

MAS ETH GPB  
MAS Thesis Gesamtprojektleitung Bau

**Manuel Klingenfuss**

**Perspektiven der Kollaboration im digitalen Umfeld  
Kongruente Systemarchitektur als Methode der Gebäudetechnik**

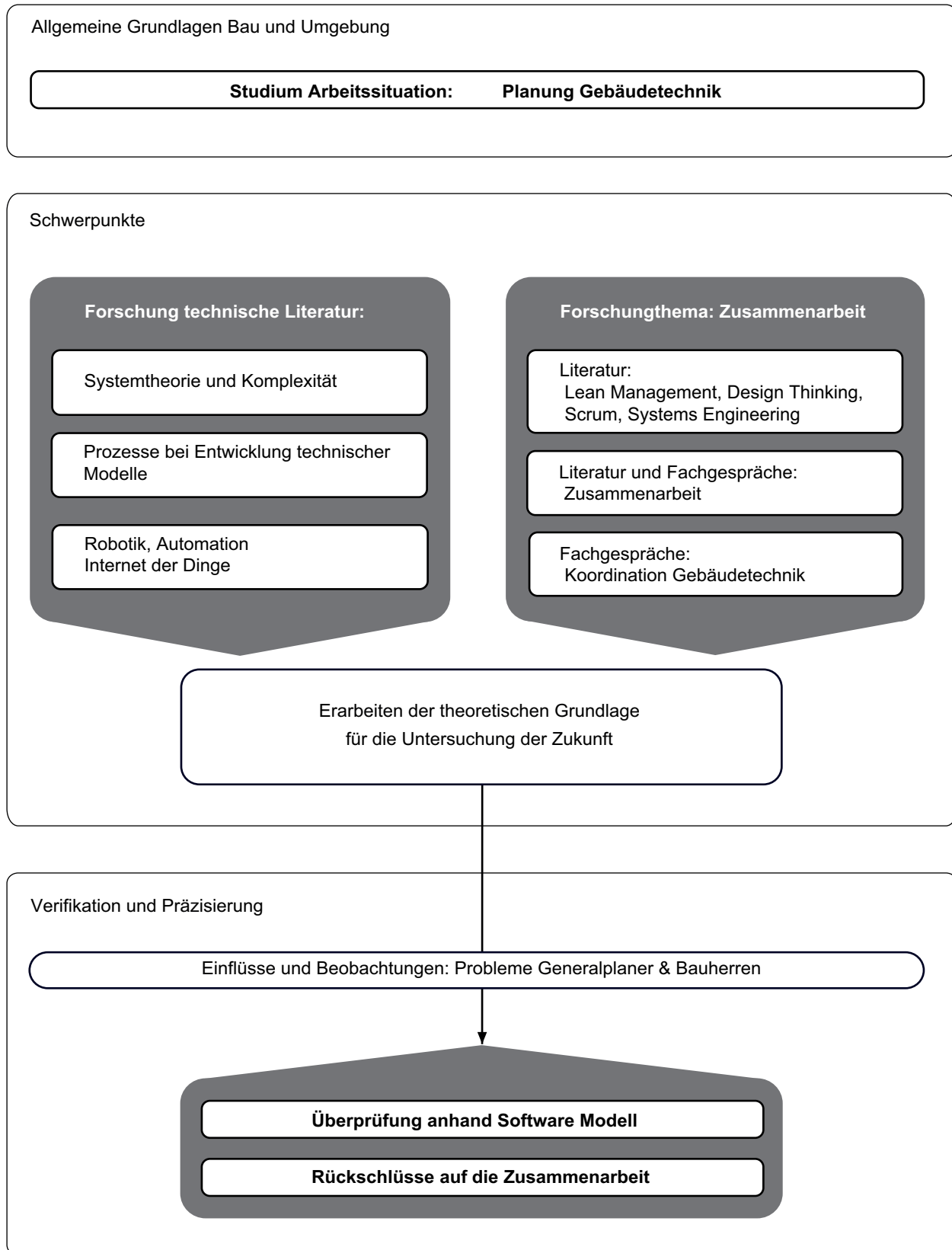
Referenten: Prof. Sacha Menz, Axel Paulus, Meret Alber, Ivan Bocchio  
Korreferent: Odilo Schoch

Zürich, Mai 2016

A	INHALTSVERZEICHNIS
B	METHODIK
C	KURZFASSUNG

## MAS THESIS GESAMTPROJEKTLEITUNG BAU

2	Dank
3	Relevanz und Methodik
	<b>1 Die Sichtweise der Gebäudetechnik</b>
4	1.1 Planungs- und Baukultur
15	1.2 Allgemeine Grundlagen
	<b>2 Analyse anhand der Systemtheorie</b>
26	2.1 Woraus sich ein System zusammensetzt
37	2.2 Umgang mit der Komplexität
	<b>3 Kooperation in der Planung</b>
54	3.1 Zusammenarbeit
67	3.2 Anpassung der Organisation
80	3.3 Gestaltung des Vorgehens
95	3.4 Methoden für durchgängigen Wert
116	<b>4 Kollaboration im digitalen Umfeld</b>
132	<b>5 Weiterführende Überlegungen</b>
140	<b>Schlusswort</b>
142	<b>Auswertungen von Literatur</b>
175	Glossar



- ◀ **Methodik**
- ▼ **Kurzfassung der Thesis**

Zukünftig wird sich die Zusammenarbeit in komplexen Bauprojekten an die sich verändernden digitalen Umgebungsbedingungen anpassen. Die Planungsorganisation kann nicht unabhängig von der Gebäudetechnik entworfen werden. So wird einerseits der Wert für den Nutzer ins Zentrum gestellt. Andererseits wird die Planungsaufgabe von zukünftigen Herausforderungen wie Energieeffizienz, intelligenten Stromnetzen, oder dem Internet der Dinge beeinflusst. Mit der dadurch hervorgerufenen Komplexität kann gezielt umgegangen werden, indem die Gestaltung der technischen und organisatorischen Systemarchitektur daran ausgerichtet wird.

Die Gebäudetechnikplaner entscheiden bei der Lösung von Funktionen für die Gebäudetechnik zwischen der Nutzung von Hardwarekomponenten oder Softwarebausteinen der Gebäudeautomation. Solche Abwägungen als bewusste Arbeitsteilung mit Planungssoftware gehören für die Planer zur Methodenkompetenz. Die Digitalisierung der Gebäudemodelle mit einer gemeinsamen Datenstruktur befindet sich in den Anfängen. Die Substitution von Arbeitsschritten durch Software lässt einen grösseren Bearbeitungsbereich und ein breiteres Spektrum der Fachkompetenz von Planern zu. Weil die Planungsleistung einzelner Projektmitarbeiter steigt, verstärkt sich die Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Planern. Das macht hochwertige und direkte Kommunikation wichtig, welche für Entwürfe im interdisziplinären Team geeignet ist. Die zu fördernde Kollaboration wird auf den für eine Aufgabe erforderlichen Lösungskompetenzen aufbauen. Deshalb wird sich die Rolle sowie die Verantwortung von nach Fachgewerken getrennten Planern, zur Teamverantwortung hin verschieben.

Die Planung im digitalen Umfeld hat durch bereits erfasste Informationen Auswirkungen auf die Digitalisierung der Projektorganisation. Eine virtuelle Unterstützung der Projektorganisation wird ohne grossen Aufwand möglich. Die Planung mit Software sowie das digitale Abbild der Projektorganisation werden durch automatische Funktionen erweitert. Das trägt dazu bei, dass sich selbst grosse und komplexe Projektorganisationen sehr effektiv führen lassen. Der im digitalen Umfeld entstehende Freiheitsgrad führt zu flexiblen, netzwerkartigen und agilen Teamzusammensetzungen, was die Anwendung von paralleler Kooperation und gemeinsamer Kollaboration ermöglicht. Dies macht Planungsbüros durch die Vermittlung von Wissensträgern zu internen Dienstleistern für ihre in den Projekten operativ tätigen Mitarbeiter. So können Forschungs und Entwicklungsabteilungen Vorlagemodule bereitstellen. Dies wird ebenfalls durch unabhängige Anbieter im Internet möglich. Das hätte zur Folge, dass dieses Geschäftsmodell dem einzelnen Planer Selbständigkeit ermöglicht und er solche Netzwerke zum Einkauf von Wissen und Vorlagen nutzen kann. Ähnliche disruptive Technologien (Airbnb, Uber, Amazon, etc.) konnten in anderen Branchen Erfolge verzeichnen, was als Anreiz zur Geschäftsmodellinnovation betrachtet werden sollte.

Der Hintergrund dieser Aussagen wird in den folgenden Abschnitten zusammenfassend aufgezeigt. Die Automation der technischen Komponenten im Gebäude entwickelt sich rasch weiter. Technische Anlagen erfüllen Funktionen, die der Gebäudenutzer benötigt, wie das Heizen eines Raumes. Durch hohe Vernetzung sind Informationen für die Regelung von Anlagen durch Software vorhanden, die teure Hardware-Komponenten der technischen Anlagen überflüssig machen können. Gegenwärtig getrennte Technologien konvergieren miteinander, sodass Geräte mehrere Funktionen wie Messung der Temperatur, Erfassen von Präsenz, Messen der Beleuchtung und viele mehr kombinieren. Die Geräte werden mit „Industrie 4.0“ oder „Internet der Dinge“ selber intelligent und kommunikativ, was keine getrennte Betrachtung von Hardware oder Software zulässt. Verantwortungen werden sich deshalb so umverteilen, dass neben der Kompetenz der HLKSE Fachplaner diejenige des Gebäudeautomationsplaners erforderlich ist. Dieser Trend der Digitalisierung lässt die technischen Fachgewerke stärker mit der Gebäudeautomation verschmelzen. Die Substitution von Funktionen durch Software ist auf verschiedenen Ebenen des Bauprozesses zu beobachten. Flexible Technologien wie die Fertigung mittels 3D-Druck oder die Simulation haben das Potential, den Freiheitsgrad in der Gebäudetechnikplanung weiter zu erhöhen. Planer werden, über die beschränkte Produktpalette von Herstellern hinaus, spezifische Hardwarekomponenten auf die Bedürfnisse von Projekten hin entwerfen können. Das gegenwärtige Planen fertiger Produkte wird durch die Methode des Entwerfens von, auf eine Problemstellung in einem Projekt ausgerichteten Bauteilen, ergänzt. Dadurch wird die Rolle des Planers derjenigen vom Ingenieur gerecht. Die Gestaltungsfreiheit der Hardware wird den, heute auf Software für die Gebäudeautomation beschränkten, Möglichkeiten nahekommen.

Die Projektorganisation kann für die ihr gestellten Aufgaben über die adäquate Verwendung von Software entscheiden. Dazu lassen sich mehrere Anwendungsebenen erkennen, innerhalb derer Software eingesetzt werden kann. Auf der Ebene der Planung wird der Ersatz von physischer Arbeitsleistung durch die Arbeitsteilung mit Software möglich. BIM ist die Digitalisierung der Planungsunterlagen, aber der Planer muss die dadurch ermöglichte Automation einsetzen können. Die erhöhte intellektuelle Leistung in einer frühen Phase ist wichtig für eine innovative Entwicklung. Dabei entworfene Regeln können später am Modell umgesetzt werden. Von der bisherigen Arbeitsmethode durch manuelles Modellieren bis zur elektronischen Erfassung dieser Regeln kann Software auf die jeweilige Aufgabe hin angepasst werden. Solche Regeln können für die automatische Ausführung von Planungsschritten verwendet werden. Diese Kompetenz kann der Planer für sich erwerben oder als separate Funktion im Projekt engagieren. Die Entwürfe von Systemarchitekturen werden sich durch diesen Umgang mit der Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine differenzieren.

Als Methode zur Beherrschung der Komplexität in Projekten kann die gezielte Strukturierung für nicht kritische Anlageteile eine Vereinfachung der Planung ergeben. Dabei können vereinfachte Planungs-Prämissen die Planungseffizienz steigern. Ermöglicht wird dies durch modulare Planung von interdisziplinären, technischen Baugruppen. Davon werden allerdings Planungsteams in komplexen Aufgaben eingeschränkt Gebrauch machen können. Alle an einer modularen und standardisierten Lösung Beteiligten müssen eine vertraglich geregelte und langfristige Partnerschaft zur Zusammenarbeit pflegen. Die Standardisierung von geplanten Modulen für nicht innovative Bereiche scheint ohne diesen verbindlichen Rahmen der Beteiligten nicht sinnvoll. Das wird die Honorarunterschiede zwischen einfachen und komplexen Projekten vergrößern. Die Folge davon ist, dass es mit geringerem Aufwand möglich sein wird, Standardnutzungen zu planen.

Die durch die umfassende Digitalisierung entstehenden Freiheitsgrade in der Strukturierung der Planungsaufgabe erlauben eine grössere Aufmerksamkeit auf zentrale oder kritische Elemente im Projekt. Dieses aktive Risikomanagement hilft bei der Beherrschung von Dynamik, welche beispielsweise durch Bestellungenänderungen oder Fluktuationen auftreten kann. Anspruchsvolle Bereiche des Projekts verursachen in technischer, wie auch in organisatorischer Hinsicht Koordinationsaufwand. Der Aufwand für die externe Koordination durch Drittpersonen verursacht Zusatzaufwand und sollte deshalb tief gehalten werden. Viele Entscheidungen werden nicht von der Führungsstelle, sondern von den Fachplanern getroffen, was dem hierarchischen Aufbau widerspricht. Deshalb ist die Verantwortung auf autonome, interdisziplinäre Teams gestützt, welche über sämtliche erforderlichen Kompetenzen verfügen. Komplexe Schwerpunkte im Projekt werden bewusst ins Zentrum gestellt. Da die Gestaltung der technischen Systeme der Zusammenstellung von Planungsteams folgen wird, muss die Koordinationsrolle Einfluss auf die Projektorganisation nehmen können. Damit die Koordination innerhalb der Teams geschieht, ist die Teamorganisation durch die Projektleitung agil zu gestalten. Die Rolle der Fachkoordination kann sich deshalb nicht nur auf die Festlegung von Rahmenbedingungen der technischen Systeme beziehen. Diese Rolle der Fachkoordination hängt also wesentlich von der Möglichkeit der Einflussnahme auf die Organisation ab. Das lässt den Schluss zu, dass es sich um eine Führungsrolle handelt, welche die Projektorganisation der Fachplaner mitbestimmen können muss. In gegenwärtigen Vertrags-Konstrukten ist die Position deshalb unabhängig von den Fachplanern zu halten.

Neben der Modellierung von Gebäuden werden die Planer sowie die Führungsfunktionen ebenfalls von der Digitalisierung der Planung erfasst. Diese umfasst auch die organisatorische Koordination der mit dieser Aufgabe betrauten Planer. Gegenwärtige Projektorganisationen weisen bereits Merkmale von Netzwerkorganisationen auf, werden aber hierarchisch aufgebaut und auf konventionelle Art geführt. Eine Netzwerkorganisation erfordert ihr digitales Abbild, um die möglichen Strukturen darstellen zu können. Die Projektleitung der Gebäudetechnik kann von Software für die organisatorische Koordination unterstützt werden, was den virtuellen Überblick und die gezielte, agile Steuerung des Projekts ermöglicht. Dazu wurde im Rahmen der Thesis ein Softwaremodell entworfen, das die vielfältigen Ausrichtungen, nach denen sich Projekte organisieren liessen, abzubilden vermag.

Um für die Gebäudetechnik von Projektbeginn an eine stabile Projektgrundlage zu erstellen, sind die Anforderungen zu spezifizieren. Eine für den Besteller transparente Planung gibt Eingangsgrössen und Ausgangsgrössen bekannt und es bestehen erkennbare und nachvollziehbare Zusammenhänge. Bestellte Anforderungen widerspiegeln sich in den geplanten Lösungen. Die Aufgabe der am Projekt beteiligten Planer besteht in der Erfassung und Gewichtung der gestellten Anforderungen, zur Ausrichtung auf das gemeinsame Ziel. Die strukturierte Erfassung von den Anforderungen der Besteller-Organisation ist für den Nachweis der qualitativen Planung auch in der digitalen Umgebung zwingend. Nur auf Basis von Zielen des Auftraggebers können Planungsprämissen und Anforderungen definiert werden, die eine spätere Überprüfung der geplanten Modelle ermöglichen. Dies ist ein iterativer Prozess, sodass Anforderungen mit jedem Planungsschritt anders gewichtet, präzisiert, verworfen oder ergänzt werden. Deshalb ist die Führung der Besteller-Organisation bei der Digitalisierung der Ziele und Anforderungen wichtig. Durch diese Methode können der Auftraggeber und Gebäudenutzer in der Planung mitwirken. Dieser Prozess der Qualitätssicherung wird aufgrund der Fachgewerks übergreifenden Themen von einer Koordinationsfunktion der Gebäudetechnik geführt. Die Qualität der Planung kann nur durch eine Verifikation anhand der Anforderungen und eine Validierung mit dem Nutzer im Betrieb erfolgen. Der Wert für den Nutzer, der im Zentrum der Bauaufgabe steht, wird so zur messbaren Grösse.