

Prof. Uwe Rotermund Ingenieurgesellschaft mbH & Co KG

# EVAGREEN

Qualitätssicherung und Evaluierung nachhaltiger Gebäude in  
Deutschland

Abschlussbericht über das Forschungsprojekt  
gefördert unter dem Az: 29391-25 von der  
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Prof. Dipl.-Ing. Uwe Rotermund M.Eng.

Dr.-Ing. Stefan Plesser

Dipl.-Ing. Stefan Nendza

Dipl. -Ing. Lars Altendorf

Höxter/Braunschweig, im Juni 2013

Abschlussbericht (Az. 29391-25)



Antragsteller:

Prof. Uwe Rotermund Ingenieurgesellschaft mbH & Co KG  
Prof. Dipl.-Ing. Uwe Rotermund M.Eng.  
Pfennigbreite 8  
37691 Höxter

Kooperationspartner:

IGS-Institut für Gebäude- und Solartechnik, TU Braunschweig  
Univ. Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch  
Mühlenpfordtstraße 23  
38106 Braunschweig

energydesign braunschweig GmbH  
Dr.-Ing. Stefan Plesser  
Mühlenpfordtstraße 23  
38106 Braunschweig

synavision GmbH  
Dipl.-Inform. Claas Pinkernell, Geschäftsführender Gesellschafter  
Gallierstraße 43  
52074 Aachen

Höxter/Braunschweig, den 27.06.2013

06/02		<b>Projektkennblatt</b> der <b>Deutschen Bundesstiftung Umwelt</b>			
Az	<b>29391</b>	Referat	<b>25</b>	Fördersumme	<b>125.000 €</b>
<b>Antragstitel</b>		<b>EVAgreen - Qualitätssicherung und Evaluierung nachhaltiger Gebäude in Deutschland</b>			
<b>Stichworte</b>					
Laufzeit		Projektbeginn		Projektende	
<b>1 Jahr 6 Monate</b>		<b>01.09.2011</b>		<b>28.02.2013</b>	
Zwischenberichte		Zwischenbericht vom		12.04.2012	
<b>Bewilligungsempfänger</b>		rotermund.ingenieure Prof. Uwe Rotermund Ingenieurgesellschaft mbH & Co.KG In der Mönchemühle Pfennigbreite 8 37671 Hörter			Tel 05271/697 999 8 Fax 05271/967 999 9
					<b>Projektleitung</b> Prof. Uwe Rotermund
					<b>Bearbeiter</b> Prof. Uwe Rotermund Dr.-Ing. Stefan Plesser Dipl.-Ing. Stefan Nendza Dipl.-Ing. Lars Altendorf
<b>Kooperationspartner</b>		IGS – Institut für Gebäude- und Solartechnik, TU Braunschweig Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch Technische Universität Braunschweig Mühlenpfordtstraße 23 38106 Braunschweig  energydesign braunschweig GmbH Dr. Ing. Stefan Plesser Mühlenpfordtstraße 23 38106 Braunschweig  synavision GmbH Dipl.-Inform. Claas Pinkernell, Geschäftsführender Gesellschafter Gallierstraße 43 52074 Aachen			
<p><b>Zielsetzung und Anlass des Vorhabens</b></p> <p>In den letzten Jahren wurden Gebäude zunehmend mit dem Ziel der Nachhaltigkeit errichtet und mit Nachhaltigkeitssystemen, wie BNB, DGNB, LEED etc. zertifiziert. Gemein ist diesen Systemen eine Nachhaltigkeitsbewertung zu einem entsprechenden Zeitpunkt, zumeist in der Errichtungsphase. Dabei fehlt bisher eine Evaluierung der zuvor erfolgten Nachhaltigkeitsbewertung in der Betriebsphase. Zudem erfolgt die zur Bewertung der wirtschaftlichen Dimension der Nachhaltigkeit entscheidende Lebenszykluskostenberechnung in einem so stark reduzierten Verfahren, dass sich daraus kaum Aussagen über die real zur erwartenden Lebenszykluskosten des Gebäudes ableiten lassen. Insbesondere fundierte Aussagen zu Interdependenzen zwischen bautechnischer Ausführung, Energieeffizienz und Lebenszykluskosten lassen sich aufgrund einer fehlenden, systematischen Evaluierung in der Betriebsphase bisher nicht treffen. Gleichzeitig lassen erste Analysen von zertifizierten Gebäuden erkennen, dass die hohen technisch-wirtschaftlichen Zielsetzungen im Betrieb nicht immer erreicht werden. Aus dieser Problemstellung ergibt sich die Zielsetzung dieses Projektes zur Entwicklung einer Methodik und eines Werkzeuges zur tech-</p>					

nisch-wirtschaftlichen Qualitätssicherung und Evaluierung nachhaltiger Gebäude über alle Phasen des Lebenszyklus.

### ***Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden***

In ersten Arbeitsschritt (AP1) wurden bereits abgeschlossene Projekte analysiert und evaluiert. Zwischen zertifizierten und nicht-zertifizierten Gebäuden des fm.benchmarkings wurde ein Kennzahlenvergleich in Bezug auf Errichtungskosten, Nutzungskosten, Energieverbräuchen und der Flächenproduktivität angestellt. Zudem ist der aktuelle Stand der Forschung im Energie- und Qualitätsmanagement abgebildet. Dabei werden deutliche Defizite in den Prozessstrukturen sowie ein Fehlen geeigneter Instrumente für ein effektives technisch-wirtschaftliches Energie- und Qualitätsmanagement identifiziert, die den Ansatz des Forschungsprojektes bestätigen.

Die Entwicklung der entsprechenden Tools und der Anwendungsmethodik erfolgte im Arbeitspaket 2 (AP 2). Das LZK-Controlling beschreibt den durchgängigen Prozess der Festlegung und Prüfung projektspezifischer Zielkennwerte an Gebäudenutzungs- und Lebenszykluskosten von der Planungs- über die Errichtungs- bis in die Betriebsphase hinein. Als Instrument zur Zielwertprüfung wurde die Zielwertmatrix entwickelt. Im Bereich des technischen Energie- und Qualitätsmanagements wurde der TaskManager als Demonstrator entwickelt. Das Internet-Werkzeug bietet dem Nutzer die Möglichkeit, über Webbrowser individuelle Checklisten mit ergänzender Fachinformation zu definieren und diese für die webbasierte Organisation beliebiger Prozesse zu verwenden.

In der Pilotanwendung (AP 3) wurden die beiden zuvor entwickelten Anwendungsmethodiken und Werkzeuge erprobt. Im Forschungsprojekt wurde die Anwendung des Tools „retro“ getestet, d.h. es wurden nicht die Daten von laufenden Neubauprojekten, sondern von bereits bestehenden Gebäuden erhoben und der Zielwertprüfung unterzogen. Zum LZK-Controlling wurden die Basisdaten der Pilotgebäude über das Tool Gebäudenutzungskostenrechner wie bei Neubauten berechnet. Diese wurden anschließend mit den Ist-Gebäudenutzungskosten der Piloten verglichen, um die Berechnungsergebnisse zu validieren. Die praktische Anwendungsfähigkeit des TaskManagers wurde im Feldtest unter der individuellen Struktur verschiedener Bauprojekte nachgewiesen. Die Durchführung erfolgte insbesondere anhand messtechnischer Analysen zum Energieverbrauch sowie zum Raumkomfort.

Auf Basis der Pilotanwendungen wurden die Methodik und die Tools im Arbeitspaket 4 validiert, überarbeitet und optimiert.

### ***Ergebnisse und Diskussion***

Als Ergebnis des Forschungsprojektes stehen Anwendungsmethodiken und Tools für ein effektives technisch-wirtschaftliches Energie- und Qualitätsmanagement und LZK-Controlling für die lebenszyklusphasenübergreifende Anwendung im Bauprozess von der Planung über die Errichtung bis in den Betrieb hinein zur Verfügung. Die Anwendungsmethodiken des wirtschaftlichen Lebenszykluskostencontrollings sowie des technischen Energie- und Qualitätsmanagements mit den Tools Zielwertmatrix und TaskManager wurde zudem in der Pilotanwendung erprobt und können nun in der Praxis eingesetzt werden.

### ***Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation***

Im Arbeitspaket 5 entstanden zur Verbreitung der Vorhabensergebnisse verschiedene Veröffentlichungen. Zudem wurde zum Abschluss des Projektes ein Forschungssymposium mit ausgewählten Teilnehmern abgehalten. Des Weiteren kommunizierten die Projektverantwortlichen die Forschungsergebnisse in Vorträgen auf nationalen Veranstaltungen und internationalen Konferenzen der breiten Fachöffentlichkeit.

### ***Fazit***

Durch den verstärkten Einsatz der Anwendungsmethodiken und Tools für ein effektives technisch-wirtschaftliches Energie- und Qualitätsmanagement und LZK-Controlling soll es zukünftig möglich sein, eindeutige technisch-wirtschaftliche Performance- und Qualitätsziele in einer frühen Phase im Planungsprozess zu definieren und über verschiedene Planungsphasen und die Errichtung bis in den Betrieb hinein laufend nachzuverfolgen. In der Praxis wird der Einsatz der Methodik zu einem wichtigen Feedback über die Qualität und Kosten im Gebäudebetrieb führen. Sie ermöglicht die systematische Analyse von Qualitätsmängeln und Kostenfallen sowie deren Vermeidung in zukünftigen Projekten. Auf dieser Grundlage wird eine lebenszyklusübergreifende Evaluierung von Nachhaltigkeitszielen ermöglicht, die den Ausgebern von Nachhaltigkeitszertifikaten und Investiv-Fördergebern als Erfolgskontrolle dienen kann, anhand derer zukünftige Zertifikats- und Förderbedingungen ausgerichtet werden können.



## Inhaltsverzeichnis

<b>Projektkennblatt</b> .....	<b>III</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>VII</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>IX</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>X</b>
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>1</b>
<b>Einleitung</b> .....	<b>2</b>
<b>Hauptteil</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Analyse und Evaluation abgeschlossener Projekte (AP 1)</b> .....	<b>5</b>
<b>1.1 Kennzahlenvergleich zertifizierte vs. nicht-zertifizierte Gebäude</b> .....	<b>5</b>
1.1.1 Errichtungskosten.....	5
1.1.2 Nutzungskosten.....	6
1.1.3 Flächenproduktivität .....	9
<b>1.2 Energie- und Qualitätsmanagement heute</b> .....	<b>9</b>
1.2.1 Qualitätsdefizite in der Praxis .....	9
1.2.2 Methoden des Qualitätsmanagements .....	10
1.2.3 Energieeinsparverordnung und Energetische Inspektionen.....	11
1.2.4 Gebäudemanagement nach DIN 32736.....	13
1.2.5 Energiemanagement nach GEFMA 124 .....	14
1.2.6 Energiemanagement nach DIN EN 16001 / DIN EN ISO 50001.....	15
1.2.7 Umweltmanagement nach EMAS und DIN EN ISO 14001 .....	16
1.2.8 Zertifizierungen der Nachhaltigkeit von Gebäuden.....	16
1.2.9 Weitere Konzepte der Qualitätssicherung im Betrieb .....	17
<b>1.3 Fazit</b> .....	<b>17</b>
<b>2 Anwendungsmethodik und Tools (Prozesskonzept) (AP 2)</b> .....	<b>19</b>
<b>2.1 LZK-Controlling</b> .....	<b>20</b>
2.1.1 Prozessmodell und Werkzeug .....	20
2.1.2 Zielwertvorgaben .....	23
2.1.3 Zielwertprüfung.....	33
2.1.4 Prüfbericht.....	36
<b>2.2 Werkzeuge u. Methoden für ein innovatives Energie- und Qualitätsmanagement (EQM)</b> .....	<b>39</b>
2.2.1 Anforderungen an ein Werkzeug für das Energie- und Qualitätsmanagement.....	39
2.2.2 Umsetzung einer aktiven Prozesssteuerung für das EQM .....	41
2.2.2.1 Grundfunktionen der Softwarelösung .....	41

2.2.2.2	Anwendung der Softwarelösung .....	43
2.2.3	Anwendungsmethodik: Standardisierte Zielwerte und Prüfmethoden.....	49
<b>3</b>	<b><i>Pilotanwendung (AP 3)</i></b> .....	<b>53</b>
<b>3.1</b>	<b>Pilotanwendung der LZK-Controlling-Tools</b> .....	<b>53</b>
3.1.1	Datenerfassung .....	53
3.1.2	Zielwertprüfung Pilotgebäude.....	54
<b>3.2</b>	<b>Demonstration des TaskManagers in Praxis</b> .....	<b>68</b>
3.2.1	Vorstellung der Pilotgebäude.....	68
3.2.2	Beschreibung der Pilotanwendung .....	74
<b>3.3</b>	<b>Bewertung der Pilotanwendung (AP 4)</b> .....	<b>79</b>
<b>4</b>	<b><i>Kommunikation und Information (AP 5)</i></b> .....	<b>80</b>
<b>5</b>	<b><i>Fazit</i></b> .....	<b>82</b>
<b>Anhang</b>	.....	<b>83</b>
	<b>A1 Zusammenfassung Forschungssymposium vom 06. Februar 2013</b> .....	<b>83</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>88</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Errichtungskosten zertifizierte vs. nicht-zertifizierte Gebäude .....	5
Abbildung 2: Kostenverteilung Errichtungs- und Nutzungskosten nach Nutzungsarten .....	6
Abbildung 3: Energiekosten zertifiziert vs. nicht-zertifiziert .....	7
Abbildung 4: Wasser-/Abwasserkosten zertifiziert vs. nicht-zertifiziert .....	8
Abbildung 5: Ver- und Entsorgungskosten zertifiziert vs. nicht-zertifiziert .....	8
Abbildung 6: Flächenproduktivität zertifizierte vs. nicht-zertifizierte Gebäude .....	9
Abbildung 7: Struktur eines Qualitätsregelkreises [Li11] .....	10
Abbildung 8 Beispiel einer Checkliste nach DIN 15239 [DIN07] und nach VDMA 24197 .....	11
Abbildung 9: Beispiel einer Checkliste nach VDMA 24197 .....	12
Abbildung 10: Beispiel einer ergänzenden Information nach VDMA 24197 .....	13
Abbildung 11: PDCA-Zyklus nach DIN EN 16001, Leitfaden Umweltbundesamt [BMU10] .....	15
Abbildung 12: Beeinflussbarkeit der LZK im Projektfortschritt .....	20
Abbildung 13: Ablaufplan zur Optimierung der Gebäudenutzungskosten bei Neubauten .....	21
Abbildung 14: Schematische Darstellung der Zielwertmatrix .....	23
Abbildung 15: Vergleich unterschiedlicher Gliederungen von Nutzungskosten .....	28
Abbildung 16: LZK-Berechnung Büro – alle Kostenarten (Vollkosten) .....	30
Abbildung 17: LZK-Berechnung Büro - nach DGNB/BNB berücksichtigte Kostenarten .....	31
Abbildung 18: Prozentuale Aufteilung der jährlichen Nutzungskosten Bürogebäude .....	32
Abbildung 19: Schematische Darstellung der Funktionsweise des GNKR .....	34
Abbildung 20: Feedback der Zielwertprüfung LZK über Ticketsystem (1) .....	37
Abbildung 21: Feedback der Zielwertprüfung LZK über Ticketsystem (2) .....	37
Abbildung 22: Feedback der Zielwertprüfung VES-Brennstoffe-Wärmeträger über Ticketsystem (1) .....	38
Abbildung 23: Feedback der Zielwertprüfung VES-Brennstoffe-Wärmeträger über Ticketsystem (2) .....	38
Abbildung 24: Bedeutung der Qualität in den Projektphasen .....	39
Abbildung 25: Methodik des Task Managers .....	40
Abbildung 26: Vorlagen durch TaskBuilder .....	42
Abbildung 27: Methodik des TaskOperators .....	43
Abbildung 28: Hauptseite Task Manager .....	44
Abbildung 29: Funktionen der aktiven Prozesssteuerung .....	44
Abbildung 30: Beispiel für einen „Wiki“-Eintrag aus dem Informationskatalog .....	46
Abbildung 31: Beispiel Basisinformationen .....	47
Abbildung 32: Beispiel Prüfmethodik Prüfnachweis .....	47
Abbildung 33: Beispiel Mängelticket .....	48
Abbildung 34: EnEV Berechnung U-Wert .....	51
Abbildung 35: Übereinstimmungsnachweis des Herstellers .....	51
Abbildung 36: Fotobeleg der Einbausituation .....	51
Abbildung 37: Datenerfassungsbogen – Dateneingabe .....	54
Abbildung 38: Datenerfassungsbogen – Bezeichnung und Standort .....	54
Abbildung 39: Datenerfassungsbogen - Nutzung .....	55
Abbildung 40: Datenerfassungsbogen – Weitere Gebäudedaten .....	55
Abbildung 41: Datenerfassungsbogen – Allgemeiner Gebäudezustand .....	55
Abbildung 42: Datenerfassungsbogen – Flächenangaben nach DIN 277 .....	56
Abbildung 43: Datenerfassungsbogen – Errichtungskosten .....	56
Abbildung 44: Datenerfassungsbogen – IGM objektbezogen .....	57

Abbildung 45: Datenerfassungsbogen – IGM nutzerbezogen .....	57
Abbildung 46: Datenerfassungsbogen – TGM.....	57
Abbildung 47: Datenerfassungsbogen – KGM .....	58
Abbildung 48: Datenerfassungsbogen – Ver- und Entsorgungskosten.....	58
Abbildung 49: Datenerfassungsbogen – Energie- und Medienverbrauch .....	58
Abbildung 50: Datenerfassungsbogen – Leistungszuordnung Energieverbrauch .....	59
Abbildung 51: Datenerfassungsbogen – Technisierungsgrad .....	59
Abbildung 52: Datenerfassungsbogen – Servicelevel Reinigung (innen) .....	59
Abbildung 53: Pilot 1 Zielwertprüfung Elektroenergie.....	61
Abbildung 54: Pilot 1 Zielwertprüfung Brennstoffe/Wärmeträger.....	61
Abbildung 55: Pilot 2 Zielwertprüfung Elektroenergie.....	62
Abbildung 56: Pilot 2 Zielwertprüfung Brennstoffe/Wärmeträger.....	62
Abbildung 57: Pilot 3 Zielwertprüfung Elektroenergie.....	63
Abbildung 58: Pilot 3 Zielwertprüfung Brennstoffe/Wärmeträger.....	63
Abbildung 59: Pilot 4 Zielwertprüfung Elektroenergie.....	64
Abbildung 60: Pilot 4 Zielwertprüfung Brennstoffe/Wärmeträger.....	64
Abbildung 61: Pilot 1 Zielwertprüfung LZK.....	66
Abbildung 62: Pilot 2 Zielwertprüfung LZK.....	66
Abbildung 63: Pilot 3 Zielwertprüfung LZK.....	67
Abbildung 64: Pilot 4 Zielwertprüfung LZK.....	67
Abbildung 65: Altbau Südostansicht .....	68
Abbildung 66: Neubau Nordwestansicht .....	68
Abbildung 67: Neubau Nordwestansicht .....	68
Abbildung 68: Grundriss EG Bismarckschule.....	69
Abbildung 69: Fernwärme Wärmetauscher .....	69
Abbildung 70: Lüftungsanlagen PH Neubau.....	69
Abbildung 71: Lüftungsanlage Altbau Aula .....	69
Abbildung 72: Aula-Trakt Bestand Südostansicht .....	70
Abbildung 73: Klassentrakt 3 Bestand Südostansicht .....	70
Abbildung 74: Mensa Neubau Südostansicht .....	70
Abbildung 75: Grundriss EG Gymnasium Elsa-Brändström.....	70
Abbildung 76: Gas-Brennwertkessel (Grundlast).....	71
Abbildung 77: Lüftungsanlage Küche Mensa .....	71
Abbildung 78: Lüftungsanlage Aula.....	71
Abbildung 79: Süd-Ostansicht .....	71
Abbildung 80: Ostansicht .....	71
Abbildung 81: Westansicht .....	71
Abbildung 82: zentrale Lüftungsanlage.....	72
Abbildung 83: TWW-Speicher .....	72
Abbildung 84: Küche.....	72
Abbildung 85: Aula-Trakt Bestand Südostansicht .....	72
Abbildung 86: Klassentrakt 3 Bestand Südostansicht .....	72
Abbildung 87: Mensa Neubau Südostansicht .....	72
Abbildung 88: Grundriss EG Berufsbildende Schule Metall- und Elektrotechnik, Hannover.....	73

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Ausgewählte Flächenkennzahlen .....	24
Tabelle 2: Ausgewählte Kennzahlen Errichtungskosten .....	24
Tabelle 3: Ausgewählte Kennzahlen Nutzungskosten.....	26
Tabelle 4: Ausgewählte Kennzahlen LZK .....	27
Tabelle 5: Detailstufen der LZK-Berechnung.....	35
Tabelle 6: Information der Kostenart VES-Elektroenergie/BGF .....	35
Tabelle 7: Information der Kostenart VES-Brennstoffe-Wärmeträger/BGF .....	36
Tabelle 8: Geeignete Zielwerte für Qualitätssicherung.....	50
Tabelle 9: Methodik der Zielwertprüfung für Wärmedurchgangskoeffizient.....	51
Tabelle 10: Methodik der Zielwertprüfung für Primärenergiebedarf.....	52
Tabelle 11: Methodik der Zielwertprüfung für Luftdichtheit.....	53
Tabelle 12: Pilotgebäude Grunddaten .....	69
Tabelle 13: Pilotgebäude Grunddaten .....	70
Tabelle 14: Pilotgebäude Grunddaten .....	71
Tabelle 15: Pilotgebäude Grunddaten .....	72
Tabelle 16: Zielwertprüfung für Pilotanwendung (Landeshauptstadt Hannover) .....	74
Tabelle 17: Zielwertprüfung für Pilotanwendung (Region Hannover) .....	75

## Abkürzungsverzeichnis

AMEV	Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Einrichtungen
AP	Arbeitspaket
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BGF	Bruttogrundfläche
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMU	Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BNB	Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
DeAL	Dezentrale Außenwandintegrierte Lüftungsgeräte
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
EM	Energiemanagement
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme
EnBop	Energetische Betriebsoptimierung
EnEV	Energiesparverordnung
EQM	Energie- und Qualitätsmanagement
EVA	Evaluierung von Energiekonzepten
GA	Gebäudeautomation
GEFMA	German Facility Management Association e.V.
GNKR	Gebäudenutzungskostenrechner
GNKR	Gebäudenutzungskostenrechner
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
IBM	Inbetriebnahmemanager
IGM	Infrastrukturelles Gebäudemanagement
IGS	Gebäude- und Solartechnik
IGS	Institut für Gebäude- und Solartechnik
ILKR	Immobilienlebenszykluskostenrechner
K	Kalibrierfaktor
KGM	Kaufmännisches Gebäudemanagement
KGR	Kostengruppe
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
LZK	Lebenszykluskosten
NF	Nutzfläche
NGF	Nettogrundfläche
NK	Nutzungskosten
PDCA	Plan-Do-Check-Act
PT	Temperaturfühler
q <sub>v</sub>	Luftvolumenstrom
RL	Rücklauf
SFP	Spezifische Ventilatorleistung
SPC	Statistical Process Control
TA	Außentemperatur
TGM	Technisches Gebäudemanagement
TRL	Rücklauftemperatur

TVL	Vorlauftemperatur
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau
VES	Ver- und Entsorgung
VL	Vorlauf
WKSP	Wärme- und Kältespeicherung

## Zusammenfassung

Immer öfter werden Neubauten „nachhaltig“ errichtet und zertifiziert. Eine lebenszyklusübergreifende Evaluierung der Nachhaltigkeitsziele und Erfolgskontrolle im Betrieb fehlt aber noch. Der wichtige Aspekt der Lebenszykluskostenberechnung wird mittels stark vereinfachter Berechnungen durchgeführt und ist für die langfristige Bewertung der Lebenszykluskosten nur bedingt geeignet. Auch von energetischer Seite ist der Ansatz, alle Leistungsphasen inkl. des Gebäudebetriebs zu betrachten, bis heute weder konsequent noch effektiv umgesetzt.

Ausgehend von diesem Hintergrund ist es das Ziel des Forschungsprojektes EVAgreen eine Methodik und Werkzeuge zur technisch-wirtschaftlichen Qualitätssicherung nachhaltiger Gebäude zu entwickeln. Dazu wurden bereits abgeschlossene Projekte analysiert und evaluiert. Zwischen zertifizierten und nicht-zertifizierten Gebäuden wurde ein Kennzahlenvergleich in Bezug auf Errichtungskosten, Nutzungskosten, Energieverbräuche und der Flächenproduktivität angestellt. Zudem ist der aktuelle Stand der Forschung im Energie- und Qualitätsmanagement abgebildet. Dabei werden deutliche Defizite in den Prozessstrukturen sowie ein Fehlen geeigneter Instrumente für ein effektives technisch-wirtschaftliches Energie- und Qualitätsmanagement identifiziert, die den Ansatz des Forschungsprojektes bestätigen.

Daraufhin erfolgte die Entwicklung der entsprechenden Tools und der Anwendungsmethodik. Das LZK-Controlling beschreibt den durchgängigen Prozess der Festlegung und Prüfung projektspezifischer Zielkennwerte an Gebäudenutzungs- und Lebenszykluskosten von der Planungs- über die Errichtungs- bis in die Betriebsphase hinein. Als Instrument zur Zielwertprüfung wurde die Zielwertmatrix entwickelt. Im Bereich des technischen Energie- und Qualitätsmanagements wurde der TaskManager als Demonstrator entwickelt. Das Internet-Werkzeug bietet dem Nutzer die Möglichkeit, über Webbrowser individuelle Checklisten mit ergänzender Fachinformation zu definieren und diese für die webbasierte Organisation beliebiger Prozesse zu verwenden. In der Pilotanwendung wurden die beiden zuvor entwickelten Anwendungsmethodiken und Werkzeuge erprobt.

Als Ergebnis des Forschungsprojektes stehen Anwendungsmethodiken und Tools für ein effektives technisch-wirtschaftliches Energie- und Qualitätsmanagement und LZK-Controlling für die lebenszyklusphasenübergreifende Anwendung im Bauprozess von der Planung über die Errichtung bis in den Betrieb hinein zur Verfügung.

Durch den verstärkten Einsatz der Anwendungsmethodiken und Tools für ein effektives technisch-wirtschaftliches Energie- und Qualitätsmanagement und LZK-Controlling soll es zukünftig möglich sein, eindeutige technisch-wirtschaftliche Performance- und Qualitätsziele in einer frühen Phase im Planungsprozess zu definieren und über verschiedene Planungsphasen und die Errichtung bis in den Betrieb hinein laufend nachzuverfolgen. In der Praxis wird der Einsatz der Methodik zu einem wichtigen Feedback über die Qualität und Kosten im Gebäudebetrieb führen. Sie ermöglicht die systematische Analyse von Qualitätsmängeln und Kostenfallen sowie deren Vermeidung in zukünftigen Projekten. Auf dieser Grundlage wird eine lebenszyklusübergreifende Evaluierung von Nachhaltigkeitszielen ermöglicht, die den Ausgebern von Nachhaltigkeitszertifikaten und Investiv-Fördergebern als Erfolgskontrolle dienen kann, anhand derer zukünftige Zertifikats- und Förderbedingungen ausgerichtet werden können.



## Einleitung

In den letzten Jahren wurden in Deutschland in zunehmender Zahl Gebäude mit dem Ziel der Nachhaltigkeit errichtet und nach Systemen wie DGNB, BNB, LEED, BREEAM usw. zertifiziert. Diese enthalten dabei eine Vielzahl von Annahmen, Klassifizierungen und vereinfachenden Berechnungen, ohne die eine Bewertung nicht praktikabel durchgeführt werden könnte, und beschränken sich weitestgehend auf die Leistungsphasen bis zur Fertigstellung der Gebäude. Der Lebenszyklusansatz wird zwar grundsätzlich verfolgt, jedoch weder durchgängig noch effektiv in Anforderungsprofilen, Methoden und Werkzeugen umgesetzt.

Der wichtige Aspekt der Lebenszykluskostenberechnung wird mit Hilfe von Standardverfahren zunehmend berücksichtigt; in den deutschen Systemen erfolgen auch erste Berechnungen hierzu. Diese Berechnungen sind jedoch oftmals stark vereinfacht und für die langfristige Bewertung der Lebenszykluskosten nur bedingt geeignet. Der technisch-wirtschaftliche Erfolg in der Betriebsphase, in der viele Nachhaltigkeitsversprechen wie Wirtschaftlichkeit, Energieeffizienz, Nutzerkomfort oder Flexibilität erst eingelöst werden müssen, wird nur in Ansätzen oder gar nicht überprüft und zeigt zum Teil Ergebnisse, die deutlich hinter den Zielsetzungen zurückbleiben [TF08; IO09]. Da die Daten der Energiebedarfsberechnung und der LZK-Berechnung jedoch vielfach auf Annahmen und Ersteinschätzungen beruhen, können die Ist-Daten in der Betriebsphase hiervon deutlich abweichen.

Detaillierte Berechnungen haben ergeben, dass bei einem Betrachtungszeitraum von  $n > 25$  Jahren die Differenz der Lebenszykluskosten (LZK) (optimierter vs. normaler Entwurf) ca. das 1,5-fache der Errichtungskosten betragen. Insofern muss der optimierten Berechnung mit an realen Kosten kalibrierten Tools, der Planungsbegleitung und der langfristigen Optimierung eine hohe Bedeutung beigegeben werden. So ist die Überprüfung mit realen Kosten erforderlich, um die zurzeit zum Teil stark divergierenden Annahmen in Wirtschaftlichkeitsberechnungen zu validieren und zu harmonisieren.

Auch von energetischer Seite ist der Ansatz, alle Leistungsphasen inkl. des Gebäudebetriebs zu betrachten, bis heute weder konsequent noch effektiv umgesetzt. Wie zahlreiche Forschungsvorhaben in den letzten Jahren gezeigt haben, werden in der Betriebspraxis die energetischen Ziele innovativ geplanter Gebäude oft nicht erreicht. Die Ursachen sind vielfältig, können aber unter dem Oberbegriff einer unzureichenden Qualität zusammengefasst werden. Ursachen liegen sowohl in den gestiegenen Anforderungen der Gebäudekonzepte wie auch in unausgereiften Qualitätssicherungsprozessen. Obwohl allein im Bereich Energie betriebliche Einsparpotenziale von 5-30 % in Gebäuden durch Betriebsüberwachung und -optimierung bekannt sind, ist in der Konsequenz dieses Defizits eine Qualitätssicherung für Nachhaltigkeit von der Planung bis in den Betrieb auch in Förderprogrammen für nachhaltiges bzw. energieeffizientes Bauen z.B. der Kreditanstalt für Wiederaufbau kaum vorhanden. Dabei ist die Betriebsphase im realen Nutzungsalltag entscheidend für den Erfolg eines Gebäudekonzepts, weil die geplanten Nachhaltigkeitsziele in Bezug auf Wirtschaftlichkeit, Energieeffizienz und Nutzungskomfort jetzt erst auf dem Prüfstand stehen. Die zunehmend komplexeren Gebäudesysteme bieten zwar das Potential, einen energetisch optimierten Betrieb zu realisieren, gleichzeitig erhöht sich die Gefahr von Mängeln bei der Installation, dem Betrieb und der Wartung der Anlagen. Die Innovation erhöht das Performancerisiko.

Es fehlt eine als Prozess eindeutig definierte Qualitätssicherung sowohl in Bezug auf die Nachhaltigkeit der einzelnen Gebäude als auch hinsichtlich der Effektivität der Zertifizierungsmethoden und entsprechend optimierte Planungswerkzeuge und Tools. Bis heute ist diese Erfolgskontrolle der ur-

sprünglichen Berechnungen in Zertifizierungsmethoden wenn überhaupt nur in ersten Ansätzen vorhanden.

Die hohen klimapolitischen Ziele in Europa und Deutschland sind bis in die Jahre 2020 bzw. 2050 umzusetzen. Es besteht deshalb die Notwendigkeit für die Entwicklung entsprechender integraler Methoden zur Qualitätssicherung, um die Energieeffizienzziele für zukünftige Gebäude im Betrieb tatsächlich zu erreichen. Die bisherigen Forschungsprojekte lassen vermuten, dass Dienstleistungen, die die Methode der Integralen Qualitätssicherung umsetzen, in Bezug auf die zu erwartenden Einsparungen wirtschaftlicher sind, als entsprechende zusätzliche Investitionen in bauliche Maßnahmen.

Der Einsatz leistungsfähigerer Methoden und Werkzeuge zur Umsetzung des Qualitätsmanagements werden als wesentlicher Lösungsansatz angesehen, um die derzeitige Kluft zwischen ehrgeizigen Zielen in der Planung und der tatsächlichen Performance im Betrieb zu minimieren. Dazu sind methodische Ansätze für ein Energie- und Qualitätsmanagementsystem für Gebäude zu entwickeln, mit dem sich Qualitätssicherungsprozesse im Laufe der Projektphasen einfach und effektiv organisieren lassen. Dazu sollen Werkzeuge als Demonstratoren entstehen, mit der geschlossene Qualitätsregelkreise aufgebaut werden können, wie sie in der Industrie längst Stand der Technik sind.

Ausgehend von diesem Hintergrund ist es das Ziel des Forschungsprojektes **EVAGREEN** eine Methodik und Werkzeuge zur technisch-wirtschaftlichen Qualitätssicherung nachhaltiger Gebäude zu entwickeln. Die wichtigsten Unterziele sind:

- Die Berücksichtigung aller relevanten technischen und wirtschaftlichen Aspekte
- Die sehr frühe Einbringung detaillierter Berechnungen in frühen Projektphasen, z.B. in Architekturwettbewerben
- Die kontinuierliche Dokumentation der Berechnungen im Projektfortschritt
- Die Vorgaben zur Durchführung der Berechnungen in allen Planungsphasen mit identischen bzw. aufeinander aufbauenden Tools
- Die kontinuierliche Evaluation durch Soll-Ist-Vergleiche zur Qualitätssicherung
- Die Durchgängigkeit der Methodik über alle Phasen des Lebenszyklus
- Die weitest gehende Vereinfachung der Methodik
- Die Nutzbarmachung der Methodik und Tools für die Marktteilnehmer
- Die Vermarktung der Tools durch die Projektpartner Die Methodik ermöglicht die bisher in allen Zertifizierungsansätzen fehlende effektive Qualitätssicherung für Ziele der Nachhaltigkeit im Rahmen eines schlanken projektbegleitenden Prozesses.

Im Ergebnis werden zum einen individuelle Gebäude bei der Erreichung Ihrer Ziele unterstützt. Darüber hinaus entsteht durch die Anwendung auch das wichtige Feedback zur Evaluation von nachhaltigen Gebäuden und zur Effektivität von Zertifizierungssystemen, so dass diese in ihren Methoden kontinuierlich verbessert, in ihren Randbedingungen „kalibriert“ und in ihrer Anwendung vereinfacht werden können. Die Kalibrierung wird auch für die kontinuierliche Weiterentwicklung des Werkzeugs genutzt.

Es wird in Zusammenarbeit mit Förderinstitutionen, eine Anerkennung der Methoden für den Nachweis (z.B. durch DGNB etc.) angestrebt. Die Bearbeitung des Projektes wurde in fünf Arbeitspakete (AP) gegliedert. In AP 1 „Analyse und Evaluation abgeschlossener Projekte“ wurden die vorliegenden Daten aus dem fm.benchmarking Berichten 2010/2011 [PUR10] und 2011/2012 [PUR12a] (Rohdaten) in Bezug auf Lebenszyklus- und Nutzungskosten sowie Energieeffizienz und Ressourcenverbrauch hin analysiert. Dazu wurden die Daten zertifizierter und nicht-zertifizierter Gebäude des Datenpools aufbereitet und gegenübergestellt.

In AP 2 „Entwicklung der Methodik und der Tools“ wurden die Tools und deren Anwendungsmethodiken entwickelt. Dabei wurden sowohl die inhaltlichen Fragestellungen erarbeitet als auch die formal-technische Umsetzung mit den notwendigen Schnittstellen zu bestehenden Methoden und Werkzeugen (z.B. DGNB, BNB, DIN V 18599, Energie-Navigator und Gebäudenutzungskostenrechner). Zudem erfolgte die Entwicklung eines allgemeinen Prozessmodells für den Tooleinsatz, die individuelle Qualitätssicherung sowie die übergreifende Evaluierung in den Phasen Zieldefinition, Planung/Errichtung und Betrieb. Die Anwendungsmethodik wurde im Projektverlauf mit Investiv-Fördergebern (proKlima, DBU) abgestimmt, um eine Förderwürdigkeit der Qualitätssicherung in Zukunft zu erleichtern. Darüber hinaus erfolgte die Definition von relevanten und geeigneten technischen und wirtschaftlichen Qualitätsindikatoren und Merkmalen einschließlich der Methoden zur Darstellung und Prüfung.

In AP 3 wurden die entwickelte Methodik und die Tools in einer Pilotanwendung erprobt. Um eine zügige und effektive Bearbeitung sicherzustellen, erfolgte die Bearbeitung bei Gebäuden im Betrieb. Dazu wurden im Bereich der Wirtschaftlichkeit die Bau-, Baunutzungs- und Lebenszykluskosten erfasst und anhand zuvor definierter Zielkennwerte überprüft. Abschließend erfolgte die Auswertung der Ergebnisse zur Überarbeitung der Tools und Anwendungsmethodik.

Auf Basis der Pilotanwendungen wurden in AP 4 die Methodik und Tools validiert, überarbeitet und optimiert. Für Gebäudenutzer und –eigentümer wurden Empfehlungen formuliert, um die Tools und Anwendungsmethodik bei ihren Projekten in der Praxis anwenden zu können.

In AP 5 Kommunikation und Information wurden Fachveröffentlichungen erstellt und Vorträge gehalten, um die Arbeitsergebnisse zu publizieren und einem breiten Kreis von Experten zugänglich zu machen. Die Ergebnisse wurden zusammenfassend dokumentiert und der Fachwelt in einem Forschungssymposium präsentiert.

## Hauptteil

### 1 Analyse und Evaluation abgeschlossener Projekte (AP 1)

#### 1.1 Kennzahlenvergleich zertifizierte vs. nicht-zertifizierte Gebäude

##### 1.1.1 Errichtungskosten

Im AP 1 wurden zunächst die Rohdaten zertifizierter und nicht-zertifizierter Gebäude aus dem Datenpool der fm.benchmarking Berichte 2010/2011 [PUR10] und 2011/2012 [PUR12a] aufbereitet und in Bezug auf Lebenszyklus- und Nutzungskosten sowie Energieeffizienz und Ressourcenverbrauch gegenübergestellt. Die Datengrundlage bilden 94 Büro- und Verwaltungsgebäude, die durch anerkannte Systeme zertifiziert wurden, mit einer BGF von insgesamt 636.400 m<sup>2</sup>. Diese wurden 1.399 nicht-zertifizierten Büro- und Verwaltungsgebäuden mit insgesamt 8,5 Mio. m<sup>2</sup> BGF gegenübergestellt [Pro12a]. Als Diagrammtyp wurden so genannte Box-Plots gewählt, die jeweils das 10%-Perzentil, das 25%-Quartil, den Median, das 75%-Quartil und das 90%-Perzentil abbilden. Diese Darstellung hat den Vorteil, dass über die Mittelwerte hinaus zusätzlich die Streuung der Werte abgebildet wird. Zur Berechnung der LZK gehen neben den langfristigen Nutzungskosten auch die Errichtungskosten der Gebäude ein. Aus diesem Grund wurde der Frage nachgegangen, welche Mehrkosten bei der Errichtung von zertifizierten Gebäuden anfallen.

Abbildung 1 zeigt eine Auswertung aus dem fm.benchmarking Bericht 2011/2012 [PUR12a], in der die Errichtungskosten von zertifizierten und nicht-zertifizierten Gebäuden miteinander verglichen wurden. Basis für die Errichtungskosten bilden die Kostengruppen (KGR) 300 „Bauwerk“ und 400 „Gebäudetechnik“ der DIN 276 (Kosten im Bauwesen, Teil 1: Hochbau).

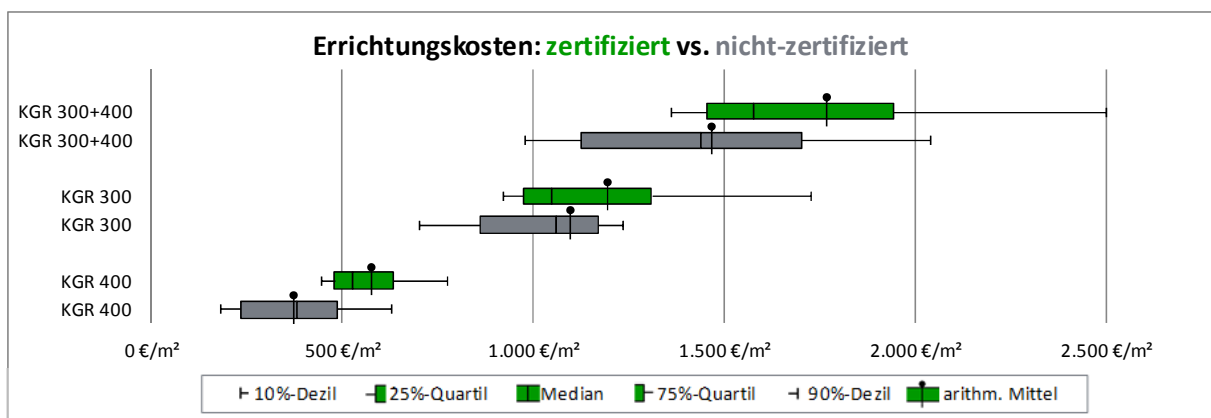


Abbildung 1: Errichtungskosten zertifizierte vs. nicht-zertifizierte Gebäude<sup>1</sup>

Als Ergebnis der Datenanalyse fällt auf, dass zertifizierten Gebäude in der Errichtung deutlich teurer sind. In der Summe der Errichtungskosten über beide Kostengruppen (300 + 400) liegen die zertifizierten Gebäude im Median mit 1.578 €/m<sup>2</sup>BGF um 10% und im arithmetischen Mittel mit 1.768 €/m<sup>2</sup>BGF um 21% über den nicht-zertifizierten Gebäuden (Median: 1.438 €/m<sup>2</sup>BGF; MW: 1.467

<sup>1</sup> Vergleich von 94 „nachhaltigen“ Bürogebäuden (636.400 m<sup>2</sup> BGF) mit 1.399 konventionellen Bürogebäuden (8,5 Mio. m<sup>2</sup> BGF)

€/m<sup>2</sup>BGF). Insbesondere nach oben sind einige Ausreißer zu verzeichnen, so liegt das 90%-Dezil der zertifizierten Gebäude mit 2.500 €/m<sup>2</sup>BGF um 34% teuer als bei den nicht-zertifizierten Gebäuden mit 1.860 €/m<sup>2</sup>BGF. Die günstigsten zertifizierten Gebäude sind ebenfalls deutlich teurer als die günstigsten nicht-zertifizierten Gebäude. So liegt das 10%-Dezil der zertifizierten Gebäude mit 1.361 €/m<sup>2</sup>BGF um 29% teuer als das der nicht-zertifizierten mit 975 €/m<sup>2</sup>BGF.

Vor allem die im Mittelwert um ca. 200 €/m<sup>2</sup> BGF und somit 55% höheren Kosten für die Gebäudetechnik (KGR 400 DIN 276) fallen hier ins Gewicht. Die zertifizierten Gebäude weisen hier ein arithmetisches Mittel von 574 €/m<sup>2</sup>BGF auf, die nicht-zertifizierten von 370 €/m<sup>2</sup>BGF. Dieser Kostennachteil wird sich durch erhöhte Aufwendungen für Instandhaltung und Sanierung der technischen Anlagen über den Lebenszyklus weiter verstärken.

In der KGR 300 nach DIN 276 haben beide Vergleichsgruppen im Median fast gleich hohe Errichtungskosten um die 1.050 €/m<sup>2</sup>BGF. Allerdings beginnen auch hier die günstigsten zertifizierten Gebäude mit 919 €/m<sup>2</sup>BGF im 10%-Dezil bei höheren Errichtungskosten als die günstigsten nicht-zertifizierten Gebäude mit 701 €/m<sup>2</sup>BGF. Zudem gibt es bei den zertifizierten Gebäuden mehr Ausreißer nach oben. So liegt das 90%-Dezil der zertifizierten Gebäude bei 1.726 €/m<sup>2</sup>BGF und somit um 40% höher als die nicht-zertifizierten Gebäude mit 1.235 €/m<sup>2</sup>BGF. Demzufolge sind die zertifizierten Gebäude im arithmetischen Mittel mit 1.194 €/m<sup>2</sup>BGF um 9% teurer als die nicht-zertifizierten Gebäude mit 1.096 €/m<sup>2</sup>BGF.

### 1.1.2 Nutzungskosten

Den weitaus größeren Anteil an den Lebenszykluskosten als die Errichtungskosten bilden die Gebäudenutzungskosten. Nach Berechnungen über die Mittelwerte von Bürogebäuden im fm.benchmarking Bericht 2012/2013 [PUR12b] beträgt das Verhältnis von Nutzungs- zu Errichtungskosten über einen Betrachtungszeitraum entsprechend den mittleren Nutzungsdauern nach Anlage 1 Sachwertrichtlinie 85% zu 15% zugunsten der Nutzungskosten, wie in Abbildung 2 dargestellt ist.

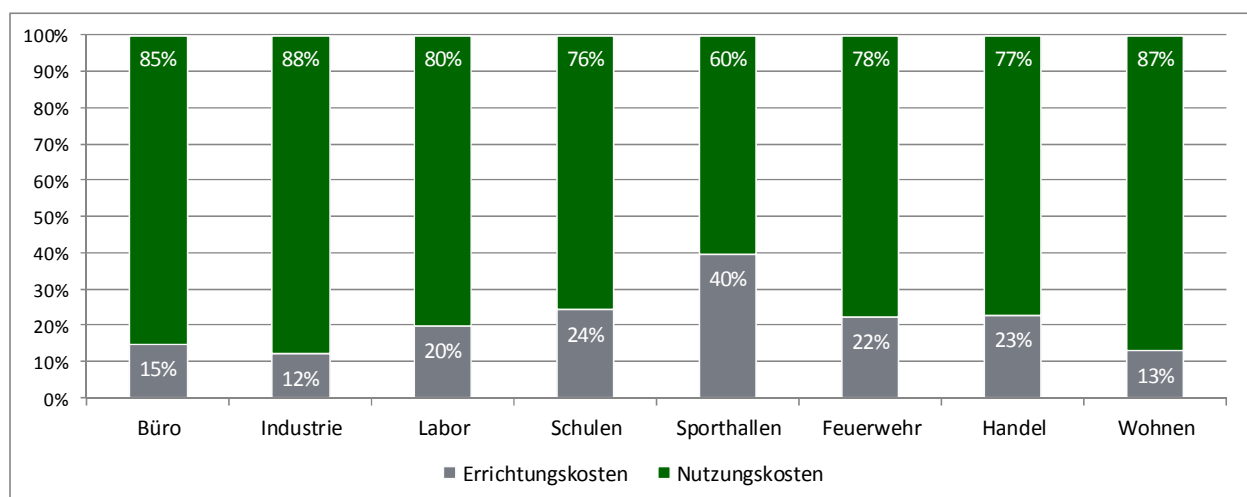


Abbildung 2: Kostenverteilung Errichtungs- und Nutzungskosten nach Nutzungsarten<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Datengrundlage: Mittelwerte fm.benchmarking Bericht 2012/2013

Abbildung 3 zeigt zunächst eine Gegenüberstellung der Energiekosten von zertifizierten und nicht-zertifizierten Gebäuden. Bei den Kosten an Brennstoffen/Wärmeträgern liegen die besten zehn Prozent (10%-Perzentil) und die besten 25 Prozent (25%-Quartil) der zertifizierten Gebäude etwas günstiger als die nicht-zertifizierten Gebäude. In Bezug auf den Median, das 75%-Quartil und das 90%-Perzentil weisen allerdings die nicht-zertifizierten Gebäude leicht geringere Kosten auf. Da alle Zertifizierungssysteme einen besonderen Wert auf Energieeffizienz legen, ist dieses Ergebnis bemerkenswert. Eine mögliche Erklärung könnte darin liegen, dass der energetische Baustandard durch die Vorschriften der Energieeinsparverordnung (EnEV) in Deutschland auch bei nicht-zertifizierten Gebäuden bereits auf einem sehr hohen Level liegt. Die Kosten für Brennstoffe und Wärmeträger machen nach dem fm.benchmarking Bericht 2011/2012 [PUR12a] im Durchschnitt ca. 3,5% aller Nutzungskosten bei Bürogebäuden aus.

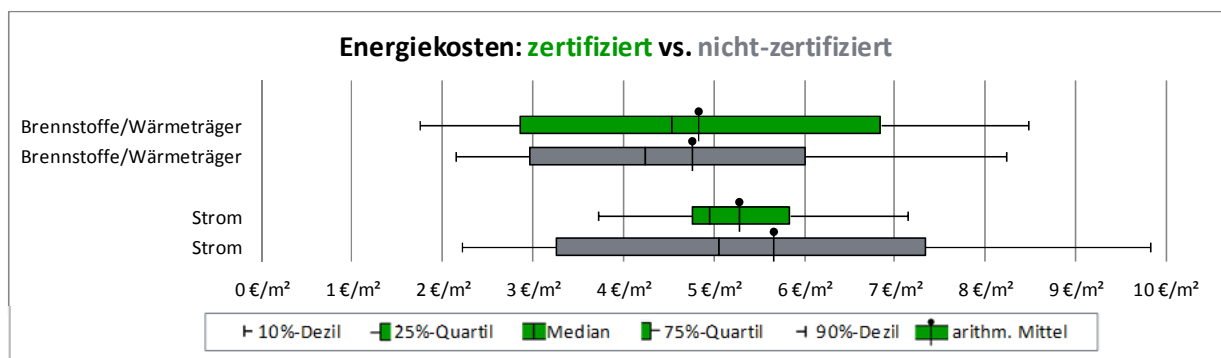


Abbildung 3: Energiekosten zertifiziert vs. nicht-zertifiziert<sup>3</sup>

Ein gemischtes Bild zeigt sich auch bei Betrachtung der Box-Plots für die Stromkosten. In den unteren zehn und 25 Prozent betragen die Kosten der zertifizierten Bürogebäude jeweils über 1 €/m<sup>2</sup> mehr als die der nicht-zertifizierten Gebäude. Der Median liegt etwa gleich auf und in dem 75%-Quartil sowie dem 90%-Quartil sind die zertifizierten Gebäude deutlich günstiger. Der Grund hierfür könnte in einem höheren Technisierungsgrad der zertifizierten Gebäude liegen, der einen entsprechenden Stromverbrauch nach sich zieht. Dagegen werden zu starke Ausreißer nach oben von den Zertifizierungssystemen mit einer schlechteren Bewertung bestraft, so dass die Bemühung um einen nicht zu hohen Strombedarf deutlich wird. Die Stromkosten machen im Durchschnitt ca. vier Prozent aller Nutzungskosten bei Bürogebäuden aus.

Die Kosten für Wasser und Abwasser sind bei den zertifizierten Gebäuden geringer als bei den nicht-zertifizierten, wie in Abbildung 4 zu sehen ist. Die absolute Höhe der Kosten liegt allerdings überwiegend im Bereich von ca. 0,30 bis 1 €/m<sup>2</sup> BGF, so dass die Kostenwirkung dieser Kostenart in Bezug auf die gesamten Nutzungskosten nicht allzu hoch eingeschätzt werden kann. Die addierten Kosten für Wasser und Abwasser belaufen sich im Durchschnitt nur auf ca. 1,5% aller Nutzungskosten bei Bürogebäuden.

<sup>3</sup> Vergleich von 94 „nachhaltigen“ Bürogebäuden (636.400 m<sup>2</sup> BGF) mit 1.399 konventionellen Bürogebäuden (8,5 Mio. m<sup>2</sup> BGF)

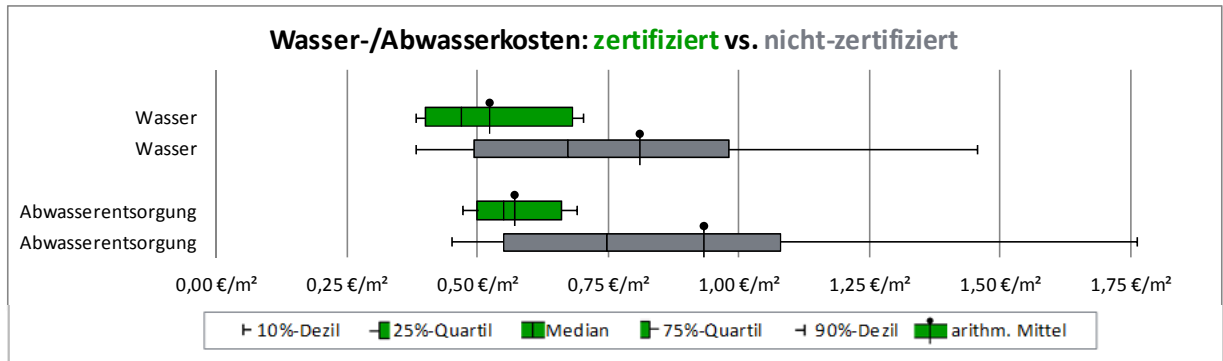


Abbildung 4: Wasser-/Abwasserkosten zertifiziert vs. nicht-zertifiziert<sup>4</sup>

Abbildung 5 zeigt die Summe der hier dargestellten Ver- und Entsorgungskosten von Brennstoffen/Wärmeträgern, Strom, Wasser und Abwasser im Vergleich von zertifizierten und nicht-zertifizierten Büro- und Verwaltungsgebäuden. Die nicht-zertifizierten Gebäude liegen im 10%-Perzentil (5,19 €/m<sup>2</sup> BGF) und im 25%-Quartil (7,24 €/m<sup>2</sup> BGF) günstiger als die zertifizierten Gebäude (10%-Perzentil: 6,31 €/m<sup>2</sup> BGF; 25%-Quartil: 8,53 €/m<sup>2</sup> BGF). Im Median befinden sich die beiden Gebäudekategorien fast auf Augenhöhe (zertifiziert: 10,51 €/m<sup>2</sup> BGF; nicht-zertifiziert: 10,70 €/m<sup>2</sup> BGF) mit leichtem Vorteil für die Green Buildings. Die Streuung in die oberen Kostenbereiche ist bei den zertifizierten Gebäuden geringer ausgeprägt. So beträgt das 75%-Quartil bei den zertifizierten Gebäuden 13,99 €/m<sup>2</sup> BGF und bei den nicht-zertifizierten 15,39 €/m<sup>2</sup> BGF. Zudem weisen die zertifizierten Gebäude weniger deutliche Ausreißer nach oben auf: Das 90%-Perzentil befindet sich bei 16,97 €/m<sup>2</sup> BGF im Vergleich zu 21,26 €/m<sup>2</sup> BGF bei den nicht-zertifizierten Gebäuden.

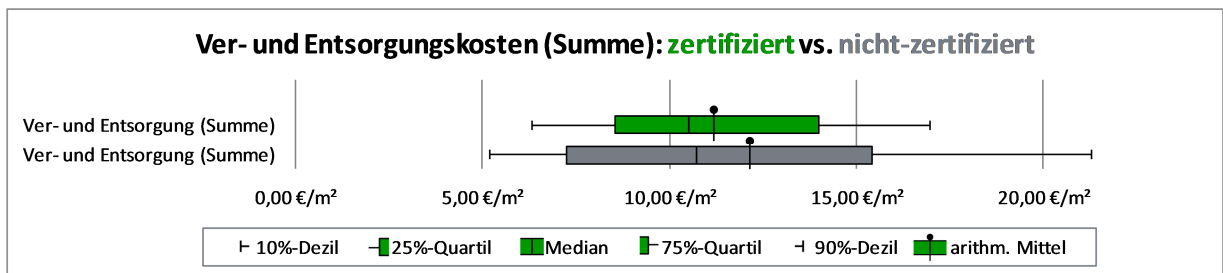


Abbildung 5: Ver- und Entsorgungskosten zertifiziert vs. nicht-zertifiziert<sup>5</sup>

Festzuhalten ist, dass die zertifizierten und nicht-zertifizierten Bürogebäude in der Mitte etwa gleich hohe Ver- und Entsorgungskosten von 10,50 €/m<sup>2</sup> BGF bis 10,70 €/m<sup>2</sup> BGF aufweisen. Die Streuung um den Median ist bei den zertifizierten Gebäuden insgesamt geringer ausgeprägt als bei den nicht-zertifizierten Gebäuden. Das Ergebnis zeigt eindeutig, dass Green Buildings in Deutschland nicht zwangsläufig energieeffizienter sind als konventionelle Gebäude. Da gerade auf die Energieeffizienz in den Zertifizierungssystemen ein besonderer Fokus gelegt wird, ist dieses Ergebnis erstaunlich und lässt einen bereits sehr hohen energetischen Baustandard bei den konventionellen Gebäuden vermuten.

<sup>4</sup> Vergleich von 94 „nachhaltigen“ Bürogebäuden (636.400 m<sup>2</sup> BGF) mit 1.399 konventionellen Bürogebäuden (8,5 Mio. m<sup>2</sup> BGF)

<sup>5</sup> Vergleich von 94 „nachhaltigen“ Bürogebäuden (636.400 m<sup>2</sup> BGF) mit 1.399 konventionellen Bürogebäuden (8,5 Mio. m<sup>2</sup> BGF)



### 1.1.3 Flächenproduktivität

Der Anteil von verwertbaren Flächen (Netto-Grundfläche (NGF) und Nutzfläche nach DIN 277) an der BGF nach DIN 277 gibt Aufschluss über die Flächeneffektivität des Grundrisses eines Gebäudes. Über alle statistischen Lagemaße in Abbildung 6 weisen die zertifizierten Bürogebäude ein besseres Verhältnis von NGF zu BGF auf als die gegenübergestellten nicht-zertifizierten Gebäude. Im Median liegen die zertifizierten Gebäude bei 88,8% im Gegensatz zu 85,5% bei den nicht-zertifizierten Gebäuden.

Die bessere Flächenproduktivität bestätigt sich im Bereich des 10%-Perzentils, des 25%-Quartils und des Medians auch für das Verhältnis von Nutzfläche zu BGF. Im Median liegen die zertifizierten Gebäude bei 65,5% im Gegensatz zu 63,0% bei den nicht-zertifizierten Gebäuden. Beim 75%-Quartil und dem 90%-Perzentil beträgt die Nutzfläche für beide Kategorien etwa den gleichen Wert.

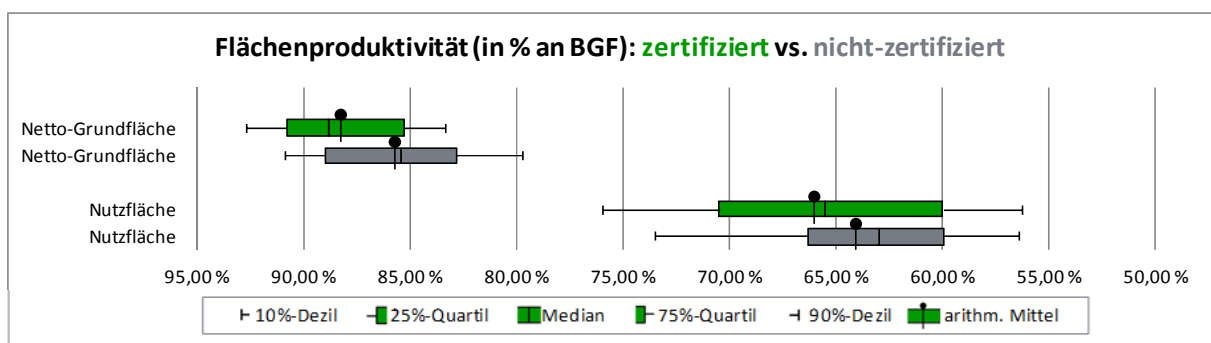


Abbildung 6: Flächenproduktivität zertifizierte vs. nicht-zertifizierte Gebäude<sup>6</sup>

Der Vergleich zeigt, dass die Green Buildings in Deutschland in der Regel eine etwas bessere Flächenproduktivität aufweisen als konventionelle Gebäude. Anscheinend kommt diesem Aspekt bei der Planung von zertifizierten Gebäuden eine besonders hohe Bedeutung zu.

## 1.2 Energie- und Qualitätsmanagement heute

Der Stand der Technik zum Energie- und Qualitätsmanagement wird im Folgenden aus zwei Blickwinkeln betrachtet: den in der Praxis festgestellten Qualitätsdefiziten und den vorliegenden Konzepten, diesen Defiziten entgegenzuwirken.

### 1.2.1 Qualitätsdefizite in der Praxis

Das IGS hat in den letzten Jahren zu diesem Themenkomplex u.a. die Projekte EVA-Evaluierung von Energiekonzepten für Bürogebäude (BWMi-Förderkennzeichen: 0327346A), WKSP-Wärme- und Kältespeicherung im Gründungsbereich energieeffizienter Nichtwohngebäude (BMWi-FKZ: 0327364A) und DeAL-Dezentrale Außenwandintegrierte Lüftungsgeräte (BWMi-FKZ: 0327386B), TwinSkin-Validierung von Doppelfassaden (DBU-AZ: 20258) sowie das Projekt Atrien (AZ: Z6-10.08.18.7-07.14) im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau bearbeitet.

<sup>6</sup> Vergleich von 94 „nachhaltigen“ Bürogebäuden (636.400 m<sup>2</sup> BGF) mit 1.399 konventionellen Bürogebäuden (8,5 Mio. m<sup>2</sup> BGF)



Mansson [Man97] zeigte schon im IEA Annex 17 Energieeinsparpotenziale von 10-30% durch Betriebsoptimierung auf. Dass die Ergebnisse in der Praxis oft deutlich hinter den Zielsetzungen zurückbleiben, belegt auch der Forschungsbereich „Energetische Betriebsoptimierung - EnBop“, unterstützt vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie und koordiniert durch das Institut für Gebäude- und Solartechnik der TU Braunschweig (IGS). Die Evaluierung des Betriebsmonitorings vieler Gebäude zeigt ein Einsparpotential von 10 bis 20 % beim Strom- und Wärmeverbrauch auf. Die Besonderheit dabei ist, dass sich in der Regel aufgrund der nicht- oder geringinvestiven Maßnahmen, eine hohe Wirtschaftlichkeit mit Amortisationszeiten unter 3 Jahren ergibt.

Im Forschungsprojekt EVA zeigten Fisch und Plesser mehr als 50 einzelne Fehlfunktionen in modernen Bürogebäuden in Deutschland auf [FP07]. Die Forschungsprojekte ModBen [Fra11] und OASE [Bau05] zeigten ähnliche Potentiale und Fehler. Eine Analyse von rund 150 einzelnen Betriebsfehlern in Demonstrationsgebäuden des Bundeswirtschaftsministeriums zeigte, dass ein erheblicher Teil der Fehler vollständig oder zum Teil von der Gebäudeautomation verursacht wurden [PF12]. Franzke und Schiller [FS11] haben bei Untersuchungen von 125 Klimaanlage nicht nur Einsparpotenziale von rund 30% berechnet, sondern auch festgestellt, dass nur rund 2% der Anlagen einer nach EnEV 2007 [EnEV07] erforderlichen Energetischen Inspektion unterzogen worden waren.

Die Problematik mangelhafter Qualität bei zertifizierten Gebäuden im Betrieb ist darüber hinaus auch international erkannt worden, u.a. in einer Feld-Untersuchung zur Energieeffizienz LEED-zertifizierter Gebäude in den USA [TF08].

### 1.2.2 Methoden des Qualitätsmanagements

Für Produktionsprozesse außerhalb des Baugewerbes sind umfangreiche Konzepte zur Qualitätssicherung entwickelt worden. Ziel der Überwachung und Steuerung ist die Erreichung von Prozessen, die fähig sind, die Qualitätsanforderungen zu erfüllen und beherrscht sind, also sich nur innerhalb definierter Grenzen oder auf bekannte Art und Weise verhalten. Linß [Li11] bezeichnet diese Statistische Prozessregelung (SPC - Statistical Process Control) auch als Regelkreis analog zu „echter“ Regelungstechnik, die in sogenannten Qualitätsregelkarten nachgehalten werden.

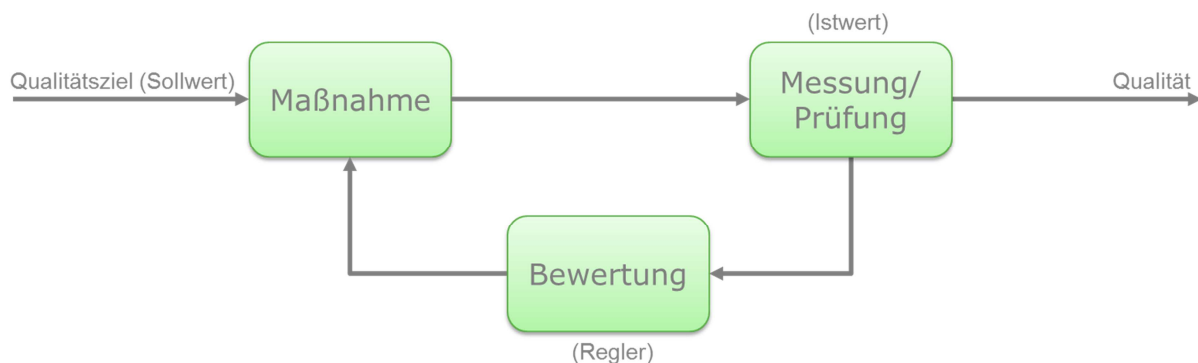


Abbildung 7: Struktur eines Qualitätsregelkreises [Li11]

In der Baubranche sind diese Art des strukturierten Qualitätsmanagements und die Entwicklung effektiver Werkzeuge bisher nur rudimentär umgesetzt. Einige Beispiele werden im Folgenden dargestellt.

### 1.2.3 Energieeinsparverordnung und Energetische Inspektionen

Für die Betriebsphase verordnet die EnEV 2007 in §11 [EnEV07], dass sowohl Außenbauteile wie auch technische Anlagen sachgerecht zu bedienen sind. Sie dürfen nicht verändert werden, „soweit sie zum Nachweis der Anforderungen energieeinsparender Vorschriften des Bundes zu berücksichtigen waren“. Entsprechend dürfen im Nachweis angenommene Wirkungsgrade in der Errichtung und im Betrieb nicht gemindert werden.

§12 EnEV [EnEV07] fordert im Betrieb sogenannte *Energetische Inspektionen* für Klimaanlageanlagen. Alle 10 Jahre müssen „Klimaanlagen mit einer Nennleistung für den Kältebedarf von mehr als zwölf Kilowatt“ (§12) inspiziert werden. Entsprechende Nachweise sind den Behörden auf Verlangen vorzulegen. Weder zu § 11 noch zu § 12 werden Erläuterungen oder detaillierte Vorgaben zur Ausführung von Inspektionen gemacht. Es wird lediglich gesagt, dass diese von qualifizierten Personen durchzuführen sind.

Für die Inspektion von Lüftungs- und Klimaanlageanlagen liegen die DIN EN 15239 [DIN07] und 15240 [DIN07] vor. Sie definieren den Umfang der Inspektionen mit visuellen und messtechnischen Prüfungen der Zentralgeräte, Verteilungen sowie der Luftwechsel in Räumen und auch der Luftdichtheit des Gebäudes. Die Prüfungen umfassen unter anderem Vollständigkeit, Sauberkeit, Stand der Wartung, Wirkungsgrade und regelungstechnische Funktionen. Entsprechend beider Normen soll zu jeder Inspektion ein Bericht erstellt werden, der auch Verbesserungsvorschläge macht. Konkrete Anleitungen zur Durchführungen werden in Form von Checklisten gegeben. Bemerkenswert ist hier der Umfang der verfügbaren Checklisten: diese umfassen teilweise mehr als 20 A4-Seiten und liegen als pdf-Dokumente vor. Durch dieses Format werden hohe Anforderungen an Motivation und Kompetenz der Bearbeiter gestellt. Gleichzeitig ist eine effektive Überwachung der Qualitätssicherung nahezu unmöglich.

Auch die VDMA 24197 beschreibt über ausführliche Formblätter und Checklisten, wie eine energetische Inspektion von Heizungs-, Lüftungs-, Kälte- und Klimaanlageanlagen in Wohn- und Nichtwohngebäuden durchzuführen ist. Ziel ist durch die Vergleiche zwischen Plan-, Ist- und Sollwerten die Qualität der Anlage zu gewährleisten bzw. zu verbessern.

		Wärmeleitfähigkeit															
Nr.	Text	Einzelheiten	C	B	A	Position	Tätigkeit	Dim	Planwert gemäß Typenschild	Istwert / Datum / in Ordnung	Sollwert						
M.6.1.1	Dokumentation	keine <input type="radio"/> unvollständig <input type="radio"/> vollständig <input type="radio"/>	x	x	x	2.3	Klima- und Lüftung	Luftkühler (Luft/Flüssigkeit)/Entfeuchter	Aufgenommen am:	ja   nein							
M.6.1.2	Fehlende Teile				2.3.1							Letzte Wartung durchgeführt am ...	-				
M.6.2	Heizungsart	Elektrisch <input type="radio"/> Wasserbasiert <input type="radio"/>	x	x	x							2.3.2	Geometrische Daten Anströmfläche (netto) ...	m <sup>2</sup>			
M.6.3.1	Wasserdurchfluss – berechnet	..... m <sup>3</sup> / h <sup>2</sup>	x										Lamellentiefe ...	mm			
M.6.3.2	gemessen	..... m <sup>3</sup> / h <sup>2</sup>		x	x								Lamellenabstand ...	mm			
M.6.4.1	Druckabfall – berechnet	..... Pa	x														
M.6.4.2	gemessen	..... Pa		x	x												
M.6.5	Betriebstemperatur	Vorlauf ..... °C Rücklauf ..... °C		x	x							2.3.3	Optischer Zustand Übertragungsfächen i.O.?	-			
M.6.6	Kapazität des Wärmeaustauschers	..... kW	x	x	x							2.3.4	Gehäuse abgedichtet?	-			
M.6.7	Beschilderung	Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Erforderlich <input type="radio"/>	x	x	x							2.3.5	Tropfenabscheider i.O.?	-			
M.6.8	Dämmung	Sichtprüfung ausreichend <input type="radio"/> unzureichend <input type="radio"/>	x	x	x							2.3.6	Wasservorlage Kondensatablauf i.O.?	-			
M.6.9.1	Umweltzumpentyp	.....		x	x							2.3.7	Rohrleitungsanschlüsse und Armaturen isoliert?	-			
M.6.9.2	Nennleistung gesamt	..... kW		x	x							2.3.8	Differenzdruck ...	Pa			
M.6.10	Nenn-Hilfleistung	.....		x	x							2.3.9	Anströmgeschwindigkeit am Durchtrittsquerschnitt ...	m/s			
M.6.11	Messgeräte	Vorhanden <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/>	x	x	x												
M.6.12	Zähler	Vorhanden <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/>	x	x	x												
M.6.13	Betriebsart	Modulierend <input type="radio"/> Nach Bedarf <input type="radio"/>	x	x	x												
M.6.14	Regelungssystem	Nein <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Art .....	x	x	x												
M.6.15	Einstellung	ausreichend <input type="radio"/> unzureichend <input type="radio"/>		x	x												
M.6.16	Wartungsstand	regelmäßig <input type="radio"/> nach Bedarf <input type="radio"/> keine <input type="radio"/>	x	x	x												
M.6.17	Betriebszustand	ausreichend <input type="radio"/> unzureichend <input type="radio"/>	x	x	x												
	Optional																

Abbildung: 8 Beispiel einer Checkliste nach DIN 15239 [DIN07] und nach VDMA 24197

Das Expertensystem von Schmidt [Sch11] ist eine Handlungsanleitung in Form von aufeinander aufbauenden Checklisten, die aufgrund einer ausführlichen Beschreibung der technischen Betriebsprüfungen auch durch nicht-akademisches Personal durchführbar sein sollen (BBSR Aktenzeichen: SF –

10.08.18.7-09.46). Interessant sind hier die Erkenntnis und der Ansatz, den Anwendungsprozess und das verfügbare Personal bei der Ausgestaltung der Prüfmethode zu berücksichtigen.

**H\_N 2.2 Indikatoren für einen mangelhaften hydraulischen Abgleich**

		Ja	Nein
H_N 2.2.1	Ist die Raumtemperatur zu hoch? (Nachweis z.B. durch Handmessung)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_N 2.2.2	Treten an Heizflächen o.ä. auffällige Strömungsgeräusche auf?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_N 2.2.3	Werden Thermostatventile „aufgedrückt“? Also werden Heizkörper warm obwohl das Thermostatventil auf Frostschutz steht und/oder der Raum bereits warm ist?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<b>Hinweis wenn bei H_N 2.2.1–H_N 2.2.3 eine Frage mit „Ja“ beantwortet wurde:</b> Dies sind Hinweise darauf, das in diesem Teil des Rohmetzes ein zu hoher Massenstrom vorliegt.		
H_N 2.2.4	Ist die Raumtemperatur zu niedrig (Nachweis z.B. durch Handmessung)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_N 2.2.5	Ist die Wärmeverteilung des Heizkörpers bei voll geöffneten THV ungleichmäßig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_N 2.2.6	Ist die Spreizung an der Heizfläche sehr gering (z.B. <5K)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<b>Hinweis zu H_N 2.2.6:</b> Die Spreizung kann vereinfacht z.B. durch Messung der Oberflächentemperatur am Rohr des Vor- und Rücklaufs gemessen werden.		
	<b>Hinweis wenn bei H_N 2.2.4–H_N 2.2.6 eine Frage mit „Ja“ beantwortet wurde:</b> Dies sind Hinweise darauf, das in diesem Teil des Rohmetzes ein zu kleiner Massenstrom vorliegt.		
H_N 2.2.7	Sind die Rücklaufverschraubungen an den meisten Heizkörpern nicht gedrosselt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_N 2.2.8	Sind alle Ventile auf eine einheitliche Stufe, z.B. auf Stufe N oder 8 voreingestellt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 9: Beispiel einer Checkliste nach VDMA 24197

Das Konzept einer Kombination aus Checkliste und fachlicher Erläuterung wird auch im dem in diesem Projekt als Demonstrator entwickelten TaskManagers aufgenommen.

Energetische Inspektionen sind ab dem 1. Oktober 2011 für alle betroffenen Klimaanlage durchzuführen. Alle Anlagen mit Baujahr vor dem 1.12.1995 mussten zu diesem Zeitpunkt einer Energetischen Inspektion unterzogen worden sein. Die Feldstudie von Franzke und Schiller [FS11] aus dem Jahr 2011 zeigte, dass zum einen ein Einsparpotenzial von im Mittel rund 30% in den Bestandsanlagen, bundesweit rund 3,5 TWH/a erreicht werden kann. Das Einsparpotenzial entspricht dem zahlreicher Forschungsprojekte und Feldstudien für Gebäude und Anlagen. Zum anderen wurde festgestellt, dass vermutlich nur rund 2% der betroffenen Anlagen tatsächlich inspiziert worden waren. Es fehlt hier nach Einschätzung der Autoren auch an dem Willen der entsprechenden Behörden zur Durchsetzung der Inspektionen (den Autoren der Studie ist kein Fall bekannt!).

EnEV 2007 §§16-21 [EnEV07] regeln die Ausstellung und Verwendung sogenannter Energieausweise, in denen die energetischen Qualitäten dokumentiert werden. Diese können sowohl auf Basis von Planungs- oder dokumentationsunterlagen berechnet als auch auf Basis von Verbrauchsmessungen dargestellt werden. Für öffentliche Gebäude besteht eine Pflicht zum Aushang.

**A\_H 1 Anhang Heizung**

In diesem Anhang werden ergänzende Informationen zum Gewerk Heizung gegeben.

**A\_H 1.1 Sollwerte der Raumtemperatur**

Eine wesentliche Eingangsgröße für die Optimierung des Betriebs der Heizung ist die Raumtemperatur. Tabelle A 1 zeigt die Vorgaben gemäß DIN EN 15251. In der Spalte „Kategorie“ sind die drei Behaglichkeitskategorien nach DIN EN 15251 dargestellt. Ist nichts anderes angegeben oder bekannt, gilt die Kategorie II. Tabelle A 2 zeigt die Sollwerte der Raumlufttemperatur laut Arbeitsstättenrichtlinie (ASR). In der ASR wird keine Unterscheidung in Behaglichkeitskategorien vorgenommen.

Tabelle A 1: Sollwerte für die operative Raumtemperatur nach DIN EN 15251 in Büroräumen im Heizfall

Gebäude- bzw. Raumtyp	Kategorie	Temperaturbereich für die Heizung, °C Bekleidung ~1,0 clo
Wohngebäude, andere Räume (Küche, Lagerräume usw.) Stehende, gehende Aktivitäten ~1,5 met	I	18,0-25,0
	II	16,0-25,0
	III	14,0-25,0
Büros und ähnlich genutzte Räume (Einzelbüros, Bürolandschaften, Konferenzräume, Hör- bzw. Zuschauersäle, Cafeterien, Restaurants Klassenräume, Sitzende Aktivitäten ~1,2 met	I	21,0-23,0
	II	20,0-24,0
	III	19,0-25,0

Tabelle A 2: Sollwerte für die Raumlufttemperatur laut ASR 6 in Büroräumen

Überwiegende Arbeitshaltung	Arbeitsschwere			maximale Temperatur
	Leicht	Mittel	Schwer	
Sitzen	20,0°C	19,0°C	-	26,0°C
Stehen und/oder gehen	19,0°C	17,0°C	12,0°C	

**A\_H 1.2 Nutzenübergabe – Allgemeine Hinweise**

Die Nutzenübergabe ist das Subsystem, welches meist direkt in den Räumen bei den Nutzern anzutreffen ist. In den Räumen kann beobachtet werden, ob eine Überdimensionierung der Heizungsanlage vorliegt. Kommt es zu Beschwerden über zu hohe Raumtemperaturen bzw. fällt bei der Begehung auf, dass in der Heizperiode häufig gelüftet wird um ein Überwärmen der Räume zu vermeiden, ist dies ein Hinweis darauf, dass entweder die Einzelraumregelung nicht korrekt funktioniert oder die Heizungsanlage überdimensioniert ist. Für eine Kontrolle der Raumtemperaturen ist es zu empfehlen stichprobenartig Raumtemperaturmessungen durchzuführen, wozu ein geeignetes Messgerät vorhanden sein oder angeschafft werden sollte. Um einen Überblick über die Raumtemperaturen zu bekommen sollte eine Stichprobe von repräsentativen Räumen gemessen werden. Repräsentativ bedeutet in

Abbildung 10: Beispiel einer ergänzenden Information nach VDMA 24197

**1.2.4 Gebäudemanagement nach DIN 32736**

Eine umfassendere Strukturierung entlang der Leistungsbilder des Kaufmännischen, Technischen und Infrastrukturellen Gebäudemanagements definiert DIN 32736 [DIN00] "Gebäudemanagement". Innerhalb der DIN 32736 wird der Leistungsblock des "Energie-Management" dem Technischen Gebäudemanagement zugeordnet und differenziert in folgende Leistungen (DIN 32736):

- Gewerke übergreifende Analyse der Energieverbraucher
- Ermitteln von Optimierungspotentialen
- Planen der Maßnahmen unter betriebswirtschaftlichen Aspekten
- Berechnen der Rentabilität
- Umsetzen der Einsparungsmaßnahmen
- Nachweisen der Einsparungen

Damit sind die originären Aufgaben des Energiemanagements als Teilleistungen dem Facility Management zuzuordnen. Die oben dargestellten Aufgaben machen keine detaillierten Vorgaben zur Umsetzung des Leistungsbilds Energie-Management. So wird z.B. nicht präzise festgelegt, nach welcher Methodik eine Analyse durchzuführen ist, wann und wie Optimierungspotenziale zu bestimmen sind und wie der Erfolg von Maßnahmen zu überprüfen ist.

### **1.2.5 Energiemanagement nach GEFMA 124**

Eine umfassende Beschreibung des Energiemanagements als Prozess mit dem Gebäude als Bezugsrahmen und entsprechend als Teil des Facility Managements bietet die GEFMA-Richtlinie 124 „Energiemanagement“<sup>7</sup> (EM): „Ein wesentliches Ziel des EM besteht darin, die Gesamtkosten für den Prozess der Energiebereitstellung, -verteilung und -anwendung im Gebäude (Bezeichnung hier: Prozesskosten) bei einem definierten Level der Nutzungsqualität zu minimieren“ [GEFMA08]. Die Richtlinie bezieht sich dabei auf den gesamten Lebenszyklus und beschreibt in Teil 1 die Einführung eines EM-Prozesses bei Neu- und Bestandsbauten. Zur Prüfung von Investitionen sind demnach folgende Daten erforderlich:

- „Rechnungen und Verbrauchswerte von Wärme, Kälte, Strom und Wasser
- Nutzbares Potenzial an Abwärme und Abkälte
- Bestandsunterlagen zur Bewertung von Gebäude und Technik
- Planungsunterlagen, Auslegungsdaten, Spezifikationen
- Lieferverträge und Einkaufskonditionen zur Organisationsbewertung
- Wartungsverträge und Reparaturabrechnungen zur Instandhaltungsbewertung
- Sollwerte und Messwerte von physikalischen Parametern zur Funktionsbewertung“ [GEFMA08].

Für den Prozess eines kontinuierlichen Energiemanagements im Gebäudebetrieb werden verschiedene Vertiefungsstufen und Leistungsbilder wie die Prüfung der Energiekosten definiert [GEFMA08].

In GEFMA Richtlinie 124-2 [GEFMA08] werden einzelne Methoden beschrieben, die in den verschiedenen Stufen der in Teil 1 dargestellten Prozesse zur Anwendung kommen können. Dabei werden zunächst Begriffe und Methoden wie Energiekonzept, Energiebilanz, Benchmark, Nutzwertanalyse und Energiecontrolling mit Bezügen zu anderen Normen und Richtlinien definiert oder Darstellungsweisen für Energieflüsse beschrieben, der jeweilige Zweck erläutert und Vorgaben für die Anwendung gemacht.

Konkrete technische Vorgehensweisen zur Optimierung der Energieeffizienz von Gebäuden beschränken sich auf die Nennung von Einzelmaßnahmen wie den hydraulischen Abgleich von Heizungssystemen, das Lastmanagement für den Strom- und Wärmebezug sowie die allgemeine Anlagenoptimierung: „Unter Anlagenoptimierung ist die Auswahl und Einstellung optimaler Betriebsparameter an gebäudetechnischen Anlagen zu verstehen. Das Ziel besteht in der Senkung des Energieverbrauchs bzw. des Leistungsbezugs“ [GEFMA08]. Die Anlagenoptimierung wird am Beispiel der Optimierung einer Heizungsanlage dargestellt. An dieser Stelle wird auch ein Bezug zur Gebäudeautomation hergestellt, die für die Erfassung von Betriebsdaten genutzt werden soll.

---

<sup>7</sup> Die Teile 124-3 „Berufsbilder(Einsatzfelder) im Energiemanagement“ und 124-4 „Qualifizierung von Beratern für das Energiemanagement“ sind noch nicht veröffentlicht.

### 1.2.6 Energiemanagement nach DIN EN 16001 / DIN EN ISO 50001

Ziel der DIN EN 16001 ist es, „Organisationen beim Aufbau von Systemen und Prozessen zur Verbesserung ihrer Energieeffizienz zu unterstützen“ [DIN09]. Sie bezieht sich methodisch, wie auch die DIN EN ISO 14001, explizit auf den PDCA-Zyklus (Plan-Do-Check-Act), der in den 80er Jahren von William Edward Deming als Prozess zur Qualitätsverbesserung in der Industrie eingeführt wurde [Dem00]. DIN EN 16001 ist an DIN EN ISO 14001 und EMAS (siehe 0) angelehnt und kann diese ergänzen.

DIN EN 16001 beschreibt die methodischen Anforderungen an ein Energiemanagementsystem entlang der Phasen des PDCA-Zyklus, angefangen von der Integration des Energiemanagements im Unternehmen über die Entwicklung von Zielsetzungen und Strategien zur Umsetzung bis zur Kommunikation und Dokumentation sowie der Überprüfung von Zielen.

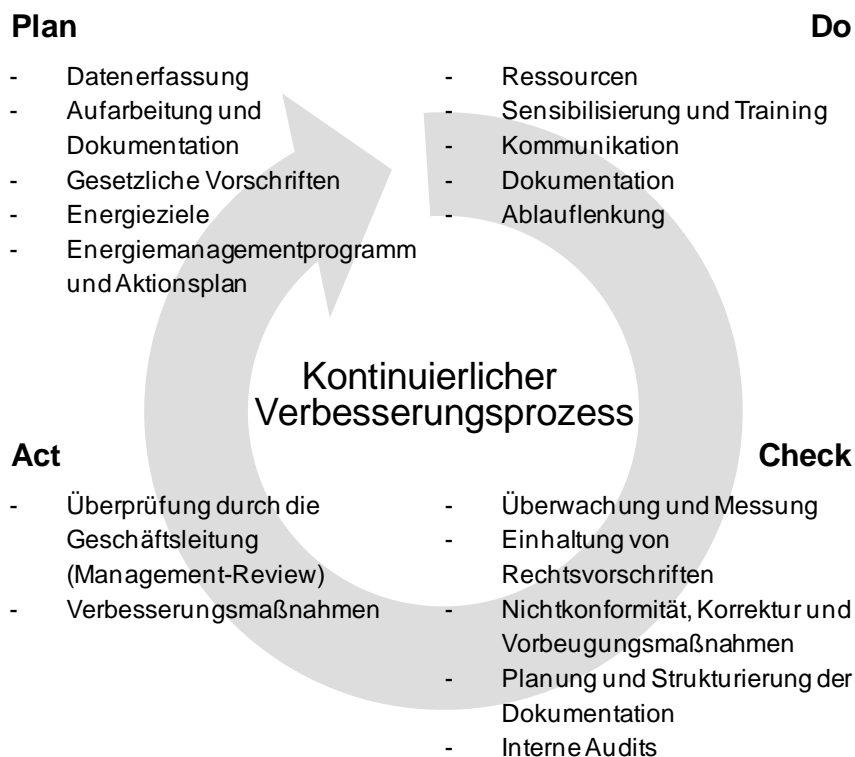


Abbildung 11: PDCA-Zyklus nach DIN EN 16001, Leitfaden Umweltbundesamt [BMU10]

Die Norm verweist jedoch auf keinerlei konkrete Mittel zur Umsetzung der Methoden, sondern beschränkt sich ausschließlich auf die Beschreibung der Methodik. Praktische Umsetzungsbeispiele sind im Leitfaden für Unternehmen und Organisationen „DIN EN 16001: Energiemanagementsysteme in der Praxis“ [BMU10] des Bundesumweltamtes dargestellt.

In 2011 wurde eine international einheitliche Norm für Energiemanagementsysteme als ISO 50001 auf Basis der DIN EN 16001 eingeführt [BMU10].



### **1.2.7 Umweltmanagement nach EMAS und DIN EN ISO 14001**

EMAS, das „Eco-Management and Audit Scheme“ definiert seit 1993 Umweltmanagementsysteme für Organisationen. Grundlage ist die Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25.11.2009, nach der Organisationen „zur freiwilligen Teilnahme an EMA angeregt“ (Artikel 8) werden sollen [VEG09]. Die Teilnahme kann durch Informationen, Fördermittel oder öffentliche Einrichtungen unterstützt werden. „Zentraler Bestandteil von EMAS ist die internationale Umweltmanagementnorm DIN EN ISO 14001“ [EMAS10]. EMAS und DIN EN ISO 14001 [DIN09] verfolgen das Ziel eines guten Umweltmanagements in Organisationen. EMAS verwendet dabei die Norm als Managementsystem, geht aber unter anderem durch seinen rechtlichen Status (Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates), die Prüfung gesetzlicher Konformität, eine Verpflichtung zur Veröffentlichung, die Verpflichtung zu einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess sowie die Verpflichtung zur Durchführung der Zertifizierung durch einen unabhängigen Auditor über die Norm hinaus. Ausgehend von einer Umweltprüfung werden Ziele und Maßnahmen in einem Umweltprogramm definiert, zu deren Erreichung ein Managementsystem mit personellen Verantwortlichkeiten und Prozessen gehört. Die Ergebnisse sind zu dokumentieren und zu veröffentlichen. System und Ergebnisse werden von einem Umweltgutachter geprüft.

Nach Angaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) waren im Juni 1.898 Standorte von 1.376 Organisationen bei EMAS registriert. Rund 5.000 Unternehmen und Organisationen hatten die Anforderungen der DIN EN ISO 14001 implementiert.

Energieverbrauch ist einer der wichtigen Aspekte, die in EMAS betrachtet werden. Das „EMAS Energy Efficiency Toolkit for Small and Medium sized Enterprises“ [EuC04] soll insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen helfen, ihren Energieverbrauch zu erfassen, einen Referenzwert für eine kontinuierliche Überwachung, Optimierungspotenziale zu identifizieren und typische Schwachstellen zu erkennen. Es definiert dazu einen Arbeitsplan, angefangen von der Ernennung eines Energiemanagers über die Zieldefinitionen und die Datenerfassung bis zur kontinuierlichen Überwachung des Energieverbrauchs mit geeigneten Indikatoren.

### **1.2.8 Zertifizierungen der Nachhaltigkeit von Gebäuden**

Auch Zertifizierungssysteme beschränken sich weitgehend auf die Zielsetzungen der Planungsphase. Die Betriebsphase der Gebäude wird kaum betrachtet bzw. der Gebäudebetrieb beginnt erst zu einem Zeitpunkt, nachdem das Zertifikat bereits verliehen worden ist. In dem DGNB-Kriterium „Geordnete Inbetriebnahme“ wird die Durchführung einer Funktions- und Leistungsprüfung im Rahmen der Inbetriebnahme mit anschließender Einregulierung und Nachjustierung gefordert. Der Nachweis erfolgt anhand des Vertrages sowie der Leistungsbeschreibung des mit der Durchführung beauftragten Unternehmens. In den Bewertungskriterien der Nachhaltigkeitszertifikate werden detaillierte Vorgaben zur Art der Dokumentation festgelegt. Es werden aber weder die zeitliche Abfolge im Bauprozess noch Werkzeuge zur webbasierten Nachverfolgung eingesetzt. Die Qualitätssicherung der Bauausführung gemäß den Vorgaben der DGNB verlangt das Durchführen und Dokumentieren von Messungen, wie beispielsweise einer Blower-Door-Messung, ohne jedoch das Ergebnis dieser zu bewerten. Als erforderliche Nachweise werden die Messprotokolle verlangt.

Im Amerikanische LEED-Zertifizierungsverfahren sind die Schwerpunkte ähnlich verteilt, auch wenn es hier mittlerweile erste Ansätze zur Nachverfolgung der Performance im Betrieb gibt.

### 1.2.9 Weitere Konzepte der Qualitätssicherung im Betrieb

Die Richtlinien der AMEV - *Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Einrichtungen* definieren in Broschüre Nr. 104 „Energie 2010“ [AMEV10] Grundlagen für ein effektives Energiemanagement. Sie beschreibt dabei sowohl Prozesse als auch entsprechende Mittel.

Zentrale Grundlage eines Energiemanagements ist nach AMEV der Prozess „Energie-Controlling“. Er beinhaltet die „aktive Erfassung, Analyse und Steuerung von energierelevanten Informationen“ [AMEV10]. Hier wird ein Qualitätsregelkreis aufgebaut, deren (Regel)größen, insbesondere Kennwerte für Energieverbräuche mit Bezug auf die entsprechenden Flächen (oder Betten, Essensportionen etc.), mit Hilfe von Vergleichskennwerten bewertet werden. „Bei auffälliger Diskrepanz zwischen Verbrauchs- und Vergleichswert“ [AMEV10] sind entsprechende Maßnahmen zu ergreifen.

Zusätzlich werden zahlreiche prozessunterstützende Mittel genannt:

- Messtechnik und Datenverarbeitung
- Zielkennwerte (Historische und technisch-physikalisch berechnete Kennwerte sowie empirische Kennwerte eigener oder fremder Gebäude)
- Berichtskonzepte und Visualisierungen von Ergebnissen
- Vorgehensweisen im Gebäudebetrieb (z.B. Organisation, Nutzerpartizipation, Betriebsüberwachung, Checklisten).

Diese Mittel werden teilweise auch in anderen AMEV-Veröffentlichungen beschrieben. In AMEV 78 *EnMess 2001 „Geräteausstattung zur Energie- und Medienerfassung“* [AMEV01] werden messtechnische Maßnahmen für das Energiemanagement dargestellt. AMEV EVA 92 [AMEV92] macht Vorgaben für die Aufgaben von Betreibern im Rahmen des Energiemanagements. AMEV *Gebäudeautomation 2005* [AMEV 2005] zeigt Möglichkeiten zur Integration der Gebäudeautomation in das Energiemanagement und einfache Plausibilitätskontrollen für die energieeffiziente Betriebsführung anhand von Beispielen.

Einige Städte haben für ihre Gebäude eigene Standards für Qualitätssicherungsmethoden entwickelt. In Hannover hat *proKlima – der energycity Fond* ein umfangreiches Konzept zur Qualitätssicherung auf Basis des Passivhausstandards eingeführt. Das Energierreferat der Stadt Frankfurt definiert mit der „Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen“ [ESF11] technische Qualitäten, die von der Bedarfsermittlung bis zum zweijährigen Betrieb fortlaufend durch die internen und externen Fachingenieure zu prüfen sind. Die Leitlinien sind von jedem Neubau- und Sanierungsvorhaben der Stadt Frankfurt einzuhalten.

In der Umsetzung basieren beide Konzepte auf Checklisten. In Hannover werden diese zum Teil von Qualitätssicherern nach den Qualitätskriterien eigenständig entwickelt und üblicherweise in Word oder Excel umgesetzt.

### 1.3 Fazit

Die Bearbeitung des AP1 zeigt, dass trotz der umfangreichen Zertifizierungssysteme nur wenige eindeutige Merkmale der Gebäude in allen Phasen abgebildet werden. Je weiter ein Projekt fortschreitet, desto unschärfer wird das Qualitätsmanagement. Während in der frühen Planung noch geprüft und mit aufwändiger Software gerechnet wird, erfolgt die Prüfung während der Errichtung auf Grund der unklaren Verantwortlichkeiten der HOAI mehr oder weniger effektiv durch die Fachplaner und Errichterfirmen. Im Betrieb ist das Qualitätsmanagement – wohlwollend ausgedrückt – noch nicht



richtig angekommen. Auch Nachhaltigkeitszertifikate nach DGNB oder LEED werden direkt nach Fertigstellung ausgestellt und beruhen im Wesentlichen auf der Planung, die Betriebsphase bleibt unberücksichtigt.

Sowohl Untersuchungen von zertifizierten und nicht-zertifizierten Gebäuden wie auch die Analysen zum Qualitätsmanagement bestätigen den Ansatz des Projekts. Ein Konzept für eine effektives technisch-wirtschaftliches Energie- und Qualitätsmanagement ist dringend zu entwickeln.

## 2 Anwendungsmethodik und Tools (Prozesskonzept) (AP 2)

Für die Umsetzung eines Controllings wurde im Rahmen des Forschungsprojektes ein einheitlicher methodischer Ansatz gewählt. Auf Grund der komplexen Thematik und unterschiedlichen Anwendungsweisen der wirtschaftlichen und technischen Aspekte wurde ein einheitlicher methodischer Ansatz in zwei unabhängigen Werkzeugen, der *Zielwertmatrix* als LZK-Controlling-Tool für die Lebenszykluskosten und dem *TaskManager* für das Energie- und Qualitätsmanagement, umgesetzt.

Mit dem Begriff **LZK-Controlling** wird nachfolgend der durchgängige Prozess der lebenszyklusphasenübergreifenden Kostensicherung und Optimierung der Gebäudenutzungskosten und LZK bei Neubauten inklusive eines Monitorings in der Betriebsphase bezeichnet. Dies beinhaltet die Festlegung projekt- und objektspezifisch angepasster Zielkennwerte, die im Projektfortschritt begleitend zu den einzelnen Planungsschritten wiederholt überprüft werden. Als Instrument zur Definition und Überprüfung der Zielkennwerte kommt dabei die **Zielwertmatrix** zum Einsatz.

Das Konzept eines **EQM – Energie- und Qualitätsmanagements** und das entsprechende Werkzeug **TaskManager** wurde im Verlauf des Projekts durch das IGS mit der die synavision GmbH, Aachen, als Demonstrator entwickelt und unter anderem im Projekt EVAGreen in ersten Anwendungen getestet. Das Internet-Werkzeug bietet dem Nutzer die Möglichkeit, über Webbrowser individuelle Checklisten mit ergänzender Fachinformation zu definieren und diese für die webbasierte Organisation beliebiger Prozesse zu verwenden. Der TaskManager ist damit ein leistungsstarkes Werkzeug für das notwendige Energie- und Qualitätsmanagement für nachhaltige Gebäude.

## 2.1 LZK-Controlling

### 2.1.1 Prozessmodell und Werkzeug

Da die Beeinflussbarkeit der LZK mit fortlaufendem Projektverlauf abnimmt, wie in Abbildung 12 dargestellt, ist eine frühzeitige Optimierung der LZK zwingend notwendig.

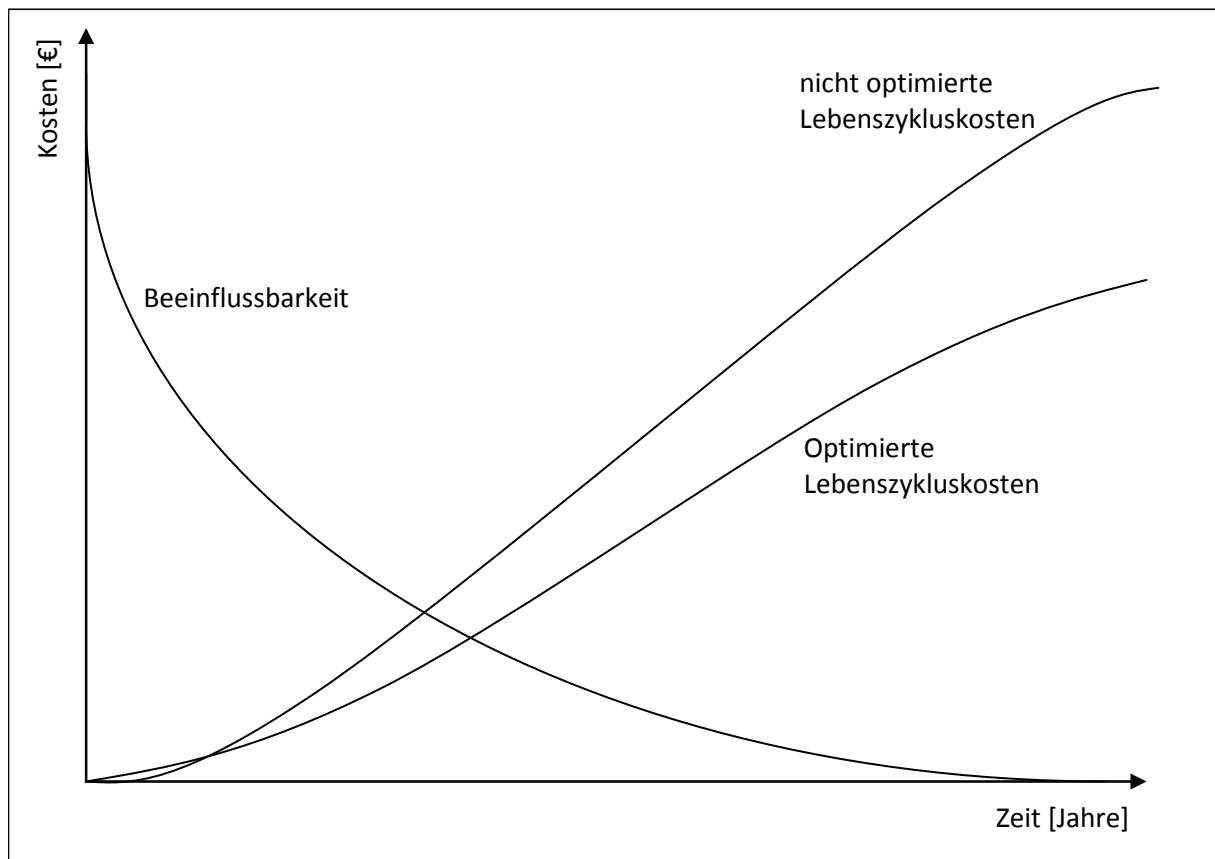


Abbildung 12: Beeinflussbarkeit der LZK im Projektfortschritt

Wie im Ablaufplan zur Optimierung der Gebäudenutzungskosten bei Neubauten in Abbildung 13 verdeutlicht wird, findet deshalb die erste LZK-Berechnung bereits begleitend zum Architekturwettbewerb statt, sofern einer durchgeführt wird. Dazu werden in Abstimmung mit dem Auslober Zielwertvorgaben definiert und in einer LZK-Berechnung der einzelnen Entwürfe überprüft. Die fachlich, richtige Nutzungskostenberechnung in Wettbewerben ist so aufgebaut, dass von den Teilnehmern die wesentlichen Eingangsdaten abgefragt werden. Die Berechnung erfolgt durch das von dem Autor Prof. Rotermund entwickelte Berechnungstool Gebäudenutzungskostenrechner (GNKR). Eine Berechnung durch die Teilnehmer selber führt erfahrungsgemäß zu verfälschten Ergebnissen. Das genaue Vorgehen wird im Detail im Kapitel 2.1.3 Zielwertprüfung beschrieben.

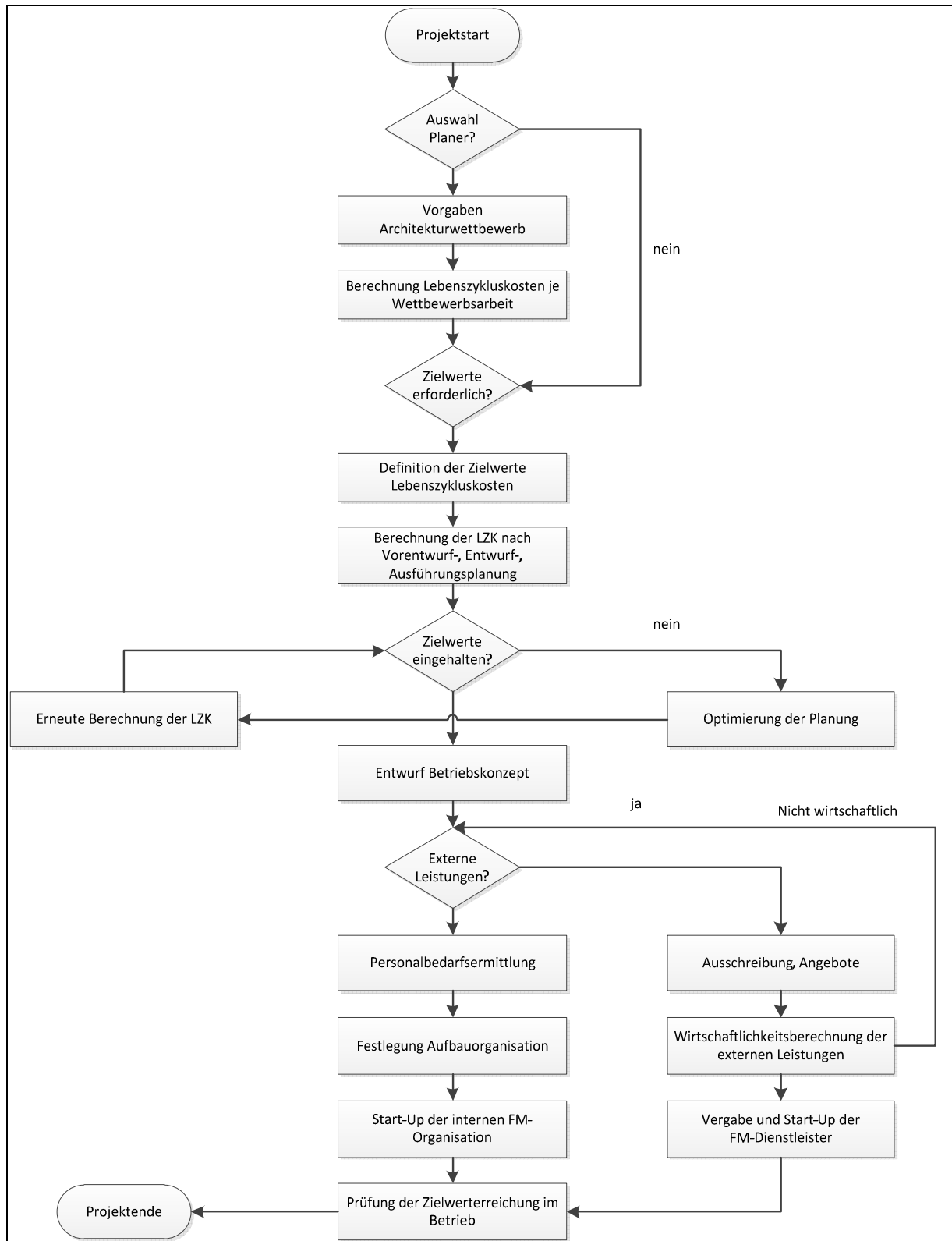


Abbildung 13: Ablaufplan zur Optimierung der Gebäudenutzungskosten bei Neubauten

Die in Abstimmung mit dem Bauherrn oder Auslober projekt- und objektspezifisch angepassten, definierten Zielkennwerte werden im weiteren Planungsfortschritt nach den Phasen Vorentwurf, Entwurf und Ausführungsplanung wiederholt überprüft, um eine Einhaltung der Zielkennwerte zu gewährleisten. Werden diese bei einer Prüfung nicht eingehalten, muss die Planung optimiert und einer erneuten Berechnung unterzogen werden.

Dieses Vorgehen erscheint auf den ersten Blick aufwändig. Allerdings werden gerade in der Planungsphase eines Gebäudes die entscheidenden Weichen für die langfristigen Nutzungskosten festgelegt. Diese können in späteren Planungsphasen oder in der Betriebsphase nicht mehr oder nur mit einem unverhältnismäßig großem Aufwand korrigiert werden. Unter dem Gesichtspunkt, dass die langfristigen Nutzungskosten über den Lebenszyklus eines Gebäudes ein Vielfaches der Errichtungskosten betragen, muss die Optimierung der Gebäudenutzungskosten bei Neubauten deutlich stärker als bisher in den Fokus rücken.

Ein dem Objekt und seinem Nutzungszweck angepasstes Betriebskonzept sollte ebenfalls bereits in der Planungsphase aufgebaut werden. Denn auch bei baulich-technisch optimalen Voraussetzungen zur Kostenoptimierung im Gebäudebetrieb können die zuvor berechneten Zielkennwerte durch organisatorische Mängel im Betrieb wieder überschritten werden. Um dies zu verhindern muss auch in der Betriebsphase eine regelmäßige Zielwertprüfung in Form eines Benchmarkings durchgeführt werden. Dadurch ist eine Rückkopplung mit den in der Planungsphase definierten Zielkennwerten und ein Aufzeigen von Optimierungspotenzialen im Betrieb möglich.

Als Tool zur Zielwertprüfung kommt dabei die Zielwertmatrix zum Einsatz. Die Funktionsweise der Zielwertmatrix ist schematisch in Abbildung 14 dargestellt. Aufgeführt sind hier die einzelnen Zielkennwerte, die einer Prüfung unterzogen werden sollen. Auf die einzelnen Determinanten zur Auswahl der Zielkennwerte wird im Kapitel 2.1.2 vertiefend eingegangen. Darüber hinaus ist je Zielkennwert eine Dokumentation hinterlegt, welche Bezüge zu den gängigen Normen und Richtlinien bestehen, sowie die Abgrenzung der einzelnen Kostenarten untereinander.

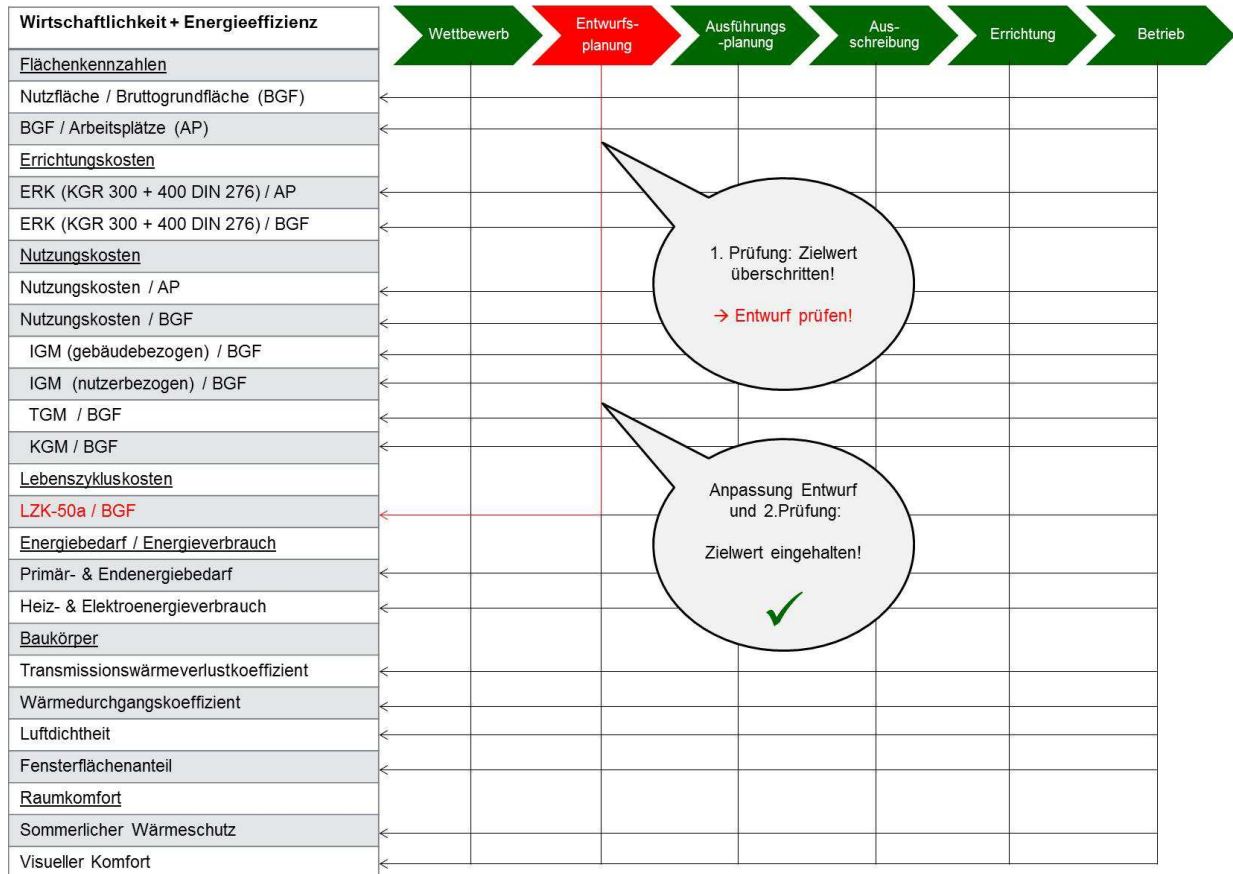


Abbildung 14: Schematische Darstellung der Zielwertmatrix

### 2.1.2 Zielwertvorgaben

Wie aus Abbildung 14 hervorgeht, gibt es verschiedene Kategorien von Zielkennwerten. Zur Prüfung der Wirtschaftlichkeit bzw. im LZK-Controlling werden die Kennzahlen in den Bereichen Flächenkennzahlen, Kennzahlen Errichtungskosten, Kennzahlen Nutzungskosten und Kennzahlen Lebenszykluskosten geprüft. Welche Kennzahlen für die Zielwertprüfung in dem jeweiligen Projekt herangezogen werden hängt vor allem von den objekt- und nutzungsspezifischen Eigenschaften des Gebäudes ab.

Eine Auswahl der für das LZK-Controlling in Frage kommenden Kennzahlen ist in den Tabellen 1-4 aufgeführt. In der Spalte Priorität ist angegeben, welche Bedeutung die Erhebung dieser Kennzahl für das LZK-Controlling hat. Daneben wird als weitere Kategorie aufgeführt, wie häufig diese Kennzahl in der Praxis erhoben wird. Die Bewertungen mit Hoch, Mittel und Niedrig werden mittels einer qualitativen Einschätzung basierend auf Projekterfahrungen von rotermund.ingenieure getroffen.

Kennzahl	Priorität	Häufigkeit
Nutzfläche / Bruttogrundfläche ( $m^2_{NF}/m^2_{BGF} * 100\%$ )	Hoch	Hoch
Bruttogrundfläche / Arbeitsplatz ( $m^2_{BGF}/AP * 100\%$ )	Hoch	Mittel
Verkehrsfläche / Bruttogrundfläche ( $m^2_{VF}/m^2_{BGF} * 100\%$ )	Hoch	Mittel
Hauptnutzfläche / Bruttogrundfläche ( $m^2_{HNF}/m^2_{BGF} * 100\%$ )	Niedrig	Niedrig
Mietfläche Gesamt / Bruttogrundfläche ( $m^2_{MF}/m^2_{BGF} * 100\%$ )	Hoch	Mittel
Bruttorauminhalt / Bruttogrundfläche ( $m^3_{BRI}/m^2_{BGF}$ )	Mittel	Mittel
Hüllfläche / Bruttorauminhalt ( $m^2_{WÜHF}/m^3_{BRI}$ )	Hoch	Niedrig
Energiebezugsfläche / Bruttogrundfläche ( $m^2_{EBF}/m^2_{BGF} * 100\%$ )	Hoch	Niedrig
Klimatisierte Fläche / Bruttogrundfläche ( $m^2_{KIF}/m^2_{BGF} * 100\%$ )	Hoch	Niedrig
Klimatisiertes Volumen / Bruttorauminhalt ( $m^3_{KIV}/m^3_{BRI} * 100\%$ )	Mittel	Niedrig

Tabelle 1: Ausgewählte Flächenkennzahlen

Bei den Flächenkennzahlen kann zwischen Kennzahlen zur Flächenökonomie/-wirtschaftlichkeit und Kennzahlen zur energetischen Effizienz der Gebäudeflächen unterschieden werden. Die Verhältniskennzahlen Nutzfläche / Bruttogrundfläche, Bruttogrundfläche / Arbeitsplatz, Verkehrsfläche / Bruttogrundfläche und Hauptnutzfläche / Bruttogrundfläche geben Aufschluss über die Wirtschaftlichkeit der Gebäudeflächen. Die wichtigste und am häufigsten verbreitete Kennzahl ist dabei das Verhältnis von Nutzfläche / Bruttogrundfläche. Die Forderung des DGNB für die Vergabe der Maximalpunktzahl beträgt 75%. Die Verhältnisse von Bruttorauminhalt / Bruttogrundfläche, Hüllfläche / Bruttorauminhalt, Energiebezugsfläche / Bruttogrundfläche, Klimatisierte Fläche / Bruttogrundfläche und Klimatisiertes Volumen / Bruttorauminhalt liefern Hinweise zur energetischen Effizienz der Gebäudeflächen. Obwohl die Erhebung dieser Kennzahlen für Heiz-, Kühl-, und Elektroenergiekosten sehr interessant ist, werde diese in der Praxis viel zu selten erhoben. Dabei ist auf dieser Grundlage eine einfache Prüfung von Planungsentwürfen möglich.

Kennzahl	Priorität	Häufigkeit
Errichtungskosten / Arbeitsplatz (€/AP)	Hoch	Niedrig
Errichtungskosten KGR300 / Arbeitsplatz (€/AP)	Mittel	Niedrig
Errichtungskosten KGR400 / Arbeitsplatz (€/AP)	Mittel	Niedrig
Errichtungskosten KGR500 / Arbeitsplatz (€/AP)	Mittel	Niedrig
Errichtungskosten KGR600 / Arbeitsplatz (€/AP)	Mittel	Niedrig
Errichtungskosten / Mitarbeiter (€/MA)	Hoch	Mittel
Errichtungskosten / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> )	Hoch	Hoch
Errichtungskosten KGR300 / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> )	Hoch	Hoch
Errichtungskosten KGR400 / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> )	Hoch	Hoch
Errichtungskosten KGR500 / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> )	Hoch	Mittel
Errichtungskosten KGR600 / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> )	Hoch	Mittel
Errichtungskosten / Bruttorauminhalt (€/m <sup>3</sup> <sub>BRI</sub> )	Mittel	Mittel
Errichtungskosten / Nutzfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>NF</sub> )	Hoch	Mittel
Errichtungskosten KGR500 / Außenanlagenfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>AF</sub> )	Mittel	Niedrig
Errichtungskosten KGR300 / Errichtungskosten Gesamt (€/€ * 100%)	Hoch	Hoch
Errichtungskosten KGR400 / Errichtungskosten Gesamt (€/€ * 100%)	Hoch	Hoch
Errichtungskosten KGR500 / Errichtungskosten Gesamt (€/€ * 100%)	Hoch	Mittel
Errichtungskosten KGR600 / Errichtungskosten Gesamt (€/€ * 100%)	Hoch	Mittel
Errichtungskosten KGR700 / Errichtungskosten Gesamt (€/€ * 100%)	Hoch	Mittel
Errichtungskosten Gewerk / Errichtungskosten Gesamt (€/€ * 100%)	Hoch	Niedrig

Tabelle 2: Ausgewählte Kennzahlen Errichtungskosten

Die Errichtungskosten werden auf Größen, wie Arbeitsplätze oder Gebäudeflächen, bezogen und hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit bewertet. Aufschlussreich können zudem die Verhältnisse der prozentualen Anteile von einzelnen Kostengruppen der DIN 276 oder einzelner Gewerke an den gesamten Errichtungskosten sein. Insbesondere ein hoher Anteil an Errichtungskosten der KGR 400 für die Gebäudetechnik zieht entsprechend hohe Folgekosten für das Betreiben, Instandhalten und Sanieren der Gebäudetechnik nach sich.

Die in Tabelle 3 aufgeführten Kennzahlen der Gebäudenutzungskosten gliedern sich entsprechend der Führungskennzahlen gemäß dem fm.benchmarking Bericht 2012/2013 [PUR12]. Die Kennzahlenstruktur ist in einer praxisnahen Gliederung aufgebaut in Anlehnung an die DIN 32736 plus der Ver- und Entsorgungskosten als eigener Punkt auf Ebene der Führungskennzahlen. Die Kennzahlenstruktur des fm.benchmarking Berichtes mit Bezug zu den wichtigsten Normen und Richtlinien ist in Abbildung 15 dargestellt.



<b>Kennzahl</b>	<b>Priorität</b>	<b>Häufigkeit</b>
<i>Kennzahlen Nutzungskosten Gesamt</i>		
Nutzungskosten / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Mittel
Nutzungskosten / Arbeitsplatz (€/AP*a)	Hoch	Niedrig
Nutzungskosten / Errichtungskosten ([€/€*a]*100%)	Hoch	Mittel
<i>Kennzahlen Nutzungskosten TGM</i>		
TGM-Kosten / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Mittel
TGM-Kosten / Nutzungskosten ([€/€*a]*100%)	Hoch	Mittel
Betreiben bzw. Betriebsführen / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Niedrig
Verfolgen d. techn. Gewährleistung / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Niedrig
Instandhaltung / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Mittel
Instandhaltung KGR300 / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Niedrig
Instandhaltung KGR400 / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Mittel
Wartung und Inspektion / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Hoch
Wartung und Inspektion KGR400 / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Niedrig
Instandsetzen / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Mittel
Instandsetzen KGR300 / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Mittel
Instandsetzen KGR400 / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Mittel
<i>Kennzahlen Nutzungskosten IGM-Gebäudebezogen</i>		
IGM-Kosten / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Niedrig
IGM-Kosten / Nutzungskosten ([€/€*a]*100%)	Hoch	Niedrig
Reinigungs- und Pflegedienste / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Hoch
Unterhaltsreinigung / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Hoch
Fassadenreinigung (ohne Glasflächen) / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Mittel	Mittel
Glasreinigung (außen u. innen) / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Mittel	Mittel
Hausmeisterdienste / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Mittel
Außenanlagendienste / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Mittel
<i>Kennzahlen Nutzungskosten IGM-Nutzerbezogen</i>		
Verpflegungsdienste / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Hoch
Sicherheitsdienste / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Mittel	Niedrig
<i>Kennzahlen Nutzungskosten KGM-Nutzerbezogen</i>		
KGM-Kosten / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Niedrig
KGM-Kosten / Nutzungskosten ([€/€*a]*100%)	Hoch	Mittel
Kostenplanung + Kontrolle / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Niedrig
Versicherung / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Mittel	Mittel
<i>Kennzahlen Nutzungskosten Ver- und Entsorgung</i>		
V+E-Kosten / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Hoch
V+E-Kosten / Nutzungskosten ([€/€*a]*100%)	Hoch	Mittel
Elektroenergiekosten / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Hoch
Elektroenergieverbrauch / Bruttogrundfläche (kWh/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Mittel
Kälteenergieverbrauch / Bruttogrundfläche (kWh/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Mittel	Niedrig
Brennstoffe- u. Wärmeträgerkosten / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Hoch
Brennstoffe- u. Wärmeträgerverbr. / Bruttogrundfläche (kWh/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Hoch	Mittel
Frischwasserkosten / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Mittel	Hoch
Frischwasserverbrauch / Bruttogrundfläche (kWh/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Mittel	Hoch
Entsorgungskosten von Abfallstoffen / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Mittel	Mittel
Abwasserentsorgungskosten / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> *a)	Mittel	Hoch

*Tabelle 3: Ausgewählte Kennzahlen Nutzungskosten*

Mit erster Priorität sollten die Nutzungskosten auf der Ebene der Führungskennzahlen durch die Kennzahlen Nutzungskosten / Bruttogrundfläche, TGM-Kosten / Bruttogrundfläche, IGM-Kosten gebäudebezogen / Bruttogrundfläche, IGM-Kosten nutzerbezogen / Bruttogrundfläche, KGM-Kosten / Bruttogrundfläche sowie Ver- und Entsorgungskosten / Bruttogrundfläche erfasst werden. Darüber hinaus empfiehlt sich auf der Ebene der Analysekenzahlen eine weitere Zielwertprüfung der Kennzahlen mit hoher Priorität durchzuführen. Auch bei den Kennzahlen der Nutzungskosten ist auffällig, dass wichtige Kennzahlen häufig nicht erhoben werden. Positiv ist, dass im Zuge der EnEV-Vorschriften und der Gebäudezertifizierung Kennzahlen der Ver- und Entsorgungskosten überprüft werden. Allerdings wird diese Überprüfung nicht in einen ganzheitlichen Ansatz der Kostenprüfung und –sicherung eingebettet. Im Zuge des LZK-Controllings werden die Gebäudenutzungskosten dagegen in einem ganzheitlichen Ansatz überprüft.

Die Lebenszykluskosten, gebildet als Summe der Errichtungskosten und des Barwertes der Gebäudenutzungskosten über den Betrachtungszeitraum, sollten ebenfalls als Kennzahl in der Zielwertprüfung auf verschiedene Größen, wie Arbeitsplätze, Mitarbeiter, Bruttogrundfläche und Nutzfläche bezogen werden. Zudem sind die über den Betrachtungszeitraum zyklisch anfallenden Sanierungskosten in der Definition nach der DIN 32736 als Ersatzinvestitionen nach Ablauf der Lebensdauer von Bauteilen (KGR 300 DIN 276) und technischen Anlagen (KGR 400 DIN 276) zu berücksichtigen und als Kennzahl in Bezug auf die Bruttogrundfläche zu prüfen.

Kennzahl	Priorität	Häufigkeit
LZK / Arbeitsplatz (€/AP)	Hoch	Niedrig
LZK / Mitarbeiter (€/MA)	Hoch	Niedrig
LZK / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> )	Hoch	Niedrig
LZK / Nutzfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>NF</sub> )	Hoch	Niedrig
Sanierungskosten / Bruttogrundfläche (€/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> )	Hoch	Niedrig

*Tabelle 4: Ausgewählte Kennzahlen LZK*

Zu beachten ist, dass die Kennzahlen der Nutzungskosten gesamt und der Lebenszykluskosten sich als Summenpositionen der einzelnen eingehenden Kostenarten zusammensetzen. Interessant ist somit die ganz rechte Spalte der Abbildung 15, in der die bei der LZK-Berechnung nach DGNB und BNB berücksichtigten Nutzungskostenarten angegeben sind.

fm.benchmarking Bericht 2012/2013	DIN 18960	DIN 32736	Ö-Norm B1801-2-1997	Ö-Norm B1801-2-2011	BetrKV § 2	LZK-Berechnung nach GEFMA 220	LZK-Berechnung nach DGNB/BNB
<b>Infrastrukturelles GM- Gebäudebezogen</b>	teils	teils	teils	teils	teils	teils	teils
Verpflegungsdienste	nein	ja	nein	6.5	nein	nein	nein
Hausmeisterdienste	210	ja	ja	1.1	Nr. 14	nein	nein
<b>Reinigungs- und Pflegedienste (Gebäude)</b>	330	teils	ja	4	Nr. 9	teils	teils
Unterhaltsreinigung	331	ja	ja	4.1	Nr. 9	ja	ja
Fassadenreinigung	333	ja	ja	4.3	Nr. 9	ja	ja
Glasreinigung	332	ja	ja	4.2	Nr. 9	ja	ja
Grundreinigung	339	ja	ja	4.4	Nr. 9	nein	nein
Schornsteinfeger	334	nein	ja	nein	Nr. 12	nein	nein
Sonderreinigung	334	nein	ja	4.4	Nr. 2-7	nein	nein
Schädlingsbekämpfung	339	nein	nein	nein	ja	nein	nein
<b>Außenlagendienstleistungen</b>	340	nein	ja	ja	ja	nein	nein
Außenanlagenreinigung	341	ja	ja	4.6	Nr. 8/Nr. 10	nein	nein
Gärtnerdienste	342	ja	ja	4.7	Nr. 10	nein	nein
Winterdienste	341	ja	ja	4.5	Nr. 8	nein	nein
<b>Infrastrukturelles GM - Nutzerbezogen</b>	teils	ja	teils	ja	nein	teils	nein
Interne Postdienste	nein	ja	nein	6.1	nein	nein	nein
Kopie- und Druckerdienste	nein	ja	nein	6.4	nein	nein	nein
Datenverarbeitungsdienste	nein	ja	nein	6.2	nein	nein	nein
Umzugsdienste	nein	ja	nein	6.3	nein	nein	nein
Waren- und Logistikdienste	nein	ja	nein	6.6	nein	nein	nein
Zentr. Kommunikationsdienste	nein	ja	nein	6.2	nein	nein	nein
Parkraumbetreiberdienst	nein	ja	nein	6.6	nein	nein	nein
Fuhrpark und Fahrdienste	nein	ja	nein	6.6	nein	nein	nein
Zentrale Archivierung	nein	ja	nein	6.6	nein	nein	nein
Sicherheitsdienste	360	ja	ja	5	nein	ja	nein
<b>Technisches Gebäudemanagement</b>	teils	ja	teils	ja	teils	teils	teils
Instandhalten	352-355/400	ja	ja	ja	teils	ja	ja
Inspektion & Wartung	352 - 355	ja	ja	2.2 / 2.3	Nr. 2-7	ja	ja
Instandsetzen	400	ja	ja	2.4	nein	ja	ja
Sanieren	nein	ja	ja	7.1	nein	nein	ja
Modernisieren / Verbessern	nein	ja	*	7.2	nein	nein	ja
Betreiben / Betriebsführen	351	ja	*	2.1	Nr. 2-7	ja	nein
Dokumentieren	200	ja	*	2.1	nein	ja	nein
Energiemanagement	200	ja	*	2.1	Nr. 4	ja	nein
Informationsmanagement	200	ja	*	2.1	nein	ja	nein
Verfolgen d. technischen Gewährleistung	200	ja	*	2.1	nein	ja	nein
<b>Kaufmännisches Gebäudemanagement</b>	teils	teils	ja	teils	teils	teils	nein
Beschaffungsmanagement	200	ja	ja	1.1	nein	ja	nein
Kostenplanung + Kontrolle	200	ja	ja	1.1	nein	ja	nein
Objektbuchhaltung	200	ja	ja	1.1	nein	ja	nein
Vertragsmanagement	200	ja	ja	1.1	nein	ja	nein
Öffentliche Abgaben / Gebühren	371	nein	ja	1.2	Nr. 1	nein	nein
Versicherung	372	nein	ja	1.2	Nr. 13	nein	nein
Kapitaldienst	100	nein	ja	nein	nein	nein	nein
Zinsen	111	nein	ja	nein	nein	nein	nein
AfA	130	nein	ja	nein	nein	nein	nein
Bürgschaften	112	nein	ja	nein	nein	nein	nein
Erbpachtzins	113	nein	ja	nein	nein	nein	nein
Dienstbarkeiten	114	nein	ja	nein	nein	nein	nein
Leasing	220	nein	ja	nein	nein	nein	nein
Mietkosten	220	nein	ja	nein	nein	nein	nein
<b>Ver- und Entsorgung (Kosten)</b>	ja	nein	ja	ja	ja	ja	teils
Abfallstoffe	322	nein	ja	3.3	Nr. 8	ja	nein
Abwasserentsorgung	321	nein	ja	3.2	Nr. 3	ja	ja
Strom	316	nein	ja	3.1	Nr. 2-15	ja	ja
Brennstoffe/Wärmeträger	312 - 315	nein	ja	3.1	Nr. 4-6	ja	ja
Wasser	311	nein	ja	3.2	Nr. 2	ja	ja

\* kann sonstigen Kosten zugeordnet werden

Abbildung 15: Vergleich unterschiedlicher Gliederungen von Nutzungskosten

Die Berechnung der LZK in der Gebäudezertifizierung nach DGNB und BNB folgt den festgelegten Vorschriften in den jeweiligen Berechnungssteckbriefen der Zertifizierungssysteme. Bei der DGNB ist das der Steckbrief NBV09-16 (Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude 2009 – Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus). Beim BNB wird der Steckbrief 2.1.1 (Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus) angewandt. Die Lebenszykluskostenberechnung wird ausschließlich zum Zweck der Gebäudezertifizierung durchgeführt und geht jeweils mit einer Gewichtung von 13,5 % in die Gesamtbewertung ein. Zur korrekten Bewertung des Zielerfüllungsgrades im Kriterium LZK ist die LZK-Berechnung zur Bildung des Benchmarkwertes nach standardisierten Vorgaben auszuführen. Dies erfordert eine einheitliche Festlegung der berücksichtigten Kostenarten, Kostenkennwerte und Berechnungsparameter. Andere, als direkt gebäudebezogene Kosten, können aus Gründen der Vergleichbarkeit nicht berücksichtigt werden. Eine individuelle Anpassung z. B. nach Regionalfaktoren oder eine Einbeziehung der Außenanlagen ist somit im Rahmen der Zertifizierung nicht möglich [RN11]. Folgerichtig weist die DGNB in seinem Handbuch ausdrücklich darauf hin, dass eine LZK-Berechnung zur Zertifizierung sich von der Variabilität eines Planungsmodells entfernt: „Möglicherweise wird ein Planer oder Investor, der die Folgekosten seiner Entscheidungen abbildet, zu anderen Kostengrößen kommen als in der Zertifizierung“ [Tri09]. Dies sollte für die korrekte Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.

Um der Frage nachzugehen, wie groß die Differenz im Ergebnis der LZK-Berechnung zwischen den bei DGNB und BNB berücksichtigten Kostenarten und einer LZK-Berechnung über alle Kostenarten ist, wurde eine Gegenüberstellung beider LZK-Berechnungen durchgeführt. In Abbildung 16 wurden die LZK für ein Bürogebäude unter Einbeziehung aller Nutzungskostenarten (Vollkosten) berechnet, die in der linken Spalte der Abbildung 15 aufgeführt sind. Die in Abbildung 17 dargestellte Berechnung baut dagegen nur auf die in der LZK-Berechnung nach DGNB und BNB berücksichtigten Nutzungskostenarten auf (Abbildung 15 rechte Spalte). Zur Berechnung wurde in beiden Fällen auf die im fm.benchmarking Bericht 2012/2013 [PUR12] erhobenen Nutzungskosten zurückgegriffen und erfolgte über die 25%-Quartile, Mittelwerte und 75%-Quartile. Die Errichtungskosten gingen in Höhe des mittleren Standards der BKI-Werte in die Berechnung ein [BK112]. Als Größe des Mustergebäudes wurden 8.000 m<sup>2</sup>BGF angenommen. Der Betrachtungszeitraum beträgt analog zur Berechnung nach DGNB und BNB 50 Jahre. Der Diskontierungszinssatz wurde mit 3,5% festgelegt. Die allgemeine Preissteigerungsrate wurde mit 2,1% angenommen und die für Energiekosten (Kostenarten Strom und Brennstoffe/Wärmeträger) mit 4,9%.

Im Vergleich beider Berechnungen wird deutlich, dass die LZK nach DGNB/BNB über 50 Jahre nur bei 56% der über alle Kostenarten berechneten LZK liegen. Die Begrenzung der Eingangsgrößen in der LZK-Berechnung nach DBNG/BNB ist für den Anwendungsfall der Bildung von Vergleichswerten für eine Punktevergabe in der Zertifizierung dennoch zweckmäßig, das Berechnungsergebnis spiegelt aber nicht die Lebenszykluskosten in ihrer kompletten Höhe ab, sondern stellt nur eine partielle Betrachtung dar. Dies ist bei der Interpretation der Ergebnisse einer LZK-Berechnung nach DGNB und BNB zu berücksichtigen.

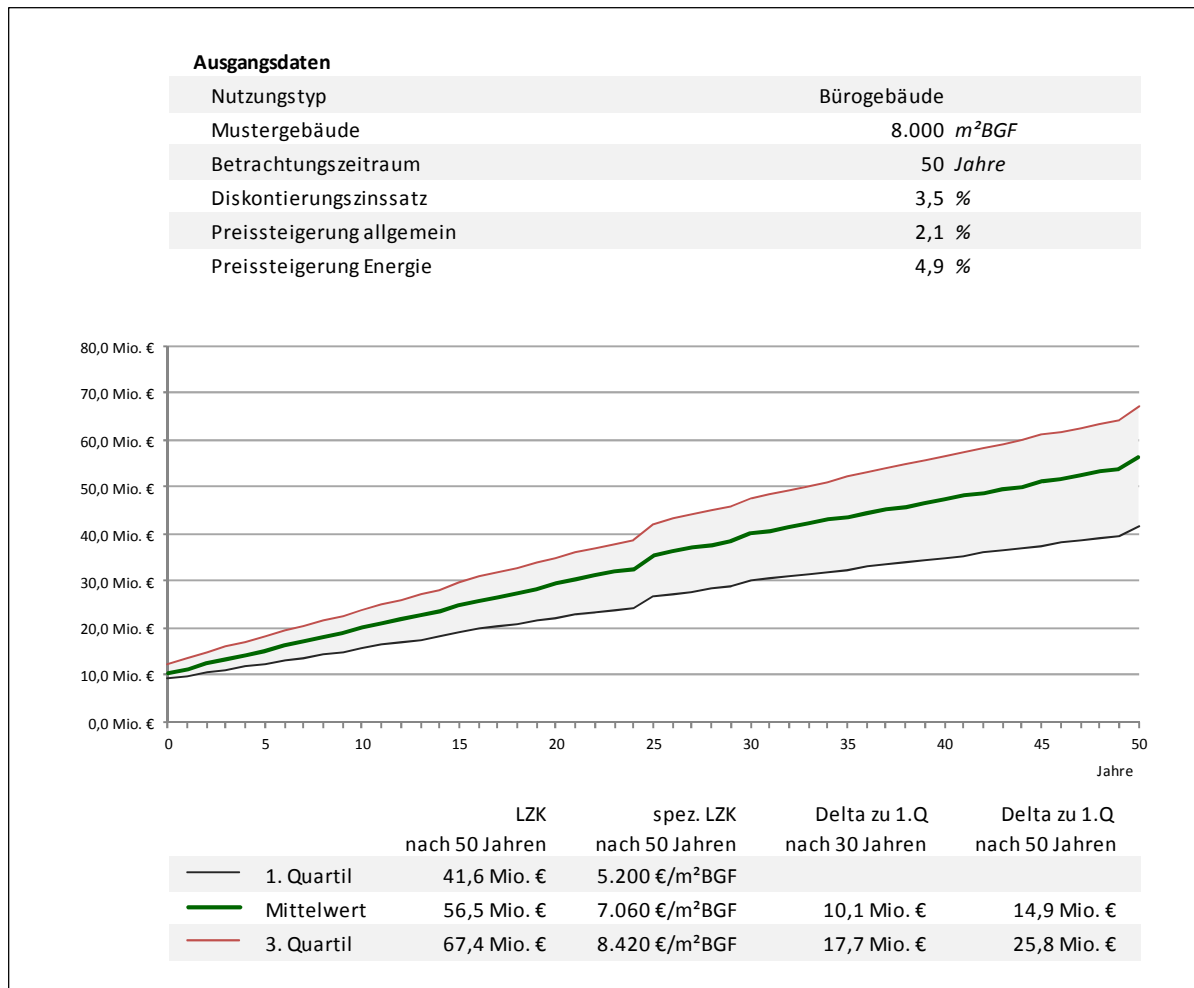


Abbildung 16: LZK-Berechnung Büro – alle Kostenarten (Vollkosten)

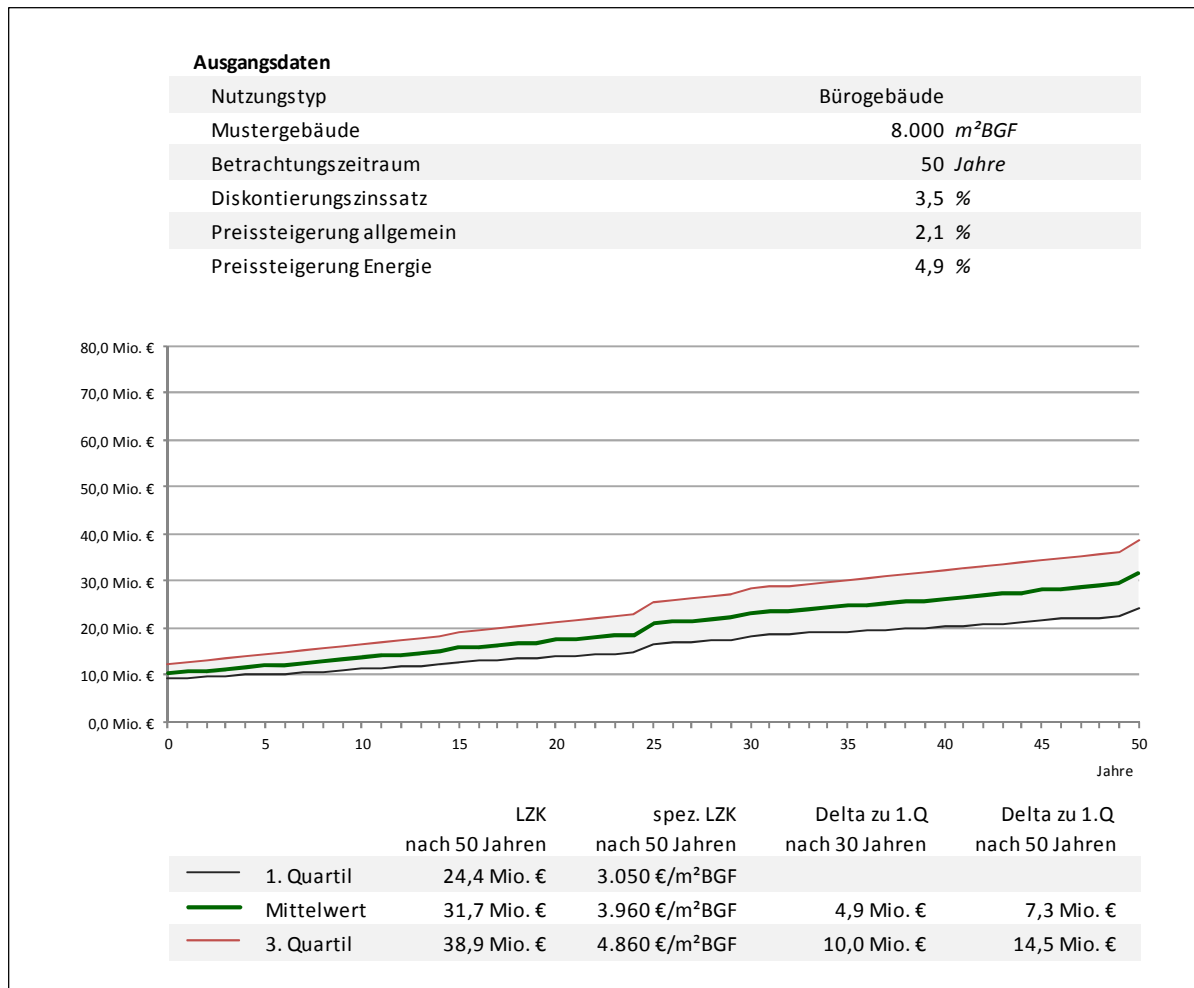


Abbildung 17: LZK-Berechnung Büro - nach DGNB/BNB berücksichtigte Kostenarten

Die konkreten Determinanten zur Auswahl der Zielkennwerte liegen vor allem in der Rolle des Bauherrn begründet. So kann es für einen Projektentwickler, der das Gebäude frühzeitig weiterveräußert, zweckmäßig sein, eine Zielwertprüfung über nur unmittelbar gebäudebezogene Kosten durchzuführen und die nutzerbezogenen IGM-Kosten oder KGM-Kosten in der Betrachtung außen vor zu lassen. Die Gebäudenutzungskosten bei der Planung komplett zu vernachlässigen können sich allerdings auch professionelle Projektentwickler nicht mehr leisten, da institutionelle Investoren und Mieter ein zunehmendes Bewusstsein für die durch sie zu tragenden Nutzungskosten entwickeln und diese verstärkt kritisch hinterfragen. Entwickelt der Bauherr das Gebäude als Eigennutzer mit einem eindeutigen Nutzungskonzept, so empfiehlt sich hier eine Zielwertprüfung über alle Nutzungskostenarten durchzuführen. Der Einfluss der einzelnen Kostenarten auf die gesamten Nutzungskosten oder die Lebenszykluskosten ist in Abbildung 18 dargestellt.

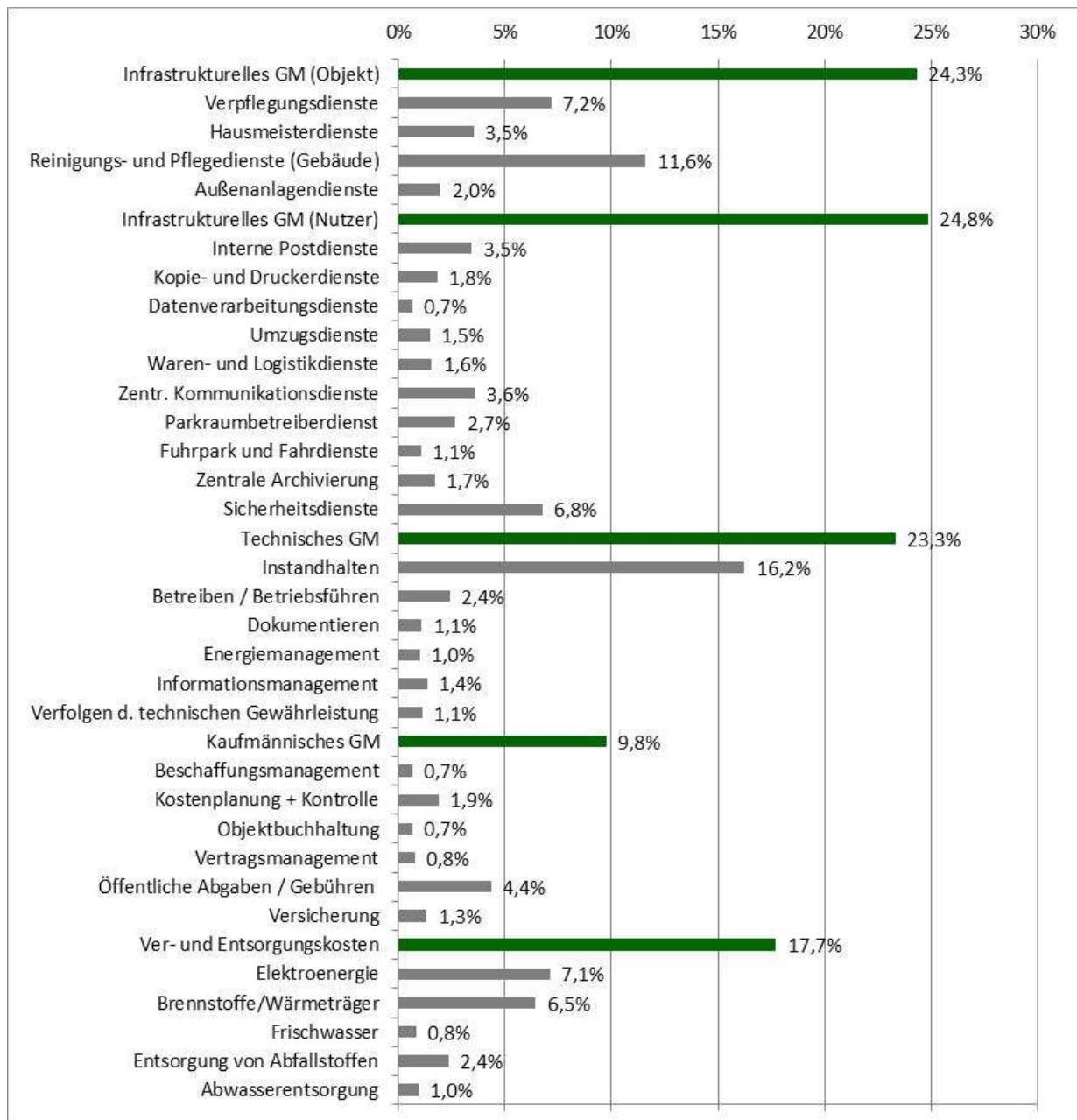


Abbildung 18: Prozentuale Aufteilung der jährlichen Nutzungskosten Bürogebäude

Es ergibt sich folgende Rangfolge auf Ebene der Analysekenzzahlen:

- (1) Instandhalten (NK-Anteil: 16,3%; LZK-Anteil: 12,3%)
- (2) Reinigungs- und Pflegedienste (NK-Anteil: 10,7%; LZK-Anteil: 8,1%)
- (3) Verpflegungsdienste (NK-Anteil: 6,2%; LZK-Anteil: 4,7%)
- Strom (NK-Anteil: 6,2%; LZK-Anteil: 4,7%)
- (5) Sicherheitsdienste (NK-Anteil: 5,9%; LZK-Anteil: 4,4%)
- (6) Öffentliche Abgaben/Gebühren (NK-Anteil: 5,8%; LZK-Anteil: 4,4%)
- (7) Brennstoffe/Wärmeträger (NK-Anteil: 5,3%; LZK-Anteil: 4,0%)



Die Instandhaltungskosten betragen 16,3% der Nutzungskosten und dementsprechend 12,3% der gesamten Lebenszykluskosten. Auf dem zweiten Platz folgen die Reinigungs- und Pflegedienste mit einem LKZ-Anteil von 8,1%. Auf einem geteilten dritten Platz liegen mit einem LKZ-Anteil von 4,7% die Verpflegungsdienste (Catering) und die Elektroenergiekosten. Die Kosten für Heizenergie befinden sich auf dem siebten Rang mit einem LKZ-Anteil von 4,0%.

Die hier dargestellten Ergebnisse machen deutlich, dass die in der Praxis noch häufig anzutreffende alleinige Fokussierung auf den Energiebedarf und die Energiekosten nicht zu optimalen Lebenszykluskosten führt. Zweifellos ist die Reduzierung des Energiebedarfes aus Gründen der Nachhaltigkeit sowie der damit verbundenen Energiekosten auch aus Kostensicht erstrebenswert. Für eine ganzheitliche Optimierung der Lebenszykluskosten müssen aber alle Kostenarten betrachtet werden. Insbesondere ein erhöhter Einsatz von gebäudetechnischen Maßnahmen sollte auf die Folgekosten im Bereich des Betriebes, der Instandhaltung und der Sanierung überprüft werden.

Zur Festlegung der Höhe der Zielkennwerte bietet der fm.benchmarking Bericht eine gute Datengrundlage. In der Regel sollten die Zielkennwerte in der Spanne des 25%-Quartils bis zum Median liegen. In begründeten Fällen kann eine Anpassung erfolgen, z. B. aufgrund der gewünschten oder erforderlichen Servicelevel der Leistungen. So bestehen beispielsweise für eine repräsentative Hauptverwaltung mit Kundenverkehr andere Anforderungen an z. B. die Unterhaltsreinigung als für das Back Office.

Darüber hinaus ist auf die Einhaltung von Grundsätzlichkeiten zu achten, die bei Nichtbeachtung zu hohen langfristigen Folgekosten führen: Bei Reinigungs- und Pflegediensten ist die Zugänglichkeit zu gewährleisten. So sind Projektbeispiele, bei denen Fassadenbefahranlagen in der Planung „vergessen“ wurden und zur Glasreinigung Hochkletterer beauftragt werden müssen, immer wieder anzutreffen. Im TGM-Bereich führt ein zu hoher Technisierungsgrad zu Mehrkosten im Betreiben, Instandhalten und Sanieren der technischen Anlagen. Bei den KGM-Kosten entstehen unnötige Aufwendungen durch Organisationsineffizienzen in der Dokumentation und des Daten- und Vertragsmanagements. Im Bereich der Ver- und Entsorgungskosten werden zwar standardisierte Bedarfsberechnungen durchgeführt, ein durchgängiges, planungsbegleitendes Controlling plus Monitoring in der Betriebsphase ist allerdings in der Praxis bisher nicht anzutreffen. Auf die technische Qualitätssicherung von Gebäuden wird im Kapitel 2.2 gesondert eingegangen.

### **2.1.3 Zielwertprüfung**

Die Zielwertprüfung bei Neubauprojekten erfolgt mittels des Tools Gebäudenutzungskostenrechner (GNKR). Der Gebäudenutzungskostenrechner (GNKR) wurde vom Autor Prof. Rotermund im Zuge einer wissenschaftlichen Arbeit als Berechnungsverfahren entwickelt. Das Tool gibt dem Anwender und Nutzer die Möglichkeit die Gebäudenutzungskosten einer Immobilie/eines Gebäudes mit Hilfe vorgegebener Eingangsdaten, Parameter und definierter Berechnungswege eigenständig zu berechnen. Die nachfolgende Abbildung 19 zeigt den prinzipiellen Ablauf der Gebäudenutzungskostenberechnung für ein Gebäude. Bei einer parallelen Untersuchung verschiedener Gebäude wird dieser Ablauf je Gebäude durchlaufen. Ein Beispiel: Die Berechnung der Fensterreinigungskosten erfolgt u.a. anhand der Fenster- und Rahmenfläche, der Zugänglichkeit und der Reinigungsleistung pro Mitarbeiter. Die geplante Fensterfläche wird bei den Teilnehmern abgefragt. Die Reinigungsleistung und Erschwernisse der Zugänglichkeit werden durch den Berechnenden anhand der vorliegenden Unterla-



gen sowie Erfahrungswerten festgelegt. Aus allen festgelegten Faktoren resultiert das Gesamtergebnis.

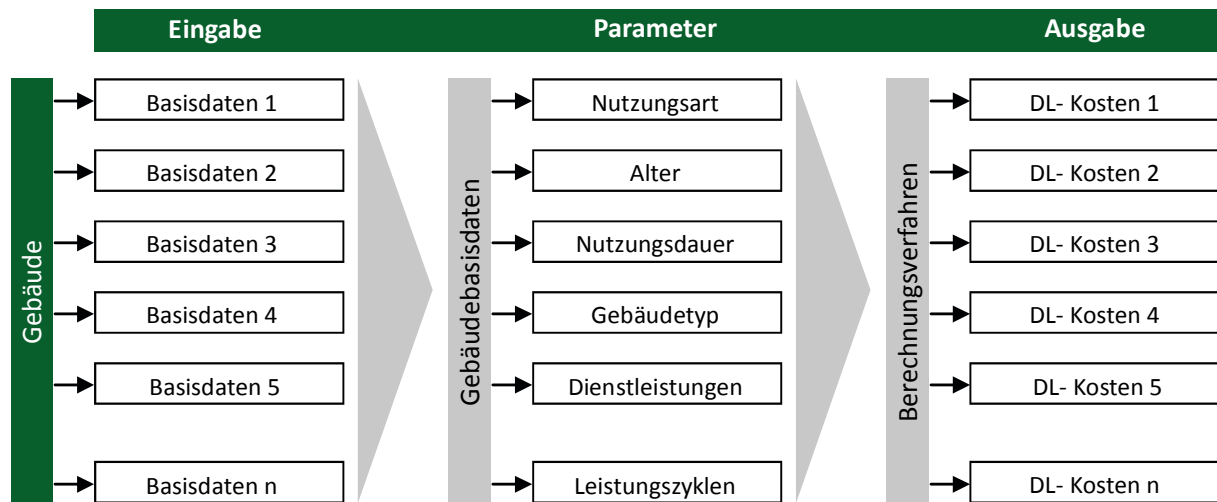


Abbildung 19: Schematische Darstellung der Funktionsweise des GNKR

Für die Berechnung der Gebäudenutzungskosten fließen zunächst die wesentlichen Gebäudekenndaten ein, wie zum Beispiel:

- Brutto- oder Nettogrundfläche
- Reinigungsfläche
- Hüllfläche
- Außenanlagenfläche
- Gebäudeerrichtungskosten Hochbau
- Gebäudeerrichtungskosten technische Gebäudeausrüstung.

Für die Berechnungen sind ferner zahlreiche Parameter notwendig, wie aus der obigen Abbildung ersichtlich ist. Die Parameter werden beim Gebäudenutzungskostenüberschlag und der Gebäudenutzungskostenanschätzung zunächst angenommen, da sie häufig noch nicht bekannt sind. Mit zunehmender Erwartungshaltung an die Genauigkeit der Berechnungsergebnisse ist eine flexible Eingabe der Parameter notwendig. Mit Hilfe der Gebäudekenndaten und der Parameter erfolgt dann die Berechnung der Gebäudenutzungskosten. Hierzu bedient sich der GNKR zuvor festgelegter Berechnungsalgorithmen. Diese Berechnungsalgorithmen und die Ergebnisse der Berechnungen werden kontinuierlich mit den Ergebnissen aus Benchmarkingpools und operativen Leistungsausschreibungen verglichen.

Mittels der LZK-Schätzung kann für Bauvorhaben eine zeitgleiche Ermittlung der Gebäudeerrichtungs- und Gebäudenutzungskosten erfolgen. Somit besteht die Möglichkeit der frühen Entscheidungsfindung auf einer belastbaren Basis. Die Stärke des GNKR besteht in der in der Fähigkeit mit nur geringem Eingabeaufwand bereits in einer frühen Planungsphase eine umfassende LZK-Ermittlung vornehmen zu können.

Je nach Berechnungszeitpunkt unterscheidet sich die Informationsdichte der zur Verfügung stehenden Eingangsdaten. Dem entsprechend differiert der Detaillierungsgrad der LZK-Berechnung mit unterschiedlicher Prognosegenauigkeit in der Folge. In Anlehnung an die Begriffe zur Kostengenauigkeit der DIN 276 führt die Richtlinie GEFMA 220-1 die in der Tabelle 5 wiedergegebenen Detailstufen auf.

Detailstufe	LzPh nach GEFMA 100-1	Leistungsphase nach HOAI
LZK- Schätzung	(1) Konzeption	Vorplanung
LZK- Berechnung	(2) Planung	Entwurfsplanung
LZK- Anschlag	(6) Betrieb & Nutzung (nach den ersten 2 Betriebsjahren)	-
LZK- Feststellung	(9) Verwertung	-

*Tabelle 5: Detailstufen der LZK-Berechnung*

Die Eingangsdaten werden über einen Datenerhebungsbogen von den Teilnehmern erfragt. Dieser erfasst alle zur LZK-Berechnung und Zielwertprüfung relevanten Informationen. Unter Kapitel 3.1.2 Pilotanwendung ist der bei der Abfrage der Pilotgebäude verwandte Datenerhebungsbogen dargestellt.

In der Zielwertmatrix ist zudem je Zielkennwert eine Dokumentation hinterlegt, mit Bezug zu relevanten Normen und Richtlinien, kostenbeeinflussenden Parametern, dem Einfluss auf die LKZ, die relevanten Benchmarks zur Bildung der Zielkennwerte und den Arten der Kostenprüfung. Exemplarisch sind diese Informationen im Folgenden für die Kostenarten VES-Elektroenergie/BGF und VES-Brennstoffe-Wärmeträger/BGF aufgeführt.

Information VES-Elektroenergie/BGF	
Erläuterung	Elektroenergie umfasst nach KGR 316 der DIN 18960 Strom aus öffentlichem Netz, Strom aus erneuerbaren Energien, Strom aus KWK.
Gesetzliche Grenzwerte	-
Norm / Quelle	DIN 18960
kostenbeeinflussende Parameter	Technisierungsgrad, Energiekonzept
Einfluss auf LZK	ca. 4 % Anteil an Nutzungskosten
Benchmarks (Kennzahlen)	Q1 3,81 €/m <sup>2</sup> ; MW Q1-Median 4,65 €/m <sup>2</sup> ; Median 5,5 €/m <sup>2</sup>
Kostenprüfung	GNKR, ILKR (Neubau); fm.benchmarking (Betriebsphase)

*Tabelle 6: Information der Kostenart VES-Elektroenergie/BGF*

Information VES-Brennstoffe-Wärmeträger/BGF	
Erläuterung	Brennstoffe/Wärmeträger sind in den KGR 312-316 der DIN 18960 aufgeführt: Öl, Gas, Feste Brennstoffe, Fernwärme.
Gesetzliche Grenzwerte	-
Norm / Quelle	DIN 18960
kostenbeeinflussende Parameter	Transmissionswärmeverlust, Energiekonzept
Einfluss auf LZK	ca. 3,5 % Anteil an Nutzungskosten
Benchmarks (Kennzahlen)	Q1 3,71 €/m <sup>2</sup> ; MW Q1-Median 4,42 €/m <sup>2</sup> ; Median 5,13 €/m <sup>2</sup>
Kostenprüfung	GNKR, ILKR (Neubau); fm.benchmarking (Betriebsphase)

*Tabelle 7: Information der Kostenart VES-Brennstoffe-Wärmeträger/BGF*

#### **2.1.4 Prüfbericht**

Nach erfolgter Zielwertprüfung wird ein Prüfbericht zum Feedback an die Teilnehmer ausgegeben. In den folgenden Abbildungen 20-23 ist die Zielwertprüfung der gesamten LZK und exemplarisch die der Kostenart VES-Brennstoffe-Wärmeträger dargestellt. Darin wird das Ergebnis der Zielwertprüfung als Soll-Ist-Vergleich in Diagrammform ausgegeben. In der ersten Prüfung wird die Zielwertvorgabe jeweils nicht erfüllt. Daraufhin wird die Planung überarbeitet und einer zweiten Prüfung unterzogen (vgl. Abbildung 13-14). In dem Prüfbericht werden entsprechende Hinweise zu Kostenoptimierungspotenzialen an der Planung gegeben. In der zweiten Prüfung, in der die überarbeiteten Entwürfe analysiert werden, wird der Zielkennwert dann jeweils eingehalten.

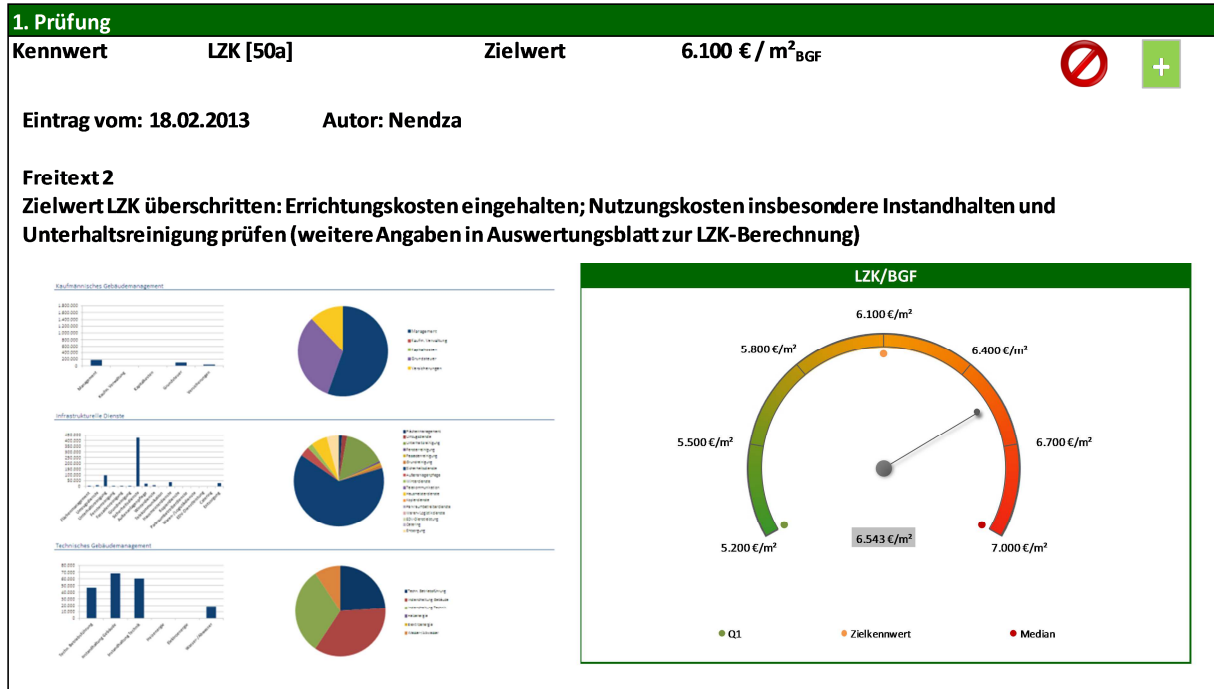


Abbildung 20: Feedback der Zielwertprüfung LZK über Ticketsystem (1)

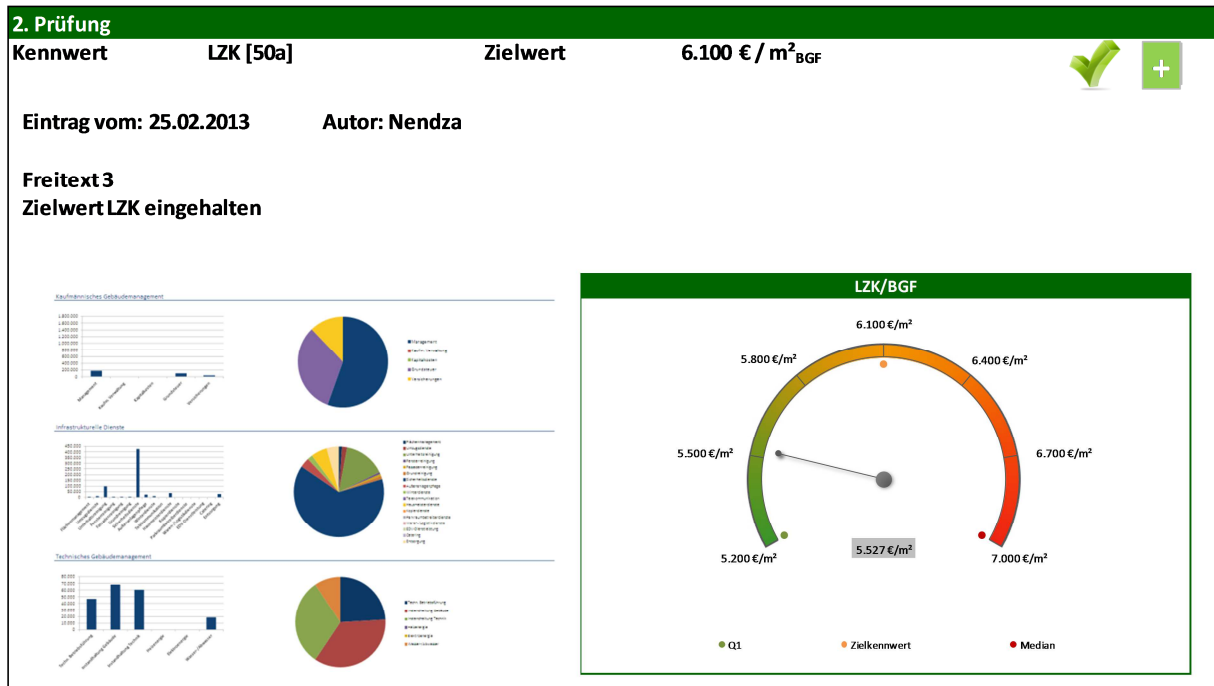


Abbildung 21: Feedback der Zielwertprüfung LZK über Ticketsystem (2)

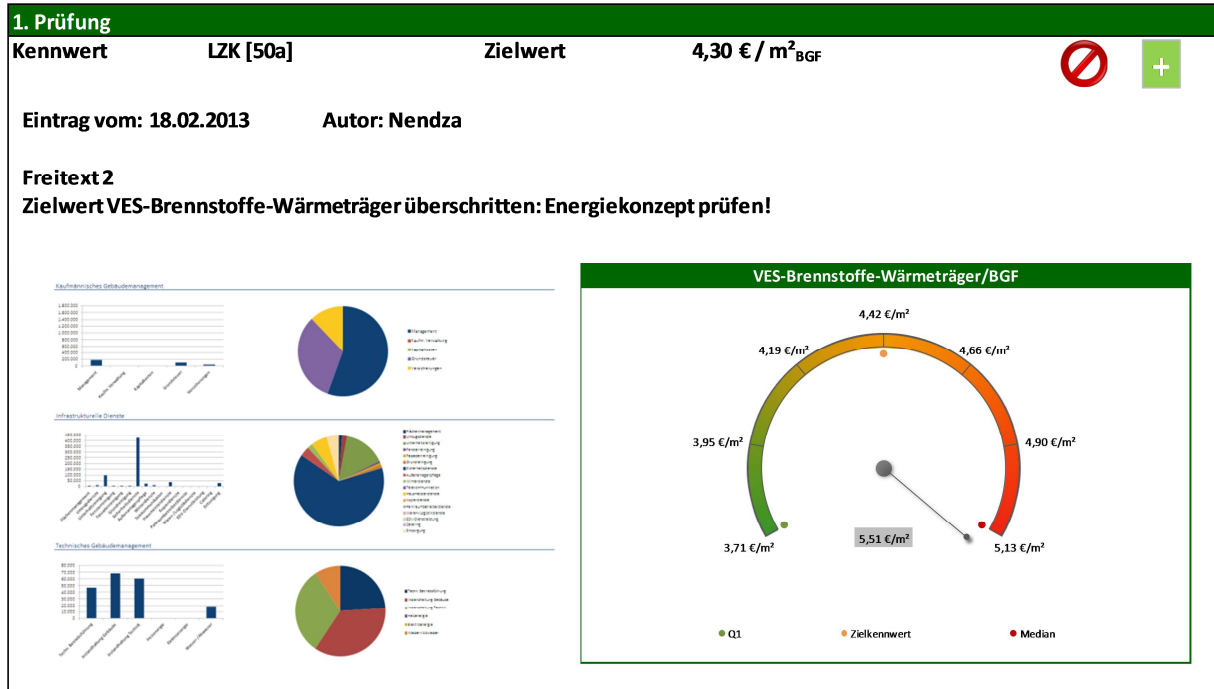


Abbildung 22: Feedback der Zielwertprüfung VES-Brennstoffe-Wärmeträger über Ticketsystem (1)

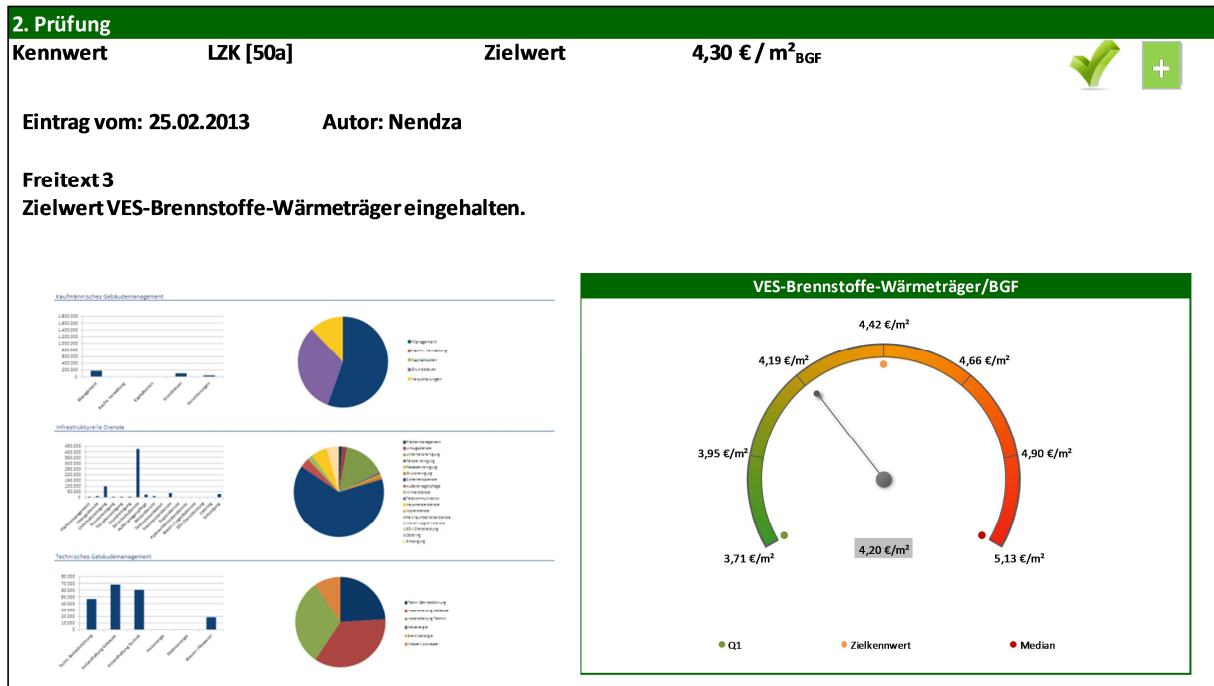


Abbildung 23: Feedback der Zielwertprüfung VES-Brennstoffe-Wärmeträger über Ticketsystem (2)

## 2.2 Werkzeuge u. Methoden für ein innovatives Energie- und Qualitätsmanagement (EQM)

Ausgehend von den Anforderungen, die an ein Werkzeug für das Energie- und Qualitätsmanagement gestellt werden, werden im Folgenden die Entwicklung einer aktiven Prozesssteuerung sowie die Anwendungsmethodik für standardisierte Zielwerte dargestellt.

### 2.2.1 Anforderungen an ein Werkzeug für das Energie- und Qualitätsmanagement

In Bauprojekten – Neubau und Sanierung – hat sich für die Überwachung der Themen Kosten und Termine die Rolle des Projektsteuerers neben den Fachplanern etabliert. Sie sind als direkte Berater auf Bauherrnseite tätig und ihm gegenüber verantwortlich. Die häufig kaufmännisch-juristisch ausgelegte Rolle behandelt das Thema Qualität jedoch eher dokumentierend denn aktiv steuernd. Dies wird entsprechend der Aufgaben der HOAI weitgehend den Fachplanern überlassen, die formal im Auftrag des Bauherrn für die Abnahme der Errichterleistungen verantwortlich sind. Der Fachplaner ist jedoch auf Grund seiner eigenen Vertragssituation nur bedingt an einer kritischen Qualitätssicherung interessiert. Das Controlling ist deshalb in den entscheidenden Phasen der Planung und Errichtung für die Qualität nicht optimal aufgestellt und taucht erst als Problem im Betrieb wieder auf.

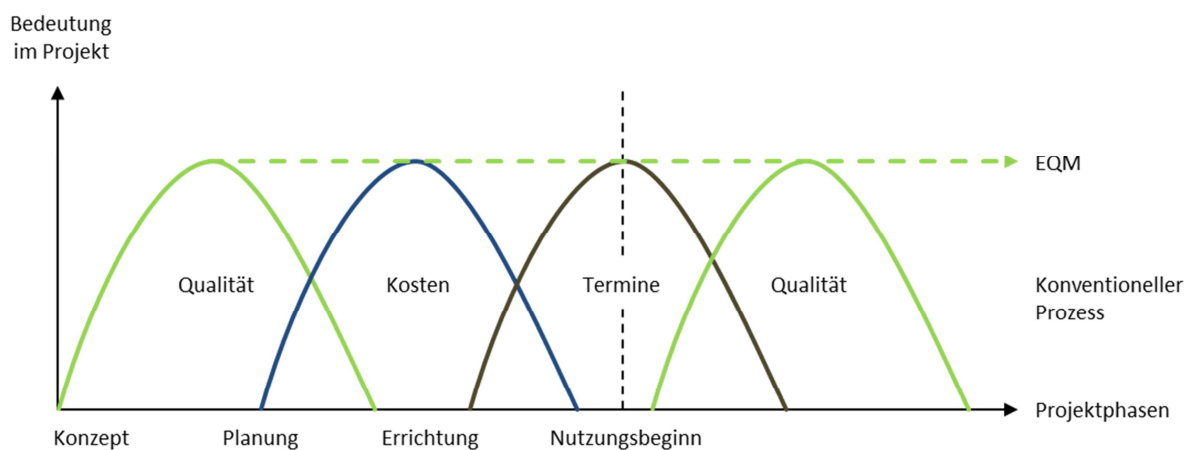


Abbildung 24: Bedeutung der Qualität in den Projektphasen

Es fehlt hier nicht an *konzeptionellen* Potenzialen für nachhaltige Gebäude. Es fehlt ein unabhängiger Akteur, der explizit über alle Phasen für die Überwachung der Qualität eines Gebäudes zuständig ist.

Dieser Ansatz wird am ehesten in der VDI 6029 mit der Einrichtung eines Inbetriebnahmemanagers (IBM) umgesetzt. Der IBM ergänzt und integriert die verschiedenen Fachplaner, um auch bei komplexen Gebäuden die integrale Planung zu unterstützen. Problematisch ist hier, dass schon der Begriff signalisiert, dass die Leistungen des IBM sich überwiegend auf die Phase kurz vor und nach der Übergabe des Gebäudes konzentrieren. Noch problematischer ist jedoch das Verhältnis des IBM zu den Fachplanern. Hier drohen Unklarheiten bei den Verantwortlichkeiten. Vorgesehen ist eine eher kooperative Rollenverteilung zwischen IBM und Fachplanern. Das eigentliche Defizit im Prozess ist aber die Leistung, die die Projektsteuerung für Kosten und Termine macht: die Überwachung der Qualität in den Leistungen der Fachplaner und Errichter. Dieses Defizit kann ein effektives EQM – Energie-

und Qualitätsmanagement beheben, das den Bauherrn unabhängig von Planungs- oder Errichterleistungen unterstützt.

Die Abbildung 25 beschreibt das Grundprinzip für das Controlling, wie es im Rahmen des Forschungsprojektes mit dem Kreislauf von Prüfen und Optimieren weiterverfolgt wird. Als operative Ebene werden die qualitätssichernden Maßnahmen innerhalb einer Zielwertprüfung angesehen. Auf der strategischen Ebene sind durch die automatisierte Dokumentation der Zielwertprüfungen eine allgemein nutzbare Typisierung von Qualitätsmängeln und eine Optimierung von Gebäude- und Anlagentypen möglich.

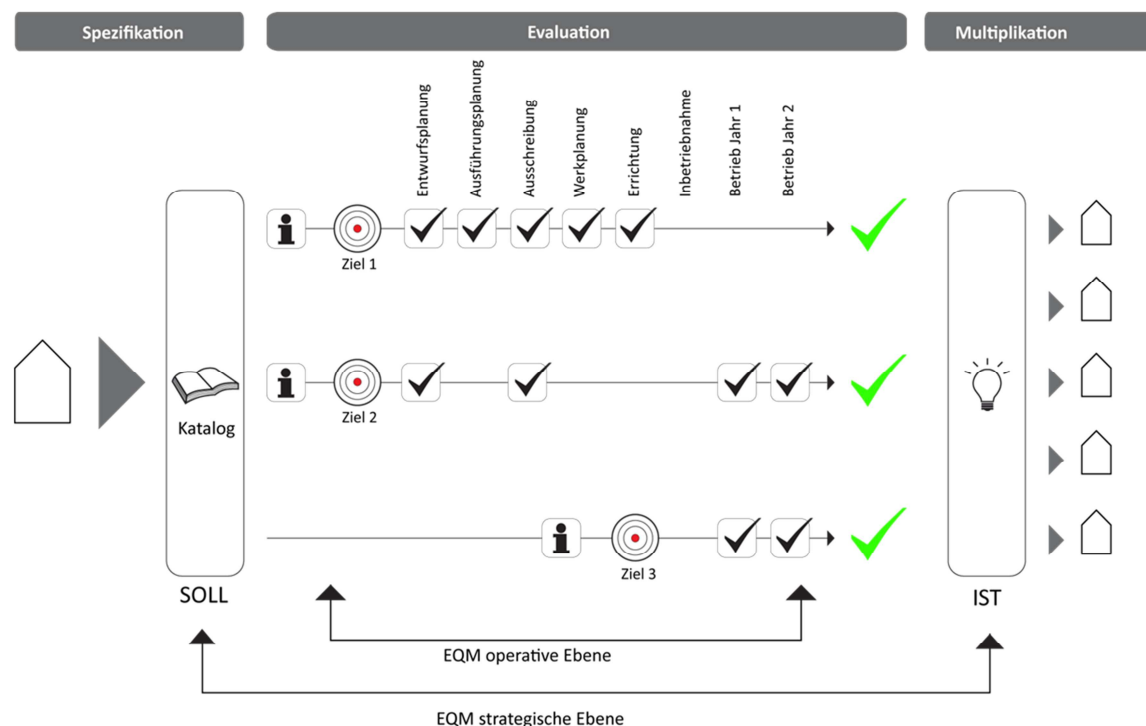


Abbildung 25: Methodik des Task Managers

Die wesentlichen Schritte des EQM sehen entsprechend wie folgt aus:

- 1. Zieldefinition:** Ausgangspunkt des EQM sind die Ziele bzw. Anforderungen, die ein Bauherr an sein Gebäude stellt. Diese sind durch das EQM zunächst eindeutig zu fixieren.
- 2. Prüfkonzep:** Dann wird eine Methodik definiert, mit der die Ziele in den verschiedenen Phasen des Projekts effektiv, aber mit angemessenem Aufwand geprüft werden können.
- 3. EQM in der Planung:** Bereits in den Phasen Entwurf und Ausführungsplanung werden häufig wichtig Zielsetzungen übergangen. Einfache Prüfungen auf Aktualität, Vollständigkeit, Konsistenz und Plausibilität sowie Checklisten können hier die Erreichbarkeit der Zielsetzungen sicherstellen. Bei der Werk- und Montageplanung setzt oft schon die Frage, ob sie überhaupt vor Montagebeginn vorliegt, neue Akzente im Projektmanagement.
- 4. EQM in der Errichtung:** Die Umsetzung auf der Baustelle in Bezug auf die Zielsetzungen wird stichprobenartig geprüft. Schwerpunkte sind die Ausführung der Gebäudehülle sowie Instal-

lationen, die, z.B. in Schächten oder abgehängten Decken, später nicht mehr oder nur mit hohem Aufwand geprüft oder korrigiert werden können. Die Abnahmen können teilweise durch das EQM begleitet oder auch durch eigene Messungen des EQM, z.B. von Luftmengen oder Ventilatorleistungen ergänzt werden. In jedem Fall sollten sie dokumentiert werden, am besten mit Fotos des Messgeräts vor Ort.

Einen besonderen Schwerpunkt sollte die Auswertung von Betriebsdaten der Gebäudeautomation bilden. Die Abnahmeverfahren für die GA sind bisher insbesondere in Bezug auf die realisierten Funktionen sehr unpräzise. Abhilfe können Aktive Funktionsbeschreibungen schaffen, mit denen Funktionen in der Planung beschrieben und die entsprechenden Betriebsdaten automatisch auf Übereinstimmung geprüft werden können.

- 5. EQM im Betrieb:** Im Betrieb kann die Auswertung der Betriebsdaten aus den Abnahmen weitergeführt werden. Wenn die Ziele vorab bereits in geeigneter Weise definiert wurden und die Datenübergabe für die Abnahme technisch umgesetzt wurde, kann dieses Monitoring in der Regel mit geringem Aufwand erfolgen. Mehr Aufmerksamkeit erfordert dann die Umsetzung und Nachverfolgung von Optimierungsmaßnahmen sowie die Evaluierung der anfangs gesetzten Ziele. So schließt sich der Qualitätsregelkreis auf Gebäudeebene.

Aus dem EQM-Konzept ergibt sich ein Anforderungskatalog an ein Werkzeug, um die entsprechenden Prüfprozesse mit Hilfe von Checklisten zur Prozessführung und -dokumentation zu unterstützen. Die wichtigsten Anforderungen sind:

- 1. Flexibilität:** Da es am Bau eine unübersehbare Vielfalt von technischen Anforderungen, Produkten und Prüfmethode gibt, muss das Werkzeug die flexible Erstellung und Änderung von Checklisten ermöglichen.
- 2. Konnektivität:** Bauprojekte haben immer viele verschiedene Beteiligte. Viele von ihnen sollten in den Anwendungsprozess integriert werden können. Deshalb müssen einfache und offene Schnittstellen für die Nutzung verfügbar gemacht werden.
- 3. Mobilität:** Das Werkzeug muss (auch) auf der Baustelle einsetzbar sein. Deshalb ist die Möglichkeit einer mobilen Anwendung unbedingt erforderlich.

## **2.2.2 Umsetzung einer aktiven Prozesssteuerung für das EQM**

Primärer Ansatz des Vorhabens ist es, in die beschriebene Zielwertprüfung eine Prozesssteuerung zu integrieren, die eine automatisierte Dokumentation über Verlauf der Prüfungen und deren Erfolgskontrolle ermöglicht. Im Rahmen des Projektes hat die synavision GmbH in Abstimmung mit dem IGS zur technischen Unterstützung die Entwicklung eines solchen Werkzeuges bis zum Stand eines funktionsfähigen Demonstrators vorangetrieben (s. Abbildung 28). Zur Erfüllung der beschriebenen Anforderungen wurde der TaskManager als webbasiertes Werkzeug entwickelt. Er kann mit allen üblichen Internetbrowsern ohne zusätzliche lokale Installationen genutzt werden.

### **2.2.2.1 Grundfunktionen der Softwarelösung**

Mit Hilfe des TaskEditors als Metamodellierer, können Checklisten aus einem Set von rund einem Dutzend verschiedener Attribute von jedem Nutzer, und damit von den Fachleuten, selbst erstellt



werden. Dies ist für eine praxisnahe und kostengünstige Anwendung unabdingbar. Alle entwickelten Checklisten können beliebig oft als Tasks instanziiert werden. Diese Tasks können von den berechtigten Nutzern in Listen eingesehen, nachverfolgt und bearbeitet werden. Akteure, die nicht über ein Login in die Anwendung eingebunden sind – z.B. Errichterfirmen – können sowohl direkt per Email kontaktiert, in der sie über einen Hash-Code direkt auf die URL des Tasks verlinkt werden, oder natürlich auch als Papiausdruck informiert werden.

Institutionelle Bauherren, Fördergeber oder Qualitätssicherer können im Nachgang zu Projekten den gesamten EQM-Prozess auswerten und ihre Prozesse optimieren. Die beiden Grundfunktionen des TaskManagers liegen in der individuellen Erstellung von Checklisten zur Zielwertprüfung sowie in der Bearbeitung über vorgefertigte Formulare.

### 1. Erstellung einer Checkliste als Vorlage:

Der TaskManager ermöglicht durch einen flexiblen TaskBuilder die Erstellung beliebiger Checklisten, um die vielfältigen Qualitätsregelkreise am Bau abzubilden. Als vorkonfigurierte Felder der Checkliste stehen unter anderem Kalender, Textfelder oder Auswahllisten und Anhänge wie Fotos oder pdf-Dokumente zur Verfügung.

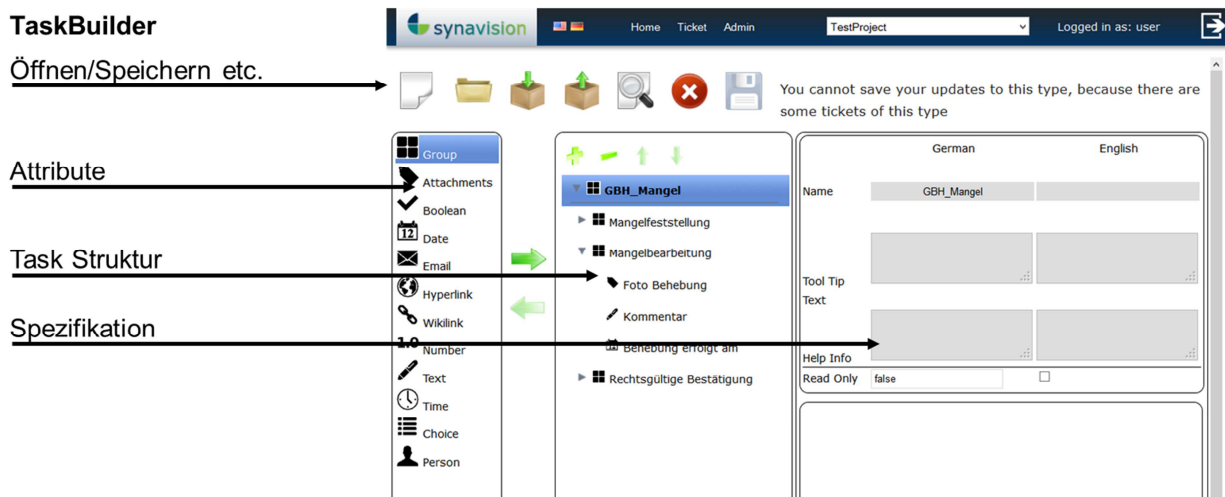


Abbildung 26: Vorlagen durch TaskBuilder

### 2. Anwendung der Checkliste in einem Projekt:

Beliebig viele Instanzen des erstellten Formulars können dann mit PCs und Notebooks im Büro sowie Tablet-PCs und Handys auf der Baustelle erstellt und bearbeitet werden.

## TaskOperator

Status und Nummer

Basisdaten und Track

Flexibles Formular

The screenshot shows the 'synavision' web application interface. At the top, there is a navigation bar with 'Home', 'Ticket', and 'Admin' links, and a dropdown menu for 'TestProject'. The user is logged in as 'user'. The main content area displays a ticket titled '#6 GBH\_Mangel'. The ticket details include:
 

- Betreff:** Lüftung
- Zugeordnet zu:** user
- Status:** open
- Erstellt von user am Montag, 15. April 2013 12:45:33**
- Letzte Änderung von user am Montag, 15. April 2013 12:45:33**

 Below the details, there are sections for 'Mangelfeststellung' and 'Mangelbearbeitung'. The 'Mangelbearbeitung' section includes a 'Foto Behebung' area with two photos showing a person working on a ceiling. A 'Kommentar' field contains the text: 'Ursache war ein Kabelbruch. Wurde Behoben.' Below the comment, it says 'Behebung erfolgt am Apr 24, 2013 12:00 PM'.

Abbildung 27: Methodik des TaskOperators

Während und nach der Bearbeitung sind alle Tickets und ihr Bearbeitungsstatus immer über Listen einsehbar. Ein Ausdruck der Tickets, z.B. zur Unterschrift oder Verteilung auf der Baustelle ist ebenfalls möglich.

### 2.2.2.2 Anwendung der Softwarelösung

Zu den Aufgaben zählen die eindeutige Definition von Performancezielen einschließlich einer Prüfmethodik sowie die Steuerung einer kontinuierlichen und systematischen Überprüfung durch Soll-Ist-Vergleiche in allen relevanten Phasen von der Planung über die Errichtung bis zum Betrieb. Der *TaskManager* ist dem Prinzip nach ein Ticketsystem, mit dem Informationen über E-Mail und mobile Endgeräte (Handy, Tablet) manuell oder automatisiert weitergeleitet und strukturiert verarbeitet werden können. Im Rahmen des Projektes wird die vorhandene Struktur eines Ticketsystems entsprechend der Anforderungen weiterentwickelt.

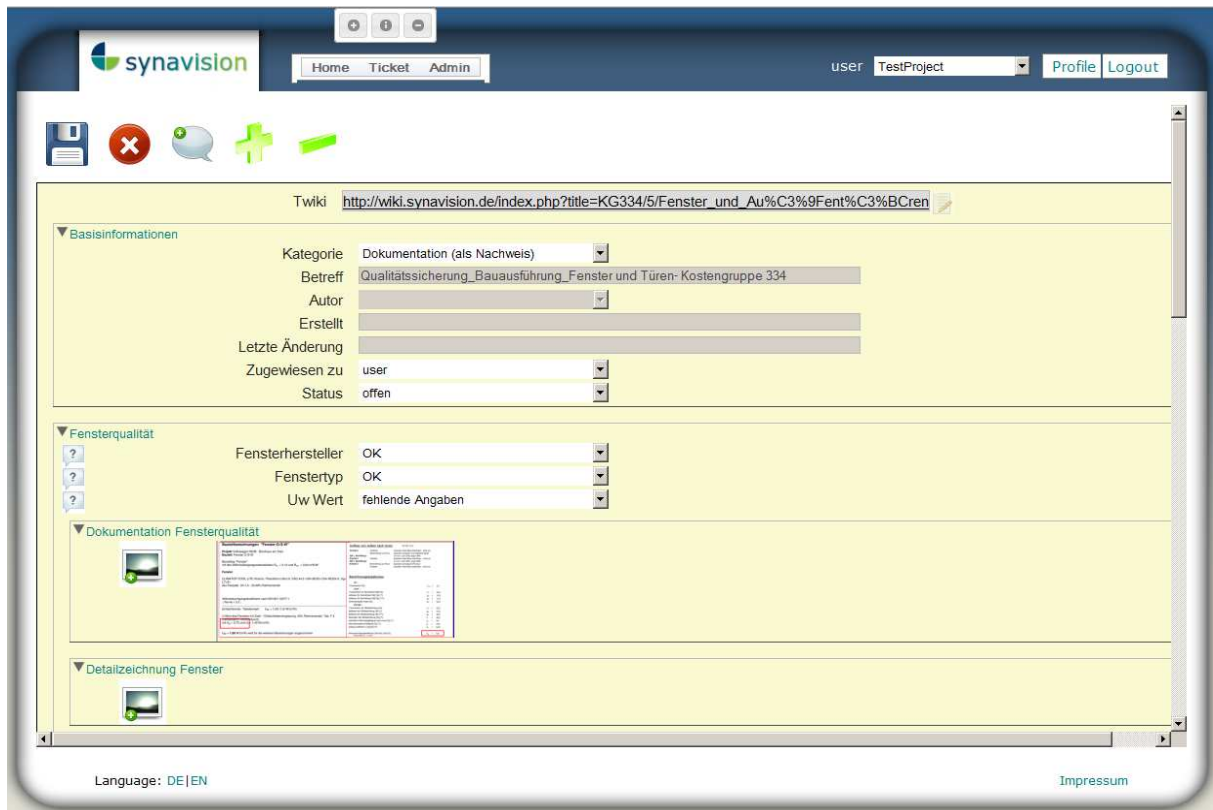


Abbildung 28: Hauptseite Task Manager

Zur Übersicht werden die Funktionen, die ein Ticket im *Task-Manager* zur Prozesssteuerung übernimmt in Abbildung 29 mit Symbolen beschrieben, die sich in dem folgenden Beispiel einer Qualitätsprüfung für die Bauausführung von Fenstern und Türen wiederfinden.

### Organisation



Zuweisung



Terminierung



Status

### Information und Bearbeitung



Prüfmethodik



Prüfnachweis

### Multiplikation



Dokumentation



Strategische Analyse

Abbildung 29: Funktionen der aktiven Prozesssteuerung

Inhaltliche Prozessführung:

Zu Projektbeginn - üblicherweise zum Start der Planung - werden in der Spezifikationsphase Zielwerte ausgewählt, die für die Qualitätssicherung des Gebäudes von Interesse sind. Vorgesehen ist eine Auswahl der Zielwerte aus einem Katalog, der sich bei Nutzung des *TaskManagers* mit Informationen und Vorgaben zur Prüfung schrittweise erweitert. Prüfbare Qualitätsmerkmale im Sinne eines energieeffizienten und nachhaltigen Gebäudes können folgende Kategorien sein:

- Gebäudehülle
- Technische Anlagen
- Energiebedarf/-verbrauch
- Raumkomfort
- Wirtschaftlichkeit

Ein Ticket ist mit dem gesonderten Informationskatalog zur inhaltlichen Erläuterung der Zielwerte und des Prüfungsverfahrens verknüpft. Im Rahmen der Spezifikation werden dem Nutzer die Zielwerte durch sogenannte „Wikis“ zunächst erläutert, sowie klare Vorgaben zur einfachen Prüfung zur Verfügung gestellt, die sich nach Möglichkeit auf relevante technische Regelwerke beziehen. Das Prüfverfahren wird somit vergleichbar und Fehler bei der Qualitätssicherung werden vermieden.



## Fensterqualität

Bei der Überprüfung der Fensterqualität werden die Sollwerte der Ausführungsplanung mit der tatsächlichen Werten abgeglichen. Die Bewertung erfolgt über ein Auswahlménú. Dabei bedeutet "OK" Übereinstimmung und "Fehler" Abweichung zwischen Soll- und Ist-Zustand. "Fehlende Angaben" wird ausgewählt, wenn aufgrund von unvollständigen Bauteildokumentationen keine Aussage getroffen werden kann.

### Fensterhersteller

[Bearbeiten]

Hier wird der Fenster-Hersteller anhand von Produktkett(Typenschild), Bauteil-Kennzeichnung oder Lieferschein mit den Angaben der Ausführungsplanung abgeglichen

### Fensterart

[Bearbeiten]

Hier wird der Fensterart anhand von Produktkett(Typenschild), Bauteil-Kennzeichnung oder Lieferschein

### Uw-Wert

[Bearbeiten]

Hier wird der Wärmedurchgangskoeffizient des Fensterelementes (Uw-Werte) anhand von Produktkett(Typenschild)oder Lieferschein mit den Angaben der Ausführungsplanung abgeglichen

### Dokumentation Fensterqualität

[Bearbeiten]

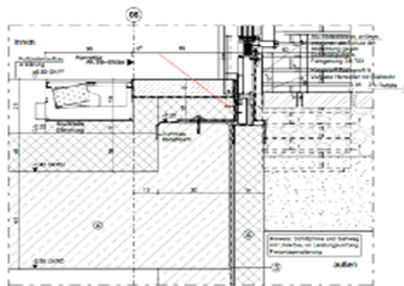
Hier wird ein Foto von Typenschild Bauteil-Kennzeichnung oder Lieferschein zur zur Dokumentation der Prüfung eingefügt



### Detailzeichnung Fenster

[Bearbeiten]

Hier wird die Detailzeichnung zu den Fensterelementen (M1:5) aus der Ausführungsplanung zur Dokumentation des Soll-Zustands eingefügt



Detail 2, M 1:5  
unterer Fensteranschluss mit Aufdopplung

### Bemerkung Fensterqualität

[Bearbeiten]

Bei Bedarf können an dieser Stelle die Dokumente zur Erläuterung als Freitext kommentiert werden

### Verglasungsqualität

[Bearbeiten]

Bei der Überprüfung der Verglasungsqualität werden die Sollwerte der Ausführungsplanung mit der tatsächlichen Werten abgeglichen. Die Bewertung erfolgt über ein Auswahlménú. Dabei bedeutet "OK" Übereinstimmung und "Fehler" Abweichung zwischen Soll- und Ist-Zustand. "Fehlende Angaben" wird ausgewählt, wenn aufgrund von unvollständigen Bauteildokumentationen keine Aussage getroffen werden kann.

### Verglasungsart

[Bearbeiten]

Abbildung 30: Beispiel für einen „Wiki“-Eintrag aus dem Informationskatalog

Abgeleitet werden die Soll- bzw. Referenzwerte und die anzuwendende Prüfmethode so weit wie möglich von bestehenden Standards oder Verfahren.

Organisatorische Prozessführung:

Zu der Basisinformation zählen die organisatorischen Prozessdaten wie z.B. die Zuweisung des Tasks durch den Qualitätsmanager an einen Fachplaner, die Terminierung (Anfang, Zwischentermin, Ende) und der Status, ob die Qualitätsprüfung des jeweiligen Tickets abgeschlossen ist.

Abbildung 31: Beispiel Basisinformationen

Bearbeitung und Dokumentation:

Die Prozesssteuerung für die Qualitätskontrolle in der Evaluationsphase erfolgt durch das Ticketsystem in dem bekannten Arbeitsablauf von Zuweisung und Bestätigung. Damit können dem Nutzer verschiedenste Inhalte aus dem Bereich der Qualitätssicherung als Vorlagen generiert werden. Der Nutzer hat auch die Möglichkeit, eigene Vorlagen zu entwickeln.

Abbildung 32: Beispiel Prüfmethodik Prüfnachweis

Der Qualitätsmanager kann damit zu jeder relevanten Projektphase planende bzw. ausführende Personen über E-Mails anleiten, den Nachweis über die Einhaltung des definierten Zielwertes zu erbringen. Dies kann durch das Hoch- und Runterladen von Prüfdokumenten (Daten, Fotos, Dokumente usw.) geschehen. Möglich ist aber auch, dass das „Abarbeiten“ eines Prüftickets in Form eines ausgedruckten kompakten Laufzettels vor Ort durch die verschiedenen an der Planung, Umsetzung und Betrieb beteiligten Personen erfolgt. In diesem Fall sind die bearbeiteten Laufzettel z.B. als Fax oder als Mail zurückzusenden und durch den Qualitätsmanager zentral in die Verwaltung des *TaskManagers* zu integrieren.

Die Abbildung 33 zeigt als Abwandlung des beschriebenen Tickets in ein sogenanntes Mängelticket, wie es für die Qualitätssicherung z.B. auf der Baustelle genutzt werden kann. Ein Mangel in der Ist-Situation und die Behebung des Mangels werden beschrieben. Im Anhang erläutert eine Zeichnung den Soll-Zustand. Zudem wird vorgegeben, zu welchem Zeitpunkt und welche Person bzw. Institution den Mangel zu beseitigen hat.

Abbildung 33: Beispiel Mängelticket

#### Multiplikation:

Als unabhängige Energie- und Qualitätsmanager können eigenständige Ingenieure und Bauunternehmen agieren, wobei diese zusätzlichen Dienstleistungen neu in die Verträge nach HOAI aufzunehmen wären.

Die Dokumentation über den Verlauf der Tickets und deren Erfolgskontrolle erfolgt automatisiert. Eine Nachverfolgung der archivierten Prozesse (Status, Prüfung etc.) ist jederzeit möglich. Zudem erlaubt es das einheitliche Analyseverfahren des Ticketsystems, mit dem Rückfluss der bearbeiteten Tickets eine umfassende Datenbank zu erstellen und Qualitätsmängel typisieren. Zur Verbesserung des Lernprozesses können Gebäudebetreiber, Architekten und Fachplaner über die gewonnenen Erkenntnisse, wie Best Practice-Erfahrungen, verfehlte Projektziele und Optimierungsvorschläge objektbezogen und objektübergreifend informiert werden. Auch Fördergeber können auf diese Weise über den Stand und die Ergebnisse ihrer Forschungsprojekte informiert werden.

Durch die Anwendung der Methodik in Pilotgebäuden ergibt sich in der Praxis ein wichtiges Feedback zur Effektivität der Qualitätssicherung, womit die Methodik und das Werkzeug kontinuierlich „kalibriert“ und verbessert werden können. Eine Übertragung der Bewertungen auf andere Gebäude trägt im Sinne einer Multiplikation zur Vermeidung in zukünftigen Projekten bei.

### **2.2.3 Anwendungsmethodik: Standardisierte Zielwerte und Prüfmethoden**

Im Weiteren werden standardisierte Zielwerte und Prüfmethoden entwickelt, die für die Anwendungsmethodik des Werkzeugs geeignet sind. Wichtiges Kriterium ist dabei, dass die Zielwerte durch Soll-Ist Vergleiche eindeutig spezifizierbar und mit angemessenem Aufwand zu prüfen sind. Als Quellen und mögliche Schnittstellen stehen z.B. gesetzliche Vorgaben wie die EnEV, technische Regelwerke wie die DIN V 18599 oder Checklisten für energetische Inspektion einzelner Anlagenteile, wie sie in der VDMA 24197 oder der DIN EN 15239 und 15240 beschrieben werden, zur Verfügung. Auch Zertifizierungssysteme wie der Passivhaus-Standard und das Gütesiegels Nachhaltiges Bauen (DGNB) kommen als Quellen in Frage. Grundsätzlich kann jede technische Qualität als Ziel definiert werden.

Um die in der Einleitung beschriebene Diskrepanz zwischen Planung und Betrieb zu minimieren, sind phasenübergreifende Prüfungen von Zielwerten notwendig. Über die verschiedenen Lebensphasen eines Gebäudes verändern sich die Methoden durch den Wechsel von der Planung zum Gebäudebetrieb. Zudem nehmen mit fortschreitender Realisierung eines Bauprojekts die Anzahl und die Präzision der Qualitätskriterien zu. Die Prüfbarkeit der Zielwerte ist unterschiedlich. Viele Qualitätsmerkmale aus der Planung lassen sich sinnvoll nur bis zur Errichtung prüfen, wie Fensterflächenanteile, U-Werte oder Baukosten. Andere sind von der Planung bis in die Betriebsphase prüfbar, wie die Parameter technischer Anlagen oder des Raumkomforts.

In Tabelle 8 werden beispielhafte Zielwerte zusammengestellt, die für das Energie- und Qualitätsmanagement mit dem Werkzeug geeignet sind. Die Tabelle ist als eine Auswahl zu verstehen und hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Flexibilität des Werkzeugs erlaubt es auch die Qualität anderer Themenfelder zu prüfen wie z.B. die Nutzungskosten.

Neben der Beschreibung des zu prüfenden Attributs mit Formelzeichen und Einheit ist die Quelle (Regelwerk, Norm) angegeben. Die Prüffähigkeit über die einzelnen Phasen von der Planung bis zum Betrieb wird farblich mit „Grün“ gekennzeichnet. Ist eine Prüfung nur bedingt möglich bzw. sinnvoll ist wird sie mit „Gelb“ gekennzeichnet.



Zielwert				Prüfung							
Attribut	Formelzeichen	Einheit	Norm/Quelle	Wettbewerb	Entwurfsplanung	Ausführungsplanung	Ausschreibung	Errichtung	Inbetriebnahme	Betrieb Jahr 1	
<b>Gebäudehülle</b>											
A/V <sub>E</sub> -Verhältnis	A/V <sub>E</sub>		EnEV 2007								
Wärmespeicherfähigkeit	C <sub>wirk</sub>	Wh/(Km <sup>2</sup> )	DIN EN ISO 13786								
Transmissionswärmeverlustkoeffizient	H <sub>T</sub> '	W/(m <sup>2</sup> ·K)	EnEV 2009, DIN V 18599, 4108-2/-4, DIN EN 12524								
Wärmedurchgangskoeffizient	U-Wert	W/(m <sup>2</sup> ·K)	EnEV 2009, DIN V 18599, 4108-2/-4, DIN EN 12524								
Wärmebrücken	ΔU <sub>WB</sub>	W/(mK)	DIN 4108-6 / DIN 10211-1/2								
Luftdichtheit	n <sub>50</sub> -Wert	h <sup>-1</sup>	DIN EN 13829								
Fensterflächenanteil	f	%	ENEV 2009								
<b>Heizung</b>											
Heizlast	Φ <sub>HL</sub>	W/m <sup>2</sup>	DIN EN 12831								
Nutzungszeiten		h/d, h/a	DIN V 18599-10								
Regelungsstrategie (Außentemp., Raumtemp., Diff. VL RL)		ja /nein	DIN EN 15232								
Heizkennlinie (Heizkurve)		ja /nein									
Nacht- und Wochenendabsenkung		ja /nein									
Funktionsbeschreibung		ja /nein									
Erzeugerwirkungsgrad	η		DIN V 4701-10								
Jahresarbeitszahl Erzeuger	JAZ		DIN V 4701-10								
Erzeuger Betriebsstunden		h/a									
Dämmung der Heizungsverteilung		W/(m <sup>2</sup> ·K)	EnEV 2009								
Hydraulischer Abgleich		ja /nein									
<b>Lüftung</b>											
Mechanische Lüftung		ja /nein									
Mechanischer Gesamtluftwechsel Gebäude	n	h <sup>-1</sup>	DIN EN 13779, DIN V 18599-6								
Luftwechsel im Raum (nur mech. Lüftung)	n	h <sup>-1</sup>	DIN EN 13779, DIN V 18599-6								
flächenspezifischer Auslegungsvolumenstrom	V	m <sup>3</sup> /h	DIN EN 13779, DIN V 18599-6								
Spezifische Ventilatorleistung	SFP	W/(m <sup>3</sup> /s)	DIN EN 13779, DIN V 18599-6								
Funktionsbeschreibung		ja /nein									
Wärmebereitstellungsgrad	η <sub>WBS</sub>		DIN V 18599-6, DIN 4719, DIN EN 308								
Regelungsstrategie (Zeit, Präsenz, CO <sub>2</sub> , Temp...)		ja /nein	DIN 15232								
Dämmung der Luftverteilung		W/(m <sup>2</sup> ·K)	VDI 2087								
<b>Beleuchtung</b>											
Beleuchtungskontrolle (Zeit, Präsenz, Tageslicht...)		ja /nein	EnEV 2009 / DIN V 18599-4								
Beleuchtungsleistung		W/m <sup>2</sup>	DIN V 18599-4								
<b>Energiebedarf</b>											
Jahres-Primärenergiebedarf	Q <sub>p</sub>	kWh/(m <sup>2</sup> a)	EnEV 2009, DIN V 18599, 4108-2, 4108-4								
Jahres-Endenergiebedarf	Q <sub>e</sub>	kWh/(m <sup>2</sup> a)	EnEV 2009, DIN V 18599, 4108-2, 4108-5								
Jahres-Nutzenergiebedarf	Q <sub>N</sub>	kWh/(m <sup>2</sup> a)	EnEV 2009, DIN V 18599, 4108-2, 4108-6								
Anteil regenerative Energie (an Endenergie)		%	EnEV 2009, EEWärmeG								
Solarthermie Anlagenfläche		m <sup>2</sup>									
Solarthermie Jahresertrag		kWh/(m <sup>2</sup> a)									
Photovoltaik, Anlagenleistung		kW <sub>p</sub>									
Photovoltaik, Jahresertrag		kWh/(m <sup>2</sup> a)									
<b>Energieverbrauch</b>											
Spez. Kennwert Heizung und zentr. WWB	E <sub>vb</sub>	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Bekanntmachung BmVBS								
Spez. Kennwert Strom		kWh/(m <sup>2</sup> a)	Kennwerte Verbrauchsausweis								
<b>Sonnenschutz, Sommerlicher Wärmeschutz</b>											
Gesamtennergiedurchlassgrad Verglasung	g-Wert		DIN 4108-6								
Abminderungsfaktor Sonnenschutz	F <sub>c</sub>		DIN 4108-6								
Sonneneintragkennwert	S <sub>zul</sub>		DIN 4108-2								
Sonnenschutzregelung (Manuell, Autom., Strahlung, Zeit...)		ja /nein	DIN 15232, DIN V 18599								
Übertemperaturgradstunden		Kh/a	DIN 4108-2								
<b>Luftqualität</b>											
CO <sub>2</sub> -Konzentration		ppm	DIN 15251								
<b>Visueller Komfort</b>											
Tageslichtquotient	D	%	DIN 5034								
Lichtlenkssystem		ja /nein									
Blendschutz		ja /nein									
Lichttransmissionsgrad	t <sub>l</sub>										
<b>Akustik</b>											
Nachhallzeit	RT	s	DIN 18041								
Schalldämm-Maße	R' <sub>w</sub>	dB	DIN 4109								

Tabelle 8: Geeignete Zielwerte für Qualitätssicherung

- Prüfung möglich
- Prüfung bedingt möglich

Im Folgenden werden drei Beispiele für die Anwendungsmethodik im Detail vorgestellt:

Der Zielwert für den **Wärmedurchgangskoeffizient** eines Bauteils wird zu Beginn definiert.

Zielwert					Prüfung						
Attribut	Formelzeichen	Zielwert	Einheit	Norm/Quelle	Wettbewerb	Entwurfsplanung	Ausführungsplanung	Ausschreibung	Errichtung	Inbetriebnahme	Betrieb Jahr 1
Wärmedurchgangskoeffizient	U-Wert	0.20	W/(m <sup>2</sup> ·K)	EnEV 2009, DIN V 18599, 4108-2/-4, DIN EN 12524		0.24	0.21	0.20	0.20		
Prüfungsmethodik											
					keine Angabe	Bauteilaufbau EnEV-Nachweis	Bauteilaufbau EnEV-Nachweis	Ausgeschriebener Bauteilaufbau	Lieferscheine Einbausituation vor Ort		

Tabelle 9: Methodik der Zielwertprüfung für Wärmedurchgangskoeffizient

Von der Entwurfsplanung bis zur Ausschreibung gilt der Bauteilaufbau aus dem EnEV-Nachweis als Prüfnachweis dieses Zielwertes, in der Ausschreibungsphase ist zu überprüfen, ob der notwendige Bauteilaufbau (Material, Stärken, Qualitäten) berücksichtigt wurde.

Bei der Errichtung ist durch Prüfen der Lieferscheine der verbauten Materialien bzw. durch Vor-Ort-Prüfung der Einbausituation mit Beleg durch ein Foto das Einhalten des Zielwertes zu dokumentieren. Damit endet die Prüfung des Wärmedurchgangskoeffizienten. Der Transfer der Prüfdokumente kann über einen Upload bzw. Download-Bereich erfolgen (s. Abbildung 34 bis Abbildung 36).

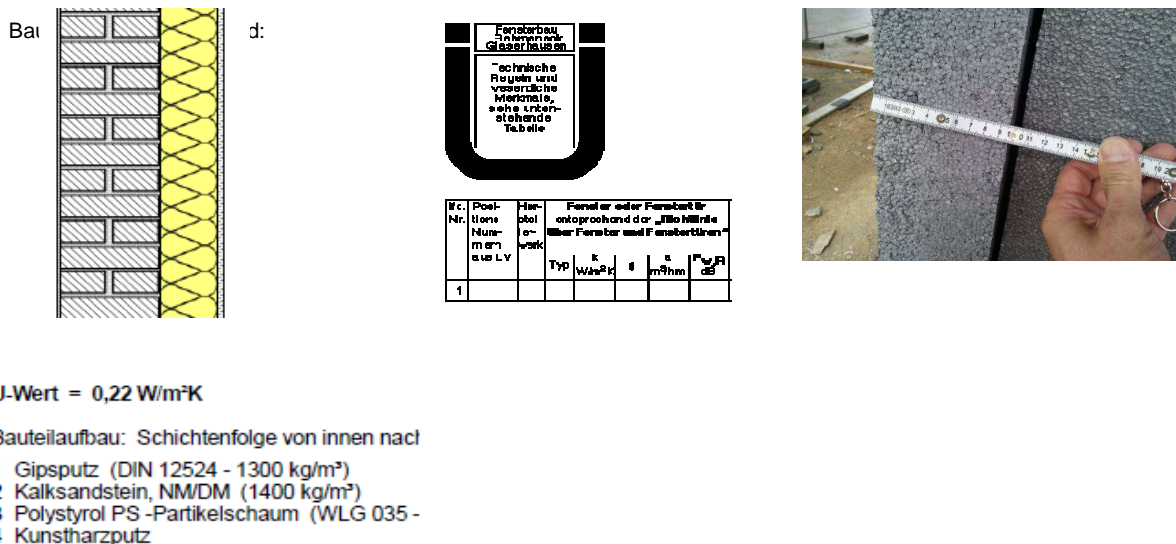


Abbildung 34: EnEV Berechnung U-Wert

Abbildung 35: Übereinstimmungsnachweis des Herstellers

Abbildung 36: Fotobeleg der Einbausituation

Der **Primärenergiebedarf** ist als Zielwert nach EnEV in der Planungsphase z.B. durch Vorgabe des energetischen Standards mit dem entsprechenden EnEV-Nachweis prüfbar, in der Ausschreibung ist die Einhaltung dieser energetischen Qualität (Hülle, Anlagentechnik) zu prüfen.

Zielwert					Prüfung						
Attribut	Formelzeichen	Zielwert	Einheit	Norm/Quelle	Wettbewerb	Entwurfsplanung	Ausführungsplanung	Ausschreibung	Errichtung	Inbetriebnahme	Betrieb Jahr 1
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p$	60	kWh/(m <sup>2</sup> a)	EnEV 2009, DIN V 18599, 4108-2, 4108-4	80	65	60	60			
Prüfungsmethodik											
					Energetischer Standard	Berechnung im EnEV-Nachweis	Berechnung im EnEV-Nachweis	Nachweis der energetischen Qualität			

Tabelle 10: Methodik der Zielwertprüfung für Primärenergiebedarf

Im Betrieb ist der Vergleich mit einem aus dem Endenergieverbrauch nach Energiekostenabrechnung errechneten Primärenergieverbrauch unpräzise, da die Praxis andere Parameter in Nutzung und Anlagenbetrieb eines Gebäudes hat als die Berechnungsgrundlage nach EnEV vorsieht. Gleiches gilt für den Heizwärmebedarf zur Zertifizierung eines Passivhauses. Das Kriterium „Gesamtprimärenergiebedarf“, wie ihn das Zertifizierungssystem des Deutsche Gütesiegel Nachhaltiges Bauen (DGNB) formuliert, sieht eine Berücksichtigung der Primärenergie für Herstellung, Betrieb, Rückbau bezogen auf 50 Jahre vor. Eine Prüfung dieses Merkmals ist im Rahmen der beabsichtigten einfachen und eindeutigen Prüfung nicht mehr möglich.

In diesem Zusammenhang ist die Zertifizierung nach DGNB im Allgemeinen aufgrund des starken ganzheitlichen Anspruches und des umfassenden Bewertungssystems der ökologischen, ökonomischen und soziokulturellen Qualitäten für eine effektive Qualitätssicherung, wie sie dieses Forschungsvorhaben definieren möchte, wenig geeignet. Damit unterscheidet es sich von der EnEV und der Passivhaus-Zertifizierung. Während bei den letztgenannten Standards klare Zielwerte für die technischen Qualitäten der Gebäudehülle und Anlagentechnik vorgegeben sind, ist für die Zertifizierung nach DGNB die Gesamtbewertung unterschiedlicher Kriterien maßgebend. Diese gleichwertigen Kriterienkataloge geben Richtwerte vor, die entsprechend mit Punkten bewertet werden. Dies macht für nachhaltige Gebäude sogar eine nachträgliche Zertifizierung möglich und wird in Einzelfällen auch so praktiziert.

Die Prüfung der **Luftdichtheit** ist in der Planungsphase über die Angabe in der EnEV-Berechnung bzw. über eine Beurteilung der Qualitäten der Bauteilanschlüsse möglich. In der Ausschreibungsphase ist zu prüfen, ob die Leitdetails der Konstruktion geeignet sind, den Luftdichtheitswert zu erreichen. Bei der Errichtung erfolgt die Prüfung am Gebäude über baubegleitende Blower-Door-Test mit dem Verfahren "B". Bei Inbetriebnahme und möglichen Messungen in der Betriebszeit ist das Verfahren "A" - Messung im fertigen Zustand - anzuwenden.

Zielwert					Prüfung						
Attribut	Formelzeichen	Zielwert	Einheit	Norm/Quelle	Wettbewerb	Entwurfsplanung	Ausführungsplanung	Ausschreibung	Errichtung	Inbetriebnahme	Betrieb Jahr 1
Luftdichtheit	$n_{50}$ -Wert	1.00	$\text{h}^{-1}$	DIN EN 13829		1.5	1.00	1.00	1.2	0.90	1.00
<b>Prüfungsmethodik</b>											
						Angabe im ENEC-Nachweis	Angabe im ENEC-Nachweis	Qualität der Bauteilanschlüsse	Blower Door Prüfprotokoll, Verfahren „B“	Blower Door Prüfprotokoll, Verfahren „A“	Blower Door Prüfprotokoll, Verfahren „A“

Tabelle 11: Methodik der Zielwertprüfung für Luftdichtheit

Mit diesem Grundprinzip sind die Werkzeuge und Methoden im Projektverlauf durch Anwendung auf Gebäudeebene weiter entwickelt worden.

### 3 Pilotanwendung (AP 3)

Beide vorgestellten Methoden und Werkzeuge werden im Zuge des Projekts in der Pilotanwendung erprobt.

#### 3.1 Pilotanwendung der LZK-Controlling-Tools

##### 3.1.1 Datenerfassung

Im Forschungsprojekt wurde die Anwendung des Tools retro getestet, d.h. es wurden nicht die Daten von Neubauprojekten sondern bereits bestehenden Gebäuden erhoben und der Zielwertprüfung unterzogen.

Dazu wurden mittels des GNKR anhand der Basisdaten des Gebäudes die Gebäudenutzungskosten wie bei Neubauten berechnet. Zudem wurden die Ist-Kosten der Gebäudenutzungskosten erhoben, um die Berechnungsergebnisse zu validieren.

Folgende Unternehmen haben als Projektpartner zu Pilotanwendung des LZK-Controllings Daten von Gebäuden zur Verfügung gestellt:

- DFS Deutsche Flugsicherung GmbH
- GOLDBECK Gebäudemanagement GmbH
- IVG Asset Management GmbH
- KfW Bankengruppe
- Ein weiteres Unternehmen, das anonym bleiben möchte

Insgesamt wurden Informationen zu acht Büro- und Verwaltungsgebäuden mit einer Gesamtfläche von insgesamt 327.970 m<sup>2</sup>BGF geliefert. Die Daten wurden über dem im folgenden Kapitel 3.1.2 dargestellten Datenerhebungsbogen abgefragt.

### 3.1.2 Zielwertprüfung Pilotgebäude

Zur Zielwertprüfung der Pilotgebäude wurden die Gebäudedaten mit dem im Folgenden dargestellten Datenerfassungsbogen erhoben. Darüber hinaus wurde je Kategorieüberschrift die Datenqualität des Rücklaufes der angegebenen Daten von den Teilnehmern bewertet. Die Bewertung erfolgte in den Stufen [++], [+], [o], [-] und [--]. Die Datenabfragen höchster Priorität, die für die Zielwertprüfung zwingend erforderlich sind, wurden mit dem Symbol [○] gekennzeichnet. Die Mindestanforderung an die Abfrage je Kategorie gilt als erfüllt, wenn diese Daten angegeben wurden.

<b>Dateneingabe</b>		
Geschäftsjahr auf das sich die Eingaben beziehen	○	bitte wählen
Nutzungsverhältnis/FM-Rolle	○	bitte wählen
Kosteneingabe	○	bitte wählen
<b>Datenqualität Rücklauf</b>	++	

Abbildung 37: Datenerfassungsbogen – Dateneingabe

<b>Bezeichnung und Standort</b>		
Interne Gebäude- und Liegenschaftsbezeichnung	○	
Land	○	bitte wählen
Bundesland / Kanton	○	bitte wählen
Straße und Nummer	○	
Postleitzahl	○	
Ort	○	
Lage/Standort	○	bitte wählen
<b>Datenqualität Rücklauf</b>	++	

Abbildung 38: Datenerfassungsbogen – Bezeichnung und Standort

<b>Nutzung</b>		
Hauptnutzung	<input type="radio"/>	bitte wählen
Nebennutzung		bitte wählen
Anteil der Nebennutzung gemessen an NGF		%
Gebäude-Hauptlaststunden pro Woche (Nutzungsstunden)		h
Anzahl physikalische Arbeitsplätze	<input type="radio"/>	Anz.
Anzahl physikalische AP Hauptnutzung		Anz.
Anzahl physikalische AP Nebennutzung (falls vorhanden)		Anz.
<b>Datenqualität Rücklauf</b>	<b>++</b>	

Abbildung 39: Datenerfassungsbogen - Nutzung

<b>Weitere Gebäudedaten</b>	
Gebäudecharakter	bitte wählen
Anzahl der Gebäude	
Anzahl der Geschosse Oberflur	
Anzahl der Geschosse Unterflur	
Baujahr	
<b>Datenqualität Rücklauf</b>	<b>++</b>

Abbildung 40: Datenerfassungsbogen – Weitere Gebäudedaten

<b>Allgemeiner Gebäudezustand</b>		
Erfüllung EnEV-Vorschriften	<input type="radio"/>	bitte wählen
DGNB-Zertifizierung	<input type="radio"/>	bitte wählen
BREEAM-Zertifizierung	<input type="radio"/>	bitte wählen
LEED-Zertifizierung	<input type="radio"/>	bitte wählen
Anderes "Nachhaltigkeitszertifikat"	<input type="radio"/>	
Letzte Sanierung - KGR 300 Bauwerk		
Letzte Sanierung - KGR 400 Technik		
Letzte komplette Sanierung (Neubauzustand)		
<b>Datenqualität Rücklauf</b>	<b>++</b>	

Abbildung 41: Datenerfassungsbogen – Allgemeiner Gebäudezustand

<b>Flächenangaben nach DIN 277</b>		
Brutto-Grundfläche	<input type="radio"/>	m <sup>2</sup>
Netto-Grundfläche		m <sup>2</sup>
Nutzfläche		m <sup>2</sup>
<b>Datenqualität Rücklauf</b>	<b>++</b>	

Abbildung 42: Datenerfassungsbogen – Flächenangaben nach DIN 277

<b>Errichtungskosten</b>		
KGR 300 - Bauwerk Baukonstruktion	<input type="radio"/>	€
KGR 310 - Baugrube		€
KGR 320 - Gründung		€
KGR 330 - Außenwände		€
KGR 340 - Innenwände		€
KGR 350 - Decken		€
KGR 360 - Dächer		€
KGR 370 - Baukonstruktive Einbauten		€
KGR 380 - Grundkonstruktionen		€
KGR 390 - Sonstige Maßnahmen		€
KGR 400 - Bauwerk Technische Anlagen	<input type="radio"/>	€
KGR 410 - Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen		€
KGR 420 - Wärmeversorgungsanlagen		€
KGR 430 - Lufttechnische Anlagen		€
KGR 440 - Starkstromanlagen		€
KGR 450 - Fernmelde- und informationst. Anlagen		€
KGR 460 - Förderanlagen		€
KGR 470 - Nutzungsspezifische Anlagen		€
KGR 480 - Gebäudeautomation		€
KGR 490 - Sonstige Maßnahmen		€
<b>Datenqualität Rücklauf</b>	<b>-</b>	

Abbildung 43: Datenerfassungsbogen – Errichtungskosten

<b>Infrastrukturelles GM (Objekt) - Summe</b>	<input type="radio"/>		€
Verpflegungsdienste			€
Hausmeisterdienste			€
Reinigungs- und Pflegedienste (Gebäude)			€
Unterhaltsreinigung			€
Glasreinigung (Außenfenster, Innenverglasung)			€
Außenanlagendienste			€
<b>Datenqualität Rücklauf</b>	<input type="radio"/>		

Abbildung 44: Datenerfassungsbogen – IGM objektbezogen

<b>Infrastrukturelles GM (Nutzer) - Summe</b>	<input type="radio"/>		€
Interne Postdienste			€
Kopier- und Druckerdienste			€
Datenverarbeitungsdienste			€
Umzugsdienste			€
Waren- und Logistikdienste			€
Zentr. Kommunikationsdienste			€
Parkraumbetreiberdienst			€
Fuhrpark und Fahrdienste			€
Zentrale Archivierung			€
<b>Datenqualität Rücklauf</b>	<input type="radio"/>		

Abbildung 45: Datenerfassungsbogen – IGM nutzerbezogen

<b>Technisches GM - Summe</b>	<input type="radio"/>		€
Instandhalten			€
Wartung & Inspektion			€
Instandsetzen			€
Modernisieren / Verbessern			€
Sanierungen			€
Betreiben / Betriebsführen			€
Dokumentieren			€
Energiemanagement			€
Informationsmanagement			€
Verfolgen d. technischen Gewährleistung			€
<b>Datenqualität Rücklauf</b>	<input type="radio"/>		

Abbildung 46: Datenerfassungsbogen – TGM



<b>Kaufmännisches GM - Summe</b>	○		€
Beschaffungsmanagement			€
Kostenplanung + Kontrolle			€
Objektbuchhaltung			€
Vertragsmanagement			€
KGM-Kosten (sonstige, nicht differenzierbar)			€
Öffentliche Abgaben / Gebühren			€
Versicherung			€
Kapitaldienst			€
<b>Datenqualität Rücklauf</b>	<b>0</b>		

Abbildung 47: Datenerfassungsbogen – KGM

<b>Ver- und Entsorgungskosten - Summe</b>	○		€
Elektroenergie			€
Brennstoffe/Wärmeträger			€
Frischwasser			€
Entsorgung von Abfallstoffen			€
Abwasserentsorgung			€
<b>Datenqualität Rücklauf</b>	<b>+</b>		

Abbildung 48: Datenerfassungsbogen – Ver- und Entsorgungskosten

<b>Energie- und Medienverbrauch</b>			
Elektroenergie	○		kWh
Brennstoffe/Wärmeträger	○		kWh
Frischwasser	○		m <sup>3</sup>
<b>Datenqualität Rücklauf</b>	<b>++</b>		

Abbildung 49: Datenerfassungsbogen – Energie- und Medienverbrauch

<b>Leistungszuordnung Energieverbrauch</b>	
Warmwasseraufbereitung	kWh
Kälteenergie	kWh
Allgemeinstrom (Büro, Beleuchtung etc.)	kWh
Heizungsanlage	kWh
Raumluftechnische Anlagen	kWh
<b>Datenqualität Rücklauf</b>	-

Abbildung 50: Datenerfassungsbogen – Leistungszuordnung Energieverbrauch

<b>Technisierungsgrad</b>	
Decke & Beleuchtung	bitte wählen
Boden & Elektroversorgung	bitte wählen
Wärmeversorgung	bitte wählen
Sonstige Ausstattung	bitte wählen
<b>Datenqualität Rücklauf</b>	++

Abbildung 51: Datenerfassungsbogen – Technisierungsgrad

<b>Servicelevel Reinigung (innen)</b>	
Reinigungszyklus der Unterhaltsreinigung	bitte wählen
Reinigungszyklus der Grundreinigung	bitte wählen
Qualitätsanforderungen der Reinigung	bitte wählen
Konstruktiv bedingte Beeinträchtigungen	bitte wählen
<b>Datenqualität Rücklauf</b>	+

Abbildung 52: Datenerfassungsbogen – Servicelevel Reinigung (innen)

Die administrativen Kategorien, wie Dateneingabe sowie Bezeichnung und Standort, wurden von den Pilotteilnehmern in sehr guter Qualität ausgefüllt. Die Angaben zur Nutzung wurden vollständig geleistet. Die Kategorien weitere Gebäudedaten, allgemeiner Gebäudezustand und Flächenangaben nach DIN 277 wurden ebenfalls vollständig ausgefüllt. Die Errichtungskosten konnten nicht von allen Pilotteilnehmern geliefert werden. Hier wurden bei fehlenden Angaben alternativ Errichtungskosten nach BKI angenommen [BK112]. Zu den Gebäudenutzungskosten (Infrastrukturelles GM Nutzer, Infrastrukturelles GM Objekt, Technisches GM und Kaufmännisches GM) wurden von den meisten Pilotteilnehmern Angaben zu ihren Gebäuden gemacht. Allerdings wurden in den überwiegenden Fällen nicht zu allen Unterpositionen der einzelnen Kategorien Daten angegeben. Die Datenqualität der

Kategorie Ver- und Entsorgungskosten war signifikant höher. Die Angaben zum Energie- und Medienverbrauch waren sogar vollständig. Zusätzlich wurde die Möglichkeit gegeben eine Leistungszuordnung des Energieverbrauchs vorzunehmen. Dies wurde allerdings nur von wenigen Pilotteilnehmern genutzt. Die Angaben zum Technisierungsgrad waren wiederum von sehr guter Qualität. Die Datenangaben zum Servicelevel Reinigung können mit gut bewertet werden.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Zielwertprüfung der Pilotgebäude mittel der Tachodigramme dargestellt, so wie diese später in den Prüfbericht integriert werden. Dazu werden die Zielwertprüfungen der Energiekostenkennzahlen VES-Elektroenergie/BGF und VES-Brennstoffe-Wärmeträger/BGF im Detail für die Pilotgebäude abgebildet. Diese sind exemplarisch für die weiteren Zielkennwertprüfungen auf der Ebene der Analysekenzahlen zu sehen. Im Anschluss daran wird die Zielwertprüfung der LZK je Pilotgebäude dargestellt.

Standardgemäß bildet der Mittelwert zwischen Q1 und Median den Zielkennwert. Wie in Kapitel 2.1.2 bereits erläutert, werden die Zielwerte aber projekt- und objektspezifisch angepasst. So hat das Pilotgebäude 1 einen hohen Rechenzentrenanteil an der Nutzfläche. Dies zieht einen entsprechend hohen Elektroenergieverbrauch nach sich. Die Referenzwerte Q1 und Median aus dem fm.benchmarking zur Festlegung der Zielkennwerte wurden deshalb mittels Regressionsanalysen entsprechend angepasst. Ein weiterer Fall zur Anpassung der Zielkennwerte liegt beim 2. Pilotgebäude vor. Hier sieht das Energiekonzept keinen Verbrauch von Brennstoffen/Wärmeträgern vor, dafür ist der Elektroenergieverbrauch höher anzusetzen. Bei Pilotgebäude 3 werden die sich aus dem fm.benchmarking ergebenden Zielkennwerte allerdings überschritten. Dies ist in so weit plausibel, da das Gebäude eine vergleichsweise komplizierte Gebäudehülle und einen hohen Technisierungsgrad aufweist. Beim Pilotgebäude 4 wird der Zielkennwert für Elektroenergie überschritten, der für Brennstoffe/Wärmeträger dafür unterschritten. Für drei Pilotgebäude lagen keine Gebäudenutzungskosten, sondern lediglich die Energieverbräuche vor.

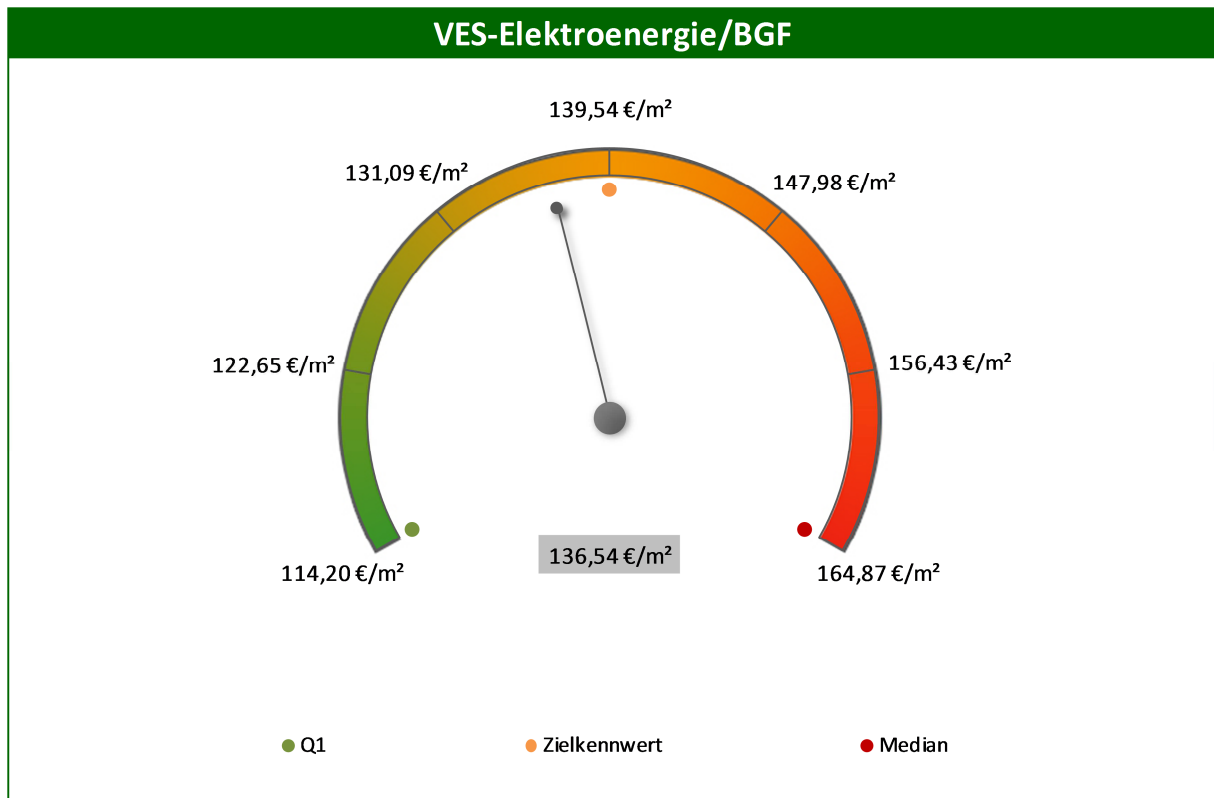


Abbildung 53: Pilot 1 Zielwertprüfung Elektroenergie

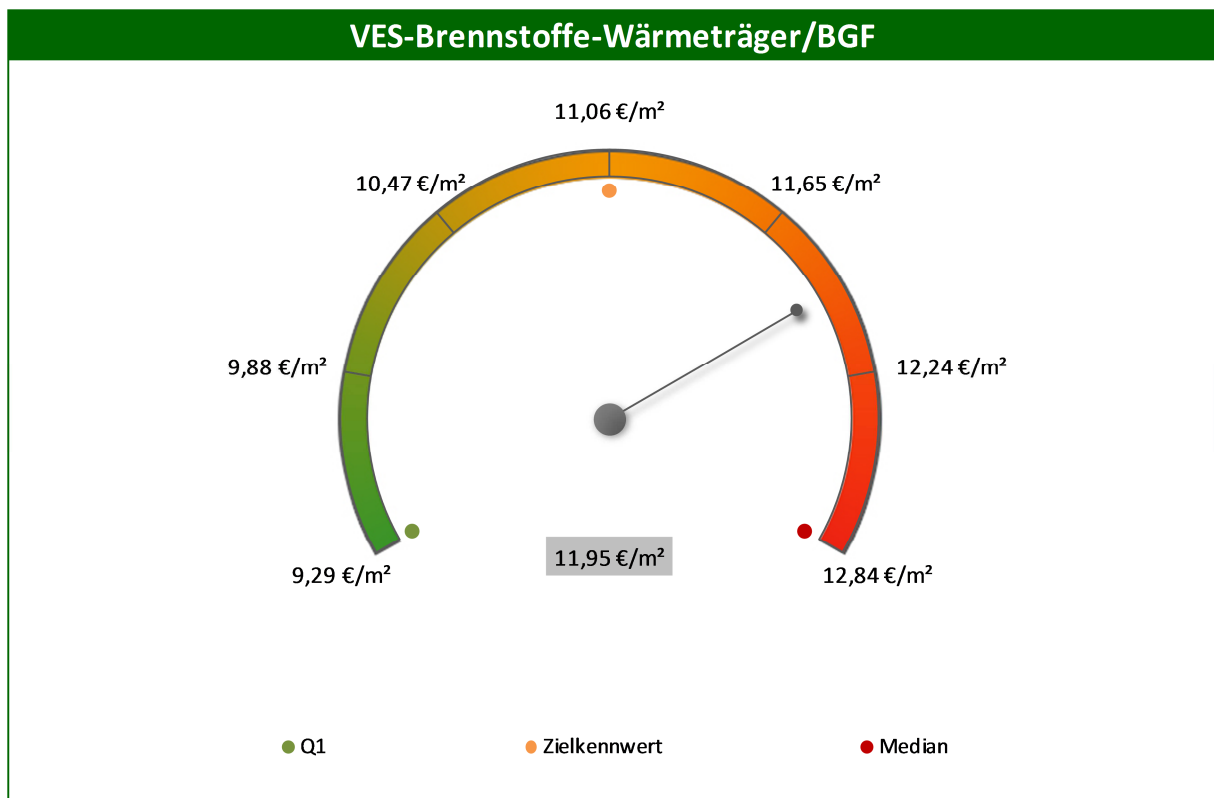


Abbildung 54: Pilot 1 Zielwertprüfung Brennstoffe/Wärmeträger

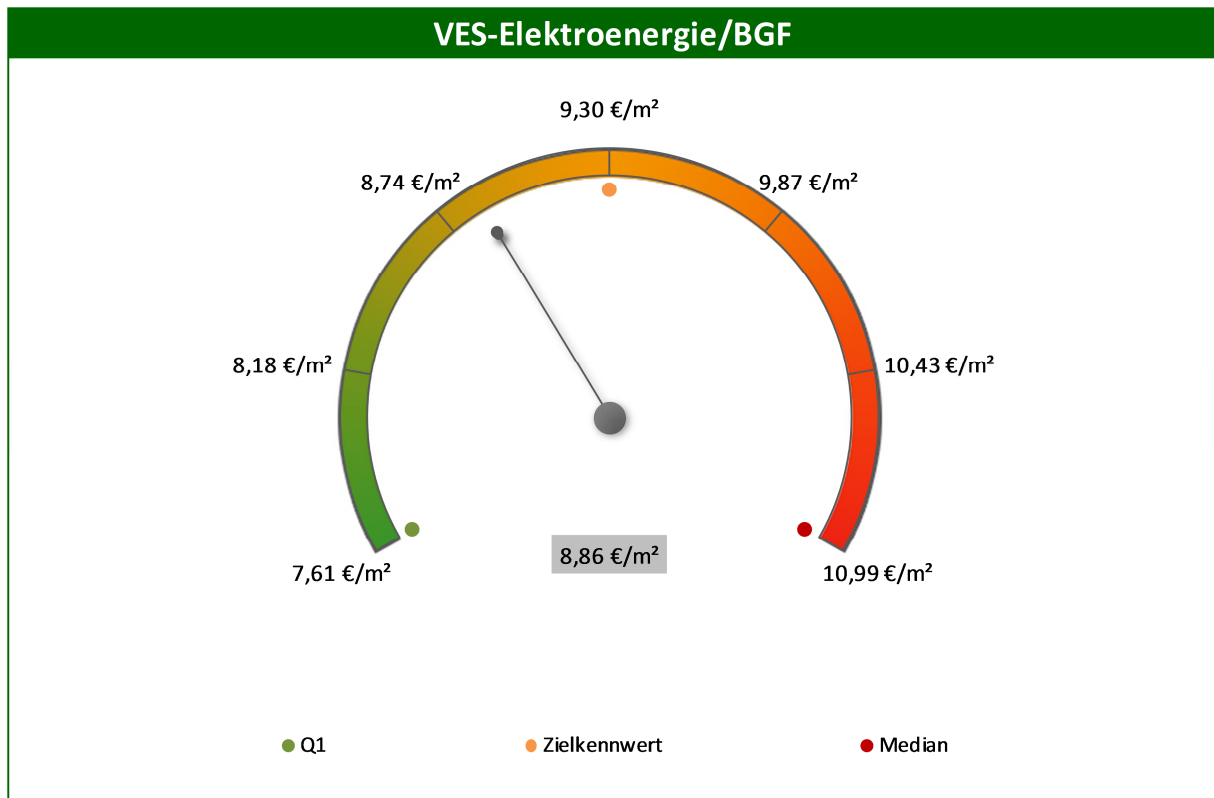


Abbildung 55: Pilot 2 Zielwertprüfung Elektroenergie

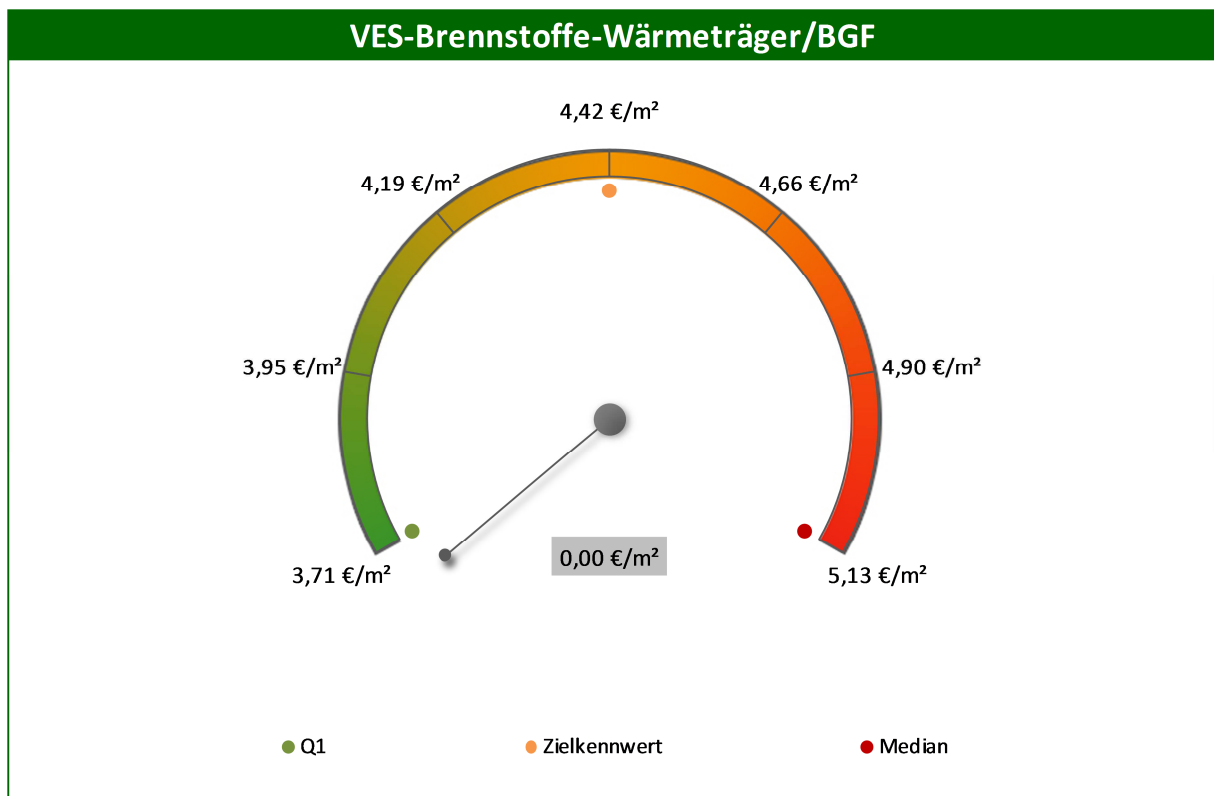


Abbildung 56: Pilot 2 Zielwertprüfung Brennstoffe/Wärmeträger

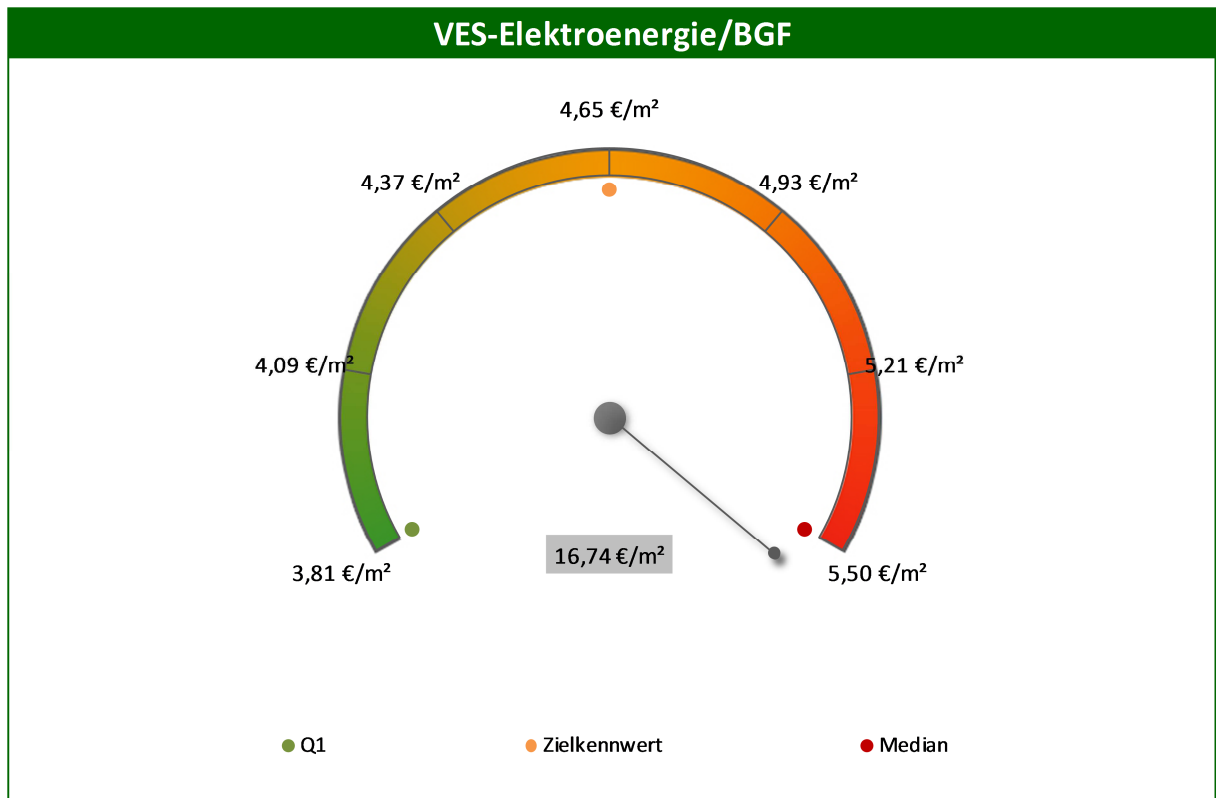


Abbildung 57: Pilot 3 Zielwertprüfung Elektroenergie

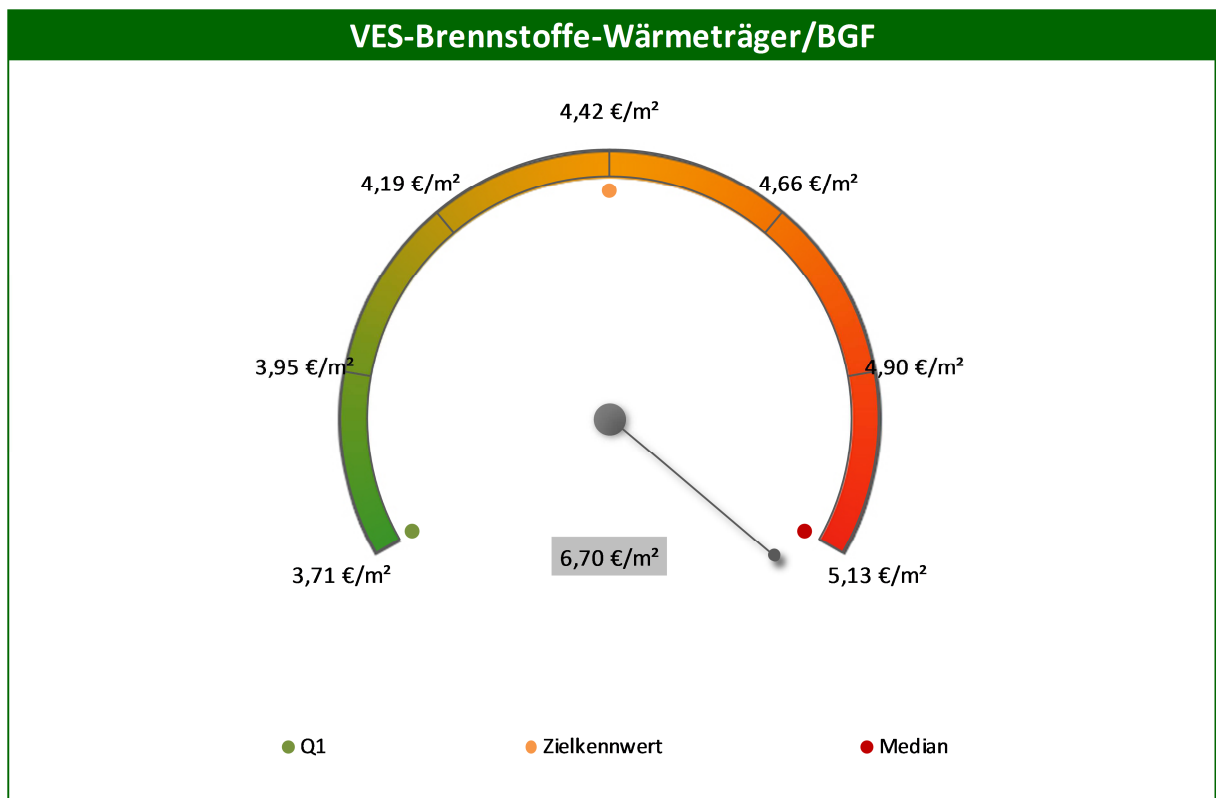


Abbildung 58: Pilot 3 Zielwertprüfung Brennstoffe/Wärmeträger

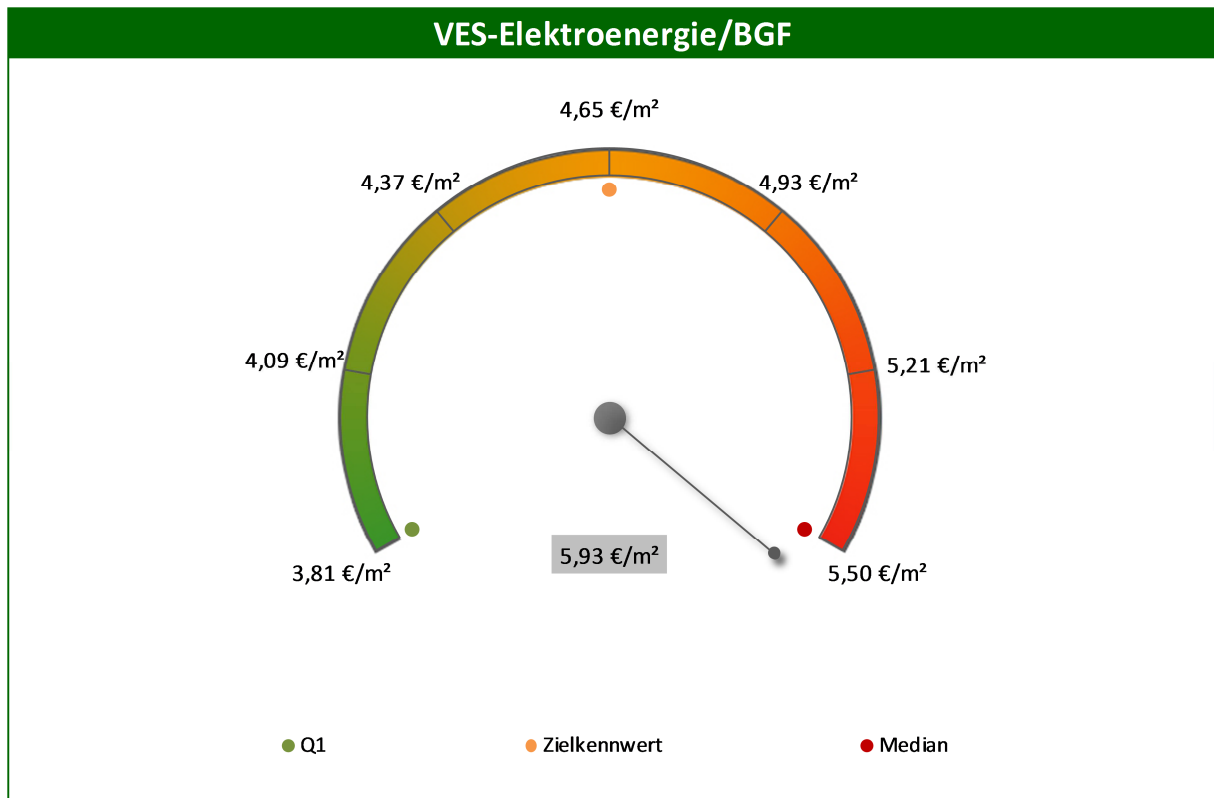


Abbildung 59: Pilot 4 Zielwertprüfung Elektroenergie

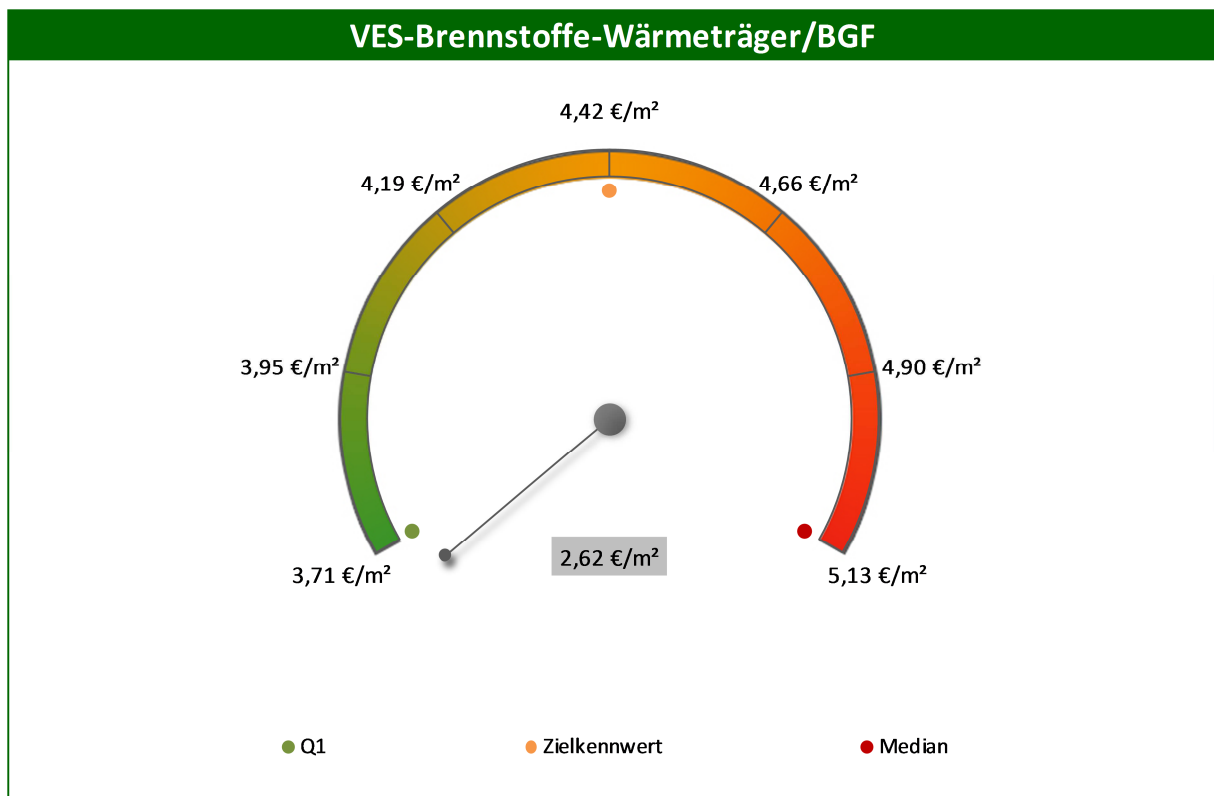


Abbildung 60: Pilot 4 Zielwertprüfung Brennstoffe/Wärmeträger

Die Vorgabe des Zielkennwertes LZK/BGF schwankt in der Höhe, je nachdem welche Nutzungskostenarten zur Summenbildung herangezogen werden können. Für die Zielwertprüfung der Pilotgebäude bedeutet dies, dass die LZK nur über die Positionen gebildet werden konnten, für die Angaben von Gebäudenutzungskosten seitens der Teilnehmer gemacht wurden. Dementsprechend wurde sowohl die LZK-Vorgabe als auch das LZK-Ergebnis nur über diese Kostenarten gebildet. Da aus dem genannten Grund in der Pilotanwendung oftmals nur eine partielle LZK-Betrachtung möglich war, liegt der Wert bei den Pilotgebäuden meist unter den LZK über alle Nutzungskostenarten (Vollkosten). Die Prüfung des LZK-Zielkennwertes lieferte folgende Ergebnisse:

- Bei Pilotgebäude 1 wurde der Zielkennwert aufgrund des hohen Rechenzentrenanteils und einem dementsprechend höheren Aufwand im Technischen Gebäudemanagement sowie erhöhten Energiekosten nach oben angepasst.
- Beim zweiten Pilotgebäude wird der Zielkennwert überschritten. Die Ursache für die Überschreitung liegt in überdurchschnittliche Kosten für die Unterhaltsreinigung begründet. In diesem Punkt scheint auf Grundlage des Kennzahlenvergleichs eine Optimierung der Kosten möglich. Bei einem Neubauprojekt würde hier eine Überprüfung der Planung erfolgen. Eine Anpassung des Zielkennwertes wäre nur zulässig, wenn die geforderten Service Level der Unterhaltsreinigung Kosten in der Höhe rechtfertigen.
- Die Zielwertprüfung der LZK des dritten Pilotgebäudes ergibt ebenfalls eine Überschreitung des Zielkennwertes. Als Ursachen sind hier die hohen Kosten für Elektroenergie und Brennstoffe/Wärmeträger auszumachen. Wie zuvor bereits bemerkt, besitzt das betreffende Pilotgebäude eine komplexe Hülle, die einen erhöhten Bedarf an Brennstoffen/Wärmeträgern erfordert. Aufgrund des hohen Technisierungsgrades des Gebäudes entstehen darüber hinaus die hohen Elektroenergiekosten.
- Beim vierten Pilotgebäude wird der Zielkennwert LZK auch überschritten. Grund sind hier die schon zuvor angesprochenen überdurchschnittlichen Kosten in der Unterhaltsreinigung.



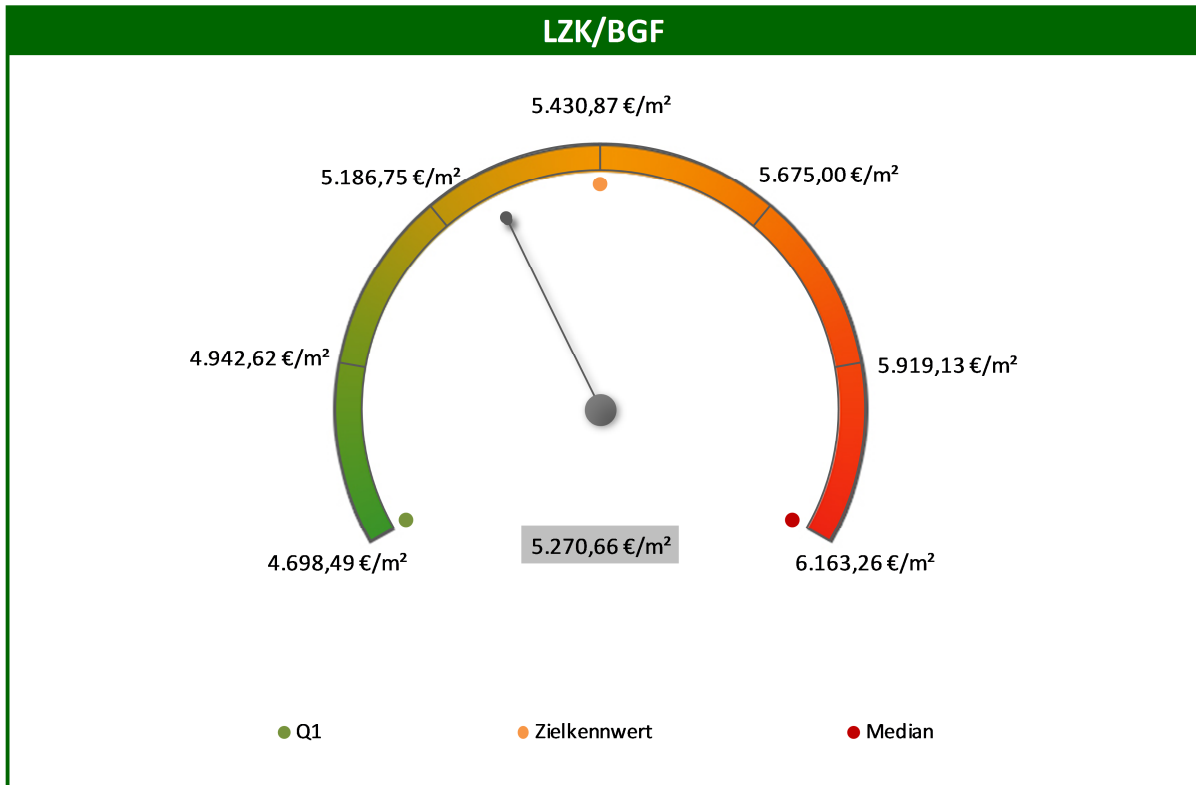


Abbildung 61: Pilot 1 Zielwertprüfung LZK

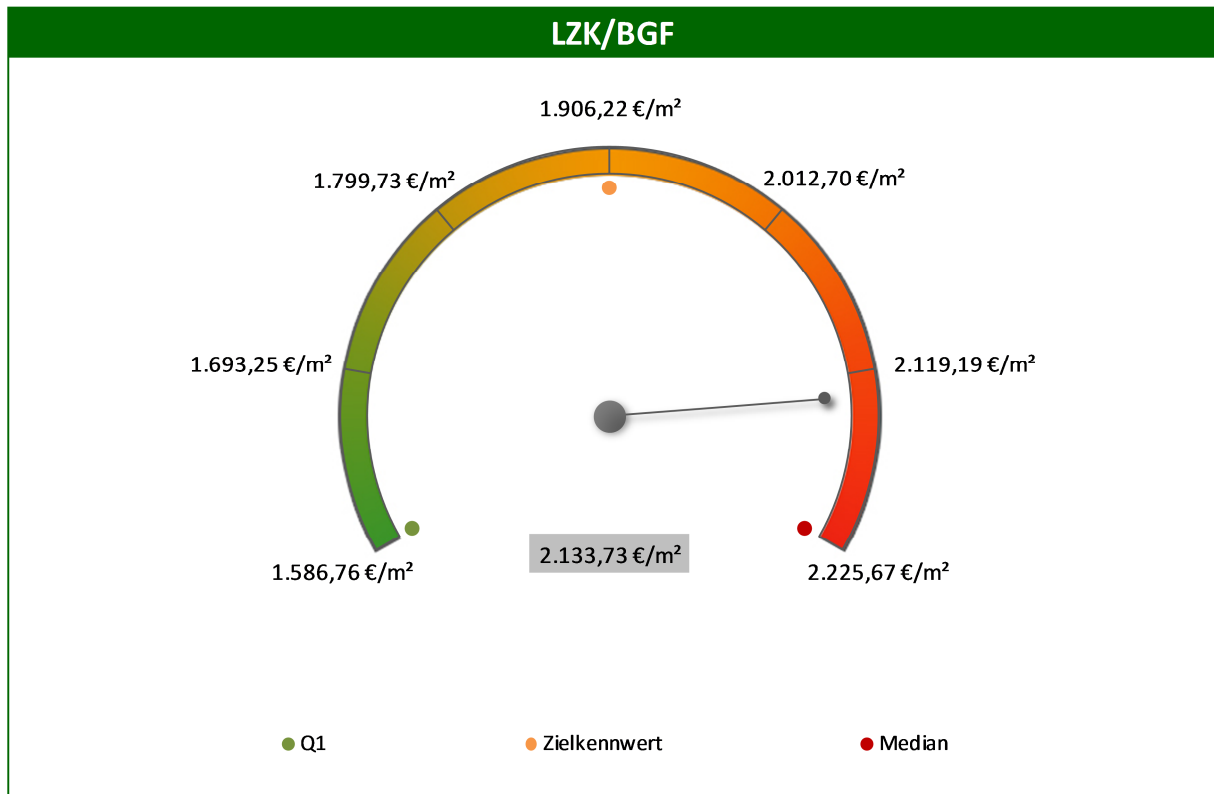


Abbildung 62: Pilot 2 Zielwertprüfung LZK

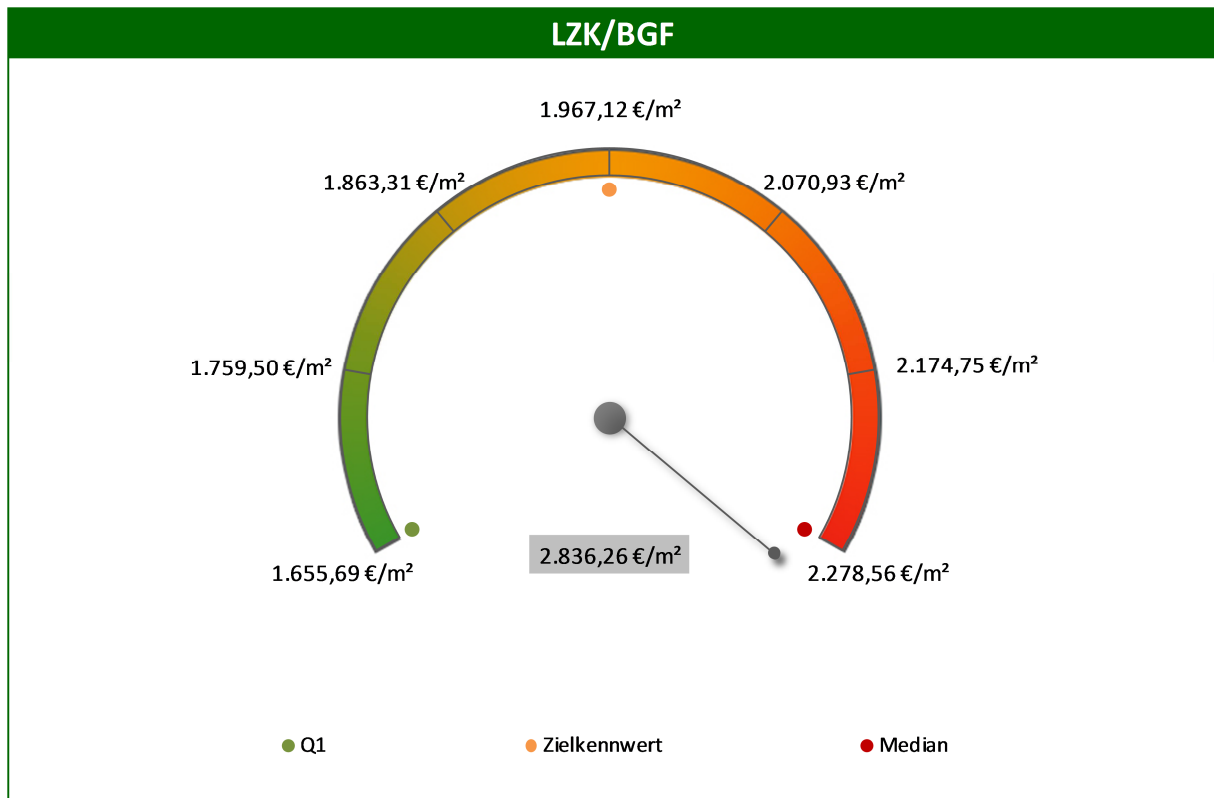


Abbildung 63: Pilot 3 Zielwertprüfung LZK

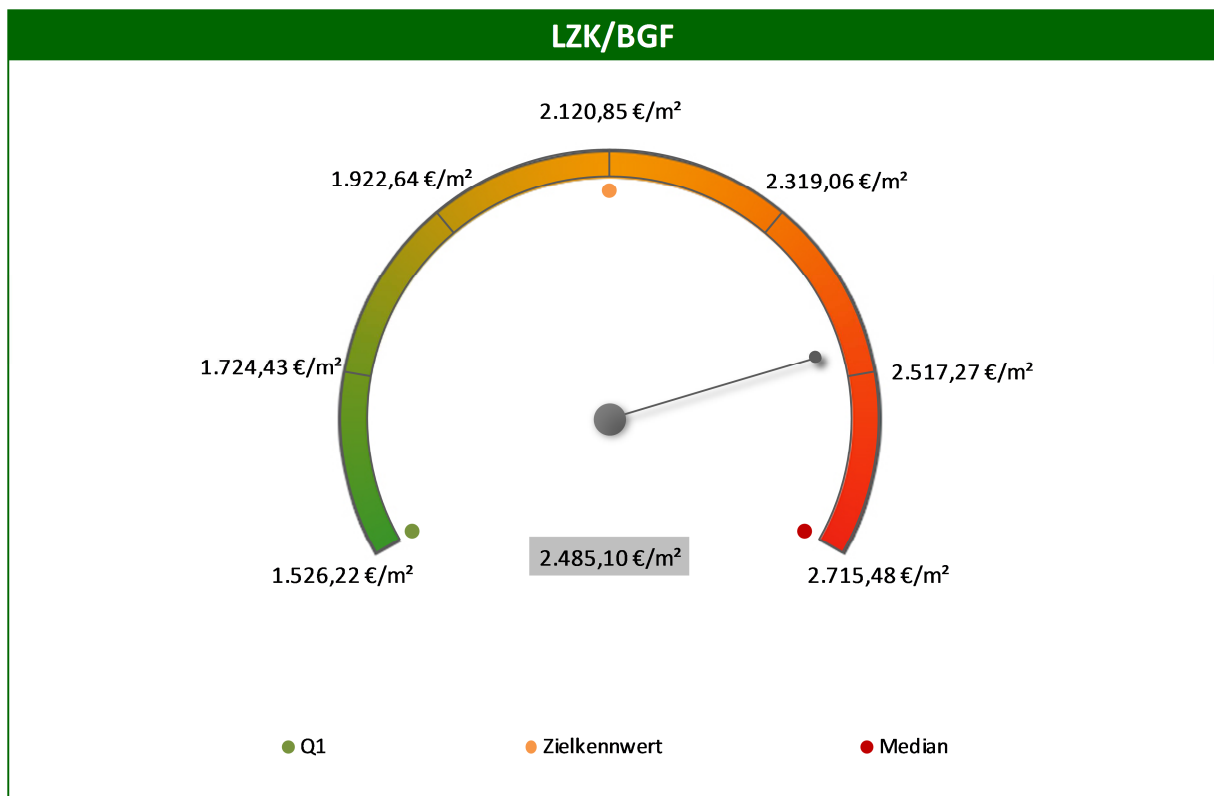


Abbildung 64: Pilot 4 Zielwertprüfung LZK

## 3.2 Demonstration des TaskManagers in Praxis

Die praktische Anwendung des *TaskManagers* wird im Feldtest unter der individuellen Struktur verschiedener Bauprojekten nachgewiesen. Dazu begleitete das Institut für Gebäude- und Solartechnik (IGS) ein Bauprojekt der Region Hannover in der Planungsphase durch Qualitätssicherung. In drei Gebäuden der Landeshauptstadt Hannover wurden messtechnische Analysen zum Energieverbrauch sowie zum Raumkomfort im Gebäudebetrieb zur Überprüfung der Qualität durchgeführt.

Für die Feldtests wurde das IGS durch „proKlima - Der enercity-Fonds“ aus Hannover unterstützt. Ziele sind objektspezifische und übergreifende Optimierungsvorschläge für die Gebäude sowie eine Validierung der Methodik des *TaskManagers* an ausgewählten Anwendungsbeispielen in der Praxis.

Da die Pilotgebäude der Landeshauptstadt Hannover zu Projektbeginn in Betrieb waren, konnten die Qualitätsmerkmale und Prüfmethoden für die Planungsphase auf Basis vorhandener Unterlagen nur rückwirkend analysiert werden. Zu diesen Unterlagen zählen:

- Angewendete technische Regel- und Normenwerk (EnEV/DIN18599, PHPP)
- Pläne Ausführungsplanung
- Funktionsbeschreibungen (Lüftungsanlage, Heizung)
- Einstellungen der Steuer- und Regelungstechnik
- Verbrauchs- und Kostendaten

### 3.2.1 Vorstellung der Pilotgebäude

#### Gymnasium Bismarckschule, Hannover



Abbildung 65: Altbau Südostansicht

Abbildung 66: Neubau Nordwestansicht

Abbildung 67: Neubau Nordwestansicht

Gymnasium Bismarckschule, Hannover		
Gebäudeteil	Altbau:	Neubau:
Baujahr	1911	2011
Sanierung	2010	
Standard	EnEV	Passivhaus
NGF	8.050 m <sup>2</sup>	2.135 m <sup>2</sup>

Tabelle 12: Pilotgebäude Grunddaten

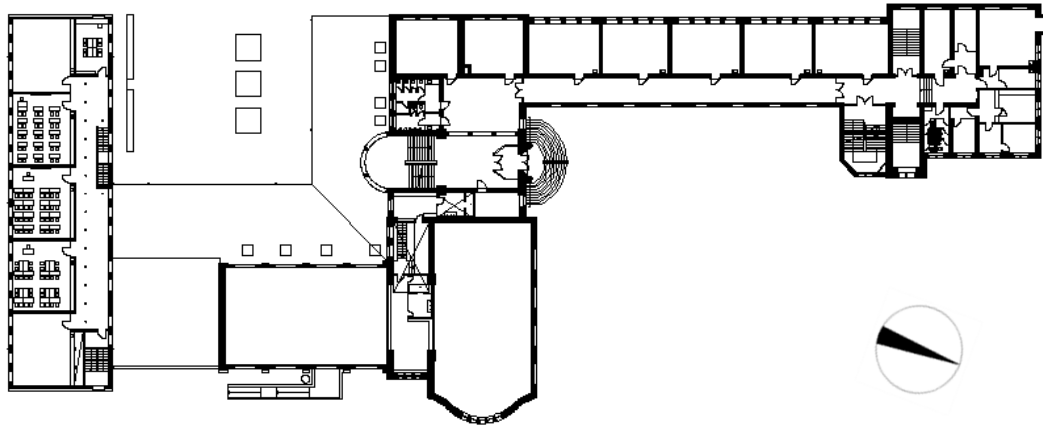


Abbildung 68: Grundriss EG Bismarckschule

Das 1911 im Jugendstil errichtete Hauptgebäude und 2009 sanierte erfüllt den EnEV 2007 Altbau-Standard nach DIN V 18599. Zu den Sanierungsmaßnahmen zählen eine Erneuerung der Dächer, der Fenster, der Kellerdecke und der Gebäudetechnik vor allem im Bereich der Lüftungsanlagen.

Zu den Neubauten aus dem Jahr 2011 zählen ein Verbindungsbau im EnEV-Standard (Pausenhalle, Freizeitbereich) und ein Passivhaus-Gebäude mit Klassenräumen, Mensa und Cafeteria.

Die Wärmebereitstellung erfolgt über Fernwärme mit einer Leistung von 600 kW.

Der denkmalgeschützte Altbau wird weitgehend über die Fenster belüftet. Die Kunst- und Chemieräume sind mit Abluftanlagen ausgerüstet. Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung wurden nach der Sanierung für den Passivhaus-Neubau, die Aula und das Planetarium mit Nebenräumen in Betrieb genommen.



Abbildung 69: Fernwärme Wärmetauscher



Abbildung 70: Lüftungsanlagen PH Neubau



Abbildung 71: Lüftungsanlage Altbau Aula

**Gymnasium Elsa-Brändström, Hannover**



Abbildung 72: Aula-Trakt Bestand Südostansicht

Abbildung 73: Klassentrakt 3 Bestand Südostansicht

Abbildung 74: Mensa Neubau Südostansicht

Gymnasium Elsa-Brändström, Hannover		
Gebäudeteil	Bestand	Neubau Mensa
Baujahr	1961	2009
Sanierung	2009	
Standard	EnEV	EnEV
NGF	7.480 m <sup>2</sup>	1.150 m <sup>2</sup>

Tabelle 13: Pilotgebäude Grunddaten

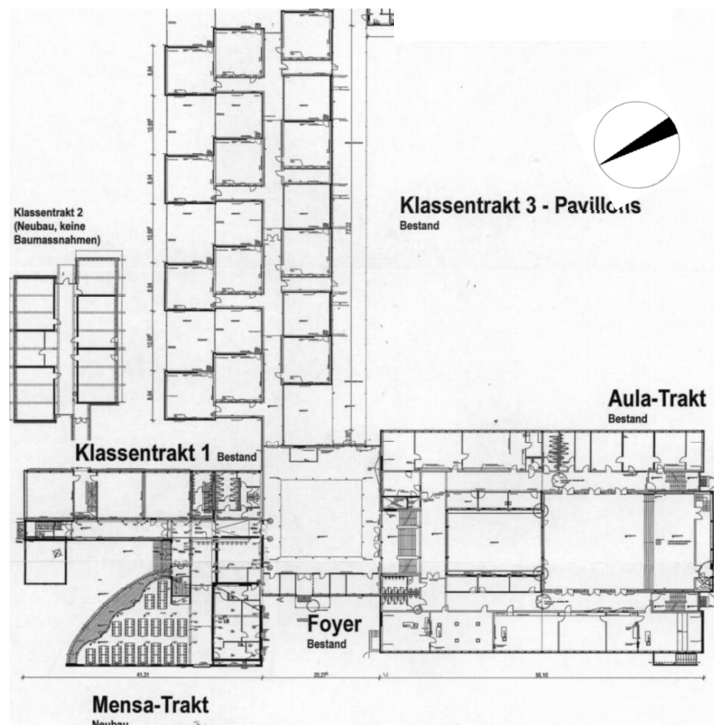


Abbildung 75: Grundriss EG Gymnasium Elsa-Brändström

Für den Ganztagsbetrieb wurde der Erweiterungsbau mit Mensa, Cafeteria und Speisesaal im EG und drei zusätzlichen Klassenräumen im OG errichtet. Der Neubau sowie die sanierten Bestandsgebäude sind im EnEV-Standard umgesetzt.



In diesem Zuge wurde die Haustechnik umfassend erneuert. Dazu zählen die Heizverteilung, die Wasser- und Abwasserleitungen, Sanitäranlagen sowie Elektroinstallationen inklusive Beleuchtung. Die Wärme wird über einen Gas-Brennwertkessel (Grundlast) und einen Niedertemperaturkessel (Spitzenlast) bereitgestellt. Zukünftig ist der Ersatz über ein BHKW-Contracting geplant.

Die Bestandsgebäude werden über die Fenster gelüftet, die Küche/Mensa und die Aula werden über Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung versorgt



Abbildung 76: Gas-Brennwertkessel (Grundlast)



Abbildung 77: Lüftungsanlage Küche Mensa



Abbildung 78: Lüftungsanlage Aula

### Kita Ricklinger Straße, Hannover



Abbildung 79: Süd-Ostansicht



Abbildung 80: Ostansicht



Abbildung 81: Westansicht

Kita Ricklinger Straße, Hannover	
Gebäudeteil	Neubau
Baujahr	2008
Sanierung	
Standard	Passivhaus
NGF	945 m <sup>2</sup>

Tabelle 14: Pilotgebäude Grunddaten

Der Ersatzneubau aus dem Jahr 2008 wurde als Passivhaus ausgeführt. Mit einer Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung wird das Gebäude versorgt. Dazu gehört auch die Wärmeübergabe über die Lüftungsanlage. 4 Heizkörper sind nachgerüstet worden. Die Wärme für das Gebäude wird über Fernwärme bereitgestellt.



Abbildung 82: zentrale Lüftungsanlage



Abbildung 83: TWW-Speicher



Abbildung 84: Küche

**Berufsbildende Schule Metall- und Elektrotechnik (bbs | me), Hannover**



Abbildung 85: Aula-Trakt Bestand Südostansicht



Abbildung 86: Klassentrakt 3 Bestand Südostansicht



Abbildung 87: Mensa Neubau Südostansicht

Berufsbildende Schule Metall- und Elektrotechnik, Hannover		
Gebäudeteil		Bestand
Baujahr		1961
Sanierung		2013 bis 2015
Standard		EnEV 2009
NGF		9.090 m <sup>2</sup>

Tabelle 15: Pilotgebäude Grunddaten

Die zur Sanierung anstehende Berufsbildende Schule Metall- und Elektrotechnik in Hannover aus dem Jahr 1961 soll durch Verbesserung der Gebäudehülle, Anlagentechnik, Flächeneffizienz und Gebäudeausstattung zukunftsfähig gemacht werden. Da die Fassaden denkmalgeschützt sind, musste sich auf eine Teilsanierung der Gebäudehülle in Anlehnung an das Bauteilverfahren der EnEV beschränkt werden.

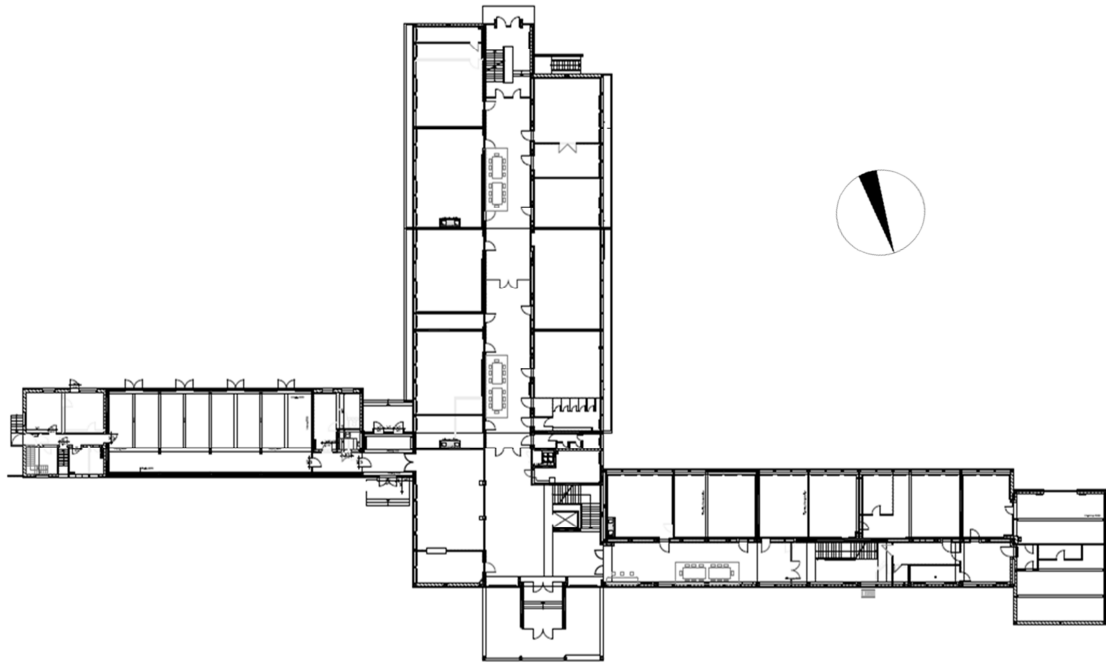


Abbildung 88: Grundriss EG Berufsbildende Schule Metall- und Elektrotechnik, Hannover

Zu den Sanierungsmaßnahmen zählen:

- Dämmung der oberste Geschossdecke und der Kriechkeller
- Innendämmung in Brüstungsbereichen
- Fensteraustausch
- Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung für Unterrichtsräume
- Erneuerung der Akustikdecke
- Einbau von LED-Beleuchtung

Die Wärmeversorgung über Fernwärme bleibt bestehen.





### 3.2.2 Beschreibung der Pilotanwendung

Systematisch wurden in allen drei Gebäuden der **Landeshauptstadt Hannover** folgende Analysen (Tabelle 16) zu Qualitätszielen durchgeführt. Die Prüfmethode der Soll-Ist-Vergleiche wurde hier mit Bezug auf die Ausführungsplanung nachträglich und mit Bezug auf den Praxisbetrieb aktuell angewendet und validiert.

Zielwert				Prüfung						
Attribut	Formelzeichen	Einheit	Norm/Quelle	Wettbewerb	Entwurfsplanung	Ausführungsplanung	Ausschreibung	Errichtung	Inbetriebnahme	Betrieb Jahr 1
<b>Heizung</b>										
Heizlast	$\Phi_{HL}$	W/m <sup>2</sup>	DIN EN 12831							
Nutzungszeiten		h/d, h/a	DIN V 18599-10			X				X
Regelungsstrategie (Außentemp., Raumtemp., Diff. VL RL)		ja/nein	DIN EN 15232			X				X
Heizkennlinie (Heizkurve)		ja/nein				X				X
Nacht- und Wochenendabsenkung		ja/nein				X				X
Funktionsbeschreibung		ja/nein								X
Erzeugerwirkungsgrad	$\eta$		DIN V 4701-10							
Jahresarbeitszahl Erzeuger	JAZ		DIN V 4701-10							
Erzeuger Betriebsstunden		h/a								
Dämmung der Heizungsverteilung		W/(m <sup>2</sup> ·K)	EnEV 2009							
Hydraulischer Abgleich		ja/nein								
<b>Lüftung</b>										
Mechanische Lüftung		ja/nein								
Mechanischer Gesamtluftwechsel Gebäude	n	h <sup>-1</sup>	DIN EN 13779, DIN V 18599-6							
Luftwechsel im Raum (nur mech. Lüftung)	n	h <sup>-1</sup>	DIN EN 13779, DIN V 18599-6			X				X
flächenspezifischer Auslegungsvolumenstrom	V	m <sup>3</sup> /h	DIN EN 13779, DIN V 18599-6			X				X
Spezifische Ventilatorleistung	SFP	W/(m <sup>3</sup> /s)	DIN EN 13779, DIN V 18599-6			X				X
Funktionsbeschreibung		ja/nein								X
Wärmebereitstellungsgrad	$\eta_{WBG}$		DIN V 18599-6, DIN 4719, DIN EN 308							
Regelungsstrategie (Zeit, Präsenz, CO <sub>2</sub> , Temp...)		ja/nein	DIN 15232			X				X
Dämmung der Luftverteilung		W/(m <sup>2</sup> ·K)	VDI 2087							
<b>Beleuchtung</b>										
Beleuchtungskontrolle (Zeit, Präsenz, Tageslicht...)		ja/nein	EnEV 2009 / DIN V 18599-4							
Beleuchtungsleistung		W/m <sup>2</sup>	DIN V 18599-4							X
<b>Energiebedarf</b>										
Jahres-Primärenergiebedarf	Q <sub>pr</sub>	kWh/(m <sup>2</sup> a)	EnEV 2009, DIN V 18599, 4108-2, 4108-4			X				
Jahres-Endenergiebedarf	Q <sub>E</sub>	kWh/(m <sup>2</sup> a)	EnEV 2009, DIN V 18599, 4108-2, 4108-5							
Jahres-Nutzenergiebedarf	Q <sub>N</sub>	kWh/(m <sup>2</sup> a)	EnEV 2009, DIN V 18599, 4108-2, 4108-6							
Anteil regenerative Energie (an Endenergie)		%	EnEV 2009, EEWärmeG							
Solarthermie Anlagenfläche		m <sup>2</sup>								
Solarthermie Jahresertrag		kWh/(m <sup>2</sup> a)								
Photovoltaik, Anlagenleistung		kW <sub>p</sub>								
Photovoltaik, Jahresertrag		kWh/(m <sup>2</sup> a)								
<b>Energieverbrauch</b>										
Spez. Kennwert Heizung und zentr. WWB	E <sub>vb</sub>	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Bekanntmachung BmVBS							X
Spez. Kennwert Strom		kWh/(m <sup>2</sup> a)	Kennwerte Verbrauchsausweis							X
<b>Sonnenschutz, Sommerlicher Wärmeschutz</b>										
Gesamtenergiedurchlassgrad Verglasung	g-Wert		DIN 4108-6							
Abminderungsfaktor Sonnenschutz	F <sub>c</sub>		DIN 4108-6							
Sonneneintragskennwert	S <sub>zul</sub>		DIN 4108-2							
Sonnenschutzregelung (Manuell, Autom., Strahlung, Zeit...)		ja/nein	DIN 15232, DIN V 18599							
Übertemperaturgradstunden		Kh/a	DIN 4108-2							X
<b>Luftqualität</b>										
CO <sub>2</sub> -Konzentration		ppm	DIN 15251			X				X

Tabelle 16: Zielwertprüfung für Pilotanwendung (Landeshauptstadt Hannover)

Für die **Region Hannover** unterstützt das IGS die Qualitätsprüfung der Entwurfs- und Ausführungsplanung für die Berufsbildende Schule Metall- und Elektrotechnik zum einen für die Anforderungen an die ENEV zum anderen für die Lüftungsanlage.

Da sich aufgrund des Denkmalschutzes die Sanierungsmaßnahmen auf das Bauteilverfahren der EnEV beziehen, gibt es seitens der EnEV zwar Vorgaben für den Wärmeschutz, nicht aber für die Anlagentechnik.

Zielwert				Prüfung						
Attribut	Formelzeichen	Einheit	Norm/Quelle	Wettbewerb	Entwurfsplanung	Ausführungsplanung	Ausschreibung	Errichtung	Inbetriebnahme	Betrieb Jahr 1
<b>Gebäudehülle</b>										
A/V <sub>E</sub> -Verhältnis	A/V <sub>E</sub>		EnEV 2007							
Wärmespeicherfähigkeit	C <sub>wik</sub>	Wh/(Km <sup>2</sup> )	DIN EN ISO 13786							
Transmissionwärmeverlustkoeffizient	H <sub>T</sub> *	W/(m <sup>2</sup> ·K)	EnEV 2009, DIN V 18599, 4108-2/-4, DIN EN 12524		X					
Wärmedurchgangskoeffizient	U-Wert	W/(m <sup>2</sup> ·K)	EnEV 2009, DIN V 18599, 4108-2/-4, DIN EN 12524		X					
Wärmebrücken	ΔU <sub>WB</sub>	W/(mK)	DIN 4108-6 / DIN 10211-1/2							
Luftdichtheit	n <sub>50</sub> -Wert	h <sup>-1</sup>	DIN EN 13829							
Fensterflächenanteil	f	%	ENEV 2009							
<b>Lüftung</b>										
Mechanische Lüftung		ja/nein			X					
Mechanischer Gesamtluftwechsel Gebäude	n	h <sup>-1</sup>	DIN EN 13779, DIN V 18599-6		X					
Luftwechsel im Raum (nur mech. Lüftung)	n	h <sup>-1</sup>	DIN EN 13779, DIN V 18599-6		X					
flächenspezifischer Auslegungsvolumenstrom	V	m <sup>3</sup> /h	DIN EN 13779, DIN V 18599-6		X					
Spezifische Ventilatorleistung	SFP	W/(m <sup>3</sup> /s)	DIN EN 13779, DIN V 18599-6		X					
Funktionsbeschreibung		ja/nein								
Wärmebereitstellungsgrad	η <sub>wBG</sub>		DIN V 18599-6, DIN 4719, DIN EN 308							
Regelungsstrategie (Zeit, Präsenz, CO <sub>2</sub> , Temp...)		ja/nein	DIN 15232		X					
Dämmung der Luftverteilung		W/(m <sup>2</sup> ·K)	VDI 2087							
<b>Beleuchtung</b>										
Beleuchtungskontrolle (Zeit, Präsenz, Tageslicht...)		ja/nein	EnEV 2009 / DIN V 18599-4							
Beleuchtungsleistung		W/m <sup>2</sup>	DIN V 18599-4							
<b>Energiebedarf</b>										
Jahres-Primärenergiebedarf	Q <sub>p</sub>	kWh/(m <sup>2</sup> a)	EnEV 2009, DIN V 18599, 4108-2, 4108-4		X					
Jahres-Endenergiebedarf	Q <sub>E</sub>	kWh/(m <sup>2</sup> a)	EnEV 2009, DIN V 18599, 4108-2, 4108-5		X					
Jahres-Nutzenergiebedarf	Q <sub>N</sub>	kWh/(m <sup>2</sup> a)	EnEV 2009, DIN V 18599, 4108-2, 4108-6		X					

Tabelle 17: Zielwertprüfung für Pilotanwendung (Region Hannover)

Die Prüfung der Planungsunterlagen für die Lüftungsanlage erfolgt stichprobenartig hinsichtlich der Vollständigkeit, Aktualität, Konsistenz und Plausibilität. Über das Projekt hinausgehend ist eine Qualitätsprüfung der Lüftungsanlagen auch für die Werk- und Montageplanung, die Errichtung und die Inbetriebnahme geplant.

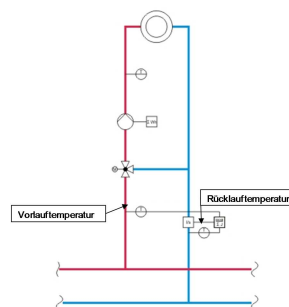
Im Folgenden wird für beispielhafte Zielwerte die angewandte Prüfmethodik erläutert:

### Systemtemperaturen Heizkreis

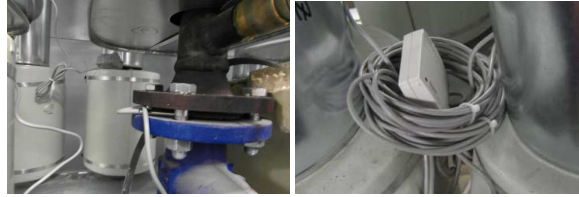
#### 1 Messung der

##### Vorlauf- und Rücklauftemperaturen:

- Befestigen von Temperaturfühlern (PT 100) mit direkten Kontakt an VL-Leitung und RL-Leitung
- Anschluss der Temperaturfühler an Datenlogger
- Zusätzlich strahlungsgeschützte
- Messung der Außentemperatur

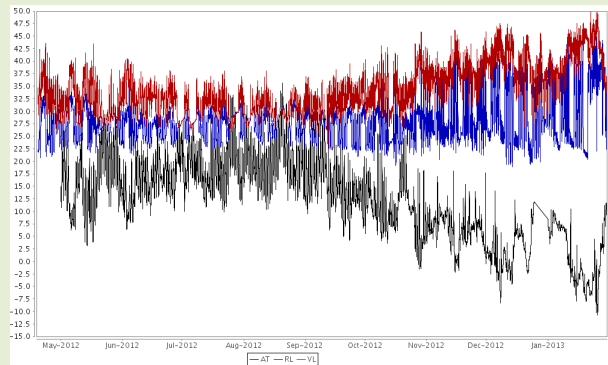


- Messintervall 15 min
- Datenexport in csv-Format



## 2 Auftragen der Temperaturen in Diagramm über Zeit

- Vorlauftemperatur (TVL)
- Rücklauftemperatur (TRL)
- Außentemperatur (TA)
- Analyse der Über- und Unterschreitungen im Vergleich zu geplanten Systemtemperaturen

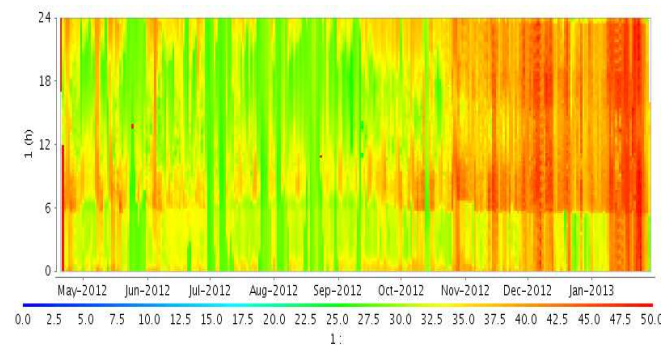


## 3 Visualisierung mit Rasterdiagramm (Carpetplot)

Plausibilitätskontrolle der Betriebszeiten

- Zeitprogramm
- Nachtabsenkung
- Wochenendabsenkung
- Sommer- / Winterzeit

Vergleich mit Funktionsbeschreibung



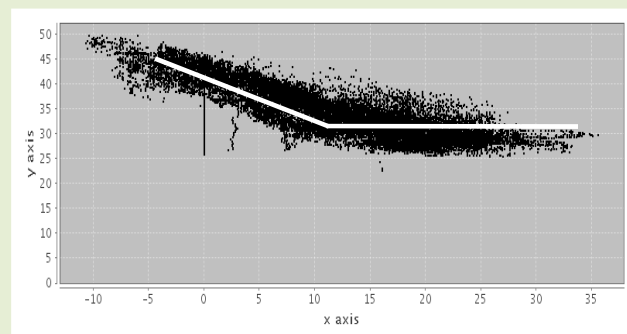
## 4 Prüfung der Heizkennlinie

Vorlauftemp. über Außentemp.

- Erkennbarkeit einer Kennlinie
- Erkennbarkeit eines Tag- und Nachtbetriebs
- Vergleich mit Soll-Kennlinie der Funktionsbeschreibung
- Ggf. Nachbildung der Soll-Kennlinie

Hinweis:

Diagramm ohne zeitliche Zuordnung



## Spezifische Ventilatorleistung SFP

### 1 Messung über Differenzdruckverfahren

- Anschließen des Differenzdruckmessgerätes an Messstellen an Ventilatoren (Zuluft und Abluft)
- Ablesen des Wirkdruckes  $\Delta p$  [Pa]



### 2 Berechnung des Luftvolumenstroms

$q_v$  [m<sup>3</sup>/h]:

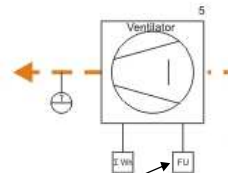
Berücksichtigung des Kalibrierfaktors

$K$  [m<sup>2</sup>s/h]

Baugröße	Standard Kalibrierfaktor K10 m <sup>2</sup> /h
2528	73
2831	90
3135	105
3540	120
4045	150
4550	190
5056	240
5663	300

$$q_v = K * \sqrt{\frac{2}{\rho} * \Delta p_{Dü}}$$

### 3 Ablesen der elektrischen Leistung $P$ [W] des Ventilators am Frequenzumformer



Elektr.  
Ventilatorleistung



### 4 Berechnung des PSFP-Werts

$SFP$  [W/(m<sup>3</sup>h)] =  $P$  [W] /  $q_v$  [m<sup>3</sup>/h]

Abgleich mit Sollwert aus Konstruktionsbeschreibung

	Zuluft	Abluft
Ventilator	RLM-56-5056	RLM-56-5056
Kalibrierfaktor $K$	240m <sup>2</sup> /h	240m <sup>2</sup> /h
Wirkdruck $\Delta p$	1 100Pa	610Pa
Ventilatorleistung	3.6kW	2.8kW
Volumenstrom $q_v$	10 259m <sup>3</sup> /h	7 640m <sup>3</sup> /h
SFP	1 263W/m <sup>3</sup> s	1 319W/m <sup>3</sup> s

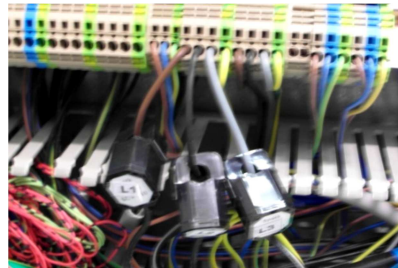
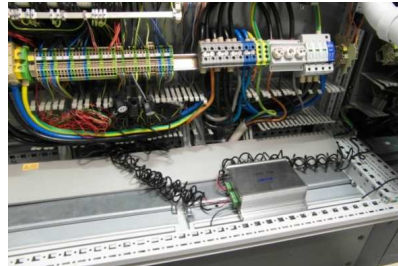
## Stromverbrauchsmessung

### 1 Langzeitmessung der Stromleistung eines Verbrauchers

- Auswahl des Verbrauchers in Verteilerschrank
- Befestigung von Strommesszangen an Kabelzuleitung
- Anschluss an Datenlogger
- Messzeitraum etwa 1 bis 6 Wochen
- Messintervall 5 Minuten

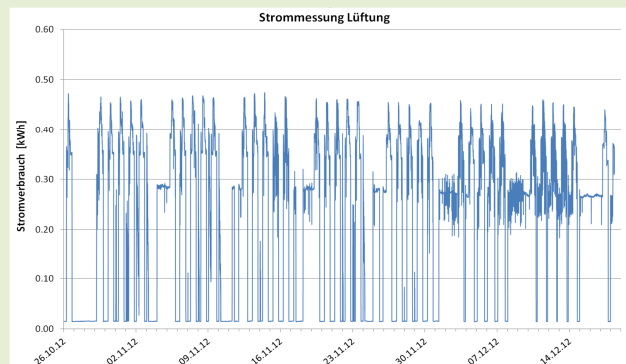
Hinweis:

Messeinrichtung im Verteilerschrank nur durch qualifiziertes Fachpersonal!



### 2 Auftragen der Leistung über Zeit

- Umrechnung der Leistung auf jährliche Energie [kWh/a] - Abzug von Zeiten ohne Anlagenbetrieb (Feiertage, Ferientage) - Ggf. Korrektur Wochenend-Betrieb außerhalb der Betriebszeit und Heizperiode



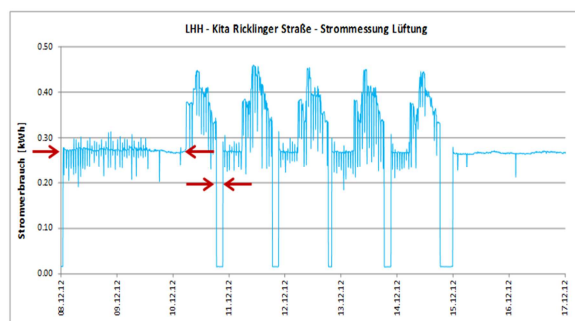
### 3 Bewertung (je nach Verbraucher)

- Gesamtenergieverbrauch
- Spitzenlast / Grundlast

Plausibilitätskontrolle der Betriebszeiten

- Zeitprogramm
- Nachtabsenkung
- Wochenendabsenkung

Vergleich mit Funktionsbeschreibung



Die inhaltlichen Ergebnisse der Qualitätsprüfung sind mit den Gebäudeeigentümern abgestimmt und werden an dieser Stelle nicht veröffentlicht.

### 3.3 Bewertung der Pilotanwendung (AP 4)

Die Pilotanwendung im Bereich des LZK-Controllings gibt Hinweis darauf, dass gerade bei zertifizierten Gebäuden noch zum Teil deutliche Kostenoptimierungspotenziale bestehen. In der Pilotanwendung des Projektes wurde dieses Erkenntnis durch die Abfrage von Ist-Kosten bereits errichteter Gebäude gewonnen. Für Neubauprojekte bedeutet dies, dass die LZK-Berechnung in der Gebäudezertifizierung aufgrund ihres partiellen Anwendungshorizontes, der nur einmaligen und punktuellen Prüfung sowie ihrer starken Standardisierung keine Gewähr für kostenseitig optimierte Gebäude liefern kann. Hierfür ist das lebenszyklusphasenübergreifende LZK-Controlling durch die Definition und wiederholte Kontrolle projekt- und objektspezifischer Zielkennwerte das geeignete Prozessmodell, in dem die Tools Zielwertmatrix und Ticketsystem eingesetzt werden.

Von den Pilotteilnehmern wurden Gebäudedaten und Gebäudenutzungskosten in vergleichsweise guter Qualität geliefert. Aus der Erfahrung des fm.benchmarkings sowie weiterer Projekte von rotermund.ingenieure lässt sich die Feststellung treffen, dass die Erfassung von Kennzahlen der Gebäudenutzungskosten für ein nachhaltiges Kostencontrolling in der Praxis häufig unzureichend ist, wie bereits die Diskrepanzen zwischen Prioritäten und Häufigkeiten in den Tabellen der Kennzahlenübersichten in Kapitel 2.1.2 verdeutlichen. Der Kreis der Pilotteilnehmer setzt sich dem zu Folge aus einem Kreis von Unternehmen zusammen, deren Datenerfassung sich bereits auf einem überdurchschnittlich guten Niveau befindet.

Da die Beeinflussbarkeit der Gebäudenutzungs- und Lebenszykluskosten in frühen Planungsphasen am größten ist, muss auch direkt in diesen Phasen bereits mit dem LZK-Controlling und der Zielwertprüfung begonnen werden. Würde dies dann planungsbegleitend durchgeführt, fördert dies den Ansatz der integralen Projektplanung, so dass sich in der Planungsphase schon über wesentliche Betriebsaspekte in Kosten und Qualitäten Gedanken gemacht wird. Mehr noch: Durch die Zielwertvorgaben seitens des Bauherrn werden die Projektpartner sogar zur integralen Projektplanung und Einhaltung von Kosten und Qualitäten verpflichtet.

Die Prüfkonzepte konnten im Allgemeinen gut umgesetzt werden. Es zeigte sich jedoch, dass die präzise Planung der Prüfungen für eine wirtschaftliche Umsetzung von großer Bedeutung sind wird. Genauso wurde erkannt, wie die Komplexität innovativer Gebäudekonzepte auch den Aufwand für deren Qualitätssicherung erhöht, z.B. wenn mehrere dynamische Systeme für die Steuerung der Anlagentechnik verantwortlich sind. Eine Zuordnung von Ursache und Wirkung fällt dann zunehmend schwer, wie z.B. bei der Regelung einer Lüftungsanlage mit zentraler CO<sub>2</sub>-Steuerung durch ein CO<sub>2</sub>-Messgerät für einen ganzen Gebäudeabschnitt. Auch die Prüfung einer Sonnenschutzregelung ist mit nicht mehr angemessen Aufwand verbunden, da das Fahren des Sonnenschutzes unter Berücksichtigung der Globalstrahlung, verschiedener Fassadenseiten und der Windverhältnisse auszuwerten sind.

Die Demonstrationsanwendung des TaskManagers hat gezeigt, dass ein präzise definiertes Konzept zur Qualitätssicherung entwickelt und in der Praxis umgesetzt werden kann. Es konnte eine umfangreiche Liste von Qualitätszielen mit entsprechenden Prüfmethode entwickelt werden, so dass ein anwendungsbezogenes Gerüst für das Energie- und Qualitätsmanagement zur Verfügung steht. Der Demonstrator des TaskManagers wurde im Zuge des Projekts mit mehreren Fachplanungsbüros und Qualitätssicherern diskutiert und für die Multiplikation einer Dienstleistung „Energie- und Qualitätsmanagement“ unter den oben genannten Zielsetzungen als geeignetes Werkzeug bewertet.



## 4 Kommunikation und Information (AP 5)

Zur Verbreitung der Vorhabensergebnisse wurden verschiedenen Maßnahmen durchgeführt. Im laufenden Projekt wurde über die Problemstellung, Inhalte und Konzeption des Forschungsprojektes in folgenden Veröffentlichungen berichtet:

- In der Immobilienzeitung Nr. 36/2012 vom 06. September 2012 wurde der Artikel „Die ferneren Betriebskosten im Blick“ veröffentlicht.
- Zudem erschien in der österreichischen Fachzeitung FacilityAktuell Nr. 10 2012 vom 19. Oktober 2012 der Fachbeitrag „Nachhaltigkeit und Lebenszykluskosten im Hochbau“.
- Im fm.benchmarking Bericht 2012/2013 wurde die zweiseitige Publikation „EVAgreen - Kosten und Qualitätssicherung über den Lebenszyklus“ zu dem Forschungsprojekt eingebunden.
- Interview Prof. Rotermund, anlässlich der KeyNote auf dem Kongress der IG Lebenszyklus, Wien, erschienen in Report/Baugespräche 09/2012
- Fachveröffentlichung „Mehrwert Generalplanung aus Sicht des Immobilien-Lebenszyklus-Managements“, in Mehrwert Generalplanung agn Architekten, Ibbenbüren, Prof. Rotermund 04/2012 (ohne Anhang, da Buch zum Verkauf)
- „Lebenszykluskosten von Bauwerken – Berechnungsmethoden, Status und Ausblick“, erschienen in DETAIL, 05/2012, Prof. Rotermund
- Interview Prof. Rotermund in GreenImmo, anlässlich des Kongress Green Building Summit 13./14.03.2012 (<https://www.youtube.com/watch?v=ttlHoTmE09c>)

Des Weiteren wurden folgende Vorträge zum Forschungsprojekt gehalten:

Nationale Veranstaltungen:

- Vorträge Prof. Rotermund (nur Auszug)
  - HÜF (Hochschulübergreifende Fortbildung), Seminar Lebenszykluskosten, 10.11.2011
  - Management Forum, Kostenoptimierung im FM, 14.12.2011
  - VHW, Berechnung und Ermittlung von Lebenszykluskosten, 26.01.2012
  - IHK Bielefeld, ERFA-Kreis Facility Management, 21.02.2012
  - Land Rheinland-Pfalz, Lebenszykluskosten Landtag, 09.03.2012
  - Green Building Summit, Kongress Euroforum, 13.03.2012
  - Commovere, Benchmarking im FM, 20.03.2012
  - GEFMA-Lounge Niedersachsen, 28.03.2012
  - ATA-Tagung Universitäten 2012, Potsdam, 01.06.2012
  - RealFM, Mitgliederversammlung 2012, 14.09.2012
  - Arbeitsgemeinschaft kommunale Großkrankenhäuser, Stuttgart, 19.09.2012

- Rheinischer Sparkassen- u. Giroverband, Tagung 2012, 27.09.2012
- Bundesverband der Behindertenwerkstätten, Jahrestagung, 30.10.2012
- Arbeitsgemeinschaft Technologiezentren in D, Jahrestagung, 06.11.2012
- IG Lebenszyklus, Kongress 2012, Key Note Speaker, 13.11.2012
- IFMA Schweiz, Zürich, 14.11.2012
- GEFMA/RealFM, Vorstellung Jahresergebnisse fm.benchmarking, 26.11.2012
- VHW Seminar, Benchmarking bei Lebenszykluskosten, 19.02.2013
- GEFMA, Mitgliederversammlung, 28.02.2013
- ISH 2013, Frankfurt, Bundesindustrieverband TGA, 14.03.2013
- Commovere, Kostenoptimierung, 20.03.2013
- Bauleitertagung Einzelhandel bei Gerry Weber, 25.04.2013
- Vortrag auf einer Veranstaltung der German Facility Management Association e.V. (GEFMA) in Hannover am 28.03.2012 durch Herrn Dipl. -Ing. Lars Altendorf
- Seminar „Energie- und Qualitätsmanagement“ mit dem Bundesverband für Wohnen und Stadtentwicklung e. V. (VHW) in Hannover am 07.05.12 durch Herrn Dr.- Ing. Plesser
- Seminar „Energie- und Qualitätsmanagement“ mit dem Bundesverband für Wohnen und Stadtentwicklung e. V. (VHW) am 26.09.12 in Mannheim durch Herrn Dr. -Ing. Plesser

Internationale Konferenzen:

- Vortrag auf der IE ECB'12 am 19.04.2012 in Frankfurt durch Herrn Dr. -Ing. Plesser
- Vortrag auf der icbp 2012 am 30.10.2012 in Berlin durch Herrn Dr. -Ing. Plesser
- Vortrag auf der sb 13 Munich am 08.03.2013 in München durch Herrn Dr. -Ing. Plesser

Nach Abschluss des Projektes und der Vorlage der finalen Ergebnisse sind darüber hinaus weitere Veröffentlichungen in der Fachpresse geplant. Darin werden auch die Kernaussagen und wesentlichen Diskussionsinhalte des Forschungssymposiums vom 06. Februar 2013 an der Technischen Universität in Braunschweig aufgegriffen. Eine Zusammenfassung des Forschungssymposiums ist in Anlage A1 beigefügt.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden am Institut für Gebäude- und Solartechnik folgende Studienarbeiten angefertigt:

- Diplomarbeit "Evaluierung nachhaltigkeits-zertifizierter Gebäude im Betrieb" von Larissa Weber
- Bachelorarbeit "Risikoanalyse zum Energiebedarf und Raumkomfort" von Julia Nass



## 5 Fazit

Mittels der Anwendungsmethodik des LZK-Controllings und unter Verwendung des Tools *Zielwertmatrix* wird die einfache und hinreichend präzise Prognose von Lebenszyklus- und Gebäudenutzungskosten in frühen Phasen der Gebäudeplanung ermöglicht. Durch die Nachverfolgung der Zielwertkontrolle über die verschiedenen Planungsphasen sowie die Errichtungsphase bis in den Betrieb hinein wird eine Erfolgskontrolle hinsichtlich der zuvor gesetzten Ziele in der Höhe der Lebenszyklus- und Gebäudenutzungskosten gewährleistet. Bauherren, Fachplaner und Errichter erhalten so ein laufendes Feedback über die zuvor festgelegten Performanceziele. Perspektivisch ist auf Grundlage der frühzeitig im Planungsprozess definierten technisch-wirtschaftlichen Performanceziele auch eine Ausschreibung von Gebäudemanagementleistungen denkbar.

Die guten Erfahrungen bei der ersten Pilotanwendung der Methodik im EVAgreen-Projekt und das große Interesse der Gebäudebetreiber und Qualitätssicherer an einer Weiterführung des Lösungsansatzes, lassen einen Erfolg des Werkzeugs erwarten. Tickets des *TaskManagers* können auch in Form von Checklisten mit einer Vielzahl von Anforderungen und Prüfungen vorgegeben werden. Ein Übertragen von Teilen bis zu einer kompletten Übernahme von Checklisten der Inspektionssysteme wie VDMA 24197, DIN EN 15239 oder 15240 ist denkbar, wenn diese in die aktive Prozessstruktur des *TaskManagers* eingebunden werden. Über die automatisierte Dokumentation des Ticketverlaufs lässt sich eine durchgängige Erfolgskontrolle erreichen. In der Praxis wird der Einsatz der Methodik zu einem wichtigen Feedback über die Qualität in Gebäuden führen. Sie ermöglicht die systematische Analyse von Qualitätsmängeln und deren Vermeidung in zukünftigen Projekten. Parallel kann die Umsetzung des Qualitätsmanagements selbst analysiert werden. Mit diesen Informationen lassen sich Aussagen zu Kosten und Nutzen eines Energie- und Qualitätsmanagements treffen und mit anderen Optimierungsoptionen, z.B. zusätzlicher Technologien, bewerten.

Durch den verstärkten Einsatz der Anwendungsmethodiken und Tools für ein effektives technisch-wirtschaftliches Energie- und Qualitätsmanagement und LZK-Controlling soll es zukünftig möglich sein, eindeutige technisch-wirtschaftliche Performance- und Qualitätsziele in einer frühen Phase im Planungsprozess zu definieren und über verschiedene Planungsphasen und die Errichtung bis in den Betrieb hinein laufend nachzuverfolgen. In der Praxis wird der Einsatz der Methodik zu einem wichtigen Feedback über die Qualität und Kosten im Gebäudebetrieb führen. Sie ermöglicht die systematische Analyse von Qualitätsmängeln und Kostenfallen sowie deren Vermeidung in zukünftigen Projekten. Auf dieser Grundlage wird eine lebenszyklusübergreifende Evaluierung von Nachhaltigkeitszielen ermöglicht, die den Ausgebern von Nachhaltigkeitszertifikaten und Investiv-Fördergebern als Erfolgskontrolle dienen kann, anhand derer zukünftige Zertifikats- und Förderbedingungen ausgerichtet werden können.

## **Anhang**

### **A1 Zusammenfassung Forschungssymposium vom 06. Februar 2013**

**A1 Zusammenfassung Forschungssymposium vom 06. Februar 2013**

Nr.:	Inhalt	Pers. Anmerkungen
1	<p><b>Vorstellungsrunde</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Begrüßung durch Herrn Plesser</li> <li>- Vorstellung Teilnehmer:               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stefan Bär (Stadt Hannover)</li> <li>▪ Dirk Stapenhorst (Stadt Hannover)</li> <li>▪ Herr Sandek (Stadt Hannover)</li> <li>▪ Anke Unverzagt (Proklima Hannover)</li> <li>▪ Frau Hannemann (TU Braunschweig Gebäudemanagement)</li> <li>▪ Sabine Djahanschah (DBU)</li> <li>▪ Alexander Erba (Deutsche Flugsicherung)</li> <li>▪ Michael Kühn (Goldbeck)</li> <li>▪ Olga Hildebrandt (Union Investement)</li> <li>▪ Claas Pinkernell (synavision)</li> <li>▪ Stefan Plesser</li> <li>▪ Lars Altendorf</li> <li>▪ Uwe Rotermund</li> <li>▪ Stefan Nendza</li> </ul> </li> </ul>	
2	<p><b>Präsentation Uwe Rotermund</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Schilderung Lebenszykluskosten</li> <li>- Darstellung der Analyse Nutzungskosten zertifizierte vs. nicht-zertifizierte Gebäude               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ zertifizierte deutlich teurer in der Errichtung --&gt; KG 400</li> <li>▪ Strom / Heizenergie keine statistisch ableitbaren Vorteile</li> <li>▪ Wasser / Abwasser zertifizierte deutlich besser</li> <li>▪ Flächeneffizienz zertifizierte besser</li> </ul> </li> <li>--&gt; Mehraufwand an Gebäudetechnik (KG 400) schlägt sich nicht positiv in Einsparungen von Strom oder Heizenergie nieder</li> <li>- Erläuterung EVAgreen               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prozess zur Lebenszyklusphasenübergreifenden Qualitäts- und Kostensicherung – Sicht Kosten</li> <li>▪ Erläuterung Zielwertmatrix</li> <li>▪ Einbindung der Kostenprüfungen in das Ticketsystem</li> </ul> </li> </ul>	
3	<p><b>Präsentation Stefan Plesser</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Baubranche muss sich auf die sich weiter verstärkende Technisierung einstellen, die auf sie zukommt</li> </ul>	

Nr.:	Inhalt	Pers. Anmerkungen
	<p>- ist aber auf Grundlage der bisherigen Prozesse nicht in der Lage ein effizientes Qualitätsmanagement Umzusetzen (fehlende Standards, fehlende Werkzeuge/Tools – statt dessen sperrige pfd oder Worddokumente, fehlende Dokumentationen oder in unflexiblen Datenformaten)</p> <p>- zudem eine Vielzahl an Varianten von baulich-technischen Lösungen --&gt; Möglichkeit der Reduzierung auf weniger, aber dafür besser handhabbare Lösungen, z. B. für Klassenräume oder Gruppenräume KITAs</p> <p>- Vorstellung Ticketsystem</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ticketsystem als Tool zur Qualitätssicherung</li> <li>▪ dazu vorherige Definition von Standards und Zielwerten in einzelnen, ausgewählten Bereichen</li> <li>▪ architektonische Gestaltungsfreiheit trotzdem noch gegeben</li> <li>▪ Entlastung im Bauprozess durch Effizienzgewinne und somit Konzentration von personellen und finanziellen Ressourcen auf solche Aspekte möglich, die individuelle Lösungen erfordern</li> </ul>	
4	<b>Pause</b>	
5	<p><b>Präsentation Lars Altendorf</b></p> <p>- Darstellung Pilotanwendung Messungen</p> <p>- Regelung Lüftungsanlage</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Temperatur</li> <li>▪ CO<sub>2</sub>-Regelung</li> <li>▪ Luftfeuchte</li> <li>▪ Nutzerverhalten</li> </ul> <p>--&gt; Möglichkeiten der Prüfung mittels Ticketsystem</p> <p>- Diskussion</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Funktionsbeschreibung Gebäudeautomation</li> <li>▪ Gebäudeautomation als Black-Box?</li> <li>▪ was macht Sinn, was nicht?</li> <li>▪ Kalibrierung von Messgeräten wie CO<sub>2</sub>-Prüfer?</li> </ul>	
6	<p><b>Präsentation Alexander Erba</b></p> <p>- Vorstellung Deutsche Flugsicherung</p> <p>- Maßnahmen der Standardisierung Funkstellen und Tower</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ziele: Reduzierung der Beschaffungskosten, Reduzierung der Bewirtschaftungskosten, Erhöhung der Betriebssicherheit</li> </ul> <p>- Schaffung von Kostentransparenz --&gt; Benchmarking</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Standardisiertes Datenmodell Anlagenkataster</li> <li>▪ einheitliche Instandhaltungsstrategie</li> </ul>	

Nr.:	Inhalt	Pers. Anmerkungen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Standardisierter Leistungskatalog für administrative Leistungen (Gebäudeebene) und Instandhaltung (Anlagenebene)</li> </ul>	
7	<p><b>Abschlussdiskussion</b></p> <p>- Herr Plesser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gebäude werden komplexer (durch vermehrten Technikeinsatz)</li> <li>▪ Gebäude werden teurer (TGM-Kosten)</li> <li>▪ Qualitätssicherung schwierig --&gt; mit bisherigen Prozessen und Tools nicht wirkungsvoll umsetzbar</li> </ul> <p>- Dirk Stapenhorst/ Herr Sandek:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Standardisierungspotenziale sollten ermittelt werden, werden technischer Entwicklung weiter hinterherlaufen</li> <li>--&gt; einzelne funktionelle Standards als Lösungsweg?</li> <li>--&gt; zudem Prozessthema – Kulturwandel Baubranche?</li> <li>--&gt; Zeithorizont im Vergleich zur Automobilbranche, die 20 Jahre für den Innovationsprozess benötigt hat</li> </ul> <p>- Frau Hannemann:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ technische Innovationen sollten auch hinterfragt werden in dem Sinne, ob diese im Gebäude wirklich benötigt werden</li> <li>▪ man sollte man sich davon auch ein Stück weit emanzipieren und nicht jeden Schritt blind mitgehen</li> <li>--&gt; mit technischen Innovationen auch schon relativ weit, d.h. weitere Innovationsschritte werden nicht mehr große (theoretische) energetische Einsparpotenziale mit sich bringen</li> <li>--&gt; wichtiger ist dann auch die Beherrschbarkeit der Technik, um Einsparungen auch im Betrieb umsetzen zu können sdf</li> </ul> <p>- Frau Djahanschah:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Einsatz neuer technischer Lösungen sollte mit Kosten-Nutzen-Analyse evaluiert werden</li> <li>--&gt; dagegen stehen sich ausweitende Nutzerpräferenzen bzw. steigende Ansprüche (evlt. auch Bequemlichkeiten): z.B. bestimmte Funktionen im Büro mit dem Smartphone von unterwegs aus zu steuern (Alexander Erba)</li> <li>--&gt; dagegen stehen zum Teil auch politische Forderungen nach bestimmten Komfort- oder Behaglichkeitskriterien, z. B. regelmäßiger Luftaustausch von Schulräumen als Regelung durch Richtlinie/Vorgabe, wo es den Nutzern nicht mehr selbst übertragen ab und zu nach eigener Einschätzung das Fenster zu öffnen oder zu schließen. (Stadt Hannover)</li> </ul> <p>- Herr Plesser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Angemessenheit der Maßnahmen sollte geprüft werden</li> <li>▪ aber Gefahr besteht weiterhin, dass Gebäudeautomation eine schwer zu prüfende Black-Box darstellt</li> </ul> <p>- Claas Pinkernell:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entkoppelung von Hardware und Software eine Lösung?</li> </ul>	

Nr.:	Inhalt	Pers. Anmerkungen
	<p>--&gt; Ansätze gab und gibt es dazu, aber Umsetzung schwierig (Uwe Rotermond)</p> <p>- Frau Djahanschah:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ welche Einflussmöglichkeiten bestehen dann?</li> </ul> <p>--&gt; Unterschied zwischen Neubau und Bestandsgebäude; bei Neubau sehr großer Einfluss, bei Bestandsgebäude nur begrenzt möglich (Plesser/Rotermond)</p> <p>--&gt; klare Funktionsbeschreibung der Gebäudeautomation / MSR möglich, aber i.d.R. nicht im Interesse der Fachplaner (Uwe Rotermond)</p> <p>--&gt; erfordert starken Bauherrn, allerdings auch mit entsprechenden Kompetenzen; technische Umsetzbarkeit nicht das Problem (Stefan Plesser)</p>	

## Literaturverzeichnis

- [AMEV 2005] ARBEITSKREIS MASCHINEN- UND ELEKTROTECHNIK STAATLICHER UND KOMMUNALER VERWALTUNGEN: *Hinweise für Planung, Ausführung und Betrieb der Gebäudeautomation in öffentlichen Gebäuden (Gebäudeautomation 2005)*, Berlin 2005
- [AMEV01] ARBEITSKREIS MASCHINEN- UND ELEKTROTECHNIK STAATLICHER UND KOMMUNALER VERWALTUNGEN: *Messgeräte für Energie und Medien (EnMess 2001,)* Geräteausrüstung zur Energie- und Medienerfassung, Berlin 2001
- [AMEV10] ARBEITSKREIS MASCHINEN- UND ELEKTROTECHNIK STAATLICHER UND KOMMUNALER VERWALTUNGEN (AMEV): *Hinweise zum Energiemanagement in öffentlichen Gebäuden (Energie 2010)*, Berlin 2010
- [AMEV92] ARBEITSKREIS MASCHINEN- UND ELEKTROTECHNIK STAATLICHER UND KOMMUNALER VERWALTUNGEN: *EVA 92 - Energieverbrauchserfassung und Grundlagen zur Auswertung für öffentliche Gebäude*, Berlin 1992
- [Bau05] BAUMANN, O.: *OASE - Optimierung der Automationsfunktionen betriebstechnischer Anlagen mit Hilfe der dynamischen Simulation als Energie-Management-System*, Abschlussbericht zum Vorhaben OASE, Förderkennzeichen 0327246D, München 2005
- [BKI12] BKI BAUKOSTENINFORMATIONSZENTRUM: *BKI Baukosten Gebäude*, Stuttgart, 2012.
- [BMU10] BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (BMU): *DIN EN 16001: Energiemanagementsysteme in der Praxis - Ein Leitfaden für Unternehmen und Organisationen*, Berlin 2010
- [Dem00] DEMING, W. E.: *Out of the Crisis*, 2000
- [DIN00] Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin 2000
- [DIN07] Deutsches Institut für Normung, August 2007
- [DIN09] Deutsches Institut für Normung, August 2009
- [EMAS10] Geschäftsstelle des Umweltgutachterausschusses: *Infoblatt EMAS*, Berlin 2010
- [EnEV07] Energieeinsparverordnung (EnEV) 2007, in der Fassung der Bekanntmachung vom 24. Juli 2007
- [ESF11] ENERGIEREFERAT DER STADT FRANKFURT: *Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen*, Frankfurt am Main, 2011

- [EuC04] OFFICE FOR OFFICIAL PUBLICATIONS OF THE EUROPEAN COMMUNITIES: *EMAS Energy Efficiency Toolkit for Small and Medium sized Enterprises*, European Communities, Luxemburg 2004
- [Fra11] MODBEN – ENDBERICHT: *Modellbasierte Methoden für die Fehlererkennung und Optimierung im Gebäudebetrieb*, Fraunhofer ISE, Freiburg Juli 2011
- [FS11] U. FRANZKE und H. SCHILLER: *Untersuchungen zum energieeinsparpotenzial der Raumlufttechnik in Deutschland*, ILK Dresden, Fachbericht ILK-B-31-11-3667, Dresden, 2011
- [GEFMA08] GEFMA 124-1: *Energiemanagement, Grundlagen und Leistungsbild*, August 2008
- [IO09] ILLOUZ, S. und ORLANDO, C.: *Retour d'expérience de batiments de bureaux certifiés HQE: Dynamiser l'efficacite energetique des gestionnaires de patrimoine du secteur prive*, ICADE/ADEME/CSTB (Hrsg.), Paris, 2009.
- [Li11] LINß, G.: *Qualitätsmanagement für Ingenieure*, Hanser, 2011
- [Man97] MANSSON, LARS-GÖRAN et al: *IEA Annex 17: Building Energy Management Systems – Evaluation and Emulation Techniques*, 1997
- [PF12] PLESSER, S., S. GRÄFF, M. ROZYNSKI und M. N. FISCH: *www.EnBop.info - Netzwerk für Betriebsoptimierung*, Leinfelden-Echterdingen, 2012
- [PUR10] PROF. U. ROTERMUND INGENIEURGESELLSCHAFT MBH & CO KG (HRSG): *fm.benchmarking Bericht 2010/2011*, Höxter, 2010.
- [PUR12a] PROF. U. ROTERMUND INGENIEURGESELLSCHAFT MBH & CO KG (Hrsg): *fm.benchmarking Bericht 2011/2012*, Höxter, 2012.
- [PUR12b] PROF. U. ROTERMUND INGENIEURGESELLSCHAFT MBH & CO KG (Hrsg): *fm.benchmarking Bericht 2012/2013*, Höxter, 2012.
- [RN11] ROTERMUND, U. und NENDZA, S.: *Berechnung der Lebenszykluskosten in der Gebäudezertifizierung - Modelle und Verfahren zur Lebenszykluskostenberechnung von Gebäuden*, Facility Management, 3/2011
- [Sch11] SCHMIDT, M.: *Expertensystem zur Identifikation und Definition niedriginvestiver Maßnahmen zur Senkung des Energieumsatzes und des Schadstoffausstoßes im Gebäudebestand – EXECO2*, Universität Stuttgart, 2011
- [TF08] TURNER, C. und FRANKEL, M.: *Energy Performance of LEED for New Construction Buildings*, New Buildings Institute (Hrsg.), Vancouver, 2008.



- [TF08] TURNER, C. und FRANKEL, M.: *Energy Performance of LEED for New Construction Buildings*, New Buildings Institute, Washington DC, 2008
- [Tri09] TRINIUS, W.: *Lebenszykluskosten*. In: DGNB (e.V.) (Hrsg.): *DGNB Handbuch – Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude*, Version 2009, Teil 2
- [VEG09] Verordnung (EG) Nr. 1221/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. November 2009 über die freiwillige Teilnahme von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für Umweltmanagement und Umweltbetriebsprüfung und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 761/2001, sowie der Beschlüsse der Kommission 2001/681/EG und 2006/193/EG