



Projektabschlussbericht

Angefertigt im Rahmen der Veranstaltung „Wissenschaftliche Projektarbeit“

Titel des Projekts: Lean Management in der Bauausführung

Zeitraum: 07.04.2020 - 30.06.2020

Projektbetrieb: Trimble Germany GmbH

Ansprechpartner im Projektbetrieb: Herr Stefan Argiriu
Herr Peter Lenk

Projektbetreuer an der Hochschule: Herr Christoph Russ

Projektteam:

Projektfunktion	Name, Vorname
Projektleiter	Kowollik, Jörg
Teammitglied	Ilgaz, Seda
Teammitglied	Hashemi, Said
Teammitglied	Martin, Mauritius
Teammitglied	Lämmermann, Christoph
Teammitglied	Noori, Mohammad

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
2. Einführung in das Thema	4
2.1. Lean Management	4
2.2. Technologien im Bau	5
2.3. Maschinensteuerung	7
3. Wissenschaftliche Methoden	9
4. Auswertung der Umfrage	10
5. Fazit	16
6. Dank an die Beteiligten	18
7. Literaturverzeichnis	19
8. Abbildungsverzeichnis	21

1. Einleitung

Die Baubranche kämpft seit Jahren mit zahlreichen Problemen. So leidet sie unter einem eklatanten Fachkräftemangel und besitzt zudem ein Nachwuchsproblem. Viele junge Menschen möchten sich nicht mehr die Hände dreckig machen und entscheiden sich für eine akademische Laufbahn.¹ Dies ist aber lange nicht das einzige Problem. In der viel betrachteten McKinsey Studie aus dem Jahr 2017 wird darauf verwiesen, dass die jährliche Produktivitätszuwachsrate im Bau global in den letzten 20 Jahren lediglich bei einem Prozent lag. In Deutschland lag sogar nur ein jährliches Produktivitätswachstum von 0,26% vor, während sich die Produktivität der Gesamtwirtschaft seit 1995 jährlich um 1,32% gesteigert hat. Im Vergleich zum verarbeitenden Gewerbe wird der Rückstand hier erst richtig verdeutlicht. Dort gab es einen jährlichen durchschnittlichen Zuwachs von 3,6%.² Dies kann man zum einen auf die Vielseitigkeit und Einzigartigkeit jeder einzelnen Baustelle zurückführen, es liegen immer andere Gegebenheiten vor, auf die sich die Baufirmen einlassen müssen. Auf der anderen Seite liegt aber auch ein erheblicher Rückstand bei der Digitalisierung und dem Einsatz von modernen Technologien auf den Baustellen vor. Hinzu kommt zudem, dass die Rendite im Bau sehr gering ist, obwohl Firmen oft hohe Risiken eingehen. So bewegt sich die Umsatzrentabilität gerade einmal zwischen einem und vier Prozent.³ Dies könnte sich in Zukunft noch verschärfen, der Covid-19 Bau-Report 2020 hat sich mit den Auswirkungen auf die Entwicklung im Zuge der Coronakrise beschäftigt. So gehen die öffentlichen Ausschreibungen für Bauprojekte massiv zurück, zudem werden Projekte gestreckt oder aufgeschoben auch die Frühmeldungen für Bauvorhaben gehen stark zurück. Das wird zu einem starken Einbruch in der Bauwirtschaft führen, auch wenn eine Großzahl der Unternehmen aktuell noch gut ausgelastet ist.⁴

Im Hinblick auf diese erschütternden Fakten und der sich gerade abkühlenden Konjunktur im Zuge der Coronakrise, die auch schon erste Anzeichen sendet, dass die Bautätigkeit in Deutschland zurückgehen wird erkennt man deutlich, dass es so im Bau kaum weitergehen kann, wenn man eine Pleitewelle verhindern will. Deshalb beschäftigt sich diese wissenschaftliche Arbeit im Folgenden damit, wie durch den Einsatz von modernen Technologien und insbesondere 3D Maschinensteuerung die Produktivität im Bau erhöht werden kann und welche Kosten gespart werden können. Als Grundlage hierfür dient eine

¹ (Blepp, 2019)

² (McKinsey & Company, 2017)

³ (Lunz, 2011)

⁴ (Building Radar GmbH, 2020)

Umfrage unter Baufirmen, die uns mit Ihren Erfahrungen aus Ihrer täglichen Arbeit unterstützt haben. Im Weiteren werden zudem noch einmal die Begriffe Lean Management, Technologien im Bau sowie Maschinensteuerung definiert und beschrieben.

2. Einführung in das Thema

2.1. Lean Management

Für den Begriff „Lean“ existiert keine allgemeingültige Definition. Ein gewisses Verständnis hat jedoch jeder, was dieser Begriff ausdrücken soll. So hält Bertagnolli die Unternehmensstrategie und die Unternehmenskultur ausschlaggebend für ein erfolgreiches „Lean“.⁵ Grote wiederum legt „Lean“ mit einer Reduzierung von Verschwendung die Basis für dessen erfolgreichen Ausführung bei. Er argumentiert, dass „alles [...], was nicht zur Wertschöpfung für den Kunden beiträgt“ aus den unternehmerischen Prozessen entfernt werden soll, um eine Effizienzsteigerung herbeizuführen.⁶ So unterschiedlich die Beschreibungen der Beiden sind, die Kernaussage ist gleich: Erfolgreiches Lean führt zur Effizienzsteigerung in Unternehmen.

Der Weg von Lean zu Leanmanagement

Lean Management bedeutet nichts anderes als „schlankes Management“ und hat Anfang der Neunziger den Einzug in die Wirtschaftsbücher gefunden. Zwei Wissenschaftler untersuchten damals die Entwicklungs- und Produktionsbedingungen im Automobilsektor. Im Mittelpunkt stand dabei Effizienz und Qualität, woraus sich dann die „Lean Production“ (= schlanke Produktion) entwickelte. Daraus wiederum entstand dann das Lean Management, welches sich nicht nur auf den Automobilbereich bezog.

Die Refa Group e.V. beschreibt Lean Management wie folgt:

Lean Management ist ein Ansatz der kontinuierlichen Prozessoptimierung und umfasst die effiziente Gestaltung der gesamten Wertschöpfungskette. Mit Hilfe verschiedener Lean-Methoden, Verfahrensweisen und Denkprinzipien verfolgt das "schlanke Management" das Ziel, Prozesse zu harmonisieren und ein ganzheitliches

⁵ (Bertagnolli, 2018)

⁶ (Grote & Groyk, 2018)

Produktionssystem ohne Verschwendung zu schaffen. Und das über alle Unternehmensbereiche hinweg.⁷

Effizienz und klar definierte Prozesse sind dabei sehr wichtig. Bei der Prozessoptimierung geht es darum, sich den Bedürfnissen des Kunden anzupassen, dabei aber auch gleichzeitig die Kosten zu senken. Das sind die zentralen Faktoren des Lean Managements. Lean Management wird mittlerweile nicht nur noch auf einem Bereich angewandt, sondern es werden weitere Lean Ansätze verfolgt: Lean Production, Lean Leadership, Lean Administration, Lean Supply Chain, Lean Development.

Zusammengefasst sind die Kernelemente des Lean Managements:

- Reduzierung von Verschwendung
- Kundenorientierung
- Kostenersparnis
- Prozessoptimierung

Das Ergebnis bei Verwendung dieser Kernelemente ist eine Effizienzsteigerung des Unternehmens.

2.2. Technologien im Bau

Mit Building Information Modeling (BIM) hat die Baubranche einen erheblichen Fortschritt in der Rubrik Digitalisierung im Bauwesen erzielt.⁸ Mit BIM können nicht nur intelligente 3D-Modelle erstellt werden, sondern auch die Vernetzung der Projektbeteiligten wie Bauherren, Planer, ausführende Firmen usw. in der Technologie möglich wird.⁹ Man spricht auch von einem 7D-Modell. In dem neben dem eigentlichen 3D-Modell auch noch Termine (4D), Kosten (5D), Nachhaltigkeit (6D) und das Facility Management (7D) in einem System wiedergegeben werden kann.¹⁰ In der Praxis hat sich das 5D-Modell durchgesetzt. Somit besteht die Möglichkeit in einem System, zusätzlich zum 3D-Modell, die Implementierung der Steuerung von Kosten und Termine. Dies war vor diesem Durchbruch nicht möglich und wurden separat gepflegt. Mit dem dreidimensionalen Aufbau des Gebäudes können außerdem Kollisionen mit anderen Disziplinen vorausschauend geplant und dadurch verhindert werden.¹¹ Dieses Potential

⁷ (Refa Group e.V.)

⁸ (Ifö Institut, 2018)

⁹ (Egger, Martin, Hausknecht, Kerstin, Liebich, Thomas and Przybylo, Jakob, 2019)

¹⁰ (Pricewaterhousecoopers GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, 2018)

¹¹ (ebd)

konnte in bisherigen Projekten, d.h. ohne BIM-Modell nur aus Erfahrungen geschätzt werden. Meistens kamen Kollisionen erst in der Bauausführung zum Vorschein, also nach dem schon geplant wurde. Dies ist mit hohen Kosten verbunden, die durch neue Technologien in der Zukunft vermieden werden können.

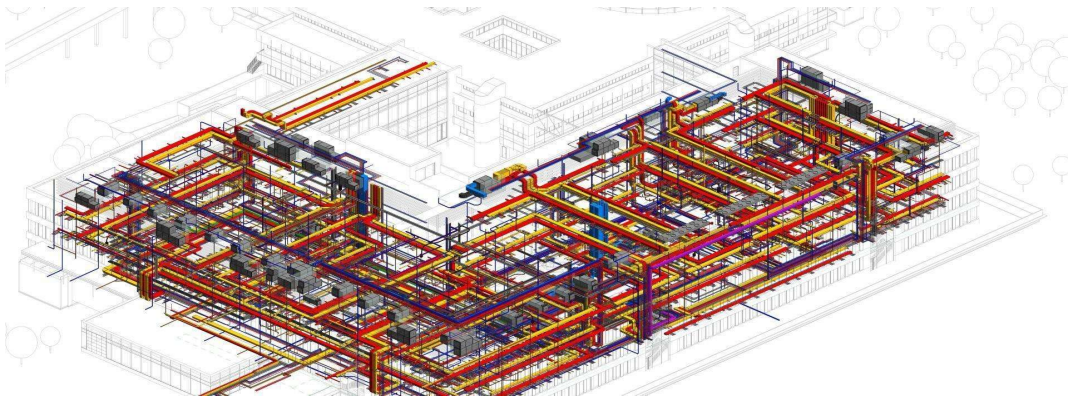


Abb. 1: Beispiel für ein Teilmodell in der technischen Gebäudeausrüstung

Die Möglichkeit, vorhandene Systeme und Prozesse in eine vollständig vernetzte Plattform zu integrieren, kann die Funktionalität verbessern. Auf diese Weise können in einem Bauprojekt viele Softwarelösungen für verschiedene spezifische Funktionen und Disziplinen einfach an einem Ort kombiniert werden. Der Einsatz digitaler Werkzeuge erleichtert die Ansammlung dieser wertvollen Informationen und reduziert Verzögerungen, Nacharbeiten und Kommunikationsfehler zwischen Büro und Baustelle.

Die Ermöglichung simultanen Arbeitens an demselben Ort ist Dank cloud-basierter Kollaborationsdienste möglich. Mit Hilfe dieser sind Teammitglieder des Bauprojekts in der Lage an demselben Prozess zu arbeiten.¹² Die Dokumente können jederzeit empfangen und versendet werden. Und nicht mehr, wie es teilweise noch in Projekten mit nicht-Cloud-basierten Diensten läuft, dass Planunterlagen per E-Mail oder in einem separaten Projektraum hochgeladen bzw. heruntergeladen werden müssen. Mit dieser Technologie ist es möglich die Produktivität und Qualität erheblich zu verbessern.

¹² (Biblus)

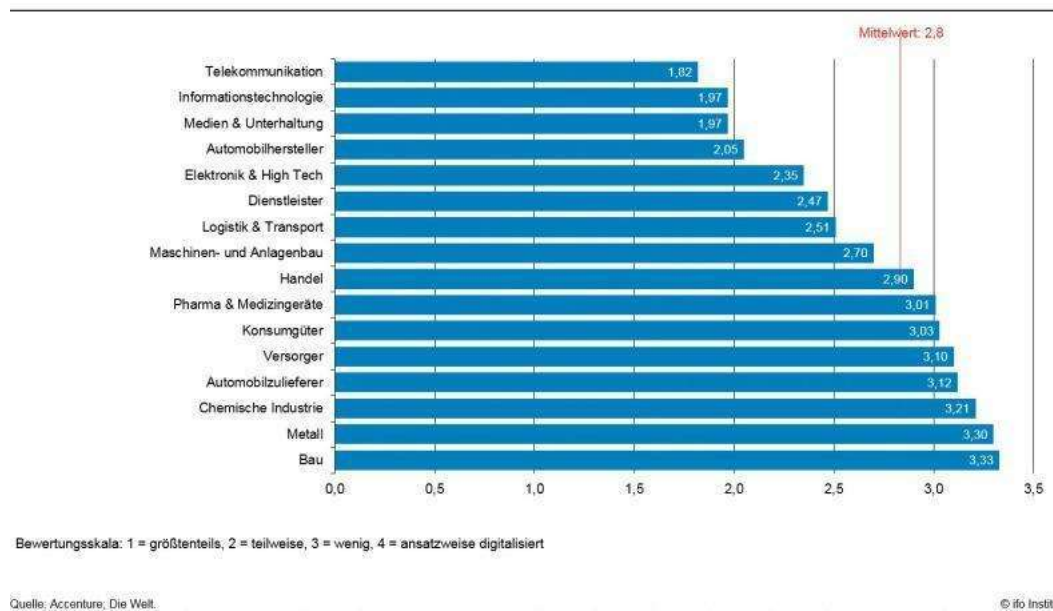


Abb. 2: Digitalisierung nach Branchen, 2014

In Abb. 2 kann man die verschiedenen Branchen und deren jeweiligen Digitalisierungsgrad sehen. Die Baubranche weist hierunter den schlechtesten Platz aus. Demnach ist ein Bedarf an Digitalisierung sehr hoch.

Besonders in der Rubrik 2D- und 3D-Maschinensteuerungssysteme in dem im Folgenden darauf eingegangen wird.

2.3. Maschinensteuerung

Die Maschinensteuerung ist das letzte Glied in der Informationskette, geschaffen durch das Building Information Modelling (BIM). Die Maschinensteuerung erlaubt es dem Maschinenführer, mit Hilfe von GPS, Neigungs- und Winkelsensoren ein geplantes CAD-Geländemodell zentimetergenau umzusetzen. Auf dem Markt existieren eine Vielzahl von 2D und 3D Systemen von Anbietern wie Trimble, Leica oder Topcon mit jeweils verschiedenem Funktionsumfang. Die Großzahl dieser Steuerungssysteme sind modular und bestehen aus einem mit der Steuerung der Baumaschine verbundenen Controller, einer Bedieneinheit (Industrie-Computer mit Touchscreen), bis zu zwei GNSS-Empfängern (bei abgeschatteten Einsatzorten UTS-Empfänger), einem Internetmodem und Neigungs- bzw., Winkelsensoren für Ausleger, Stiel und Löffel. Die Systeme sind in dem Bagger, Dozer, Walze oder Grader entweder ab Werk installiert oder vorgerüstet und können dann ohne großen Aufwand nachgerüstet werden. Im Folgenden soll eine in einem Bagger installierte automatische 3D-

Maschinensteuerung zur Veranschaulichung der Funktionsweise herangezogen werden. Zuerst muss das CAD-Planmodell in die Bedieneinheit geladen werden. Dies kann entweder durch das Überspielen mit Hilfe eines Speichermediums (z.B. USB-Stick) oder über drahtlose Kommunikation mit der BIM-Cloud geschehen. Auf der Bedieneinheit im Bagger werden dem Maschinenführer auf dem Display das CAD-Planmodell in mehreren Sichten angezeigt. Der Maschinenführer muss nach der Positionierung des Baggers nur noch den Stiel selbst durch z.B. heranziehen des Joysticks führen.¹³ Die Steuerung des Auslegers und das Halten des Freiwinkels des Löffels erfolgt durch die Maschinensteuerung, welche die zur Steuerung notwendigen Daten aus mehrmals in der Sekunde durchgeführten Soll-Ist-Vergleichen des Modells mit dem realen Terrain gewinnt. Somit wird die gewünschte Kontur des Terrains in einem Arbeitsgang und fast automatisch erstellt. Ein langsames Herantasten an die Endform und die meisten klassischen Vermessungsarbeiten wie das Abstecken der gesamten Baustelle fallen durch das Verwenden der 3D-Maschinensteuerung weg. Lediglich Kontrollpunkte in Intervallen von mehreren hundert Metern sind zumeist notwendig. Zusammengefasst bietet der Einsatz einer 3D-Maschinensteuerung große Potentiale zur Effizienzsteigerung und Kostensenkungen. Diese entstehen vor allem bei komplexen Bauvorhaben, durch die schnellere, präzisere und fehlerfreiere Umsetzung der Geländemodelle und der damit verbundenen Reduktion von Maschinenzeit, Kraftstoffverbrauch und Verschleiß, sowie das Wegfallen eines Großteils der Vermessungsarbeiten.¹⁴ Eine reduzierte Variante ist die nicht automatische 2D oder 3D-Maschinensteuerung. Bei diesem System bekommt der Maschinenführer nur die Ist- und Soll-höhe angezeigt und kann so ableiten, ob der Löffel oder das Schild verstellt werden müssen, um die gewünschte Kontur zu erstellen. Diese Systeme eignen sich damit für weniger komplexe Vorhaben, wie Straßenbau und einfache Hangarbeiten. Bei Bedarf kann ein Großteil der nicht automatischen Systeme mit geringem Aufwand zu einem automatischen 3D-System aufgerüstet werden.¹⁵ Zusammenfassend können beide Systeme vor allem bei komplexen Projekten, mit großem Aushubvolumen zu einer maßgeblichen Produktivitätssteigerung führen.

¹³ (Reimann, Fluid, Heft 10/2018)

¹⁴ (Sitech, 2012)

¹⁵ (Sitech, 2019)

3. Wissenschaftliche Methoden

In diesem Abschnitt wird der empirische Teil dieser Arbeit, die wissenschaftliche Methode, genauer erläutert. Anschließend wird der Fragebogen als Erhebungsinstrument vorgestellt und die Durchführung erklärt. Zu Beginn dieser Arbeit wird folgende Hypothese aufgestellt, die durch eine Umfrageforschung entweder bestätigt oder widerlegt werden soll.

Hypothese: Mögliche Effizienzsteigerung in der Baubranche durch vernetzte 3D-Maschinensteuerung

Eine Umfrage ist eine quantitative Forschungsmethode, um Informationen zu erheben und eine standardisierte Messung zu gewährleisten.¹⁶ Somit sind diese Daten ebenfalls statistisch auswertbar. Die Ergebnisse dieser Erhebung sind für die Überprüfung der Hypothese nützlich. Allerdings sind in dieser Umfrage quantitative wie auch qualitative Elemente miteinander verzahnt. Multiple Choice Fragen, offene und halboffene Fragen werden kombiniert eingesetzt, um die Synergien der jeweiligen Methoden zu nutzen. Im Gegensatz zu den Multiple Choice Fragen erhält man bei offenen Fragen detaillierte Informationen und individuelle Antworten.¹⁷ Halboffene Fragen werden genutzt, um die Auswertung zu vereinfachen aber dennoch die Möglichkeit für eigene Ideen zu erhalten. Dieser Ansatz wird der Mixed-Methods-Ansatz genannt.¹⁸

Dieser Online-Fragebogen besteht aus den klassischen Elementen Einleitung, Hauptteil und Schluss.¹⁹ Die Einleitung erklärt den Hintergrund und das Ziel dieser Arbeit. Im Hauptteil erscheinen alle relevanten Fragen. Der Schluss besteht aus weiteren Fragen, in denen die Befragten eigene Wünsche und Anregungen für die Baubranche angeben können.

Der Fragebogen, welcher von uns in Absprache mit der Firma Trimble konzipiert wurde, entspricht den Gütekriterien der quantitativen Methodik. Die Validität beschreibt die Gültigkeit der Forschung. Die Reliabilität bezieht sich auf die Reproduzierbarkeit der Forschung. Die Objektivität besagt, dass die Ergebnisse keinen externen Einflüssen ausgesetzt sein sollten.²⁰ Dieser Fragebogen ist vollständig im Anhang zu finden.

¹⁶ (Jährg, I. / Gather, A. / Schade, F., 2016)

¹⁷ (Jährg, I. / Gather, A. / Schade, F., 2016)

¹⁸ (Pfeiffer, F., 2017)

¹⁹ (Grünwald, R., 2017)

²⁰ (Pfeiffer, F., 2018)

Die Zielgruppe für diese Umfrage sind Personen, die in der Baubranche tätig sind und bereits digitalisiert ist bzw. Maschinensteuerung einsetzt. Die Teilnehmerakquise erfolgt über E-Mails, da unsere Kooperationspartner, die Firma Trimble, über ein bestehendes Netzwerk verfügt.

Bevor die relevanten Informationen ausgewertet werden, soll noch auf die verwendete statistische Methodik eingegangen werden. So wurden jeweils die arithmetischen Mittelwerte berechnet und die Fehlerspanne auf Basis der empirischen Varianz und einem Signifikanzniveau von 5% berechnet. Der tatsächliche Wert befindet sich also mit fünfundneunzig prozentiger Wahrscheinlichkeit in dem berechneten Intervall. Zudem muss darauf hingewiesen werden, dass die Umfrage Schätzwerte von den Befragten forderte, welche eine zusätzliche Unsicherheit beinhalten.

4. Auswertung der Umfrage

Für diese Umfrage mussten zunächst die Beurteilungskriterien identifiziert werden. Dabei wurde der Praxissicht der Unternehmen besondere Beachtung geschenkt, zusätzlich wurden theoretische Fragestellungen, wie zum Beispiel was die zukünftige Technologieentwicklung für die Unternehmen bedeutet, betrachtet. Zuerst soll gezeigt werden, welche Merkmale der durchschnittliche Umfrageteilnehmer aufweisen konnte. Dieser war Mittelständler, kam aus dem Erd- oder Tiefbau, setzt (im korrigierten Mittel) 120 Maschinen ein und ist entweder als Generalunternehmer oder in der Ausführung tätig.

Anschließend soll zunächst auf generelle Ergebnisse eingegangen werden. Wie bereits in dem vorherigen Kapitel erwähnt wurde, spielt BIM in der Baubranche eine große Rolle. So nutzen 90 % der befragten Unternehmen BIM freiwillig. Während die meisten Unternehmen darauf vorbereitet sind, fühlen sich 30 % nicht ausreichend dafür ausgestattet. Auch wenn die Basis in manchen Unternehmen für das BIM vorhanden ist, gibt es häufig Probleme bei der ganzheitlichen Vernetzung. So wird von den Befragten häufig aufgeführt, dass oft die von Ingenieurbüros erstellten Unterlagen nicht oder nur schlecht BIM-fähig sind. Dies bedeutet Mehraufwand in der Form von unnötiger Nacharbeit für die Baufirmen und kann mitunter ein Grund sein, warum die Firmen gehäuft angaben, dass BIM bisher teilweise nur nebenbei verwendet wird und auch in manchen Fällen als Mehraufwand wahrgenommen wird. Besonders im Tiefbau scheint dies eine häufige Problematik zu sein.

Im Durchschnitt werden in den Unternehmen in etwa 60 % der Projekte 3D Maschinensteuerung eingesetzt, obwohl es nur bei etwa 15 % vorgegeben ist. 80 % der Firmen

geben zudem an, durch den Einsatz von 3D Maschinensteuerung schneller und störungsfreier ihren Bauplan umsetzen zu können. Dies mag erklären, warum alle befragten Unternehmen im Bereich der 3D Steuerung in den nächsten fünf Jahren nachrüsten wollen. Insbesondere sollen Mobilbagger, Kettenbagger, Kettendozer und Grader mit 3D-Maschinensteuerung ausgerüstet werden.

Im Folgenden sollen nun die zentralen quantitativen Fragestellungen zu Kostenreduktion und Zeitersparnisse sowie einer Verbesserung der Termintreue infolge des Einsatzes digitaler Technologien behandelt werden.

Da der Bausektor traditionell größere Probleme mit der Einhaltung von Terminen hat und laut Daten von Trimble 90 % aller Bauprojekte nicht im vorgesehenen Rahmen abgeschlossen werden, soll als erstes auf den Punkt Zeitersparnisse eingegangen werden. Eine Möglichkeit Zeit zu sparen ist das digitale Transferieren von Daten wie Plänen und Maschinendaten über die Cloud und das Mobilnetz. Dies ersetzt das zeitaufwändige Pendeln von Baustelle zu Büro und umgekehrt zum physischen Überbringen jener Daten auf Speichermedien. So wurde gefragt um wieviel Prozent die Firmen diesen Zeitaufwand zur Kommunikation reduzieren konnten (Abbildung 3). Die Firmen gaben im Mittel an, dass sie diese genannte Art des Zeitaufwands im Bereich der Kommunikation um 28 ± 15 % reduzieren konnten. Beim Betrachten der Verteilung fällt auf, dass es zwei Maxima gibt und somit eine bimodale Verteilung vorliegt. Dies deutet auf zwei Untergruppen in der untersuchten Gruppe hin. Dies könnte darauf hindeuten, dass eine Untergruppe der Unternehmen zwar digitalisiert ist, aber keine Cloudlösungen anwenden, während andere vollkommen digitalisiert sind und somit eine sehr viel größere Zeitersparnis vorliegt.

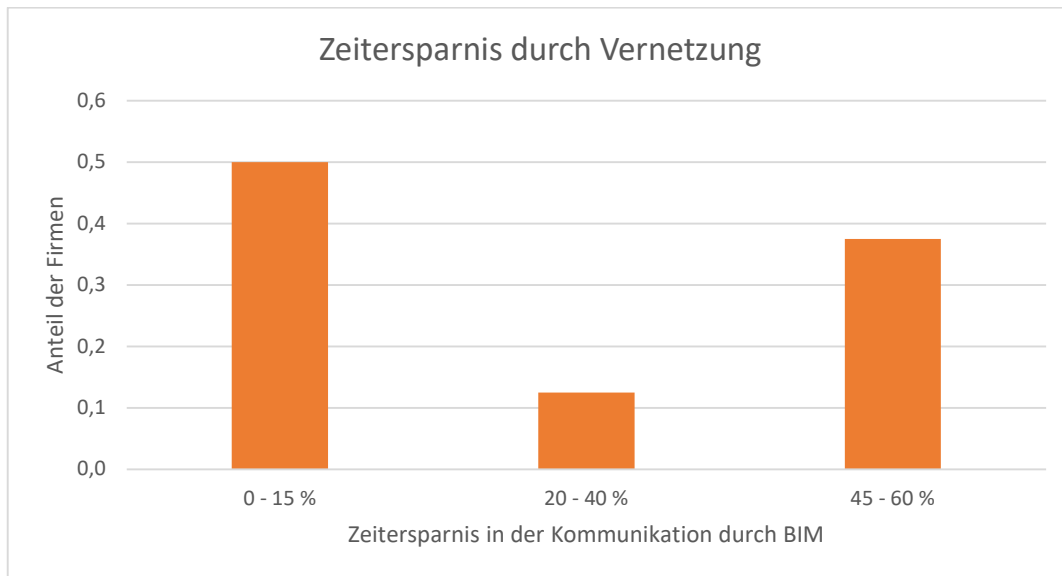


Abbildung 3: Zeitersparnis durch Vernetzung

Ein weiterer wichtiger Punkt der Befragung, war es festzustellen, inwieweit die Kosten unnötiger Logistik und Materialien am Bau durch den Einsatz digitaler Technologien reduziert werden konnten. Dies wird durch eine weitere Kennzahl zum Bauwesen von Trimble unterstützt welche angibt, dass 30 % aller Tätigkeiten am Bau Nacharbeit sind und somit nicht zur eigentlichen Wertschöpfung beitragen. Diese Kennzahl kann jedoch sehr stark minimiert werden, wie zum Beispiel durch den Einsatz von BIM zur besseren und effizienteren Koordination der Logistik, als auch durch den Einsatz von Maschinensteuerung zur effektiven Vermeidung von Mehr- oder Minderabtrag. Abbildung 4 zeigt, dass auch in dieser Fragestellung deutliche Verbesserungen festgestellt werden können. So liegt hier der Mittelwert bei $29 \pm 10 \%$. Das bedeutet, dass im Mittel die Ausgaben für vermeidbare Tätigkeiten und Materialien um fast 30% reduziert werden konnten.

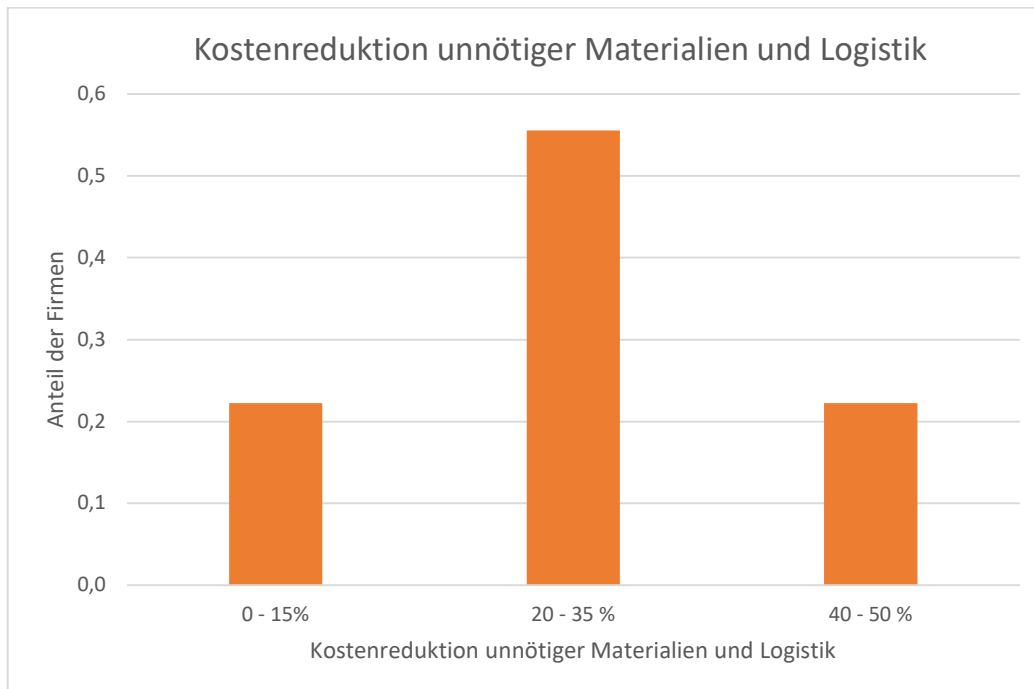


Abbildung 4: Kostenreduktion unnötiger Materialien und Logistik

Als letzte zentrale Fragestellung soll nun auf die Termintreue eingegangen werden. Auch hier zeigt sich durch Daten von Trimble, dass nur 10 % aller Bauvorhaben im vorgesehenen Zeitraum abgeschlossen werden. Deshalb wurden die Unternehmen gefragt wieviel Prozent der vorher unpünktlichen Projekte durch den Einsatz von Maschinensteuerung pünktlich abgeschlossen werden konnten. Hier gaben sogar ein Drittel aller Befragten an, dass sich die Termintreue um 100 % verbessert habe. Im Mittel liegt der Verbesserung in dieser Fragestellung auch dementsprechend hoch bei 59 ± 25 %.

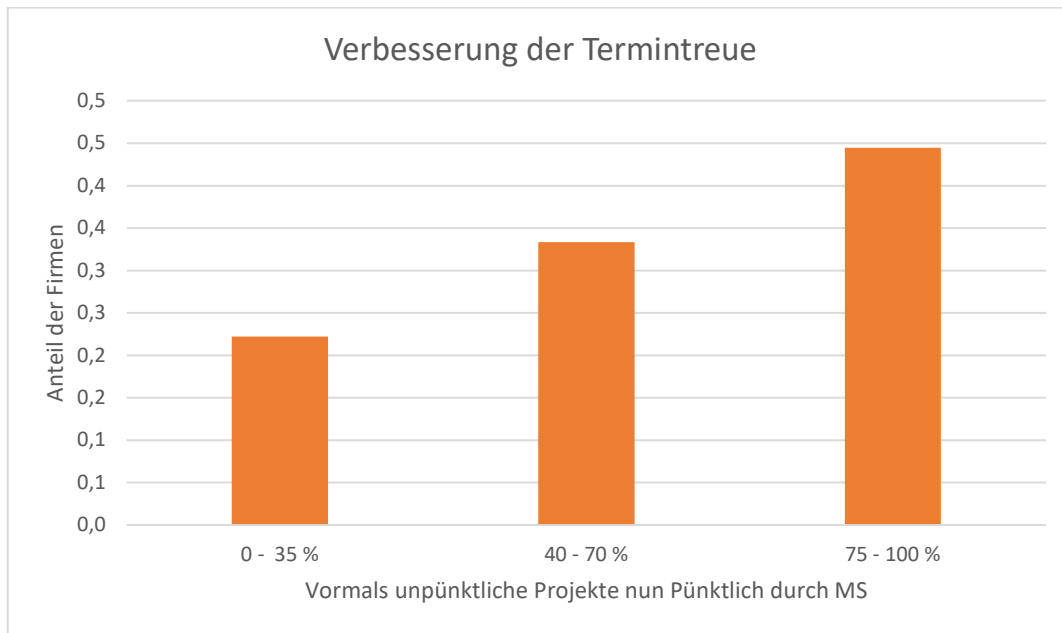


Abbildung 5: Verbesserung der Termintreue

In Abbildung sechs werden alle Ergebnisse abschließend zusammengefasst. Zudem sind die Fehlerintervalle für fünfprozentige Unsicherheit eingezeichnet. Da keines der Intervalle 0 % beinhaltet können die Ergebnisse abschließend auch als signifikant bezeichnet werden. Der Grund für die auffallend großen Intervalle kann in der kleinen Anzahl der Umfrageteilnehmer ($n = 10$) und in der konservativen Herangehensweise gefunden werden.

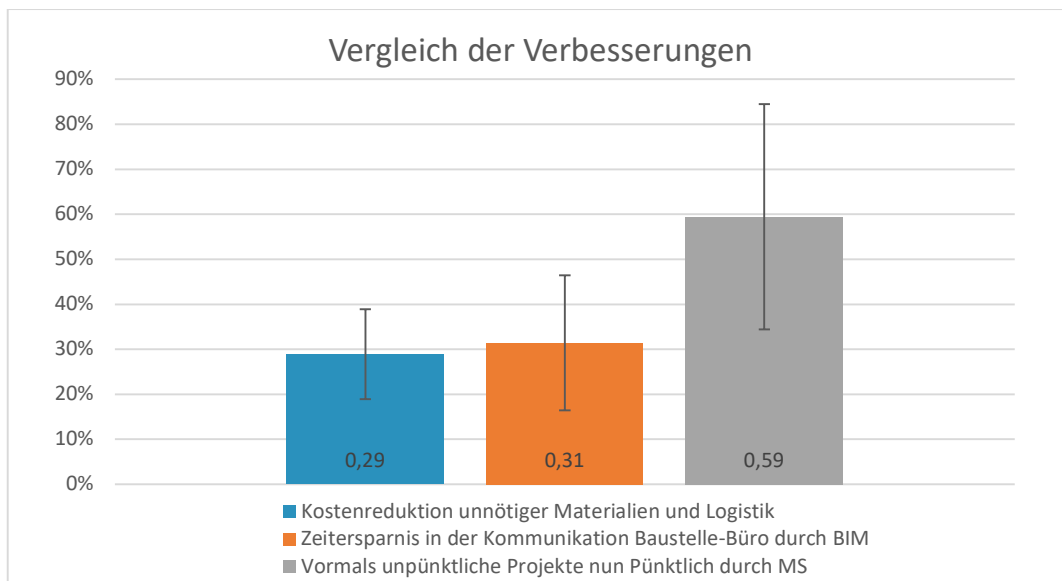


Abbildung 6: Vergleich der Verbesserungen

Um den qualitativen Teil abzuschließen soll noch die lineare Korrelation zwischen allen festgestellten Verbesserungen und der Unternehmensgröße, gemessen an ihrem Fuhrpark,

untersucht werden. Vor der Betrachtung der Umfrageergebnisse könnte eine zumindest schwach positive Korrelation vermutet werden, welche in der besseren Beherrschbarkeit von großen und komplexen Bauvorhaben und Fuhrparks sowie einer Nutzung von Synergieeffekten durch den Einsatz digitaler Technologien begründet sein könnte.

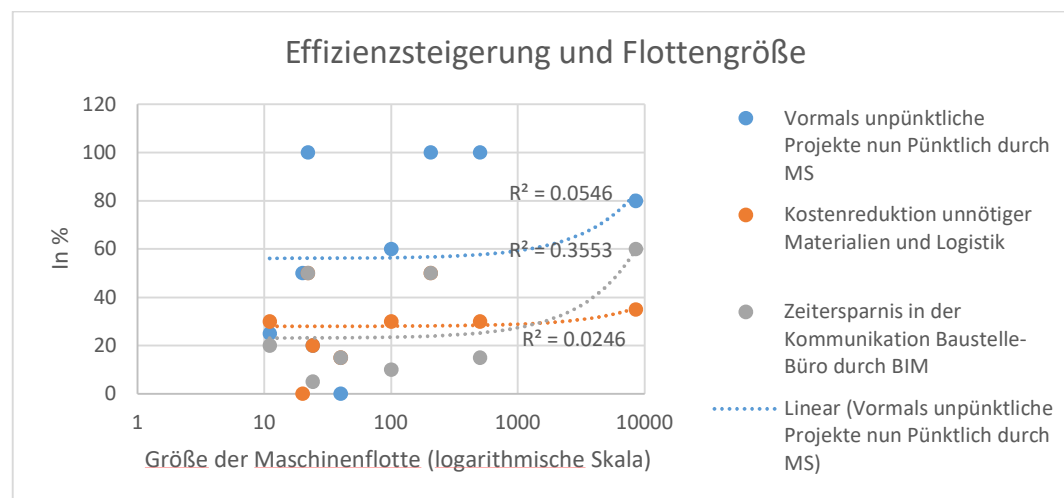


Abbildung 7: Effizienzsteigerung und Flottengröße

Aus Abbildung sieben kann abgeleitet werden, dass in keinem Fall eine signifikante Korrelation vorliegt. Somit kann zusammengefasst werden, dass in den vorliegenden Daten kein nachweisbarer Zusammenhang zwischen Unternehmensgröße und den untersuchten Kennzahlen zur Effizienzsteigerung vorliegt. Daher muss auch hier betont werden, dass die Anzahl der Umfrageteilnehmer nur sehr gering war und somit eine Analyse zur Korrelation nur Ergebnisse mit sehr großer Unsicherheit liefert. Dennoch kann vorsichtig der Schluss gezogen werden, dass kleine Unternehmen wahrscheinlich im selben Maße wie größere von der Digitalisierung profitieren.

Abschließend soll noch auf qualitative Umfrageergebnisse zuerst aus Sicht der Unternehmen und anschließend aus unserer Sicht erläutert werden. So nennen die Unternehmen folgende täglich auftretende Probleme auf der Baustelle:

- Keine Standardisierung der Schnittstellen bzw. keine Datennormen
- BIM teilweise als Mehraufwand wahrgenommen
- keine BIM-fähigen, oder schlechte Unterlagen aus Ingenieurbüros
- Mangel an qualifiziertem Personal
- Schlecht ausgebautes Mobilfunknetz

Aus unserer Sicht ergaben sich die folgenden Potentiale, um Unternehmen effektiver zu erreichen. Große Firmen kennen die Vorteile der Digitalisierung, setzen diese schon lange ein und sind mit der Thematik vertraut. Für diese Zielgruppe erscheint es relevant Standards und Schnittstellen für den digitalen Austausch zu definieren und einzuführen, um die Kompatibilität der Systeme zu verbessern.²¹ Kleinere Firmen hingegen sind eher unerfahren im Bereich Digitalisierung und Maschinensteuerung. Ansatzpunkte, um diese Zielgruppe effektiv zu erreichen könnten Aufklärung zur Förderung der “vernetzten Baustelle”, dass diese wahrscheinlich im selben Maße von der Digitalisierung profitieren wie große Akteure in diesem Wirtschaftszweig. Zudem kann kommuniziert werden, dass besonders kleine Unternehmen vor allem in Krisenzeiten stark von der Digitalisierung profitieren, da diese zwar stärker von Krisen betroffen sind aber Studien klar zeigen, dass stärker digitalisierte Firmen besser für Krisenzeiten gewappnet sind.²²

Hier kann ein Unternehmen wie Trimble Aufklärungsarbeit leisten und sich für eine Neukundengewinnung einsetzen. Insbesondere sollte der Fokus auf dem Themenbereich Automation, Just in Time Delivery, Kommunikation und Effizienz mit BIM liegen.

5. Fazit

Das Ziel der vorliegenden wissenschaftlichen Projektarbeit war es, festzustellen ob durch den Einsatz von modernen Technologien und insbesondere von Maschinensteuerung die Produktivität im Bau gesteigert werden kann und ob dadurch die getätigten Investitionen gerechtfertigt werden können.

Zu diesem Zweck wurde eine Umfrage unter Baufirmen durchgeführt, welche bereits Maschinensteuerung einsetzen und somit einen Teil der täglichen Prozesse digitalisiert haben. Dabei ergab sich, dass der Anteil der Projekte, welche öfter im vorgegebenen Zeitrahmen abgeschlossen werden, um 59 % gesteigert werden konnte. Was die Kosten für unnötige Materialien und Logistik in Folge von Minder- oder Mehrabtrag betrifft, so konnte gezeigt werden, dass Kosten durchschnittlich um 28 % gesenkt wurden. Zudem ergibt sich aus den Daten, dass die Büro-Baustellenkommunikation verbessert werden konnte und für diese durchschnittlich 29 % weniger Zeit aufgewendet werden musste. Andererseits konnte festgestellt werden, dass die genannten Effizienzsteigerungen nicht wie zu erwarten in

²¹ (Bertschek et al. 2019: S.4)

²² (Bertschek et al. 2019: S.17)

überdurchschnittlichem Maße bei größeren Firmen mit mehr als 250 Beschäftigten festgestellt werden konnten. Diese nicht vorhandene Korrelation kann einerseits durch die geringe Anzahl kleinerer Unternehmen in der Umfrage erklärt werden, kann aber andererseits darauf hindeuten, dass Firmen unabhängig von ihrer Größe von der Digitalisierung profitieren können.

Anhand des zentralen Befundes kann darauf geschlossen werden, dass die Effizienz signifikant durch den Einsatz von digitalen Technologien gesteigert werden kann. Jedoch kann in dieser Ausarbeitung dieser Effekt nicht einer bestimmten Technologie, wie zum Beispiel der Maschinensteuerung, sondern nur der übergreifenden Digitalisierung von Bauunternehmen zugeordnet werden. Um den Effekt klar einzelnen Technologien zuordnen zu können müssen in der Zukunft noch weiterführende Studien durchgeführt werden. Abschließend kann festgehalten werden, dass die für die Digitalisierung eines Unternehmens getätigten Investitionen aller Voraussicht nach zu einer maßgeblichen Produktivitätssteigerung führen.

In der Zukunft sehen wir vor allem großes Potential zur Verbesserung der Produktivität durch Digitalisierung bei kleinen Unternehmen, die oft nicht wissen wie sie die Chancen nutzen können oder dass auch Fördermittel der Bundesregierung hierfür zur Verfügung stehen. Andererseits sehen viele große Bauunternehmen Potential in der Einführung von Standards für Daten und Schnittstellen, um die schon vorhandenen Abläufe vollkommen digitalisieren und harmonisieren zu können.

6. Dank an die Beteiligten

Abschließend möchten wir noch einen Dank an alle Beteiligten richten, die uns im Rahmen der wissenschaftlichen Projektarbeit betreut haben und es ermöglichten, diese wissenschaftliche Projektarbeit anzufertigen.

Daher insbesondere der Dank an unsere Betreuer Stefan Argiriu und Peter Lenk von der Firma Trimble für die Betreuung und Versorgung mit den nötigen Informationen sowie unseren Dozenten Herrn Russ für die Betreuung von Seiten der Hochschule.

7. Literaturverzeichnis

- Bertagnolli, F. (2018). *Lean Management*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Bertschek, Irene; Niebel, Thomas; Ohnemus, Jörg 2019: Zukunft Bau, Beitrag der Digitalisierung zur Produktivität in der Baubranche Endbericht
- Bertschek, Irene; Polder, Michael; Schulte, Patrick, 2019: ICT and resilience in times of crisis: evidence from cross-country micro moments data. *Economics of Innovation and New Technology*, 28. Jg.(8), S. 759–774.
- Biblus (kein Datum). *Die 10 aufstrebenden Technologien im Bauwesen für das Jahr 2020*, <http://biblus.accasoftware.com/de/die-10-aufstrebenden-technologien-im-bauwesen-fuer-das-jahr-2020/>, Abgerufen am 20.05.2020
- Blepp, C. (2019). *Wachstum in der Bauzuliefererindustrie 2021*: PricewaterhouseCoopers GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft.
- Building Radar GmbH. (2020). *COVID-19 Bau-Report 2020*. München: Building Radar GmbH.
- Egger, Martin, Hausknecht, Kerstin, Liebich, Thomas and Przybylo, Jakob (2019). *BIM-Leitfaden für Deutschland, Endbericht, Forschungsprogramm Zukunft Bau*, 4. Auflage, Bundesanzeiger Verlag
- Grote, S., & Groyk, R. (2018). *Führungsinstrumente aus dem Silicon Valley*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Grünwald, Robert (2017). *Bachelorarbeit Umfrage: Gestaltung, Aufbau, Auswertung*, <https://karrierebibel.de/bachelorarbeit-umfrage/>, Abgerufen am 26.05.2020
- Ifo Institut (2018). This Magazin “*Digitalisierung im Bausektor*”, https://www.this-magazin.de/artikel/tis_Digitalisierung_im_Bausektor_3202823.html, Abgerufen am 20.05.2020
- Jähig, Isabelle/Gather, Alexandra/Schade, Frauke (2016): *Quantitative Befragung*, <https://bibliotheksportal.de/ressourcen/management/marketing-baukasten/marktanalyse/primaerforschung/quantitative-befragung/>, Abgerufen am 26.05.2020
- Lunz, J. (2011). *Warum wird in der Baubranche so wenig Geld verdient?* bi-BauMagazin Nr. 1+2 2011.

McKinsey & Company. (2017). *Reinventing Construction: A Route To Higher Productivity*. McKinsey Global Institute.

Pfeiffer, Franziska (2017). *Qualitative Forschung und quantitative Forschung*, <https://www.scribbr.de/methodik/qualitative-forschung-quantitative-forschung/>, Abgerufen am 24.05.2020

Pfeiffer, Franziska (2018). *Validität, Reliabilität und Objektivität – Gütekriterien für die quantitative Forschung*, <https://www.scribbr.de/methodik/validitaet-reliabilitaet-objektivitaet/>, Abgerufen am 24.05.2020

Pricewaterhousecoopers GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft (2018), *Baubranche aktuell, Wachstum 2020 - Digitalisierung und BIM*, <https://www.pwc.de/de/industrielle-produktion/baubranche-aktuell-wachstum-2020-maerz-2018.pdf>, Abgerufen am 20.05.2020

Refa Group e.V. Refa.de, <https://refa.de/service/refa-lexikon/lean-management>, Abgerufen am 18. 05. 2020

Reimann, Sonja. Fluid, Heft 10/2018, S. 54 - 57 / Mechatronik, Maschinensteuerung mit GPS

Sitech, (2012). Produktbroschüre: *Maschinensteuerung für Bagger, Dozer und Grader von Caterpillar*, https://www.sitech.de/fileadmin/sitechcontent/Downloads/Handbuecher/SITECH_GCS900_V1260_Benutzerhandbuch_Bagger-lowRes.pdf, Abgerufen am 15.05.2020

Sitech, (2019). Prospekt *Earthworks - die nächste Generation Maschinensteuerung*, https://www.sitech.de/fileadmin/sitech-content/Broschueren/SITECH_Earthworks_Bagger-Dozer-Grader-WEB.pdf, Abgerufen am 15.05.2020

8. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Beispiel für ein Teilmodell in der technischen Gebäudeausrüstung (vgl. www.bg-21.com, 2020)

Abb. 2: Digitalisierung nach Branchen, 2014 (vgl. Accenture; die Welt, 2014)

Abb. 3: Zeitersparnis durch Vernetzung (eigene Abbildung)

Abb. 4: Kostenreduktion unnötiger Materialien und Logistik (eigene Abbildung)

Abb. 5: Verbesserung der Termintreue (eigene Abbildung)

Abb. 6: Vergleich der Verbesserungen (eigene Abbildung)

Abb. 7: Effizienzsteigerung und Flottengröße (eigene Abbildung)