

Angelika Wöhler-Geske, Christian R. Moschner, Eiko Thiessen und Eberhard Hartung

Bildanalytische Bestimmung morphologischer Eigenschaften des Baumaterials Reet

Morphologische Eigenschaften des Baumaterials Reet können die Lebensdauer eines Reetdachs beeinflussen und werden bisher nur manuell und teilweise unter hohem zeitlichem und experimentellem Aufwand ermittelt. Aus diesem Grund wurden Algorithmen zur schnellen bildanalytischen Erkennung verschiedener morphologischer Parameter erstellt. So können der durchschnittliche Halmdurchmesser, die durchschnittliche Halmwandstärke und die Anzahl der Halme eines Bundes sowie unter geringem zusätzlichem Aufwand auch die Rohdichte zuverlässig bestimmt werden.

Schlüsselwörter

Reet, Reetdach, Bildanalyse, Morphologie

Keywords

Reed, reed thatch, image analysis, morphology

Abstract

Wöhler-Geske, Angelika; Moschner, Christian R.; Thiessen, Eiko and Hartung, Eberhard

Use of image analysis for determination of morphological parameters of thatching reed

Landtechnik 68(2), 2013, pp. 108–111, 4 figures, 1 table, 14 references

Durability of reed thatches are partly affected by morphological properties of used reed, but until now these properties can only be determined manually with a high time and experimental effort. Thus image analysis algorithms were developed and morphological parameters as mean culm diameter, mean wall thickness and number of culms of a sample can be determined reliably. With little more effort also bulk density can be detected.

immer durch die Präsenz von reetgedeckten Höfen, Bauern- und Wohnhäusern geprägt. Bauphysikalische Eigenschaften wie Dachneigung oder Hinterlüftung beeinflussen die Lebensdauer eines Reetdaches, aber auch der Reetqualität wird hierbei eine wichtige Rolle zugeschrieben [1; 2]. Grundsätzliches zur Ausführung und Anforderungen an das Baumaterial Reet sind in den Fachregeln für Dachdeckungen mit Reet sowie im Produktdatenblatt des Regelwerkes des Dachdeckerhandwerks vorgeschrieben [3; 4]. Gemäß dem Produktdatenblatt sind auch morphologische Eigenschaften des Reets zu berücksichtigen. So wird vermutet, dass langes und damit grobhalmiges Reet wegen des besseren Abtrocknungsverhaltens eine höhere Lebensdauer aufweist oder eine hohe Rohdichte einen positiven Einfluss auf die Haltbarkeit hat [1; 5; 6].

Bisher können die morphologischen Eigenschaften nur manuell erfasst werden. Insbesondere der Halmdurchmesser als einfachster zu bestimmender Parameter wird gelegentlich unter Zuhilfenahme von Messschiebern an den gelagerten Reetbunden ermittelt. Diese manuelle Bestimmung ist jedoch zeitaufwendig und erfolgt daher nur als Stichprobe. Weitere morphologische Parameter wie die Rohdichte können nur unter hohem experimentellem Aufwand gemessen werden. Die Entwicklung einer einfachen und zeitsparenden bildanalytischen Methode zur Bestimmung wichtiger morphologischer Eigenschaften liegt daher im Interesse aller an der Reetproduktion und -verarbeitung Beteiligten.

Material und Methoden

Für die nachfolgend beschriebenen Untersuchungen stellten Reetschneider, -händler und Dachdecker aus Deutschland und den Niederlanden insgesamt 215 marktübliche Reetbunde bereit. Um eine große Bandbreite an Proben erfassen zu können, wurden von den Lieferanten auch Proben geliefert, die

■ Schon seit Jahrtausenden wird Reet (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) neben anderem Halmgut als Material für die Dacheindeckung genutzt. Die küstennahen Kulturlandschaften verschiedener Länder an Ost- und Nordsee sind noch

Abb. 1



Scans der Schnittflächen verschiedener Reetbunde

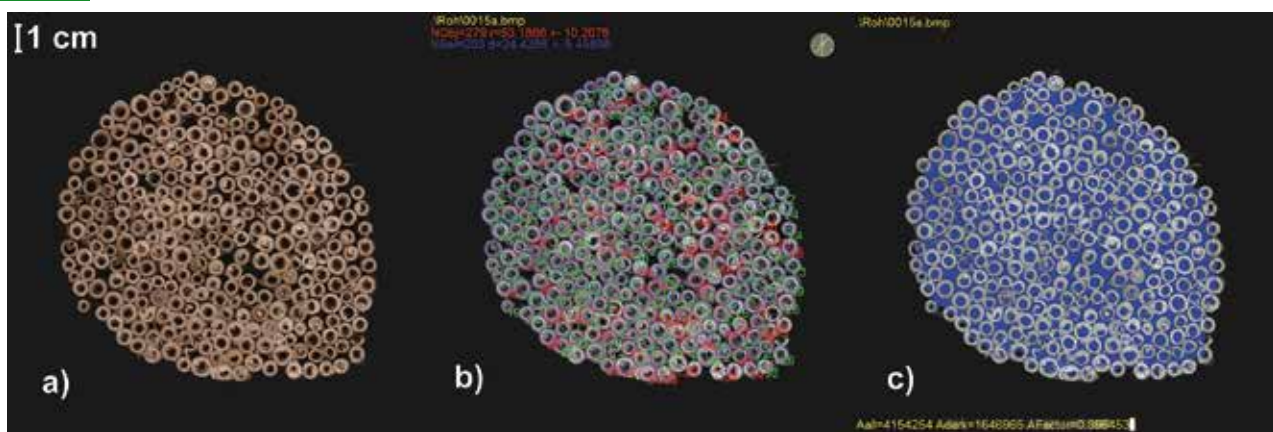
Fig. 1: Scan displays of cut surface of different reed bunches

normalerweise nicht in den Handel gelangen. Die Reetbunde stammten aus den gängigen Produktionsländern – hauptsächlich Deutschland, Niederlande, Türkei, Rumänien und China – und wurden zumeist in den Wintermonaten der Jahre 2009, 2010 und 2011 geerntet. Kurz über der Basis der Bunde wurde eine durch einen Kabelbinder zusammengehaltene Scheibe mit einer Höhe von etwa 5,5 cm abgesägt, von der Umfang sowie Gewicht und damit die Lagerdichte bestimmt wurde. Mit einem herkömmlichen Flachbettscanner (CanoScan LiDE 110) ohne zusätzliche Bildbearbeitung wurde anschließend ein Scan erstellt (**Abbildung 1**). Die Scans wurden herangezogen, um mit dem Bildanalyseprogramm Halcon (Version 7.1.2, MVTec Software GmbH, München) einen Algorithmus für die Erkennung von Durchmesser und Halmwandstärke sowie Halmschnittflä-

che zu erstellen und zu optimieren. Für Kalibrierung und die Optimierung wurden Scans von 34 Bunden mit augenscheinlich sehr unterschiedlichen Durchmessern gewählt und von diesen insgesamt über 7000 Halme mithilfe des Programms ImageJ (Version 1.44p, Wayne Rasband, USA) manuell ausgemessen.

Im Erkennungsalgorithmus wurde zunächst innerhalb eines vorgegebenen Radienbereichs nach Kreisen mit einer lokalen maximalen Helligkeit gesucht (Houghner-Transformation). Sich berührende Kreise wurden vereinigt, erodiert und die daraus resultierenden Kreise als gültig deklariert, wenn diese einerseits kreisähnlich genug sind und andererseits mindestens 9 % des einzelnen Halmes vom Hohlraum ausgefüllt ist. Damit kann sichergestellt werden, dass nur Querschnitte von Zwischenknotensegmenten in die Berechnung eingehen. Von

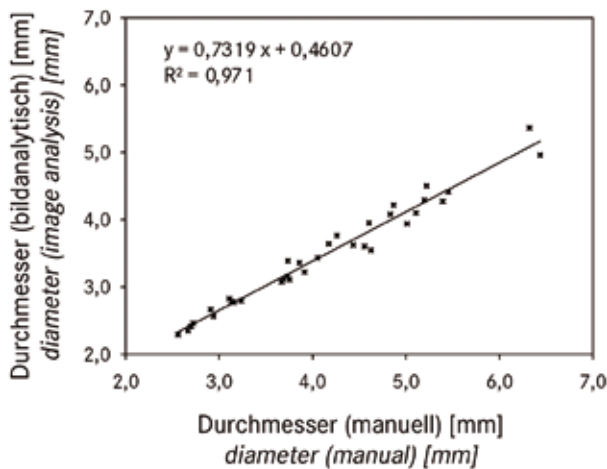
Abb. 2



a) Scan einer einzelnen Probe vor der Bildanalyse, b) Scan nach der Ermittlung von Durchmesser und Halmwandstärke, grüne Zahlen: valid erkannte Halme, rote Zahlen: nicht valid erkannte Halme, c) Quantifizierung der Halmschnittfläche A

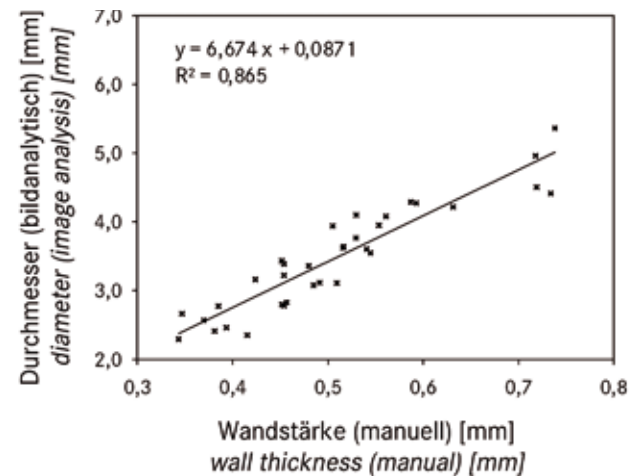
Fig. 2: a) Scan display of a sample before image analysis, b) scan after determination of diameter and wall thickness, green numbers: valid culms, red numbers: invalid culms, c) quantification of culm cut surface

Abb. 3



Korrelation von manuell und bildanalytisch ermitteltem Durchmesser
 Fig. 3: Correlation between diameters determined manually and by image analysis

Abb. 4



Korrelation von manuell ermittelter Wandstärke und bildanalytisch ermitteltem Durchmesser
 Fig. 4: Correlation between manually detected wall thickness and diameter determined by image analysis

jedem gültig erkannten Halm (**Abbildung 2**, a) wird aus der Kreisfläche der Durchmesser berechnet und alle berechneten Durchmesser werden schließlich gemittelt (**Abbildung 2**, b). Weiterhin werden anhand der Zunahme bzw. Abnahme der Helligkeit um den erkannten Kreis herum die Halmwandstärken ermittelt. Korrelations- und Regressionsanalysen zwischen gemessenen und bildanalytisch erfassten Parametern der 34 ausgesuchten Proben wurden herangezogen, um den Erkennungsalgorithmus zu optimieren und eine Kalibriergleichung für die spätere Anwendung zu erstellen.

Für die Bestimmung der Rohdichte stellt die Verwendung von Pyknometern mit Wasser- oder Alkoholverdrängung aufgrund des Auftriebs und des hydrophoben Charakters von Reet keine adäquate Option dar [7], sodass eine Bestimmung unter Zuhilfenahme bildanalytischer Methoden nahelag. Dabei wird die Gesamtprobe durch die Schnittfläche als Stichprobe charakterisiert. Die Halmschnittfläche A wurde dazu einerseits bildanalytisch durch Quantifizierung der hellen Flächen bestimmt (**Abbildung 2**, c), andererseits wurde die Schnittfläche mathematisch über den bildanalytisch ermittelten durchschnittlichen Durchmesser, die Halmwandstärke und die Anzahl der Halme eines Bundes unter der Annahme einer hexagonalen Packstruktur ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die mittleren Durchmesser der Reetbunde können bildanalytisch sehr gut bestimmt werden. Manuell gemessene und bildanalytisch ermittelte Durchmesser weisen zwar nicht exakt dieselben Werte auf, korrelieren aber mit einem R^2 von 0,971 sehr hoch miteinander (**Abbildung 3**). Durch die Erstellung und Verwendung der Regressionsgleichung für diesen Zusammenhang können auch die bei manueller Vermessung zu erwartenden Durchmesser neuer Proben geschätzt werden. Die so

ermittelten Durchmesser aller 215 Proben liegen zwischen 2,4 und 7,7 mm (**Tabelle 1**) und damit im zu erwartenden Bereich [8; 9; 10]. Gemäß dem Produktdatenblatt sind die Proben als kurz (Durchmesser ≤ 6 mm) bis mittellang (Durchmesser 3–9 mm) einzustufen. Kurzes oder mittellanges und damit dünnhalmiges Reet wird aufgrund seiner guten Handhabbarkeit und Optik bevorzugt für die Dacheindeckung verwendet [5; 11].

Die Halmwandstärken können bildanalytisch nicht so genau bestimmt werden. Die manuell gemessenen Halmwandstärken korrelieren nur mit einem R^2 von 0,696 mit den bildanalytisch ermittelten Halmwandstärken. Allerdings korrelieren manuell gemessene Halmwandstärken hoch mit den bildanalytisch ermittelten Durchmessern ($R^2 = 0,865$), sodass die Bestimmung der Halmwandstärken neuer Proben aus den bildanalytisch ermittelten Durchmessern erfolgen kann (**Abbildung 4**). Die Halmwandstärken aller Proben liegen zwischen 0,2 und 0,8 mm (**Tabelle 1**) und damit niedriger als bei anderen Autoren [12] oder auf ähnlichem Niveau [6].

Die mathematisch ermittelte Rohdichte von 0,5 bis 1,3 g/cm³ (**Tabelle 1**) weicht deutlich von der bildanalytisch ermittelten Rohdichte von 0,2 bis 0,5 g/cm³ ab. Ähnlich starke Abweichungen werden auch bei anderen Autoren angegeben. So erwähnt Wulf eine Rohdichte von etwa 0,3 g/cm³ [13], während Stephan mit 0,9 bis 1,2 g/cm³ und Schwarz et al. mit 1,0 bis 1,6 g/cm³ ebenfalls weitaus höhere Rohdichten feststellen [14; 6]. Aufgrund der bereits erwähnten schwierigen experimentellen Umsetzung [7] ist diese Diskrepanz einerseits plausibel, andererseits stellt sich dabei allerdings die Frage, inwieweit die in der Literatur genannten Werte die reale Rohdichte überhaupt repräsentieren können.

Die Ergebnisse der beiden hier entwickelten Methoden zur Rohdichte-Bestimmung korrelieren sowohl miteinander

Tab. 1

Kennzahlen der morphologischen Parameter der 215 Proben.

Table 1: Characteristic values of morphological parameters of all 215 samples.

	Mittelwert Arithmetical mean	Minimum Minimum	Maximum Maximum	Variationskoeffizient [%] Variation coefficient [%]
Halmdurchmesser [mm] Culm diameter [mm]	4,3	2,4	7,7	22,9
Halmwandstärke [mm] Culm wall thickness [mm]	0,4	0,2	0,8	24,8
Rohdichte, mathematisch ermittelt [g/cm ³] Bulk density, determined mathematically [g/cm ³]	0,9	0,5	1,3	15,9
Rohdichte, bildanalytisch ermittelt [g/cm ³] Bulk density, determined by image analysis [g/cm ³]	0,3	0,2	0,5	12,6
Lagerdichte [g/cm ³] Storage density [g/cm ³]	0,2	0,1	0,3	13,8

($R^2 = 0,643$) als auch mit der Lagerdichte ($R^2 = 0,719$ bei mathematisch ermittelter bzw. 0,893 bei bildanalytisch ermittelter Rohdichte). Welcher der beiden ermittelten Werte für die Rohdichte der realen Rohdichte am nächsten kommt, kann allerdings nicht abschließend geklärt werden.

Die Lagerdichte der Proben variiert von 0,1 bis 0,3 g/cm³ (Tabelle 1), was ähnlich auch von anderen Autoren berichtet wurde [13]. Alle ermittelten Dichten korrelieren zwar grundsätzlich mit dem Halmdurchmesser und der -wandstärke, allerdings nur mit geringen Korrelationskoeffizienten, sodass von der alleinigen Verwendung von Durchmesser oder Wandstärke für Prognosen über die Dichte des Baumaterials abzuraten ist.

Schlussfolgerungen

Bildanalytische Methoden sind hervorragend dazu geeignet, Halmdurchmesser und -wandstärken von Dachdeckerreet zu bestimmen und damit Hinweise zur Dauerhaftigkeit des Materials zu erhalten. Auch die Rohdichte kann unter Zuhilfenahme der Bildanalyse einfacher und schneller erfasst werden als mit herkömmlichen experimentellen Methoden. Die Bedeutung morphologischer Parameter für die Dauerhaftigkeit des Baumaterials Reet wird Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.

Literatur

- [1] Haslam, S. M. (1989): Early Decay of phragmites thatch: an outline of the problem. *Aquatic Botany* 35, pp. 129-132
- [2] QSR - Gesellschaft zur Qualitätssicherung Reet mbH Kiel (Hg.) (2008): Reet als Dacheindeckungsmaterial: Qualitätssicherung und -erhaltung eines Baustoffs aus nachwachsenden Rohstoffen. <http://www.dbu.de/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-25018.pdf>, Zugriff am 22.2.2013
- [3] Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik e.V. (Hg.) (2008): Fachregeln für Dachdeckungen mit Reet. In: Deutsches Dachdeckerhandwerk - Regeln für Dachdeckungen. Köln, Rudolf Müller Verlag, Stand Januar 2010
- [4] Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik e.V. (Hg.) (2003): Produktdatenblatt für Reet - Maße, Anforderungen, Prüfungen. In: Deutsches Dachdeckerhandwerk - Regeln für Dachdeckungen. Köln, Rudolf Müller Verlag, Stand Januar 2010
- [5] Schwarz, K.-U.; Junge, R. (2004): Projektbericht November 2004. Investitionsvorbereitende Maßnahmen: Pilotprojekt Miscanthus als Reetersatz (Materialqualitätsbeurteilung), Erprobung der landwirtschaftlichen Anwendung einzelner Miscanthusformen, Internetdarstellung des Projekts.

Arbeitsgemeinschaft für Agrarökologische Untersuchungen, Kiel. http://www.bricksite.com/User_files/e5b496af4a0ee644f94b6a8837a07441.pdf, Zugriff am 19.12.2012

- [6] Schwarz, K.-U.; Juraschek, J.; Greef, J.-M. (2008): Dokumentation dauerfeuchter im Vergleich zu nicht dauerfeuchten Reetdächern und Analyse der Verfahrenskette Reet. In: Reet als Dacheindeckungsmaterial: Qualitätssicherung und -erhaltung eines Baustoffs aus nachwachsenden Rohstoffen, Aktenzeichen: 25018 - 25, Hg. QSR - Gesellschaft zur Qualitätssicherung Reet mbH, Kiel, S. 12-57
- [7] Greef, J.-M. (2010): Bedenken über die experimentelle Umsetzung zur Bestimmung des spezifischen Gewichts von Reet. Julius-Kühn-Institut, Braunschweig, persönliche Mitteilung, unveröffentlicht
- [8] Mochnacka-Lawacz, H. (1974): Seasonal changes of phragmites communis trin. Part I. Growth, morphometrics, density and biomass. *Polskie Archiwum Hydrobiologii* 21(3/4), pp. 355-68
- [9] Van Ryckegem, G. (2005): Fungi on common reed (*Phragmites australis*). Fungal diversity, community structure and decompositions processes. Dissertation, Universität Gent
- [10] Dinka, M.; Ágoston-Szabó, E.; Szeplet, P. (2010): Comparison between biomass and C, N, P, S contents of vigorous and die-back reed stands of Lake Fert/Neusiedler See. *Biologia* 65(2), pp. 237-47
- [11] Schattke, W. (2002): Das Reetdach. Natürliches Wohnen unter sanftem Dach - von der Urzeit bis heute. Hamburg, Christians Verlag, 5. Aufl.
- [12] Rodewald-Rodescu, L. (1974): Das Schilfrohr. Stuttgart, Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung
- [13] Wulf, A. (2009): Brennstoff-Charakterisierung, Verbrennungstests und Ascheanalysen. In: Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsprojekt Energiebiomasse aus Niedermooren (ENIM), Hg. Wichmann, S.; Wichtmann, W., S. 53-65. http://paludiculture.botanik.uni-greifswald.de/documents/enim_endbericht_2009.pdf, Zugriff am 14.3.2013
- [14] Stephan, I. (2008): Untersuchungen an der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) im Rahmen des DBU-Forschungsprojektes Qualitätssicherung bei Reet als Dachmaterial. In: Reet als Dacheindeckungsmaterial: Qualitätssicherung und -erhaltung eines Baustoffs aus nachwachsenden Rohstoffen, Hg. QSR - Gesellschaft zur Qualitätssicherung Reet mbH, Kiel, S. 68-87

Autoren

Angelika Wöhler-Geske ist Doktorandin, Dr. Christian R. Moschner und Dr. Eiko Thiessen sind wissenschaftliche Mitarbeiter und Prof. Eberhard Hartung ist Direktor des Institutes für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Max-Eyth-Straße 6, 24118 Kiel, E-Mail: awoehler@ilv.uni-kiel.de

Danksagung

Dem Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (MLUR) sowie der Stiftung Schleswig-Holsteinische Landschaft sei für die finanzielle Unterstützung gedankt.