

Untersuchungen zur präzisen Analyse des Wiederaufwuchses von Rasen nach dem Schnitt in Abhängigkeit von der Schnittqualität

Gaub, T., J. Morhard, B. Stürmer-Stephan und T. Troidl

Zusammenfassung

Während über die Vorteile eines präzisen, scharfen Rasenschnitts bezüglich des allgemeinen Erscheinungsbildes in Wissenschaft und Praxis allgemeiner Konsens herrscht, wird vor allem in Lehrbüchern die These vertreten, dass ein scharfer Schnitt das Wiederaufwuchsverhalten begünstigt. Wissenschaftliche Untersuchungen als Quellen werden jedoch nicht genannt. Eine Herausforderung für derartige Untersuchungen stellt die präzise Erfassung des Längenwachstums nach dem Schnitt dar. Am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim wurde deshalb ein Gefäßversuch angelegt, mit dem Ziel, den Einfluss der Schnittqualität auf den Wiederaufwuchs von Rasen zu analysieren. Erstmals sollte als neue Methode dafür auch Photogrammetrie eingesetzt werden. Als Referenz diente die Zuwachslängenmessung mit Millimeterpapier. Beide Methoden führten zu unterschiedlichen Ergebnissen in Bezug auf das Längenwachstum. Rückschlüsse auf den Einfluss der Schnittqualität waren nicht möglich.

Summary

It seems to exist a broad consensus between theory and praxis with regard to the advantages of a clear and sharp grass cut on a turf when taking into consideration its optical appearance. This argument, mostly developed in some specialised textbooks, suggests that a sharp grass cut can foster the regeneration of a turf. Unfortunately, the authors don't reveal the sources of their scientific investigations. Therefore, a major challenge for such investigations depends on a very precise recording of the grass growth after cutting. Consequently, pot experiments were made at the Institute of Agricultural Engineering at the University of Hohenheim in order to analyse the impact of cutting on the quality of the regeneration of the grass on turf. For the first time a new method was used, the photogrammetry, and, as a reference, the grass growth recorded on graph paper was taken into consideration. Both methods revealed different results concerning elongating growth. It was furthermore impossible to draw concrete conclusions with regard to the quality of the cutting.

Résumé

En général, il semble y avoir entre les scientifiques et ceux qui sont dans la pratique un consensus sur les avantages qu'ont les coupes précises et uniformes sur l'aspect extérieur des gazons. Toutefois, certains scientifiques prétendent dans des manuels spécialisés que les coupes plus précises favorisent la pousse du gazon quoiqu'ils ne citent pas les sources de leurs investigations scientifiques. Il est vrai que l'une des difficultés majeures de telles investigations est de déterminer exactement la croissance du gazon après la coupe. C'est pourquoi on a fait à l'Institut du Génie Agricole à Hohenheim une expérience en pots afin de pouvoir analyser l'influence de la coupe sur la croissance du gazon. Pour ce faire on a utilisé pour la première fois la photogrammétrie et on s'est servi comme référence d'un papier graphique pour noter la croissance du gazon. Ces deux méthodes ont donné des résultats sur la croissance du gazon qui diffèrent grandement. C'est pourquoi il nous a été impossible de tirer des conclusions fiables sur l'influence de la coupe sur la croissance du gazon.

Einführung

Das regelmäßige Mähen des Rasens, der Schnitt der Gräser, ist eine der wichtigsten Pflegemaßnahmen. Allerdings bedeutet der Schnitt Stress für die Pflanze, da Photosynthesefläche verloren geht. Ein exakt ausgeführter Schnitt mit scharfen Werkzeugen sorgt für ein gutes Erscheinungsbild der Rasenfläche. Er verhindert ein Ausfransen der Schnittkante, deutlich erkennbar vor allem bei *Lolium perenne* L. und die damit verbundene gelb-bräunliche Färbung der Rasenoberfläche einige Zeit nach dem Schnitt (BEARD, 1973; TURGEON, 2005; SMILEY et. al., 2005). Exakte Schnittflächen begrenzen die Eintrittspforten für Krankheitserreger, weshalb der regelmäßigen Wartung des Mähers und der Messer eine große Bedeutung zukommt (SMILEY et. al., 2005). STEINEGGER et al. (1983) zeigten beim Schnitt mit einem Sichelmäher, dass sich stumpfe Messer nicht nur negativ auf die Rasenqualität auswirken, sondern, dass dadurch auch der Wasserverbrauch von *Poa pratensis* L. erhöht wird. Letztlich soll ein scharfer Schnitt das Wiederaufwuchsverhalten begünstigen. Abbildung 1 zeigt, entsprechend der allgemeinen Lehrbuchmeinung, schematisch das Ergebnis eines scharfen und eines stumpfen Schnitts und deren Einfluss auf das nachfolgende Aufwuchsverhalten (TURGEON, 2005, verändert). Die Hypothese besagt, dass ein scharfer Schnitt den Wiederaufwuchs begünstigt. Dem vorliegenden Beitrag liegt ein Tastversuch zu Grunde, bei dem nach einer Methode gesucht wurde, die geeignet ist, diese Hypothese zu prüfen.

Eine Möglichkeit, das Aufwuchsverhalten abzubilden, stellt die in der deutschen Fassung der EN 12233:2003

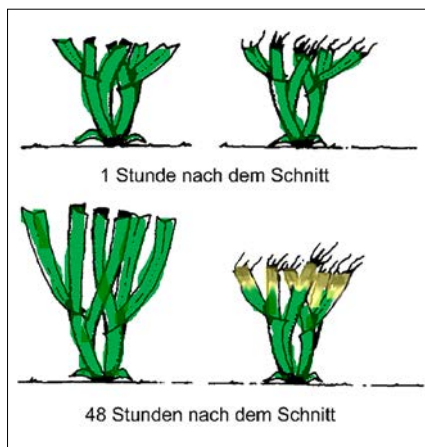


Abb. 1: Einfluss von Schnittqualität auf Schnittbild und Wiederaufwuchs (TURGEON, 2005 verändert).

beschriebene Methode zur Bestimmung der Schnitthöhe bei Naturrasen dar. Da hierbei jedoch Triebe, die über die Aufwuchshöhe hinausstehen oder auch schwache Triebe durch das Gewicht der Scheibe zusammengedrückt werden, wurde diese Methode im Vorfeld bereits verworfen. Als Möglichkeit wurde hingegen der Einsatz von Photogrammetrie in Betracht gezogen. Photogrammetrie umfasst mehrere Messverfahren, die es ermöglichen, Objekte anhand von Fotografien zu vermessen. Grundsätzlich gehört auch Nahbereichsphotogrammetrie zu den Fernerkundungsmethoden, da berührungslos gemessen werden kann (LUHMANN, 2003). Eine einfache Möglichkeit besteht in einer Zeitfolge von Aufnahmen vor einem gerasterten Hintergrund bei gleichbleibender Kameraposition. Aufwändiger ist das zweite im Rahmen dieses Beitrags eingesetzte Messverfahren. Es basiert auf dem Verfahren der „Structure-from-motion“ (SfM). Das Grundprinzip besteht darin, dass mittels eines „scale invariant feature transform“ (SIFT)-Algorithmus, Merkmalspunkte auf den für die Vermessung zu Verfügung stehenden Bildern gesucht werden. Da sich die Fotografien überschneiden müssen, befinden sich diese Punkte auf mehreren Fotografien (NYIMBILI et al., 2016). Dadurch kann die relative Orientierung der Aufnahmen, sprich die ursprünglichen Kamerapositionen, berechnet werden. Durch den Einsatz unterschiedlicher Algorithmen und Korrekturverfahren, lässt sich somit für jeden Pixel eine dreidimensionale Koordinate berechnen. Bedingung ist, dass die Fotografien scharf und

von hoher Auflösung sind. Durch den Einsatz von Referenzpunkten in den Fotografien kann anschließend die äußere Orientierung der aus 3D-Punkten bestehenden Punktwolke berechnet werden. Mithilfe dieser Punktwolken lassen sich hochgenaue Messungen (1-3 mm absolute Abweichung) durchführen (GREB, 2015).

Versuchsaufbau

Zur Untersuchung des Wiederaufwuchses geschnittener Rasengräser wurde am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim ein Gefäßversuch mit Fertigrasen durchgeführt. Die Ansaatmischung vom Typ RSM 2.3, bestand aus 40 % *Lolium perenne* L., 40 % *Poa pratensis* L. und 20 % *Festuca rubra* agg. L.. Der auf bindigem Boden angezogene Rasen wurde in neun runde Stücke mit einem Durchmesser von 30 cm zugeschnitten und diese in Pflanzschalen mit einem Substrat aus sandigem Lehm gelegt. Zu Beginn des Versuchs wurden die Schalen mit Wasser befüllt und anschließend überschüssiges Wasser entfernt. Während der Beobachtungsdauer erfolgte keine Bewässerung. Die Schalen wurden schattig in einer Halle aufgestellt. Die Durchschnittstemperatur betrug 23 °C. Der Schnitt der Gräser erfolgte von Hand mit drei Scheren unterschiedlicher Schärfe, „stumpf“, „mittelscharf“ und „scharf“ (Abbildung 2). Auswahlkriterien waren der Zustand und die Schärfe der Schneide. Jede Variante wurde dreimal wiederholt. Zu Beginn des Beobachtungszeitraums wurde der



Abb. 2: Scheren von stumpf über mittelscharf zu scharf (von links).

(Alle Fotos GAUB et al., 2019)



Abb. 3: Pflanzschalen mit Millimeterpapier.

Rasen in den Pflanzschalen mit den unterschiedlichen Scheren auf eine Höhe von 30 mm geschnitten.

Versuchsdurchführung

Zur Bestimmung des Wiederaufwuchses wurden zwei Methoden angewandt. Die einfachere der beiden war die Bestimmung des Längenzuwachses mit Hilfe von Millimeterpapier. Dazu wurde im rückwärtigen Teil der Pflanzschalen Millimeterpapier angebracht (Abbildung 3) und während der fünftägigen Beobachtungsdauer täglich eine projektive Aufnahme erstellt. Die für die Aufnahmen gewählte Kameraposition blieb dabei unverändert. Ausgewertet wurde vor dem Hintergrund des Millimeterpapiers die Längenveränderung von fünf ausgewählten, geschnittenen Trieben je Pflanzschale bzw. Wiederholung.

Für die zweite Methode wurden zunächst in einem Lichtwürfel mit rotem Hintergrund zu Beginn und am Ende des Beobachtungszeitraums Fotos der Pflanzschalen mit dem Rasen auf-



Abb. 4: Drehteller mit Fernsehtestbild, Referenzpunkten und Pflanzschale.

genommen. Als Kamera diente eine Spiegelreflexkamera vom Typ Canon EOS 550D (Brennweite F22 bei 50 mm; Belichtungszeit 3,2 Sekunden). Dazu wurden die Pflanzschalen im Lichtwürfel auf einem Drehteller platziert und aus verschiedenen Perspektiven fotografiert. Die Oberfläche des Drehtellers war mit einem Fernsehtestbild, als Referenzgeometrie für die Auswertungssoftware beklebt (Abbildung 4).

Pro Pflanzschale wurden in drei unterschiedlichen Kamerapositionen jeweils

20 Aufnahmen erstellt. Zu Beginn der Auswertung wurde bei allen Aufnahmen der rote Hintergrund durch ein Bildbearbeitungsprogramm entfernt. Das damit einhergehende Freistellen des Objekts eliminiert für die Software überflüssige Verknüpfungspunkte des Hintergrundes. Anschließend wurden die Aufnahmen getrennt nach Wiederholung in der Software Agisoft Metashape Professional 1.5 verarbeitet. Dabei wurde zunächst von der Software die relative Kameraorientierung geschätzt. In Abbildung 5 sind die kreisförmigen ausgerichteten Kamerapositionen zu erkennen.

Mit der Ausrichtung der Kamera erkennt die Software Gemeinsamkeiten der Bilder, in diesem Fall das Fernsehtestbild und erstellt ein Bild aus Verknüpfungspunkten. Die geschätzte innere Orientierung der Kamera wird durch diese Verknüpfungspunkte optimiert. Nachdem die innere und die relative Orientierung der Kamera ermittelt wurden, wird eine Punktwolke aus allen Pixeln der Fotos erstellt. Eine Punktwolke besteht aus dreidimensionalen Koordinaten (x,y,z) für jeden Pixel. Im vorliegenden Fall bestand eine Punktwolke aus mehr als 27 Millionen Einzelpunkten. Diese Punktwolke bildet die Grundlage für das spätere 3D-Modell, Mesh genannt. Es besteht aus Polygonen, welche aus den Punkten der Punkte-

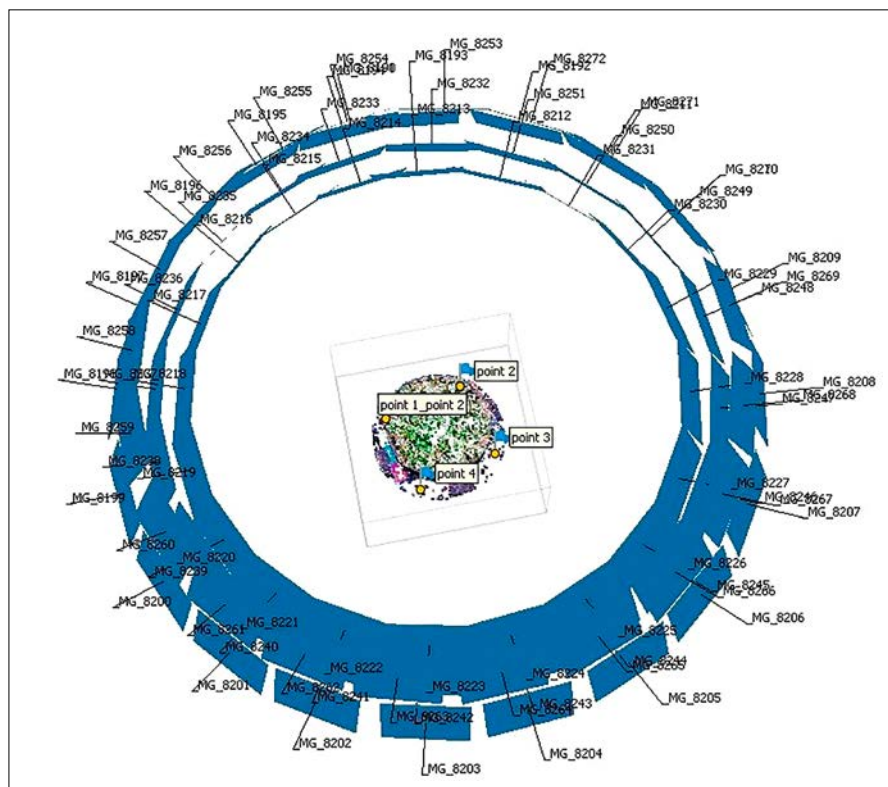


Abb. 5: Ausgerichtete Kamerapositionen.

wolke errechnet werden. Die Flächen ermöglichen nun eine Berechnung des Volumens eines Objektes. Als Größenreferenz und somit als Grundlage für das Auswerten der Punktwolken dienten im vorliegenden Fall die Markierungen auf den 4 Referenzpunkten des auf dem Drehteller angebrachten Fernsehtestbildes. Da der jeweilige Abstand zwischen den Referenzpunkten bekannt ist, werden die Koordinaten der Punktwolke durch die Software referenziert. Damit ist die äußere Orientierung bekannt. Die anschließende photogrammetrische Auswertung des Längenzuwachses wurde mithilfe der Software Cloud-Compare V 2.11 alpha durchgeführt. Hierzu wurden die Punktwolken des ersten und des letzten Versuchstages in die Software eingelesen. Beide Punktwolken wurden manuell vorpositioniert und anschließend mithilfe eines „pointmatching“ Algorithmus von der Software präzise nachjustiert (Abbildung 6).

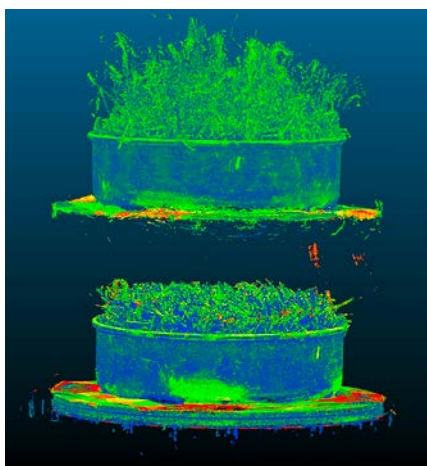


Abb. 6: Übereinanderlegen der Punktwolken des ersten und des letzten Tages im Beobachtungszeitraum.

Die hierfür benötigte Transformationsmatrix wird durch das Reduzieren des Fehlers zwischen zwei Punkten ermittelt. Anschließend werden die Punkte des Drehtellers und der Pflanzschale entfernt, um nur die Rasennarbe vermessen zu können. Da die Berechnung des absoluten Abstandes zwischen den beiden Punktwolken sehr aufwändig ist, wurden die Punktwolken gerastert. Durch das Rastern wird die dreidimensionale Punktwolke in eine 2,5D-Wolke überführt. In einer 2,5D-Wolke liegt für jede 2D-Koordinate nur ein Höhenwert vor. Anschließend wurde die Differenz zwischen den 2,5D-Wolken des ersten und des letzten Versuchstages gebildet, was dem Wiederaufwuchs des Rasens ent-

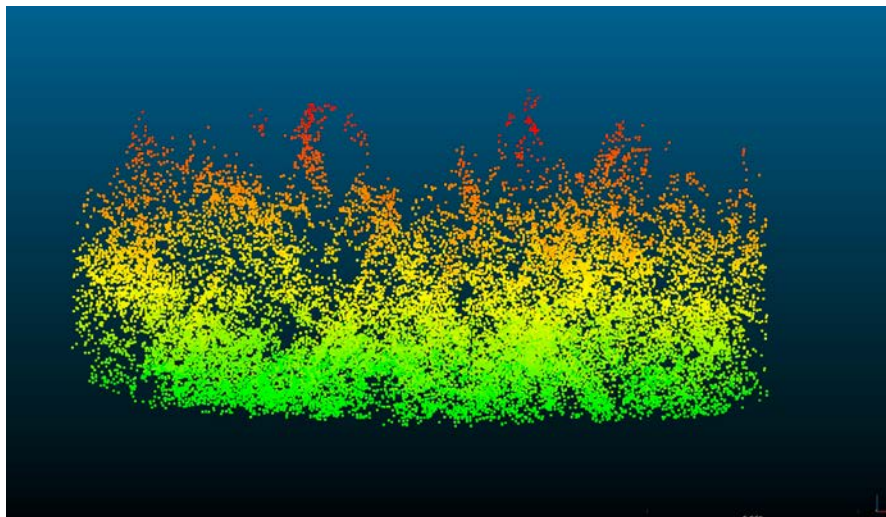


Abb. 7: Dreidimensionale Darstellung der relativen Differenz zwischen den Höhenwerten des ersten und des letzten Tages im Beobachtungszeitraum.

sprech (Abbildung 7). Fehlwerte des ersten Versuchstages wurden interpoliert. Anschließend wurde aus den Einzelwerten mit Microsoft Excel für jede Wiederholung das arithmetische Mittel und die Standardabweichung berechnet, sowie eine Varianzanalyse mit einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ durchgeführt.

Ergebnisse

Die Auswertung mit Millimeterpapier ermöglichte die Dokumentation des täglichen Zuwachses gemessen an den 5 geschnittenen Einzeltrieben pro Pflanzschale. Tendenziell sind die Zuwächse in der zweiten Hälfte des Versuchszeitraums stets geringer (Abbildung 8). Die Variante „scharf“ zeigte nach dem ersten Tag einen durchschnittlichen Zuwachs von 1,0 cm, nach dem zweiten Tag von 1,1 cm. An

den folgenden beiden Terminen wurde nur noch ein Zuwachs von 0,8 cm und 0,5 cm beobachtet. Ähnlich verhielten sich die Varianten „mittelscharf“ und „stumpf“. Durch Aufsummierung des täglichen Längenzuwachstums wurde der Wiederaufwuchs während des gesamten Beobachtungszeitraums berechnet. Die Variante „scharf“ zeigt dabei einen Zuwachs von 3,3 cm, die Variante „mittelscharf“ von 2,8 cm und die Variante „stumpf“ von 3,7 cm. Allerdings konnten zwischen den einzelnen Varianten keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden ($p = 0,49$). Tendenziell war jedoch, entgegen der Hypothese, der Wiederaufwuchs nach dem Schnitt mit dem stumpfen Werkzeug am größten.

Bei der photogrammetrischen Analyse, die die Gesamtheit der Gräser der Rollrasenstücke betrachtet, wurden ebenfalls keine signifikanten Unterschiede

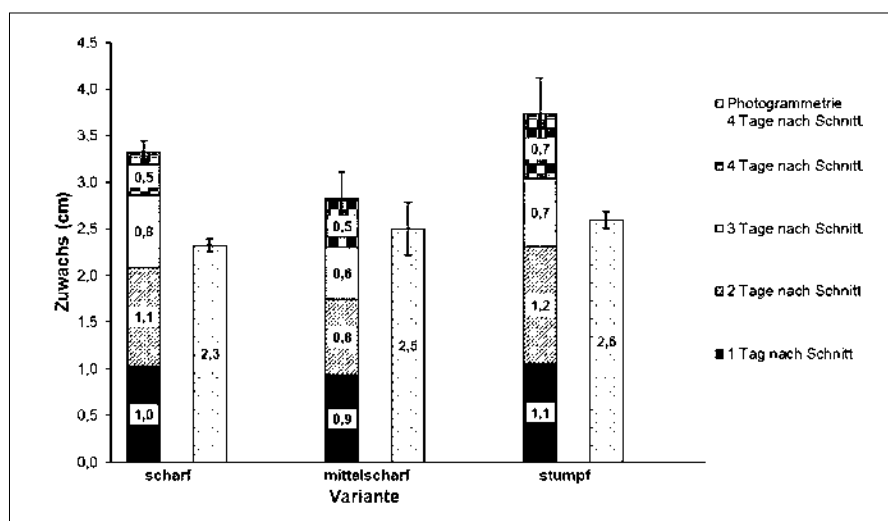


Abb. 8: Mit Millimeterpapier und durch Photogrammetrie gemessener Zuwachs der Varianten pro Tag und über den Beobachtungszeitraum; Fehlerbalken zeigen Standardabweichung ($n = 3$).

zwischen den Behandlungen beobachtet ($p = 0,64$). Entgegen der Hypothese war allerdings auch bei dieser Methode tendenziell der Wiederaufwuchs nach dem Schnitt mit einem stumpfen Werkzeug größer. Die Variante „scharf“ zeigte während des fünftägigen Beobachtungszeitraums einen Aufwuchs von 2,3 cm, die Variante „mittelscharf“ von 2,5 cm und die Variante „stumpf“ von 2,6 cm (Abbildung 8). Die ermittelten Zuwachswerte waren durchschnittlich um 0,8 cm geringer als die Werte, die mit Hilfe des Millimeterpapiers bestimmt worden sind. Allerdings bestand keine Korrelation zwischen den Ergebnissen beider Methoden.

Diskussion

Im vorliegenden Beitrag wurde die Hypothese untersucht, dass der Rasenschnitt mit scharfen Werkzeugen im Vergleich zu stumpfen den Wiederaufwuchs fördert. Dazu wurden zwei völlig unterschiedliche Methoden eingesetzt. Allerdings konnten bei beiden Methoden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten der Werkzeugschärfe festgestellt werden. Die möglichen Ursachen sind vielschichtig. Der Versuch wurde ursprünglich als Vorversuch angelegt, um das Potenzial der Nahbereichsphotogrammetrie für derartige Fragestellungen abschätzen zu können. Sicherlich war dabei mit drei Wiederholungen eine nicht nur für Gefäßversuche kritische Grenze unterschritten worden. Deshalb können die beobachteten gegenläufigen Tendenzen unter anderem durch die Variabilität im verwendeten Rollrasen erklärt werden. Interessant wäre deshalb eine Betrachtung von Reinsaaten. Zu beachten gilt darüber hinaus, dass sich das Längenwachstum von Blättern und Trieben nicht in gleichem Maß in einer größeren Aufwuchshöhe niederschlägt. Die betrachteten Pflanzenteile können sich mit zunehmender Masse neigen, so dass in einem bestimmten Bereich sogar niedrigere Aufwüchse vorstellbar sind. Ob dieser Effekt sich allerdings bereits nach 24 Stunden auf die Ergebnisse ausgewirkt hat ist fraglich, da beim Verhältnis der Varianten zueinander im weiteren Verlauf des Beobachtungszeitraums keine Änderungen mehr aufgetreten sind. Klarheit könnte hier zukünftig nur eine begleitende exakte Längenmessung einzelner Blätter und Triebe schaffen. Eine weitere Herausforderung stellt die Definition und die Durchführung eines unsauberen

Schnittes dar. Selbst beim Schnitt mit der stumpfen Schere wurde in der vorliegenden Untersuchung, bedingt durch den ziehenden Schnitt, möglicherweise immer noch eine Schnittqualität erreicht, die offensichtlich keine Beeinträchtigung des Wiederaufwuchses nach sich zog. Anders würde sich das Ganze vermutlich gestalten, wenn die Schnittflächen durch einen schlagenden Schnitt mit stumpfen Werkzeugen entstanden wären, wie wir ihn gegebenenfalls bei Sichelmähern oder Schlegelmulchern finden.

Während sich bei Feldversuchen der Wiederaufwuchs zwischen zwei Schnitten ohne Schwierigkeiten als Frischmasse erfassen lässt, ist dies bei Gefäßversuchen nur bedingt möglich. Die im vorliegenden Beitrag verwendeten Messmethoden für die Erfassung des Wiederaufwuchses im Gefäßversuch unterscheiden sich hinsichtlich der betrachteten Anzahl an Trieben bzw. Blattspreiten so stark, dass es nicht erstaunt, dass keine Korrelation zwischen den Ergebnissen vorlag. Während bei der Nahbereichsphotogrammetrie 25.000-30.000 Messpunkte auf der Bestandesoberfläche betrachtet wurden, waren es bei der Millimeterpapier-Methode jeweils nur 5 zufällig ausgewählte Triebe und Blattspreiten. Vor diesem Hintergrund wäre ein Vergleich zwischen Nahbereichsphotogrammetrie und der in der EN 12233:2003 beschriebenen Methode sicher zielführender gewesen. Aber auch ohne geeignete Referenzmethode konnte ein Teil des Potenzials der Photogrammetrie aufgezeigt werden. Die breitere Datengrundlage und die hohe Genauigkeit machen den Einsatz dieser Messmethode für Fragenstellungen in der Rasenforschung und in der Rasenzüchtung interessant. Darüber hinaus lässt sich dieses durch die Möglichkeit einer Teilautomatisierung, wie beispielsweise durch ein motorgesteuertes Bewegen des Drehtellers in Verbindung mit einem automatischen Auslösen der Kamera oder auch automatisierte Zeitreihen, erweitern. So ließe sich der Arbeitsaufwand reduzieren und die Qualität der Ergebnisse zu verbessern. Mittelfristig könnten außerdem Modelle entwickelt werden, welche es erlauben würden, einzelne Blattscheiden der Gräser zu erkennen und zu vermessen. Entsprechende Modelle liegen bei einigen Pflanzen, wie Tomaten oder bestimmten Unkrautarten, bereits vor (ANDÚJAR et al., 2018; ROSE et al., 2015).

Literatur

- ANDÚJAR, D., CALLE, M., FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C., RIBEIRO, Á., und J. DORADO, 2018: Three-dimensional modeling of weed plants using low-cost photogrammetry. *Sensors*, 18. Jg., Nr. 4, S. 1077.
- BEARD, J.B., 1973: *Turfgrass: Science and culture*. Prentice-Hall Inc.: Englewood Cliffs, NJ. 658 S.
- EN 12232:2003 Sportböden – Bestimmung der Schnitthöhe bei Naturrasen; Deutsche Fassung, Beuth Verlag GmbH, Berlin. 6 S.
- GREB, J., 2015: Erstellung eines digitalen 3D-Modells des Felssturzes unterhalb der Teufelsbrücke in der UNESCO-Weltkulturerbestätte Bergpark Wilhelmshöhe. Bachelorthesis TU Darmstadt.
- LUHMANN, T., 2003: *Nahbereichsphotogrammetrie*, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg. 792 S.
- NYIMBILI, P. H., DEMIREL, H., ŞEKER, D.Z., ERDEN, T., 2016: Structure from Motion (SfM)-Approaches & Applications. *International Scientific Conference on applied Science*, Sept. 2016.
- ROSE, J., PAULUS, S. und KUHLMANN, H., 2015: Accuracy analysis of a multi-view stereo approach for phenotyping of tomato plants at the organ level. *Sensors*, 15. Jg., Nr. 5, S. 9651-9665.
- STEINEGGER, D. H., SHEARMAN, R. C., RIOR-DAN, T. P. und KINBACHER, E. J., 1983: Mower Blade Sharpness Effects on Turf 1. *Agronomy Journal*, 75(3), S. 479-480.
- SMILEY, R. W., DERNOEDEN, P. H. und CLARKE, B.B., 2005: *Compendium of Turfgrass Diseases*. Third Edition. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota.
- TURGEON, A.J., 2005: *Turfgrass Management*, 7. Ausgabe. Pearson Education, New Jersey. 415 S.

Autoren:

B. eng. Tillmann Gaub
Dr. sc. agr. Jörg Morhard
M.sc. Bastian Stürmer-Stephan
B.sc. Tobias Troidl

Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik

Fachgebiet Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion
(Leitung: Prof. Dr. H. W. Griepentrog),
Garbenstraße 9
70599 Stuttgart
joerg.morhard@uni-hohenheim.de