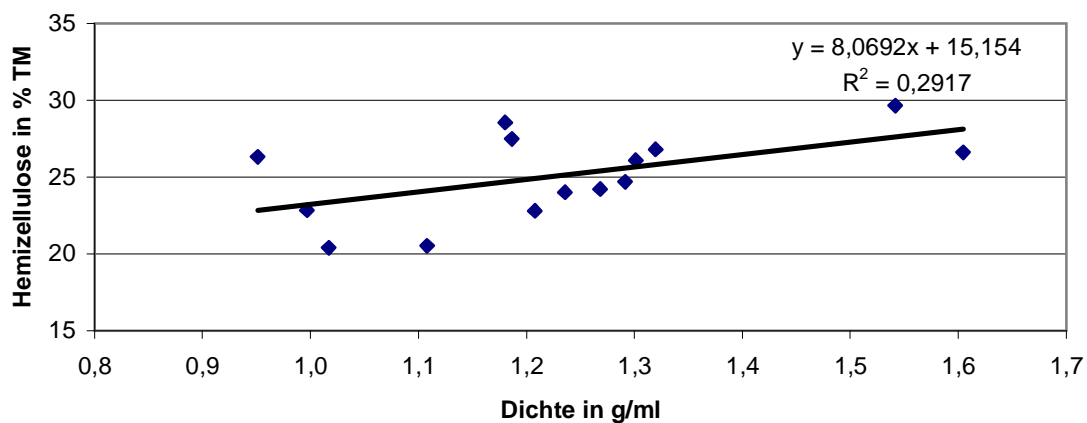


Abb. 5.1.13: Korrelation zwischen Dichte und Hemizellulosegehalt.

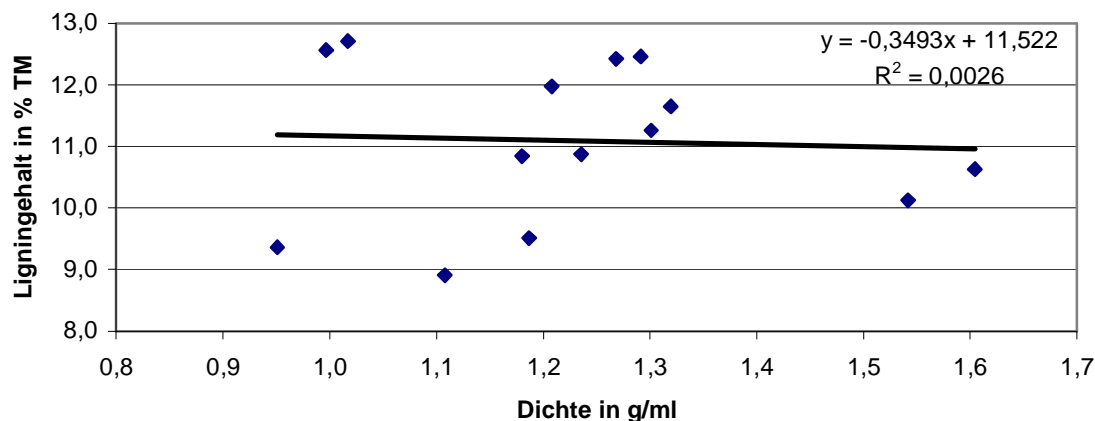


Abb. 5.1.14: Korrelation zwischen Dichte und Ligningehalt.

5.1.8 Enzymatischer Aufschluss (Verdaulichkeitstest)

In der Futtermittelindustrie werden Testverfahren zum enzymatischen Aufschluß von Rauhfuttermitteln, wie z.B. Gras oder Grassilage durchgeführt, um eine Aussage über die Verdaulichkeit von Futtermitteln zu erhalten. Angewendet für Reet sollte ein entsprechender Test klären, inwieweit Unterschiede im enzymatischen Aufschluß gegebenenfalls in Bezug zur Qualität des Reets gesetzt werden können. Eine hohe Enzymlöslichkeit oder Verdaulichkeit stünde dann für Reet mit einer eventuell geringeren Qualität und ist u.U. weniger lange haltbar. Geringe Werte für die Enzymlöslichkeit stünden dagegen für einen eher langlebigeren Rohstoff. Als Testverfahren wurde ELOS (Enzym lösliche organische Substanz) gewählt.

Es wurden sehr große Unterschiede in der Enzymlöslichkeit festgestellt, die zwischen 9 und 23% (bezogen auf die Trockenmasse) lagen (Tab. 5.1.18). Der Mittelwert lag bei 14,4%. Sehr hoch war die Enzymlöslichkeit vom Dach in Bliedersdorf, das mit afrikanischem Savannengras gedeckt wurde (23%). Damit weist das Material in Bliedersdorf höhere Werte als die Feldproben vom Weißenhäuser Strand auf, die während der Vegetation im Juli und im September 2007 genommen wurden und aufgrund ihres noch grünen und nicht abgereiften Zustands erwartungsgemäß eine vergleichsweise hohe Enzymlöslichkeit hatten. Die übrigen Feld- und Dachproben mit einer Winterernte, wo das Material relativ hart ist, zeigten geringere Verdaulichkeitswerte.

Tab. 5.1.18: Gehalte der enzymlöslichen organischen Substanz (ELOS), der Gerüstsubstanzen und der Rohfaser bezogen auf die Trockenmasse (TM). Die Proben vom Weißenhäuser Strand wurden während der Vegetationsperiode genommen, alle anderen stammen aus erntetrockenenem Material im Winter.

Probe	Probenart	Herkunft, Ort	Ernte	ELOS % TM	Zellu- lose % TM	Hemi- zellulose % TM	Lignin % TM	Rohfaser % TM
9	Dachprobe	Mildstedt	2004	11,1	51,2	24,7	12,5	52,6
10	Dachprobe	Mildstedt	2004	12,7	49,6	26,6	10,6	49,3
11	Dachprobe	Koldenbüttel	1992	13,4	49,2	26,1	11,3	50,0
12	Dachprobe	Koldenbüttel	1992	14,1	44,9	29,6	10,1	46,2
23	Dachprobe	Hilgroven	1957	15,0	49,6	24,0	10,9	51,5
24	Dachprobe	Delve 1	1997	13,0	49,5	24,2	12,4	51,7
43	Dachprobe	Herzhorn	2005	14,2	47,9	28,5	10,8	49,3
44	Dachprobe	Herzhorn	2005	14,6	48,5	26,8	11,6	48,8
45	Dachprobe	Bliedersdorf (Savannengras)	1996	23,1	53,8	20,5	8,9	56,3
52	Feldprobe	Oste	2007	12,2	56,2	22,8	12,0	56,6
53	Feldprobe	Oste	1975	11,0	56,7	20,4	12,7	59,8
55	Feldprobe	Oste	1999	10,2	54,6	22,8	12,6	54,6
63	Feldprobe	Weißenh. Strand	2007	19,0	50,8	26,3	9,4	54,5
65	Feldprobe	Weißenh. Strand	2007	18,5	50,8	27,5	9,5	53,9
Mittel				14,4	50,9	25,1	11,1	52,5
Minimum				10,2	44,9	20,4	8,9	46,2
Maximum				23,1	56,7	29,6	12,7	59,8

Wird die Enzymlöslichkeit der organischen Substanz in Beziehung zu den Gerüstsubstanzen gesetzt, dann zeigt sich, dass die Enzymlöslichkeit der untersuchten Proben weder durch den Gehalt an Hemizellulose noch durch den Zellulosegehalt beeinflusst wird. Der Ligningehalt weist dagegen eine straffe Beziehung zur Enzymlöslichkeit aus (Abb. 5.1.15). Beide Parameter sind negativ korreliert. Hohe Ligningehalte führen zu einer geringen Enzymlöslichkeit der organischen Substanz. Bei niedrigen Ligningehalten ist die Enzymlöslichkeit hoch. Die Enzymlöslichkeit wurde mit der Dichte des Reetmaterials in Beziehung gesetzt. Es zeigte sich kaum eine Tendenz, dass Reet mit einer hohen Dichte eine geringere Enzymlöslichkeit der organischen Substanz aufweist (Abb. 5.1.16). Die Abhängigkeit zwischen beiden Merkmalen ist sehr gering ($R^2=0,04$). Hingewiesen sei in diesem Zusammenhang auf den noch kleinen Stichprobenumfang.

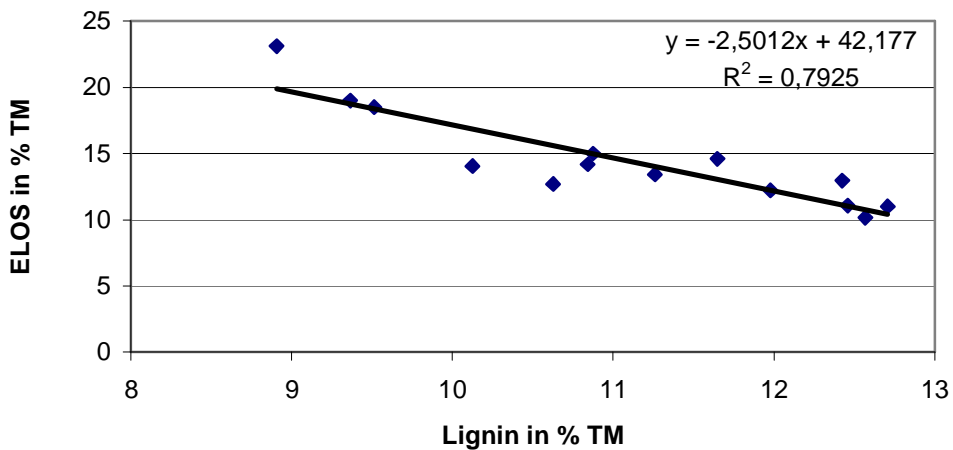
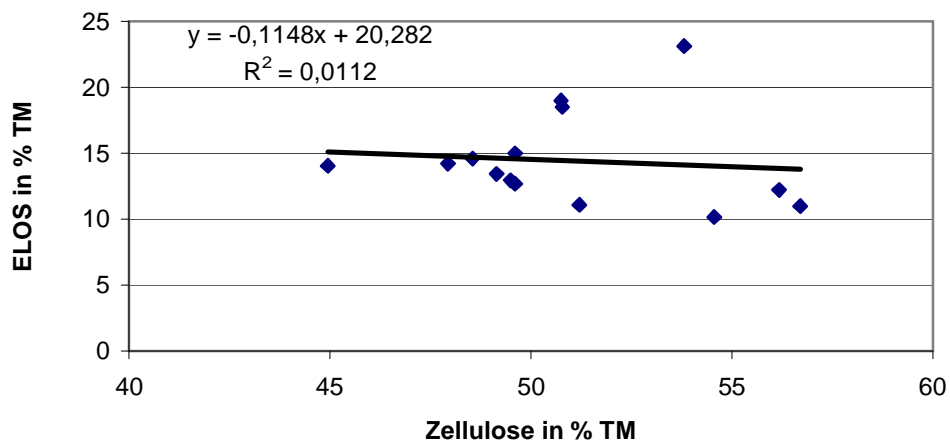
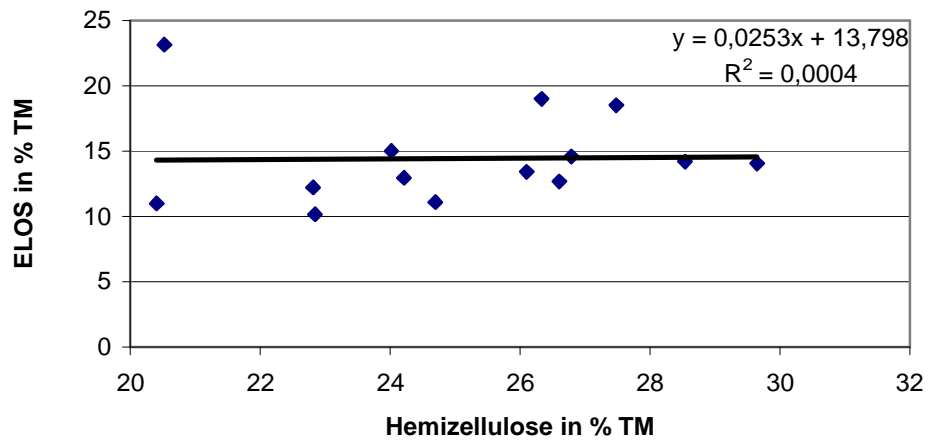


Abb. 5.1.15: Enzymlöslichkeit der organischen Substanz (ELOS) in Abhängigkeit von Hemizellulose- (oben), Zellulose- (Mitte) und Ligningehalt der Trockenmasse (TM).

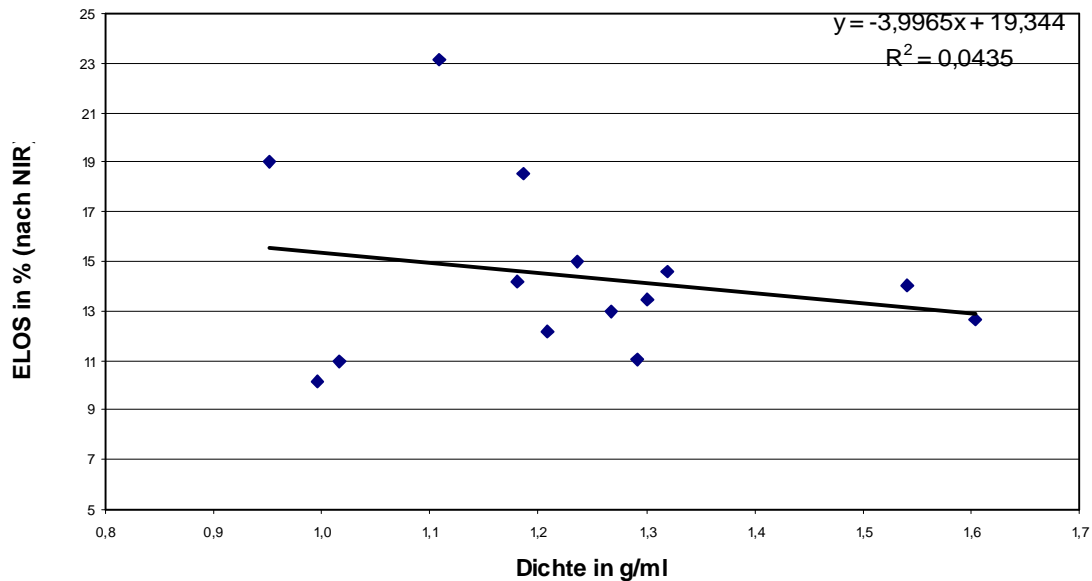


Abb. 5.1.16: Enzymlöslichkeit der organischen Substanz (ELOS) in Beziehung zur Materialdichte.

5.1.8 Asche- und Silikatgehalt

Neben den Gerüstsubstanzen wird dem Silikatgehalt eine Bedeutung für die Qualität des Reets zugeschrieben. Die Silikate werden in den Zellen eingelagert und können wie die Gerüstsubstanzen halmstabilisierende Funktionen übernehmen und wirken sich positiv auf die Standfestigkeit eines Reetbestandes aus. Allerdings ist der Silikatgehalt (SiO_2) direkt nur schwer zu bestimmen. In der vorliegenden Untersuchung wurde er daher aus dem Rohaschegehalt durch Subtraktion der mengenmäßig am stärksten vertretenen Nährelemente (Kalium, Phosphor, Magnesium, Calcium) berechnet: Rohasche – P_2O_5 – K_2O – MgO – CaO = SiO_2 (Abb. 5.1.17).

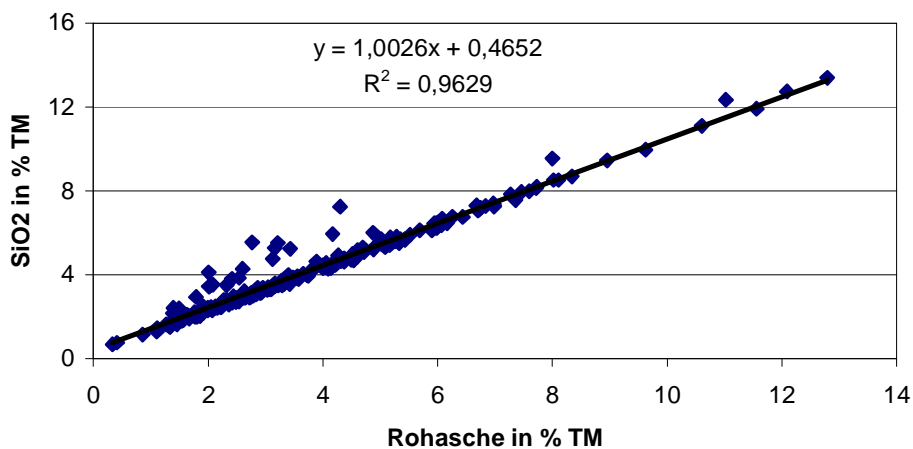


Abb. 5.1.17: Rohaschegehalt versus Silikatgehalt (SiO_2). Silikatgehalt berechnet aus Rohasche durch Subtraktion der Nährelementgehalte Phosphor (P_2O_5), Kalium (K_2O), Magnesium (MgO) und Calciumoxid (CaO).

Hierdurch wurde der Silikatgehalt annähernd bestimmt. Die Korrelation zwischen Rohasche und Silikatgehalt zeigt, dass schon der Rohaschegehalt selbst eine gute Abschätzung des Silikatgehaltes erlaubt. Jedoch konnten bislang keine engen Beziehungen zwischen Rohaschegehalt bzw. Silikatgehalt und der Qualität des Reets hergestellt werden.

5.1.9 Die Verfahrenskette von Reet - mögliche Schwachstellen

Reet ist ein natürlicher Rohstoff, der gereinigt in Bündeln mit einem Umfang von 60 cm in den Handel kommt. Abhängig von seiner Herkunft und den Klima- und Witterungsverhältnissen am Standort weist Reet eine große Variabilität auf.

Die Verfahrenskette für Reet und Einflußfaktoren, die die Reetqualität mitbestimmen sind in ihren Grundzügen in Abb. 5.1.18 dargestellt.

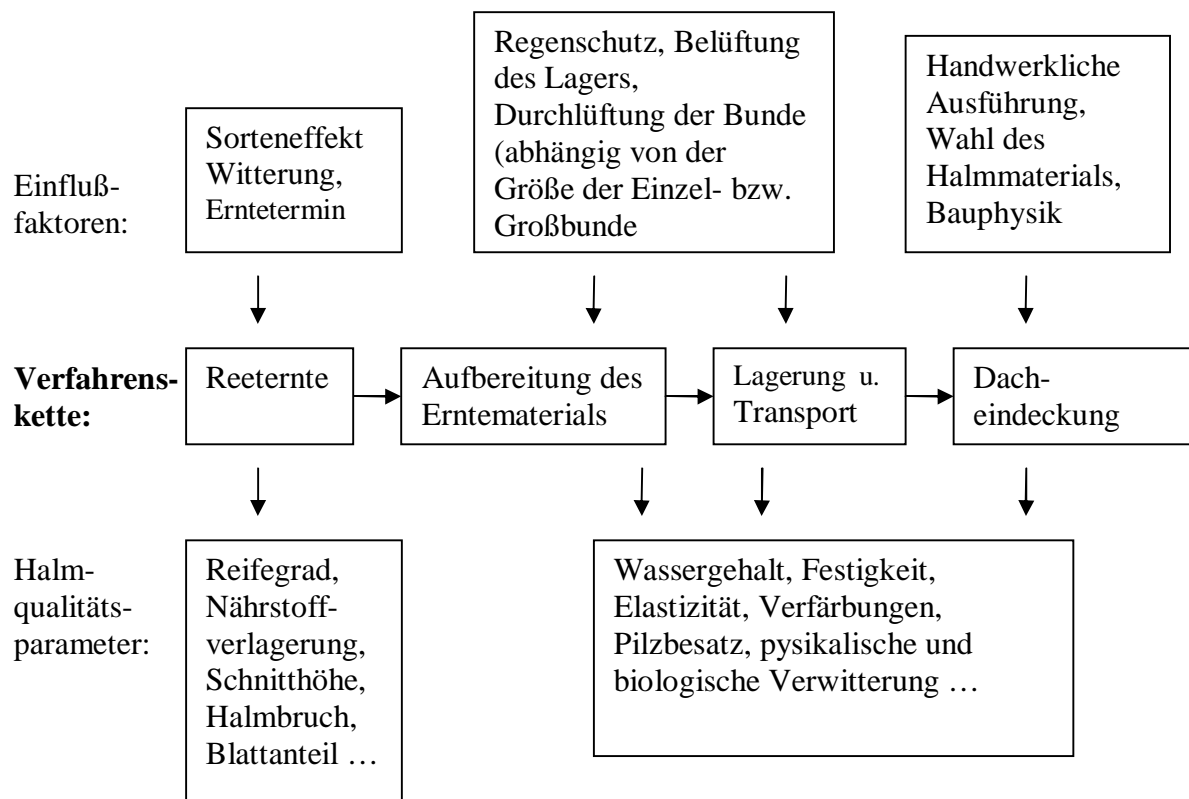


Abb. 5.1.18: Prozessschritte in der Verfahrenstechnik von Reet im Hinblick auf Halmqualitätsparameter und in Abhängigkeit wesentlicher Einflußfaktoren.

Die Reeternte beginnt häufig schon im November und setzt sich bis in das Frühjahr fort, wobei in Deutschland mit dem 15. März die Ernte beendet sein muss. Die Ernte in Norddeutschland wird überwiegend maschinell eingebracht. Seit 1990 etwa werden dabei zunehmend selbstfahrende Erntemaschinen verwendet, die in der Regel als Prototypen von den Reetschneidebetrieben selbst entwickelt und gebaut wurden. In Süd- und Osteuropa ist neben der maschinellen Ernte auch die manuelle Ernte, bei der das Reet mit Sicheln geschnitten wird, verbreitet.

Mögliche Schwachpunkte:

- zu frühe Ernte (Reet nicht ausgereift, hohe Wasser- und Nährstoffgehalte).
- Reet wird auch unter widrigen Bedingungen (Regen) geerntet, das Reet ist zu nass.
- zu hohe Ernte. Die harte und widerstandsfähige Halmbasis wird nicht mitgeerntet.

Je nach Erntetechnik wird ein mehr oder weniger großer Anteil an Blättern bereits bei der Ernte durch rotierende Bürsten bei vielen selbstfahrenden Maschinen entfernt und verbleibt auf dem Feld. Diese Vorreinigung genügt jedoch den Ansprüchen der Reetdachdecker im Allgemeinen nicht und das maschinell geerntete Reet muss wie die von Hand geschnittene Ware nachgereinigt werden. Die Rohbunde werden zunächst direkt auf der Erntemaschine in Großballen von je 50 – 100 Kleinbunden zusammengefasst und am Feldrand gelagert.

Mögliche Schwachpunkte:

- Lagerung als Großballen: Nachtrocknung nasser Bunde ungenügend, zusätzlich erschwert, wenn ein noch großer Blattanteil mit in den Bunden enthalten ist.
- Lagerung der Großballen direkt auf dem Boden (direkter Erdkontakt).
- Fehlende Abdeckung der Großballen gegen Regen.
- Mechanische Beanspruchung der Reethalme (abhängig von der Packungsdichte und Stapelhöhe, negative Effekte werden durch hohen Wassergehalt im Reet zusätzlich verstärkt).
- Zu lange Lagerung (nassen Materials).

Das Reet wird zur abschließenden Reinigung gekämmt. Dabei werden Blätter und lose anhaftende Lieschen entfernt. Diese Arbeit wird meistens manuell erledigt. Aber auch Reinigungsmaschinen werden benutzt. Die gereinigten Bunde haben einen Umfang von 60 cm (10 cm oberhalb der Halmbasis gemessen). Sie werden nach Länge sortiert und erneut zwischengelagert. Das Reet steht jetzt für den Verkauf bereit. Hierfür muss es transportiert werden.

Mögliche Schwachpunkt wie oben, zusätzlich:

- Transport von nassem Material.
- Noch straffere Bindungen der Bunde und Großballen, um Transportkapazitäten optimal auszulasten. Dadurch noch höhere mechanische Belastungen des Halms und noch weiter vermindertes Nachtrocknen von feuchtem Material.
- Ungenügender Regenschutz während des Transports.

Der Reetdachdecker lässt das Reet ins eigene Reetlager fahren oder direkt zur Baustelle, wo es verarbeitet wird.

Mögliche Schwachpunkte:

- Ungenügende Kontrolle der Ware: Annahme nassen oder sonst ungeeigneten Materials (Pilzbefall).
- Ungenügender Regenschutz auf der Baustelle oder im eigenen Lager.
- Ungenügender Regenschutz während der Verarbeitung, d.h. keine Abdeckung der letzten Reetlage bei unsicheren Wetterverhältnissen am Ende des Tages. Einregnen des Reets über Nacht und Überdecken der nassen Lage am nächsten Tag.
- Nichtbeachtung minimaler Halmneigungen
- fehlende oder fehlerhaft hergestellte Hinterlüftung des Reetdaches
- Eindecken von kurzem und/oder sehr feinen Materials bei vergleichsweise geringer Dachneigung
- zu feste Eindeckungen
- zu große Dachstärken

- sonstige handwerkliche Fehler: bei Übergängen oder Anbindungen in sensitiven Dachbereichen (Gauben, Kehlen, Schornsteine etc.)
- Eingehen auf Wünsche des Bauherren, die sich mit der Bauphysik eines Reetdachs nicht vertragen.

Die Materialuntersuchungen wurden mit der Beprobung von Reeterntegebieten in Schleswig-Holstein im Frühjahr 2007 begonnen. Die Beprobungen wurden gemeinsam zu zwei Terminen im Frühjahr 2007 von Mitarbeitern der QSR und der BAM durchgeführt. (Abb. 5.1.19, Ergebnisse siehe oben). Der zweite Termin sollte detailliertere Erkenntnisse liefern, inwieweit im Verlauf einer Erntesaison, die Qualität des Reets Veränderungen unterliegt. Gedacht war insbesondere, inwieweit Frostverhältnisse zu einer weiteren Abreifung des Materials führen und technische Parameter des Reets beeinflussen. Allerdings trat im Frühjahr 2007 kaum Frost auf, um dieser Fragestellung nachzugehen.

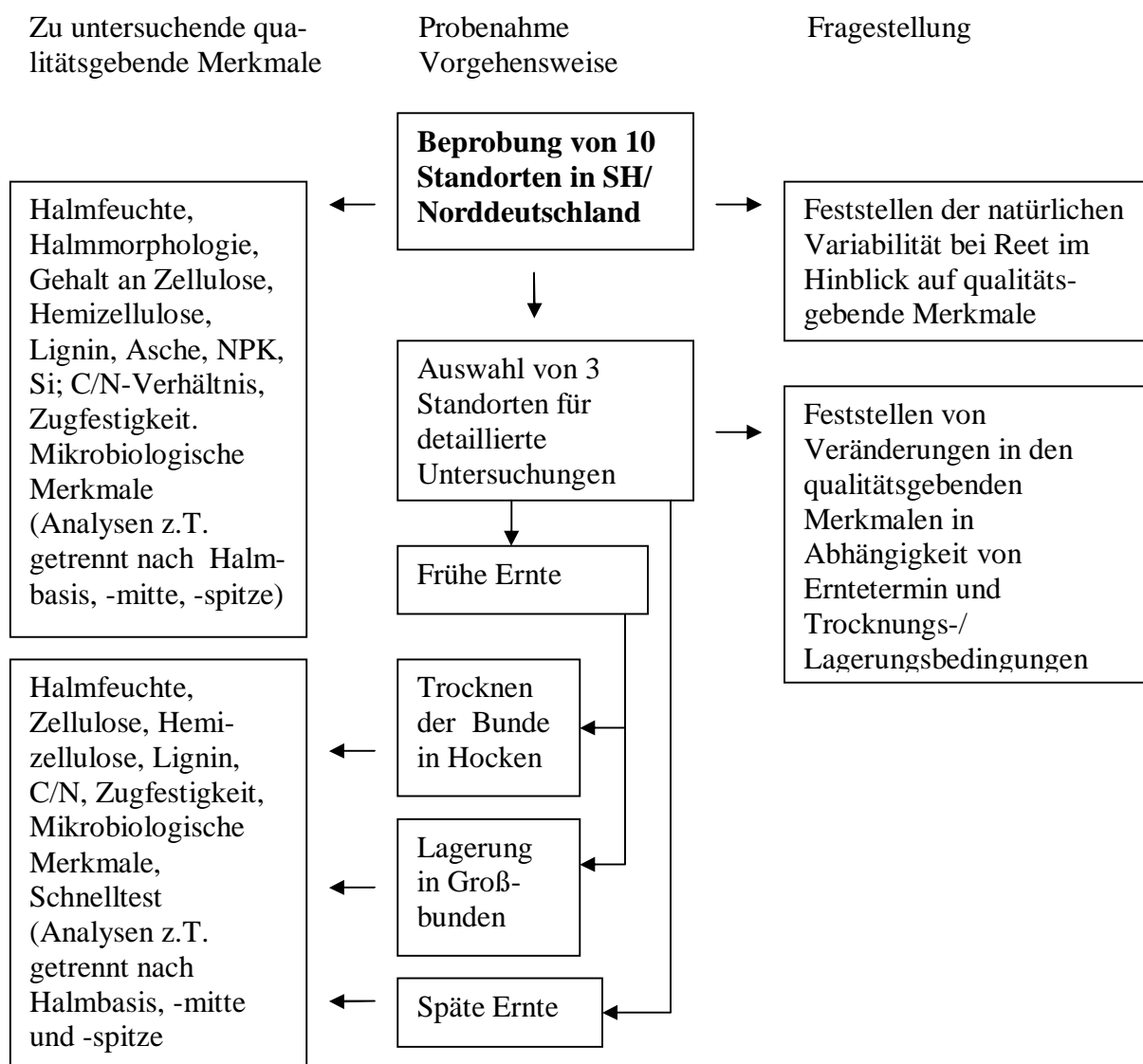


Abb. 5.1.19: Beprobung von Standorten in Norddeutschland und Nachstellen typischer Trocknungs- und Lagerungsbedingungen von Reet.

Die zweite Flächenbereisung wurde daher auch dazu genutzt, von weiteren Reetflächen Proben zu nehmen, um die Grundlage zu verbessern, die Bandbreite im Nährstoffgehalt und in den Gerüstsubstanzen von Reet zu ermitteln (Ergebnisse siehe oben). Hinzu kamen Reetproben von Reetdachdeckern aus Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern und des Reethandels mit Reetproben aus Süd- und Osteuropa sowie einer Materialprobe chinesischer und einer afrikanischer Herkunft (Ergebnisse s. o.). Bei dem Material afrikanischer Herkunft handelte es sich allerdings nicht um Reet (*Phragmites australis*), sondern um afrikanisches Savannengras.

Weiterhin wurden typische Trocknungs- und Lagerungsbedingungen von Reet im Freiland im Freilichtmuseum Molfsee nachgestellt. Anhand unterschiedlicher Lagersituationen soll gezeigt werden, wann und auf welche Weise Schädigungen bereits am Ausgangsmaterial eintreten können. Es wurden insbesondere die Feuchtigkeitsentwicklung und die beginnende Verwitterung innerhalb unterschiedlicher Verpackungsgrößen, Lageruntergründe und der damit einhergehenden Belüftungsmöglichkeiten beobachtet. So sollten folgende Hypothesen überprüft werden:

1. Das Aufstellen von Reetbunden auf dem Feld in Hocken über längere Zeit aufgrund früher Ernte, wie vielfach für Importreet praktiziert, führt zum mikrobiellen Abbau der Halmbasis, die auf nassem Boden nicht abtrocknet.
2. Frühe Ernte und lange Verweilzeiten von Reetbunden zusammengefasst in Großbunden bedingen eine ungenügende Belüftung und Austrocknung der Halme und begünstigen den mikrobiellen Abbau.

Zur Beantwortung der Fragestellungen wurde folgende Versuchsreihe im Freilichtmuseum Oktober 2008 angelegt (Abb. 5.1.20):

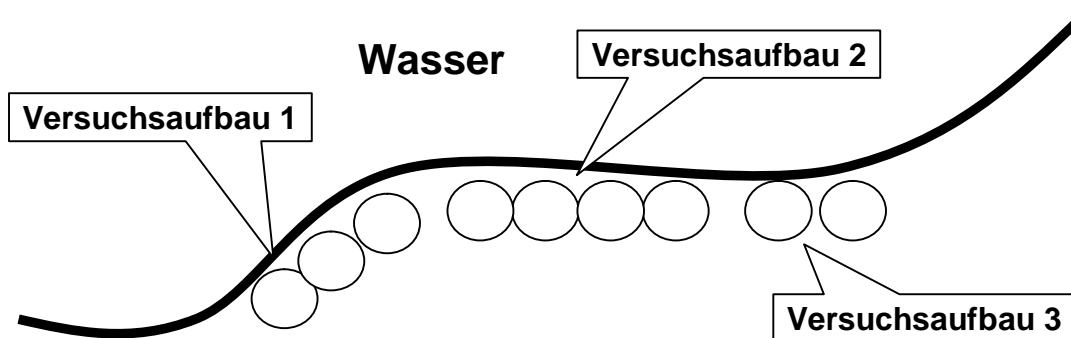


Abb. 5.1.20: Versuchsaufbau im Freilichtmuseum Molfsee: Nachstellen typischer Lagerungsbedingungen von Reet im Freiland.

Versuch 1: 3 Ballen in gleicher Größe – jedoch aus unterschiedlicher Herkunft – wurden direkt auf dem Boden und frei bewittert gelagert.

Verw. Material: Ungarn fein, kurz
 Ungarn grob, mittellang
 Fehmarn

jeweils 100er Ballen

Versuch 2: 3 Ballen in unterschiedlicher Größe (25, 50, 100 Bunde) – jedoch aus derselben Herkunft (österreichische Ware) - wurden auf Paletten frei bewittert gelagert.

Versuch 3: 100 Bunde aus einem Ballen wurden in 2 Hocken aufgestellt. Einige Bunde wurden geöffnet und als Unterlage für eine der beiden Hocken verteilt. Die andere Hocke wurde ohne Unterlage aufgestellt. Teilversuch (Idee Finke/Backens): Einen Ballen öffnen und im Kern ein „Lüftungsrohr“ mit z.B. 200 mm Durchmesser einlegen. Anschließend den Ballen wieder herstellen und neben den anderen auf Palettenunterlage frei bewittern lassen. Verwendetes Material: Österreich, 100er Ballen.

Im Rahmen des Versuchs wird die Feuchtigkeitsentwicklung der gelagerten Ware mit einer Stechlanze regelmäßig gemessen. Die Ware wurde von der Fa. Kühlsen und Milz geliefert. Der Versuchsaufbau fand im Freilichtmuseum Molfsee am Seeufer statt. Die Stelle ist gut zugänglich und einsehbar. Der Versuchsaufbau wurde mit einem Schild erläutert. Eine erste Beurteilung des Versuchs soll im Frühjahr 2008 stattfinden.

Die Bilder auf der nächsten Seite zeigen Großbunde und Hocken, die typisch für die Lagerung bzw. Nachtrocknung von Reetbunden sind.

5.1.10 Grundzüge einer erweiterten Qualitätsdefinition für Reet

Die bisherige Qualitätsdefinition, die in Kapitel 5.1.1 dargestellt wird, enthält die wesentlichen Qualitätskriterien, denen Reet entsprechen sollte.

Allerdings unterliegt Reet hinsichtlich seiner Herkunft, der Ernte, Zwischenlagerung, Transport, erneuter Zwischenlagerung bis zur Verarbeitung als Dachmaterial keiner Zertifizierung. In der bisherigen Qualitätsbeurteilung von Reet existieren keine standardisierten, vergleichbaren und nachprüfbaren Bewertungsmethoden. Daher ist es zur Zeit nahezu unmöglich, die Schwachstellen in der Prozesskette, die zum Verfall eines Reetdaches beitragen können, im nachhinein ausfindig zu machen. Als Schwachpunkte kommen somit ziemlich alle Glieder der Prozesskette in Frage (s. Kap. 5.1.9). Zur Beurteilung der Qualität werden die Reetbunde bei Abnahme durch den Reetdachdecker einer Sichtkontrolle unterzogen. Qualitativ gutes Reet zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

- Gerade, saubere und trockene Halme definierter Länge und einheitlichen Durchmessers
- Halme ohne Bruch- oder Knickstellen
- Einheitliche Halmfarbe (keine schwarzgrauen Verfärbungen, Schwärzpunkte, Flecken)
- Halme ohne oberflächlichen Pilzbewuchs
- frei von Insekten

Ob die Reethalme ausreichend trocken sind, lässt sich bei einer Sichtkontrolle nur unzureichend beurteilen. Grüne Halmenden weisen auf eine noch hohe Feuchtigkeit hin, ebenso oberflächlich sichtbarer Pilzbewuchs.

Der Wassergehalt ist jedoch eine entscheidende Größe für die Beurteilung der Reetqualität und sollte genau bestimmt werden. Ist er zu hoch, sind günstige Voraussetzungen für den mikrobiellen Abbau des Reethalms gegeben. Daneben werden „Vor Ort“- Materialprüfungen diskutiert, die als Schnelltest mehr Sicherheit bei der Beurteilung der Reetqualität liefern sollen. Diese Testverfahren sind noch zu entwickeln und die Praxis muss zeigen, inwieweit sie dem Handwerker vor Ort als Entscheidungsgrundlage bei der Begutachtung und/oder beim Kauf des Reets von Nutzen sind.



*Kleines Photo links: Gereinigte Reetbunde in Großballen übereinander gestapelt.
 Großes Photo: Ungereinigte Bunde locker in Großbunden zusammengefasst beim Verladen von der Erntemaschine.*



Einzelbunde in Großbunden zusammengefasst. Durch die hohe Verdichtung in den Großbunden, die durch das Übereinanderstapeln weiter verstärkt wird, sind die Reethalme einer hohen mechanischen Beanspruchung ausgesetzt. Die Einzelbunde verlieren dabei ihre ursprünglich runde Form und füllen die Freiräume zwischen den Bunden aus. Nasses Material kann unter diesen Umständen nicht nachtrocknen.



Einzelbunde zu Hocken aufgestellt, um eine weitgehende Abtrocknung des Reets zu ermöglichen. Der Untergrund muss trocken sein und sollte vorher mit losem Reetstroh bedeckt werden, um direkten Erdkontakt der Halme zu vermeiden.



Versuchsaufbau im Schleswig-Holsteinischen Freilichtmuseum in Molfsee zur Nachstellung typischer Trocknungs- und Lagerungsbedingungen des Reet.

In Dänemark wurde der sogenannte Biegetest entwickelt, der Aufschluss über die Materialqualität liefern soll: Geprüft wird die Halmbruchfestigkeit, die sich ermitteln lässt, indem der Halm an beiden Enden gefasst und in einem 90°-Winkel gebogen wird. Qualitativ gute Halme sind ausreichend elastisch und brechen anfangs nicht. Der Halm wird anschließend von der Spitze aus in 3-5 cm Schritten kürzer gefasst und jedes Mal erneut im 90°-Winkel gebogen, bis es zum Bruch kommt. Die Halmlänge von der Halmbasis bis zur Bruchstelle wird als Maß für die Bruchfestigkeit herangezogen. In Abhängigkeit von Halmlänge und -dicke sowie der Halmfeuchte könnten hieraus Richtwerte entwickelt werden, anhand derer sich die Reetqualität beurteilen lassen soll.

Um die Reetqualität einheitlichen Standards zu unterwerfen, sind jedoch nicht nur Beurteilungen notwendig, sondern zusätzlich sollten auch Messungen bzw. Laboranalysen relevanter Parameter durchgeführt werden. An erster Stelle stehen dabei:

- Messung der Materialfeuchte (Wassergehalt) und Kontrolle vom Anfang bis zum Ende der Verfahrenskette.
- Bestimmung des Nährstoffgehaltes, wobei dem Stickstoff (N), die größte Bedeutung zukommt. Bestimmung des C-Gehaltes und Berechnung des C/N-Verhältnisses. Es müssen Grenzwerte für Höchstgehalte festgelegt werden. Dafür ist momentan die Datengrundlage jedoch nicht ausreichend.
- Zusätzlich zum C-Gehalt ist zu überlegen, den Gehalt an Lignozellulose insgesamt und den Ligningehalt im Erntematerial zu bestimmen. Hier zeigen sich in den vorliegenden Untersuchungen wie auch bei der Bestimmung des N und C-Gehaltes Beziehungen zum Alter des Reets bzw. zum Zustand eines Reetdachs. Allerdings sind die Ergebnisse z. T. nicht übereinstimmend. Einige Analyseergebnisse lassen sich nicht in eine Linie bringen, dass z.B. ein hoher Ligningehalt die Lebensdauer eines Daches verlängert. Auch hier muss die Datengrundlage erweitert werden. Vergleichsweise einfache Analysemethoden, wie die Nahinfrarot - Spektroskopie (von der FAL im vorliegenden Projekt angewandt) können helfen, den Aufwand der Analytik zu reduzieren.
- Die Beurteilung des Bestandaufbaus und der Bestandesstruktur könnten weitere Parameter bei der Beurteilung von qualitativ hochwertigem Reet sein. Aus der Literatur und aus Beobachtungen bei Probenahmen im wachsenden Reetbestand ergeben sich Hinweise für Unterschiede im Bestandaufbau und in der Bestandesstruktur, die die Qualität des Reets beeinflussen können. So werden Bestände unterschieden, die zu Beginn der Vegetation gleichmäßig austreiben und gleichmäßig abreifen. Die Halme sind in ihrer Qualität relativ homogen. Daneben gibt es Bestände, die sogenannte Zweitriebe oder Nachschosser bilden, die entsprechend ihres späten Austriebs nicht in gleicher Weise abreifen, wie die ersten Triebe zu Beginn der Vegetation. Die Zweitriebe sind weicher und vermutlich weniger stark lignifiziert. Das Halmmaterial ist damit von Anfang an sehr inhomogen. Im abgereiften Bestand sind die Nachschosser von den Ersttrieben schwer voneinander zu unterscheiden und erst die Laboranalyse hilft dann weiter, zwischen der Materialqualität verschiedener Bestände zu differenzieren.

5.2 Analyse von Pilzen und Bakterien aus intakten und beschädigten Reetdächern

Kerstin Stockmeyer¹, Ruth Schmitz-Streit², Wolfgang Streit³, Frank Kempken¹

¹ Abteilung Botanische Genetik und Molekularbiologie, Botanisches Institut und Botanischer Garten, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Olshausenstr. 40, 24098 Kiel, Germany; fkempken@bot.uni-kiel.de

² Institut für Allgemeine Mikrobiologie, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Am Botanischen Garten 1-9, 24118 Kiel, Germany

³ Abteilung für Mikrobiologie, Biozentrum Klein Flottbek, Universität Hamburg, Ohnhorststr. 18, 22609 Hamburg, Germany

5.2.1 Einleitung

Phragmites (Reet) besteht größtenteils aus Zellulose und Lignin. Daher liegt es nahe zu vermuten, dass Organismen, die Zellulose und/oder Lignin abbauen, an der Zerstörung des Reets beteiligt sind. Hierfür kommen Zellulasebildende Bakterien und insbesondere Pilze in Frage. Zellulasen sind Enzyme, die Zellulose zu Glukose hydrolysieren. Der mikrobielle Abbau durch bakterielle und pilzliche Zellulasen (Nevalainen und Renttila 2004; Rosgaard et al. 2006) kann auf verschiedene Faktoren, wie z.B. modifizierte Reetqualitäten, Mängel in der Bauausführung oder höhere durchschnittliche Temperaturen, zurückgeführt werden.

Die Bestimmung und Identifizierung von Pilzen ist aus vielerlei Gründen von Bedeutung. Pilze tauchen als Kontaminationen in Lebensmitteln auf, führen zum Abbau von Holz und Stroh oder besiedeln die Bausubstanz von Gebäuden. Hierbei können zum einen komplexe Lebensgemeinschaften auftreten, die aus mehreren verschiedenen Pilzen bestehen oder die Pilze wachsen in der befallenen Substanz und sind schwierig nachzuweisen. Hinzu kommt, dass es nur eine begrenzte Anzahl morphologischer Merkmale gibt, die die Bestimmung von Arten erschweren oder fast unmöglich machen. Die Artkenntnis ist aber häufig erforderlich, wenn z.B. harmlose und potentiell gefährliche Pilze (giftige Sekundärmetabolite, Pathogenität) in der gleichen Gattung vorkommen.

Als alternative Strategie bietet sich der Nachweis von Pilzen und auch Bakterien mittels molekularer Methoden an. Hierbei wird mit universellen Oligonukleotiden ein Teil der ribosomalen DNA (rDNA) amplifiziert. Die ribosomale DNA besteht aus konservierten Bereichen, die Gene für strukturelle ribosomale RNAs enthalten, und Art-spezifischen ITS (*internal transcribed spacer*)-Sequenzen für nicht-funktionelle RNAs (Brosius et al. 1981; Rogers und Bendich 1987). Die Sequenzierung dieser Bereiche und ein anschließender Sequenzvergleich mit bekannten, kultivierten Arten erlaubt die genaue Identifizierung der gefundenen Arten in den Reet-Proben. Sequenzvergleiche der ITS-Regionen werden vielfach in der Taxonomie und molekularen Phylogenie durchgeführt, da sie wegen der hohen Anzahl ribosomaler RNA-Gene auch aus geringen DNA-Mengen leicht zu amplifizieren sind. Zudem unterscheiden diese Bereiche sich auch stark zwischen nahe verwandten Arten und Unterarten. Ein Vergleich eines Teilabschnittes pilzlicher ribosomaler DNA ist in Abbildung 5.2.1 dargestellt.

Acremonium	CAAACCCCTGATTTAATCGTATTTCTCTGAGGGCGAAAGCCCGAAAACAAAATGAATCAA	196
Fusarium	TAAACTCTGTTTCTATATGTAACCTCTGAGT----AAAACCAT-----AAATAAATCAA	178
Mucor	ATTTACCAAAGAATTGAGAATTAATATGT-AACATAGACCTAAAAAATCTATAA-AA	239
Rhizopus	GTTTCCCCTGGTACCCTTTATCATATACCATGAATTGAGAATTAAGTAATAAAATAAC	254
Phanerochaete	TTATTACAAAC-GCTTCAGTTTAA-GAATGTAAACCT--CGTATAACGCATCTATA-TAC	226
	* *	
Acremonium	AGTAAATGTGAATTGCAGAATTGAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCGC	316
Fusarium	AGTAAATGTGAATTGCAGAATTGAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCGC	298
Mucor	ACTAGTGTGAATTGCATA-TTCAGTGAATCATCGAGTCTTTGAACGCACATTGCGCTCAT	358
Rhizopus	ACTAGTGTGAATTGCATA-TTC-GTGAATCATCGAGTCTTTGAACGCACATTGCGCTCAT	372
Phanerochaete	AGTAAATGTGAATTGCAGAATTGAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCTCCC	346
	* ** ***** * ** ***** ***** ***** * * *	
Acremonium	CCGG-GGGAGCGGGCCTG-GTGCTGGGGATC----GGCGGCCCTCGC--GG-CCCCCGTC	424
Fusarium	-----AGCTTG-GTGTGGGACTC-----GCGTT-----AA-TTCGCGTT	382
Mucor	TTGT-TGAATAGGAATATTGAGA-GTCTCTT---GATCTATTCTGATC---TCGAACCT	467
Rhizopus	TTTT-T--ATGTGGTTATGGAGC-GGAGGTC---GGGCAATGCTGATCGGT-CTGAAATA	483
Phanerochaete	TTTTTTATCGAAGGCATGGACTTGGAGGTC--GTGCTGGTTCCTCGTTGAATCGGCTCC	460
	* *	

----- ITS1 5,8 S ITS2

Abb. 5.2.1: Vergleich zwischen pilzlichen rDNA-Sequenzen

In dieser Abbildung sind ribosomale DNA-Sequenzen von zwei Ascomyceten (*Acremonium* und *Fusarium*), zwei Zygomyceten (*Mucor* und *Rhizopus*) und einem Basidiomycet (*Phanerochaete*) vergleichend dargestellt. Die konservierte 5,8S rDNA wird von zwei Art-spezifischen ITS (internal transcribed spacer)-Sequenzen flankiert.

5.2.2 Material und Methoden

Material

a) Organismen

Bakterienstämme: *Escherichia coli* (K12-Derivate):

XL1-Blue: *recA1*, *lac*⁻, *endA1*, *gyrA96*, *thi*, *hsdR17* (*rk*⁻, *mk*⁺), *supE44*, *relA1*, *I*⁻, [F', *proAB*, *lacI*^qZ, *DM15*, *Tn10* (Tet^r)]; Rezipientenstamm für die Vermehrung von Plasmid-Vektoren und deren Derivaten, rekombinationsdefizient (Stratagene, Heidelberg) (Bullock et al. 1987)

Pflanzenmaterial: Reet-Proben von beschädigten und intakten Dächern verschiedener Standorte wurde verwendet.

b) Oligonukleotide

Als PCR-Primer wurden die Oligonukleotide der nachfolgenden Tabelle 5.2.2 verwendet, die von MWG-Biotech (Ebersberg) bezogen wurden .

Tab. 5.2.2.: Übersicht über die in dieser Arbeit verwendeten Oligonukleotide.

Nr.	Sequenz (5'®3')	Spezifität
FK884	TCCGTAGGTGAACCTGCGG	18S rDNA Asco- und Zygomyceten
FK885	TCCTCCGCTTATTGATATGC	28S rDNA Asco- und Zygomyceten
KS975	GAAGGATCATTAAACGAGTTT	18S rDNA Basidiomyceten
KS976	GACTCAAAACAGGCATG	28S rDNA Basidiomyceten
KS989	AGAGTTTGATCCTGGCTCAG	16S rDNA Bakterien
KS979	GGTTACCTTGTTACGACTT	16S rDNA Bakterien

c) Plasmide

In der vorliegenden Studie wurde der Klonierungsvektor pJET1 (NCBI „Accession“-Nummer Gi:83779165) verwendet.

d) DNA-Molekulargewichtsmarker

Als DNA-Größenstandard wurde der 100-5000 bp Marker (MBBL, Bielefeld) verwendet.

e) Nährmedien

E. coli-Kulturen wurden in autoklaviertem Luria-Bertani (LB)-Medium [1% (w/v) Trypton, 0,5% (w/v) Hefe-Extrakt, 0,5% (w/v) NaCl, pH 7,2] angezogen (Sambrook et al. 1989). Festmedium enthielt zusätzlich 1,5% (w/v) Agar. Für ein Wachstum unter Selektionsbedingungen wurde das Medium mit 100 µg/ml Ampicillin versetzt.

Die Anzucht von Pilzen erfolgte auf Zellulosemedium [pro Liter: 20 g Zellulose, 2 g Natriumnitrat, 1 g K₂HPO₄, 0,5 g MgSO₄·7H₂O, 0,5 g KCl, 0,1 g FeSO₄·7H₂O, 20 g Agar, pH 7,3] und BMM-Medium [pro Liter: 25 g über Nacht in Leitungswasser bei 60 °C gequelltes Maismehl, 30 g Malzextrakt, 25 g Agar].

Methoden

a) Kulturbedingungen

Die Anzucht der *E. coli*-Kulturen erfolgte in LB-Medium. Flüssigkulturen wurden in einem Inkubationsschüttler bei 280 rpm und 37 °C für ca. 12 h angezogen. Agar-Platten wurden über Nacht bei 37°C inkubiert.

Pilz-Kulturen wurden in einer Klimakammer bei 25 °C und Dauerlicht angezogen.

b) Isolierung von Gesamt-DNA aus Pilzen und Bakterien

Aus den auf Nährmedium gewachsenen Pilz- und Bakterienkolonien sowie aus den Reetproben selbst wurde die DNA durch 10 minütiges Kochen in destilliertem Wasser (70 µl bei Pilz- und Bakteriengewebe, 450 µl bei Reet-Stücken) isoliert.

Danach wurde eine Minute bei 14000 rpm in der Beckman Coulter Zentrifuge Allegra™ 21R zentrifugiert und Reet-Stücke bzw. Gewebereste entfernt. An die DNA-Isolation aus Reet-Stücken schloss sich eine Fällung der DNA mit 1/10 Volumen 8 M Ammoniumacetat und 2,5 Volumina Ethanol bei -80 °C über mindestens 30 Minuten an. Durch eine Zentrifugation (15 min, 14000 rpm, 4 °C) wurde ein Präzipitat erhalten, das mit 70% (v/v) Ethanol (-20 °C) gewaschen und nach dem Trocknen in 15 µl A. dest gelöst wurde. Die DNA-Konzentration wurde photometrisch bestimmt.

c) Polymerase-Kettenreaktion (PCR)

Die Polymerase-Kettenreaktion wurde verändert nach Saiki et al. (1988) und Kawasaki und Wang (1989) durchgeführt. Gesamt-DNA (60 ng) wurde in einem Gesamt-Volumen von 50 µl in 1x PCR-Puffer mit der *Moltag*-DNA-Polymerase (Molzym, Bremen) nach Angaben des Herstellers im „PTC100“ (MJ Research Inc., Hess. Oldendorf) oder im „MiniCycler“ (MJ Research Inc.) amplifiziert.

Das PCR-Programm startete mit einer Anfangsdenaturierung von 2 min bei 94 °C. Anschließend folgten 44 Zyklen bestehend aus Denaturierung (1 min, 94 °C), Hybridisierung (1 min) und Elongation (1 min, 72 °C). Die Hybridisierungstemperatur richtete sich nach den verwendeten Oligonukleotiden und betrug 48 °C bei der PCR von DNA aus Basidiomyceten und 58 °C bei DNA aus Asco- und Zygomyceten sowie Bakterien.

d) DNA-Gelelektrophorese

Die Auftrennung von DNA-Fragmenten erfolgte je mittels 1%-iger (w/v) Agarosegele in 1x Tris-Borat-EDTA-Puffer (100 mM Tris-HCl, 100 mM Borsäure, 2 mM EDTA, pH 8,3) nach Sambrook et al.(1989). Als Größenstandard wurde ein erweiterter 100-5000 bp Marker (MBBL, Bielefeld) verwendet.

e) Ligation von DNA-Fragmenten

Die Ligation von DNA-Fragmenten erfolgte mit dem „GeneJET™ PCR Cloning Kit“ (Fermentas, St. Leon-Rot) nach Angaben des Herstellers.

f) Transformation von *E. coli* durch Elektroporation

Für die Elektroporation mit dem „Gene Pulser II“ (BioRad, München) wurden ca. 40 µl elektrokompetenter *E. coli*-Zellen eingesetzt. Die Transformation erfolgte nach Angaben des Herstellers unter Standardbedingungen (Spannung: 1,8 kV, Widerstand: 200 Ω, Kapazität: 25 µF) mit 1 µl eines durch Reinigung mit dem „Gelextraktions- und PCR-Reinigungs-Kit“ (Macherey-Nagel, Düren) entsalzten Ligationsansatzes.

Nach der Elektroporation wurden zu den Bakterien SOC-Medium [2% (w/v) Trypton, 0,5% (w/v) Hefe-Extrakt, 10 mM NaCl, 10 mM MgCl₂, 2,5 mM KCl, 10 mM MgSO₄, 20 mM Laktose, pH 7,5] gegeben.

Die Selektion der Transformanten erfolgte auf Antibiotika-haltigem LB-Medium.

g) Isolierung von Plasmid-DNA aus *E. coli*

Die Präparation von Plasmid-DNA erfolgte aus 2,5 ml Übernachtskulturen von *E. coli* mit dem „NukleoSpinQuickPure Plasmid“-Kit (Macherey-Nagel, Düren) nach Vorschrift des Herstellers.

h) Sequenzierung

Sequenzierungen wurden als Auftragsarbeit von der Firma MWG-Biotech (Ebersberg) oder in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. S. Schreiber (Universitätsklinikum Kiel) durchgeführt.

i) Auswertung von Nukleotidsequenzen

Das Auffinden homologer Bereiche in DNA -Sequenzen in den entsprechenden Datenbanken ermöglichten die BLAST-Algorithmen (Altschul et al. 1990; Altschul et al. 1997) sowie das FASTA-Programm (Pearson 1990). Diese Programme stehen auf den Internet-Seiten des EBI (European Bioinformatics Institute, <http://www.ebi.ac.uk>) und der SDSC Biology Workbench (<http://workbench.sdsc.edu/>) zur Verfügung.

5.2.3 Ergebnisse

Als ersten Schritt zur Einschätzung des Ausmaßes und der Natur des frühzeitigen Verfalls von Reetdächern wurden in der vorliegenden Analyse die bakteriellen und pilzlichen Populationen einer gewählten Anzahl von Dächern untersucht. Hierbei wurden die mikrobiellen Populationen von intakten und beschädigten Reet-Dächern (siehe Abb.5.2.3) verglichen.

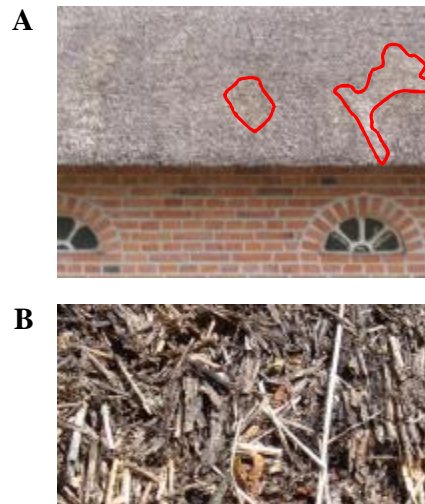


Abb. 5.2.3: Dach mit beginnender Zerstörung und zerstörtes Dach.

(A) Ausschnitt eines zwei Jahre alten Daches vom Haus „Heidenreich“ des „Molfsee-Museums“. Der beginnende Reet-Abbau ist an den gelblich-weißen Flecken (rot umrandet) zu erkennen. (B) Ausschnitt des Daches der „Kohlenscheune“ (ebenfalls „Molfsee-Museum“). Dieses Dach ist 12 Jahre alt und bereits komplett zerstört. Das Reet weist keinerlei Stabilität mehr auf und ist inhomogen.

Zum sicheren Nachweis von Bakterien und Pilzarten wurden die Reetproben einerseits auf festem Vollmedium (BMM-Medium) und andererseits auf Zellulosemedium kultiviert. Letzteres Medium enthält als einzige Kohlenstoffquelle Zellulose. Dadurch können nur Zellulose abbauende Organismen wachsen. Aus den gewachsenen Kolonien (siehe Abb. 5.2.4) und aus den Reetproben selbst wurde die DNA isoliert.

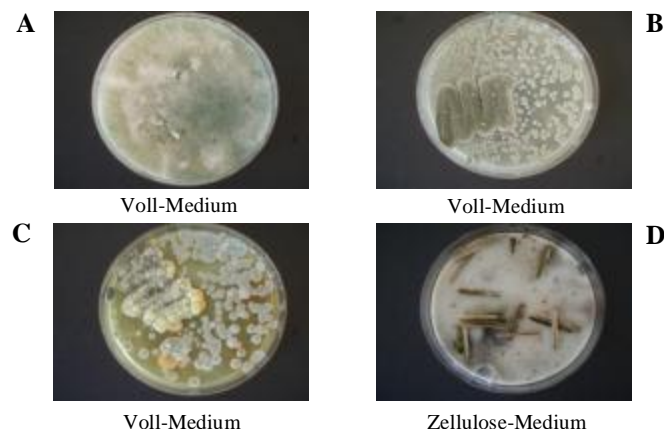


Abb. 5.2.4: Pilz-Kulturen auf verschiedenen Medien.

(A-D) Verschiedene Pilz-Arten konnten auf Voll-Medium, das viele Nährstoffe enthält, und auf Zellulose-Medium, das Zellulose als einzige Kohlenstoffquelle enthält, wachsen. Auf Zellulose-Medium können nur Organismen wachsen, die Zellulose abbauen können.

Anwuchstests verschiedener kultivierter Pilze auf sterilem Reet und Wasseragar fielen positiv aus, was darauf hinweist, dass diese Pilze Reet als Nahrungsquelle verwenden können (Daten nicht gezeigt).

Nach der Isolation von Gesamt-DNA aus den gewachsenen Pilz- und Bakterienkolonien sowie aus den Reetproben wurden mittels PCR artspezifische pilzliche und bakterielle ribosomale DNA-Sequenzen amplifiziert. Der generelle Aufbau ribosomaler DNA und die Position der bei der PCR verwendeten Oligonukleotide ist in Abbildung 5.2.5 gezeigt.

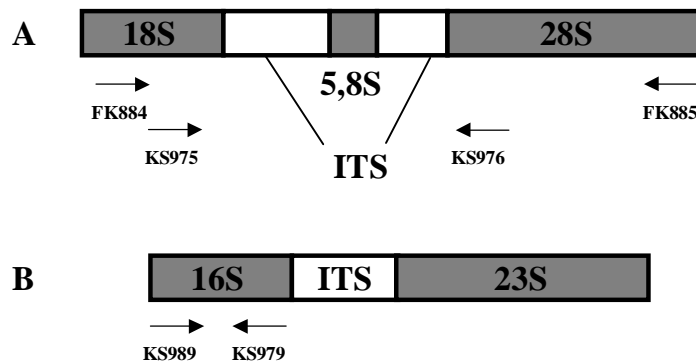


Abb. 5.2.5: Aufbau ribosomaler DNA.

(A) Die konservierten Gene (18S, 5,8S und 28S) für die ribosomale RNA werden bei Eukaryoten durch Art-spezifische ITS-(internal transcribed spacer)-Sequenzen getrennt (vereinfacht dargestellt). Die Oligonukleotide FK884 und FK885 amplifizieren ein ca. 650 bp Fragment der ribosomalen DNA von z.B. Ascomyceten und Zygomyceten. Die Oligonukleotide KS975 und KS976 werden für die Amplifikation eines ca. 400 bp Fragmentes ribosomaler DNA von Basidiomyceten verwendet. (B) Auch bei den Prokaryoten werden die Gene 16S und 23S für die ribosomale RNA durch ITS-Bereiche getrennt. Die Oligonukleotide KS989 und KS979 amplifizieren ein ungefähr 1500 bp großes Fragment der 16S rDNA.

Bei der PCR wurden Oligonukleotide verwendet, die an die konservierten Bereiche der pilzlichen und bakteriellen rDNA binden. Für die Amplifikation eines ca. 650 bp Fragmentes ribosomaler DNA von z.B. Aso- und Zygomyceten wurden die Oligonukleotide FK884 und FK885 verwendet. Die Oligonukleotide KS975 und KS976 amplifizieren ein ca. 400 bp großes Fragment der ribosomalen DNA von Basidiomyceten. Bei den Prokaryoten wurden die Oligonukleotide KS989 und KS979 zur Amplifikation eines ungefähr 1500 bp Fragmentes der 16S DNA eingesetzt.

In Abbildung 5.2.6 sind beispielhaft amplifizierte rDNA-Fragmente verschiedener, später durch Sequenzierung und Datenbankvergleich identifizierter, Pilz- und Bakterienarten dargestellt. Bis auf die PCR ribosomaler DNA von *Trametes versicolor* (ein Basidiomycet) wurden alle PCR-Amplifikationen mit DNA aus Reetstücken bzw. davon kultivierten Pilzen und Bakterien durchgeführt. Der Ansatz mit DNA von *Trametes versicolor* diente zur Überprüfung der für Basidiomyceten erstellten Oligonukleotide.

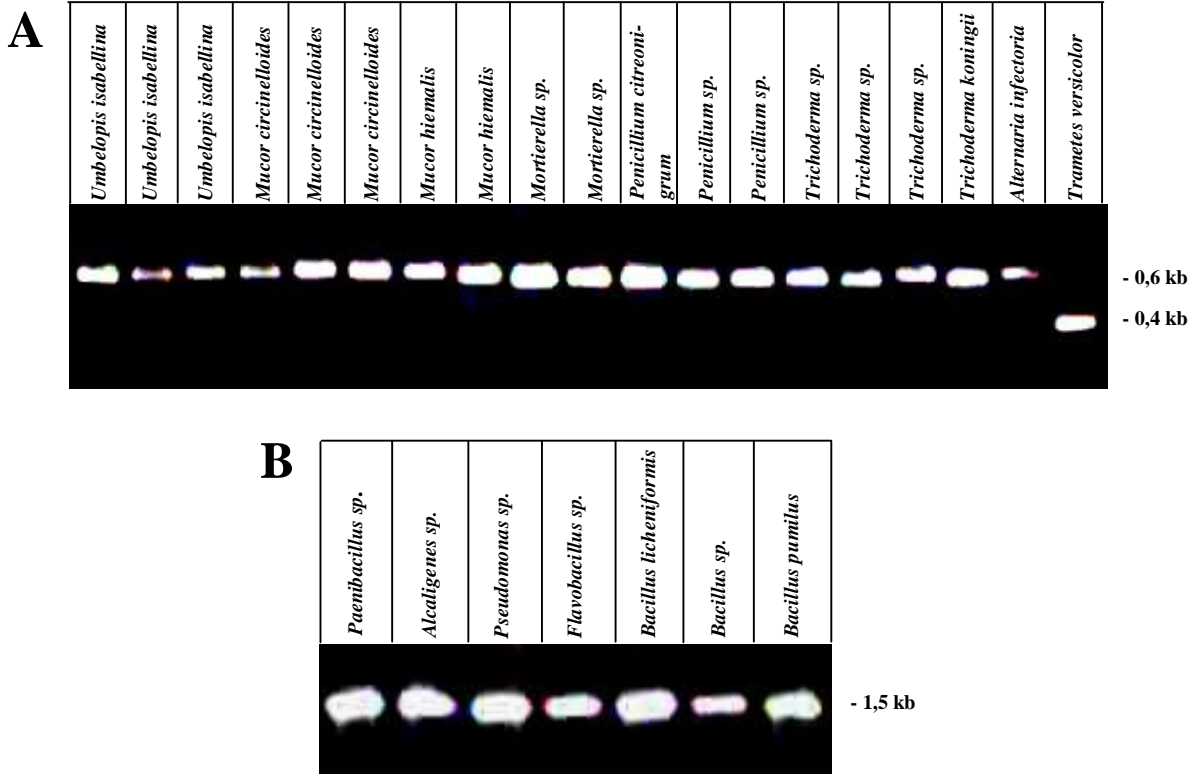


Abb. 5.2.6: PCR-Amplifikation pilzlicher und bakterieller rDNA-Sequenzen.

Nach der Isolation von Gesamt-DNA aus den gewachsenen Pilz- bzw. Bakterienkolonien sowie Reet-Stücken wurde eine PCR durchgeführt (verwendete Oligonukleotide siehe Tab. 5.2.2).

(A) Amplifizierte rDNA-Fragmente verschiedener Pilzarten mehrerer Reet-Proben. Die PCR ribosomaler DNA von *Trametes versicolor* wurde mit DNA durchgeführt, die nicht aus einer Reet-Probe stammte. (B) Amplifizierte rDNA-Fragmente verschiedener Bakterienarten aus unterschiedlichen Reet-Proben.. Die gelelektrophoretische Auftrennung der PCR-Produkte erfolgte in einem 1 % Agarosegel.

Da es sich bei den PCR-Amplifikaten um Gemische von rDNA aus verschiedenen Arten handeln konnte, wurden die DNA-Fragmente zunächst in den Vektor pJET1 ligiert. Die erstellten Vektorkonstrukte wurden in *E. coli* XL1-Blue-Zellen transformiert. Aus den potentiellen Transformanten wurde dann Plasmid-DNA isoliert und mittels PCR überprüft, ob die Plasmide das gewünschte rDNA-Fragment enthielten (Daten nicht gezeigt). Von jeweils vier Plasmiden wurde die Sequenz der inserierten DNA bestimmt.

Ein Vergleich der ermittelten ribosomalen DNA-Sequenzen mit in Datenbanken gespeicherten Informationen erlaubte eine sichere Art- oder Gattungsbestimmung. Als Beispiel ist in Abbildung 5.2.7 ein Alignment eines mit dem FASTA-Programm durchgeführten Sequenzvergleiches pilzlicher rDNA der „Mildstedt“-Probe (ausgebesselter Bereich) gezeigt. Die größte Übereinstimmung lag in diesem Fall bei 99,4 % mit *Trichoderma sp.* (AJ279459). Abweichungen der Basensequenz befinden sich am Anfang und Ende und sind wahrscheinlich auf Sequenzierprobleme zurückzuführen.

18 s

Trichoderma sp. Mildstedt	610	600	590	580		
	GAAGGATCATTACGAGTTTACAACCTCCAAACCAATGTG					
Trichoderma sp. AJ279459	10	20	30	40	50	60
	TCCGTAGGTGAACCTGCGGAGGGATCATTACGAGTTTACAACCTCCAAACCAATGTG					
Trichoderma sp. Mildstedt	570	560	550	540	530	520
	AACCATACCAAACTGTTGCCTCGCGGGGTCACGCCCGGGTGGTGGCAGCCCCGGAAC					
Trichoderma sp. AJ279459	70	80	90	100	110	120
	AACCATACCAAACTGTTGCCTCGCGGGGTCACGCCCGGGTGGTGGCAGCCCCGGAAC					
Trichoderma sp. Mildstedt	510	500	490	480	470	460
	CAGGCGCCCGCGGAGGGACCAACCAACTCTTTCTGTAGTCCCTCGCGGACGTTATT					
Trichoderma sp. AJ279459	130	140	150	160	170	180
	CAGGCGCCCGCGGAGGGACCAACCAACTCTTTCTGTAGTCCCTCGCGGACGTTATT					
Trichoderma sp. Mildstedt	450	440	430	420	410	400
	CTTACAGCTCTGAGCAAAAATTCAAAATGAATCAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGT					
Trichoderma sp. AJ279459	190	200	210	220	230	240
	CTTACAGCTCTGAGCAAAAATTCAAAATGAATCAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGT					
Trichoderma sp. Mildstedt	390	380	370	360	350	340
	FCTGGCATCGATGAAGAACGACGAAATGCGATAAGTAATGTGAATTGCAGAATTCAGT					
Trichoderma sp. AJ279459	250	260	270	280	290	300
	FCTGGCATCGATGAAGAACGACGAAATGCGATAAGTAATGTGAATTGCAGAATTCAGT					
Trichoderma sp. Mildstedt	330	320	310	300	290	280
	GAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCGCCAGTATTCTGGCGGGCATGCCTGTC					
Trichoderma sp. AJ279459	310	320	330	340	350	360
	GAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCGCCAGTATTCTGGCGGGCATGCCTGTC					
Trichoderma sp. Mildstedt	270	260	250	240	230	220
	CGAGCGTCATTCAACCCTCGAACCCCTCCGGGGGGTTCGGCGTTGGGGATCGGGAACCC					
Trichoderma sp. AJ279459	370	380	390	400	410	420
	CGAGCGTCATTCAACCCTCGAACCCCTCCGGGGGGTTCGGCGTTGGGGATCGGGAACCC					
Trichoderma sp. Mildstedt	210	200	190	180	170	160
	TAAGACGGGATCCCGGCCCGAAATACAGTGGCGGTCTCGCCGCAGCCTCTCATGCGCAG					
Trichoderma sp. AJ279459	430	440	450	460	470	480
	TAAGACGGGATCCCGGCCCGAAATACAGTGGCGGTCTCGCCGCAGCCTCTCATGCGCAG					
Trichoderma sp. Mildstedt	150	140	130	120	110	100
	TAGTTTGACAACCTCGCACCGGGAGCGCGGCGTCCACGTCCGTAACCAACCAACTTC					
Trichoderma sp. AJ279459	490	500	510	520	530	540
	TAGTTTGACAACCTCGCACCGGGAGCGCGGCGTCCACGTCCGTAACCAACCAACTTC					
Trichoderma sp. Mildstedt	90	80	70	60	50	40
	TGAAATGTGACCTCGGATCAGGTAGGAATACCGCTGAACTTAAGCAATATCAATAAGC					
Trichoderma sp. AJ279459	550	560	570	580	590	600
	TGAAATGTGACCTCGGATCAGGTAGGAATACCGCTGAACTTAAGC-ATATCAATAAGC					
Trichoderma sp. Mildstedt	30	20	10			
	GGAGGATNCTGCTAAAAATCGAGTCACCN					
Trichoderma sp. AJ279459						
	GGAGGAA					

ITS1
5,8s
ITS2
28s

Abb. 5.2.7: FASTA-Alignment.

Die Abbildung zeigt einen Sequenzvergleich eines Pilzes aus der „Mildstedt“-Probe mit *Trichoderma* sp. (AJ279459). Die beiden Sequenzen stimmen zu 99,4 % überein. Die verschiedenen Bereiche der ribosomalen DNA sind durch Boxen gekennzeichnet.

In den Reet-Proben von 22 Standorten konnten *Mucor circinelloides* und *M. hiemalis*, *Umbelopsis isabellina* und *Mortierella* sp. identifiziert werden. Dabei handelt es sich um Vertreter der Zygomyceten (Jochpilze). Ebenso kommen *Acremonium strictum*, *Alternaria infectoria*, *Penicillium*- und *Trichoderma*-Arten vor, die zu den Ascomyceten (Schlauchpilze) gehören. Bei einer Probe („Probe X aus Dithmarschen“) wurde ein Basidiomycet (Ständerpilze) nachgewiesen. Die betreffende Art war jedoch in den Datenbanken nicht enthalten. Die höchste Übereinstimmung der amplifizierten DNA-Sequenz lag bei 86,327 % zu *Antrodia vaillantii* („Weißer Porenschwamm“). Die genannten Pilzarten sind Zellulase-Bildner, die nicht Reet-spezifisch sind, sondern ubiquitär (z.B. auch auf Nahrungsmitteln) vorkommen. Aus mehreren Proben konnten ebenfalls Zellulase bildende Bakterien-Arten (z.B. *Paenibacillus* sp.) identifiziert werden. Die in dieser Studie identifizierten Pilz- und Bakterienarten der verschiedenen Reet-Proben sind zusammenfassend in der Tabelle 5.2.8 dargestellt.

Tab. 5.2.8.: Übersicht über die in dieser Studie identifizierten Pilz- und Bakterienarten.

Aus den Reetproben der einzelnen Standorte konnten durch Sequenzvergleiche mit Datenbanken verschiedene Zellulose abbauende Pilz- und Bakterienarten identifiziert werden.

¹ Die höchste Übereinstimmung lag bei dieser Sequenz bei 86,327 %

Probe	Alter des Daches/Jahre	Herkunft des Reets	Zustand	Pilz	Bakterium
Harms York	unbekannt	unbekannt	beschädigt	<i>Acremonium strictum</i>	<i>Paenibacillus sp.</i>
Björn Müller (Mecklenburg-Vorpommern)	3	unbekannt	beschädigt	<i>Mucor circinelloides</i>	<i>Alcaligenes sp., Flavobacterium sp.</i>
Strukum	58	unbekannt	intakt	<i>Umbelopsis isabellina</i>	-
Haus Heidenreich (Molfsee); gelber Bereich	2	Weissenhäuser Strand	beginnender Abbau	<i>Mucor hiemalis</i>	-
Haus Heidenreich (Molfsee); normaler Bereich; Halmbasis	2	Weissenhäuser Strand	beginnender Abbau	?	<i>Pseudomonas sp.</i>
Kohlenscheune (Molfsee)	12	Ungarn?	beschädigt	<i>Mucor hiemalis</i>	-
Bergenhusen (Molfsee)	4	Ungarn	beginnender Abbau	<i>Mortierella sp.</i>	-
Blick; gelber Bereich	2	Rumänien	bedenklich	<i>Trichoderma sp.</i>	-
Hattstedt; weisse Stelle (Husum)	30	unbekannt	intakt	<i>Penicillium citreonigrum</i>	-
Mildstedt (Husum); weiche Fläche u. weisser Bereich	14-15	Ungarn	beschädigt; teilweise ausgebessert	<i>Mortierella sp.</i>	-
Mildstedt (Husum); ausgebesselter Bereich (ca. 6 Monate alt)	14-15	Ungarn	beschädigt; teilweise ausgebessert	<i>Trichoderma koningii</i>	-
Koldenbüttel (Husum); schadhafter Bereich	ca. 15	unbekannt	teilweise beschädigt	<i>Mortierella sp., Mucor hiemalis</i>	<i>Pseudomonas sp.</i>
Koldenbüttel; normaler Bereich	ca. 15	unbekannt	teilweise beschädigt	<i>Mortierella sp.</i>	-
Großsolt; ausgebesselter Bereich	4	Ungarn	teilweise beschädigt	<i>Mortierella sp.</i>	-
Lehbeck; schwarzer Bereich	7	unbekannt	beschädigt	<i>Penicillium sp., Umbelopsis isabellina</i>	-
Lehbeck; Bereich mit „Glibber“; gereinigt	7	unbekannt	beschädigt	<i>Umbelopsis isabellina</i>	-
Rundhof; schadhafter Bereich	16	unbekannt	beschädigt	<i>Mucor sp.</i>	-
Delve 2 (Dithmarschen)	22	Delve S-H	intakt	<i>Mucor hiemalis</i>	-
Groß Wittensee (Dithmarschen); verdächtige Stelle	4	Ungarn	bedenklich	<i>Trichoderma sp.</i>	-
Hillgroven I (Dithmarschen)	50	Aus der Region	altersbedingter Zustand	<i>Penicillium sp.</i>	?
Hillgroven II (Dithmarschen); Halmbasis	6	Steller See S-H	intakt	<i>Penicillium sp.</i>	-
Karolinenkoog (Dithmarschen)	18	Ungarn	teilweise beschädigt	<i>Mucor hiemalis</i>	<i>Bacillus sp.</i>
„Probe“ X (Dithmarschen)	unbekannt	unbekannt	beschädigt	<i>Trichoderma sp., Antrodia sp.</i> ¹	<i>Bacillus pumilus</i>
Tibensee (Dithmarschen)	13	Ungarn	teilweise beschädigt	?	<i>Bacillus licheniformis</i>
Hörup (Sylt)	unbekannt	unbekannt	unbekannt	<i>Mucor hiemalis</i>	?
Pellworm Hunnenkoog ; frisch, nicht eingedeckt; v. 2007	-	-	-	<i>Alternaria infectoria</i>	-

5.2.4 Diskussion

In dieser Studie sollten die Pilz- und Bakterienfloren intakter und beschädigter Reetdächer analysiert werden. Es konnten verschiedene Pilz- und Bakterienarten identifiziert werden, die aber nicht Reet-spezifisch sind, sondern ubiquitär vorkommen. Anwuchstests der aus dem Reet stammenden Pilze auf sterilem Reet und Wasseragar waren positiv, was darauf hinweist, dass diese Organismen Reet als Nahrungsquelle nutzen können. Tatsächlich sind einige Arten als Zellulasebildner beschrieben, aber sie kamen sowohl auf intakten, als auch beschädigten Dächern vor. Allerdings wurden keine quantitativen Analysen der Befallsdichte vorgenommen. Unter den nachgewiesenen Organismen befanden sich keine unbekannt oder gar neuen Arten. Fast alle der nachgewiesenen Pilze gehören zu den systematischen Gruppen der Zygo- und Ascomyceten (Joch- und Schlauchpilze). Nur in einem Fall wurde ein Basidiomycet (Gruppe der Ständerpilze) nachgewiesen. Die betreffende Art war in der Datenbank nicht enthalten. Die amplifizierte ribosomale DNA-Sequenz war der des Pilzes *Antrodia vaillantii* mit ungefähr 86 % am ähnlichsten. Die Tatsache, dass nur wenige Bakterien nachgewiesen wurden, ist wahrscheinlich auf die Tätigkeit der Pilze zurückzuführen, die das Substrat ansäuern bzw. durch Sekundärmetabolite die Bakterien unterdrücken können.

Es besteht kein offensichtlicher Zusammenhang zwischen den identifizierten 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 ist festzustellen, dass unsere Untersuchungen die Existenz von aggressiven Reetdach zerstörenden Pilzen oder Bakterien ausschließen. Die Befunde deuten auf ein opportunistisches Verhalten von Mikroorganismen hin, die ubiquitär vorhanden sind und offensichtlich bestehende Vorschädigungen des Reet nutzen.

5.2.5 Literatur

- Altschul SF, Gish W, Miller W, Myers EW, Lipman DJ (1990) Basic local alignment search tool. *J Mol Biol* 215:403-410
- Altschul SF et al. (1997) Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. *Nucleic Acids Res* 25:3389-3402
- Brosius J, Dull TJ, Sleeter DD, Noller HF (1981) Gene organization and primary structure of a ribosomal RNA operon from *Escherichia coli*. *J Mol Biol* 148:107-127
- Bullock W, Fernandez J, Short J (1987) XL1-Blue: a high efficiency plasmid transforming *recA Escherichia coli* strain with beta-galactosidase selection. *BioTechniques* 5:376-378
- Kawasaki ES, Wang AM (1989) Detection of gene expression. In: Ehrlich HA (ed) *PCR Technology, principles and applications for DNA amplification*. Stockton Press, New York, pp 89-97
- Nevalainen KMH, Renttilä ME (2004) Molecular Biology of Cellulolytic fungi. In: Kück U (ed) *The Mycota II, Genetics and Biotechnology*. Springer, Heidelberg, pp 370-390
- Rogers JS, Bendich AJ (1987) Ribosomal RNA genes in plants; variability in copy number and in the intergenic spacer. *Plant Molecular Biology* 9:509-520
- Rosgaard L, Pedersen S, Cherry JR, Harris P, Meyer AS (2006) Efficiency of new fungal cellulase systems in boosting enzymatic degradation of barley straw lignocellulose. *Biotechnol Prog* 22:493-498
- Saiki RK et al. (1988) Primer-directed enzymatic amplification of DNA with a thermostable DNA polymerase. *Science* 239: 487-491
- Sambrook J, Fritsch EF, Maniatis T (1989) *Molecular cloning. A laboratory manual*. Cold Spring Harbor Lab Press

5.3 Untersuchungen an der Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM) im Rahmen des DBU-Forschungsprojektes Qualitätssicherung bei Reet als Dachmaterial (Ina Stephan)

Aufgabenstellung der BAM war es zu untersuchen, ob die vorzeitige Alterung der in den letzten 10 Jahren gedeckten Reetdächer abhängig ist von der Qualität des Rohstoffes Reet. Hierzu wurden physikalische und chemische (durch Projektpartner FAL) Kenndaten erhoben. Im anschließenden mikrobiologischen Laborversuch wurde ermittelt, ob Reet mit unterschiedlichen physikalischen/chemischen Parametern auch unterschiedlich schnell durch Mikroorganismen besiedelt werden kann. Für die Inokulation in den Laborversuchen handelt es sich zum Einen um bekannte zellulose- und ligninabbauende Ascomyceten und Basidiomyceten, zum Anderen um ein aus Freilandschäden gewonnenes Gemisch an Mikroorganismen, das, bei erfolgreicher Nachstellung des Freilandschadens im Labor, durch molekularbiologische Methoden an der BAM näher bestimmt werden kann.

An Dächern im Museumsdorf Molfsee sollten an befallenen und unbefallenen Dacharealen die Reetqualitäten miteinander verglichen werden. Die statistische Signifikanz zur Unterscheidung von Reetqualitäten anhand bestimmter Parameter soll ermittelt werden.

5.3.1 Probennahme in Reeterntegebieten

Das zu untersuchende Rohmaterial wurde vom 16. – 18. Januar 2007 und vom 03. – 04. April 2007 aus unterschiedlichen Reetbeständen in der norddeutschen Tiefebene durch Dr. Stephan (BAM) und Dr. Schwarz (Projektleiter) entnommen.

Ca. die Hälfte des geernteten Material wurde, getrennt nach Erntestandorten, im Kühlraum der BAM bei 4°C eingelagert. Die andere Hälfte wurde an den Projektpartner FAL weitergeleitet. Die hier im folgenden Text zitierten chemischen Analysedaten sind vollständig vom Projektpartner FAL erstellt worden. Insgesamt wurden 24 Standorte beerntet.

Bei der Planung der Versuche für die Antragstellung war die Überlegung, dass durch zwei Erntetermine unterschiedliche Reifegrade des Reets erfasst werden könnten. Es besteht die Vermutung, dass die Reethalme durch Frosteinwirkung ihre chemische Zusammensetzung, z.B. durch Einlagerung von Kieselsäure in die Zellwand, verändern könnten. Der späte Start des Projektes und der sehr milde Winter 2006/2007 in Norddeutschland waren allerdings untypisch für die Winter der letzten 10-12 Jahre. Es wurden die Klimadaten der nächstgelegenen Wetterstationen zu den jeweiligen Erntestandorten abgefragt (s. Abbildung 5.3.1-1 im Anhang). Maximal wurden an einem Standort (25917 Leck) 10 Frosttage zwischen dem ersten und zweiten Erntetermin ermittelt. Im Minimum waren es 6 Frosttage (23769 Fehmarn). Das Material des zweiten Erntetermins wurde aus diesem Grunde nicht zu mikrobiologischen oder physikalischen Untersuchungen an der BAM herangezogen, sondern dem Projektpartner FAL zu chemischen Analysen zur Verfügung gestellt. Es sollte festgestellt werden, ob die Frosttage Einfluss auf die chemische Zusammensetzung der Reethalme hatten.

Beschreibung des Erntezustandes bezüglich Insekten- und Pilzbefall am stehenden Halm

In dem geernteten Reet wurden gelegentlich Insektenlarven oder adulte Tiere gefunden, nie aber in einem Ausmaß, das charakteristisch für einen bestimmten Standort zu nennen wäre. Das Halminnere war oft bräunlich verfärbt, wenn Insektenlarven sich darin entwickelt hatten. Beim Ausschlupf nagen die adulten Insekten Löcher in die Halmwand und sorgen somit für eine weitere potentielle Eintrittspforte für Feuchtigkeit und Pilzsporen. Trotzdem konnte nie eine Halmerweichung der betroffenen Halme erkannt werden und die Halme zeigten bei Druck

zwischen Daumen und Zeigefinger die gleiche Festigkeit wie Halme ohne Insektenbefall.

Neben Insekten konnte auch visuell Pilzbefall am stehenden Halm nachgewiesen werden. Aber auch hier war kein Erntestandort besonders hervorzuheben bezüglich der Intensität des Befalls. Einzelne befallene Halme zeigten den Bewuchs oft an den Nodien. Eine Erweichung des Halmes war bei Fingerdruck nicht festzustellen.

Die beobachteten Parasiten am Schilf haben in den beschriebenen Fällen den Schilfhalm als Lebensraum genutzt, ohne ihn nachhaltig zu schädigen.



Abb.: 5.3.1: Befall von Mikroorganismen oder Insekten an Schilfhalmen.

5.3.2 Untersuchungen am Reet im Labor

5.3.2.1 Physikalische Messungen

Von den Standorten 1-10A und 10B wurden 20 Halme bezüglich Halmlänge, Internodiumanzahl, Nodienabstand, Halmdurchmesser und Halmwanddicke vermessen. Bei der zweiten Ernte im April 2007 wurde an drei Standorten (ausgewählt nach der höchsten Anzahl an Frosttagen zwischen den beiden Erntezeitpunkten) ein weiteres Mal Reet geschnitten. An der exakt gleichen Stelle zu Ernten war in keinem Fall möglich, da entweder das Reet dort durch kommerzielle Betriebe abgeerntet war oder der Wasserstand an den Stellen zu hoch war.

Die Halme für die Vermessung an der BAM wurden aus einem Kontingent von 100 bis 200 Halmen je Standort entnommen. Sie wurden nach Zufallsprinzip ausgewählt mit der Vorgabe, dass der Ansatz des Fruchtstandes eindeutig zu erkennen war. Vor der Vermessung wurden die Hüllblätter eines jeden Halmes vollständig entfernt.

Die Ergebnisse der Messungen sind im Anhang in Tabelle 5.3.2.1 – 1 und 2 dargestellt.

Die 20 Halme je Standort wurden im Klimaraum bei 4°C als Referenzproben hinterlegt und stehen für nachfolgende Untersuchungen zur Verfügung.

Ergebnisse:

Die statistische Auswertung ist im Anhang in den Abbildungen 5.3.2.1 -1 bis 5 dargelegt. Es zeigten sich in den meisten Fällen signifikante Unterschiede zwischen den Stichproben an den verschiedenen Standorten bezüglich Halmdurchmesser, -länge und -wanddicke (s. Tabelle 5.3.2.1 – 3).

Für die weiteren Untersuchungen wurde Reet ausgewählt, das sich in seinen physikalischen Eigenschaften weitgehend unterscheiden sollte. Dies ist Reet aus den Standorten 1, 3 und 10 A. Zur Auswahl wurden die Angaben aus Tabelle 5.3.2.1 – 3 (s. Anhang) herangezogen.

Versuch 1: Festigkeit des Reets:

Gemäß den Überlegungen des Projektantrages wurden Zugfestigkeitsprüfungen initiiert, die Schwachstellen im Reethalm nachweisen sollten. Kurzfasrige Rissstellen sollten als Indikator für Zellulose und Ligninabbau dienen. An diesen Schwachstellen sollte das Reet gezielt auf Pilzbefall untersucht werden.

Von Holz als Roh- und Werkstoff ist bekannt, dass sich die Festigkeiten mit zunehmender Holzfeuchte bis zur Fasersättigung des Holzes verringern. Es sollte versucht werden, auch für Reet eine Abhängigkeit der Festigkeit von der Materialfeuchte und den Punkt der Fasersättigung nachzuweisen.

Ebenfalls aus dem Bereich des mikrobiologischen Holzabbaus ist bekannt, dass sich ein mikrobiologischer Befall und der enzymatische Abbau von Zelluloseketten und Lignin zuerst in den Festigkeitsverlusten zeigen, ehe ein Masseverlust durch Wägung festzustellen ist.



*Abb. 2
Zugversuchsordnung
eines Reethalmes*



*Abb. 3
Reethalm nach dem Zugversuch*

Die Zugversuche lieferten keine interpretierbaren Ergebnisse, und die Einbettung der Halmenden erwies sich als sehr aufwendig. Als weitere Möglichkeiten der Festigkeitsprüfung wurde die Biegeprüfung untersucht.

Biegeversuche:

Es wurde ein Dreipunktbiegeversuch mit der „TIRAtest 2805“ durchgeführt.

Da die Reethalme sich stark in ihren Abmessungen unterschieden, wurde nach einigen Vorversuchen festgelegt, dass bei der Biegemessung ein Nodium in der Mitte der Probe liegen soll. Rechts und links davon liegen jeweils 6 cm des Halmes. Daraus folgt, dass der Stempel zum Aufbringen der Biegebelastung direkt auf dem Nodium liegt und damit eine Eindellung des Halmes durch den Druckstempel vermieden wird. Die beiden Halmenden liegen locker auf den beiden Auflagern (siehe Abb.4). Es wurde mit einer Druckgeschwindigkeit von 1,5 mm pro Minute gearbeitet und ein 100N Zug-Druckaufnehmer verwendet. Die Biegeprüfung erfolgte zerstörungsfrei im elastischen Bereich der Kraft-Wegkurve. Der elastische Bereich wurde mittels eines in der Prüfmaschine implementierten modifizierten Prüfprogramms aus der Holzprüfung automatisch ermittelt (siehe Abb.5). Das Maß der Biegefestigkeit des Halmes wird aus dem Quotienten von Kraft und Weg im elastischen Bereich berechnet. Somit kann ein und derselbe Halm bei verschiedenen Feuchtigkeiten bzw. andersartigen Beanspruchungen mehrmals geprüft werden und die Abnahme der Biegefestigkeit beurteilt werden.

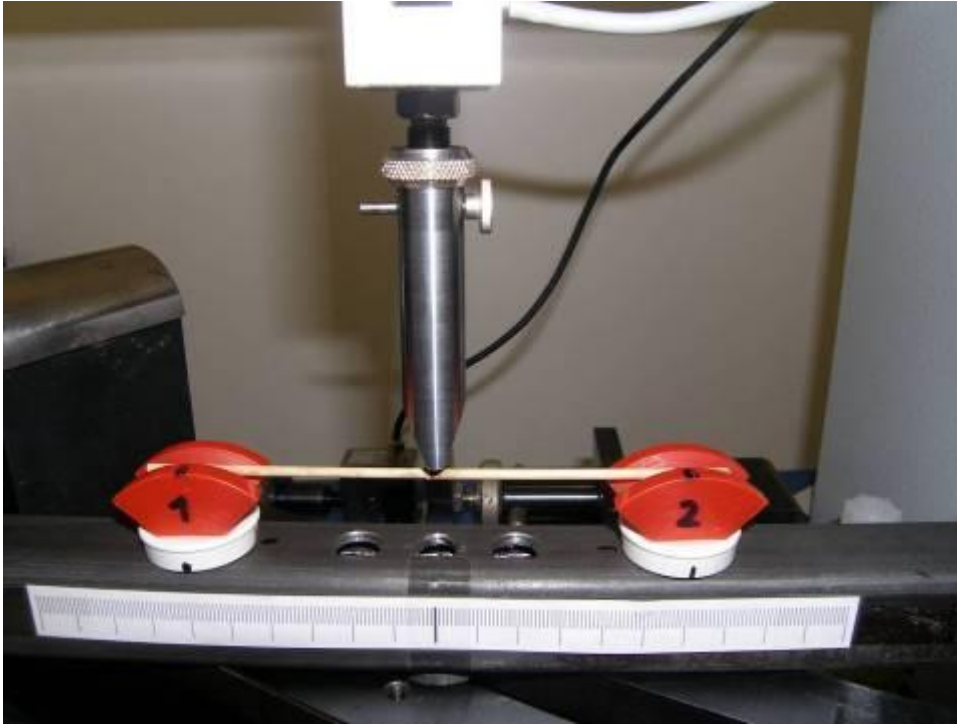


Abb. 4: Biegeversuchsanordnung

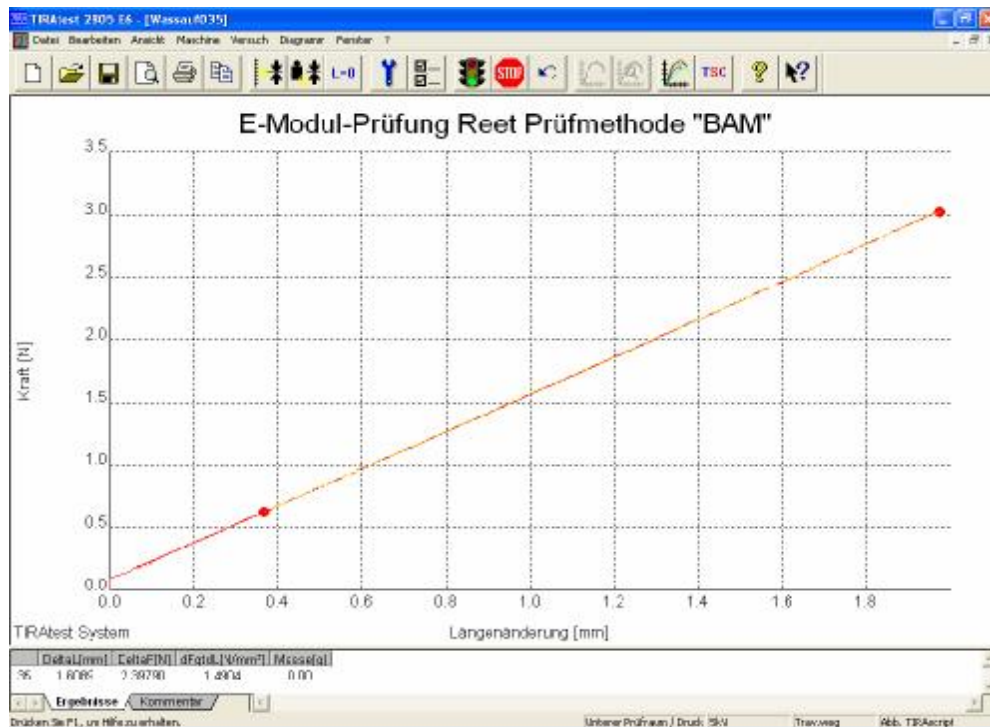


Abb. 5:
Kraft-Wegdiagramm des Biegeversuches
mit gekennzeichneten Beginn und Ende des elastischen Bereiches

Ergebnisse:

Der Biegeversuch ist weitaus weniger aufwendig in der Probenvorbereitung als der Zugversuch und ist zudem zerstörungsfrei. Dies ist unerlässlich, wenn der Verlauf des Festigkeitsverlustes festgehalten werden soll.

5.3.2.2 Versuche zur Hygroskopie der Halme

Der Versuch dient zur Ermittlung der Feuchtigkeitsaufnahme und –abgabe von Reet aus 3 verschiedenen Standorten (STO). STO 1 entspricht Erntegebiet 1, STO 2 entspricht Erntegebiet 3 und STO 3 Erntegebiet 10A.

Je Standort wurden 5(a-e) Halme entnommen. Ausgehend von dem unteren Teil eines jeden Halmes wurde eine 12 cm lange Probe mit einem mittig liegenden Nodium zugeschnitten.

Anschließend wurde jede Probe in 2 Segmente zerteilt: der Teilabschnitt a, unterhalb des Nodiums, wurde für die nachfolgenden Wässerungsversuche verwendet, der Teilabschnitt b, oberhalb des Nodiums, wurde zur Errechnung des Darrgewichts (Materialfeuchte 0 %) verwendet. Das Nodium wurde verworfen. Das Darrgewicht ist eine grundlegende Größe zur Errechnung des Feuchtegehaltes im Reet. Bei Halmsegmenten, die dicht hintereinander liegen, ist anzunehmen, dass der anatomische Aufbau der Zellwand und damit die Zelldichte und Masse identisch sind. Diese Annahme erlaubt es, auf die Darrung des unteren Halmsegmentes a zu verzichten. Damit wird eine durch Darrung veränderte Feuchteaufnahme dieses Segmentes ausgeschlossen.

Die Segmente a der Halme wurden bis zu 130 Stunden gewässert. Während der Wässerung wurden die Proben mit einem grobmaschigen Edelstahlgitter beschwert, so dass Sie unter Wasser blieben. In unterschiedlichen Zeitabständen wurden die Proben aus dem Wasser genommen, ausgeschüttelt, und beide Enden wurden kurz auf ein saugfähiges Tuch gehalten, um Feuchtigkeit aus dem Halminneren ablaufen zu lassen. Die Halme wurden äußerlich mit einem saugfähigen Tuch getrocknet. Im Anschluss wurden die Proben sofort gewogen und die Biegefestigkeit der Segmente wurde ermittelt. Unmittelbar danach wurden sie wieder in das Wasser gelegt. Die Abbildung 5.3.2.1 – 6 zeigt die Wasseraufnahme des Reets über die Zeit. Abbildung 5.3.2.1 – 7 zeigt die Biegefestigkeit der Halmproben zum Zeitpunkt der Wägungen innerhalb der ersten 24 Stunden.

Bestimmung des Darrgewichts der Halmsegmente b

Die **Segmente b** wurden bis zur Gewichtskonstanz im Ofen bei 103°C getrocknet. Das so ermittelte Darrgewicht wurde zur Errechnung der Feuchtigkeit der **Segmente a** benutzt.

Ergebnis:

Die Halmfeuchte steigt in den 130 Stunden der Wässerung fortwährend an. Eine konstante Maximalfeuchte wurde in diesem Zeitraum nicht erreicht. Allerdings flacht die Kurve des Feuchtigkeitsanstiegs ab.

Die Biegefestigkeit verändert sich trotz steigender Feuchtigkeit in diesem Versuch nicht.

Die Ergebnisse zeigen bezüglich der 3 Erntegebiete der Halme keine Unterschiede hinsichtlich ihrer Feuchteaufnahme.

Es war anhand dieser Ergebnisse nicht möglich einen Bereich der Fasersättigung analog zum Holz auszumachen. Für Holz ist bekannt, dass unterhalb Fasersättigung alle Festigkeiten (wie auch die Biegefestigkeit) mit steigender Feuchtigkeit abnehmen. Oberhalb Fasersättigung ist dieser Effekt für Holz nicht mehr gegeben, d.h. eine ansteigende Holzfeuchte beeinflusst über Fasersättigung nicht die Festigkeitseigenschaften.

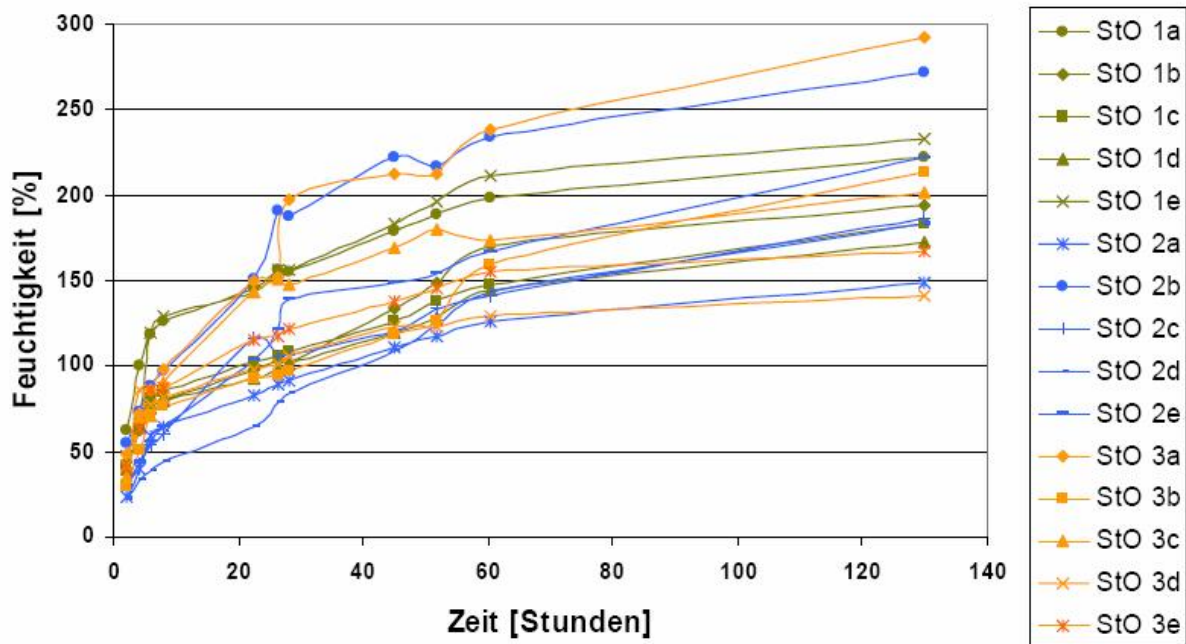


Abb. 5.3.2.1 - 6:

Die Feuchtigkeit einzelner Reethalme in Prozent bezogen auf das Darrgewicht nach verschiedenen Bewässerungszeiten.

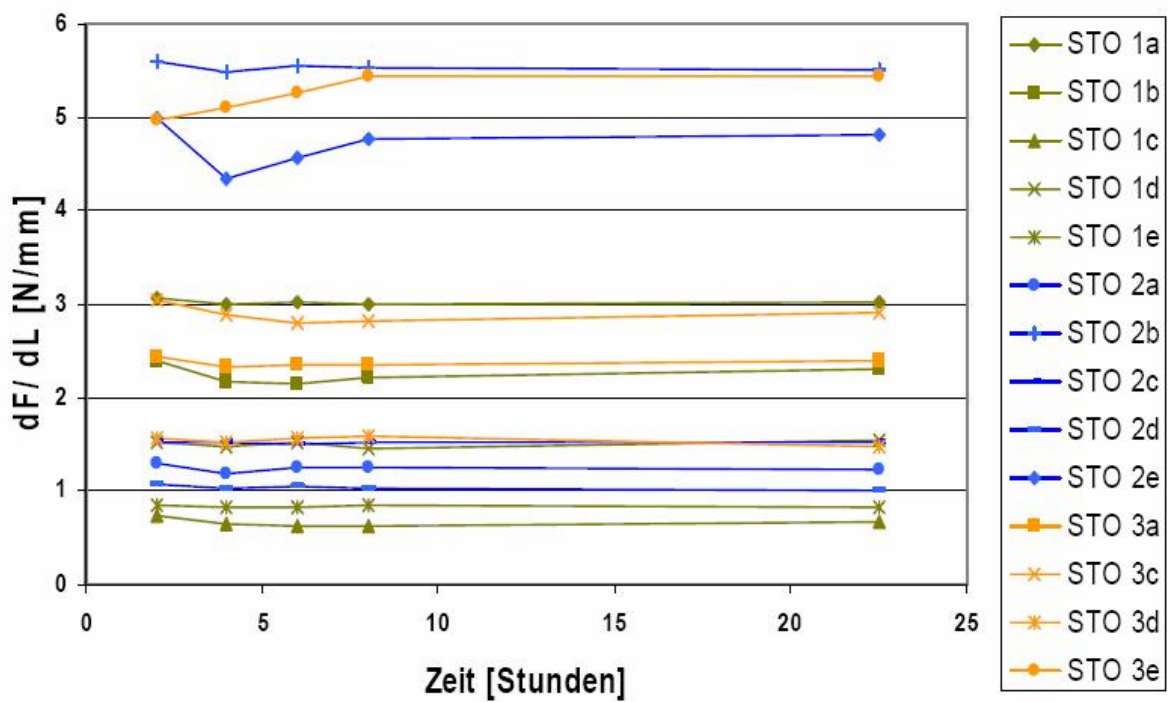


Abb. 5.3.2.1 - 7:

Die Biegefestigkeit einzelner Reethalme nach verschiedenen Bewässerungszeiten.

„Schnelltests“ zur Feuchteaufnahme durch Reet

Die Feuchtigkeit des Reets spielt aller Wahrscheinlichkeit nach eine große Rolle bei der Besiedelungsdynamik durch Mikroorganismen. Ein „Schnelltest“ vor Ort, d.h. im Reetlager oder vor der Verarbeitung des Reets, bezüglich der Benetzbarkeit des Reets wäre zur Beurteilung dieses Parameters von Nutzen.

Abperlverhalten von Wasser

Die Benetzbarkeit kann durch die Ausbreitung eines Wassertropfens auf der Oberfläche beschrieben werden. Hierzu wurden Wassertropfen (aqua dest) auf die Außenseite bräunlich verfärbter Bereiche von Reethalmen gesetzt und auf unverfärbte Bereiche desselben Halmes.

Ergebnis:

Die Oberflächen zeigten in beiden Fällen stark wasserabweisende Eigenschaften wie es für wachshaltige Oberflächen typisch ist, d.h. die Tropfen liefen nicht auseinander.

Der Versuch wurde in gleicher Weise auf der Innenseite aufgeschnittener Halme durchgeführt.

Ergebnis:

Auch hier war am Abperlverhalten der Wassertropfen kein Unterschied zwischen der Benetzbarkeit bräunlich verfärbter Oberflächen und unverfärbter Oberflächen zu erkennen.

Wasseraufnahme durch Tauchen

Eine weitere Überlegung war, Reetkontingente bezüglich ihrer Wasseraufnahme zu differenzieren, indem man sie über bestimmte Zeiträume durch Beschwerung unter Wasser taucht und nach Entfernung der Beschwerung die wieder aufschwimmenden Halme auszählt. Es wurden Halmabschnitte von 20 cm Länge gewählt.

Ergebnis:

Auch nach mehreren Tagen unter Wasser schwammen alle Reethalme wieder auf; es war keine Differenzierung zwischen den verschiedenen Herkünften möglich.

Untersuchungen zur Ermittlung der Zellwanddichte.

In Diskussionen während des Projektzeitraumes wurde die Frage aufgeworfen, ob die Zellwanddichte von Reethalmen ihre Anfälligkeit gegenüber Mikroorganismen beeinflusst. Hierzu wurden im folgenden Versuch Daten zur Zellwanddichte von Reet ermittelt.

Von dem Reet der Standorte 1 bis 10A wurden jeweils 14 cm lange Probe-Stücke zugeschnitten und entblättert. Von jedem Standort wurden jeweils so viele Reet-Stücke geschnitten, dass drei Reet-Bündel von ungefähr gleichem Gewicht geformt werden konnten, welche in einen 100 ml-Messzylinder passten. Die Anzahl der Halme variierte dabei auf Grund der unterschiedlichen Halmdicken.

Die Reet-Stücke wurden im Trockenschrank ca. 20 Stunden bei 75° C gedarrt und das Darrgewicht wurde ermittelt. Danach wurden mit Hilfe von korrosionsfreiem Draht Bündel geformt. An den Draht wurde eine Schraube als Gewicht gehängt, um die Bündel unter Wasser zu halten. Die Messzylinder wurden mit 80 ml Wasser befüllt und die beschwerten Bündel dazugegeben. Zuvor wurde das verdrängte Volumen des Wassers durch Zugabe von Draht und Schraube am Messzylinder abgelesen.

Die Ansätze wurden 17 Stunden lang im Vakuum-Schrank evakuiert. Zur Ermittlung des verdunsteten Wasservolumens beim Entweichen der Luft im Vakuum über diesen Zeitraum wurde ein 100 ml-Messzylinder, befüllt mit 80 ml Wasser, als Kontrolle zu den Ansätzen der 10 Standorte gestellt.

Nach Evakuierung der Luft wurde wieder das Wasservolumen am Messzylinder, bestückt mit Reet und Beschwerung, abgelesen.

Anhand des verdrängten Wasservolumens nach Evakuierung und dem Darrgewicht wurde die Dichte der Reetzellwand errechnet.

Ergebnis:

Nach diesen Messungen liegt die Zellwanddichte der gewählten Reethalme zwischen 0,9 und 1,2 g/cm³.

Zwischen den Projektpartnern FAL und BAM wurde diskutiert, ob wirklich das gesamte Luftvolumen in den Reethalmen im Versuch evakuiert werden konnte. FAL hat ähnliche Versuche mittels Verdrängung von Alkohol anstelle von Wasser durchgeführt und kam zu höhern Zellwanddichten. Da diese Versuche zu Ende des Projektes durchgeführt wurden, waren Wiederholungen nicht möglich. Trotzdem können von den Messungen, die in Tabelle 5.3.2.1 – 1 zusammengefasst sind, relative Dichteunterschiede zwischen den verschiedenen Reetstandorten abgelesen werden.

Standort Nr.	Anzahl Halme je Bündel	Masse gedarrt [g]	Dichte Reetzellwand evakuiert [g/ml]
1	10	3,6	0,90
2	20	3,6	0,90
3	26	3,7	0,93
4	20	3,6	0,90
5	15	3,8	0,95
6	12	3,6	0,90
7	13	3,8	0,95
8	9	3,9	0,98
9	16	3,6	1,20
10A	18	3,7	1,23

*Tabelle 5.3.2.1 – 1:
Ergebnisse zur Ermittlung der
Zellwanddichte durch Wasserverdrängung
unter Vakuum*

Auf Grund der Kürze des Projektes konnten Versuche bezüglich der Korrelation der Zellwanddichte zur mikrobiologischen Zersetzbarkeit durch Pilze nicht mehr durchgeführt werden.

5.3.2.3 Mikrobiologische Untersuchungen

Versuch 1: Besiedelbarkeit von Reet auf Malz-Agar in Petrischalen

Es wurde die Abbaubarkeit von Reethalmen durch bekanntermaßen lignin- und zelluloseabbauende Pilze untersucht. Das Reetmaterial stammte von den Standorten 1, 3 und 10a.

Die Reethalme werden in 8 cm lange Probestücke geschnitten. Das Darrgewicht der Einzelproben wurde ermittelt, und diese wurden anschließend im Dampftopf sterilisiert. Nach der Beimpfung und Inkubationsphase wurden die Halme aus den Petrischalen entfernt und von Oberflächenmycel befreit. Durch Wägung wurde der durchschnittliche Masseverlust des Reets nach Pilzbefall an jeweils 5 Halmen ermittelt. Der Masseverlust wird in Prozent bezogen auf das Ausgangsdarrgewicht angegeben.

Variante a):

Reetproben werden zusammen mit dem Pilz *Trichoderma virens* auf ein Malzextrakt-Nährmedium mit (2 % Malzagar) in Petrischalen aufgebracht. Die Nährmedien in den Petrischalen wurden vor Auflage der Reethalme mit jeweils 0,1 ml einer Trichoderma - Sporensuspension (2×10^7 Sporen pro ml) beimpft und mit dem Drigalski-Spatel gleichmäßig verteilt. Danach wurden je Petrischale 2 Reethalme aufgelegt. Die Ausbauten und die Berechnung des Masseverlustes bezogen auf das Darrgewicht erfolgte nach 24 und 52 Tagen.

Ergebnis:

Auch nach 52 Tagen war der ermittelte Masseverlust nicht größer als 1% und war damit vernachlässigbar, da die Messungenauigkeit diesen Bereich erfasst. Die Halme waren allerdings mit Mycel des Pilzes von Innen und Außen bewachsen und die Hyphen waren mikroskopisch im Lumen der Zellwandgefäße nachweisbar. Abb. 5.3.2.2 – 1 zeigt die bewachsenen Reethalme; der im Bild oben liegende Halm hat mittig ein Nodium.



*Abb. 5.3.2.2 - 1:
mit Trichoderma überwachsene Reethalme
in der Petrischale*

Abb. 5.3.2.2 – 2 zeigt einen Querschnitt durch einen Halm. Die Hyphenstränge zeigen sich nach Anfärbung des Präparats blau und kreisrund. In den Zellwänden ist kein Abbau sichtbar.

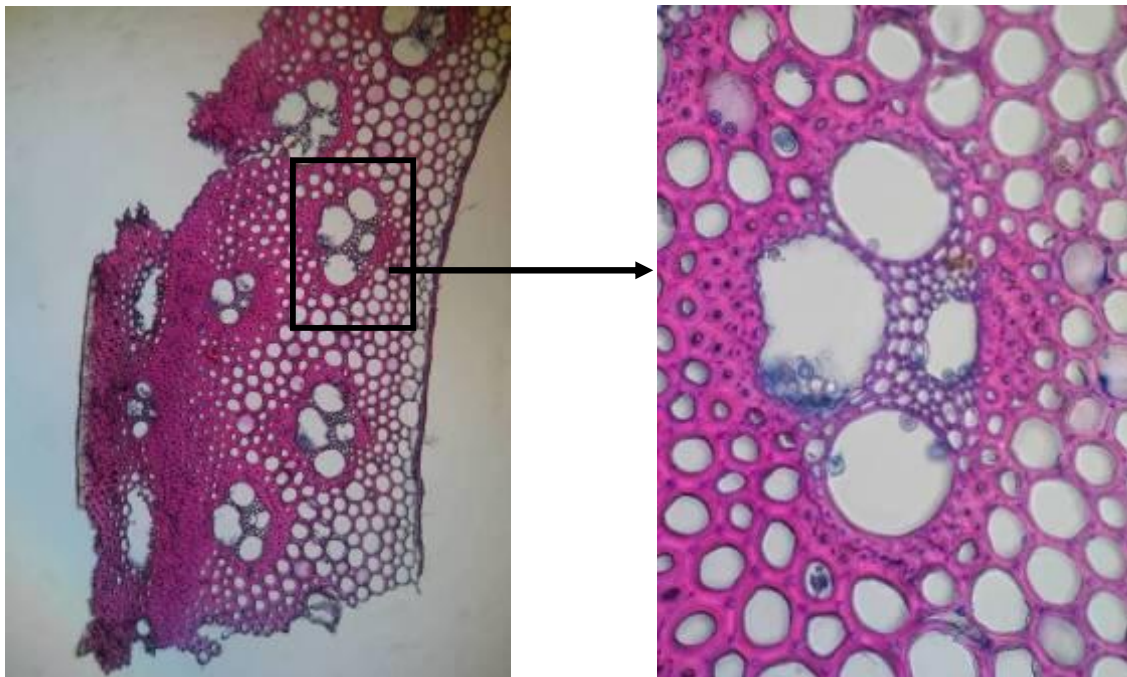


Abb. 5.3.2.2 - 2: mikroskopische Aufnahmen von Reethalm im Querschnitt, bewachsen mit Trichoderma virens im Laborversuch. Die Hyphen von Trichoderma virens sind blau angefärbt. Die Außenseite des Halms liegt im Bild links, die Innenseite des Halms rechts im Bild.

Der geringe Masseverlust der Halme trotz des Bewuchses mit *Trichoderma virens* kann sich darauf begründen, dass der Pilz sich allein vom Malz-Nährmedium und von Spuren parenchymatischer Inhaltsstoffe im Reet ernährt hat. Die Besiedelung mit den Pilzhypen erfolgte vermutlich über die Querschnittsflächen der Halme.

Variante b)

Reetproben werden zusammen mit dem Pilz *Coriolus (Trametes) versicolor* auf ein Malzextrakt-Nährmedium mit (2 % Malzagar) in Petrischalen aufgebracht und bei 21°C bis zu 10 Wochen inkubiert. In Holz gehört der Pilz zu den Weißfäuleerregern. Er kann sowohl Lignin als auch Zellulose abbauen.

Ergebnis:

Die Proben waren mit Pilzmycel bewachsen. Bei Druckprobe zwischen Daumen und Zeigefinger zeigten sich die Halme etwas erweicht. Die prozentualen Masseverluste im Vergleich zum Ausgangs-Darrgewicht der Halme sind in Tabelle 5.3.2.2 – 1

Masseverlust in [%] nach	Standort 1	Standort 3	Standort 10A
54 Tagen	27,5	36,8	49,2
	± 7,3	± 10,0	± 14,4
68 Tagen	45,9	63,1	57,5
	±16,8	± 5,8	± 4,4

*Tabelle 5.3.2.2 – 1:
Prozentualer
Masseverlust in
Reethalmen nach bis zu
68 Tagen Inkubation mit
Coriolus (Trametes)
versicolor im Labor*



Abb. 5.3.2.2 - 3: Reethalme bewachsen mit Coriolus versicolor im Laborversuch nach 21 Tagen Inkubation



Abb. 5.3.2.2 - 4: Reethalme bewachsen mit Coniophora puteana im Laborversuch nach 21 Tagen Inkubation

Variante c)

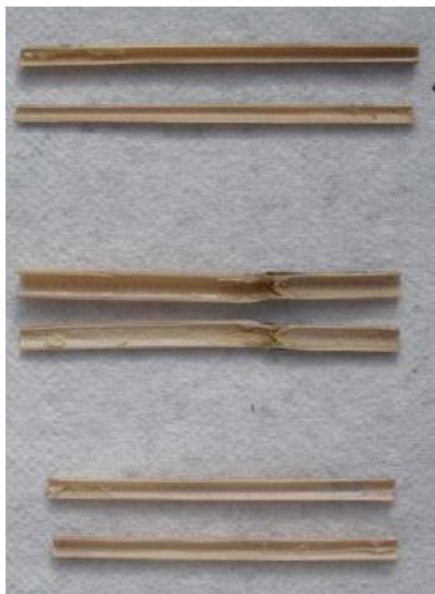
Reetproben werden zusammen mit dem Pilz *Coniophora puteana* auf ein Malzextrakt-Nährmedium mit (2 % Malzagar) in Petrischalen aufgebracht und bei 21°C bis zu 10 Wochen inkubiert. In Holz gehört der Pilz zu den Braunfäuleerregern. Er kann Zellulose, aber kein Lignin abbauen.

Ergebnisse:

Die Proben waren intensiv mit Pilzmycel bewachsen. Das Aufspalten der Proben zeigte guten Bewuchs auch im Inneren des Halmes. Bei Druckprobe zwischen Daumen und Zeigefinger zeigten sich die Halme etwas erweicht. Die prozentualen Masseverluste im Vergleich zum Ausgangs-Darrgewicht der Halme sind in Tabelle 5.3.2.2 – 2 zusammengefasst.

Masseverlust in [%] nach	Standort 1	Standort 3	Standort 10A
54 Tagen	31,3	17,6	10,5
	± 11,9	± 13,5	± 3,4
68 Tagen	48,4	22,9	27,6
	13,6	± 10,0	± 8,1

*Tabelle 5.3.2.2 – 2:
Prozentualer
Masseverlust in
Reethalmen nach bis zu
68 Tagen Inkubation mit
Coniophora puteana im
Labor*



*Abb. 5.3.2.2 - 5:;
drei aufgeschnittene Reethalme, die nicht
mit Coniophora puteana beimpft
worden waren*



*Abb. 5.3.2.2 - 6:
drei aufgeschnittene Reethalme, die
mit Coniophora puteana beimpft worden
waren nach 28 Tagen Inkubation*

Versuch 2: Besiedelbarkeit von Reet in wässriger Lösung in Glaskolben

Um den Einfluss des Malz-Agars auszuschließen, wurden in einem weiteren Versuch Reethalme

- a) in eine Sporenlösung (Lösungsmittel sterilisiertes Wasser) von *Trichoderma virens* gestellt;
- b) in eine wässrige Aufschwemmung befallenen Reets gestellt;
- c) in steriles Leitungswasser gestellt.

Das befallene Reet zur Herstellung der Variante b) war von Dächern des Standorts Molfsee entnommen worden.

Die Länge der im Versuch verwendeten Halme betrug ca. 15 cm. Die Halme wurden nicht vor Versuchsbeginn sterilisiert. Die Öffnung der Glasgefäße wurde mit Aluminiumfolie abgedeckt, die Halmenden wurden durch die Folie geschoben, so dass die Halme fixiert waren und nicht mit einander in Berührung kamen. Die Halme wurden bei 28 °C bis zu 8 Wochen inkubiert. Zwischendurch erfolgte eine visuelle Prüfung ohne die Halme aus den Gefäßen zu entfernen. Nach 8 Wochen wurden die Halme aus den Gefäßen entnommen. Die Festigkeit wurde manuell geprüft. Hierzu wurden versucht, die Halme durch kräftigen Druck zwischen Daumen und Zeigefingern in ihrer Festigkeit zu beurteilen.



Abb. 5.3.2.2 - 7: Versuchsaufbau mit Reethalmen in Wasser

Ergebnis:

Es konnte kein Unterschied zwischen der Druckfestigkeit oder der Befallsintensität der Halme der Varianten a, b und c in diesem Versuch festgestellt werden. Alle Varianten zeigten 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. Als Ernährungsgrundlage reichen Staub und Schmutzablagerungen auf der Materialoberfläche. Es war auffällig, dass der Mycelbewuchs verstärkt an den Nodien auftrat. Die Festigkeit der Halme war in allen Varianten über die gesamte Halmlänge hinweg gut.

Versuch 3: Auswirkung des C/N Verhältnisses auf die Abbaubarkeit des Reets

Es besteht die Vermutung, dass ein hoher Stickstoffgehalt dem mikrobiellen Abbau durch Reet zuträglich ist. Der folgende Versuch betrachtet Reetmaterial mit verschiedenen Kohlenstoff (C)/ Stickstoff (N)-Verhältnissen. Die Analysewerte wurden vom Projektpartner FAL anhand von Mischproben ermittelt. Hierzu wurde das Reet eines jeden Standorts gehäckselt, die

unteren 0-40 cm und die weitem 40-80 cm getrennt voneinander. Der darüber liegende Rest der Halme wurde verworfen.

Tabelle 5.3.2.2 – 3 zeigt die Analysewerte der für den Versuch ausgewählten Reetherkünfte. Das Reet wurde so ausgewählt, dass in den unteren 40 cm des Halmes ein möglichst hohes und ein möglichst niedriges C/N-Verhältnis auftrat (Standort 2 und Standort 3) Ein drittes Kontingent lag ca. mittig zwischen den beiden Werten (Standort 5).

Tabelle 5.3.2.2 – 3: Angabe der chemischen Kennwerte von Standort 2, 3 u.5

Standort	Länge	%FM	%TM	%Rohfaser	%Rohasche	%N	%C	C/N Verhältnis	% Hemicellulose	%Rohlignin	%Rohcellulose
				in % TM	in % TM	in % TM	in % TM	in % TM	in % TM	in % TM	in % TM
2	0-40	88	99	54	1,9	0,36	48	132	31	12	49
	40-80	91	98	48	3,5	0,46	47	102	31	10	48
3	0-40	89	98	53	3,2	0,56	47	84	30	11	48
	40-80	91	99	46	4,3	0,68	46	67	32	11	45
5	0-40	86	99	51	2,4	0,47	47	100	29	12	48
	40-80	92	98	50	2,1	0,52	47	90	32	10	47

Der folgende Versuch gliedert sich in Variante a (Abbau durch Pilz von Halmen) und Variante b (Abbau durch Pilz von gehäckseltem Material).

Variante a

Die Probenvorbereitung und Bestückung der Petrischalen wurde in gleicher Weise wie in Versuch 1 beschrieben durchgeführt.

Die Inkubationsdauer bei 21 °C betrug 54 Tage (ca.8 Wochen).

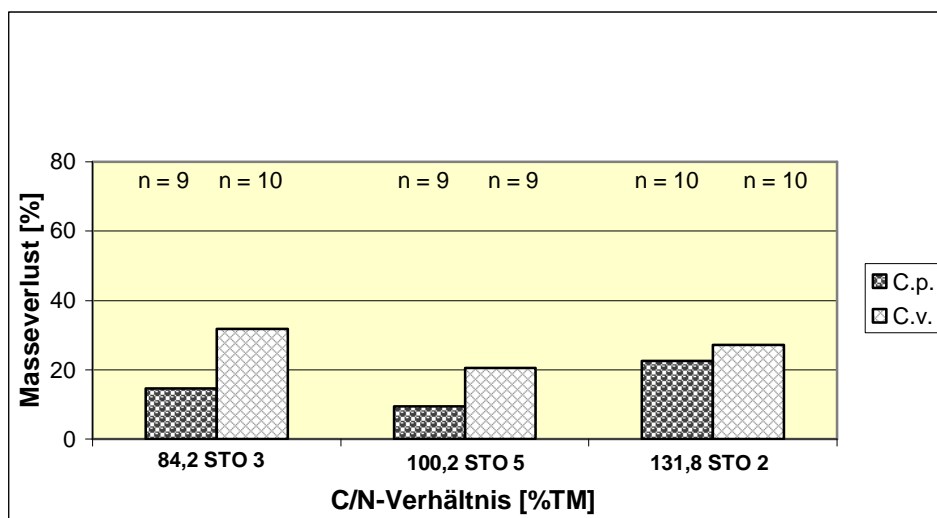


Abb.: 5.3.2.2 – 8: Masseverlust von Reethalmen nach 54 Tagen durch Braunfäuleerreger *Coniophora puteana* oder Weißfäuleerreger *Coriolus versicolor* bei gegebenem C/N-Verhältnis

Ergebnis

Eine Abhängigkeit der erreichbaren Masseverluste von einem gegebenen C/N-Verhältnis konnte in diesem Versuch nicht nachgewiesen werden. Die Standardabweichungen der prozentualen Masseverluste liegen zwischen 5,5 und 11.

Variante b

In Variante b wurde von der FAL gehäckseltes Material zur Verfügung gestellt. Das bereits zerkleinerte Reet wurde an der BAM gesiebt (Korngröße zwischen 1,6 mm und 1,0 mm). Von diesem Probenmaterial wurden jeweils 1,0 g in Gaze-Säckchen (Größe: ca. 6 cm x 6 cm) gefüllt. Diese wurden nach Ermittlung des Darrgewichtes im Dampftopf sterilisiert und zusammen mit den Pilzen auf die Malz-Agar-Platten (2%ig) eingebaut.

Ergebnis

Auch in diesem Versuch konnte eine Abhängigkeit der erreichbaren Masseverluste von einem gegebenen C/N-Verhältnis nicht nachgewiesen werden. Interessant ist, dass der Abbau durch *Coniophora puteana* in diesem Versuch deutlich höher war als in Versuchsvariante a. Dies ist möglicherweise auf die bessere Zugänglichkeit der Zellulose in dem gehäckselten Material zurück zu führen. Die Schwankungen der Messergebnisse zum prozentualen Masseverlust sind gering, die Standardabweichungen liegen zwischen 1,9 und 4,1. Variante b zeigt damit weitaus geringere Standardabweichungen als Variante a. Dies ist vermutlich auf das Häckseln und Durchmischen der Reetstückchen in Variante b zurückzuführen. Hierdurch wird auch die Wachsschicht des Reethalmes durchbrochen und das Material wird besser zugänglich für die Pilze. Dies äußert sich wiederum in den mehr als doppelt so großen Masseverlusten bei *Coniophora puteana* in Variante b im Vergleich zu Variante a.

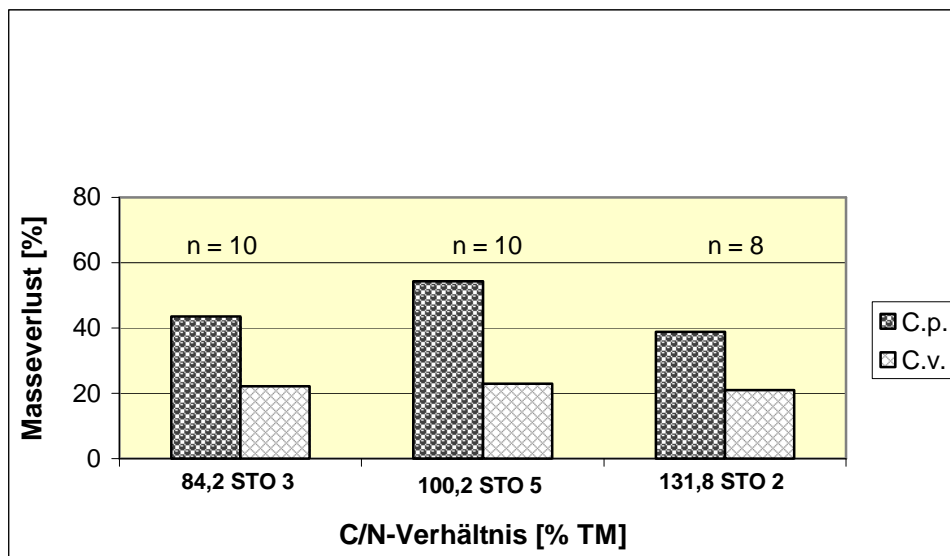


Abb.: 5.3.2.2 – 9: Masseverlust von gemahlenem Reet (Korngröße 1,0-1,6 mm) nach 48 Tagen durch Braunfäuleerreger *Coniophora puteana* oder Weißfäuleerreger *Coriolus versicolor* bei gegebenem C/N-Verhältnis

Versuch 4

PCR an Freilandproben zur Charakterisierung von Mikroorganismen

Die Fingerprint-Methode SSCP "single strand conformation polymorphism" (Einzel-Strang-Polymorphismus-Analyse)- wurde zur Beschreibung des genetischen Gemeinschaftsprofils von den Mehrzellern bzw. von den Bakterien erstellt. Diese Fingerprintingmethode beruht auf dem Prinzip, dass einzelsträngige DNA-Fragmente unterschiedlicher Organismen aufgrund

intermolekularer Basenpaarungen eine artspezifische Sekundärstruktur ausbilden. Diese Strukturen lassen sich im elektrischen Feld voneinander separieren, und ermöglicht dadurch genotypische Unterschiede zwischen visuell befallenem und unbefallenem Reetmaterial auf einem Dach im Museumsdorf Molfsee zu beschreiben.

Es wurde DNA aus visuell befallenem und unbefallenem Reetmaterial in Triplikaten extrahiert, und zur Beschreibung der bakteriellen Lebensgemeinschaft ein Bereich der 16S rRNA Gene und bei den mehrzelligen Organismen (Eukaryonten) ein Bereich der 18S rRNA Gene mittels PCR amplifiziert. Die amplifizierten Genotypen einer Gemeinschaft wurden anhand ihrer Sekundärstruktur elektrophoretisch getrennt. Repräsentative Fingerprints der Proben sind in Abb.5.3.2.2-10 dargestellt. Das Gemeinschaftsprofil besteht aus der Anzahl der Banden und der Bandenintensität. Die Anzahl der Banden gibt die Diversität der vorhandenen Genotypen des jeweiligen DNA-Extraktes wieder. Die Intensität einer Bande ist ein Hinweis auf die Abundanz des Genotypes im Verhältnis zu den anderen Banden, d. h. deutliche Bande werden von Organismen, die häufig in der Umweltprobe vorkommen, repräsentiert.

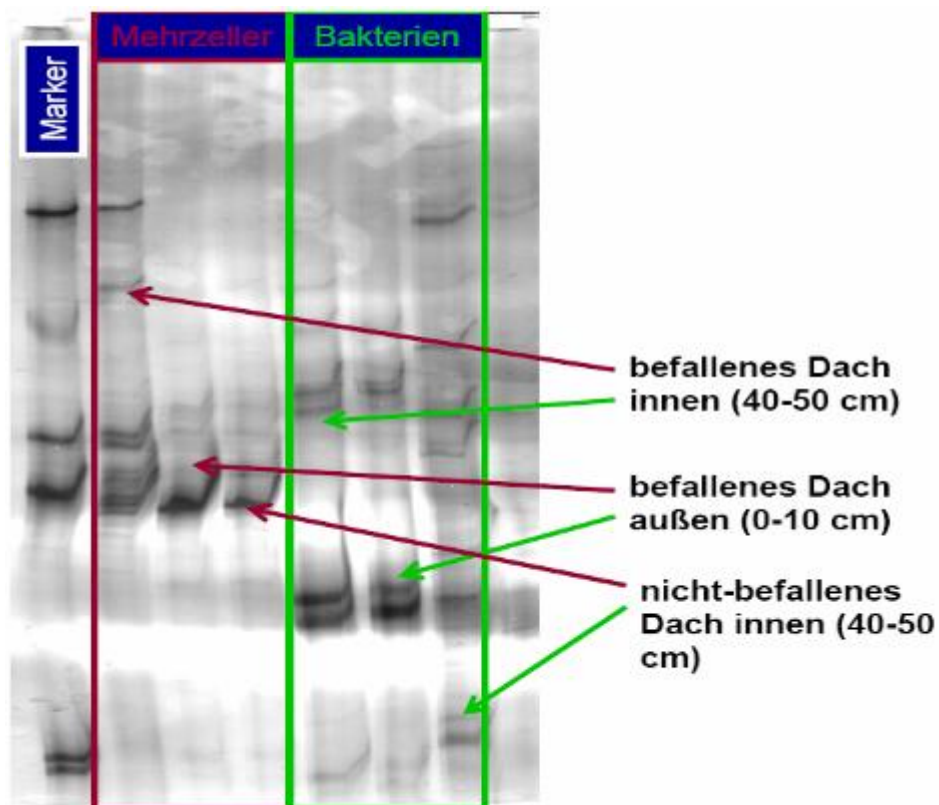


Abb.5.3.2.2-10:

Repräsentative Lebensgemeinschaftsprofile der Mehrzeller (rot) und der Bakterien (grün) basierend auf der SSCP-Fingerprintingmethode von Proben aus befallenem und unbefallenem Reet von einem Dach im Museumsdorf Molfsee bei Kiel.

Ergebnis:

Die Diversität der Mehrzeller (Pilze etc) ist im inneren Teil des befallenen Daches höher als im äußeren Teil des Daches. Der äußere Teil des befallenen Daches ist in der Zusammensetzung der Mehrzeller-Lebensgemeinschaft und der Abundanz der häufigsten Genotypen sind dem unbefallenen Dach sehr ähnlich.

Für die bakterielle Lebensgemeinschaft in diesen Habitaten stellt sich die Situation anders dar. Die bakterielle Lebensgemeinschaft des befallenen Daches innen und außen ist sich ähnlicher als

die Gemeinschaft des unbefallenen Daches. Die Gemeinschaft des befallenen Daches ist weniger divers und hat definiert abundante Genotypen, die sich von den Banden des unbefallenen Dachs charakteristisch unterscheiden haben. Aus diesem Ergebnis kann man annehmen, dass sich durch den Befall des Daches zu diesem Zeitpunkt eine spezifische, bakterielle Lebensgemeinschaft etabliert hat. In einem weiteren Schritt wäre es möglich, interessante Banden aus dem Fingerprint-Muster herauszuschneiden, die DNA der Bande zu re-amplifizieren und durch eine anschließende Sequenzierung phylogenetisch zu charakterisieren. Als entstehendes Ergebnis kann man z. B. häufig vorkommend Vertreter einer Lebensgemeinschaft benennen.

Diskussion

Die Herkunft des untersuchten Probenmaterials ist eindeutig belegt. Zum Erntetermin zeigte sich keine fühlbare Erweichung bei den verschiedenen Halmkontingenten. Es wurde versucht, Parameter zu bestimmen, wie z.B. Halmdurchmesser oder Wanddicke, die zu einer veränderten Wasseraufnahme und Abgabe führen könnten. Es zeigen sich aber zwischen den verschiedenen Erntegebieten 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. Die Qualität, d. h. die Anfälligkeit des Reethalmes gegenüber Feuchteaufnahme und Abbaubarkeit durch Pilze, konnte an den gemessenen Parametern wie C/N-Verhältnis, Dichte der Zellwand oder Durchmesser des Halmes nicht festgemacht werden. Versuch 3 in Unterkapitel 5.3.2.2 zeigt, dass Reet, dessen Wachsschichten innen und außen am Halm mechanisch durchbrochen sind, leichter durch Pilze abgebaut werden kann. Es sollte daher in der Zukunft untersucht werden, 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, dessen Wachsschicht ihn ansonsten zuverlässig vor Wassereindringung schützt. Inwieweit einzelne, mit Pilz befallene Halme ausreichen, um angrenzendes, unbefallenes Reet zu infizieren ist nicht bekannt. Dies sollte ebenfalls in einer weiterführenden Untersuchung betrachtet werden.

Im Laufe des Vorhabens wurden verschiedentlich Stimmen außerhalb des Kreises der Projektpartner laut, die berichteten Weißfäuleerreger und Braunfäuleerreger auf schadhafte Dächern gefunden zu haben. Im Falle der Braunfäuleerreger wird spezifisch auf *Coniophora puteana* (Kellerschwamm) hingewiesen (mündliche Mitteilung Angela Steinfurth, Fa. GORITAS, DK, Prof. Dr. Gunter B. Schlechte, Sachverständiger, Bockenem, Deutschland). Die Versuche haben gezeigt, dass Reet bei entsprechend feuchtem Milieu ohne Vorbefall durch andere Organismen allein durch die Einzelpilze intensiv abgebaut werden kann.

Es war für die mikrobiologischen und physikalischen Untersuchungen erschwerend, dass kein gleichförmiges Probenmaterial erzeugt werden konnte (kein Halm entsprach in seinen physikalischen Kenngrößen einem andern).

Die Isolierung von Mikroorganismen von schadhafte Dächern in Molfsee wurde nicht wie im geplanten Umfang durchgeführt. Die Versuche wurden 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 durch die SSCP-Fingerprinting-Methode sind kein direkter Nachweis von schädigenden Mikroorganismen des Daches. Die aufgenommenen Lebensgemeinschaftsmuster können sowohl durch die Verursacher des Schadens als auch durch den Schadensverursacher beeinflusst werden. Meist werden Lebensgemeinschaften durch die Wechselwirkungen mit ihrer belebten und unbelebten Umgebung geformt, so dass man für eine ausführliche Beschreibung der Entwicklung der Lebensgemeinschaften über einen langen Zeitraum bzw. über den relevanten Reeteinsatzprozess dokumentieren sollte. Dazu wäre zum Beispiel eine Aufnahme der Gemeinschaftsmuster von Halmen in ihrer Schilfumwelt, über die Lagerung, Transport und die darauffolgende Zeit auf Modelldächern denkbar. Die biologische Beprobung der Modelldächer könnte systematischer durchgeführt werden als dies bisher auf „Praxisdächern“ der Fall war. Es gilt festzustellen, aufgrund welcher Faktoren sich die Lebensgemeinschaft verändert hat. Eine daraus entstehende Korrelation zwischen den Materialeigenschaften und der Veränderung der Lebensgemeinschaft über die Zeit, könnte man als Indiz für einen aktiven Zellulose-und/oder Ligninzerstörer werten. Um diese Hypothese anschließend testen zu können, müssten die Mikroorganismen in einem aufwendigen Verfahren isoliert und charakterisiert werden oder die mikrobiellen Prozesse in der Umwelt mit funktionsverknüpfenden Methoden (z. B. stable isotope probing) untersucht werden. Diese mikrobiologische Verfahrensweise ist sehr aufwendig und daher teuer. Vor Durchführung der Versuche sollte genau geprüft werden, wie das Ergebnis bei der Problemlösung helfen kann.

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.

Wie weiter oben bereits erwähnt, wäre die Anlage von Modelldächern an einem definierten Standort für weiterführende Versuche hilfreich. Verschiedene Reetherkünfte oder bewusst unterschiedlich vorgeschädigte oder gelagerte Reetkontingente könnten in ihrer zeitlichen Entwicklung vermessen werden, um Qualitätsunterschiede bei der Reeternte, -verarbeitung etc hinsichtlich der anschließenden Dauerhaftigkeit als Dachdeckung zu erkennen. Die Messung der Feuchteentwicklung, aber auch thermographische Messungen wären durchführbar. Die thermographischen Messungen könnten möglicherweise frühzeitig auf Wärmeentwicklung im Dach aufgrund mikrobiologischen Befalls hinweisen.

5.4 Möglichkeiten zum Schutz von Reet vor biologischem Abbau aus „holzschutztechnischer“ Sicht

(E. Melcher, Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft)

Schilf (Reet) besteht hauptsächlich aus Cellulose (42 bis 45 %), Lignin (22 bis 24 %) und Polyosen (Hemicellulosen, 24 bis 27%), während sich Holz aus ca. 50% Cellulose, 25 bis 30% Lignin und 20 bis 25% Hemicellulosen zusammensetzt. Allerdings weist Reet mit ca. 6% mineralischen Bestandteilen einen deutlich höheren Gehalt auf als Holz (< 1%). (www.hiss-reet.de/wissen/schilf-zusammensetzung.html, RÖMPP 1995: Chemie-Lexikon. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 9. Aufl., 5314 S.)

Unabhängig von der chemischen Zusammensetzung unterliegt auch Reet als natürlich gewachsener Rohstoff biotischen und abiotischen Abbauprozessen.

Auf Grund der hohen Übereinstimmung hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung von Reet und Holz erscheint es durchaus angebracht, Erfahrungen und bewährte Massnahmen zum Schutz von Holz nach Möglichkeit auf den Schutz von Reetdächern zu übertragen.

Um geeignete Schutzmassnahmen ableiten zu können, gilt es zunächst die möglichen Gefährdungen für reetgedeckte Dächer zu definieren. Hinweise hierzu bietet DIN EN 335-1 (2006/10) „Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Definition der Gebrauchsklassen – Teil 1: Allgemeines; Deutsche Fassung“. Frisch eingedeckte Reetdächer wären gemäß dieser Norm zunächst der Gebrauchsklasse 3 zuzuordnen, d. h. einer „*Situation, in der sich das Holz oder Holzprodukt nicht unter Dach, aber nicht im Erdkontakt befindet. Es ist entweder ständig der Witterung ausgesetzt oder ist vor der Witterung geschützt, aber Gegenstand häufiger Befeuchtung.*“ Organismen, die in Gebrauchsklasse 3 (GK 3) auftreten können, sind Holz verfärbende und Holz zerstörende Pilze sowie Holz zerstörende Käfer. In diesem Zusammenhang verweist die Norm darauf, dass „*ein Schutz gegen alle aufgeführten Organismen nicht unbedingt erforderlich ist, da diese nicht unter allen Gebrauchsbedingungen an allen geographischen Standorten vorkommen oder wirtschaftlich von Bedeutung sind.*“

Die Verwendung von Holz in GK 3 bedingt also, dass die Holzfeuchte von 20% häufig überschritten werden kann. Wie häufig und wie lange sich ein Holzbauteil im für einen pilzlichen Abbau kritischen Feuchtebereich bewegt, hängt neben dem Klima und der Konstruktion auch von der Holzart ab. Materialien mit einer langsamen kapillaren Wasseraufnahme (bei Regen) und gleichzeitig raschen Wasserdampfabgabe (bei Sonnenschein) haben hier besondere Vorteile.

Allerdings können Reetdächer oder Teile des Daches infolge mangelnder Instandhaltung oder ungünstiger Umgebungsbedingungen der Gebrauchsklasse 4 unterliegen, d. h. „mit Erdkontakt“. Als weitere Organismen wären dann auch „Moderfäule verursachende Pilze“ in die Betrachtungen mit einzubeziehen.

Bevor Reet zum Schutz vor einen biologischen Angriff mit Bioziden behandelt wird, sollten zuvor alle anderen Möglichkeiten des Materialschutzes ausgeschöpft werden. Eine vereinfachte Zusammenstellung von Schutzmassnahmen und deren Bedeutung bzw. Umsetzung im Holzschutz sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Der Schutz von Reet vor vorzeitigem biologischem Abbau beginnt bereits mit der Ernte. Die Erfahrungen zeigen eindeutig, dass eine **Ernte des Reets im Winter** in Verbindung mit einer trockenen luftumspülten Lagerung des Materials dieses bereits vor einen biologischen Angriff schützt. Ursachen hierfür sind die in der Regel geringe biologische Aktivität der Organismen auf Grund der niedrigen Temperaturen, ein geringerer Nährstoffgehalt (z. B. Zucker) in den Pflanzen und die Absenkung der Materialfeuchte unterhalb kritischer Werte.

Tab. 1: Schutzmassnahmen, Beispiele und deren Bedeutung im Holzschutz.

Art der Schutzmassnahme	Aufgabe/Ziel	Beispiele	Bedeutung im Holzschutz
Organisatorischer Materialschutz	Vermeiden von unzuträglichen Bedingungen vor der endgültigen Nutzung durch Planung und Koordination	Abstimmung von Erntezeit, Abtransport und Einschnitt. Trockene Lagerung des Materials an der Baustelle	Vermeidung von Qualitätsverlusten des Rohstoffes Holz sowie zum Sicherstellen des Verbauens von trockenem Holz
Konstruktiver Materialschutz	Vermeiden von Bedingungen, die einen Schädlingsbefall ermöglichen	Gegen Pilzbefall z.B. wasserabweisende Konstruktionen, verhindern von Tauwasserbildung	Verhinderung von Fäulnisschäden, die stets eintreten können, wenn Holz lange Zeit zu feucht ist
Physikalischer Materialschutz	Vermindern der Holzfeuchte im Gebrauch	Hydrophobierende Imprägnierung mit Ölen oder Wachsen	Stark verzögerte Wasseraufnahme <u>ohne</u> verzögerte Wasserabgabe
Chemischer Materialschutz	Anwendung von Bioziden oder Substanzen zum Schutz gegen biotische und abiotische Einflüsse	Imprägnierung/Behandlung mit Schutzmitteln	Bei sorgfältiger Wahl der Holzschutzmittel und Ausführung sehr effizient. In Teilbereichen der Holzverwendung (z.B. Erdkontakt) für zahlreiche Holzarten unerlässlich; Problem: mögliche Umweltgefährdung

Reet mit einem höheren Feuchtegehalt könnte (sollte) vor der Verarbeitung einer **technischen Trocknung** unterworfen werden. Hierdurch würde nicht nur der Feuchtegehalt abgesenkt werden, sondern es könnten bei geeigneter Temperaturwahl auch eventuell vorhandene Pilzhyphen abgetötet werden. Inwieweit derartig „vorbehandeltes“ Reet bei einer Wiederbefeuchtung einer beschleunigten Alterung unterliegt, wäre gesondert zu untersuchen.

Bei hohen Trocknungstemperaturen könnte dies unter Umständen auch zu einer Nährstoffreduzierung im Reet oder sogar biozidfreien Materialmodifizierung führen.

Allerdings liegen bisher keine systematischen Untersuchungsergebnisse zum Trocknungsverhalten von Reet vor, aus denen entsprechende Empfehlungen abgeleitet werden können.

Die Konstruktion des Daches sollte gewährleisten, dass die Feuchtigkeitsaufnahme durch das Reet so gering wie möglich ist. Hierzu ist primär sicher zu stellen, dass das Regenwasser schnell ablaufen kann. Ebenso wichtig ist, dass die Bildung von Staunässe ausgeschlossen werden und das Reet nach einer Befeuchtung wieder schnell abtrocknen kann. Hierin eingeschlossen ist auch eine turnusmäßige Wartung des Daches, um beispielsweise potentielle Wasserspeicher, wie z. B. Moos, zu entfernen.

Um eine mögliche Gefährdung besser abschätzen zu können, sollte an verschiedenen Dachausführungen ein **Feuchtemonitoring** durchgeführt werden.

Zum physikalischen Materialschutz gehört zum Beispiel, durch Eintrag von Wachsen, Fetten oder Ölen die wasserabweisende Eigenschaft des Materials zu erhöhen. Wachse und Fette sind im Reet zu etwa 1% enthalten, d. h. Reet besitzt von Natur aus bereits in gewissem Umfang **hydrophobe Eigenschaften**. Ob bzw. inwieweit durch den zusätzlichen Eintrag von Wachsen dieser Effekt erhöht werden kann, wäre ebenfalls zu untersuchen.

Neben Wachsen oder Fetten können auch anorganische Substanzen, wie z. B. Silicium, die natürliche Dauerhaftigkeit positiv beeinflussen. So ist z. B. für Reis eine gewisse Resistenz gegenüber Pilzkrankungen auf Grund des erhöhten Siliciumgehaltes (Si bis 15% in der Tr.S.) beschrieben (SCHACHTSCHABEL, P.; BLUME, H.-P.; BRÜMMER, G.; HARTGE, K. H.; SCHWERTMANN, U.: Lehrbuch der Bodenkunde. 1998. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart, 494 Seiten).

Ähnliche Effekte versucht man im Holzschutz zu nutzen, in dem die Wegsamkeit innerhalb des Holzes für Pilze durch **Schaffung mechanischer Barrieren** infolge des Eintrages von Silikaten oder Melaminharzen behindert wird (RAPP, A. O.; PEEK, R.-D.; NILSSON, T.; LEITHOFF, H.; SAILER, M. 1998: Vergütung von Holz mit wasserlöslichen Harzen - Idealanforderungen und reale Umsetzbarkeit am Beispiel von Melaminharzen. In: Vorträge des DBU-Transferworkshops "Biologischer/biotechnologischer Holzschutz", am 9. September in Kassel. München: Deutsche Gesellschaft für Holzforschung: 47-62).

Ein möglicher Ansatzpunkt zur Verbesserung der Dauerhaftigkeit könnte die Behandlung von Reet **mit silikathaltigen Mitteln** sein, z. B. Wasserglas. Der Vorteil besteht u. a. darin, dass die Eigenfärbung des Reets erhalten bleiben sollte, da nur materialeigene Substanzen eingebracht werden. Dies kann jedoch nur mittelfristig umgesetzt werden, da neben den **technologischen Parametern** insbesondere die Effektivität der Schutzmassnahme mittels Freilanduntersuchungen zu prüfen und zu bewerten ist.

Der Einsatz von Bioziden (chemische Schutzmassnahme) sollte nur in Ausnahmefällen Anwendung finden. Sofern aber chemische Mittel zum Schutz von Reet eingesetzt werden sollen, sind neben der Richtlinie 98/8/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates über das Inverkehrbringen von Biozidprodukten eine Reihe weiterer grundlegender Aspekte (<http://xfaweb.baden-wuerttemberg.de/chemfaweb/berichte/wb01/wb01.html>) zu berücksichtigen, um sowohl das gewünschte Schutzziel zu erreichen als auch eventuelle Gefährdungen auf ein Minimum zu begrenzen.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass ein Reetdach gemäß DIN EN 335-1 zunächst der Gebrauchsklasse 3 (GK 3) zuzuordnen ist, unter Umständen aber auch in die GK 4 „abrutschen“ kann. Auf Grund der permanenten Bewitterung eines Reetdaches kommen grundsätzlich nur solche Schutzmittel in Frage, die im Reet auch fixieren, d. h. nur schwer ausgewaschen werden. Da Reet und Holz eine ähnliche chemische Zusammensetzung besitzen, sollten dem **Holzschutzmittelverzeichnis** erste Hinweise (**Herausgeber: Deutsches Institut für Bautechnik, E. Schmidt-Verlag, Berlin, ISBN 3 503 09328 1**) in Frage kommende Schutzmittel zu entnehmen sein.

Weiterhin ist zu beachten, dass einige Formulierungen eine Eigenfärbung besitzen und/oder im Laufe der Fixierung Farbänderungen im Holz hervorrufen. Folglich sollten nur solche Mittel ausgewählt werden, die die Eigenfärbung des Reets nicht oder nur marginal ändern. Dies ist relativ unproblematisch, solange das Reet der GK 3 zuzuordnen ist. Unterliegt es aber der GK 4, dann sind auf Grund der Präsenz von Moderfäule kupferhaltige Schutzmittel zu verwenden. Je nach Zusammensetzung bewirken derartige Mittel eine mehr oder minder starke Grünfärbung des Holzes.

Entscheidend für die Gewährleistung der chemischen Schutzmassnahme ist, ob die für die jeweilige Gebrauchsklasse notwendige Schutzmittelmenge in das Material eingebracht wurde, wobei für Nicht-Druckverfahren die Aufbringmenge in g/m² und bei Druckverfahren die

Einbringmenge in kg/m³ angegeben wird. Der Vorteil von **Druckverfahren** besteht darin, dass auch tiefere Zonen des Holzes behandelt werden können. Der Vorteil von Nichtdruckverfahren ist, dass einige dieser Verfahren auch bei Holz im Gebrauch, d. h. verbautem Holz, eingesetzt werden können.

Erfahrungen zum Imprägnierverhalten von Reet liegen bisher nicht vor, so dass ein Vergleich beider Technologien schwierig ist. Auf Grund der Halmoberfläche und des relativ hohen Wachsgehaltes von Reet erscheint es jedoch sinnvoll, Reet vorzugsweise mittels Druckverfahren zu behandeln, um sowohl die erforderlichen Schutzmittelmengen als auch eine möglichst homogene Schutzmittelverteilung zu erzielen. Um jedoch belastbare Aussagen treffen zu können, sind systematische **tränktechnologische Untersuchungen** erforderlich.

Gesondert sind die prophylaktische Behandlung von Reetdächern im Rahmen von Wartung und Instandhaltung sowie die Sanierung bereits geschädigter Reetdächer zu bewerten.

Prinzipiell können zwar Reetdächer im Gebrauch mittels Nichtdruckverfahren (z. B. Sprühverfahren) behandelt werden, allerdings ist das Verhältnis zwischen Aufwand und Wirkung grundsätzlich zu hinterfragen.

Sofern nämlich mit der Massnahme eine Schutzwirkung gegen Pilzbefall erzielt werden soll, ist sicherzustellen, dass nicht nur die Oberfläche sämtlicher Reethalme im Dachverband mit dem Schutzmittel behandelt worden ist sondern auch die notwendige Menge an Schutzmittel auf der Halmoberfläche (Analytik) aufgebracht wurde. Dies scheint aber unter Berücksichtigung des Wachsgehaltes von Reet (hydrophobierende Wirkung) und dem Aufbau von Reetdächern kaum mit ein oder zwei Sprühvorgängen umzusetzen zu sein. Ist dies nicht gegeben, kann an unzureichend geschützten Bereichen die Infektion erneut ausbrechen und sich innerhalb der Dachhaut mit der Zeit ausdehnen. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die Anwendung von Spritz- oder Sprühverfahren an verbautem Reet infolge von Spritz- oder Abtropfverlusten mit einer Umweltgefährdung verbunden sein kann. Zudem können auch fixierende Mittel nach deren Anwendung über einen gewissen Zeitraum leicht durch Regen abgewaschen werden, solange die Fixierung noch nicht abgeschlossen ist.

Um Umweltgefährdungen durch Holzschutzmittel zu vermeiden, wird bspw. darauf hingewiesen, dass das *Holzschutzmittel giftig für Fische und Fischnährtiere ist; darauf zu achten ist, dass diese nicht in Oberflächengewässer gelangen können* (Holzschutzmittelverzeichnis Herausgeber: Deutsches Institut für Bautechnik, E. Schmidt-Verlag).

Um einer Fehlanwendung entgegen zu wirken, sollten die Leistungsfähigkeit von Spritz- und Sprühverfahren unter realitätsnahen Bedingungen geprüft und eine entsprechende technische Richtlinie erarbeitet werden.

Besondere Sorgfalt ist bei der partiellen Sanierung geschädigter Dächer geboten, da zwar die Schadstelle zu erkennen ist und ausgebessert werden kann aber die eigentliche Ursache damit in der Regel nicht beseitigt worden ist.

Empfehlenswert ist, einen „**Sanierungsstandard**“ für befallene Reetdächer zu erstellen und diesen dann kontinuierlich weiterzuentwickeln. Ein solcher Standard sollte bspw. Informationen zum Sanierungsumfang, d. h. Entfernung des geschädigten Materials zuzüglich einer Sicherheitsmarge, Anforderungen an das Substitut, Schutzmassnahmen usw. enthalten. Hierdurch würde nicht nur den Handwerksbetrieben sondern auch den Endverbrauchern ein gewisses Maß an Sicherheit gegeben.

Eine grundsätzliche Anmerkung: Reet steht wie Holz mit anderen Baustoffen im Wettbewerb. Um diesen nachwachsenden Rohstoff auch weiterhin effektiv als Dacheindeckung zu verwenden, kann eine Folgerung nur sein, dass dieses Projekt **erst den Einstieg in die „Reetforschung“** und **nicht den Abschluss** darstellt.

5.5 Juristisches Kurzgutachten zur Reetschadenproblematik

Analyse der derzeitigen rechtlichen Situation im Sinne des Verbraucherschutzes/Bauherrenschutzes unter besonderer Berücksichtigung anzuempfehlender Verhaltensregeln auf Werkunternehmerseite.

Rechtsanwälte

Hans H. Lehmann

Dr. Wolfgang Strzyz

Rechtsanwälte und Notare

Sophienblatt 11

24103 Kiel

Inhalt

5.5.1 Einleitung

5.5.2 Relevante Fragestellungen

5.5.2.1 Der werkvertragliche Mangelbegriff

a) Dreistufiger Mangelbegriff gem. § 633 Abs. 2 BGB

b) Der Sachmangelbegriff nach VOB/B /

“Anerkannte Regeln der Technik“

c) Erweiterungen: Funktionaler Mangelbegriff und Prüfungs- und Anzeigepflicht nach § 4 Nr. 3 VOB/B

d) Haftungsausnahmen/Einschränkungen der
Mangelbegriffs-Erweiterungen

5.5.2.2 Beweislastfragen/Abnahme

5.5.2.3 Formelle Voraussetzungen der Gewährleistungsrechte

5.5.2.4 Verjährung

5.5.2.5 Einbeziehung Dritter?

a) Der planende Architekt

b) Der Baustofflieferant

5.5.2.6 Sonderproblematik des „weiterfressenden“ Mangels

5.5.3 Dem Werkunternehmer anzuempfehlende Verhaltensmaßregeln / “Checkliste“

5.5.1 Einleitung

In jüngster Vergangenheit wird seitens der jeweiligen Bauherren einerseits sowie der Fachwelt andererseits eine massiv verkürzte Lebensdauer von Reetdächern beobachtet.

Die vorzeitige Reetdach-Alterung ist nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand – d. h. vorbehaltlich neuer Ergebnisse, die u. a. dieses Forschungsprojekt zu Tage fördert/fördern wird – auf verschiedene Ursachen rückführbar und damit multikausal bedingt.

Als Arbeitshypothese sei jedenfalls für die nachfolgenden Ausführungen davon ausgegangen, dass (mit-)ursächlich für die festgestellten Schäden an Reetdächern nicht nur ein Pilzbefall am zu verbauenden Werkstoff Reet (mikrobiologische Ursache) ist, sondern auch veränderte bauphysikalische Verhältnisse, insbesondere durch Änderungen in den Wohn- und Baugewohnheiten, die wiederum zu einer schlechteren Hinterlüftung des Daches führen.

Die nachfolgende Darstellung orientiert sich an dem sogenannten juristischen „Anspruchsaufbau“ und gibt somit in erster Linie dem Verbraucher/Bauherren einen Überblick über die entscheidenden Parameter, die für Erfolg bzw. Misserfolg im Rahmen einer etwaigen zivilgerichtlichen Auseinandersetzung mit dem Werkunternehmer (hier: Dachdecker) entscheidungserheblich sein können.

Zugleich verzichtet die Darstellung nicht darauf, dem Werkunternehmer in concreto Verhaltensmaßregeln mit an die Hand zu geben, mit dem Ziel, eine Mängelhaftung bereits dem Grunde nach zu verhindern, was grundsätzlich gleichsam dem Bauherrenschutz dient.

5.5.2 Relevante Fragestellungen

Dies vorausgeschickt ergeben sich im Rahmen einer möglichen Anspruchsprüfung die nachfolgenden entscheidungserheblichen Prüfungspunkte:

5.5.2.1 Der werkvertragliche Mangelbegriff

a) Dreistufiger Mangelbegriff gem. § 633 Abs. 2 BGB

In Abkehr zu dem jedenfalls teilweise objektiven Fehlerbegriff (nach altem Recht, d. h. vor der Schuldrechtsreform, bestimmte sich die Tauglichkeit zu dem „gewöhnlichen Gebrauch“ nach § 633 BGB a. F. objektiv – es kam danach darauf an, wie das Werk im Allgemeinen beschaffen sein muss, damit es den Ansprüchen eines Durchschnittsbauherrn genügt, vgl. BGH NZBau 2001, 551/552) gilt nach Inkrafttreten des Schuldrechtsmodernisierungsgesetzes durchgängig der subjektive Fehlerbegriff. Nach § 633 Abs. 2 BGB n. F. ist ein Werk – hier die Reetdacheindeckung – ausschließlich dann frei von Sachmängeln,

- wenn es sich für die nach dem Vertrag vorausgesetzte, sonst
- für die gewöhnliche Verwendung eignet und eine Beschaffenheit aufweist, die bei Werken der gleichen Art üblich ist und die der Besteller nach der Art des Werkes erwarten kann.

Einem Sachmangel steht es im Übrigen gleich, wenn der Unternehmer ein anderes als das bestellte Werk oder das Werk in zu geringer Menge herstellt.

Damit liegt ein beachtlicher Sachmangel jedenfalls immer dann vor, wenn die Ist-Beschaffenheit nicht der Soll-Beschaffenheit entspricht (vgl. OLG Celle, OLGR 2003, 117).

Geht es demnach nur noch um die reine Abweichung in vorbezeichnetem Sinn, kommt es für die Annahme eines Mangels auch nicht mehr darauf an, ob die erbrachte Leistung mit der vereinbarten gleichwertig oder gar besser ist; im Übrigen muss noch nicht einmal die Funktionstauglichkeit des Werkes beeinträchtigt sein (vgl. OLG Celle, BauR 2003, 1408). Allerdings soll der Werkunternehmer durch den Auftraggeber nicht zu einer regelwidrigen, den Vorgaben der Bauordnung und den technischen Regelwerken widersprechenden Ausführung angehalten werden können (vgl. Werner/Pastor, Der Bauprozess, 12. Auflage, Rn. 1456; a.A.: OLG Dresden, BauR 2003, 1242 = NJW-RR 2003, 1314).

Enthält der Vertrag dem entgegen keine Vereinbarung zur Beschaffenheit (die anderen beiden Alternativen des § 633 Abs. 2 BGB kommen also nur dann in Betracht, wenn eine Vereinbarung über die Beschaffenheit nicht vorliegt), ist das Werk gemäß § 633 Abs. 2 S. 2 Nr. 1 BGB mangelfrei, wenn es sich für die nach Vertrag vorausgesetzte oder gemäß § 633 Abs. 2 Nr. 2 BGB, für den Fall, dass nach dem Vertrag eine Verwendung nicht vorausgesetzt ist, gewöhnliche Verwendung eignet, wobei das Werk letzteren Falls eine Beschaffenheit aufweisen muss, die bei Werken der gleichen Art üblich ist und die der Auftraggeber nach der Art des Werkes erwarten kann.

b) Der Sachmangelbegriff nach VOB/B / „Anerkannte Regeln der Technik“

Für den VOB-Bauvertrag ist der Begriff des Sachmangels in § 13 Nr. 1 VOB/B definiert. Diese Norm übernimmt bereits in der Fassung von 2002 die in § 633 Abs. 2 S. 1 und 2 BGB enthaltene dreistufige Rangfolge des Sachmangelbegriffs, wonach primär auf die vereinbarte Beschaffenheit, nachrangig auf die vertraglich vorausgesetzte und letztendlich auf die gewöhnliche Verwendung, die übliche Beschaffenheit und einen allgemeinen Erwartungshorizont abzustellen ist.

Hervorzuheben bleibt, dass in Abweichung zu der maßgeblichen Bestimmung des BGB die allgemein anerkannten Regeln der Technik gem. § 13 Nr. 1 S. 2 VOB/B ausdrücklich eine vertraglich vereinbarte Leistungspflicht des Auftragnehmers begründen (vgl. Ingenstau/Korbion-Wirth, § 13 Nr. 1 VOB/B, Rn. 35). Verstößt demnach der Auftragnehmer gegen die allgemein anerkannten Regeln der Technik, so begründet auch dies einen Sachmangel (BGH, BauR 1981, 577; BauR 1984, 401; OLG Düsseldorf, BauR 1995, 890).

Der Gesetzgeber hatte eine entsprechende Regelung, wonach die anerkannten Regeln der Technik einzuhalten sind, bewusst nicht in § 633 Abs. 2 BGB aufgenommen, da eine derartige Regelung zu Missverständnissen bei der Frage geführt hätte, ob der Unternehmer seine Leistungspflicht bereits dann erfüllt hat, wenn zwar die anerkannten Regeln beachtet worden sind, das Werk aber nicht die vertragsgemäße Beschaffenheit aufweist (kritisch dazu Siegburg, Festschrift für Jagenburg, S. 839, 842 f.). Damit ist offensichtlich, dass die vertragsgemäße Beschaffenheit ungeachtet etwaiger anerkannter Regeln der Technik vorrangig ist und vor allem die Funktionstauglichkeit des Werkes zum Inhalt hat. Überdies wird auch deutlich, dass die anerkannten Regeln der Technik zur Beschaffenheitsvereinbarung i. S. des § 633 Abs. 2 S. 1 BGB gehören und nicht erst bei der üblichen Beschaffenheit eine Rolle spielen (Staudinger-Peters, § 633, Rn. 168).

Danach kommt der Begrifflichkeit der anerkannten Regeln der Technik insgesamt eine entscheidende Bedeutung zu.

Die allgemein anerkannten Regeln der Technik (und Baukunst) stellen die Summe der im Bauwesen anerkannten wissenschaftlichen, technischen und handwerklichen Erfahrungen dar,

die durchweg bekannt und als richtig und notwendig anerkannt sind (vgl. Seibel, BauR 2004, 266 ff.). Das Reichsgericht hatte bereits in einer grundlegenden Entscheidung (RGSt. 44, 76) ausgeführt, eine allgemein anerkannte Regel der Baukunst würde dann vorliegen, wenn sie die ganz vorherrschende Ansicht der technischen Fachleute darstellt. Diese sogenannte subjektive Auslegung des Reichsgerichts wird von der ganz überwiegenden Meinung in der Rechtsprechung und Literatur auch im Hinblick auf die allgemein anerkannten Regeln der Technik übernommen. Eine allgemein anerkannte Regel der Technik setzt damit voraus, dass die meisten Fachleute, die diese Regel anzuwenden haben, von Ihrer Richtigkeit überzeugt sein müssen, wobei es nicht genügt, wenn eine Regel vereinzelt im Fachschrifttum vertreten oder an Universitäten gelehrt wird. Überdies muss sie auch Eingang in die Praxis gefunden und sich dort überwiegend bewährt haben (vgl. Scholz, in: FS Jur. Gesellschaft zu Berlin (Berlin 1984), S. 708 f.).

Es ist damit also stets eine echte Anerkennung in der Theorie und Praxis erforderlich, und zwar abgestellt auf den jeweiligen Einzelfall (Tempel, NZBau 2003, 465, 468; Sieburg, BauR 1985, 367, 372 ff.). Muss danach die allgemein anerkannte Regel der Technik in der Wissenschaft anerkannt und damit theoretisch richtig sein, ausnahmslos wissenschaftlicher Erkenntnisse entsprechen und sich in der Praxis restlos durchgesetzt haben, so muss sie gleichwohl nicht schriftlich niedergelegt sein (vgl. BGH, BauR 1986, 447/448 = NJW-RR 1986, 755 = ZfBR 1986, 171).

Anerkannte Regeln der Baukunst/Bautechnik enthalten z. B.:

- DIN-Normen des Deutschen Instituts für Normung e. V.
- einheitliche technische Baubestimmungen (ETB)
- Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton
- Bestimmungen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE)
- Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften
- Bestimmungen des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfachs (DVGW)
- von den Bauaufsichtsbehörden eingeführte technische Baubestimmungen des Deutschen Instituts für Normung e. V.

Im Hinblick auf vorstehende Begriffsdefinition und die aufgeführten Beispiele ergibt sich zwanglos, dass auch die „**Fachregel für Dachdeckungen mit Reet**“ anerkannte Regeln der Bautechnik darstellen.

In diesem Zusammenhang gilt es folgendes zu beachten:

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die technische Entwicklung und die wissenschaftliche Erkenntnis in einem ständigen Fortschritt begriffen sind, so dass sich die anerkannten Regeln der Baukunst/Bautechnik laufend ändern, wobei sich z. B. die DIN-Normen erkennbar nur bei einer förmlichen Fortschreibung „verändern“. Diesen Umstand müssen die Baubeteiligten immer einkalkulieren. Die bauausführenden Kreise müssen sich jeweils über die fortlaufenden Entwicklungen orientieren (vgl. OLG Hamm, BauR 2003, 567/568; OLG Köln, IBR 2004, 29) und ihren Auftraggeber rechtzeitig über moderne Baumaßnahmen, die sich am Markt durchgesetzt haben, informieren (KG, NJW-RR 2001, 1385 = IBR 2002, 203). Andererseits besteht die Pflicht des Auftragnehmers, den Bauherrn auch auf Risiken einer wissenschaftlich noch nicht hinreichend gesicherten „Brauchbarkeit“ eines neuen Baustoffes oder -methode hinzuweisen bzw. im Hinblick auf die

fehlende jahrelange Bewährung der Methode oder des Materials dem Einsatz in der Praxis dann besondere Aufmerksamkeit zur widmen (Brandenburgisches OLG, BauR 2001, 283/284).

Der Werkunternehmer befindet sich demzufolge in einem gewissen Konflikt:

Einerseits muss der bauausführende Unternehmer immer dann von einer aktuell anerkannten aber noch nicht schriftlich niedergelegten Regel ausgehen, wenn ein schriftliches Regelwerk zwar existiert, es aber nicht mehr dem aktuellen Stand entspricht.

Andererseits bleibt in der Baupraxis die Schwierigkeit, den neuen technischen Erkenntnisstand zuverlässig festzulegen, wenn sich Fortschreibungen des schriftlichen Regelwerks verzögern oder ausbleiben, so dass hier erhebliche Unsicherheiten für den bauausführenden Unternehmer bestehen können.

Bereits die Existenz eines DIN-Entwurfs (sogenannter Gelbdruck) soll jedenfalls in der Regel signalisieren, dass Vorsicht hinsichtlich der Regeln der alten DIN-Norm geboten ist!

Vor diesem Hintergrund wird sich der bauausführende Dachdecker nicht mehr an die gegenwärtig noch geltende Fachregel für Dachdeckungen mit Reet halten dürfen; es liegt jedenfalls ein Gelbdruck, Stand 19.09.2007, vor, so dass eine Ausführung der Dachdeckung auf Basis der gegenwärtig noch geltenden Fachregel für Dachdeckungen mit Reet nicht oder nur unter entsprechendem Vorbehalt erfolgen sollte. Dies gilt insbesondere für den Teil der Fachregeln, der sich über den zu verbauenden Deckwerkstoff, das Reet, verhält. Nach dem vorliegenden Gelbdruck muss das Reet den Produktdatenblatt des Regelwerkes des Dachdeckerhandwerks entsprechen. Es soll ausgereift, gesund, blattfrei, gradhalmig, trocken und gesäubert sein. Die Länge der Reetbunde für die Flächendeckung ist von der Dachneigung, der Sparrenlänge und der Dicke der Dachdeckung abhängig.

Insbesondere auf diesen Gesichtspunkt muss werkunternehmerseitig vor dem Hintergrund der geschilderten Problematik geachtet werden.

Hierzu dient auch der seitens QSR (Gesellschaft zur Qualitätssicherung Reet mbH) erarbeitete **Erhebungsbogen**, anhand dessen das zu verbauende Reetmaterial zu prüfen und die Prüfung entsprechend zu dokumentieren ist. Nur so kann der Werkunternehmer im Nachhinein den Nachweis erbringen, dass nur tauglicher Deckwerkstoff entsprechend den vorzitierten, im Gelbdruck vorliegenden Fachregeln für Dachdeckungen mit Reet zur Anwendung gelangt ist.

Vorstehende Empfehlung gilt umso mehr, wenn man sich vergegenwärtigt, welcher Zeitpunkt für die Beurteilung maßgebend ist, ob die allgemeinen anerkannten Regeln der Technik eingehalten wurden.

Die hierzu vertretenen Auffassungen sind zahlreich:

So ist zum Teil auf den Zeitpunkt der Bauplanung, des Vertragsabschlusses, der Ausführung/Herstellung, zum Teil aber auch auf den Zeitpunkt der Abnahme (vgl. OLG Stuttgart, BauR 1980, 82/83; OLG Köln, SFH Nr. 62 zu § 635 BGB) und Übergabe bzw. sogar den Tag der letzten mündlichen Verhandlung im Baumängelprozess (vgl. hierzu vor allem Jagenburg, Technologie und Recht (1983), S. 137 ff.) abgestellt worden. Danach sollten spätere Erkenntnisse der Bautechnik nicht mehr berücksichtigt werden (vgl. LG Köln, SFH Nr. 13 zu § 635 BGB).

Seit dem grundlegenden Urteil des BGH vom 06.05.1985 (BauR 1985, 567 = ZfBR 1985, 276 = WM 1985, 1077) hat sich vorstehende Frage für die Baupraxis weitgehend erledigt, da nunmehr allein noch darauf abzustellen ist, ob innerhalb der Gewährleistungsfrist ein Mangel auftritt, d. h. für die Bewertung der Ordnungsgemäßheit einer Werkleistung zum Zeitpunkt der

Abnahme sind daher auch noch nachträglich erzielte neuere wissenschaftliche und/oder technische Erkenntnisse zu berücksichtigen (vgl. in Folge der höchstrichterlichen Rechtsprechung: OLG Köln, BauR 1991, 759; OLG Köln, IBR 2004, 29; OLG Frankfurt, SFH Nr. 65 zu § 635 BGB).

Erweist sich danach aufgrund der neueren technischen Erkenntnisse die erbrachte Werkleistung als mangelhaft, so ist der Unternehmer nunmehr jedenfalls gewährleistetungspflichtig! Hat der Unternehmer allerdings die bei Abnahme seiner Werkleistung maßgeblichen anerkannten Regeln der Technik eingehalten, so scheidet jedenfalls ein Schadensersatzanspruch nach §§ 634 Nr. 4, 280, 281 BGB n. F., der entgegen den anderen Gewährleistungsrechten ein Verschulden voraussetzt, aus. Etwas anderes gilt nur, wenn die Änderung der anerkannten Regeln der Technik voraussehbar war und deshalb hätte bereits berücksichtigt werden können und müssen.

Vorstehende Ausführungen mögen bereits verdeutlichen, dass im Hinblick auf die Annahme eines Werkmangels mitunter ganz erhebliche Anforderungen an den Werkausführenden gestellt werden. Vorstehendes Beispiel im Hinblick auf die anerkannten Regeln der Technik stellt indes nur eine spezielle Ausformung/Konkretisierung des „erweiterten“ Mangelbegriffs dar.

c) Erweiterungen: Funktionaler Mangelbegriff und Prüfungs- und Anzeigepflicht nach § 4 Nr. 3 VOB/B

In der höchstrichterlichen Rechtsprechung wird seit langem der für das Werkvertragsrecht entwickelte sogenannte funktionale Mangelbegriff vertreten. Danach muss ein Werk ungeachtet der Einzelheiten der Leistungsbeschreibung den vertraglich vorausgesetzten Zweck erfüllen (vgl. BGH, BauR 1995, 230; BGHZ 139, 244; BauR 2000, 411; BauR 2001, 823; BauR 2002, 613, 616; Kniffka/Koebler, Kompendium des Baurechts, 2.Aufl., Teil 6, Rn. 22 ff.). Mit dem funktionalen Mangelbegriff geht es vorliegend um die Abkopplung des Werkerfolgs vom Vertragszweck im Hinblick auf eine konkret vereinbarte Ausführungsart, d. h. geschuldet ist immer ein dauerhaft funktionsfähiges Werk – selbst dann, wenn eine bestimmte Ausführungsart vereinbart ist, sich mit dieser aber ein mangelfreies Werk nicht herstellen lässt (BGH, IBR 1998, 527) oder wenn ein für den Auftragnehmer nicht erkennbarer Materialfehler (!) vorliegt (BGH, IBR 2002, 301).

Danach hat der Auftragnehmer für den geschuldeten Erfolg ohne Rücksicht auf ein etwaiges Verschulden jedenfalls einzustehen (BGH, IBR 2006, 26).

Ebenfalls zur Extension des Mangelbegriffs in vorbezeichnetem Sinne führt eine Verletzung der Prüfungs- und Anzeigepflicht des Auftragnehmers.

Beim VOB-Bauvertrag folgt die Pflicht zur Anzeige von Bedenken aus § 4 Nr. 3 VOB/B. Danach sind dem Auftraggeber gegenüber Bedenken unverzüglich – und selbstverständlich schon vor Beginn der Arbeiten – und schriftlich mitzuteilen. Beim BGB-Bauvertrag wird die Pflicht zur Anzeige von Bedenken aus §§ 631, 633 Abs. 1 BGB bzw. § 242 BGB abgeleitet (OLG Bremen, BauR 2001, 1599; OLG Hamm, NZBau 2001, 691; OLG Düsseldorf, BauR 1998, 126/127), wobei in Ermangelung eines Schriftformerfordernisses der mündliche Hinweis ausreichend sein soll (BGH, NJW 1960, 1813).

Unabhängig davon, ob ein BGB-Bauvertrag oder ein VOB-Bauvertrag vorliegt, hat der Auftragnehmer, der seine Leistung in engem Zusammenhang mit der Vorarbeit eines anderen oder aufgrund dessen Planungen auszuführen hat, zu prüfen und ggf. Erkundigungen

dahingehend einzuziehen, ob diese Vorleistung eine geeignete Grundlage für sein Werk bietet und keine Eigenschaften aufweist, die den Erfolg seiner eigenen Arbeit in Frage stellen kann (BGH, BauR 1970, 57/58; BauR 1983, 70; BauR 1987, 79). Der jeweilige Umfang der Prüfungspflicht soll dabei immer von den konkreten Umständen des Einzelfalls abhängen (OLG Düsseldorf, BauR 2002, 323; OLG Celle, BauR 2002, 812; OLG Bremen, BauR 2001, 1599; – vgl. auch insoweit die instruktiven Beispiele bei Werner/Pastor, a.a.O., Rn. 1533).

Darüber hinaus ist der Auftragnehmer verpflichtet, nach Prüfung der Umstände auf die für ihn erkennbare Fehlerhaftigkeit der Vorgabe bzw. der Vorleistung eines anderen Unternehmers unverzüglich hinzuweisen und Bedenken zu äußern. Kommt der Auftragnehmer der Prüfungs- und Hinweispflicht nicht nach, so ist seine Werkleistung gem. § 633 Abs. 2 BGB bzw. § 13 Nr. 1 VOB/B mangelhaft (BGH, BauR 1983, 70; BauR 1985, 561, 563; OLG Hamm, BauR 1995, 852; OLG Koblenz, BauR 1995, 395/396).

Die Anmeldung von Bedenken hat zur rechten Zeit zu erfolgen, wobei der Hinweis so rechtzeitig erfolgen muss, dass der Auftraggeber noch angemessen reagieren kann. Die VOB/B formuliert das dahin, dass der Bedenkenhinweis unverzüglich zu erfolgen hat. Der Zeitpunkt der Hinweispflicht knüpft eng an den Zeitpunkt der Prüfungspflicht an. In dem Augenblick, in dem der Auftragnehmer bei der gebotenen Prüfung den Mangel der Vorgaben etc. erkennen konnte, hat er den Auftraggeber ohne schuldhaftes Zögern aufzuklären.

Was den Inhalt des Bedenkenhinweises betrifft, so müssen die nachteiligen Folgen und die sich daraus ergebenden Gefahren der unzureichenden Vorgaben konkret dargelegt werden, damit dem Auftraggeber die Tragweite der Nichtbefolgung klar wird. Gem. § 4 Nr. 3 VOB/B hat der Bedenkenhinweis beim VOB-Bauvertrag schriftlich zu erfolgen. Beim BGB-Bauvertrag ist dem entgegen kein Formerfordernis zu beachten; vielmehr dient eine Schriftform aber auch hier in erster Linie Beweis Zwecken. Andererseits ist die Beachtung der Schriftform nach Treu und Glauben nicht Voraussetzung für die Haftungsbefreiung, so dass auch bei einem VOB-Bauvertrag ein mündlicher Hinweis, der trotz Fehlens der Schriftform den Warnzweck erfüllt, für die Enthftung im Sinne des § 13 Nr. 3 VOB/B ausreichend sein soll.

Adressat des Bedenkenhinweises ist der Auftraggeber selbst oder ein zum Empfang dieses Hinweises ermächtigter Empfangsbote bzw. Empfangsvertreter, wobei diese – jedenfalls nach der Verkehrsauffassung – als zur Entgegennahme von Willenserklärungen als ermächtigt anzusehen sind. Verschließt sich der empfangszuständige Bauleiter oder Architekt den angezeigten Bedenken oder ist ersichtlich, dass die Informationen erkennbar nicht weitergegeben wird, muss der Auftragnehmer die Bedenken gegenüber dem Auftraggeber selbst geltend machen (BGH, BauR 1978, 54; BauR 1997, 301; BauR 2001, 62).

Schließlich hat der Auftragnehmer nach Treu und Glauben die Reaktion des Auftraggebers auf den Bedenkenhinweis abzuwarten. Meldet sich der Auftraggeber nach einer angemessenen Frist nicht, kann es geboten sein, durch Nachfrage zu klären, ob trotz der Bedenken weiter gearbeitet werden soll. Der Auftragnehmer darf bei verständiger Würdigung des Gesamtverhaltens des Auftraggebers jedenfalls nicht davon ausgehen, dass dieser ein im Ergebnis unbrauchbares Werk wünscht, so dass einem Schweigen des Auftraggebers auf den Bedenkenhinweis des Auftragnehmers jedenfalls keine konstitutive Wirkung im Sinne eines Einverständnisses zukommt.

Die vorstehenden Ausführungen, betreffend die jeweiligen Erweiterungen des Mangelbegriffs, zeigen deutlich auf, wie sich der Werkunternehmer, will er eine mögliche Haftung vermeiden, verhalten muss:

Sollte der Dachdecker aufgrund entsprechender Umsetzung planerischer Vorgaben (betrifft insbesondere den intensiven Dachausbau) das bauphysikalische bzw. bauthermische Problem einer unzureichenden Hinterlüftung des Daches befürchten, so hat er vor Eindeckung des Daches mit Reet den Bauherren hierüber zu informieren und entsprechende Bedenken – im Hinblick auf eine spätere Beweisführung am besten immer schriftlich – anzumelden.

Des Weiteren wird dringend anempfohlen, sich bereits gegenwärtig an die zunächst im Entwurf (Gelbdruck) vorhandene Fachregel zur Dachdeckung mit Reet zu halten, insbesondere die dort enthaltenen Anweisungen, was das zu verbauende Material anbelangt, einzuhalten. Im Übrigen hat der Dachdecker eine konkrete Materialüberprüfung spätestens an der Baustelle vorzunehmen und diese entsprechend den Vorgaben des Erfassungsbogens zu dokumentieren.

Schließlich ist überdies zu befürworten, dass ein genereller Hinweis gegenüber dem Bauherren auf die gegenwärtige Reet-Problematik erfolgt unter gleichzeitiger Erklärung, dass das zu verbauende Material nach den entsprechend anempfohlenen Parametern (Fachregel zur Dachdeckung mit Reet) überprüft worden ist.

Die Notwendigkeit einer derartigen Absicherung des Dachdeckers ergibt sich aus den vorstehenden Darlegungen zum erweiterten Mangelbegriff. Überdies sei an dieser Stelle ergänzend auf ein neueres Urteil des OLG München vom 30.11.2005, Az. 27 U 229/05 (BauR 2006, 1797), verwiesen. Das OLG München hatte in vorbenannter Entscheidung – in Aktualisierung der zuvor dargelegten höchstrichterlichen Rechtsprechung – unzweideutig festgestellt, dass die Leistung des Werkunternehmers sich nicht auf eine isolierte Werkleistung beschränkt, sondern überdies deren funktionelles Umfeld mit einbeziehen muss. Dies würde insbesondere Vorgewerke betreffen mit deren Überprüfung der Auftragnehmer den Erfolg seiner eigenen Leistung abzusichern hätte.

Die vorbenannte Entscheidung ist in diesem Kontext deshalb so interessant, da sie sich speziell mit Dacharbeiten befasst: Im Ergebnis hält das OLG München fest, dass zur Dichtigkeit eines Daches nicht nur die Vermeidung des Eindringens von Niederschlagswasser gehöre, sondern auch die Verhinderung von Kondensatbildung.

Interessant ist weniger das Ergebnis, als die dogmatische Herleitung; insoweit führt das OLG München in vorbenanntem Urteil wörtlich wie folgt aus:

„Mit Rücksicht auf den funktionalen Mangelbegriff (BGH BauR 2002, 1536 und BauR 2003, 236, 238) hat eine Dachabdichtung jedoch nicht nur für den Schutz vor Bewitterung und deren Folgen, sondern auch dafür zu sorgen, dass im Inneren des Gebäudes vorhandener Wasserdampf schadlos nach außen diffundieren kann. Nach dem Gutachten des Sachverständigen ... ist die Dachabdichtung samt Vorgewerk nicht so ausgebildet, dass im Gebäudeinneren entstehender Wasserdampf ohne Kondensatbildung nach außen entweichen kann. Die Beklagte zu 1. kann sich nicht auf DIN 18338 Abschnitt 3.1.3 (Fassung 1988) berufen, wonach eine Dachdeckung regensicher und eine Dachdeckung wasserdicht ausgeführt werden muss. Dieses Regelwerk ist nicht geeignet, den durch § 633 BGB und § 13 Nr. 1 VOB/B geprägten und von Gebrauchstauglichkeitsanforderungen bestimmten Mangelbegriff einzuschränken. Die Beklagte zu 1. war danach vertraglich verpflichtet, die Eignung des Untergrundes für den Aufbau des Flachdaches, insbesondere das Vorliegen eines entsprechenden Gefälles zu überprüfen. (...) Umfang und Gegenstand der Prüfungspflichten sind danach zu bestimmen, ob das bauliche „Umfeld“ den Erfolg der Leistung negativ zu beeinflussen vermag (BGH BauR 1995, 538). Jeder Auftragnehmer, der seine Leistung in einem engen Zusammenhang mit den Vorarbeiten eines anderen

Unternehmers auszuführen hat, muss prüfen, ob diese Vorarbeit die geeignete Grundlage für die eigene Arbeit bietet und keine Eigenschaften aufweist, die den Erfolg der eigenen Leistung in Frage stellen könnte (BGH NJW 1960, 813; BauR 1987, 86). Eine Begrenzung erfolgt durch Zumutbarkeitskriterien, die jedoch nicht durch den Entwicklungsstand der DIN 18338 geprägt werden ...“

Auch die vorbenannte Entscheidung zeigt noch einmal instruktiv die vorstehend dargelegten Grundsätze auf, wonach auf Basis des funktionalen Mangelbegriffs einerseits sowie der gesetzlich verankerten Prüf- und Hinweispflicht andererseits ein Werkmangel auch dann angenommen wird, wenn die Ausführung in Konformität zur geltenden DIN (!) erfolgt ist. Eine Haftungsbegrenzung erfolgt allein durch den eher vagen Begriff des Zumutbarkeitskriteriums.

d) Haftungsausnahmen / Einschränkungen der Mangelbegriffs-Erweiterungen

Ausgehend von dem Gesichtspunkt mangelnder Zumutbarkeit im Hinblick auf eine anzunehmende Haftung kommt die jüngste Rechtsprechung in den nachstehend dargelegten Fällen zum Haftungsausschluss. Allerdings – dies sei am Rande bemerkt – handelt es sich hierbei nicht um eine zu vereinheitlichende Rechtsprechung, sondern ausnahmslos um eine jeweils singuläre obergerichtliche Kasuistik, so dass an dieser Stelle nur die signifikanten Entscheidungen kurz dargestellt werden sollten:

- nach dem Urteil des OLG Köln vom 06.12.2005, Az. 22 U 72/05 (IBR 2007, 192) soll eine Mängelhaftung des Auftragnehmers jedenfalls dann ausscheiden, wenn das auftraggeberseitig erstellte Leistungsverzeichnis auf den Planungen von Sonderfachleuten beruht und diese die bestehende Problematik ebenfalls nicht erkannt haben; insoweit müsse der Auftragnehmer nicht „klüger“ sein als derartige Sonderfachleute; er dürfe sich vielmehr auf die Aussagen der Sonderfachleute verlassen, soweit diese nicht offensichtlich unzutreffend sind;
- nach dem Urteil des OLG Köln vom 16.01.2007, Az. 3 U 214/05 (IBR 2007, 242) entfällt die Prüfungs- und Hinweispflicht des Auftragnehmers, wenn er sich darauf verlassen kann, dass der fachkundige Auftraggeber selbst oder durch seinen bauleitenden Vertreter (Architekt bzw. Sonderfachmann) ein bestimmtes Risiko erkannt und bewusst in Kauf genommen hat. Tritt in einem derartigen Fall der Architekt auch als Bauleiter auf, müsse sich der Bauherr das Wissen des Architekten nach dem Rechtsgedanken des § 166 BGB zurechnen lassen. Der Auftraggeber, der um Gefahren für das Gelingen des Werkes weiß, sei verpflichtet, durch Handlungen, die – wie etwa ein entsprechender Hinweis – geeignet und unschwer möglich sind, dazu beizutragen, dass sich die Gefahr nicht realisiert;
- nach dem Urteil des OLG Brandenburg vom 09.05.2007, Az. 13 U 103/03 (IBR 2007, 550) soll der Auftragnehmer von seiner Mängelbeseitigungspflicht jedenfalls dann frei werden, wenn der Auftraggeber die Verwendung eines bestimmten Materials verbindlich vorschreibt und dem Auftragnehmer hiergegen bei sorgfältiger Prüfung keine Bedenken kommen müssen;

Die vorstehenden Entscheidungen stellen eine gewisse Haftungserleichterung für den Auftragnehmer dar. Gleichwohl sollte der Werkunternehmer jederzeit die konkreten Voraussetzungen am Bau, einschließlich des zu verbauenden Materials, sorgsam prüfen und etwaige Bedenken umgehend dem Bauherren – am besten schriftlich – mitteilen.

5.5.2.2 Beweislastfragen / Abnahme

Immer dann wenn es zu Werkmängeln kommt, stellt sich notwendig die Frage, wer die Beweislast trägt, d. h. ob etwa der Auftragnehmer darlegungs- und beweispflichtig für die Mangelfreiheit der von ihm erbrachten Werkleistung ist oder aber ob der Auftraggeber seinerseits beweisen muss, dass die Werkleistung entsprechend mangelbehaftet ist.

Grundsätzlich hat zunächst der Auftragnehmer die volle Beweislast für die Mangelfreiheit der von ihm erbrachten Werkleistung. Eine maßgebliche Zäsur stellt insoweit die Abnahme dar. Mit dem Zeitpunkt der Abnahme geht die Beweislast im Hinblick auf das Vorliegen von Mängeln auf den Auftraggeber über.

Abnahme in vorbezeichnetem Sinn meint die körperliche Hinnahme des Werkes verbunden mit der Billigung als der Hauptsache nach vertragsgemäßer Leistung (BGHZ 48, 262; 50, 160, 162; BauR 1974, 67/68).

Wesen und maßgebliche Funktion der Abnahme der Werkleistung sowohl im BGB- als auch im VOB/B-Vertrag ist die, die Frage zu klären, ob das Werk der vertraglichen Vereinbarung entspricht. Die Abnahme soll dem Auftraggeber die Möglichkeit eröffnen, die Werkleistung daraufhin zu überprüfen, ob sie vertragsgerecht erbracht worden ist. Mit der Abnahme wird das Erfüllungsstadium des Vertragsverhältnisses beendet und dessen Abwicklungsstadium eingeleitet.

Es gibt vielfältige Abnahmeformen, die in der Praxis vorkommen können:

- Zunächst ist an die ausdrückliche Abnahme der Bauleistungen nach BGB zu denken bzw. an die förmliche Abnahme gem. § 12 Nr. 4 VOB/B; liegt eine derartige explizite Abnahmehandlung nicht vor, so kommt als weitere Abnahmeform
- die konkludente bzw. schlüssige Abnahme in Betracht; sie setzt ein vom Willen des Auftraggebers getragenes, nach außen getretenes Verhalten voraus, d. h. der Auftraggeber muss mithin durch sein Verhalten – zu denken ist hier insbesondere an die bestimmungsgemäße Ingebrauchnahme des Bauwerks (vgl. hierzu BGH, BauR 1985, 200) – zum Ausdruck bringen, dass er das Bauwerk als im Wesentlichen vertragsgerecht ansieht; ist ein derartiges Erklärungsbewusstsein aus der Handlung nicht herzuleiten, so stellt sich weiterhin die Frage nach einer
- fiktiven Abnahme der Bauleistung: Nach dem BGB kommt hier die sogenannte Fertigstellungsbescheinigung nach § 641 a BGB sowie die fiktive Abnahme nach § 640 Abs. 1 S. 3 BGB in Betracht; im Rahmen eines VOB/B-Vertrags ist hier zusätzlich auf § 12 Nr. 5 VOB/B zu verweisen.

Hinzuweisen ist schließlich darauf, dass der Auftragnehmer/der Bauherr nach § 12 Nr. 3 VOB/B wegen wesentlicher Mängel die Abnahme bis zu Beseitigung derselben verweigern darf. Als wesentliche Mängel in diesem Sinne sind vor allem solche Mängel anzusehen, die die bestimmungsgemäße oder funktionsgerechte Benutzung der Bauleistungen verhindern (vgl. OLG Hamm, Urteil vom 26.11.2003, Az. 12 U 112/03, IBR 2005, 420). Dies kann im Einzelfall auch bei einer sehr großen Anzahl kleinerer Mängel der Fall sein, die, jeder für sich, die bestimmungsgemäße Nutzung zwar nicht ausschließen, in ihrer Addition aber derart ins Gewicht fallen, dass eine Abnahme nicht zumutbar ist (vgl. KG BauR 1984, 527). Die Abnahmeverweigerung sollte vom Bauherrn stets klar und deutlich als Verweigerung ausgesprochen werden, um Missverständnisse auf beiden Seiten zu vermeiden! Dies gilt deshalb, da die bloße Mängelrüge auch erheblicher oder zahlreicher Mängel für sich alleine

noch keine Abnahmeverweigerung bedeutet, sondern als bloßer Mangelvorbehalt bei der Abnahme gem. § 12 Nr. 4 Abs. 1 S. 3 VOB/B oder gemäß § 12 Nr. 5 Abs. 3 VOB/B anzusehen ist.

Exkurs:

Die Abnahme ist aber nicht nur im Hinblick auf eine mögliche Beweislastumkehr hinsichtlich des Vorhandenseins bzw. Nichtvorhandenseins von Mängeln erheblich. An die Abnahme sind weitere wesentliche Rechtsfolgen vom Gesetzgeber geknüpft:

Zu nennen sind hier insbesondere die Fälligkeit des Werklohnanspruchs nach § 641 BGB, der Übergang der Leistungs- und Preisgefahr (Leistungsgefahr bedeutet, dass der Auftragnehmer bis zum Zeitpunkt der Abnahme das bereits von ihm (teil-)errichtete Werk im Falle seines Untergangs bzw. im Falle seiner Beschädigung neu errichten muss; Preisgefahr bedeutet im Gegenzug, dass der Vergütungsanspruch des Auftragnehmers bestehen bleibt, obwohl das Werk – dann aber nach Abnahme – d. h. in der Sphäre des Auftraggebers untergegangen ist); schließlich beginnt gemäß § 634 a Abs. 2 BGB die Verjährung für die auftraggeberseitigen Ansprüche auf Nacherfüllung, Aufwendungsersatz bei Selbstvornahme, Kostenvorschuss, Schadensersatz sowie Ersatz vergeblicher Aufwendungen mit dem Abnahmezeitpunkt zu laufen.

Nicht nur im Hinblick auf die Beweislastverteilung stellt die Abnahme daher eine ganz wesentliche Zäsur im Rahmen der werkvertraglichen Beziehungen dar. Sowohl auftraggeber- als auch auftragnehmerseitig ist daher im Rahmen der Abnahme höchste Vorsicht geboten! Naturgemäß ist es das Ziel des Auftragnehmers/Werkunternehmers möglichst zeitnah eine mangelfreie Abnahme zu realisieren. Der Auftraggeber/Bauherr muss hier insbesondere folgendes im Blick haben:

Nimmt er die Werkleistung ab, obwohl er zum Zeitpunkt der Abnahme bereits Kenntnis von gewissen Mängeln hat, verliert er einerseits seine Nacherfüllungsansprüche und andererseits die Gestaltungsrechte des Rücktritts und der Minderung (nicht des Schadensersatzes). Um dies zu verhindern, muss er gemäß § 640 Abs. 2 BGB einen entsprechenden Vorbehalt bei der Abnahme aussprechen (hierzu instruktiv: BGH, BauR 1997, 129). Werden derartige Mängel im Rahmen der Abnahme reklamiert, führt dies andererseits dazu, dass hinsichtlich dieser Mängel keine Beweislastumkehr – trotz Abnahme – stattfindet (vgl. BGH NJW-RR 1998, 1268).

Liegt überdies eine Vertragsstrafenvereinbarung vor und ist diese auftragnehmerseitig grundsätzlich verwirkt, kann sie vom Auftraggeber gem. § 341 Abs. 3 BGB bzw. § 11 Nr. 4 VOB/B gleichwohl nur dann verlangt werden, wenn sich der Auftraggeber/Bauherr das diesbezügliche Recht bei der Abnahme des Werkes vorbehalten hat. Es bedarf insoweit einer ausdrücklichen Erklärung des Vorbehalts, aus welcher sich eindeutig der Wille entnehmen lässt, dass der Auftraggeber auch unter dem Eindruck der Erfüllung des Vertrags den verwirkten Vertragsstrafenanspruch nicht aufgibt (vgl. BGH BauR 1975, 55). Eine Erklärung vor oder nach der Abnahme reicht hierzu grundsätzlich nicht aus (BGH BauR 1983, 80). Ein Vorbehalt soll grundsätzlich nur dann entbehrlich sein, wenn der Anspruch aus Vertragsstrafe vom Auftragnehmer bereits anerkannt worden ist (vgl. OLG Celle, BauR 2000, 278; OLG Naumburg, NJW-RR 1995, 154).

Es bleibt danach festzuhalten, dass nach der Abnahme grundsätzlich der Auftraggeber die Beweislast dafür hat, dass ein Mangel auf einer Pflichtverletzung des Auftragnehmers beruht. Der Auftraggeber/Bauherr muss folglich nach Abnahme nicht nur darlegen, dass ein Mangel überhaupt vorliegt, sondern dass dieser Mangel auch gerade auf das Gewerk des Auftragnehmers rückführbar ist bzw. durch diesen verursacht wurde.

Kommen mehrere Ursachen für einen festgestellten Mangel zunächst in Betracht, wie dies im Übrigen auch bei Schäden an Reetdächern durchaus der Fall sein kann (s.o. zu I.), und trägt der Auftragnehmer/Werkunternehmer nun sachlich fundiert, d. h. substantiiert mögliche Ursachen für das Mangelercheinungsbild vor, für die nicht er, sondern Dritte verantwortlich sind, ist es Sache des Auftraggebers, die vom Auftragnehmer vorgetragene Drittsachen zu widerlegen. Gelingt dies dem Auftraggeber/Bauherrn nicht, lässt sich die Ursache für die Mängel demnach nicht endgültig klären, verliert der Auftraggeber den Rechtsstreit (vgl. hierzu das Urteil des OLG Braunschweig vom 17.03.2005, Az. 8 U 116/02).

Eine derart ungünstige Rechtsfolge für den Auftraggeber steht und fällt demnach mit der Bejahung einer Abnahme – in welcher Form auch immer sie vorliegen mag (s. o.). Aus den dargelegten zahlreichen Gründen gilt insoweit auf beiden Vertragsparteienseiten erhöhte Aufmerksamkeit, wenn es um Fragen der Abnahme geht.

5.5.2.3 Formelle Voraussetzungen der Gewährleistungsrechte

Liegt eine mangelhafte Werkleistung vor und ist diese für den Auftraggeber/Bauherrn auch – sofern es bereits zu einer Abnahme gekommen – beweisbar, hat dieser zunächst einen Anspruch auf Mängelbeseitigung (Nachbesserung/Neuherstellung) wobei sich dieser Anspruch im Rahmen eines BGB-Vertrages vor der Abnahme aus § 633 Abs. 1 BGB und nach der Abnahme aus §§ 634 Nr. 1, 635 BGB ergibt. Selbiges gilt grundsätzlich für den VOB-Vertrag, bei dem sich der Mängelbeseitigungsanspruch vor der Abnahme aus § 4 Nr. 6 bzw. § 4 Nr. 7 VOB/B ergibt und nach der Abnahme aus § 13 Nr. 5 Abs. 1 VOB/B folgt.

Erst danach stehen dem Bauherrn grundsätzlich die weitergehenden Gewährleistungs-/Mängelrechte des Rücktritts, der Minderung sowie des Schadensersatzes zu.

Aus alledem folgt, dass der Auftragnehmer zunächst unter entsprechender Fristsetzung zur Mängelbeseitigung aufgefordert werden muss. Dem Unternehmer ist insoweit eine angemessene Frist zur Nacherfüllung zu setzen, d. h. ihm ist eine sogenannte „zweite Erfüllungschance“ zu geben. Erst wenn die insoweit gesetzte angemessene Frist ergebnislos verstrichen ist, kann der Bauherr nach seiner Wahl im Sinne elektiver Konkurrenz den Mangel selbst beseitigen und Aufwendungsersatz bzw. Vorschuss hierfür fordern, den Werklohn mindern sowie im Grundsatz vom Vertrag zurücktreten oder Schadensersatz statt der Leistung bzw. Ersatz vergeblicher Aufwendungen verlangen.

Welche jeweiligen Rechte hier für den Auftraggeber/Bauherrn günstiger sind, kann, da einzelfallabhängig, an dieser Stelle nicht vertieft dargestellt werden. Insoweit ist es jedenfalls ratsam, dass der Auftraggeber/Bauherr hier bereits einen Rechtsanwalt konsultiert, damit gleich eine richtige „Weichenstellung“ erfolgen kann.

Im Rahmen dieser Darstellung ist nur wichtig festzuhalten, dass dem Auftragnehmer zunächst die Möglichkeit der Mängelbeseitigung unter angemessener Fristsetzung eingeräumt werden muss.

Der Auftraggeber/Bauherr muss hier auch bedenken, dass grundsätzlich dem Werkunternehmer allein obliegt, wie er die Nacherfüllung bewerkstelligen möchte, ob durch Nachbesserung oder durch Neuherstellung. Wählt der Auftragnehmer die Form der Nachbesserung, so bestimmt er zunächst auch grundsätzlich die Art und Weise der Nachbesserung (vgl. BGH NJW-RR 1988, 208), so dass deshalb ein ungeeigneter Nachbesserungsvorschlag des Auftraggebers den Nacherfüllungsanspruch nicht entfallen lässt (BGH NJW-RR 1998, 233). Der Auftraggeber

kann eine bestimmte Art der Nachbesserung nur in dem Ausnahmefall verlangen, wenn der Mangel nur so, d. h. auf eine ganz spezifische Art und Weise beseitigt werden kann (BGH NJW-RR 1997, 1106).

Insoweit ist Vorsicht geboten: Steht nicht unzweideutig fest, dass nur eine spezifische Mängelbeseitigungsmaßnahme in Betracht kommt, sollte der Auftraggeber darauf verzichten, dem Auftragnehmer vorzuschreiben, wie der Mangel zu beseitigen ist.

Festzuhalten bleibt daher, dass der Werkunternehmer durch den Auftraggeber/Bauherrn grundsätzlich (nur) unter angemessener Fristsetzung zur Mängelbeseitigung aufzufordern ist.

Hinsichtlich der Substantiierung des jeweiligen Mangels ist auf die Erleichterungen für den Auftraggeber/Bauherrn hinzuweisen, die sich aus der Rechtsprechung des Bundesgerichtshofs zur sogenannten „Symptomtheorie“ ergeben. Danach genügt der Auftraggeber/Bauherr seiner Darlegungspflicht, wenn er einen Mangel, aus dem er seine Rechte herleitet, in seinem objektiven Erscheinungsbild behauptet und belegt (vgl. BGH BauR 2003, 693/694 = ZfBR 2003, 363/364; BauR 2000, 261; BauR 2002, 613, 617; BauR 2004, 102/103). Der Auftraggeber ist danach nicht genötigt, auch die Gründe seiner Entstehung, also die Mängelursachen im Einzelnen anzugeben (BGH, BauR 2002, 613, 617; BauR 2002, 784/785; BauR 2000, 261), zumal der Bauherr dem Unternehmer ohnehin nicht vorschreiben kann, wie dieser eine etwaige Nachbesserung/Nacherfüllung auszuführen hat (s. o.).

Erst unter Berücksichtigung dieser formellen Voraussetzung ergeben sich die bereits dargelegten weitergehenden Gewährleistungsansprüche des Auftraggebers/Bauherrn und es stellt sich gleichsam die Frage, wie lange diese Ansprüche zu seinen Gunsten bestehen.

5.5.2.4 Verjährung

Damit ist die Frage der Verjährung der Gewährleistungsansprüche angesprochen. Hier gelten grundsätzlich verschiedene Verjährungsfristen, je nachdem ob ein BGB-Bauvertrag oder aber ein VOB/B-Bauvertrag den jeweils streitgegenständlichen Werkleistungen zugrunde liegt.

Nach neuem Recht, d. h. ab der Schuldrechtsreform vom 01.01.2002, ist die Verjährung der Gewährleistungsansprüche des Bauherrn nunmehr in § 634 a BGB n. F. geregelt. Danach beträgt die Verjährungsfrist für die in § 634 Nr. 1, 2 und 4 BGB n. F. genannten Ansprüche fünf Jahre „bei einem Bauwerk“. Hiervon sind nachfolgende Ansprüche betroffen:

- der Nacherfüllungsanspruch nach § 635 BGB,
- der Anspruch auf Selbstvornahme und auf Ersatz der erforderlichen Aufwendungen nach § 637 BGB,
- der Schadensersatzanspruch (§§ 636, 280, 281, 283, 311 a BGB) bzw. der Anspruch nach § 284 BGB auf Ersatz vergeblicher Aufwendungen.

Bezüglich des Minderungsrechts gemäß § 638 BGB gilt die Besonderheit, dass es gemäß §§ 636, 323 und 326 Abs. 5 BGB nunmehr als Gestaltungsrecht anzusehen ist, so dass grundsätzlich eine Verjährung nicht in Betracht kommt (vgl. Begründung zum Regierungsentwurf, BT-Drucksache 14/6040, S. 266). Beim Minderungsrecht gilt aber ebenso wie beim Rücktrittsrecht § 218 BGB, der gemäß § 634 a Abs. 3 und 5 BGB zu beachten ist. Daraus folgt, dass sowohl die Minderung wie auch der Rücktritt ausgeschlossen sind, wenn der Erfüllungsanspruch oder der Nacherfüllungsanspruch verjährt sind und der Auftragnehmer sich hierauf beruft.

Im hier interessierenden Fall einer Dacheindeckung mit Reet ergibt sich nicht die zum Teil schwierige Abgrenzungsfrage zwischen „Arbeiten an einem Grundstück“ einerseits und „Arbeiten an einem Bauwerk“ andererseits, da Dacheindeckungsarbeiten unstreitig Arbeiten an einem Bauwerk darstellen (zur Abgrenzungsproblematik im übrigen Werner/Pastor a. a. O., Rn. 2379 ff.).

Im Anwendungsbereich der VOB/B hat die seinerzeitige VOB 2002 im Rahmen des § 13 Nr. 4 VOB/B erhebliche Veränderungen mit sich gebracht. Nunmehr verjähren alle Gewährleistungsansprüche (§ 13 Nr. 5, 6, 7 VOB/B) in vier Jahren, soweit es sich um Mängel an Bauwerken handelt.

Die Verjährung beginnt, wie bereits dargelegt, mit dem Zeitpunkt der Abnahme. Verweigert der Bauherr – grundlos – die Abnahme, so beginnt die Verjährung in dem Zeitpunkt, in dem er die Bauleistung und deren Abnahme endgültig abgelehnt hat (vgl. BGH, WM 1970, 228 = NJW 1970, 421, 422; BauR 1974, 205).

Abweichend von den soeben dargestellten, generell geltenden Verjährungsfristen gilt eine Sonderregelung für den Fall, dass der Auftragnehmer den Mangel arglistig verschwiegen hat. Nach § 634 a Abs. 3 BGB gilt sodann die 3-jährige Regelverjährungsfrist gem. §§ 195; 199 BGB, mit der Folge, dass die Verjährungsfrist erst mit dem Schluss des Jahres zu laufen beginnt, in dem der Anspruch entstanden ist und der Gläubiger von den den Anspruch begründenden Umständen und der Person des Schuldners Kenntnis erlangt oder ohne grobe Fahrlässigkeit erlangen müsste.

Es liegt auf der Hand, dass es sich bei dem Einwand der arglistigen Täuschung um ein in Bauprozessen häufiges Verteidigungsvorbringen vor allem im Zusammenhang mit Verjährungsfristen handelt. Grundsätzlich ist der Auftragnehmer, der sich auf einen Arglisteinwand beruft, für die von ihm behauptete Arglist auch darlegungs- und beweispflichtig.

Im Rahmen eines arglistigen Handelns kommt grundsätzlich Täuschung durch ein aktives Tun aber auch die Täuschung durch ein arglistiges Verschweigen eines Mangels in Betracht. Letztere Fallgruppe liegt vor, wenn der Unternehmer den Mangel kennt, ihn für erheblich bzgl. des Bestandes und der Benutzung des Bauwerkes hält, den Mangel aber dennoch nicht mitteilt oder ihn beseitigt, obwohl er nach Treu und Glauben, insbesondere im Hinblick auf die Bedeutung des Mangels, zur Offenbarung verpflichtet gewesen wäre (vgl. BGH; BauR 1970, 244 = WM 1970, 964; BGH, BauR 2004, 2476). Eine Schädigungsabsicht oder ein Streben nach eigenem Vorteil sind grundsätzlich nicht erforderlich (vgl. BGH Z 117, 318).

Verwendet der Unternehmer planwidriges oder untaugliches Material – wie dies im Falle der Verwendung belasteten Reets oder aber der Verwendung von Reet, welches nicht den Qualitätsstandards der Fachregel für Dachdeckung mit Reet entspricht, denkbar ist – so genügt er seiner Mitteilungspflicht gegenüber dem Besteller/Bauherren nach Auffassung des BGH (BGH, BauR 1986, 215 = ZfBR 1986, 69 = BB 1986, 351 = DB 1986, 533; BGH, BauR 2002, 1401) nicht allein dadurch, dass er ihm die Verwendung dieses Baustoffes durch Hinweis oder Besichtigung bekannt werden lässt. Vielmehr muss der Auftragnehmer dann auch auf den schon in der Verwendung dieses Baustoffes liegenden Mangel und das damit verbundene erhebliche Risiko hinweisen, um dem Vorwurf arglistigen Verschweigens zu entgehen (vgl. auch BGH NJW 2002, 2776 zu dem Fall der vertragswidrigen Verwendung nicht erprobten Materials).

Vor dem Hintergrund der soeben aufgezeigten Rechtsprechung entsteht die nicht unerhebliche Gefahr, dass sich der Auftragnehmer jedenfalls dann dem Vorwurf arglistigen Verhaltens ausgesetzt sieht, wenn er in Anbetracht der aktuellen Reet-Problematik, d.h. in Kenntnis des Umstandes, dass möglicherweise - jedenfalls gegenwärtig - vereinzelte Reetchargen offensichtlich einer spezifischen mikrobiologischen Belastung ausgesetzt sind, diesen Umstand verschweigt und gleichwohl mit einem derartigen Werkstoff das jeweilige Dach eindeckt.

Insoweit ist dem Werkunternehmer dringlich anzuraten, vor der Dacheindeckung hier entsprechend Aufklärung zu betreiben. Um über eine diesbezügliche Aufklärung auch im Nachhinein einen entsprechenden Nachweis führen zu können, bietet es sich hier an, auf das **Musteraufklärungsschreiben** des Landesinnungsverbandes des Dachdeckerhandwerks Schleswig-Holstein zu rekurrieren.

An dieser Stelle sei folgender Hinweis erlaubt: Im Kontext der Verlängerung von Verjährungsfristen durch arglistige Täuschung des Auftragnehmers spielt in Anlehnung an die diesbezügliche Grundsatzentscheidung des Bundesgerichtshofs vom 12.03.1992 (BGHZ 117, 318 = BauR 1992, 500 = ZfBR 1992, 168 = NJW 1992, 1.754 = MDR 1992, 675) auch das Haftungsinstitut des sog. Organisationsverschuldens eine nicht unerhebliche Rolle. Im Prinzip geht es darum, dass sich der Unternehmer seiner vertraglichen Offenbarungspflicht bei Ablieferung des fertigen Werkes nicht dadurch soll entziehen können, dass er sich unwissend hält oder sich keiner Gehilfen bei der Pflicht bedient, Mängel zu offenbaren.

Im Rahmen dieser Darstellung wird bewusst darauf verzichtet, zu dem komplexen Thema des sog. Organisationsverschuldens weitergehende Ausführungen zu machen, da dies vom Umfang her den vorgegebenen Rahmen sprengen würde. Ergänzende Literaturhinweise finden sich bei Werner/Pastor a.a.O., Rn. 2332 a. E..

Schließlich u. a. auch im Bereich der Verjährungsproblematik relevant ist die rechtliche Konstruktion des sog. „weiterfressenden“ Mangels (vgl. hierzu aber die separaten Ausführungen unter II., 6)

5.5.2.5 Einbeziehung Dritter?

Liegen demnach sämtliche Anspruchsvoraussetzungen vor, hat sich mithin der Auftraggeber/Bauherr für ein spezielles Gewährleistungsrecht, welches er gegenüber dem Auftragnehmer geltend macht, entschieden und ist auch diesbezüglich Verjährung noch nicht eingetreten, so stellt sich für den Auftragnehmer regelmäßig die Frage, ob das Verhalten Dritter am Bau Beteiligter zu seinen Gunsten schadensmindernd zu berücksichtigen ist. In diese Richtung ist zunächst an den planenden und bauüberwachenden Architekten des Bauherren einerseits sowie an den Baustofflieferanten andererseits zu denken.

Grundsätzlich gilt, dass nach §§ 254 Abs. 2 Satz 2; 278 BGB sich der Geschädigte ein Mitverschulden und eine Verletzung der Schadensminderungspflicht seines gesetzlichen Vertreters oder Erfüllungsgehilfen wie eigenes Mitverschulden anrechnen lassen muss, soweit er sich dieser zur Wahrnehmung seiner Interessen bedient hat.

a) Der planende Architekt

Vorstehende Tatsache gewinnt im Baurecht insbesondere dadurch Bedeutung, dass vor allem der Architekt bzw. ein Sonderfachmann Erfüllungsgehilfe des Bauherren im Sinne des § 278 BGB sein kann, soweit es insbesondere das Rechtsverhältnis des Bauherren gegenüber dem

Unternehmer betrifft (vgl. hierzu BGH, BauR 1991, 79 m.w.Nachw.).

Ein dem Bauherren anzurechnendes Verschulden des Architekten gegenüber dem Bauunternehmer soll in der Regel allerdings nur dann vorliegen, wenn Pflichten oder Obliegenheiten von dem Architekten verletzt werden, die einerseits zu den Leistungen des Architekten und damit in seinen Verantwortungsbereich gehören und andererseits den Bauherrn gegenüber dem Bauunternehmer treffen (vgl. BGH, BauR 1972, 112; OLG Stuttgart, VersR 1970, 531 m.Anm. Ganten, VersR 1970, 823). Hieraus folgt, dass der Architekt als Erfüllungsgehilfe des Bauherren daher nur im Rahmen seiner Bauplanung und seiner Koordinierungspflicht anzusehen ist (BGH, BauR 1970, 57 = WM 1970, 354). Nach ständiger höchstrichterlicher Rechtsprechung gehört es zu den Aufgaben des Bauherren gegenüber dem Bauunternehmer, diesem einwandfreie Pläne und Unterlagen zur Verfügung zu stellen sowie die Entscheidungen zu treffen, die für die reibungslose Ausübung des Baus unentbehrlich sind, wozu auch die Abstimmung der Leistungen der einzelnen Unternehmer während der Bauausführung (Koordinierungspflicht) gehören soll (vgl. BGH, BauR 1972, 112; BauR 1970, 57, 59; OLG Frankfurt, NJW 1974, 62).

Der Anteil einer möglichen Mithaftung des Auftraggebers bestimmt sich nach dem jeweils zu gewichtenden Verursachungsbeitrag des in Anspruch genommenen Auftragnehmers sowie des Auftraggebers bzw. seines Erfüllungsgehilfen (weiterführend Kniffka, BauR 2005, 274, 276 ff.).

Zu beachten bleibt, dass nach der Rechtsprechung des Bundesgerichtshofs im Einzelfall das Verschulden des in Anspruch genommenen Auftragnehmers, der auf die mangelhafte Planung hätte hinweisen können, ganz zurücktreten kann, wenn der Mangel auf einem Planungsfehler beruht und diese fehlerhafte Planung des vom Auftraggeber beauftragten Architekten die eigentliche Schadensursache gesetzt hat (vgl. BGH, BauR 1973, 190; BauR 1975, 278; BauR 1978, 139). Der Auftragnehmer wird in dieser Konstellation von seiner Haftung gegenüber dem Auftraggeber frei. Stellt sich der Fall aber so dar, dass der Auftragnehmer seiner Hinweispflicht gegenüber einer fehlerhaften Planung nicht nachgekommen ist, obwohl er die Fehlerhaftigkeit der Planung positiv erkannt und die Mängel deshalb sicher vorausgesehen hat, vertritt der Bundesgerichtshof die Auffassung, dass dann das dem Auftraggeber zurechenbare (Mit-)Verschulden des Architekten hinter dem Verschulden des Auftragnehmers ganz zurücktritt (BGH NJW 1973, 518; BauR 1991, 71), mit der Folge, dass der Auftragnehmer dann in voller Höhe haftet.

Hinzuweisen ist schließlich darauf, dass eine Zurechnung eines Fremdmitverschuldens dagegen abgelehnt wird, wenn es um das Aufsichtsverschulden der von dem Auftraggeber eingesetzten Bauleitung geht. Da der Auftraggeber gegenüber dem Auftragnehmer keine Bauaufsicht schuldet, ist das für die Bauaufsicht eingesetzte Personal nämlich nicht Erfüllungsgehilfe des Auftraggebers, was zur Folge hat, dass §§ 254 Abs. 2 Satz 2; 278 BGB ausscheiden (BGH, BauR 1982, 514, 516; Soergel, BauR 2005, 239, 243 f.)

Die vorstehenden Erwägungen eines etwa anzurechnenden Mitverschuldensanteils zu Lasten des Bauherren würden sich in dem spezifischen Fall der Dacheindeckung mit Reet nur dann ergeben, wenn die Dacheindeckung auf Basis einer spezifischen Architektenplanung diesbezüglich erfolgen würde, wovon im Regelfall wohl nicht auszugehen sein wird.

Sollte nachweisbar eine eingetretene Reetdach-Zerstörung jedenfalls mitursächlich auf bauphysikalische Gesichtspunkte, insbesondere im Hinblick auf eine unzureichende Hinterlüftung aufgrund falscher Dachgeschossausbauplanung des Architekten zurückzuführen sein, käme wohl ebenfalls ein anzurechnendes Mitverschulden zu Lasten des Bauherren nicht

in Betracht, da eine diesbezügliche Planung des bauleitenden Architekten jedenfalls nicht Grundlage für die Dacheindeckung selbst ist.

In diesen Fällen kann der Bauherr/Auftraggeber den Werkunternehmer/Auftragnehmer in der Regel in voller Höhe, d.h. auf den vollen Schaden in Anspruch nehmen. Es bleibt dann dem Werkunternehmer/Auftragnehmer nichts anderes übrig, als über den Innenregress im Rahmen einer Haftungsausgleichsklage gem. § 426 Abs. 1, Abs. 2 BGB entsprechend Rückgriff beim Architekten zu nehmen. Insoweit ist anerkannt, dass zwischen planendem Architekten einerseits und Bauunternehmer andererseits von einem Gesamtschuldverhältnis auszugehen ist, wenn der Baumangel auf einen Planungsfehler des Architekten und den Ausführungsfehler des Bauunternehmers zurückzuführen ist. (vgl. BGH, BauR 1989, 97; Kniffka, BauR 2005, 274). Darüber hinaus wird in der Rechtsprechung des BGH trotz verschiedener vertraglicher Verpflichtungen und somit fehlender Leistungsidentität ein Gesamtschuldverhältnis auch zwischen dem bauleitenden Architekten und dem Bauunternehmer bejaht, soweit sie beide für einen Mangel am Bauwerk haften (BGH NJW 1965, 1175; vgl. auch die entsprechende obergerichtliche Rechtsprechung: OLG Hamm, BauR 2000, 1363; OLG Braunschweig, BauR 2001, 355; OLG Düsseldorf, NJW-RR 1994, 1240).

Es ist darauf hinzuweisen, dass vorstehende Ausführungen zu einem möglichen Gesamtschuldnerausgleich nur dann für den Werkunternehmer (hier Dachdecker) „gewinnbringend“ umzusetzen sein werden, wenn in technischer Hinsicht nachgewiesen ist, dass eine mögliche Reetdach-Zersetzung nicht nur auf den Befall des Werkstoffes Reet mit entsprechenden Mikroorganismen/Pilzen zurückzuführen ist, sondern gleichsam auch auf bauphysikalische/bauthermische Umstände im Sinne einer unzureichenden Hinterlüftung des Daches durch unsachgemäßen, vom planenden Architekten zu verantwortenden Dachausbau.

b) Der Baustofflieferant

Ob sich darüber hinaus der Bauherr auch ein mögliches Verschulden des Baustofflieferanten schadensmindernd zurechnen lassen muss, kann grundsätzlich dahin stehen: Entweder stellt der Bauherr selbst den zu verbauenden Werkstoff (hier das Reet), so dass er unter diesem Gesichtspunkt – vorbehaltlich einer entsprechenden Prüfungspflicht des Werkunternehmers – einen Mitverschuldensanteil für den Fall tragen würde, dass das Reet schadhaft ist.

In der Praxis wird sich eine diesbezügliche Fragestellung jedoch kaum ergeben, da in der Regel der Werkunternehmer, hier der Dachdecker, das Reet selbst einkauft und zur Baustelle liefert, um es sodann zu verbauen, so dass allenfalls davon auszugehen ist, dass der Baustofflieferant Erfüllungsgehilfe des Auftragnehmers ist (vgl. hierzu OLG Celle, BauR 1996, 263 = OLG 1995, 267).

Im Hinblick auf den Baustofflieferanten stellt sich aber aus Sicht des Werkunternehmers eine ganz andere Problematik:

Der Baustofflieferant, hier der Verkäufer des jeweiligen Reets, haftet dem Werkunternehmer seinerseits nach den kaufrechtlichen Gewährleistungsvorschriften der §§ 434 ff. BGB. Für Baustoffe und Bauteile gilt zwar über § 438 Abs. 1 Nr. 2 b BGB die fünfjährige Verjährungsfrist jedenfalls dann, wenn der Mangel der verwendeten Sache die Ursache für eine Mangelhaftigkeit des Bauwerks ist (vgl. Palandt, 66. Aufl., § 438, Rd.-Nr. 10). Insoweit besteht zwar auf den ersten Blick eine gewisse Harmonisierung der Gewährleistungsfristen nach Kaufrecht einerseits sowie nach Werkvertragsrecht andererseits. Zu bedenken ist aber, dass die kaufrechtliche Verjährung weit früher zu laufen beginnt, als die Verjährung der

werkvertraglichen Gewährleistungsansprüche des Bauherren. Dies deshalb, da die kaufrechtliche Verjährung bereits mit Übergabe des Baustoffs an den Käufer/Werkunternehmer beginnt, wo hingegen der Verjährungsbeginn der werkvertraglichen Gewährleistungsrechte zunächst die Fertigstellung des Werkes und die sich hieran anschließende Abnahme voraussetzt, die in zeitlicher Hinsicht logischerweise viel weiter hinten liegt, als die vorgelagerte Übergabe des jeweiligen Baustoffs an den Werkunternehmer.

Insoweit muss dem Werkunternehmer jedenfalls daran gelegen sein, sich für den Fall abzusichern, dass sich erst zum Ende der werkvertraglichen Gewährleistungszeit ein Haftungsfall herausstellt - zu einem Zeitpunkt also, zu dem möglicherweise die eigenen Gewährleistungsansprüche gegenüber dem Verkäufer des Baustoffes, hier dem Reet-Lieferanten, bereits abgelaufen sind.

Diesem Problem kann grundsätzlich nur durch eine individualvertraglich angepasste Verjährungsfrist-Vereinbarung Rechnung getragen werden, wonach der Verjährungsbeginn der kaufrechtlichen Gewährleistungsansprüche an den werkvertraglichen Abnahmezeitpunkt zu koppeln wäre. Ob dies – auch angesichts der den Baustoff-Lieferanten bekannten Zersetzungsproblematik des Reets – eine umsetzbare Lösung darstellt, mag indes bezweifelt werden.

Befindet sich der Werkunternehmer dagegen bereits im Rahmen einer gerichtlichen Auseinandersetzung, da er von dem Bauherren auf Mängelbeseitigung oder aber Zahlung (Kostenvorschuss, Schadensersatz, Aufwendungsersatz) in Anspruch genommen worden ist und sind zum Zeitpunkt der gerichtlichen Inanspruchnahme die eigenen kaufvertraglichen Gewährleistungsansprüche des Werkunternehmers gegenüber dem Baustofflieferanten noch nicht verjährt, so ist in diesem Fall dringend anzuzuführen, dass der Werkunternehmer, hier der Dachdecker, umgehend verjährungshemmende Maßnahmen in die Wege leitet, was in einer derartigen Konstellation zweckmäßigerweise durch eine Streitverkündung im Sinne von § 204 Abs. 1 Nr. 6 BGB erfolgen sollte. Damit kommt es mit Zustellung der Streitverkündungsschrift zum einen zur Hemmung der Verjährung der kaufvertraglichen Gewährleistungsansprüche. Zum anderen entsteht über §§ 68; 74 Abs. 3 ZPO die sog. Interventionswirkung, d.h. der Werkunternehmer kann sich in einem Folgeprozess die Feststellungen des Gerichts des Vorprozesses gegen den Baustofflieferanten zu Nutze machen. Hatte das Gericht im Rahmen seiner Urteilsfindung festgestellt, dass der Werkmangel seinerseits auf ein schadhaftes Material rückführbar war, so muss sich der Baustofflieferant diesen Umstand im Nachfolgeprozess dann gegen sich gelten lassen, wenn ihm der Werkunternehmer zuvor den Streit verkündet hatte.

Vor dem Hintergrund einer möglichen Einbeziehung Dritter in die rechtlichen Auseinandersetzungen zwischen Werkunternehmer und Bauherren empfiehlt sich auf jeden Fall, möglichst frühzeitig anwaltlichen Rat einzuholen, um nicht Gefahr zu laufen, sich Rechte abzuschneiden.

5.5.2.6 Sonderproblematik des „weiterfressenden“ Mangels

Die Problematik des sog. „weiterfressenden“ Mangels stellt sich im Hinblick auf das Dachdeckergewerk immer dann, wenn nur eine, unter Umständen radial begrenzte Stelle des Reetdachs durch neues Reet ausgebessert werden soll und vor Ausbesserung das überwiegende Dach ansonsten nicht schadhaft war. In einer derartigen Konstellation ist es denkbar, dass das gesamte übrige Dach, welches bis dato mangelfrei war, durch den auszubessernden Werkstoff, in diesem Fall das neue Reet, „infiziert“ wird und danach ebenfalls dem Verfall preisgegeben ist.

Hier stellt sich sodann die Frage, ob der Auftragnehmer dem Auftraggeber außerhalb der vertraglichen Gewährleistungsansprüche gleichzeitig auch aus der deliktischen Schadensersatznorm des § 823 Abs. 1 BGB haftet.

Eine diesbezügliche Haftung wird man in Fallkonstellationen der vorliegenden Art mit der Rechtsprechung des BGH bejahen müssen:

Grundsätzlich sind zwar Ansprüche aus § 823 Abs. 1 BGB bei mangelhafter Bauwerkerrichtung nicht gegeben (vgl. jüngst OLG Koblenz, BauR 1998, 351). Eine unerlaubte Handlung soll nach der Rechtsprechung des BGH vielmehr nur dann vorliegen, wenn durch die fehlerhafte Bauleistung in eine bereits vorhandene und vorher unversehrt gewesene Sache des Bauherrn oder eines Dritten eingegriffen wird, so dass die mangelhafte Ausführung eines Werkes/Bauwerkes für sich selbst genommen noch keine Eigentumsverletzung darstellt, da sich in der mangelhaften Ausführung lediglich der diesem Werk inhärente Mangelunwert widerspiegelt (vgl. BGH, BauR 1992, 388, 391; Graf von Westphalen, ZIP 1992, 532). Demnach liegt in letzteren Fällen nur ein Vermögensschaden vor, der durch das werkvertragliche Gewährleistungsrecht auszugleichen ist.

Andererseits liegt aber eine (separate) Eigentumsverletzung dann vor, wenn auf Sachen eingewirkt wird, die überhaupt nicht in das auszuführende Werk einbezogen waren. Dies ist regelmäßig dann der Fall, wenn sich der Mangel auf die schon vorhandenen, bis dahin unversehrt gewesenen Teile des zu behandelnden Gegenstandes ausgewirkt und diese dadurch beschädigt hat. Dann ist über das Nutzungs- und Äquivalenzinteresse hinaus auch gleichsam das sog. Integritätsinteresse betroffen, womit sodann der Anwendungsbereich des § 823 Abs. 1 BGB eröffnet ist.

Nach alledem sind zusätzlich deliktische Ansprüche immer dann in Betracht zu ziehen, wenn der zu ersetzende Schaden nicht mit dem bloßen Unwert der Sache stoffgleich ist (vgl. BGH, BauR 2001, 800, 801; BauR 1992, 388 = NJW 1992, 1225).

Andererseits gilt das Postulat, wonach die vorrangige vertragliche Regelung (hier das Gefüge der §§ 634 ff. BGB) nicht durch die vorzeitige Annahme deliktischer Haftungsnormen ausgehöhlt werden darf. Ein Bauherr z.B., der die Voraussetzungen für den werkvertraglichen Anspruch auf Ersatz von Fremdnachbesserungskosten oder auf Schadensersatz nicht erfüllt (z.B. weil er dem Unternehmer keine Gelegenheit zur Nachbesserung gegeben hat), kann nicht über den Umweg des § 823 BGB doch noch zum Schadensersatz kommen (vgl. BGH; BauR 1986, 211 = ZfBR 1986, 67; OLG Bamberg, BauR 1987, 211).

Gelingt es aber dem Bauherren/Verbraucher in dem Fall einer lediglich erfolgten Ausbesserung eines Reetdachs durch „verseuchtes“ Reet nachzuweisen, dass der übrige Teil des Reetdachs vor den Ausbesserungsarbeiten unversehrt war, was in der Praxis sicherlich schwierig sein wird, kommt er regelmäßig über das Konstrukt des sog. „weiterfressenden“ Mangels neben der grundsätzlichen vertraglichen Haftung auch zu einer deliktischen Haftung, was im Hinblick auf die dann geltende Regelverjährung von drei Jahren mit Ihrem subjektiven Anknüpfungspunkt (vgl. § 199 Abs. 1 BGB: „...von den anspruchbegründenden Umständen und der Person des Schuldners Kenntnis erlangt...“) von großem Vorteil sein kann.

Im Umkehrschluss folgt hieraus für den Werkunternehmer insbesondere vor dem Hintergrund der aktuellen Reet-Problematik eine gesteigerte Sorgfaltspflicht dahingehend, kleinere schadhafte Stellen grundsätzlich nur dann durch neues Reet zu ersetzen, wenn dieses sämtliche

Prüfvoraussetzungen entsprechend der Fachregel für Dachdeckungen mit Reet erfüllt. Überdies wäre anzuraten, auch in diesem Fall explizit – und zu Nachweiszwecken am besten schriftlich – den Bauherren auf die bestehenden Gefahren im Zusammenhang mit dem Verbau von neuem Reet hinzuweisen.

Der Werkunternehmer möge sich vergegenwärtigen, dass lediglich das partielle Ausbessern eines Reetdachs vom Auftragsvolumen her vielleicht wenig lukrativ ist, er sich jedoch im Hinblick auf die möglicherweise eintretenden Folgen an dem übrigen Dach in einem Maße schadensersatzpflichtig macht, das bei weitem den in dem Auftrag steckenden Gewinn überschreitet.

5.5.3 Dem Werkunternehmer anzuempfehlende Verhaltensmaßregeln/“Checkliste“

Eingedenk der gegenwärtigen akuten Reet-Problematik und den hiermit einhergehenden rechtlichen Konsequenzen, die verfasserseits insbesondere aus Bauherrenperspektive zuvor dargestellt worden sind, ist dem Werkunternehmer anzuempfehlen, bei dem Umgang mit dem Werkstoff Reet und dem anschließenden Verbau dieses Werkstoffes höchste Sorgfalt walten zu lassen. Um hier im Falle einer bauherrenseitig initiierten gerichtlichen Auseinandersetzung nicht „mit leeren Händen“ dazustehen, sollte der Werkunternehmer auf vertraglicher Ebene im Umgang mit dem Baustoff Reet sowie nach Fertigstellung des Werks in Bezug auf den Bauherren nachfolgende Punkte beachten:

- Im Hinblick auf die Gefahren/Unsicherheiten im Zusammenhang mit dem Begriff der anerkannten Regeln der Technik/Baukunst (s. o. unter II.,1.b)) sollte werkunternehmerseitig bei Prüfung und Verbau des Werkstoffes Reet peinlich genau der jüngsten Fachregel für Dachdeckungen mit Reet, dem Gelbdruck, Stand 19.09.2007, entsprochen werden; insbesondere ist anzuempfehlen, entsprechend den Vorgaben des Erhebungsbogens das angelieferte Reetmaterial zu prüfen und diese Prüfung entsprechend zu dokumentieren, da nur so ein entsprechender Nachweis – insbesondere im Falle einer späteren gerichtlichen Auseinandersetzung mit dem Bauherren - gewährleistet ist;
- Der Werkunternehmer sollte überdies – ebenfalls am besten schriftlich – seiner Prüf- und Hinweispflicht im Hinblick auf die Reet-Problematik im Allgemeinen sowie auch im Hinblick auf mögliche schadenträchtige bauphysikalische Umstände des jeweiligen Objekts (Stichwort: unzureichende Hinterlüftung durch intensive Dachgeschossnutzung) nachkommen;
- Über dies sollte dem Bauherren eine entsprechende „Pflegeanleitung“ im Umgang mit Reet-Dächern an die Hand gegeben werden; hier sollte dem Auftraggeber deutlich gemacht werden, in welchem zeitlichen Turnus eine „Wartung“ des Reetdaches zu erfolgen hat; nur unter dieser Voraussetzung könnte später auch auf den Aspekt der Schadensminderungspflicht des Bauherren rekuriert werden (trifft den Bauherren die Obliegenheit, Maßnahmen zu ergreifen, die ein ordentlicher und verständiger Mensch zur Schadensabwendung oder –minderung ergreifen würde, so muss er insoweit zunächst Kenntnis von derartigen Maßnahmen haben (vgl. hierzu BGH NJW 52, 299; KG DAR 76, 154; OLG Rostock ZIP 2002, 429);
- Im Hinblick auf die vorzunehmende strenge Qualitätskontrolle des zu verbauenden Reet-Materials ist dem Werkunternehmer des weiteren anzuempfehlen, keine zu engen Bauzeitenpläne zu akzeptieren, da er zeitlich dadurch in Verzug geraten kann, dass er nicht ordnungsgemäßes Reet an den Lieferanten zurück gibt und insoweit unter Umständen längere Lieferfristen abzuwarten sind; ggf. sollte dieser Eventualität im

Rahmen der vertraglichen Verpflichtung entsprechend Rechnung getragen werden;

- Bestehen planerische Vorgaben durch einen bauherrenseitig beauftragten Architekten, die unter Berücksichtigung bauphysikalischer Gesetzmäßigkeiten jedenfalls mit schadensursächlich sind, müsste einem entsprechenden Schadensersatzanspruch des Bauherren ein Mitverschulden im Hinblick auf ein ihm zurechenbares Verhalten seines planenden Architekten schadensmindernd entgegengesetzt werden;
- Was schließlich das Verhältnis zum Reet-Lieferanten anbelangt, so wäre es optimal, hier individualvertraglich eine Harmonisierung der jeweiligen kaufrechtlichen sowie werkvertragrechtlichen Gewährleistungsfristen dadurch zu erreichen, dass sich der Verjährungsbeginn der kaufrechtlichen Gewährleistungsansprüche an dem Zeitpunkt der werkvertraglichen Abnahme orientiert; sollte eine dahingehende vertragliche Regelung nicht möglich sein, so müssten werkunternehmerseitig jedenfalls spätestens zum Zeitpunkt der eigenen gerichtlichen Inanspruchnahme durch den Bauherren verjährungshemmende Maßnahmen gegenüber dem Lieferanten (insbesondere in Form der Streitverkündung) eingeleitet werden;
- Ergibt sich schließlich ein anzurechnendes Mitverschulden zu Lasten des Bauherren allein deshalb nicht, da die Architektenplanung für das Dachdeckergewerk keine unmittelbare Auswirkung hat, sie aber gleichwohl schadensursächlich im Hinblick auf den Reetdach-Verfall ist, müsste eine entsprechende Haftungsausgleichsklage über § 426 Abs. 1, Abs. 2 BGB gegenüber dem Architekten erwogen werden.

6. Fazit und Ausblick

Für die vorzeitige Alterung kommen eine Vielzahl unterschiedlicher Einflussfaktoren in Betracht. In der vorliegenden Untersuchung wurden Qualitätsprobleme der Ausgangsware identifiziert, bauphysikalische Gründe und handwerkliche Fehler. Aber auch sich verändernde Umweltbedingungen müssen in der Ursachenforschung mitberücksichtigt werden (z.B. N-Einträge, Veralgung). Der vorzeitige Verfall von Reetdächern ist nach den vorliegenden Ergebnissen auf opportunistische, ubiquitäre Pilze und Bakterien zurückzuführen, die offensichtliche Vorschädigungen des Reets nutzen. Das Auftreten neuer, bislang an Reetdächern nicht beobachteter aggressiver Pilzarten wird nicht bestätigt.

Die Qualität der Ausgangsware wird am N- und C-Gehalt und dem daraus resultierenden C/N-Verhältnis festgemacht. Weiterhin kommt dem Lignozellulosegehalt als Qualitätsparameter Bedeutung zu. Die Variation in den untersuchten Merkmalen ist gravierend. Schadhafte Dächer zeichnen sich in der Regel nach den bisherigen Untersuchungen durch ein enges C/N-Verhältnis und einen geringen Lignozellulosegehalt aus.

Aber auch bauphysikalische Ursachen spielen in der Dokumentation der Schäden eine große Rolle. Eine fehlende bzw. eine nicht den Ansprüchen genügende Dämmung und Hinterlüftung des Reetdaches als Folge des Dachausbaus zu Wohnzwecken ist hier an erster Stelle zu nennen. Feuchtigkeit kann nicht genügend abgeführt werden und dringt zusätzlich von innen in das Reetdach ein und bereitet somit günstige Voraussetzungen für den mikrobiellen Abbau des Reets. Der vermehrte Ausbau des Dachbodens zu Wohnzwecken, was früher nicht in diesem Umfang der Fall war, führt dazu, dass bei der Dacheindeckung oft Kompromisse zwischen Wohnansprüchen und den technischen Anforderungen eines Reetdachs gemacht werden. Der Einbau von Gauben, Erkern usw. zwingt oft zu einer geringeren als der notwendigen Dachneigung. Bauphysikalische Mängel gehen dabei oft Hand in Hand mit handwerklichen Fehlern. Die Übergänge sind fließend.

Obwohl grundsätzlich die wesentlichen Merkmale qualitativ guter Ware im Produktdatenblatt Reet beschrieben werden, zeigt die Analyse der Verfahrenskette Reet, dass aufgrund fehlender einheitlicher messbarer und überprüfbarer Parameter, die Qualitätsbeurteilung zu oft vom subjektiven Empfinden und der Erfahrung des Abnehmers abhängt. Kommt dann hinzu, dass der Reetmarkt von Zeit zu Zeit Engpässen unterliegt und nicht genügend Ware die Nachfrage decken kann, wächst die Gefahr, dass qualitativ ungenügende Ware auf den Markt gelangt.

Am wichtigsten ist es, den Wassergehalt des Erntematerials, der nicht über 18% liegen sollte, in einem anzustrebenden Qualitätsmanagement über die gesamte Verfahrenskette hinweg zu dokumentieren und zu kontrollieren. Weitere Parameter für ein aufzubauendes Gütesiegel könnten, wie eingangs angeführt, der N- und C-Gehalt, das C/N-Verhältnis und der Lignozellulosegehalt darstellen. Als mögliche weitere Parameter sind die Dichte des Materials zu nennen und gegebenenfalls Tests, in denen die Abbaubarkeit des Reets im Zeitraffer überprüft werden kann, wie z.B. die Enzymlöslichkeit des Materials (Verdaulichkeitstest). Die Untersuchungen an der FAL zeigen, dass für die genannten Merkmale die nasschemischen Analyseverfahren durch die Nahinfrarot-Spektroskopie (NIR) als einfachere, schnellere und preiswertere Analyseverfahren ersetzt werden können.

Insgesamt muss jedoch die Datengrundlage, sowohl im Hinblick auf die Zahl der bisher dokumentierten Schadensfälle bei Reetdächern als auch im Hinblick auf die Zahl der Feldproben ausgeweitet werden. Nur so lässt sich eine verlässliche Datenbasis zur Bestimmung von Grenzwerten relevanter Qualitätsparameter genauer fassen.

Für die Zukunft ist die Fortsetzung der Datenerhebung (Dach- und Feldproben) geplant. Neben den Erntebeprobungen sollten auch Feldproben während der Vegetation genommen werden, um Abreifeverhalten und Nährstoffdynamik (Verlagerungsprozesse in der Pflanze) sowie die Struktur bzw. den Bestandaufbau bei Reet zu beschreiben. Aus der Literatur sind im Zusammenhang mit der Problematik des „Reetsterbens“ verschiedene Strukturen im Bestandaufbau beschrieben, die durch Primärtriebe und Nachschosser (mit vermutlich geringerer Halmqualität) differenziert werden und evtl. eine einfache Vorauswahl qualitativ guter Ausgangsbestände schon während der Vegetation zulassen.

Die Ergebnisse bieten eine breite Basis für die Entwicklung einer Reihe von Grenzwerten, die für den Aufbau einer transparenten Nachweiskette zur Qualität des Reets auf dem Dach benötigt werden. Mit Einführung eines zertifizierten Qualitätssystems des zur Verwendung gelangenden Reets kann die Eignung des Ausgangsmaterials sowohl dem Endverbraucher als auch dem Handwerker transparent aufgezeigt werden und schafft damit die erforderliche Sicherheit auf dem Reetmarkt.

Des Weiteren haben sich aus den Arbeiten dieses Projekts folgende weitere Aktivitäten bereits ableiten lassen und werden in naher Zukunft umgesetzt:

- Einrichtung eines Versuchsdachs im Freilichtmuseum Molfsee, um den Einsatz zugelassener Präparate als Prophylaxe und zur Behandlung dauerfeuchter Dächer zu prüfen.
- Einrichtung eines Versuchsdachs an der Turmhügelburg in Lütjenburg, um den Einfluss handwerklicher Prägnungen im Hinblick auf die unterschiedlichen Binde- und Verarbeitungstechniken herauszustellen. Insbesondere im Hinblick auf Reetschichtstärke, Neigungen und Bindetechniken.
- Vollständige Dokumentation der Reetdächer im Freilichtmuseum Molfsee. Die Dächer in Molfsee bieten als Museumshäuser ohne Dachausbau und Wohnnutzung die Möglichkeit unter Ausschluss der Bauphysik als Einflussgröße den Zustand der Dächer zu untersuchen. Es wird angestrebt, insbesondere die Parameter, die mit der Qualität der Ausgangsware zu tun haben, besser dokumentieren zu können und den Einfluss von Umweltfaktoren (N-Eintrag aus der Luft, Verallung etc.) zu beurteilen.
- Die bisherige Aufnahme der schadhaften Dächer hat bereits frühzeitig bauphysikalische Problemstellungen insbesondere im Zusammenhang mit der Dachgeschossnutzung zu Tage gefördert. Hieraus haben die Ergebnisse Eingang in die Überarbeitung der Fachregel für Dachdeckungen mit Reet gefunden. Derzeit liegt die überarbeitete Fassung im Gelbdruck vor. Eine Veröffentlichung des Weißdrucks wird im Herbst 2008 erwartet.
- Die Problemstellungen der Bauphysik werden speziell für den Zweig der Reetdachdecker in einem Seminar aufbereitet, dass sowohl Innungsmitgliedsbetrieben als auch den übrigen Betrieben die Möglichkeit zur Fortbildung gibt. Der Handwerker dient hierbei als Multiplikator für den Endverbraucher.
- Um den Reetdachdeckerbetrieben die Kommunikation mit dem Endverbraucher zu erleichtern, wurden in Form eines Flyers die Anforderungen für ein gutes, funktionsfähiges Reetdach zusammengefasst und ansprechend aufbereitet.

Fortführend werden mit den Ergebnissen dieses Projektes bereits einige andere Forschungsvorhaben geplant und vorbereitet.

- Im Bereich der Diskussion um die Schadorganismen konnte bereits im Dezember 2007 an der Universität Greifswald unter der Leitung von Prof. Schauer ein weiteres Vorhaben gestartet werden.
- Herr Prof. Schlechte aus Niedersachsen hat seine Erkenntnisse aus seinen bisherigen Untersuchungen zusammengefasst und wird in Anlehnung an die Ergebnisse aus dem jetzigen Vorhaben ein weiteres Projekt in naher Zukunft vorstellen und beantragen.
- In Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Lübeck, Prof. Logemann, wird derzeit die Vorbereitung eines Projekts zu baukonstruktiven und bauphysikalischen Anforderungen bei Reetdachkonstruktionen geplant. Dieses Projekt soll insbesondere das Feuchteverhalten im Bezug auf unterschiedliche Unterkonstruktionen bei gleichzeitiger Berücksichtigung des konstruktiven Brandschutzes untersuchen.

7. Anhang und Dokumentation

7.1 Zukünftige Bauherren-Erstinformation - Flyer



Was Sie tun können:

Wenn Sie schon ein Reetdach haben, achten Sie darauf, dass sogenannte „Bioflüsse“, also Regenrinnen oder Moosreste regelmäßig vom Dach entfernt werden.

Die „Beschichtung“ verändert ein Todieren des Reetdaches und schadet so der Substanz. Die allgemeine Sorgfaltspflicht des Hauskerns erstreckt sich auch auf eine regelmäßige Inspektion und Wartung seines Daches.

Wenn Sie ein Reetdach planen, lassen Sie sich von Ihrem Reetdachdecker-Fachbetrieb – Mitglied der Dachdeckerinnung – ausgiebig beraten. Der Betrieb kennt die

technischen Anforderungen und hilft Ihnen, Ihr Dach so zu planen und auszuführen, dass eine optimale Lebensdauer erreicht wird.

Unter einem Reetdach wird nicht nur gewohnt – es wird gelebt. Die Behaglichkeit, die ein ökologisches Baudetail wie ein Reetdach liefert, wird durch ein gewisses Maß an Planung und regelmäßiger Pflege erhalten.

Wir helfen Ihnen dabei mit unserer Erfahrung, unserem Wissen und den Ergebnissen der neuesten Forschung.

Ihr Reetdachdecker-Innungsbetrieb

Eine Broschüre der

Gesellschaft für Qualitätssicherung Reet mbH
Höringhoffweg 5
24110 Kiel

In Zusammenarbeit mit

Zentralverband der Deutschen
Dachdeckerhandwerks
Fachverband Dach-, Wand- und
Abdichtungstechnik e.V., Edt

Weitere Informationen:
www.reetdachdeckung.de

Reetdächer


**Gute Pflege,
lange Haltbarkeit**




Kundeninformation



**Ihr Reetdachdecker-
Innungsbetrieb**



**Reet ist Lebensqualität,
die nachwächst**


Häuser mit Reetdächern sind lebende Kulturerben und prägen das norddeutsche Landschaftsbild. Sie gehören als Reetdachbesitzer zu den Menschen, die diese Kultur pflegen und erhalten!

In der Reetdachkette hat man festgestellt, dass eine gewisse Anzahl an Reetdächern nicht die übliche Lebensdauer erreicht. Dafür muss es Gründe geben, die zumeist wissenschaftlich erforscht werden.

Reet ist ein natürlicher Baustoff, der vom Wuchs der Pflanze bis zur Einbringung auf dem Dach bis hin zur chemischen Behandlung ansetzt.

Daher gibt es grundsätzlich einige wichtige Regeln zu beachten, deren Einhaltung ein hochwertiges und langlebiges Reetdach garantiert.

**Einige Fakten
zum Reetdach**




Um eine beschleunigte Verwitterung von Dächern zu vermeiden, müssen zwei wesentliche Faktoren während der gesamten Verfahrenskette von der Ernte bis zum Einbau und während der Nutzungsphase – auf Ihrem Dach – beachtet werden:

- Vermeidung lang anhaltender Feuchtigkeit
- Ausreichende Lüftung

Unsere Reetdachdecker-Innungsbetriebe und die beteiligten Reetdächer garantieren Ihnen die Einhaltung dieser Faktoren, damit Sie sich lange an Ihrem Reetdach erfreuen können:

- Das verwendete Reet muss bei der Anlieferung trocken sein. Hierfür darf es von der Ernte bis zur Anlieferung nicht dem Niederschlag ausgesetzt werden.
- Die Lagerung des Reets auf der Baustelle muss trocken erfolgen. Gleichmäßig muss es luftig gelagert werden. Die Verwendung von Planen muss eine ausreichende Luftzirkulation zur Feuchtigkeitsabtransport zulassen.
- Reetdächer trocknen besonders schnell, wenn sie in luftiger Umgebung stehen. Nahe stehende Bäume, die eine große Verschattung darstellen, sind nicht förderlich für eine hohe Lebenserwartung Ihres Daches.
- Je steiler ein Dach ist, desto länger halten Sie Freude an Ihrem Dach. Die Fachregeln des Deutschen Dachdeckerhandwerks schreiben aus diesem Grund eine Mindestdachneigung von 45° vor. Eine Unterschreitung verkürzt die Lebenserwartung deutlich.



- Je länger das verwendete Reet ist, desto fechter und dicker kann das Dach hergestellt werden. Bei Verwendung zu kurzen Reets erhöhen die Reetstiele eine deutlich geringere Neigung im Dachpaket an und können damit das Niederschlagswasser schlechter ableiten.
- Je geradliniger bzw. schneller das Niederschlagswasser auf einem Reetdach abfließen kann, desto höher ist die Lebenserwartung Ihres Daches. Demersprechend ist jede Dachkante oder Dachgaube ein Hindernis und wird schneller verschattungsbefähigt als die Hauptdachflächen.
- Der Ausbildung der Unterkonstruktion ist bei der Nutzung des Dachgerüstes besonderes Augenmerk zu widmen. Fehlende Dampfsperren, fehlende Hinterlüftung oder ähnliche Verstöße können zur vorzeitigen Vermittlung des Reetdaches durch übermäßige Feuchtigkeit aus Tauwasservorgängen.

7.2 Niederländische Veröffentlichung zum Thema der vorzeitigen Alterung von Reetdächern (Vakfederatie Rietdecker)

Die Lebensdauer eines Reetdaches“

Die mögliche Lebensdauer eines Reetdaches ist von vielen Faktoren abhängig, wie zum Beispiel von:

1. der Dachneigung, kombiniert mit der Länge der Dachfläche
2. der gewählten Unterkonstruktion
3. der angewandten Dachausführung
4. der Lage des Daches, wie z.B. der Einwirkung von Wind, Sonne und Bäumen, die um das Objekt herum stehen
5. der Orientierung zur Sonne (Nord- und Südseite)
6. der Fachkompetenz des Rohrdeckers
7. dem eingesetzten Reet
8. der durchgeführten Wartung

Die Schlussfolge der obengenannten 8 Punkte lautet dann:

je trockener das Dach im Durchschnitt ist, je länger wird es halten.

Kurze Zusatzinformation:

1. Je höher die Dachneigung ist, desto geringer ist die Eindringtiefe des Regenwassers und umso schneller wird ein Reetdach nach einem Schauer wieder trocknen.
2. Häuser werden immer dampfdichter gebaut. Zementboden und Doppelverglasung in gut schließende Fensterrahmen lassen kaum noch Wohnfeuchte nach außen gelangen. Das Dach ist dann manchmal dampftechnisch das schwächste Glied. Ein Großteil der Wohnfeuchte entweicht durch das Reetdach. Dieses ist nicht immer schädlich, da das Reetdach eine geringe Menge Feuchtigkeit durchlässt, es sei denn, eine schlecht trocknende Außenseite würde dieses Austreten verhindern. Wird mehr Feuchtigkeit Innen produziert, als nach Außen abgeführt werden kann, dann wird das Dach von Innen heraus immer nasser. Die Feuchtigkeit nimmt zu. Ein Reetdach, das auf diese Weise zu lange der Nässe ausgesetzt ist, verfault.
3. Dachrinnen liegen immer horizontaler als die Dachflächen die sie verbinden und leiten ein Übermaß an Regenwasser ab. Dachrinnen sind daher die Schwachstellen eines Daches und weniger lange haltbar als der Rest des Daches (im Durchschnitt nur 7 Jahren). Die Oberseite eines Dacherkers hat immer eine geringere Neigung. Ein Satteldach hat immer ein unterhaltsempfindliches Nockenende. Dieses trifft auch zu, wenn sich auf dem Kopfgiebel ein Schornstein befindet.
4. Es wird klar sein, dass ein Reetdach auf einem Haus in der Mitte einer freien Weide schneller trocknet, als das gleiche Dach auf einem Haus, gebaut in einer waldreichen Umgebung. In diesem Fall werden Bäume den freien Eintritt von Sonnenschein aber vor allem auch Wind und Zug auf und um das Dach herum behindern. Schatten und/oder das Tropfen eines Baumes auf das Reet kostet relativ viel potentielle Lebensdauer (tropft ein Baum Tau auf ein Dach, dann kann die Lebensdauer um 75 % gekürzt werden).

5. Durch die Orientierung zur Sonne wird eine Süd- und Ostseite fast immer schneller trocknen als die Nord- und Westseite eines Reetdaches. Probleme mit der Lebensdauer werden sich dann auch immer zuerst an der Nord- und Westseite zeigen.
6. Es gibt immer einen Unterschied in Fachkompetenz zwischen dem einen und anderen Fachmann. Auch könnte es einen Unterschied geben im Qualitätsempfinden zwischen Reetdeckern und Reetdeckbetrieben untereinander. Das überträgt sich auch auf den Preis des Reetdaches. Wie sorgfältiger der Reetdecker bei der Anfertigung des Reetdaches arbeitet, umso weniger Quadratmeter pro Tag schafft er. Der Preis wird also pro Meter proportional ansteigen. Aber je besser das Dach angefertigt ist, umso länger wird auch die potentielle Lebensdauer des Daches sein. So hat (umgekehrt) oft ein günstigeres Dach eine geringere Lebensdauer. Anfertigungsfehler des Reetdeckers haben immer einen negativen Effekt auf die Lebensdauer eines Daches.
7. Reet ist ein Naturprodukt. Nicht alle Reetposten haben die gleiche potentielle Lebensdauer. Außerdem gibt es keine objektive Methode um die Qualität und damit die potentielle Lebensdauer von einem Reetposten zu bestimmen. Der Reetdecker ist bei der Beurteilung seines Grundstoffes abhängig von seinen Kenntnissen, Erfahrungen aus der Vergangenheit und von seinem Qualitätsempfinden.

Reet wird von Dezember bis Mai geerntet. Deshalb verfügt das angebotene Reet nicht das ganze Jahr über die gleiche Qualität. In Oktober, November und Dezember gibt es in schlechten Erntejahren bedeutend weniger Auswahl als in den restlichen Monaten und auch die Qualität des Restbestandes an Reet ist fraglich. Druck. Es gibt deshalb Reetdecker, die einen Überfluss an Reet in der guten Periode (März bis Juli) einkaufen, damit sie in der schlechten Periode (Oktober bis Januar) über das (auf den ersten Blick) gute Reet verfügen können (selbstverständlich hat das aber Konsequenzen für die Quadratmeterpreis, den dieser Betrieb errechnen muss).

Es gibt Reetdecker, die jeden Reetposten, den sie dem Händler abnehmen persönlich aussuchen. Es gibt aber auch solche, die die Wahl des Reets überwiegend ihren Reethändlern überlassen. Manchmal kann aber auch das auf den ersten Blick perfekte Reet in Dauerhaftigkeit täuschen. Dieses ist selten eine schwarz-weiß Geschichte von gut- und schlechtheißen bei Zufuhr auf der Arbeit. Meistens wird sich die Dauerhaftigkeit des Reets erst viel später zeigen mittels der Lebensdauer des auf dem Dach verarbeiteten Reetpaketes. Sogar bei enttäuschender Lebensdauer ist nur in seltenen Fällen die Rede von einer Nicht-Pflichterfüllung des Reetfachbetriebes oder Reethändlers. Jeder in dieser Ablaufkette sollte realisieren, dass es immer eine ordentliche Streuung in der tatsächlichen Lebensdauer des Grundstoffes Reet geben wird, und dass jede Beurteilung immer eine subjektive Einschätzung darstellt.

8. Je besser ein Reetdach gewartet wird, umso desto haltbarer ist es.

Ein von Tannennadeln, Blättern und/oder Algen verschmutztes Dach braucht eine längere Zeit zum Trocknen und hält nicht so lange wie ein sauberes Dach. Guter und rechtzeitige Pflege verlängert die Lebensdauer eines Daches um ein vielfaches. Sie ist damit günstiger als die Investition zunächst scheint. Umgekehrt stimmt es auch. Ein Pflegedefizit wird sich immer rächen. Ein Reetdach mit einer (zu) dicken feuerhemmenden Schicht wird sich, was die Lebensdauer angeht, genauso verhalten wie ein Dach voller Algen: längere Feuchtigkeit führt zu geringerer Lebensdauer.

Bei der Anfertigung eines dauerhaften Reetdaches sollten alle oben genannten Aspekte mit einfließen. Sowohl der Architekt, als auch der Bauherr, der Reetdecker und der Eigentümer eines Reetdaches tragen eine gemeinsame Verantwortung für die zu erreichende Lebensdauer.

Verstößt man nur gegen einen Punkt, kann das verheerende Folgen für die potentielle Lebensdauer des Daches haben. Es wird öfters der Fall sein, dass mehrere Faktoren nicht optimal sind und so gemeinsam für eine relevante kürzere Lebensdauer als möglicherweise erhofft oder erwartet verantwortlich sind. Fast immer beschuldigt man dann fälschlicherweise einseitig das Reet. Denn auch das beste Reet wird, wenn es zu lange zu feucht ist, zu schnell an Qualität einbüßen.

Die Qualität des Reets

Die Qualität des Reets ist eine ständige Sorge aller Reetdeckbetriebe.

Vor allem weil die Qualität des Reets (noch) nicht objektiv messbar ist.

Reet kann von Parzelle zu Parzelle und von Jahr zu Jahr große Qualitätsunterschiede und so auch in Erscheinung oder Dauerhaftigkeit zeigen.

Es gibt kein gutes Messverfahren, um die Qualität objektiv zu bestimmen.

Eine visuelle Beurteilung ist die üblichste Art um gutes von schlechtem Reet zu unterscheiden (ergänzt wird diese Beurteilung durch die Prüfung von subjektiven Kriterien, wie Zähigkeit/Sprödigkeit, Geruch, Farbe, Klang usw.).

Die Qualität des Produktes hängt wahrscheinlich von vielen **natürlichen Faktoren** ab:

- Temperatur, Menge und Zeitpunkt von Niederschlägen in der Wachstumsaison
- Mit oder ohne Nachtfrost im späten Frühjahr
- Menge an Schnee und Regen vor und während des Mähens
- Bodenart und Nahrungsreichtum des Wassers
- Maß an Verlandung des Reetfeldes und der Wasserhöhe während des gesamten Jahres.

Die Qualität hängt weiterhin vom **beeinflussbaren Verhalten des Reetzüchters** ab:

- das Vertilgen oder nicht Vertilgen von Unkraut im Reetfeld und die Art und Weise wie dieses geschieht
- die Bewässerung des Reetfeldes mit aufgepumptem Grund- oder Oberflächenwasser
- die Mähgegebenheiten. Das Mähen oder nicht Mähen bei Nebel, Tau und Niederschlag
- der Zeitpunkt des Mähens, Mitte Dezember oder Ende April. Je später die Ernte, desto schlechter die Qualität
- die Ernte des Reets mit schweren Maschinen (.Wahrscheinlich gilt): je schwerer die Maschine, desto schlechter die Qualität
- die Sorgfalt, die während der Lagerung auf dem Feld auf das Produkt verwendet wird
- die Zeit, die das Reet erhält, um lose gestapelt auf dem Feld weiter zu trocknen
- der Feuchtigkeitsgehalt des Reets während des Aufbindens und Bündelns in Rollen

Zum Zeitpunkt der Ernte hat das Reet eine bestimmte Qualität.

Diese herangewachsene Qualität kann ab „auf Stamm, auf dem Feld“ nur noch nachlassen.

Unsorgfältige Behandlung danach durch den Züchter, Händler und/oder Reetdecker kann der Reetqualität schaden, ohne dass es visuell festzustellen ist.

Die Problemstellung:

Die Qualität des Reets scheint nicht mehr ganz der Qualität vor dem Krieg zu entsprechen.

Wenn man sich alte reetgedeckte Häuser anschaut, dann sind 50 Jahre alte Reetdächer manchmal völlig abgenützt, aber nicht verfault.

Das Reet verschleißt physisch, bis über dem Draht einfach kein Reet mehr vorhanden ist.

Das andere dann noch vorhandene Reetpaket kann mit Draht über das Reet wiederum befestigt werden. In dem Moment wo das Dach tatsächlich fällig ist, gibt es kaum noch Reet (6 bis 8 cm.)

Ein heutzutage oft beobachtetes Verschleißmuster ist, dass viel „neues Reet“ nicht länger verschleißt, sondern verfault. Nach 10 bis 20 Jahren ist das Reet bis zum dicken Draht verschlissen.

Säubern ist kaum möglich, Zurückziehen und Hieben bildet meistens auch ein (zu) großes Problem.

Dort, wo sich aber Algen und Moos auf einem alten Dach verfestigt haben, scheinen diese niedrigen Pflanzen keinen Halt auf dem Reet zu haben. Bei einem heftigen Regenschauer schieben sich manchmal ganze Placken hinunter.

Das sich darunter befindliche Reet ist nicht angegriffen worden und in viele Fällen noch blank und gesund (sei es auch ein wenig spröde).

Im Gegensatz dazu: auf „neuen“ Dächern sehen wir dieses Phänomen kaum. Wenn sich Algen und Moos verfestigen, hat das fast gleich Einfluss auf die Reetqualität bis weit in das Reetpaket hinein.

Es ist möglich, dass auch früher ein Teil der Dächer von Algen und Moos befallen war. Die befallenen Dächer sind jedoch bereits ersetzt worden und übrig blieben die Dächer, die beständig waren. In diesem Fall würden obenerwähnte Fakten ein falsches Bild geben und zu falschen Schlussfolgerungen verleiten.

Es besteht jedenfalls der Eindruck, dass das Problem heutzutage viel größer ist als es je zuvor war.

Es soll heutzutage zu großflächig, zu schnell und zu effizient gearbeitet werden. Zu viele Handlungen, oder fehlende Handlungen schädigen die Reetqualität. Reetzüchter, Reethändler und leider auch Reetdecker legen oft zu wenig Aufmerksamkeit auf Qualitätsmerkmale, weil der Qualitätsmangel nicht direkt sichtbar sein muss und sich erst über ein paar Jahre schleichend anhand der enttäuschenden Dauerhaftigkeit des Daches herausstellt. Fehler werden also erst auf langer Sicht und daher also auf Rechnung des Eigentümers und eventuell des Reetdeckers bestraft.

Es existiert immer ein Spannungsfeld zwischen effizient Geld verdienen und der Sorge, dass dauerhaftes Reet geliefert wird um ein langlebiges Dach zu fertigen.

Wenn der Sachverstand und das persönliche Engagement von Reetdecker, Reetzüchter und Reethändler bei ihrer handwerklichen Arbeit abnimmt, wird dieses der Beständigkeit von Reetdächern nicht zu Gute kommen.

Je weiter entfernt eine Reetdeckerfirma von ihrer Hausadresse arbeitet, wird das auf Kosten der Beziehung zum Kunden gehen. Schon wegen logistischen Problemen (der Kunde sieht das Reet erst bei Lieferung, also der Moment wann es auch direkt verarbeitet werden muss) leidet die Qualität des Reets.

Ein Reetdecker, der immer in der Nähe seiner Hausadresse arbeitet, muss weniger Kompromisse schließen und kann sich besser bemühen, dauerhaft gute Leistungen zu bringen.

Eine Anzahl von Risiken und Fragen zur Reetqualität:

Den Einfluss des Wetters findet man rückblickend in der Qualität bestimmter Erntejahre.

Reet, das im feuchten Zustand gemäht wird, z.B. bei Tau oder Nebel muss, wenn es auf einem Gestell auf dem Feld liegt länger trocknen als Reet, das in dem Moment des Mähens auf dem ersten Blick trocken scheint. Der absolute Einfluss des Wetters auf die Reetqualität ist nicht bekannt.

Zu langes, lose oder in einzelnen Bündeln auf dem Feld Lagern wird aus gutem Reet (super Qualität) schlechtes Reet machen.

Das Bündeln von Reet in Rollen. Nicht jedes Reet das in Rollen gepresst und anschließend in Scheunen gelagert wird ist im Moment des Bindens und Bündelns gleich trocken. Die Auswirkung des Feuchtigkeitsgehaltes zum Zeitpunkt des Bündelns auf die verbleibende Qualität ein halbes Jahr später, wenn dieses Reet verarbeitet wird, ist nicht bekannt. Das Bündeln von zu feuchtem Reet in Rollen wird für die Qualität verhängnisvolle Folgen haben. Die Feuchte kann sowohl extern (es gibt in der Praxis Züchter die das Bündeln und Säubern bei trübem Sprühregen durchführen) als auch zellgebundene Feuchte sein. Die Reetbündel, die auf einem Holzgestell lagern, verlieren diese Feuchte langsam. In einer Rolle ist dieses Trocknen kaum oder gar nicht möglich. Reet, das in der Türkei scheinbar trocken in den Container verladen würde, erreicht die Niederlande manchmal in nassem Zustand. Die Ursache dafür liegt in die Abgabe der Zellfeuchte, die während des Transports entweicht (diffundiert) und in externe Feuchte umgewandelt wird.

Wenn zwischen Mähen und Verarbeiten zu wenig Zeit liegt, wird die Qualität des Reets durch das Vorhandensein von Zellfeuchte sehr schlecht sein. Ein Baum, heute geschlagen, morgen zersägt und übermorgen zum Zaun verarbeitet, wird nach 6 Monaten Spalten und Risse aufzeigen und ziehen. Das Holz muss erst absterben. Mit Reet ist es nicht anders, obwohl der Trocknungsprozess sich wahrscheinlich viel schneller vollzieht.

Der Verlandungsgrad eines Reetfeldes, die Grundwasserhöhe und der Nahrungsreichtum des Wassers, während der Wachstumsperiode werden einen Einfluss auf die Qualität des Reets haben. Der endgültige Einfluss hiervon ist jedoch nicht bekannt. Reetzüchter berichten regelmäßig, dass wenn ein älteres Reetfeld kein qualitativ und/oder qualitativ hochwertiges Reet mehr liefert dieser entplagt (Entfernung von Soden/Plaggen) werden muss. So kann sowohl die Qualität als auch Quantität wieder hergestellt werden.

Sekundäre Folgen der Verlandung:

Es existieren Reetfelder, die mit aufgepumptem Bodenwasser und/oder Oberflächenwasser unterschiedlicher Zusammensetzung bewässert werden. Ohne diese Bewässerung ist dieses Reetfeld zu trocken für gutes Reet. Der endgültige Einfluss hiervon auf die Qualität des Reets ist jedoch unbekannt.

Chemische Vertilgungsmittel (MCPA und Round-up) werden als Herbiziden auf Reetfeldern zur Vertilgung von Unkraut in den Niederlanden eingesetzt. Der endgültige Einfluss auf die Qualität des Reets ist jedoch unbekannt.

Die Mähhöhe. Durch den Einsatz von größeren Maschinen wird das Reet auf dem Feld auf größere Höhe des Fußes geschnitten, so dass das Beste vom Reetstengel auf dem Feld stehen

bleibt. Es ist aus Ungarn und der Türkei bekannt, dass in Extremfällen auf diese Art und Weise Reet vom gewünschten Maß „hergestellt“ wird.

- Zum einen, weil man denkt, dass der Reetdecker in den Niederlanden gerne Reet mit einer Länge zwischen 1,80 und 2,00 Meter einsetzt
- Zum anderen weil Reet mit einer Länge von 3,00 Metern nicht quer auf einen LKW oder in einen Container passt (Breite eines Seecontainers = 233 cm, Ladefläche eines LKWs maximal 260 cm). Der Transport von 3 Meter langem Reet würde daher viel teurer werden (dieses bedeutet eine geringere Gewinnspanne für den Handel).
- Durch höheres Abmähen benötigt das Reet auch weniger Reinigung. Wenn dieses Reet verarbeitet wird, setzt der Reetdecker also die Spitzen mit allen sich daraus ergebenden Problemen für die Lebensdauer ein. Man sollte eigentlich die Spitze des Reets und nicht den unteren Teil des Stengels entfernen, was einen zusätzlichen Arbeitsgang erfordern würde.

Wenn das Reet mit **großen, neuen, sehr schweren Maschinen gemäht wird, treten Schäden** an zukünftigen Reetgewächsen auf. Die Maschinen verdichten das Reetfeld. Sie fahren die Reetsode kaputt. Wurzelstöcke die im Normalfall hohl und mit Luft gefüllt sind, werden geknickt und bekommen vielleicht auch ein Leck, wodurch der Ausläufer mit Wasser gefüllt wird und letztendlich verrottet.

Was wahrscheinlich genau so schlecht für das Reet ist: die Maschinen zerstören auch alle vorhandenen Triebansätze. Triebansätze, die einige Wochen später zu einem neuen Reetstengel auslaufen würden.

Es bilden sich dann neue sekundäre Reetstengel, die jedoch schwächeren, kürzeren und weicheren Reet bilden (genau so als wenn durch Nachtfrost erfrorenes Reet wieder neu austreiben muss).

Dieses würde ebenfalls erklären, warum Reet aus einer neuen Aufzucht-Fläche in erster Instanz sehr gute Qualität liefert, aber das Reet danach Jahr für Jahr mehr und mehr an Qualität zu verlieren scheint. Meines Wissens hat noch niemand den Einfluss von schwerem Gerät auf Reetfelder untersucht.

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

Keiner hat einen richtigen Blick auf die Qualität von diesem Reet auf dem langen Weg vom Züchter zu dem niederländischen Reetdach. Damit erhöhen sich die Risiken sehr stark (siehe zellgebundene Feuchte).

Die Devise, dass sofort nach dem Mähen gebündelt und verkauft wird, ist häufig eine soziale und ökonomische Notwendigkeit, da der Züchter erst nach dem Verkauf bezahlt wird. Für die Beständigkeit eines Reetdaches ist dieses jedoch ein sehr starkes zusätzliches Risiko.

Im Grunde steht zu diesem Zeitpunkt (2006) zu wenig gutes und geeignetes Dachdeckerreet zur Verfügung.

Alleine aus diesem Grunde wird auch Reet, welches weniger geeignet ist, vom Züchter gemäht und/oder gebündelt.

Dieses, schon als zweite Wahl vom Reetfeld produzierte Reet, wird wohl oder übel durch den Reethandel verkauft werden (schauen Sie sich das Reet vorher doch bitte an).

Der Reethandel scheint wenig schlechtes Reet wegzuwerfen, weil wohl für jede Reetqualität ein Käufer gefunden wird. Und auch die Reetdecker werden wiederum wohl oder übel diese schlechtere Qualität verarbeiten (was sollen sie anders machen, aufhören zu arbeiten?).

Zum Schluss:

Tierchen und vor allem Staubläuse kann man immer häufiger in alle Reetrollen antreffen. Wahrscheinlich deutet die Anwesenheit dieser Tierchen darauf hin, dass das Reet vor dem Einrollen nicht ausreichend getrocknet wurde. Durch die vorhandene Feuchte bilden sich Schimmelpilze im Reet, die eine Nahrungsquelle für die Läuse darstellen. Ist eine Schimmelpilzentwicklung einmal in Gang gebracht, dann hat das Reet seine optimale Beständigkeit komplett oder auf jedem Fall teilweise verloren. Ein mit Staubläusen infiziertes Dach wird, der Theorie zufolge, nicht mehr seine optimale Lebensdauer bringen.

Französisches Reet: In den Niederlanden wird, im Gegensatz zu Großbritannien, französisches Reet nicht mehr verwendet. Bis vor 5 Jahren wurde dieses ebenfalls noch in Belgien verwendet. Französisches Reet ist höchst unzuverlässig und führt zu Dramen. Ein total verrottetes Dach in nur 5 Jahren könnte die Folge der Verwendung dieser Reetqualität sein. Jedoch, wie immer, nicht jedes Reet aus Frankreich ist schlecht. Auf jeden Fall sollte das feine Reet aus Frankreich als verdächtig angesehen werden.

Formalin: Ist die Vertilgung von Algen und Moos mit Formalin schlecht für das Reetdach? Oder sind gerade diese Dächer, die schon kaputt waren (weil diese ja Grün werden) mit Formalin besprüht worden. Die mit Formalin wegen des Algen- und Moosbefalles behandelten Dächer sind bereits durch das Moos und die Algen beschädigt worden. Das Formalin bekommt die Schuld; das Problem war jedoch bereits vorhanden.

Die Unterkonstruktion eines Reetdaches

Die Qualität beim Bauen nimmt durch die zunehmende Qualität der Bauverordnungen, Entwurf und Ausführung zu.

Die Bauverordnungen sind aber primär auf den Neubau ausgerichtet.

Viele Häuser werden im Laufe der Zeit an neue Forderungen und Wünsche angeglichen. Das hat auch Auswirkungen für das Reetdach.

Die Vergangenheit:

Früher wurden Häuser aus Materialien, die die Umgebung hergab, errichtet. Die Materialien: Holz, Lehm, Reet, Stroh und Naturstein lieferten die Grundlage. Das so entstandene Gebäude mit seinen organischen Baumaterialien bildete eine Einheit mit dem Klima. Externe Einflüsse fanden ergiebig Zugang zum Innenraum.

Absorption, Akkumulation und Evaporation von Feuchte konnte reichlich stattfinden.

Die Innentemperatur war nahezu gleich der Außentemperatur. Das offene Feuer gab nur Strahlungswärme ab. Die aufgewärmte Luft verschwand mit dem Rauch durch die Dachbedeckung hindurch nach draußen. Eine permanente, fast absolute Ventilation trug zur Erhaltung des organischen Baumaterials bei

Die rezente Vergangenheit:

Der Bedarf an mehr Komfort führte zu Änderungen. Die Böden wurden aus Holz, die Wände aus Ziegelstein gefertigt und die angebrachte Decke trennte den Aufenthaltsraum vom Dachstuhl. Es entstand ein besser überwachbares Innenklima.

Die Unvollendung von Boden-, Wand- und Dachkonstruktionen und deren Verarbeitung ergab immer noch eine zimmerbreite Ventilation.

Ein Durchschnittshaus verfügte über nur eine Zimmerheizung. Einfache Ventilationsmaßnahmen übers Fenster und Roste/Gitter, aber vor allem auch über den Rauchkanal trugen dazu bei, dass die Feuchte keine Probleme verursachte. An den Stellen, an denen es warm war, war die Luftfeuchtigkeit niedrig.

Die Gegenwart

Die Bauweise wird heutzutage durch die Verwendung formfester Materialien und Konstruktionen gekennzeichnet. In zunehmendem Maße werden Teile von Konstruktionen in Fabriken unter konditionierten Umständen fabriziert.

Vorfabrizierte Boden-, Wand- und Dachelemente sind Bestandteile des Baupaketes Haus geworden. Dehnungsfugen in der Konstruktion sorgen für eine Neutralisierung der Kräfte, die als Folge von vor allem thermischen und hygrischen Einfluss auftreten.

Die Einflüsse des Klimas auf das Gebäude und das Innenklima werden soweit wie möglich ausgeschlossen. Die so mit Prefab (vorfabrizierten) Elemente gebildeten Räumlichkeiten sind nahezu dampfdicht und beinhalten bauverordnungskonform außerdem Materialien zur Dämmung des Außenklimas. Auch Fenster und Fensterrahmen, oft mit doppelter Verglasung, sind Bestandteile dieser zusammengesetzten dichten Konstruktion.

Der Prozess der Absorption, Akkumulation und Evaporation von Feuchte von/aus den Böden, Wänden und Decken und Ventilation durch Unvollkommenheiten in der Hauptkonstruktion, welche bis vor kurzem noch in Gebäuden, die auf eine mehr traditionelle Weise errichtet wurden, stattfinden konnte, ist jetzt nahezu ausgeschlossen.

Ein futuristisches Heizungssystem in Kombination mit Dämmung von Böden, Außenwänden und Fenstern, sowie das Eliminieren aller unkontrollierten Ventilation und Kondensation in dem Gebäude tragen zu einer optimalen Trennung von Innen- und Außenklima bei.

In der gleichen Zeit ist die Produktion von Feuchtigkeit in den Häusern an sich konstant geblieben. Kochen, Pflanzengießen, Kleidung waschen und trocknen, immer öfter ein Bad nehmen oder unter die Dusche gehen resultieren in einer überflüssigen Menge Wohnfeuchte, welche durch ein mechanisches Ventilationssystem abgeleitet werden muss.

Die Kombination alter und neuer Materialien und Konstruktionen.

Für viele existierende reetgedeckte Gebäude gilt, dass sie, im Gegensatz zu den neuesten Häusern, in konventioneller Bauweise erstellt worden sind, jedoch mehr und mehr an die Wünsche dieser Zeit angepasst werden. Der Wunsch nach mehr Komfort und Energiesparmaßnahmen haben eine Reihe von Maßnahmen und Umbauten zur Folge, die oft nacheinander und in Phasen ausgeführt werden.

Die am stärksten einschneidenden Veränderungen hiervon sind:

- Die Änderung von 1-Zimmerheizung auf Zentralheizung, wobei das gesamte Haus gleichmäßig erwärmt wird. Häufig findet das Ganze mit einem geschlossenen Kessel statt, wobei die Verbrennungsluft von außen angesaugt wird und die Verbrennungsgase wieder nach außen abgeleitet werden. Der vorhandene Rauchkanal wird abgeschlossen (obwohl hauptsächlich der Rauchkanal die aufgewärmte feuchte Luft ableitet). Die Notwendigkeit Innentüren geschlossen zu lassen entfällt, Feuchte verbreitet sich durch das ganze Haus.
- Die Erneuerung von Einfassungen und Fenstern und das Anbringen von doppelter Verglasung. Einiges wird hier am liebsten nahtlos und fest verschlossen geliefert. Kondensierungen auf den Fensterscheiben gehören der Vergangenheit an.
- Die Erneuerung von (Holz)Böden in einer dampfdichteren Ausführung als vormals. Neue Zementböden mit oder ohne glasierte Fliesen, Naturstein oder Parket.
- Innenwände neu verputzen und Außenwände wieder ausfugen. Und wohl am liebsten mit einer dampfdichteren Farbe, wo früher ein strichfester Mörtel benutzt wurde.
- Die nachträgliche zusätzliche Isolierung von Böden, Wänden und Decken, welche auch durch Unterstützung der Behörde gefördert wird.
- Die Modernisierung und Erweiterung des Badezimmers und das Installieren von Waschmaschinen und Trockner.

Wenn obengenannte Maßnahmen durchgeführt werden und das nach Tradition gebundene Reetdach entweder zusätzlich oder nicht isoliert ist, im Originalzustand bleibt, wird das zu großen Problemen führen. Das Reetdach, immer schon ein wichtiges Glied bei der natürlichen Ventilation eines Hauses, wird jetzt zum dampftechnisch und oft auch noch „zugtechnisch“ schwächsten Glied des Gebäudes. Die überflüssige Wohnfeuchte wird in diesem Fall zum größten Teil durch und in das Reetdach verschwinden. Vor allem im Winter, wenn der Temperaturunterschied zwischen innen und außen am größten ist, am wenigsten ventiliert wird (Energieverlust) und der Unterschied in Dampfdruck zwischen innen und außen am größten ist, wird eine beträchtliche Menge an Feuchte in das Reetdach eindringen. Solange das Reetdach an der Außenseite sauber und trocken ist, wird das Reet diese Menge an Feuchte wieder loswerden wegen des dampfoffenen Charakters des Reets. Ist das Dach aber an der Außenseite nass, was im Herbst und Winter in dem niederländischen Klima oft und lange der Fall sein kann, wird die Feuchte an den nassen Außenseiten des Reetpakets auskondensieren. Das Dach wird von innen heraus, an der Außenseite immer feuchter. Wird an der Innenseite ergänzend isoliert, vergrößert sich das Problem. Nicht nur wird der Transport von Feuchtigkeit weiterhin stattfinden, die Feuchte trifft auch auf ein kälteres Reetpaket, was wiederum die Folge auslösen kann, dass die Feuchte noch tiefer ins Reet auskondensieren wird. Der Ort im Reet, wo die Feuchte auskondensieren wird, ist abhängig von der Menge der Feuchte, die durch das Dach nach außen gelangt.

Ist das Reetdach an der Außenseite schwer von Algen oder Moos befallen, wird sich die Zeit zum Abtrocknen für das Reetdach erheblich erhöhen. Das Auskondensieren der Feuchte im Reetdach wird so also länger andauern und das Risiko für das Reetdach erhöht sich erheblich.

Das gleiche gilt auch für traditionell gebundene Dächer im Schatten von z.B. Bäumen. Auch hier ist die Abtrocknungskapazität eingeschränkt. Das Aufheben der Einschränkung wird eine längere Lebensdauer zur Folge haben. Unter normalen Umständen hat ein wenig Schatten nur eingeschränkt Einfluss. Spielt der obengenannte Mechanismus, Wohnfeuchte von innen heraus, eine Rolle, wird der Schatten eine schlimme Situation plötzlich erheblich verschlimmern.

Kasten 1:

Luftdurchlässigkeit von niederländischen Häusern

Als Folge der Forderungen und wachsenden Aufmerksamkeit für Energieeinsparung hat sich in den Niederlanden in den letzten Jahren die Luftdichte stark erhöht.

In Figur 3.4 sind alle vor und nach 1980 erbauten Einfamilienhäusern miteinander verglichen worden.

Die Luftdurchlässigkeit wird in den Niederlanden in einer Größe q_{v10} ausgedrückt. Das ist der Luftvolumenstrom, der bei einem Druckunterschied von 10 Pa durch die undichten Stellen in der Hausschale bei einem Überdruck nach außen und bei einem Unterdruck nach innen entweicht.

Baufeuchte:

In der Praxis sieht man, dass wenn ein neues Haus nach neusten Erkenntnissen gebaut und mit Reet eingedeckt wird und lange unbeheizt stehen bleibt, das Reetdach viel feuchter wird als wenn von Anfang an geheizt wird.

So ein Haus ist am Anfang sehr feucht durch alle Baufeuchte, die durch Mauer- und Stuckarbeiten, Böden und Decken eingebracht wird. Oft steht auch noch Wasser unter dem Boden. Die Ventilation ist am Anfang, wenn das Gebäude noch nicht bewohnt wird, nicht ausreichend. Der Heizungskessel wird erst später montiert, Türen und Fenster bleiben oft wegen Diebstallsgefahr so lange wie möglich geschlossen.

Eventuelle Beheizung über einen Gasheizer erhöht die Temperatur, bringt aber auch sehr viel zusätzliche Feuchte hinein. Wenn kein Dampfschirm angelegt worden ist, kann ein Reetdach am Anfang also sehr nass werden. Je schlechter seit der Anfertigung des Reetdachs ventiliert wird, desto mehr Feuchte wird seinen verhältnismäßig einfachen Weg durch das Reetdach finden.

Die relative Feuchtigkeit des Daches wird im ersten Jahr konstant sein. Im zweiten Jahr wird sich herausstellen, dass sich die relative Luftfeuchtigkeit im Reetpaket auf einer viel niedrigeren Stufe stabilisiert. Die Risiken vergrößern sich wenn es sich um einen verregneten Bau mit nasser Unterkonstruktion handelt.

Ein zu feuchtes Reetdach auf einem neuen Haus kann die Folge sein. Die Installation eines Reet-/Schraube-Dachs auf eine so extrem feuchte Unterkonstruktion könnte verheerend sein, vor allem im Herbst. Es ist deshalb wichtig, dass die Unterkonstruktion zu dem Zeitpunkt trocken ist, an dem das Reet angebracht wird.

Für die Lebensdauer des Reetdachs ist es wesentlich, dass ab dem Moment, in dem das Reet auf dem Dach liegt, eine richtige Ventilation des sich darunter befindenden Hauses stattfindet. Aus der Tatsache, dass aus einem mit traditionellen Materialien konstruierten Einfamilienhaus eine Menge an Feuchte abgeleitet werden muss, die sich auf 3000 bis 4000 Liter belaufen kann, ergibt sich, dass es sich bei Baufeuchte nicht um kleine Mengen handelt.

(Quelle: Warmte en vochttransport in bouwconstructies, Tammes en Vos)

Der Zufluss von Wohnfeuchte aus dem Haus heraus zum Reetdach:

Der Transport von Feuchte kann mittels Diffusion stattfinden (die Feuchte zieht sich durch die Baukonstruktionen hindurch) und mittels direkten Transports des in der Luft vorhandenen Wasserdampfes (ziehen). Das Prinzip des Ziehens kann 80 bis 100 Mal mehr Feuchte transportieren als reine Dampfdiffusion. Es ist deshalb wichtig, Unterkonstruktionen so zu fertigen, dass es so wenig wie möglich zieht.

Kasten 2:

Baufeuchte

Eine spezielle Feuchtigkeitsquelle kann man in der ersten Nutzungsphase eines Hauses sofort nach der Abnahme oder Renovierung erkennen. Während so einer Anfangsphase kann die Rede von Baufeuchte sein, sei es Feuchte in Konstruktionen als Folge einer Beregnung während des Bauprozesses und/oder die Nutzung von Wasser in der Anfertigung der Baukonstruktion wie Mörtelwasser in Mauerarbeiten und Beton. In trockenen Bauten, wie Fachwerk- und Fertighäuser wird hier[hier endet der Text im Original].

Die Schlussfolgerungen:

Wenn man in traditionell reetgedeckten Häusern anfängt umzubauen, könnte das für das Reetdach Folgen haben und man sollte die Konsequenzen für das Reetdach bei Entscheidungen mit einbeziehen.

Wenn man bei einem traditionell gedeckten Haus von einer Ein-Raum-Heizung übergeht auf eine Zentralheizung und /oder die Räumlichkeiten unter dem Reetdach werden geheizt, ohne dass zusätzlich Dampf- und Zughemmende Maßnahmen für das Dach getroffen werden, muss man mit einer möglichst ernsthaften Verkürzung der Lebensdauer des Reetdachs rechnen.

Wenn ein traditionelles Reetdach gedämmt wird, müssen zusätzlich dampfbremsende Maßnahmen getroffen werden und zwar an der Innenseite (der warmen Seite) der Dämmung. Sogar wenn man versucht hier eine dampfdichte Folie richtig anzubringen, bleibt ein Risiko.

Bei der Erneuerung eines Reetdaches über einem geheizten Raum, ist die erwartete Lebensdauer bei einem „Schraubdach“ höher als bei einem traditionellen Dach, wegen der dampfhemmenden Eigenschaften der angewandten Platten. (Es kommt weniger Feuchte von innen heraus ins Dach). Deshalb sollten die Platten so zugfrei wie nur möglich angebracht werden. Nähte abdichten!!!!

Wird aber das Dach mit einem Dampfschirm versehen, wird die Lebensdauer des Daches durch die Qualität des angebrachten Reets bestimmt werden.

Dächer, bei denen sich diese Probleme (zuviel Feuchte von innen heraus) zeigen, werden „verspochen“ (red. nicht zu übersetzen) und nicht verschleißten. Die Dächer werden eine Lebensdauer von 10 bis 20 Jahren erreichen. In Extremfällen weniger als 10 Jahre (abhängig von der Menge an Feuchte die in das Dach gerät und abhängig von der Trockenkapazität des Daches).

In einem Haus, in dem das Problem (zuviel Feuchte von innen heraus) eine Rolle spielt, wird das bei zusätzlicher Feuchtigkeitsbelastung in dem Haus den Abbau des Dachs beschleunigen (jede nasse Regenjacke ist eine zuviel). Weil der Prozess des Feuchtigkeitstransportes von innen heraus zum großen Teil durch den Temperaturunterschied zwischen innen und außen in Gang gesetzt wird, heißt das: Je wärmer das Haus desto größer das Risiko auf Rückgang des Reetdachs.

Ein Dach voller Moos oder Algen, ein Dach im Schatten, sehr feines oder weiches Reet werden die Probleme erhöhen oder gegebenenfalls in Gang setzen können.

Zusätzliche Dämmung ohne Dampfsperre wird in allen Fällen zu einer kürzeren Lebensdauer des Daches führen. Eine gute Ventilation wird das Problem jedoch mildern. Jede Art der Dampf- und Zugsperre in Bezug auf das Reetdach wird das Problem lindern. Am besten bringt man einen Dampfschirm an.

Stark renovierte Häuser (doppelte Verglasung, neue Böden, Stuckarbeiten usw.) und komplett neue Häuser mit einem Reetdach müssen, sofort nachdem das Reetdach angebracht ist, am

Anfang gut gelüftet werden, um von Feuchtigkeitsrisiken für das Dach zu reduzieren. **Die Aufnahme eines Dampfschirms in die Dachkonstruktion ist die 100%-ige Lösung.**

Die möglichen Unterkonstruktionen eines Reetdaches:

1. ein auf Rohrlatten gebundenes Dach mit oder ohne Abzimmerung
2. ein auf Rohrlatten gebundenes Dach, ergänzt durch eine von innen gedämmte Schicht ohne solide Dampfsperre
3. ein auf Rohrlatten gebundenes Dach, ergänzt durch eine von innen gedämmte Schicht mit solider Dampfsperre
4. ein auf Rohrlatten gebundenes Dach auf einem Dämmungspaneel (EPS, Mineralwolle, und/oder Pur)
5. ein Schraubdach auf einer 18 mm Platte
6. ein Schraubdach auf einer verschraubten Dämmplatte (EPS, Mineralwolle, und/oder Pur)
7. ein Schraubdach nach dem Gerpan-System (siehe separate Information)

Das Anwendungsgebiet der einzelnen Konstruktionen:

1. Dieses ist eine altmodische Konstruktion, die sehr gut oberhalb von Freidächern (Heuschober, Sonnenschirm usw.), für nicht geheizte Räume (Scheune, Garage usw.), Räumlichkeiten, aus denen viel Feuchte abgeleitet werden muss und solche wo keine dämmenden Eigenschaften notwendig sind (Ställe) angewandt werden kann. Die Ventilation ist dann so stark, dass von einem Temperatursprung über das Dach eigentlich nicht die Rede sein kann. Dort wo das Brandrisiko eine große Rolle spielt, sollte man besser auf Konstruktion 5 zurückgreifen.
2. Nicht anwenden: Diese Konstruktion ist auf jeden Fall falsch. Diese Konstruktion führt in der Praxis bei weitem zu den meisten Problemen und sorgt für die höchste Menge an komplett verfaulten Dächern. Der Schaden tritt in diesem Fall meistens zwischen 5 und 10 Jahren auf, war aber von Anfang an vorhanden.
3. Wird dort angewendet, wo ein bestehendes traditionell gebundenes Dach zuviel Energieverlust bringt. Die korrekte Anbringung eines Dampfschirmes ist wesentlich für die restliche Lebensdauer des Daches. Durch das Vorhandensein von Geschossböden aus Holz und Zwischenwänden ist es sehr schwierig, eine Dampfsperre in der Tat dampfdicht zu bekommen. Dieses führt in manchen Fällen zu Enttäuschungen.
4. Dieses ist eigentlich ein schlechter Kompromiss zwischen der alten vertrauten gebundenen Konstruktion in Kombination mit neueren, zwingenden Isolationsvorschriften. In der Praxis hat sich herausgestellt, dass mit dieser Konstruktion über einem geheizten Raum die Dampfsperrung oft nicht ausreicht. Es gelangt zu viel Feuchte in das Dach. Das hat zur Folge, dass nach kurzer Zeit ein stark mit Algen befallenes Dach entsteht, welches zu lange feucht bleibt und damit schnell an Qualität verliert. Möchte man diese Konstruktion trotzdem verwenden, wählt man eine Dämmplatte mit einer Folie als Dampfsperre oder bringt eine dampfhemmende Folie zwischen Dämmplatte und Verarbeitung an der Innenseite des Hauses an, sobald im Haus geheizt wird.
5. Wird angesetzt oberhalb bestehenden geheizten Häusern, wo ebenfalls eine brandsichere Konstruktion erwünscht ist. Bringt man der Außenseite des Plattenmaterials eine dampfhemmende Folie an (0,2 mm PE-Folie).

6. Wird eingesetzt oberhalb neuen geheizten Gebäuden, wo zusätzlich eine brandsichere Konstruktion erwünscht wird. Wähle hier immer eine Dämmplatte mit einer dampfhemmenden Folie und Sorge dafür, dass die Nähte zwischen den Platten dampfdicht sind oder man bringe eine dampfhemmende Folie zwischen Dämmplatte und der Verarbeitung an der Innenseite des Hauses an.
7. Die beste Unterkonstruktion (siehe separate Information unter Gerpan).

Schlussfolgerung:

Sorge für eine komplett offene Dachkonstruktion, bei der das Außenklima frei ventilieren kann oder Sorge für eine optimale Dampfsperre zwischen dem Innenklima und dem Reetdach.

Die Produktion von Feuchte im Innenraum

Die am häufigsten vorkommenden Quellen von *Feuchte*, produziert im Innenraum, sind die Feuchte-Emissionen durch die Bewohner selbst: das Duschen, ein Bad nehmen, Kochen, das Trocknen von Kleidungsstücken und das Halten von Pflanzen in der Wohnung. Im Schnitt werden täglich zwischen sieben und vierzehn Liter Wasser in einer niederländischen Wohnung produziert. In einem 4-Personen Haushalt bedeutet diese Zahl mindestens 10 Liter pro vierundzwanzig Stunden.

Küche

Während des Kochens wird viel Feuchte erzeugt. Wenn diese Feuchte durch eine Abzugshaube direkt aus der Luft entfernt würde, dann sollten Kondensation und Adsorption von keiner Bedeutung sein. Dieses scheint fast unmöglich zu sein. Die Menge an erzeugter gesättigter Luft ist viel größer als eine normale Dunstabzugshaube entfernen kann.

Die Feuchteproduktion beim Kochen dauert z.B. 30 Minuten. Der Kondensationsprozess kann jedoch wohl bis zirka zwei Stunden danach noch stattfinden.

In einer Periode von 4 Stunden danach wird wieder Verdampfung von Feuchte aus den Materialien, die Feuchte adsorbiert haben stattfinden.

Ein Ventilationsmuster, das darauf optimal abgestimmt ist, treffen wir in Häusern meistens nicht an. Es ist üblich, dass Menschen eine Abzugshaube während des Kochens benutzen. Nach dem Kochen wird diese meist, wegen der Geräuschbelästigung, wieder ausgeschaltet, obwohl noch mindestens 5 Stunden nach dem Kochen eine Basisventilationsströmung von 21 dm³/sek. erforderlich wäre. Dieses führt zu der Einsicht, dass eine Ventilation in der Küche eigentlich ununterbrochen gegeben sein sollte, weil nach Abschalten der Abzugshaube erneut Feuchte produziert wird. Die Verwendung einer Dunstabzugshaube mit einer erneuten Zirkulation der Luft hat für die Feuchteproblematik natürlich keinen Zweck. Hiermit können zwar Gerüche entfernt, jedoch eine Reduktion der Feuchte nicht erzielt werden.

Die Beseitigung von im Badezimmer und in der Küche erzeugter Feuchte ist mittels mechanischer Absaugvorrichtungen fast unmöglich.

Badezimmer

Bei der Badezimmerproblematik muss zwischen einem Vollbad nehmen und Duschen unterschieden werden. Beim Duschen ist es fast unmöglich zu vermeiden, dass die Luft im Badezimmer gesättigt wird. Der Debit, der für eine Abnahme des Wasserdampfs notwendig ist, erzeugt Zugprobleme durch die Notwendigkeit einer zu großen Luftgeschwindigkeit. Eine lokale Abfuhr des Dampfes macht somit keinen Sinn. Auch die Anbringungsstelle der Abfuhr

spielt keine Rolle. Wichtiger ist die Dauer des Ventilierens in Kombination mit der Temperatur im Innenraum. Das gleiche Phänomen, welches bei Küchen beobachtet wird, tritt im verstärkten Maß in Badezimmern auf. Die Menge an produzierter Feuchte ist jedoch wesentlich höher als während des Kochens. Eine Erhöhung der absoluten Feuchte von 5 bis 8 g/kg während einiger Minuten ist unumgänglich. Für das direkte Abführen der Feuchte sind, wenn sie schon lokal abgeleitet werden kann, mindestens 100 dm³/sec erforderlich. Dieses bedeutet eine Ventilationsrate (das ist die Anzahl der Male, in der ein Raum pro Stunde mit Frischluft versorgt wird) für diesen Raum von zirka 30 pro Stunde. Diese Zahl ist unrealistisch hoch und wird im Allgemeinen zu Zugproblemen führen. Nach einer Duschperiode von lediglich 4 Minuten ist die Luft im Raum komplett gesättigt und es tritt Nebelbildung auf. Die Sättigung wird bis zirka 10 Minuten beibehalten. Auch die Lufttemperatur erhöht sich während des Duschens um einige Grade. Wände und Decken werden täglich nach dem Duschen für mehrere Stunden nass sein. Die Verarbeitung von Oberflächenmaterialien und die Wahl des eingesetzten Materials ist dabei sehr wichtig. Besonders Badezimmer, die in geschlossenen Räumen eingebaut sind, mit mechanischer Absaugung die zu kurz im Höchststand stehen, verursachen durch dieses Phänomen manchmal Feuchteprobleme. Eine natürliche Abfuhr ist hier vorteilhaft, weil diese fast nie regelbar ist und daher sehr regelmäßig einen bleibenden Luftaustausch verursachen. Auch das Heizen in Badezimmern kann hilfreich sein, da damit die Mischung der Luft in dem Raum gefördert wird und somit schneller den kältesten Teil trocknen kann.

Die Verteilung der Luftdurchlässigkeit

Die Luftdurchlässigkeit ist nicht proportional über die „Schale“ der Wohnung verteilt. Dächer können z.B. weniger luftdicht sein als Giebel.

Quelle: SBR, Handbuch Feuchte & Ventilation

Das Brandrisiko eines Reetdaches:

Alle traditionell gebundenen Dächer haben ein größeres Brandrisiko als geschraubte Dächer. Das Brandrisiko ist am besten einzuschränken durch die Anwendung einer geschlossenen Konstruktion.

Dieses kann erreicht werden durch die Verschraubung auf eine 18 mm Platte.

Das ist das preiswerteste Schraubdach (z.B. OSB-Platte, Spanplatte, Underlayment usw.).

Der Rc-Wert eines solchen Daches ist beschränkt auf $R_c = 2,9 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Die Platten können nur eine eingeschränkte Überspannung aushalten.

Im Laufe der Lebensdauer des Daches wird der Dämmwert zurückgehen bis auf $\pm R_c = 1,5$.

Kombiniere diese Platte immer mit einer dampfdichten Folie an der Außenseite (zwischen Reet und Platte). Damit ergibt sich dampf- und dämmtechnisch eine umgekehrte Konstruktion. NB: diese Konstruktion darf dann nicht von der Innenseite aus gedämmt werden!

- eine EPS- oder Pur-Platte.

Relativ günstig und leicht.

Der Rc-Wert vom gesamten Dach bewegt sich zwischen 4,0 und 6,0 m²K/W.

Wähle vorzugsweise einen so niedrig wie möglichen Dämmwert, ein Rc-Wert von 4,0 ist mehr als ausreichend. Abhängig von deren Dicke können Platten ordentlich hohe Überspannungen aushalten (siehe Hersteller). Diese Platten sind relativ schwer und einfach zu verarbeiten (abhängig von der Dicke). In der Lebensdauer des Daches wird der Dämmwert zurückgehen bis auf $\pm Rc = 2,5$ oder höher.

Wähle immer eine Dämmplatte mit einer dampfhemmenden Folie und Sorge dafür, dass die Nähte zwischen den Platten ebenfalls dampfdicht sind oder wähle eine dampfhemmende Folie zwischen Dämmplatte und der Verarbeitung an der Innenseite des Hauses an.

- **eine Platte aus Steinwolle.**

Für das beste brandhemmende Resultat.

Es gibt Platten mit einem Feuerwiderstand von einer Stunde von außen nach innen und umgekehrt im Handel. Der Rc-Wert vom gesamten Dach bewegt sich zwischen 4,2 und 6,0 m^2K/W .

Wähle vorzugsweise einen so niedrig wie möglichen Dämmwert, ein Rc-Wert von 4,2 ist mehr als ausreichend. Abhängig von deren Dicke können Platten ordentlich hohe Überspannungen aushalten (siehe Hersteller). Diese Platten sind relativ schwer und etwas teurer als Pur oder EPS, haben aber eine bessere feuerhemmende Wirkung. In der Lebenszeit des Daches wird der Dämmwert zurückgehen bis auf $\pm Rc = 2,7$ oder höher.

Wähle immer eine Dämmplatte mit einer dampfhemmenden Folie und Sorge dafür, dass die Nähte zwischen den Platten ebenfalls dampfdicht sind (dieses kann nur an der Innenseite) oder bringe eine dampfhemmende Folie zwischen Dämmplatte und der Verarbeitung an der Innenseite des Hauses an.

7.3 Anforderungskatalog des Niedersächsischen Landesamtes für Denkmalpflege

Förderung von Reetdacharbeiten mit Landesmitteln für Denkmalpflege Vorbeugende Auflagen zur Verhinderung der vorzeitigen Verrottung

Zunehmend haben sowohl Reetdachhauseigentümer und Reetdachdecker als auch die Denkmalpfleger eine frühzeitige Verrottung von Reetdächern beobachtet. Ein wesentlicher Faktor scheint zum einen die verminderte Qualität des verwendeten Reets zu sein, zum anderen die Art der Verarbeitung. Solange an einer wissenschaftlichen Lösung dieser Problematik gearbeitet wird und noch keine Ergebnisse der Untersuchungen vorliegen, ist die Denkmalpflege dazu angehalten alle nicht unmittelbar dringlichen Fälle zu verschieben und Neueindeckungen und Ausbesserungen nur in Ausnahmefällen zu fördern.

Für Ausnahmefälle sind folgende Regeln verbindlich einzuhalten:

Qualität des Reets:

- ***Der Wassergehalt des Reets darf im Halm max. 18% betragen.***

In zu feuchtem Material finden schädliche Mikroorganismen einen idealen Nährboden. Das Reet muss im gesamten Verlauf (von Ernte über Einlagerung und Transport bis zur Baumaßnahme) trocken, d.h. abgedeckt und kondenswasserfrei gelagert werden. Bevor das Reet gebündelt wird, muss es absolut durchgetrocknet sein.

Bei einer Lagerung im Freien wird das Reet durchfeuchtet und trocknet nur oberflächlich wieder ab, so dass der Einbau in einem feuchten, bereits angegriffenen Zustand des Halmes stattfindet.

- ***Die Halmstärke muss am Halmende mindestens 4 mm betragen.***

Zu feine Halme erhöhen die relative Halmoberfläche des Daches pro m² wobei mehr Wasser kapillar aufgenommen und gehalten wird. Somit erhöht sich die Feuchtigkeit des Daches und bildet eine Basis für ein besseres Wachstum von Mikroorganismen.

- ***Die verwendeten Reetbunde müssen beim Decken der Dachfläche eine Mindestlänge von 1,80 m aufweisen. Beim Decken von First, Giebel, und Fensterlaibungen sind auch kürzere Bunde zulässig.***

Längere Bunde ergeben einen steileren und damit effektiveren Ablaufwinkel des Regenwassers. Dadurch bleibt das Reet widerstandsfähiger. Außerdem fehlt bei kurzem Reet das verholzte Unterteil des Halmes und damit geht ein wesentlicher Teil der Stabilität verloren.

- ***Es darf allgemein kein minderwertiges Reet verwendet werden.***

Dazu gehört neben der Verwendung von möglichst blattarmen Reet (Blätter haben eine andere organische Aufbaustruktur und sind somit anfälliger für die Besiedlung durch Mikroorganismen) und einem geringen Anteil an schadhafte Halmen auch eine möglichst ebene Struktur des Halms (Ein Aufspießen der Halme durch unsachgemäße Mahd kann dazu führen, dass mehr Feuchtigkeit in das Reet eindringt).

Qualität der Deckung:

- ***Das Reet muss auf der Baustelle absolut trocken gelagert werden.***

Während der Deckung ist zu beachten, dass das angelieferte Material ohne direkten Bodenkontakt und ohne Niederschlagseinfluss gelagert werden muss.

Auch das sich in Bearbeitung befindende Dach muss nach Bedarf mit einer Plane abgedeckt werden, um ein Eindringen von Feuchtigkeit zu verhindern. Darüber hinaus darf während anhaltenden Niederschlägen nicht gedeckt werden.

- ***Die Halmneigung bei einer Neueindeckung muss in der Dachfläche mindestens 28° betragen. Bei der Stopfung eines Reetdaches ist eine Mindesthalmneigung von 20° erforderlich.***

Wenn Halme zu flach liegen, ist der Wasserablauf nicht mehr gewährleistet und es besteht die Gefahr der Durchfeuchtung des gesamten Daches.

- ***Bei der Stopfung eines Reetdaches muss das Reet möglichst lang sein und so weit wie technisch möglich in das Dach eingebracht werden.***

Sollten die verwendeten Halme zu kurz sein, können sie bei einer Stopfung nicht bis unter die Drahtbindung gelangen und liegen somit nur lose zwischen dem Altreet. Damit ist kein hinreichender Schutz gegen Feuchtigkeit gegeben. Um eine möglichst feste Stopfung zu erreichen muss das Dach von unten nach oben gestopft werden, denn so können die Halme enger eingebunden werden.

- ***Die Dachneigung sollte mindestens 45° betragen, die Neigung von Gauben 36°.***

Je höher die Dachneigung ist, desto geringer ist die Eindringtiefe des Regenwassers und umso schneller wird ein Reetdach nach einem Schauer wieder trocken. Gauben bilden generell ein erhöhtes Risiko für ein Reetdach, da das Regenwasser nicht gleichmäßig abfließen kann.

Darüber hinausgehende Empfehlungen:

- ***Ein Reetdach muss regelmäßige von Moosen, Ästen, Blättern etc. gesäubert werden.***

Ein von Blättern, Ästen, Algen und Moosen verschmutztes Dach braucht länger zum Trocknen und unter dieser Schmutzschicht sammelt sich die Feuchtigkeit, die dann wieder den idealen Nährboden für Mikroorganismen schafft.

- ***Umstehende Bäume mit über das Dach ragenden Ästen sollten gestutzt werden – dabei müssen die Wundpflegemaßnahmen beachtet werden.***

Bäume verhindern den freien Eintritt von Sonnenschein, aber vor allem auch von Wind, der das Dach trocknen lässt. Des Weiteren tropft von den Bäumen Regen sowie Tau, was die Lebensdauer eines Reetdaches um bis zu 25% verkürzen kann.

7.4 Ergebnisbericht zur Schadenserhebung des Niedersächsischen Landesamtes für Denkmalpflege im Elbe-Weser-Dreieck



Sachverständigen- und Forschungsbüro
Professor h.c. Dr. rer. hort. Gunter B. Schlechte

Substratmikrobiologie im Gartenbau · Hausfäulen · Umweltmikrobiologie
Phytomedizin · Holzpathologie · Forstmykologie und Naturwaldforschung

Tillyschanze 9
31167 Bockenheim

Telefon (0 50 67) 30 10
Telefax (0 50 67) 69 86 50
drschle@mikroforst@VR-Web.de

PROF. DR. G. B. SCHLECHTE Tillyschanze 9 31167 Bockenheim

Dezember 2007

Ergebnisbericht (19-seitig)

Schadenserhebung auf 13 ausgewählten Reetdächern im Elbe-Weser-Dreieck unter besonderer Berücksichtigung des Aufkommens Lignozellulose zersetzender Basidiomyzeten (Braun- und Weißfäulepilze)

Objektbesichtigungen mit Probenahme vom 29.10. - 2.11.2007,
19.11. - 20.11.2007 und 22.11. - 23.11.2007

unter Mitwirkung von

Herrn Thomas Gooßen (Reetdachdecker, Kranenburg)

Auftraggeber: Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege -Stützpunkt Lüneburg-,
Auf der Hude 2, 21339 Lüneburg

Mitglied der DPG (Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft e. V.) und GML (Gesellschaft für Mykologie und Lichenologie e. V.)



1 Einleitung

Auch ohne nähere Kenntnis der auslösenden Faktoren für die in den letzten Jahren gehäuft als beschleunigt angesprochene Zersetzung von Dachdeckungen mit Reet deuten alle bisherigen Beobachtungen darauf hin, dass Pilzen bei der Schadensentwicklung eine besondere Bedeutung zukommt. Nur diese Organismen sind unter bestimmten Bedingungen befähigt, fibrilläre und amorphe Zellwandsubstanzen wie z.B. Zellulose oder Lignin so rasch abzubauen, dass der oft dokumentierte vollständige Strukturverlust von verarbeitetem Reet erklärt werden kann.

Aus langjähriger Erfahrung ging man in Norddeutschland bisher von einer Haltbarkeit eines ordnungsgemäß eingedeckten Reetdaches von wenigstens 30 Jahren aus. Je nach Beschaffenheit des Daches entspricht dieser Einschätzung eine mittlere Zersetzungs(Verrottungs)geschwindigkeit von 1 bis 2 cm Halmlänge im Jahr, wobei in den ersten Jahren nach der Neueindeckung eine etwas langsamere Reetverrottung angenommen werden muss.

2 Vorgefundene Situation

Die Beprobung einer kleinen Auswahl von reetgedeckten Gebäuden, bei denen von bekannten Mustern abweichende Zersetzungs Vorgänge vermutet wurden, hat einige doch recht überraschende Ergebnisse aus den Landkreisen Cuxhaven und Stade zu einem (neuezeitlichen?) Verrottungsphänomen ergeben, das häufig laienhaft auch als vorzeitige Alterung des Reetdaches bezeichnet wird.

Besonders bemerkenswert sind die folgenden Feststellungen:

1. Bereits in den ersten Jahren nach Eindeckung oder Dachausbesserung („Stopfen“) kann eine deutliche Zersetzung des Reetmaterials festgestellt werden; dabei bewegt sich die Zersetzungsgeschwindigkeit im Mittel über die ersten 5 Jahre schon vereinzelt im Bereich oberhalb von 4 cm (!) Halmlänge pro Jahr.



2. Nahezu durchgängig ist auf der Dachaußenseite eine mehrere Zentimeter starke Verrottungsschicht nachweisbar, die sich durch einen stark erhöhten Wassergehalt auszeichnet. Dieser variiert in 5 cm Tiefe zwischen 24 und 78 % (Darmmethode nach DIN 52183) und schafft geradezu ideale Bedingungen für mikrobielles Wachstum.
3. Neben lockerwattigen Myzelnestern oder größeren halmumfassenden Myzelgespinsten finden sich an durchfeuchtetem Reet regelmäßig auch zu dünnhäutigen Krusten, gitterartigen Bändern oder feinen Strängen verfestigte Pilzstrukturen.
4. Die Zersetzungsqualität reicht von einer geringfügigen Halmaufweichung bis zur Entstehung papierartiger, federleichter Halmabschnitte in nur wenigen Jahren. An der Dachoberfläche ausgegrenzte (isolierte) Zersetzungszone können im Einzelfall mit tief reichenden Nestern aufgeweichten Reets in Verbindung stehen, die sich nach 5 Jahren fast bis zur Bindung ausdehnen.
5. Eine gehäuft bis unter die Bindungsebene reichende Halmverrottung war frühestens an einer 15 Jahre alten Dachdeckung mit einer großflächigen Besiedlung durch einen Weißfäulepilz zu belegen; hier droht Undichtigkeit in den nächsten Jahren.
6. Die höchste Zersetzungsgeschwindigkeit wurde mit 9 cm Halmlänge pro Jahr kleinflächig an einem bei regnerischer Witterung im Herbst eingedeckten Dach festgestellt, dessen Neigung die vom Regelwerk des Deutschen Dachdeckerhandwerks für Reetdächer bestimmte Mindestneigung von 40° klar unterschreitet.
7. Dachflächen mit einer Halmneigung unterhalb von 23° zeigen ebenso wie durch nahestehende Bäume überkronte Dachflächen ausnahmslos Merkmale einer vorzeitigen Verrottung.
8. Zur Dachreparatur eingebrachtes Reet kann trotz angeglicher Halmneigung gegenüber dem verbliebenen Altreet einer deutlich beschleunigten Zersetzung unterliegen.



9. Eine rasch voranschreitende Zersetzung lässt keine klare Abhängigkeit von der Ausbildung auffälliger Algenkrusten oder -lager auf der Dachoberfläche erkennen; auch die Entwicklung ausgedehnter Flechten- oder Moosdeckschichten ist ein eher zeitabhängiges als zersetzungsbestimmtes Phänomen.

3 Nachweis zersetzungsrelevanter Pilze

In der Verrottungsschicht aller untersuchten Reetdächer lassen sich ohne Schwierigkeiten die Myzelien sehr verschiedener Pilzarten sowie nicht selten auch die von ihnen gebildeten Fruchtkörper nachweisen. Zusätzlich treten fast immer bestimmte Hutpilze in kleinen Gruppen oder größeren Scharen auf der Dachoberfläche in Erscheinung. Bei den beobachteten Myzelien fehlt ganz überwiegend eine Bildung von Sporen, mikromorphologische Merkmale (u. a. Schnallenbildung) und makroskopische Organisation (Ausbildung spezifischer „Flecht“-strukturen) weisen sie zu einem erheblichen Teil als Vegetationskörper von **Basidiomyzeten** aus; diesen sind auch ausnahmslos die größeren Pilzfruchtkörper im oder auf dem Reet zuzuordnen.

Insgesamt wurden **16 Basidiomyzeten-Spezies** identifiziert. Mehrheitlich handelt es sich hier um in Hut und Stiel gegliederte Blätterpilze (*Agaricales*) mit einer Häufung (8 Spezies) von Vertretern der Gattung Helmling (*Mycena*). 5 Spezies sind krusten- oder polsterförmigen Nichtblätterpilzen (*Aphylophorales s. lato*) zuzuordnen, unter denen sich auch zwei als Bauholzerstörer ausgewiesene Kellerschwämme (*Coniophora marmorata* und *puteana*) befinden. Vervollständigt wird die Artenliste durch den immerhin auf 5 Dächern beobachteten Kugelschneller (*Sphaerobolus stellatus*), dessen millimetergroße Fruchtkörper leicht übersehen werden können.

Basidiomyzeten (Ständerpilze) vereinigen den größten Teil aller leistungsfähigen Lignozellulosezerersetzer in der Natur. Sämtliche in dieser Studie nachgewiesenen Vertreter sind als Braun- bzw. Weißfäuleerreger auf den unterschiedlichsten Holzsubstraten im Wald, in Parkanlagen, Hausgärten oder sogar innerhalb von Gebäuden bekannt und dort mehrheitlich auch als nicht selten einzustufen. Ihre Entwicklung auf Reetdächern wurde bisher kaum näher untersucht, doch ihr Auftreten ist hier möglicherweise von zentraler



Bedeutung für die Halmfestigkeit. Größere halmumfassende Myzelgespinste z.B. vom Grünfärbenden Wachsporling (*Ceriporia viridans*) oder Braunen Kellerschwamm (*Coniophora puteana*) waren nämlich immer mit ausgeprägten Auflösungserscheinungen des Reetes verbunden, ebenso das Massenaufreten der Fruchtkörper von Hutpilzen wie dem Olivgelben Helmling (*Mycena arcangeliana*) oder dem Überhäuteten Helmling (*Mycena epipterygia*).

Demgegenüber gibt es für ein hervorgehobenes Abbauvermögen der anderen nachgewiesenen Pilzgruppen (dematiale, moniliale und mucorale Schimmelpilze; Apothezien-, Perithezienbildner etc.) vorerst noch zu wenig gesicherte Anhaltspunkte; zumindest gegenwärtig überwiegt der Eindruck, dass derartige Pilze vorrangig mit verfärbten, jedoch kaum zersetzten Reethalmen assoziiert sind.

4 Schlussfolgerungen

Die vorliegenden Ergebnisse lassen keinen Zweifel bestehen: Eine deutlich beschleunigte Zersetzung von Reetdachdeckungen ist nicht mehr mit nur wenigen Einzelfällen unter ganz besonderen Bedingungen dokumentiert. 85 % der untersuchten Objekte durchaus üblicher Ausgestaltung und Nutzung zeigen eine mehr oder weniger ausgedehnte vorzeitige Verrottung auf mindestens einer Hauptdachfläche und die ermittelte Zersetzungsgeschwindigkeit kann bereits in den ersten Jahren auf ein Mehrfaches der bisher im langjährigen Mittel bestimmten Verrottungsrate ansteigen. Wenn auch nicht als alleinige Verursacher ausweisbar, so müssen doch verschiedene Lignozellulosezerersetzer (**Basidiomyzeten**) als besonders leistungsfähige Partner bei der Reetzersetzung in luftiger Höhe eingestuft werden. Auch ohne Fruchtkörper bereitet ihr Nachweis in der Myzelphase auf verrotteten Dachflächen keinerlei Schwierigkeiten.

Prof. Dr. G. B. Schlechte

7.5 Beurteilung schadhafter Dächer durch öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige mit dem Spezialgebiet Reetdach

15. DEZ. 2007 18:05

HEICK BEDACHUNG

NR. 779 S. 1

Qualitätssicherung Reetdach

Fragebogen zur Feststellung vorzeitiger Alterung an Reetdächern

Bauvorhaben:

PETERS
SPORTPLATZSTRASSE 2
26169 FRISOYE - ELDERBROOK

Prüfdatum:	<u>12.12.07</u>	Wann eingestrich?	<u>1992</u>
Art der Prüfung:	Sichtprüfung ohne Begang des Daches	Sichtprüfung mit Begang des Daches	<input checked="" type="checkbox"/> Probeentnahme

Objektbeschreibung:

Allgemeines	Hauptabrichtung des Firstes (°)	Flachheitsbildung	Moosbildung	Algenbildung
	<u>NORDWEST</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Lage des Gebäudes	<input checked="" type="checkbox"/>	baumreich	Baumreich	verschattet
Dachneigung/Firstneigung	<u>45°/35°</u>	<u>35°/25°</u>	<u>50°/40°</u>	<u>45°</u>
Dachausbau	<input checked="" type="checkbox"/>	Dämmung ohne Luftschicht	Dämmung mit Luftschicht	Durchführung vorhanden
Renovierung / Ausbau	Passivbau	Forstlar (Isopla o.ä.)	Kalzung	sonstliche Maßnahmen

Materialprüfung:

Sichtprüfung:	Blick auf den Helms	Schwarze Färbung	Reisnerbrot	stark verschl.	Stabilitätsverlust
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Geruchsprüfung:	normal trocken	keimig	keimig (hochfeucht)	weicht / zerfällt	verfärbt
Feuchtigkeitsmessung:	<u>13-21%</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Witterung bei Oberprüfung	<u>TROCKEN</u>	regnerisch	regnerisch	regnerisch	regnerisch
Lage auffälliger Stellen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Verrötung feststellbar (in cm vom Stoppelende)	<u>ca 22 cm</u>	<u>ca 25 cm</u>	<u>ca 30 cm</u>	<u>ca 25 cm</u>	<u>ca 25 cm</u>

Materiallieferung:

Reetlieferant	<u>WILHEMS</u>
Herkunftsland	<u>UNGARN</u>
Herstellernummer	<u>?</u>
Eintragnummern	<u>FRÖHLYNHE 92</u>

Weitere Auffälligkeiten:

DER URSACHEN DER EINDECKUNG BEGANN SCHON NACH
CA 3 JAHREN. TROTZ HÄUFIGER REINIGUNGEN WIRD
IN DER GIEBELWAND KONTINUIERLICH VERZEITLICHE ALTERUNG DES
DACHES NICHT GESTOPPT WERDEN! (IST SANDEROSIONSBEDÜRFTIG)

A. HEICK

Bedachungsunternehmen GmbH

26126 Oldenburg · Elshorner Weg 24 · 26

Tel. 04 41 - 30 24 67 · Fax 04 41 - 3 04 64 82

www.A-Heick.de · A.HeickGmbH@t-online.de

Firmenstempel/-name:



Die Rückseite können Sie für eine Lagekizze des Hauses und die verdächtigen Dachbereiche nutzen.

Qualitätssicherung Reetdach

Fragebogen zur Feststellung vorzeitiger Alterung an Reetdächern

Bauvorhaben:

LEHRWEG
TRIFTWEG 148
26185 OLDBURG

Prüfdatum:	14.12.07	vom eingedeckt?	1998
Art der Prüfung	Sichtprüfung ohne Begehung des Daches	Sichtprüfung mit Begehung des Daches	Photografie
		x	—

Objektbeschreibung:

Allgemeines	Himmelsrichtung des Fusses (°)	Rechterböschung	Moosbildung	Algenbildung
	Nordost	x	x	x
Lage des Gebäudes		baumnah	Gewässerarm	verschattet
		x	—	x
Dachneigung/Halmneigung	Hauptneigung	Gärten	Wälder	Gleise
	45° 35°	—	—	—
Dachaufbau	Wohnneubau	Dämmung ohne Luftschicht	Dämmung mit Luftschicht	Carntafelung vorhanden
	x	x	—	—
Renovierung / Ausbau	Passivbau	(Fenster bspw. o.ä.)	Heizung	zusätzliche Wärmekurve
	44 Jahre	x	—	—

Materialprüfung:

Stichtartprüfung:	Beleg auf den Halm	schwere Färbung	Inselenbelag	starke Verrottung	Stabilitätsverlust
	uneffektiv	x	—	x	x
Geruchsprüfung:	normal löslich	deutlicher Pilzgeruch	uffällig (Inodigehaltig)	—	—
	x	—	—	—	—
Tastprüfung:		hart	weich / zerfallen	—	—
	x	—	x	—	x
Feuchtigkeitsmessung:	14-22 %				
Witterung bei Überprüfung:	moderat	regnerisch	—	—	—
	x	—	—	—	—
Lage auffälliger Stellen	Hauptachse	Wände	Böden, Anbauten	Kanten	Trümp, First
	x	x	x	x	x
Verrottung feststellbar (In cm vom Stoppelende)	15 cm	12 cm	14 cm	20 cm	22 cm

Materiallieferung:

Reetlieferant	PROSKAU		
Herkunftsland	Polen	Herkunftsregion	2
		Einlagerungsort	TRITWEG 99

weitere Auffälligkeiten:

DAS DACH WURDE SCHON ZWEI MAL GEFRIEDIGT UND
IMPRÄGNIERT. DER WERT DER EINDECKUNG IST NICHT
DEUTLICH. BEI REGELMÄßIGER PFLEGE KÖNNEN DIE EINDECKUNG
NOCH 20 JAHRE HALTEN. (WAS DEUTLICH ZU WENIG IST!)

A-HEICK
Bedachungsunternehmen GmbH
26125 Oldenburg · Etzhornweg 24 · 26
Tel. 0441 - 30 24 67 · Fax 0441 - 3 04 64 82
www.A-Heick.de · A-Heick GmbH@heick.de

Die Rückseite können Sie für eine Lageklizze des Hauses und die verdächtigen Dachbereiche nutzen.

Qualitätssicherung Reetdach

Fragebogen zur Feststellung vorzeitiger Alterung an Reetdächern

Bauvorhaben:

FRÖLGE
BOTGDINGER STRASSE 439
26125 OYDENBURG

Prüfdatum: <u>15.12.07</u>		wann eingetakt? <u>1895</u>
Art der Prüfung	Sichtprüfung ohne Begabung des Daches	Sichtprüfung mit Begabung des Daches
	-	X

Objektbeschreibung:

	Himmelsrichtung des Firstes (°)	Flachendigung	Mastbildung	Algenbildung
Algemeines	<u>NO-DOST</u>		X	X
Lage des Gebäudes	Freistehend	geschlossen	Bauernhaus	Gewässerort
	X		X	TEILWEISE
Deckung/Holzneigung	Hauptschichtachse	Gauben	Wärme	Böser
	<u>50°</u>		<u>50°</u>	<u>45°</u>
Deckaufbau	Wohnraumbau	Dämmung ohne Luftschicht	Dämmung mit Luftschicht	Durchlüftung vorhanden
	X		X	X
Renovierung / Ausbau	Passagen	Fenster (Kugels out)	Isolierung	zusätzliche Winterdämmung
	<u>UNTER</u>	X		<u>RIGIPS</u>

Materialprüfung:

	Belag auf den Männen	schwere Fällung	Insektenbefall	starke Verrottung	Baumstammverlust
Sichtprüfung:	X	X		X	X
Geruchsprüfung:	unserfällig	deutlicher Pilzgeruch	erf. bis (mässig) hoch		Wärme
	normal trocken	kaum	nein	weich / zerfallen	verrotzt
Tastprüfung:		X		X	X
Feuchtheitsmessung:	<u>11-23%</u>				
Witterung bei Überprüfung	trocken	regnerisch			wechselnd
Lage auffälliger Stellen	Hauptschichtfläche	Wärme	Gauben, Anbauten	Wärme	Träufe, Rost
Verrottung feststellbar (in cm vom Stoppelende)	X			X	
	<u>CA 18</u> cm			<u>CA 25</u> cm	<u>CA 20</u> cm

Materiallieferung:

Reetlieferant:	<u>BUDYER/HEICK</u>
Herkunftsland:	<u>DEUTSCHLAND</u> (Herkunftsregion: <u>ELDEN</u>) (Zentrale/lokale: <u>TRÜBHAAR 85</u>)

weitere Auffälligkeiten:

ES WURDE WEDER EINE SEITE WEDER DIE WALD FLÄCHE, WEDER
BEDECKT DAS BAUWERKHAUS WÜRDE GÄNzlich ENTWERTET WEDER
WEDER AUFGEBAUT. DIE 20 JAHRE ÄLTERE FLÄCHE IST WEITENHIN
INTAKT, GESAMTLEBENSERWARTUNG DER WEDER EINGEDRECKTEN
FLÄCHE WÜRDE ICH AUF CA 20 JAHRE EINSCHÄTZEN. (15 JAHRE 20

A. HEICK
Bedachungsunternehmen GmbH

Firmenstempel/-name: 26125 Odenburg · Strohmer Weg 24 · 26
Tel: 0441-304647 - Fax: 0441-3046482
www.A-Heick.de · A.HeickGmbH@t-online.de



WEDER

Die Rückseite können Sie für eine Lageskizze des Hauses und die verdächtigen Dachbereiche nutzen.

Friedrich Nissen Dachdeckermeister

Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger der Handwerkskammer Flensburg

Friedrich Nissen, Dachdeckermeister, 24357 Fleckeby

An die
QSR – Gesellschaft zur
Qualitätssicherung Reet mbH
Holzkoppelweg 5
24118 Kiel

Südring 54
24357 Fleckeby
Telefon 04354 / 229
Fax 04354 / 1318

01.11.2007

Reetprojekt Reetdach Herr Ploen in 24357 Ahrensberg

Dieses Haus in Ahrensberg wird als Wohnhaus (Foto 1) rechter Teil und als Stallgebäude linker Teil (Foto 2) genutzt.

Das komplette Reetdach wurde in 1992 neu eingedeckt. Das Reet ist fein – vermutlich Schleireet.

Das Wohnhaus zeigt auf der Westseite (Foto 1 + 5) starke Schäden auf. Schäden links und rechts und zwischen den Gauben (Foto 3 + 4). Bei Öffnung des Daches stellte ich eine total verrottete Schicht von 10 cm fest. Die Dachstärke beträgt 27 cm, die Bindung liegt 5-6 cm unter der Oberfläche. Die Dachneigung beträgt 45°, die Halmneigung 30-32°. Die Feuchtigkeit dringt bis zu 10 cm ein. Diese Schäden verlaufen von der Traufe bis ca. 30 cm unter dem First gleichermaßen.

Die Ostseite des Wohnhauses hat eine Verrottungsschicht von ca. 3-5 cm.

Das Wohnhaus ist im Dachgeschoß bis unter dem First ausgebaut, gedämmt wurde bis stramm an die Lattung. Eine Hinterlüftung findet nicht statt.

Das Dach des Stallgebäudes ist bis zu einer Tiefe von 3 cm feucht, darunter ist das Reet einwandfrei. Die Dachstärke beträgt 27 cm, die Bindung liegt 10-12 cm unter der Oberfläche. Das Stallgebäude ist nicht gedämmt, wird gut hinterlüftet.

Bemerkung: Das Wohnhaus wurde laut Hausbesitzer vor 2 Jahren abgeschält und mit Kupfersulfat behandelt.

Ursachen: Klassischer Fall – mangelnde Hinterlüftung, dazu gerade Mindestdachneigung von 45°.

Mit freundlichen Grüß



Qualitätssicherung Reetdach

Fragebogen zur Feststellung vorzeitiger Alterung an Reetdächern

Bauvorhaben: HERZ
KLAVS PLOEN
SCHULWEG 11
24357 AHRENSBERG

Prüfdatum:	26.10.2007	wann eingedeckt?	1992
Art der Prüfung	Sichtprüfung ohne Begehung des Daches	Sichtprüfung mit Begehung des Daches	Probenahme
	Einnicht in das Dach		

Objektbeschreibung:

	Himmelsrichtung des Fusses (?)	Flechtenbildung	Moosbildung	Algenbildung
Allgemeines	S-N	x	-	-
Lage des Gebäudes	freilehend	geschützt	baumnah	Gewässer nah
	x			
Dachneigung/Halmneigung	Hauptdachflächen	Gäuben	Wolme	Ecker
	45°	32°	50°	Halmneigung 30-32°
Dachausbau	Wohnraumausbau	Dämmung ohne Luftschicht	Dämmung mit Luftschicht	Durchführung vorhanden
	x	x	-	-
Renovierung / Ausbau	Fassaden	Fenster (Isoglas o.ä.)	Heizung	zusätzliche Wohnräume
	-	-	-	-

Materialprüfung:

	Belag auf den Halmen	schwarze Färbung	Insektenbefall	starke Verrottung	Stabilitätsverlust
Sichtprüfung:	-	x	-	x	x
Geruchsprüfung:	unauffällig	deutlicher Pilzgeruch	auffällig (moosig/holz)		wässeres
	x		leicht moosig		
Tastprüfung:	normal trocken	stein	reiss	weich / zerfallen	verklebt
	-	-	x	x	-
Feuchtigkeitsmessung:	-	-	-	-	-
	trocken		regnerisch		wedtschnd
Witterung bei Überprüfung	x				
	Hauptdachfläche	Wolme	Gäuben, Anbauten	Becken	Trappe, First
Lage auffälliger Stellen	x	-	x	x	Trappe
Verrottung feststellbar (in cm vom Stoppende)	10 cm	-	10 cm	-	10 cm

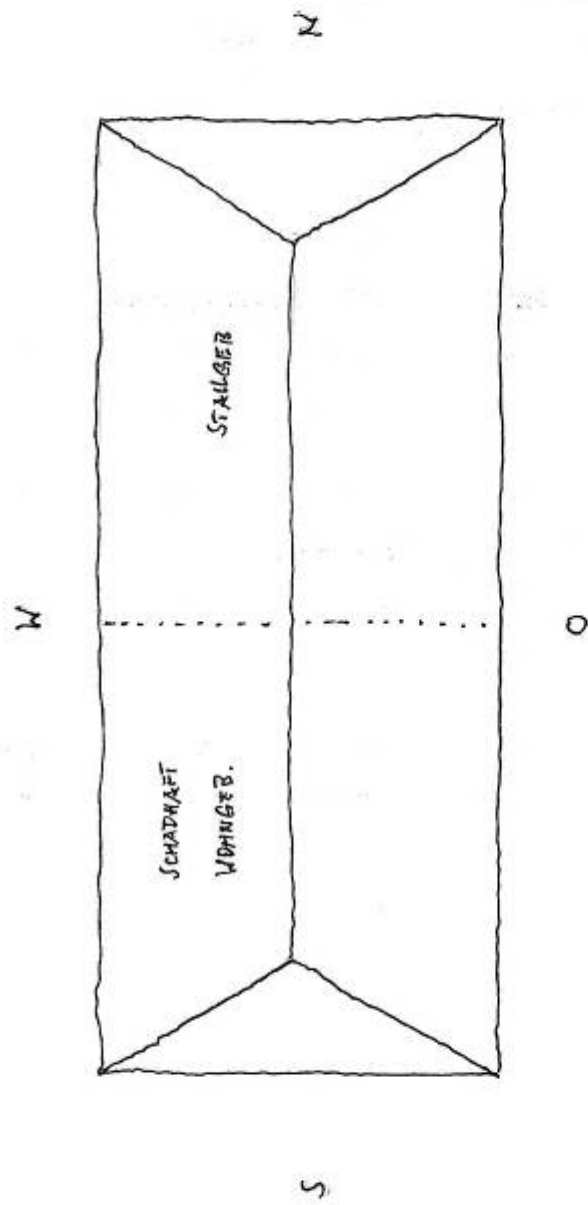
Materiallieferung:

Reetlieferant	?			
Herkunftsland	?	Herkunftsregion:	?	Einwirkort-Zeitpunkt:

weitere Auffälligkeiten:

Rückseite: HANDSKIZZE

Firmenstempel/ -name: FRIEDRICH NISSEN



Ahembers



④



Stallgeb.
→

← Wohngeb.

⑤

Ahrensberg

Westseite

Stallgeb. →

← Wohngeb.



①



②



③

Friedrich Nissen Dachdeckermeister

Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger der Handwerkskammer Flensburg

Friedrich Nissen, Dachdeckermeister, 24357 Fleckeby

An die
QSR – Gesellschaft zur
Qualitätssicherung Reet mbH
Holzkoppelweg 5
24118 Kiel

Südring 54
24357 Fleckeby
Telefon 04354 / 229
Fax 04354 / 1318

01.11.2007

Reetprojekt

Reetdach Frau Blunck in 24361 Groß Wittensee

Das Reetdach – 1993 eingedeckt – weist ausschließlich auf der Nord-Westseite starke Schäden auf. Auf der Nordseite steht direkt am Dach eine Weide, ansonsten ist die Lage frei.

Betroffen sind neben der Dachfläche lt. Skizze auch das Frontspießdach (Dachneigung ca. 48°) und natürlich die Kehlen, die bereits einmal erneuert wurden.

Auffallend ist, je höher (von der Traufe zum First) man kommt, umso geringer sind die Schäden. Die Dachhöhe beträgt ca. 6,0 m. Schadhafte ist das Dach von der Traufe gemessen ca. 3,50 – 4,0 m. Der obere Bereich ist in Ordnung.

Die Dachstärke beträgt unten 37 cm, nach 2,0 m 35 cm, oben 30 cm. Die verrotte Schicht ist 10 cm tief. Der Schaftdraht (Stangendraht) liegt 16 cm unter der Oberfläche. Die Halmneigung beträgt 32°. Das Reet ist feines Reet. Der Spitzboden ist nicht ausgebaut und nicht gedämmt. Der ausgebaut Teil ist gedämmt – es wurde zum größten Teil gegen die Dachlattung gedämmt. Eine funktionierende Hinterlüftung konnte ich nicht feststellen.

Da der nicht hinterlüftete (gleichzeitig der ausgebaut) Teil des Daches mit den Schäden übereinstimmt – ist dieses für mich der Grund der frühzeitigen Verrottung.

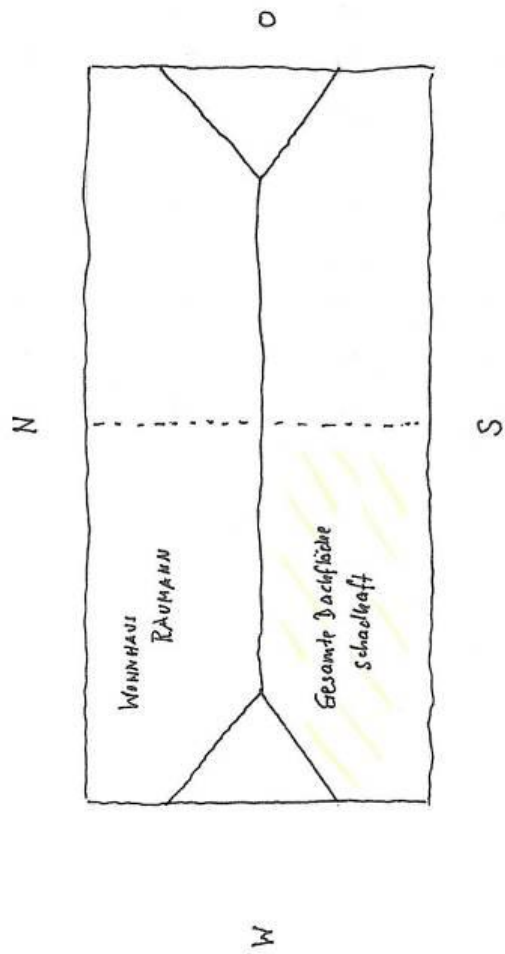
Die Frage der Hausbesitzerin, wieso die anderen Flächen in Ordnung sind, obwohl dort genauso gedämmt wurde, kann ich nur damit begegnen, dass die Süd-Ostseite einfach schneller abtrocknet. Hier ist das Reet lediglich 2 – 3 cm tief feucht und in gutem Zustand.

Die Krüppelwalme sind steiler (ca. 55°) und nicht gedämmt.

Ursachen: 1. mangelnde Hinterlüftung, 2. vielleicht ist der Reethalm nicht hart genug gewesen. 3. Mindest-Dachneigung von 45° (das Regenwasser fließt nicht schnell genug ab).

Mit freundlichen Grüßen





ELBE

Qualitätssicherung Reetdach

Fragebogen zur Feststellung vorzeitiger Alterung an Reetdächern

Bauvorhaben:

HERR
RAUMANN KIMMING 20 25348 GLÜCKSTADT

Prüfdatum:	13.11.2006	wann eingedeckt? 1996
Art der Prüfung	Sichtprüfung ohne Begehung des Daches	Sichtprüfung mit Begehung des Daches <input checked="" type="checkbox"/> Probenahme
	ÖFFNUNG DES DACHES	

Objektbeschreibung:

	Himmelsrichtung des Firstes (?)	Flechtenbildung	Moosbildung	Algenbildung
Allgemeines	0-W	-	-	-
Lage des Gebäudes	freilehend	geschützt	baumnah	Gewässernah
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dachneigung/Halmneigung	48 / 35			
Dachausbau	Wohnraumausbau	Dämmung ohne Luftschicht	Dämmung mit Luftschicht	Durchlüftung vorhanden
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Renovierung / Ausbau	Fassaden	Fenster (Isoglas o.ä.)	Heizung	zusätzliche Wohnräume
	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Materialprüfung:

	Belag auf den Halmen	schwarze Färbung	Insektenbefall	starke Verrottung	Stabilitätsverlust
Sichtprüfung:	-	-	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Geruchsprüfung:	unauffällig	deutlicher Pilzgeruch	auffällig (modrig/holzig)		wässrig
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tastprüfung:	normal trocken	klamm	nass	weich / zerfallen	verklebt
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Feuchtigkeitsmessung:	trocken	regensch	wechseleind		
Witterung bei Überprüfung	<input checked="" type="checkbox"/>				
Lage auffälliger Stellen	Hauptdachfläche	Walme	Gauben, Anbauten	Kehlen	Traufe, First
	<input checked="" type="checkbox"/>				
Verrottung feststellbar (in cm vom Stoppelende)	10-12 cm				

Materiallieferung:

Reetlieferant	?		
Herkunftsland	?	Herkunftsregion:	?
		Erntejahr/-zeitpunkt:	

weitere Auffälligkeiten:

RÜCKSEITE = HANDSKIZZE

Firmenstempel/-name:

FRIEDRICH NISSEN

Friedrich Nissen Dachdeckermeister

Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger der Handwerkskammer Flensburg

Friedrich Nissen, Dachdeckermeister, 24357 Fleckeby

An die
QSR – Gesellschaft zur
Qualitätssicherung Reet mbH
Holzkoppelweg 5
24118 Kiel

Südring 54
24357 Fleckeby
Telefon 04354 / 229
Fax 04354 / 1318

01.11.2007

Reetprojekt Reetdach Herr Raumann in 25348 Glückstadt

Herr Raumann bewohnt die rechte Doppelhaushälfte.

Nach Aussage von Herrn Raumann wurde das Doppelhaus in 1996 eingedeckt.

Die Lage des Hauses ist frei. Das Haus steht unmittelbar hinter dem Deich zur Elbe. Wind bzw. Luftbewegung ist hier fast täglich festzustellen.

Die Nordseite, der Ost- und Westwalm machen einen guten Eindruck und sind in Ordnung.

Die **Südseite** zeigt jedoch starke Verrottungserscheinungen.

Nach Öffnung des Reetdaches an mehreren Stellen links und rechts der Gaube ist das Reet bis zu einer Tiefe von 10 cm, stellenweise 12 cm, total verrottet und zeigt Pilzbefall.

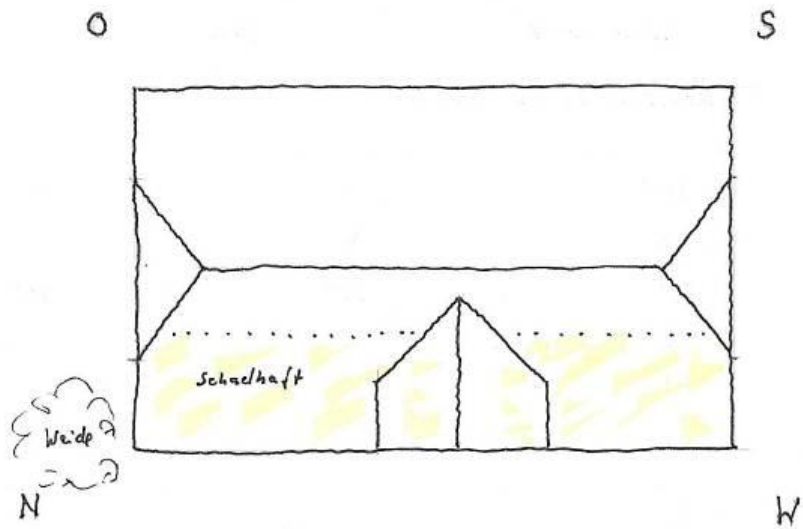
Ferner habe ich einige Reethalme aus der Deckung gezogen. Die Halme sind weder biegsam noch fest, sie sind sehr brüchig und haben kaum bzw. keine Substanz.

Die Ursache der frühzeitigen Verrottung kann ich nur vermuten. Eine bauphysikalische Ursache habe ich nicht feststellen können. Das Reetdach hat auf der Südseite eine funktionierende Hinterlüftung.

Durch die Tatsache der frühzeitigen Verrottung der Südseite, trotz freier Lage, immer dem Wind ausgesetzt, Trocknung durch Sonne, kein Baumbestand in der Nähe und funktionierender Hinterlüftung kann ich nur vermuten, dass das eingebaute Reet nicht einwandfrei war. Entweder wurde schlechte Qualität oder feuchtes, nasses Reet eingebaut.

Mit freundlichen Gruß





Qualitätssicherung Reetdach

Fragebogen zur Feststellung vorzeitiger Alterung an Reetdächern

Bauvorhaben: FRAU C. BLUMCK
MÜHLENSTR. 30
24361 GROSS-WITTENSEE

Prüfdatum:	26.10.2007	wann eingedeckt?	1993
Art der Prüfung	Sichtprüfung ohne Begehung des Daches	Sichtprüfung mit Begehung des Daches	<input checked="" type="checkbox"/> Probenahme
	Einsicht in das Dach		

Objektbeschreibung:

	Himmelsrichtung des Firstes (?)	Flechtenbildung	Moosbildung	Algenbildung
Allgemeines	KW	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Lage des Gebäudes	freistehend	geschützt	baumnah	Gewässeranlie
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Dachneigung/Halmneigung	Hauptdachflächen	Gauben	Waime	Eiler
	45°	-	55°	-
Dachausbau	Wohrausbau	Dämmung ohne Luftschicht	Dämmung mit Luftschicht	Durchdringung vorhanden
	<input checked="" type="checkbox"/>	E.T.		<input checked="" type="checkbox"/>
Renovierung / Ausbau	Fassaden	Fenster (ausges. n.a.)	Heizung	Zusätzliche Wohnräume
	<input checked="" type="checkbox"/>			Innerausbau

Materialprüfung:

	Belag auf den Halmen	schwarze Färbung	Insektenbefall	starke Verrottung	Stabilitätsverlust
Sichtprüfung:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Geruchsprüfung:	unauffällig	deutscher Pilzgeruch	auffällig (modigholzig)		weiches
	<input checked="" type="checkbox"/>		keine modig		
Tastprüfung:	normal trocken	Moos	moos	weich / zerfallen	verklöbt
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Feuchtigkeitsmessung:	trocken	regnerisch			wechselnd
	<input checked="" type="checkbox"/>				
Witterung bei Überprüfung	Hauptdachfläche	Waime	Gauben, Anbauten	Kehlen	Traufe, First
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Lage auffälliger Stellen					
Verrottung feststellbar (in cm vom Stoppelende)	10 cm	- cm	- cm	- cm	- cm

Materiallieferung:

Reetlieferant	Fa. Hiss
Herkunftsland	Ungarn
Herkunftsregion	?
Erntejahr/-zeitpunkt	?

weitere Auffälligkeiten:

RÜCKSEITE : HANDKLEBE

Firmenstempel/-name: FRIEDRICH NISSEN

EINGEGANGEN
19. NOV. 2007

EDGAR WIGGERS

Dachdeckermeister

Edgar Wiggers, Sachverständiger Stadlander Str. 6, 26936 Stadland-Schwei

Qualitätssicherung Reet GmbH
Uwe Klehn
Holzkoppelweg 5
24118 Kiel

**Öffentlich bestellter und
vereidigter Sachverständiger der
Handwerkskammer Oldenburg
im Dachdeckerhandwerk**

Stadlander Str. 6, 26936 Stadland

☎ Telefon 04737 92 00 10
☎ Mobil 0173 248 49 13
☎ Fax 04734 92 00 02
Datum 07.11.2007

Sehr geehrter Herr Klehn,

hiermit erhalten Sie die Kurzberichte zu den Schadensfällen:

BV: Onno Böseler, Vareler Str. 2, 26936 Stadland

Das Dach wurde 1995 auf einem Neubau eingedeckt. Der Innenausbau ist von unten wie folgt ausgeführt: Gipskartonplatten, Sparschalung, Dampfsperre (ordnungsgemäß angeschlossen und verklebt), Dämmung aus 200 mm Isofloc-Zellulose, Weichfaserplatten, Konterlattung 80 mm, Lattung 40 mm und Reeteindeckung 33 cm. Die vorzeitige Alterung tritt vorwiegend im unteren Bereich des Daches, im ausgebauten wie auch im nichtausgebauten Raum, auf.


BV: Franz Wake, Sackstr. 12, 26937 Stadland

Das Dach wurde in mehreren Abschnitten erneuert. Die im Jahre 1999 erneuerte Fläche auf der Südseite ist frühzeitig verrottet. Der Dachboden ist bis zur Mittelpfette ausgebaut. Die vorzeitige Verwitterung tritt in beiden Bereichen auf. Dachflächen die vor 1999 und danach erneuert wurden sind einwandfrei.

BV: Willi Neumann, Reitlander Str. 43, 26937 Stadland

Das Dach wurde 1996 erneuert. 1999 wurden nachträglich Gauben eingebaut und der Dachboden wurde bis zur Mittelpfette ausgebaut. Durch frühzeitiges Abwitern der Eindeckung wurde die Nordseite 2006 abgeputzt und nachgearbeitet.

Mit freundlichen Grüßen


Edgar Wiggers
Dachdeckermeister
Vereidigter Sachverständiger



Anlagen:
3 Fragebögen

Raiffeisenbank Varel-Nordenham
BLZ 282 626 73 Konto 26 191 49 000

E-Mail:
info@wiggers-bedachungen.de

Qualitätssicherung Reetdach

Fragebogen zur Feststellung vorzeitiger Alterung an Reetdächern

Bauvorhaben: Onno Röppler
Vareler Str. 2
26936 Stadland

Prüfdatum:	31.10.2007	wann eingedeckt?	1995
Art der Prüfung	Sichtprüfung ohne Begehung des Daches	Sichtprüfung mit Begehung des Daches	31.10.2007 <input checked="" type="checkbox"/> Probenahme <input checked="" type="checkbox"/>

Objektbeschreibung:

Allgemeines	Himmelsrichtung des Firstes (?)	Ort-West		Flechtenbildung	Moosbildung	Algenbildung
	freistehend	geschützt		n/n	gering	gering
Lage des Gebäudes	Hauptdachflächen	Gauben	Walme	Erker	Anbauten	
	ja	ja	n/n	n/n	n/n	
Dachneigung/Halmneigung	48/33		36	55	/	/
Dachausbau	Wohnraumausbau	Dämmung ohne Luftschicht	Dämmung mit Luftschicht	Durchlüftung vorhanden	Dampfsperre, Luftdichtheit	
	1/2	n/n	ja	n/n	ok	
Renovierung / Ausbau	Fassaden	Fenster (Isoglas o.ä.)	Heizung	zusätzliche Wohnräume	Innenausbau	

Materialprüfung:

Sichtprüfung:	Belag auf den Halmen	schwarze Färbung	Insektenbefall	starke Verrottung	Stabilitätsverlust
	n/n	n/n	ja	ja	ja
Geruchsprüfung:	uneuffällig	deutlicher Pilzgeruch	auffällig (modrig/holzig)		weiteres
	X	n/n	n/n		
Tastprüfung:	normal trocken	klamm	nass	weich / zerfallen	verklebt
		X		X	
Feuchtigkeitsmessung:	N 14% %	O 14 %	S 18 %	W 17 %	
Witterung bei Überprüfung	trocken		regnerisch	wechselnd	
	X				
Lage auffälliger Stellen	Hauptdachfläche	Walme	Gauben, Anbauten	Kehlen	Traufe, First
	Nordseite		Nordseite	Nord+Südseite	
Verrottung feststellbar (in cm vom Stoppelende)	20	cm	20	cm	30

Materiallieferung:

Reetlieferant	Bayparlar Lieferung in Container, gerblasen		
Herkunftsland	Türkei	Herkunftsregion:	Erntejahr/zeitpunkt: 1995/1994 Herbst

weitere Auffälligkeiten:

Das Dach wurde ca alle 3 Jahre gegen Moos behandelt durch Firma Dijkstra im Spritzverfahren.
 Die Feuchtigkeitsmessungen wurden im ausgebauten, wie im Bodenraum in ca 15cm Tiefe gemessen

Firmenstempel/ -name:



Die Rückseite können Sie für eine Lageskizze des Hauses und die verdächtigen Dachbereiche nutzen.

Qualitätssicherung Reetdach

Fragebogen zur Feststellung vorzeitiger Alterung an Reetdächern

Bauvorhaben: Willi Neumann
Reitlander Str. 43
26937 Stadland

Prüfdatum:	6. M. 2007		wann eingedeckt?	1996 / 1998	
Art der Prüfung	Sichtprüfung ohne Begehung des Daches		Sichtprüfung mit Begehung des Daches		Probennahme
			X		X

Objektbeschreibung:

Allgemeines	Himmelsrichtung des Firstes (?)	Ost-West		Flechtenbildung	Moosbildung	Algenbildung
	frei stehend	geschützt	baumnah	Gewässernah	verschattet	
Lage des Gebäudes	X		X	/	/	/
Dachneigung/Halmneigung	Hauptdachsflächen	Gauben	Walne	Erker	Anbauten	
	45	30	50	/	/	/
Dachausbau	Wohnraumausbau	Dämmung ohne Luftschicht	Dämmung mit Luftschicht	Durchlüftung vorhanden	Dampfsperre, Luftdichtheit	
	X	/	X	/	/	wenighaft
Renovierung / Ausbau	Fassaden	Fenster (Isoglas o.ä.)	Heizung	zusätzliche Wohnräume	Innenausbau	
	Ullinker	X	Öl	/	Plümp	


Materialprüfung:

Sichtprüfung:	Belag auf den Halmen	schwarze Färbung	Insektenbefall	starke Verrottung	Stabilitätsverlust
	ja	ja	/	ja	ja
Geruchsprüfung:	unauffällig	deutlicher Pilzgeruch	auffällig (modrig/holzig)	weiteres	
			X		
Tastprüfung:	normal trocken	klamm	nass	weich / zerfallen	verklebt
		X		X	X
Feuchtigkeitsmessung:	N 14 %	0 14 %	S 17 %	W 17 %	
	trocken	regnerisch	wechselnd		
Witterung bei Überprüfung					X
	Hauptdachfläche	Walne	Gauben, Anbauten	Kehlen	Traufe, First
Lage auffälliger Stellen	X Nordost		/	/	/
Verrottung feststellbar (in cm vom Stoppelende)	20	10	20	20	15
	cm	cm	cm	cm	cm

Materiallieferung:

Reetlieferant	Willi Reet		
Herkunftsland	Rumänien	Herkunftsregion:	Donauläuf
Erntejahr/-zeitpunkt:	1996		

weitere Auffälligkeiten:

Firmenstempel/-name: 

Die Rückseite können Sie für eine Lageskizze des Hauses und die verdächtigen Dachbereiche nutzen.

Qualitätssicherung Reetdach

Fragebogen zur Feststellung vorzeitiger Alterung an Reetdächern

Bauvorhaben:

Franz Wake
Sackstr. 12
26937 Stadland

Prüfdatum:	23.10.2007	wann eingedeckt?	1999
Art der Prüfung	Sichtprüfung ohne Begehung des Daches	Sichtprüfung mit Begehung des Daches	Probenentnahme
		X	X

Objektbeschreibung:

Allgemeines	Himmelsrichtung des Firstes (?)		Flechtenbildung	Moosbildung	Algebildung
	Ort-West		nein	stark	ja
Lage des Gebäudes	freistehend	geschützt	baumnah	Gewässernah	verschattet
		X	X	/	X
Dachneigung/Halmneigung	Hauptdachflächen	Gauben	Walm	Erker	Anbauten
	46	38	50	/	/
Dachausbau	Wohnraumbau	Dämmung ohne Luftschicht	Dämmung mit Luftschicht	Durchlüftung vorhanden	Dampfsperre, Luftdichtheit
	X		X	nein	mangelhaft
Renovierung / Ausbau	Fassaden	Fenster (Isoglas o.ä.)	Heizung	zusätzliche Wohnräume	Innenbau
	Klinker	X	öl	/	Gipskarton

Materialprüfung:

Sichtprüfung:	Belag auf den Halmen	schwarze Färbung	Insektenbefall	starke Verrottung	Stabilitätsverlust			
	ja	ja	/	ja	ja			
Geruchsprüfung:	unauffällig	deutlicher Pilzgeruch	auffällig (modrig/holzig)		weiteres			
			X					
Tastprüfung:	normal trocken	klamm	nass	weich / zerfallen	verlebt			
			X	X	X			
Feuchtigkeitsmessung:	S. 18-20 %	W 18 %	N 17 %	O 14 %	%			
	trocken		regnerisch		wechselnd			
Witterung bei Überprüfung	Hauptdachfläche	Walm	Gauben, Anbauten	Kehlen	Traufe, First			
	X	/	/	X	X			
Verrottung feststellbar (in cm vom Stoppelende)	30	cm	15	cm	30	cm	20	cm

Materiallieferung:

Reetlieferant	Hiss Reet		
Herkunftsland	Rumänien	Herkunftsregion:	Danau delta
		Erntejahr/-zeitpunkt:	1999

weitere Auffälligkeiten:

30% - Messung unter starkem Moosbefall

Firmenstempel/-name:



Die Rückseite können Sie für eine Lage-skizze des Hauses und die verdächtigen Dachbereiche nutzen.

ZUGEFÜHRT
RECHNUNGSWEISE

Katrin Jacobs
Dachdeckermeisterin

Öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige des Dachdeckerhandwerks

Katrin Jacobs – Alter Burgweg 39 – 23758 Grammdorf

Qualitätssicherung Reet GmbH
Holzoppelweg 5

24118 Kiel

Alter Burgweg 39
23758 Grammdorf
Tel.: 04361 / 12 15
Fax: 04361 / 5 28 98
Mobil: 0173 / 880 33 33
Datum: 03.11.2007

Reetprojekt Auftrag zur Besichtigung von Dächern

BV Auffermann, 23738 Damlos

Die Lage des Hauses ist so ausgerichtet, dass theoretisch jede Dachfläche Sonne bekommt:
Firstrichtung von NO → SW.

Das Dach ist ca. 25 Jahre alt.

Die Nord-West Seite hat nur knapp 40°, der Gaubendeckel nur noch 30°. Die Kehle unterm Schornstein ist bisher zweimal durchgestopft.

Am Tag der Probenentnahme war es trocken, es hatte jedoch die Tage vorher häufig geregnet.

Bis auf die Süd-West Seite befindet sich auf allen Teilflächen Moos und Flechten. Es liegt verhältnismäßig lose obendrauf. Die Feuchtemessungen ergeben im oberen Dachbereich Werte zwischen 10 und 12°.

Im Bereich unter den Gaubenausläufen und in den Kehlen ~ 16°.

Sogar die extrem flachen Teilflächen sind nicht auffällig feucht!

Die auffällige Stelle liegt auf der SO-Seite des Hauses. Hier steht ein großer Wallnussbaum, der auf Grund der Verschattung der Dachfläche bereits im vergangenen Jahr zurück geschnitten wurde.

In diesem Bereich ist das Reet matschig, lässt sich nur noch schlecht ziehen, reißt ab.

Die Halme haben keine Struktur. Der Randbereich wurde im vergangenen Jahr gekennzeichnet und der Baum gestutzt.

Der Randbereich hat sich nach außen ausgebreitet ca. 50 cm in jede Richtung.

Ich gehe davon aus, dass der Verrottungsprozess durch die Permanentfeuchte unter dem Baum begonnen hat. Da er sich auch nach dem Freischneiden fortsetzt, haben sich möglicherweise bereits hdroskopische Pilzformen ansiedeln können.



Qualitätssicherung Reetdach

Fragebogen zur Feststellung vorzeitiger Alterung an Reetdächern

Bauvorhaben:

Auffermann, Schulstraße 2, 23738 Damlos
Teilfläche unter einem Baum

Prüfdatum:	<u>01.11.2007</u>	wann eingedeckt?	<u>~ 25 Jahre</u>
Art der Prüfung	Sichtprüfung ohne Begehung des Daches	Sichtprüfung mit Begehung des Daches	Probennahme
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Objektbeschreibung:

Allgemeines	Himmelsrichtung des Firstes (?)	Flechtenbildung	Moosbildung	Algenbildung
	<u>NO -> SW</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Lage des Gebäudes	freistehend	geschützt	baumnah	Gewässernah
			<input checked="" type="checkbox"/>	verschattet
Dachneigung/Halmneigung	Hauptdachflächen	Gäuben	Warme	Ecker
	<u>45°</u>	<u>25°</u>	<u>65°</u>	Anbauten
Dachausbau	Wohnraumbau	Dämmung ohne Luftschicht	Dämmung mit Luftschicht	Durchlüftung vorhanden
	<u>1 Zimmer</u>			<input checked="" type="checkbox"/>
Renovierung / Ausbau	Fassaden	Fenster (Isoglas o.ä.)	Heizung	zusätzliche Wohnräume
		<u>Eingelassert</u>	<u>Gas Zentral/Fluss</u>	Innenbau

Materialprüfung:

Sichtprüfung:	Belag auf den Halmten	Schwarze Färbung	Insektenbefall	starke Verrottung	Stabilitätsverlust
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Geruchsprüfung:	unauffällig	deutlicher Pilzgeruch	auffällig (müdig/holzig)		weitere
		<input checked="" type="checkbox"/>			
Tastprüfung:	normal trocken	klamm	nass	weich / zerfallen	verlebt
				<input checked="" type="checkbox"/>	
Feuchtigkeitsmessung		<u>10,2</u> %	<u>-17,6</u> %	<u>Baumseite</u>	<u>-218</u> %
	trocken		regensch		wechselnd
Witterung bei Überprüfung	Hauptdachfläche	Warme	Gäuben, Anbauten	Kehlen	Traufe, First
		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
Verrottung feststellbar (in cm vom Stoppelende)		<u>30-40</u> cm			

Materiallieferung:

Reetlieferant			
Herkunftsland	<u>Ungarn</u>	Herkunftsregion	Erntejahr/-zeitpunkt <u>ca. '82/'83</u>

weitere Auffälligkeiten:

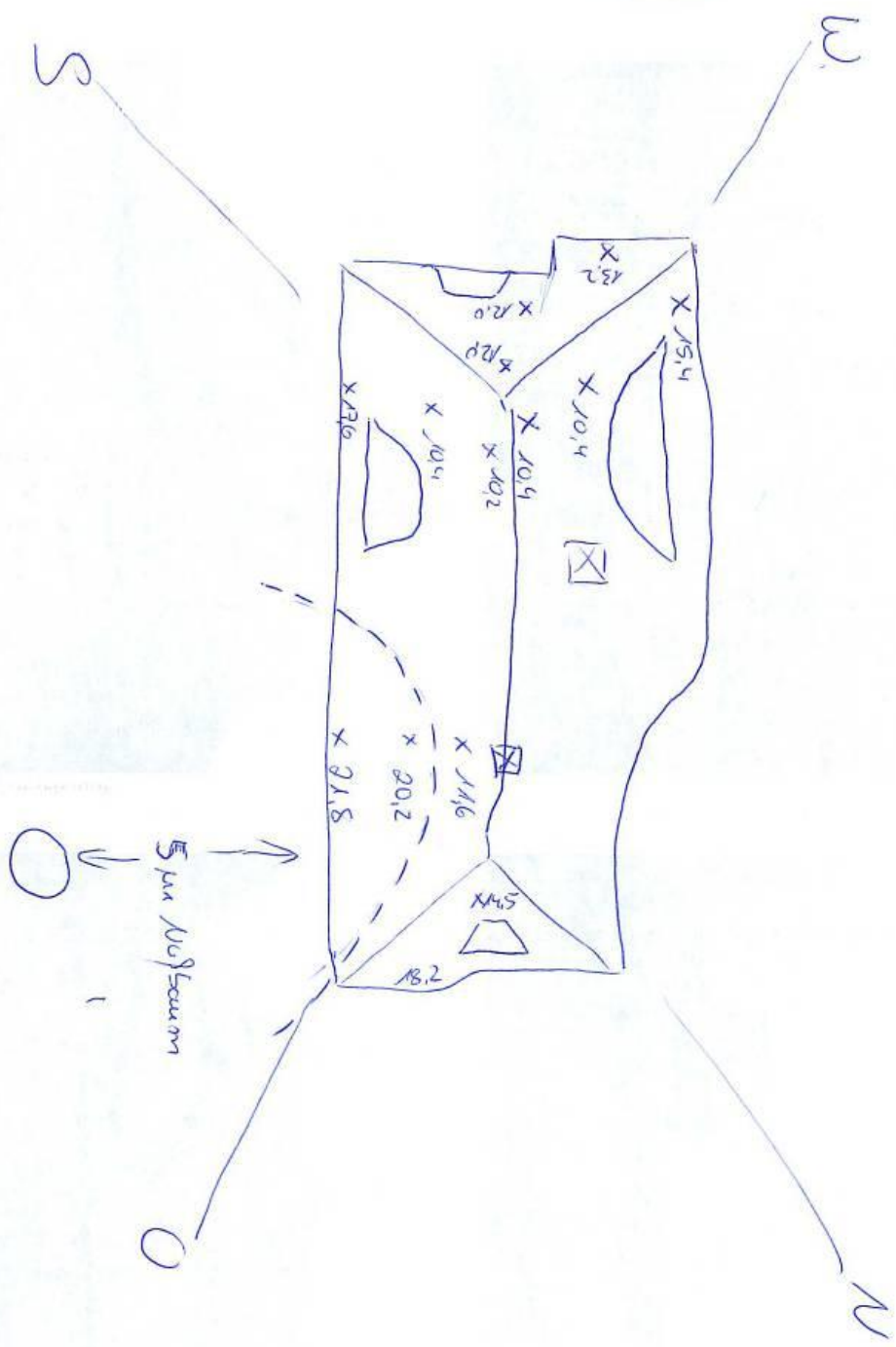
Flächen nass! Bei geringer Neigung relativ trocken.
Fläche ehemals unterm Baum nass, verrottet, deutlicher Geruch.
Fläche ist recht klar abgegrenzt, breitet sich aus.

Firmenstempel/ -name:



Die Rückseite können Sie für eine Lageskizze des Hauses und die verdächtigen Dachbereiche nutzen.

X = Proben (arbitr.)





Katrin Jacobs
Dachdeckermeisterin
Öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige des Dachdeckerhandwerks

Katrin Jacobs - Alter Burgweg 39 - 23758 Grammdorf

Qualitätssicherung Reet GmbH
Holzoppelweg 5

24118 Kiel

Alter Burgweg 39
23758 Grammdorf
Tel.: 04361 / 12 15
Fax: 04361 / 5 28 98
Mobil: 0173 / 880 33 33
Datum: 03.11.2007

Reetprojekt Auftrag zur Besichtigung von Dächern

BV Henry Bruhn, 23701 Sagau

Die Lage des Hauses ist so ausgerichtet, dass theoretisch jede Dachfläche Sonne bekommt:
Firstrichtung von SO → NW.

Die Dachseiten Nord-Ost sowie die Walme sind ca. 25 Jahre alt.
Die Süd-West Seite ist 2006 neu gedeckt, die Schleppe wurde 2001 gedeckt und 2006 überarbeitet.

Am Tag der Probenentnahme war es trocken, es hatte jedoch die Tage vorher häufig geregnet.

auf der Nord-Ost Seite befinden sich Moos und Flechten, auf dem Nord-West Walm befinden sich Moos, Flechten und Algen. Die Feuchtemessungen ergeben Werte zwischen 10 und 12%.

Im Bereich der Süd-West-Seite ist bis auf die Teilfläche Schleppe, kein Bewuchs. Jedoch ist im Bereich des Aufschieblings und der Traufe ein Feuchtegehalt von 16,6 bzw. 17,4 % messbar.

Die Schleppe zeigte bereits 2006, im Alter von 5 Jahren feuchte Stellen. Hier ist auch jetzt eine höhere Feuchte als in der Restdachfläche messbar (16,0, 17,8, 18,8 %). Die Schleppe beginnt grün zu werden.
Beim Überarbeiten im Jahr 2006 wurden klar abgegrenzte, auffällige Bunde ausgewechselt und Kupfergranulat aufgebracht.

Unter der Schleppe befindet sich ein Badezimmer, unterm Bereich Aufschiebling liegt die Küche. Es gibt keine Dampfsperre, die Lehmdecke ist ausgebaut, die Decke besteht aus Holzbohlen und lose verlegter Mineralwolle. Der Dachraum ist nicht ausgebaut. Hier liegt evtl. ein bauphysikalisches Problem vor.



Qualitätssicherung Reetdach

Fragebogen zur Feststellung vorzeitiger Alterung an Reetdächern

Bauvorhaben:

Henry Bruhn, Zum Moorweg, 23701 Siggau

Prüfdatum:	01.11.2007	wann eingedeckt?	eine Seite 2006 (SSleppre 2001)
Art der Prüfung	Sichtprüfung ohne Begehung des Daches	Sichtprüfung mit Begehung des Daches	Probennahme
		X	X

Objektbeschreibung:

Allgemeines	Himmelsrichtung des Firstes: [?]	Flechtenbildung	Moosbildung	Algenbildung
	SO → NW	X	X	X
Lage des Gebäudes	freistehend	geschützt	baumnah	Gewässernah
	X			verschattet
Dachneigung/Halmneigung	Hauptdachflächen	Gauern	Wärme	Ecker
	50° (HN 40°)	40° (HN 30°)	80° (HN 55°)	40° (HN 28°)
Dachausbau	Wohnraumausbau	Dämmung ohne Luftschicht	Dämmung mit Luftschicht	Durchlüftung vorhanden
				X
Renovierung / Ausbau	Fassaden	Fenster (Isoglas o.ä.)	Heizung	zusätzliche Wohnräume
		X	Öl / Holz	Innen-ausbau

Materialprüfung:

Sichtprüfung:	Belag auf den Halmen	schwarze Färbung	Insektenbefall	starke Verrottung	Stabilitätsverlust
	X				
Geruchsprüfung:	unauffällig	deutlicher Pilzgeruch	auffällig (modrig/holzig)		weitere
	X				
Tastprüfung:	normal trocken	klaum	nass	weich / zerfallen	versobt
		X			
Feuchtigkeitsmessung:	SSleppre: %	17,8 %	16,0 %	15,8 %	
	trocken		regnerisch		wechselnd
Witterung bei Überprüfung	Hauptdachfläche	Wärme	Gäuben, Anbauten	Kehlen	Traufe, First
			X		
Lage auffälliger Stellen	Verrottung feststellbar (in cm vom Stoppelende)				
	/ cm	/ cm	/ cm	/ cm	/ cm

Materiallieferung:

Reetlieferant	Küttler & Mitz		
Herkunftsland	Ungarn	Herkunftsregion	Erntejahr/-zeitpunkt 2005/2006

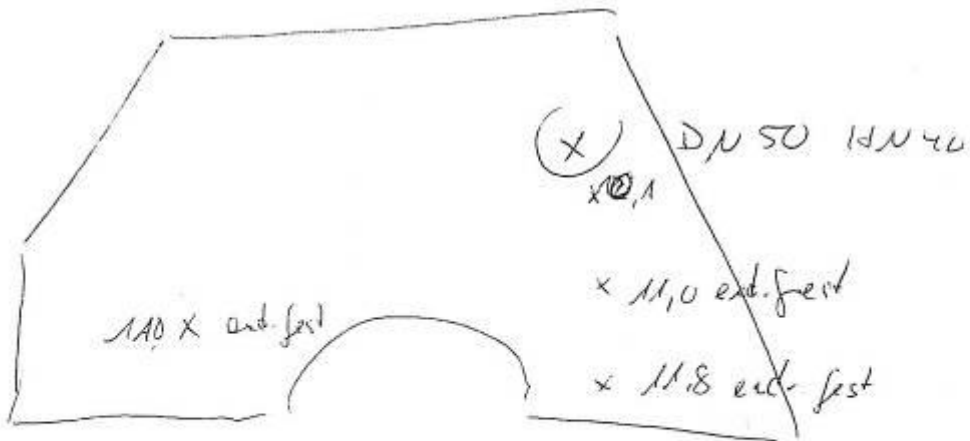
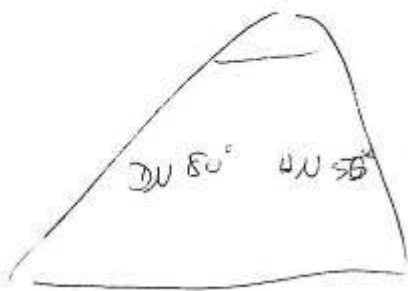
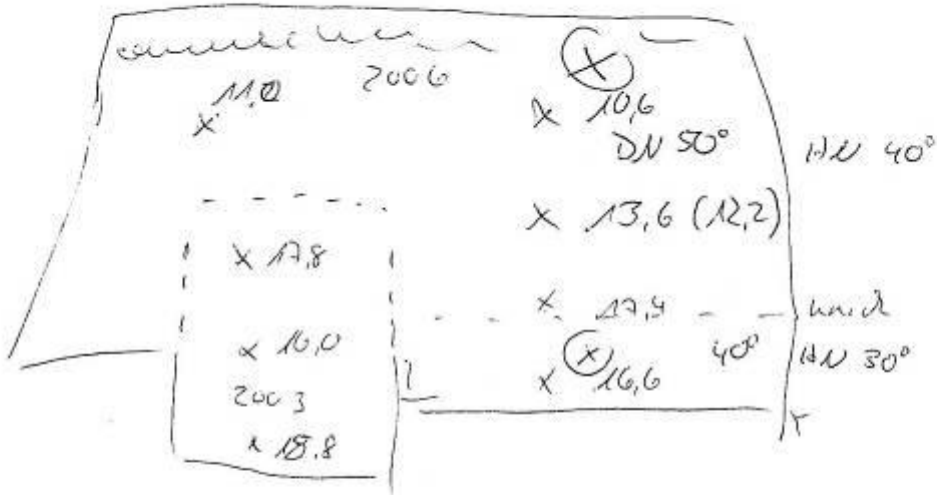
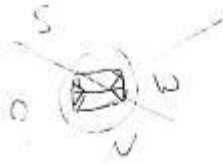
weitere Auffälligkeiten:

Wärme und HDF → NO trocken zwischen 10% und 12%
 HDF → SW trocken bis zum Aufstieblig im Unten
 17,9% und 16,6%
 SSleppre zwischen 16% und 18,8%

Firmenstempel/ -name:



Die Rückseite können Sie für eine Lageskizze des Hauses und die verdächtigen Dachbereiche nutzen.





Katrin Jacobs

Dachdeckermeisterin

Öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige des Dachdeckerhandwerks

Katrin Jacobs - Alter Burgweg 39 - 23758 Grammdorf

Qualitätssicherung Reet GmbH
Holzoppelweg 5

24118 Kiel

Alter Burgweg 39

23758 Grammdorf

Tel.: 04361 / 12 15

Fax: 04361 / 5 28 98

Mobil: 0173 / 880 33 33

Datum: 03.11.2007

Reetprojekt Auftrag zur Besichtigung von Dächern

BV Holtermann, 24217 Wendtorfer Schleuse

Firstrichtung von O → W.

Das Dach wurde 2004 neu eingedeckt. Innenausbau blieb erhalten. Dampfsperre zwischen die Sparren (Anpresslatten), /140 er Dämmung, Delta-Maxx, 8 cm Luftraum, Lattung, Reet.

Lüftungsöffnungen in Traufe und First nicht vorhanden, Luftzufuhr durch Traufe der Nordseite durch einen Anbau, der unter der Traufe endet, nicht möglich.

Das Reet ist etwas fein und höchstens mittellang.

Am Tag der Probenentnahme war es trocken, es hatte jedoch die Tage vorher häufig geregnet.

Auf der Nord Seite befinden sich Moos, Flechten und extremer Algenbelag. Es sind einzelne helle Bunde erkennbar. Feuchtegehalte bis 20 %.

Im Bereich der Süd Seite ist ebenfalls extremer Algenbelag vorhanden. Selbst der Terrassenbelag der Nordseite und die Laufbohlen auf dem Schleppdach der Südseite sind extrem veralgt. Ein Begehn ist bei feuchter Witterung kaum möglich. Feuchtegehalte zwischen 14,8 und 19 %.

Schwarze Streifen auf dem Reet, speziell unterm Heidekrautfirst.

Das Haus ist umrahmt von vielen großen Bäumen. Es liegt in einer Ferienhaussiedlung hinterm Deich. Wind kommt nur selten an die Dachflächen. Es gibt viele Nadelbäume und immergrüne Gewächse. Das Reet ist hart und kernig aber extrem veralgt.



Qualitätssicherung Reetdach

Fragebogen zur Feststellung vorzeitiger Alterung an Reetdächern

Bauvorhaben:

Renate Holtermann, Strandweg 1, 24217 Weudtloje -
S. Klense

Prüfdatum:	<u>01.11.2007</u>	wann eingedeckt?	<u>2004</u>
Art der Prüfung	Sichtprüfung ohne Begehung des Daches	Sichtprüfung mit Begehung des Daches	Probenahme
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Objektbeschreibung:

Allgemeines	Himmelsrichtung des Firstes (?)	Flechtenbildung	Moosbildung	Aigenbildung	
	<u>0W</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Lage des Gebäudes	freistehend	geschützt	baumnah	Gewässernah	verschattet
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Dachneigung/Halmneigung	Hauptdachflächen	Gauben	Walme	Erker	Anbauten
	<u>53° NN-50°</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Dachausbau	Wohnraumausbau	Dämmung ohne Luftschicht	Dämmung mit Luftschicht	Durchlüftung vorhanden	Dampfsperre, Luftdichtheit
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Renovierung / Ausbau	Fassaden	Fenster (Isoglas o.ä.)	Heizung	zusätzliche Wohnräume	Innenausbau
	<u>gehört</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<u>Gas</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Materialprüfung:

Sichtprüfung:	Belag auf den Hämmen	schwarze Färbung	Insektenbefall	starke Verrottung	Stabilitätsverlust
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Geruchsprüfung:	unauffällig	deutlicher Pilzgeruch	auffällig (moderigholzig)	weiteres	
	<u>z.T. X</u>	<u>z.T. X</u>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Festprüfung:	normal trocken	klamm	nass	weich / zerfallen	verklebt
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Feuchteitsmessung:	<u>13,2</u> %	<u>14,6</u> %	<u>16,8</u> %	<u>18,6</u> %	<u>20,0</u> %
	trocken		regnerisch	wechselnd	
Witterung bei Überprüfung	Hauptdachfläche	Walme	Gauben, Anbauten	Kehlen	First
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Verrottung feststellbar (in cm vom Stoppelende)	<u>5-10</u> cm				
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Materiallieferung:

Reetlieferant	<u>Wirths & Mils</u>		
Herkunftsland	<u>Deutschland</u>	Herkunftsregion	<u>Felmann</u>
		Erntejahr/zeitpunkt	<u>2003/2004</u>

weitere Auffälligkeiten:

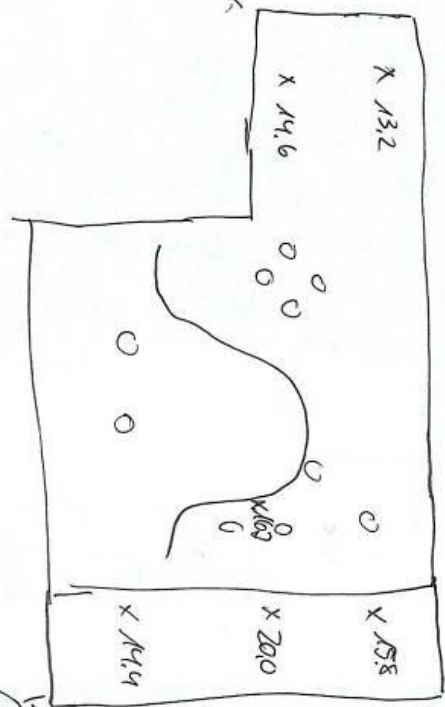
Steif unter Heidelraufjinst
Algen auf gesamten Dach, Terrassenbelag, Schleppdach.
Schleppdach verliert Luftzufuhr durch Traufe aus.
Kalme fest, kein Stabilitätsverlust.

Firmenstempel/ -name:

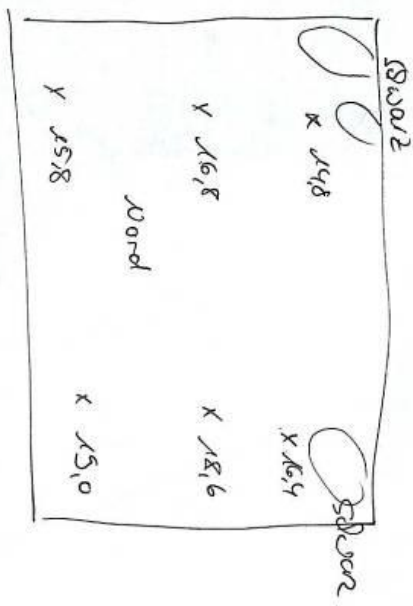


Die Rückseite können Sie für eine Lage- und Maßskizze des Hauses und die verdächtigen Dachbereiche nutzen.

Don



Don





Qualitätssicherung Reetdach

Fragebogen zur Feststellung vorzeitiger Alterung an Reetdächern

Bauvorhaben:

Wohnhaus Rudolf Krug
Pfarrhaus
17217 Riet Reise

Prüfdatum:	<u>15.9.2007</u>	wann eingedeckt?	<u>Sept./Okt. 1993</u>
Art der Prüfung	Sichtprüfung ohne Begehung des Daches	Sichtprüfung mit Begehung des Daches	Probegänge
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Objektbeschreibung:

Allgemeines	Himmelsrichtung des Firstes (?)	<u> Ost West</u>	Flechtenbildung	<input checked="" type="checkbox"/>	Moosbildung	<input checked="" type="checkbox"/>	Algenbildung	<input checked="" type="checkbox"/>
	freistehend	geschützt	baumnah	<input checked="" type="checkbox"/>	Gewässeran	verschattet	<input checked="" type="checkbox"/>	
Lage des Gebäudes			<u>Nordseite</u>			<u>Nordseite</u>		
Dachneigung/Halmneigung	Hauptdachflächen	Gauben	Warme		Erker	Anbauten		
	<u>45°</u>	<u>38°</u>	<u>40°</u>					
Dachausbau	Wohnraumbau	Dämmung ohne Luftschicht	Dämmung mit Luftschicht	Durchlüftung verbänden	Dampfsperre	Luftdichtheit		
	<u>in Eigenleistung nachträglich</u>							
Renovierung / Ausbau	Fassaden	Fenster (Isoglas o.ä.)	Heizung	zusätzliche Wohnräume	Innenausbau			
	<u>Fachwerk, Holzputz</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<u>Öl</u>					

Materialprüfung:

Sichtprüfung:	Belag auf den Halmen	schwarze Färbung	Insektenbefall	starke Verrottung	Stabilitätsverlust
		<u>bräun</u>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Geruchsprüfung:	unauffällig	deutlicher Pilzgeruch	auffällig (modifiziert)	weiteres	
			<input checked="" type="checkbox"/>		
Tastprüfung:	normal trocken	warm	nass	weich / zerfällt	verklebt
	<u>Süd</u>		<u>Nord</u>	<u>Nord</u>	<u>Nord</u>
Feuchtigkeitsmessung:	%	%	%	%	%
Witterung bei Überprüfung	trocken	regensch	wechseind		
	<input checked="" type="checkbox"/>				
Lage auffälliger Stellen	Hauptdachfläche	Warme	Gauben, Anbauten	Kehlen	Firste, First
	<u>Nordseite</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Verrottung feststellbar (in cm vom Stoppelende)	30 cm	15 cm	30 cm	30 cm	30 cm
	<u>30 cm</u>	<u>15</u>	<u>30 cm</u>	<u>30 cm</u>	<u>30</u>

Materiallieferung:

Reetlieferant	<u>Prosmen</u>
Herkunftsland	<u>Ungarn</u>
Herkunftsregion:	
Erntejahr/-zeitpunkt:	

weitere Auffälligkeiten:

deutliche Unterschiede zwischen Nord- u. Südseite
Dachfläche verrottet bei fest liegender Firstdeckung,
First, Traufen, in der Fläche kein Durchdrücken!
Nordseite ist verschlossen, nicht mehr feuchttaunfähig,
wird im Oktober neu eingedeckt!

Firmenstempel/ -name:


Paul Fraszczak
Dachdecker-Spezialbetrieb
Hohrdächer, Zimmerer, Blitzschutz
Karl-Bariels-Str. 7, 17192 Waren
Tel. (0 39 91) 66 63 02 • Fax 66 40 86

Die Rückseite können Sie für eine Lageskizze des Hauses und die verdächtigen Dachbereiche nutzen.



Paul Fraszczak • Dachdecker Spezialbetrieb • Karl-Bartels-Str. 7 • 17192 Waren (Müritz)

Ergänzungen zum Wohnhaus Krug in 17217 Alt Rehse

- Südwestliche Südseite wird weniger gealtert
- Nordseite zusätzlich durch am Westwall stehende Staud-Eiche beschattet, dadurch in diesem Bereich die Schäden etwas größer
- Reet ist bei gutem Wetter trocken aufgedeckt worden
- handveredelte Stängel sind nicht die Ursache für die Verrottung 
- Dem Stamm der am Haus stehenden Birke finden sich die gleichen Holzarten wie auf dem Dach!
- Die Proben für dieses Dach werden bereits im Winter übergeben

ROHRDACHDECKER Dachdecker Spezialbetrieb **PAUL FRASZCZAK**

Karl-Bartels-Str. 7 • 17192 Waren (Müritz)
Tel./Fax: 0 39 91-66 40 86
Handy: 0171-6 73 38 91

Bankverbindung: Raiffeisenbank Waren
Konto-Nr.: 182 230
Bankleitzahl: 15 061 618

Wohnhaus Rudolf King (Pfarrhaus)
 17217 Hlf Rehse

Abb. 1



Nordseite, rechte Hälfte
 beschattet durch die
 rechts sichtbare Stanz-
 siebe -

eingedeckt 1993 im
 September / Oktober
 nachträglich ausgebau-
 ter Dachraum

deutlich sichtbar die
 sehr stark mit Flechten
 und Flechten bewachsene
 und verwitterte Dach-

Abb. 2



oberfläche, Reet aus Ungarn!

Nahaufnahme der rechten Gans-
 zehle:

bewuchs mit Flechten und Flechten

Dachbedeckung sehr stark ver-
 wittert

Oberfläche durch Feuchtspeicherung
 sehr zerklüftet

Verwitterung an braunem Möll
 tiefgehend bis unter die Schacht-
 drähte

Dachbedeckung ist im Endsta-
 dium verrotten

Reet aus Ungarn!

Blatt 2

Abb. 3



Pfarrhaus in
Hd. Reise
Nordseite, linke Hälfte
starker Bewuchs mit
Moosen und Flechten,
krüchelnde Verrottung,
Reet aus Ungarn!

Abb. 4



Verrottete Oberseite
fällt durch Eigenge-
wicht (Moose, Flechten)
ab (=Vogelschäden)
gut erkennbar der
braune Müll

Abb. 5



starker Bewuchs mit
Moos unterhalb der
Dachgarbe

Mooswuchs im
Tropfbereich

R66.6



Nahaufnahme der
Dachoberfläche Nordseite

gut erkennbar die
starke Verwitterung und
aufeinander verbleb-
ten Stoppelenden

Keine Durchlüftung
möglich

Folge ist steigende
Durchfeuchtung und
Verrottung

R66.7



Nahaufnahme der
Dachoberfläche Nordseite

Bewuchs mit
Flechten und Moosen

R66.8



Stammfuß einer
Birze am Haus

Bewuchs mit Moosen
unterschiedliche Flechten
(auch auf dem Dach
zu finden)

Beleg für die allge-
meine natürliche
Neubildung von Flächen
in der Natur mit wieder-
ren Pflanzen

R66.9



Pfarrhaus in
Alt Rehse
Südseite
deutlich erkennbar
der geringere Bewuchs

R66.10



①
leichter Bewuchs mit
Flechten
erste leichte Schäden
durch Verrottung

R66.11



②
beginnender Bewuchs
mit Moos im fench-
ten Bereich der Traufen
erste Auswaschungen

Qualitätssicherung Reetdach

Fragebogen zur Feststellung vorzeitiger Alterung an Reetdächern

Bauvorhaben:

Wohnhaus Ingrid Kupfrik

Nr. 6

17184 Luisenfeld

Prüfdatum:	26.01.2007	wann eingedeckt?	Sep./Okt. 1995
Art der Prüfung	Sichtprüfung ohne Begehung des Daches	Sichtprüfung mit Begehung des Daches	Probenahme

Objektbeschreibung:

Allgemeines	Himmelsrichtung des Firstes	?	Flechtenbildung	Moosbildung	Algenbildung
	frei	West			
Lage des Gebäudes	freistehend	geschützt	baumnah	Gewässeranah	verschattet
Dachneigung/Halbmneigung	Hauptdachflächen	Gauben	Warme	Erker	Anbauten
	45°	37°			
Dachausbau	Wohnraumbau	Dämmung ohne Luftschicht	Dämmung mit Luftschicht	Durchlüftung vorhanden	Dampfsperre, Luftdichtheit
	nein	frei	kein Dachunterbau		
Renovierung / Ausbau	Fassaden	Fenster (Isoglasfenster)	Heizung	zusätzliche Wohnräume	Innenausbau
			Öl		nein

Materialprüfung:

Sichtprüfung:	Belag auf den Heimen	schwarze Färbung	Insektenbefall	starke Verrottung	Stabilitätsverlust
		braun		X	X
Geruchsprüfung:	unauffällig	deutlicher Pilzgeruch	zufällig (moderat)		weiteres
			X		
Tastprüfung:	normal trocken	Wamm	nass	weich / zerfallen	verlebt
			X	X	Oberfläche
Feuchtigkeitsmessung:	%	%	%	%	%
Witterung bei Überprüfung	trocken	regnerisch	wachsend		
		herbstlich-feucht			
Lage auffälliger Stellen	Hauptdachfläche	Warme	Gauben, Anbauten	Kehlen	Traufe, First
	X		X	X	
Verrottung feststellbar (in cm vom Stoppelende)	10	cm	10	cm	10

Materiallieferung:

Reetlieferant	Prosmann		
Herkunftsland	Ungarn	Herkunftsregion:	Erntejahr/-zeitpunkt: 94/95
	Rumänien		94/95

weitere Auffälligkeiten:

eindeutig die stärkere Besiedelung der Nordseite, hier Moose, Algen, Flechten, Bio-Filme
auf der Südseite links vorwiegend erst Flechten, rechts noch keine Besiedelung, kein Bio-Filme!
Nordseite an der Oberfläche gerollt

Paul Fraszczak

Firmenstempel/-name:

Dachdecker-Spezialbetrieb


Rohrdächer, Zimmerei, Blitzschutz
Karl-Bariels-Str. 7, 17192 Weren
Tel. (0 39 91) 66 63 02 • Fax 66 40 86

Die Rückseite können Sie für eine Lageskizze des Hauses und die verdächtigen Dachbereiche nutzen.



Paul Fraszczak • Dachdecker Spezialbetrieb • Karl-Bartels-Str. 7 • 17192 Waren (Müritz)

Ergänzungen zum Wohnhaus Kupfer, 7 1994 Luisenfeld

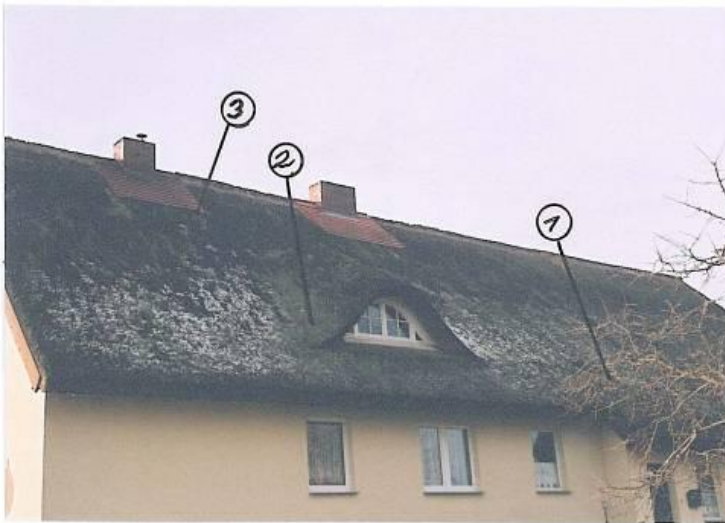
- Kindeckung Sep./Okt. 1995 auf neue Verklebung bei durchschnittl. Witterung
- Dach war beplant, Reet Lamm trocken auf dem Dach,
- freie Dachinnenräume,
- auf der Südseite rechts Lamm im letzten Bauabschnitt, also im Oktober bei schlechtester Witterung rumänischer Reet auf dem Dach, 
- deutlich ist die Grenze zwischen beiden Kindeckungen hinsichtlich vorhandenem Bewuchs
- links: Bewuchs durch Flechten, stellenweise leichte Bio-Film
- rechts: Kein Bio-Film! Kein Bewuchs
- Keine Verrottung, völlig gesundes Dach!
- Nordseitig frühzeitige Obkantung!
- Beseitigung der Obersicht, incl. Bewuchs/Abtrag nötig

ROHRDACHDECKER Dachdecker Spezialbetrieb **PAUL FRASZCZAK**

Karl-Bartels-Str. 7 • 17192 Waren (Müritz)
Tel./Fax: 0 39 91-66 40 86
Handy: 0171-6 73 38 91

Bankverbindung: Raiffeisenbank Waren
Konto-Nr: 182 230
Bankleitzahl: 15 061 618

Abb. 1



Wohnhaus
Ingrid Kupzik
Nr. 6

17194 Luisenfeld
Ansicht Nordseite

1995 eingedockt mit
Reet aus Ungarn im
September/Oktober
Zürn angebafter Dach-
raum?

Abb. 2



①
starker Bewuchs der
Dachoberfläche mit
Moosen und Flechten
- oberflächige Verrottung
zu braunen "Mütle"
wird dann angespült als
"Vogelschaden"

-starker "Bio-Film"

Abb. 3



②
starker Bewuchs der
Gambenkehle mit
Flechten,
daranter auch braune
Verrottung

Abb. 4



③

Moose und Flechten
verstärkt unterhalb
der Eindeckung mit
Dachsteinen

Abb. 5



Südseite des Hauses
auffällig hier die klare
Trennung zwischen
linker und rechter Dach-
seite

links:
starker Bewuchs mit Flech-
ten und ft. Bio-Film
Reet aus Ungarn!

rechts:
freie Dachoberfläche!
kein Bewuchs!
Reet aus Rumänien!

Abb. 6



Nahaufnahme an der
Grenze zwischen den
Reetherkünften aus
links: Ungarn
rechts: Rumänien

Eindeutigkeit wird hier die
schlechteste Qualität des
Ungarnreets dokumentiert!

Qualitätssicherung Reetdach

Fragebogen zur Feststellung vorzeitiger Alterung an Reetdächern

Bauvorhaben:

Wohnhaus Diefmars Hang
Ausbau Nr. 1
17217 Pre

Prüfdatum:	<u>26.11.2007</u>	wann eingedeckt?	<u>Mai/Juni 1993</u>
Art der Prüfung	Sichtprüfung ohne Begehung des Daches	Sichtprüfung mit Begehung des Daches	Probestich <input checked="" type="checkbox"/>

Objektbeschreibung:

Allgemeines	Himmelsrichtung des Firstes (?)	<u>Ost West</u>	Flechtenbildung	<u>ja</u>	Moosbildung	<u>ja</u>	Algenbildung	<u>ja</u>
	freistehend	<u>ja</u>	geschützt	<u>nein</u>	baumnah	<u>nein</u>	Gewässernah	<u>nein</u>
Lage des Gebäudes	Hauptfachflächen	<u>ja</u>	Gaeben	<u>nein</u>	Waime	<u>nein</u>	Erker	<u>nein</u>
	Dachneigung/Halmneigung	<u>45°</u>	<u>32°</u>	<u>37°</u>				
Dachausbau	Wohnraumbau	<u>nein</u>	Dämmung ohne Luftschicht	<u>—</u>	Dämmung mit Luftschicht	<u>—</u>	Durchlüftung vorhanden	<u>—</u>
	Fassaden	<u>—</u>	Fenster (Isoglas o.ä.)	<u>—</u>	Heizung	<u>—</u>	zusätzliche Wohnräume	<u>—</u>
Renovierung / Ausbau	Verkleinerung	<u>ja</u>	Öl	<u>—</u>				

Materialprüfung:

Sichtprüfung:	Belag auf Strohhalmen	<input checked="" type="checkbox"/>	schwarze Färbung	<input checked="" type="checkbox"/>	Insektenbefall	<input checked="" type="checkbox"/>	starke Verrottung	<input checked="" type="checkbox"/>	Stabilitätsverlust	<input checked="" type="checkbox"/>
	unauffällig	<u>ja</u>	deutlicher Pilzgeruch	<u>nein</u>	auffällig (rotbraun/holzig)	<u>ja</u>	weicher / zerfallen	<input checked="" type="checkbox"/>	verklebt	<input checked="" type="checkbox"/>
Geruchsprüfung:	normal trocken	<input checked="" type="checkbox"/>	klamm	<input checked="" type="checkbox"/>	nass	<input checked="" type="checkbox"/>	weich / zerfallen	<input checked="" type="checkbox"/>	verklebt	<input checked="" type="checkbox"/>
Tastprüfung:										
Feuchtigkeitsmessung:		%		%		%		%		%
Witterung bei Überprüfung	trocken	<input checked="" type="checkbox"/>	regensch	<input checked="" type="checkbox"/>	wechseleind	<input checked="" type="checkbox"/>				
	Hauptdachfläche	<u>X</u>	Waime	<u>X</u>	Gaeben, Anbauten	<u>X</u>	Kerfen	<u>X</u>	Tröge, First	<u>nicht</u>
Lage auffälliger Stellen										
Verrottung feststellbar (in cm vom Stoppelende)	<u>≥ 20</u>	cm	<u>≥ 15</u>	cm	<u>≥ 20</u>	cm	<u>≥ 30</u>	cm		cm

Materiallieferung:

Reetlieferant	<u>Proszman</u>		
Herkunftsland	<u>Ungarn</u>	Herkunftsregion:	Erntejahr/-zeitpunkt: <u>1992/93</u>

weitere Auffälligkeiten:

Reet relativ fein u. mittellang
sehr starker Unterschied in der Verwitterung zwischen Nord- u. Süd-Seite, Verrottung stark abhängig von der ständigen Feuchte
Blei hilft nicht gegen Bruch!
Verrottung auch bei jeder Dachunterseite!
Hauptursache liegt in flachen Dachneigungen u. Reet aus Ungarn

Firmenstempel/ -name:

Paul Fraszczak
Dachdecker-Spezialbetrieb
Rohrdächer, Zimmerei, Blitzschutz
Karl-Bartels-Str. 7, 17192 Waren
Tel. 49 39 911 66 63 02 • Fax 66 40 86

Die Rückseite können Sie für eine Lagekarte des Hauses und die verdächtigen Dachbereiche nutzen.



ROHRDACHDECKER

Paul Fraszczak • Dachdecker Spezialbetrieb • Karl-Bartels-Str. 7 • 17192 Waren (Müritz)

Ergänzungen zu Wohnhaus D. Hang, Markt Ave

- Eindeckung im 2. Jahr meine Firma 1983
- Witterung kühlt zu trocken, Mai/Juni
- Reet Baum garantiert trocken auf das Dach herunter klug sein!
- Ablauf der Verwitterung



1. tiefgelende zu dauerhafte Durchfeuchtung der Eindeckung auf der Nordseite
 2. ganzflächiger „Bio-Film“ mit einseitiger Verklebung der Stoppelenden zu dauerhafte Verklebung und Versiegelung der Dachoberfläche auf der Nordseite
 3. fehlende Durchlüftung und schnelle Wassertrocknung bringt Dauerfeuchte, insbes. auf Nordseite
 4. einseitige Brauanfänge bei gleichzeitiger Besiedlung mit Moosen und Flechten / Pilzen
 5. tiefgelende Verrottung; schnelle vorzeitige Abkantung!
- Entfernung der Moosschicht dringend notwendig!, davon lebt das Dach der Nordseite nach ca. 10 Jahre

ROHRDACHDECKER Spezialbetrieb PAUL FRASZCZAK

Karl-Bartels-Str. 7 • 17192 Waren (Müritz)
Tel./Fax: 0 39 91-66 40 86
Handy: 0171-6 73 38 91

Bankverbindung: Raiffeisenbank Waren
Konto-Nr: 182 230
Bankleitzahl: 15 061 618

Abb. 1



Wohnhaus
Dietmar Hanz
Ausbau Nr. 1
17217 Fre

Ansicht Nordseite
1993 eingedeckt mit
Reet aus Ungarn im
Mai/Juni

Abb. 2



(1)
stark verwitterter
Gaubensattel,
nicht fachgerecht aus-
gebessert!
gut erkennbar die
großflächige Vermoder-
ung an der Oberflä-
che! trotz relativ ge-
ringem Bewuchs,
aber mit „Bio-Film“

Abb. 3



(2) wie (1)

Abb.
4



③

Moose und Flechten
unterhalb der Schorn-
steinumfassung mit
Walzblei:

Blei verhindert nicht
den Bewuchs!

Abb.
5



④

Belag aus Moosen als
glitschiger „Bio-Film“
verschleißt die Ober-
fläche der Dacheinde-
ckung und verhindert
die schnellere Austrock-
nung der Dachdeckung.
Vermehrt ist die Folge
Schadestellen werden von
den Besitzern als Vogel-
schäden „Kraut“

Abb.
6



Südseite des Hauses
Rusban Nr. 1

Sein bemerkenswerter
Bewuchs!

Hier ausreichend
schnelle Durchtrock-
nung!