

Rasenfilz – Perspektiven auf ein facettenreiches Phänomen

Jörg Morhard, Bastian Stürmer-Stephan, D-Hohenheim

Einleitung

Der Anfall an organischer Masse wird bei Rasenspielfeldern auf 8000 kg TM / ha und Jahr geschätzt. Er setzt sich bezogen auf die Trockenmasse aus 3500 kg Wurzeln, 2000 kg Schnittgut und 2500 kg anderer vegetativer Teile zusammen (RIEM VIS, 1981). Die Akkumulation organischer Masse an der Bodenoberfläche von Rasenflächen in Form von Filz, verändert deren Eigenschaften maßgeblich. Während sich geringe Filzstärken sogar positiv auf die Funktion von Rasenspielfeldern auswirken können (SKIRDE, 1974; HORST et al. 1996; SNYDER und CISAR, 1995; PETRO-VIC, 1990), können stärkere Filzschichten diese maßgeblich beeinträchtigen (BAR-TON et al., 2009; BEARD, 1973; HURTO et al. 1980; MURRAY und JUSKA, 1977). Spätestens während der Recherche zu einem Beitrag für die Zeitschrift RASEN-TURF-GAZON European Journal of Turfgrass Science (STÜRMER-STEPHAN und MORHARD, 2019) wurde die Komplexität des Themas deutlich. Die größte Schwierigkeit war die Tatsache, dass selbst, wenn in wissenschaftlicher Literatur von Filz gesprochen wird, damit sehr unterschiedliche Dinge gemeint sein können. Diese haben nur eines gemeinsam, nämlich dass es sich dabei um eine mehr oder weniger organische Schicht handelt, die sich mit unterschiedlicher Ausprägung, unmittelbar unterhalb, an die grüne Vegetationszone von Rasenflächen anschließt. Im vorliegenden Tagungsbeitrag ist die genannte Publikation gekürzt wiedergegeben.

Definitionsversuche

Die große Variabilität von Filz zeigt sich unter anderem darin, dass es im wissenschaftlichen Bereich keine präzise und allgemeingültige Definition von Rasenfilz (engl. Thatch) gibt. Zentrale Bestandteile von Rasenfilz sind abgestorbene Blätter sowie periodisch absterbende Wurzeln, Rhizome und Stolonen (ENGEL, 1954 in SIDHU et al., 2013). Ihre Anteile variieren über die Schichtstärke des Rasenfilzes. BEARD (1973) bezeichnet Rasenfilz als leicht vermischte Zwischenschicht, die sich zwischen der grünen Vegetationszone und der anstehenden Bodenoberfläche entwickelt. Die deutsche Fassung der EN 12232:2003 (2003) zur Bestimmung der Filzdicke bei Naturrasen definiert den Begriff Filzdicke als „Dicke der vermischten organischen Schicht aus abgestorbenen und lebenden Keimlingen, Halmen und Wurzeln, die sich zwischen der Zone der grünen Vegetation und der Bodenoberfläche entwickelt“. Sie präzisiert, „Die Obergrenze der Filzschicht kann als eine fortlaufende horizontale Fläche definiert werden, die sich unmittelbar unter irgendwelchen deutlich davon getrennten grünen Blättern befindet und die Untergrenze ist der Bereich, wo faseriges organisches Material dem eindeutigen Partikel des Wachstumsmediums weicht“. So präzise lässt sich das in der Praxis jedoch nicht trennen. Von Rasenfilz im engeren Sinn wird deshalb im englischsprachigen Raum die als „Mat“ bezeichnete Übergangszone zum Bodenaufbau hin unterschieden. Diese meist dunkelbraun gefärbte Zone ist durch eine starke Vermischung von Bodenmatrix und im Abbau befindlichem Rasenfilz gekennzeichnet (MCCARTY et al., 2005). Es liegt auf der Hand, dass diese Zone völlig andere Eigenschaften aufweist, als eine lockere Filzaufgabe. Die Schwierigkeit bei der Interpretation der nachfolgenden Untersuchungen, ist die Tatsache, dass es sich hier entgegen der modellhaften

Annahme der EN 12232:2003 um einen fließenden Übergang handelt, der von den Autoren mal mehr mal weniger zum Rasenfilz im engeren Sinn hinzugeschlagen wurde.

Messmethoden

Die deutsche Fassung der EN 12232:2003 beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung der Filzdicke bei Naturrasen. Hierfür wird die Rasenfläche mit einem Ausstecher, der einen Durchmesser von 40 mm bis 120 mm hat, beprobt. Nachdem sich der zusammenge-drückte Rasenfilz wieder entfaltet hat, wird an vier Positionen die Auflage-stärke in Millimetern mit einem Lineal gemessen. In der Literatur ist darüber hinaus die Messung der Schichtstärke mit dem Lineal im zwischen Daumen und Zeigerfinger komprimierten Zustand beschrieben. Auf diese Weise soll die Messung unabhängig von der Dichte des Rasenfilzes sein (CALLAHAN et al., 1997). Die Nachteile dieser und weiterer Methoden liegen insbesondere in der Schwierigkeit der Abgrenzung von Rasenfilz und darunterliegender Übergangszone (engl. Mat) sowie der hohen Variabilität zwischen den Messungen einzelner Personen (CALLAHAN et al., 1997).

Ursachen

Die Bildung von Rasenfilz ist das Resultat aus einem Ungleichgewicht zwischen der Entstehung von organischer Masse und deren Abbaurate (BEARD, 1973). Jeder Faktor, der entweder die Bildung oder den Abbau von Pflanzenmaterial beeinflusst, hat somit einen Einfluss auf die Rasenfilzbildung (HURTO et al., 1980). Zu den wachstumsfördernden Faktoren gehört unter anderem die Düngung. Wasserlöslicher Stickstoff führte bei *Agrostis stolonifera* subsp. *palustris* (Huds.) zu einer Erhöhung der Rasenfilzdicke (MANCINO et al., 1993). Bei einer sehr hohen Aufwandmenge von 75 g/m² Rein-N konnte eine signifikante Zunahme der Rasenfilzdicke bei *Bermudagrass* (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) beobachtet werden (MEINHOLD et al., 1973). Die Düngung mit schwerlöslichem Ammoniumsulfat hingegen führte bei Aufwandmengen von bis zu 48 g/m² Rein-N weder bei *Cynodon dactylon* (L.) Pers. noch bei *Agrostis stolonifera* L. zu einer erhöhten Rasenfilzbildung (SMITH, 1979; CARROW et al., 1987; EGGENS, 1980). Die langjährige Düngung mit physiologisch sauer wirkenden Stickstoffdüngern, wie Ammoniumsulfat, führt hingegen zu einer Absenkung des pH-Wertes und damit zu einem signifikanten Anstieg der Rasenfilzakkumulation (EDMOND und COLES, 1958; POTTER et al., 1985; SKIRDE, 1974; SMITH, 1979).

Eine Erhöhung des pH-Wertes führt neben einer Steigerung der mikrobiellen Aktivität zu einem verstärkten Auftreten von Regenwürmern, welche einen wichtigen Anteil am Abbau von organischer Masse haben (POTTER et al., 1985). Die Steigerung der Populationsdichte von Regenwürmern erhöht die Durchmischung des Rasenfilzes mit dem anstehenden Boden oder der Rasentragschicht und dient zusätzlich dem Erhalt der Wasserinfiltration (SARTAIN, 1985; POTTER et al., 1985; EDMOND und COLES, 1958). Nachteilig sind jedoch die Auswirkungen ihrer Ausscheidungen auf den Pflege- und Spielbetrieb.

Unter wachstumsfördernden Umweltbedingungen nimmt neben der Neubildung organischer Masse meist auch deren Abbaurate zu (ENGEL, 1954 in SIDHU ET AL., 2013). Entscheidenden Einfluss besitzt beim Filzabbau darüber hinaus das Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff (C:N-Verhältnis) KOLB, (1990). Es bestimmt die mikrobielle Abbaugeschwindigkeit

organischer Masse. Abbauhemmend wirken Lignine, eine Gruppe phenolischer Makromoleküle (MELILLO et al., 1989). Rasenfilz kann hohe Ligningehalte von bis zu 12 % Trockenmasse aufweisen (LEDEBOER und SKOGLEY, 1967).

Häufige und starke Bewässerung von Rasenflächen kann tendenziell zu einer höheren Rasenfilzbildung führen (FU und DERNOEDEN, 2009; ESPEVIG und AAMLID, 2012; CHEN et al., 2018). Dies lässt sich auf wiederholt anaerobe Bedingungen in der Wurzelzone mit eingeschränkter Mikroorganismenaktivität und dadurch vermindertem Abbau von organischer Masse zurückführen (BEARD, 1973).

Der Einfluss des Schnittgutes auf die Rasenfilzbildung ist umstritten. MARTIN und BEARD (1975) gehen auf Grund des meist geringen Ligningehaltes im Schnittgut von einem zu vernachlässigbaren Einfluss des Schnittgutes auf die Rasenfilzbildung aus (MARTIN und BEARD, 1975). Das Verbleiben von Bermudagrass-Schnittgut (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) auf der Fläche erhöhte jedoch in Freilandversuchen signifikant die Rasenfilzdicke und den Anteil an Lignin im Bereich oberhalb der Bodenoberfläche (MEINHOLD et al., 1973). Im gleichen Versuch konnte jedoch keine Zunahme des Rasenfilzes, gemessen als Trockenmasse, festgestellt werden (MEINHOLD et al., 1973). Hier wird wieder die Problematik der Messmethode deutlich. Versuche an *Poa pratensis* L. zeigten, dass der Verbleib des Schnittgutes auf der Rasenfläche ab einer berechneten Rasenfilzdicke von annähernd 1,25 cm zu einer Rasenfilzakkumulation führt. Bei geringerer Rasenfilzdicke hatte das Schnittgut keinen Einfluss auf die weitere Rasenfilzbildung (MURRAY und JUSKA, 1977).

Das Filzbildungspotential der Gräser ist arten- und sortenabhängig (Beard, 1973). Bei den Warm Season Gräsern neigt vor allem *Cynodon dactylon* (L.) Pers., bei den Cool Season Gräsern neigen insbesondere *Agrostis stolonifera* L., *Poa pratensis* L. und *Agrostis capillaris* L. zu starker Filzbildung. Horstbildende Arten wie *Lolium perenne* L. und *Festuca arundinacea* Schreb. hingegen in geringerem Ausmaß (TURGEON, 1996; DANNEBERGER, 1993). Ein ähnliches Bild zeigt sich bei Betrachtung der Sorten. So neigen Sorten mit hauptsächlich kriechenden Ausläufern und hohen Triebdichten besonders zum Filzaufbau (CARLOS et al., 1973; Double und Weaver, 1974; STIER und HOLLMAN, 2003).

Eigenschaften und Auswirkungen

Bei starker Ausprägung von Rasenfilz dringen die Wurzeln der Gräser kaum noch in den darunter liegenden Boden oder die Rasentragschicht ein. Der Filz stellt dann das zentrale Wachstumsmedium für die Gräser dar (SKIRDE, 1974, HURTO et al., 1980). Zu den Gründen gehören die wasser- und nährstoffspeichernden Eigenschaften, die hauptsächlich in der Porenstruktur des Filzes zu suchen sind. Die Schwierigkeit von belastbaren Aussagen zur Porenstruktur besteht in der eingangs erwähnten großen Variabilität der organischen Masse, die unter dem Begriff Rasenfilz zusammengefasst wird. Darüber hinaus finden sich in der Literatur nur selten Angaben zur Belastung der Versuchsflächen, mit ihrem Einfluss auf die Verdichtung des Filzes und damit seiner Porenstruktur. So stellten HURTO et al. (1980) auf schluffigem Lehm bei Filzstärken von 18-30 mm in Zusammenhang mit *Poa pratensis* L. einen hohen Anteil nicht kapillar wirkender Makroporen fest. Dabei war die Porosität von Rasenfilz höher, als die des darunterliegenden Bodens. Die hohe Porosität der Rasenfilzschicht wird von NELSON et al.

(1980) im Laborversuch bestätigt. Sie wird als Ursache für eine niedrige Wasserspeicherfähigkeit und die dadurch beschleunigte Evaporation bzw. das beschleunigte Austrocknen einer lockeren Rasenfilzschicht genannt. Die vergleichsweise hohe Evaporation aus dieser Art Filz birgt die Gefahr erhöhter gasförmiger Stickstoffverluste, insbesondere bei leichtlöslichen Stickstoffdüngern (NELSON et al., 1980) und des Auftretens von Trockenschäden (MCCARTY et al. 2007). Außerdem senkt Rasenfilz bei Übersaat den Feldaufgang von Rasensaatgut, insbesondere aufgrund des fehlenden Bodenanschlusses und dem schnellen Austrocknen des Keimlings (SCHMIDT und SHOULDERS, 1972).

CARROW (2004) beschreibt hingegen, dass unter Praxisbedingungen die ursprünglichen Makroporen des Rasenfilzes durch die Vermischung mit anorganischen Komponenten verschlossen werden. Dieser Effekt wird bereits bei Filz, gemessen als Anteil organischer Masse von 4-5 % TM, beschrieben (MCCOY, 1992; CARROW, 2004). Die anschließend wassergefüllten Poren beeinträchtigen den Gasaustausch und reduzieren somit den Sauerstoffgehalt im Boden. Die daraus resultierenden an-aeroben Bedingungen führen zu einem Absterben der Wurzeln in der Grenzschicht zwischen Rasenfilz und anstehendem Substrat (CARROW et al., 1987; HARTWIGER, 2004). Deshalb soll Filz auch an der Entstehung von sogenanntem Black Layer beteiligt sein (CARROW, 2004, HARTWIGER, 2004).

Rasenfilz bzw. die Übergangszone bestehend aus akkumulierter organischer Substanz, besitzen darüber hinaus nach dem Austrocknen hydrophobe Eigenschaften, die ein Wiederbefeuchten behindern (EDMOND und COLES, 1958). LIANG et al. (2017) beobachteten bei *Festuca rubra* L. und *Poa pratensis* L., dass bei trockenem Rasenfilz zu Beginn eines starken Niederschlages das Wasser nicht in den Boden eindringen kann, sondern von der Rasenfilzschicht zurückgehalten wird. Die genannten Eigenschaften dienen als Erklärung, warum die Wasserinfiltrationsrate von Rasenfilz zunächst gering ist (HURTO et al., 1980; LINDE et al., 1995; TAYLOR und BLAKE, 1982). Nach einiger Zeit liegt die Wasserinfiltrationsrate auf gleichem Niveau, wie die des darunterliegenden Bodens (LIANG et al., 2017). TAYLOR und BLAKE, 1982 schlussfolgern, dass die bei gesättigtem Porenvolumen gemessene Wasserinfiltrationsrate, nicht vom Rasenfilz beeinflusst wird.

Gering ausgeprägtem Rasenfilz (kleiner 1,3 cm) wird eine temperaturregulierende Wirkung nachgesagt (MCCARTY et al., 2005). Ursache könnte der mit der geringen Dichte verbundene hohe Makroporenanteil sein, was zu Lufteinschlüssen mit isolierenden Eigenschaften führt (HURTO et al., 1980). Rasenfilz erhöht die Oberflächenelastizität. Rasenflächen mit schwach ausgeprägter Rasenfilzschicht weisen aufgrund dieser Elastizität eine erhöhte Strapazierfähigkeit und ein verbessertes Ballsprungsverhalten auf (HURTO et al., 1980; SKIRDE, 1974). Stärkere Filzschichten führen zu einem geringeren Wurzeltiefgang (SKIRDE, 1974, HURTO et al., 1980) und damit zum Verlust der Strapazierfähigkeit. Außerdem bergen sie beim Mähen die Gefahr des Skalpierens der Rasennarbe (BEARD, 1973; WADDINGTON et al., 1974).

Rasenfilz beherbergt zahlreiche Krankheitserreger. Im Allgemeinen wird deshalb mit zunehmender Filzschicht von einer höheren Krankheitsanfälligkeit der Rasennarbe ausgegangen (Beard, 1973; Anonymus, 2011). Der unmittelbare Einfluss von Rasenfilz auf den Krankheitsbefall und die Krankheitsanfälligkeit der Gräser ist jedoch wissenschaftlich nicht belegt. Rasenfilz hat allerdings einen negativen Einfluss auf die biologische Wirksamkeit von Herbiziden, Insektiziden und Fungiziden (HURTO und TURGEON, 1979; HALISKY et al.,

1981; NIEMCZYK, 1977). HURTO und TURGE-ON (1979) zeigten, dass der von *Poa pratensis* L. gebildete Rasenfilz nichtselektive Herbizide, wie Glyphosat und Paraquat adsorbiert, was sich in erhöhten Aufwand-mengen niederschlägt. Darüber hinaus kann Rasenfilz den Austrag von Pflanzen-schutzmitteln in darunterliegende Schichten verhindern (HORST et al., 1996). In Rasenfilz kann außerdem gegenüber dem darunterliegenden Substrat ein erhöhter Stickstoffgehalt nachgewiesen werden (RATURI et al., 2011; NELSON et al., 1980). Das primäre Wurzelwachstum findet bei starker Ausprägung hauptsächlich in der Filzschicht statt, was den Effekt einer verstärkten Wasserrückhaltung im Rasenfilz zur Folge hat (LINDE et al., 1995).

Gegenmaßnahmen

Die Reduktion von Rasenfilz verfolgt aufgrund der unterschiedlichen Ursachen mehrere Ansätze. Neben der mechanischen Entfernung von Rasenfilz ist die Schaffung optimaler Bedingungen für den mikrobiologischen Abbau von organischer Masse wichtig (BEARD, 1973). In erster Linie gehört dazu vor allem die Schaffung eines für die Mikroorganismen-tätigkeit optimalen pH-Wertes von ungefähr pH 6, durch den Einsatz alkalisch wirkender Düngemittel und gegebenenfalls zusätzlichen Kalkgaben (BEARD, 1973; CALLAHAN et al., 1998; KOLB, W., 1990; LEDEBOER und SKOGLEY, 1967; MARTIN und BEARD, 1975; MURRAY und JUSKA, 1977; SKIR-DE, 1974; SMITH, 1979).

Mechanische Maßnahmen gegen Rasenfilz sind ein wesentlicher Bestandteil der Pflegemaßnahmen von Rasenflächen. Hierzu gehören vor allem Striegeln, Vertikutieren und Aerifizieren mit Bodenaustausch. SMITH (1979) und ATKINSON und MCCARTY (2014) fanden in ihren Untersuchungen jedoch keinen Einfluss von Aerifiziermaßnahmen auf die Rasenfilzdicke, unabhängig von deren Intensität und Häufigkeit. MURRAY und JUSKA (1977) hingegen konnten zwar in einer Langzeituntersuchung mit *Poa pratensis* L. auf Oberboden während der ersten 5 Jahre keine Unterschiede zwischen Parzellen mit mechanischer Maßnahmen und der Kontrolle nachweisen, ab dem 6. Jahr jedoch wurden bei den Varianten Vertikutieren und Aerifizieren signifikant niedrigere Filz-Trockenmassen gemessen. Darüber hinaus führten CALLAHAN et al. (1998) eine Langzeitstudie auf einer nach USGA aufgebauten Fläche mit *Agrostis stolonifera* subsp. *palustris* (Huds.) zur Untersuchung der Auswirkungen unterschiedlicher Pflegemaßnahmen auf Rasenfilz durch. Der sechsjährige Versuch zeigte während der ersten drei Jahre, dass, verglichen mit der Kontrolle, insbesondere ein Besanden die Rasenfilzdicke signifikant reduziert. Vierteljährliches Vertikutieren in Verbindung mit vierteljährlichem Aerifizieren mit Hohlspoons wies die geringste Rasenfilzauflage auf. Die Erhöhung der Besandungsfrequenz auf bis zu 6 x pro Jahr (mit jeweils 0,35 m³/100 m²), reduzierte die Rasenfilzauflage des Grünaufbaus signifikant, unabhängig von maschinellen Pflegemaßnahmen (CALLAHAN et al., 1998). Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten auch andere Autoren (MCCARTY et al., 2005; EGGENS, 1980; MURRAY und JUSKA, 1977; CARROW et al., 1987).

Organische Dünger sollen unter bestimmten Umständen das Bodenleben anregen und den Filzabbau regulieren können. So führte der Einsatz von hitzegetrocknetem Klärschlamm aus der biologischen Reinigungsstufe von Klärwerken in einer Untersuchung von MEINHOLD et al. (1973) zu einer Reduktion des Rasenfilzes. Dieses Ergebnis konnte jedoch in einem

Langzeitversuch von MURRAY und JUSKA (1977) nicht bestätigt werden. In diesem Fall kam es durch den Einsatz des Klärschlammes sogar zu einer signifikant höheren Rasenfilzdicke.

Einigen Bodenhilfsstoffen werden in der praktischen Rasenpflege filzregulierende Eigenschaften nachgesagt. So sollen Surfactants zur Verbesserung der Wasserinfiltration einen Einfluss auf die Rasenfilzdynamik besitzen. Versuche von MURRAY und JUSKA (1977) zeigten, dass nicht-ionische Wetting Agents die Rasenfilzbildung nicht signifikant erhöhen, da Wasser schneller in den Rasenfilz eindringen kann, dieser aber durch die grenzflächenaktiven Substanzen auch schneller wieder austrocknet. Der abrupte Verlust der Feuchtigkeit unterbricht dabei den Abbau organischer Masse (CALLAHAN et al., 1998).

In einem Gewächshausversuch wurde darüber hinaus der Einsatz von Enzymen zum Filzabbau untersucht. Dazu wurden Laccasen pilzlicher Herkunft, die die Eigenschaft besitzen Lignin aufzuschließen, alle zwei Wochen in hohen Dosen appliziert, was zu einer signifikanten Abnahme des Ligningehaltes im Rasenfilz geführt hat (SIDHU et al., 2013).

Die vorliegende Literaturstudie verdeutlicht, einmal mehr, wie wichtig eine einheitliche präzise Definition von Rasenfilz zur hochauflösenden Festlegung der Probebereiche ist und wie wichtig einheitliche vergleichbare Methoden sind. Sie zeigt darüber hinaus die Schwierigkeiten auf, die beim Vergleich der Ergebnisse von Versuchen unter Praxisbedingungen mit denen wissenschaftlicher Feldversuche ohne Belastung oder reiner Laborversuchen entstehen. Darüber hinaus wird von einigen Autoren persönliche Erfahrung mit wissenschaftlichen Ergebnissen gemischt, was die Interpretation erschwert. Deshalb bleiben trotz zahlreicher Publikationen zum Thema Rasenfilz nach wie vor noch viele Fragen offen.

Literatur

ANONYMUS, 2011: Turfgrass Disease Identification Guide for Golf. Syngenta Crop Protection. http://www.syngentacropprotection.com/assets/assetlibrary/syngenta_diseaseid_guide.pdf.

Aufgerufen am 25.02.2019.

ATKINSON, J., MCCARTY, B., 2014: Finding the balance - Core aeration affects turf health, soil physical properties and the playability of golf course greens. *Golf course management* 1, S. 140-148.

BARTON, L., WAN, G.G.Y., BUCK, R.P. und COLMER, T.D., 2009: Effectiveness of Cultural Thatch-Mat Controls for Young and Mature Kikuyu Turfgrass. *Agronomy Journal* 101 (1), S. 67-74.

BEARD, J.B., 1973: *Turfgrass: Science and culture*. Prentice-Hall Inc.: Englewood Cliffs, NJ. 658.

CALLAHAN, L.M., SANDERS, W.L., PARHAM, J.M., HARPER, C.A., LESTER, L.D. und MCDONALD, E.R., 1997: Comparative Methods of Measuring Thatch on a Creeping Bentgrass Green. *Crop Science* 37 (1), S. 230-234.

CALLAHAN, L.M., SANDERS, W.L., PARHAM, J.M., HARPER, C.A., LESTER, L.D. und MCDONALD, E.R., 1998: Cultural and Chemical Controls of Thatch and Their Influence on Rootzone Nutrients in a Bentgrass Green. *Crop Science* 38 (1), S. 181-187.

CARROW, R.N., JOHNSON, B.J. und BURNS, R.E., 1987: Thatch and Quality of Tifway Bermudagrass Turf in Relation to Fertility and Cultivation. *Agronomy Journal* 79 (3), S. 524-530.

- CARROW, R.N., 2004: Surface organic matter in bentgrass greens. USGA Green Section Record. 1-2 (2004) S 11-15.
- CARLOS, W.J., DAVIS, R., JOHNSON W.S., 1973: Controlling and Preventing Thatch. Fact Sheet 4, S.1-4.
- DANNEBERGER, T.K., 1993: Turfgrass Ecology and Management. Franzak & Foster G.I.E. Inc., Cleveland, OH, 201 S.
- DUBLE, R.L. und WEAVER, R.W., 1974: Thatch decomposition in bermudagrass turf. In: Proceedings of the Second International Turfgrass Research Conference: ed. ROBERTS, E.C. American Society of Agronomy, Madison, WI. S. 445-451.
- EDMOND, D.B. und COLES, S.T.J., 1958: Some long-term effects of fertilisers on a mown turf of browntop and Chewing's fescue. New Zealand Journal of Agricultural Research 1 (5), S. 665-674.
- EGGENS, J.L., 1980: Thatch control on creeping bentgrass turf. Can. J. Plant Sci. 60 (4), S. 1209-1213.
- EN 12232:2003 Sportböden - Bestimmung der Filzdicke bei Naturrasen; Deutsche Fassung, Beuth Verlag GmbH, Berlin. 5 S.
- ENGEL, R.E., 1954: Thatch on turf and its control. Golf Course Rep 22 (5), S. 12-14 in SIDHU, S.S., HUANG, Q., CARROW, R.N. und RAYMER, P.L., 2013: Efficacy of Fungal Laccase to Facilitate Biodethatching in Bermudagrass and Zoysiagrass. Agronomy Journal 105 (4), S. 1247-1252.
- ESPEVIG, T. und AAMLID, T.S., 2012: Effects of root zone composition and irrigation regime on performance of velvet bentgrass putting greens. II. Thatch, root development and playability. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science 62 (sup1), S. 106-112.
- FU, J. und DERNOEDEN, P.H., 2009: Creeping bentgrass putting green turf re-sponses to two irrigation practices. Quality, chlorophyll, canopy temperature, and thatch-mat. Crop Science 49 (3), S. 1071-1078.
- HALISKY, P.M., MYERS, R.F. und WAGNER, R.E., 1981: Relationship of thatch to nematodes, dollar spot and fungicides in Kentucky bluegrass turf. Proceeding of the Fourth International Turf Research Conference, Guelph, Canada, S. 415-420.
- HARTWIGER, C., 2004: The importance of organic matter dynamics. USGA Green Section Record 42 (3), S. 9-11.
- HORST, G.L., SHEA, P.J., CHRISTIANS, N., MILLER, D.R., STUEFER-POWELL, C. und STARRETT, S.K., 1996: Pesticide Dissipation under Golf Course Fairway Conditions. Crop Science 36 (2), S. 362-370.
- HURTO, K.A., TURGEON, A.J., 1979: Effect of Thatch on Residual Activity of Nonselective Herbicides Used in Turfgrass Renovation. Agronomy Journal 71 (1), S. 66-71.
- HURTO, K.A., TURGEON, A.J. und SPOMER, L.A., 1980: Physical Characteristics of Thatch as a Turfgrass Growing Medium. Agronomy Journal 72 (1), S. 165-167.
- KOLB, W., 1990: Beobachtungen zur Abbaurate von Filzauflagen auf einem DIN-Sportplatz. Rasen-Turf-Gazon 21: S. 32-34.

- LEDEBOER, F.B. und SKOGLEY, C.R., 1967: Investigations into the Nature of Thatch and Methods for its Decomposition. *Agronomy Journal* 59 (4), S. 320-323.
- LIANG, X., SU, D., WANG, Z. und QIAO, X., 2017: Effects of Turfgrass Thatch on Water Infiltration, Surface Runoff, and Evaporation. *Journal of Water Resource and Protection* 09 (07), S. 799-810.
- LINDE, D.T., WATSCHKE, TH.L., JARRETT, A.R. und BORGER, J.A., 1995: Surface Runoff Assessment from Creeping Bentgrass and Perennial Ryegrass Turf. *Agronomy Journal* 87 (2), S. 176-182.
- MANCINO, C.F., BARAKAT, M. und MARICIC, A., 1993: Soil and thatch microbial populations in an 80% sand 20% peat creeping bentgrass putting green. *HortScience* 28 (3), S. 189-191.
- MARTIN, D.P. und BEARD, J.B., 1975: Procedure for Evaluating the Biological Degradation of Turfgrass Thatch. *Agronomy Journal* 67 (6), S. 835-836.
- MCCARTY, L.B., GREGG, M.F. und TOLER, J.E., 2007: Thatch and Mat Management in an Established Creeping Bentgrass Golf Green. *Agronomy Journal* 99 (6), S. 1530-1537.
- MCCARTY, L.B., GREGG, M.F., TOLER, J.E., CAMBERATO, J.J. und HILL, H.S., 2005: Minimizing Thatch and Mat Development in a Newly Seeded Creeping Bentgrass Golf Green. *Crop Science* 45 (4), S. 1529-1535.
- MCCOY, E.L., 1992: Quantitative Physical Assessment of Organic Materials Used in Sports Turf Rootzone Mixes. *Agronomy Journal* 84 (3), S. 375-381.
- MEINHOLD, V.H., DUBLE, R.L., WEAVER, R.W. und HOLT, E.C., 1973: Thatch Accumulation in Bermudagrass Turf in Relation to Management. *Agronomy Journal* 65 (5), S. 833-835.
- MELILLO, J.M., ABER, J.D., LINKINS, A.E., RICCA, A., FRY, B. und NADELHOFFER, K.J., 1989: Carbon and nitrogen dynamics along the decay continuum. Plant litter to soil organic matter. *Plant Soil* 115 (2), S. 189-198.
- MURRAY, J.J. und JUSKA, F. V., 1977: Effect of Management Practices on Thatch Accumulation, Turf Quality, and Leaf Spot Damage in Common Kentucky Bluegrass. *Agronomy Journal* 69 (3), S. 365-369.
- NELSON, K.E., TURGEON, A.J. und STREET, J.R., 1980: Thatch Influence on Mobility and Transformation of Nitrogen Carriers Applied to Turf. *Agronomy Journal* 72 (3), S. 487-492.
- NIEMCZYK, H.D., 1977: Thatch-a barrier to control of soil-inhabiting insect pests of turf. *Weeds, Trees and Turf* 16 (2), S. 16-19.
- PETROVIC, A.M., 1990: The Fate of Nitrogenous Fertilizers Applied to Turfgrass. *Journal of Environment Quality* 19 (1), S. 1-14.
- POTTER, D.A., BRIDGES, B.L. und GORDON, F.C., 1985: Effect of N Fertilization on Earthworm and Microarthropod Populations in Kentucky Bluegrass Turf. *Agronomy Journal* 77 (3), S. 367-372.

- RATURI, S., ISLAM, K.R., CARROLL, M.J. und HILL, R.L., 2011: Thatch and Soil Characteristics of Cool- and Warm-Season Turfgrasses. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 35 (15-16), S. 2161-2176.
- RIEM VIS, F., 1981: Accumulation and decomposition of organic matter under sports turf: In SHEARD, R.W. (ed.) *Proc. 4th Int. Turfgrass Res. Conf.*, Guelph, ON, Canada.
- SARTAIN, J.B., 1985: Effect of Acidity and N Source on the Growth and Thatch Accumulation of Tifgreen Bermudagrass and on Soil Nutrient Retention. *Agronomy Journal* 77 (1), S. 33-36.
- SCHMIDT, R.E. und SHOULDERS, J.F., 1972: Winter Turf Development on Dormant Bermudagrass as Influenced by Summer Cultivation and Winter N Fertilization. *Agronomy Journal* 64 (4), S. 435-437.
- SIDHU, S.S., HUANG, Q., CARROW, R.N. und RAYMER, P.L., 2013: Efficacy of Fungal Laccase to Facilitate Biodethatching in Bermudagrass and Zoysiagrass. *Agronomy Journal* 105 (4), S. 1247-1252.
- SKIRDE, W., 1974: Ergebnisse zur Narbenfilzanhäufung (thatch) bei Rasenflächen. *Rasen-Turf-Gazon* 5: S. 105-109.
- SMITH, G.S., 1979: Nitrogen and Aerification Influence on Putting Green Thatch and Soil. *Agronomy Journal* 71 (4), S. 680-684.
- STÜRMER-STEPHAN, B. und J. MORHARD, 2019: Rasenfilz – Ergebnis einer Literaturliteraturauswertung. *Rasen-Turf-Gazon* 1/2019: S. 3-9.
- CISAR, J. L., SNYDER, G. H., 1995: Mobility and Persistence of Pesticides Applied to a USGA Green. III: Organophosphate Recovery in Clippings, Thatch, Soil, and Percolate. *Crop Science* 36 (1), S.1433-1438.
- STIER, J.C. und HOLLMAN, A.B., 2003: Cultivation and Topdressing Requirements for Thatch Management in A and G Bentgrasses and Creeping Bluegrass. *HortScience* 38 (6), S. 1227-1231.
- TAYLOR, D.H. und BLAKE, G.R., 1982: The Effect of Turfgrass Thatch on Water Infiltration Rates. *Soil Science Society of America Journal* 46 (3), S. 616-619.
- TURGEON, A.J., 1996: *Turfgrass management*. 4. ed. Prentice-Hall, Upper Saddle River, N.J.: 406 S.
- WADDINGTON, D.V., ZIMMERMAN, T.L., SHOOP, G.J., KARLOS, L.T., und DUICH, J.M., 1974. Soil modification for turfgrass areas. I. Physical properties of physically amended soils. *Pennsylvania Agricultural Experimental Station Progress Report* 337.