



EUROPEAN GUIDEBOOK

Qualitätsmanagement für Gebäude

Verbesserung der Gebäude-Perfomance
durch Technisches Monitoring und
Inbetriebnahmemanagement



Dieses Projekt hat im Rahmen des Grant Agreement 680529 Fördermittel aus dem Forschungs- und Innovationsprogramm Horizon 2020 der Europäischen Union erhalten.

NO. 29 - 2019

Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations



Qualitäts- management für Gebäude

Verbesserung der Gebäude-Performance durch
Technisches Monitoring und Inbetriebnahmemanagement

Stefan Plessner

Ole Teisen

Cormac Ryan

HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Dieser Leitfaden ist das Ergebnis der Arbeit von Ehrenamtlichen der REHVA. Er wurde mit Sorgfalt und unter Verwendung der besten verfügbaren Informationen und bestmöglich fundierter Beurteilungen erstellt. Die REHVA und ihre Ehrenamtlichen, die zu diesem Leitfaden beigetragen haben, geben keinerlei Zusicherung und übernehmen keine Gewähr, weder ausdrücklich noch stillschweigend, für die Vollständigkeit, Richtigkeit oder Gültigkeit der in diesem Leitfaden enthaltenen Informationen. Die REHVA und die Autoren dieses Leitfadens übernehmen keinerlei Haftung für Folgen aus der Nutzung und Anwendung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen. Der Nutzer trägt das gesamte Risiko der Nutzung jeglicher und aller Informationen dieses Leitfadens.

Dieses Projekt hat im Rahmen des Grant Agreement 680529 Fördermittel aus dem Forschungs- und Innovationsprogramm Horizon 2020 der Europäischen Union erhalten.



Die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Leitfadens liegt bei den Autoren. Er spiegelt nicht unbedingt die Meinung der Europäischen Kommission (EK) wider. Die EK ist nicht für mögliche Verwendungen der enthaltenen Informationen verantwortlich.



Copyright © 2019 by REHVA

REHVA ist die Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations, www.rehva.eu

Alle Rechte vorbehalten.

Kein Teil dieser Publikation darf ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers in irgendeiner Form oder mit irgendwelchen Mitteln, weder elektronisch noch mechanisch, einschließlich Fotokopien oder sonstigen Informationsspeicher- und -abrufsystemen, reproduziert oder übertragen werden.

Anfragen bezüglich der Genehmigung zur Anfertigung von Kopien von Teilen des Werkes sind zu richten an:

REHVA Office, Washington Street 40, 1050 Brussels – Belgium

E-Mail: info@rehva.eu

ISBN 978-2-930521-27-5

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	v
Einleitung	vi
1 QUALITÄTSLÜCKEN UND QUALITÄTSMANAGEMENT.....	1
1.1 Qualitätsmanagement für die Gebäudeperformance.....	3
1.2 Anreize zum Qualitätsmanagement: Was bringt mir das?.....	7
1.3 QM für Neubau und Bestandsgebäude	7
2 GRUNDLAGEN DES QUALITÄTSMANAGEMENTS IN IHREM PROJEKT	8
2.1 Klärung Ihres QM-Bedarfs	8
2.2 Beauftragung Ihres Qualitätsmanagers.....	10
2.3 Qualitätsmanagement und die anderen Projektbeteiligten.....	11
2.4 Was passiert, wenn Sie den Einstieg verpasst haben?	11
3 QUALITÄTSMANAGEMENT: AUFGABEN UND ARBEITSERGEBNISSE.....	12
3.1 Definition der Projektanforderungen des Bauherrn für das Gebäude.....	12
3.2 Planung des Qualitätsmanagementprozesses.....	14
3.3 Planungsphase	14
3.4 Errichtungs- und Testphase	17
3.5 Betriebs-, Wartungs- und Anlagenhandbücher.....	21
3.6 Schulung und Information	22
3.7 Inbetriebnahme im Gebäudebetrieb.....	22
4 QUALITÄTSMANAGEMENT IN ZERTIFIZIERUNGSSYSTEMEN	24
4.1 Zertifizierung und Qualitätsprozess.....	24
4.2 Arten der Inbetriebnahmezertifizierung.....	25
4.3 Zertifizierungssysteme.....	27
4.4 Überwachung & Zertifizierung der Inbetriebnahme mit COPILOT	28

5 FALLSTUDIEN.....	31
#1: Karl Landsteiner Privatuniversität für Gesundheitswissenschaften	31
#2: Krankenhaus.....	33
#3: Technische Universität Braunschweig	35
#4: Universitätsgebäude	37
ANHANG: TERMINOLOGIE, NORMEN UND STUDIEN.....	40
Terminologie und Abkürzungen.....	40
Verwandte Richtlinien zum Inbetriebnahmeprozess	40
Mindestdatensatz für das Technische Monitoring.....	41
Gebäude.....	41
Gasbrennwertkessel.....	43
Wärmepumpe	44
Heizkreis	45
Kühlkreis	46
Blockheizkraftwerk	47
Lüftungsanlage.....	48
Teilklimaanlage, Wärmerückgewinnung, Lufterhitzer/-kühler und Mischluftbetrieb	49
Vollklimaanlage, Wärmerückgewinnung mit Bypass, Lufterhitzer/-kühler, Befeuchter, Nacherhitzer.....	51
Rückkühlwerk (Kühlturm)	53
Kompressionskältemaschine	54
Absorptionskältemaschine	55
Geothermische Energie	56
Solarthermie	57
Pufferspeicher	58
Photovoltaikanlage	59
Nah- und Fernwärmeübergabestation	60
Inhalte eines IBM-Plans	61
Aufgaben- und Verantwortungsmatrix.....	62
Festlegung der Aufgaben und Verantwortlichkeiten von Planern und Auftragnehmern im Inbetriebnahmeprozess des Bauherrn.....	63
Wechselbeziehungen zwischen erbrachten Leistungen bei der typischen Inbetriebnahme, Abgleich und Nachprüfung von HLK-Anlagen	71
LITERATURVERZEICHNIS.....	73

Vorwort

Die **REHVA**, gegründet 1963, ist die europäische Dachorganisation, die nationale Fachverbände der Gebäudetechniker vereint. Aktuell vertritt die REHVA mehr als 120.000 HLK-Planer, -Ingenieure, -Techniker und -Experten aus 27 europäischen Ländern. Die REHVA setzt sich für die Verbesserung von Gesundheit, Komfort und Energieeffizienz in allen Gebäuden und Gemeinden ein. Die REHVA bietet ihren Mitgliedern eine Plattform zur internationalen Vernetzung und zum Wissensaustausch, fördert die technische und berufliche Entwicklung, verfolgt die politischen Entwicklungen in der EU und vertritt die Interessen ihrer Mitglieder in Europa und in der Welt. Die Mission der REHVA besteht darin, energieeffiziente und gesunde Technologien für mechanische Gebäudetechnik zu fördern und das Wissen unter Fachleuten und Praktikern in Europa und darüber hinaus zu verbreiten. REHVA-Leitfäden gehören zu den wichtigsten Instrumenten, um das Wissen über neueste Entwicklungen und fortschrittliche Technologien zu verbreiten und Praktikern dazu eine anwendungsorientierte Hilfestellung zu geben. Die REHVA hat bereits über 25 Leitfäden veröffentlicht.

Mitgliedsländer der REHVA

[Belgien](#) | [Kroatien](#) | [Tschechien](#) | [Dänemark](#) | [Estland](#) | [Finnland](#) | [Frankreich](#) | [Deutschland](#) | [Ungarn](#) | [Italien](#) | [Lettland](#) | [Litauen](#) | [Moldawien](#) | [Niederlande](#) | [Norwegen](#) | [Polen](#) | [Portugal](#) | [Rumänien](#) | [Russland](#) | [Serbien](#) | [Slowakei](#) | [Slowenien](#) | [Spanien](#) | [Schweden](#) | [Schweiz](#) | [Türkei](#) | [Großbritannien](#)

REHVA-Arbeitsgruppe

Dieses Buch wurde durch eine Arbeitsgruppe entwickelt, an der folgende Experten beteiligt waren:

- Leiter: Stefan Plessler, synavision
- Leiter: Ole Teisen, Sweco Danmark A/S
- Leiter: Livio Mazzarella, AiCARR/Politecnico di Milano
- Salvatore Carlucci, Norwegian University of Science and Technology
- Niels Delaere, Factor 4
- Christian Feldmann, AICVF
- Manuel Krempl, E-sieben
- Michele Liziero, Energy Team
- Zoltan Magyar, ETE
- Alla Marchenko, Norwegian University of Science and Technology
- Jan Mehnert, Institut für Gebäude- und Solartechnik
- Marco Pietrobon, Politecnico di Milano
- Luca Alberto Piterà, AICARR

- Ivo Slavotínek, Enesa
- Andrew Sutton, BRE

FACHLEKTORAT

- Andres Sepuldeva
- Bonnie Brook
- Luca Alberto Pitera

Anmerkungen zur deutschen Übersetzung:

Leistungsbeschreibungen und Terminologien unterscheiden sich in den verschiedenen internationalen Regelwerken. Die Definitionen in diesem Guidebook entsprechen deshalb nicht präzise den deutschen Richtlinien wie z.B. der AMEV Empfehlung 135 oder der VDI Richtlinie 6039.

Einleitung

Bei Neubauten und umfangreichen Sanierungen kommen oft innovative Technologien für Heizung, Kühlung und Klimatisierung (HLK) zum Einsatz. Diese anspruchsvollen technischen Konzepte und die damit verbundenen Gebäudeautomation- und Steuerungssysteme haben die Komplexität erhöht und stellen Planer, Ingenieure, Bauunternehmen und Facility-Manager vor große Herausforderungen. In der Folge ist es zu einer Performance-Lücke gekommen: Gebäude funktionieren nicht wie vorgesehen und verfehlen im Betrieb ihre ursprünglich geplante Performance. Dies ist doppelt teuer: Zum einen verursachen Planung und Errichtung zusätzliche Kosten, zum anderen sind auch die späteren Betriebs- und Wartungskosten höher als erwartet.

Lösungen für dieses Problem finden sich in anderen Branchen unter dem Stichwort „Qualitätsmanagement“. Im Ingenieurwesen beschreibt „Qualität“ den Grad, in dem eine Reihe inhärenter Eigenschaften eines Objekts die Anforderungen erfüllen. Kurz gesagt: Ein Bauherr sollte bekommen, wofür er bezahlt!

Das „Qualitätsmanagement“ ist also ein Prozess, der die Erfüllung von Anforderungen fördert. In den letzten Jahren sind zwei Lösungen als zuverlässige Qualitätsmanagementleistungen für Gebäude hervorgegangen und werden immer beliebter: Technisches Monitoring und Inbetriebnahme.

Das **Technische Monitoring** (TMon) wendet Verfahren an, um Messwerte aus dem Gebäudebetrieb mit geplanten Sollwerten zu vergleichen und dem Bauherrn ein transparentes Ergebnis zu liefern. TMon kann überwiegend digital erfolgen.

Das **Inbetriebnahmemanagement** (IBM) ermöglicht es dem Bauherrn, im Detail zu kontrollieren, ob das ausgeführte Gebäude den Projektanforderungen des Bauherrn entspricht. Die IB erfordert in hohem Maße die Arbeit qualifizierter Fachleute.

Da das Qualitätsmanagement mit der Definition von Anforderungen beginnt, sollte es bereits in einer frühen Projektphase beginnen. Obwohl das Qualitätsmanagement auch nach Fertigstellung eines Gebäudes angewendet werden kann, sollte ein Bauherr nicht warten, bis er die leidvolle Erfahrung eines Scheiterns seines Projekts macht. Sowohl TMon als auch IBM sind am leistungsfähigsten und kostengünstigsten, wenn damit zu Beginn eines Projekts begonnen wird.

Dieser Leitfaden gibt einen kurzen Überblick über diese Qualitätsmanagementleistungen für Bauherren, Planer, Errichter und Mieter. Er zeigt unter Verzicht auf technische Details das enorme wirtschaftliche Potenzial dieser Leistungen, gibt Einblicke in die wichtigsten technischen Aspekte und berät praxisnah bei der Anwendung in Projekten.

Stefan Plessner

QUANTUM Projektkoordinator

1 Qualitätslücken und Qualitätsmanagement

Europäer verbringen mehr als 90 % ihres Lebens in Gebäuden [1]. Daher sollte das Raumklima eine Priorität bei Planung und Betrieb sein. Da Gebäude auch für 35 % aller CO₂-Emissionen verantwortlich sind, ist ihre Energieeffizienz nicht weniger wichtig [2,3]. Als Reaktion darauf wurden in Europa wichtige Schritte hin zu besseren Gebäuden unternommen [4]. Heute ermöglichen innovative Technologien Niedrigstenergiegebäude, die gleichzeitig eine hervorragende Qualität des Raumklimas (IEQ) bieten. Und ambitionierte Bauvorschriften der letzten Jahre fordern die Einhaltung immer höherer Standards und eines immer niedrigeren Energiebedarfs [4]. Infolgedessen ist der Energiebedarf im Gebäudebetrieb gesunken – zumindest bei einigen Arten von Gebäuden und Anlagen. Gleichzeitig hat sich ein neues Phänomen gezeigt: Neubauten mit HLK- und Automatisierungssystemen erweisen sich als so kompliziert, dass sie oft nicht wie geplant funktionieren. Obwohl stark mit Gebäudetechnik ausgestattet, kommt es bei derartigen Anlagen zu gleichzeitigem Heizen und Kühlen, zu ungeeigneten Zeitprogrammen, zu instabilen Steuerungen oder sogar – als ultimativer Fehlschlag – zu Automatisierungssystemen, die permanent im manuellen Betrieb arbeiten.

Qualitätslücken in der Gebäudeperformance

Studien auf der ganzen Welt haben gezeigt, dass die Lücke zwischen dem Planungsziel und dem Energiebedarf im Betrieb bis zu 30 % und mehr beträgt. Zum Beispiel:

- 2010 stellte eine Arbeitsgruppe der Internationalen Energieagentur Einsparpotenziale bei Gebäuden von 5 bis 30 % [5].
- Studien in Deutschland fanden Einsparpotenziale von 15 % bei Brennwertkesseln und von bis zu 30 % bei Lüftungsanlagen, bei denen der Energieverbrauch sogar mit niedrigen oder ganz ohne Investitionskosten vermieden werden könnte [6].
- Geothermieanlagen mit Wärmepumpen zeigten eine Reihe von Problemen, die von gestörter Hydraulik und mangelndem Abgleich bis hin zu fehlerhaften Steuerungen und Einstellungen reichten [7].

Dies ist doppelt teuer: Zum einen verursachen Planung und Errichtung zusätzliche Kosten, zum anderen sind auch die späteren Betriebskosten höher als erwartet. Und das ist nicht nur eine Frage der Energie. Eine schlechte Qualität des Raumklimas beeinträchtigt Gesundheit und Produktivität, Bedienfehler verkürzen die Lebensdauer von Anlagen und können Zeitaufwand und Kosten bei allen Beteiligten verursachen. [6,8,9,10,11]

Qualitätslücken lassen sich in folgende Kategorien entsprechend den Projektphasen einteilen:

- Lücke 1: zwischen Projektanforderungen des Bauherrn und Planungskonzept;
- Lücke 2: zwischen Planungskonzept und Ausschreibung;
- Lücke 3: zwischen Ausschreibung und Übergabe;
- Lücke 4: zwischen Inbetriebnahme und Betrieb;
- Lücke 5: zwischen Projektanforderungen des Bauherrn/Planungskonzept und Betrieb.

Qualitätslücken lassen sich anhand von Messungen bewerten, z. B. anhand der Abweichung des gemessenen Energiebedarfs vom erwarteten Energiebedarf, der erfahrenen Behaglichkeit nach der Inbetriebnahme von der erwarteten Behaglichkeit, und vielen anderen Parametern, die auf aufgestellten Erwartungen aus der Planungsphase basieren.

Abbildung 1 gibt einen Überblick über Qualitätslücken im Projektverlauf und **Abbildung 2** gibt einen Überblick über die vielen Qualitätslücken, die sich zu erheblichen Lücken („Gaps“) zwischen der laut Planung beabsichtigten und der tatsächlichen Gebäudeperformance aufsummieren können.

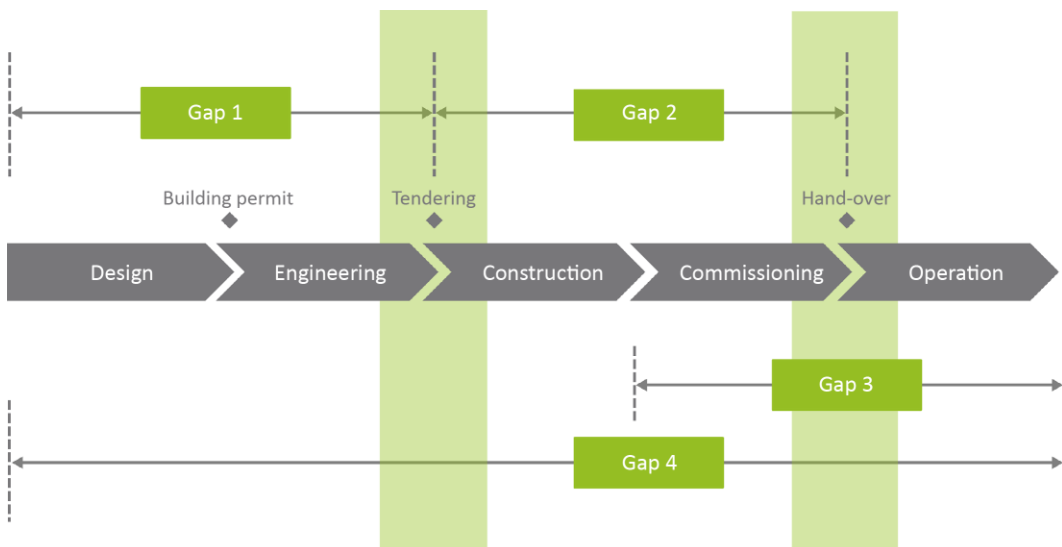


Abbildung 1. Qualitätslücken im Projektverlauf.



Abbildung 2. FM-Typologie von Performance-Lücken in Neubauten (Quelle: Rasmussen, H.L & Jensen, P.A., 2019).

Diese Lücken sind jedoch vermeidbar! Studien wie das von der EU geförderte Projekt Re-Co [12] haben gezeigt, dass Performance-Mängel bei bestehenden Gebäuden deutlich reduziert und bei Neubauten vermieden werden können. Die Lösung ist die Implementierung eines ordnungsgemäßen Qualitätsmanagements.

1.1 Qualitätsmanagement für die Gebäudeperformance

Der Begriff „Qualität“ ist ein gängiges Substantiv, das im Allgemeinen zum Verweis auf die Eigenschaften eines Objekts oder auf etwas „Gutes“ verwendet wird. Im Ingenieurwesen beschreibt „Qualität“ den Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale Anforderungen erfüllt [13]. Das Qualitätsmanagement ist also ein Prozess, der die Erfüllung von Anforderungen fördert [14].

Qualitätsmanagement ist natürlich bereits Bestandteil eines jeden Gebäudes. Die Baustatik wird geplant und gegengeprüft, Konzepte für den Brandschutz müssen bereits in frühen Planungsphasen festgelegt werden und sollten vor der Übergabe getestet werden, und jeder Aufzug wird regelmäßig überprüft. In der Regel werden diese Tests und Prüfungen von einem Dritten unter Verwendung klar definierter Prüfverfahren durch technische Experten

im jeweiligen Bereich durchgeführt. Sie haben jedoch einen begrenzten Umfang und umfassen beispielsweise nicht die Performance von Heizungs- oder Kälteanlagen im Betrieb, die Wartungsfreundlichkeit von HLK-Anlagen oder die Qualität des Raumklimas. Die 2010 mit der damaligen EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) eingeführten obligatorischen regelmäßigen Inspektionen von HLK-Anlagen sind bislang noch nicht im erheblichen Umfang erfolgreich umgesetzt [11]. Ein Bericht über den deutschen Markt ergab, dass von allen zwingend zu prüfenden Lüftungs- und Klimaanlageanlagen im Jahr 2015 nur etwa 10 % tatsächlich einer Inspektion unterzogen wurden [15].

Die Gebäudeperformance als solche ist noch nicht durch effektive Qualitätsmanagementprozesse abgedeckt. Tatsächlich werden Fremdprüfungen oft nur in der relativ begrenzten Anzahl von Gebäuden durchgeführt, die eine Nachhaltigkeitszertifizierung, z. B. DGNB, HQE, BREEAM oder LEED, durchlaufen. Diese vergeben Punkte für die Anwendung bestimmter Qualitätsmanagementverfahren und haben ihre Wirksamkeit unter Beweis gestellt. Zwei dieser Verfahren haben sich – auch unabhängig von Zertifizierungssystemen – als zuverlässige Leistungen erwiesen und erfreuen sich zunehmender Beliebtheit: Technisches Monitoring und Inbetriebnahmemanagement.

Beiden Leistungen ist im Kern gemein, dass sie von einem unabhängigen Dritten zu erbringen sind, der ausdrücklich nicht für Planung, Errichtung, Betrieb und Instandhaltung des Gebäudes verantwortlich ist. Diese Unabhängigkeit ist Voraussetzung für die effektive Bearbeitung und offene Meldung aller vom Qualitätsmanagement festgestellten Mängel.

1.1.1 Technisches Monitoring (TMon) [16,17]

Das Technische Monitoring folgt sehr genau dem Grundkonzept, die Erfüllung von Anforderungen zu testen, und führt damit einen Qualitätsregelkreis für die Gebäudeperformance ein. Der Schwerpunkt der Leistung liegt auf der präzisen Definition von Anforderungen als Grundlage für das Qualitätsmanagement und der Anwendung klar definierter Prüfverfahren für diese Anforderungen, siehe **Abbildung 3**.

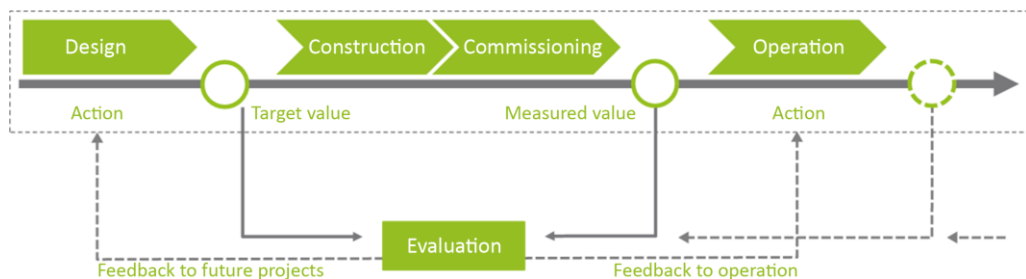


Abbildung 3. Qualitätsregelkreis.

Der für das Technische Monitoring festgelegte Qualitätsregelkreis besteht aus vier wesentlichen Elementen: Zielwerten, Messwerten, Bewertungsverfahren und Maßnahmen (**Tabelle 1**).

Bei guter Umsetzung dieser vier Elemente im Bauprojekt, beginnend mit der Definition von Anforderungen in der Planungsphase, bietet TMon zeitnahe und sehr kostengünstige Unterstützung für jedes Bauprojekt. Zusätzlich zum unmittelbaren Regelkreis innerhalb eines Projekts schafft TMon auch einen langfristigen Regelkreis, der verlässliche Erfahrungen bereitstellt, um aus Projekten zu lernen.

Da TMon auf individuellen Zielwerten basiert, kann es mit einem individuell definierten Leistungsumfang angewendet werden, z. B. bei einzelnen Anlagen und Werten. Die Möglichkeit, einen geeigneten Leistungsumfang zu wählen, trägt zur Kosteneffizienz der Leistung bei. Aufgrund seiner Datenorientierung kann TMon auch weitgehend digital erfolgen. Die begrenzten Ansprüche hinsichtlich Zeitaufwand und Expertenwissen versprechen eine hohe Kosteneffizienz und Skalierbarkeit für eine Vielzahl von Gebäuden.

Tabelle 1. *Wesentliche Elemente des Qualitätsregelkreises.*

Zielwerte	Zielwerte definieren messbare Anforderungen an Gebäude und deren Anlagen. Dazu können die maximale CO ₂ -Konzentration in einem Konferenzraum, der Leistungskoeffizient einer Kälteanlage oder der Sollwert einer Zulufttemperatur einer raumluftechnischen Anlage bei einer bestimmten Umgebungslufttemperatur gehören.
Messwerte	Die Messwerte sind die Werte, die im Gebäude- oder Anlagenbetrieb aufgezeichnet wurden. Das Gebäude muss technisch in der Lage sein, diese Daten bereitzustellen, z. B. über sein Gebäudemanagementsystem (BMS) oder zusätzliche Messgeräte. Die Messwerte müssen exakt den Zielwerten entsprechen.
Bewertungsverfahren	Um kontrollieren zu können, ob ein Gebäude seine Anforderungen erfüllt, vergleicht TMon mithilfe von Bewertungsverfahren die Messwerte mit den Zielwerten. Hier zeigt sich, dass beide sehr sorgfältig definiert werden müssen, um eine sinnvolle Bewertung zu ermöglichen: Nutzt man beispielsweise den Gesamtenergiebedarf eines Gebäudes als Zielwert, so ist dieser Wert aufgrund von Annahmen in der Planung sowie durch die tatsächliche Gebäudenutzung, die unter anderem durch schrittweisen Mietereinzug, Nutzungsänderungen und Nutzerverhalten beeinflusst wird, sehr unsicher.
Maßnahmen	Um die Gebäudeleistung tatsächlich zu verbessern, muss TMon seine Ergebnisse effektiv in das Projekt einbringen. Jede Bewertung muss daher zuverlässige und transparente Ergebnisse liefern, die Ingenieuren, Auftragnehmern und Wartungspersonal rechtzeitig zur Verfügung gestellt werden können, um zur Kenntnis genommen zu werden und eine angemessene Reaktion zu ermöglichen.

1.1.2 Inbetriebnahmemanagement (IB)

Das IBM ist ein qualitätsorientierter Prozess zur Verbesserung der Übergabe neuer Gebäude oder größerer renovierter Bestandsgebäude. Im Mittelpunkt des Prozesses stehen der Nachweis und die Dokumentation, dass alle in Betrieb genommenen Anlagen und Baugruppen entsprechend den Projektanforderungen des Bauherrn geplant, ausgelegt, installiert, getestet, betrieben und gewartet werden.

Dabei ist unbedingt zwischen dem „Ereignis der Inbetriebnahme“, also dem eigentlichen „Anlaufen“, und dem „Inbetriebnahmeprozess“ zu unterscheiden. Das Inbetriebnahmemanagement ist ein Qualitätsmanagementprozess, der dazu dient, die Erfüllung von Anforderungen durch bestimmte Zusatzleistungen mit einem breiteren und tieferen Leistungsumfang als beim TMon zu fördern.

Neben der „reinen“ Spezifikation und Prüfung des TMon umfasst das IBM eine Reihe von Zusatzleistungen, die von der Prüfung der Planungsunterlagen, der Betriebsfreundlichkeit (z. B. Zugänglichkeit von RLT-Anlagen zu Wartungszwecken, um Funktionsprüfungen an Anlagen durchzuführen), der (Neu-)Berechnung von Lebenszykluskosten, der Betriebs- und Wartungsdokumentation (O&M) bis hin zur Überwachung der Schulung des Gebäudewartungspersonals reichen. Durch den Inbetriebnahmeprozess kann der Bauherr im Detail kontrollieren lassen, ob das übergebene Gebäude den Projektanforderungen des Bauherrn entspricht. Daher ist der IB-Prozess komplexer als das TMon und erfordert mehr Expertenwissen auf höherem Niveau.

Was auch immer während der Inbetriebnahme festgestellt wird, wird daraufhin bewertet, ob die Gefahr besteht, dass das fertiggestellte und betriebene Gebäude nicht den Projektanforderungen des Bauherrn entspricht. Wenn davon auszugehen ist, dass derartige Risiken bestehen, so erleichtert der IB-Manager den Umgang der betroffenen Parteien mit diesen Risiken. Das Inbetriebnahmemanagement übernimmt keine Tätigkeiten, mit denen bereits Planer, Auftragnehmer oder Betreiber beauftragt sind.

Da das IBM im Gegensatz zum TMon stark auf die Arbeit qualifizierter und erfahrener Experten angewiesen ist, kann ihre Verfügbarkeit für Projekte unter Umständen eingeschränkt sein.

TMon und IBM sind beide sehr hilfreiche Leistungen. In vielen Fällen, insbesondere bei komplexen Gebäuden, wird auf beide Leistungen zurückgegriffen, während bei einfachen oder kleineren Gebäuden ein TMon ausreichend sein kann. Daher bieten öffentliche Richtlinien wie die AMEV-Empfehlung 135 [16] und die LEED-Zertifizierung beide Optionen. AMEV 135 verlangt TMon als grundlegende Qualitätsprüfung und listet mehrere IBM-Leistungen als zusätzliche Leistungen auf. In der LEED-Zertifizierung [18] ist das Einregelungsmonitoring (ERMon), ein Prozess ähnlich dem TMon, als Option für zusätzliche Punkte integriert.

1.2 Anreize zum Qualitätsmanagement: Was bringt mir das?

Die Vorteile des Qualitätsmanagements liegen auf der Hand und sind zahlreich. Einige der wichtigsten Vorteile zeigt **Tabelle 2**.

Tabelle 2. Wichtige Vorteile des Qualitätsmanagements.

	Möglichkeiten
Bauherr	<ul style="list-style-type: none">• Bereitstellung eines voll funktionsfähigen Gebäudes gemäß den Projektanforderungen ab dem ersten Tag der Nutzung• Reduzierung der Kosten für Energie, Wartung und Nachforderungsmanagement• Reduzierung der Komplexität (Over-Engineering)• Reduzierung von Kostenüberschreitungen
Planer	<ul style="list-style-type: none">• Verbesserte Transparenz bei den Bauherren-Anforderungen• Beschleunigung der Übergabe• Reduzierung des Nachforderungsmanagements
Auftragnehmer	<ul style="list-style-type: none">• Verbesserte Transparenz bei den Engineering-Anforderungen• Beschleunigung der Übergabe• Reduzierung des Nachforderungsmanagements
Facility-Manager	<ul style="list-style-type: none">• Verbesserung des Gebäudebetriebs• Reduzierung von Nutzerbeschwerden• Reduzierung der Personalkosten
Nutzer	<ul style="list-style-type: none">• Verbesserung der Behaglichkeit, der Annahme und der Produktivität beim Nutzer• Reduzierung von Erkrankungen durch ein gesünderes Raumklima

Das Technische Monitoring und das Inbetriebnahmemanagement haben sich bei der Erreichung dieser Ziele bewährt. Die Energieeinsparungen allein führen in der Regel zu Amortisationszeiten von weniger als 3 Jahren [4,19,20]. Berücksichtigt man zusätzliche Einsparungen, z. B. durch Produktivitätssteigerung oder Vermeidung von Krankheitsfällen, so erfolgt die Amortisation innerhalb eines Jahres und oftmals sogar noch vor Übergabe des Gebäudes.

1.3 QM für Neubau und Bestandsgebäude

Auch wenn Qualitätsmanagement-Leistungen im Neubau am besten funktionieren, wo sie Qualitätslücken in Echtzeit vermeiden, können sie auch auf Bestandsgebäude angewendet werden. Erfahrungen mit „Wiederholten Inbetriebnahmen“ oder Technischem Monitoring im Bestand haben gezeigt, dass auch bei Bestandsgebäuden Amortisationszeiten von weniger als einem Jahr möglich sind, und dies insbesondere durch die Umsetzung kostengünstiger oder sogar kostenfreier minimal-invasiver Maßnahmen [19,20].

Der Markt bietet verschiedene Ansätze zur Ergänzung von Technischem Monitoring im Bestand, von der digitalen Kontrolle von Automatisierungsdaten und der schnellen Identifizierung leicht realisierbarer Maßnahmen über Digitale Due Diligence bis hin zum Energiesparcontracting, bei dem Dienstleister basierend auf den erzielten Einsparungen bezahlt werden. Weitere Leistungen sind z. B. die Retro-Inbetriebnahme zur Verbesserung von Bestandsgebäuden, die noch nicht ordnungsgemäß in Betrieb genommen wurden, und das kontinuierliche Technische Monitoring, das den Prozess der Qualitätskontrolle durch fortlaufende Überwachung fortsetzt.

2 Grundlagen des Qualitätsmanagements in Ihrem Projekt

Das Qualitätsmanagement ist eine Zusatzleistung zur Ergänzung der Planungs-, Engineering-, Errichtungs- und Betriebsleistungen. Für eine erfolgreiche Umsetzung von TMon oder IBM ist es unerlässlich, den Umfang, die Aufgaben und die zu liefernden Arbeitsergebnisse der Leistungen genau und angemessen zu definieren und die Aufgaben und Verantwortlichkeiten innerhalb eines Projekts zu klären.

2.1 Klärung Ihres QM-Bedarfs

TMon und IBM sind wertvolle Leistungen für alle Gebäude. Da sich Bauvorhaben stark unterscheiden, ist es sinnvoll, Leistungsumfang und -tiefe auf ein für Ihr Projekt geeignetes Niveau anzupassen. Dabei sind u. a. folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- **Komplexität der Gebäude**
Wohngebäude haben in der Regel eine einfache Gebäudetechnik, während Labore über hochkomplexe und stark interagierende Anlagen verfügen.
- **Vertragliche Gestaltung des Projekts**
Wenn Sie als Bauherr selbst verschiedene Planer und Auftragnehmer beauftragen, sollten Sie besonders auf die Schnittstellen zwischen den Systemen achten. Wenn Sie einen Generalunternehmer für Planung und Errichtung einsetzen, sollten Sie besonders darauf achten, im Rahmen des Vertrages genaue und transparente Ziele und entsprechende Prüfverfahren festzulegen.
- **Kompetenz und Kapazitäten des Bauherrn**
Ein Bauherr mit jahrelanger Erfahrung und großen Personalkapazitäten für die Projektleitung hat wahrscheinlich ein besseres Verständnis der Qualität innerhalb eines Projekts, während ein einmaliger Eigenheimbauer umfangreichere Unterstützung benötigt.
- **Marktsituation für Planungs- und Errichtungsleistungen**
Wenn Planer und Auftragnehmer sehr stark ausgelastet sind und möglicherweise Projekte durchführen, die über ihre Kapazitäten hinausgehen, so steigt das Risiko unvollständiger oder mangelhafter Leistungen.
- **Käufer- und/oder Mietererwartungen**
Einige zukünftige Mieter oder Käufer haben höhere Erwartungen als andere (z. B. an Raumklima, Energiebedarf oder Wartungsfreundlichkeit) und verlangen einen strengen Qualitätsnachweis.

Bauherren sollten daher ihre eigene Situation sowie die anstehenden Aufgaben und die von ihnen auszusuchenden Dienstleister bewerten, um über den angemessenen Umfang und die angemessene Tiefe der QM-Leistungen entscheiden zu können.

Beide QM-Leistungen – das Technische Monitoring wie auch das Inbetriebnahmemanagement – können als Einzelleistungen die Qualität von Gebäuden fördern. Das **Technische Monitoring** ist ein genau definiertes und transparentes Prüfverfahren für die Funktionalität von Gebäudeanlagen, das weitgehend digital erfolgen kann. Das **Inbetriebnahmemanagement** ist eine umfassende Leistung mit größerem Umfang, die sich stark auf Expertenwissen stützt. Sollen beide Leistungen vom selben externen Dienstleister erbracht werden, z. B. im Rahmen eines LEED-Zertifizierungsprozesses, so muss die Transparenz des Monitoring-Prozesses gewährleistet sein.

Beiden Leistungen ist – sowohl einzeln als auch in Kombination – gemein, dass sie von einem Dritten erbracht werden müssen, der unabhängig von allen anderen Projektbeteiligten ist.

Tabelle 3. Vergleich von TMon und IBM (OPR: Projektanforderungen des Bauherrn, BoD: Dokumentation der Ausführungsplanung).

	TMon	IBM	Tmon + IBM
Ernennung des Dienstleisters	Vertrag mit dem Dienstleister	Vertrag mit dem Dienstleister	Vertrag mit dem Dienstleister
Projektanforderungen des Bauherrn		Verfassen der Projektanforderungen mit dem Bauherrn	Verfassen der Projektanforderungen mit dem Bauherrn
Dokumentation der Ausführungsplanung		Unterstützung von Planungsingenieuren beim Verfassen der Dokumentation der Ausführungsplanung; Abgleich mit Anforderungen des Bauherrns	Unterstützung von Planungsingenieuren beim Verfassen der Dokumentation der Ausführungsplanung; Abgleich mit Anforderungen des Bauherrns
Inbetriebnahmeplan	Beschreibung des Ablaufs von Tmon / IBM		Beschreibung des Ablaufs von Tmon / IBM
IBM in der Entwurfsphase	Ableiten der Zielwerte für Gebäude und Anlagentechnik; Spezifikation der Testprozeduren		Ableiten der Zielwerte für Gebäude und Anlagentechnik; Spezifikation der Testprozeduren
		Abgleich der Entwurfsdokumente mit Projektanforderungen des Bauherrns	Abgleich der Entwurfsdokumente mit Projektanforderungen des Bauherrns
IBM in der Ausführungsphase		Abgleich der Ausführung mit Projektanforderungen des Bauherrns	Abgleich der Ausführung mit Projektanforderungen des Bauherrns
IBM während der Inbetriebnahme	Überprüfung und Reporting der Betriebsdaten vom Probetrieb (Soll-Ist Vergleich)		Überprüfung und Reporting der Betriebsdaten vom Probetrieb (Soll-Ist Vergleich)
		Überprüfung und Reporting des Inbetriebnahmeablaufs sowie der Anforderungen der Funktionen der zu Prüfenden Systeme	Überprüfung und Reporting des Inbetriebnahmeablaufs sowie der Anforderungen der Funktionen der zu Prüfenden Systeme
Betriebshandbuch & Darstellung von Prozessabläufen		Überprüfung des Betriebshandbuchs sowie von Prozessabläufen, Zeitintervallen, Konsistenz und Plausibilität	Überprüfung des Betriebshandbuchs sowie von Prozessabläufen, Zeitintervallen, Konsistenz und Plausibilität
Training des Betriebspersonals		Überprüfung des Trainings und der Durchführung	Überprüfung des Trainings und der Durchführung
Training der Nutzer		Überprüfung des Trainings und der Durchführung	Überprüfung des Trainings und der Durchführung
IBM während des Betriebs	Überprüfung und Reporting der Betriebsdaten vom Probetrieb (Soll-Ist Vergleich)		Überprüfung und Reporting der Betriebsdaten vom Probetrieb (Soll-Ist Vergleich)

2.2 Beauftragung Ihres Qualitätsmanagers

Da das Qualitätsmanagement mit der Definition von Anforderungen beginnt, muss es natürlich bereits in einer frühen Projektphase beginnen. Obwohl das Qualitätsmanagement auch nach Fertigstellung eines Gebäudes angewendet werden kann, sollte ein Bauherr nicht warten, bis er die leidvolle Erfahrung eines Scheiterns seines Projekts macht. Sowohl TMon als auch IBM sind am leistungsfähigsten und kostengünstigsten, wenn damit zu Beginn eines Projekts begonnen wird.

2.2.1 TMon

Im Idealfall sollte das TMon spätestens in der Planungsphase beauftragt werden. Da Ingenieure und Auftragnehmer mit dem Manager des Technischen Monitorings (TMonM) zusammenarbeiten müssen, wird empfohlen, entsprechende Festlegungen in ihre jeweiligen Verträge aufzunehmen. Die Anforderungen sollten durch den TMonM definiert werden.

Das Technische Monitoring ist datenbasiert und der Dienstleister verwendet Software. Der Bauherr sollte entweder nach der Art der Software fragen, die der TMonM verwendet, die zu verwendende Software spezifizieren oder dem TMonM seine eigene Software zur Verfügung stellen, um diese im Projekt zu verwenden. Insbesondere wenn der Bauherr die Software später selbst im Dauerbetrieb nutzen möchte, kann die letzte Option sinnvoll sein, um Übergabeprobleme zu vermeiden. Da das TMon auf Daten aus dem Gebäudebetrieb angewiesen ist, umfasst sein Umfang in der Regel Anlagen, die Daten liefern, normalerweise Heizung, Kühlung, Lüftung und entsprechende Teile des Gebäudeautomationssystems (GA-System) oder des BMS.

2.2.2 IBM

Für die Inbetriebnahme sollte der Bauherr den Dienstleister (Inbetriebnahmemanager/IBM) so früh wie möglich ins Boot holen. Der qualifizierte und erfahrene IBM kann den Bauherrn und andere Beteiligte bei der Definition klarer Ziele für den IBM-Prozess und messbarer Anforderungen, die es wert sind, Ressourcen darauf zu verwenden, bei der Überprüfung der Projektanforderungen des Bauherrn und der richtigen Formulierung in Verträgen mit Planern und Auftragnehmern unterstützen, um ihre Einbindung in den IBM-Prozess zu sichern.

Für den Bauherrn kann es eine Herausforderung darstellen, sich für den gesamten Prozess der Planung, der Errichtung und des ersten Betriebsjahres an einen bestimmten Inbetriebnahmemanager zu binden. Für den IBM stellt es wiederum oft eine Herausforderung dar, einen Festpreis für den gesamten Prozess anzubieten, ohne zum Vertragszeitpunkt die Substanz der zu überprüfenden Anlagen zu kennen. Es ist daher überlegenswert, den IBM in der Anfangsphase zu einem Stundenhonorar zu engagieren und dann später bei größerer Klarheit über Lösungen und Qualität auf eine Vertragsform mit festeren Kostenvoranschlägen umzusteigen. Der Inbetriebnahmeplan sollte vom IBM definiert werden.

2.3 Qualitätsmanagement und die anderen Projektbeteiligten

TMon und IBM ersetzen keine Verantwortlichkeiten anderer Beteiligter in einem Projekt und überschneiden sich auch nicht mit diesen. Es gibt jedoch wichtige Schnittstellen. Dienstleister fordern Spezifikationen an, definieren und führen Tests durch und dokumentieren die Ergebnisse. Sie werden weder in der Planung noch bei der Errichtung tätig und sind auch nicht für den Gebäudebetrieb verantwortlich. Diese klare Unterscheidung zwischen TMon- und IB-Managern auf der einen Seite und Planern, Auftragnehmern und Betreibern auf der anderen Seite ist unerlässlich, damit der Bauherr unabhängiges und offenes Feedback zur Qualität erhält.

Der Qualitätsmanagementprozess leidet, wenn die anderen Teilnehmer nicht angemessen zur Beteiligung verpflichtet sind. Alle Aktivitäten und Dokumente sollten daher in den Vertragsunterlagen aufgeführt werden. Andernfalls besteht die Gefahr, dass die Inhaber wichtiger Informationen nicht an Besprechungen und anderen TMon- oder IB-Aktivitäten teilnehmen und dass sie ihnen zugewiesenen Einträgen im Mängelprotokoll nicht nachgehen.

Der Anhang dieses Leitfadens enthält ein Beispiel für eine „Aufgaben- und Verantwortlichkeiten-Matrix“, die eine nützliche Ergänzung zum Inbetriebnahmeplan bilden kann. Außerdem werden Beispiele gezeigt, wie Formulierungen in Verträgen aussehen können.

2.4 Was passiert, wenn Sie den Einstieg verpasst haben?

Beide Leistungen funktionieren am besten, wenn sie von Anfang an in ein Projekt integriert werden. Sie können aber auch zu einem späteren Zeitpunkt angewendet werden. In diesem Fall ist es für den Projekterfolg entscheidend, dass der Dienstleister Teil des Projektteams wird, da er u. a. mit den Planern sprechen, Dokumente von Auftragnehmern erhalten und Tests mit dem Facility-Management durchführen muss. Verträge mit anderen Beteiligten müssen möglicherweise angepasst oder erweitert werden.

Wird der Inbetriebnahmeprozess erst nach der Vorplanungsphase gestartet, z. B. in der Planungsphase, so sollte der IBM „zurückgehen“ und übergangene Aktivitäten aufnehmen. Der Bauherr genießt also durch einen verspäteten Beginn der IB keinerlei Einsparungen für IBM-Aktivitäten. Im Gegenteil: Je später das IBM beginnt, desto höher ist das Risiko, dass der Prozess Mängel aufdeckt, die entweder irreversibel oder nur kostspielig zu beheben sind. Dennoch bringt das IBM einen Nutzen, auch wenn sie verspätet begonnen wird.

Bei Bestandsgebäuden können Wiederholte Inbetriebnahmeleistungen mit einem Return on Investment von unter 3 Jahren erbracht werden, wobei Tests durchgeführt und Empfehlungen für die Optimierung des Betriebs gegeben werden.

3 Qualitätsmanagement: Aufgaben und Arbeitsergebnisse

Das Technische Monitoring und das Inbetriebnahmemanagement umfassen verschiedene Aufgaben und Arbeitsergebnisse. Der Leistungsumfang variiert je nach Komplexität des Gebäudes, den tatsächlichen Risiken in Bezug auf Standort, Nutzung usw. und eventuellen verbindlichen Vorgaben aus Normen, Nachhaltigkeitszertifizierungsprogrammen oder Qualifikationsanforderungen. Dieses Kapitel gibt Ihnen einen kurzen Überblick über die Aufgaben und Arbeitsergebnisse der wichtigsten Leistungen im Rahmen des Technischen Monitorings und des Inbetriebnahmemanagements. Einige Tätigkeiten können sich überschneiden, da sie Bestandteil beider Dienstleistungen sind, wenn diese einzeln angewendet werden. Es ist jedoch möglich, sie klar abzugrenzen.

3.1 Definition der Projektanforderungen des Bauherrn für das Gebäude

3.1.1 TMon

In dieser Phase gibt es beim TMon keine Aktivitäten.

3.1.2 IBM

Die Grundlage aller anderen Aktivitäten des Inbetriebnahmemanagements bilden die Anforderungen an die Performance der installierten Anlagen und des Gebäudes insgesamt.

Es liegt in der Verantwortung des Bauherrn, Anforderungen frühzeitig zu definieren, um dafür zu sorgen, dass sie die Grundlage für die Planung bilden. Es wird empfohlen, dass die Projektanforderungen des Bauherrn vom Inbetriebnahmemanager (IBM) in Zusammenarbeit mit dem Bauherrn erarbeitet werden. Der Bauherr ist möglicherweise kein erfahrener Errichter und verfügt daher womöglich nicht über einen strukturierten Prozess zur Definition der Anforderungen. Der IBM muss sicherstellen, dass die Ziele zweckdienlich spezifiziert werden, insbesondere so, dass sie in den nachfolgenden Phasen sinnvoll geprüft und getestet werden können.

Die Projektanforderungen des Bauherrn umfassen in der Regel Angaben zu Gebäudehülle, Räumen und Qualität des Raumklimas sowie zu allen für den Bauherrn relevanten gebäudetechnischen Anlagen. Sie können auch Zielvorgaben für Errichtungs- und Betriebskosten, Material usw. beinhalten. **Bei den Anforderungen sollte es sich um messbare Werte handeln**, die für nachfolgende Prüfungen und Tests verwendet werden können.

Um den Nachweis der Erfüllung der einzelnen Anforderungen zu erleichtern, ist es sinnvoll, für jede Anforderung in jeder Phase ein Nachweisverfahren vorzugeben, z. B. Entwurfsprüfung, Analyse, Inspektion und/oder Test.

Wenn die Anforderungen in anderen Dokumenten, z. B. einem Bauprogramm, versteckt sind, so sollte der Eigentümer dafür sorgen, dass die im IBM nachzuweisenden Werte aus diesen Dokumenten entnommen und direkt in die Projektanforderungen des Bauherrn aufgenommen werden.

Die Anforderungen an das IBM sind ebenfalls in den Projektanforderungen des Bauherrn dokumentiert.

Die Projektanforderungen des Bauherrn sind ein lebendiges Dokument. Einmal vom Bauherrn festgelegt, können die Projektanforderungen nicht mehr ohne seine Zustimmung geändert werden. Nicht alle Ziele können bereits zu Beginn eines Projekts definiert werden und einige können sich ändern. Daher sollte die Projektanforderungen des Bauherrn regelmäßig aktualisiert werden. Dennoch ist dieses Dokument stets als Referenz für die Anforderungen heranzuziehen. Es kann sogar als Kommunikationsmittel zwischen dem IBM und Planern/Auftragnehmern dienen. Eine Änderung der Anforderungen in einer späteren Phase kann dazu führen, dass das Projekt neu budgetiert werden muss.

Tabelle 4. Aufgaben und Arbeitsergebnisse von TMon/IBM bei der Aufstellung von Anforderungen.

	Technisches Monitoring	Inbetriebnahmemanagement
Aufgaben	-	<ul style="list-style-type: none"> • Dem Bauherrn die Bedeutung und den möglichen Umfang der Anforderungen erläutern. • Die Entscheidungsfindung beim Spezifizieren der Projektanforderungen des Bauherrn als Ausgangspunkt des Projekts unterstützen. • Schnittstellen und erforderlicher Unterstützung anderer Projektbeteiligter festlegen und mögliche Verbesserungen ihrer Verträge unterstützen.
Arbeitsergebnisse	-	<ul style="list-style-type: none"> • Projektanforderungen des Bauherrn

Tabelle 5 zeigt ein Beispiel für die Projektanforderungen des Bauherrn für einen Raumtyp. Das Dokument kann zusätzliche Spalten enthalten, um die Erfüllung der Anforderungen in einer anderen Phase nachzuvollziehen (dritte Spalte).

Tabelle 5. Beispiel für Projektanforderungen des Bauherrn [Auszug; Quelle: energydesign braunschweig GmbH].

	Projektanforderungen des Bauherrn	Dokumentation der Ausführungsplanung
Raumtemperatur	<ul style="list-style-type: none"> • Raumtemperatur min. 21 °C, max. 26 °C • Nur kurzzeitige Überziehung im Sommer > 32 °C • Mögliche Sollwerteneinstellung durch den Nutzer ± 2 K 	<ul style="list-style-type: none"> • In Flurbereichen vollflächige Kühldecke 50 % aktiv und akustisch wirksam • Raumtemperatur Sommer/Winter 26 °C / 21 °C
Luftqualität	<ul style="list-style-type: none"> • Raum ohne Verbindung zur Fassade; die Konditionierung sollte an andere Büroräume angepasst werden • Mechanische Be- und Entlüftung • Zugluft sollte vermieden werden • Relative Luftfeuchte min. 30 % • Raumfeuchte gemäß Empfehlung (abhängig von der Raumtemperatur) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mechanische Belüftung • 45 m³/(Personenstunde) • Erwärmte Zuluft, gekühlt be- und entfeuchtet • Entrauchung durch Fenster
Beleuchtung	<ul style="list-style-type: none"> • Gleichmäßige und blendfreie Ausleuchtung der Arbeitsplätze • Mit direktem und indirektem Lichtanteil • LUX-Betrag nach Empfehlung 	<ul style="list-style-type: none"> • Büro: 500 lx/Büroarbeitsplatz • Boden: 100 lx
Verschattung	<ul style="list-style-type: none"> • Außen, Motorsteuerung • Innen, manuelle Steuerung 	

3.2 Planung des Qualitätsmanagementprozesses

3.2.1 TMon

In dieser Phase gibt es beim TMon keine Aktivitäten.

3.2.2 IBM

Die Planung des IBM beginnt in der Regel in der Vorplanungsphase, und der erste IBM-Plan kann Teil der Vertragsunterlagen mit dem IBM sein. Der IBM sollte so früh wie möglich einen IBM-Plan erarbeiten. Dieser Plan fasst alle zu erwartenden Aktivitäten und Dokumente zusammen und weist jeder Aktivität einen Verantwortlichen zu.

Die Planung ist ein fortlaufender Prozess. Daher sollte der IBM-Plan überarbeitet werden, wenn neue Informationen vorliegen, z. B. die Dokumentation der Ausführungsplanung, Anlagenlisten, Prüfverfahren, Werkzeuge.

Zunächst sollte die Planung auf folgender Grundlage erfolgen:

- Zweck und Umfang des IBM
- Projektanforderungen des Bauherrn und Aktivitäten, die gemäß Erfahrung des IBM zum Nachweis der Erfüllung dieser Anforderungen erforderlich sind
- Erste Liste der erwarteten Anlagen und der damit verbundenen IBM-Aktivitäten
- Gesamt-Terminplan des Projekts
- Für die Bereitstellung der IBM-Leistungen erforderliche Ressourcen
- IBM-Aktivitäten, Besprechungen und Dokumente im laufenden Prozess
- Aufgaben und Verantwortlichkeiten aller Beteiligten

Alle Beobachtungen im Zusammenhang mit Planung, Errichtung oder Erbringung (einschließlich Erbringung seitens des Bauherrn) werden protokolliert und der zuständigen Partei zugewiesen. Das Mängelprotokolldokument ist eine strukturierte Liste aller protokollierten Beobachtungen und Mängel. Planungsprüfberichte, Inspektionsberichte usw. können ggf. im Mängelprotokoll als Quellen für Informationen zur Funktionalität der in Betrieb genommenen Anlagen aufgeführt werden.

Die Beobachtungen und Mängel sind nicht vom IBM zu bearbeiten bzw. zu beseitigen, sondern einer Partei mit entsprechender Verantwortlichkeit, z. B. für Planung oder Errichtung, zuzuweisen.

3.3 Planungsphase

3.3.1 TMon

In der Planungsphase werden alle technischen Anlagen mit ihren Performance-Zielwerten, wie Wirkungsgrad, spezifische Ventilatorleistung oder Anlagentemperaturen, geplant.

Der TMonM überprüft die Planung, leitet Zielwerte für alle Anlagen im TMon-Leistungsumfang ab und definiert Prüfverfahren für diese. Auf diese Weise stellt der TMonM nicht nur detaillierte und prüfbare Anforderungen für das Gebäude auf, sondern kann auch planerische Defizite feststellen, die vor der Auftragsvergabe zu beheben sind. Der TMonM

kann zunächst Zielparame-ter (z. B. die minimale spezifische Ventilatorleistung) definieren und in einem späteren Schritt den Ist-Wert hinzufügen (z. B. 1.250 W/m³/s).

Table 6. Aufgaben und Arbeitsergebnisse von TMon/IBM bei der Planung des Inbetriebnahmeprozesses.

	Technisches Monitoring	Inbetriebnahmemanagement
Aufgaben	–	IBM-Plan erstellen
Arbeitsergebnisse	–	Inbetriebnahmeplan

Der TMonM liefert am Ende der Planungsphase die folgenden Dokumente:

- Liste der zu überwachenden Anlagen
- Liste der Zielparame-ter und Zielwerte
- Spezifikation von Prüfverfahren (insbesondere Probetrieb und Übergabe von Betriebsdaten), die in die Ausschreibungsunterlagen und Verträge aufzunehmen sind.

Table 7. Aufgaben und Arbeitsergebnisse von TMon/IBM in der Planungsphase.

	Technisches Monitoring	Inbetriebnahmemanagement
Aufgaben	<ul style="list-style-type: none"> • Anlagenplanung überprüfen • Relevante Parameter und Zielwerte ableiten • Prüfverfahren spezifizieren 	<ul style="list-style-type: none"> • Wie bei TMon und zusätzlich • Überblick über den Planungsstand verschaffen • Dokumentation der Ausführungsplanung und vorliegende Planungsunterlagen überprüfen • Voraussetzungen für Prüfungen und Tests und Verantwortliche festlegen • Nachweisverfahren und Verantwortliche festlegen
Arbeitsergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Liste der zu überwachenden Anlagen • Liste der Zielparame-ter und Zielwerte • Spezifikation von Prüfverfahren (insbesondere Probetrieb und Übergabe von Betriebsdaten), die in die Ausschreibungsunterlagen und Verträge aufzunehmen sind. 	<ul style="list-style-type: none"> • Wie bei TMon und zusätzlich • Listen und Einträge im Mängelprotokoll zu fehlenden Planungselementen • Prüfbericht einschließlich Einträgen im Mängelprotokoll mit ggf. festgelegten Maßnahmen • Listen mit Nachweisen und entsprechenden Voraussetzungen zur Nachverfolgung während der Planungs- und Errichtungsphase

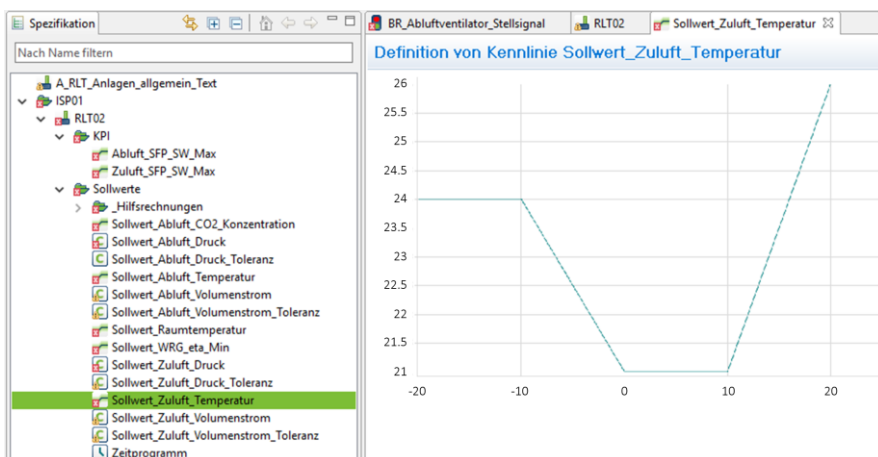


Abbildung 4. Beispiel einer Spezifikation eines Merkmals auf dem Software-Leistungsprüfstand. [Quelle: synavision GmbH]

3.3.2 IBM

Das IBM umfasst in der Planungsphase die quantitativen Aktivitäten, die auch Bestandteil des TMon sind, sowie weitere mehr qualitative Aktivitäten, die im Folgenden beschrieben werden.

Der IBM gewährleistet, dass die Planung die Einhaltung der Projektanforderungen des Bauherrn fördert. In der Regel wird die Planung in der Planungsphase nicht komplett abgeschlossen, da einige Planungsleistungen von Auftragnehmern in der Errichtungsphase erbracht werden. Es liegt in der Verantwortung des IBM, sich einen Überblick über den Planungsstand zu verschaffen, um festzustellen, was vorhanden und was noch offen ist.

Dazu sollte der IBM eine gewerkeübergreifende und auf den Betrieb ausgerichtete Überprüfung der Dokumentation der Ausführungsplanung und der vorliegenden Planungsunterlagen vornehmen. Das Betriebs- & Wartungspersonal sollte an diesem Prozess beteiligt sein, wenn es bereits verfügbar ist.

Für jede der Anlagen, die unter den IB-MProzess fallen, sind Nachweisverfahren, Überprüfung, Analyse oder Test sowie die für die einzelnen Aktivitäten Verantwortlichen aufzuführen.

Die Voraussetzungen für Inbetriebnahme-Nachweisaktivitäten, QM-Unterlagen, Abgleichberichte usw. sind zusammen mit den für die einzelnen Voraussetzungen Verantwortlichen aufzuführen. Es sind Listen und Einträge im Mängelprotokoll zu fehlenden Planungselementen zu erstellen, um dafür zu sorgen, dass diese später, wenn verfügbar, überprüft werden. Überprüfungen werden in speziellen Prüfberichten oder, wenn es nur geringfügige Mängel zu berichten gibt, im Mängelprotokoll dokumentiert. Listen mit Nachweisen und entsprechenden Voraussetzungen zur Nachverfolgung während der Planungs- und Errichtungsphase können schließlich als zusätzliche Spalten in den Projektanforderungen des Bauherrn/der Dokumentation der Ausführungsplanung oder in der Anlagenliste des Planers mit einer Angabe dazu dokumentiert werden, welche Nachweise den einzelnen Anlagen zuzuweisen sind.

Alle Unterlagen können in einer Aktualisierung des IBM-Plans zusammengefasst werden, z. B:

- Checklisten
- Terminpläne
- Mängelprotokoll
- Gewerke-Beziehungsmatrix
- Schnittstellenkatalog

3.4 Errichtungs- und Testphase

Die Errichtungs- und Testphase ist die entscheidende Phase des IBM, da alle Anlagen zum ersten Mal in Betrieb sind und getestet werden können. Sowohl TMon als auch IBM erfordern in dieser Phase umfangreiche Prüf- und Testaktivitäten.

Tabelle 8. Aufgaben und Arbeitsergebnisse von TMon/IB in der Errichtungsphase.

	Technisches Monitoring	Inbetriebnahmemanagement
Aufgaben	<ul style="list-style-type: none"> • Funktionsspezifikationen mit Auftragnehmern prüfen und bei Bedarf aktualisieren • Betriebsdaten vor dem Probebetrieb prüfen • Berechtigung für den Probebetrieb prüfen • Probebetrieb, ggf. vor Ort, mitverfolgen • Betriebsdaten für den Probebetrieb analysieren • Bericht über den Probebetrieb erstellen 	<p>Wie bei TMon und zusätzlich</p> <ul style="list-style-type: none"> • Projektanforderungen des Bauherrn definieren oder überprüfen • Vorlagen (Muster/Spezifikationen) und Planungen von Auftragnehmern überprüfen • Schulungen für Betriebs- & Wartungspersonal planen und organisieren • Allgemeine Vor-Ort-Inspektionen durchführen • Tests planen und organisieren • IB-Aktivitäten nach der Übergabe planen • Berichte über die Aktivitäten des Inbetriebnahmeprozesses erstellen
Arbeitsergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Aktualisierte Funktionsspezifikationen bei Bedarf • Bericht über den Probebetrieb, z. B. Mängelliste, Mängelprotokoll 	<p>Wie bei TMon und zusätzlich</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspektionsberichte • Testberichte • Prüfbericht und/oder Einträge im Mängelprotokoll; ggf. Vorgaben zu Maßnahmen

3.4.1 TMon

In der Anlaufphase müssen die Prüfverfahren für die verschiedenen Anlagen wie vorgeschrieben durchgeführt werden.

Die Aufgaben in der Anlaufphase sollten einem sehr strengen Verfahren folgen:

1. Wenn der Auftragnehmer bereit für die Testdurchführung ist, teilt er dem Bauherrn und dem TMonM mit, dass die Anlagen für den Probebetrieb bereit sind, und übergibt die Betriebsdaten der zu testenden Anlagen im spezifizierten Format an den TMonM.
2. Der TMonM prüft die Daten auf Übereinstimmung mit den Anforderungen und auf Verwendbarkeit für Tests.
3. Der TMonM übergibt dann die Spezifikation für die Funktionsprüfung an den Auftragnehmer und lässt von diesem überprüfen, ob eventuell Änderungen aufgetreten sind, die vor der Testdurchführung in die Spezifikation einzuarbeiten sind. Änderungen durch den Auftragnehmer an der Spezifikation für die Funktionsprüfung bedürfen der Bestätigung durch den Bauherrn.
4. Nachdem der Auftragnehmer die Spezifikation für die Funktionsprüfung bestätigt hat, informiert der TMonM den Bauherrn über die Testbereitschaft der Anlage.
5. Der Bauherr erteilt die Erlaubnis zum Probebetrieb.
6. Der TMonM informiert den Auftragnehmer und vereinbart mit ihm den genauen Zeitraum für den Probebetrieb sowie den Termin und die Durchführung definierter Testeingriffe.

7. Für die Dauer des Probetriebs betreibt der Auftragnehmer die Anlage im Automatikbetrieb ohne manuelle Eingriffe, mit Ausnahme der vordefinierten Testeingriffe.
8. Während der Dauer des Probetriebs werden die vordefinierten Testeingriffe in der Regel vor Ort durch den Auftragnehmer in Anwesenheit des TMonM vorgenommen.
9. Innerhalb von 24 Stunden nach dem Probetrieb übergibt der Auftragnehmer die Betriebsdaten an den TMonM.
10. Der TMonM prüft die Daten auf Übereinstimmung mit der Funktionsspezifikation und berichtet die Ergebnisse an den Bauherrn. Bei der Berichterstellung ist es entscheidend, dass die Ergebnisse genau zeigen, ob der Anlagenbetrieb der Funktionsspezifikation entspricht oder nicht.

Der Bericht über den Probetrieb sollte vom Format her in bestehende Mängelprotokolle oder Mängellisten, die im Projekt verwendet werden, übertragbar sein, um Parallelberichte zu vermeiden.

Erfüllt die Anlage die Funktionsanforderungen nicht, so muss der Probetrieb ggf. wiederholt werden. Die technische und finanzielle Abwicklung dieses Falles sollte in den Ausschreibungsunterlagen und Verträgen festgelegt werden.

Der TMonM liefert die folgenden Unterlagen für die Errichtungs- und Testphase:

- Funktionsspezifikation, ggf. aktualisiert
- Bericht über den Probetrieb, z. B. Mängelliste, Mängelprotokoll

Tabelle 9. Beispiel für den Datenexport. [16]

Prüfumfang für Teilklimaanlage mit Zulufttemperaturregelung und Abwärmerückgewinnung

Prüfgrößen Teilklimaanlage mit Zulufttemperaturregelung und Kreuzstrom-Wärmeübertragung	Zielwert	Messung	[Einheit]	Anmerkungen
Strombedarf	Höchstwert	Zählerstand	[kWh]	Auswertung als Monats- oder Jahreswert
Elektrische Leistungsaufnahme	Höchstwert	Messung	[kW]	
Durchflussmenge	Sollwert und Toleranz	Messung	[m³/h]	
Spezifische Ventilatorleistung	Mindestwert	Berechnung	[W/m³/s]	Bewertung nach DIN 13779 Klassifizierung
Nutzungszeiten	Höchstwert	Zählerstand	[-]	
Zulufttemperatur	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Ggf. Sollwert, als Kennlinie, mit Toleranz
Außenlufttemperatur	-	Messung	[°C]	Ggf. zusätzliche für die Regelung notwendige Umrechnungen, z. B. als gleitender Mittelwert

	Erläuterung
<p>Prüfgröße: Wärmeverbrauch Gebäude (witterungsbereinigt 20/15)</p> <p>Anforderung: Unterschreitung des jährlichen Maximal-Zielwerts</p> <p>(hier eingehalten)</p>	<p>Jahreswerte in einem Säulendiagramm</p> <p style="text-align: center;">Wärmeverbrauch Gebäude</p> <p style="text-align: center;">■ Ziel-/Sollwert ■ Mess-/Istwert</p>
<p>Prüfgröße: Nutzungsgrad Kältemaschine</p> <p>Anforderung: Erreichung oder Überschreitung des monatlichen Min-destwerts an mindestens 9 Monaten im Jahr</p> <p>(hier nicht eingehalten)</p>	<p>Monatswerte in einem Liniendiagramm mit Wert-Markierungen (grün/rot)</p> <p style="text-align: center;">Nutzungsgrad Kältemaschine</p> <p>Prüfzeitraum: 1.1.2014 – 21.12.2014 Anzahl der Prüfzeitpunkte: 12 Anteil korrekter Werte: 33% (Anf: > 80%)</p> <p style="text-align: center;">→ Ziel-/Sollwert ● Korrektur Wert ● Fehlerhafter Wert</p>
<p>Prüfgröße: Vorlauftemperatur Heiz-/Kühlkreis</p> <p>Anforderung: Einhaltung des viertelstündlichen Sollwerts mit einer Toleranz von 2K an 80% der Prüfzeitpunkte</p> <p>(hier eingehalten)</p>	<p>Soll- und Messwerte in einem Punktdiagramm mit Bewertung der Messwerte (grün/rot)</p> <p style="text-align: center;">Vorlauftemperatur Heizkreis</p> <p>Prüfzeitraum: 1.1.2015 – 8.1.2015 Anzahl der Prüfzeitpunkte: 672 Anteil korrekter Werte: 87% (Anf: > 80%)</p> <p style="text-align: center;">— Zielwert - - - Toleranzbereich ● Korrektur Wert ● Fehlerhafter Wert</p>

Abbildung 5. Beispiele für die grafische Testauswertung. [16]

3.4.2 IBM

Wie in Kapitel 1.1.2 beschrieben, kann das IBM in der Errichtungs- und Testphase die in TMon enthaltenen quantitativen Aktivitäten sowie die nachfolgend beschriebenen mehr qualitativen Aktivitäten beinhalten.

Die erforderlichen Aktivitäten des IBM innerhalb der Errichtungsphase bilden den Kern der Inbetriebnahme. Der IBM plant und führt die folgenden Aktivitäten aus:

1. Prüfung von Vorlagen (Muster/Spezifikationen) und Planungen von Auftragnehmern
2. Planung und Organisation der Schulung von Betriebs- & Wartungspersonal (siehe Kapitel 3.7)
3. Allgemeine Vor-Ort-Inspektionen und Inspektionen, Abgleicharbeiten und Dokumentation von Auftragnehmern und Lieferanten
4. Planung und Organisation von Tests, einschließlich der Prüfung von Komponenten vor der Auslieferung beim Hersteller (Werksabnahmeprüfung), Prüfung von Komponenten in der Anlage (Vor-Ort-Abnahmeprüfung) und Prüfung von Interaktionen zwischen Anlagen (Vor-Ort-Integrationsprüfung).
5. Planung von IB-Aktivitäten nach der Übergabe, der kontinuierlichen Inbetriebnahme, des Einregulierungsmonitorings usw.
6. Berichte über die Aktivitäten des IBM erstellen

Tabelle 10. Prüfgrößen für Gebäude und Anlagen (Beispiel). [16]

	Zielwert	Messung	[Einheit]	Anmerkung
Prüfgrößen Gebäude				
Elektr. Energieaufnahme aus dem Netz	Max. 450.000 kWh/a	Zählerstand	[kWh]	
	Max. 90 kWel	Wirkleistungslast	[kW]	
Einspeisung elektr. Energie in das Netz	Min. 100.000 kWh/a	Zählerstand	[kWh]	Netz-Exportzähler
Erzeugung elektr. Energie aus PV	Min. 180.000 kWh/a	Zählerstand	[kWh]	PV-Exportzähler
Gasverbrauch	Max. 700.000 kWh/a	Zählerstand	[m³]	Wärmeäquivalent
Heizenergiebedarf	Max. 70 kWh/m²	Berechnung	[kWh/m²]	NRF-Bezugsfläche
Trinkwasserverbrauch	Max. 250 m³/a	Zählerstand	[m³]	
Lufttemperatur		Messung	[°C]	

Prüfgrößen Gasbrennwertkessel

Gasverbrauch	Max. 700.000 m³/a	Zählerstand	[m³]	
Erzeugte Wärmemenge	Max. 700.000 kWh/a	Zählerstand	[kWh]	
Thermischer Nutzungsgrad (Mindestwert)	> 90 %	Berechnung	[-]	Tageswerte, Bewertung im Probebetrieb
Betriebsstunden	3.500 h/a	Zählerstand	[h]	
Betriebsstarts	5.000 a	Zählerstand	[Anzahl]	
Betriebsstarts pro Betriebsstunde	< 1,5	Berechnung	[-]	Tageswerte, Bewertung im Probebetrieb
Vorlauftemperatur	75 °C ±3 K	Messung	[°C]	80 % korrekte Werte bei 96 Wertmessungen pro Tag, Bewertung im Probebetrieb
Rücklauftemperatur	< 45 °C	Messung	[°C]	80 % korrekte Werte bei 96 Wertmessungen pro Tag, Bewertung im Probebetrieb
Außenlufttemperatur		Messung	[°C]	Aktuelle Außenlufttemperatur und einstellbarer Mittelwert 24 h

Prüfgrößen Heizkreis 1

Betriebssignal für Umwälzpumpe	Freigabekriterium T(Außenluft) < 18 °C		[-]	Pumpe muss abgeschaltet werden, wenn die Außenlufttemperatur über der Heizgrenze liegt, Bewertung im Probebetrieb
Vorlauftemperatur	Kennlinie TVL/T(Außenluft):(70/-12:30/20); Toleranz: ±2 K		[°C]	
Rücklauftemperatur	Kennlinie TVL/T(Außenluft):(50/-12:30/20); Toleranz: ±5 K		[°C]	
Außenlufttemperatur			[°C]	

Alle Dokumente sind in einer Aktualisierung des oder als Anhang zum IBM-Plan zusammenzustellen, z. B.

- Bericht / Mängelprotokoll bei Überprüfungen
- Schulungsplan
- Bericht / Mängelprotokoll bei Inspektionen vor Ort und QM-Inspektionen
- Bericht / Mängelprotokoll bei Tests
- Erstinbetriebnahme-Bericht
- Aktualisiertes Anlagenhandbuch (siehe Kapitel 3.5), Projektanforderungen des Bauherrn, Dokumentation der Ausführungsplanung, IBM-Protokoll und IBM-Plan

3.5 Betriebs-, Wartungs- und Anlagenhandbücher

3.5.1 TMon

Betriebs-, Wartungs- und Anlagenhandbücher gehören nicht zum TMon-Leistungsumfang.

3.5.2 IBM

Das Anlagenhandbuch umfasst folgende Inhalte, typischerweise mit Hilfe einer Datenbank (CMMS-System):

- 1) IBM-Plan
- 2) Projektanforderungen des Bauherrn
- 3) Dokumentation der Ausführungsplanung
- 4) IBM-Protokoll
- 5) Alle QM-Unterlagen, einschließlich Inbetriebnahmeberichte, Abgleichberichte usw.
- 6) Betrieb und Wartung einschließlich aller Leistungen und Lieferungen des Auftragnehmers, Datenblätter usw. und Material für Betrieb & Wartung gewerkeübergreifender Anlagen
- 7) Plan für Normalbetrieb und Notbetrieb
- 8) Plan für die vorbeugende Wartung
- 9) Vollständige Projektdokumentation, zum Beispiel:
 - a) Funktionsbeschreibungen
 - b) Sollwerte
 - c) Zeichnungen
- 10) Gesamte IBM-Dokumentation einschließlich IBM-Berichte zu Prüfungen und Tests
- 11) Schulungsplan
- 12) Inbetriebnahmebericht

Das Anlagenhandbuch ist ein lebendiges Dokument, das fortlaufend gepflegt wird.

Tabelle 11. Aufgaben und Arbeitsergebnisse im Rahmen von Betriebs-, Wartungs- und Anlagenhandbüchern

	Technisches Monitoring	Inbetriebnahmemanagement
Aufgaben	-	Überprüfen, dass Anlagendokumentation vollständig ist und die optimale Nutzung der Anlagen ermöglicht
Arbeitsergebnisse	-	Dokumente des Anlagenhandbuchs

3.6 Schulung und Information

3.6.1 TMon

Schulungen des Betriebs- & Wartungspersonals gehören nicht zum TMon-Leistungsumfang.

3.6.2 IBM

Die Nutzer sollten die Möglichkeit erhalten, die funktionelle Auslegung ihres Gebäudes zu verstehen. Ein Leitfaden kann ihnen helfen, die korrekte Bedienung der gebäudetechnischen Anlagen in den Gebäuden/Räumen zu erlernen und anzuwenden. Das Gebäudekonzept sollte für alle Bewohner klar und greifbar sein.

3.7 Inbetriebnahme im Gebäudebetrieb

3.7.1 TMon

Im Regelbetrieb kann das TMon zyklisch, z. B. monatlich oder vierteljährlich, fortgesetzt werden. Dies wird besonders für die ersten zwei Jahre empfohlen. Wenn gewünscht und technisch möglich, können die Überwachungsergebnisse auch kontinuierlich generiert und z. B. auf Dashboards angezeigt oder als E-Mail-Nachricht versendet werden.

3.7.2 IBM

Das IBM umfasst in der Nutzungs- und Betriebsphase die quantitativen Aktivitäten, die auch Bestandteil des TMon sein können, sowie weitere eher qualitative Aktivitäten, die im Folgenden beschrieben werden. Diese Aufgaben sind von Fachkräften auszuführen! Der Bauherr stellt sicher, dass das mit Betrieb des Gebäudes beauftragte Personal über die erforderlichen Fähigkeiten und Qualifikationen verfügt. Typische Aktivitäten des IBM sind:

- Festlegung von Zusatzschulungen, die auch Einweisungen für Nutzer umfassen können.
- Begehung des Gebäudes, um den realen Betrieb zu beobachten und mit Nutzern ins Gespräch zu kommen, um deren Feedback zu erhalten.
- Mindestens zwei „jahreszeitliche“ Tests zum Nachweis des Volllastbetriebs von HLK-Anlagen zum Kühlen (im Sommer) und zum Heizen (im Winter).
- Einregelungsmonitoring (ERMon), Energiemanagement kombiniert mit kontinuierlicher Kontrolle von Anlagenzustand, Sollwerten, Verschleiß usw.
- Kontinuierliche und proaktive Prüfung und Anlagenoptimierung.
- Förderung der Erfüllung von Nachhaltigkeitsanforderungen.
- Überarbeitung von Betriebs- und Wartungsbudgets
- Kontinuierliche Erstellung von Alarmlisten, Checklisten und sonstigen gebäudespezifischen Tools

Je enger die Zusammenarbeit zwischen dem IBM und dem Inbetriebnahmepersonal des Bauherrn gibt, desto besser.

Table 12. Aufgaben und Arbeitsergebnisse im Rahmen der Schulung von Betriebs- & Wartungspersonal.

	Technisches Monitoring	Inbetriebnahmemanagement
Aufgaben	–	Überprüfen, dass Schulungen den erfolgreichen Betrieb und die erfolgreiche Wartung von Anlagen ermöglichen
Arbeitsergebnisse	–	Schulungsaufzeichnungen

3. Qualitätsmanagement: Aufgaben und Arbeitsergebnisse

Tabelle 13. Aufgaben und Arbeitsergebnisse im Rahmen des Gebäudebetriebs,

	Technisches Monitoring	Inbetriebnahmemanagement
Aufgaben	<ul style="list-style-type: none"> • Zielwerte definieren oder überprüfen • Daten kontinuierlich oder zyklisch analysieren • Berichte kontinuierlich oder zyklisch erstellen 	Wie bei TMon.
Arbeitsergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Kontinuierliche oder zyklische Berichte 	Wie bei TMon plus: <ul style="list-style-type: none"> • Prüfbericht und/oder Einträge im Mängelprotokoll; ggf. Vorgaben zu Maßnahmen

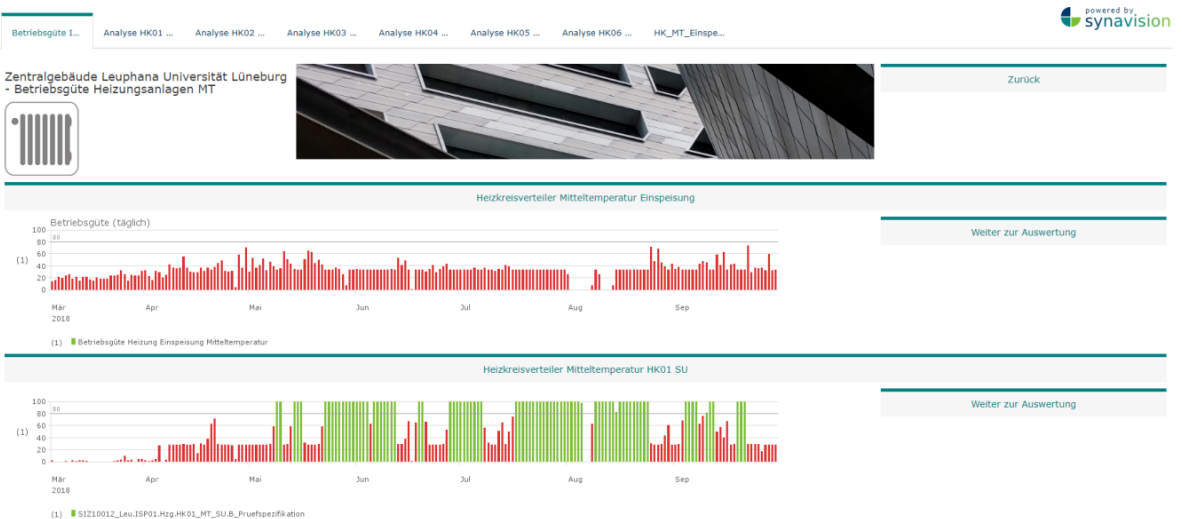
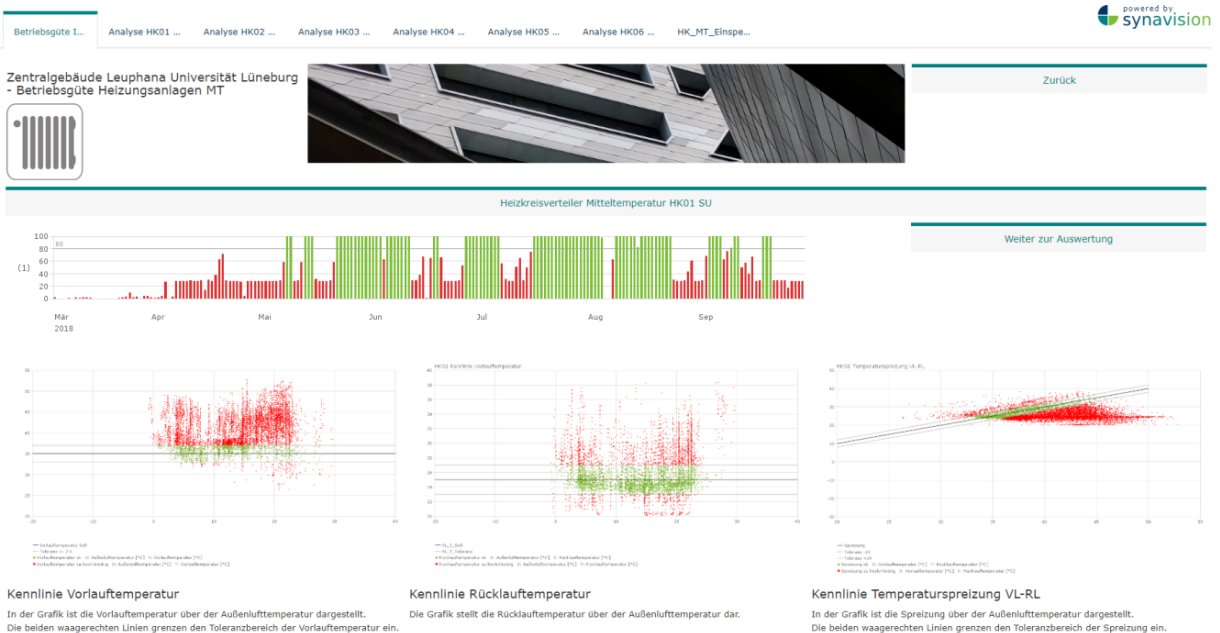


Abbildung 6. Dashboard-Beispiel für das Zentralgebäude der Leuphana Universität Lüneburg. [Quelle: synavision GmbH]

4 Qualitätsmanagement in Zertifizierungssystemen

Die Zertifizierung bescheinigt, dass ein QM-Prozess korrekt durchgeführt und dokumentiert wurde. Dies ist für die Baubranche von besonderem Wert, wo einerseits Probleme mit der Gewerkekoordination und finanzielle Erfordernisse die Qualität beeinträchtigen können und andererseits die Entscheidungsträger nicht unbedingt über die technischen Qualifikationen verfügen, um feststellen zu können, ob Aufgaben ordnungsgemäß ausgeführt werden oder nicht.

Qualitäts- und Kostenüberlegungen treiben die Entwicklung der Inbetriebnahmezertifizierung voran. „Vorsicht ist besser als Nachsicht“ – dies gilt auch für die Baubranche, wo die Lösung einmal eingebauter Probleme um ein Vielfaches teurer ist als die Vermeidung dieser Probleme während der Planung und Errichtung. Die Inbetriebnahme ist die „Vorsichtsmaßnahme“, die die Branche benötigt.

4.1 Zertifizierung und Qualitätsprozess

Zertifizierungssysteme formalisieren eine schrittweise Prozessmethodik. Projekte müssen formalen Anforderungen entsprechen und durch entsprechende Freigaben und Dokumentation ihre Konformität nachweisen. Die formale Festlegung von Qualitätskontrollen auf jeder Stufe hält das Projekt auf seinem Weg durch die verschiedenen Gewerke und Phasen auf Kurs, von der ersten Projektidee des Bauherrn über die Planung und Errichtung bis hin zur Nutzung und zum Betrieb.

Dank der Zertifizierung durch Dritte werden Protokolle unabhängig von den Beteiligten eines Prozesses definiert. Die Zertifizierung der Inbetriebnahme garantiert die Unabhängigkeit und stärkt die Legitimität des Inbetriebnahmeprozesses. Sie stärkt die Position des IBM bei der Durchsetzung seiner Autorität.

Die entscheidende Frage für einen Bauherrn ist, ob er unabhängige Bestätigungen erhalten will oder ob er sich sicher ist, den Inbetriebnahmeprozess selbst zu bewältigen.

Dieser Leitfaden befasst sich mit der Inbetriebnahme und kommt zu dem Schluss, dass sie für das Baugewerbe einen Mehrwert bietet. Da viele Bauherren weder die Zeit noch das Fachwissen haben, um als Inbetriebnahmemanager zu fungieren, ist eine zertifizierte Inbetriebnahme oft die beste Lösung. Angesichts der Tatsache, dass die Kostenüberschreitungen von Großprojekten, laut McKinsey [21], bei durchschnittlich 80 % des ursprünglichen Budgets liegen, ist klar, dass Bauherren Maßnahmen – wie insbesondere das Inbetriebnahmemanagement – ergreifen sollten, um diese Verschwendung zu begrenzen. Dieses Argument wird noch verstärkt, wenn man bedenkt, dass der Gebäudewert und die Auslastung steigen, der Komfort zunimmt, die Energiekosten sinken und die Lebensdauer der Gebäudeausrüstung verlängert wird.

Table 14. Die Vorteile einer zertifizierten Inbetriebnahme.

Wozu ein Inbetriebnahme-management	→	Wozu eine Zertifizierung?
Qualitätssicherung	→	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Qualitätsprozess von vor der Planung bis nach der Übergabe, der alle Phasen bis hin zu Betrieb und Nutzung nachweist und dokumentiert.
Erfüllung der Projektanforderungen des Bauherrn	→	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Der Prozess konzentrierte sich auf die Erreichung der Zielvorgaben des Bauherrn. Die Zustimmung des Bauherrn ist erforderlich, wenn das Projekt wesentlich von den ursprünglichen Zielvorgaben abweicht.
Überblick über die Arbeit mehrerer Gewerke	→	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Der Prozess erfordert die Freigabe durch autorisierte Akteure aus kritischen Gewerken.
Minimierung von Kostenüberschreitungen	→	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schritt-für-Schritt Prozess, der sicherstellt, dass Aufgaben korrekt und zum richtigen Zeitpunkt erledigt werden. Dadurch werden teure Nacharbeiten zu einem späteren Zeitpunkt minimiert.
Steigerung des Projektwertes	→	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Zertifizierung schafft Mehrwert: höherer Gebäudewert und höhere Auslastung, mehr Komfort, niedrigere Energiekosten und eine längere Lebensdauer der Gebäudeausrüstung.
Vermeidung von Qualitätseinbußen (Zeit-/Kostendruck, überall zu sparen)	→	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kritische Aufgaben müssen nachgewiesen und dokumentiert werden.
Sonstige Gründe	→	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vorteile durch Unabhängigkeit Dritter. ▪ Zusammenarbeit mit zertifizierten Experten (abhängig von der Zertifizierung). ▪ Anwendung eines standardisierten Prozesses über mehrere Projekte und Länder hinweg. ▪ Stärkung der Legitimität von Qualitätskontrollen. ▪ Verfügbarkeit von Best-Practice-Vorlagen für das QM. ▪ Archivierung der Projektdokumentationsdatenbank in einem standardisierten Format.

4.2 Arten der Inbetriebnahmezertifizierung

Die Zertifizierung stärkt das Inbetriebnahmemanagement, indem sie verbindliche Protokolle festlegt, die einzuhalten sind. Diese Verpflichtungen bestehen für alle Projekte. Sie versichern die Beteiligten, dass ein definierter Qualitätsmaßstab erreicht wurde.

Das Inbetriebnahmemanagement wird immer häufiger beauftragt; das bekannteste Beispiel sind vielleicht die „Soft Landings“-Anforderungen in Großbritannien. „Soft Landings“ haben zum Ziel, Planung und Errichtung mit Betrieb und Asset-Management in Einklang zu bringen. Es fördert die frühzeitige Einbindung der Endnutzer sowie eine dreijährige verlängerte Nachbetreuungszeit.

Es gibt drei Typen der Zertifizierung:

1. Die Inbetriebnahmezertifizierung wendet sich an Entscheidungsträger, denen es vor allem um Qualitätsmanagement und Kosteneinsparmöglichkeiten geht. Diese Zertifizierung ist vollständig auf die Inbetriebnahme ausgerichtet, um die entsprechende Gebäudequalität und -performance zu erreichen.
2. Die Nachhaltigkeitszertifizierung verfolgt einen breiteren Ansatz und betrachtet die ökologischen und sozialen Aspekte des Gebäude-Ökosystems. Die Inbetriebnahme steht nicht im Vordergrund und wird als ein Element im Gesamtbild betrachtet. Die wichtigsten internationalen Zertifizierungssysteme sind hierbei LEED und BREEAM. Eine Reihe nationaler Systeme wie DGNB (Deutschland) und HQE (Frankreich) bieten Zertifizierungen in ihren Inlandsmärkten und im Ausland.

Führende Zertifizierungssysteme zeigt **Tabelle 15**.

3. Nicht zertifizierende Systeme können durch regionale oder nationale Vorschriften vorgeschrieben sein, insbesondere bei öffentlichen Gebäuden. Beispiele für solche Systeme sind die BBC- und BEPOS-Labels in Frankreich.

Auftraggeber, denen es sowohl um die Gebäudequalität als auch um Nachhaltigkeit geht, können eine Inbetriebnahmezertifizierung plus Nachhaltigkeitszertifizierung durchlaufen, um maximale Ergebnisse zu erzielen.

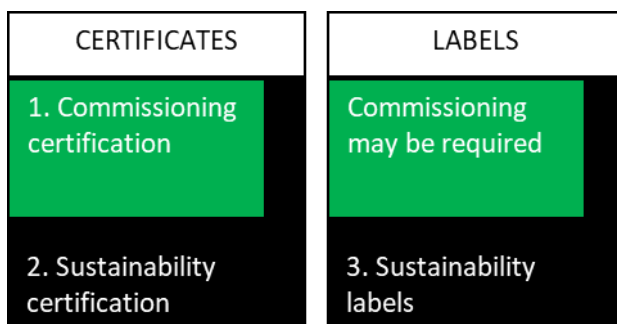







Abbildung 7. Überblick über die Inbetriebnahmezertifizierung.

4.3 Zertifizierungssysteme

Table 15. Führende Zertifizierungssysteme.

	LEED	BREEAM	HQE	DGNB	COPILOT
					
Zertifizierungsschwerpunkt					Inbetriebnahme
Rolle der Inbetriebnahme	Auf Nachhaltigkeit ausgerichtet Die Inbetriebnahme steht nicht im Vordergrund, kann aber Punkte beitragen				Auf TMon und IBM ausgerichtet
	„Grundlegende Inbetriebnahme“ ist obligatorisch. „Erweiterte Inbetriebnahme“ bringt Punkte Zusätzliche Punkte für Einregelungsmonitoring und für die Einbeziehung der Gebäudehülle in den Leistungsumfang	Punkte für „Inbetriebnahme und Übergabe“, Nachbetreuung, Energie-Monitoring...	Inbetriebnahme trägt zu den Anforderungen für „Verantwortungsvolles Management“ bei	Punkte für Aufgaben, die Bestandteil des Inbetriebnahmeprozesses sind	Die COPILOT-Zertifizierung kann auch Punkte für Nachhaltigkeitszertifizierungssysteme bringen
Ansatz	Prüfansatz				Überprüft Auftrag, Zielvorgaben, KPIs und Inbetriebnahmeprotokolle per Vor-Ort-Inbetriebnahme
	Prozessgeführter Qualitätsansatz	Präskriptiver Ansatz			Prozessgeführter Qualitätsansatz
Punkte	Obligatorische Punkte & optionale Punkte				Obligatorische Punkte
Zertifizierungsbewertung	Platin > 80 Punkte Gold > 60 Punkte Silber > 50 Punkte Zertifiziert > 40 Punkte	Überragend > 85 % Ausgezeichnet > 70 % Sehr gut > 55 % Gut > 45 % Bestanden > 30 %	Außergewöhnlich > 11 Sterne Ausgezeichnet > 8 Sterne Sehr gut > 4 Sterne Gut: 1 bis 4 Sterne	Platin > 80 % Gold > 65 % Silber > 50 % Bronze > 35 %	Zertifiziert (oder nicht)
Gebäudetyp	Zertifizierungssysteme bieten Lösungen für neue und bestehende Gebäude				
	Zertifizierungssysteme begleiten Projekte über den gesamten Projektlebenszyklus von der Planung über die Errichtung bis zum Betrieb				
Hauptmärkte	International	International	Frankreich	Deutschspr. Länder	International
Website	new.usgbc.org	breeam.com	behqe.com	dgnb-sys-tem.de	copilot-building.com

4.4 Überwachung & Zertifizierung der Inbetriebnahme mit COPILOT

Zwei Branchenverbände, REHVA und Eurovent, haben zusammen mit der synavision GmbH¹ die COPILOT Building Commissioning Solutions entwickelt, um wiederkehrende Qualitätsprobleme zu beheben. COPILOT zertifiziert das Technische Monitoring und/oder die Inbetriebnahme neuer und bestehender Gebäude, wie Büros, Hotels, Krankenhäuser und Einkaufszentren. COPILOT ist spezialisiert auf die Zertifizierung von HLK-Technik und GA-Systemen nach ISO 17065.

Erfahrene & unabhängige Inbetriebnahmemanager nehmen Projekte vor Ort mithilfe von COPILOT-Protokollen in Betrieb. Auftraggeber können ihren gewohnten IBM einsetzen, wenn dieser die COPILOT-Akkreditierungsstandards erfüllt. Ein erfahrener IBM kann nach Absolvierung eines kurzen Schulungsprogramms COPILOT-Inbetriebnahmemanager werden.

COPILOT bietet Vertragsvorlagen mit Vertragsklauseln für Planer & Auftragnehmer, die helfen sollen, den Inbetriebnahmeprozess möglichst reibungslos zu gestalten. Die COPILOT-App ermöglicht es Inbetriebnahmemanagern, mit mehreren Gewerken zu arbeiten, das Projekt in Betrieb zu nehmen und den Fortschritt zu dokumentieren.

Der Inbetriebnahmemanager führt Workshops mit Bauherren durch, um ihnen bei der Klärung und Formalisierung der Projektzielvorgaben zu helfen. Anschließend schlägt er geeignete KPI-Indikatoren vor, die in jeder Phase überprüfbar sind, um sicherzustellen, dass das Projekt nicht mit den Zielvorgaben des Bauherrn übereinstimmt. Der Zertifizierungsprozess umfasst den gesamten Projektlebenszyklus, von vor der Planung bis nach der Übergabe.



Abbildung 8. COPILOT-App für die zertifizierte Inbetriebnahme.

COPILOT protocols were developed by REHVA members and independent commissioning experts from the following organisation & countries:	 REHVA Europe	 France AICVF	 Germany independent	 Turkey TTMD	 Spain ATECYR	 Latvia LATVAC
	 European BAC/ BMS Association	 Netherlands DBCA	 Denmark independent	 Hungary ETE	 Portugal ODE	 Italy AiCARR

¹ synavision ist ein führender Anbieter von Software as a Service für das Technische Monitoring (www.synavision.de)

Der Umfang des IBM richtet sich nach den vom Auftraggeber festgelegten Prioritäten. Ein Labor könnte beispielsweise die Luftqualität und damit die Belüftung als hohe Priorität betrachten, die Heizung jedoch als niedrige Priorität. Inbetriebnahmearbeiten wie Stichprobenprüfungen werden entsprechend angepasst.

Der Inbetriebnahmemanager überprüft die Planungsarbeit und kontrolliert die Übereinstimmung mit den Zielvorgaben. Während der Errichtungsphase kontrolliert der Inbetriebnahmemanager Datenblätter und installierte Anlagen; überprüft Inbetriebnahme und Abgleich; führt dann Funktionsprüfungen durch, um sicherzustellen, dass die Anlagen in ihren verschiedenen Betriebsarten ordnungsgemäß funktionieren; und überprüft die Schulung. Sobald das Gebäude in Nutzung ist, lässt der Inbetriebnahmemanager durch den Comfort Alert von COPILOT mögliche Problembereiche schnell identifizieren. COPILOT diagnostiziert den Betrieb von HLK-Anlagen unter Vollast in der Winter- und Sommerperiode durch Überprüfung der BMS-Protokolle anhand der Performance-Zielvorgaben.

Nach Abschluss legt der Inbetriebnahmemanager seinen Inbetriebnahmebericht vor und gibt das Projekt frei. COPILOT überprüft das Projekt unabhängig und zertifiziert erfolgreiche Projekte.

Zertifizierte Projekte werden in der sicheren Datenbank von COPILOT registriert und archiviert. Projektverantwortliche haben Zugriff auf alle ihre Projekte, die in standardisierter Weise archiviert wurden. Dies erleichtert den Vergleich des Gebäudeportfolios, die Rückverfolgbarkeit über den gesamten Lebenszyklus, die fortlaufende Wartung & das Monitoring von Gebäuden sowie die Eigentumsübertragung.

Neben der Inbetriebnahmezertifizierung zertifiziert COPILOT auch das Technische Monitoring.



Abbildung 9. COPILOT-zertifizierte Inbetriebnahme.

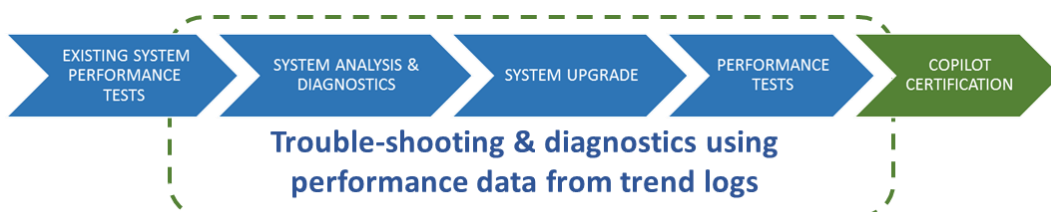


Abbildung 10. COPILOT-zertifizierte Mängelbeseitigung.

Table 16. Die Priorisierung der Anlagen bestimmt das Niveau und die Kosten der Inbetriebnahme.

VERIFICATION OF CLIENT OBJECTIVES			
Commissioning Rigour:	Low priority (L)	Medium priority (M)	High priority (H)
KPI Indicators (KPI)	Client defines & prioritises objectives which are translated into KPIs		
Values (VAL)	-	✓ Less strict tolerance	✓ More strict tolerance
Sampling (SAM)	-	✓ Less sampling	✓ More sampling
Documents (DOC)	✓	✓	✓
Visa Sign-off (SGN)	✓	✓	✓
Competence (COM)	✓	✓	✓
Third Party (3RD)	-	-	✓
Workflow & Timing (WKF)	-	-	✓
Issues (ISS)	✓	✓	✓

COPILOT bietet die folgenden Zertifikate:

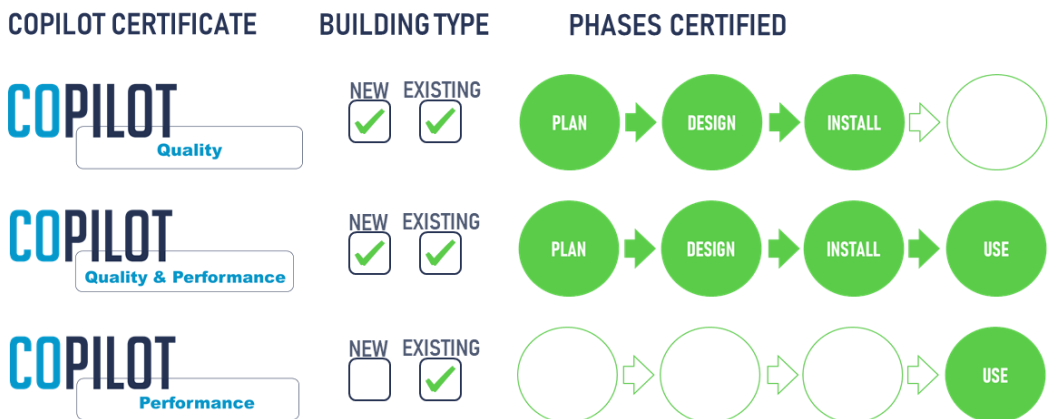


Abbildung 11. COPILOT-Zertifikate.

5 Fallstudien

#1: Karl Landsteiner Privatuniversität für Gesundheitswissenschaften

■ Gebäudebeschreibung:



Bild der Karl Landsteiner Universität; Source: <https://www.kl.ac.at/> © KLD.Hawelka

Name	Karl Landsteiner Privatuniversität für Gesundheitswissenschaften
Ort	Krems, Österreich
Bauherr	Bundesland Niederösterreich
Partner	e7 Energie Markt Analyse GmbH
Gebäudetyp	Universitätsgebäude
Nutzungsart	Büro, Labor, Unterrichtsräume, Hörsaal

Gebäude

Der im März 2017 eröffnete Universitätsneubau erfüllt eine Doppelfunktion als Bürogebäude und Bildungseinrichtung mit Hörsälen, Unterrichts-/Seminarräumen und Laboren unterschiedlicher Größe neben den Bürobereichen der Verwaltung.

Er ist mit einer reversiblen Erdwärmepumpe zur Bereitstellung von Warm- und Kaltwasser für die Raumheizung und -kühlung, einer Kompressionskältemaschine als Backup-Anlage zur Kühlung sowie mehreren raumlufttechnischen Anlagen und einer Photovoltaikanlage auf dem Dach des Gebäudes ausgestattet. Die Nutzenergie wird durch Raumheiz-/kühlsysteme wie thermisch aktivierte Bauteile und Fußbodenheizung sowie über die Lüftungsgeräte bereitgestellt. Der Betrieb aller Anlagen wird durch ein Gebäudemanagementsystem unterstützt. Das Gebäude befindet sich im Besitz des Bundeslandes Niederösterreich und wird von einer externen Facility-Management-Firma betrieben.

Qualitätsmanagement

Die Qualitätsmanagement-Leistung begann unmittelbar nach der Übergabe des Gebäudes vom Errichter an den Bauherrn. Hauptziel war es, von Anfang an Mängel im Zusammenhang mit dem BMS und Potenziale zur Verbesserung der Energieeffizienz festzustellen, um die Zielvorgaben für die Energieperformance zu erreichen und ein gutes Raumklima zu gewährleisten. Es handelt sich somit um eine Ergänzung der bereits implementierten Energiemonitoring-Infrastruktur.

Bauherr:	Initiierung der Inbetriebnahme der Gebäudetechnik
Facility-Management:	Vertragspartner; verantwortlich für den Gebäudebetrieb;
BMS-Auftragnehmer	Umsetzung von Gewährleistungsansprüchen, Organisation der Datenübermittlung
ESCO	Bereitstellung der QM-Leistungen: Prüfungen der funktionellen Performance, Behaglichkeitsbefragung

Die Leistung umfasste vier Performanceprüfungen, die innerhalb des ersten Betriebsjahres durchgeführt wurden, darunter den Aufbau einer Online-Plattform, die es dem Facility-Management-Team ermöglicht, den Betrieb der Anlagen ständig zu überwachen. Zusätzlich wurde eine Nutzerbefragung durchgeführt. Die Ergebnisse der einzelnen Performanceprüfungen wurden dem Kunden in einem Bericht mitgeteilt. Die festgestellten Anomalien und Mängel wurden an den BMS-Auftragnehmer weitergegeben. Dadurch konnten diese Fehler innerhalb der Gewährleistungsfrist behoben werden.

Die Performanceprüfungen basierten auf der Ausführungsplanung und den bei der Inbetriebnahme durch den BMS-Installateur eingestellten Parametern. Die Betriebsdaten wurden regelmäßig einmal pro Woche vom BMS übermittelt. Das Online-Dashboard wurde automatisch aktualisiert. In Absprache mit dem Facility-Management-Team wurden Performancekontrollen in einem definierten Zeitraum durchgeführt. Die Bewertung der festgestellten Fehler erfolgte auf Basis der tatsächlichen Betriebsdaten und es wurden Hinweise zur Mängelbeseitigung gegeben.

Zweck der Inbetriebnahme:

Eine Lücke zwischen der prognostizierten und der tatsächlichen Gebäudeperformance ist aus vielen Projekten bekannt. Das Technische Monitoring wurde in Auftrag gegeben, um die Performance der technischen Anlagen zu kontrollieren und Mängel bereits in der frühen Betriebsphase festzustellen.

Schwerpunktbereiche und erreichte Ergebnisse

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die technische Gebäudeausrüstung und zeigt die Anlagen, die im Leistungsumfang enthalten waren.

■ Technische Gebäudeausrüstung

	Art der Anlage	Leistung, Quelle/Brennstofftyp, Größe, Kreisläufe, ...	Für den IB-Prozess ausgewählt
Heizung	Erdgekoppelte Wärmepumpe	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fußbodenheizung ▪ Thermisch aktivierte Bauteile ▪ RLT-Heizschlangen 	Ja
Warmwasserbereitung	Elektroheizkessel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dezentrale Elektroheizkessel 	Nein
Kühlung	Erdgekoppelte Wärmepumpe	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Thermisch aktivierte Bauteile 	Ja
	Kompressionskältemaschine	<ul style="list-style-type: none"> ▪ RLT-Heizschlangen 	Ja
Belüftung	Zentrale raumlufttechnische Anlage	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gemeinschaftsräume 	Ja
	Zentrale raumlufttechnische Anlage	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Laboratorien / Büro- & Studierbereiche 	Ja
	Mehrere kleinere dezentrale Geräte	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verschiedene 	Nein

Die erzielten Energie- und CO₂-Einsparungen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

■ Energieperformance (Bewertung von Einsparungen)

	Energie			CO ₂
	Ausgangsbasis (kWh/a)	Einsparungen (kWh/a)	%	Einsparungen (kg/a)
Heizenergie	337.000	21.700	6	2.100
Kühlenergie	154.000	20.500	13	2.000
Elektrische Energie	112.000	18.800	16	5.200
Gesamt	603.000	61.000	10	9.300

Zu den jährlichen monetären Vorteilen gehören Einsparungen bei den Energiekosten sowie andere Kosteneinsparungen, z. B. bei Aufwendungen für Wartung und Reparatur. Darüber hinaus können sich auch nicht-monetäre Vorteile einstellen.

■ Betriebsperformance

Zu den wirtschaftlichen Vorteilen gehören neben Energiekosteneinsparungen auch nicht-energiebezogene Kosteneinsparungen. Die Gesamtenergiekosteneinsparungen wurden mit etwa 10.000 Euro pro Jahr berechnet. Weitere Einsparpotenziale ergeben sich durch:

- Entlastung der Lüftungsanlage, da die Schwankungen des Kanaldrucks reduziert wurden
- Austausch nicht-funktionierender Sensoren
- Neupositionierung ungeeignet platzierter Sensoren
- Nachkalibrierung von Energiezählern
- Entlastung der Wärmepumpe durch Reduzierung der Einschalt- und Ausschaltvorgänge

Es wurden weitere Potenziale zur Verbesserung der thermischen Behaglichkeit festgestellt, z. B.:

- Anpassung der Zulufttemperatur (insbesondere im Sommer) an die ursprüngliche Planung

#2: Krankenhaus

■ Gebäudebeschreibung



Name	Skejby Almene og Retspsykiatriske Hospital
Ort	Aarhus, Dänemark
Bauherr	Öffentlich-private Partnerschaft: Investor: PKA (Pensionsfond) Generalunternehmer: KPC, Herning. Betrieb: Wicotec Kirkebjerg FM
Partner	Region Midtjylland
Gebäudetyp	Krankenhaus
Nutzungsart	Psychiatrisches und forensisch-psychiatrisches Krankenhaus

Gebäude

Das neue Psychiatriezentrum in Skejby ist ein Bauvorhaben im Umfang von 1,3 Milliarden DKK. Das Zentrum ist Teil des Neuen Universitätskrankenhauses in Aarhus und umfasst Abteilungen der Erwachsenen- und der Kinderpsychiatrische mit ambulanten Diensten und stationären Bereichen auf etwa 40.000 m² sowie eine unabhängige forensische Psychiatrie auf etwa 10.000 m². Das Zentrum mit einer Gesamtfläche von etwa 50.000 m² ersetzt das 150 Jahre alte psychiatrische Krankenhaus in Risskov.

Qualitätsmanagement

Der Inbetriebnahmeprozess von SWECO wurde in Übereinstimmung mit der dänischen Norm für die Inbetriebnahme von Gebäuden, DS 3090, durchgeführt und vom Generalunternehmer KPC betreut, der an der öffentlich-privaten Partnerschaft beteiligt ist, die seit 30 Jahren für Bau-, Betriebs- und Wartungsleistungen verantwortlich ist.

Der Prozess von SWECO im Allgemeinen:

Ermöglichung betriebsgerichteter und gewerkeübergreifender Workshops zur Planungsprüfung in allen Phasen.

Leitung des IB-Teams durch wöchentliche Besprechungen, um sicherzustellen, dass Anforderungen, Prüfungen und Testabnahmekriterien umgesetzt wurden. Dieser Dialog sicherte auch die Einbindung aller Teilnehmer in den Inbetriebnahmeprozess und die kommenden Vorgänge.

Betriebsgerichtete und gewerkeübergreifende Überprüfung der Vorlagen (Muster/Spezifikationen) von Auftragnehmern

Erstellung von IB-Plan, IB-Protokoll, Fahrplan für Tests, Vorbereitung von Testparadigmen sowie Durchführung von und Berichterstattung über Tests, einschließlich eines „jahreszeitlichen“ Tests während einer Hitzewelle.

Planungsrahmen für die Schulung von Betriebs- & Wartungspersonal

Dialog mit der staatlichen Behörde, die für die Betreuung von Patienten in dem Krankenhaus zuständig ist, mit der Region Midtjylland, mit Auftragnehmern und Subunternehmern über die Dokumentation und die Übergabe, einschließlich digitaler Übergabe.

Nach jeder bestandenen Prüfung wurde die Beteiligten ein Bericht übermittelt, dass die Abnahmekriterien in Übereinstimmung mit den geltenden Gesetzen, Funktionsanforderungen und IB-Anforderungen erfüllt wurden.

Bei fehlgeschlagenen Prüfungen wurde ein Dialog mit den Beteiligten eingeleitet, um den/die Fehler zu korrigieren und um Erkenntnisse zu sammeln, damit der/die gleiche(n) Fehler bei anderen Anlagen vermieden werden konnten.

Bauherr:

Öffentlich-private Partnerschaft, die seit 30 Jahren für Investitionen, Bau-, Betriebs- und Wartungsleistungen verantwortlich ist.

Der Bauherr hat Inbetriebnahmeleistungen in Auftrag gegeben, um die Funktionalität und die validierten Budgets im Betrieb sicherzustellen

Schwerpunktbereiche und erreichte Ergebnisse

■ Technische Gebäudeausrüstung

	Anlage/Typ	Leistung, Quelle/Brennstofftyp, Größe, Kreisläufe ...	Für den QM-Prozess ausgewählt
Heizung	Fernwärme – Wärmeübertrager	BMS-gesteuert	Ja
Warmwasserbereitung	Wärmeübertrager und Warmwasserspeicher	BMS-gesteuert	Ja
Kühlung	Fernkälte durch Wärmeübertrager	Für Lüftung, Transformatoren und Serverräume, BMS-gesteuert	Ja
Belüftung	Mechanische Belüftung	BMS-gesteuerte Anlagen sowie CAV- und VAV-Betrieb	Ja
Beleuchtung	LED, gesteuert durch lokale KNX-Controller	BMS-Schnittstelle	Ja
Stromversorgung	Direkt an den Hochspannungsring angeschlossen	15 kV mit 6 internen Transformatoren, redundanten Hauptschalttafeln, USV und Alarmstrategie	Ja
Erneuerbare Energien	Solarmodule	Aufdachanlagen und Wechselrichter	Ja
Gas	Gasverteilung	Medizinische Gase	Ja
Rohrpostanlage	Verteilung von Kleinproben, Bluttests usw.	Pneumatisch	Ja
Sicherheit	Hauptsächlich baulicher Schwerpunkt zur Gewährleistung der Patienten- und Personalsicherheit	Konzentration auf Patienten, die wegen psychiatrischer Erkrankungen eingesperrt und/oder wegen gefährlichem Verhalten in Verwahrung sind	Ja
BMS	Kombinierte Systeme mit Schnittstelle zwischen Teilsystemen	Aktive Komponenten in Zonen und zentralen Unterstationen mit passiven Komponenten in Technikräumen	Ja
Raumklima	Interaktion zwischen Anlagen	Schwerpunkt auf Patienten, die nicht an die frische Luft kommen	Ja

Die erzielten Vorteile lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Fristgerechte Übergabe nach Terminplan und im Rahmen des Baubudgets
- Minimale Rückfragen beim Auftragnehmer
- Durch Teilnahme des Betriebspersonals an den Tests wurden die Erwartungen an die betrieblichen Abläufe und die Betriebsergebnisse angepasst
- Nachgewiesener Betrieb und Energiebedarf aller energieverbrauchenden Anlagen hilft bei der Budgetierung zukünftiger Betriebs- und Wartungsarbeiten

■ Betriebsperformance

Alle Prüfungen und Tests wurden vor der Übergabe bestanden
 Die beauftragte Performance wurde in der Planung verifiziert
 Die geplante Performance wurde in der Errichtung verifiziert
 Die ausgeführte Performance wurde im Betrieb verifiziert

#3: Technische Universität Braunschweig

■ Gebäudebeschreibung



Name	Technische Universität Braunschweig
Ort	Braunschweig, Deutschland
Bauherr	Technische Universität Braunschweig
Partner	synavision GmbH, IGS TU Braunschweig
Gebäudetyp	Universität
Nutzungsart	Büros und Laboratorien

Gebäude:

Der Campus besteht aus insgesamt mehr als 200 Gebäuden, die zwischen 1871 und heute errichtet wurden, wobei die meisten Gebäude aus den Jahren 1950-1960 stammen. Um die Qualität der HLK-Performance im Hinblick auf optimalen Energiebedarf und optimale Behaglichkeit zu gewährleisten, wurde ein generischer QM-Ansatz etabliert. Dieser QM-Prozess wird an 5 Gebäuden auf dem Campus im Dialog mit der Abteilung Gebäudemanagement der TU Braunschweig getestet.

Qualitätsmanagement

Zur Entwicklung eines campusweiten QM-Prozesses werden 3 Tools eingesetzt. Mit dem synavision Performance-Prüfstand, Deutschland (www.synavision.de), wurden die Zielwerte digital anhand aktiver Funktionsspezifikationen definiert. Diese wurden dann mit den Daten der Gebäudeautomation aus dem realen Betrieb verglichen. Um die Behaglichkeit zu verbessern (oder eine gleichbleibend hohe Behaglichkeit zu garantieren), wurden häufig Umfragen mit der Comfortmeter-Software von Factor 4, Belgien (www.comfortmeter.eu), durchgeführt. Zur Nutzung des campusweiten BACnet-Netzwerks wurde ein BACnet-Gateway installiert, das Daten aus BACS in verschiedenen Gebäuden abrufen und speichert. Nur in Einzelfällen wurden nicht verfügbare Datenpunkte (z. B. Energiezähler von RLTA, Pumpen usw.) mittels mobiler Sensoren erfasst.

Bauherr und Koordinator: Verantwortlich für den Gebäudebetrieb und die Umsetzung von Maßnahmen

ESCO: Bereitstellung der QM-Leistungen: Datenerfassung, Prüfungen der funktionellen Performance, Behaglichkeitsbefragung

Der generische Prozess wurde mit der Systemkomponente der raumlufttechnischen Anlage (RLTA) demonstriert, die für den größten Teil des Energiebedarfs vor Ort verantwortlich ist, kann aber auch auf andere HLK-Anlagen angewendet werden. RLT-Anlagen lassen sich in 4 Hauptklassen einteilen, die 90 % aller vorhandenen Kombinationen ausmachen. Eine Analyse aller RLTA-Typen in den einzelnen Gebäuden auf dem Campus ergab, dass von 27 RLT-Anlagen 19 zum Typ A (Heizung und Wärmerückgewinnung) gehören und mithilfe einer einzigen Vorlage auf dem digitalen Leistungsprüfstand von synavision getestet werden konnten.

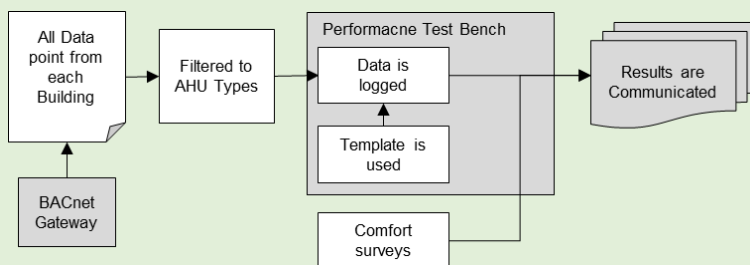


Abbildung 12. Prozessschema eines generischen Ansatzes zum Filtern und Testen von RLT-Anlagen.

Schwerpunktbereiche und erreichte Ergebnisse

Es wurden exemplarische Ergebnisse beschrieben, die dem Betreiber übermittelt wurden. Die Gesamtperformance einer RLT-Anlage, die nach dem oben genannten Prozess getestet wurde, zeigt **Abbildung 13**. Eine Performancelücke wurde durch die Vorerhitzerpumpe verursacht. Während der Heizperiode wurde diese Pumpe durch eine fehlerhafte Steuerlogik

eingeschaltet, obwohl sie nur dann in Betrieb sein sollte, wenn die Luftfeuchtigkeit der Außenluft über einem bestimmten Schwellenwert (90 %) liegt, um den Filter vorzuwärmen. Dies wurde nach der Wieder-Inbetriebnahmephase korrigiert.

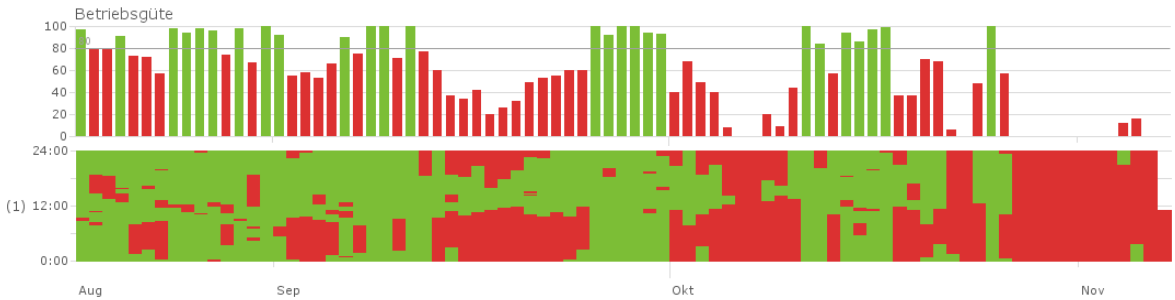


Abbildung 13. Gesamtperformance einer RLT-Anlage. Die Hauptqualitätslücke wird durch die Steuerung der Versorgungspumpe zum Erhitzer der RLT-Anlage verursacht (oben: täglicher Anteil des korrekten Betriebs in Prozent; unten: 15-minütige Auswertung des Betriebs, dabei bedeuten Grün: korrekter und Rot: fehlerhafter Betrieb).

Weitere festgestellte Performancemängel waren:

- Zulufttemperatur-Sollwert
- Zu hohe oder niedrige Sollwerte für die Vorlauftemperaturen der Heiz- und Kühlturbine
- Falsche Zeitprogramme für den Betrieb von Ventilatoren
- Gleichzeitiger Betrieb von Heiz- und Kühlkreisläufen
- Die Pumpe lief auch dann, wenn kein Heiz- oder Kühlbedarf bestand
- Häufiges Ein-/Ausschalten, das sich auf Lebensdauer und Regelbarkeit auswirkt
- Fehlerhafte Steuersequenz zwischen Heizen, Kühlturbine, Wärmerückgewinnung und Freikühlung
- Fehlende Betriebsart für die Nachtabenkung mit abgesenkten Anlagentemperaturen

Die potenziellen Endenergie- und CO₂-Einsparungen bei RLT-Anlagen mit einem Volumenstrom von mehr als 1.000 m³/h sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

■ *Energieperformance (Bewertung von Einsparungen)*

Zu den jährlichen monetären Vorteilen gehören Einsparungen bei den Energiekosten sowie andere Kosteneinsparungen, z. B. bei Aufwendungen für Wartung und Reparatur.

	Energie			CO ₂
	Ausgangsbasis (kWh/a)	Einsparungen (kWh/a)	%	Einsparungen (kg/a)
Endenergie der RLTA	7.477.000 kWh/a	2.683.000 kWh/a	16	488.000

■ *Betriebsperformance*

Neben direkten Kosteneinsparungen beim Betrieb von HLK-Anlagen ergeben sich auch indirekte Einsparpotenziale, z. B. durch die Anlagenlebensdauer, bei den Arbeitskosten für den Facility-Manager in allen Inbetriebnahmephasen und nicht zuletzt bei durch Behaglichkeitseinbußen der Nutzer verursachten Kosten.

#4: Universitätsgebäude

■ Gebäudebeschreibung



Bild der Architekturfakultät Lüneburg

Quelle: SIZ energie +

Name	Hauptgebäude Leuphana University Lüneburg
Ort	Lüneburg
Bauherr	Leuphana Universität
Partner	Synavision, SIZ
Gebäudetyp	Universitätsgebäude
Nutzungsart	Vorlesungen, Seminare, Büros, Cafeteria, interne und öffentliche Veranstaltungen (Konzerte, Theatervorstellungen usw.)

Gebäude:

Das Gebäude wurde vom Architekten Daniel Libeskind entworfen, um die lineare und feste Struktur der ehemaligen Militärkaserne zu durchbrechen und gleichzeitig ein Symbol für die Zukunft zu schaffen. Es wurde 2007 nach fünfjähriger Bauzeit mit einer überdachten Fläche von insgesamt 17.700 m² offiziell eröffnet. Dazu gehört ein multifunktionaler Saal mit einer Kapazität von bis zu 1100 Plätzen zur Nutzung für Vorträge und Vorlesungen, aber auch für Konzerte, Theatervorstellungen und andere Veranstaltungen. In dem Universitätsgebäude befinden sich auch eine Cafeteria, Forschungseinrichtungen, Unterrichtsräume und Büros. Der Energiebedarf wird zu 100 % durch erneuerbare Energien gedeckt. Der Primärenergiebedarf des Gebäudes beträgt nur 50 % im Vergleich zum EnEV-Referenzgebäude.

Qualitätsmanagement

An der Leuphana Universität wurden TMon und IB bereits in der späten Errichtungsphase eingesetzt. Die Leistungen waren in drei Phasen unterteilt:

- Das Projekt begann mit einem technischen Qualitätsmanagement, um Zielvorgaben für die Performance abzuleiten und den As-built-Zustand zu kontrollieren.
- Vor der Freigabe wurde die technische Performance der Gebäudeautomation in einem zweiwöchigen Probetrieb getestet.
- Nach dem Probetrieb wurde mit dem Monitoring des Gebäudebetriebs für die ersten zwei Jahre der Nutzung begonnen.

Bauherr: Leuphana Universität

Facility-Management: Leuphana Universität

TMon/IB energydesign GmbH, Braunschweig

In der Anlaufphase wurden verschiedene Inspektionen durchgeführt, um die Funktionalität der Klima-, Kälte- und Heizungsanlagen zu messen und zu testen. Zusätzlich wurden Vor-Ort-Begehungen vereinbart, um die Ausführungsqualität in Bezug auf die Konfiguration der Hydraulik für die Klima-, Kälte- und Heizungsanlagen zu ermitteln.

Während des Probetriebs – der vor der offiziellen Übergabe erfolgte – wurden die Daten der Gebäudeautomation zwei Wochen lang aufgezeichnet.

Nun werden in halbjährlichen Zyklen Inspektionen durchgeführt, um die Performance in den ersten Betriebsjahren zu überprüfen und den witterungsbedingten Anlagenzustand zu bewerten.

Schwerpunktbereiche und erreichte Ergebnisse

■ *Technische Gebäudeausrüstung*

	Anlage/Typ	Leistung, Quelle/Brennstofftyp, Größe, Kreisläufe ...	Für den QM-Prozess ausgewählt
Heizung	Fernwärme	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Warmwasseranlagen ▪ Zentrale RLT-Heizung ▪ Fußbodenheizung ▪ Statische Heizflächen 	Ja
Warmwasserspeicher	Zentrale Warmwasserspeicherung und dezentrale elektrische Durchlauferhitzer	1 m ³	Ja
Kühlung	Fernkälte	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kühldecken ▪ Umluftklimageräte ▪ Medientechnik ▪ Server 	Ja
Belüftung	6 Zentralgeräte	130.000 m ³ /h	Ja
Kältequelle	Kompressionskältemaschine	Elektrizität	Nein
Beleuchtung	LED	Elektrizität	Nein
Stromversorgung	PV	Noch nicht installiert	Nein

Die bei den Performanceprüfungen festgestellten Mängel ergaben verschiedene Fehler, unter anderem:

- Übermäßige Volumenströme und Zulufttemperaturen
- Fehlerhafte Konfiguration von Temperatursequenzen führte dazu, dass
 - Lufterhitzer und -kühler gleichzeitig in Betrieb waren
 - Zuluft die Außenluft zunächst über die Wärmerückgewinnungsanlage erwärmte und dann über die Luftkühler wieder abkühlte.
- Pumpen in Heizkreisen waren kontinuierlich oder zu anderen Zeiten in Betrieb als die belüftete Anlage.
- Der Frostschutz wurde nicht wie spezifiziert implementiert, wodurch die Gefahr schwerer Anlagenschäden bestand.

Die nachgewiesenen erzielten Endenergie- und CO₂-Einsparungen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

■ *Energieperformance (Bewertung von Einsparungen)*

	Energie			CO ₂
	Ausgangsbasis (kWh/a)	Einsparungen (kWh/a)	%	Einsparungen (kg/a)
Heizenergie	1.013.340	57.600	5,7	17.850
Kühlenergie	194.847	19.100	9,8	10.800
Elektrizität	467.735	4.300	< 1	2430

Zu den jährlichen monetären Vorteilen gehören Einsparungen bei den Energiekosten sowie andere Kosteneinsparungen, z. B. bei Aufwendungen für Wartung und Reparatur.

■ *Betriebsperformance*

Bei diesem Projekt war es entscheidend, die Prüfung der funktionellen Performance vor der offiziellen Freigabe durchzuführen, um Energieeinsparpotenziale direkt von Anfang an festzustellen.

Insgesamt wurden 134 Mängel festgestellt, die die Gebäudeperformance in der frühen Betriebsphase negativ beeinflusst hätten. Im Einzelnen können 7 Mängel den Kälteanlagen, 69 den Heizungsanlagen und 58 den RLT-Anlagen zugeordnet werden.

Die Mängelbeseitigung führt zu einer Energieeinsparung von schätzungsweise 81.000 kWh pro Jahr bzw. von 31.080 kg CO₂.

Die statische Amortisationszeit beträgt weniger als zwei Jahre.

In den ersten beiden Jahren wird die Betriebsperformance überwacht.

Anhang: Terminologie, Normen und Studien

Terminologie und Abkürzungen

BMS	Gebäudemanagementsystem
BOD	Dokumentation der Ausführungsplanung
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology
CO₂	Kohlendioxid
IBM	Inbetriebnahmemanager
IBF	Inbetriebnahme-Fachkraft
DGNB	Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen
ESCO	Energiedienstleister
HQE	Haute Qualité Environnementale
HLK	Heizung, Lüftung und Klimatisierung
IEQ	Qualität des Raumklimas
LEED	Leadership in energy and Environmental Design
QS	Qualitätssicherung
QM	Qualitätsmanagement
TMon	Technisches Monitoring

Verwandte Richtlinien zum Inbetriebnahmeprozess

AMEV TMon 135 Technisches Monitoring 2017

Technisches Monitoring als Instrument zur Qualitätssicherung Empfehlung Nr. 135, 2017

VDI 6041 - Facility-Management – Technisches Monitoring von Gebäuden und gebäudetechnischen Anlagen, 2017

VDI 6039 - Facility-Management – Inbetriebnahmemanagement für Gebäude – Methoden und Vorgehensweisen für gebäudetechnische Anlagen, 2011

IPMVP - Internationales Protokoll für Leistungsmessung und Verifizierung – Konzepte und Optionen zur Ermittlung von Energie- und Wassereinsparungen, Band I, 2002

ASHRAE Guideline 0-2005: „The Commissioning Process“, Atlanta/Georgia, USA, 2005

RE-CO – Guidebook Re-Commissioning, Factor4 and energydesign Braunschweig, 2013

DS 3090:2014 Commissioning-processen til bygninger – Installationer i nybyggeri og større ombygninger („Der Inbetriebnahmeprozess für Gebäude – Anlagen in Neubauten und Bestandsgebäuden“)

ASHRAE. 2018. Standard 202, Commissioning Process for Buildings and Systems. Atlanta: ASHRAE.

ASHRAE. 2007. Guideline 1.1, HVAC&R Technical Requirements for The Commissioning Process. Atlanta: ASHRAE.

ASHRAE. 2013. ASHRAE Guideline 0, The Commissioning Process. Atlanta: ASHRAE.

ASHRAE. 2014. ASHRAE Guideline 1.4, Procedures for Preparing Facility Systems Manuals. Atlanta: ASHRAE.

ASHRAE. 2015. Guideline 0.2, The Commissioning Process for Existing Systems and Assemblies. Atlanta: ASHRAE.

ASHRAE. 2018. ASHRAE Guideline 1.3, Building Operation and Maintenance Training for the HVAC&R Commissioning Process. Atlanta: ASHRAE.

ASHRAE. 2017. Guideline 1.5, The Commissioning Process for Smoke Control Systems. Atlanta: ASHRAE.

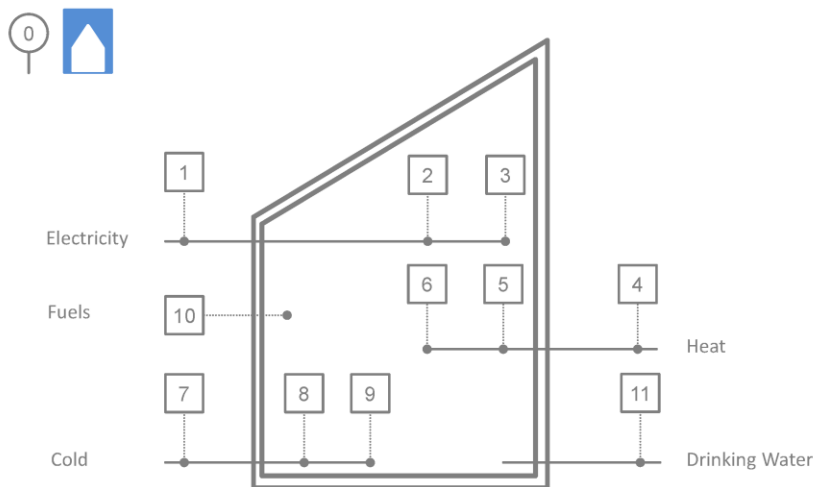
ASHRAE. 2015. ASHRAE Handbook—HVAC Applications, Kapitel 43, „HVAC Commissioning“. Atlanta: ASHRAE.

Mindestdatensatz für das Technische Monitoring

Das Technische Monitoring wendet ein modulares Konzept für das gesamte Gebäude und einzelne technische Komponenten und Anlagen an. Der typische TMon-Leistungsumfang beschränkt sich auf Heizungs-, Kälte- und Klimaanlage mit den dazugehörigen Automatisierungs- und Steuerungssystemen einschließlich Einzelraumregelung. Weitere Anlagen, wie Beleuchtung, Verschattungseinrichtungen, Brandschutz und Aufzüge, können zusätzlich einbezogen werden, meist als Bestandteil einer umfassenderen IB.

Die folgenden Darstellungen und Tabellen zeigen die Mindestdatensätze für das Technische Monitoring unterschiedlicher Gebäudetechnik. Es werden optionale Werte für ein detaillierteres Monitoring definiert. Bei den meisten Werten müssen sowohl Soll- als auch Messwert definiert werden. Sollwerte können Zielwerte (einschließlich einer definierten Toleranz), Maximal- und Minimalwerte sein. Die Messstellen müssen definiert werden, um sie bei Planung und Errichtung zu berücksichtigen.

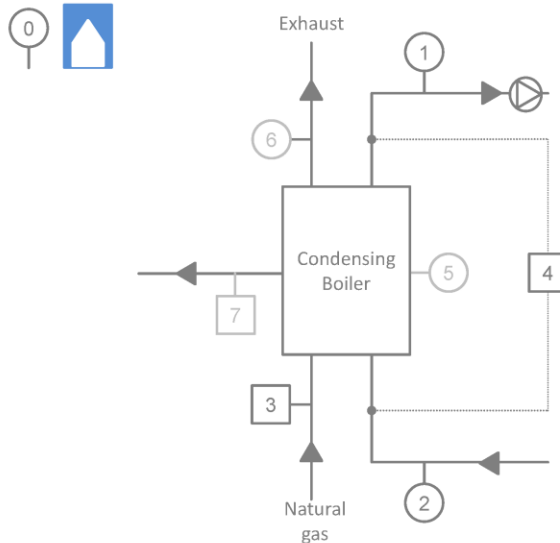
Gebäude



Nr.	Prüfgrößen Gebäude	Zielwert	Messung	[Einheit]	Anmerkung
1.1	Elektr. Energieaufnahme aus dem Netz	Höchstwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	Messung je Einspeisung
1.2		Maximalwert (Spitzenlast)	15-minütiger Leistungsmittelwert	[kW]	Messung je Einspeisung
1.3	Einspeisung elektr. Energie in das Netz	Mindestwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	Messung je Einspeisung
2	Verbrauch elektr. Energie gesamt	Höchstwert pro Jahr	Berechnung	[kWh]	Summe aller Einzelerfassungen
-	a) Verbrauch ohne elektr. Energie Nutzer	Höchstwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	(optional) zentrale Anlagen (Lüftung, Aufzüge usw.)
-	b) Verbrauch elektr. Energie Nutzer	Höchstwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	(optional) ohne zentrale Anlagen (Bürobeleuchtung, -ausstattung usw.)

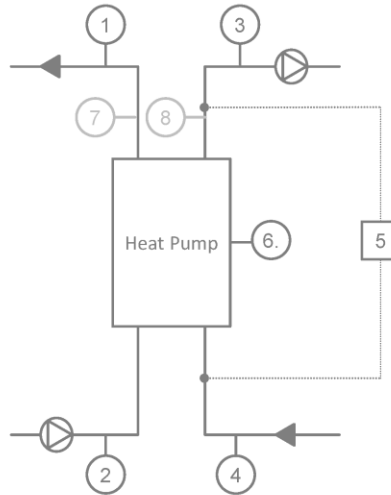
Nr.	Prüfgrößen Gebäude	Zielwert	Messung	[Einheit]	Anmerkung
-	c) Verbrauch einzelner Teilsysteme	Höchstwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	(optional) je Einheit, z. B. Großverbraucher, Forschung, E-Auto-Ladestationen
3	Erzeugung elektr. Energie gesamt	Mindestwert pro Jahr	Berechnung	[kWh]	Summe aller Einzelerfassungen
-	a) aus KWK	Zielwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	(optional) je Einheit
-	b) aus PV	Mindestwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	(optional) je Einheit (unbereinigt und solarstrahlungsbereinigt)
-	c) aus sonstigen Anlagen	Zielwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	(optional) je Einheit
4.1	Wärmeaufnahme aus dem Netz	Höchstwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	-
4.2		Spitzenlast pro Jahr	Mittl. 1/4-stündli. Last	[kW]	Erfassung an der Übergabestation
4.3	Wärmeeinspeisung in das Netz	Mindestwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	-
5	Wärmeverbrauch gesamt	Höchstwert pro Jahr	Berechnung	[kWh]	Summe aller Einzelerfassungen, witterungsbereinigt
-	a) Heizung	Höchstwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	(optional) je Einheit, witterungsbereinigt
-	b) TWW	Höchstwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	(optional) je Einheit
-	c) Nutzer und Prozesse	Höchstwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	(optional) je Einheit
6	Wärmeerzeugung gesamt	Mindestwert pro Jahr	Berechnung	[kWh]	Summe aller Einzelerfassungen
-	a) Erzeuger 1	Mindestwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	(optional) je Einheit
-	b) Erzeuger n	Mindestwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	(optional) je Einheit
7.1	Kälteaufnahme aus dem Netz	Höchstwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	-
7.2	Kälteeinspeisung in das Netz	Mindestwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	-
8	Kälteverbrauch gesamt	Höchstwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	(optional) je Einheit, witterungsbereinigt
-	a) Raumkühlung	Höchstwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	(optional) je Einheit
-	c) Prozesskälte	Höchstwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	(optional) je Einheit
9	Kälteerzeugung gesamt	Mindestwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	Summe aller Einzelerfassungen
10	Brennstoffverbrauch gesamt	Höchstwert pro Jahr	Berechnung	[kWh]	Summe Einzelerfassungen, witterungsbereinigt (für die Berechnung sind die Heiz-/Brennwerte der Brennstoffe je nach Anlagentyp anzugeben)
-	a) Gas	Höchstwert pro Jahr	Zählerstand	[m³]	witterungsbereinigt für Heizzwecke, gesonderte Erfassung separater Verbraucher
-	b) Heizöl	Höchstwert pro Jahr	Zählerstand	[l]	witterungsbereinigt
-	c) Holz / Pellets	Höchstwert pro Jahr	Zählerstand	[kg]	witterungsbereinigt
-	d) Sonstiges	Höchstwert pro Jahr	Zählerstand	[...]	witterungsbereinigt
11	Trinkwasserverbrauch	Höchstwert pro Jahr	Zählerstand	[m³]	-
0	Außenlufttemperatur	-	Messung	[°C]	Ggf. zusätzlich für die Regelung notwendige Umrechnungen, z. B. als gleitender Mittelwert

Gasbrennwertkessel



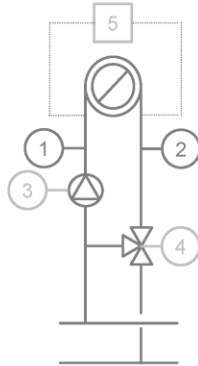
Nr.	Prüfgrößen Gasbrennwertkessel (zu berücksichtigen ab einer Nennleistung > 50 kW _{th})	Zielwert	Messung	[Einheit]	Anmerkung
-	Nutzungsgrad	Mindestwert	Berechnung	[-]	Bewertung als Tages-, Monats- oder Jahreswerte bezogen auf den Heiz- oder Brennwert
0	Außenlufttemperatur	-	Messung	[°C]	ggf. zusätzlich für die Regelung notwendige Umrechnungen, z. B. als gleitender Mittelwert
1	Vorlauftemperatur	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
2	Rücklauftemperatur	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
3	Gasverbrauch	Höchstwert	Zählerstand	[m³]	Bewertung als Monats- oder Jahreswerte
4	Erzeugte Wärmemenge	Höchstwert	Zählerstand	[kWh]	Bewertung als Monats- oder Jahreswerte
5.1	Betriebsmeldung	-	Messung	[-]	(optional)
5.2	Betriebsstunden	Höchstwert	Zählerstand	[h]	(optional) Bewertung als Monats- oder Jahreswerte
5.3	Betriebsstarts	Mindestwert	Zählerstand	[Anzahl]	(optional) Bewertung als Tages-, Monats- oder Jahreswerte
6	Abgastemperatur	Höchstwert	Messung	[°C]	(optional) Bewertung pro Tag
7	Kondensatmenge	Mindestwert	Zählerstand	[l]	(optional) Bewertung pro Tag [l/kWh]
-	Betriebsstunden pro Start	Mindestwert	Berechnung	[-]	(optional) Bewertung pro Woche, Monat, Jahr

Wärmepumpe



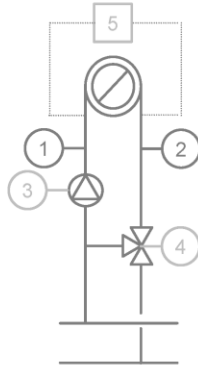
Nr.	Prüfgrößen Wärmepumpe (zu berücksichtigen ab einer Nennleistung > 50 kW _{th})	Zielwert	Messung	[Einheit]	Anmerkung
-	Arbeitszahl	Mindestwert	Berechnung	[-]	Bewertung als Tages-, Monats- oder Jahreswerte
0	Außenlufttemperatur	-	Messung	[°C]	ggf. zusätzlich für die Regelung notwendige Umrechnungen, z. B. als gleitender Mittelwert
1	Vorlauftemperatur primärseitig	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
2	Rücklauftemperatur primärseitig	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
3	Vorlauftemperatur sekundärseitig	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
4	Rücklauftemperatur sekundärseitig	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
5	Verbrauch elektr. Energie	Höchstwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	Bewertung als Monats- oder Jahreswerte
6.1	Erzeugte Wärmemenge	Maximalwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	Bewertung als Monats- oder Jahreswerte
6.2	Betriebsmeldung	-	Messung	[-]	(optional)
6.3	Betriebsstunden	Höchstwert	Zählerstand	[h]	(optional) Bewertung als Wochen-, Monats- oder Jahreswerte
7	Volumenstrom primärseitig	Sollwert und Toleranz	Messung	[m³/h]	(optional)
8	Volumenstrom sekundärseitig	Sollwert und Toleranz	Messung	[m³/h]	(optional)
-	Arbeitszahl	Sollwert und Toleranz	Berechnung	[-]	(optional) Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz; Verhältnis der abgegebenen thermischen Leistung bezogen auf die zugeführte elektrische Leistung

Heizkreis



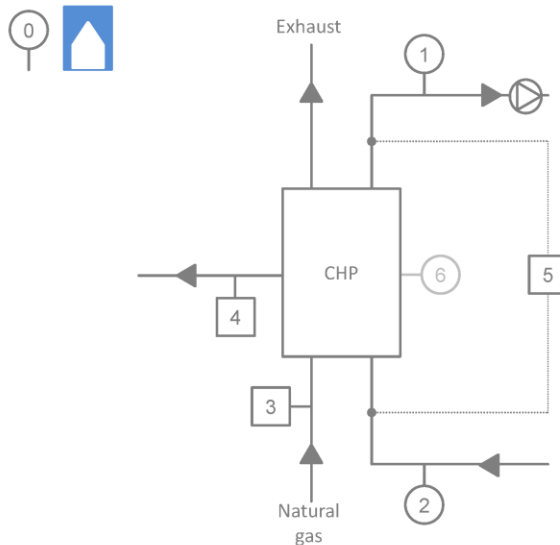
Nr.	Prüfgrößen Heizkreis	Zielwert	Messung	[Einheit]	Anmerkung
0	Außenlufttemperatur	-	Messung	[°C]	Ggf. zusätzlich für die Regelung notwendige Umrechnungen, z. B. als gleitender Mittelwert
1	Vorlauftemperatur	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
2	Rücklauftemperatur	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
3	Betriebsmeldung der Umwälzpumpe	-	Messung	[0/1]	(optional) Prüfung von Dauerläufern bzw. fehlender Heizgrenze
4	Stellsignal (Drei-Wege)-Stellventil	-	Messung	[%]	(optional) Stellglied: witterungsgeführte Ventilöffnung: Zumischung durch Rücklauf, manuell oder auch über einen elektrischen Antrieb regulierbar
5	Übertragene Wärmemenge	Höchstwert	Zählerstand	[kWh]	(optional)

Kühlkreis



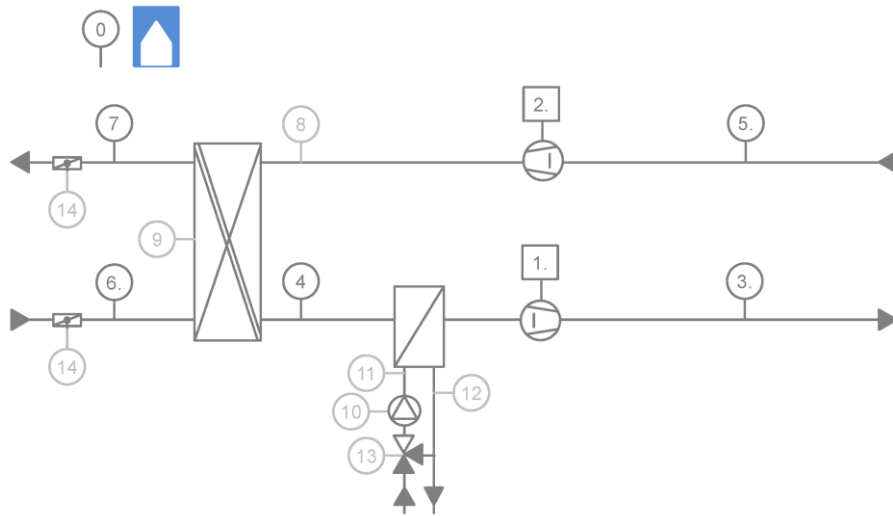
Nr.	Prüfgrößen Kühlkreis	Zielwert	Messung	[Einheit]	Anmerkung
0	Außenlufttemperatur	-	Messung	[°C]	Ggf. zusätzlich für die Regelung notwendige Umrechnungen, z. B. als gleitender Mittelwert
1	Vorlauftemperatur	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
2	Rücklauftemperatur	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
3	Betriebsmeldung der Umwälzpumpe	-	Messung	[0/1]	(optional) Prüfung von Dauerläufern bzw. fehlender Heizgrenze
4	Stellsignal (2-Wege)-Durchgangsventil	-	Messung	[%]	(optional) Stellglied: witterungsgeführte Ventilöffnung: Zumischung durch Rücklauf, manuell oder auch über einen elektrischen Antrieb regulierbar
5	Übertragene Wärmemenge	Höchstwert	Zählerstand	[kWh]	(optional)

Blockheizkraftwerk



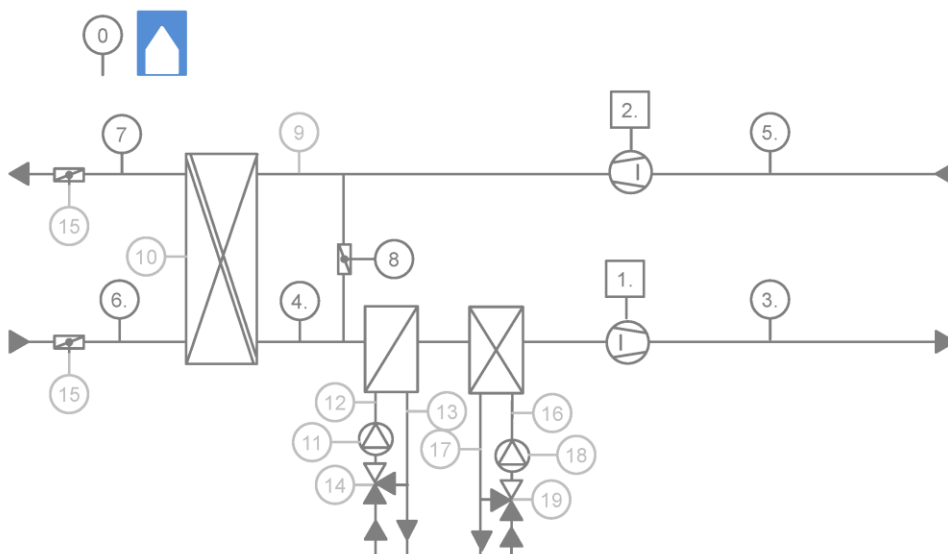
Nr.	Prüfgrößen Blockheizkraftwerk (zu berücksichtigen ab einer Nennleistung > 50 kW _{th})	Zielwert	Messung	[Einheit]	Anmerkung
-	Nutzungsgrad elektrisch	Mindestwert	Berechnung	[-]	Bewertung als Tages-, Monats- oder Jahreswerte
-	Nutzungsgrad thermisch	Mindestwert	Berechnung	[-]	Bewertung als Tages-, Monats- oder Jahreswerte
-	Nutzungsgrad gesamt	Mindestwert	Berechnung	[-]	Bewertung als Tages-, Monats- oder Jahreswerte
0	Außenlufttemperatur	-	Messung	[°C]	ggf. zusätzlich für die Regelung notwendige Umrechnungen, z. B. als gleitender Mittelwert
1	Vorlauftemperatur	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
2	Rücklauftemperatur	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
3	Gasverbrauch	Höchstwert pro Jahr	Zählerstand	[m³]	Bewertung als Monats- oder Jahreswerte
4	Erzeugte elektr. Energie	Zielwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	Bewertung als Monats- oder Jahreswerte
5	Erzeugte Wärmemenge	Zielwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	Bewertung als Monats- oder Jahreswerte
6.1	Betriebsmeldung	-	Messung	[-]	(optional)
6.2	Betriebsstunden	Höchstwert	Zählerstand	[h]	(optional) Bewertung als Monats- oder Jahreswerte
6.3	Betriebsstarts	Mindestwert	Zählerstand	[Anzahl]	(optional) Bewertung als Tages-, Monats- oder Jahreswerte
-	Betriebsstunden pro Start	Mindestwert	Berechnung	[-]	(optional) Bewertung pro Woche, Monat, Jahr
-	Volllaststunden elektrisch	Höchstwert	Berechnung	[h]	(optional) Bewertung als Monats- oder Jahreswerte
-	Volllaststunden thermisch	Höchstwert	Berechnung	[h]	(optional) Bewertung als Monats- oder Jahreswerte

Lüftungsanlage



Nr.	Prüfgrößen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und Lufterhitzer (zu berücksichtigen ab einem Nennvolumenstrom von > 4000 m³/h)	Zielwert	Messung	[Einheit]	Anmerkung
-	Spezifische Ventilatorleistung Zu-/Abluft	Höchstwert	Berechnung	[W/m³/s]	Bewertung nach Klassifizierung DIN EN 16798-3
-	Temperaturänderungsgrad Wärmerückgewinnung	Sollwert	Berechnung	[-]	Berechnung nach EN 308
0	Außenlufttemperatur	-	Messung	[°C]	Wetterstation; ggf. zusätzlich für die Regelung notwendige Umrechnungen, z. B. als gleitender Mittelwert
1.1/2.1	Elektrisch aufgenommene Ventilatorleistung Zu-/Abluft	Höchstwert	Messung	[kW]	-
1.2/2.2	Gesamtdruckdifferenz über den Zuluft-/Abluftventilator	Sollwert und Toleranz	Messung	[Pa]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
1.3/2.3	Verbrauch elektr. Energie der Zu-/Abluftventilatoren	Höchstwert	Zählerstand	[kWh]	Bewertung als Monats- oder Jahreswerte
3.1	Zulufttemperatur	-	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
4	Zulufttemp. nach Wärmerückgewinnung	Mindest-/Maximalwert	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie für Temperaturveränderung
5.1	Ablufttemperatur	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
6.1	Außenlufttemperatur	-	Messung	[°C]	-
7	Fortlufttemperatur	Mindest-/Maximalwert	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie für Temperaturveränderung
3.2/5.2	Volumenstrom Zu-/Abluft	Sollwert und Toleranz	Messung	[m³/h]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
5.3	CO ₂ -Konzentration Abluft	Sollwert und Toleranz	Messung	ppm	(optional) Anwendung wenn Regelung über CO ₂ -Konzentration
8	Ablufttemp. vor Wärmerückgewinnung	-	Messung	[°C]	(optional)
9	Betriebsmeldung Wärmerückgewinnung	-	Messung	[0/1]	(optional)
10	Betriebsmeldung Lufterhitzerpumpe	-	Messung	[0/1]	(optional) Prüfung von Dauerläufern
11	Vorlauftemperatur Lufterhitzer	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	(optional) Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
12	Rücklauftemperatur Lufterhitzer	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	(optional) Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
13	Stellsignal Lufterhitzervertil	-	Messung	[%]	(optional)
14	Betriebsmeldung Aul-/Fortluftklappe	-	Messung	[0/1]	(optional)
15	Thermische Energie Lufterhitzer	Mindestwert	Zählerstand	[kWh]	(optional)

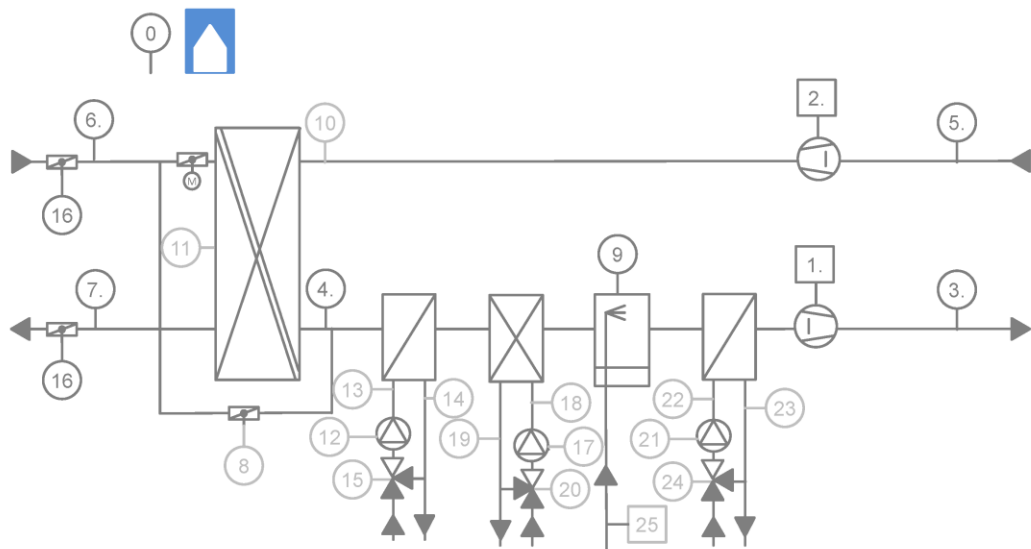
Teilklimaanlage, Wärmerückgewinnung, Lufterhitzer/-kühler und Mischluftbetrieb



Nr.	Prüfgrößen Teilklimaanlage Wärmerückgewinnung, Lufterhitzer/-kühler und Mischluftbetrieb <small>(zu berücksichtigen ab einem Nennvolumenstrom von > 4000 m³/h)</small>	Zielwert	Messung	[Einheit]	Anmerkung
-	Spezifische Ventilatorleistung Zu-/Abluft	Höchstwert	Berechnung	[W/m³/s]	Bewertung nach Klassifizierung DIN EN 16798-3
-	Temperaturänderungsgrad Wärmerückgewinnung	Sollwert	Berechnung	[-]	Berechnung nach EN 308
0	Außenlufttemperatur	-	Messung	[°C]	Wetterstation; ggf. zusätzlich für die Regelung notwendige Umrechnungen, z. B. als gleitender Mittelwert
1.1/2.1	Elektrisch aufgenommene Ventilatorleistung Zu-/Abluft	Sollwert und Toleranz	Messung	[Pa]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
1.2/2.2	Gesamtdruckdifferenz über den Zuluft-/Abluftventilator	Höchstwert	Messung	[kW]	-
1.3/2.3	Verbrauch elektr. Energie der Zu-/Abluftventilatoren	Höchstwert	Zählerstand	[kWh]	Bewertung als Monats- oder Jahreswerte
3.1	Zulufttemperatur	-	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
3.3/5.4	Volumenstrom Zu-/Abluft	Sollwert und Toleranz	Messung	[m³/h]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
4.1	Zulufttemp. nach Wärmerückgewinnung	Mindest-/Maximalwert	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie für Temperaturveränderung
5.1	Ablufttemperatur	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
6.1	Außenlufttemperatur	-	Messung	[°C]	-
7	Fortlufttemperatur	Mindest-/Maximalwert	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie für Temperaturveränderung
8	Stellsignal Mischluftklappe	Sollwert und Toleranz	Messung	[%]	-
3.2	Relative Feuchte der Zuluft	Konzeptabhängig: - Min/Maxwerte	Messung	[%]	(optional) Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz. Für

Nr.	Prüfgrößen Teilklimaanlage Wärmerückgewinnung, Lufterhitzer/-kühler und Mischluftbetrieb (zu berücksichtigen ab einem Nennvolumenstrom von > 4000 m³/h)	Zielwert	Messung	[Einheit]	Anmerkung
					Luftkühler mit Entfeuchtungsfunktion.
4.2	Relative Feuchte der Zuluft nach der Wärmerückgewinnung	Mindest-/Maximalwert	Messung	[%]	(optional) Für Luftkühler mit Entfeuchtungsfunktion; zur Feuchteregulierung
5.2	Relative Feuchte der Abluft	Konzeptabhängig: - Min/Maxwerte	Messung	[%]	(optional) Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz. Für Luftkühler mit Entfeuchtungsfunktion.
5.3	CO ₂ -Konzentration Abluft	Sollwert und Toleranz	Messung	ppm	(optional) Anwendung wenn Regelung über CO ₂ -Konzentration
6.2	Relative Feuchte der Außenluft	-	Messung	[%]	(optional) für Wärmerückgewinnungssystem mit Rotationswärmeübertrager
9	Ablufttemp. vor Wärmerückgewinnung	-	Messung	[°C]	(optional)
10	Betriebsmeldung Wärmerückgewinnung	-	Messung	[0/1]	(optional)
11	Betriebsmeldung Lufterhitzerpumpe	-	Messung	[0/1]	(optional) Prüfung von Dauerläufern
12	Vorlauftemperatur Lufterhitzer	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	(optional) Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
13	Rücklauftemperatur Lufterhitzer	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	(optional) Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
14	Stellsignal Lufterhitzerventil	-	Messung	[%]	(optional)
15	Betriebsmeldung Aul-/Fortluftklappe	-	Messung	[0/1]	(optional)
16	Vorlauftemperatur Luftkühler	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	(optional) Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
17	Rücklauftemperatur Luftkühler	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	(optional) Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
18	Betriebsmeldung Luftkühlerpumpe	-	Messung	[0/1]	(optional) Prüfung von Dauerläufern
19	Stellsignal Luftkühlerventil	-	Messung	[%]	(optional)
20	Thermische Energie Lufterhitzer	Mindestwert	Zählerstand	[kWh]	(optional)
21	Thermische Energie Luftkühler	Höchstwert	Zählerstand	[kWh]	(optional)

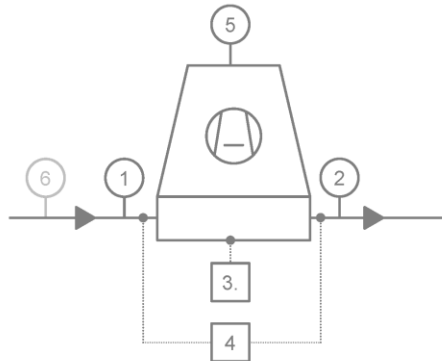
Vollklimaanlage, Wärmerückgewinnung mit Bypass, Luftherhitzer/-kühler, Befeuchter, Nacherhitzer



Nr.	Prüfgrößen Vollklimaanlage Wärmerückgewinnung mit Bypass, Luftherhitzer/-kühler, Befeuchter, Nacherhitzer (zu berücksichtigen ab einem Nennvolumenstrom von > 4000 m³/h)	Zielwert	Messung	[Einheit]	Anmerkung
-	Spezifische Ventilatorleistung Zu-/Abluft	Höchstwert	Berechnung	[W/m³/s]	Bewertung nach Klassifizierung DIN EN 16798-3
-	Temperaturänderungsgrad Wärmerückgewinnung	Sollwert	Berechnung	[-]	Berechnung nach EN 308
0	Außenlufttemperatur	-	Messung	[°C]	Wetterstation; ggf. zusätzlich für die Regelung notwendige Umrechnungen, z.B. als gleitender Mittelwert
1.1/2.1	Elektrisch aufgenommene Ventilatorleistung Zu-/Abluft	Höchstwert	Messung	[kW]	-
1.2/2.1	Gesamtdruckdifferenz über den Zuluft-/Abluftventilator	Sollwert und Toleranz	Messung	[Pa]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
1.3/2.3	Verbrauch elektr. Energie der Zu-/Abluftventilatoren	Höchstwert	Zählerstand	[kWh]	Bewertung als Monats- oder Jahreswerte
3.1	Zulufttemperatur	-	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
3.2	Relative Feuchte der Zuluft	Konzeptabhängig: - Min/Maxwerte	Messung	[%]	(optional) für Wärmerückgewinnungssystem mit Rotationswärmeübertrager
3.3/5.4	Volumenstrom Zu-/Abluft	Sollwert und Toleranz	Messung	[m³/h]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
4.1	Zulufttemp. nach Wärmerückgewinnung	Mindest-/Maximalwert	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie für Temperaturveränderung
4.2	Relative Feuchte der Zuluft nach der Wärmerückgewinnung	Mindest-/Maximalwert	Messung	[%]	-
5.1	Ablufttemperatur	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz

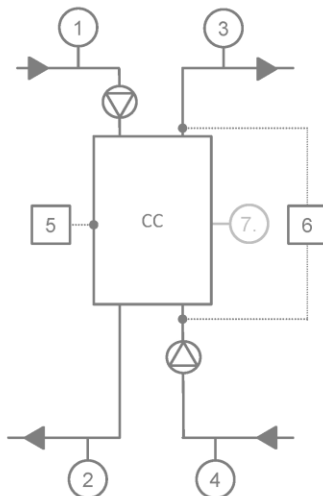
Nr.	Prüfgrößen Vollklimaanlage Wärmerückgewinnung mit Bypass, Lufterhitzer/-kühler, Befeuchter, Nacherhitzer (zu berücksichtigen ab einem Nennvolumenstrom von > 4000 m³/h)	Zielwert	Messung	[Einheit]	Anmerkung
6.1	Außenlufttemperatur	-	Messung	[°C]	-
7.1	Fortlufttemperatur	Mindest-/Maximalwert	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie für Temperaturveränderung
8	Stellsignal Bypassklappe Wärmerückgewinnung	Sollwert und Toleranz	Messung	[%]	-
9	Betriebsmeldung Befeuchter	-	Messung	[0/1]	-
5.2	Relative Feuchte der Abluft	Konzeptabhängig: - Min/Maxwerte	Messung	[%]	(optional) für Wärmerückgewinnungssystem mit Rotationswärmeübertrager
5.3	CO ₂ -Konzentration Abluft	Sollwert und Toleranz	Messung	ppm	(optional) Anwendung wenn Regelung über CO ₂ -Konzentration
6.2	Relative Feuchte der Außenluft	-	Messung	[%]	(optional) für Wärmerückgewinnungssystem mit Rotationswärmeübertrager
10	Ablufttemp. vor Wärmerückgewinnung	-	Messung	[°C]	(optional)
11	Betriebsmeldung Wärmerückgewinnung	-	Messung	[0/1]	(optional)
12	Betriebsmeldung Lufterhitzerpumpe	-	Messung	[0/1]	(optional) Prüfung von Dauerläufern
13	Vorlauftemperatur Lufterhitzer	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	(optional) Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
14	Rücklauftemperatur Lufterhitzer	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	(optional) Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
15	Stellsignal Lufterhitzerventil	-	Messung	[%]	(optional)
16	Betriebsmeldung Aul-/Fortluftklappe	-	Messung	[0/1]	(optional)
17	Vorlauftemperatur Luftkühler	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	(optional) Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
18	Rücklauftemperatur Luftkühler	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	(optional) Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
19	Betriebsmeldung Luftkühlerpumpe	-	Messung	[0/1]	(optional) Prüfung von Dauerläufern
20	Stellsignal Luftkühlerventil	-	Messung	[%]	(optional)
21	Betriebsmeldung Nacherhitzer	-	Messung	[0/1]	(optional) Prüfung von Dauerläufern
22	Vorlauftemperatur Nacherhitzer	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	(optional) Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
23	Rücklauftemperatur Nacherhitzer	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	(optional) Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
24	Stellsignal Nacherhitzerventil	-	Messung	[%]	(optional)
25	Wassermenge Befeuchter	Höchstwert	Zählerstand	m³	(optional)
26	Thermische Energie Lufterhitzer	Höchstwert	Zählerstand	[kWh]	(optional)
27	Thermische Energie Luftkühler	Höchstwert	Zählerstand	[kWh]	(optional)
28	Thermische Energie Nacherhitzer	Höchstwert	Zählerstand	[kWh]	(optional)

Rückkühlwerk (Kühlturm)



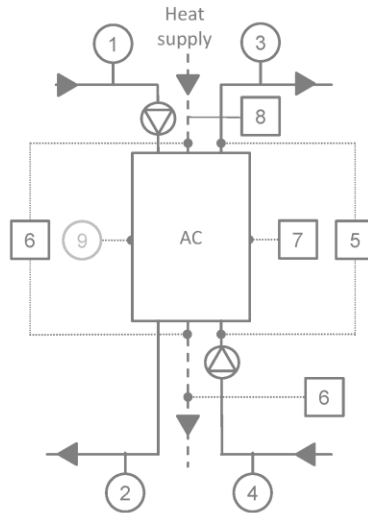
Nr.	Prüfgrößen <u>Rückkühlwerk (Kühlturm)</u>	Zielwert	Messung	[Einheit]	Anmerkung
0	Außenlufttemperatur	-	Messung	[°C]	Ggf. zusätzlich für die Regelung notwendige Umrechnungen, z. B. als gleitender Mittelwert
1	Vorlauftemperatur	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
2	Rücklauftemperatur	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
3.1	Verbrauch elektr. Energie	Höchstwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	Bewertung als Monats- oder Jahreswerte
4	Übertragene Wärmemenge	Zielwert	Zählerstand	[kWh]	Bewertung als Monats- oder Jahreswerte
5.1	Elektrisch erfasste Ventilatorleistung	Höchstwert	Messung	[kW]	-
5.2	Betriebsmeldung Ventilator	-	Messung	[0/1]	(optional)
6	Volumenstrom	-	Messung	[m³/h]	(optional)
3.2	Wassermenge	Höchstwert	Zählerstand	m³	(optional) Nachspeisewasser

Kompressionskältemaschine



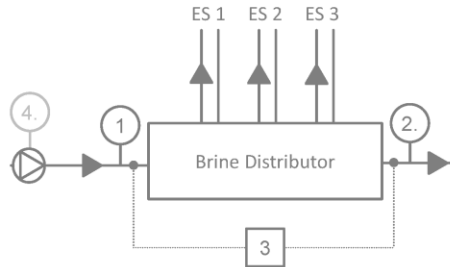
Nr.	Prüfgrößen Kompressionskältemaschine (zu berücksichtigen ab einer Nennleistung > 50 kW _{th})	Zielwert	Messung	[Einheit]	Anmerkung
-	Arbeitszahl	Mindestwert	Berechnung	[-]	Bewertung als Tages-, Monats- oder Jahreswerte
0	Außenlufttemperatur	-	Messung	[°C]	ggf. zusätzlich für die Regelung notwendige Umrechnungen, z. B. als gleitender Mittelwert
1	Vorlauftemperatur primärseitig	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
2	Rücklauftemperatur primärseitig	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
3	Vorlauftemperatur sekundärseitig	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
4	Rücklauftemperatur sekundärseitig	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
5	Verbrauch elektr. Energie	Höchstwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	Bewertung als Monats- oder Jahreswerte
6	Übertragene Wärmemenge	Zielwert	Zählerstand	[kWh]	Bewertung als Monats- oder Jahreswerte
7.1	Betriebsmeldung	-	Messung	[0/1]	(optional)
7.2	Betriebsstunden	Höchstwert	Zählerstand	[h]	(optional) Bewertung als Wochen-, Monats- oder Jahreswerte
7.3	Betriebsstarts	Mindestwert	Zählerstand	[Anzahl]	(optional) Bewertung als Wochen-, Monats- oder Jahreswerte
-	Leistungszahl	Sollwert und Toleranz	Berechnung	[-]	(optional) Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz; Verhältnis der abgegebenen thermischen Leistung bezogen auf die zugeführte Leistung

Absorptionskältemaschine



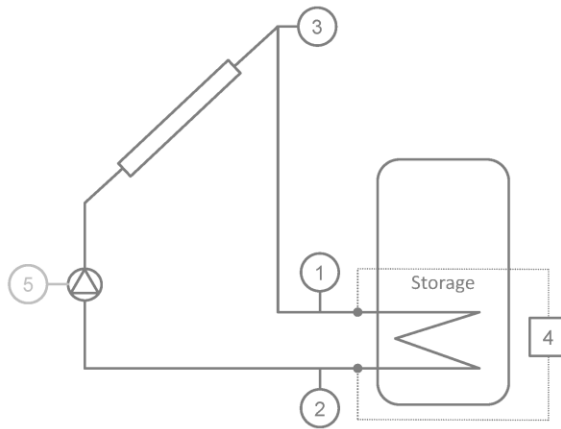
Nr.	Prüfgrößen <u>Absorptionskältemaschine</u> (zu berücksichtigen ab einer Nennleistung > 50 kW _{th})	Zielwert	Messung	[Einheit]	Anmerkung
-	Arbeitszahl	Mindestwert	Berechnung	[-]	Bewertung als Tages-, Monats- oder Jahreswerte
0	Außenlufttemperatur	-	Messung	[°C]	ggf. zusätzlich für die Regelung notwendige Umrechnungen, z. B. als gleitender Mittelwert
1	Vorlauftemperatur primärseitig	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
2	Rücklauftemperatur primärseitig	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
3	Vorlauftemperatur sekundärseitig	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
4	Rücklauftemperatur sekundärseitig	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
5	Übertragene Wärmemenge des Verdampfers	Zielwert	Zählerstand	[kWh]	Bewertung als Monats- oder Jahreswerte
6	Übertragene Wärmemenge an den Desorber	Zielwert	Zählerstand	[kWh]	Bewertung als Monats- oder Jahreswerte
7	Verbrauch elektr. Energie	Höchstwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	Bewertung als Monats- oder Jahreswerte
8	Vorlauftemperatur Desorber	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
9.1	Betriebsmeldung	-	Messung	[0/1]	(optional)
9.3	Betriebsstunden	Höchstwert	Zählerstand	[h]	(optional) Bewertung als Wochen-, Monats- oder Jahreswerte
9.2	Betriebsstarts	Mindestwert	Zählerstand	[Anzahl]	(optional) Bewertung als Wochen-, Monats- oder Jahreswerte
-	Leistungszahl	Sollwert und Toleranz	Berechnung	[-]	(optional) Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz; Verhältnis der abgegebenen thermischen Leistung bezogen auf die zugeführte Leistung

Geothermische Energie



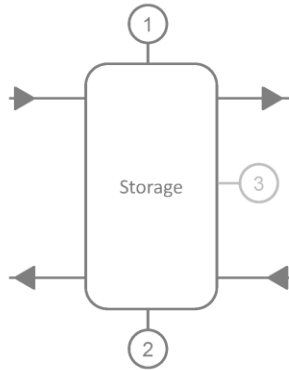
Nr.	Prüfgrößen <u>Geothermie</u>	Zielwert	Messung	[Einheit]	Anmerkung
0.1	Außenlufttemperatur	-	Messung	[°C]	Ggf. zusätzlich für die Regelung notwendige Umrechnungen, z. B. als gleitender Mittelwert
1	Vorlauftemperatur Soleverteiler	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
2.1	Rücklauftemperatur Soleverteiler	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
2.2	Volumenstrom Soleverteiler	Sollwert und Toleranz	Messung	[m³/h]	-
3	Übertragene Wärmemenge Erdreich	Zielwert	Zählerstand	[kWh]	Bewertung als Monats- oder Jahreswerte
4.1	Verbrauch elektr. Energie Solepumpe	Höchstwert pro Jahr	Zählerstand	[kWh]	Bewertung als Monats- oder Jahreswerte
4.2	Betriebsmeldung Solepumpe	-	Messung	[0/1]	(optional)
0.2	Erdreichtemperatur	Mindest-/Maximalwert	Messung	[°C]	(optional)

Solarthermie



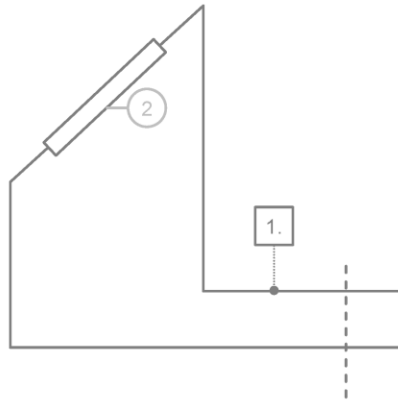
Nr.	Prüfgrößen Solarthermie mit Pufferspeicher	Zielwert	Messung	[Einheit]	Anmerkung
-	Übertragene Wärmemenge des Kollektorkreises an den Pufferspeicher	Zielwert	Zählerstand	[kWh]	Bewertung als Kollektorertrag pro Tag
0.1	Außenlufttemperatur	-	Messung	[°C]	Ggf. zusätzlich für die Regelung notwendige Umrechnungen, z. B. als gleitender Mittelwert
1	Vorlauftemperatur primärseitig	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
2	Rücklauftemperatur primärseitig	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
3	Temperatur des Mediums nach dem Solarthermiekollektor	Höchstwert	Messung	[°C]	-
4	Betriebsmeldung der Pumpe	-	Messung	[0/1]	(optional) Prüfung von Dauerläufern
0.2	Globalstrahlungsleistung	Höchstwert	Messung	[W/m²]	(optional)

Pufferspeicher



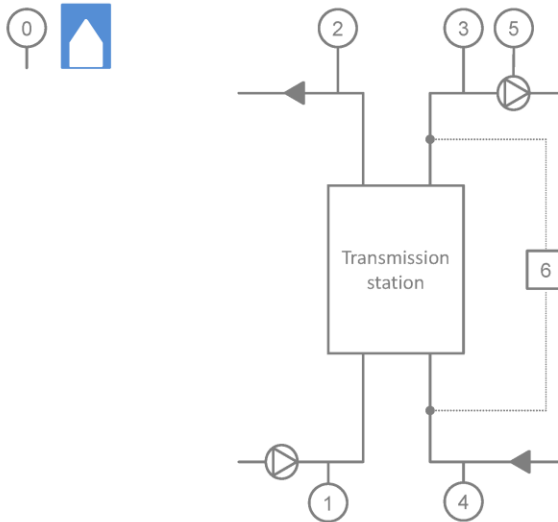
Nr.	Prüfgrößen (Puffer-)Speicher	Zielwert	Messung	[Einheit]	Anmerkung
0	Außenlufttemperatur	-	Messung	[°C]	Ggf. zusätzlich für die Regelung notwendige Umrechnungen, z. B. als gleitender Mittelwert
1	Obere Speichertemperatur	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
2	Untere Speichertemperatur	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
3	Weitere Speichertemperatur	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	(optional) Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz

Photovoltaikanlage



Nr.	Prüfgrößen <u>Photovoltaikanlage</u>	Zielwert	Messung	[Einheit]	Anmerkung
0.1	Außenlufttemperatur	-	Messung	[°C]	Ggf. zusätzlich für die Regelung notwendige Umrechnungen, z. B. als gleitender Mittelwert
0.2	Globalstrahlungsleistung	Höchstwert	Messung	[W/m ²]	-
1.1	Elektrische Leistung PV	Mindestwert	Messung	[kW]	-
1.2	Elektrische Energie PV	Mindestwert	Zählerstand	[kWh]	Bewertung als Monats- oder Jahreswert
2	Modulbetriebstemperatur	Höchstwert	Messung	[°C]	(optional)

Nah- und Fernwärmeübergabestation



Nr.	Prüfgrößen Nah- und Fernwärmeübergabestation	Zielwert	Messung	[Einheit]	Anmerkung
0	Außenlufttemperatur	-	Messung	[°C]	ggf. zusätzlich für die Regelung notwendige Umrechnungen, z. B. als gleitender Mittelwert
1	Vorlauftemperatur primärseitig	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
2	Rücklauftemperatur primärseitig	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
3	Vorlauftemperatur sekundärseitig	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
4	Rücklauftemperatur sekundärseitig	Sollwert und Toleranz	Messung	[°C]	Zielwert ggf. als Kennlinie mit Toleranz
5	Betriebsmeldung Pumpe (sekundär)	Freigabe	Messung	[0/1]	(optional) Prüfung von Dauerläufern bzw. fehlender Heizgrenze
-	Übertragene Wärmemenge (sekundär)	Zielwert	Zählerstand	[kWh]	-

Inhalte eines IBM-Plans

Der Bauherr ist für die Auswahl eines qualifizierten Managers für den Inbetriebnahmeprozess verantwortlich. Personen in der IBM-Organisation, die Führungs- oder Fachaufgaben wahrnehmen, sollten nicht in die Planung und Errichtung einbezogen werden. Der Bauherr benennt Teilnehmer seiner Organisation für das Inbetriebnahmeteam.

Der IBM-Plan sollte ein Organigramm enthalten, das die Beziehungen zwischen dem Bauherrn, dem Inbetriebnahmemanager, den Mitgliedern des Inbetriebnahmeteams und die Beziehungen zu Planern, Auftragnehmern und Betriebs- & Wartungspersonal abbildet.

Empfohlenes Inhaltsverzeichnis

Dieses empfohlene Inhaltsverzeichnis soll als Anregung bei der Erarbeitung eines projektspezifischen IB-Plans dienen.

1. Über diesen Plan
2. Organisation
 - 2.1 Management
 - 2.2 Potenzielle Interessenkonflikte
3. Aufgaben und Verantwortlichkeiten (siehe separate Matrix in Abschnitt 6.5)
 - 3.1 Spezifikationen für Planer und Auftragnehmer
4. Kommunikation
 - 4.1 Standort von Büroplätzen
 - 4.1.1 Baustelle
 - 4.1.2 Portal zur digitalen Kommunikation
 - 4.1.3 Versionsverwaltung
 - 4.2 Besprechungen
 - 4.2.1 Besprechungsplan
 - 4.3 Berichte
5. Beschreibung des Inbetriebnahmeprozesses
 - 5.1 Vorplanungsphase
 - 5.1.1 Projektanforderungen des Bauherrn
 - 5.1.2 Planung
 - 5.1.3 Mängelprotokoll
 - 5.2 Planungsphase
 - 5.2.1 Dokumentation der Ausführungsplanung
 - 5.2.2 Überprüfungen
 - 5.2.2.1 Probennahme
 - 5.2.3 Qualitätssicherung
 - 5.2.4 Prüfparadigmen
 - 5.3 Errichtungsphase
 - 5.3.1 Aufgaben und Verantwortlichkeiten von Subunternehmern
 - 5.3.2 Anlagenhandbuch
 - 5.3.3 Schulung
 - 5.3.4 Unterstützung der Qualitätssicherung des Auftragnehmers
 - 5.3.5 Überprüfung von Vorlagen (Muster/Spezifikationen)
 - 5.3.6 Checklisten
 - 5.3.7 Beobachtung von Anläufen und Abgleichen
 - 5.3.8 Tests und Prüfungen
 - 5.3.9 Technisches Monitoring, TMon
 - 5.3.10 Überprüfung der Dokumentation einschließlich Einträge des Anlagenhandbuchs
 - 5.3.11 Berichterstellung zur Übergabe
 - 5.4 Betriebsphase
 - 5.4.1 Jahreszeitliche Tests
 - 5.4.2 Real-Life-Belastungstests
 - 5.4.3 Kontinuierliche Inbetriebnahme, Einregulierungsmonitoring usw.
 - 5.4.4 10-Monats-Kontrolle
 - 5.4.5 Inbetriebnahmebericht
 - 5.4.6 Workshop zu gewonnenen Erkenntnissen

Aufgaben- und Verantwortungsmatrix

Roles and responsibilities matrix related to Commissioning Process activities and documents

Project:
Name:

Date:
Version:

About this matrix:

The matrix outlines the roles and responsibilities of the involved parties in the Commissioning Process

		Responsible party=R Veto rights =V Commenting=C Input=I Participating party=P Cx=Commissioning Process									
		Owner	Tenant	Construction management	Designers	Contractors	Facilities Management	Cx provider	Cx specialists		
Pre-design phase	Initial organizing										
	Appointing the Cx-provider	R	V								
	Setting up Cx-organisation	V	V					R			
	Appointing Commissioning specialists	V	V		A			R			
	Appointing the owners participants in the Commissioning organisation	R									
	Appointing the tenants participants in the Commissioning organisation		R								
	Call for participation of designers, contractors and suppliers when their participation in Cx is needed	V							R		
	Specification of the procura of the Commissioning organisation	R	V						C		
	Acceptance of answers to Cx-issues, review- and testresults etc. from the design- og construction management	R	V						C		
	Responsibility for contracts with all parties	R	V						C		
	Contents of the Cx-process										
	Specifying systems included in the Commissioning Process	R	I					I	I		
	Specifying deliveries from the owner included in the Commissioning process	R							I		
	Specifying deliveries from the tenant included in the Commissioning process	R	I						I		
Specifying Cx-activities and -deliveries from the designers included in the Commissioning process	R			I				I			
Specifying activities included in the Commissioning process	R	I						I			
Commissioning activities											
Specification of Owners Project Requirements, OPR, including required format and detailing of documentation, reference codes etc.	R	V/I		C	I	I	C	I			
Planning of the Commissioning process	V	V		C			C	R			
Specifying Cx-activities in the design and construction time schedules			R	I	I	I	I	I			
Acceptance of Cx-activities in the Idea- and programming phase	R	V					C				
Documents											
Initiating the OPR	I	I		I	I	I	I	R	I		
Initiating the Cx-plan	I	I		I	I	I	I	R	I		
Initiating the Issues log	I	I		I	I	I	I	R	I		
Writing acceptance document (Status document)	I	I		I	I	I	I	R	I		
Commissioning activities											
Basis Of Design, BOD, Documentation of the expected solutions to meet the OPR	V	V		R	C	P	V	C			
Review of the BOD	P	P		P	P	P	R	P			
Acceptance of Cx-activities in the Conceptual design phase	R	V					C				
Dokuments											
Initiating the BOD				R							
Writing review reports	I	I		I	I	I	I	R	I		
Writing status and acceptance document	I	I		I	I	I	I	R	I		
Update of the OPR	I	I		I	I	I	I	R	I		
Update of the Cx-plan	I	I		I	I	I	I	R	I		
Update of the Cx-log	I	I		I	I	I	I	R	I		
Commissioning activities											
Specification of the contractors and suppliers participation in the Commissioning process	R	V					C				
Collect designers input for the Systems Manual	V/I	V/I		I	I	I	R				
Specification of the contractors and suppliers QA, balancing etc.	I	I		R	I	I	V/I	I			
Setting up requirements for O&M documentation	V	R					I				
Review of detailed design	P	P		P	P	P	R	P			
Specifying Cx-activities and -deliveries from the contractors included in the Commissioning process	R			I			I				
Acceptance of Cx-activities in the Detailed design phase	R	V					C				
Dokuments											
Initiating the Systems Manual	I	I		I	I	I	I	R	I		
Writing review reports	I	I		I	I	I	I	R	I		
Writing status- and acceptance document	I	I		I	I	I	I	R	I		
Update the OPR	I	I		I	I	I	I	R	I		
Update the Cx plan	I	I		I	I	I	I	R	I		
Update the Cx-log	I	I		I	I	I	I	R	I		
Update the BOD				R							

		Responsible party=R Veto rights =V Commenting=C Input=I Participating party=P										
		Cx=Commissioning Process	Owner	Tenant	Construction management	Designers	Contractors	Facilities Management	Cx provider	Cx specialists		
Construction phase	Commissioning activities											
	Planning of training of operational staff		P	P		P	P	I	R	P		
	Review of contractors QA and balancing reports		P	P		R	P			P	P	
	Review of submittals		P	P		P	P	R		P		
	Develop contractors own testsUdvikling af testparadigmer entreprnor test						R					
	Perform contractors own tests						R					
	Develop cross-disciplinary Cx-tests		P	P		P	P	P	F	R		
	Perform Cx tests		P	P		P	P	P	F	R		
	Review of O&M, QA and documentation			R								
	Acceptance of Cx-activities in the construction phase		R	V					C			
	Dokumenter											
	Initiating training plan		I	I		I	I	I	R	I		
	Initiating test paradigms		I	I		I	I	I	R	I		
	Initiating test reports		I	I		I	I	I	R	I		
	Initiating review documents, checklists etc. for O&M, QA and documentation		I	I		I	I	I	R	I		
Initiating Cx-report		I	I		I	I	I	R	I			
Writing status and acceptance document		I	I		I	I	I	R	I			
Update the OPR		I	I		I	I	I	R	I			
Update the Cx plan		I	I		I	I	I	R	I			
Update the Cx-log		I	I		I	I	I	R	I			
Update the BOD					R							
Update the systems manual		I	I		I	I	I	R	I			
Operations phase	Commissioning activities											
	Plan for monitoring-based Cx		I	I		I	I	I	R	I		
	Start-up of monitoring-based Cx							R				
	Test of building in use (Load test / seasonal test)						R					
	10-months review of settings and selected functions		P	P				P	R			
	Acceptance of Cx-activities throughout thr whole project		R	V				C				
	Dokumenter											
	Initiating test paradigms		I	I		I	I	I	R	P		
	Initiating test reports		I	I		I	I	I	R	P		
	Plan for 10-months review of settings and selected functions		I	I		I	I	I	R	P		
	Writing status and acceptance document		I	I		I	I	I	R	P		
	Update the OPR		I	I		I	I	I	R	P		
	Update the Cx plan		I	I		I	I	I	R	P		
	Update the Cx-log		I	I		I	I	I	R	P		
	Update the systems manual							R				

Template version, date/initials

2018-04-04/OLET

Festlegung der Aufgaben und Verantwortlichkeiten von Planern und Auftragnehmern im Inbetriebnahmeprozess des Bauherrn

Der folgende Text ist auf den projektspezifischen Inbetriebnahmeprozess anzupassen und dient Planern und Auftragnehmern zur Quantifizierung ihrer Leistungen in Beantwortung der IBM-Prozessanforderungen des Bauherrn.

Die Absätze beschreiben Aufgaben im Rahmen eines IB-Prozesses. Der Text kann die Beauftragung von IB-Leistungen unterstützen. *Rot markierte* Parameter müssen entsprechend den individuellen Projektanforderungen definiert werden.

Einführung in den Inbetriebnahmeprozess

Der Inbetriebnahmeprozess wird in Übereinstimmung mit (*relevante Referenz, IB-Norm oder andere Quelle einfügen, z. B. Anforderung aus einem Nachhaltigkeitszertifizierungsprogramm*) durchgeführt und vom Inbetriebnahmemanager geleitet. Abhängig von der

Größe und Komplexität der einzelnen Gebäude kann der Inbetriebnahmemanager weitere Personen zuweisen, die Teile des Inbetriebnahmeprozesses leiten.

Am Inbetriebnahmeprozess sind nahezu alle Beteiligten des Bauprozesses beteiligt, nicht zuletzt Planungsarchitekten und -ingenieure sowie weitere Projektparteien, z. B. Auftragnehmer, die Leistungen im Rahmen der Projektplanung und/oder der Eigenleistungen des Bauherrn erbringen.

Einige der Aktivitäten, in die die Projektbeteiligten eingebunden werden, sind bereits Teil eines herkömmlichen Bauvorhabens in Form von QS und Dokumentation nach den Bauvorschriften sowie den Normen und Standards für die Arbeit einzelner Fachkräfte. Die Planer sind einzubeziehen, um dafür zu sorgen, dass diese vorhandenen Ressourcen genutzt werden, um ein gemeinsames Ziel der Überprüfung über fachliche und vertragliche Grenzen hinweg zu erreichen.

In den folgenden Abschnitten sind die Aufgaben, in die die Planer im Rahmen des Inbetriebnahmeprozesses eingebunden werden, ausführlich in Vorplanungs-, Ausführungsplanungs- und Errichtungsphase beschrieben.

Besprechungen

Beschreibung

Die Planer und Auftragnehmer müssen an den Besprechungen und Aktivitäten der Inbetriebnahmeorganisation teilnehmen.

Zweck

Die Besprechungen halten den Fokus auf dem Fortschritt der Aktivitäten und dem Dialog über den Nachweis der Erfüllung der Projektanforderungen des Bauherrn.

Es sind bestimmte Personen zu benennen, die an den Besprechungen und Aktivitäten teilnehmen. Personalwechsel sind nur dann vorzunehmen, wenn der Prozessfortschritt dies rechtfertigt.

Aufgaben der Planer im Zusammenhang mit Besprechungen:

1. Teilnahme an einer Inbetriebnahmeorganisation unter Leitung des Vertreters des Bauherrn, dem IBM, der die Qualität von Projekt, Errichtung und Betrieb gemäß den Projektanforderungen des Bauherrn lenkt und koordiniert. Die Aktivitäten der Organisation beeinflussen und erweitern die Qualitätssicherung, die bereits bei herkömmlichen Bauprojekten Anwendung findet. Dies wirkt sich auf QM, Überwachungspläne, Nutzereinweisung, Dokumentation u. a. aus, und es werden gewerkeübergreifende Audits und Tests durchgeführt.
2. Teilnahme an Besprechungen, soweit zur Erörterung der Projektanforderungen des Bauherrn, der Dokumentation für die Ausführungsplanung, von Kommentaren aus Überprüfungen, Tests, Abgleichen, Nutzereinweisung und Dokumentation erforderlich. (*Hier sind quantifizierbare Werte einzufügen, z. B. „2-stündige IB-Besprechungen ca. alle 2 Wochen“*) während der Laufzeit des Projekts.

Terminplan

Beschreibung

Im Hauptterminplan für das Gebäude sind spezielle Zeitfenster für die auszuführenden IB-Aktivitäten vorzusehen, um die Konzentration auf die Projektanforderungen des Bauherrn während der Errichtungsphase sicherzustellen.

Zeiträume für Überprüfungen, Abgleicharbeiten und Tests, sowohl durch Auftragnehmer als auch durch das IB-Team ausgeführte Tätigkeiten, sind in den Terminplan der Errichtungsphase aufzunehmen.

Zweck

Es ist Zeit für die Inbetriebnahmeaktivitäten vorzusehen, und die Errichtung so zu steuern, dass Inbetriebnahmeaktivitäten unterstützt und Inbetriebnahmezeitfenster eingehalten werden.

Die Zeitfenster für (*Anzahl der Überprüfungen einfügen, z. B. 2*) IB-Überprüfungen sind nach Abschluss der Planung in die für die spezifische Überprüfung erforderliche Phase einzuordnen. Die für die IB-Überprüfung freigegebene Planung ist in der eigenen Organisation der Planer einer Qualitätssicherung zu unterziehen.

Zeitfenster für Tests sind im Terminplan der Errichtungsphase vorzusehen.

Aufgaben des Planers im Zusammenhang mit dem Terminplan:

1. Für die gewerkeübergreifenden IB-Überprüfungen der IB-Organisation sind spezielle Zeitfenster im Terminplan der Planungsphase vorzusehen.
2. Für die gewerkeübergreifende Prüfung von Anlagen durch die IB-Organisation zusammen mit Planern / Auftragnehmern / Lieferanten sind spezielle Zeitfenster im Terminplan der Planungsphase vorzusehen.

Projektanforderungen des Bauherrn

Beschreibung

Die Projektanforderungen des Bauherrn werden in einem Dokument in Listenform aufgeführt, sodass sie einzeln betrachtet werden können. Die Projektanforderungen des Bauherrn enthalten messbare und quantifizierbare Anforderungen für folgende Punkte:

- Allgemeiner Zweck und Nutzung des Gebäudes,
- Qualität des Raumklimas (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, CO₂, Zugluft, jahreszeitliche Schwankungen usw.)
- Nachhaltigkeitsziele (einschließlich Energieeffizienz)
- Spezifische Anforderungen an Anlagen und Ausrüstung (einschließlich Monitoringanforderungen für IB, TMon und MBCx)
- Anforderungen an Betrieb und Wartung (einschließlich Zugänglichkeit)
- Anforderungen an das Anlagenhandbuch
- Schulungsanforderungen

Für jede Anforderung sind ein erwartetes Nachweisverfahren und die Dokumentation (Überprüfung, Vor-Ort-Inspektion, Test, Monitoring usw.) anzugeben, um die Verwendung der Anforderungen als Abnahmekriterien bei Überprüfungen, Inspektionen, Tests und Monitoring zu erleichtern.

Gegebenenfalls sind Verweise auf Standards, Normen und Regelwerke anzuführen, um die Anwendung von den Beteiligten des Bauvorhabens bekannten Vorgaben und Anforderungen zu erleichtern.

Die Projektanforderungen des Bauherrn können nicht ohne Zustimmung des Bauherrn geändert werden.

Zweck

Die Projektanforderungen des Bauherrn bilden die Grundlage für den Inbetriebnahmeprozess. Dies sind die Anforderungen, die der Eigentümer unter Einsatz zusätzlicher Ressourcen verfolgt und überprüft. Die Anforderungen im Dokument sind detailliert und für jede Anforderung ist ein Nachweisverfahren festgelegt.

Aufgaben des Planers im Zusammenhang mit den Projektanforderungen des Bauherrn:

1. Beteiligung an der Erarbeitung des Dokuments der Projektanforderungen des Bauherrn, inkl. Erörterung spezifischer Anforderungen, einschließlich Lösungen, Nachweis und Dokumentation
2. Besprechungen (Seite 64), soweit zur Erörterung des Planungsfortschritts und der Planungslösungen im Zusammenhang mit den Projektanforderungen des Bauherrn erforderlich.

Planung

Beschreibung

Der Inbetriebnahmemanager erarbeitet einen Inbetriebnahmeplan. Die Inbetriebnahmeorganisation bearbeitet den Plan kontinuierlich im Verlauf des Prozesses und anhand ggf. gewonnener zusätzlicher Erkenntnisse weiter.

Der Inbetriebnahmeplan kann nicht ohne Zustimmung des Bauherrn geändert werden.

Zweck

Der Inbetriebnahmeplan beschreibt die Aktivitäten, die im Rahmen des Inbetriebnahmeprozesses durchzuführen sind.

Aufgaben von Planer und Auftragnehmer im Zusammenhang mit dem Inbetriebnahmeplan:

1. Laufende Rückmeldungen zur weiteren Detaillierung der im Plan vorgesehenen Aktivitäten, einschließlich Nachweisverfahren usw.
2. Koordination mit der Terminplanung
3. Besprechungen (Seite 64), soweit zur Erörterung des Planungsfortschritts und der Planungslösungen im Zusammenhang mit dem Inbetriebnahmeplan erforderlich

Mängelprotokoll

Beschreibung

Das Mängelprotokoll ist ein Arbeitsdokument, das alle Beobachtungen über den aktuellen Stand der Planung und Errichtung im Vergleich zu den Projektanforderungen des Bauherrn und der Dokumentation der Ausführungsplanung verfolgt. In diesem Dokument können alle Beteiligten Risiken im Zusammenhang mit der Fähigkeit der Konstruktion, die Projektanforderungen der Bauherrn zu erfüllen, in allen Phasen der Planung und Errichtung einsehen und dokumentieren.

Das Mängelprotokoll ist Eigentum des Bauherrn.

Zweck

Ziel des Dokuments ist es, alle Beobachtungen aus dem Inbetriebnahmeprozess nachzuverfolgen, die für alle Beteiligten einsehbar sind.

Aufgaben von Planer und Auftragnehmer im Zusammenhang mit dem Mängelprotokoll:

1. Stellungnahme zu Einträgen im Mängelprotokoll, die an den Planer/Auftragnehmer gerichtet sind
2. Meldung eigener Beobachtungen zur Erstellung eines neuen Eintrags im Protokoll

Dokumentation der Ausführungsplanung

Beschreibung

Die Dokumentation der Ausführungsplanung enthält Beschreibungen dazu, wie die Planung die Inbetriebnahmeanforderungen erfüllen wird. Diese Beschreibungen sind in einem Dokument zusammengefasst, das sich auf jede einzelne spezifische Anforderung bezieht.

Die Dokumentation der Ausführungsplanung ist in der Zuständigkeit der Planer, kann jedoch nicht ohne Zustimmung des Bauherrn geändert werden.

Zweck

Die Dokumentation der Ausführungsplanung unterstützt die Projektleiter, indem sie ihnen ein besseres Verständnis dessen vermittelt, was errichtet werden soll. Ebenso kann die Dokumentation bei zukünftigen Umbauten nützlich sein, da sie den Hintergrund für ausgewählte Lösungen liefert.

Aufgaben des Planers im Zusammenhang mit der Dokumentation der Ausführungsplanung:

1. Nach der Vorplanungsphase wird von den Planern eine Dokumentation der Ausführungsplanung erarbeitet, in der beschrieben wird, wie die einzelnen Inbetriebnahmeanforderungen im Projektmaterial erfüllt werden sollen. Wenn eine Lösung geändert wird, muss die Dokumentation der Ausführungsplanung aktualisiert werden.
2. Beteiligung am Dialog über Optionen auf Grundlage der beschriebenen Lösungen.

Inbetriebnahme-Überprüfungen

Beschreibung

Die Planungsprüfungen erfolgen durch die Inbetriebnahmeorganisation gewerkeübergreifend und basierend auf den Projektanforderungen des Bauherrn, der Dokumentation der Ausführungsplanung, Zeichnungen, Berechnungen und den im Mängelprotokoll aufzeichneten Beobachtungen.

Die Überprüfung unterscheidet sich von der Standardqualitätssicherung indem sie Inbetriebnahmeanforderungen über Verträge und Leistungen hinweg nachprüft.

Es werden mindestens 2 Überprüfungen durchgeführt: der frühen Planung (Dokumentation der Ausführungsplanung, konzeptuelle Planung) und der Detailplanung.

Darüber hinaus muss es einen Prozess zur Überprüfung der eingereichten Vorlagen (Muster/Spezifikationen) von Auftragnehmern und Subunternehmern geben.

Die Überprüfungsergebnisse werden anhand von Prüfberichten und von Einträgen der Beobachtungspunkte in das Inbetriebnahmeprotokoll dokumentiert.

Zweck

Die Überprüfungen sollen sicherstellen, dass der Errichtungsprozess so verläuft, dass die Inbetriebnahmeanforderungen erfüllt werden.

Die Überprüfungen tragen dazu bei, Fehler und Missverständnisse vor der Errichtung zu korrigieren.

Aufgaben von Planer und Auftragnehmer im Zusammenhang mit Inbetriebnahme-Überprüfungen:

1. Der Planer und der Auftragnehmer nehmen an einem eintägigen Workshop über die Kommentare aus der Inbetriebnahme-Überprüfung mit vorheriger Vorbereitung durch Sichtung der Kommentare teil.
2. Das Paradigma des Projekts für die Qualitätssicherung ist mitzuteilen
3. Der Planer und der Auftragnehmer übergeben Planungsunterlagen, die zum Zeitpunkt der Überprüfung vollständig fertiggestellt sind und einer internen Qualitätssicherung auf vereinbartem Niveau unterzogen wurden.
4. Der Planer und der Auftragnehmer sorgen dafür, dass den Ergebnisse des Audits durch Besprechungen, Dialoge und Reaktionen nachgegangen wird

Anlagenhandbuch, Dokumentation und digitale Formate

Beschreibung

Vom Errichter zusammengestellte Betriebs- und Wartungsdokumentation, Qualitätssicherungs- und Planungsdokumentation, ergänzt durch Betriebshandbücher für gewerkeübergreifende Anlagen, die mehrere Auftragnehmer betreffen.

Zweck

Die Dokumentation ist gesichert in bestimmten Formaten zu liefern und so zu strukturieren, dass sie im späteren Betrieb des Gebäudes effektiv genutzt werden kann.

Anforderungen an die einzelnen Dokumente sowie Formate und Tools (z. B. Datenbanken) werden vom Bauherrn so definiert, dass der Aufwand für die Einreichung und Überprüfung minimiert wird und die Dokumentation zur Inbetriebnahme bereit steht.

Aufgaben von Planer und Auftragnehmer im Zusammenhang mit dem Anlagenhandbuch:

1. Alle Dokumente, die zum Nachweis und zum Betrieb des Gebäudes dienen, werden in vom Bauherrn festgelegten Formaten geliefert.
2. Dialog zur Optimierung der Anforderungen an allgemeine digitale Formate, um die Erfüllung der Anforderungen des Bauherrn an Betrieb und Wartung bestmöglich zu fördern
3. Erstellung von themen- und aufgabenübergreifenden Anweisungen
4. Betriebsdaten sind über ein datenbankgestütztes Betriebs- und Wartungssystem (CMMS-System) gemäß den Anforderungen des Bauherrn an die Bereitstellung von Betriebsdaten, an die „As-built“-Dokumentation und an allgemeine digitale Formate bereitzustellen. (IFC, DWG, PDF usw.)

Schulung

Beschreibung

Die Nutzereinweisung muss die Schulung zu Themen umfassen, die das Betriebspersonal für die Wartung und Instandhaltung des Gebäudes gemäß den Projektanforderungen des Bauherrn qualifizieren.

Zweck

Ziel ist es, sicherzustellen, dass die Facility-Manager des Betreibers in der Lage sind, den Betrieb und die Wartung des Gebäudes so durchzuführen, dass die Projektanforderungen des Bauherrn fortlaufend erfüllt sind.

Aufgaben von Planer und Auftragnehmer im Zusammenhang mit der Schulung:

1. Basierend auf den Anforderungen der Inbetriebnahmeorganisation ist ein Schulungsplan zu erarbeiten, der die Vermittlung folgender Punkte gewährleistet:
2. Regelbetrieb und regelmäßige Wartung – Täglicher Betrieb
3. Fehlerzustände – Im Störfall muss das Bedienpersonal in der Lage sein, Fehler an Anlagen und Ausrüstung selbst zu diagnostizieren
4. Notbetrieb – Das Bedienpersonal muss für den Umgang mit Notfallbedingungen qualifiziert sein
5. Die Nutzerschulung ist unter Beteiligung relevanter Subunternehmer und Lieferanten zu organisieren und es ist spezielles Schulungsmaterial zu erstellen.
6. Es ist eine Methode festzulegen, mit der sich die Vermittlung des erforderlichen Wissens an die Schulungsteilnehmer prüfen lässt

7. Das Nutzerschulungsmaterial ist so zu gestalten, dass es zur Schulung neuer Mitarbeiter verwendet werden kann.
8. Die Namen der Schulungsleiter sind im Rahmen der Planung mitzuteilen.

Vor-Ort-Inspektionen

Beschreibung

Der Inbetriebnahmemanager muss sich über den Inhalt des Inbetriebnahmeprotokolls auf dem Laufenden halten.

Die Inbetriebnahmeorganisation kann die Überwachungspläne um spezifische Themen erweitern.

Zweck

Jeder auf der Baustelle hat Kenntnis darüber, dass die Anforderungen der Inbetriebnahme erfüllt sind.

Aufgaben des Planers im Zusammenhang mit der technischen Überwachung:

1. Fortlaufende Nachverfolgung der Beobachtungen im Inbetriebnahmeprotokoll
2. Vorlage von Plänen für die geplanten Inspektionen
3. Dialog bei Inbetriebnahmebesprechungen, sodass relevante Inspektionsthemen in die Inspektionspläne aufgenommen werden
4. Anforderungen an die Priorisierung von Inspektionsaktivitäten im Zusammenhang mit dem kritischen Pfad durch Anlauf- (Inbetriebnahme), Abgleich- und Testarbeiten

Gewerkeübergreifende Inbetriebnahmetests und Testverfahren

Die Durchführung gewerkeübergreifender Tests erfordert, dass alle Einzelteile der zu testenden Anlage vom Lieferanten installiert, qualitätsgesichert, in Betrieb genommen, abgeglichen, dokumentiert und getestet werden.

Das Flussdiagramm auf Seite 72 veranschaulicht das typische Vorgehen bei gewerkeübergreifenden Tests und Monitoringarbeiten und wie die Voraussetzungen für diese Tests zusammenhängen.

Beschreibung

Tests werden gewerkeübergreifend durchgeführt und verwenden Abnahmekriterien, die sich aus den Projektanforderungen des Bauherrn, der Dokumentation der Ausführungsplanung und den im Mängelprotokoll eingetragenen Beobachtungen ergeben. Anlagen werden vom Inbetriebnahmeteam zusammen mit Planern / Auftragnehmern / Lieferanten sowie von der Inbetriebnahmeorganisation benannten Fachkräften getestet.

Zweck

Diese Tests an fertiggestellten Anlagen sind gewerkeübergreifend und es sind in der Regel mehrere Auftragnehmer eingebunden, um sicherzustellen, dass das Zusammenspiel mehrerer Anlagen und Systeme vor der Übergabe nachgeprüft wird.

Einige Tests werden jahreszeitlich bedingt oder zur Entlastung der Nutzer nach dem Erstbezug zurückgestellt.

Aufgaben des Planers im Zusammenhang mit Inbetriebnahme-Tests:

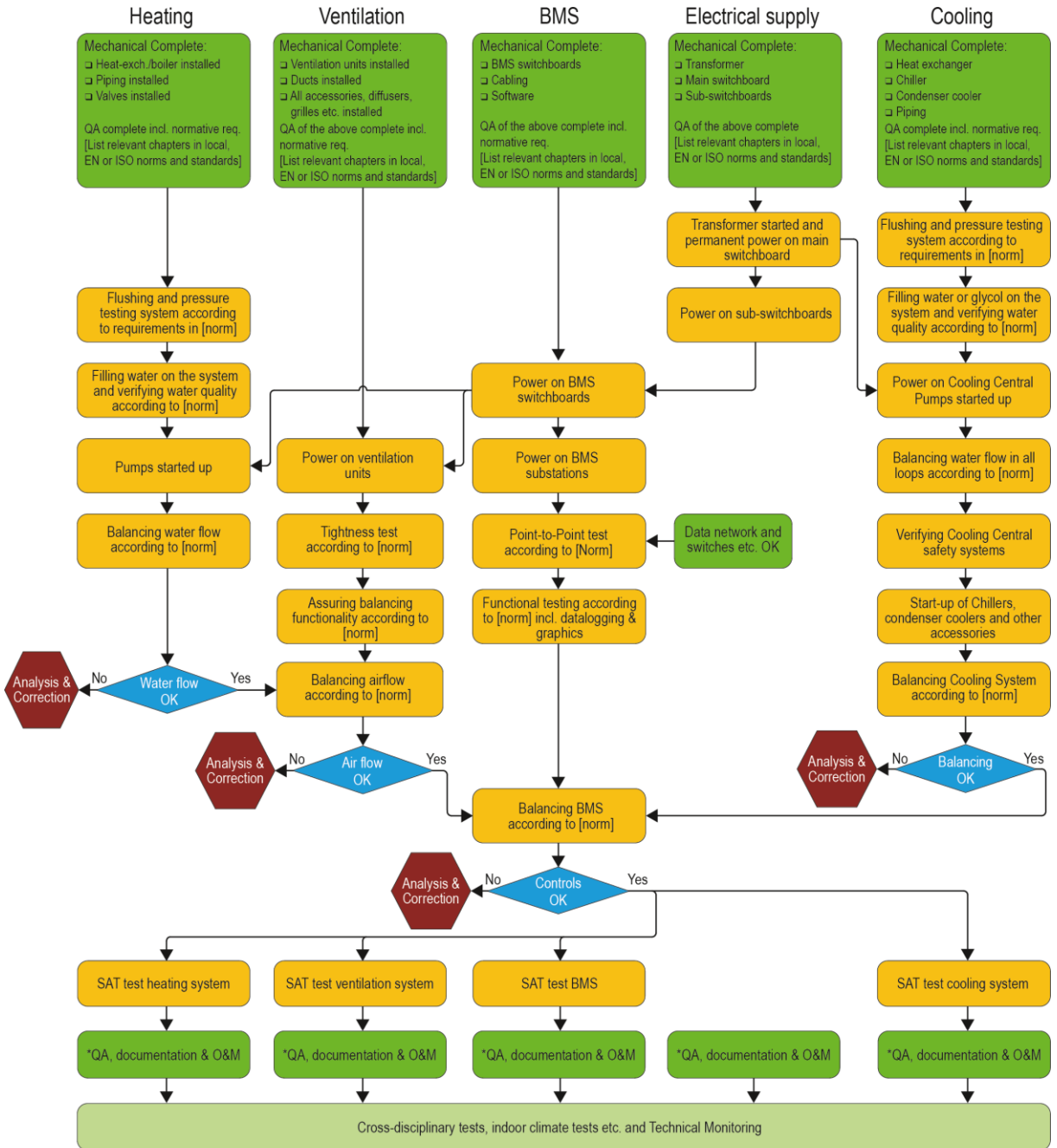
1. Mitwirkung bei der Erarbeitung von Test- und Prüfverfahren für Anlagen und Systeme
2. Bei vertrags- und fachübergreifenden Inbetriebnahmetests sind alle relevanten Beteiligten in die Erarbeitung der Test- und Prüfverfahren, in Performanceprüfungen und in die Berichterstellung einzubeziehen
3. Alle Parteien müssen an zusätzlichen Aktivitäten teilnehmen, die sich aus den gewonnenen Testergebnissen ergeben

Erfüllt ein Test nicht die Testkriterien, müssen sich alle Beteiligten aktiv an der Fehlersuche und -behebung sowie der Wiederholungsprüfung beteiligen.

Wechselbeziehungen zwischen erbrachten Leistungen bei der typischen Inbetriebnahme, Abgleich und Nachprüfung von HLK-Anlagen

Siehe Flussdiagramm auf der nächsten Seite.

Flowchart interdependence between deliveries for typical HVAC start-up, balancing and verification



<ul style="list-style-type: none"> Prerequisite. Dark green boxes contains prerequisites. Documentation for fulfilled prerequisite must be shown. Contractor Action. Yellow boxes are actions with an accompanying document reporting the action. Acceptance. Blue diamonds show acceptance by the CxP. Issue. Red hexagons for issues to solve. Commissioning Action. Light green boxes are Cx or TM actions with an accompanying document reporting the action. 	<p>[Text in square brackets] refers to the corresponding norm. Local domestic norms must be activated, preferably related to EN, ISO or other international documents.</p> <p>*QA, documentation & O&M. All QA is completed. All issues solved and accepted by the commissioning provider. Documentation, drawings and descriptions exists. O&M exists.</p>
---	---

Literaturverzeichnis

- [1] [GRU2014] Grün, G.; Urlaub, S.: Towards an identification of European indoor environments' impact on health and performance, Fraunhofer IBP, 2014, S. 2
- [2] [UMW2016] Umweltbundesamt, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energiesparen/energiesparende-gebaeude#textpart-1>, (letzter Zugriff 11.2018).
- [3] [GUM2013] Gummer et al.: Committee on Climate Change, Fourth Carbon Budget Review: technical report. London: CCC 2013, (S. 59-60).
- [4] [WAI2017] Paul Waide et al.: Optimising the energy use of technical building systems – unleashing the power of the EPBD's Article 8, Ecofys 2017.
- [5] [FER2010] Ferretti, Natascha Milesi et al.: Annex 47 Cost Effective Commissioning of Existing and Low Energy Buildings, Report 1-4, IEA ECBCS, 2010.
- [6] [VER2011] Verbraucherzentrale Bundesverband e. V. Energieteam: Aktion Brennwertcheck der Verbraucherzentralen - Langfassung, Verbraucherzentrale Energieberatung, 2011.
- [7] [Boc2010] F. Bockelmann, H. Kipry, Ch. Sasse, M.N. Fisch: „WKSP - Wärme- und Kältespeicherung im Gründungsbereich energieeffizienter Bürogebäude“ (FkZ: 0327364A), Abschlussbericht, Nov. 2010.
- [8] [GHA2018] Ghaffarianhoseini, A., Alwaer, H., Omrany, H., Ghaffarianhoseini, A., Alalouch, C., Clements-Croome, D., Tookey, J.: Sick building syndrome: are we doing enough? Architectural Science Review, 61, 2018, S. 99-121.
- [9] [KUB2009] Kubba, S.: LEED practices, certification, and accreditation handbook, Butterworth-Heinemann, 2009.
- [10] [MAR2018] Marchenko, A., Carlucci S., Pagliano L., Pietrobon, M., Karlessi, T., Santamouris, M., Delaere, N.: The assessment of the environmental quality directly perceived and experienced by the employees of 69 European offices, 2018.
- [11] [SCH2014] H. Schiller et al.: Chancen der Energetischen Inspektion für Gesetzgeber, Anlagenbetreiber und die Branche, Fraunhofer IRB Verlag, 2014.
- [12] [REC2014] <https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/projects/re-co>, (10.03.2019).

- [13] [DIN2014] DIN Deutsches Institut für Normung e. V.: Qualitätsmanagementsysteme – Grundlagen und Begriffe (ISO/DIS 9000:2014), 2014.
- [14] [HER2016] Herrmann, J.; Fritz, H: Qualitätsmanagement – Lehrbuch für Studium und Praxis, Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 2016 S. 30ff.
- [15] [MAI2016] R. Mai: 8 Jahre Energetische Inspektion von Klimaanlage – ein Status Quo, ILK Dresden http://tga-kongress.de/wp-content/uploads/2016/04/04_Mai.pdf, letzter Zugriff: 12.02.2019.
- [16] [AME2017] Mechanical and Electrical Engineering Working Party of National, Regional and Local Authorities (AMEV): Technical Monitoring 2017, Technical Monitoring as an Instrument for Quality Assurance No135e, AMEV, 2017.
- [17] [VDI2017] VDI Verein Deutscher Ingenieure: Facility-Management – Technisches Monitoring von Gebäuden und gebäudetechnischen Anlagen, 2017.
- [18] [LEE2019] <https://new.usgbc.org/leed>, 2019.
- [19] [RIE2014] Rieger et al.: Re-Commissioning Services – Raising Energy Performance in Existing Non-Residential Buildings (Re-Co), Summary Final Evaluation Report, 2014, S. 39-45.
- [20] [MIL2011] Evan Mills: Building commissioning: a golden opportunity for reducing energy costs and greenhouse gas emissions in the United States, springerlink, 2011.
- [21] [MCK2016] McKinsey & Company, „Imagining construction’s digital future“, McKinsey Productivity Sciences Center, Singapur, 2016.

REHVA European Guidebook No.29: Qualitätsmanagement für Gebäude

Dieser Leitfaden gibt einen Überblick in das Technische Monitoring und die Inbetriebnahme von technischen Anlagen in Gebäuden für Bauherren, Bauträger und Mieter. Unter Verzicht von technischen Details wird das enorme wirtschaftliche Potential dieser Leistungen sowie die wichtigsten technischen Aspekte aufgezeigt. Dadurch entsteht ein praxisnaher Einblick für die Anwendung in Projekten.

REHVA Leitfäden:

- No. 1 Displacement Ventilation in Non-industrial Premises
- No. 2 Ventilation Effectiveness
- No. 3 Electrostatic Precipitators for Industrial Applications
- No. 4 Ventilation and Smoking
- No. 5 Chilled Beam Cooling
- No. 6 Indoor Climate and Productivity in Offices
- No. 7 Low Temperature Heating And High Temperature Cooling
- No. 8 Cleanliness of Ventilation Systems
- No. 9 Hygiene Requirement for Ventilation and Air-conditioning
- No. 10 Computational Fluid Dynamics in Ventilation Design
- No. 11 Air Filtration in HVAC Systems
- No. 12 Solar Shading – How to integrate solar shading in sustainable buildings
- No. 13 Indoor Environment and Energy Efficiency in Schools — Part 1 Principles
- No. 14 Indoor Climate Quality Assessment
- No. 15 Energy Efficient Heating and Ventilation of Large Halls
- No. 16 HVAC in Sustainable Office Buildings — A bridge between owners and engineers
- No. 17 Design of energy efficient ventilation and air-conditioning systems
- No. 18 Legionellosis Prevention in Building Water and HVAC Systems
- No. 19 Mixing Ventilation – Guide on mixing air distribution design
- No. 20 Advanced system design and operation of GEOTABS buildings
- No. 21 Active and Passive Beam Application Design Guide — For Global Application
- No. 22 Introduction to Building Automation, Controls and Technical Building Management
- No. 23 Displacement Ventilation
- No. 24 Fire Safety in Buildings — Smoke Management Guidelines
- No. 25 Residential Heat Recovery Ventilation
- No. 26 Energy Efficiency in Historic Buildings
- No. 27 HVAC Commissioning Process
- No. 28 NZEB Design Strategies for Residential Buildings in Mediterranean Regions
- No. 29 Quality Management for Buildings

REHVA Berichte:

- No. 1 REHVA Workshops at Clima 2005 — Lausanne
- No. 2 REHVA Workshops at Clima 2007 — Helsinki
- No. 3 REHVA Workshops at Clima 2010 — Antalya
- No. 4 REHVA nZEB Report
- No. 5 REHVA Workshops at Clima 2013 — Prague
- No. 6 REHVA Workshops at Clima 2016 — Aalborg