

TECHNISCHE BESTANDSBEWERTUNG MIT DER FAKTORENMETHODE NACH ISO 15686 UNTER VERWENDUNG VON SIMULATION

Martin Bauer, Matthias Brandmair
 Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen,
 Hochschule Augsburg, Deutschland

KURZFASSUNG

Für die systematische technische Bestandsbewertung von Baukonstruktionen wird ein Modell vorgestellt, das die Faktorenmethode der ISO 15686 nutzt und mit Monte-Carlo-Simulation kombiniert. Mit dieser Vorgehensweise werden Unsicherheiten in der Bestandsbewertung reduziert. Das Verfahren wird an einem Bestandsbau angewendet und mit etablierten Bewertungsverfahren verglichen.

ABSTRACT

This work presents an approach to service life estimation of building components. It uses the factor method described in the ISO 15686 standard. The method is combined with Monte-Carlo-Simulation to face uncertainty of components degradation. Results of the model are used for service life estimation on a non-residential building and compared to established method results.

EINLEITUNG

Ziel eines umfassenden Gebäudemanagements im Unterhalt muss es sein, wirtschaftliche Entscheidungen in Bezug auf kommende Ein- und Auszahlungsströme treffen zu können. In Bezug auf Reparatur, Pflege und Instandhaltung eines Baubestandes müssen das genaue Alterungsverhalten und die damit einhergehende Wertminderung eines Bauelementes zu jedem Zeitpunkt bekannt sein.

Eine verbreitete Methode [IPBAU], beschränkt sich auf die stichprobenartige Bestandsbewertung von Bauteilen verschiedenen Alters.

Auswertungen der Lebensdauer von Bauwerkskomponenten aus dem Wohnungsbau bilden die Bewertungsbasis für Bauteilkomponenten.

Diese Datenbasis, erweitert um Umfrageergebnisse und Literaturauswertung, bildet die Grundlage für die Anhaltswerte der Lebensdauer von Bauteilen, die allgemein zur Verfügung gestellt werden [BMVBS].

Mangels systematischer Datenerhebung über die vollständige Lebenszeit von Bauteilen bleiben bisherige Ansätze mit großer Unschärfe behaftet. Die Ansätze sind daher keine adäquate Lösung in der

systematischen Lebensdauerplanung bzw. zur Vorhersage von genauen Ausfallzeitpunkten.

BEWERTUNGSSVERFAHREN DER BAUTEILLEBENSDAUER

Wert-Alter Ermittlung

Mittels vorgeschlagener Bewertungsintervalle und einer zugehörigen Entwertungskurve wird auf den relativen Wert einer Konstruktion durch Vor-Ort-Bewertung geschlossen. Unter Annahme eines funktional beschreibbaren Verlaufs der Entwertung der Bestandteile des Bauwerks kann auf einen Zeitwert und daraus auf die zu erwartende Lebensdauer geschlossen werden.

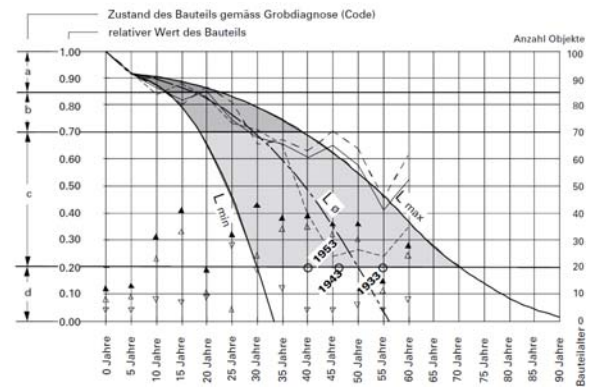


Abb. 1: Wert-Alter-Diagramm mit Objektauswertung für Fenster [IPBAU]

Planung der Lebensdauer nach ISO 15686

Der Normenverbund ISO 15686 und Projekte wie [BELCAM] und definieren ein Gebäude als ein Gesamtsystem mit verschiedenen Komponenten, welches mehreren Einflussfaktoren unterliegt. Dabei ist der Alterungsprozess von Bauelementen als ein komplexes System zu betrachten. In dessen Kontext erfolgt eine Risikoanalyse einer Bauteilstruktur in seiner Entwertung anhand einer Wertung von Einflussfaktoren und bildet so eine annähernd genaue Abbildung der Lebensdauer im Lebenszyklus einer Konstruktion.

Auf Basis einer Referenzlebensdauer (R_{SL} - reference service life of components) beschreibt die Methode eine eigenen Weg. Mittels Abschätzung

und Bewertung objektspezifischer Bedingungen wird auf eine zu errechnende Lebensdauer geschlossen.

Die ISO 15866 schlägt hierzu eine Faktorenmethode zur Bestimmung der Lebensdauer von Bauteilkomponenten (ESLC - estimated service life of components) vor.

Die Bestimmung erfolgt nach der Gleichung

$$ESCL = RSLC \cdot A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G$$

Hierbei beschreiben die einzelnen Faktoren Klassen von Objektbedingungen: Qualitätsmerkmale (A, B, C) Umgebungsbedingungen (D, E) und Nutzungsbedingungen (F, G)

- A – Qualität der Bauteilkomponente
- B – Baukonstruktionsdesign
- C – Ausführungsqualität
- D – Umwelteinflüsse von innen
- E – Umwelteinflüsse von außen
- F – Beanspruchungsgrad
- G – Unterhaltsniveau

Die Faktoren schätzen die objektspezifische Situation einer Referenzlebensdauer (reference service life of components) ab und sollen nach Vorschlag zwischen 0,8 und 1,2, bevorzugt jedoch zwischen 0,9-1,1, angenommen werden.

Die Faktorenmethode wird für den Praxisbetrieb in drei Anwendungsarten und unterschiedlichen Detaillierungsgraden vorgeschlagen:

- Checklisten-Ebene
- Multiplikationsebene
- Funktionsebene

Abhängig von der Genauigkeit der Daten und Aufwand spannt sich die Ermittlungsgenauigkeit der Lebensdauer von einer auf Erfahrung beruhenden Schätzung bis hin zur Verteilungsfunktionen der Lebensdauer aufgrund der Auswertung von Datenerhebungen.

Schließlich wird eine Kombination aus Multiplikationsebene und Funktionsebene als Bestimmungsart der Lebensdauer erlaubt.

Die Restlebensdauer eines Bauteils ergibt sich aus

$$RLD = ESCL - \text{Alter des Bauteils}$$

VORSCHLAG EINES SYSTEMS ZUR BESTIMMUNG DER RESTLEBENSDAUER MITTELS MONTE-CARLO-SIMULATION

Für Bauteile liegen systematische Datenerhebungen in unzureichender Form über die vollständige Lebenszeit und vor allem in nicht normierten Datenerhebungen vor. Daher bleibt die konkrete

Ermittlung der Lebensdauer von Bauteilen mit unscharf.

Grundgedanke

Der Unscharfe mangels Datenerhebung soll im vorgestellten Ansatz mittels einer Wahrscheinlichkeitsermittlung begegnet werden. Die Bestimmung der Lebensdauer soll weiter aus einem Intervall von Minimal- und Maximalwert von Referenzlebensdauer und der Faktoren in maximalen Intervallen vereinfacht werden.

Die ESLC wird dann mittels Monte-Carlo-Simulation bestimmt. Das Verfahren soll für den Praxiseinsatz im Nichtwohnungsbau vorgesehen sein. Daher ist weiter zu prüfen, mit welcher Anzahl von Rechenschritten annehmbare Ergebnisse erzielt werden können.

Implementation und Validierung

Die Simulationsumgebung wird in der Tabellenkalkulationsumgebung Excel entwickelt [Brandmair]. Es implementiert als Rechenkern VBA-Skripten der Freeware-Software Montecarlo [Montecarlo]. Die Zufallszahlen greifen in einer Vereinfachung der unterschiedlichen Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Faktoren [CIB] auf die Zufallszahlen von Excel zurück, die gleichverteilt angenommen werden müssen.

Zur Validierung werden die Beispiele nach ISO 15686, dokumentiert in [Moser1], [Moser2], herangezogen. Für die Ermittlung von Wahrscheinlichkeiten wurden Durchläufe der Simulation von n = 100 bis 1.000.000 herangezogen. Abb. 1 zeigt die Ergebnisse von n=10.000 im Vergleich zu [Moser1]. Simulation mit dieser Anzahl von Durchläufen wird die für die spätere Bestandsbewertung zunächst als befriedigend angenommen.

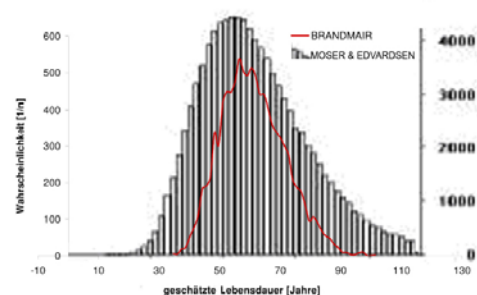
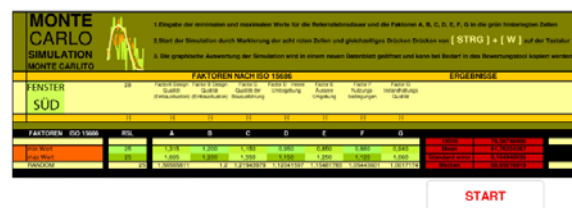


Abb. 2: Vergleichsrechnung mit n=10.000

ANWENDUNG IN DER BEWERTUNG EINES GEBÄUDEBESTANDES



Abb. 3: Bewertetes Bestandsgebäude

Für Fassadenelemente eines Bestandsgebäudes Abb. 3 wurden Vergleichsrechnungen mit der Faktorenmethode, den simulierten Werten der Faktorenmethode und der Restlebensdauer nach IP Bau durchgeführt und deren Ergebnisse verglichen. Die dazu betrachteten Bauteile waren Fenster, Anstrich und Fassadenkonstruktion. Die Ergebnisse sind in Abb. 4 für die Simulation angegeben.

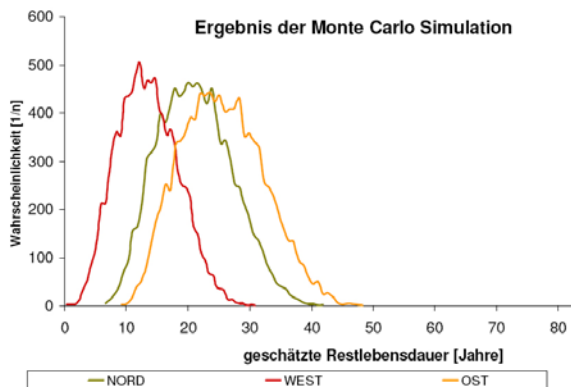


Abb. 4.: objektspezifische Simulationsergebnisse für die Fensterelemente nach Einbausituation.

Tabelle 1 zeigt die Vergleichswerte für die standardisierten Verfahren.

Tabelle 1:
Vergleichsrechnungen Faktorenmethode und IP Bau-Methode

	ISO 15686			IP Bau	
	RLD min	RLD med	RLD max	RLD min	RLD max
Fenster West	7,24	13,80	20,37	8,00	25,00
Fenster Ost	17,00	26,00	35,00	8,00	25,00
Fenster Nord	13,50	21,50	29,60	8,00	25,00

ZUSAMMENFASSUNG

Es kann vermutet werden, dass mittels Monte-Carlo-Simulation die Unsicherheiten bei der Anwendung der Faktorenmethode eingeschränkt werden können. Dies stützt sich auf die Annahme, dass veröffentlichte Ergebnisse trotz der Vereinfachung der angenommenen Gleichverteilung näherungsweise nachvollzogen werden können. Mittels dieser Methode wird die technische Bewertung des Bestandes innerhalb von Szenarios möglich.

Weiterer Klärungsbedarf liegt in der genauen Nachvollziehbarkeit der Rechenergebnisse bezüglich der Wahrscheinlichkeitsverteilungen in den Einflussfaktoren für die Bauteilkomponenten bei objektspezifischen Daten und besonders deren Referenzlebensdauer.

Einzelne Verteilung sind z.B. für Fenster bekannt. Die Daten lassen sich jedoch für eine befriedigende Bewertung auf mehrere Bauteile ausgeweitet werden. Exemplarisch sind hierfür systematische Arbeiten [Khuncumchoo] oder die Datengewinnung nach ISO 15686 genannt.

Kritisch muss dabei auch der Ansatz der Faktorenintervalle bei Anwendung der Faktorenmethode hinterfragt werden. Der Hinweis, Intervalle in einer Spanne zwischen 0,8 und 1,2 oder geringer anzusetzen, wird durch ausführliche Arbeiten [CIB] teilweise korrigiert.

LITERATUR

[BELCAM I] BELCAM I: "The BELCAM Project: A Multiobjective and stochastic system for building maintenance management", Dana J. Vanier, Zoubir Lounis, Public Works and Government Services Canada, National Research Council, 2000.

[BMVBS] www.nachhaltigesbauen.de/bericht_zum_zwischenstand_bf.pdf, Letzter Aufruf 2010-03-27.

[Brandmair] M. Brandmair: Systematische Bestandsbewertung und Kostenverknüpfung in der Lebenszyklusplanung. Master Thesis. Hochschule Augsburg, 2010.

[CIB] CIB W80 / RILEM TC 140 – TSL: Committee on Service Life of Building Materials and Components, "Guide and Bibliography to Service Life and Durability Research for Building Materials and Components", Per Jernberg, Michael A. Lacasse, Svein E. Haagenrud, Christer Sjöström, March 2004.

[IPBAU] Bundesamt für Konjunkturfragen, Impulsprogramm BAU: "Alterungsverhalten von Bauteilen und Unterhaltskosten", Schweiz, Dezember 1994.

ISO 15686-1 2000-09-01 Buildings and constructed assets – Service life planning Part 1: General Principles.

ISO 15686-2 2001-03-01 Buildings and constructed assets – Service life planning Part 2: Service life prediction procedures.

ISO 15686-7 2006-03-01 Buildings and constructed assets – Service life planning Part 7: Performance evaluation for feedback of service life data from practice.

ISO 15686-8 2008-06-15 Buildings and constructed assets – Service life planning Part 8: Reference service life and service-life estimation.

[Khuncumchoo] N., Khuncumchoo: „Proof of Maintenance Record Analysis Towards Proactive Maintenance Policies”, A Dissertation presented to the Academic Faculty, Georgia Institute of Technology, May 2007.

[Montecarlito] <http://www.montecarlito.com/> letzter Aufruf: 2010-03-26

[Moser1] K. Moser, C. Edvardsen: Engineering design methods for service life prediction, in Proceedings of 9th DBMC, Brisbane, 2002.

[Moser2] K. Moser & C. Edvardsen: Engineering design methods for service life prediction, EMPA Research & Testing Switzerland, COWI Consulting Engineers and Planners Denmark, 2002.