

Zusammenfassung der Promotionschrift

**Ein Modell zur Optimierung der
Bauleistungsfeststellung von
Linienbaustellen**

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

an der Fakultät Bauingenieurwesen

der

BAUHAUS-UNIVERSITÄT WEIMAR

vorgelegt von

Tino Walther

M.Sc.

geboren am 14.11.1987 in Friedrichroda, Deutschland

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

(Bauhaus-Universität Weimar)

Status des Doktoranden: intern

Weimar, Juni 2022

Problemstellung und Zielsetzung der Arbeit

1. Kosten- und Terminüberschreitungen von Bauprojekten rückten in den vergangenen Jahren vermehrt in den Fokus der öffentlichen Wahrnehmung und sind trotz Digitalisierungsinitiativen immer noch von hoher Relevanz.
2. Die Feststellung der tatsächlich erbrachten Leistung während einer Baumaßnahme ist nach Literatur und durchgeführten empirischen Studien ein aufwendiger und komplexer Prozess, welcher zu einem großen Teil auf Basis von subjektiven Einschätzungen durch das Baustellenpersonal erfolgt.
3. Subjektive Einschätzung und mangelnde Transparenz der Daten führen bei der Feststellung der Leistung zu berechtigten Zweifeln an der Richtigkeit der Werte.
4. Ständig wechselnde Gegebenheiten vor Ort sowie die stetig komplexer werdenden Bauvorhaben verlangen nach mehr beteiligten Spezialisten.
5. Um ein trennscharfes Bild von der Baustelle in der Ausführungsphase zu erhalten, gibt es für die Datenerfassung zahlreiche digitale Anwendungen. Sie erlauben für das jeweilige begrenzte Anwendungsspektrum eine gute Erfassung, lassen sich jedoch zu schwer in den vielfältigen Gesamtprozess integrieren und die Erfassung braucht meist zusätzliche Experten.
6. Digitale Anwendungen im Straßenbau zur Erfassung des tatsächlichen Baufortschrittes sind kaum gegeben. Eine Integration in den Prozess der Leistungserfassung liegt nicht vor.
7. Obwohl das frühzeitige Erkennen von Fehlentwicklungen explizit zur Baustellensteuerung notwendig ist, werden Abweichungen zu den Soll-Vorgaben meist zu spät erkannt.
8. Lösungsansatz für diese Problematik ist ein objektives Controlling. Das ist ein signifikanter Faktor in der Wettbewerbs- und Existenzsicherung von Bauunternehmen.
9. Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines theoriebasierten Ansatzes zur automatisierten Baufortschrittserkennung und zur Ableitung der resultierenden Ergebnisse. Der Ansatz basiert auf der modellgestützten Abwicklung von linienartigen Infrastrukturprojekten während der Bauausführung.
10. Die Modellentwicklung fokussiert sich auf eine objektive Abbildung des tatsächlichen Bautenstands, um damit frühzeitig Fehlentwicklungen gegensteuern zu können. Die Erfassung der dafür benötigten Daten stellt die Basis dar, die im BIM-Modell verwaltet und ergebnisorientiert ausgewertet und dargestellt wird.
11. Wesentliche Prämisse ist, das Konzept so in die bestehenden Arbeitsprozesse der Bauausführung zu integrieren, dass u. a. eine hohe Akzeptanz, Praktikabilität und Datenqualität erreicht wird.

Stand der Wissenschaft

12. Für eine erfolgreiche Projektrealisierung wird ein funktionierendes Baustellencontrolling als unerlässlich identifiziert, zeitgleich zeigt die aktuelle Praxis der Ergebnisrechnung einen fehleranfälligen und aufwendigen Prozess.
13. Es fehlt an Standardisierungen und homogenem Vorgehen, womit zum gegenwärtigen Zeitpunkt keine hinreichende Datengrundlage für eine integrative Modellentwicklung gegeben ist.

14. Die Prozesse greifen bisher nicht ineinander, sie stellen jeweils nur einzelne Aufgabenbereiche dar, was eine konsistente Auswertung erschwert. Bereits in der Erfassung von Daten werden unterschiedliche Wege verfolgt. Entweder werden Rechnungsmengen herangezogen, welche per se nicht gleich den Leistungsmengen sein müssen, oder die Mengen werden gänzlich geschätzt.
15. Die Erfassung der tatsächlichen Ist-Daten ist die Basis für ein erfolgreiches Controlling. Dies unter Einsatz von digitalen Anwendungen zu realisieren, wird zukünftig eine große Rolle spielen. Deren Verknüpfung mit der BIM-Methodik stellt einen wichtigen Forschungsanteil dar.
16. Es existieren Lösungen zur Erfassung von Ist-Daten, jedoch sind diese meist Insellösungen, und es fehlt an der Verwertungsstrategie innerhalb der BIM-Methodik. Ihre mangelnde Interoperabilität zeigt einen erhöhten Forschungsbedarf. Dies erfordert eine sowohl prozessuale als auch nutzerorientierte Einbeziehung organisatorischer Abläufe.
17. In der Wissenschaft zeigt sich in den letzten Jahren eine hohe Dynamik in der technologischen Weiterentwicklung unterschiedlicher Erfassungsmethoden zur Baufortschrittsüberwachung. Letztlich muss eine Einzelfallbeurteilung darüber entscheiden, welche Technologie sich zur Erfassung welcher Daten eignet.
18. In der Baufortschrittserkennung von Hochbauten gibt es eine Reihe von Untersuchungen zur automatisierten Objekt- und Bauteilidentifikation. Einige Ansätze werden im Hochbau verfolgt und weiterentwickelt.
19. Auffallend ist eine Unausgewogenheit zwischen Hoch- und Tiefbauprojekten. Denn keine dieser Untersuchungen betrachtet den Kontext des integralen Baustellencontrollings und dessen prozessuale Abläufe sowie die erforderlichen Daten zur Leistungsfeststellung bei Tief- und Straßenbauten.
20. Um die Prozesse der Bauleistungsfeststellung für Straßenbauprojekte zu optimieren, ist die Identifikation des Baufortschritts des jeweiligen Bauteils und dessen weitere Auswertung und Verwendung als Metadaten, im Sinne der Interoperabilität, unabdingbar. Die Herausforderung liegt in den Spezifika des Straßenbaus: der räumlich horizontalen Ausdehnung der einzelnen Bauteile.

Eingesetzte Methoden

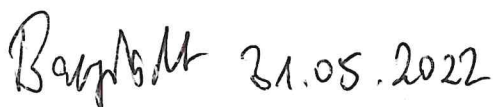
21. Eine umfassende Literaturstudie bildet die Grundlage für den Modellansatz dieser Arbeit. Die Arbeit baut auf den bisherigen internationalen Forschungsergebnissen zum baubetrieblichen Einsatz von digitalen Technologien zum Abbild des Baufortschritts und der notwendigen Ist-Daten für ein erfolgreiches Controlling auf.
22. Es erfolgt eine fallstudienorientierte Datenerhebung mittels Experteninterviews und deren Auswertung zu den verschiedenen praktizierten Ausprägungen des Prozesses der Bauleistungsfeststellung im Infrastrukturbau. Eine softwaregestützte Analyse und eine vierstufige Aufbereitung gewährt die Nachvollziehbarkeit der Vorgehensweise und Ergebnisinterpretation. Die gewonnenen Erkenntnisse werden mit der zum Themenfeld existierenden Literatur abgeglichen.
23. Aufbauend auf der empirischen Datenerhebung und den resultierenden Erkenntnissen erfolgte eine Anforderungsanalyse mit Priorisierung der Anforderungen an einen optimierten Prozess der Bauleistungsfeststellung.

24. Für die Entwicklung des Modells wurden im Zuge eines explorativen problem-lösenden Vorgehens verschiedene Analysen getätigt. Es erfolgte die Eingrenzung und Auswahl geeigneter Elemente für eine Methode zur Erfassung des Baufortschritts.
25. Darauf aufbauend erfolgten Untersuchungen und prototypische Entwicklungen zur Umsetzung des Prozesses und möglicher Auswertungen der aufgenommenen Daten. Ferner wurde analysiert, wie Auswertungen in den Prozess der Bauleistungsfeststellung integriert werden können und ob weiteres Optimierungspotential - entsprechend der priorisierten Anforderungen - ausgeschöpft werden kann.
26. Im Zuge dieses iterativen Vorgehens bei der Entwicklung wird die Problemlösungsfähigkeit innerhalb des komplexen Sachverhaltes der Optimierung der Bauleistungsfeststellung sichergestellt. Schließlich wird das Lösungskonzept als prototypische Entwicklung gezeigt.

Wesentliche Ergebnisse

27. Das in dieser Arbeit entwickelte Modell ordnet und strukturiert die vielfältigen und komplexen Einflussfaktoren für die Bauleistungsfeststellung eines Straßenbauvorhabens. Für eine nachvollziehbare Struktur untergliedert sich das Modell in die vier Subsysteme: Zielsystem, Handlungssystem, Handlungsträgersystem und Produktsystem.
28. Anhand der praktischen Analyse auf Basis von Interviews bei ausgewählten Unternehmen der Zielgruppe und der daraus abgeleiteten Anforderungen sowie deren prototypischer Umsetzung wurde ein theoriebasiertes und gleichzeitig praxisgerechtes, anwendbares Modell entwickelt.
29. Das Modell ist in der Lage, für den Schichtenaufbau einer Linienbaustelle eine objektive, semiautomatisierte Bauleistungsfeststellung anhand des automatisiert erhobenen Fertigstellungsgrades abzubilden.
30. Mit der Entwicklung und Integration eines Auswertungsprozesses für die Anwendung von Punktwolken zur Bauleistungsfeststellung für Linienbaustellen wurde ein handlungs- und anwendungsorientiertes Modell geschaffen.
31. Mithilfe der objektorientierten Auswertung über ein BIM-Modell wird neben der Verbesserung der Transparenz auch eine Verkürzung der Bearbeitungszeit, differenziert nach Baufortschritt und Fertigstellungsgrad, erreicht.
32. Das entwickelte Modell schließt eine bisher als unbefriedigend bewertete Lücke, die bei der konventionellen händischen Arbeitsweise zur Erfassung und Auswertung der Daten für die Bauleistungsfeststellung bestand. Das Modell ist flexibel auf verschiedene organisatorische Unternehmensstrukturen und vielfältige Straßenbauprojekte anpassbar.

Unterschrift Betreuer



Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Bargstädt