

REVOLUTION DES ERDBAUS

Nicht gelb lackiertes Eisen, sondern smarte Cloud-Technologie:
Komatsu schiebt die digitale Transformation der Erdbewegung an

Text | Peter Leuten; Fotos | Komatsu, Peter Leuten



Die Bauindustrie zählt weltweit zu den größten Wirtschaftssektoren. Jedes Jahr werden rund 10 Billionen Dollar in Maschinen und Technik sowie Dienstleistungen aus dem Bausektor investiert. Übers Ganze gesehen entspricht das etwa 13 Prozent des weltweiten Bruttoinlandsprodukts BIP! Dennoch konstatieren Experten, dass die Produktivität dieses so bedeutsamen Wirtschaftszweiges weit hinter anderen Branchen hinterher hinkt. 2017 kam das McKinsey Global Institute bei einer Studie der

Effektivität in der Bauindustrie zu dem Ergebnis, dass die Produktivität des Wirtschaftszweigs in den letzten zwei Jahrzehnten weltweit um lediglich ein Prozent pro Jahr zugelegt hat

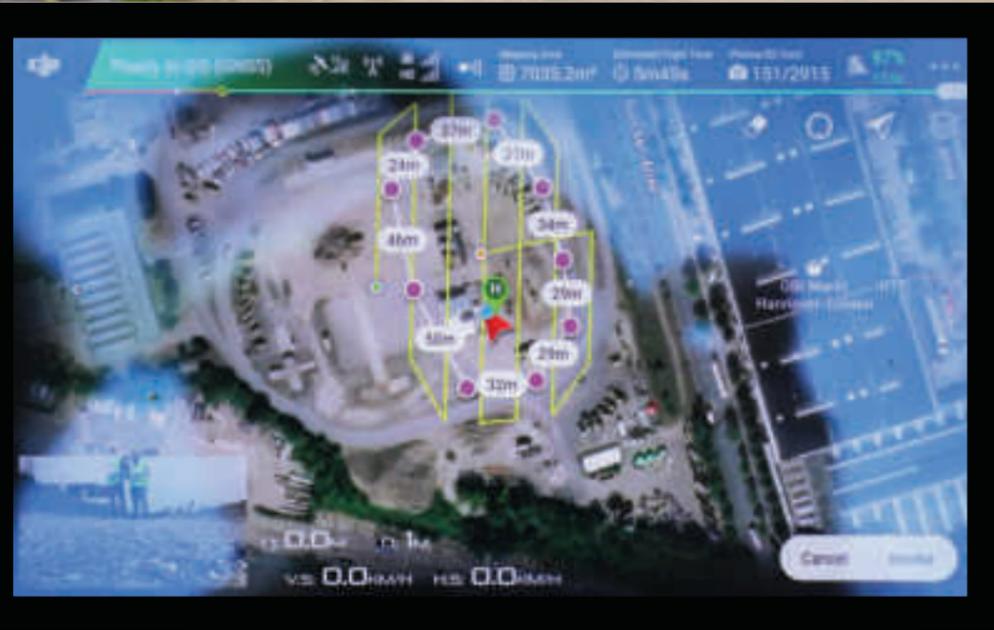
Eine Branche mit einem Problem

Das hat viele Ursachen. So gehen etwa die oftmals nur auf eine Marke beschränkten Insellösungen für Flottenmanagement und Telematiksysteme an der

Realität der Bauunternehmen mit nahezu ausnahmslos gemischten Maschinenflotten komplett vorbei. Hinzu kommt, dass auch die fortschreitende Ausstattung moderner Maschinen mit Maschinensteuerungen den Bauprozess im Ganzen noch lange nicht wirklich nach vorne bringt. Denn am eigentlichen Problem der Bauindustrie, den wenig stringenten, unkoordinierten Einzelprozessen, können sie für sich genommen nichts ändern.

Während in den späteren Phasen größerer Bauprojekte

längst unterschiedliche Prozesse wie CAD, Ausbau oder selbst das anschließende gebäudebezogene Facility Management ineinandergreifen, fehlt es insbesondere am Beginn von Bauprojekten, in der Phase von Erdbewegung und -Modellierung, an einem bindenden Glied. Natürlich sind auch für diesen Bereich längst Lösungen etwa für die Erfassung von Geländeprofilen und das Laserscanning bislang nicht digital erfassbarer Bauten oder Bauwerksteile verfügbar, doch diese aufgabenspezifischen Einzellösungen bieten noch



Mit der App des Drohnenherstellers DJI wird über die Google-Earth-Darstellung des Geländes das zu erfassende Areal bestimmt. Anschließend führt die Drohne die Geländeerfassung autonom durch

lange kein übergeordnetes Prozess-Management. Die Marke Komatsu will das jetzt ändern und mit „Smart Construction“ die digitale Transformation von Bau- und Erdbewegungsprozessen einleiten.

Ein Blick in die Geschichte

Smart Construction ist zunächst die logische Konsequenz aus den Möglichkeiten, die eine Maschinensteuerung über digitale Assistenzsysteme bietet. Verfügt man erst einmal über eine Maschine, die über das globale Satellitennavigationsystem (GNSS) und zusätzliche Sensorik ihre genaue Position

sowie die Lage von angebauten Werkzeugen bestimmen kann, fehlt nur noch ein dreidimensionales Bezugssystem, um Assistenten für Nivellierungs- oder Böschungsarbeiten aufzusetzen. Maschinenseitig einlösen konnten das erstmals der 2013 auf den Markt gekommene Komatsu-Dozer D61PXi/EXI mit intelligenter Maschinenkontrolle (iMC) sowie umso mehr der ein Jahr später verfügbare ebenfalls mit iMC ausgestattete Kettenbagger PC210 LCi. Mit ihm konnte der Maschinist über die Löffelschneide bereits ein Bezugssystem erstellen, in dem sich die Maschine zu bewegen hatte, und so vergleichsweise einfach ein Planum erstellen oder einen Graben mit defi-



Die DJI-RTK-Drohne, die zugehörige Fernsteuerung, die Edge Box und zahlreiche Akkus sind in einem Koffer untergebracht

nierter Sohle ziehen. Doch erst ein der Steuerung zur Verfügung gestelltes detailliertes Geländemodell würde es möglich machen, durch Übereinanderlegen von Ist-Zustand und angestrebtem Soll-Zustand ein Arbeitsziel zu definieren. Dies wurde erst mit Hilfe drohnen-gestützter photogrammetrischer Verfahren möglich. Die Analyse der durch Drohnenbefliegung eines Areals gewonnenen Daten war allerdings dermaßen aufwendig, dass sie nur mit Hilfe eines Kooperationspartners deutlich beschleunigt werden konnte. Um das aus der so entstandenen Punktwolke gewonnene Geländemodell verfügbar zu machen, bedurfte es einer Plattform: Smart Construction. Zunächst auf nicht viel mehr Funktionalität beschränkt, ging Smart Construction Anfang 2015 in Japan an den Start. Wirklich neu ist Smart Construction insofern nicht. Doch inzwischen hat Komatsu Smart Construction nach Maßgabe der japanischen „Kaizen“-Philosophie einer kontinuier-

lichen Weiterentwicklung zu einem umfangreichen Ökosystem ausgebaut. Kernstück des Konzepts ist nach wie vor ein Cloud-basiertes und von künstlicher Intelligenz unterstütztes zentrales Einsatzsteuerungssystem, das für den Austausch von Echtzeit-Daten im Netzwerk sorgt. Die Plattform ist daher in der Lage, den Prozess der Erdbewegung mit Hilfe unterschiedlichster Tools in all seinen Einzelaspekten abzubilden und zu steuern.



Berater Tito Prianggana entnimmt nach Berechnung der Punktwolke eine SD-Karte, um die Daten per PC in die Cloud zu laden

Die digitale Erdbaustelle

Den Beginn eines Erdbau-projekts in Smart Construction markiert notwendigerweise in seiner Anfangsphase zunächst die Erstellung eines möglichst präzisen Modells des ursprünglichen Geländes. Diesen Job übernimmt „Smart Construction Edge“. Hauptakteure sind hier eine RTK-Drohne des weltweit führenden Anbieters DJI sowie die Smart Construction Edge Box. Die Erfassung eines bestimmten Areals setzt

20210805-Protrader

processed

Re-Process



Die von der Edge Box auf Basis der photogrammetrisch ausgewerteten Bilddaten errechnete Punktwolke des Komatsu-Areals

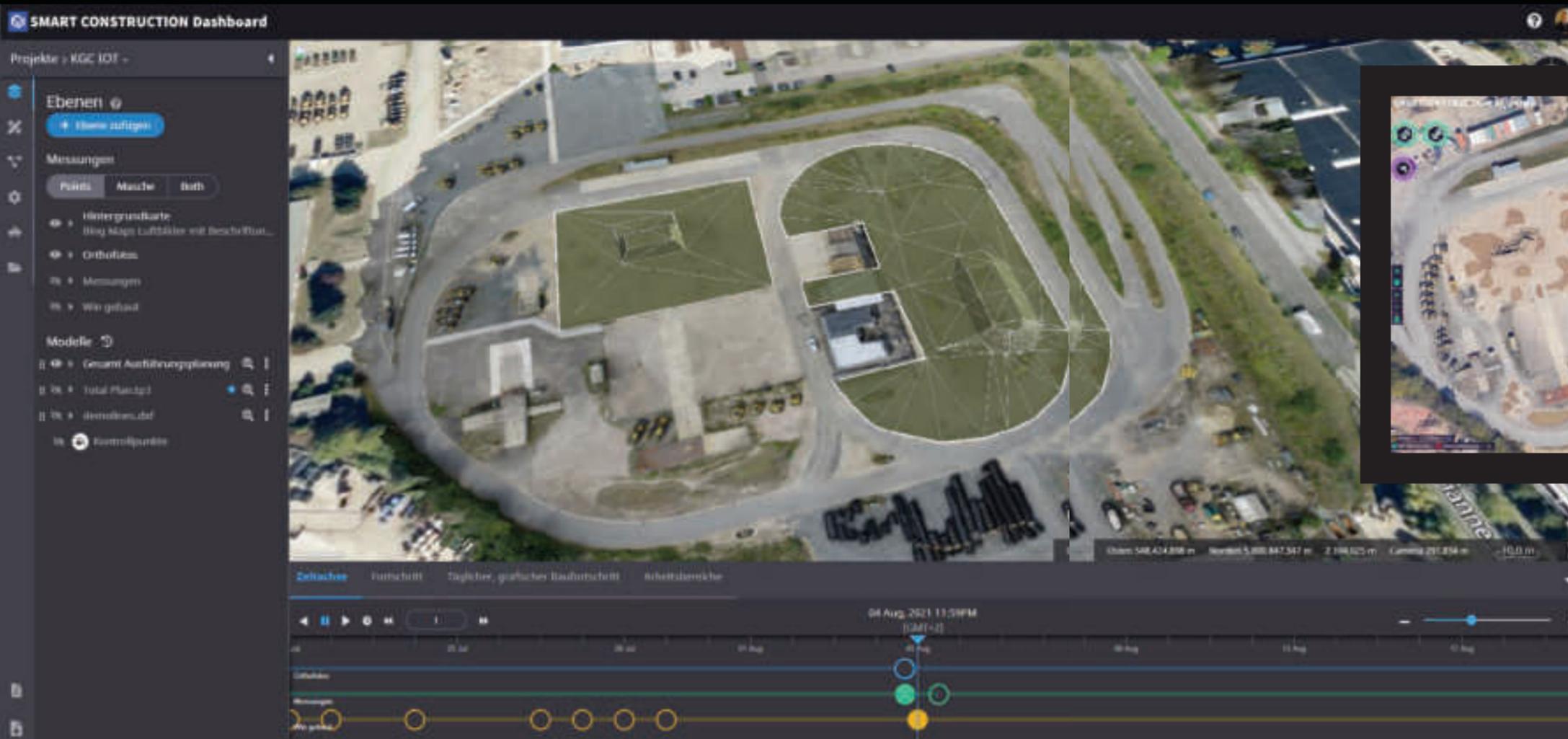
dabei zunächst seine klare Definition der Abgrenzung des Fluggebietes gegenüber angrenzenden Flächen voraus. Dies geschieht auf der Baustelle über die Fernbedienung der Drohne, indem das Gelände mit einem per Grafik-Werkzeug individuell gezogenen Polygon umschrieben wird, um den Drohnenflug autonom durchzuführen. Dabei fliegt die Drohne in einer vordefinierten Höhe die umrissene Fläche in parallel verlaufenden Bahnen mit einer bestimmten Überdeckung ab und schießt dabei mit der Bordkamera in rascher Folge kontinuierlich Bilder des überflogenen Areals. Aus diesen Bildern wird in der Folge auf Basis perspektivischer Gesetzmäßigkeiten eine äußerst präzise, je nach Voreinstellung mehr oder weniger dichte Punktwolke errechnet.

Zuvor allerdings tritt die Edge Box, eine nicht einmal Schuhkarton-große Spezialantenne mit integrierem Hochleistungsrechner und GNSS-Empfänger, in Aktion. Sie sorgt, in dem sie sich auf ein höchst präzises Koordinatensystem eines entsprechenden Anbieters einmisst, für eine möglichst präzise Geo-Referenzierung ihres Standortes. Während des Fluges loggt sie Satellitendaten, um die Genauigkeit der Drohnen-Daten zu verbessern. Nach Abschluss des Fluges errechnet der Grafikprozessor der Edge Box direkt auf der Baustelle im Laufe von 30 bis 75 Minuten (in Abhängigkeit der Anzahl von Fotos und der gewählten Parameter) eine Punktwolke, bei der jedem

einzelnen Punkt eine genau definierte Position im Raum zugeordnet ist. Auf dieser Grundlage generiert das Gerät anschließend ein 3D-Geländemodell und lädt es in die Smart Construction Cloud. Dazu verfügt die Edge Box über eine SIM-Karte. Schneller geht es über eine LAN- bzw. USB-Verbindung oder per SD-Karte. Verblüffend an Smart Construction Edge ist, dass der gesamte Arbeitsschritt, der bei der Präsentation auf dem Komatsu-Gelände kaum mehr als eine halbe Stunde in Anspruch genommen hat, kein langwieriges Auslegen von Passpunkten und deren Aufmessung erfordert. Ebenso wenig ist ein spezielles Vermessungs-Know-how nötig. Der Bauleiter oder Polier kann den Flug problemlos selbst durchführen und die anschließende Berechnung starten. Grundvoraussetzung ist neben einer Einarbeitung von der Smart-Construction-Abteilung lediglich ein Drohnenführerschein.

Einen Gesamtüberblick gewinnen

Hinterlegt wird das erzeugte 3D-Modell des noch unbearbeiteten Geländes dann im „Smart Construction Dashboard“ als Urgelände. Dieses Werkzeug ist gewissermaßen die oberste Bedienungsebene des Komatsu-Clouddienstes und übernimmt weitreichende Darstellungsaufgaben. So gestattet es auf dem erfassten Geländeprofil die Visualisierung von Höhen und Gefällen sowie von Oberflächen und Grundflächen.



Darstellung des vorgegebenen Soll-Geländeprofiles im Smart Construction Dashboard. Mit den Schieberegler unten können verschiedene,

Unter Referenzierung auf einen bestimmten Bezugshorizont ist darüber hinaus sogar die Ermittlung des Volumens einer Erhebung möglich, um die im Dashboard mit dem Grafik-Werkzeug zuvor grob ein Polygon gezogen wurde. Noch sehr viel mehr zu schätzen lernen dürften Bauleiter und Planer die Leistung des Dashboards, wenn sie die durch die Baumaßnahme angestrebte neue Geländeform über das Profil des ursprünglich erfassten Geländes legen. Dadurch wird es durch unterschiedliche Einfärbung möglich, sowohl Bereiche zu identifizieren, die einen weiteren Abtrag bzw. Aushub verlangen, als auch zu bestimmen, wo etwa bei einem Straßenbauprojekt das Erreichen eines Sollhorizonts den Einbau von zusätzlichem



Im Smart Construction Dashboard können auch Höhen und Neigungen des erfassten Geländes visualisiert werden

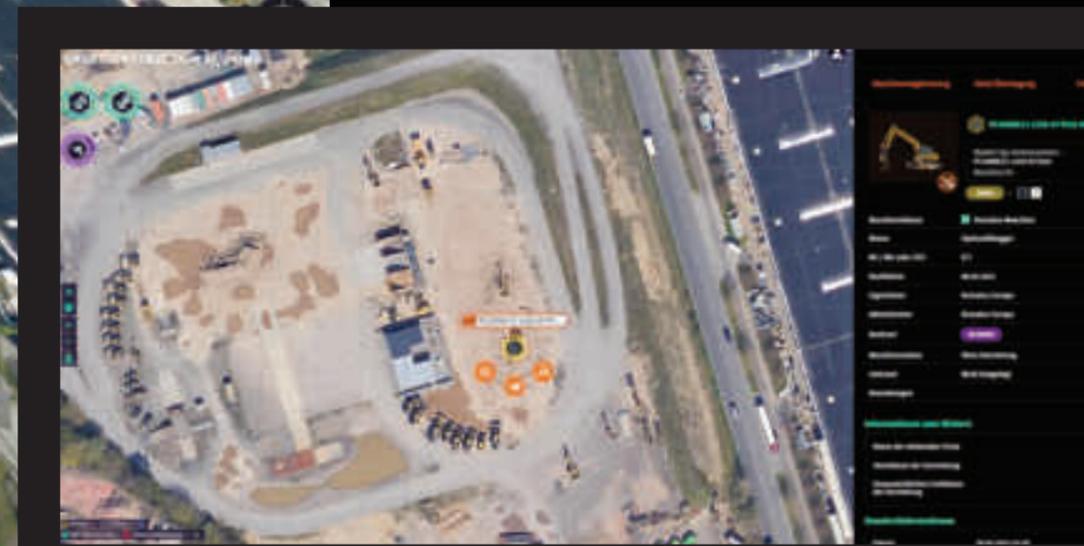
Material verlangt. Diese Darstellung kann dabei zu unterschiedlichsten Zwecken ebenso über einem realen Abbild des erfassten Areals wie auch über einem abstrakten dreidimensionalen Gittermodell oder Kartierungen in verschiedensten Formaten eingebunden werden. Integrierbar sind darüber hinaus weitere Darstellungsebenen, die etwa die Lage unterirdisch verlaufender Leitungen oder einer ggfs. installierten Kanalisation anzeigen. Nachfolgende Drohnenbefliegungen geben überdies Aufschluss über den zu einem bestimmten Zeitpunkt erreichten Baufortschritt. In regelmäßigen Zeitabständen durchgeführt erlaubt das etwa Rückschlüsse, in welchem Zeitraum welches Erdbauvolumen bewegt wurde

auf einer Zeitachse gelegene Zustände angezeigt werden

und veranschaulicht auf intuitive Weise, in welchem Stadium sich ein Projekt genau befindet oder wie weit eine etwaige Massenbilanz vorangeschritten ist.

Weitere Funktionen des Dashboards

Damit sind die Möglichkeiten des Dashboards allerdings noch lange nicht ausgereizt. Denn die Sensorik der iMC 2.0-Maschinensteuerung nutzt die dort befindlichen 3D-Daten nicht nur zur Lageerkennung im Raum und somit über entsprechende Assistenzsysteme zur Steuerung der am Bagger oder am Dozer zum Einsatz kommenden Werkzeuge. Sie dient ebenso in umgekehrter Richtung zur Rückmeldung der aus den Bewegungen beispielsweise von Ausleger und Stiel ableitbaren Daten bezüglich Umschlagvolumen oder Geländeabtrag. In Echtzeit kontinuierlich ins Dashboard hochgeladen führt das dazu, dass das dort hinterlegte virtuelle Modell eines Geländeprofiles die gleichen durch die Erdbewegung hervorgerufenen Veränderungen zeigt wie die Baustelle selbst. Es entsteht ein „digitaler Zwilling“, der zu jedem Zeitpunkt



Über Smart Construction Remote wird die betreffende Maschine ausgewählt und mit den erforderlichen Geländedaten versorgt

im Modell den realen Zustand auf der Baustelle widerspiegelt.

Isoliert darstellbar sind diese Veränderungen unter der Ansicht „Wie gebaut“. Sie gibt – anders als die reinen Messungen des aktuellen Geländeprofiles – auch Aufschluss darüber, welches Material wann in welchen Schichtdecken eingebaut wurde. Das hilft Unternehmen immens bei den regelmäßigen Leistungsmeldungen für die betriebsinterne Kalkulation und Abrechnung. Zudem lassen sich so auch ohne vor Ort zu sein zahlreiche Entscheidungen treffen. Um einen möglichst umfassenden Gesamtüberblick über die Bautätigkeit zu gewinnen, stellt das Dashboard zudem ein geniales weiteres Tool zu Verfügung: Ein Schieberegler am unteren Bildschirmrand gestattet es, die Darstellung entlang eines über Wochen oder gar Monate kumulierten Verlaufs entlang einer Zeitachse nach hinten, ebenso aber auch in Richtung einer Fertigstellung weisenden Planung nach vorne zu verschieben.

Kommunikation ist von überragender Bedeutung

Ein weiterer wichtiger Baustein von Smart Construction wurde an dieser Stelle bislang stillschweigend vorausgesetzt, aber noch nicht explizit erwähnt. Das liegt daran, dass Komatsu ihn einem eigenen Dienstpaket zugeordnet hat: „Smart Construction Remote“. Seine Aufgabe ist die Sicherstellung eines bidirektionalen Dateitransfers zwischen Maschine und Cloud und stellt eigentlich erst die bislang besprochenen Funktionalitäten des bahnbrechenden Clouddienstes sicher. Es ist auch die Teillösung,



Teilautomatisches Abziehen einer Böschung auf dem Komatsu-Übungsgelände mit dem PC290 LCi mit iMC.2.0. Die Assistenzsysteme

die beispielsweise dem Bauleiter ermöglicht, über das Mobilfunknetz neue Geländedaten an die Maschinen auf der Baustelle zu senden. Sie müssen dazu nicht einmal eingeschaltet sein. So erübrigt es Smart Construction Remote, abends mit einem USB-Stick Maschine für Maschine mit neuen Daten zu versorgen, um sicherzustellen, dass sie morgens um 6:00 Uhr schon auf der Maschine verfügbar sind. Auch möglicherweise erforderliche Fernwartungen oder die Unterstützung des Maschinisten durch kurzfristige Anleitungen sind auf diese Weise möglich. Dazu kann sich eine



Komatsu-Manager Karsten Elles demonstriert, dass die Maschine durch das alleinige Schließen des Stiels die Böschung erstellt

beliebige Servicekraft in die Maschinensteuerung einloggen und zeitweise die Monitorfunktionen entsprechend ausgestatteter Maschinen übernehmen. Smart Construction Remote ist zudem ein ausgewiesenes Kommunikationstalent. Es sorgt nicht nur dafür, dass der Kontakt über unterschiedlichste Kanäle zu diversen Plattformen aufrecht gehalten wird, sondern muss auch Daten mit unterschiedlichsten Betriebssystemen wie Windows XP, Windows CE, Windows 10 oder Android austauschen. Insofern gilt es an dieser Stelle, eine weitere Information nachzuliefern: Komatsu hat

steuern die notwendigen Bewegungen autonom

Smart Construction Remote explizit als offenes Projekt angelegt und schließt somit hinsichtlich der zum Einsatz kommenden Maschinensteuerung keine Hersteller von vornherein aus.

Smart Construction ohne Maschinensteuerung?

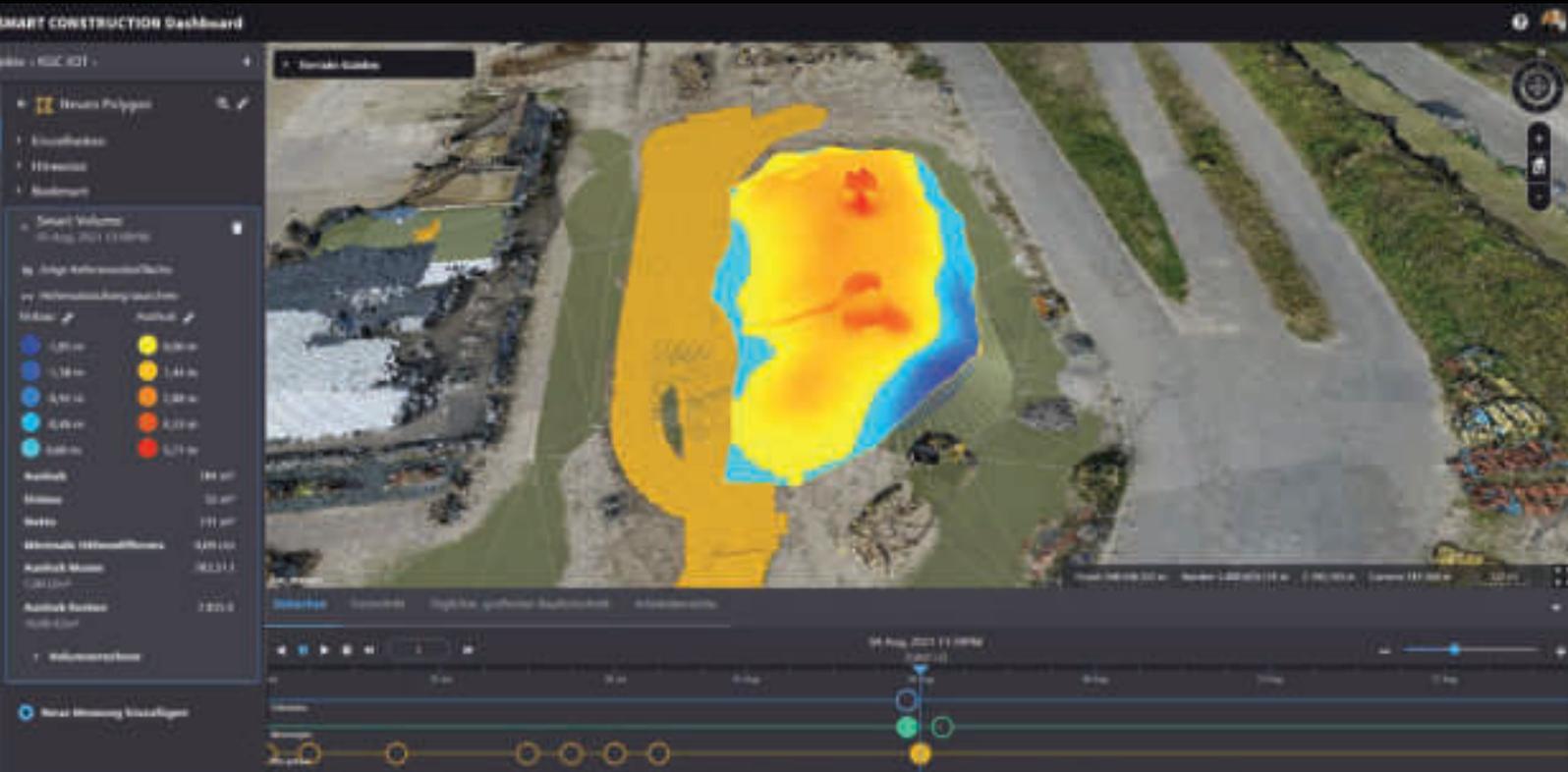
Doch gilt es nicht nur Nutzern anderer Steuerungssysteme die Teilhabe an der digitalen Transformation der Erdbewegung zu ermöglichen, sondern auch die Frage zu klären, inwieweit eine moderne oder auch eben eine alte Baumaschine ohne Maschinensteuerung so ausge-



Zur Demonstration wählt Elles auf dem Display den begrenzten halbautomatischen Baggermodus aus

Oben wird auf dem Display in Rot eine positive, in Blau eine negative Abweichung vom Sollprofil angezeigt. Unten markiert die rote Linie das Soll und die grüne Linie den Ist-Zustand

stattet werden kann, dass die Funktionen von Smart Construction auch für ihren Betreiber nutzbar sind. Die Antwort ist klar und eindeutig: Indem man eine nachrüstbare Maschinensteuerung installiert! Dafür sorgt ein weiteres Tool aus der Smart Construction Trickkiste: „Smart Construction Retrofit“. Hierzu stellt der Hersteller ein umfangreiches Equipment zur Verfügung, das sogenannte IMU-Bewegungssensoren, GNSS-Antennen, Hydraulikdrucksensoren und Controller umfasst. Das System wird von Komatsu-Smart-Construction-Partnern eingebaut und eingemessen. Es erreicht hinsichtlich der in die Cloud gesendeten Daten eine ähnliche Präzision, wie die Komatsu-eigenen iMC-Maschinen. Was es nicht erreicht, ist deren hoher Eingriffsgrad der Assistenzsysteme. So sieht der Maschinist auf dem Monitor eines so nachgerüsteten Baggers zwar das



Fiktive Baumaßnahme im Dashboard: Links (ockerfarbener Streifen) ein fertiggestelltes Planum, rechts eine noch in Arbeit befindliche Geländeerhebung. Blau eingefärbt sind negative Abweichungen von der Sollform, orange/rot (zwei Bagger) sind positive Abweichungen

Zielprofil eines Grabens und die Position seiner Löffelschneide, doch obliegt es ihm in diesem Fall selbst, den Löffel vor dem Erreichen der Solltiefe zu stoppen.

Das Management der Baustelle

Kurz vor der Markteinführung steht ein weiteres dem Clouddienst zugehöriges Tool: „Smart Construction Fleet“. Es ist letztlich ein System zum Flottenmanagement, das neben den eigentlichen Baumaschinen auch die anderen an einem Bauprojekt beteiligten Fahrzeuge mit einschließt. Schließlich agiert ein Bagger, der ein bestimmtes Material als Unterkonstruktion einbauen soll, nicht im luftleeren Raum. Vielmehr ist der Maschinist darauf angewiesen, dass der Materialnachschub per Lkw kontinuierlich läuft, oder das Aushubmaterial verlässlich abgefahren wird. Wahlweise über eine im Fahrerhaus eingebaute Black Box oder ein mit einer entsprechenden App ausgestattetes Smartphone erlaubt es Smart Construction Fleet, die Standortdaten aller notwendigerweise interagierenden Maschinen und Fahrzeuge darzustellen. Flaschenhalse im Bauablauf werden so unmittelbar sichtbar und erlauben dem Flottenmanager proaktiv in den Ablauf einzugreifen. So können etwa auch Staus auf einer Fahrstrecke identifiziert und eventuelle Alternativrouten klar kommuniziert werden. Auch möglicherweise sich ändernde Lade- bzw. Abladestellen, wie zum Beispiel bei Straßenbauarbeiten, können den Fahrern auf diesem Wege übermittelt

werden. Smart Construction Fleet stellt überdies in bislang ungeahntem Ausmaß für den Gesamtprozess relevante Daten bereit. Dazu gehören verschiedenste Auswertungen über Tourenzeiten, -anzahl und -auslastung, die ein besseres Wissen über Transportkosten ermöglichen.

Last but not least soll hier noch ein weiterer Bestandteil von Smart Construction kurz angerissen werden: „Smart Construction Field“, in erster Linie ein Analyse-Werkzeug, das eine wichtige Hilfestellung für effizientes Projektmanagement bereitstellt, eine Unterstützung für die Angebotserstellung bietet und die Ressourcenplanung von Projekten vereinfacht. Hier laufen etwaige Fotos unzureichend erledigter Vorarbeiten, Tagesberichte, Lieferscheine, Meldungen über unvorhergesehene Vorkommnisse, Dokumentationen eventuell notwendiger Nacharbeiten oder auch die simple Arbeitszeiterfassung zusammen. Der automatisch erstellte Tagesbericht krönt dann die zuvor erleichterte Datenerfassung.

Bleibt noch festzuhalten, dass bei Komatsu längst weitere Bestandteile der Smart Construction Suite in der Erprobung sind. So soll es in absehbarer Zeit auch eine KI-gestützte Prognose des Baufortschritts geben, welche die Konsequenzen zuvor getroffener Entscheidungen prognostizieren soll. Alles in allem erscheint Smart Construction im Sinne einer Steigerung der Produktivität der Bauindustrie als eine machtvolle Werkzeugkiste, welcher der PROTRADER aufrichtig den Durchbruch wünscht.