

Wie künstliche Intelligenz Baustellen effizienter macht



Fotos: pickup – stock.adobe.com / baranozdemir – istockphoto.com

Noch immer haftet der Bauindustrie das Image an, sich in Sachen Digitalisierung nur behäbig zu bewegen und ihr großes Potenzial nicht auszuschöpfen. Zu Unrecht, denn der schlafende Riese ist längst wach: Auch abseits vom mittlerweile etablierten Building Information Modeling (BIM) setzt die Branche zunehmend auf innovative, digitale Lösungen. Als Teil des Forschungsprojekts ESKIMO beschäftigt sich STRABAG aktuell mit dem Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI) auf Baustellen.

Das Forschungsvorhaben ESKIMO adressiert spezifische, KI-bezogene Digitalisierungshürden der Baubranche durch die disziplinübergreifende Vernetzung von elf Partnern aus Forschung und Wissenschaft, der IT-Branche sowie der Baubranche. Die STRABAG stellt dabei zwei Bauvorhaben für die Erhebung von Trainingsdaten zur Verfügung. Tatkräftige Unterstützung in Form von Know-how und Erfahrung kommt außerdem von den Digitalisierungsprofis des Unternehmensbereichs STRABAG Innovation & Digitalisation.

Der Fokus des vom Bundesinnenministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekts liegt auf dem Einsatz von KI in der Bauausführung – mit dem Ziel, ein deutlich effizienteres Baumanagement zu realisieren. Dafür werden insbesondere drei Anwendungsfälle untersucht:

Technischer Anwendungsfall (Mängelerfassung und -verortung)

Eine automatisierte Mängelerfassung kann jede Begehung und insbesondere jede Abnahme deutlich beschleunigen und zur Qualitätssteigerung beitragen. Mit der installierten ESKIMO-Lösung muss man lediglich das Smartphone oder Tablet auf den Baumangel richten und schon erscheint ein

automatischer Vorschlag, um welchen Mangel es sich handelt. Wird dieser bestätigt, übernimmt ESKIMO alle weiteren Schritte automatisch. Mit Hilfe des Helmkamerasystems soll der Mangel automatisch im 3D-Modell verortet werden. Trotzdem behält die Bauleitung jederzeit die volle Kontrolle und kann falls nötig korrigierend eingreifen.

Ziele

- **Automatische Klassifikation von optischen Mängeln (Fleck, Riss, Kratzer)**
- **Automatische Verortung eines Baumangels auf dem Plan und im 3-D-Modell**
- **Automatische Vorschlag des Nachunternehmers zu einem Mangel**
- **Automatische Erfassung und Verortung 360°-Bild im Modell für die Dokumentation**

Kaufmännischer Anwendungsfall (Aktuelles Raumbuch, Teilautomatisierte Rechnungsprüfung, Bautenstandserfassung)

Die intelligente kaufmännische Qualitätssicherung übernimmt die Herausforderung, einen Leistungsabgleich basierend auf dem BIM-Modell und der Realität zu ermitteln. Anhand der regelmäßigen Ist-Aufnahmen kann der Zeitpunkt des Einbaus der einzelnen Bauelemente ermittelt und modellbasiert mit der Planung abgeglichen werden. Im Projekt fallen Unmengen an Dokumente an, die gesichtet, sortiert und abgelegt werden müssen. ESKIMO nimmt sich dem Problem an und trainiert eine KI, die Dokumente klassifiziert (Datenblätter, Rechnungen, Lieferscheine/Aufmaß) und Merkmale aus ihnen extrahiert. Datenblätter werden Räumen zugeordnet. Die Ist-Situation wird durch KI erfasst und modellbasiert abgeglichen. Dem Bauleiter stehen alle Daten zur Verfügung, die zum Prüfen einer Rechnung notwendig sind (Rechnung, Aufmaß und Ist-Zustand).

Ziele

- **Stets Aktuelles Raumbuch**
- **Automatische Bautenstandserfassung**
- **Teilautomatisierte Rechnungsprüfung**

Logistischer Anwendungsfall (Erfassung BE-Flächen, Navigation,Soll/Ist-Vergleich)

Mittels kamerabestücktem Bauhelmaufsatz werden sämtliche Bereiche der Baustelle durch 360°-Bildaufnahmen erfasst. Die Bildaufnahmen werden in regelmäßigen zeitlichen Abständen immer an denselben Aufnahmepunkten ausgelöst. Das Resultat ist die durchgängige Dokumentation der Erfassung und Situationsveränderung potenzieller BE-Flächen der Baustelle. In virtuellen Begehungen können die BE-Flächen am PC begutachtet und der zeitliche Verlauf der Flächennutzung und -verfügbarkeit nachvollzogen werden. Nicht nur BE-Flächen sollen erfasst werden, sondern auch Container-Füllstände. Durch das Projekt ESKIMO wird es möglich, Müll- und Entsorgungsbehälter automatisch zu lokalisieren und darüber hinaus deren Füllstände zu erfassen und erforderliche logistische Operationen abzuleiten und auszulösen.

Ziele

- **Erfassung potenzieller BE-Flächen und deren Dimensionierung**
- **Optimierte Navigation auf der Baustelle**
- **Soll/Ist-Vergleich mit logistischen Operationen**

Allen Anwendungsfällen liegt das gleiche Grundprinzip zugrunde: Durch eine intelligente Interpretation der Ist-Situation werden Informationen aus Bilddaten gewonnen und verarbeitet. Für die maschinelle Bildverarbeitung werden tiefe neuronale Netze eingesetzt, die mithilfe von KI-Algorithmen aus Bildern lernen.

Ein Blick in die Praxis

Was vielleicht etwas kompliziert klingt wird schnell anschaulicher, wenn man ein typisches Problem aus dem Projekt betrachtet: Es gilt, die eigene Position in einem Raum zu bestimmen. Zwar wissen wir, in welchem Raum wir uns befinden, jedoch nicht wo genau. Also suchen wir nach fest verorteten Bauteilen, die wir auch im BIM-Modell vorfinden. Um diese Aufgabe zu lösen, werden Fenster, Türen und Kanten detektiert, die Vorhersagen der KI werden durch einen „normalen“ Algorithmus verarbeitet und es erfolgt ein topologischer Abgleich zwischen Ist-Situation und BIM-Modell mit dem Ziel, eine genaue Positionsbestimmung vorzunehmen. Zu diesem Zweck wurde ein neuronales Netz mit tausenden von Bildern trainiert. Um die KI zu testen, wurden dem neuronalen Netz anschließend Bilder gezeigt, die zuvor nicht für das Training verwendet wurden.



Abbildung 1: Vorhersage der KI für ein 360°-Bild

Das Ergebnis beeindruckt: Türdurchbrüche und Fenster erkennt die KI mit einer Wahrscheinlichkeit von bis zu 99%. Doch leider werden durch die Sonneneinstrahlung auf der angrenzenden Wand fälschlicherweise ebenfalls zwei Türen erkannt.

Um dieses Problem zu lösen, gibt es nun mehrere Ansätze: Das Nutzen einer anderen Architektur, das Anpassen der Trainingsparameter (Hyperparameter) oder der Versuch, bessere Parameter für das konkrete Problem zu finden. Welcher davon zur Lösung geführt hat, erfahren Sie in unserem nächsten Projekt-Update.

Die Zukunft ist jetzt

ESKIMO startete offiziell am 1. April 2020 und endet voraussichtlich nach 24 Monaten Projektlaufzeit im März 2022. Und auch wenn sich das System noch in der Entwicklung befindet, so zeigt es doch, dass

KI-unterstützte Bauausführung längst keine Zukunftsmusik mehr ist – und darüber hinaus direkt vor unserer Haustüre Wirklichkeit wird.

Exkurs für Interessierte: Maschinelles Lernen (ML)

Der Unterschied zum „normalen“ Programmieren besteht darin, dass die Architektur des Algorithmus bei einem Fehler nicht angepasst wird. Stattdessen passt sich der Algorithmus dem Problem an und lernt dabei aus seinen Fehlern, ohne dass der Mensch in die Architektur des Programms eingreift. Die Grundidee hinter ML besteht darin, dass aus Beispielen Regelmäßigkeiten, Muster oder Modelle extrahiert – sprich gelernt – werden, mit deren Hilfe Daten klassifiziert oder Werte vorhergesagt werden. KI-Systeme, die auf ML basieren, werden empirisch mit Hilfe von Beispieldaten trainiert. Am Ende der Lernphase entstehen Modelle, die die bisher gesehenen Beispiele verallgemeinern, sodass vorher unbekannte Daten korrekt verarbeitet werden können.

Bei diesem Ansatz des Lernens werden durch Beispiele aus einer Menge von Beispielen (Trainingsinstanzen) Modelle induziert, die möglichst alle Beispiele abdecken. Hierzu werden mathematische und statistische Verfahren verwendet. Der Vorteil von ML-Systemen ist deren relativ geringer Entwicklungsaufwand und ihre leichte Anpassbarkeit, der Nachteil liegt allerdings bei einem großen Datenbedarf und einer schlechten Erklärungsfähigkeit bezüglich der gefundenen Lösungen.

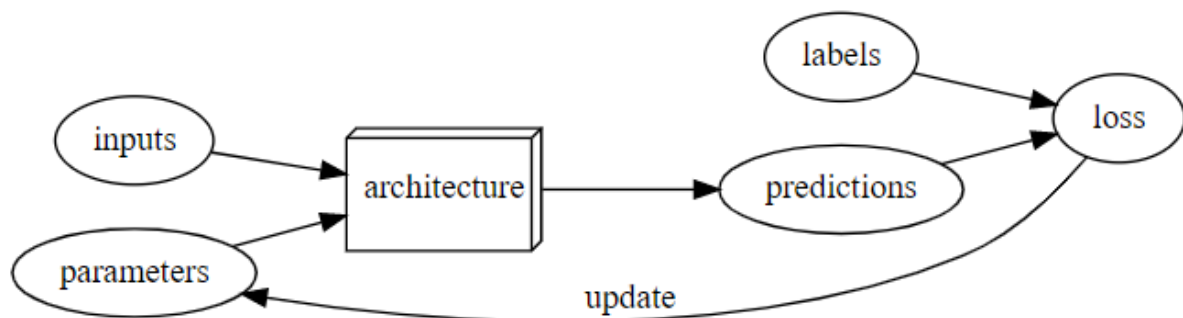


Abbildung 2: Wie lernt eine KI? (Quelle: https://github.com/fastai/fastbook/blob/master/01_intro.ipynb)

Die Funktion, die in der Mitte sitzt, nennen wir Architektur. Die Architektur ist die „Form“ des Modells (Spezielle Anordnung von Pooling- und Faltungsschichten), mit der die Parameter nach jedem Trainingsdurchgang eingestellt werden, sodass damit eine bestimmte Aufgabe gelöst werden kann.

Die Ergebnisse, die die Architektur mit den aktuellen Parametern ausgibt, nennen wir Vorhersagen [%]. Diese basieren auf zwei Arten von Eingängen: Unabhängige Variablen (Inputs) wie Bilder von Katzen oder Hunden und abhängige Variablen, die auch als Labels bekannt sind, die dem Netz verraten, ob es sich auf dem Bild um eine Katze oder einen Hund handelt.

Die Performance der Architektur wird über die Loss-(Kostenfunktion)-Funktion bestimmt. Der Loss wird auf Grundlage der Labels und der Vorhersagen berechnet. Das Ziel ist es, die Loss-Funktion zu minimieren, um möglichst gute Vorhersagen treffen zu können. Die Ergebnisse der Loss-Funktion werden genutzt, um die Parameter anzupassen. Nach dem Training sind die Parameter so eingestellt, dass das Problem gelöst werden kann. Mit dem richtigen Satz an Parametern lässt sich in der **Theorie jedes Problem lösen**. Die Schwierigkeit ist es, diese Parameter zu finden!

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung