

# Realisierung Energiedarstellungstool

Prototyp BIM Level 2 Kollaboration firmenintern



$$\begin{aligned}
 & \frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \psi}{dx^2} + V \psi = E \psi \quad \Phi_e = \frac{L}{4\pi^2} \int \frac{d^2 x}{2\pi} = \frac{\Delta x}{2\pi} = \frac{x_2 - x_1}{2\pi} \quad v = c/\lambda \quad \Phi = NBS \\
 & U_{ef} = U_m \quad E = \hbar \omega \quad X_L = \frac{U_m}{I_m} = \omega L = 2\pi f L \quad F_g = \frac{m_1 m_2}{(m_2 + m_1)^2} \quad R_m = \frac{C}{T} k = \pm \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2}} (E - V_0) \\
 & \vec{B} = \mu_0 \frac{N I}{L} \quad v = \frac{\omega k}{2\pi r m_e} \quad \Phi_{e-} = \frac{E_{pA} - E_{pB}}{e} = |V_A - V_B| \quad T = \frac{4 n_1 n_2}{(n_2 + n_1)^2} \quad R_m = \frac{C}{T} k = \pm \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2}} (E - V_0) \\
 & K = \rho \frac{1}{2} m v^2 \quad M_m = \frac{M_r \cdot 10^{-3}}{N_A} \quad l_e = l_0 (1 + d \Delta t) \quad I = \frac{U_e}{R + R_i} \quad \omega = 2\pi f \\
 & \lambda = \frac{h}{m v} \quad R = \rho \frac{l}{S} \quad E = m c^2 \quad \sin \beta = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \mu}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}} \\
 & f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}} \quad \psi(x) = \sqrt{2/L} \sin \frac{n\pi x}{L} \quad E = \frac{1}{2} \hbar \omega / m \quad \beta = \frac{\Delta I c}{\Delta E} \quad \Phi_e = \frac{\Delta E}{\Delta t} \frac{\mu_0}{X} + \frac{\mu_0}{X^2} = \frac{\mu_0 - \mu_1}{v} \\
 & \oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \iint \vec{J} \cdot d\vec{S} \quad \vec{S} = \frac{1}{\mu_0} (\vec{E} \times \vec{B}) \quad \Delta I_B = \frac{\Delta E}{\Delta t} \frac{\mu_0}{X} + \frac{\mu_0}{X^2} = \frac{\mu_0 - \mu_1}{v} \\
 & v_e = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3kT N_A}{M_m}} = \sqrt{\frac{3R_m T}{M_m \cdot 10^{-3}}} \quad E = \hbar k^2 \cdot 1 \text{ pc} = \frac{1 \text{ AU}}{r} \quad \oint \vec{D} \cdot d\vec{S} = Q^* \\
 & \lambda = \frac{h v}{E} \quad F_h = S h p g \quad f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L}} \quad \sigma = \frac{Q}{M} \quad M = F d \cos \alpha \quad \int \frac{F_h}{R} \\
 & \left( \frac{E_t}{E_0} \right)_{||} = \frac{2 \cos \theta_1 \cos \theta_2}{\cos(\theta_1 - \theta_2) \sin(\theta_1 + \theta_2)} \quad n \neq \dots \quad \sigma = \frac{Q}{M} \quad M = F d \cos \alpha \quad \int \frac{F_h}{R}
 \end{aligned}$$

## Bericht Projekt 6

## BACHELORTHESIS – Extended Management Summary Studiengang Energie- und Umwelttechnik, Energie in Gebäuden

Auftraggeber: Pirmin Jung Ingenieure AG, Daniel Müller  
 Projektleiter: Manuel Troxler  
 Projektcoach: Christoph Sibold  
 Professor: Dominique-Stephan Kunz  
 Expertin: Anne Nyffeler

Ort: Campus Brugg-Windisch  
 Datum: 18.08.2017

## Ausgangslage

In der Schweiz wird jährlich rund 1% des bestehenden Gebäudeparks saniert.<sup>1</sup> Dabei muss jedes einzelne Gebäude analysiert werden, um es energetisch optimieren zu können. Hierbei müssen viele Parameter beachtet werden und sehr viele können dabei auch vergessen gehen. Geschieht dies nicht oder nur unzureichend, wird vorhandenes Einsparpotential bei der Energie nicht ausgeschöpft.

Hintergrund dieser Projektarbeit ist es, die Arbeit der Firma Pirmin Jung Ingenieure AG zu erleichtern und zu verbessern. Bei der Pirmin Jung Ingenieure AG werden jeden Tag Gebäude analysiert und optimiert. Hierbei müssen viele Parameter beachtet werden, die voneinander abhängig sind. Für jedes Gebäude wird das Vorgehen wieder neu aufgegleist, was einerseits einen grossen Aufwand und andererseits eine individuelle, nicht standardisierte Bewertung der zu beurteilenden Gebäude bedeutet.

In einem ersten Schritt wurden in der vorangegangenen Projektarbeit P5 die für energetische Gebäudeoptimierungen relevanten Parameter und die dazugehörigen Attribute für eine umfassende energetische Betrachtung ermittelt. Damit dies vollständig erfolgen konnte, musste zuerst das kleinste gemeinsame Vielfache aller Projekte in Form von Projektinformationsebenen eruiert werden. Auf dieser Basis wurden dann Parameter-Quellen-Matrizen gegliedert nach den Projektinformationsebenen erarbeitet.

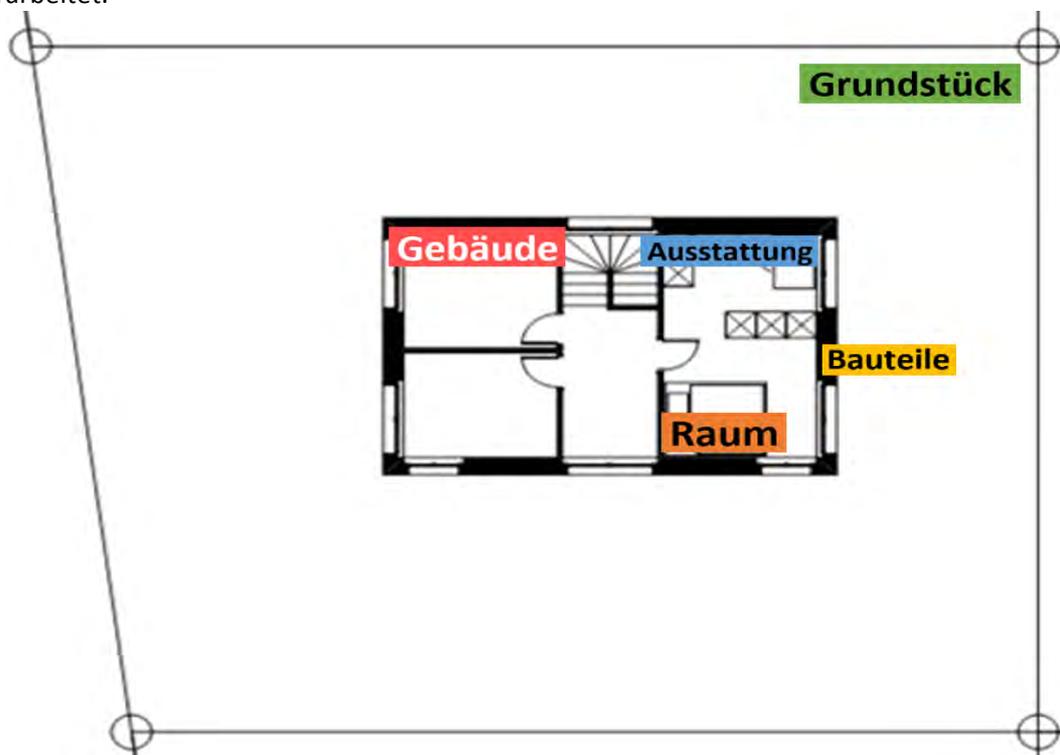


Abbildung 1: Veranschaulichung der Parameterstrukturierung in Form von Projektinformationsebenen

Die so entwickelte Datenstruktur und die Quellen-Matrizen bildeten die Grundlage für die Standardisierung der Bearbeitung von Energetischen Gebäudeoptimierungen im Sinne einer Anwendung von objektorientierter Arbeitsweise BIM Level 1<sup>2</sup>. In der Thesis P6 wird nun untersucht, was für Abhängigkeiten und Prioritäten zwischen den verschiedenen Projektinformationsebenen und Parameter-Quellen bestehen und wie diese Daten intelligent vernetzt und visualisiert werden können, damit die Grundlage für eine firmeninterne Projektbearbeitung im Sinne von BIM Level 2<sup>3</sup> geschaffen werden kann.

<sup>1</sup>[www.mieterverband.ch/dam/jcr:5fba2add-a476-469d-b7f1-5b8b1e50bb34](http://www.mieterverband.ch/dam/jcr:5fba2add-a476-469d-b7f1-5b8b1e50bb34)

<sup>2</sup> BIM Levels = BIM-Entwicklungsmodell gemäss britischer BIM Task Force



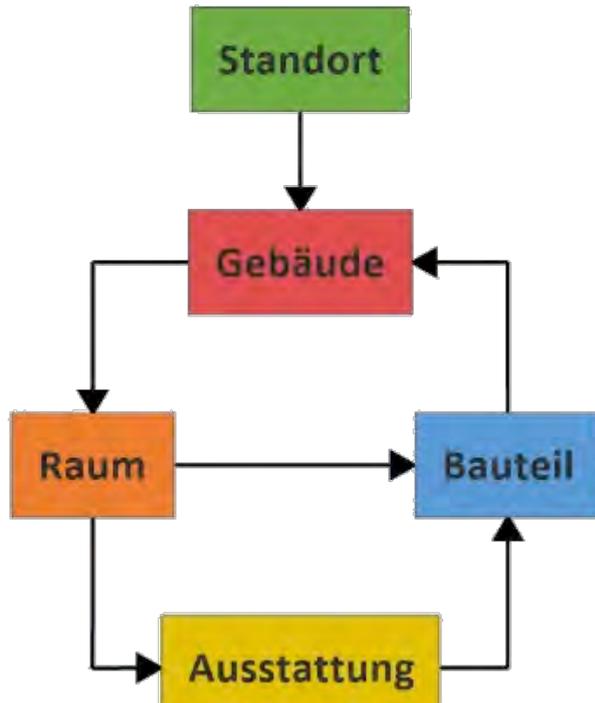


Abbildung 2: Primärabhängigkeiten Projektinformationsebenen

Die Ziele sollen erreicht werden durch die konsequente Umsetzung einer objektorientierten strukturierten Arbeitsweise im Sinne von BIM Level 1 und deren Weiterentwicklung zu einer kollaborativen Arbeitsmethodik im Sinne von BIM Level 2. Dazu sollen die in der Projektarbeit P5 ermittelten Parameter auf den verschiedenen Projektinformationsebenen aufgrund ihrer Abhängigkeiten und Prioritäten logisch miteinander verknüpft werden. Aus dieser Verknüpfung lässt sich dann auch der ideale Bearbeitungsablauf für Energetische Gebäudeoptimierungen ableiten und darstellen. Weiter soll im Laufe des Erarbeitungsprozesses der Thesis P6 eruiert werden, wie die Attribute pro Parameter bei der Pirmin Jung Ingenieure er- oder verarbeitet werden. Dies bildet die Basis für Visualisierung und die Standardisierung des gesamten Arbeitsprozesses für die Dienstleistung der Energetischen Gebäudeoptimierung. Durch die Verwendung der Parameter-Quellen-Matrizen wird zudem auch deutlich, wo noch Werte fehlen und wie oder wo diese fehlenden Daten beschafft werden müssen.

Die Quellen-Matrizen sollen somit nicht nur als Sammelgefäß für Vorgaben und Grundlagendaten verwendet werden, sondern auch der Qualitätssicherung dienen, da sie eine vollständige Übersicht über die erforderlichen Grundlagendaten ermöglichen. Mittels dieser Grundlagen soll ein Hilfsmittel entstehen werden, mit welchem Gebäude einfach und einheitlich analysiert und bewertet werden können und womit die Resultate und Varianten grafisch nachvollziehbar dargestellt werden. Damit soll die Arbeit der Pirmin Jung Ingenieure effizienter, weniger fehleranfällig und mit höherer Qualität ausgeführt werden, um den Kunden in möglichst kurzer Zeit, fehlerfreie, qualitativ hochstehende und gesamtheitliche Variantenvorschläge für energetische Optimierungen von Gebäuden unterbreiten zu können.

## Vorgehen

In der Arbeit P5 wurden Bottom-Up von der Informationsinputseite her die Vorgaben und erforderlichen Grundlagendaten zusammengetragen und in Parameter-Quellen-Matrizen zusammengefasst. In der Thesis P6 wird nun Top-Down von der Outputzielenseite her gearbeitet. Da verschafft man sich in einem ersten Schritt einen Überblick. Einerseits durch Analyse der bestehenden Arbeitsabläufe und der vorhandenen Arbeitsgrundlagen und -hilfsmittel, andererseits aber auch durch Analyse der Ziele und der Faktoren, die massgebend für deren Erreichung sind. In der Thesis werden somit sowohl die Input- als auch die Outputseite ersichtlich und die Systematik der Bearbeitung von energetischen Gebäudeerneuerung von den zwei Seiten analysiert und erarbeitet bis es zu einem grossen Ganzen zusammengeführt werden kann. Dazu müssen die Abläufe, Verbindungen und Abhängigkeiten zwischen den Attributen der verschiedenen Parameter und den Zielwerten für die Auswertungsgrafiken hergestellt werden. Dies stellt sogleich auch die Hauptaufgabe dieser Arbeit dar: Das Erarbeiten, Erkennen und Festhalten des gesamten Systems der energetischen Gebäudeoptimierung. Durch diesen Entwicklungsprozess wird im Projektverlauf klar, wie der Output des geforderten Energiedarstellungstools aussehen kann und davon abgeleitet wird, welche Werte erforderlich sind für die Generierung der Zielgrafiken, woher diese stammen und wie diese erarbeitet werden müssen. Dies ist die Grundlage für die Erstellung des Tools, welches dann als Prototyp basierend auf verknüpften Excel – Tabellen erstellt wird.

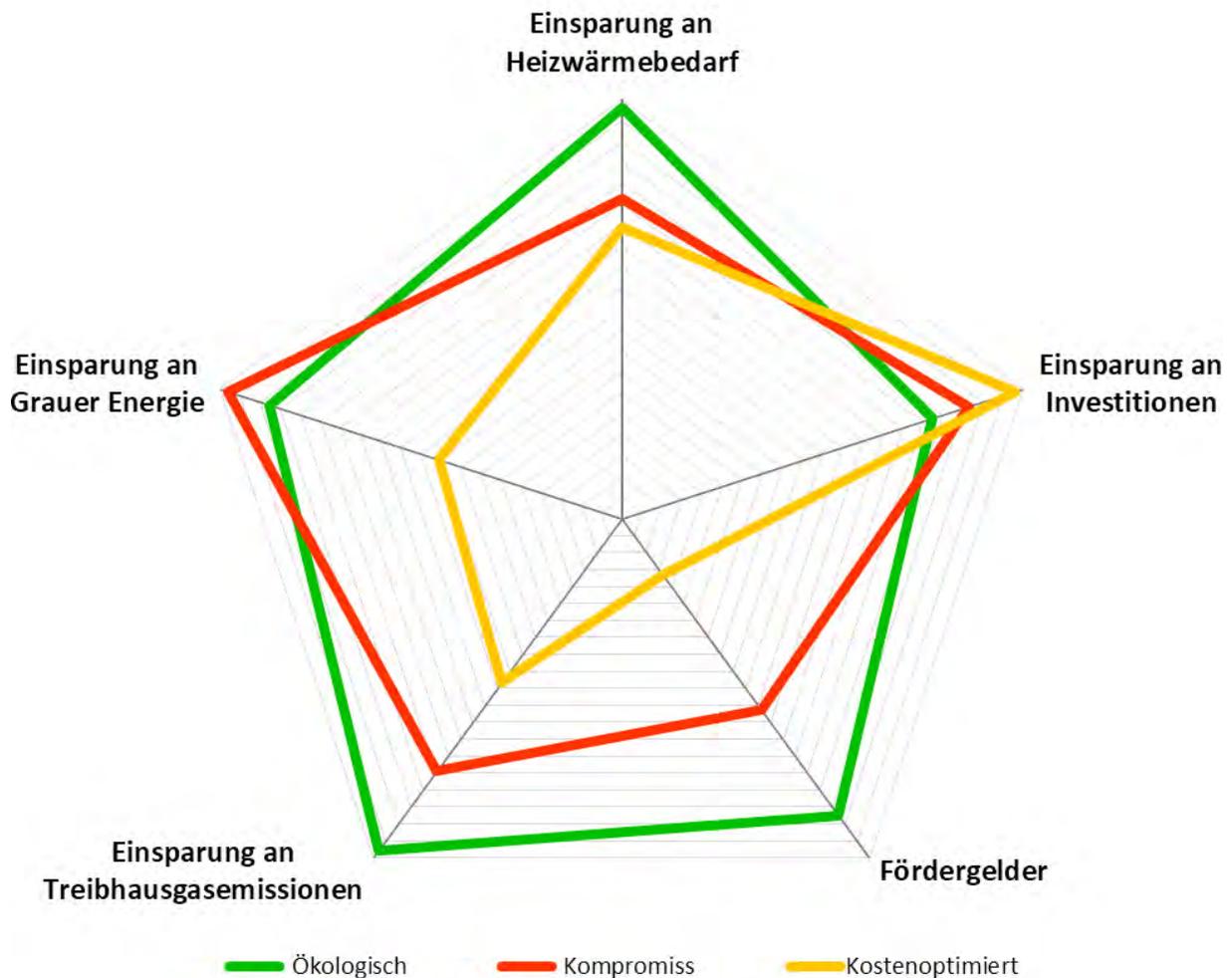


Abbildung 3: Beispiel Ziel-Auswertungsgrafik Energiedarstellungstool

## Resultate

Das Hauptergebnis der Thesis P6 ist zweigeteilt. Einerseits ist es die Darstellung der komplexen Zusammenhänge und Abhängigkeiten, welche hinter der energetischen Gebäudeoptimierung steckt. Dies wurde in der Form einer Systemgrafik in Anlehnung an ein relationales Datenbanksystem festgehalten. Dessen Erstellung war unabdingbar für die Entwicklung des eigentlichen Energiedarstellungstools, welches Resultate aus Berechnungen aufgrund von unterschiedlichen Vorgaben auswertet und vergleicht. Die in Form der Systemgrafik strukturierte Darstellung der Abläufe dient der Standardisierung somit der Qualitätssicherung der Bearbeitung von energetischen Gebäudesanierungen und bildet die Grundlage für die Kollaboration im Sinne von BIM Level 2 zu dessen Zweck auch das Energiedarstellungstool auf dieser Basis entwickelt wird..

Anders als es anfänglich angenommen, werden im Energiedarstellungstool in seiner schlussendlichen Form keine Berechnungen gemacht, sondern das Tool Vernetzt die Informationen und Resultate aus unterschiedlichen Quellen und stellt diese grafisch dar. Dies dient dem schnellen Verständnis und Vergleich verschiedener Lösungsvarianten, um so die optimale Lösung für die energetische Gebäudeoptimierung zu finden. Die relevanten Gebäudekennzahlen aus den Parameter-Matrizen werden vernetzt wodurch man die Bewertungsgrafik erhält und sogleich den Variantenvergleich sieht.

Das entstandene Tool ist das Resultat aus dem durchgeführten Arbeitsprozess. Viele Abhängigkeiten und Einflüsse wurden durch diese Entwicklung erst erkannt und festgehalten. Die dabei entstandene Systemgrafik stellt ein weiteres wichtiges Resultat der Thesis dar. Die Erkenntnisse welche durch diese Arbeit gewonnen wurden, sind von grosser Bedeutung für Pirmin Jung Ingenieure AG. Durch die Arbeit P5 hat die Firma nun eine strukturierte Übersicht über die erforderlichen Grundlagen, Quellen und Informationsstrukturen und somit die Grundlage für BIM Level 1 erhalten und durch die

Thesis P6 wurde durch die Erarbeitung der Standardsystematik der Vernetzung der Projektinformationen die Grundlage für eine BIM Level 2-Kollaboration geschaffen. Dies trägt erheblich zur Qualitätskontrolle beziehungsweise der Qualitätssteigerung der täglichen Arbeit bei. Die entwickelten Grafiken sind zudem wichtige Hilfsmittel womit die Pirmin Jung Ingenieure AG die eigene Arbeit besser versteht und somit zielgerichteter und effizienter an künftige Projekte herangehen kann. Auch die Kunden werden aufgrund der resultierenden Grafiken die Arbeitsschritte der Fachleute besser nachvollziehen können und erhalten mit den grafischen Darstellungen verständliche Entscheidungsgrundlagen. So hat man eine fundierte, umfassende Kommunikationsgrundlage und kann gemeinsam die optimale Lösung finden.

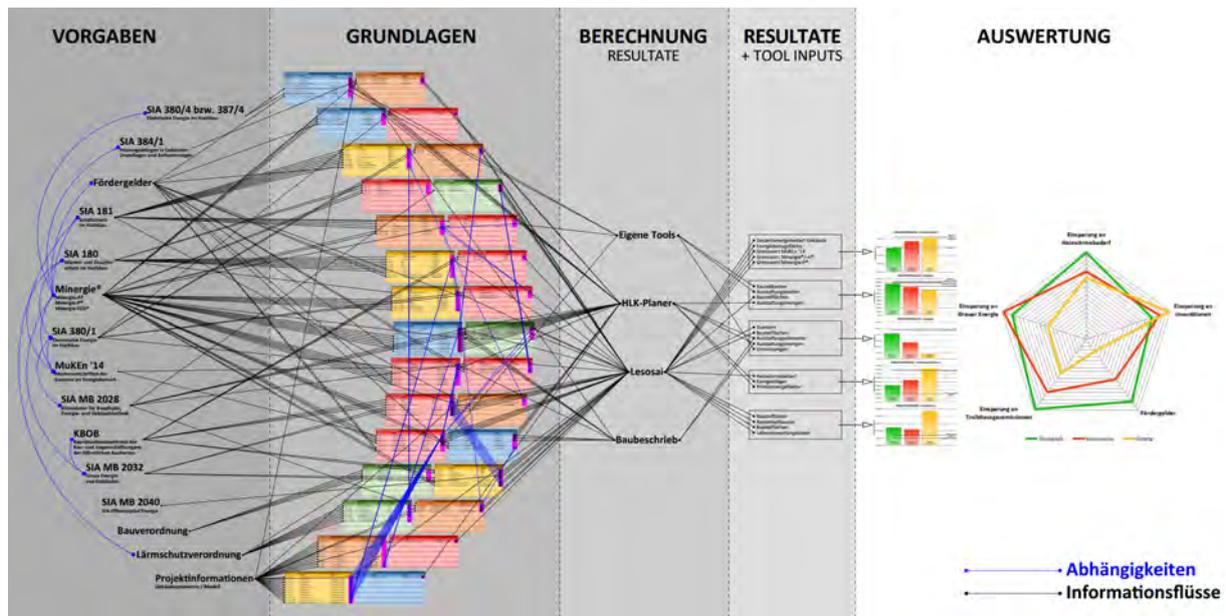


Abbildung 4: Übersicht Systemgrafik Bearbeitung Energetische Gebäudeoptimierungen

## Ausblick

Mit Hilfe der erarbeiteten Grundlagen kann in Zukunft zielgerichtet, effizient und vor allem standardisiert an ein Projekt herangegangen werden, um ein Gebäude energetisch zu optimieren. Das entstandene Tool-Kit welches ein Projektbearbeitungsschema darstellt kann künftig flexibel erweitert werden. Beispiele hierfür wären das Hinzufügen weiterer Bewertungsgrößen wie zum Beispiel dem sommerlichen Wärmeschutz, oder dem Elektrizitätshaushalt mittelfristig oder auch die Erweiterung der Systematik auf das ganze Dienstleistungsportfolio der Pirmin Jung Ingenieure AG.

Aufgrund der Systemgrafik in Anlehnung an ein relationales Datenbankmodell kann später die Programmierung einer individuellen, firmeneigenen Softwarelösung in Auftrag gegeben werden, welche die verschiedenen Berechnungstools über automatisierte Schnittstellen integriert und so sämtliche Bedürfnisse von Pirmin Jung Ingenieure AG abdeckt. Alternativ kann sich die Firma auch dazu entscheiden, sich mit einem Softwarehersteller, welcher bereits einen Grossteil der Anforderungen abdeckt zusammenzutun und gemeinsam mit diesem ein neues Tool für die Kollaboration zu entwickeln. Die Pirmin Jung Ingenieure AG befasst sich seit 2013 mit der Einführung von BIM in der Firma. Mit dieser Thesis wurde ein weiterer Schritt gemacht, welche die Firma diesem Ziel näher bringt, da die gewonnenen Erkenntnisse auf alle Dienstleistungsbereiche adaptiert werden können.