

SafeCon3D – Automatisiertes Assistenzsystem für Baustellengeräte

SafeCon3D - Automated assistance system for construction site equipment

Dipl.-Ing. Janik Mischke, TU Dresden, Institut für Baubetriebswesen, Nürnberger Straße 31a 01187 Dresden, janik.mischke@tu-dresden.de

Kurzfassung

Das Forschungsprojekt „SafeCon3D – System zur Erhöhung der Sicherheit auf Baustellen durch die Vernetzung von 3D-Gefahrenbereichen mit digitalen Steuerungssystemen von Baumaschinen“ ist ein im Rahmen des ZIM Förderprogramms des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz gefördertes Forschungsvorhaben der TU Dresden zusammen mit 2 mittelständischen Unternehmen. Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines assistierenden oder automatisierenden Sicherheitssystems für Baumaschinen. Dabei soll auf eine kamera- bzw. sensorgesteuerte Erfassung von umgebenden Objekten verzichtet werden. Die Besonderheit bei diesem System liegt darin, dass die Abstands- und Kollisionsüberprüfung im digitalen Raum stattfindet. Dabei werden sämtliche Bewegungen des Baggers erfasst und im digitalen Modell der Baustellenumgebung wiedergegeben. Die Entwicklung der einzelnen Teilkomponenten erfolgt anhand eines Mobilbaggers auf einer Gleisbaustelle. Der folgende Beitrag geht auf die grundlegende Funktionalität des Systems ein und erläutert die inhaltlichen Bearbeitungsschwerpunkte sowie Zwischenergebnisse im Rahmen der Projektbearbeitung durch das Institut für Baubetriebswesen.

Abstract

The research project "SafeCon3D - System for increasing safety on construction sites by networking 3D hazardous areas with digital control systems of construction machines" is a research project of the TUD Dresden University of Technology together with two medium-sized companies funded within the framework of the ZIM funding program of the Federal Ministry of Economics and Climate Protection. The aim of the project is the development of an assisting or automating safety system for construction machines. Thereby, a camera- or sensor-controlled detection of surrounding objects is to be dispensed with. The special feature of this system is that distance and collision checks take place in digital space. All movements of the excavator are recorded and reproduced in the digital model of the construction site. The development of the individual subcomponents is based on a mobile excavator on a track construction site. The following article describes the basic functionality of the system and explains the main focus of the work as well as the intermediate results within the scope of the project work by the Institute of Construction Management.

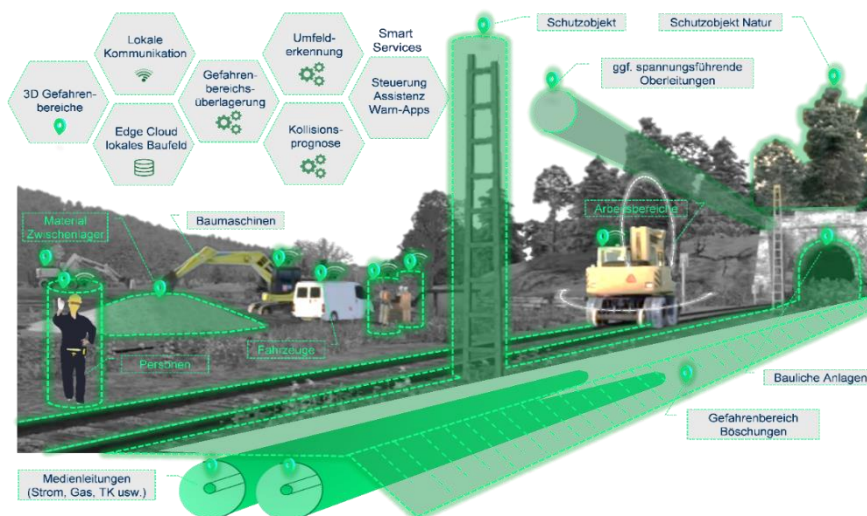


Bild 1 Konzeptidee SafeCon3D (Darstellung FMS)

1 Einleitung

Ein Blick auf die jährlich veröffentlichte Unfallstatistik der BG Bau verdeutlicht, dass es notwendig ist, in Sachen Arbeitsschutz neue innovative Ansätze zu verfolgen. Dadurch könnten analog zur Reduzierung der Unfallzahlen im Straßenverkehr, die Unfallzahlen auf der Baustelle ebenfalls gesenkt werden. Betrachtet man die Unfallzahlen der letzten 25 Jahre, so lässt sich feststellen, dass die Unfallzahlen insgesamt zwar rückläufig sind. So hat sich die Anzahl von 109,7 Arbeitsunfällen je 1.000 Vollarbeiter aus dem Jahr 1995 auf rund 50 Arbeitsunfälle je 1.000 Vollarbeiter seit dem Jahr 2015 reduziert. Jedoch verharrt sie seitdem in diesem Bereich. (siehe **Bild 2**).

Entwicklung der Arbeitsunfälle je 1.000 Vollarbeiter

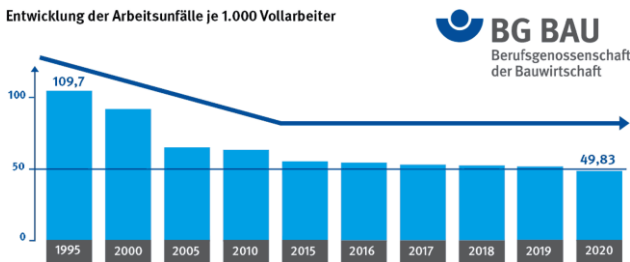


Bild 2 Entwicklung der jährlichen Unfallzahlen nach BG Bau [1]

Hieraus kann geschlussfolgert werden, dass die seit den 1990er Jahren implizierten Arbeitsschutzmaßnahmen zwar wirksam waren und eine erhebliche Reduzierung der Arbeitsunfälle bewirkt haben, diese jedoch nicht vollends zur ausreichenden Eliminierung von Arbeitsunfällen geführt haben. An dieser Stelle sind neue Ansätze gefragt, um den Arbeitsschutz auf Baustellen weiter zu verbessern. Dies ist vor dem Hintergrund, dass zukünftig der Anteil qualifizierter ausgebildeter Fachkräften auf Baustellen rückläufig sein wird, von besonderer Bedeutung.

2 Analyse der Unfallzahlen

Im Jahr 2021 ereigneten sich 118.171 gemeldeten Arbeitsunfällen im Bereich der Bauwirtschaft. Davon waren 78 Arbeitsunfälle tödlich. [2] Betrachtet man die jährliche Unfallstatistik der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) genauer, so lässt sich feststellen, dass sich im Jahr 2021 rund 17 % aller meldepflichtigen Arbeitsunfälle in Deutschland im Baugewerbe ereignen. [2] Außerdem wird deutlich, dass sich davon 27,5 % auf Neubaubaustellen, 1,3 % auf Tagebau- sowie Ausgrabungsbaustellen und 36,3 % der Arbeitsunfälle bei Abriss- oder Sanierungsarbeiten ereignen. Auf „Sonstige Baustellen“, die keiner der vorher genannten Kategorien zugeordnet werden können, entfallen 34,9 % der Arbeitsunfälle. [2]

Betrachtet man die Ursachen der Arbeitsunfälle genauer, so sind die Hauptursachen der Kontakt mit scharfen, spitzen oder harten Gegenständen mit insgesamt 38.474 Arbeitsunfällen (32,6 %), gefolgt von Aufprall auf/ gegen ortsfeste Gegenstände mit 29.017 Arbeitsunfäl-

len (24,6 %) und dem Zusammenstoß mit einem sich bewegenden Gegenstand mit 16.282 Arbeitsunfällen (13,8 %). Die akuten seelischen und körperlichen Überbelastungen, auf die 20.661 Arbeitsunfälle zurückzuführen sind, werden im Rahmen der weiteren Betrachtung im Projekt außenvorgelassen. Eine weiterhin häufige Unfallursache ist das Einklemmt werden (7,7 %) sowie der Kontakt mit elektrischen Strom, Temperaturen oder gefährlichen Stoffen (3,4 %). [2] Bei den tödlichen Unfällen auf Baustellen verhält sich die Verteilung ähnlich. Von den insgesamt 78 tödlichen Arbeitsunfällen entfallen auf Neubaustellen 20,5 %, auf Abriss- und Sanierungsbaustellen 41,0 %, auf Tagebau- und Ausgrabungsbaustellen 9,0 % und auf „Sonstige Baustellen“ 29,5 % der tödlichen Unfälle. Von den 78 tödlichen Arbeitsunfällen entfielen 24 auf das Aufprallen gegen einen ortsfesten Gegenstand, 14 auf das Einklemmt werden und 22 auf den Zusammenstoß mit einem sich bewegenden Gegenstand. Eine hohe Anzahl an Unfalltoten geht auf das verschütten oder begraben werden mit insgesamt 5 Unfalltoten, obwohl deren Anteil an der Gesamtzahl der meldepflichtigen Arbeitsunfälle nur 0,1 % ausmacht. [2]

Eine genauere Auflistung der Unfallzahlen auf weitere baubranchenspezifische Bereiche, wie beispielsweise zu Gleisbauarbeiten, erfolgt in der Statistik der DGUV nicht. Im Erläuterungstext zur obengenannten Statistik wird lediglich darauf hingewiesen, dass Unfälle auf Gleisbaustellen dem Bereich Tagebau- und Ausgrabungsbaustellen zugeordnet werden. Auch sonst gibt es keine belastbaren Statistiken hinsichtlich Unfallschwerpunkt auf Gleisbaustellen, welche zu Grunde gelegt werden können. Dadurch musste auf Publikationen und andere Meldungen von Arbeitsunfällen im Gleisbereich zurückgegriffen werden. So ist eine häufig genannte Unfallursache, dass Gleisbauarbeiter vom Zug erfasst wurden, da sie entweder den Gleisbereich nicht rechtzeitig verlassen oder sich im Lichtraumprofil des Nachbargleises aufgehalten haben. [3] Eine weitere Gefahrenquelle ist dabei der Kontakt mit elektrischen Leitungen, speziell hier mit der Oberleitung. Viele Unfälle auf Gleisbaustellen haben jedoch eins gemeinsam, oft enden sie mit schweren Verletzungen oder tödlich. [4]

Die Analyse der Unfallstatistik der DGUV hat außerdem ergeben, dass die Nationalität und die daraus resultierenden sprachlichen Barrieren ein wichtiger Einflussfaktor auf die Unfallzahlen sind. So waren im Jahr 2021 21 % der am Bau Beschäftigten Arbeiter ausländische Staatsangehörige. [5] Für die Baubranche wurden folgende Unfallzahlen nach Staatsangehörigkeit veröffentlicht. So betrafen von den in Deutschland im Jahr 2021 gemeldeten Arbeitsunfällen 9.250 Unfälle Staatsangehöriger einer anderen Nationalität als deutsch. Dies sind rund 8 % aller meldepflichtigen Unfälle auf Baustellen im Jahr 2021. [6] Im Zuge des steigenden Fachkräftemangels und der dadurch notwendigen Zuwanderung von ausländischen Fachkräften wird sich diese Statistik leider erhöhen. Hierbei wird deutlich, dass

die sprachlichen Barrieren zwischen Arbeitnehmer unterschiedlicher Nationalitäten Einfluss auf die Unfallprävention haben. So werden zum Beispiel Sicherheitseinweisungen und ausgesprochenen Warnungen nur teilweise oder schlecht verstanden, wodurch sich das Unfallrisiko erhöht. Auch hier ist es sinnvoll, einfache und universell verständliche Kommunikationswege in die Arbeitssicherheit zu implementieren, um das Unfallrisiko zu minimieren.

Eine Untersuchung der Unfallstatistik hinsichtlich der geschlechterspezifischen Verteilung der gemeldeten betrieblichen Unfallzahlen ergab, dass Männer überproportional von Arbeitsunfällen betroffen sind. Die Unfallstatistik der DGUV gliedert die gemeldeten Arbeitsunfälle in die Kategorien männlich und weiblich. 74,5 % der 730.516 gemeldeten betrieblichen Arbeitsunfälle entfielen auf männliche Arbeitnehmer, während 25,4 % der gemeldeten betrieblichen Arbeitsunfälle auf weibliche Arbeitnehmer zurückfallen. Bei den tödlichen Unfällen verstärkt sich die Tendenz sogar noch mehr, hier entfallen 92,9 % (250 in absoluten Zahlen) auf Männer, während 7,1 % (19) auf Frauen entfallen. [7] Dies lässt sich mit dem hohen Anteil an Männern in der weiterverarbeitenden Industrie, wie beispielsweise der Bauindustrie, zurückführen, da hier ein größeres Unfallpotential vorliegt.

3 Forschungsprojekt SafeCon3D

Eine dieser neuen Ansätze ist eine Positions- und Bewegungsüberwachung von Arbeitskräften und Baumaschinen in Echtzeit. Im Rahmen eines aktuell unter Beteiligung des Instituts für Baubetriebswesen laufenden Forschungsvorhaben soll ein informierendes bzw. automatisiertes Assistenzsystem entwickelt werden, welches die Gefahrenbereiche erkennt und vor spezifischen, zu Gefahrensituationen führenden Bewegungen von Baumaschinen, insbesondere der eines Mobilbaggers und Personen warnt bzw. diese vermeidet. Vergleichbar ist dieses Szenario mit den bekannten Assistenzsystemen der Einparkhilfe beim PKW, wodurch die Anzahl an Unfällen erfolgreich reduziert werden konnte. [8] Zusammen mit der Professur für Fluid-Mechatronische Systemtechnik, der Firma ECO Fahrzeugsysteme GmbH und der tp management GmbH soll ein Sicherheitsleitstand für den aktiven Baustelleneinsatz entwickelt werden. Dabei wird sich die stark voranschreitende Digitalisierung im Bauwesen zu Nutze gemacht und die Informationsbasen sowie neuen Integrationstechnologien - BIM-Modelle, Automatisierung, GNSS, 5G, WLAN - mit einbezogen. Am Beispiel einer fiktiven Gleisbaubaustelle mit verschiedenen Einsatzszenarien eines Baggers soll der Sicherheitsleitstand im Rahmen eines Versuchsfeldes erprobt werden.

3.1 Ermittlung Gefahrenpotentiale

Anhand der Analyse der Unfallstatistik und das Herausarbeiten der spezifischen Unfallursachen können spezielle Unfallszenarien abgeleitet werden. Dies ist dahingehend

wichtig, damit der entwickelte Demonstrator möglichst genau die Realität widerspiegelt. Damit die Funktionalität des Sicherheitssystems überprüft werden kann, wurden die verschiedene Gefahrensituationen aus bauverfahrenspezifischen Prozessen herausgearbeitet und auf die Referenzbaustelle übertragen. Bei Gleisbaubaustellen ist zum Beispiel das Unfallszenario des Kontaktes mit elektrischem Strom ein typischer Unfallschwerpunkt. Dabei ist insbesondere der Kontakt des Baugerätes mit der Oberleitung eine der häufigsten Unfallursachen. Einen weiteren Unfallschwerpunkt stellt der Zusammenstoß mit einem sich bewegenden Gegenstand dar. Hier sind zum einen die Fahr- und Drehbewegung des Zweibegebaggers und zum anderen die Gefahr durch vorbeifahrende Züge auf dem benachbarten Betriebsgleis als Gefahrenschwerpunkte von besonderer Bedeutung. In der nachfolgenden **Tabelle 1** sind ausgewählte Gefahrensituationen und die dazugehörige Gefahrenquelle aufgeführt.

Tabelle 1 Übersicht ausgewählter Gefahrensituationen

Gefahrensituationen	Gefahrenquelle
Bagger stürzt Böschung/Baugrube herab	zu geringer Abstand zur Böschungskante
Bagger schwingt in Oberleitung/ Nebengleis	Lichtraumprofil des Gleises wird nicht beachtet
Bagger kollidiert mit Baum	Baum wurde übersehen
Bagger kollidiert mit Objekt	Objekt wurde übersehen
Bagger kollidiert mit Person	Person wurde übersehen
Arbeiter stürzt in Baugrube/Böschung herab	Fehlende Absturzsicherung
Arbeiter hält sich im Lichtraumprofil des Gleises auf und wird erfasst	Unachtsamkeit des Arbeiters
Arbeiter erhält Stromschlag	Sicherheitsabstand wird nicht eingehalten.
Arbeiter wird vom Bagger erfasst	Arbeiter hält sich nicht im Sichtfeld des Baggerfahrers auf
Arbeiter wird zwischen 2 Objekten gequetscht	Sicherheitsabstand wird nicht eingehalten

Diese Unfallszenarien sollen im Rahmen einer Referenzbaustelle genauer betrachtet werden. Dabei werden durch eine Demonstration verschiedene Szenarien durchgespielt. Dadurch wird das System auf seine Funktionalität überprüft.

3.2 Referenzbaustelle

Um das System auf seine Funktionalität zu überprüfen, werden im Rahmen eines Versuchsfeldes verschiedene Einsatzszenarien betrachtet. Dafür ist es notwendig, den Gefahrensituationen passende Objekte anzuordnen. Im Zentrum der Referenzbaustelle steht der Mobilbagger, welcher bei Gleisbaubaustellen typischerweise ein Zweibegebagger ist. Dieser Mobilbagger bildet das Gefahrenobjekt anhand welchem diverse Gefahrensituationen

überprüft werden sollen. Eine dieser, für Gleisbaubaustellen besonderen Gefahr, stellt die Gefahr durch den Gleisbetrieb und die Oberleitung dar. Hierfür wird auf der Versuchsfläche eine Gleisstrecke mit Oberleitung nachgebildet. Anhand der Gleisstrecke soll das Gefahrenszenario des Hineinschwenkens in das Lichtraumprofil des Gleises und der Oberleitung durch das System verhindert werden. Eine weitere Gefährdung besteht durch die Kollision mit Objekten auf der Baustelle. Dieses Szenario soll anhand eines Baumes und einer Laterne, welche sich bereits auf der Versuchsfläche befinden, überprüft werden. In einem ersten Schritt soll die Funktionalität jedoch an einem einfachen geometrischen Körper erprobt werden. In **Bild 3** ist eine vereinfachte Visualisierung des Versuchsfeldes dargestellt.



Bild 3 Vereinfachte Visualisierung Versuchsfeld (Darstellung tp-management)

Nach dem alle Versuche an statischen Objekten abgeschlossen sind und die Funktionsfähigkeit des Systems validiert ist, wird die Versuchsreihe auf Personen, welche ebenfalls auf Baustelle lokalisiert werden, ausgeweitet.

3.3 Gesamtsystem

Im Zentrum des zu entwickelnden Assistenzsystems steht des Sicherheitsleitstand. In diesem Leitstand, welcher sich zukünftig direkt auf der Baustelle in einem separaten Container befindet, finden alle systemrelevanten Prozesse des Assistenzsystems statt. Dieser Container ist mit einer Signalleuchte ausgestattet, sodass zu jeder Zeit sichtbar ist, ob das System aktiviert, ausgeschaltet oder eine Störung vorliegt. Ein Teil des Sicherheitsleitstandes stellt das 3D-Umgebungsmodell der Baustelle dar. Hier sind alle auf der Baustelle befindlichen Objekte zu berücksichtigen und anhand ihrer realen Lage und Abmessung im BIM-Modell zu modellieren. Den einzelnen Objekten ist zusätzlich die Eigenschaft „Abstandszone“ zuzuordnen (grün dargestellt). Diese Abstandszone gliedert sich in 2 Zonen. Abstandszone 1 beschreibt dabei die rechtlich und normativ festgelegten Sicherheitsabstände. Die Abstandszone 2 beschreibt einen zusätzlichen Puffer, welcher angeordnet wird, um das Sicherheitsgefühl zu erhöhen und bei Störungen im System einen zusätzlichen Schutzmechanismus zu haben. Nähere Ausführungen zu den Abstandszone folgen in **Abschnitt 3.4**.

Ein weiterer wichtiger Bestandteil des Sicherheitsleitstandes ist das Baugerät selbst. Wichtige Voraussetzung für die Implementierung des Baugerätes ist, dass dieses die notwendigen technischen Voraussetzungen besitzt. Das Baugerät muss dabei zwingend eine GNSS-Antenne für die Lokalisierung besitzen. Außerdem muss das Baugerät über eine entsprechende Sensorik zur Aufnahme und Darstellung sämtlicher Maschinenbewegungen verfügen. Darüber hinaus muss das Baugerät außerdem über einen Fernsteuerungszugriff verfügen, sodass Befehle an die Steuerung von außerhalb der Maschine erfolgen können. Hier ist darauf zu achten, dass ausschließlich berechnete Befehle die Maschine erreichen, sodass es zu keiner Manipulation kommt. Für die Funktionalität bedarf es einer optimalen Kommunikationsarchitektur. Dabei ist besonders auf die Latenz zu achten. Kommt es zu Verzögerungen bei der Datenübertragung zum Sicherheitsleitstand hin oder zum Baugerät zurück, so wird dies die Funktionalität des Systems beeinträchtigen. Die gesamten Informationen des Baggers werden mittels OPC UA an den Sicherheitsleitstand übertragen. Die Systemarchitektur ist in **Bild 4** abgebildet.

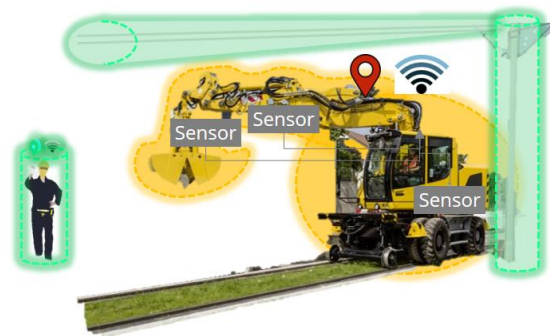


Bild 4 Visualisierung Systemaufbau (Darstellung FMS)

Zusätzlich dazu muss ein kinematisches 3D-Modell des Baugerätes (in diesem Fall der Mobilbagger) vorliegen, welches die realen Bewegungen wiedergeben kann. Zusätzlich dazu benötigt die Baumaschine einen Algorithmus zu Beschreibung der geschwindigkeitsabhängigen Hüllkurven, um die beweglichen Teile der Baumaschine (gelb dargestellt) abzubilden.

Die eigentliche Kollisionsprüfung findet letztlich in Unity statt. Dort werden sowohl die Daten des Mobilbaggers als auch die Daten des virtuellen Baustellenmodells importiert. Über die Kollisionsprüfung der Hüllkurven des Baggers mit den Sicherheitszonen einzelner Objekte kann das System entweder die ausgeführten Bewegungen verlangsamten oder blockieren. Dabei sendet der Sicherheitsleitstand mittels OPC UA die Daten an den Bagger zurück. Dadurch ist es möglich, dass der Sicherheitsleitstand in die Steuerung des Baggers eingreift.

Damit die Funktionsweise des Systems auch nachverfolgt werden kann, werden sämtliche Eingriffe gespeichert und

protokolliert. So können die Daten in regelmäßigen Abständen eingesehen und weiterverarbeitet werden. Die Protokolle können beispielsweise für Schulungen von Maschinenführern eingesetzt werden oder auch dazu beitragen, dass die Baustelleneinrichtung angepasst werden muss, falls es häufiger zu kritischen Situationen an bestimmten Stellen kommt.

3.4 Datenbank

Die Eigenschaften und Sicherheitsabstände baustellentypischer Objekte wurden in einer Datenbank zusammengeführt. Die Datenbank ist dahingehend wichtig, da das Sicherheitssystem alle notwendigen Eigenschaften des Versuchsfeldes zur Durchführung der Kollisionsprüfung benötigt. Somit kann das System über gezielte Abfragen sämtliche benötigten Eigenschaften aus der Datenbank heraus abfragen. Der grundlegende Aufbau der Datenbank ist in **Bild 5** dargestellt.

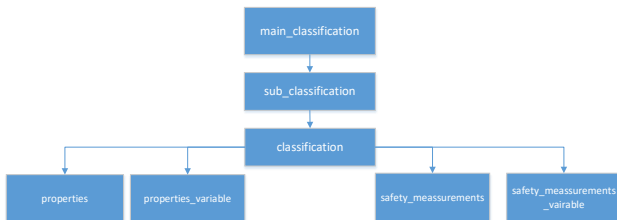


Bild 5 Aufbau der Datenbank

Die Datenbank besteht insgesamt aus sieben einzelnen Tabellen. Sie setzt sich aus den Tabellen „main_classification“, „sub_classification“, „classification“, „properties“, „properties_variable“, „safety_measurements“ und „safety_measurements_variable“ zusammen.

Die Tabelle „main_classification“ bildet die Oberkategorie aller auf einer Baustelle befindlichen Objekte. Dabei kann beispielsweise zwischen Personen, Baumaschinen oder Elementen der Baustelleneinrichtung, Vegetation, Absturzkanten, zu schützende Objekte, zu schützende Flächen, zu schützende Lichtraumprofile und zu transportierenden Güter und Hebezeuge unterschieden werden. Diesen Kategorien können in der Folge sämtliche möglichen Objekte zugeordnet werden. Den einzelnen Kategorien ist dabei jeweils ein separater Primärschlüssel zugeordnet, um eine eindeutige Zuordnung zu ermöglichen.

In der Tabelle „sub_classification“ werden die einzelnen Baustellenobjekte der jeweiligen Kategorie präzisiert. So können in der Kategorie Vegetation beispielsweise das Objekt Baum, Strauch oder Grünfläche zugeordnet werden. Diese unterschiedlichen Unterkategorien bekommen ebenfalls eine eigenständige numerische Kennung (ID).

In der Tabelle „classification“ werden sämtlichen Objekten, welche Teil des Sicherheitsleitstandes und damit der Baustelle sind, definiert und in ihre Einzelbestandteile aufgeteilt. So kann beispielsweise das Objekt Baum in die Ein-

zelteile Baumwurzel, Baumstamm und Baumkrone unterteilt werden. Zusätzlich kann der Baum auch als Ganzes betrachtet werden. Jedem Bestandteil eines Objektes wird eine separate ID zugeordnet. Zusätzlich zur Bezeichnung werden einzelnen Objekten Eigenschaften hinsichtlich ihrer dynamischen Fähigkeiten im Modell zugeordnet. Hier wird zwischen ortsfest (statisch) und ortsveränderlich (dynamisch) unterschieden.

Die Tabelle „properties“ definiert von allen Einzelbestandteilen eines Objektes die geometrische Eigenschaft. In der Regel sind dies vereinfachte 3-dimensionale Körper. Es kann sich dabei aber auch, wie im Falle von Flächen (z.B. Baustraße), um 2-dimensionale Ebenen handeln. Bei diesen Eigenschaften handelt es sich um unveränderliche Eigenschaften. Am Beispiel des Baumes sind dies zum einen der Umfang und die Höhe der einzelnen Baumbestandteile, woraus sich der 3-dimensionale Körper definiert. So hat der Baum zum Beispiel folgende Maße (siehe **Tabelle 2**):

Tabelle 2 Eigenschaften Objekt am Beispiel Baum

ID	Name	Value	Unit	Definition
30111	Baumhöhe	15000	mm	3-dimensionaler Zylinder um den gesamten Baum
30121	Wurzelhöhe	-2000	mm	3-dimensionaler Zylinder um den Wurzelbereich
30131	Stammhöhe	4000	mm	3-dimensionaler Zylinder um den Baumstamm
30141	Kronenhöhe	11000	mm	3-dimensionaler Zylinder um die Krone
30132	Stammdurchmesser	800	mm	3-dimensionaler Zylinder um den Baumstamm
30142	Kronendurchmesser	3000	mm	3-dimensionaler Zylinder um die Krone
30132	Wurzelausbreitung	2500	mm	3-dimensionaler Zylinder um den Wurzelbereich

Neben den festen Eigenschaften sind in der Tabelle „properties_variable“ noch variable Eigenschaften der einzelnen Objekte definiert. Diese betreffen in aller Regel die Geschwindigkeit.

Die festgelegten Sicherheitsabstände werden in der Tabelle „safety_measurements“ definiert. Dabei wird jedem

Einzelbestandteil eines Objektes ein eigener Sicherheitsabstand zugeordnet. Hier ist zwischen der Abstandszone 1 und Abstandszone 2 zu unterscheiden. Die jeweilige Abstandszone erhält zur eindeutigen Identifikation jeweils seine eigene ID. Abstandszone 1 bildet den durch Normen und Vorschriften festgelegten Sicherheitsabstand. Beim Kronen- und Wurzelbereich eines liegt dieser nach RAS-LP4 bei 1500 mm gemessen ab der Kronenaußenkante. In der Tabelle ist dem jeweiligen Sicherheitsabstand auch die dazugehörige Norm bzw. deren aktuelle Fassung zugeordnet. Die Abstandszone 2 dagegen bildet einen zusätzlichen Schutz, um Störungen im System aufzufangen und um den Sicherheitskomfort zu erhöhen. Diese beträgt 500 mm. Zusätzlich gibt die Tabelle an, ab welchem Punkt des Objektes der Sicherheitsabstand gilt. In der Regel ist dies die äußere Kante des Objektkörpers. Die Abstandszone sind dann auf die äußere Kante aufzurechnen. Dies ist insbesondere bei der Modellierung der digitalen Baustelle von Bedeutung.

Neben den festen Sicherheitsabständen sind zusätzlich variable Sicherheitsabstände von Bedeutung. Diese werden in der Tabelle „safety_measurements_variable“ definiert. Auch hier sind Abstandszone 1 und 2 dem jeweiligen Einzelbestandteil des Objektes zugeordnet. Ein Beispiel für die variablen Abstandszone ist der Abstand bei Böschungen. Dieser ist abhängig vom jeweiligen Gewicht des Objektes und der Art der Böschung (siehe dazu DIN 4124).

4 Rechtliche Risiken

Jedoch stellen sich gerade bei der Nutzung von Assistenzsystemen, welche automatisiert oder teilautomatisiert in den Arbeitsprozess eingreifen, die rechtliche Frage der Haftung, falls das System einmal versagt und es dadurch zu einem Unfall kommt. Hier müssen die rechtlichen Folgen geklärt sein. Diese rechtlichen Hürden bzw. Anforderungen an das automatisierte Assistenzsystem wurden am Anfang des Projektes untersucht. Besonders mit der Frage nach der Haftung wird sich kritisch unter Juristen auseinandergesetzt. Da automatisierte Systeme nicht als juristische Person angesehen werden können, fällt die Haftung bei einem Versagen oder einem Schadensfall entweder auf den Nutzer oder den Hersteller zurück. Hierbei muss zwischen einer vertraglichen Haftung für ein mangelfreies Produkt und einer deliktischen Haftung infolge eines Schadens durch ein fehlerhaftes Produkt unterschieden werden. Oftmals liegt die Haftung für entstandene Schäden bei einem fehlerhaften Produkt auf Seiten des Herstellers. Denn weist der Nutzer eine sachgemäße Nutzung des Produktes, in diesem Fall ein Automat, nach, so wird er in aller Regel entlastet. Somit haftet der Hersteller. Gemäß § 4 ProdHaftG schulden nicht nur der Hersteller, sondern ebenfalls Händler und Zulieferer als Gesamtschuldner für das Produkt. Als Mangel seitens des Herstellers können beispielsweise Programmierfehler, Konstruktionsfehler,

Produktionsfehler oder Instruktionsfehler vorliegen. [9] Darüber hinaus hat der Hersteller nach Inverkehrbringen des Produktes eine Produktbeobachtungspflicht, bei der auftretende Mängel zur Kenntnis genommen, dokumentiert und mit zumutbaren Maßnahmen zur Mängel- und Gefahrenbeseitigung abgestellt werden müssen. [10] Die Frage der Haftung liegt daher oft in Händen des Herstellers. Deswegen ist es umso wichtiger ein funktionierendes Produkt auf den Markt zu bringen und dieses anschließend zu überwachen und zu optimieren. Dies ist bei sicherheitsrelevanten Systemen umso wichtiger.

Da das angedachte System ebenfalls Personen beinhaltet, welche positionsüberwacht werden müssen, spielt weiterhin die Betrachtung des Datenschutzes eine große Rolle. Dabei sind die Anwesenheits- und Bewegungsdaten der auf der Baustelle agierenden Personen sensibel zu betrachten. Weitere sensible Daten sind die sensorübertragenen Maschinendaten, da auch diese mit personenbezogenen Informationen in Verbindung gebracht werden können. So können beispielsweise die Fahr- und Bewegungsdaten für eine gezielte Auswertung der Arbeitsweise des Maschinenführers genutzt werden. Auch diese Daten sind ausschließlich für den Einsatz im System gedacht. Gemäß § 6 Abs. 1 DSGVO ist von allen Personen eine Einwilligung einzuholen, damit ihre Daten innerhalb des Assistenzsystems genutzt werden können. Nach § 5 Abs. 1 DSGVO müssen personenbezogene Daten in einer für die betreffende Person nachvollziehbaren Weise verarbeitet sowie ausschließlich für die legitimierten, eindeutigen und dafür festgelegten Zwecke erhoben werden. Zusätzlich dürfen diese Daten nur so lange gespeichert werden, wie dies erforderlich ist. Nach § 6 Abs. 1 DSGVO müssen betroffene Personen dabei entweder direkt einwilligen oder die Datenerhebung muss zur Erfüllung rechtlicher Verpflichtungen dienen, um lebenswichtige Interessen des Betroffenen zu schützen. Dabei kann die Wahrung der Gesundheit als eine rechtliche Pflicht, sowie Pflicht zur Einhaltung lebenswichtiger Interessen der betroffenen Personen interpretiert werden. Daher ist eine Erhebung dieser Daten grundsätzlich möglich. Zusätzlich wird die Erhebung lediglich Personen unabhängig erfolgen. Dadurch ist Anonymität der Personen gewährleistet.

Für die Funktionalität des Systems, insbesondere den Schutz von Arbeitskräften, ist es wichtig die Daten zu sammeln und für eine kurze Zeit aufzubewahren. Denn nur durch die Erfassung der personenbezogenen Daten, können die Arbeiter effektiv durch das System geschützt werden. Dadurch lassen sich die Bewegungen auch im Nachhinein besser nachvollziehen und zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen und Einweisungen mit digitaler Unterstützung können angeordnet werden.

5 Zusammenfassung

Das Forschungsvorhaben SafeCon3D bietet einen innovativen Ansatz bei der Entwicklung eines Baustellenassistenzsystems. Die Untersuchung der Unfallzahlen hat gezeigt, dass die Baubranche nach wie vor eine der gefährlichsten Wirtschaftszweige Deutschlands ist. Insbesondere die Gefährdungen durch sich bewegende Gegenstände stellt mit 28,2 % eine der häufigsten Todesursachen auf Baustellen dar. Hier ist es zwingend notwendig die Sicherheitsmaßnahmen durch Assistenzsysteme zu erhöhen. Mit dem in der Entwicklung befindlichen Sicherheitsleitstand können sowohl Objekte als auch Personen besser geschützt werden. Zwingende Voraussetzung ist dabei allerdings eine stabile Datenverbindung und ein detailliertes BIM-Modell. Denn das System funktioniert nur, wenn alle auf Baustelle befindlichen Objekte in ihrer geografischen Lage und ihrer geometrischen Abmessungen präzise wiedergegeben sind. Dafür ist bei der Bestandsaufnahme und der Modellierung Baustelle und aller auf dem Baufeld befindlichen Objekte größte Sorgfalt geboten. Eine weitere technische Hürde stellt die entsprechende Ausstattung der Baugeräte dar. Die entwickelte Datenbank mit den implementierten Sicherheitsabständen kann Planern dabei helfen, die notwendigen Schutzzonen im Modell einzuarbeiten. Zusätzlich ist ein Modellkatalog in Arbeit, welcher ein direktes Importieren der Schutzzonen in ein Modell ermöglicht.

Das Tracking von Personen ist aus personenschutzgründen ein sensibles Thema. Da das Tracking allerdings im Sinne der Arbeiter erfolgt und die Daten nur für einen kurzen Zeitraum (die Tätigkeit auf der Baustelle) erhoben werden, stellt dies aus unserer Sicht kein rechtliches Problem dar. Denn nur wenn auch Personen getrackt werden können, kann das System diese vor Unfällen und Gefahren schützen. Die zukünftigen Entwicklungen am System werden zudem weitere Baugeräte beinhalten, sodass das System zu einer Verbesserung des Arbeits- und Gesundheitsschutzes auf Baustellen jeglicher Art beitragen kann.

6 Literatur

- [1] <https://www.bau-links.de/webplugin/2021/1008.php4>, abgerufen am 30.06.2023
- [2] Statistik Arbeitsunfallgeschehen 2021, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), 09/22, S. 90
- [3] <http://www.bauforumplus.eu/aus-unfaellen-lernen/unfaelle/gleisbau/bei-arbeiten-im-gleisbereich-vom-zug-erfasst/>, Stand 29.07.2022
- [4] https://www.xity.de/amp/Ein_Toter_durch_Stromschlag_auf_Baustelle_in_Bayern_id91877.html, Stand 29.07.2022
- [5] [auslaendischen-beschaeftigten-im-bauhauptgewerbe](https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/entwicklung-der-auslaendischen-beschaeftigten-im-bauhauptgewerbe)
- [6] Statistik Arbeitsunfallgeschehen 2021, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), 09/22, S. 45
- [7] Statistik Arbeitsunfallgeschehen 2021, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), 09/22, S. 43
- [8] Studie des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherer (GDV): Automatisiertes Fahren – Auswirkungen auf den Schadensaufwand bis 2035, 2021, Seite 11
- [9] Münchner Kommentar BGB, § 823 BGB, Rn. 572 und Palandt/Sprau, § 823 BGB, Rn. 169
- [10] BGH, Urteil vom 17.03.1981, Az.: VI ZR 191/79, BGHZ 80, 186, 192, NJW 1981, 1603; OLG Frankfurt, Urteil vom 11.11.1993, Az.: 1 U 254/88, NJW-RR 1995, 406, 408

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT
D U I S B U R G
E S S E N

Offen im Denken

ub

universitäts
bibliothek

Dieser Text wird via DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt. Die hier veröffentlichte Version der E-Publikation kann von einer eventuell ebenfalls veröffentlichten Verlagsversion abweichen.

DOI: 10.17185/duepublico/79110

URN: urn:nbn:de:hbz:465-20231017-142322-2

In: Tagungsband zum 32. BBB-Assistent:innentreffen 2023: 04.10.2023 - 06.10.2023,
Universität Duisburg-Essen.



Dieses Werk kann unter einer Creative Commons Namensnennung - Nicht kommerziell - Keine Bearbeitungen 4.0 Lizenz (CC BY-NC-ND 4.0) genutzt werden.