

Ein ontologiebasiertes Verfahren zur automatisierten Bewertung von Bauwerksschäden in einer digitalen Datenumgebung

**An ontology-based approach for automatized evaluation of structural damage in
a digital data environment**

An der Fakultät Bauingenieurwesen der Technischen Universität Dresden
zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte

Dissertation

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Al-Hakam Hamdan
geboren am 02. März 1991 in Dresden

Gutachter:

Prof. Dr.-Ing. Raimar J. Scherer (TU Dresden)
Prof. Dr.-Ing. Jakob Beetz (RWTH Aachen)
Prof. Dr.-Ing. Kay Smarsly (TU Hamburg)

Tag der Einreichung: 27. Januar 2022

Tag der Verteidigung: 30. August 2022

Kurzfassung

Neue Technologien im Bereich der Bauwerks- und Schadenserfassung führen zu einer Automatisierung und damit verbundenen Effizienzsteigerung von Inspektionsprozessen. Eine adäquate Digitalisierung des erfassten Bauwerkzustandes in ein BIM-Modell ist jedoch gegenwärtig nicht problemlos möglich. Eine Hauptursache hierfür sind fehlende Spezifikationen für ein digitales Modell, das aufgenommene Schäden repräsentieren kann. Ein Problem bilden dabei Unschärfen in der Informationsmodellierung, die üblicherweise bei BIM-Verfahren im Neubau nicht auftreten. Unscharfe Informationen, wie z.B. die Klassifizierung detektierter Schäden oder Annahme weiterer verborgener Schäden, werden derzeit manuell von Experten evaluiert, was oftmals eine aufwendige Auswertung kontextueller Informationen in einer Vielzahl verteilter Bauwerksdokumente erfordert. Eine automatisierte Bewertung detektierter Schäden anhand des Bauwerkskontextes wird derzeit noch nicht in der Praxis umgesetzt.

In dieser Dissertation wird ein Konzept zur Repräsentation von Bauwerksschäden in einem digitalen, generisch strukturierten Schadensmodell vorgestellt. Das entwickelte Konzept bietet hierbei Lösungsansätze für Probleme gegenwärtiger Schadensmodellierung, wie z.B. die Verwaltung heterogener Dokumentationsdaten, Versionierung von Schadensobjekten oder Verarbeitung der Schadensgeometrie. Das modulare Schema des Schadensmodells besteht aus einer generischen Kernkomponente, die eine allgemeine Beschreibung von Schäden ermöglicht, unabhängig von spezifizierenden Faktoren, wie dem betroffenen Bauwerkstyp oder Baumaterial. Zur Definition domänenspezifischer Informationen kann die Kernkomponente durch entsprechende Erweiterungsschemata ergänzt werden. Als präferierte Serialisierungsmöglichkeit wird das Schadensmodell in einer wissensbasierten Ontologie umgesetzt. Dies erlaubt eine automatisierte Bewertung der modellierten Schadens- und Kontextinformationen unter Nutzung digitalisierten Wissens.

Zur Evaluation unscharfer Schadensinformationen wird ein wissensbasiertes Bewertungsverfahren vorgestellt. Das hierbei entwickelte Schadensbewertungssystem ermöglicht eine Klassifizierung detektierter Schäden, sowie Folgerung impliziter Bewertungsinformationen, die für die weitere Instandhalterische Planung relevant sind. Außerdem ermöglicht das Verfahren eine Annahme undetektierter Schäden, die potentiell im Inneren des Bauwerks oder schwer erreichbaren Stellen auftreten können. In der ontologischen Bewertung werden dabei nicht nur Schadensmerkmale berücksichtigt, sondern auch Informationen bezüglich des Bauwerkskontext, wie z.B. der betroffene Bauteil- oder Materialtyp oder vorliegende Umweltbedingungen.

Zur Veranschaulichung der erarbeiteten Spezifikationen und Methoden, werden diese abschließend an zwei Testszenarien angewendet.

Abstract

New technologies in the field of building and damage detection lead to an automation of inspection processes and thus an increase in efficiency. However, an adequate digitalisation of the recorded building data into a BIM model is currently not possible without problems. One main reason for this is the lack of specifications for a digital model that can represent recorded damages. Thereby, a primary problem are uncertainties and fuzzy data in the information modelling, which usually does not occur when applying BIM for new buildings. Fuzzy information, such as the classification of detected damages or the assumption of further hidden damages, is currently evaluated manually by experts, which often requires a complex evaluation of contextual information in a multitude of distributed building documents. An automated evaluation of detected damages based on the building context is applied or implemented in practice.

In this thesis a concept for the representation of structural damages in a digital, generically structured damage model is presented. The developed concept offers solutions for problems of current damage modelling, e.g. the management of heterogeneous documentation data, versioning of damage objects or processing of the damage geometry. The modular scheme of the damage model consists of a generic core component, which allows a general description of damages, independent of specifying factors, such as the type of construction or building material concerned. For the definition of domain-specific information, the core component can be supplemented by corresponding extension schemes. As a preferred serialisation option, the damage model is implemented in a knowledge-based ontology. This allows an automated evaluation of the modelled damage and context information using digitised knowledge.

For the evaluation of fuzzy damage information, a knowledge-based evaluation procedure is presented. The developed damage evaluation system allows a classification of detected damages as well as the conclusion of implicit evaluation information relevant for further maintenance planning. In addition, the method allows the assumption of undetected damages that can potentially occur inside the structure or in places that are difficult to reach. In the ontological assessment, not only damage characteristics are considered, but also information regarding the building context, such as the affected component or material type as well as existing environmental conditions.

To illustrate the developed specifications and methods, the whole concept is applied to two test scenarios.