

Zusammenfassung der Promotionsschrift

**Modell bedarfsorientierter Leistungserbringung im FM auf
Grundlage von Sensortechnologien und BIM**

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

an der Fakultät Bauingenieurwesen der
Bauhaus-Universität Weimar

vorgelegt von

Nadine Wills

geb. 23.01.1991 in Rotenburg a.d. Fulda, Deutschland

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Bargstädt

Status der Doktorandin: extern

Weimar, *März 2021*

Problemstellung und Zielsetzung der Arbeit

1. Die Bewirtschaftungskosten eines Gebäudes übersteigen die Herstellungskosten i. d. R. um ein Vielfaches. Ein wesentlicher Kostenfaktor sind die Reinigungs- und Pflegedienste des infrastrukturellen Facility Managements (FM).
2. Bei der verrichtungsorientierten Leistungserbringung erfolgt die Tätigkeitsausführung unabhängig vom tatsächlichen Bedarf. Leistungen werden auf Grundlage vertraglich definierter Intervalle oder Zeitpunkte erbracht. Notwendige Leistungen außerhalb dieser Zeitpunkte bleiben trotz bestehenden Bedarfs unerfüllt.
3. Die bedarfsorientierte Leistungserbringung erfordert dagegen die Identifikation von Bedarfen, um vertraglich definierte Ergebniszustände zu liefern. Manuelle Bedarfsermittlung ist subjektiv geprägt und gewährt keine vollumfänglich quantifizierbare Bedarfserfassung. Ferner führt diese Art der Bedarfsermittlung zu Mehrkosten auf Seiten des ausführenden Dienstleisters, wenn das Personal zunächst den Bedarf durch Sichtkontrollen zu erfassen hat.
4. Das Personal muss so geschult sein, dass es von in Leistungsverzeichnissen beschriebenen Ergebniszuständen auf zu erbringende Tätigkeiten schließen kann.
5. Spezifikationen der FM-Leistungserbringung werden in sog. Service Level Agreements definiert. Unabhängig von der beauftragten Art der Leistungserbringung sind definitorische Erläuterungen zu Bedarfen nicht explizit vorhanden. Die Erbringung von Leistungen soll durch den Auftragnehmer in Abhängigkeit des Bedarfs erfolgen, ohne quantifizierbare Informationen darüber, wann dieser gegeben ist.
6. Die für die FM-Leistung benötigten Informationen sind aufgrund der Heterogenität von Gebäuden und deren Nutzungsarten vielschichtig und bisher nicht standardisiert.
7. Der integrale Einsatz der Building Information Modeling-Methode und Sensortechnologien im FM fokussiert sich aktuell auf die Leistungserbringung der vorausschauenden Wartung und Inspektion von gebäudetechnischen Anlagen im Bereich des technischen FM (z. B. Aufzüge, Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik).
8. Das Ziel der Dissertation ist es, ein neuartiges Modell zu entwickeln, das die bedarfsorientierte Leistungserbringung, d.h. den geschlossenen Regelkreis von Ermittlung des Bedarfs über die Auslösung von Tätigkeiten bis zur Dokumentation der erbrachten Leistung ermöglicht.
9. Die Modellentwicklung fokussiert auf die Verknüpfung relevanter Informationen zur Leistungserbringung und sensorbasierter Bedarfsermittlung. Das Modell soll durch den Nutzer im Hinblick auf Gebäude- und Nutzungsart flexibel konfigurierbar sein.
10. Ein Aspekt ist die Auseinandersetzung mit der Subjektivität von Bedarfen. Das zu entwickelnde Modell zielt auf die Stärkung der Objektivierung des Bedarfs ab. Schwellen- und Grenzwerte sollen eine für alle Parteien transparente Möglichkeit der FM-Leistungserbringung ermöglichen.
11. Die Entwicklung des Modells erfolgt auf Basis des BIM mit dem Ziel, dass ein Bauwerkinformationsmodell als Informationsquelle alle notwendigen Gebäudeinformationen für Leistungserbringungen bereitstellen kann.

Stand der Wissenschaft

12. Sensorgestützte vorausschauende Leistungserbringung im Bereich gebäude-technischer Anlagen wird bereits erforscht und in der Gebäudebewirtschaftung angewendet. Im Bereich der Leistungserbringung des infrastrukturellen Facility Managements, das stark dienstleistungsorientiert ist, sind dagegen wissenschaftliche und fundierte Ausarbeitungen zur sensorbasierten und ergebnisorientierten Leistungserbringung noch nicht verbreitet.
13. Da eine manuelle Bedarfserkennung nicht sicher und objektiv zu gewährleisten ist, existieren auf dem Markt einige singuläre Insellösungen mit sensorgestützter Softwareanwendung, die im Bereich der Reinigungs- und Pflegedienste sowie der vorausschauenden Wartung und Instandhaltung von gebäudetechnischen Anlagen für Entlastung sorgen.
14. Im Sinne der lebenszyklusübergreifenden BIM-Methode können Daten, die für die Leistungserbringung im FM relevant sind, bereits in der Gebäudeplanungsphase generiert werden. Die Vergabe von FM-Leistungen erfolgt jedoch zu einem späteren Zeitpunkt als der Planungsphase. Trotz Regelwerken und Empfehlungen zur Berücksichtigung von Anforderungen des FM in der Planungsphase bestehen weiter Defizite. Daher stehen Informationen in nicht adäquater Weise zur Verfügung und sind erst durch das FM aufzubereiten.
15. Trotz existierender Regularien zur Standardisierung der Leistungserbringung ist diese aufgrund des multidisziplinären Tätigkeitsspektrums des FM in Kombination mit der Heterogenität von Gebäuden, Nutzungsarten und Auftragsstrukturen nicht allgemein gültig.
16. Vorhandene BIM-Anwendungsfälle bilden zwar FM-relevante Prozesse ab, spiegeln jedoch nicht die bedarfsorientierte Leistungserbringung wieder. Kriterien wie die Quantifizierung eines Bedarfs, sind in vorhandenen BIM-Anwendungsfällen nicht vorgesehen.

Eingesetzte Methoden

17. Eine Literaturstudie zum Stand der Forschung bildet die Grundlage dieser Arbeit. Daneben werden disziplinübergreifende Themen wie Datenbanktheorien und IoT herangezogen.
18. Mittels einer Analyse von Leistungsverzeichnissen wurden die Informationen identifiziert, die zur Ausführung von Tätigkeiten des Facility Services Reinigungs- und Pflegedienste erforderlich sind. Ausschreibungsunterlagen, Leistungsverzeichnisse und Leistungsunterlagen wurden quantitativ in Bezug auf Angaben zur Ausführung von Reinigungstätigkeiten analysiert. Die Ergebnisse wurden hinsichtlich der Bedarfsorientierung und erforderlicher Informationen zur Leistungserbringung untersucht.
19. Die identifizierten Informationen wurden nach ihrem inhaltlichen Kontext kategorisiert. Die Strukturierung der Informationen zu einem Informationsmodell bildet die Grundlage zur Ermittlung des Bedarfs einer Leistung.
20. Zur Nutzung verschiedener Sensoren zur Bedarfsermittlung wurde eine Methode der Normierung von Sensormesswerten basierend auf Grenzwerten dargestellt. Durch die Normierung können Einzelbedarfe, die sich aus verschiedenen Sensormesswerten ergeben, verknüpft und zur Entscheidungsfindung hinsichtlich der Tätigkeitsauslösung basierend auf mehreren Sensoren getroffen werden.
21. Die Definition unterschiedlicher Entscheidungsarten bildet die Grundlage zur Entwicklung von anpassungsfähigen Algorithmen, mit denen Bedarfe ermittelt

und FM-Leistungen beauftragt werden können. Dafür wurden sog. Entscheidungserfüllungsgrade eingeführt. Eine Entscheidung führt dabei zur Beauftragung einer oder mehrerer FM-Leistungen.

22. Weiterhin erfolgt die Betrachtung opportuner Leistungserbringung für noch nicht vollständig bestehende Bedarfe. Ansätze zur Definition von opportuner Leistungserbringung zeigen die Instandhaltungsstrategien nach DIN 13306.
23. Das Informationsmodell wird durch die Implementierung der Sensorauswertungen und Entscheidungsalgorithmen sowie deren Darstellung in einem strukturierten Programmablauf nach DIN 66261 dynamisiert. Das Informationsmodell inklusive der Entscheidungsalgorithmen bildet das „Wissensbasierte Entscheidungs- und Informationsmodell bedarfsorientierter Leistungserbringung im FM“.

Wesentliche Ergebnisse

24. Die aus dem entwickelten Modell abgeleitete bedarfsorientierte Leistungserbringung stellt eine Alternative zur derzeitigen verrichtungsorientierten Leistungserbringung dar und bietet eine Möglichkeit, Leistungen im FM auf Grundlage von Sensortechnologien zielorientiert und zweckbedingt vorausschauend zu erbringen.
25. Die Formulierung von FM-Anforderungen an die BIM-basierte Gebäudeplanungs- und Errichtungsphase verdeutlicht, welche Informationen zur Verfügung zu stellen sind.
26. Die Überführung relevanter Informationen zu einem Informationsmodell bildet die Grundlage zur Ermittlung des Bedarfs und der Beauftragung von Leistungen. Das Informationsmodell untergliedert sich in Gebäude-, Prozess- und Sensorstruktur.
27. Für die Evaluierung des eigenen Modells wurden beispielhafte, auf Simulationen beruhende Szenarien erarbeitet, welche der Überprüfung für die Praxis dienen. In diesem Simulationsmodell bilden Programmteile virtuell das Verhalten von Sensoren ab und erzeugen die relevanten Messwerte. Realitätsnahe Gebäude- und Prozessinformationen werden in das, in eine Datenbank implementierte, Informationsmodell integriert.
28. Unterschiedliche Nutzungsszenarien des Gebäudes sind im Modell über Zeitpläne integriert und mittels zeitlich veränderbarer Sensorparameter darstellbar.
29. Das generische Datenmodell kann in beliebige relationale Datenbanken implementiert werden. Durch die Beschreibung der Berechnungsmethoden und Algorithmen ist das eigene Modell allgemeingültig, es kann auf beliebige Software-Plattformen übertragen werden. Die dem Modell zugrundeliegenden Algorithmen sind für zusätzliche Funktionalitäten offen, z.B. im Bereich der Sensorabfrage oder weiterer Notationschnittstellen zu Dienstleistern. Das eigene Modell kann zukünftig sowohl durch Auftragnehmer und Auftraggeber von FM-Leistungen in Abhängigkeit der jeweiligen Auftragsstruktur genutzt werden.

Unterschrift Betreuer

Hans-Joachim Bargstädt