



© Marek Musil | RDVector | kaband | shutterstock.com

Steigende Funktionalität in Land- und Baumaschinen

AUTOREN



Christian Astor
ist Business Developer im Bereich Offhighway bei der ITK Engineering GmbH in Rülzheim.



Kevin Hirsch
ist Expert Engineer bei der ITK Engineering GmbH in Lollar.



Dr. rer. nat. Lienhard Pfeifer
ist Expert Engineer und Projektleiter bei der ITK Engineering GmbH in Lollar.

Damit Land- und Baumaschinen immer eigenständiger arbeiten können, muss das zuverlässige Erkennen des Umfelds auf unebenem und unstrukturiertem Gelände gewährleistet werden. ITK Engineering hat hierfür das 3-D-Terrain-Mapping entwickelt, mit dem nicht nur die zuverlässige Erkennung und Analyse von Objekten, sondern auch deren Klassifizierung sowie eine automatisierte Reaktion auf Hindernisse oder Untergründe ermöglicht wird.

In der Land- und Bauwirtschaft werden immer öfter automatisierte mobile Maschinen eingesetzt, um so die Produktivität zu erhöhen. Zur Gewährleistung der Sicherheit kommen moderne Kommunikations- und Informationstechnologien zum Einsatz. Das 3-D-Terrain-Mapping (3DTM) von ITK Engineering gewährleistet dabei auch auf unebenem Gelände das zuverlässige Erfassen des Maschinenumfelds. Mithilfe unterschiedlicher Sensoren wie Stereo-Kamera, Radar oder Lidar lassen sich beispielsweise Befahrbarkeits- oder Untergrundanalysen durchführen. Dabei stehen besonders die Anwen-

dungsfälle Hinderniserkennung, Oberflächenscan für automatisierte Funktionen sowie automatische Maschinenführung anhand spezifischer Untergrundspezifika im Fokus.

HINDERNISERKENNUNG

Im Bereich der mobilen Arbeitsmaschinen sind, wie auch im Straßenverkehr, die meisten Unfälle auf menschliches Versagen zurückzuführen. Dabei zählen Sichteinschränkungen zu den häufigsten, manchmal tödlichen Ursachen. Umso wichtiger ist es, dass der Maschinenführer über ausreichend gute Sicht-

verhältnisse verfügt, um den gesamten Gefahrenbereich rund um die Maschine überblicken zu können. Neben auffälligen Objekten wie anderen Fahrzeugen oder Barrieren müssen auch arbeitende Personen, beispielsweise in knieender Haltung, im unmittelbaren Nahbereich der Maschine erkannt werden. Zusätzliche Herausforderungen ergeben sich durch umgebungsbedingte Störungen wie Staub, Dreck oder Dämpfe.

Die konventionelle Lösung dieser Herausforderungen ist der Einsatz von Kamera-Monitor-Systemen zur Überwachung aller Gefahrenzonen. Solche Systeme ermöglichen eine visuelle Kontrolle über den Nahbereich rund um die Maschine, erfordern allerdings die ständige Konzentration des Maschinenführers auf den Monitor und gleichzeitig auf alle Bedienvorgänge der Maschine. Dies kann zu einer Überforderung und damit zu reduzierter Leistungsfähigkeit des Maschinenführers führen. Es ist daher sinnvoll, ihn bei der Personen- und Objekterkennung in schwer einsehbaren Bereichen zusätzlich mit einem Sensorwarnsystem zu unterstützen.

Aktuelle Sensor- und Kamertechnologien und die dazu passenden Bildverarbeitungsalgorithmen ermöglichen mittlerweile an die jeweiligen Kundenbedürfnisse und den Typ der mobilen Arbeitsmaschine angepasste Assistenzsysteme. Während beispielsweise im Automobilsektor häufig die Annahme getroffen wird, dass sich Hindernisse beziehungsweise Objekte auf einer planaren Ebene befinden, gelten im Bereich der mobilen Arbeitsmaschinen besondere Anforderungen durch unebenes Gelände. Daher muss ein anderes Verfahren verwendet werden, um eine zuverlässige Erkennung von Hindernissen zu gewährleisten. 3DTM stellt ein solches Verfahren dar, das explizit für die Nutzung in unebenem Gelände entwickelt wurde, **BILD 1**. Durch eine präzise Approximation von unebenem Untergrund kann sehr exakt abgeleitet werden, in welchen Bereichen sich Hindernisse befinden. Um dies zu ermöglichen, benötigt die Technologie als Input eine dem Anwendungsfall entsprechende 3-D-Sensorik (zum Beispiel Stereokamera). Aus den Sensordaten wird eine Erhebungskarte erzeugt, **BILD 2**. Hierzu wird eine Gitterstruktur herangezogen, in der jeder 3-D-Punkt gemäß seinen Koordinaten einer Zelle zugeordnet wird. Anhand einer mathematischen



BILD 1 Detektion und farbliche Kennzeichnung von Hindernissen entsprechend ihrer Abstände zur Kamera (grün: weit entfernte Objekte; rot: Objekte im Nahbereich; Fußgänger werden zusätzlich durch einen weißen Rahmen gekennzeichnet) © ITK Engineering

Näherung werden anschließend Geländedetails wie Abhänge, Neigungen oder Erhebungen errechnet. Mit dem approximierten Abbild des umliegenden Geländes und der Höhe von 3-D-Punkten werden Hindernisse erkannt. Einzelne als Hindernis identifizierte Punkte werden zu ganzen Objekten zusammengefasst und deren minimale Entfernung zum Fahrzeug errechnet.

Die ermittelten Objekte und deren direkte Umgebung werden als Datenausschnitt für ein Objektidentifizierungsverfahren verwendet, beispielsweise zur Bestimmung von Anzahl und Typ der Objekte (Personen, Fahrzeuge, Tiere, Schilder etc.). Ermöglicht wird dies mittels Machine-Learning- oder Deep-Learning-Algorithmen, die auf die zu identifizierenden Objekttypen trainiert werden. Das heißt, das System kann eigenständig identifizieren, ob es sich bei einem Objekt im Umfeld der Maschine beispielsweise um eine Person, Tiere oder Schilder handelt. Für die Objekterkennung werden die zu den Objekten gehörenden Bilddaten sowie die entsprechenden 3-D-Punktewolken genutzt. 3DTM unterstützt somit den Maschinenführer zuverlässig bei der Erkennung und Analyse von Hindernissen im Gefahrenbereich, insbesondere auf unebenem Gelände. Dies ermöglicht eine sichere Bedienung sowie reibungslose Arbeitsabläufe.

OBERFLÄCHENSCAN FÜR AUTOMATISIERTE FUNKTIONEN

Neben der Umgebungs- beziehungsweise Untergrunderkennung und -analyse kön-

nen mit 3DTM auch automatisierte Funktionen von mobilen Arbeitsmaschinen realisiert werden. Nicht jedes Fahrzeug ist für jedes Gelände geeignet. Je nach Art der Maschine, der Anbaugeräte und ihrer Beladung sind manche Geländetopografien befahrbar, andere nicht. In diesem Fall sind Anpassungen des Fahrzeugs notwendig, was für den Bediener – parallel zum eigentlichen Fahrbetrieb – eine zusätzliche Belastung bedeutet.

Die Möglichkeiten, die das 3DTM hier bereitstellt, werden am Beispiel eines Radladers mit einer beladenen Muldenschaufel deutlich, **BILD 3**: Bei guter Kenntnis des Höhenprofils kann die Schaufel automatisch dem Gelände folgen. Somit ist gewährleistet, dass das Fördergut auch bei Auf- und Abfahrten in der Schaufel bleibt. Während einfache Lösungen nur mit dem aktuellen Neigungswert des Fahrzeugs arbeiten, kann auf Basis der approximierten Geländedaten, wie sie die 3DTM-Basisfunktion zur Verfügung stellt, ein deutlicher Mehrwert bei der Genauigkeit der Positionierung der Muldenschaufel erzielt werden. Mithilfe der errechneten Untergrundcharakteristika und der Fahrzeuggeschwindigkeit kann bestimmt werden, zu welchem Zeitpunkt die Schaufel welche Position haben muss. Dadurch minimiert sich die Latenz. Außerdem können Überschwinger vermieden werden, wenn das Fahrzeug über die Kuppe fährt, da die anstehende Abwärtsfahrt mit einberechnet wird. Die Verstellung der Schaufel stellt also mehr als nur eine Reaktion auf den Ist-Zustand dar. Vielmehr erfolgt die Anpassung an die Gegebenheiten in Echtzeit, da die

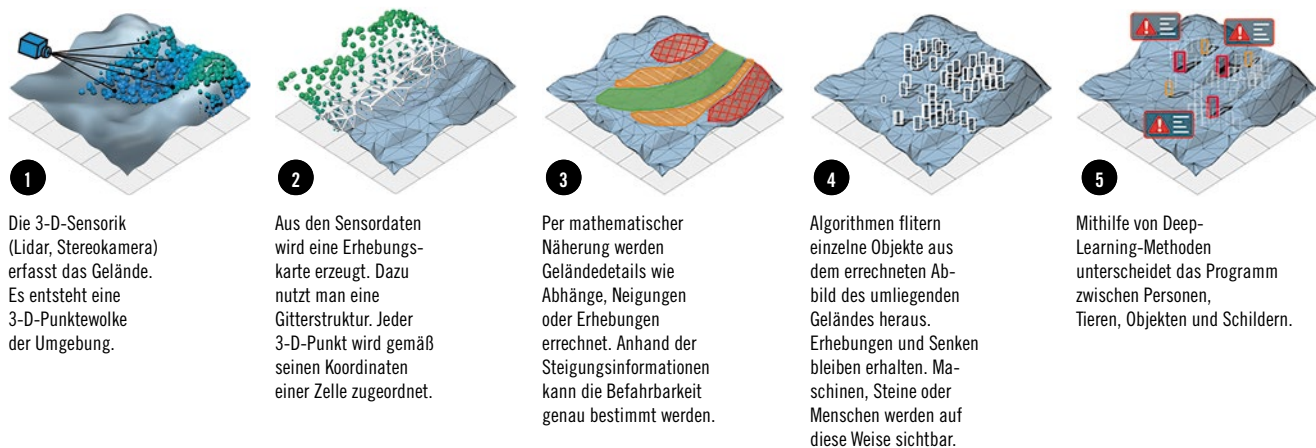


BILD 2 Einzelne Schritte des 3DTM (© Florian Müller | Bosch)

bevorstehende Geländesituation automatisch antizipiert werden kann.

Neben der Anpassung der Schaufelneigung für einen sicheren Transport gewährleistet 3DTM eine gute Sicht des Fahrers durch eine umgebungsbedingte Höheneinstellung der Schaufel. Um dem Fahrer einen guten Überblick zu ermöglichen, ist eine tiefe Lage der Schaufel sinnvoll. Bei einer Bergfahrt beziehungsweise einer endenden Abwärtsfahrt ist je nach Geometrie der Schaufel eine Lagerhöhung notwendig, um

Bodenkontakt zu vermeiden. Das System hebt die Schaufel dabei nur so hoch, wie es die Umgebung erfordert. Für eine Anpassung der Lage eines Maschinenteils an Geländegegebenheiten finden sich in der Praxis viele weitere Einsatzmöglichkeiten. So kann beispielsweise eine Anpassung in Höhe und Winkel einer an einem Traktor angebauten Feldspritze ebenfalls einen Mehrwert bieten. Denn bei unebenem Gelände kann der Sprayer stetig mit dem richtigen Abstand zum Boden angepasst werden

– und das unabhängig von der Lage des Traktors selbst. Solche Assistenzfunktionen stellen nicht nur für den Fahrer mobiler Arbeitsmaschinen einen Mehrwert hinsichtlich Komfort dar, vielmehr liefern sie einen wichtigen Beitrag zur Energieeinsparung. Denn Hydraulikanforderungen werden in den beschriebenen Szenarien durch die Technologie vorhersehbar. Durch ein intelligentes Energiemanagement kann gegebenenfalls Hydraulikleistung eingespart werden, da bekannt ist, wann wieviel



BILD 3 Mithilfe der errechneten Untergrundcharakteristika und der Fahrzeuggeschwindigkeit kann bestimmt werden, zu welchem Zeitpunkt die Schaufel welche Position haben muss (© Salienco Evgenii | shutterstock.com)



BILD 4 Detektion des in einer Reihe liegenden Heus
 (© Denisfilm | depositphotos.com)

Bedarf besteht und wann keine Leistung abgerufen werden wird.

AUTOMATISCHE MASCHINENFÜHRUNG

Bei Landmaschinen ist Ziel der Entwicklung für unebene Gelände, eine zuverlässige, automatisierte Maschinenspurführung anhand von 3-D-Geländedetails zu realisieren. Ein typisches Szenario ist das auf Schwad (in einer Reihe) liegende Heu, das von einer Ballenpresse oder einem Felbhäcksler eingebracht wird. Hierbei fährt die Maschine einen definierten Weg ab. Die manuelle Spurführung der Maschinen ist dabei ein gleichbleibender Prozess über einen längeren Zeitraum, der nur eine geringe Aufmerksamkeit des Fahrers erfordert. Dies führt häufig zu Ermüdungserscheinungen und Unaufmerksamkeit. Zeitgleich kann diese Tätigkeit, in Verbindung mit der notwendigen Überwachung anderer Arbeitsprozesse, zu Ablenkung und Fehlern in der Bedienung der Maschine führen. In diesem Anwendungsbeispiel kann durch die Geländeinformation das in einer Reihe liegende Heu auch in unebenen Geländen und Seitenhanglagen zuverlässig erkannt und die Maschine oder das Anbaugerät anhand der Schwad geführt werden.

Im Landmaschinenbereich ist eine Spurführung mittels GPS und der Position des Traktors bereits etabliert. Aber insbesondere in Bereichen, in denen der

Schwad vom Verlauf abweicht, beispielsweise durch Verwehungen, stößt eine reine ortsbasierte Spurführung an ihre Grenzen. Eine detektionsbasierte Spurführung ist hier in der Lage, weiterhin präzise und zuverlässig der Schwad zu folgen. Zudem ist für eine Prozessoptimierung die Ausrichtung anhand von Schwadcharakteristika wie dem Massemittelpunkt notwendig. Diese ist durch eine reine ortsbasierte Spurführung nicht gegeben, selbst wenn die exakte Position der Schwad bekannt ist.

Einfachere Systeme setzen zur Detektion und Verfolgung von Geländestrukturen auf einen fixen Schwellwert von Höhenunterschieden und machen Annahmen über das vorausliegende Gelände, wie zum Beispiel, dass der Boden eben ist. Durch die Vernachlässigung der Geländegegebenheiten oder deren nicht ausreichenden Berücksichtigung in der Spurerkennung kommt es insbesondere im Bereich von Senken, Erhebungen oder in Hanglagen zu Abweichungen in der Spurführung der Arbeitsmaschine. Basierend auf 3-D-Informationen kann das die Spur umgebende Gelände durch das 3DTM approximiert werden. Diese Approximation kann nun lokal als Basiswert für eine schwellwertbasierte Auswertung des Geländehöhenunterschieds zwecks Detektion und Verfolgung der Spur verwendet werden. Die Geländeinformation dient nicht nur für eine zuverlässige Schwaddetektion, sondern auch zur Vor-

hersage der Fahrzeugposition im Gelände. Dadurch können potenziell instabile Fahrzustände vermieden und Parameter des Anbaugeräts an den Fahrzustand angepasst werden. Durch die Geländeinformation ist es beispielsweise möglich, einen Volumenstrom vorherzubestimmen, da man die Höhe der Schwad über dem Boden kennt. Hierauf lassen sich Parameter wie die Geschwindigkeit des Fahrzeugs für einen optimalen Arbeitsablauf anpassen. So kann länger ermüdungsfrei gearbeitet, Betriebskosten eingespart und die Produktivität gesteigert werden.

ZUSAMMENFASSUNG

Das von ITK Engineering entwickelte 3DTM ermöglicht nicht nur die zuverlässige Erkennung und Analyse von Objekten, sondern auch deren Klassifizierung sowie eine automatisierte Reaktion auf Hindernisse oder Untergründe. Das erhöht sowohl die Effizienz als auch die Sicherheit von Arbeitsabläufen und ermöglicht die Ausführung zusätzlicher Maschinenfunktionen.



READ THE ENGLISH E-MAGAZINE

Test now for 30 days free of charge:
www.emag.springerprofessional.de/atz-heavyduty-worldwide