

Photogrammetrie als Methode zur Qualitätsanalyse von Sportrasenflächen

M.Sc. Bastian Stürmer-Stephan

1. Einleitung

Die Narbendichte ist ein wichtiges Qualitätskriterium auf Sportrasenflächen. Im Vergleich zur visuellen Schätzung mittels Schätzrahmen steigert der Einsatz einer digitalen Bildanalyse die Reproduzierbarkeit und die Exaktheit der Messungen. Dieses bereits bekannte Verfahren bestimmt mittels pixelweiser Auswertung der Farbwerte die Narbendichte über den Grünwert im HLC-Farbraum.(Nonn et al.) Der Einsatz eines solchen Verfahrens reduziert den Arbeitsaufwand und erhöht die Präzision. Zur Gruppe der bildgebenden Messverfahren gehört neben dieser Farbtonauswertung im 2-dimensionalen Bereich auch die Photogrammetrie im 3-dimensionalen Bereich. Dank gesteigerter Rechenleistung ist es möglich aus mehreren digitalen Bildaufnahmen eine dreidimensionale Punktwolke zu erzeugen. Bei Vorhandensein bekannter Maßstäbe in der digitalen Aufnahme ist es möglich den einzelnen Punkten Koordinaten zu zuordnen. Die Messgenauigkeit ist hierbei von der verwendeten Digitalkamera und den optischen Eigenschaften des Objektivs abhängig

2. Grundlagen der Photogrammetrie

Die Photogrammetrie ist ein Verfahren aus der Fernerkundung, da die Vermessung eines Objektes in seiner Form und Lage im Raum, aus den Bildern des Objektes berechnet wird. Die Messung erfolgt demnach nicht direkt am Objekt, was den Vorteil einer Erhöhung der Messgeschwindigkeit zur Folge hat. Das Messverfahren bietet auch die Möglichkeit aus der Entfernung Messungen durchzuführen. Das derzeit wichtigste Anwendungsgebiet ist die im Bereich der Geodäsie angewendete Luftbildanalyse. Das Verfahren hinter der Photogrammetrie basiert auf dem Prinzip der Zentralperspektive. Ein Objekt reflektiert eine Strahlung, welche nach dem Prinzip der Lochkamera durch eine Linse auf die Bildebene trifft. Bei der digitalen Kamera ist diese Bildebene der Sensor. In Abhängigkeit der Brennweite und dem Öffnungswinkel der Linse ergeben sich die Bildkoordinaten auf dem Sensor. Das Projektionszentrum des Objektivs ergibt sich aus dem Punkt indem sich laut Strahlensatz die einzelnen Strahlen schneiden. Daraus entsteht eine zweidimensionale Abbildung unter Verlust der Tiefeninformation. (Luhmann 2000)

Diese Tiefeninformation kann aber durch die Erhöhung der Anzahl der Abbildungen eines Punktes oder Objektes wiederhergestellt werden. Im einfachsten Fall bilden zwei Projektionszentren eine so genannte Epipolarebene, in der die gemeinsamen Bildpunkte liegen. Die Veränderung der Kamera im Raum bewirkt eine Verschiebung des Bildpunktes auf dieser Epipolarebene. Daraus resultiert die Möglichkeit, dass ein Bildpunkt, der auf beiden Abbildungen vorkommt in seiner Position durch die Verschiebung auf dem Sensor bestimmt werden kann. Um mittels stereoskopischer Auswertung diese Koordinaten feststellen zu können wird die äußere Orientierung der Kamera benötigt. Die Parameter hierfür sind das Projektionszentrum und der Rotationswinkel. Der Einsatz eines Maßstabes im Bild und das Verfahren der Bündelblockausgleichung ermöglicht die Bestimmung der äußeren Orientierung ohne Messung der realen Position der Kamera. (Heipke 2017) Da die innere Orientierung der Kamera bekannt ist, kann jedem Punkt eine dreidimensionale Koordinate zugeordnet werden. Zu Realisierung des Verfahrens können handelsübliche Kameras verwendet werden. Die Messgenauigkeit hängt hierbei von der Anzahl der Bilder, Qualität der Aufnahmen und damit der Kamera bzw. der Optik ab. In der Industrie eingesetzte Systeme erreichen absolute Genauigkeiten von 50 Nanometern. Der Nachteil der Photogrammetrie liegt darin, dass nur die Punkte bestimmt werden können, die die Kamera

aufgenommen hat. Das bedeutet, dass Objekte, welche von einem anderen Objekt verdeckt werden, nicht gemessen werden können. Jedoch können mittels Triangulation zwischen den Punkten Flächen errechnet werden. Der praktische Einsatz der Photogrammetrie erfolgt primär in der Aerophotogrammetrie zur Erstellung von orthoreferenzierten Bildaufnahmen und Geländemodellen.

3. Einsatzgebiete in der Forst- und Agrarwissenschaft

In der Fernerkundung von Waldbeständen ist ein Verfahren beschrieben, welches Punktwolken, die zuvor aus Luftbild- oder Satellitenaufnahmen generiert wurden, in Bezug auf die Bestandeszusammensetzung des Waldes analysiert. Der erste Schritt liegt in der Erstellung eines digitalen Höhenmodells. Das digitale Höhenmodell stellt eine Schätzung der Höhen auf Basis der gemessenen Punktwolken dar. Nach Erstellung eines Digitalen Höhenmodells können die lokalen Maxima berechnet werden. Hieraus ergeben sich die einzelnen Baumkronen. (Nevalainen et al. 2017) Deren Anzahl und Höhen können somit bestimmt werden. Gleichzeitig kann anhand der Struktur und dem Einsatz multispektraler Aufnahmen des Höhenmodells die Baumart bestimmt werden. Durch dieses Verfahren wird die großräumige Forstinventur unter Einsatz von UAV (Drohnen) ermöglicht. Im Bereich der Nahbereichsphotogrammetrie findet der Einsatz von Photogrammetrie bei der Hochdurchsatzphänotypisierung im Labormaßstab statt. (An et al. 2016) Durch Segmentierungsalgorithmen können unterschiedliche Pflanzenteile, wie Blätter oder Stängel voneinander differenziert werden und in Bezug auf Züchtungsziele untersucht werden. (Rose et al. 2015) Auch die Messung der Blattlänge und Rosettendurchmesser ist bei *Arabidopsis thaliana* L. bereits erforscht. (An et al. 2016)

4. Möglichkeiten in der Qualitätsanalyse von Sportrasenflächen

Die Photogrammetrie bietet aufgrund der niedrigen Kosten und der hohen Genauigkeit viele Potentiale für die Qualitätsanalyse von Sportrasenflächen. Ein interessanter Aspekt ist die Bestimmung der Narbendichte und des Bodenbedeckungsgrades. (Bundessortenamt 2017) Die Bestimmung des Bodenbedeckungsgrades kann derzeit über eine Schätzbonitur des Bodenbedeckungsgrades mittels Schätzrahmen erfolgen. Durch Übertragen des Messverfahrens für die Bestimmung der Anzahl der Baumkronen in der Forstwirtschaft auf die Rasennarbe, kann die Anzahl der Blattspitzen geschätzt werden. Dies ermöglicht eine direkte Bestimmung des Bodenbedeckungsgrades.

Des Weiteren wäre der Einsatz in der Züchtung zur Bestimmung der Blattfeinheit möglich. Zuerst wird die gesamte Blattoberfläche gemessen werden, dann wird die Anzahl der Blattspreiten geschätzt. Die anschließende Teilung der Blattoberfläche durch die Anzahl der Blattspreiten lässt einen Rückschluss auf die Blattfeinheit zu. Hier besteht ein großes Potential bei der Einzelpflanzenselektion in der Züchtung von Rasensorten.

Beide zuvor genannten Anwendungsmöglichkeiten werden derzeit am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim untersucht. Für Vorversuche wurden von einer gemähten Rasenfläche 60 Fotos bei einer Brennweite von 50 mm unter Einsatz einer Canon Eos 5D erzeugt. Anschließend wurde mit der Software Agisoft Photoscan eine Punktwolke erzeugt und referenziert. Zur Referenzierung wurde ein Maßstab mitfotografiert, der mit Zielmarken eine automatische Erfassung der Abstände zwischen den Zielmarken ermöglicht.

Entsprechend des Verfahrens in der Aerophotogrammetrie wurde ein digitales Höhenmodell bestimmt, welches die Höhen der geschätzten Oberflächen abbildet. Um die Entfernung vom Boden abzuschätzen, kann im Anschluss ein digitales Geländemodell errechnet werden, welches nur den Boden zeigt. Anhand der Differenz zwischen den beiden Modellen kann die Höhe eines jeden Punktes im Modell über dem Boden berechnet werden. Dieses Modell kann

auf lokale Maxima untersucht werden. Die Maxima stellen die höchsten Punkte in einem zuvor definierten räumlichen Umkreis dar und sind damit die einzelnen Spitzen der Blattspitzen des Rasens. Somit können die Koordinaten jeder einzelnen Blattspitze abgerufen werden und es ermöglicht die Berechnung der Narbendichte. Zusätzlich werden weitere Versuche durchgeführt, um die Genauigkeit des beschriebenen Verfahrens zu untersuchen und zu verbessern.

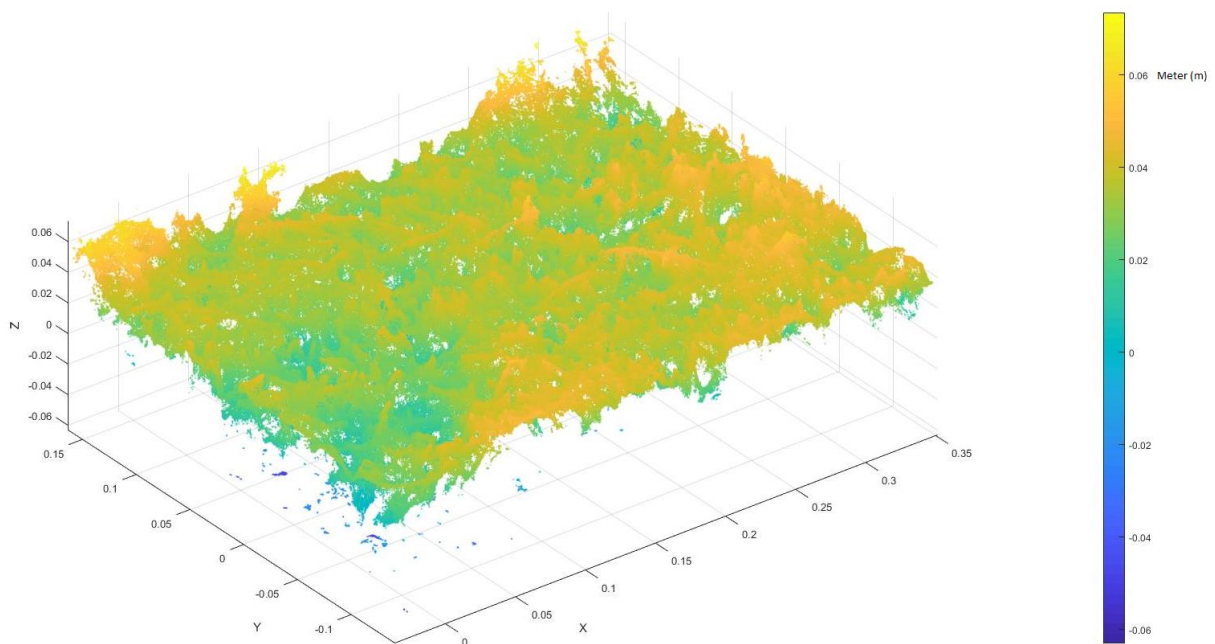


Abb.1: Aus 60 Fotos erstellte Punktwolke eines Stück Rasens mit 3,4 Millionen Datenpunkten. Die Skala beschreibt die Höhe der Messpunkte

Die Vorzüge des Verfahrens liegen in den geringen Investitionskosten und der zu erwartenden hohen Präzision, die einen Einsatz in der Rasenzüchtung und Rasenforschung erlaubt. Insgesamt befindet sich dieses Verfahren noch in der Entwicklung, dennoch sind auch andere Anwendungsbereiche möglich. Für die Züchtung der Rasensorten ist ein geringer Massenwuchs ein weiteres Zuchtziel. Die Bestimmung kann über den Schnittgutanteil erfolgen. Dieser Massenaufwuchs wäre auch durch die Bestimmung des Volumens unterhalb des Oberflächenmodells möglich. Welches anhand der Punktwolke und der Schätzung der Bodenoberfläche erstellt wird. Eine weitere Möglichkeit für den Einsatz der Photogrammetrie ist die Beurteilung der Schnittqualität von Rasenmähern. Für die Bestimmung der Bodenerosion gibt es bereits Ansätze mittels Photogrammetrie, die Veränderung der Bodenoberfläche zu ermitteln. (Rieke-Zapp und Nearing 2005) Der dabei gemessene Faktor der Rauigkeit der Oberfläche, könnte auch auf den Schnitt einer Rasenfläche übertragen werden. Bei starker Varianz der Höhen der einzelnen Blätter zueinander kann auf einen unpräzisen Schnitt des Rasenmähers geschlossen werden.

5. Fazit

Die Photogrammetrie besitzt das Potential wichtige Informationen über die Narbendichte und Schnittqualität, sowie züchterisch relevante Daten bei gleichbleibender Messgenauigkeit, zu erhalten. Das Verfahren bietet den großen Vorteil der Vergleichbarkeit von Messungen bei geringen Kosten für Software und Hardware. In Zukunft sollte im Rahmen der Digitalisierung

der Einsatz der Photogrammetrie zur Bestimmung qualitätsrelevanter Parameter auf Sportrasenflächen geprüft werden. Hierbei gilt es, die Genauigkeit und Fehleranfälligkeit des Verfahrens zu ermitteln.

6. Literaturverzeichnis

An, Nan; Palmer, Christine M.; Baker, Robert L.; Markelz, R. Cody J.; Ta, James; Covington, Michael F. et al. (2016): Plant high-throughput phenotyping using photogrammetry and imaging techniques to measure leaf length and rosette area. In: *Computers and Electronics in Agriculture* 127, S. 376–394. DOI: 10.1016/j.compag.2016.04.002.

Bundessortenamt (2017): Richtlinie für die Besondere Anbauprüfung auf Rasennutzung, zuletzt geprüft am 24.05.2018.

Heipke, Christian (2017): *Photogrammetrie und Fernerkundung*: Springer.

Luhmann, Thomas (2000): *Nahbereichsphotogrammetrie*: Wichmann Verlag.

Nevalainen, Olli; Honkavaara, Eija; Tuominen, Sakari; Viljanen, Niko; Hakala, Teemu; Yu, Xiaowei et al. (2017): Individual Tree Detection and Classification with UAV-Based Photogrammetric Point Clouds and Hyperspectral Imaging. In: *Remote Sensing* 9 (3), S. 185. DOI: 10.3390/rs9030185.

Nonn, Harald Betzdorf; Lock, Reiner; Bann, Walter Kühbauch: *Qualitätseigenschaften verschiedener Gebrauchsrasenmischungen*.

Rieke-Zapp, Dirk H.; Nearing, Mark A. (2005): Digital close range photogrammetry for measurement of soil erosion. In: *The Photogrammetric Record* 20 (109), S. 69–87.

Rose, Johann Christian; Paulus, Stefan; Kuhlmann, Heiner (2015): Accuracy analysis of a multi-view stereo approach for phenotyping of tomato plants at the organ level. In: *Sensors (Basel, Switzerland)* 15 (5), S. 9651–9665. DOI: 10.3390/s150509651.