

Aktuelle Entwicklungen im Bereich der Baumaschinensteuerung¹

Current Developments in the Field of Construction Machine Control

Martin Wagener

Baumaschinensteuerungen haben sich in der modernen Bauindustrie weitestgehend durchgesetzt. Dennoch gibt es aber auch auf diesem Sektor stets Neuerungen und Verbesserungen in der Technik. Auch bei der Kombination von Baumaschine und Vermessungssystem macht heutzutage der Fortschritt noch lange nicht halt. Die neuesten Entwicklungen sollen in diesem Bericht aufgezeigt werden.

Schlüsselwörter: Maschinensteuerung, Baumaschinen, Bauvermessung

Construction Machine Control Systems have largely prevailed in the modern construction industry. Nevertheless, there are also in this sector always new features and improvements in the art. Also the combination of machinery and measurement system is undergoing permanent progress and innovations. The latest developments will be highlighted in this report.

Keywords: Construction machine control, construction machines, site preparation

1 HINTERGRUND

Baumaschinensteuerungen und damit die Verknüpfung der Maschinenteknologie von Baumaschinen wie Raupen, Motorgrader, Hydraulikbagger und Schürfkübelzügen als klassische Erdbaumaschinen und den Vermessungstechnologien über Lasersysteme, Tachymetersysteme und auch satellitengestützte Systeme werden seit Jahren erfolgreich in der Bauindustrie eingesetzt, um die Effizienz und Produktivität beim Einsatz von Baumaschinen stetig zu steigern. Waren es zuerst vornehmlich die lasergestützten Systeme, die seit den frühen 1970er-Jahren die Maschinenführer dabei unterstützten, eine möglichst genaue Feinplanie zu erreichen, setzten sich aber auch mehr und mehr seit Mitte der 1990er-Jahre die 3D-Systeme durch, bei denen entweder eine Totalstation oder entsprechende GPS- und später dann auch GPS/GLONASS-Systeme zusammen mit einem Steuerrechner in der Baumaschine die Steuerung des Schilde oder der Schar einer Raupe oder eines Motorgraders vollautomatisch auf Höhe und Neigung steuern oder den Baggerfahrer dabei unterstützen, die Schaufel genau auf Höhe zu halten und somit hochgenau nur das Material zu bewegen, das zur Umsetzung der Entwurfsplanung zu bewegen ist.

Für viele Anwendungen und bei vielen Bauunternehmen ist der Einsatz von Baumaschinensteuerungen bereits zum Standard ge-

worden. Dies spiegelt auch die Tatsache wider, dass heutzutage die unterschiedlichen Baumaschinenhersteller bereits entweder ihre Baumaschinen ab Werk standardmäßig mit entsprechenden Vorrichtungen für die Basiskomponenten der Maschinensteuerungssysteme



Abb. 1 | GCS900 Dual GNSS Maschinensteuerung auf Dozer

¹ Als Beitrag ausgearbeitete Fassung eines Vortrags, der auf dem 10. Jenaer GeoMessdiskurs 2013 am 02. Juli 2013 gehalten worden ist.

ausstatten oder sogar einzelne Anbieter von Baumaschinen optional oder standardmäßig komplette Maschinensteuerungssysteme schon ab Werk für die Baumaschinen anbieten und so mehr und mehr in die Maschinen integrieren.

Besonders bewährt haben sich hier die vollkommen auf Flexibilität ausgelegten Vorrüstungen, wie z.B. die „Trimble Ready“ Vorrüstungen, die, einmal ab Werk als Vorrüstung installiert, dem Bauunternehmen die Freiheit lassen, die Baumaschine sowohl mit Laserkomponenten als auch mit Tachymeterkomponenten aber auch mit GNSS-Systemkomponenten auszustatten und somit je nach Einsatz und Aufgabenstellung jeweils die entsprechend bestens geeigneten Maschinensteuerungssysteme zu verwenden.

Neben den in der Vergangenheit üblichen Installationsarbeiten, bei denen nachträglich die entsprechenden Halterungen und Verkabelungen für das Maschinensteuerungssystem installiert und auch in die Hydraulikkreisläufe der Baumaschine eingegriffen werden musste, um das Maschinensteuerungssystem zu installieren, liegt ein großer Vorteil der werksmäßigen Installation nicht nur in der Qualität der Installation, sondern vor allem auch darin, dass die Baumaschine ab dem Tag der Auslieferung sofort zusammen mit einem Baumaschinensteuerungssystem eingesetzt werden kann.

2 AKTUELLE NEUERUNGEN

Heutzutage ist das Spektrum der Baumaschinen, die mit Maschinensteuerungssysteme ausgestattet werden können, aber bereits wesentlich größer. Neben den zuvor genannten klassischen Erdbaumaschinen werden heute z.B. auch Walzenzüge für die sogenannte flächendeckende Verdichtungskontrolle bei z.B. Dammbauten oder auch bei der Asphaltverdichtung mit 3D-Steuerungssystemen ausgestattet. Diese unterstützen nicht nur den Fahrer während der Arbeit, sie zeichnen auch alle gemessenen Werte, wie die Anzahl der Überfahrten, den Grad der Verdichtung und auch beispielsweise die zum Zeitpunkt der Verdichtung anliegenden Materialtemperaturen auf und stellen die Daten somit auch für den späteren Nachweis zur Verfügung. Ein wichtiger Aspekt bei der Verdichtung ist immer wieder die Qualitätsprüfung während des Arbeitsschritts, aber auch die Aufzeichnung der Messwerte. Dies alles geschieht in Echtzeit und kann heute auch online direkt ins Büro übertragen werden, sodass dort die entsprechenden Kontrollen direkt greifen können und Entscheidungen nicht mehr davon abhängen, dass man erst nach Jahren feststellt, dass das Ergebnis der Verdichtung nicht homogen war und dann erhebliche Folgekosten aufgewandt werden müssen, um Fehler zu beseitigen.

Aber auch bei Asphaltfertigern und Gleitschalungsfertigern, wie sie beispielsweise im Autobahn- oder Flugplatzbau eingesetzt werden, findet die Steuerung der Bohlen dieser Maschinen über 3D-Maschinensteuerungen bereits breite Anwendung. Neben der Tatsache, dass diese Maschinen das oftmals sehr teure Material mit Genauigkeitsanforderungen im Millimeterbereich einbauen sollen, um eine möglichst ebene und gut befahrbare Oberfläche zu schaffen, helfen die heutigen 3D-Tachymetersteuerungen hier auch einen möglichst nahtlosen Einbau zu ermöglichen, indem gleich mehrere Totalstationen gleichzeitig die auf der Maschine befindlichen Rundumprismen verfolgen und der Fahrer des Fertigens somit in der Lage ist, von einer zur anderen steuernden Totalstation umzuschalten,

ohne hierfür die Baumaschine anhalten zu müssen. Unsaubere Übergänge in der obersten Deckschicht bleiben somit aus und müssen nicht aufwendig nachträglich korrigiert werden.

Besonderes Augenmerk gilt aber auch mehr und mehr der Unterhaltung von z.B. Straßen und Startbahnen. Hier werden Kaltfräsen eingesetzt, die bislang durch Abtastung eine gewisse Dicke des obersten Materials flächendeckend abgefräst haben. Dadurch wird aber auch an den Stellen Material abgefräst, wo es vielleicht gar nicht notwendig wäre. Der Einsatz moderner 3D-Maschinensteuerungssysteme von Trimble macht es möglich, zusammen mit den entsprechenden Planungstools im Bereich der Bürosoftware „Business Center – HCE“ auf die Methode des profilgerechten Fräsens zurückzugreifen. Weder sind dabei dann noch Leitdrähte notwendig, die die Führung der Baumaschine steuern könnten, noch wird an den Stellen unnötig gefräst, an denen es für die neue Entwurfsfläche nicht notwendig ist. Das spart nicht nur erheblich Zeit beim eigentlichen Fräsvorgang, sondern es wird vor allem wertvolles Material eingespart, das nicht unnötig neu aufgebracht werden muss. Letztlich wird dadurch auch das Ergebnis nach erfolgter Wiedereinbringung neuen Materials und dessen Verdichtung wesentlich verbessert, was wiederum zu einer verbesserten Ebenheit in den Fahreigenschaften führt.

Relativ neu sind im Bereich der Baumaschinensteuerungen die Unterstützung sogenannter Drehbohrgeräte. Mithilfe von GNSS-An-



Abb. 2 | GCS900 UTS auf Kaltfräse

tennen auf dem Drehbohrgestänge und der speziell von Trimble entwickelten DPS900-Software ist es nun möglich, ein punktgenaues Setzen der Bohrlöcher für Sprengladungen oder Gründungsanker zu realisieren. Auch hier stehen wieder die Effizienzsteigerung der Baumaschine und die Aufzeichnung der ausgeführten Arbeiten im Vordergrund, sodass man hier dann auch wieder von einer lückenlosen Dokumentation der Arbeiten sprechen kann.



Abb. 3 | DPS900 auf Drehbohrgerät

Da immer mehr verschiedene Baumaschinen mit Maschinensteuerungssystemen ausgestattet werden und auch immer mehr Maschinensteuerungssysteme auf einer Baustelle eingesetzt werden, klingt es in der heutigen vernetzten Zeit natürlich nur logisch, auch alle an einem Projekt beteiligten Maschinensteuerungssysteme und Baustellenvermessungssysteme miteinander und mit dem Büro zu verknüpfen. Die Connected Community von Trimble leistet all dies und noch mehr. In Echtzeit werden neue Planungsentwürfe und Updates vom Büro auf die Baumaschine und die Kontrolleinheit des Baustellenvermessungssystems übertragen, genauso wie diese ihre Messergebnisse auch vollkommen automatisch über eine Internetverbindung zurück ins Büro übertragen können. So sind immer alle am Projekt Beteiligten auf dem gleichen Stand und vom Bauunternehmer über den Planer bis hin zum Bauleiter und sogar dem Polier und Baumaschinenführer alle darüber informiert, in welchem Stadium das Projekt gerade ist.

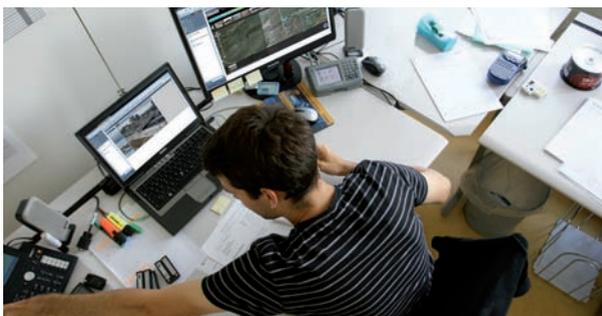


Abb. 4 | Connected Community – die Baustelle vernetzt mit dem Büro

Genauso ist aber heute sogar die Fernwartung der 3D-Maschinensteuerungssysteme eine logische Entwicklung, um im Bedarfsfall schnell vonseiten der SITECH Technologiepartner von Trimble Hilfe anbieten zu können. Sofern einmal ein Maschinenführer oder ein Baustellenvermessungstrupp ein Problem vor Ort hat, bei dem er die Unterstützung des Supports benötigt, ist dieser nur einen Anruf entfernt. Aus dem Büro kann sich der Supportingenieur auf den Steuerrechner auf der Baumaschine aufschalten und so genau das sehen, was der Maschinenführer sieht. Ganz nebenbei kann dieser sogar dann noch in Echtzeit eine kleine Schulung bekommen und umgehend weiterarbeiten und so lange Stillstandzeiten vermeiden.

Schon länger werden die Trimble Totalstationen der Serie UTS, was für Universale Totalstation steht, von den Bauunternehmen, die Maschinensteuerungssysteme einsetzen, sehr geschätzt. Diese speziellen Totalstationen, die über die höchsten Genauigkeitsspezifikationen für Totalstationen verfügen, sind darüber hinaus speziell auf die Verfolgung sich kinematisch bewegender Rundumprismen ausgelegt. Neben einer besonders hohen Messrate von 20 Hz oder 20 Strecken- und Richtungsmessungen pro Sekunde führen diese Instrumente als Einzige diese Messungen auch synchron und somit zeitgleich aus und übertragen diese Messungen auch besonders schnell an den eigentlichen Steuerungsrechner auf der Baumaschine.

Gerade bei lang gezogenen Straßen und Rollfeldern stellte sich hier aber in der Vergangenheit auch immer wieder die Problematik, dass mehrere Instrumente entlang der Strecke aufgebaut und ständig umgebaut werden mussten, um jeweils in einem Abstand zum Maschinenprisma zu sein, der äußere Einflüsse soweit abdeckt, dass z.B. die Bohle eines Asphaltfertigers immer noch im Millimeterbereich gesteuert werden konnte.

Zwangsläufig musste in der Vergangenheit der Maschinenführer bei der Übergabe von einer zur anderen Totalstation die Baumaschine anhalten und dann auf die nächste Totalstation umschalten, da immer nur eine Totalstation gleichzeitig ihre Daten an den Steuerrechner senden konnte. Dies gehört nun der Vergangenheit an. Der Baumaschinenführer kann nun das Prisma auf der Baumaschine gleichzeitig von mehreren Totalstationen verfolgen lassen und dann, wenn er die Übergabe für nötig hält, diese mit nur einem Tastendruck ausführen. Ganz beiläufig wird damit auch die Problematik der even-



Abb. 5 | PCS900 Fertigersteuerung mit UTS Totalstation

UTS						
Zur Führung verwendete Instrumente:						Ziel-ID:
UTS	Status	Ziel	Strecke	Power		
A	Verfolgung	←	118 m	70 %		
Weitere Instrumente:						Ziel wechseln
UTS	Status	Ziel	Strecke	Power	Horizontal-Differenz	Höhen-Differenz
B	Verfolgung	←	122 m	70 %	0.000 m	0.000 m
C	Verfolgung	←	156 m	70 %	0.000 m	0.000 m
D	Verfolgung	←	209 m	70 %	0.000 m	0.000 m
E	Warte auf UTS	←	255 m	70 %	n.v.	n.v.
						Stopp
						Aktivieren
						Diagnose
		0.000 m		0.000 m		

Abb. 6 | PCS900 UTS-Übergabe – mehrere UTS verfolgen ein Prisma

tuellen Ungenauigkeiten in den Stationierungen der Totalstationen eliminiert, da das Maschinensteuerungssystem diese im Voraus erkennt und somit berücksichtigen kann. Somit entfallen auch die durch die Stopps der Baumaschine in der Vergangenheit verursachten Höhensprünge in der jeweilig obersten Deckschicht.

Abschließend sei noch auf eine besondere Neuentwicklung im Bereich der Maschinensteuerungssysteme hingewiesen, die Trimble auf vielfachen Wunsch aus den internationalen Anwenderkreisen entwickelt hat. Hierbei handelt es sich um einen Trainingssimulator, auf dem zum einen der Umgang mit der Baumaschine für ungeübte Baumaschinenführer wie aber auch das Zusammenspiel von Baumaschine und dem Trimble GCS900 Maschinensteuerungssystem trainiert werden kann. Und das vollkommen ohne jegliches Gefährdungspotenzial, sowohl für den Fahrer und auch den Trainer. Die Schulung der Mitarbeiter auch eines Bauunternehmens ist besonders wichtig und je besser der Maschinenführer sowohl den Umgang mit der Baumaschine als auch mit dem Maschinensteuerungssystem beherrscht, umso produktiver wird er beides zusammen auf der Baustelle einsetzen können.

3 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Mehr als noch bisher werden zukünftig Maschinensteuerungssysteme vollkommen in die Baumaschinen integriert werden. Weiterhin



Abb. 7 | GCS900 Fahrerschulung am Trainingssimulator

werden sicherlich auch zukünftig die Baustellen und damit auch die Baumaschinen und Vermessungstrupps miteinander verknüpft werden, sodass Stillstandzeiten und Fahrzeiten, um z.B. einen neuen Planungsentwurf auf die Baumaschine zu bekommen, vollkommen der Vergangenheit angehören. Gleichzeitig ist davon auszugehen, dass die Möglichkeiten, die sich aus der Aufzeichnungsmöglichkeit der Baumaschinen ergeben, auch noch intensiver und effizienter genutzt werden, um die Dokumentation des Bauprojekts zu verbessern.

WEITERE INFORMATIONEN:

<http://construction.trimble.com/>

<http://trimble-productivity.com/>

<http://connectedsite.com/>

Martin Wagener

WORLDWIDE PRODUCT IMPLEMENTATION MANAGER
 TRIMBLE GERMANY GMBH
 HEAVY CIVIL CONSTRUCTION DIVISION



Am Prime Parc 11 | 65479 Raunheim
 martin_wagener@trimble.com