

# Zeitnahe Qualitätssicherung und Optimierung von Gebäuden

M. Krempl,  
C. Kuh,  
M. Grim

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

# 19/2015

**Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter  
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

# Zeitnahe Qualitätssicherung und Optimierung von Gebäuden

SpeedReg!

DI (FH) Manuel Krempl, DI Christoph Kuh,  
DI Margot Grim  
e7 Energie Markt Analyse GmbH

Wien, November 2014

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“). Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse [www.HAUSderZukunft.at](http://www.HAUSderZukunft.at) Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula  
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

---



# Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung .....	10
Abstract .....	12
1 Einleitung.....	14
2 Hintergrundinformationen zum Projektinhalt .....	15
2.1 Beschreibung des Stand der Technik .....	15
2.1.1 Energetische Qualität in der Gebäuderichtlinie sowie den nationalen Implementierungen (EnEV / DIN 18599 bzw. OIB 6 und ÖNORMEN) .....	15
2.1.2 Alternative Inbetriebnahmekonzepte .....	15
2.2 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema.....	18
2.3 Beschreibung der Neuerungen sowie ihrer Vorteile gegenüber dem Ist-Stand .....	20
2.4 Verwendete Methoden .....	20
2.5 Beschreibung der Vorgangsweise und der verwendeten Daten .....	21
3 Ergebnisse des Projektes.....	22
3.1 Experteninterviews .....	22
3.2 Ergebnisse Literaturrecherche .....	27
3.2.1 Qualität und Qualitätssicherung.....	27
3.2.2 Leistungsmodelle .....	28
3.2.3 Organisationsformen.....	32
A. Einzelvergabe .....	33
B. Paketvergabe.....	34
C. Totalunternehmer 1.....	35
D. Totalunternehmer 2.....	36
3.2.4 Beschreibung relevanter Normen und Richtlinien.....	37
3.3 Erstellung des Leitfadens .....	39
4 Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms .....	42
4.1 Einpassung in das Programm .....	42
4.2 Beitrag zum Gesamtziel des Programms .....	42
4.3 Einbeziehung der Zielgruppen .....	42
4.4 Beschreibung der Umsetzungspotenziale für die Projektergebnisse .....	43
5 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen .....	44
6 Ausblick und Empfehlungen .....	45
7 Literatur-/ Abbildungs- / Tabellenverzeichnis .....	46

8	Anhang.....	47
8.1	A1 – Leitfaden .....	47
8.2	A2 – Leitfaden zum Hintergrundgespräch.....	47



# **Kurzfassung**

## **Ausgangssituation/Motivation**

Forciert durch die steigenden Anforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden herrscht ein hoher Standard bei der Planung und schrittweise auch bei der Ausführung von innovativen Gebäuden. Ob ein Gebäude jedoch sein Effizienzpotential ausschöpft oder nicht hängt stark vom Gebäudebetrieb – und hier insbesondere von der Inbetriebnahmephase – ab. Umso wichtiger ist es daher, dass Gebäude nicht nur auf energieeffiziente Standards geplant sind, sondern auch über eine gut eingestellte und an die Nutzung angepasste Gebäudetechnik verfügen, um diese im Betrieb zu erreichen. Vor diesem Hintergrund steht das Ziel, zeitnahe Aussagen zur tatsächlichen Performance von Gebäuden im Vergleich zu in der Planung berechneten Effizienz- und Qualitätsniveaus zu ermöglichen und einen Beitrag zur Entwicklung eines Standards zur Qualitätssicherung in der kritischen Inbetriebnahmephase zu leisten.

## **Inhalte und Zielsetzungen**

Im Projekt SpeedReg! „Zeitnahe Qualitätssicherung und Optimierung der Betriebsführung von Gebäuden“ sollen die fragmentiert vorhandenen Ansätze zur Qualitätssicherung von Inbetriebnahmeprozessen sowie die Methoden zur Optimierung im Betrieb zusammengeführt und hinsichtlich der Erreichung eines schneller gut eingeregeltten Gebäudebetriebs aufbereitet werden.

Ziel ist die Erstellung eines Leitfadens, welcher einen roten Faden von der frühen Projektentwicklung über die Planung und Ausführung bis in die erste Phase der Nutzung spannt und die wichtigsten Aufgaben und Schnittstellen für die Qualitätssicherung von Inbetriebnahmeprozessen und die zeitnahe Optimierung im Betrieb umfasst.

## **Methodische Vorgehensweise**

Es wurden auf Basis von Expertengesprächen sowie einer ausführlichen Literaturrecherche die wiederkehrenden Problemstellen erörtert und bestehende Lösungsansätze – technisch und organisatorisch – erhoben. Diese wurden gewerkespezifisch entlang der verschiedenen Prozess- und Leistungsphasen zusammengeführt und zu einem generischen Modell aufbereitet. Die daraus extrahierten Aufgaben und Schlüsseldokumente je Leistungsphase bilden die Kernelemente des Leitfadens.

## **Ergebnisse und Schlussfolgerungen**

Als Ergebnis wurde ein Leitfaden für alle, im Planungs- und Errichtungsprozess beteiligten Akteure sowie für die, für den Gebäudebetrieb verantwortlichen Personen erstellt. Der Fokus liegt dabei auf der qualitativen Beschreibung von Aufgaben und Schnittstellen im Bau- und Nutzungsprozess, um Informations- und somit Qualitätsverlusten vorzubeugen und um eine

schnelle Einregulierung gebäudetechnischer Anlagen sowie eine rasche Optimierung im Betrieb zu erreichen.

## **Ausblick**

Der Leitfaden wird über die Programmwebsite von Haus der Zukunft sowie auf der Unternehmensseite der e7 Energie Markt Analyse GmbH veröffentlicht und als Download zur Verfügung stehen.

Seitens e7 wird der Leitfaden im Rahmen von Beratungsdienstleistungen verwendet, mit dem Ziel, den entwickelten Ansatz zur Qualitätssicherung von Inbetriebnahmeprozessen zu einer breiten Anwendung zu führen. Konkret ist geplant, Bauherren hinsichtlich der erforderlichen Tätigkeiten und Schnittstellen in den einzelnen Projektphasen von der Initiierung bis in die erste Phase der Nutzung zu begleiten, um das Ziel eines gut eingeregelt und somit energieeffizient betriebenen Gebäudes zu erreichen.

Um das Thema der qualitätsgesicherten Inbetriebnahme weiter voranzutreiben wird das gewonnene Knowhow in die bestehenden Netzwerke eingebracht und verbreitet.

## **Abstract**

### **Starting point/Motivation**

Due to the increasing requirements on the energy performance of buildings, there is a high standard of planning and gradually also in the execution of innovative buildings. However, whether a building fulfils its efficiency potential or not depends greatly on the building operation – and here especially of the commissioning phase. It is therefore all the more important that buildings are not only planned to energy-efficient standards, but also that they have a well-adjusted building service which is adapted to the use of building.

Against this background, the objective is to receive contemporary statements to the actual performance compared to the planning phase.

### **Contents and Objectives**

The project SpeedReg! "Contemporary quality assurance and optimization of building operation" merges the existing approaches to quality assurance of commissioning processes and methods to optimize building operation in order to achieve a well-adjusted building operation from an early time.

The aim is to produce a guide which draws a common thread from the project development, planning and execution to the first phase of use. It should span the main tasks and cutting points for the quality assurance and optimization of building operation.

### **Methods**

Based on expert interviews and an extensive literature review, recurring problems were discussed and existing approaches and methods – technically and organizationally – collected. These were brought together along the various process- and performance phases and processed into a generic model. The resulting extracted tasks and key documents for each performance period are the core elements of the Guide

### **Results**

As a result, a guidance for the stakeholders involved in the planning and construction process as well as for persons in charge of building operation was created. The focus is on the unique description of tasks and cutting points in the construction and utilization process to prevent information- and quality loss and to achieve a rapid balancing of building installations and rapid optimization in operation.

### **Prospects / Suggestions for future research**

The guide will be published on the program website and on the corporate website of the e7 energy market analysis GmbH and will be available for download.

e7 will use the guide in the context of consulting services, with the aim to lead the developed approach of quality assurance of commissioning processes to a wide range of applications.

Specifically it is planned to accompany customers order to achieve the objective of a well regulated and is thus energy-efficient driven building. For the further advance of the topic “quality-assured commissioning” the generated Know-how will be introduced to the existing networks.

# 1 Einleitung

Forciert durch die europäische Gebäuderichtlinie steigt die Anforderung an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden beständig, gleichzeitig erhöhen sich die Komplexität gebäudetechnischer Anlagen sowie deren Automationsgrad. Die Vorgaben richten sich – wie auch Förderkriterien oder Zielwertvorgaben von Bauträgern / -herren – fast ausschließlich an Planungszielwerte. Nachdem das Gebäude in Betrieb gegangen ist, Fördergelder ausbezahlt und Plaketten aufgehängt wurden, sinkt die Aufmerksamkeit für die Erreichung von Nachhaltigkeitszielen in der Regel rapide. Umso wichtiger ist es daher, dass Gebäude nicht nur auf energieeffiziente Standards geplant sind, sondern auch über eine gut eingestellte und an die Nutzung angepasste Gebäudetechnik verfügen, um diese Standards im Betrieb zu erreichen. Häufig wird in der Praxis jedoch von großen Abweichungen zwischen Planung und Realbetrieb zu Lasten von Betriebskosten und Umweltwirkung berichtet. In vielen Fällen liegt die Ursache in einer schlecht eingestellten Gebäudetechnik.

Inwieweit die geplante Technik in der Realität auch so funktioniert wie angedacht, bzw. überhaupt auf den Realbetrieb abgestimmt ist, hängt zum einen von der Qualität der Inbetriebnahme ab, zum anderen von der laufenden Kontrolle und Optimierung während der Nutzung. Hier gibt es oft bedeutende organisatorische Barrieren: Eindeutige Schnittstellen zwischen Bauherr, Planern, Ausführenden, örtlicher Bauaufsicht und Betreibern, die klar formulierte und einzuhaltende Parameter zu den einzelnen Gewerken definieren, sind meistens nicht vorhanden. Folglich kommt es häufig zu Informations- und in der Folge zu Qualitätsverlusten an den Übergängen zwischen den Projektbeteiligten.

Zusammengefasst fehlt es an Standards, die einerseits klare Vorgaben zu Planungs- und Betriebszielen in allen Prozessphasen überprüfbar festlegen sowie andererseits zur Prüfmethode.

Im Projekt wurde ein Leitfaden entwickelt, der sich an alle, im Planungs- und Errichtungsprozess beteiligten Akteure sowie an die, für den Gebäudebetrieb verantwortlichen Personen richtet. Der Fokus liegt dabei auf der eindeutigen Beschreibung von Aufgaben und Schnittstellen im Bau- und Nutzungsprozess, um Informations- und somit Qualitätsverluste vorzubeugen und eine schnelle Einregulierung gebäudetechnischer Anlagen sowie eine rasche Optimierung im Betrieb zu erreichen.

Der Leitfaden soll folgende Eigenschaften erfüllen:

- Schaffung klarer Schnittstellen und damit Verantwortlichkeiten zwischen den einzelnen Beteiligten
- Transparenz der zu erledigenden Aufgaben
- Verringerung des Informationsverlusts zwischen den einzelnen Beteiligten mittels durchdachter Aufbereitung der Informationen in gut verständlichen Strukturen

- die geplante Qualität von Gebäuden in die Realität zu überführen. Was bedeutet, dass energieeffiziente Gebäude auch tatsächlich energieeffizient sind.
- Schnellere Mängelerkennung, besonders bei den energieintensiven Gewerken wie Energieerzeugung, Heizung, Lüftung, Klimatisierung, MSR und Beleuchtung.

## 2 Hintergrundinformationen zum Projektinhalt

### 2.1 Beschreibung des Stand der Technik

#### 2.1.1 Energetische Qualität in der Gebäuderichtlinie sowie den nationalen Implementierungen (EnEV / DIN 18599 bzw. OIB 6 und ÖNORMEN)

Die Berechnung von Energiekennzahlen basiert, der Europäischen Gebäuderichtlinie (EPBD) folgend, auf dem gesamten jährlichen Endenergiebedarf zum Betrieb eines Gebäudes. Es werden Kennwerte für Heizung, Kühlung, Lüftung, (Beleuchtung), Trinkwarmwasser und Hilfsenergien unter Festlegung grundsätzlicher Arten und Standards der technischen Ausstattung, wie die Art der Wärmeversorgung, der Grad der mechanischen Belüftung und der Beleuchtungstyp, berücksichtigt. Die Berechnung enthält zahlreiche Annahmen für die Nutzung des Gebäudes – sogenannte Nutzungsprofile – wie Betriebszeiten, System- und Raumtemperaturen, Mindestaußenluftvolumenströme etc. Mit der europäischen Norm 15232 können auch unterschiedliche Regelungsstrategien berücksichtigt werden. Durch den „Nachweis“ werden somit in jedem Projekt umfangreiche Daten zum Gebäude, seinen technischen Anlagen und Funktionen frühzeitig definiert, parametrisiert und bewertet. Zahlreiche Veröffentlichungen und eigene Projekterfahrungen haben große Unterschiede zu den späteren Energieverbräuchen gezeigt. Dies deutete zum Teil auf Abweichungen zwischen den Annahmen in der Planung und den tatsächlichen späteren Betriebsbedingungen hin, als auch auf Mängel in der Qualität in der Ausführung und in der Betriebsführung.

#### 2.1.2 Alternative Inbetriebnahmekonzepte

Die Inbetriebnahme haustechnischer Gewerke wird in der Praxis von sträflich vernachlässigt bis hin zu ambitioniert ausgeführt. Auch bei energieeffizienten und nachhaltigen Gebäuden existieren häufig weder Standards zur Betriebsführung im Allgemeinen noch zur Inbetriebnahme des Gebäudes im Besonderen. Bestehende Ansätze, die sich mit der Qualitätssicherung von Inbetriebnahmeprozessen (diese umspannen die Phase von der technischen Fertigstellung bis zur Abnahme, bzw. Übergabe an den Nutzer) beschäftigen, findet man nur vereinzelt in Form von betriebspezifischem Know-how, bzw. als Leitlinien von Bauträgern oder Projektentwicklern. Daneben wurden in den letzten Jahrzehnten verschiedene Methoden zur Qualitätssicherung definiert, welche Alternativen zu den üblichen Methoden aufzeigen. Diese sollen hier kurz dargestellt werden:

## **VDI 6039**

Seit Juni 2011 liegt als deutsche Entsprechung die VDI 6039 „Inbetriebnahmemanagement für Gebäude“ vor, deren Bedarf sich als Reaktion auf die immer komplexer werdenden, innovativen Gebäudekonzepte entwickelte. Die Richtlinie zielt darauf ab, die ingenieurtechnische Bearbeitung von Einzelgewerken viel umfassender und die Koordination der Einzelgewerke mit den anderen am Bau beteiligten Partnern und Gewerken viel frühzeitiger einzusetzen als bisher meist praktiziert. Sie beschreibt Methoden und Vorgehensweisen zur Inbetriebnahme von Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung. Zentraler Akteur ist hier ein Inbetriebnahmemanager (IBM), der nicht nur Abnahmen plant und koordiniert sowie den Zustand und die Funktion von Anlagen feststellt, sondern der auch Anforderungen des Bauherrn definieren und Mängel rügen kann. Insbesondere bei komplexen Gebäuden mit Gewerke übergreifenden Funktionen soll der Inbetriebnahmemanager die Aufgaben der Fachplaner unterstützen.

### **Commissioning**

Der Begriff des Commissioning (Inbetriebnahme) entwickelte sich aus den USA und wird zurzeit unter anderem durch entsprechende Anforderungen im Rahmen von Zertifizierungssystemen wie beispielsweise „LEED - Leadership in Energy and Environmental Design“ weiter verbreitet. Ziel ist es, die Abnahme und Inbetriebnahme von Projekten nicht als Abschluss eines hoffentlich noch wirtschaftlichen Bauprojekts, sondern vielmehr als den Start einer erfolgreichen Betriebsphase zu betrachten. Der Ansatz zielt somit auf den Brückenschlag zwischen der Planungs- und Ausführungsphase in den Betrieb ab. In den USA ist daraus ein eigenständiges Berufsbild entstanden. Daneben hat sich auch das Re-Commissioning, eine nochmalige Inbetriebnahme (ähnlich einer Inspektion oder Instandsetzung) und der dauerhaften Überwachung bzw. eines Monitorings entwickelt.

### **Betrieboptimierung**

Optimierung bezeichnet eine experimentelle oder evolutionäre Annäherung an eine optimale Betriebsweise über die im Vorhinein bekannten Zielwerte hinaus. Bei Fertigstellung eines Gebäudes – und auch während Planung und Errichtung – sind nicht alle Randbedingungen des Gebäudebetriebs bekannt. Speziell bei komplexen Anlagenfunktionen ist in vielen Fällen der anzustrebende Zustand – das Optimum – nicht von vorneherein bekannt. Überlagert sich z.B. eine komplexe Ausgangssituation im Erdreich einer Geothermieanlage mit einer nur sehr unscharf zu bestimmenden Nutzung eines Gebäudes, ist eine Gebäudesimulation nur bedingt möglich. Hier kann es sinnvoll sein, durch ein experimentelles Vorgehen und das kontrollierte Verändern einzelner Betriebsparameter den Betrieb zu optimieren. Ein entsprechendes Vorgehen sowohl in Simulationsmodellen als auch in realen Regelkreisen innerhalb festgelegter Grenzen kann auch durch entsprechende Algorithmen automatisiert werden. Um eine optimale Betriebsweise zu erreichen, kann der Betrieb durch schrittweises Anpassen und Korrigieren unter ständiger Prüfung weiter verbessert werden.

Ansätze zur Betrieboptimierung haustechnischer Anlagen werden sowohl auf Basis von Kurzzeitmessungen, als auch in Form eines kontinuierlichen Monitorings durchgeführt.

Temporären (Kurzzeit-)Messungen bedient man sich i.d.R. zur Beurteilung des Anlagenzustands bestehender Anlagen, bzw. zur Fehleranalyse, um Handlungsempfehlungen abzuleiten und umzusetzen. Der Effekt umgesetzter Maßnahmen muss durch weitere Messung nachgewiesen werden. Ein Langzeitmonitoring ermöglicht die regelmäßige Kontrolle von Kennwerten und Betriebsparameter und somit einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess. Erste Erkenntnisse sind frühestens nach einer kompletten Heiz-/ bzw. Kühlperiode möglich. Folglich sollen einige gängige Ansätze, die im Zusammenhang mit der Optimierung des Gebäudebetriebs verschiedentlich eingesetzt werden, kurz beschrieben werden:

#### Betriebsoptimierung auf Basis von Messung – Kurzzeit

Auf Basis von Kurzzeit-Messungen (hier wird vom Autor ein Messzeitraum von wenigen Stunden bis zu ca. 4 Wochen verstanden) wird das Betriebsverhalten von Anlagenteilen oder Komponenten analysiert und auf systematische Fehler untersucht, beispielsweise fehlerhafte Anlageneinstellungen oder eine mangelhafte Einregulierung. In wassergeführten Systemen beispielsweise die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs.

Eine Methode zum hydraulischen Abgleich bestehender Anlagensysteme wird durch den Ansatz **mywarm** am Markt angeboten. Dabei wird der Anlagenbetrieb auf Basis einer temporären Messung des Wärmeverteils- und Abgabesystems hinsichtlich hydraulischer Schwachstellen überprüft. Im Zuge der kontinuierlichen Messung werden die erforderlichen Einstellwerte berechnet sodass ein hydraulischer Abgleich durchgeführt werden kann. Der Messzeitraum erstreckt sich über 1 – 4 Tage. Einsatzgebiet ist einerseits der messtechnische Nachweis einer planungsgerechten Einstellung, bzw. Einregulierung, andererseits die Identifikation von Optimierungspotentialen für die Sanierung.

Alternative Ansätze zur Analyse von Effizienzsteigerungspotentialen in Heizungsanlagen bieten Messungen über einen Zeitraum von 24h an. Der Fokus dieser Analysemessungen liegt auf der Optimierung von Heizkessel- und Pumpenregelungen, aber auch auf der Anlagenhydraulik. [Manschein, 2013]

Zur Überprüfung von Effizienz Kennzahlen sowie zur Optimierung des Betriebs von Lüftungsanlagen wird die kontinuierliche Messung von Anlagenzuständen über einen Zeitraum von zwei bis vier Wochen angeboten. Die Messung umfasst die Luftzustände (Temperaturen und relativer Feuchte der Zuluft, Abluft, Außenluft, Fortluft), die zu- und abluftseitigen Volumenströme sowie die externe Pressung, als auch die elektrische Leistungsaufnahme sowie den Heizwärme-, bzw. Kältebedarf. Auf Basis der Messergebnisse können Performancewerte (Rückwärmezahl, spezifische Anlagenleistung) überprüft sowie Optimierungsmaßnahmen für den Betrieb erarbeitet werden.

#### Betriebsoptimierung auf Basis von Messung – Langzeit

Ein kontinuierliches Monitoring von Energie- und Ressourceneinsatz (EVM) ermöglicht zum einem die Überprüfung von Kennzahlen in periodischen Abständen (z.B. vierteljährlich), sowie die Analyse des Betriebsverhaltens zur schrittweisen Anlagenoptimierung mittels Expertenwissen. Die Überprüfung von Kennzahlen, bzw. die Optimierung von Gebäuden



erfolgt meist über einen Zeitraum von zumindest ein bis drei Jahren, auch um komplette Vergleichsperioden (Heizsaison, Kühlsaison, Jahr, etc.) zu durchlaufen. Die Einregulierung und Optimierung der haustechnischen Anlagen ist in der Regel an die Erreichung der Plankennzahlen geknüpft und kann sich daher ebenfalls über mehrere Jahre erstrecken. Voraussetzung für die Umsetzung eines Monitorings ist die Festlegung der relevanten Datenpunkte in der Planungsphase.

### **Systematische Planung und Überwachung**

In Deutschland beschäftigt sich ein eigenes Forschungsprogramm – EnBop Energetische Betriebsoptimierung – mit der Entwicklung von Methoden und Werkzeugen, um die Qualitätssicherung von Betriebsführungsprozessen zu unterstützen und zur effektiven Umsetzung der Optimierung des Gebäudebetriebs beizutragen. Die Anwendung in Demonstrationsvorhaben sowie die Evaluierung entsprechender Betriebsrisiken, die zu Qualitätsverlusten in der Praxis führen, sind weitere Inhalte des Forschungsprogramms. Der methodische Ansatz von EnBop weist einen engen Praxisbezug auf – Forschung findet an realen Gebäuden und Anlagen statt, da die Begleitung und Evaluierung von bisher mehr als 100 Demonstrationsprojekten im Mittelpunkt steht.

Zu den entwickelten Instrumenten und Tools, die die Qualitätssicherung und Optimierung von Betriebsführungsprozessen unterstützen sollen, gehören beispielsweise Energie-Navigator, ModBen – Tool modellbasierten Betriebsanalyse, ModQs – mobile Datenerfassung für die Einregulierung von Anlagen, etc. Als Schlüsselgewerk stellt sich die Gebäudeautomation dar, um Betriebsdaten zu erfassen, auszuwerten und zu optimieren.

## **2.2 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema**

Seit ihrer Gründung im Jahr 2007 ist die **e7 Energie Markt Analyse GmbH** in Projekten, in denen das Thema der Inbetriebnahme von neuen bzw. sanierten Gebäuden bearbeitet wird, aktiv. Der Schwerpunkt dieser Projekte liegt im Bereich Betriebsoptimierung und Energieverbrauchsmonitoring der haustechnischen Gewerke. Auch in einer Vielzahl von Bauherrenberatungen stellte sich im Rahmen der Planung immer wieder die Frage, welche Voraussetzungen zu schaffen sind, um die Planungsqualität im Gebäudebetrieb einzulösen. Die Integration eines schlüssigen Messkonzepts in den Planungsprozess und die Inbetriebnahme des Monitorings ist in diesen Projekten ein Schwerpunkt. Dadurch konnten bereits hinreichende Erfahrungen über die Komplexität und Problematiken im Planungs- und Inbetriebnahmeprozessen gesammelt werden.

In mehreren Re-Commissioning Projekten wurde des Weiteren einschlägiges Know-how für die Optimierung von Betriebsführungsprozessen sowie die technische und organisatorische Betriebsoptimierungen der energietechnischen Anlagen und die Abstimmung auf das Nutzungsverhalten erarbeitet.

In den von e7 erstellten **Leitlinien für Nachhaltiges Facility Management in der Betriebs- und Nutzungsphase** geht es darum, wie Nachhaltigkeitsthemen während der Betriebs- und

Nutzungsphase geregelt werden um den Ressourceneinsatz, von der ersten Beschaffung über den Betrieb bis hin zur Entsorgung, zu optimieren. Dafür werden jene Aufgaben der Auftraggeber- und Auftragnehmer-Organisation dargestellt, die notwendig sind, um eine hohe Dienstleistungsqualität zu bestellen, zu beauftragen, durchzuführen und zu überwachen. Dabei sind die NutzerInnen ein zentrales Element für die Qualitätssicherung. In den Leitlinien werden Schlüsselprozesse näher erläutert, an deren Ergebnis der Erfolg eines nachhaltigen FM, sprich einer nachhaltigen Betriebsführung erst erkennbar und messbar gemacht werden kann. Ein übergeordneter kontinuierlicher Verbesserungsprozess ist das verbindende Element, um Nachhaltigkeit zu erreichen.

Durch die **Kooperation mit der TU Braunschweig – IGS Institut für Gebäude- und Solartechnik** im Rahmen des Projektvorhabens kann auch auf dessen umfassende Projekterfahrung im Bereich der Betriebsoptimierung von Gebäuden zurückgegriffen werden. Insbesondere zu nennen ist dabei die Koordination des deutschen Forschungsprogramms EnBop (Energetische Betriebsoptimierung) durch das IGS. Im Rahmen von EnBop und in zahlreichen Vorprojekten hat das IGS bisher mehr als 100 Bürogebäude, Schulen, Krankenhäuser u.a. in Bezug auf Optimierungspotenziale untersucht. Dabei wurden neben der Umsetzung von zahlreichen Maßnahmen sowie neuen Methoden und Werkzeugen auch verschiedene interdisziplinäre Kooperationen aufgebaut. Damit sind unter anderem die folgenden Vorprojekte angesprochen:

- **Energie-Navigator** – Performance-Controlling für Gebäude und Anlagen: Der Energie-Navigator ist eine webbasierte Arbeitsplattform für Architekten, Ingenieure, Bauherren und Facility Manager zur gemeinsamen Performance-Optimierung und – Überwachung. Er ist ein praxisorientiertes Werkzeug für das teilautomatisierte Monitoring von Gebäuden. Die Internet-basierte Arbeitsplattform ermöglicht die Erstellung von Funktionsbeschreibungen, automatische Analysen von Betriebsdaten und Reporting-Funktionen für Bauherren, Gebäudeeigentümer und Nutzer.  
**Konvergenzkontrolle bei der Gebäudebetriebsoptimierung:** Die Betriebsoptimierung von Gebäuden wird bislang eher unsystematisch und ohne Konvergenzkontrolle durchgeführt. Unsichere Randbedingungen werden trotz ihrer hohen Relevanz gerade für neue hochenergieeffiziente Gebäude nicht beachtet. In diesem Projekt wurden daher Methoden entwickelt, um die Konvergenz bei der Gebäudeoptimierung systematisch zu dokumentieren und zu verbessern. Des Weiteren wurden verschiedene Methoden zur Gebäudeoptimierung unter unsicheren Randbedingungen entwickelt und verglichen. [Jacob, 2012]
- **ModBen** – Modellgestützte Betriebsführung von Gebäuden: Im Betrieb von Gebäuden steckt ein großes Energie- und Kosteneinsparpotenzial: Mit diesem Forschungsprojekt wurden modellbasierte Methoden und Werkzeuge für die Fehlererkennung und Optimierung entwickelt. Es handelt sich um die automatische Erkennung untypischer Betriebszustände sowie um die manuelle Fehlererkennung auf Basis einer speziellen Datenvisualisierung. Die Verfahren wurden an sechs Demonstrationsgebäuden erprobt. 10 bis 30 Prozent Energie konnten eingespart werden. [Neumann, 2012]

## **2.3 Beschreibung der Neuerungen sowie ihrer Vorteile gegenüber dem Ist-Stand**

Im Projekt wurde ein prozessübergreifender Leitfaden zur Qualitätssicherung der Inbetriebnahmephase sowie zur zeitnahen Optimierung im Betrieb erstellt. Dazu wurde auf Grundlage bestehender Ansätze und Tools eine strukturierte, durchgängige Methodik entlang der Initiierungs-, Planungs-, Ausführungs- und Nutzungsphasen erarbeitet, welche die wesentlichen Aufgaben und Dokumente im Prozess beschreibt.

Im Leitfaden wird:

- ein organisatorischer Rahmen zur Definition von Schnittstellen und Verantwortlichkeiten und
- Praxisnähe durch die Einbettung in die bestehenden Leistungsphasen

geschaffen.

Insgesamt trägt der Leitfaden zu einer besseren Verknüpfung der Ergebnisse aus der Planungsphase mit der tatsächlichen Performance während der Betriebsphase bei.

Schließlich zielt das Projekt darauf ab, umsetzbare Handlungsanleitungen für die Praxis zu geben.

## **2.4 Verwendete Methoden**

Im Rahmen dieses Projekts wurden theoretisches Wissen und Erfahrungen aus den bisherigen Planungs- und Beratungsprozessen der projektbeteiligten Unternehmen zusammengeführt. Die Einbindung von externen Experten aus den verschiedenen beteiligten Prozessen in der Ausarbeitungs- und Reviewing- Phase gewährleistet praxisgerechte Ergebnisse. Der durchgängig geäußerte Bedarf nach klaren Schnittstellen und Verantwortlichkeiten sowie die von Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft der TU Graz neu herausgegebenen Leistungsbilder sollen für eine breite Anwendbarkeit sorgen.

Mittels „desk research“ wurden zunächst bestehende Ansätze zur Qualitätssicherung in der Inbetriebnahme sowie zur Optimierung im Betrieb gesammelt und analysiert. Parallel wurden Experteninterviews geführt, wobei die Erfahrungen und Methoden der Praxispartner in Zusammenhang mit Inbetriebnahmeprozessen in die Bearbeitung eingeflossen sind. Die Leistungsmodelle für Projektentwicklung, Projektsteuerung und Technische Ausrüstung wurden hinsichtlich der beschriebenen Tätigkeiten und Verantwortungen sowie den sich ergebenden Schnittstellen in Bezug auf Inbetriebnahme- und Optimierungsprozesse diskutiert.

In Anlehnung an die Leistungsbilder wurde für die haustechnischen Gewerke ein prozessorientiertes Modell aufgebaut und mit den bestehenden Ansätzen zu Qualitätssicherung und Betriebsoptimierung entsprechend des Einsatzzeitpunkts ergänzt sowie mit den, in den Leistungsmodellen beschriebenen Tätigkeiten abgeglichen. Darauf aufbauend wurden die relevanten Aufgaben und Methoden für jedes Gewerk zusammengeführt und zur Erstellung des Leitfadens verdichtet. Nach Einarbeitung eines

Expertenfeedbacks wurden der Leitfaden zur Qualitätssicherung von Inbetriebnahmeprozessen und Optimierung im Betrieb finalisiert.

## **2.5 Beschreibung der Vorgangsweise und der verwendeten Daten**

Für einen Praxiseinblick hinsichtlich bestehender Ansätze zur Qualitätssicherung in der Planungs- und Ausführungsphase sowie zur Feststellung und Optimierung von Betriebszuständen in der Nutzungsphase wurden Experteninterviews mit prozessverantwortlichen Personen (Stakeholder) durchgeführt. Insgesamt 6 Interviewpartner wurden zu den Themenfeldern: Definition von Zielwertzuständen, Qualität von Planungsleistungen, Inbetriebnahmeprozesse und Optimierung von Betriebszuständen befragt. Als Gesprächspartner standen sowohl Bauträger, als auch Planer und Projektsteuerer zur Verfügung. Dazu wurde ein Gesprächsleitfaden erstellt (siehe Anhang).

Parallel wurde eine umfangreiche Literatur- und Judikurrecherche durchgeführt. Einleitend wurde, um die Aufgabe der Qualitätssicherung zu beschreiben, der Begriff Qualität und seine Verwendung in den betreffenden Normen und Richtlinien dargestellt. Dazu zählen im Wesentlichen die OIB- Richtlinie 6 „Energieeinsparung und Wärmeschutz“, die deutsche Energieeinsparverordnung 2014 (EnEV) sowie die DIN V 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“. Weiteres wurden geltende Normen und Richtlinien hinsichtlich der Beschreibung von Methoden zur gewerkespezifischen oder Gewerke übergreifenden Qualitätssicherung (Vollständigkeits- und Funktionsprüfung) recherchiert und hinsichtlich deren Umfang und Einsatzzeitpunkt bewertet. Beispielhaft anzuführen sind hier die ÖN EN 14336:2004 „Heizungsanlagen in Gebäuden - Installation und Abnahme der Warmwasser-Heizungsanlagen“, die ÖN EN 12599:2000 „Lüftung von Gebäuden - Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumluftechnischer Anlagen“ oder die VDI 6039:2011 „Inbetriebnahmemanagement für Gebäude - Methoden und Verfahrensweisen für gebäudetechnische Anlagen“.

Einen weiteren Eckpfeiler der Literaturrecherche bildet die Beschreibung der Prozesse und Tätigkeiten entsprechend den Leistungsmodellen, welche vom Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft der TU Graz 2014 neu überarbeitet herausgegeben wurden. Darin sind die zu erbringenden Leistungen für die verschiedenen, an Bauprojekten teilnehmenden Stakeholder beschrieben. Der Fokus lag dabei auf jenen Tätigkeiten, die im Zusammenhang mit energieeffizienter Planung sowie qualitätssichernden Schritten in der Ausführung und Inbetriebnahme bis hin zur Abnahme und Übergabe stehen. Weiteres werden die, damit in Zusammenhang stehende deutsche HOAI, die DIN EN 18383 sowie die ÖNORM H 6010 bzw. die VDI 6026 mit einbezogen.

Aufbauend auf den, in den Leistungsmodellen beschriebenen Projektphasen wurde ein generisches Modell für die haustechnischen Gewerke erarbeitet. Die, im Zuge der Vorarbeiten erhobenen Ansätze und Methoden wurden entsprechend ihres Einsatzzeitpunkts, der Dauer der Maßnahme, der erforderlichen Daten sowie der Zuständigkeiten in das Modell eingearbeitet und je Gewerk zusammengeführt. Weiterführend

konnten so die entscheidenden Tätigkeiten in jeder Prozessphase, die im Zusammenhang mit Qualitätssicherung und zeitnaher Betriebsoptimierung stehen, für die Erstellung eines Leitfadens verdichtet und aufbereitet werden.

## 3 Ergebnisse des Projektes

### 3.1 Experteninterviews

Zu Projektbeginn wurden Interviewgespräche mit ausgewählten Fachpersonen mit unterschiedlichen Rollen im Entwicklungs-, Planungs- oder Baubegleitungsprozess von Gebäuden geführt. Ziel der Erhebung war einerseits, eine bessere Praxiseinschätzung über die Aufgaben und Verantwortungen in den einzelnen Projektphasen zu erhalten. Andererseits wurde gezielt hinsichtlich bewährter Ansätze und Methoden zur Qualitätssicherung und Betriebsoptimierung befragt.

Zur gezielten Erhebung wurde ein Gesprächsleitfaden erstellt, welcher fortlaufend entsprechend den Planungs- und Errichtungsphasen strukturiert, auf die genannten Themenfelder eingeht (siehe Leitfaden im Anhang). Dadurch konnte einerseits der Schwerpunkt des Dialogs entsprechend der Rolle des jeweiligen Experten im Prozess auf die betreffenden Phasen gelegt werden, andererseits aber auch eine Einschätzung über die Verantwortung und Schnittstellen zu anderen Prozessbeteiligten gewonnen werden. So wurden die Bauherren beispielsweise zum einen zu Ihren Standards bezüglich Definition von Ziel- Betriebszuständen oder zur Qualitätssicherung befragt, sowie zum anderen zu Ihrem Verständnis über die Aufgaben und Verantwortungen von Fachplanern und ausführenden Professionisten.

Als wesentliche Ergebnisse aus den Gesprächen wurden folgende Punkte abgeleitet:

- **Schnittstelle Bauherr und Planer:**

Wichtige Grundsatzfragen werden in der Regel schon in der Frühphase (Projektinitiierung) festgelegt, jedoch häufig nur in sehr allgemeiner Form, beispielsweise Grundfunktionen wie eine kontrollierte Be- und Entlüftung oder die Art der Wärmeerzeugung. Diese Vorgaben sind häufig an Anforderungen von Förderstellen oder an die Zielwerte von Gebäudezertifizierungen geknüpft. Zunehmend erstellen Bauträger aber auch eigene Kriterienkataloge mit definierten Planungsstandards und Qualitäten für verschiedene Gewerke. Von den befragten Bauträgern haben bereits zwei eigene Standards hinsichtlich Planungsqualität und Energieeffizienz erarbeitet, ein weiterer hat diesen Prozess bereits gestartet. Beispiel hierfür ist die Vorgabe eines spezifischen Mindestertrags für die Errichtung und den Betrieb solarthermischer Anlagen oder die Vorgabe der hydraulischen Schaltung von Heizungsanlagen durch den gemeinnützigen Wohnbauträger ENW.

Die Planer spielen bei der Zielwertdefinition eine untergeordnete Rolle. Ihre Aufgabe besteht in der Prüfung der Umsetzbarkeit in der frühen Planungsphase. Aufgrund der

angesprochenen Orientierung an Fördersystemen, Zertifizierungen, etc. richten sich die Anforderungen fast ausschließlich an Planungszielwerte. Eine Überprüfung, bzw. ein Nachweis im Betrieb ist in aller Regel nicht vorgesehen. Als Beispiel für die Integration von Betriebszuständen kann das vorhin genannte Beispiel wieder aufgegriffen werden. Die ENW betreibt für Ihre Anlagen eine Solardatenbank, in der die Performance mittels vorgeschriebener Monitoringpunkte auch im Betrieb überprüft wird.

- **Qualität der Planung:**

Dass, wie oben festgestellt viele Qualitätsanforderungen auf Planungswerte abzielen, führt in der Praxis dazu, dass die Planung stark hinsichtlich einer energieeffizienten Anlagentechnik ausgerichtet ist. Das bedeutet, dass durch den Fachplaner Effizienzkriterien i.d.R. für die Einzelkomponenten definiert und im Leistungsverzeichnis festgehalten werden, beispielsweise die Jahresarbeitszahl einer Kältemaschine oder der Wärmebereitstellungsgrad einer Wärmerückgewinnung. Für den späteren energieeffizienten Gebäudebetrieb ist aber vor allem das Teillastverhalten der Anlagen, bzw. die regelungstechnische Abstimmung der Komponenten untereinander entscheidend. Betriebszustände im Allgemeinen und Teillastverhalten im Speziellen sind aber in den seltensten Fällen Teil der Haustechnikplanung an sich. Diese Aufgaben werden oft der Steuer- und Regelungstechnik und somit dem Gewerk der Gebäudeautomation zugeschrieben. Folglich rückt der Planungsschritt der MSR- Planung verstärkt in den Fokus der Diskussionen.

Als zentrales Dokument wird dabei die technische Beschreibung gesehen, welche im Zuge der Haustechnikplanung zur Beschreibung von Anlagen und Betriebszuständen erstellt wird die Grundlage zur Planung der MSR bietet. Kritisch wird vor allem von Seiten der Projektsteuerer die Qualität der technischen Beschreibung hinsichtlich der Darstellung von Funktionen sowie der Soll- und Regelgrößen gesehen. Aus Ihrer Sicht werden häufig nur die Einzelkomponenten beschrieben, jedoch fehlt die Abstimmung der Komponenten untereinander in Form von Ablauf- und Regeldiagrammen. Bemängelt wird zudem, dass die Planung von Betriebszuständen und MSR- Funktionen von den Fachplanern nicht ausreichend wahrgenommen wird und somit die Grundlage für die Planung der Gebäudeautomation fehlt.

Begründet wird diese Annahme damit, dass in komplexeren Gebäuden mit eigener MSR- Ausschreibung die Leistungsbeschreibung zumeist nicht vom Haustechnikplaner selbst erstellt, sondern von einer ausführenden MSR- Firma beigestellt wird. Der Fachplaner gibt in diesem Fall nur grundsätzliche Softwareanforderungen vor (z.B. die Regelung erfolgt über ein Zeitprogramm), die Parametrierung liegt in der Verantwortung der ausführenden Firma. Dementsprechend setzt man sich nicht oder nur wenig mit Sollzuständen (z.B. Betriebszeiten) auseinandergesetzt. Vielfach erfolgt die Kalkulation der Gebäudeautomation auch auf Basis der „Datenpunktmethode“; d.h. der „günstigste“ Anbieter ist derjenige, der mit der geringsten Anzahl an Datenpunkten auskommt. Ein grundsätzliches Problem im Zusammenhang mit komplexeren Gebäuden besteht darin, dass die übliche Baukostenkalkulation für die Gebäudeautomation keine Kosten für komplexere

Automationsstrukturen, sowie für das Handling von immer größer werdenden Datenmengen und die Datenanalyse berücksichtigt. Das bedeutet wiederum, dass die Planung, Prüfung und Auswertung von Funktionen in der Leistungsbeschreibung nicht ausreichend angeführt ist.

- **Schnittstelle Planung zu Ausführung:**

Die Schnittstelle von der Planung zur Ausführung wird von Seiten der Planer selbst, als auch von Seiten der Projektsteuerung als kritisch beschrieben, da hier sämtliche Anlagenkriterien und Funktionen definiert und an die Ausführung übergeben werden müssen. Zentrale Übergabedokumente sind zum einen die Leistungsbeschreibung und die Projektplanung, zum anderen das TGA- Raumbuch.

Die, im Leistungsverzeichnis beschriebenen Positionen und deren Qualitäten werden hinsichtlich der definierten Qualitätskriterien durch den Fachplaner geprüft. Werden Kriterien für einzelne Anlagenkomponenten nicht erfüllt, ist entweder der Ersatz oder die Abgeltung über einen Preisnachlass üblich.

Ein effizienter Betrieb kann jedoch erst nach der Inbetriebnahme überprüft werden. Hierfür müssen zuvor Ziel- Betriebszustände verbindlich gemacht und überprüfbar definiert werden. Auch aus diesem Grund wird, wie oben erwähnt, die Qualität der technischen Beschreibung, bzw. Funktionsbeschreibung als zentral wahrgenommen.

Die Planung der MSR- Funktionen wird vielfach in die Ausführung verschoben und obliegt der ausführenden Firma. Die Parametrierung erfolgt zumeist im Zuge der Fertigstellung und Inbetriebnahme.

- **Ausführung und Inbetriebnahme:**

Mit der Fertigstellung der Gewerke beginnt die Inbetriebnahmephase. Von den Gesprächspartnern wird berichtet, dass die Inbetriebnahme der technischen Gewerke im Bauzeitplan in der Regel ausreichend berücksichtigt wird, die Erfahrungen weisen jedoch darauf hin, dass die Einhaltung in der Praxis problematisch ist. Vielfach wird diese Phase als Puffer zur Fertigstellung der Gewerke genutzt. Folglich ist die eigentliche Inbetriebnahme an erschwerte Bedingungen wie mangelhafte Beleuchtung, Bauschutt, offene Schaltgerätekombinationen usw. geknüpft. Hingegen gelten sicherheitsrelevante Anlagenteile, welche einer behördlichen Abnahme bedingen (beispielsweise im Zusammenhang mit Brandschutz), als terminresistent. Hier ist das Risiko von Mängel insofern sehr hoch, da diese eine termingerechte Übergabe verhindern können und dementsprechend Pönalen drohen. Hingegen fällt die Inbetriebnahme der haustechnischen Gewerke in der Praxis häufig mit der ersten Phase der Nutzung zusammen und ist daher zumeist mit Zeitdruck verbunden.

Aus den Gesprächen geht auch hervor, dass die Prüfstandards bezüglich Umfang und Qualität sehr unterschiedlich sind. Die befragten Bauträger haben zum Teil eigene Prüfvorgaben erarbeitet, wobei die Vollständigkeits- und Funktionsprüfung in der Regel von der örtlichen Bauaufsicht (ÖBA) wahrgenommen wird. Zu prüfende Werte müssen für die

Beauftragung der Professionisten definiert sein, beispielsweise in der Leistungsbeschreibung.

Eine mehrfach genannte Problemstelle wird in der Verantwortung für die Einstellung und Optimierung der geplanten Betriebsparameter gesehen. Aus Sicht der Planer ist es zielführend, die tatsächlich erforderlichen Betriebsparameter erst mit der Nutzung einzustellen. Die Erfahrung der Bauherren und Projektsteuerer zeigt aber, dass im Zuge der Inbetriebnahme seitens der ausführenden Firmen häufig nur Defaultwerte (erfahrungsbasiert) programmiert werden oder tendenziell auf eine hohe Betriebssicherheit eingestellt wird. Zum einen um Beschwerden oder Mängeln bestmöglich vorzubeugen, andererseits fehlen hier häufig die klaren Vorgaben aus der Planung. Aus dieser Systematik resultiert naturgemäß ein erhebliches Optimierungspotential. In komplexen Anlagensystemen ist dieses, auch aufgrund der gegenseitigen Abhängigkeiten von Funktionen, nicht immer offensichtlich erkennbar. Hier bedarf es dem Planungs- Know-how, welches in diesem Projektzeitraum nur mehr schwer greifbar ist, da die Fachplaner in dieser Phase nicht mehr involviert sind.

- **Schnittstelle Ausführung zu Nutzung:**

Im Zuge der Abnahme der haustechnischen Gewerke und Übergabe an den Nutzer wird die Funktionsfähigkeit der Anlagen sowie die Vollständigkeit der Betriebsunterlagen und Dokumentation geprüft. Abnahmeunterlagen sollen mindestens enthalten:

- Einregulierprotokolle
- Inbetriebnahmeprotokolle
- Dokumentation der Vollständigkeits- und Funktionsprüfungen
- Dokumentation von Leistungsmessungen
- Datenpunktliste und Schalpläne MSR

In der Praxis zeigt sich, dass sich die Inbetriebnahme der Gebäudeleittechnik in die Nutzungsphase zieht, um Betriebszustände anzupassen oder ggf. zu optimieren. Die ausführenden Firmen sind nach der Abnahme nur noch zur Mängelbehebung innerhalb der Gewährleistungsphase involviert. Um Störungen der Nutzung, bzw. unbehagliche Zustände und somit Unzufriedenheit und folglich den eigenen Aufwand gering zu halten, ist es seitens der ausführenden Unternehmen Praxis, entsprechende Sicherheiten bei der Programmierung vorzusehen.

Nach der Fertigstellung der Gewerke werden unzureichende Betriebszustände nur durch den Nutzer festgestellt. Treten keine Beschwerden auf, ist kein Anlass für Maßnahmen gegeben. Hohe Energieverbräuche können frühestens nach dem ersten vollen Betriebsjahr erkannt werden.

Unklarheiten gibt es für die Gesprächspartner zudem in der Frage, wer für die Betriebsoptimierung verantwortlich ist, und wie diese Aufgaben definiert sind. Seitens der



Planer wird bemängelt, dass Potentiale häufig nicht durch die Betriebsführung erkannt, bzw. nicht genutzt werden. Als Motiv wird die Gefahr, in einen Konflikt mit den Nutzern zu gelangen, genannt. Für die Projektsteuerer wären die Planer für Monitoring und Betriebsführung geeignet, da diese das Monitoringkonzept in die Planung integrieren können und die Anlagenfunktionen kennen. Ein idealtypischer Prozess sollte einen regelmäßigen Abgleich von Planungsparameter mit der Nutzung und nach Bedarf einen Abgleich der Einstellwerte beinhalten. Die erste Phase muss mindestens 1 Jahr andauern, um eine volle Heiz- und Kühlperiode abzubilden sowie ein weiteres Jahr zur Evaluierung und Verbesserung.

- **Qualitätssicherung**

Als Kernpunkte hinsichtlich der Qualitätssicherung und Optimierung im Betrieb wurden von den Gesprächspartnern folgende Punkte genannt:

- Definitionen der Qualität durch den Bauherren für Kenngrößen des Betriebs
- Bereits im Planungsprozess Ziel und Methodik zum messtechnischen Nachweis definierter Performance- Indikatoren festzulegen
- Stärkerer Fokus auf die Qualität der MSR- Planung vor der Ausschreibung
- Definition von Zahlenwerten (bis in die Ausschreibung)
- Im Planungsprozess
  - Im Entwurf muss der Nutzer (sofern bekannt) hinsichtlich seiner Wünsche befragt werden, um diese in die Planung zu integrieren
- Im Bauprozess
  - Begleitendes Inbetriebnahme-Management
  - Präsenz auf Baustelle zeigen und stichprobenartig Prüfungen durchführen. Wenn man hier Qualität kontrolliert, steigt auch die Aufmerksamkeit der ausführenden Firmen
- Übergabe in Nutzungsprozess
  - Betriebsführung muss während der Inbetriebnahme anwesend sein und mitwirken (die Anlagen kennen lernen)
- Im Nutzungsprozess
  - Monitoring von Key- Performance Indikatoren
  - Optimierung durch einen Experten; dazu ist ein Auftrag erforderlich

## **Fazit der Expertengespräche**

Zusammenfassend zeigt sich, dass Qualitätsanforderungen in der Projektinitiierung in erster Linie auf Planungswerte abzielen und die Planung daher stark auf energieeffiziente Anlagen ausgerichtet ist. Die tatsächliche Performance im Betrieb wird selten geprüft, der Anlagenbetrieb daher auch in der Planung vernachlässigt. Um zu einem energieeffizienten Betrieb zu kommen, müssen folglich einerseits Betriebsregeln präziser geplant und eingestellt werden, andererseits auch geprüft und an die tatsächliche Nutzung angepasst werden. Dazu müssen in erster Linie Verantwortungen definiert werden.

Dementsprechend konzentrierte sich der Fokus der Gespräche auf den gesamten Prozess der Planung und Errichtung bis hin zur Abnahme und Nutzung, auf die notwendigen Vorgaben, Schnittstellen und Verantwortungen. Konkrete technische Methoden zur Feststellung und Optimierung im Betrieb wurden nur vereinzelt angesprochen und diskutiert.

## **3.2 Ergebnisse Literaturrecherche**

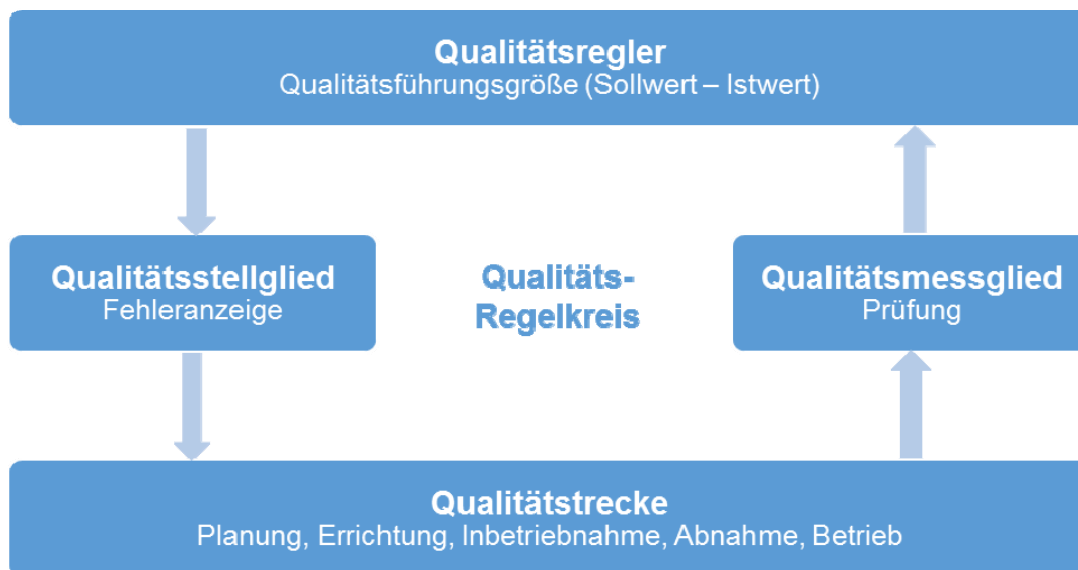
Ziel der Recherche ist zum einen die Darstellung der relevanten Prozesse sowie der beteiligten Akteure, sowie zum anderen der zentralen Aufgaben und Dokumente zur Sicherung der Qualität. Weiteres werden Methoden zur Optimierung im Betrieb analysiert und bewertet.

Folgende zentrale Fragestellungen wurden als Ausgangspunkt für die Recherchen diskutiert:

- Was bedeutet Qualität und wie wird der Begriff in Normen / Richtlinien verwendet?
- Wie sehen Prozesse der Planungs- und Errichtungsphase aus? – Wo und wie sind die Leistungsphasen beschrieben?
- Welche Prozesse und Organisationsformen gibt es und wie sehen die Schnittstellen aus?
- In welchen Normen, Anleitungen, etc. sind Verfahren und technische Methoden zur Sicherung der Qualität von Prozessen sowie zur Optimierung von Betriebsparametern festgelegt?

### **3.2.1 Qualität und Qualitätssicherung**

„Qualität“ bezeichnet üblicherweise eine erreichte oder angestrebte Eigenschaft einer Einheit. Die Sicherstellung von angestrebten Qualitäten erfolgt mit Hilfe von Prüfungen, die ihrerseits wiederum Bestandteil eines Qualitätsmanagements sein können. Das Qualitätsmanagement strebt nach der Sicherstellung bestimmter, klar definierter Ziele innerhalb maximal zulässiger Toleranzen. Hierzu können – in Analogie zur Regelungstechnik – sogenannte Qualitätsregelkreise eingeführt werden.



**Abbildung 1: Qualitätsregelkreis, eigene Darstellung**

Qualitätsregelkreise beschreiben einen geschlossenen Prozess zur Sicherstellung von Qualitäten. Dabei wird eine Führungsgröße (Soll-Wert) für eine angestrebte Qualität eines Prozesses festgelegt, ein Prüfverfahren (Messung) definiert und eine Intervention in den eigentlichen Produktionsprozess festgelegt. Ein Qualitätsziel ist erreicht, wenn eine Prüfung nach einem definierten Prüfverfahren ergibt, dass der (gemessene) Ist-Wert innerhalb einer zulässigen Abweichung um den Soll-Wert liegt.

Die Durchführung der Qualitätssicherung sollte unabhängig von den Akteuren im Prozess sein, um eine neutrale Bewertung sicherzustellen. Am Bau ist diese Unabhängigkeit durch die Rollenverteilung zwischen Fachplaner und Errichter nicht gegeben. Es ist deshalb ratsam, ein unabhängiges Energie- und Qualitätsmanagement einzuführen mit dem Ziel, als Partner die Qualitätsanforderungen zu vertreten und auf mögliche Qualitätsdefizite hinzuweisen.

### 3.2.2 Leistungsmodelle

Die Prozessphasen eines Bauprojektes, von der Entwicklung, über die Planung und Ausführung bis hin zur Nutzung wurden hinsichtlich der Schaffung einer gemeinsamen Basis für die verschiedenen Planungsleistungen in Leistungsmodellen beschrieben. Diese wurden Anfang 2014 neu überarbeitet von Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft der TU Graz herausgegeben und orientieren sich an der, in Deutschland (rechts-)gültigen HOAI<sup>1</sup>.

Im Zuge des Projektes wird auf den neu erstellten Leistungsmodellen aufgebaut und auf jene Aufgaben und Dokumente Bezug genommen, welche zur Erreichung eines zeitnah eingeregelt Betriebs beitragen. Dazu zählen im Wesentlichen die Leistungsmodelle für Projektentwicklung und technische Gebäudeausrüstung.

---

<sup>1</sup> HOAI: „Honorarordnung für Architekten und Ingenieurleistungen“

- **Projektentwicklung**

Ersteres beschreibt die Prozesse von der Erst-Initiierung, über die Bedarfsplanung und Machbarkeitsstudien bis zur Formulierung der Planungsaufgabe. Als Ergebnis sollen neben der Bedarfsplanung (in Form eines Flächen- und Raumprogramms) und einem Kosten- und Terminrahmen auch möglichst konkrete Zielvereinbarungen hinsichtlich der Qualitäten festgelegt werden. Diese dienen den Fachplanern als Basis zur Grundlagenanalyse.

**Bedarfsplanung:**

Innerhalb der Bedarfsplanung wird ein Flächen- und Raumprogramm entwickelt. Das Flächen- und Raumprogramm enthält alle erforderlichen Vorgaben betreffend der Nutzflächen, deren Nutzungsarten und den sich daraus ergebenden Anforderungen wie Raumkonditionen, Belegung und Ausstattung, etc. Im Zuge der externen Planungsleistungen wird dieses durch die TGA- Fachplaner mit den wichtigsten Planungsgrößen fortgeschrieben und ist Teil der Gebäudedokumentation.

Des Weiteren sind jene Planungsgrundlagen festzulegen, die nicht nur Einzelräume betreffen, sondern das gesamte Gebäude. Dazu zählen sowohl Leistungs- und Auslegungsparameter für Gewerke der technischen Gebäudeausrüstung, als auch Investitionskosten.

**Machbarkeitsstudie:**

Im Rahmen von Machbarkeitsstudien können vorab technische Umsetzungsmöglichkeiten auf Basis einer Gegenüberstellung von Funktionen und Kosten unterschiedlicher TGA- Systeme ausgelotet werden. Der Variantenvergleich sollte folgende Analysen beinhalten:

- Ökonomische Qualität: Lebenszykluskostenanalyse
- Technische Qualität: Technische Machbarkeit
- Soziokulturelle Qualität: Auswirkungen auf Komfort und Nutzung
- Ökologische Qualität: Energieverbrauch und Emissionen

Durch einen solchen Variantenvergleich (Machbarkeitsstudie) bekommt der Bauherr eine Entscheidungsgrundlage, welche technischen Möglichkeiten machbar und in seinem Lebenszykluskostenbudget möglich sind. Dadurch kann er sehen, inwieweit seine Ziele realistisch sind und kann diese ggf. adaptieren oder so dem Planer vorgeben.

Die Planungsleistungen der technischen Gebäudeausrüstung sind in insgesamt neun Phasen beschrieben. Diese werden hinsichtlich der relevanten Aspekte für Qualitätssicherung und Betriebsführung wie folgt zusammengefasst:

- **LPH 1 Grundlagenanalyse**

Zum Beginn der Planung steht die Grundlagenanalyse. In dieser Leistungsphase werden die Anforderungen des Auftraggebers an den Fachplaner (Planungsaufgabe) zur Bearbeitung der Leistungsphasen gemeinsam abgestimmt. Dabei können auch alternative Lösungsmöglichkeiten durch den Fachplaner dar- und gegenüber gestellt werden. Entscheidend ist ein gemeinsames Verständnis von der Planungsaufgabe, damit spätere Umplanungen möglichst vermieden werden.

In dieser Phase ist noch keine eigentliche gestalterische Planung nötig. Es gilt die wirtschaftliche und technische Machbarkeit einzelner Lösungen zu überprüfen.

- **LPH 2 Vorentwurf**

Im Zuge der Vorentwurfsplanung werden auf Basis der Vorgaben aus dem Flächen- und Raumprogramm sowie dem Planungsleitfaden funktionelle Lösungsmöglichkeiten erarbeitet. Dabei werden die Lösungsmöglichkeiten aus der Grundlagenanalyse an den ersten Gebäudevorentwurf angepasst und mittels einer Variantengegenüberstellung auf die Einhaltung aller Anforderungen geprüft.

Am Schluss des Vorentwurfs steht die Entscheidung, welche Systeme im Gebäude umgesetzt werden und welche Funktionen sie im Betrieb haben.

- **LPH 3 Entwurfsplanung**

In der Entwurfsplanung wird das Planungskonzept weiterentwickelt und die Systeme ausgewählt, geplant und Umsetzungslösungen ausgearbeitet. Technischen Anlagen werden berechnet und bemessen und im Sinne einer Wirtschaftlichkeitsberechnung unter Berücksichtigung der Aspekte Investitions- und Betriebskosten bewertet. Eine Anlagenbeschreibung mit allen technischen Anlagen ist unter Angabe der Nutzungsbedingungen zu erstellen.

Als besondere Leistung ist die Erarbeiten von Daten für die Planung Dritter, beispielsweise die Gebäudeautomation sowie das Mitwirken oder Ausarbeiten von fachübergreifenden Regelungen und Steuerungen angeführt. Weiteres zählt die technische Fortschreibung des Raumbuches zu den besonderen Leistungen.

- **LPH 4 Einreichplanung**

In dieser Planungsphase werden die Unterlagen für öffentlich- rechtliche Genehmigungen, etc. erstellt.

- **LPH 5 Ausführungsplanung**

In der Ausführungsplanung wird eine ausführungsfähige Lösung auf Grundlage der Entwurfsergebnisse erstellt. Bezüglich des Anlagenbetriebs wird nur das Fortschreiben der Funktionsbeschreibung angeführt. Die Erstellung eines Anlagenkennzeichnungssystems fällt unter die besonderen Leistungen.

- **LPH 6 Ausschreibung**

In der Ausschreibungsphase werden die Leistungsverzeichnisse als positionsbezogene Beschreibung der planerisch erarbeiteten Lösung erstellt. Das Leistungsverzeichnis bildet somit zusammen mit der Ausführungsplanung die verbindliche Grundlage für die anzubietenden und auszuführenden Qualitäten. Daher ist es essentiell, die, im der Projektentwicklung vorgegebenen und in der Planung umgesetzten Zielwerte anzuführen. Im Leistungsverzeichnis sind sämtliche positionsbezogene Qualitätsanforderungen festzulegen.

Die Leistungsphase „Ausschreibung“ beinhaltet auch die Prüfung der Ausschreibungsergebnisse auf Einhaltung der Qualitätsanforderungen im Zuge der Vergabe.

- **LPH 7 Begleitung der Bauausführung**

Hierunter wird die planerische Begleitung der Bauausführung verstanden, worunter u.a. die Prüfung und Freigabe der Montageplanung fällt. Das Augenmerk ist insbesondere auf die Einhaltung der Vorgaben aus der Planungsphase hinsichtlich der Effizienzziele im Betrieb zu richten. Diese Phase zieht sich im Sinne der Klärung von technischen und funktionellen Fragestellungen bis hin zur Schlussabnahme.

- **LPH 8 Fachbauaufsicht und Dokumentation**

In dieser Phase sind qualitätssichernde Maßnahmen im Zuge der Ausführung, Inbetriebnahme und Abnahme festgelegt. Dazu zählen unter anderem die Prüfung der Ausführung auf Übereinstimmung mit der Planung sowie die fachgerechte, mängelfreie Errichtung sowie Prüfung der Funktionsfähigkeit von Anlagenteilen und der Gesamtfunktion.

Die fachtechnische Abnahme beinhaltet Plausibilitätskontrollen von Leistungs-, Verbrauchs- und Funktionsmessungen der ausführenden Unternehmen. Die Durchführung von separaten, eigenen Leistungs-, Verbrauchs- und Funktionsmessungen ist als besondere Leistung definiert.

- **LPH 9 Objektbetreuung**

Leistungsphase 9 erstreckt sich über den Gewährleistungszeitraum und dient zur Feststellung und fachlichen Bewertung von Mängeln innerhalb der Gewährleistungsfrist.

Als besondere Leistungen beschrieben werden die Durchführung eines Energiemonitoring sowie ein Mitwirken bei den jährlichen Verbrauchsmessungen aller Medien. Dazu zählen auch der Vergleich mit den Planwerten und Vorschläge für die Betriebsoptimierung im Sinne einer Senkung des Energieverbrauchs.

### 3.2.3 Organisationsformen

Im Rahmen der IG Lebenszyklus Hochbau wurden für sechs Auftragnehmermodelle die unterschiedlichen Chancen und Risiken für den Bauherrn ausgearbeitet. Im Leitfaden wird auf diese Modelle zurückgegriffen und die Herausforderungen für einen optimierten Inbetriebnahmeprozess betrachtet. In weiterer Folge werden folgende Modelle der IG Lebenszyklus Hochbau näher betrachtet:

- Einzelvergabe
- Paketvergabe
- Totalunternehmer 1
- Totalunternehmer 2

Vorab muss aber noch gesagt sein, dass unabhängig vom Auftragnehmermodell der Bauherr nicht delegierbare Leistungen in seinem Aufgabenbereich hat: Die korrekte Bestellung und Beauftragung, das Management der Dienstleister und die oberste Entscheidungsgewalt. Kurz kann gesagt werden, je mehr Auftragnehmer, desto höher der Managementaufwand, je weniger Auftragnehmer, desto besser muss die Bestellqualität ausgearbeitet sein.

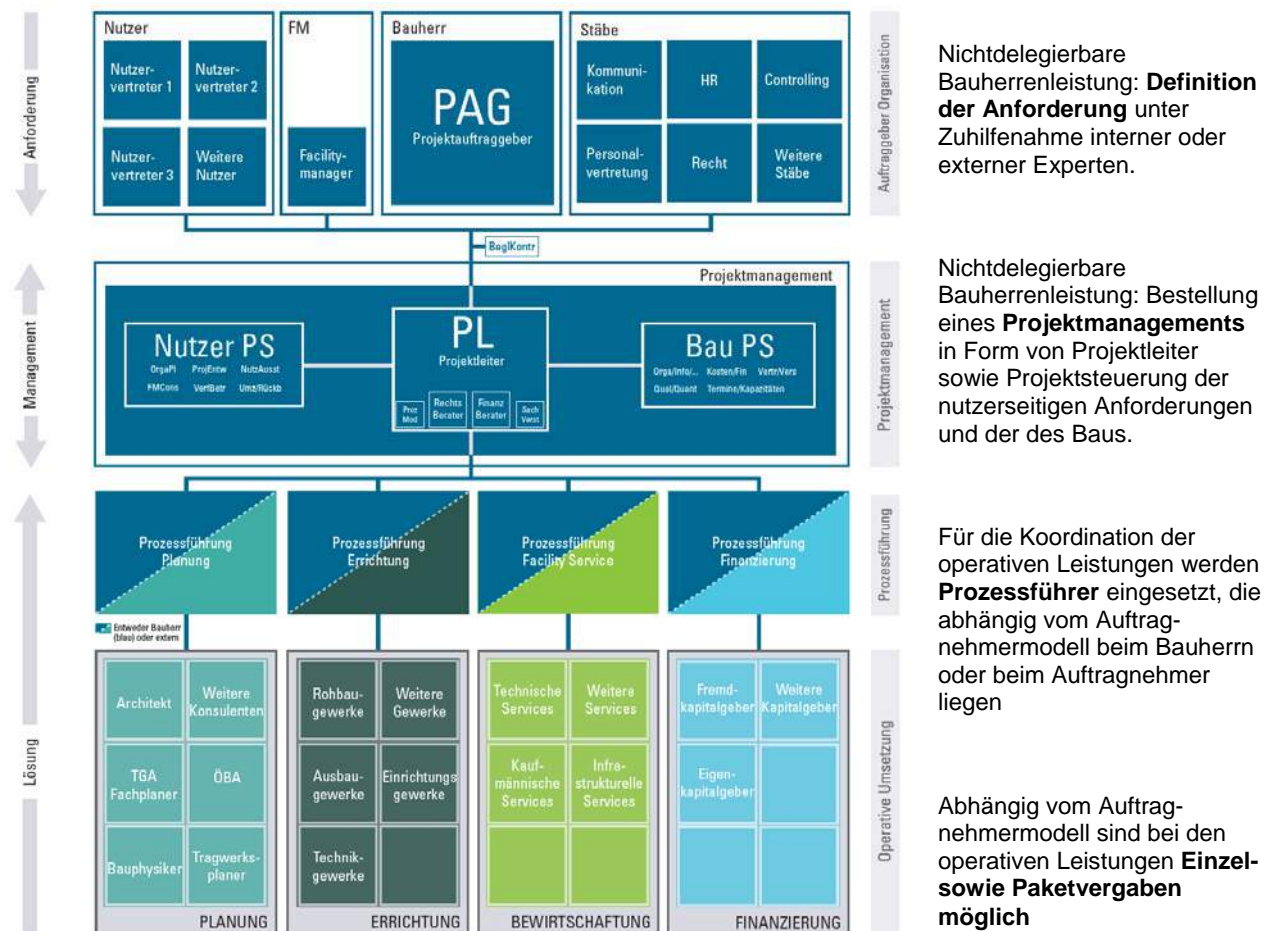


Abbildung 2: Prozessmodell Projektentwicklung; Quelle: IG Lebenszyklus Hochbau

## A. Einzelvergabe

Planungs-, Errichtungs-, Facility Services und Finanzierungsdienstleistungen werden getrennt vergeben:

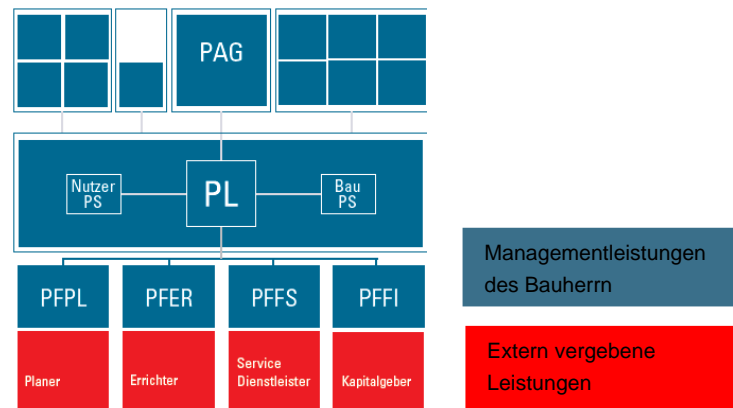


Abbildung 3: Auftragnehmermodell Einzelvergabe, Quelle: IG Lebenszyklus Hochbau

Die besondere Herausforderung für die Inbetriebnahmephase:

- Aufbereitung seiner Anforderungen hinsichtlich späteren Gebäudebetrieb (MSR, Effizienz- und Performancekriterien, Komfort, Energie- und Betriebsmonitoring, etc.) für die jeweilige Einzelvergabe. D.h. Aufgaben müssen konkret formuliert und noch während der darauffolgenden Dienstleistungsphase evaluierbar sein.
- Zusammenführen und Abgleich der Planungen HKLS und MSR liegt im Managementbereich des Bauherrn. Hier ist genau darauf zu achten, dass es keine Doppelgleisigkeiten, Widersprüche oder fehlende Aspekte gibt.
- Die Schnittstellen zwischen Planungsbüros (Architektur, HKLSE, MSR), Errichtung (Fassade, HKLSE, MSR) und Facility Services (Technischer Gebäudebetrieb) sind vom Bauherrn genau auszuarbeiten, damit jeder Dienstleister seine Aufgaben und Pflichten kennt und es für alle Aufgaben einen Verantwortlichen gibt.
- Koordination der Inbetriebnahmephase obliegt dem Bauherrn zusammen mit der ÖBA oder einem Inbetriebnahmemanager
  - Überprüfung Qualitätsziele für Anlagenbetrieb / Betriebsmonitoring



## B. Paketvergabe

### Vergabe von Generalplaner, Generalunternehmer und Komplett-Dienstleister Facility Management mit Einzelvergabe Finanzierung

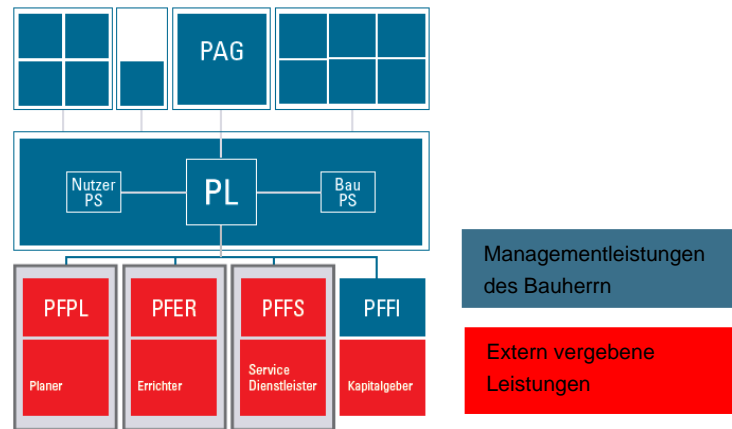


Abbildung 4: Auftragnehmermodell Paketvergabe, Quelle: IG Lebenszyklus Hochbau

Die besondere Herausforderung für die Inbetriebnahmephase:

- Aufbereitung seiner Anforderungen hinsichtlich späteren Gebäudebetrieb (MSR, Effizienz- und Performancekriterien, Komfort, Energie- und Betriebsmonitoring, etc.) für die Paketvergaben. D.h. Aufgaben müssen konkret formuliert und noch während der Dienstleistungsphase evaluierbar sein.
- Zusammenführen und Abgleich der Planungen HKLSE und MSR liegt beim Generalplaner. Qualitätssicherung der Planung liegt beim Bauherrn und ist vor der Vergabe der Errichtung auf Einhaltung der Ziele zu prüfen.
- Die Schnittstellen zwischen Planung (Generalplanung), Errichtung (Generalunternehmer) und Facility Services (Komplettanbieter) sind vom Bauherrn genau auszuarbeiten, damit jeder Dienstleister seine Aufgaben und Pflichten kennt und es für alle Aufgaben einen Verantwortlichen gibt. Jeder Beteiligte hat noch Verantwortung im Rahmen der Inbetriebnahme als Qualitätssicherer hinsichtlich seiner Kompetenzen um Mängel dem jeweiligen Verursacher zuzurechnen.
- Qualitätssicherung für die Inbetriebnahme liegt beim GU:
  - Überprüfung der Zielwerte für den Gebäudebetrieb (Messkonzept)
  - Überprüfung der Betriebszustände (Betriebsmonitoring)

### C. Totalunternehmer 1

#### Planung und Errichtung (PE) mit Paketvergabe Komplettdienstleister und Einzelvergabe Finanzierung

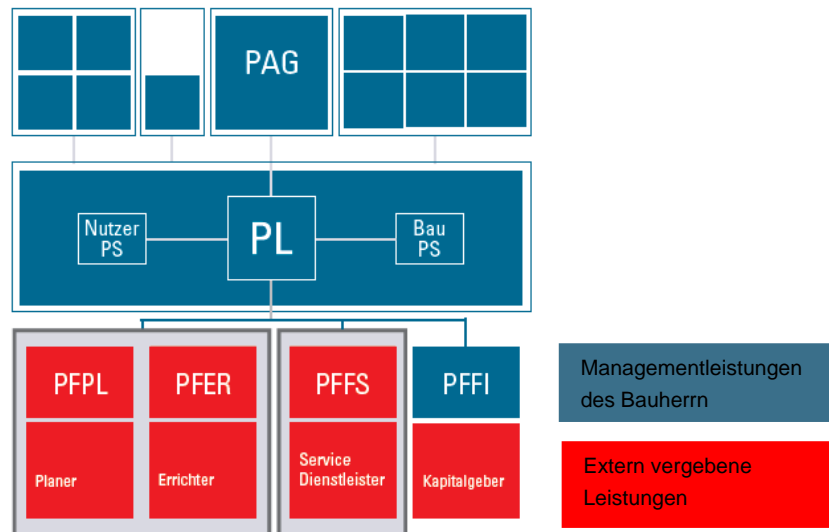


Abbildung 5: Auftragnehmermodell Totalunternehmer 1, Quelle: IG Lebenszyklus Hochbau

Die besondere Herausforderung für die Inbetriebnahmephase:

- Aufbereitung der Anforderungen hinsichtlich späteren Gebäudebetrieb (MSR, Effizienz- und Performancekriterien, Komfort, Energie- und Betriebsmonitoring, etc.) bereits vor Vergabe des Totalunternehmers, also in der Initiierungsphase.
- Zusammenführen und Abgleich der Planungen HKLSE und MSR liegt beim Totalunternehmer. Qualitätssicherung der Planung und Errichtung liegt beim Bauherrn und ist spätestens vor der Abnahme mittels detaillierter Funktionstests auf Zieleinhaltung zu überprüfen.
- Die Schnittstellen zwischen Generalunternehmer und Facility Services (Komplettdienstleister) sind bestenfalls vom Bauherrn schon vor der Vergabe des Totalunternehmers genau auszuarbeiten, damit alle Dienstleistungen abgedeckt sind. Der Totalunternehmer hat noch weitreichende Verantwortung im Rahmen der Inbetriebnahmephase, dass alle Funktionen in der geplanten Performance realisiert werden.

## D. Totalunternehmer 2

### Planung, Errichtung und Bewirtschaftung (PEB) mit Einzelvergabe Finanzierung

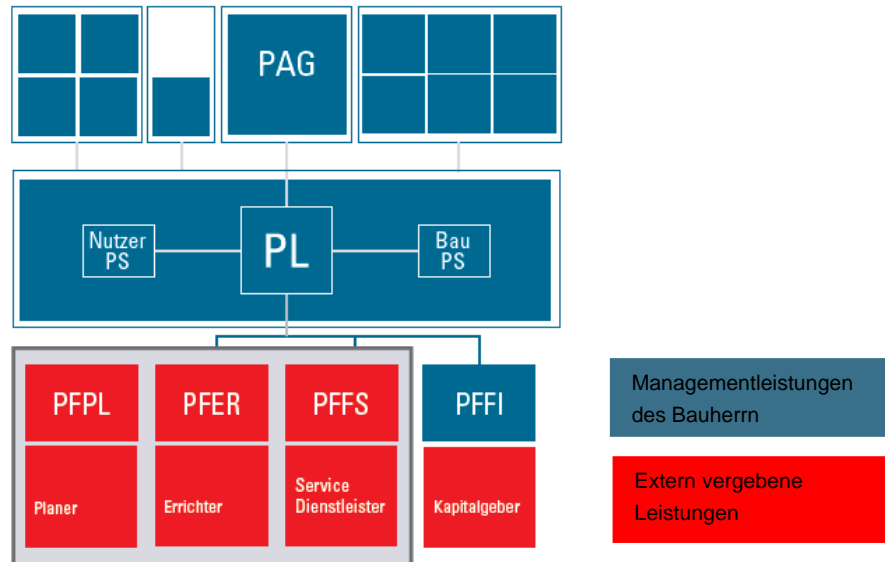


Abbildung 6: Auftragnehmermodell Totalunternehmer 2, Quelle: IG Lebenszyklus Hochbau

Die besondere Herausforderung für die Inbetriebnahmephase:

- Aufbereitung der Anforderungen hinsichtlich späteren Gebäudebetrieb (MSR, Effizienz- und Performancekriterien, Komfort, Energie- und Betriebsmonitoring, etc.) bereits vor Vergabe des Totalunternehmers, also in der Initiierungsphase. Die Anforderungen sind funktional zu beschreiben, aber so konkret, dass sie im Gebäudebetrieb evaluierbar auf deren Zielerreichung sind. Der Bedarf muss sehr durchdacht sein, da Änderungen im Zuge der Planung, Errichtung und Betrieb nur im Rahmen des ausgemachten Vertrags möglich sind.
- Zusammenführen und Abgleich der Planungen HKLSE und MSR liegt beim Totalunternehmer. Qualitätssicherung der Planung und Errichtung liegt beim Totalunternehmer.
- Es gibt keine Schnittstellen auszuarbeiten, da er nur einen Auftragnehmer hat. Der Totalunternehmer muss jedoch die angeforderten Funktionen nachweisen und garantieren können.

### **3.2.4 Beschreibung relevanter Normen und Richtlinien**

#### **ÖN EN 12828:2013-04: „Heizungsanlagen in Gebäuden - Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen“**

Die Europäische Norm legt Planungskriterien für Warmwasser-Heizungsanlagen in Gebäuden fest und umfasst Wärmeerzeugungs- Wärmeverteilungs- und Wärmeabgabesysteme und Regelanlagen sowie den Wärmebedarf verbundener Systeme (z. B. Warmwasserbereitung, Prozesswärme, Klimatisierung, Lüftung usw.). Anforderungen an die Installation oder Abnahme bzw. Anleitungen zu Betrieb, Wartung und Nutzung von Warmwasser-Heizungsanlagen werden nicht behandelt.

#### **ÖNORM EN 14336:2004-12 „Heizungsanlagen in Gebäuden - Installation und Abnahme der Warmwasser-Heizungsanlagen“**

Die Norm legt die Anforderungen für die Installation und die Abnahme von Warmwasserheizungsanlagen in Gebäuden (im Umfang der ÖN EN 12828) fest. Sie bezieht sich dabei auf die technischen Voraussetzungen für die Installation und Abnahme von einzelnen Komponenten der Anlage (z. B. Wärmeerzeuger, Pumpen, Steuerung). Die Norm enthält beispielhafte Anleitungen zur Vorgehensweise bei der Inbetriebnahme sowie zur Durchführung des hydraulischen Abgleichs.

#### **ÖN EN 15378:2008-02 „Heizungssysteme in Gebäuden - Inspektion von Kesseln und Heizungssystemen“**

In der Norm werden Verfahren und optionale Messverfahren festgelegt, die bei der Inspektion und der Beurteilung der Energieeffizienz von Wärmeerzeugern und Heizungsanlagen anzuwenden sind, um den Benutzern Hinweise zum Tausch von Wärmeerzeugern, zu anderen Modifikationen an der Heizungsanlage sowie zu alternativen Lösungen zur Verfügung zu stellen. In nationalen Anhängen werden Verfahren zur einmaligen und wiederkehrenden Inspektion von Heizungsanlagen angeführt.

In Deutschland ist das wichtigste Regelwerk für die Energetische Qualitätssicherung von Heizungsanlagen die DIN 18380. Sie definiert eine Vollständigkeitsprüfung und eine Funktionsprüfung der Anlagen sowie den Umfang der mitzuliefernden Unterlagen wie Anlagenschemen, Prüf- und Herstellerbescheinigungen und die Protokolle über erforderliche Inbetriebnahmeleistungen. Detaillierte technische Vorgaben werden in DIN EN 12828:2013-04 und DIN EN 14336:2004 gemacht.

## **VDMA 24247-7:2011-04: „Energieeffizienz von Kälteanlagen, Teil 7 – Regelung, Energiemanagement und effiziente Betriebsführung“.**

Teil 7 der VDMA- Richtlinie 24247 widmet sich dem Steuerungs- und Regelungssystemen sowie Konzepten zur Betriebsführung in Verbindung mit einem Energie- Monitoring mit dem Ziel, erhebliche Effizienzsteigerungen im Betrieb von kältetechnischen Anlagen zu erreichen. Dazu werden Empfehlungen hinsichtlich Art und Umfang der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik gegeben sowie Hinweise, wie die Energieeffizienz im laufenden Betrieb berechnet werden kann. Des Weiteren werden konkrete Maßnahmen für Planung, Ausführung und Betrieb angeführt, die zu einer Verbesserung der Betriebsführung beitragen.

## **ÖN EN 12599: „Lüftung von Gebäuden – Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen“**

Diese Europäische Norm legt Prüfungen, Prüfverfahren und Messgeräte zur Feststellung der Gebrauchstauglichkeit von installierten Anlagen bei der Übergabe fest, die teilweise vor, während und nach der Übergabe durchgeführt werden. Sie ermöglicht die Wahl zwischen einfachen Prüfverfahren, wenn ausreichend, und aufwendigen Messungen, wenn erforderlich. Die Norm gilt für mechanisch betriebene raumluftechnische Anlagen (RLT-Anlagen), deren Bestimmung die Erhaltung eines Behaglichkeitszustands in Gebäuden ist.

Die, in der Norm angeführten Prüfverfahren gliedern sich in

- Vollständigkeitsprüfungen
- Funktionsprüfungen
- Funktionsmessungen
- Sondermessungen
- Bericht

Der Umfang der durchzuführenden Funktionsprüfungen und -messungen sowie die Durchführung von Sondermessungen sind variabel und im Leistungsverzeichnis festzulegen.

## **Gebäudeautomation**

In VOB Teil C „Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) Gebäudeautomation - DIN 18386“ heißt es zur Inbetriebnahme von Gebäudeautomationsanlagen unter anderem: „Die Einrichtungen und Anlagen der Gebäudeautomation [sind] mit den technischen Anlagen so aufeinander abzustimmen (...), dass die geforderte Funktion erbracht, die Betriebssicherheit gegeben und ein sparsamer und wirtschaftlicher Betrieb möglich sind“.

### **ÖN EN ISO 16484 Systeme der Gebäudeautomation**

Die ÖN EN ISO 16484 schließt den Projektprozess für Gebäudeautomationssysteme mit der Inbetriebnahme und Abschlussphase ab. In Bezug auf die geplanten Leistungen wird in der Inbetriebnahmephase eine Überprüfung der Automationsstrategien sowie der Management- und Bedienfunktionen gefordert. Die Prüfungen umfassen unter anderem die Wirkungsweise von Datenpunkten sowie das statische und dynamische Verhalten von Regelkreisen und zeitabhängige Funktionen. Darüber hinaus werden auch die Funktionen der verschiedenen Schnittstellen – grafische Anzeigen, Datenaufzeichnung etc. – überprüft. In der Abschlussphase erfolgt eine sogenannte *Systemvorführung*. Hier soll dem Bauherrn in vereinbarten Stichproben gezeigt werden, dass die Systeme vollständig sind und die geplanten Wirkungsweisen umgesetzt wurden. Dazu können tatsächliche, aber auch simulierte oder erzwungene Bedingungen verwendet werden.

### **ÖN EN 15232:2012-05: „Energieeffizienz von Gebäuden – Einfluss von Gebäudeautomation und Gebäudemanagement“**

Diese Norm beschreibt ein Verfahren zur Bewertung der Auswirkung von Systemen der Gebäudeautomation auf die Energieeffizienz und den Energieverbrauch von Gebäuden. Sie dient zur Abschätzung von Energieeinsparfaktoren im Zusammenhang mit der energetischen Bewertung von Gebäuden und soll Normen zum Zwecke der Berechnung der Energieeffizienz der technischen Gebäudeausrüstung, wie z. B. Heizungs-, Kühl-, Lüftungs-, Beleuchtungsanlagen, ergänzen.

## **3.3 Erstellung des Leitfadens**

Das Hauptziel des Projektes ist es, einen Leitfaden für die Qualitätssicherung im Inbetriebnahmeprozess sowie zur schnelleren Erreichung eines optimierten Betriebs komplexer Gebäude zu erstellen und so einen Beitrag zur Entwicklung eines Standards zur qualitätsgesicherten Inbetriebnahme zu leisten. Er umfasst die Haustechnikgewerke Heizung / Warmwasser, Klima, Lüftung und die Mess-, Steuer- und Regeltechnik.

Die Qualitätssicherung bei der Inbetriebnahme von gebäudetechnischen Anlagen zielt primär auf die Einhaltung von geplanten Betriebsweisen und Sollwerten der technischen Gewerke ab – die dem folgend – im Zuge der Projektplanung eindeutig und überprüfbar vorgegeben und bei der Ausführung umgesetzt werden müssen. Jedoch sind nicht alle Betriebszustände

planbar, speziell bei komplexen Anlagenfunktionen oder nicht bekannter Nutzung ist in vielen Fällen das Optimum nicht von vorneherein bestimmbar. Die Inbetriebnahmephase umfasst daher nach Ansicht der Autoren auch die Betriebsoptimierung während der ersten Phase der Nutzung unter der Prämisse, Zielwerte unter geringstem Ressourceneinsatz für den Anlagenbetrieb einzuhalten, und um somit die Effizienz und die Wirtschaftlichkeit der Gebäude von Beginn an zu erhöhen.

Im Leitfaden werden einleitend die relevanten Prozessteilnehmer sowie ihre Rollen und Verantwortungen im Projekt dargestellt. Weiteres werden die Prozessphasen sowie die darin beschriebenen Aufgaben hinsichtlich deren Zusammenhang mit der kritischen Inbetriebnahmephase dargelegt. Es wird jedoch nur auf jene Schlüsseldokumente und Tätigkeiten Bezug genommen, welche einen Beitrag zur Qualitätssicherung während der Inbetriebnahmephase leisten. Als diese wird – wie oben dargestellt – die Zeitspanne von der technischen Fertigstellung der haustechnischen Gewerke bis in die erste Phase der Nutzung verstanden und umfasst somit mehrere Leistungsphasen. Am Ende der Inbetriebnahme soll ein, entsprechend den Vorgaben der Planung und auf die Anforderung der tatsächlichen Nutzung abgestimmter und hinsichtlich Energieeffizienz optimierter Gebäudebetrieb stehen.

Um dieses Ziel zu erreichen beschreibt der Leitfaden ergänzende Schritte in strenger Anlehnung an die Vorgaben in den Leitungsmodellen. Dabei wird die prozessorientierte Struktur und Sprache eingehalten, um die Anwendung in der Praxis möglichst einfach zu gestalten. Jede Leistungsphase wird hinsichtlich Ihrer Rolle sowie den erforderlichen Tätigkeiten, Verantwortungen einleitend beschrieben. Zu erstellende Dokumente sind in tabellarischer Form aufbereitet und mit den Kerninhalten und Zuständigkeiten dargestellt, siehe beispielsweise Abbildung 7 für die Leistungsphase 1 der technischen Gebäudeausrüstung.

Phase		Dokument	Inhalt / Tätigkeiten	Verantwortung
LPH 1	Grundlagen-analyse	Variantenvergleich	- Herstellen eines gemeinsamen Verständnisses des Bedarfs, der Ziele und Anforderungen an die TGA	Fachplaner
			- Prüfung möglicher Lösungen der TGA hinsichtlich Einhaltung der Ziele und Anforderungen	
			- Erarbeitung einer Shortlist von Lösungsmöglichkeiten, die in der weiteren Planung berücksichtigt werden	

**Abbildung 7: Leistungsphase 1 der technischen Gebäudeausrüstung**

Die angeführten Dokumente, sowie Angaben zu den Inhalten und Tätigkeiten werden im Anschluss an die tabellarische Darstellung detailliert erläutert.

Abschließend werden verschiedene Prozesse und Organisationsformen hinsichtlich der Herausforderungen für den Inbetriebnahmeprozess betrachtet. Insgesamt wurden sechs Auftragnehmermodelle in Anlehnung an die Definition der IG Lebenszyklus Hochbau (vgl. auch 3.2.2) betrachtet.

Vorteile von zeitnaher Qualitätssicherung in der Inbetriebnahme:

- Klare Schnittstellen und damit Verantwortlichkeiten zwischen den einzelnen Beteiligten
- Transparenz der zu erledigenden Aufgaben
- Weniger Informationsverlust zwischen den einzelnen Beteiligten mittels durchdachter Aufbereitung der Informationen in gut verständlichen Strukturen
- Die geplante Qualität von Gebäuden wird auch Realität. Das bedeutet, dass energieeffiziente Gebäude auch tatsächlich energieeffizient sind.
- Gründe für Komfortmängel werden schnell entdeckt.
- Durch strukturiert aufbereitete Funktionsbeschreibungen schnelle Mängelerkennung bei jenen Gewerken, die dem qualitätsgesicherten Inbetriebnahmeprozess unterliegen. Dies ist besonders bei den energieintensiven Gewerken wie Heizung, Lüftung, Klimatisierung, MSR, Beleuchtung, Energieerzeugung anzuraten. Vor diesem Hintergrund ist der beschriebene Prozess nicht nur für Bauherren interessant, die das Gebäude selbst nutzen, sondern auch für Projektentwickler, die das Gebäude in Folge vermieten und verkaufen und somit die Mängelbehebung wesentlich rascher abwickeln können als bei üblichen Bauprojekten.



## **4 Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms**

### **4.1 Einpassung in das Programm**

Das Projekt bezieht sich unmittelbar auf die Zielvorgaben und Fragestellungen des Ausschreibungsschwerpunkts 3.4.3 „Qualitätssicherung und Optimierung der Betriebsführung von Gebäuden“. Das Projektvorhaben legt den Fokus auf die Qualitätssicherung von Inbetriebnahmeprozessen mit dem Ziel, zu einer besseren und schnelleren Einregulierung neu errichteter und sanierter Gebäude beizutragen.

Mit der Erstellung eines Leitfadens als wesentlichem Projektergebnis wird ein praxistauglicher Standard geschaffen, der Bauherren, Planern und Betreibern von Gebäuden Orientierung und konkrete Handlungsanleitungen bietet, wenn sie die Betriebsführung ihrer Gebäude verbessern möchten.

### **4.2 Beitrag zum Gesamtziel des Programms**

Zahlreiche Projektevaluierungen zeigen, dass Gebäude im Betrieb die geplanten Zielwerte verfehlen. Insbesondere trifft dies auf sehr energieeffiziente Gebäudestandards zu.

Im laufenden Betrieb sind es in erster Linie gering investive Maßnahmen, also die Korrektur von Betriebseinstellungen, wie Kennlinien und Zeitprogrammen, die in vielen Gebäuden 20% des Strom- und Wärmeverbrauchs und mehr einsparen können. Verlagert man diese Maßnahmen beispielsweise in einen einjährigen Inbetriebnahmeprozess von Gebäuden, schafft man eine Qualitätssicherung, die dieses Potential von vornherein ausschöpft.

Insgesamt kann man schließen, dass die Qualitätssicherung und Optimierung der Betriebsführung – und hier insbesondere von den kritischen Inbetriebnahmeprozessen – wesentlichen Einfluss auf Nachhaltigkeits- und Umweltaspekte hat. [BINE].

### **4.3 Einbeziehung der Zielgruppen**

Die Zielgruppen sind:

- Bauherren von Wohn- und Nichtwohngebäuden
- (Fach-) Planer als fachliches Herzstück jedes Planungsprozesses
- Prozessbegleitende Organe der Qualitätssicherung (ÖBA, Projektsteuerung, Inbetriebnahmemanagement, ....)

Die Zielgruppen wurden als Gesprächspartner zur Erhebung der gängigen Planungs- und Ausführungspraxis sowie zur Identifikation von Maßnahmen und Schlüsselfaktoren in das Projekt eingebunden. Dabei wurden sowohl Standards und Detailtiefe der Initiierungsphase erhoben, als auch Methoden der Qualitätssicherung. Einzelne Praxispartner standen auch für ein Reviewing des Leitfadens zur Verfügung.

#### **4.4 Beschreibung der Umsetzungspotenziale für die Projektergebnisse**

Die Umsetzung von Energieeffizienz im Gebäudesektor hängt neben einer nachhaltigen Planung von einem, an die Gebäudetechnik und Nutzung angepassten und optimierten Betrieb ab. Häufig werden in der Praxis jedoch große Abweichungen zwischen Planung und Realbetrieb zu Lasten von Umweltwirkung und Betriebskosten festgestellt. Als wesentliche Problemstelle wird die häufig sehr ausgeprägte organisatorische Trennung zwischen Planung und Betrieb gesehen.

Der entwickelte Leitfaden verfolgt primär einen, auf der organisatorischen Ebene angesiedelten, Lösungsansatz, um den Brückenschlag von der Planung zu einem nachhaltigen Betrieb zu vollziehen. Er richtet sich somit an alle Prozessbeteiligten von der frühen Planungsphase bis in die erste Phase des Betriebs.

Das größte Verbreitungspotential wird in der Anwendung durch Bauherren gesehen. Aufgrund der Erfahrungen und Kontakten aus vielen Beratungsprojekten ergibt sich aus der zunehmenden Komplexität von Gebäuden der Bedarf an einfachen, praxisnahen Hilfestellungen, um das komplexe Thema der energietechnischen Inbetriebnahme zu begegnen. Des Weiteren ergibt sich in der Zielwertdefinition von Betriebsparametern ein, für viele Bauherren, neues Themenfeld.

Für prozessbegleitende Stellen bietet der Leitfaden eine Zusammenstellung über die erforderlichen Leistungen entlang der bekannten Projektphasen.

Planer können hinsichtlich der Planung und Überprüfung von Funktionen und Sollwerten unterstützt werden. Dadurch können auftretende Mängel im Betrieb schneller erkannt und somit Aufwand und Ressourcen zur Behebung reduziert werden.

## 5 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

Gebäude nicht nur energieeffizient zu planen, sondern auch zu betreiben stellt nicht zuletzt aufgrund der zunehmenden Komplexität der gebäudetechnischen Gewerke nach wie vor eine große Herausforderung für viele Projekte dar. Für die vielfach große Lücke zwischen Planwerten und der Performance im Betrieb liegt der Grund zumeist am Fehlen eines durchgängigen Prozesses zur Definition und Sicherung von Qualitäten.

Die Analyse aus der Grundlagenarbeit weist auf folgende Ursachen hin:

- Der Planungsauftrag und somit die Planung orientieren sich an Planwerten
- der Anlagenbetrieb wird zu wenig präzise dargestellt
- Gängige Praxis ist, den geplanten Anlagenbetrieb, sämtliche Betriebszustände, das Teillastverhalten, sowie die Regelstrategien und Regelwerte verbal in der technischen Beschreibung zu formulieren, auf deren Basis die MSR- Planung erfolgt. An dieser Schnittstelle gehen viele Informationen, sofern Lösungen überhaupt durchgängig ausgearbeitet wurden, verloren
- In der Folge werden nicht auf die Gesamtanlage abgestimmte Werte vorgegeben
- Darüber hinaus gibt es keinen Prozessschritt, für die Überprüfung von Betriebsparametern im Zuge der Inbetriebnahme und Abnahme der Mess-, Steuer- und Regeltechnik
- Die Folgen eines nicht optimal betriebenen Gebäudes reichen von Komforteinschränkungen bis hin zu einem hohen Energieverbrauch und folglich hohen Kosten
- Weist kein Energie- und Betriebsmonitoring auf Missstände im Betrieb hin, bleiben Effizienzpotentiale auch langfristig unbemerkt und folglich ungenutzt

Daraus abgeleitet kann klar geschlussfolgert werden, dass es an einer durchgängigen methodischen Vorgehensweise zur Definition und Überprüfung von Betriebsparametern fehlt. Der Leitfaden zielt auf diese Erkenntnis ab. Es werden konkrete Tätigkeiten und Verantwortungen für alle Projektphasen beschrieben, um eine vollständige und überprüfbare Planung und Ausführung zu erreichen. Des Weiteren wird für die Phase der Inbetriebnahme auf Prüfmethode eingegangen, um definierte Key- Performance- Indikatoren hinsichtlich ihrer Qualität und der Erreichung der Vorgaben zu evaluieren.

Der Leitfaden wird zukünftig in Beratungsprojekten Anwendung finden. Hauptzielgruppe sind Bauherren ambitionierter Gebäude, die über ein gewisses Maß an Komplexität in der Gebäudetechnik im Sinne verschiedener Gewerke oder Anlagen, bzw. über eine Gebäudeleittechnik verfügen. Er bietet Unterstützung bei der Zielwertdefinition von

Betriebsparametern, der Überführung dieser in die Planung und Ausschreibung sowie bei der Kontrolle von Betriebsparametern. Weiterer Nutzen wird dadurch bestritten, dass Mängel insbesondere bei den energieintensiven Gewerken schneller erkannt werden und somit Beschwerden vorgebeugt wird.

Für Planer bietet der Leitfaden Unterstützung hinsichtlich der Strukturierung und Aufbereitung von Informationen betreffend der MSR-Planung. Konkret geht es darum, die Planungsvorgaben überprüfbar aufzubereiten, auch vor dem Hintergrund, Mängel im Betrieb zu erkennen und die Behebung rascher abwickeln zu können als bei üblichen Bauprojekten.

## **6 Ausblick und Empfehlungen**

Mit der Erstellung des Leitfadens wurde ein Instrument für die unterstützende Begleitung von Bauprojekten geschaffen. Ausgehend von einem kritischen Blick auf die Inbetriebnahmephase von Gebäuden wurden die wesentlichen Tätigkeiten und Schnittstellen in den verschiedenen Leistungsphasen ausgearbeitet, die einen Beitrag zur Überprüfung und Evaluierung des Anlagenbetriebs leisten. Die ausgearbeiteten und im Leitfaden dargestellten Eckpunkte sollen in zukünftigen Objekten dazu beitragen, die Aufmerksamkeit aller Beteiligten nicht nur auf die Planung, sondern verstärkt auf die Betriebsphase zu legen.

Dazu bedarf es an Anreize um die Aufmerksamkeit für Nachhaltigkeitsziele bis in den tatsächlichen Betrieb hin aufrecht zu erhalten. Zudem fehlt es an der Kenntnis über die Methoden, bzw. dem Bewusstsein für den Bedarf einer qualitätsgesicherten Abnahme von MSR- Anlagen.

Der Bedarf für eine Betrachtung der tatsächlichen Performance eines Gebäudes adressiert sich vor allem auch an Zertifizierungssysteme sowie Förderrichtlinien. Ein möglicher Ansatz wäre, Aussagen zur Qualität des Betriebs von gebäudetechnischen Anlagen, bzw. zur tatsächlichen energetischen Performance von Gebäuden als relevante Aspekte in die Bewertung von Projekten miteinfließen zu lassen. Für die Förderung einer solarthermischen Anlage beispielsweise wäre eine Evaluierung des spezifischen Ertrags sinnvoll.

## 7 Literatur-/ Abbildungs- / Tabellenverzeichnis

### Literaturverzeichnis

IG Lebenszyklus Hochbau: Der Weg zum Lebenszyklusorientierten Hochbau. Wien 2013

Jacob D.: Gebäudebetrieboptimierung. Dissertation TH Karlsruhe, 2012.

Lechner Hans: Leistungsmodell Projektentwicklung. Verlag der Technischen Universität Graz, Graz 2014

Lechner Hans: Leistungsmodell Technische Ausrüstung. Verlag der Technischen Universität Graz, Graz 2014

Manschein Siegfried: Gesprächsnotiz vom 11.November 2013

Neumann C., Jacob D.: Modellbasierte Betriebsanalyse von Gebäuden – Methoden für die Fehlererkennung und Optimierung im Gebäudebetrieb. Freiburg, 2012.

Plesser S., Fisch N.: Gebäude energieeffizient betreiben. Den Anspruch der Planung einlösen. BINE Informationsdienst. Themeninfo I/2010.

#### NORMEN und RICHTLINIEN:

DIN 18386: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Gebäudeautomation. Deutsches Institut für Normung, Berlin 2010

ÖNORM EN 12599:2012-02-15, Lüftung von Gebäuden – Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen. Österreichisches Normungsinstitut, Wien 2012

ÖN EN 12828:2014-05-15: Heizungsanlagen in Gebäuden - Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen. Österreichisches Normungsinstitut, Wien 2014

ÖN EN 14336:2004-12-01: Heizungsanlagen in Gebäuden - Installation und Abnahme der Warmwasser- Heizungsanlagen. Österreichisches Normungsinstitut, Wien 2004

ÖNORM EN 15232-1: 2012-05-01, Energieeffizienz von Gebäuden – Einfluss von Gebäudeautomation und Gebäudemanagement. Österreichisches Normungsinstitut, Wien 2012

ÖN EN 15378:2008-02, Heizungssysteme in Gebäuden - Inspektion von Kesseln und Heizungssystemen. Österreichisches Normungsinstitut, Wien 2008

ÖNORM EN ISO 16484-1: 2011-02-15, Systeme der Gebäudeautomation – Projektplanung und Ausführung. Österreichisches Normungsinstitut, Wien 2011

ÖNORM EN ISO 16484-3: 2006-03-01, Systeme der Gebäudeautomation – Funktionen. Österreichisches Normungsinstitut, Wien 2011

ÖNORM H6010-1:2008-12-01, Dokumente der Gebäudetechnik – Pläne und Planinhalte der einzelnen Projektphasen. Österreichisches Normungsinstitut, Wien 2008

VDI 6026: 2008-05-01, Dokumentation in der technischen Gebäudeausrüstung. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2011

VDI 6039: 2011-06-01, Inbetriebnahmemanagement für Gebäude - Methoden und Vorgehensweisen für gebäudetechnische Anlagen. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2011

## Internetquellen

<http://www.arching.at/baik/leistungen/leistungsmodelle2014/content.html> (abgerufen am 08. Mai 2014, 12:00)

<http://www.mywarm.at/> (abgerufen am 25.10.2013, 10:00)

<http://www.enob.info/> (abgerufen am 25.10.2013, 11:00)

[http://www.gesetze-im-internet.de/hoai\\_2013/](http://www.gesetze-im-internet.de/hoai_2013/) (abgerufen am 24.10.2013, 16:00)

## 8 Anhang

Im Anhang sollen ergänzende Informationen angeführt werden, die im Sinne einer Vervollständigung des Berichts erforderlich sind, aber wegen ihres Umfangs nicht innerhalb des Berichts dargestellt werden, zum Beispiel Leitfäden oder Schulungsunterlagen.

### 8.1 A1 – Leitfaden

### 8.2 A2 – Leitfaden zum Hintergrundgespräch