

Heinz-Gerd Wegkamp und Karlheinz Köller, Hohenheim

Erfassung von Traktorkabinen mit einem 3D-Laserscanner

Die Kabine ist die jüngste Baugruppe der landwirtschaftlichen Basismaschine Traktor [1]. Sie minimiert zum einen die Belastung des Fahrers durch äußere Einflüsse. Zum anderen stellt sie die zentrale Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine dar. Damit nimmt sie gleich zwei sehr wichtige Aufgaben wahr, so dass ihrer ständigen Weiterentwicklung zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit der Mensch-Maschine-Einheit große Bedeutung zukommt.

Mit Hilfe eines 3D-Laserscanners wurden in einem Versuch Traktorkabinen eingescannt, um auf Basis dieser Daten eine objektive Beurteilung der Kabinen zu gewährleisten und Ansätze für Verbesserungen und Weiterentwicklungen zu erhalten.

M.Sc. Heinz-Gerd Wegkamp ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Fachgebiet Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion (Leitung: Prof. Dr. Dr. h.c. mult. K. Köller), Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart; e-mail: wegkamp@uni-hohenheim.de

Schlüsselwörter

Traktorkabine, Laserscanner, Messung, Beurteilung

Keywords

Tractor cab, laser scanner, measurement, evaluation

Ein großes Problem bei der Beurteilung von Traktorkabinen besteht darin, dass viele Leistungsmerkmale nur subjektiv bewertet werden können. Während es zum Beispiel für den Schalldruck in der Kabine eine feste Einheit (Dezibel) gibt, können die Rundumsicht oder Bedienbarkeit nur bedingt quantifiziert werden. Hier wird vornehmlich auf Beurteilungsergebnisse von Besitzern und Testern zurückgegriffen [2].

Material und Methode

Um die Beurteilung der Leistungsfähigkeit moderner Traktorkabinen transparenter zu gestalten, bietet sich der Einsatz eines Laserscanners an. Im Rahmen eines ersten Versuches wurden mit Hilfe eines 3D-Laserscanners der Firma „FARO“ diverse Kabinen ausgelasert. Dabei wurde der Laserscanner jeweils in mehreren Positionen in und neben der Traktorkabine aufgestellt. Während des Scanvorgangs wird mit Hilfe eines Laserstrahls die Umgebung abgetastet. Das horizontale Sichtfeld beträgt 360° und das vertikale Sichtfeld 320°. Pro Sekunde werden 120000 Mess- oder Scanpunkte erzeugt. Je nach Auflösung dauert ein Scan etwa ein bis fünf Minuten. Jeder Scanpunkt entspricht einer xyz-Raumkoordinate. Mit Hilfe der mitgelieferten Software „FARO Scene“ wird daraus eine so genannte Punktwolke generiert, die auf dem Computer dargestellt wird [3].

In den ersten Anwendungen dauerte der gesamte Einscannvorgang einer Kabine inklusive Auf- und Abbau sowie des zwischenzeitlichen Umpositionierens des Laserscanners etwa eine Stunde. Dabei wurde mit einer Auflösung von etwa 17 Mio. Scanpunkten gearbeitet und vier bis fünf Scanpositionen genutzt.

Als primäre Position für den Laserscanner ist der Fahrersitz anzusehen. Diese Position lässt sich für den Referenzscan nutzen, da von ihr aus die meisten Bereiche der Kabine vom Laserstrahl erfasst werden können. Für die Sekundärskans bieten sich die Positionen rechts und links außen durch die geöffneten Türen sowie durch die geöffnete Front- und Heckscheibe an. Eine weitere zweckmäßige, allerdings aufwändigere zu realisierte Position ist die von oben durch die Dachluke. Sie lässt sich ebenfalls sehr gut als Primärskan verwenden.

Ein Problem beim Scanvorgang ist, dass Messungen durch Scheiben nicht möglich sind, da sie zu ungenauen Ergebnissen führen. Daher sollten die Scheiben durch Abkleben oder Einsprühen entsprechend präpariert werden oder diese Bereiche werden für spätere Analysen nicht verwendet und ausgeschnitten.

Neben der dreidimensionalen Darstellung als Punktwolke ist auch eine zweidimensionale Darstellung möglich, die einem Schwarzweißfoto gleicht (Bild 1). Sie hat den Vorteil, dass sie eine gute Übersicht ge-



Bild 1: Zweidimensionale Darstellung des Primärskans vom Fahrersitz

Fig. 1: Two-dimensional illustration of the primary scan from the driver seat view

währleistet, was bei einfachen Messungen (Abständen) von Vorteil ist. Dadurch können bereits in diesem Stadium Messungen durchgeführt werden, ohne die eingescannten Bilder vorher bearbeiten zu müssen.

Die Herausforderung liegt in der Bearbeitung der eingescannten Daten am Computer. Je sorgfältiger die nicht benötigten Scanpunkte eliminiert werden, desto effektiver gestalten sich die anschließenden Messungen. Neben dem manuellen Ausschneiden nicht benötigter Bereiche können durch den Einsatz spezieller Filterwerkzeuge Ausreißer entfernt werden. Um eine bestmögliche Qualität zu erreichen und nur die überflüssigen Scanpunkte zu entfernen, ist bei der Eingabe der Filterparameter eine gewisse Experimentierfreude notwendig.

Mit Hilfe von Fixpunkten, die schon vor dem Scannvorgang in Form von angebrachten Kugeln definiert wurden, lassen sich anschließend die einzelnen Punktwolken übereinander legen. Dabei dient der Primärs캔 als Referenzscan, an den die Sekundärs캔 angepasst werden. Je mehr verschiedene Scans erzeugt und übereinander gelegt werden, umso weniger Scanschatten bleiben. Allerdings steigt damit auch die zu verarbeitende Datenmenge. Das Ergebnis dieses ersten Schrittes ist eine aus mehreren Einzelscans zusammengestellte Punktwolke, die eine Traktorkabine erkennen lässt (Bild 2).

Verarbeitung und Analyse der gewonnenen Daten

Bereits in diesem Stadium ist es sehr effizient möglich, Abstände, Flächen und Volumen zu bestimmen und so Rückschlüsse auf etliche Leistungsmerkmale zu gewinnen. Durch einfaches Markieren am Computer können die Scheiben- und Holmflächen der Kabine gemessen werden, um Daten zur Bewertung der Rundumsicht zu erhalten. Die Größe von Bedienelementen und ihre Entfernungen zueinander und zum Fahrer lassen sich so bestimmen und als Bewertungskriterium für die Bedienbarkeit heranziehen.

Um weitergehende Untersuchungen durchführen zu können, ist eine Flächenrückführung der Punktwolke notwendig. Für die Flächenrückführung wurde das FARO Scene eigene Werkzeug verwendet, das aus der Punktwolke ein Maschennetz erzeugt. Durch den anschließenden Import in ein CAD-Programm, etwa Catia oder ProE, können die Daten weiterverarbeitet werden. Für den Datenaustausch wurde das wrl-Format verwendet.

Dass größte Problem besteht im so genannten „Rauschen“. Es tritt auf, wenn die einzelnen Scanpunkte eines Körpers oder einer Fläche nicht exakt auf einer Höhe zum Scanner gemessen werden. Je höher die Ab-

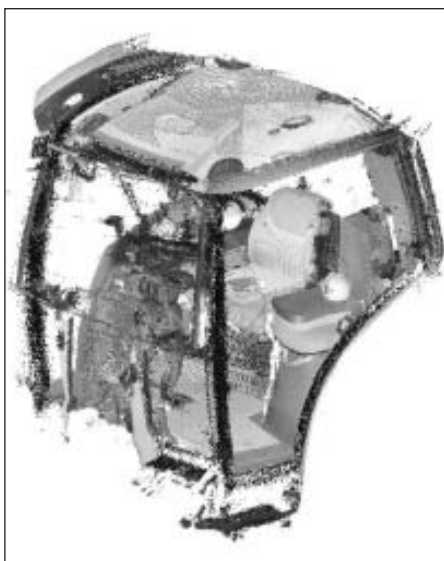


Bild 2: Punktwolke einer aus vier Einzelscans generierten Traktorkabine

Fig. 2: Scatter-plot of a tractor cab out of four single scans

weichungen sind, desto stärker ist das Rauschen. Durch zu starkes Rauschen entstehen bei der Flächenrückführung keine glatten, sondern zerknitterte Oberflächen. Weiterführende Analysen werden dadurch erschwert. Ein genaues digitales Abbild, verglichen mit einer generierten CAD-Datei, ist zwar vorerst nicht gelungen, an einer Optimierung in dieser Richtung wird jedoch gearbeitet.

Um den Rauschegrad so gering wie möglich zu halten, muss bereits beim Einscannen sehr sorgfältig gearbeitet werden. So soll die Traktorkabine möglichst staubfrei sein. Externe Lichtquellen, speziell Sonnenlicht, sind während des Scannvorganges soweit wie möglich zu meiden. Eine Flächenrückführung mit anderen Programmen wird in Zukunft zu weiteren Verbesserungen führen.

Für komplexe Elemente, wie etwa die Bedienkonsole, eignet sich ein handgeführter Scanner, um die diffizilen Strukturen exakt von allen Seiten zu erfassen. Dadurch wird nicht nur das Rauschen minimiert, sondern ebenfalls die Entstehung von Scanschatten in diesem Bereich umgangen.

Nutzen

Das Ziel bei der Erfassung von Traktorkabinen mit 3D-Laserscanner ist die Erstellung eines qualitativ hochwertigen, digitalen Abbilds, welches mit Hilfe der CAE-Technik dargestellt und untersucht werden kann. Dies bietet die Möglichkeit einer sowohl zeitlich als auch räumlich unabhängigen Messmethode zur Erfassung reproduzierbarer Untersuchungsergebnisse.

Ein hohes Potential an Analysemöglichkeiten verspricht der Einsatz virtueller Testpersonen. Durch Sie können Arbeits- und Bewegungsabläufe erfasst und untersucht werden, die objektive Rückschlüsse auf den Komfort der Kabinen zulassen.

Der Vergleich von Traktorkabinen untereinander wird somit transparenter. Die Zählung von Bediensritten ermöglicht die Ermittlung des Zeitbedarfes bei der Verrichtung standardisierter Arbeitsabläufe, etwa bei der Verladearbeit mit dem Frontlader. Zusätzlich lassen sich Daten zur Erreichbarkeit von Bedienelementen oder zur körperlichen Dauerbelastung für den Fahrer ermitteln. Die Ergebnisse stehen anschließend als Vergleichswert zur Verfügung. Der Kunde hat eine erweiterte Datengrundlage, die ihm bei der Kaufentscheidung helfen kann. Die Industrie hat objektive Bewertungskriterien, die die Stärken und Schwächen der eigenen Traktorkabinen im Hinblick auf die Ergonomie, den Komfort und die Bedienfreundlichkeit aufdecken und damit zur gezielten Verbesserung herangezogen werden können.

Fazit

Neben der subjektiven Beurteilung kann die Vermessung von Traktorkabinen mit Hilfe eines 3D-Laserscanners eine wertvolle Ergänzung sein, um die Leistungsfähigkeit von Traktorkabinen zu bewerten. Vor allem im Bereich der Ergonomie lassen sich so objektivere Daten als bisher erheben. Da jedoch die messbaren Parameter dieser Methode begrenzt sind, wird die subjektive Beurteilung der Traktorkabine dadurch nicht ersetzt werden.

Literatur

Bücher sind mit • gezeichnet

- [1] • *Benius, K. T.*: Traktoren: Technik und Ihre Anwendung. BLV Verlagsgesellschaft mbH, München, 1985
- [2] *Lenge, R.*: Schlepper-Profile. Top agrar extra. 1. Auflage. Landwirtschaftsverlag GmbH, 48084 Münster, 2001
- [3] -: Produktinformation der Firma FARO. Stand: 18. Juli 2006. FARO Europe GmbH & Co. KG, Lingwiesenstrasse 11/2, 70825 Korntal-Münchingen
- [4] • *Göhlich, H.*: Mensch und Maschine. Hamburg, 1987