



Forschungsbericht

EnBop - Energieoptimiertes Bauen:

Energetische Betriebsoptimierung von Nichtwohngebäuden –
Wissenschaftliche Begleitforschung EnBop im Förderkonzept EnOB



Antragsteller: Technische Universität Braunschweig
Ausführende Stelle: Institut für Gebäude- und Solartechnik (IGS),
Univ.- Prof. Dr.- Ing. M. Norbert Fisch
Fakultät Architektur, Bauen, Umwelt
Mühlenpfordtstraße 23, 38106 Braunschweig

Projektleitung: Dr. -Ing. Stefan Plesser

Datum: 31.12.2015

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

(FKZ:0327474A)

Die Autoren danken für die Unterstützung. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.



I. ZUSAMMENFASSUNG

Die Energieeffizienz hat als Anforderung an Gebäude in den letzten 40 Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. Neben der Planungs- und Bauphase rückt dabei die Betriebsphase als Entscheidungs- und Handlungsraum stärker in den Blickpunkt. Mit dem Forschungsfeld *EnBop - Energetische Betriebsoptimierung* unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie die Forschung und Entwicklung in diesem Bereich. Im Laufe dieses Projekts wurden von 2010 bis 2015 rund 63 EnBop-Projekte bearbeitet.

Aufgabe der EnBop-Begleitforschung war es, die Projekte durch drei übergreifende Schwerpunkte zu begleiten:

1. *Werkzeuge und Methoden* sind das Handwerkszeug, mit dem der Betrieb von Gebäuden optimiert werden kann. Dieser Bericht zeigt eine Übersicht über Forschungsprojekte der letzten Jahre und ordnet die laufenden Projekte ein.
2. *Maßnahmen* sind die entscheidenden Schritte zur Betriebsoptimierung. 870 Maßnahmen aus zahlreichen Projekten wurden im Zuge des Projektes hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit und ihrer Energieeffizienz näher untersucht. Die Planung, Umsetzung sowie die Effekte der einzelnen Optimierungsmaßnahmen wurden dokumentiert.
3. *Kommunikation* innerhalb der wissenschaftlichen Landschaft und darüber hinaus war die dritte Aufgabe der Begleitforschung, um die Potentiale der Betriebsoptimierung aufzuzeigen und besser greifbar zu machen.

Die Analyse und der Vergleich unterschiedlicher Optimierungsmaßnahmen aus einem vielfältigen Gebäude-Datenpool unterschiedlicher Forschungsprojekte hat gezeigt, dass Fehler in Planung und Errichtung sowie eine fehlerhafte Betriebsführung und auch das Nutzerverhalten dazu führen, dass die technologisch und konzeptionell mögliche Energieeffizienz von Gebäuden im Betrieb oft nicht erreicht wird.

Über die Wirtschaftlichkeit der umgesetzten Optimierungsmaßnahmen konnte zusammenfassend festgestellt werden, dass die Maßnahmen der energetischen Betriebsoptimierung, die zumeist eine Optimierung in Gewerken der technischen Gebäudeausrüstung darstellten, im Vergleich zu baulichen Maßnahmen einer energetischen Optimierung überwiegend geringinvestiv waren und sich im Mittel (Median) nach weniger als einem Jahr amortisierten und damit wirtschaftlich attraktiver sind als Sanierungsmaßnahmen.

Für die zukünftige Forschungsarbeit muss die Betriebsoptimierung deshalb einen Schwerpunkt mit zunehmender Bedeutung bilden. Geboten ist hier ein Verständnis der Betriebsoptimierung als Teil eines umfassenden Qualitätsmanagements für energieoptimierte Gebäude.



II. INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|--|-----------|
| I. Zusammenfassung | 2 |
| II. Inhaltsverzeichnis | 3 |
| III. Abbildungsverzeichnis | 5 |
| IV. Tabellenverzeichnis | 7 |
| V. Nomenklatur | 8 |
| 1 Begleitforschung EnBop | 9 |
| 1.1 Zielsetzung des Forschungsprojekts | 9 |
| 1.2 Zeitplan und Ablauf des Forschungsprojekts | 9 |
| 1.3 Bearbeitung und Zusammenarbeit mit anderen Stellen | 11 |
| 1.4 Förderung | 11 |
| 2 Forschung und Entwicklung zur Energetischen Betriebsoptimierung | 12 |
| 2.1 Rückblick | 13 |
| 2.1.1 IEA ECBCS Annex 16 & 17 "Building Energy Management Systems" | 13 |
| 2.1.2 IEA ECBCS Annex 25 "Real Time Simulation of HVAC Systems for Buildings – Optimization, Fault Detection and Diagnostics" | 13 |
| 2.1.3 IEA Annex 34, 40 und 47 | 14 |
| 2.1.4 Forschung in Deutschland | 15 |
| 2.2 Funktionsprüfungen | 15 |
| 2.2.1 Energetische Inspektionen | 16 |
| 2.2.2 Abnahmeprüfung nach DIN EN 12599 "Lüftung von Gebäuden - Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebaute raumluftechnischer Anlagen" | 16 |
| 2.2.3 DIN EN ISO 7730 | 17 |
| 2.3 Prozesskonzepte | 17 |
| 2.3.1 VOB Teil C | 18 |
| 2.3.2 DIN EN ISO 16484: Systeme der Gebäudeautomation | 18 |
| 2.3.3 VDI 6039 „Inbetriebnahmemanagement für Gebäude“ | 20 |
| 2.3.4 VDI E 6041 „Technisches Monitoring von Gebäuden und gebäudetechnischen Anlagen“ | 20 |
| 2.3.5 Gebäudemanagement nach DIN 32736 | 21 |
| 2.3.6 Energiemanagement nach GEFMA 124 | 21 |
| 2.3.7 VDI 4602 Blatt 1 "Energiemanagement" | 22 |
| 2.3.8 EN ISO 50001 "Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung" | 22 |
| 2.4 Terminologie und Klassifikation zur Betriebsoptimierung | 23 |
| 2.4.1 Terminologie | 23 |
| 2.4.2 Modellierung | 24 |
| 2.5 Fazit und Forschungsfragen | 27 |
| 3 EnBop-Methoden | 28 |
| 3.1 EnBop-Definition der methodischen Topologie | 29 |
| 3.1.1 Modellierungsmethoden (Sollwert) | 29 |

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555

Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





| | | |
|----------|--|-----------|
| 3.1.2 | Messmethoden (Istwert) | 30 |
| 3.1.3 | Bewertungs-/Entscheidungsmethoden | 31 |
| 3.1.4 | Wirkungsmethoden | 32 |
| 3.1.5 | Projektphasen | 32 |
| 3.1.6 | Akteure | 34 |
| 3.1.7 | Technische Infrastruktur | 35 |
| 3.2 | EnBop-Projekte | 35 |
| 3.3 | Topologie der EnBop-Projekte | 37 |
| 3.4 | Fazit | 41 |
| 4 | EnBop-Maßnahmen | 42 |
| 4.1 | EnBop-Maßnahmen in EnOB-Projekten | 42 |
| 4.1.1 | Ergebnisse der Sichtung von Demonstrationsprojekten | 42 |
| 4.1.2 | Dokumentation von Optimierungsmaßnahmen in Demonstrationsprojekten | 44 |
| 4.2 | EnBop-Methodik der Datenerfassung | 47 |
| 4.2.1 | Angaben zum Gebäude | 47 |
| 4.2.2 | Angaben zur Maßnahme | 49 |
| 4.2.3 | Angaben zu Prognose und Umsetzung | 50 |
| 4.3 | Auswertung | 51 |
| 4.3.1 | Übersicht über die Angaben zu den EnBop-Maßnahmen | 51 |
| 4.3.2 | Einzelergebnisse zu den EnBop-Maßnahmen | 53 |
| 4.3.3 | Detailanalyse Energieeinsparpotenzial | 57 |
| 4.3.4 | Detailanalyse Kosten | 58 |
| 4.3.5 | Detailanalyse Wirtschaftlichkeit | 60 |
| 4.3.6 | Detailanalyse Prognosequalität | 62 |
| 4.3.7 | Detailanalyse Umsetzungsdauer | 62 |
| 4.3.8 | Detailanalyse Dauerhaftigkeit | 67 |
| 4.4 | Fazit | 67 |
| 5 | EnBop-Kommunikation | 68 |
| 5.1 | EnBop-Foren | 68 |
| 5.2 | ICBP – International Conference on Building Performance | 71 |
| 5.3 | Websites und Tools | 71 |
| 6 | Ausblick | 74 |
| 7 | Anhang | 75 |
| 7.1 | Projekte in EnBop | 75 |
| 7.2 | Einzel-Steckbriefe zu Projekten (Abschnitt 3) | 81 |
| 7.3 | Daten zu Maßnahmen (Abschnitt 4) | 98 |
| 7.4 | Liste der Veröffentlichungen | 125 |
| 7.4.1 | Publikationen | 125 |
| 7.4.2 | Bachelorarbeiten / Studienarbeiten | 126 |
| 7.5 | Referenzen / Literatur | 126 |

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik
Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





TU Braunschweig
Institut für Gebäude-
und Solartechnik
Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



III. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

| | | |
|--------------|--|----|
| Abbildung 1 | Prozessschritte für die Durchführung eines GA-Projekts nach DIN EN ISO 16484 | 19 |
| Abbildung 2 | Schema verschiedener Überwachungsprozesse von Isermann | 24 |
| Abbildung 3 | Verschiedene Arten mathematischer Prozessmodelle | 25 |
| Abbildung 4 | Klassifikationsschema für FDD Methoden nach Katipamula und Brambley | 25 |
| Abbildung 5 | Übersicht über Methoden der Fehlererkennung nach Isermann | 27 |
| Abbildung 6 | Aufbau eines Qualitätsregelkreises im Lebenszyklus von Gebäuden | 28 |
| Abbildung 7 | Attribute der EnBop-Topologie | 29 |
| Abbildung 8 | Modellierungsmethoden (Sollwert) der EnBop-Projekte | 38 |
| Abbildung 9 | Messmethoden (Istwert) der EnBop-Projekte | 38 |
| Abbildung 10 | Bewertungsmethoden (Prüfung) der EnBop-Projekte | 38 |
| Abbildung 11 | Wirkungsmethoden der EnBop-Projekte | 38 |
| Abbildung 12 | Projektphasen, in denen die EnBop-Methoden eingesetzt werden sollen (n=32) | 39 |
| Abbildung 13 | Akteure, die die EnBop-Methoden einsetzen sollen | 39 |
| Abbildung 14 | Technische Infrastruktur, die für die EnBop-Methoden genutzt werden soll ... | 40 |
| Abbildung 15 | Gewerke, in denen Optimierungsmaßnahmen identifiziert wurden (n=139) ... | 43 |
| Abbildung 16 | Art der Optimierungsmaßnahmen (n=123) | 43 |
| Abbildung 17 | Bewertungsmethoden (n=30) | 44 |
| Abbildung 18 | Dokumentationsbeispiel Projekt „Neue Burse“ | 45 |
| Abbildung 19 | Dokumentationsbeispiel Projekt Lebenshilfe Lindenberg | 45 |
| Abbildung 20 | KaP – Kälteanlagen in der Praxis (BROCHIER Consulting + Innovation GmbH) .. | 46 |
| Abbildung 21 | KaP – Kälteanlagen in der Praxis (SIZ EGS) | 46 |
| Abbildung 22 | Konzept der Bewertungsmethodik | 47 |
| Abbildung 23 | Gebäude | 53 |
| Abbildung 24 | Art der Maßnahme | 54 |
| Abbildung 25 | Betroffene Technische Anlagen (Neubau, Umbau, Modernisierung) | 54 |
| Abbildung 26 | Betroffene Technische Anlagen (Instandhaltung) | 55 |
| Abbildung 27 | Methode der Bewertung der Prognose | 55 |
| Abbildung 28 | EnBop-Maßnahmen als Teil von Neubau, Umbau und Modernisierung | 56 |
| Abbildung 29 | EnBop-Maßnahmen in der Instandhaltung | 56 |
| Abbildung 30 | Einsparung Wärme nach der Umsetzung (U5), geordnet | 57 |
| Abbildung 31 | Einsparung Wärme nach der Umsetzung (U6), geordnet | 58 |
| Abbildung 32 | Kosteneinsparung von Maßnahmen über deren Gesamtkosten in der Prognose | 59 |
| Abbildung 33 | Kosteneinsparung von Maßnahmen über deren Gesamtkosten in der Umsetzung | 59 |
| Abbildung 34 | Stat. Amortisation – Prognose | 60 |
| Abbildung 35 | Stat. Amortisation – Umsetzung | 61 |
| Abbildung 36 | Amortisationszeiten von Sanierungsmaßnahmen und Betriebsoptimierungen .. | 62 |
| Abbildung 37 | Festlegung der wichtigsten zeitlichen Meilensteine von Optimierungsmaßnahmen | 63 |
| Abbildung 38 | Dauer Identifikation bis Genehmigung | 64 |
| Abbildung 39 | Dauer Genehmigung bis Umsetzung | 65 |
| Abbildung 40 | Dauer Identifikation bis Umsetzung | 66 |
| Abbildung 41 | Gesamte Umsetzungsdauer für Maßnahmen bei Anlagen | 66 |
| Abbildung 42 | Intensive Diskussionen zwischen Forschern und Praktikern | 68 |
| Abbildung 43 | Internationaler wissenschaftlicher Austausch auf der ICEBO 2008 in Berlin | 71 |
| Abbildung 44 | Website www.enob.info | 72 |
| Abbildung 45 | Präsentation der Gebäude auf http://www.enob.info/de/ | |



| | | |
|--------------|--|----|
| | betrieboptimierung/..... | 72 |
| Abbildung 46 | Software und Tools auf http://www.enob.info/de/software-und-tools/ | 73 |
| Abbildung 47 | Screenshot und Struktur EnBop.info - Webservice | 73 |

TU Braunschweig
Institut für Gebäude-
und Solartechnik
Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





IV. TABELLENVERZEICHNIS

| | | |
|------------|--|-----|
| Tabelle 1 | Projektverlaufsplan | 9 |
| Tabelle 2 | Projekte der EnBop-Topologie..... | 36 |
| Tabelle 3 | Attribute und Merkmale zum Gebäude..... | 48 |
| Tabelle 4 | Attribute und Merkmale zur Maßnahme..... | 49 |
| Tabelle 5 | Übersicht über die Angaben zu allen erfassten Maßnahmen..... | 52 |
| Tabelle 6 | Mittelwerte und Mediane für Kosten und Einsparungen in Umsetzung und Prognose | 60 |
| Tabelle 7 | Mittelwerte und Median für Kosten und Amortisation in Umsetzung und Prognose | 61 |
| Tabelle 8 | Übersicht über die EnBop-Foren..... | 69 |
| Tabelle 9 | Übersicht über die EnBop-Projekte 2010 - 2015 | 75 |
| Tabelle 10 | Projekt, aus denen Daten zu Maßnahmen übernommen würden | 124 |

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





V. NOMENKLATUR

| | |
|--------|--|
| Cx | Commissioning (Inbetriebnahme) |
| DDC | Direct Digital Control (Speicherprogrammierbare Steuerung) |
| EnEV | Energie-Einsparverordnung |
| FM | Facility Management |
| FPT | Functional Performance Test (Funktionaler Leistungstest) |
| GA | Gebäudeautomation |
| GLT | Gebäudeleittechnik |
| HOAI | Honorarordnung für Architekten und Ingenieure |
| MSR | Mess-, Steuer-, Regelungstechnik |
| TGA | Technische Gebäudeausrüstung |
| VOB | Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen |
| WschVo | Wärmeschutz-Verordnung |

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





1 BEGLEITFORSCHUNG ENBOP

Nachdem sich die Forschung seit mehr als 30 Jahren mit Möglichkeiten der Analyse und der Optimierung des Gebäudebetriebs befasst, sollte das Projekt EnBop, aufbauend auf den bestehenden Erfahrungen, den bisher nur bedingt erfolgten Sprung in die Praxis für entsprechende Dienstleistungen ermöglichen. Während bisher das Monitoring und die Betriebsoptimierung von Gebäuden weitgehend einer kleinen Gruppe von Experten und Forschern vorbehalten war, soll es durch die Begleitforschung auch für eine größere Zahl von Eigentümern und Fachplanern möglich sein, Möglichkeiten zur Optimierung des Gebäudebetriebs kennenzulernen.

1.1 Zielsetzung des Forschungsprojekts

Aufgabe der EnBop-Begleitforschung war es, die Potentiale der Betriebsphase von Gebäuden hinsichtlich Energieeffizienz näher zu untersuchen. Dazu wurde eine Struktur entwickelt, um Gebäude und deren Optimierungspotenziale sowie Optimierungsmaßnahmen aus historischen und laufenden Projekten zu erfassen.

Die Konzeption und Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen und deren Auswirkungen im Gebäudebetrieb werden im Rahmen der Forschungsprojekte und in der Baupraxis dokumentiert.

Anhand einer einheitlichen Datenstruktur, die eine einfache Dokumentation der wesentlichen Parameter zusammenfasst sowie die üblichen Berichtsformen eines Prosatextes durch eine übersichtliche und kompakte Maßnahmendokumentation ergänzen kann, wurden Analysen hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit von Optimierungsmaßnahmen sowie deren Auswirkungen auf den Gebäudebetrieb und die Nutzerzufriedenheit durchgeführt. Die einheitliche Struktur dieser Dokumentation soll eine unkomplizierte Kommunikation sowie einen einfachen Quervergleich zwischen den Projekten ermöglichen.

1.2 Zeitplan und Ablauf des Forschungsprojekts

Das Projekt lief vom 01.12.2009 bis zum 31.12.2015, Tabelle 1.

Tabelle 1 Projektverlaufsplan

| | |
|------------|---|
| 01.12.2009 | Beginn des Projekts |
| 2010 | <p>Recherche zur Dokumentation von Optimierungsmaßnahmen aus Forschungsprojekten und deren Berichtsstruktur</p> <p>2. icbp 2010 Berlin: Vorstellung des Projekts EnBop</p> <p>Auswertung der Optimierungsmaßnahmen anderer Forschungsprojekte (Demonstrationsgebäude)</p> <p>Messe Bau München im Dezember 2010: Vorstellung der Auswertung von Forschungsberichten</p> <p>Veröffentlichung: bine Themeninfo Energetische Betriebsoptimierung</p> |
| 2011 | <p>Erstellung einer ersten umfangreichen Dokumentationsstruktur für Maßnahmen</p> <p>1. EnBop-Forum: Braunschweig, 11.05.2011: Energiemanagement</p> <p>Vorbereitung des EnBop-Webservice auf Grundlage der Dokumentationsstruktur</p> <p>1. Zwischenbericht am 06.06.2011</p> |

TU Braunschweig
 Institut für Gebäude-
 und Solartechnik
 Mühlenpfordtstr. 23
 D - 38106 Braunschweig
 Tel: 0531 / 391-3555
 Fax: 0531 / 391-8125
 e-mail: igs@tu-bs.de
 www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
 Zimmerstr. 24b
 D - 38106 Braunschweig
 Tel: 0531/391-3635
 Fax: 0531/391-3636





2. EnBop-Forum: Stuttgart, 10.11.2011: Gebäudeautomation
Vorstellung des Projekts EnBop beim 12. Energy Talk & der 2. Green Building Preisverleihung – Frankfurt-Rhein-Main 2011
Vorstellung des Projekts EnBop an der Universität As/Norwegen am 17.11.2011
- 2012 Abstimmung zur Implementierung des EnBop-Webservice in andere Projekte, u.a. die EU-Projekte Re-Co und GEOTABS
2. Zwischenbericht am 02.04.2012
3. EnBop-Forum: Hamburg, 28.03.2012: Qualitätssicherung für nachhaltige Gebäude
Light & Building / IEECB 18.-19.04.2012 Frankfurt a.M.: Vorstellung des Projekts EnBop
Weiterentwicklung der Online-Erfassung von Gebäuden und deren Optimierungsmaßnahmen unter www.enbop.info
ATGA Kongress 20.06.2012 Wien: Vorstellung des Projekts EnBop
Fachseminar des vhw 05.07.2012 Hannover: Vorstellung des Projekts EnBop
Fachseminar des vhw 26.09.2012 Mannheim: Vorstellung des Projekts EnBop
4. EnBop-Forum: Aachen, 15.10.2012: Der energieoptimierte Campus
Erfassen und Dokumentation von Optimierungsmaßnahmen aus laufenden EnBop- und EU-Projekten auf der Website www.enbop.info
3. icbp 2012 Berlin: Gebäude und Städte als Schlüssel der Energiewende: Wie erfolgreich sind Strategien, Werkzeuge und Akteure? - 29.-30.10.2012: Vorstellung des Projekts EnBop
Veröffentlichung Recherche zu Optimierungspotenzialen
Veröffentlichung Thema Monitoring mit dem Bundesanzeiger-Verlag
- 2013 3. Zwischenbericht am 13.06.2013
Übertragung der wesentlichen Parameter der Datenstruktur in das Ticketsystem zur übersichtlichen Kurzdokumentation von Optimierungsmaßnahmen
1. Querschnittsanalysen und Auswertung der Optimierungsmaßnahmen
Feldtest und Dokumentation der Maßnahmen über ein Ticketsystem in Kooperation mit den Projekten IQS und EQM
5. EnBop-Forum Clausthal im Rahmen des Forums Energie am 23.-25.06.2014 mit der Universität Clausthal und der HIS HE
- 2014 6. EnBop-Forum am 2./3.09.2015 in Gelsenkirchen im Rahmen des GAforum NRW
- 31.12.2015 Abschluss des Projekts und Fertigstellung des Berichts

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





1.3 Bearbeitung und Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Institut für Gebäude- und Solartechnik (IGS)

Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch
Technische Universität Braunschweig
Fakultät Architektur, Bauen, Umwelt
Mühlenpfordtstraße 23
38106 Braunschweig

Projektleitung:

Dr.-Ing. Architekt Stefan Plesser

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter:

Dipl.-Ing. Susann Gräff
Anna Büchner, B. Sc.
Christoph Rehbein, B. Sc.
Maren Knaack, B. Sc.
Elsa Bücher, B. Sc.

energydesign braunschweig GmbH

Die energydesign braunschweig GmbH betrieb die Datenportale für die Erfassung von Gebäudedaten und administrierte inhaltliche Anpassungen sowie Export-Schnittstellen zu anderen Datenbanken.

Architekturbüro Dr. Rozynski

Das Büro Dr. Rozynski unterstützte die Begleitforschung bei der praxisnahen Datenerfassung aus abgerechneten Projekten für die Kosten von Maßnahmen der Energetischen Betriebsoptimierung sowie bei der wissenschaftlichen Recherche.

1.4 Förderung

Das Projekt wurde gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie unter dem Förderkennzeichen 0327474A auf Grund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





2 FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG ZUR ENERGETISCHEN BETRIEBSOPTIMIERUNG

Nach den Ölkrisen der 70er Jahre wuchs der Bedarf nach einer Reduzierung des Energieverbrauchs. Heute sind Gebäude für rund 40% des gesamten CO₂-Ausstoßes in der Europäischen Union und damit maßgeblich für den Klimawandel verantwortlich¹. In Deutschland wurde frühzeitig die Notwendigkeit energieeffizienter Gebäude erkannt. Seit 1977 wurde deshalb eine Reihe von verbindlichen Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden definiert. Während die ersten Wärmeschutzverordnungen² lediglich Vorgaben für einzelne Bauteile machten, forderte die WSchVo 95³ bereits eine Bilanzierung hinsichtlich des Primärenergiebedarfs von Gebäuden. Im Zuge der Umsetzung der European Performance of Buildings Directive⁴ wurde in Deutschland die Energieeinsparverordnung 2007⁵ eingeführt, die eine ganzheitliche Bewertung des Energiebedarfs von Gebäuden auf Basis eines umfassend definierten Berechnungsmodells nach DIN V 18599⁶ fordert. Parallel zu den gestiegenen Anforderungen an die Energieeffizienz sind auch die Anforderungen an das Raumklima in Gebäuden gestiegen, also der Wunsch nach für den Menschen gesunden und leistungsfördernden Innenräumen.

Es ist politisches Ziel in Europa, den gesamten Primärenergieverbrauch bis zum Jahr 2020 um 20% abzusenken⁷. Dazu sollen die Mitgliedstaaten der EU nationale Pläne entwickeln, um die Zahl von „nearly zero-energy buildings“⁸ zu erhöhen, also von Gebäuden, die nahezu keine Energie mehr verbrauchen bzw. unter Einbeziehung am Gebäude erzeugter regenerativer Energie eine annähernd ausgeglichene jährliche Energiebilanz aufweisen.

Nachdem Energieeffizienz und Nutzerkomfort zunächst als weitgehend unabhängige bzw. sogar gegensätzliche Zielsetzungen gesehen wurden, zeigte sich in den 90er Jahren, dass beide durch integrale Planungsprozesse miteinander verknüpft und gemeinsam optimiert werden können. Der Begriff der *Integralen Planung* bezeichnet ein ganzheitliches Planungsverständnis, das „einzelne Planungsaufgaben zu einem optimierten Ganzen“⁹ zusammenführt.

Um den gestiegenen Anforderungen gerecht zu werden, haben sich insbesondere die frühen Phasen der Konzeptionierung von Gebäuden verändert. Integral geplante Gebäude zeichnen sich oft durch eine Reduzierung der technischen Anlagen bzw. deren Dimensionierung aus. So kann durch hochwertige Fassaden die Auslegungsleistung von Heiz- und Kühlsystemen in Räumen reduziert werden. Ein weiteres Kennzeichen ist die Verknüpfung von Funktionen unterschiedlicher Anlagen. So kann eine elektrisch betriebene Kälteanlage durch das Kühlen von Räumen mittels natürlicher Nachtlüftung über motorisch geöffnete Fenster entlastet werden. Oberflächennahe geothermische Wärme- und Kältespeicher verknüpfen Heiz- und Kühlfunktionen im saisonalen Betrieb. Auch die Energieeffizienz zahlreicher einzelner Produkte wie Pumpen, Ventilatoren, Kessel und Beleuchtungssysteme wurde deutlich verbessert.

Die Betriebsführung der auf diese Weise integrierten und damit in komplexer Weise zusammenwirkenden technischen Anlagen in Gebäuden kann durch händische Steuerung nicht mehr optimal erfolgen. Für diese Aufgaben werden Gebäudeautomations- und Gebäudemanagementsysteme eingesetzt. Sie sind auch Ausdruck der gestiegenen Bedeutung der Betriebsführung für den Erfolg integraler Gebäudekonzepte. Nur wenn die Konzepte richtig umgesetzt, betrieben und adäquat genutzt werden, erreichen gute Konzepte auch eine gute Performance.

Die Bedeutung der Betriebsführung und insbesondere der Inbetriebnahme wurde in der Forschung bereits in den 70er Jahren erkannt, so das heute auf umfangreiche wissenschaftliche Arbeiten zu diesem Thema zurückgegriffen werden kann.

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





2.1 Rückblick

Die Annexe der International Energy Agency geben einen guten Überblick über die wissenschaftlichen Schwerpunkte bei der Beschäftigung mit der energetischen Betriebsoptimierung seit den 1980er Jahren. Im Mittelpunkt stand dabei zunächst die Automation der Gebäudetechnik gefolgt von der Fehleranalyse und Optimierung der Anlagen und schließlich dem Commissioning, also dem richtigen Inbetriebnehmen von Gebäuden und Anlagen.

2.1.1 IEA ECBCS Annex 16 & 17 "Building Energy Management Systems"¹⁰

Die beiden Arbeitsgruppen der IEA Annexe 16 und 17 untersuchten von 1987 bis 1992 vorhandene Energiemanagementsysteme für Gebäude (Annex 16)¹¹ und entwickelten neue Regelalgorithmen für die Gebäudeautomation auf Basis von Simulationen und Emulationen¹ (Annex 17)¹². Ein „Building Energy Management System“ (BEMS) wurde allgemein als ein System mit den Funktionen der Kommunikation zwischen Feldebene bzw. Automationsstationen („control nodes“) und einem Leitrechner („operation terminal“) definiert, das Anlagen steuern kann, aber auch über Funktionen zur Sicherheit, Wartung oder für ein Energiemanagement verfügt¹³.

Die Arbeiten zeigten erhebliche Potenziale zur Energieeinsparung zwischen 10 und 30 %¹⁴ durch rund ein Duzend Betriebsstrategien auf, die jedoch teilweise mit Komforteinbußen einhergingen. Amortisationszeiten wurden überwiegend mit weniger als 3 Jahren angegeben¹⁵.

2.1.2 IEA ECBCS Annex 25 "Real Time Simulation of HVAC Systems for Buildings – Optimization, Fault Detection and Diagnostics"¹⁶

In den Jahren 1991 bis 1995 ergänzte Annex 25 das Konzept der optimierten Automation um den Aspekt der Fehleridentifikation mit dem Begriff „Building optimization and fault diagnosis“ (BOFD)¹⁷. Aufbauend auf den vorhandenen Regelstrategien wird hier die Erkenntnis, dass die Automation in der Praxis oft nicht optimal funktioniert, in den Prozess integriert. Ziel von Annex 25 war die Übertragung von Methoden der Fehleridentifikation aus industriellen Anwendungen auf Gebäude und deren Evaluation. Als Fehler¹¹ wurde eine Abweichung des Betriebs von der geplanten Betriebsweise definiert¹⁸, die automatisch auf Basis von Echtzeitdaten erkannt werden sollte. Die Abweichung kann eine graduelle Abweichung vom Zielwert sein und impliziert kein vollständiges Versagen der Anlage.

Wichtig war in Annex 25¹⁹ in diesem Zusammenhang insbesondere das Teilziel, Fehler nicht nur zu erkennen, sondern diese auch so zu bewerten (Diagnose), so dass ein optimaler Eingriff durch das Gebäudemanagement unterstützt wird. Dies erweiterte die reine Datenanalyse zu einem Dienstleistungsprozess. Um die Diagnose zu unterstützen, wurden verschiedene Modelle und Methoden beschrieben (White Box, Black Box, State Estimation), die einen Soll-Ist-Vergleich zwischen beabsichtigtem und tatsächlichem Betrieb ermöglichen. Die Bewertung der Abweichung sollte für geeignete Parameter – einzelne Betriebsparameter oder Ergebnisse der Modellierung – und unter verschiedenen Aspekten, wie Wirtschaftlichkeit, Sicherheit etc. erfolgen. Mit Hilfe von Expertensystemen, Assoziativen Netzwerken und Fuzzy-Logic-Konzepten können Fehlerursachen näher bestimmt und der Prozess der Evaluation unterstützt werden.

¹ Als Emulation wird die Verknüpfung einer Gebäude- oder Anlagensimulation mit einer „echten“ Automationseinheit bezeichnet.

¹¹ Hier bezeichnet als „fault“ und „defect“



Als kritisch für den BOFD-Prozess wurden die Modellierungs-, Trainings- und Lernphasen prozesshistorischer Modelle (Black-Box) beschrieben, in denen der Soll-Zustand des Gebäudebetriebs bis zu einer ausreichenden Genauigkeit modelliert wird, sowie der Aufwand für die Beschaffung und Aufbereitung des notwendigen Wissens über das Gebäude bzw. System.

Bemerkenswert ist, dass die Planung eines Gebäudes, also die Phase, in der alle Funktionen definiert werden, weder technisch noch organisatorisch in die Prozesse einbezogen wurde. Diese Problematik wird erst in den folgenden Annexen 34, 40 und 47 unter dem Begriff „Commissioning“ näher betrachtet.

2.1.3 IEA Annex 34, 40 und 47

Der Abschlussbericht des IEA Annex 40 „Commissioning tools for improved energy performance“ (2001-2004) definiert Commissioning wie folgt^{III}:

“Commissioning: Clarifying building system performance requirements set by the owner, auditing different judgments and actions by the commissioning related parties in order to realize the performance, writing necessary and sufficient documentation, and verifying that the system enables proper operation and maintenance through functional performance testing. Commissioning should be applied through the whole life of the building”²⁰.

In den Projekten wurde die Entwicklung von Werkzeugen zur Betriebsoptimierung und -überwachung weiter vorangetrieben und ein direkterer Praxisbezug für die konkrete Anwendung hergestellt. Als wichtige Hemmnisse für die erfolgreiche Identifikation von Betriebsfehlern wurden in Annex 34²¹ unter anderem die Komplexität und Individualität von Anlagen genannt, die Betriebsprognosen sehr aufwendig machen, und das detaillierte Planungsdaten und -ziele selten vorhanden bzw. präzise beschrieben sind²². Datenbeschaffung und Adressierung von Datenpunkten wurden als Kostentreiber des Commissioning genannt, obwohl sie – zumindest in Deutschland – reguläre Planungsleistungen sind.

In Annex 34 wurde nicht mehr nur das technische Werkzeug – die Simulation, das Modell, die Datenschnittstelle etc. – betrachtet. Vielmehr wurde der Fokus auch auf den Prozess des Commissionings gerichtet, in dem Akteure und ihre Motivationen und Kompetenzen einbezogen werden. Unterschieden wurde in Initial, Re-, Retro und Ongoing Commissioning, um die Prozessmodelle auf alle Phasen im Lebenszyklus von Gebäuden anwenden zu können.

Besonders hervorgehoben wurde die Notwendigkeit, den Commissioning-Prozess bereits in der Vorplanungsphase einsetzen zu lassen, um die Lücke („Gap“) zwischen Planung und Betrieb zu überbrücken. Als wichtigste Aspekte wurden genannt:

^{III} Deutsch: „Commissioning: Klärung der vom Bauherrn geforderten Performanceziele des Gebäudes, Erfassung und Prüfung unterschiedlicher Bewertungen und Leistungen von Fachplanern und Errichtern, um die Performance festzustellen, Erstellen notwendiger und ausreichender Dokumentation und die Prüfung durch Funktionstests, ob das Gebäude einen ordnungsgemäßen Betrieb und Betriebsführung ermöglicht. Commissioning sollte während des gesamten Lebenszyklus erfolgen“.

TU Braunschweig
Institut für Gebäude-
und Solartechnik
Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





- Projektanforderungen des Bauherrn/Eigentümers („Owner’s Project Requirements“)
- Funktionstests („Functional Performance Testing“)
- Funktionsbeschreibungen („Systems Manual“)²³.

Die Definition des Commissioning-Prozesses entspricht damit weitgehend den Ansätzen, wie sie grundsätzlich auch nach HOAI und VOB zu erbringen sind oder im Prozess für LEED-Zertifizierungen gefordert werden. Dieser Erkenntnis folgten die weiteren Arbeitsinhalte des Annex 40 jedoch nur bedingt. Zwar wurden grundsätzliche Konzepte für die Definition von Commissioning-Plänen entwickelt. Der Schwerpunkt der Arbeiten lag dann jedoch, ähnlich wie in Annex 34, auf Werkzeugen zur manuellen oder automatisierten Betriebsanalyse.

2.1.4 Forschung in Deutschland

In Deutschland haben zahlreiche Forschungsprojekte und Studien in den letzten Jahren gezeigt, dass es mit den oben genannten Konzepten und Technologien im Grundsatz tatsächlich möglich ist, energieeffiziente Gebäude sowohl theoretisch zu berechnen als auch zu bauen²⁴. Gleichzeitig wurde aber festgestellt, dass dies auf der einen Seite einen erheblichen Aufwand der Qualitätssicherung, Einregulierung und Betriebsoptimierung erfordert und dass, wenn dies nicht erfolgt, die Gebäude teilweise erheblich hinter den Zielwerten zurückbleiben.

Im Forschungsprojekt EVA zeigten Fisch und Plesser 2007 mehr als 50 einzelne Fehlfunktionen in modernen Bürogebäuden in Deutschland auf²⁵. Franzke und Schiller²⁶ 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 2007²⁷ eigentlich verbindlichen energetischen Inspektion unterzogen worden waren. Die EnBop-Forschungsprojekte OASE²⁸ und ModBen²⁹ zeigten ähnliche Potentiale und Fehler.

Ursachen erhöhten Energieverbrauchs sind hier weniger bauliche Aspekte, sondern die Gebäude- und Anlagentechnik und insbesondere deren Automation. Ohne dieses Potenzial kausal zuzuordnen, entspricht die Größenordnung der in der Praxis identifizierten Einsparpotenziale mit 5-30 % in etwa den prognostizierten Einsparpotentialen der Automationskonzepte, wie sie etwa in DIN EN 15232³⁰ als *Gebäudeautomations-Faktoren* angegeben werden.

In der Konsequenz bedeutet dies, dass im Lebenszyklus von Gebäuden erhebliche Risiken für Investitionen in die Energieeffizienz bestehen. Entsprechend besteht ein großer Bedarf an Funktionsprüfungen und entsprechenden Methoden und Werkzeugen – also für EnBop.

2.2 Funktionsprüfungen

Es gibt heute zahlreiche Methoden und Werkzeuge, die der Untersuchung eines Gebäudes und seiner Anlagen oder des Gebäudebetriebs dienen. Diese Prüfmethode(n) (engl.: FPT - Functional Performance Tests) werden in Normen und Richtlinien sowie zahlreichen Veröffentlichungen beschrieben und in einigen Fällen auch als Abnahmevoraussetzung für Bauleistungen gefordert. Hierzu gehören unter anderem Luftdichtheitstests der Gebäudehülle (Blower-Door-Test) nach DIN EN 13829³¹, Thermografieaufnahmen von Gebäuden oder Messungen der spezifischen Ventilatorleistung von Lüftungsanlagen nach DIN 13779³². Im Folgenden sind einzelne Vorgaben und Methoden erläutert.

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/ 391-3635
Fax: 0531/ 391-3636



2.2.1 Energetische Inspektionen

Für die Betriebsphase verordnet die EnEV 2007 in §11³³, 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 z.B. im Nachweis angenommene Wirkungsgrade in der Errichtung und im Betrieb nicht gemindert werden.

EnEV 2007 §§16-21³⁴ 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.

§12 EnEV fordert im Betrieb sogenannte energetische Inspektionen für Klimaanlage. Alle 10 Jahre müssen „Klimaanlagen mit einer Nennleistung für den Kältebedarf von mehr als zwölf Kilowatt“³⁵ inspiziert werden. Entsprechende Nachweise sind den Behörden auf Verlangen vorzulegen.

Für die Inspektion von Lüftungs- und Klimaanlage liegen die DIN EN 15239³⁶ und 15240³⁷ 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 Durchführung werden in Form von Checklisten gegeben.

Energetische Inspektionen sind ab dem 1. Oktober 2011 für alle betroffenen Klimaanlage durchzuführen. Alle Anlagen, die vor dem 1.12.1995 errichtet wurden, mussten entsprechend zu diesem Zeitpunkt einer Energetischen Inspektion unterzogen worden sein. Eine Feldstudie von Franzke und Schiller³⁸ 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.

2.2.2 Abnahmeprüfung nach DIN EN 12599³⁹ "Lüftung von Gebäuden - Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumluftechnischer Anlagen"

Der Errichter bittet für Abschluss, Nachweis und Anerkennung einer Bauleistung um Abnahme durch den Bauherrn bzw. dessen Fachplaner. Das Abnahmeverfahren ist in VOB Teil C geregelt. Für die einzelnen Gewerke gibt es detaillierte Normen und technische Richtlinien. So ist beispielsweise nach VOB Teil C für Lüftungsanlagen eine Abnahmeprüfung nach DIN EN 12599⁴⁰ "Lüftung von Gebäuden - Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumluftechnischer Anlagen" durchzuführen. Sie definiert „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumluftechnischer Anlagen“⁴¹ in Nicht-Wohngebäuden. Die Verfahren umfassen in der Regel einmalige und zeitlich begrenzte Prüfungen. Ziel ist die Feststellung der Gebrauchstauglichkeit der Anlage durch Vollständigkeitsprüfungen sowie Funktionsprüfungen und –messungen. Letztere werden für Zentralgeräte und für Räume definiert. Festgestellt werden dabei der ordnungsgemäße Einbau und die Wirksamkeit einzelner Bauteile (Prüfungen) sowie die Erbringung der vorgegebenen Bedingungen und der entsprechenden Sollwerte wie Stromaufnahme des Motors, Zu-/Abluft(volumen)strom oder Lufttemperaturen.

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3635
Fax: 0531 / 391-3636





Die anzuwendenden Messmethoden, ihr Umfang und Messunsicherheiten werden beschrieben. Die „Überprüfung von „Regelungs-, Steuerungs- und Schaltsystemen“ wird im Abschnitt „Sonderprüfungen“ beschrieben und umfassen den Wirk Sinn von Stellgliedern, Sollwerten und Führungsregelungen. Hierzu werden teilweise Grenzwerte für die Bewertung der Messergebnisse definiert.

2.2.3 DIN EN ISO 7730⁴²

Neben der Überprüfung von Anlagen sind auch messtechnische Analysen des Innenraumklimas eines Gebäudes möglich. Messungen nach DIN EN ISO 7730⁴³ können insbesondere Fehler in der Belüftung, Heizung und Kühlung von Räumen feststellen, indem Messwerte mit normierten Grenzwerten, Referenzwerten aus anderen Gebäuden oder vertraglich vereinbarten Zielwerten verglichen werden. Kuchen⁴⁴ hat hierzu in seiner Dissertation mit dem „Spot-Monitoring für Bürogebäude“ ein entsprechendes Verfahren vorgestellt.

2.3 Prozesskonzepte

Das Gebäudemanagement oder Facility Management ist verantwortlich für die Betriebsführung von Gebäuden. Strukturen und Aufgaben des Gebäudemanagements werden in mehreren Normen und Richtlinien beschrieben. DIN 32736⁴⁵ beschreibt Leistungsbilder des Gebäudemanagements, DIN 18960⁴⁶ legt entsprechend den Baukosten nach DIN 276⁴⁷ eine Struktur der Betriebskosten mit einzelnen Kostenarten in mehreren Detaillierungsstufen fest. Eine umfassende Beschreibung der Aufgaben des Gebäudemanagements wurde auch in der Richtlinienreihe der GEFMA – Deutscher Verband für Facility Management erarbeitet.

Der Bereich des Facility Managements definiert sich nach GEFMA 100 sehr umfassend wie folgt: "Facility Management (FM) ist eine Managementdisziplin, die durch ergebnisorientierte Handhabung von Facilities und Services im Rahmen geplanter, gesteuerter und beherrschter Facility Prozesse eine Befriedigung der Grundbedürfnisse von Menschen am Arbeitsplatz, Unterstützung der Unternehmens-Kernprozesse und Erhöhung der Kapitalrentabilität bewirkt. Hierzu dient die permanente Analyse und Optimierung der kostenrelevanten Vorgänge rund um bauliche und technische Anlagen, Einrichtungen und im Unternehmen erbrachte (Dienst-)Leistungen, die nicht zum Kerngeschäft gehören."⁴⁸

Aber auch die oben genannte Energieeinsparverordnung 2007, die in den vorherigen Versionen auf die Planung und Errichtung begrenzt war, macht seit 2007 konkrete Vorgaben für den Betrieb.

EnBop entspricht in seinen Inhalten in weiten Teilen dem im angelsächsischen üblichen Begriff des *Commissioning*. Die Bearbeitung ist deshalb eng verknüpft mit dem Annex 47 „Commissioning of Existing and Low Energy Buildings“ der International Energy Agency.

Commissioning⁴⁹ – kurz Cx – ist in den USA ein deutlich eigenständigeres Berufsbild als in Deutschland und wird zurzeit unter anderem durch entsprechende Anforderungen im Rahmen von Zertifizierungssystemen wie dem „LEED - Leadership in Energy and Environmental Design“⁵⁰ weiter verbreitet. Der prozessuale, am Lebenszyklus orientierte Charakter hat dazu geführt, dass neben dem „Initial Cx“ mittlerweile auch von Re-Cx, Retro-Cx und Ongoing Cx gesprochen wird, also der Betriebsoptimierung, einer nochmaligen Inbetriebnahme (ähnlich einer Inspektion oder Instandsetzung) und der dauerhaften Überwachung bzw. einem Monitoring.

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



Friedmann und Piette entwickeln Schritte für den FDD-Prozess in Ihrem „Comparative Guide to Emerging Diagnostic Tools for Large Commercial HVAC Systems“⁵¹. Am Anfang steht jeweils der *Datenimport*, also das Erfassen von Messdaten der technischen Anlagen eines Gebäudes. Dann erfolgt die *Datenverarbeitung*. Dabei findet vor einer Archivierung in der Regel eine Transformation der Daten statt. Anschließend erfolgt die eigentliche *Fehlererkennung* und *Fehlerdiagnose*. Die *Fehlerverarbeitung* umfasst dann nach der Identifikation der Fehler und ggf. ihrer Ursachen die Veranlassung entsprechender Maßnahmen, wie z.B. die Meldung an den Betreiber oder das Absetzen einer Warmmeldung.

In Deutschland existieren bereits zahlreiche Normen, Richtlinien und Verordnungen, die Inhalte der Betriebsoptimierung betreffen.

2.3.1 VOB Teil C

Die VOB Teil C „Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) Gebäudeautomation - DIN 18386“⁵² ergänzt die DIN 18299⁵³ „Allgemeine Regeln für Bauarbeiten jeder Art“ und beschreibt unter Bezug auf die VDI 3814⁵⁴ die Vertragsbedingungen für die Umsetzung von Gebäudeautomationssystemen. Zur Ausführung der Anlagen wird in ATV DIN 18386, 3.1.1 gefordert, dass „die Einrichtungen und Anlagen der Gebäudeautomation ... mit den technischen Anlagen so aufeinander abzustimmen (sind), dass die geforderte Funktion erbracht, die Betriebssicherheit gegeben und ein sparsamer und wirtschaftlicher Betrieb möglich sind.“⁵⁵

Die Liste der Grundlagen, die Auftraggeber und Auftragnehmer vor Beginn der Ausführung bereitzustellen haben, zeigen die enge Verzahnung der Leistungen aus Planung und Ausführung. So hat der Auftragnehmer vor Beginn der Montage unter Anderem Montagepläne, Regelschemen mit Darstellung der wesentlichen Automationsfunktionen und Funktionsbeschreibungen zu erarbeiten und mit dem Auftraggeber abzustimmen. Im Kommentar zur VOB C heißt es dazu, dass es sich dabei um „ergänzende planerische Leistungen handelt, die auf den Planungsvorgaben, Berechnungen und Ausführungsplänen des Auftraggebers aufbauen“⁵⁶ und betont die Notwendigkeit einer über alle Projektphasen hinweg sorgfältigen Planung und Ausführung mit dem Ziel eines ganzheitlichen Konzepts.

Hinsichtlich der Inbetriebnahme und Einregulierung verweist der Kommentar zur VOB⁵⁷ auf die Problematik fehlender Lasten, z.B. bei Inbetriebnahme einer Heizungsanlage im Sommer, und fordert die Einstellung auf Basis von Erfahrungswerten und eine spätere Optimierung. Die Abnahme soll generell erst nach der endgültigen Einregulierung der Anlage vorgenommen werden, weshalb empfohlen wird, die Abnahme in Vollständigkeitsprüfung und Funktionsprüfung zu gliedern und letztere bei Bedarf zu einem späteren Zeitpunkt als Schlussabnahme durchzuführen: Ist zu erwarten, „dass eine betriebsfertige Anlage nicht unmittelbar nach Fertigstellung auf ihre Vertragsmäßigkeit geprüft werden kann (...), so sind besondere Vereinbarungen zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer zu treffen“⁵⁸. Die Gewährleistung und der Gefahrenübergang treten jedoch bereits nach der Vollständigkeitsprüfung in Kraft.

2.3.2 DIN EN ISO 16484: Systeme der Gebäudeautomation

Teil 1 der DIN EN ISO 16484 legt „die wesentlichen Tätigkeiten und Entscheidungen fest, die zur Durchführung eines Projekts in den verschiedenen Phasen“⁵⁹ bei der Errichtung eines Gebäudeautomationssystems erforderlich sind. Dies umfasst die Planung, die technische Bearbeitung, die Installation, Abschluss und Dokumentation sowie Schulung und die Überprüfung und Verbesserung der funktionalen Gebäudequalität, Abbildung 1.

TU Braunschweig
Institut für Gebäude-
und Solartechnik
Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3635
Fax: 0531 / 391-3636



| Projektphase | Leistungen | Ergebnis |
|------------------------|---|--|
| Planung | <ul style="list-style-type: none"> Definition der Projektanforderungen Projektplanung und -organisation Technische Spezifikation | → Auftrag |
| Technische Bearbeitung | <ul style="list-style-type: none"> Projektierung und Koordination Detaillierte Auslegung der Funktion und der Hardware Hardware-Konfiguration Konfiguration der Automationsstrategien Konfiguration der Management- und Bedienfunktionen | <ul style="list-style-type: none"> → Genehmigung Werkpläne → Werkssystemtest |
| Installation | <ul style="list-style-type: none"> Montage Inbetriebnahme durch GA-System-Lieferanten | |
| Abschluss | <ul style="list-style-type: none"> Probetrieb Bedienereinweisung Übergabe Fertigstellung, Restarbeiten | <ul style="list-style-type: none"> → Abnahme → Projektabschluss |

TU Braunschweig
 Institut für Gebäude-
 und Solartechnik
 Mühlenpfordtstr. 23
 D - 38106 Braunschweig
 Tel: 0531 / 391-3555
 Fax: 0531 / 391-8125
 e-mail: igs@tu-bs.de
 www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
 Zimmerstr. 24b
 D - 38106 Braunschweig
 Tel: 0531/391-3635
 Fax: 0531/391-3636



Abbildung 1 Prozessschritte für die Durchführung eines GA-Projekts nach DIN EN ISO 16484⁶⁰

Das Prozesskonzept ist sehr umfassend dargestellt und beschreibt neben technischen auch organisatorische Anforderungen in Bezug auf das Facility Management und den späteren Nutzer. Neben physikalischen und nutzungsbedingten Anforderungen wird die Energieeffizienz als besonderes Ziel definiert. Am Ende der Planungsphase steht der Auftrag (5.2.5), der die technischen Spezifikationen enthalten soll. Es fällt auf, dass, obwohl „die Beschreibung der Projektanforderungen ... vom Kunden genehmigt werden“⁶¹ muss und die Spezifikationen im Auftrag enthalten sein sollen, keinerlei weitere Ausführungen zu Inhalt und Form dieser Festlegungen erfolgt.

DIN EN ISO 16484 schließt den Projektprozess für Gebäudeautomationssysteme mit der Inbetriebnahme und Abschlussphase ab. In Bezug auf die geplanten Leistungen wird in der Inbetriebnahmephase⁶² eine Überprüfung der Automationsstrategien sowie der Management- und Bedienfunktionen gefordert. Die Prüfungen umfassen unter anderem die Wirkungsweise von Datenpunkten sowie das statische und dynamische Verhalten von Regelkreisen und zeitabhängige Funktionen. Darüber hinaus werden auch die Funktionen der verschiedenen Schnittstellen – grafische Anzeigen, Datenaufzeichnung etc. – überprüft.



In der Abschlussphase erfolgt eine sogenannte *Systemvorführung*⁶³. Hier soll dem Kunden in vereinbarten Stichproben gezeigt werden, dass die Systeme vollständig sind und die geplanten Wirkungsweisen umgesetzt wurden. Dazu können tatsächliche, aber auch simulierte oder erzwungene Bedingungen verwendet werden.

2.3.3 VDI 6039 „Inbetriebnahmemanagement für Gebäude“⁶⁴

In VOB Teil C „Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) Gebäudeautomation - DIN 18386“⁶⁵ heißt es zur Inbetriebnahme von Gebäudeautomationsanlagen unter anderem: „Die Einrichtungen und Anlagen der Gebäudeautomation [sind] mit den technischen Anlagen so aufeinander abzustimmen [...], dass die geforderte Funktion erbracht, die Betriebssicherheit gegeben und ein sparsamer und wirtschaftliche Betrieb möglich sind“⁶⁶. Anlagen funktionieren also nicht „plug&play“, sondern sind abzustimmen auf die umgesetzten Gewerke und auf die jeweilige Nutzung – und entsprechend können sie auch fehlerhaft betrieben werden.

Der Prozess der Inbetriebnahme hat hierbei im angelsächsischen Raum eine eigenständigere Bedeutung als in Deutschland. Da die bei uns tradierte Position des Fachplaners mit seinen umfangreichen Leistungsbildern nach HA01 weitgehend auf die Planung und Errichtung des Gebäudes beschränkt ist und kaum Brücken in den Betrieb vorhanden sind, sind Abnahme und Inbetriebnahme innerhalb von Projekten zumeist nicht der Start einer erfolgreichen Betriebsphase, sondern der Abschluss eines Planungs- oder Bauprojekts. Seit Juni 2011 liegt als deutsche Entsprechung zum Commissioning die VDI 6039 „Inbetriebnahmemanagement für Gebäude“⁶⁷ vor. Sie ist sicherlich auch eine Reaktion auf die Entwicklungen integraler Gebäudekonzepte:

„Die steigende Komplexität der Projekte, die oft geforderte »räumliche Integrität« der eingebauten Systeme und Komponenten in Verbindung mit dem Wunsch der Auftraggeber und Nutzer nach Betriebseffizienz und individueller Regelbarkeit bedingen zudem, dass die ingenieurtechnische Bearbeitung der Einzelgewerke viel umfassender und die Koordination der Einzelgewerke mit den anderen am Bau beteiligten Partnern und Gewerken viel frühzeitiger einsetzen müssen, als bisher meist praktiziert“⁶⁸.

Deshalb beschreibt die Richtlinie „Methoden und Vorgehensweisen“ zur Inbetriebnahme von Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung. Zentraler Akteur ist hier ein Inbetriebnahmemanager (IBM), der nicht nur Abnahmen plant, koordiniert sowie den Zustand und die Funktion von Anlagen feststellt, sondern der auch Anforderungen des Bauherrn definieren und Mängel rügen kann. Insbesondere bei komplexen Gebäuden mit gewerkeübergreifenden Funktionen soll der IBM die Aufgaben der Fachplaner unterstützen.

2.3.4 VDI E 6041 „Technisches Monitoring von Gebäuden und gebäudetechnischen Anlagen“⁶⁹

Im April wurde der Entwurf zur VDI E 6041 vorgelegt. Die Richtlinie versucht, das Monitoring von Gebäuden und Anlagen methodisch zu fassen. Der Prozess gliedert die Aufgaben des Monitorings unter anderem inhaltlich in Energie-, Anlagen- und Gebäude- und Behaglichkeitsmonitoring sowie zeitlich in das Einregulierungs- und das Langzeitmonitoring.

TU Braunschweig
Institut für Gebäude-
und Solartechnik
Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3635
Fax: 0531 / 391-3636



2.3.5 Gebäudemanagement nach DIN 32736

Eine umfassendere Strukturierung entlang der Leistungsbilder des Kaufmännischen, Technischen und Infrastrukturellen Gebäudemanagements definiert DIN 32637⁷⁰ "Gebäudemanagement". Innerhalb der DIN 32736 wird der Leistungsblock "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.“⁷¹

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.

2.3.6 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“^{iv} (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“⁷². 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“⁷³.

Für den Prozess eines kontinuierlichen Energiemanagements im Gebäudebetrieb werden verschiedene Vertiefungsstufen und Leistungsbilder wie die Prüfung der Energiekosten definiert.⁷⁴

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



^{iv} Die Teile 124-3 „Berufsbilder(Einsatzfelder) im Energiemanagement“ und 124-4 „Qualifizierung von Beratern für das Energiemanagement“ sind noch nicht veröffentlicht.



In GEFMA Richtlinie 124-2⁷⁵ werden einzelne Methoden beschrieben, die in den verschiedenen Stufen des in Teil 1 dargestellten Prozesses 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“⁷⁶. 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.

2.3.7 VDI 4602 Blatt 1 “Energiemanagement”

VDI 4602 Blatt 1 Energiemanagement⁷⁷ definiert im Kontext des Energiemanagements einzelne Begriffe zur Betriebs- bzw. Anlagenüberwachung entlang der Verarbeitung von Daten aus dem Gebäudebetrieb. „Monitoring“ beschäftigt sich demnach im Wesentlichen mit der Abbildung des IST-Zustands durch die Erfassung und Speicherung von Betriebsdaten, die „Simulation“ entspricht den verschiedenen oben genannten Möglichkeiten der Modellbildung. „Analyse“ bezeichnet die „systematische Untersuchung eines Prozesses/Verfahrens hinsichtlich der gewünschten Zielsetzung“. Die „Diagnose“ interpretiert die Analyse und gibt Empfehlungen für Optimierungsmaßnahmen, die durch eine „Prognose“ des angestrebten Zielzustands ergänzt werden kann.

2.3.8 EN ISO 50001 “Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung”⁷⁸

Die internationale Norm EN ISO 50001 beschreibt Prozesse zur Einführung eines Energiemanagementsystems in Organisationen. Ziel ist die „Reduzierung von Energiekosten Triebhausgasemissionen, sowie anderer Umweltbelastungen“⁷⁹. Die Methoden umfassen insbesondere auch die Einbindung des Energiemanagements in die Strukturen der Organisation, die Verantwortlichkeiten innerhalb eines Unternehmens sowie die Arbeits- und Wirkungsweise innerhalb der bestehenden Abläufe. Im Kern steht das Konzept des PDCA-Zyklus^v.

In Bezug auf die Betriebsoptimierung ist wichtig, dass sich die EN ISO 50001 nicht speziell auf Gebäude bezieht und nur sehr allgemeine und fast ausschließlich managementorientierte Vorgaben für das Energiemanagement macht. Die Anwendung auf Gebäude und die Optimierung einzelner Anlagen ist nicht dezidiertes Ziel der Norm.

TU Braunschweig
Institut für Gebäude-
und Solartechnik
Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



^v Der PDCA-Zyklus (Plan-Do-Check-Act) ist ein Managementkonzept zur Einführung kontinuierlicher Verbesserungsprozesse in Unternehmen.

2.4 Terminologie und Klassifikation zur Betriebsoptimierung

Neben den oben genannten Normen, Richtlinien und Verordnungen haben einzelne Arbeiten den Versuch unternommen, die Betriebsoptimierung begrifflich zu fassen. Einzelne Ansätze werden im Folgenden vorgestellt.

2.4.1 Terminologie

Isermann stellt umfangreiche Definitionen zur Fault Detection and Diagnosis vor. Er definiert zentrale Begriffe wie Fehler, Versagen und Fehlfunktion und beschreibt Prozesse der Funktionsüberwachung.

Als **Fehler** („Fault“) in einem technischen Prozess bezeichnet Isermann eine „unzulässige Abweichung von mindestens einer charakteristischen Eigenschaft eines Systems vom akzeptablen, normalen bzw. erwarteten Zustand“⁸⁰. Ein Fehler ist demnach ein Betriebszustand, der eine suboptimale Performance verursachen kann. Er muss jedoch nicht zum Versagen einer Anlage oder einem Gefahrenzustand führen. Wenn also als Beispiel das Ventil in einem Heizkreis nicht vollständig schließt, liegt zwar ein Fehler vor, der – wenn die Heizungsanlage im Betrieb ist – einen suboptimalen Betrieb verursacht, in dem der Energieverbrauch ansteigt. Die Anlage erfüllt jedoch weiterhin ihren Zweck ohne das Gebäude zu gefährden oder die Menschen im Gebäude einem unbehaglichen Innenraumklima auszusetzen.

Ein *Versagen* („failure“) ist nach Isermann „eine dauerhafte Unterbrechung der Fähigkeit einer Anlage, eine Funktion unter bestimmten Bedingungen auszuführen“⁸¹. Das Versagen einer Anlagenfunktion ist ein Ereignis, das in der Regel ursächlich auf einen oder mehrere Fehler zurückgeht.

Als *Fehlfunktion* („malfunction“) wird ein vorübergehendes Versagen bezeichnet, wie z.B. ein auf Grund von Korrosion zeitweise unterbrochener elektrischer Kontakt.

Isermann unterscheidet vier Bereiche der FDD⁸². Ein *Automatischer Schutz* („Automatic Protection“) löst selbstständig eine Veränderung des Prozesses aus, z.B. das Umschalten in einen gesicherten Betrieb oder das Abschalten einer Anlage. *Monitoring* bezeichnet dagegen die Überwachung eines technischen Prozesses und das Auslösen von Alarmen, die direkt an einen Menschen als „Operator“ geleitet werden, um den Prozess zu bewerten und bei Bedarf zu beeinflussen. Die *Überwachung mit Fehlerdiagnose* („Supervision with fault diagnosis“) löst die Analyse des Gebäudebetriebs von der unmittelbaren Reaktion auf den Betrieb, in dem zunächst eine Analyse und Bewertung der Prozesse durchgeführt wird. Als Folge von Schutz oder Überwachung wird der Betrieb automatisch oder manuell – durch den Menschen – beeinflusst. Dies wird als *Fehlermanagement* („fault management“) bezeichnet. Die Überwachung des Anlagenbetriebs erfolgt in einem Überwachungskreis („supervisory level“), Abbildung 2.

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



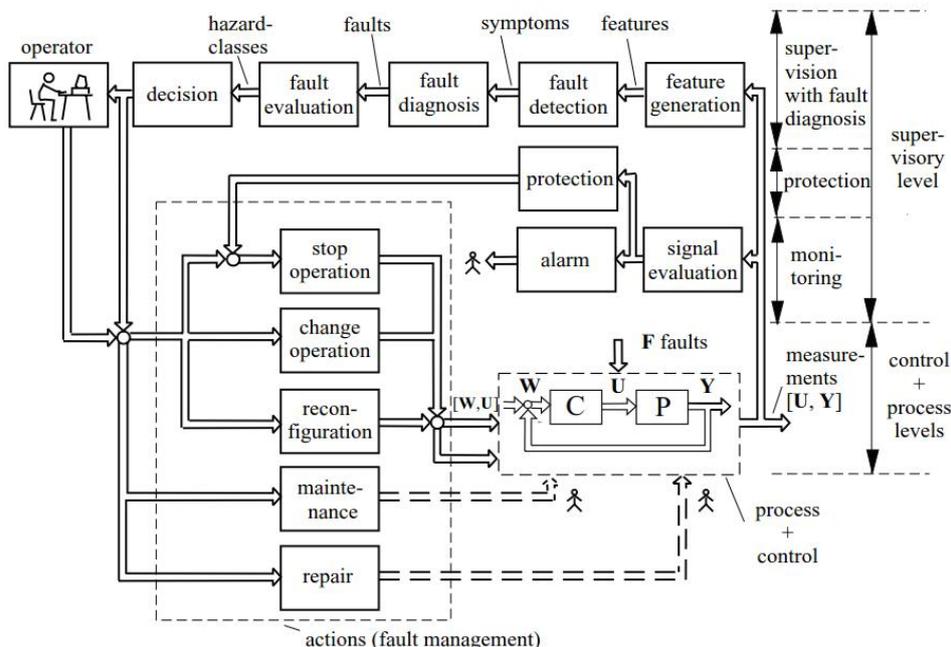


Fig. 2.4. General scheme of different supervision methods with fault management (supervisory

Abbildung 2 Schema verschiedener Überwachungsprozesse von Isermann⁸³

FDD basiert allgemein auf der Messung von Variablen eines Prozesses. Unterschieden wird in der Literatur in Fehlererkennung („fault detection“) und Fehlerdiagnose. Die automatische Analyse und Bewertung zur *Fehlererkennung* erfolgt auf der Grundlage menschlichen Expertenwissens über die Funktionsweise der Prozesse und ist mithin grundsätzlich ein heuristisches Verfahren. Dabei können Analysen sich zunächst auf unmittelbar prozessimmanente Variablen beziehen, die z.B. durch Grenzwerte, Signalanalysen oder mathematische Prozessmodelle überprüft werden. Darüber hinaus kann die Fehlererkennung durch menschliche Beobachtungen in einem größeren Kontext, wie z.B. durch Erfahrungen oder zusätzliche Beobachtungen ergänzt werden. Diese können wiederum beschrieben und in einen automatisierten Prozess eingebunden werden. Die *Fehlerdiagnose* untersucht auf der Basis von automatischen oder heuristischen Symptomen die Art, Größe und den Ort von Fehlern, um auf Basis von Klassifizierungen oder geführten Analyseverfahren die Ursachen von Fehlern zu identifizieren. Hayes hat die Kombination beschrieben als „detecting incorrect operation and diagnosing the cause of the problem“ („den Fehler erkennen und den Grund diagnostizieren“)⁸⁴.

2.4.2 Modellierung

Im Bereich der FDD (Fault Detection and Diagnosis) werden Modelle zur Nachbildung von (technischen) Prozessen sowie zur Beschreibung der Effekte von Fehlern verwendet. Isermann unterscheidet dabei theoretische und experimentelle Prozessmodelle⁸⁵. Theoretische Prozessmodelle nutzen die Kenntnis von Naturgesetzen oder abgeleiteten Gesetzmäßigkeiten, um ein (Rechen-)Modell eines Prozesses zu entwickeln. Dagegen nutzen experimentelle Modelle Messergebnisse aus Prozessen, indem sie Beziehungen zwischen Eingangs- und Ausgangsdaten herstellen und als mathematische Modelle beschreiben (vgl. Abbildung 3).

| | | | |
|--|--|---|--|
| Theoretical modelling | | | |
| Experimental modelling | | | |
| White-box models Linear/non-linear Differential equations | Light-grey-box models Differential equations with parameter estimation | Dark-grey-box models Fuzzy-models with parameter estimation | Black-box models Impulse response Neural networks |
| - physical laws known - parameter known | - physical laws known - parameters unknown - signals measurable | - physical rules known - model structure unknown - parameters unknown - signals measurable | - input/output signals measurable - assumption of a model structure |



Abbildung 3 Verschiedene Arten mathematischer Prozessmodelle⁸⁶

Die Trennung der Modelle ist nicht immer eindeutig möglich oder gewollt. Deshalb existieren neben den Begriffen White-Box-Model (theoretische Modelle) und Black-Box-Model (experimentelle Modelle) auch Zwischentypen, genannt Grey-Box-Modelle, bei denen sowohl allgemeine Regeln wie auch experimentelle Parameter oder Kategorien verwendet werden.

Katipamula und Brambley⁸⁷ geben einen Überblick über die Terminologie und bestehende methodische Ansätze für FDD mit dem besonderen Blick auf Gebäude bzw. deren betriebstechnische Anlagen. Sie differenzieren die verschiedenen Methoden für die bereits oben genannten Prozessmodelle in quantitative, qualitative und prozesshistorische Konzepte (vgl. Abbildung 4).

| DIAGNOSTIC MEHTODS | | |
|--|---|--|
| Quantitative Model-Based | Qualitative Model-Based | Process History Based |
| - Detailed Physical Models - Simplified Physical Models | - Rule-Based - Expert System - First-Principles Based - Limits and Alarms - Qualitative Physics-Based | - Black Box - Statistical - Artificial Neural Networks - Other Pattern Recognition Techniques - Grey-Box |

Abbildung 4 Klassifikationsschema für FDD Methoden nach Katipamula und Brambley⁸⁸



Quantitative Methoden entsprechen dabei den oben genannten White-Box-Modellen, die auf bekannten Funktionen des Prozesses aufbauen und entsprechende quantitative Aussagen ermöglichen. Die Modelle nutzen die gestiegene Rechenleistung moderner Computer und ermöglichen so – in Abhängigkeit von der Richtigkeit und Genauigkeit des Modells – eine aussagekräftige Abbildung von Prozessen oder auch von fehlerhaftem Betrieb. Nachteile dieser Methoden sind die aufwändige Erstellung der Modelle einschließlich ihrer Validierung, die Intransparenz der Berechnungen und die Beschaffung oder Festlegung der notwendigen Parameter und Randbedingungen.

Qualitative Modelle nutzen physikalische Gesetzmäßigkeiten, Regeln oder Grenzwerte, um die Funktion von Prozessen zu bewerten. Es liegen zahlreiche Arbeiten insbesondere zur Funktion einzelner betriebstechnischer Anlagen vor. Qualifizierende Modelle können vergleichsweise einfach erstellt werden und ermöglichen mit ihren klaren, nachvollziehbaren Entscheidungsstrukturen neben der Fehlererkennung oft auch weitere Aussagen zu ihren Ursachen. Die Modelle beziehen sich allerdings in der Regel auf spezifische Prozesse, sind also nicht einfach übertragbar auf andere betriebstechnische Anlagen. Ihre Qualität hängt fundamental ab vom Expertenwissen, auf dem die Regeln aufbauen.

Im Gegensatz zu quantitativen und qualitativen Modellen, die ohne Messdaten aus einem Prozess entwickelt werden, nutzen prozesshistorische Modelle gemessene Daten aus dem Betrieb einer Anlage und entwickeln ein Prozessmodell ohne (Black-Box) oder mit teilweisen Kenntnissen (Grey-Box) des Prozesses. Die Modelle nutzen unter anderem polynomische Korrelationen und statistische Methoden wie Regressionen, Mustererkennung, Hauptkomponentenanalysen oder Artifizielle Neuronale Netzwerke. Prozesshistorische Modelle können für Prozesse genutzt werden, die nur unzureichend bekannt oder schwer mit quantitativen Modellen abzubilden sind, wie etwa der Gesamt-Energieverbrauch eines Gebäudes. Ihre Entwicklung ist vergleichsweise einfach und beruht auf bekannten mathematischen Verfahren. Voraussetzung ist der spezifische Bezug auf einzelne Systeme und das Vorhandensein von Trainingsdaten, also von Messdaten aus dem Betrieb, um das Modell zu entwickeln.

Regel-basierte Modelle hingegen nutzen Expertenwissen oder axiomatische Annahmen zur Prüfung des Betriebs. Mit diesem Konzept werden einzelne Eigenschaften eines Systems als Regeln definiert. Ein Fehler liegt vor, wenn eine Regel, zum Beispiel bei Überschreiten eines Grenzwerts, nicht eingehalten ist. Mit dieser Konzeption liegen mit dem OAE (Outdoor-Economizer)⁸⁹, PAT (Performance Assessment Tool)⁹⁰ und APAR⁹¹ (Air handling units Performance Assessment Rules) erprobte Ansätze vor.

Modelle können neben der Abbildung eines optimalen Prozesses auch zur Abbildung von Fehlern genutzt werden, in dem diese in das Modell integriert werden. Dadurch können die entsprechenden Auswirkungen charakterisiert und zur Fehlerdiagnose genutzt werden. Isermann differenziert die Konzepte der Fehlererkennung in Bezug auf die verwendeten Signale und die Methoden des Soll-Ist-Vergleichs wie z.B. Grenzwert- und Korrelationsanalysen (vgl. Abbildung 5).

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



| FAULT DETECTION | | | | |
|---|-------|--|--|--|
| Single signals | | Multiple signals | | |
| Limit | Trend | Signal | Process | Data |
| <ul style="list-style-type: none"> - Fixed threshold - Adaptive threshold - Change detection methods | | <ul style="list-style-type: none"> - Correlation - Spectrum analysis - Wavelet analysis | <ul style="list-style-type: none"> - Parameter-estimation - Neural networks - State observers - State estim. - Parity equations | <ul style="list-style-type: none"> - Principal component analysis |

Abbildung 5 Übersicht über Methoden der Fehlererkennung nach Isermann⁹²

TU Braunschweig
 Institut für Gebäude-
 und Solartechnik
 Mühlenpfordtstr. 23
 D - 38106 Braunschweig
 Tel: 0531 / 391-3555
 Fax: 0531 / 391-8125
 e-mail: igs@tu-bs.de
 www.tu-bs.de/institute/igs
 Labor:
 Zimmerstr. 24b
 D - 38106 Braunschweig
 Tel: 0531 / 391-3635
 Fax: 0531 / 391-3636

2.5 Fazit und Forschungsfragen

Das Konzept der integralen Planung und innovative Technologien bieten große Potentiale zur Reduzierung des Energieverbrauchs. Um diese Chancen in der Praxis effektiv zu nutzen, muss die Energetische Betriebsoptimierung Teil des Lebenszyklus von Gebäuden werden. Dies setzt eine präzise Definition der Leistungen voraus, die als energetische Betriebsoptimierung definiert werden, und erfordert eine sorgfältige Erfassung und Nachkalkulation umgesetzter EnBop-Maßnahmen, um eine aussagekräftige Grundlage für die technische und wirtschaftliche Bewertung von Maßnahmen und Methoden zu erhalten. Folgende Fragen sollten beantwortet werden:

1. In welchen Bereichen der Betriebsoptimierung werden Methoden erforscht?
2. Welche Potentiale werden in der Praxis tatsächlich erkannt?
3. Mit welcher Effektivität und Wirtschaftlichkeit und in welchem Maße werden die Potentiale tatsächlich erfolgreich genutzt?

Die Notwendigkeit für eine einheitliche Dokumentation der Optimierungsmaßnahmen wird insbesondere durch die Analysen der Vorprojekte deutlich: Optimierungsmaßnahmen, die in den Demonstrationsgebäuden umgesetzt wurden, konnten aus den vorliegenden textlichen Beschreibungen in den Monitoringberichten nur bedingt herausgelesen werden. Angaben zu Kosten der durchgeführten Maßnahme fehlten häufig, in einigen wenigen Fällen sind sie als Kategorie, z.B. „geringinvestiv“ beschrieben worden. Jedoch war die Stichprobe in der Tiefe nicht ausreichend groß, um zur Betriebsoptimierung auch detaillierte Zusammenhänge zwischen einzelnen Aspekten wie der Methode der Identifikation, der Umsetzungsdauer der Optimierung, der erreichten Energieeinsparung oder Auswirkungen auf den Nutzerkomfort etc. herzustellen.

Für die wissenschaftliche Bearbeitung der Betriebsoptimierung sind deshalb eine Systematisierung der methodischen Ansätze und eine einheitlich strukturierte Dokumentation von Optimierungsmaßnahmen erforderlich.

3 ENBOP-METHODEN

Im Rahmen von EnBop wurden von 2010 bis 2015 rund 63 Projekte bearbeitet. Ein Ziel dieses Projekts war, eine Strukturierung der verschiedenen Methoden und Werkzeuge zu entwickeln und zu zeigen, in welchen Bereichen Forschung stattfindet. Dazu wurden die Projekte gesichtet, verschiedene Attribute und Merkmale definiert und in einem dritten Schritt eine strukturelle Topologie der EnBop-Projekte erarbeitet. Anschließend wurden die Projekte bzw. die dort verfolgten methodischen Ansätze entsprechend geordnet.

Als grundlegendes methodisches Konstrukt für die Topologie werden die Elemente eines Qualitätsregelkreises entsprechend Abbildung 6 verwendet.

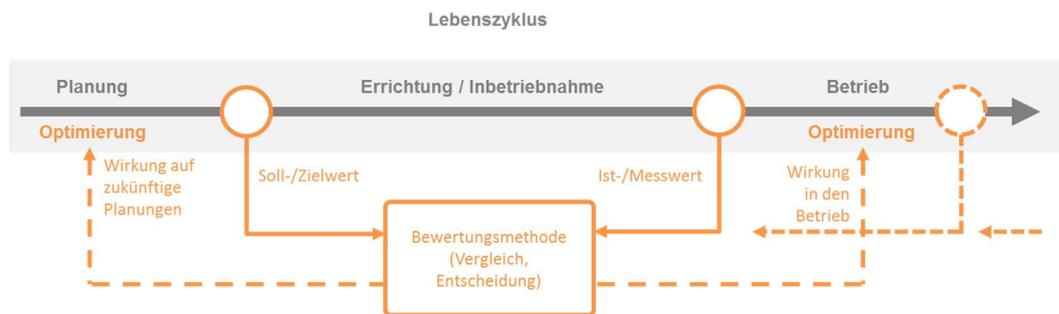


Abbildung 6 Aufbau eines Qualitätsregelkreises im Lebenszyklus von Gebäuden

Ein Qualitätsregelkreis sollte vier klar definierte Elemente enthalten:

Sollwert: Der Sollwert ist der angestrebte Wert, der in der Umsetzung erreicht werden soll. Sollwerte können bereits in der Planung präzise bestimmt und mit belastbaren Grundlagen dargestellt werden. Werte wie Wirkungsgrade, spezifische Ventilatorleistungen, Zeitprogramme oder Systemtemperaturen sind Voraussetzungen für die Entscheidungsfindung bei Variantenuntersuchungen in der Vorentwurfsplanung und können ab der Entwurfsplanung bei Bedarf nachjustiert werden. Berechnungen, die eine komplexe Nachführung einschließlich schwer zu ermittelnder Kennwerte (z.B. interne Lasten) erfordern, erschweren die Nachverfolgung im Projektverlauf.

Istwert: Jedem Sollwert steht ein Istwert des entsprechenden Parameters gegenüber. Dieser muss in der jeweiligen Projektphase angemessen einfach und präzise messbar sein. Beispielsweise ist es einfacher, die Dämmstärke einer Außenwand auf der Baustelle zu messen als den U-Wert des Bauteils. Der Nutzwärmebedarf eines Gebäudes kann zwar in der Theorie berechnet werden, ist aber in der Praxis kaum präzise messbar. Darüber hinaus muss für die Messung eine Dokumentationsvorgabe gemacht werden, um Ergebnisse nachvollziehen und ggf. auch belegen zu können.

Prüfung/Bewertungsmethode: Die Prüfung ist der nachvollziehbare Vergleich von Soll- und Istwert einschließlich der Bewertung bzw. der Herbeiführung einer Entscheidung.

Wirkung: Entscheidend für die Effektivität des Qualitätsregelkreises in der Praxis ist, ob auch eine dem Prüfergebnis entsprechende Wirkung im Projekt erzielt wird. Hierfür ist von zentraler Bedeutung, wie das Qualitätsmanagement organisatorisch in das Projekt eingebunden ist. Eine rechtzeitige und nachvollziehbare Kommunikation ist erforderlich. Wenn möglich können die Qualitäten Teil der vertraglich geschuldeten Leistung sein oder durch zusätzliche Anreize, z.B. eine Förderung oder ein Zertifikat, eingefordert werden.

Die Anwendungssituation mit dem Fokus auf die Inbetriebnahme ist die wichtigste und naheliegendste Anwendungsmöglichkeit für einen Qualitätsregelkreis. Hier können Planungsziele und Errichterleistungen verglichen und bewertet werden. Die Wirkung erfolgt u.a. durch Abnahmen und Mängelanzeigen.

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3635
Fax: 0531 / 391-3636



Das Konzept kann in entsprechender Weise auch vollständig in der Planung angewendet werden, wenn z.B. im Vorentwurf der Jahres-Primärenergiebedarf einer Variante einer dynamischen Anlagensimulation (Ist-Wert) mit dem einer andere Referenzvariante (Soll-Wert) verglichen wird (Bewertungsmethode) und so eine Entscheidung für die weitere Planung herbeigeführt wird. Ebenso kann im Betrieb die Arbeitszahl einer Anlage in diesem Jahr (Ist-Wert) mit dem des letzten Jahres (Soll-Wert) verglichen werden (Bewertungsmethode), um zu entscheiden, ob eine Prüfung des Betriebs erforderlich ist (Wirkung).

Diese vier konstituierenden Elemente eines Qualitätsregelkreises werden ergänzt durch anwendungsspezifische Attribute: die Projektphasen, in denen die Methodik eingesetzt wird, die beteiligten Akteure sowie die verwendete Infrastruktur, Abbildung 7.

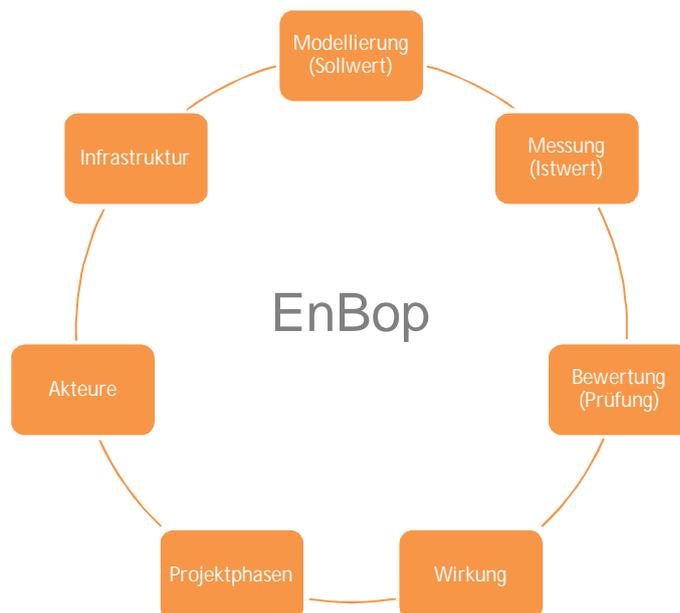


Abbildung 7 Attribute der EnBop-Topologie

Dieser Abschnitt stellt die verschiedenen Merkmale vor, gibt einen Überblick über einige der EnBop-Projekte und zeigt abschließend, wie sich die Gesamtheit der Projekte in dieser Topologie darstellt.

3.1 EnBop-Definition der methodischen Topologie

Die Topologie der EnBop-Projekte soll synoptisch aufzeigen, wie die Gesamtheit der Projekte in Bezug auf das Ziel der Betriebsoptimierung strukturiert ist. Die sieben definierten Attribute beschreiben dazu wesentliche inhaltliche und formale Kennzeichen der jeweils entwickelten Methode bzw. des Werkzeugs.

3.1.1 Modellierungsmethoden (Sollwert)

Ansätze zur Betriebsoptimierung nutzen in der Regel Methoden zur Modellierung von Gebäuden, Anlagen oder einzelnen Funktionen, mit denen ein aussagekräftiger Vergleich von Modellvarianten oder zwischen Modell und realem Betrieb ermöglicht wird. Im Folgenden werden einzelne Konzepte für „Modellierungsmethoden“ definiert.

TU Braunschweig
Institut für Gebäude-
und Solartechnik
Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3635
Fax: 0531 / 391-3636

 **EnOB**
Forschung für
Energieoptimiertes Bauen

 **EnBop**



3.1.1.1 Empirische Modellierung

Der Istwert, in der Regel ein Messwert aus dem Gebäudebetrieb, wird mit einem empirisch ermittelten Wert verglichen. Der Wert wird aus entsprechenden Messwerten anderer, ähnlicher Gebäude, Anlagen oder Funktionen ermittelt. Ein einfaches Beispiel sind Energieverbrauchsausweise, mit denen der Energieverbrauch eines Gebäudes mit dem von Gebäuden der gleichen Nutzung verglichen wird.

3.1.1.2 Prozesshistorisch Modellierung

Prozesshistorische Modellierungen nutzen als Modell jeweils Messwerte vorangegangener Messperioden. Typische Beispiele sind Energieverbrauchskennwerte im Energiemanagement, bei denen ein aktueller Jahresverbrauch mit den Werten der Vorjahre verglichen wird, oder Heizkennlinien, bei denen der Wärmeverbrauch eines Gebäudes in kurzen Messperioden über der Außenlufttemperatur aufgetragen wird, um Ausreißer zu erkennen.

3.1.1.3 Technisch-Physikalische Modellierung

Gebäude können durch technische und physikalische Zusammenhänge sehr detailliert modelliert werden. Dazu können unter anderem die Geometrie, bauphysikalische Eigenschaften der Materialien, die Funktionsweise der Anlagentechnik sowie das Nutzerverhalten und das Wetter modelliert und einzelne technisch-physikalische Größen wie z.B. ein Nutzenergiebedarf oder Raumtemperaturen berechnet werden. Die Komplexität der Modellierung reicht von einfachen, statischen Modellen, bei denen die Gebäudekennwerte jeweils zu einem einzelnen Zeitpunkt oder für eine definierte Zeitspanne, z.B. einen Monat, berechnet werden, bis zu dynamischen Modellen, bei denen Berechnungen in der Regel jeweils in kürzeren Zeitspannen durchgeführt und Ergebnisse eines Berechnungsschritts im nächsten Berechnungsschritt verwendet werden.

3.1.1.4 Regelbasierte Modellierung

Eine einfachere Art der Modellierung ist die Abbildung eines Gebäudes oder seiner Anlagen und Funktionen durch Regeln. Hierbei werden einzelne Eigenschaften des Gebäudes mit Regeln unter Verwendung logischer und arithmetischer Ausdrücke definiert. Dies können im erweiterten Sinne auch textuelle Beschreibungen oder Planunterlagen sein. Innerhalb von Regeln können geeignete technische Zielparameter verwendet werden, wie z.B. Betriebsstunden, Arbeitszahlen etc.

3.1.2 Messmethoden (Istwert)

Als Gegenstück der Modellierung wird durch die Messung der entsprechende Ist-Wert ermittelt. Hierzu stehen ebenfalls verschiedene Methoden zur Verfügung. Ergänzend sind auch Methoden aufgeführt, die z.B. bereits in der Planung einen Mess- bzw. Vergleichswert erzeugen.

3.1.2.1 Technische Messungen (quantitativ)

Durch technische Messungen am Gebäude werden Werte ermittelt, die unter Berücksichtigung der Randbedingungen des jeweiligen Gebäudes den entsprechenden Werten eines modellierten Referenzgebäudes gegenübergestellt werden können. Dies kann z.B. die Messung des spezifischen Wärmeverbrauchs eines Gebäudes oder der Systemtemperatur einer Heizung sein.

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3635
Fax: 0531 / 391-3636





3.1.2.2 Auditierung/Sichtprüfung (qualitativ)

Istwerte können auch qualitativ festgestellt werden. So kann bei Bestandsaufnahmen die Anlagentechnik neben Messungen auch durch die Beschreibung der Anlagentechnik selbst „gemessen“ werden. Hier würden statt Wärmeverbrauch und momentaner Systemtemperatur, wie oben genannt, z.B. die Nennleistung und die Auslegungstemperaturen oder auch ein Anlagenzustand wie ein/aus, offen/geschlossen dokumentiert.

3.1.2.3 Soziologische und psychologische Messungen

Neben technischen Messungen können auch soziologische und psychologische Messungen wie z.B. Befragungen als Messmethoden in Gebäuden verwendet werden.

3.1.2.4 Technisch-Physikalische Berechnung

Gibt es noch kein reales Gebäude, sondern liegt lediglich ein Modell, z.B. eine Simulation vor, so können noch keine vollständigen realen Messungen durchgeführt werden. Stattdessen können aber Sollwerte aus einem variierten oder aktualisierten Modell als Istwerte verwendet werden.

3.1.3 Bewertungs-/Entscheidungsmethoden

Liegen Soll- und Ist-Wert vor, erfolgt in der Regel eine Bewertung und Entscheidung über weitere Handlungen oder Wirkungen. Oft können jedoch Soll- und Ist-Werte nicht unmittelbar miteinander verglichen werden. Notwendig sind dann Methoden zur Bewertung und Entscheidungsfindung.

3.1.3.1 Normalisierung

Unter Normalisierung werden alle Methoden zusammengefasst, die dazu dienen, Soll- und Istwerte vergleichbar zu machen, so dass eine einfache, oft automatisierbare Bewertung erfolgen kann. Die bekanntesten Normalisierungen sind der Flächenbezug von z.B. Nennleistungen (W/m^2) sowie die Zeit- und Witterungsbereinigung von Energieverbrauchskennwerten $kWh/(m^2a)$.

3.1.3.2 Berechnung

Liegen Soll- und Istwerte vor, ist es in der Regel möglich, auf dieser Basis durch Berechnungen eine Bewertung der Daten vorzunehmen. Gegebenenfalls kann auf Basis der Bewertung auch unmittelbar eine Entscheidung für das weitere Vorgehen abgeleitet werden.

3.1.3.3 Visualisierung

Sowohl Messdaten als auch die Dokumentation von Bestandsaufnahmen erfolgt oft durch Visualisierungskonzepte. Diese reichen von der Darstellung von Messdaten in Diagrammen über Bewertungssymbole bis zu Fotodokumentationen von Bestandsaufnahmen.

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





3.1.3.4 Expertenwissen

Qualitative Messmethoden, Berechnungen und Visualisierungen erfordern für eine Analyse und Bewertung oftmals zusätzlich in mehr oder weniger umfangreichem Maße Expertenwissen. In Bezug auf die Leistungsfähigkeit der eingesetzten Methoden ist hier Umfang und Tiefe des erforderlichen Expertenwissens von Bedeutung.

3.1.4 Wirkungsmethoden

Entsprechend dem Bild eines Qualitätsregelkreises erfolgt nach der Bewertung bzw. Entscheidung die Wirkung auf das zu optimierende System. Da die Bandbreite der Methoden zur Betriebsoptimierung sehr umfangreich ist, wird an dieser Stelle lediglich eine Differenzierung der einzelnen Methoden nach dem Grad der Automatisierung ihrer Wirkung vorgenommen.

3.1.4.1 Mensch

Einzelne Methoden der Betriebsoptimierung zielen darauf ab, Menschen in ihrer Rolle als Nutzer oder Betreiber von Gebäuden zu unterstützen. Z.B. kann durch Informations- oder Motivationskonzepte allgemeines Wissen über Gebäude vermittelt werden. Unter diese Kategorie von Methoden fallen zum Beispiel Einweisungen oder Schulungen für Betreiber und Nutzerhandbücher.

3.1.4.2 Teil-Automatisierung (z.B. Alarmer, Dashboards, Emulation, Aktive Funktionsbeschreibung)

Wie oben beschrieben, ist das Ziel vieler Methoden in erster Linie die Entlastung des Menschen durch eine vereinfachte oder in Teilen automatisierte Prüfung. Als teil-automatisiert werden entsprechend alle Methoden gefasst, die den Prozess aus Sollwert und Istwert Bildung sowie der Bewertung und Entscheidungsfindung in Teilen oder ganz automatisieren und das Ergebnis anschließend an einen Menschen kommunizieren. Dies reicht von der Alarmmeldung bei Grenzwertüberschreitung über Dashboards zu Visualisierung von Messwerten bis zur komplexen Betriebsdiagnose. Für die eigentliche Wirkung auf das „System Gebäude“ ist jedoch immer noch ein Mensch vorgesehen.

3.1.4.3 Voll-Automatisierung

Funktioniert der gesamte Prozess aus Soll- und Istwert Bildung, der Bewertung und der Wirkung auf das Gebäude, so liegt eine voll automatisierte Methode der Betriebsoptimierung vor. Für ihre Anwendung ist im Regelfall kein menschlicher Eingriff erforderlich. Diese Konzepte sind in der Regel technisch und organisatorisch Teil der Gebäudeautomation.

3.1.5 Projektphasen

Methoden der Betriebsoptimierung können in allen Phasen des Lebenszyklus' eines Gebäudes ansetzen. Möglich ist dabei der gezielte Einsatz in einer einzelnen Phase, aber auch die kontinuierliche Begleitung eines Projektes über mehrere oder sogar alle Phasen des Lebenszyklus.

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3635
Fax: 0531 / 391-3636





3.1.5.1 Konzept

Schon in der Konzeptphase eines Gebäudes, also vor der eigentlichen Planung entlang der Leistungsphasen der HOAI, können Methoden der Betriebsoptimierung Einfluss auf strategische Entscheidungen von Gebäuden nehmen. Diese sind naturgemäß eher nicht-technische Konzepte wie zum Beispiel Standards oder Zertifizierungsziele.

3.1.5.2 Planung

In der Planung kann Betriebsoptimierung bereits umfangreich ansetzen. Varianten-Untersuchungen auf Basis von Simulationsmodellen können helfen, optimale Energiekonzepte und bestmögliche Betriebsstrategien zu spezifizieren. Diese können gleichzeitig Sollwerte als Vorgabe für die Bewertung des späteren Gebäudebetriebs erzeugen, wie zum Beispiel Anlagenkennwerte oder Systemtemperaturen.

3.1.5.3 Errichtung

Im Zuge der Errichtung können Methoden der Betriebsoptimierung insbesondere als Prüfung der Umsetzung von Planungsvorgaben eingesetzt werden. In der Regel sind dies in dieser Phase qualitative Konzepte wie Begehungen und Sichtprüfungen. Es können aber auch schon Messungen durchgeführt werden, wie z.B. ein Thermal Response Test zur Bewertung von Eigenschaften des Erdreichs.

3.1.5.4 Inbetriebnahme

Mit der Inbetriebnahme entstehen umfangreiche Möglichkeiten der Betriebsoptimierung. Die technischen Anlagen werden in Betriebs gesetzt und die Einregulierung beginnt. Damit stehen dann auch Daten aus der Gebäudeautomation und aus anderen Messsystemen zur Verfügung. Die meisten Methoden der Betriebsoptimierung verwenden diese Daten und werden entsprechend ab der Inbetriebnahme eingesetzt.

3.1.5.5 Betrieb

Die Einregulierung der technischen Anlagen in den ersten Betriebsjahren und der Regelbetrieb sind naturgemäß die klassischen Phasen der Betriebsoptimierung. Sie unterstützt sowohl die Erreichung der gesetzten Ziele für den Betrieb als auch eine darüberhinausgehende Optimierung in Kenntnis der tatsächlichen Umsetzung und der realen Nutzungsbedingungen.

Für Bestandsgebäude können neben diesen Methoden auch spezielle Konzepte eingesetzt werden, die die Bestandsaufnahme und Betriebsdiagnose unterstützen.

3.1.5.6 Sanierung

Für die Sanierung stehen grundsätzlich alle oben genannten Methoden in gleicher Weise zur Verfügung. Sie können ergänzt werden durch Ansätze, die in besonderer Weise die Sanierungsphase unterstützen, wie zum Beispiel Werkzeuge zur Portfolioanalyse, die eine geeignete Priorisierung von Sanierungs-, Modernisierungs- und Betriebsoptimierungsmaßnahmen ermöglichen. Da bei Sanierungen oft nur eingeschränktes Wissen über das Gebäude vorliegt, können insbesondere Modellierungsmethoden angewendet werden, die wenig spezifische Daten über das Gebäude erfordern.

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





3.1.6 Akteure

Mit Ausnahme voll automatisierter Lösungen richten Sie alle Methoden der Betriebsoptimierung an einen oder mehrere Akteure im Projektprozess. In dieser Kategorie erfolgt eine Strukturierung der Methoden nach den jeweils von Ihnen eingebundenen oder adressierten Akteuren.

3.1.6.1 Bauherren

Bauherren, hier definiert als Laien in Bezug auf Planung, Errichtung und Betrieb von Gebäuden, sind nur selten unmittelbar in die Betriebsoptimierung eingebunden. Oft sind sie jedoch Auftraggeber und entsprechend auch einer der Adressaten der Ergebnisse der Betriebsoptimierung, zum Beispiel von Berichten.

3.1.6.2 Architekten, Fachplaner, Projektsteuerer

Architekten, Projektsteuerer und insbesondere die Fachplaner der anlagentechnischen Gewerke können Anwender oder Adressaten von Werkzeugen der Betriebsoptimierung sein. Innerhalb der Leistungsbilder der HOAI nutzen sie Simulationsmodelle für Variantenuntersuchungen in der Planung und begleiten im Rahmen der Bauüberwachung die Errichtung, Inbetriebnahme, Abnahme, Übergabe und gegebenenfalls auch die Einregulierungsphase eines Gebäudes.

3.1.6.3 Errichter

Die Leistungen von Errichterfirmen der technischen Gewerke umfassen auch die Inbetriebsetzung und Einregulierung der Anlagen. Methoden der Betriebsoptimierung können diese Leistungen unterstützen.

3.1.6.4 Betreiber

Der Betreiber ist der klassische Anwender von Methoden der Betriebsoptimierung, da er genau hierfür in der Regel verantwortlich ist.

3.1.6.5 Nutzer

Nutzer sind zwar in der Regel nicht verantwortlich für den Betrieb von Gebäuden. Sie haben jedoch trotzdem einen Einfluss auf den Gebäudebetrieb. Üblicherweise fängt die Betriebsoptimierung beim Nutzer deshalb mit einem Bezug zu seinem Verhalten in seinem räumlichen Umfeld an. Entsprechende Maßnahmen beeinflussen das Nutzerverhalten durch entsprechende Kommunikation und Information.

3.1.6.6 Prüfer

Neben der Leistung im Rahmen der HOAI kann ein Fachplaner, Errichter oder Betreiber bzw. ein Akteur mit seiner Kompetenz auch als unabhängiger Dritter mit einem dezidierten Prüfauftrag in ein Projekt eingebunden sein. Der Prüfer ist nicht selbst operativ in einer der oben genannten Rolle tätig und damit auch nicht unmittelbar für die Leistung oder deren Optimierung verantwortlich. Vielmehr identifiziert er durch die Durchführung der Prüfung Defizite in Planung, Errichtung und Betrieb bzw. entsprechende Optimierungspotenziale. In diesem Fall kann die Betriebsoptimierung auch die Analyse von Planungsleistungen und ihrer Konsistenz vom Konzept bis in den Betrieb umfassen.

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





3.1.7 Technische Infrastruktur

Mit Ausnahme des reinen Expertenwissens nutzen alle Methoden der Betriebsoptimierung technische Infrastruktur. Die technische Entwicklung in den letzten Jahren, insbesondere des Internets, der Datenspeicherung und mobiler Endgeräte, haben hier das Feld der Möglichkeiten deutlich erweitert.

3.1.7.1 Messtechnik

Neben der eigentlichen Mess-, Steuer- und Regelungstechnik bringen Methoden der Betriebsoptimierung auch eigene Messtechnik ein. Insbesondere werden Energieverbrauchsmessungen, die für den Betrieb des Gebäudes nicht unmittelbar erforderlich sind, ergänzt.

3.1.7.2 Gebäudeautomation

Auch in der Gebäudeautomation selbst werden Methoden der Betriebsoptimierung umgesetzt. Dies reicht von verbesserten Regelungskonzepten, unter anderem durch Verknüpfung mit dem Internet und dort verfügbaren Daten, über die Visualisierung von Betriebsdaten und zur Kommunikation über Smartphone Applikationen.

3.1.7.3 PC

Viele Werkzeuge der Betriebsoptimierung werden als Software entwickelt. Als Standardkonzept der letzten 20 Jahre werden sie als Programme auf Personalcomputern oder Notebooks eingesetzt. Neben der Datenverarbeitung bieten sie durch die Anwendung über das Internet auch neue Kommunikationsmöglichkeiten, die zum Beispiel Nutzerbefragungen in neuen Dimensionen ermöglichen.

3.1.7.4 Software-as-a-Service (SaaS)

Durch die weitgehende und hochwertige Verfügbarkeit des Internets werden seit einigen Jahren verstärkt sogenannte „Software-as-a-Service“-Leistungen angeboten. Vorteile liegen insbesondere in der Möglichkeit, Software und Daten zentral zu verwalten, zu sichern, zu unterstützen und zu aktualisieren. SaaS kann auch als technische Erweiterung der Gebäudeautomation eingesetzt werden.

3.1.7.5 Mobile Endgeräte

Mit dem Aufkommen von Smartphones stehen nun zum einen viele der vormals auf PCs genutzten Programme auch auf mobilen Endgeräten zur Verfügung. Gleichzeitig bieten die Geräte auch die Möglichkeit einer unmittelbaren Verknüpfung der Programme mit der in den Geräten verfügbaren Sensorik, insbesondere der Ton- und Bildaufnahme.

3.2 EnBop-Projekte

Im Rahmen der EnBop-Begleitforschung wurde ein Projekt-Steckbrief entwickelt, welcher eine einheitliche Beschreibung bzw. Klassifizierung von EnBop-Methoden ermöglicht. Die Sichtung der Einzelprojekte zeigte, dass viele der Projekte nicht im engeren Sinne Methoden oder Werkzeuge der energetischen Betriebsoptimierung entwickelten. Die folgenden 17 Projekte wurden in der Synopse berücksichtigt, Tabelle 2.

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



Tabelle 2 Projekte der EnBop-Topologie

| Projektname | Thema | Förderkennz. |
|----------------------------|---|--------------|
| Coolplan | Berechnungs- und Auslegungstool zur energieeffizienten Kühlung von Gebäuden mit thermisch angetriebenen Kältemaschinen und umschaltbaren Wärmepumpensystemen, Teilprojekt: Prüfstandmessungen, Hydraulik- und Regelstrategien | 03ET1210A |
| DEMO Claudius Höfe Bochum | EnOB/EnBop: DEMO Claudius-Höfe Bochum. Energietechnisches Demonstrationsvorhaben „Energieoptimierte Neubauten“ (EnBau) | 03ET1049A |
| DIGAFLEX | Energieoptimiertes Bauen: Demonstrationsanlage einer integrierten Gebäudeautomatisierung mit flexiblem Gerätespektrum und flexibler Konfiguration | 03ET1016A |
| dVt-Zentral_RLT | EnOB/EnBop: Einsatz von dezentralen Ventilatoren zur Luftförderung in zentralen RLT-Anlagen insbesondere bei Nicht-Wohngebäuden | 03ET1200A |
| Eff-GSGK | EnOB: Effizienzsteigerung der geothermisch- und sorptionsgestützten Klimaanlage (Eff-GSGK) HafenCity | 03ET1065A |
| Eff-Shop | EnOB/EnBop: Betriebsoptimierung bei Verkaufsstätten mit hoher Energiedichte sowie besonderen Energieerzeugungskonzepten und neue Energiesysteme für Shoppingcenter der Zukunft (EffShop); Teilprojekt: Benchmarking, Monitoring, Kreislaufsysteme, Einbindung von Umweltenergie | 03ET1092A |
| E-MonAut | Energieeinsparung im Gebäudebestand durch übergeifende Monitoring- und Automatisierungskonzepte; Teilprojekt: Konzeptentwicklung selbstoptimierende Wärmebereitstellung und Benutzerschnittstellen | 03ET1014B |
| EnEff-BIM IEA-EBC Annex 60 | EnOB_EnTool/EnEff-BIM: Planung, Auslegung und Betriebsoptimierung von energieeffizienten Neu- und Bestandsbauten durch Modellierung und Simulation auf Basis von Bauwerkinformationsmodellen, Teilprojekt: BIM-Datenanalyse, Algorithmen und Datenaustauschformate | 03ET1177A |

| | | |
|----------------------------------|---|-----------|
| EnergyCampusLab | EnOB/EnEff:Campus/EnBop: Gebäudeevaluierung und energetische Optimierung des Campusneubaus der Hochschule Ruhr West - EnergyCampusLab | 03ET1083A |
| enerMAT | EnOB/EnBop-Verbundvorhaben: Entwurfsverfahren für ganzheitliche Energiemanagementsysteme in Gebäuden - enerMAT; Teilvorhaben: Modellbildung, Verifikation und Optimierung | 03ET1084A |
| EX-REG | EnOB/EnBop: EX-REG: Exergiebasierte Regelungsstrategien für die Heiz- und Raumluftechnik - Teilprojekt: Entwicklung und Implementierung | 03ET1218A |
| Heizkostenverteilung – HKV | Innovatives Verfahren zur Optimierung der Heizkostenverteilung im Hinblick auf Primärenergieeinsparung, Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit | 03ET1048A |
| Inst-Kop-HLQ | EnOB: Instationäre gekoppelte energetische und wärmephysiologische Bewertung von Regelungsstrategien für HLK-Systeme | 03ET1166A |
| KaP | Entwicklung von Werkzeugen für die Betriebsanalyse und Systemoptimierung von Kältesystemen in Büro- und Produktionsgebäuden - Kälteanlagen in der Praxis | 03ET1066A |
| KonLuft | Energieeffizienz von Gebäuden durch kontrollierte natürliche Lüftung | 03ET1175A |
| LoxEx-QS [IEA HPP Task 40] | EnOB/EnBop: Qualitätssicherung bei der Planung und Ausführung von Hydraulikkonzepten in niedrigexergetischen Heiz- und Kühlsystemen (LowEx-QS) [IEA HPP Task 40] | 03ET1198A |
| Monitoring Sporthalle Dresden | Energieoptimiertes Bauen: Modellprojekt Zweifeldsporthalle der SG Weixdorf e. V. in Dresden - Monitoring, Evaluierung und Systemoptimierung | 0327431S |

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



3.3 Topologie der EnBop-Projekte

Von insgesamt 17 Forschungsprojekten wurde der Steckbrief ausgefüllt. Die Auswahl mehrerer Antworten unter Angabe der Priorisierung war möglich. „n“ bezeichnet jeweils die Gesamtzahl der Angaben.

Die dominierende Modellierungsmethode unter den EnBop-Methoden war die technisch-physikalische Berechnung, in der Regel als dynamische Gebäude- und Anlagensimulation, Abbildung 8.

| Modellierungsmethode | Anzahl | n = 28 |
|---|--------|--------|
| Empirisch (Benchmarks) | 4 | |
| Prozesshistorisch (Eigenbenchmark) | 6 | |
| Technisch-Physikalische Berechnung (Simulation) | 15 | |
| Regelbasiert | 3 | |
| Weitere | 0 | |

Abbildung 8 Modellierungsmethoden (Sollwert) der EnBop-Projekte

Die übrigen Konzepte wurden nur für einzelne Projekte als Methodik genannt.

Bei den Messmethoden liegen die Schwerpunkt auf technische Messungen, soweit sich die Methoden auf Gebäude im Betrieb beziehen, und technisch-physikalischen Berechnungen, wenn die Optimierung in der Planung stattfindet, Abbildung 9.

| Messmethode | Anzahl | n = 27 |
|--|--------|--------|
| Technische Messungen | 16 | |
| Auditierungen/Sichtprüfung | 3 | |
| Soziologische und psychologische Messungen | 2 | |
| Technisch-Physikalische Berechnung | 6 | |
| Weitere | 0 | |

Abbildung 9 Messmethoden (Istwert) der EnBop-Projekte

Die Bewertungsmethoden umfassen, passend zu der Dominanz der Simulation in den vorgenannten Aspekten, insbesondere Berechnungen und Visualisierungen, Abbildung 10.

| Bewertungsmethode | Anzahl | n = 40 |
|-------------------|--------|--------|
| Normalisierung | 4 | |
| Berechnung | 13 | |
| Visualisierung | 10 | |
| Expertenwissen | 13 | |
| Weitere | 0 | |

Abbildung 10 Bewertungsmethoden (Prüfung) der EnBop-Projekte

Trotz eines zu erwartenden hohen Automatisierungsanteils nutzen viele Projekte auch Expertenwissen als zentralen Bestandteil ihrer Methodik. An dieser Stelle stellt sich für die Bewertung der Methoden in Bezug auf die Skalierbarkeit in der Praxis die Frage nach der Bedeutung des Expertenwissens innerhalb der Methodik. Ist das Expertenwissen ein Schlüsselbaustein für die Anwendung der Methodik und schafft diese hier keine erhebliche Produktivitätsverbesserung, ist eine erfolgreiche Anwendung der breiten Praxis fraglich.

In die gleiche Richtung weist der hohe Wert für die Beteiligung des Menschen innerhalb der Wirkungsmethoden in Abbildung 11.

| Wirkungsmethode | Anzahl | n = 20 |
|--|--------|--------|
| Mensch (Experten-Berichte) | 9 | |
| Teil-Automatisierung (Alarmer, Dashboards) | 6 | |
| Automatisierung (Vorgabe von Regelgrößen) | 5 | |

Abbildung 11 Wirkungsmethoden der EnBop-Projekte

Neben automatisierten und teilautomatisierten Ansätzen erfordert die Hälfte der Methoden einen Menschen, um die Optimierung im Projekt tatsächlich zu veranlassen.

Der Schwerpunkt der Methoden hinsichtlich ihres Einsatzes in den verschiedenen Phasen des Lebenszyklus von Gebäuden liegt erwartungsgemäß im Betrieb, Abbildung 12.

| Phase | Anzahl | n = 32 |
|----------------|--------|--------|
| Konzept | 4 | |
| Planung | 7 | |
| Errichtung | 2 | |
| Inbetriebnahme | 4 | |
| Betrieb | 13 | |
| Sanierung | 2 | |

Abbildung 12 Projektphasen, in denen die EnBop-Methoden eingesetzt werden sollen (n=32)

Es überrascht jedoch, dass die Phase der „initialen“ Betriebsoptimierung – also der Errichtung und Inbetriebnahme – nur vergleichsweise selten als Einsatzzeitraum genannt wird. Mit Blick auf den großen Gebäudebestand und die vergleichsweise geringe Neubautätigkeit bzw. Sanierungsrate ist dies zwar naheliegend, trotzdem zeigen unter anderem die Erfahrungen der Demonstrationsgebäude, dass in den Phasen Errichtung und Inbetriebnahme ein erheblicher Bedarf für Betriebsoptimierung besteht. Aus Sicht des Wirkpotentials eines Qualitätsregelkreises versprechen diese Phasen auch das größte rechtliche Durchsetzungspotential.

Entsprechend den genannten Projektphasen wenden sich die meisten EnBop-Methoden an Fachplaner und Betreiber. Abbildung 13 verdeutlicht dabei für die befragten Projekte in geradezu typischer Weise das Problem der Kluft, der „gaps“, zwischen Planung und Betrieb.

| Akteure | Anzahl | n = 31 |
|-------------|--------|--------|
| Bauherren | 3 | |
| Architekten | 3 | |
| Fachplaner | 10 | |
| Errichter | 1 | |
| Betreiber | 7 | |
| Nutzer | 5 | |
| Prüfer | 2 | |

Abbildung 13 Akteure, die die EnBop-Methoden einsetzen sollen

Anwender sind im Wesentlichen Fachplaner und Betreiber und damit zwei Gruppen, die am Bau in der Regel fast keinen Kontakt haben. Überraschend ist die kleine Anzahl von Projekten, die sich an Prüfer als unabhängige Dritte wendet. Zum einen kommt dies der Rolle des Wissenschaftlers in den Demonstrationsprojekten und im Monitoring recht nahe. Auf der anderen Seite ist jedoch die Rolle eines unabhängigen Prüfers oder Sachverständigen für die Betriebsoptimierung nicht etabliert, so dass diese möglicherweise auch deshalb nicht adressiert wird.



Als notwendige technische Infrastruktur werden fast ausschließlich konventionelle Mittel, wie der PC sowie die Gebäudeautomation und sonstige Messtechnik, angegeben, Abbildung 14.

| Technische Infrastruktur | Anzahl | n = 35 |
|--------------------------|--------|--------|
| PC | 10 | |
| Mobile Endgeräte | 1 | |
| SaaS | 0 | |
| Gebäudeautomation | 10 | |
| Messtechnik | 12 | |
| Weitere | 2 | |

Abbildung 14 Technische Infrastruktur, die für die EnBop-Methoden genutzt werden soll

Das fast völlige Fehlen von Anwendungen für mobile Endgeräte (Apps) und von in der Zukunft voraussichtlich dominierenden SaaS-Lösungen überrascht, zumal viele Hersteller mittlerweile für zahlreiche Produkte entsprechende Lösungen anbieten. Überraschend ist auch, dass zwar 10 Projekte die Gebäudeautomation als technische Infrastruktur nutzen, sie sich jedoch, wie in Abbildung 13 gezeigt, nicht an die Errichter der Anlagen als Anwender wenden. Hier deutet sich möglicherweise ein Konflikt über die Nutzung der Infrastruktur bzw. der entsprechenden Daten an.

TU Braunschweig
Institut für Gebäude-
und Solartechnik
Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





3.4 Fazit

Eine Analyse von 17 Projekten ist sicherlich nicht ausreichend, um eine repräsentative Aussage über die laufende Forschung im Bereich der Betriebsoptimierung für Gebäude zu entwickeln. Dennoch ist der Ansatz einer Topologie interessant: die strukturierte Dokumentation zeigt Schwerpunkte innerhalb der Projekte auf.

Die Ergebnisse entsprechen zum Teil den Erwartungen, wenn ein Großteil der Projekte auf die Betriebsphase fokussiert und dazu technisch-physikalische Simulationen einsetzt. Auf der anderen Seite überrascht der geringe explizite Fokus auf die kritische und in der wissenschaftlichen Literatur als entscheidend identifizierte Phase der Inbetriebnahme.

Fragen werfen insbesondere zwei Feststellungen auf:

1. In die Projekte sind offensichtlich nur wenige Software-Ingenieure eingebunden. Die Entwicklung von Methoden und Werkzeugen findet nur selten unter Einbeziehung innovativer Methoden des Software Engineerings statt, obwohl dies in vielen Domänen eine Schlüsseltechnologie ist. Möglicherweise wird dies bei der Entwicklung von frühen Demonstratoren nicht als entscheidend angesehen. In Bezug auf die Möglichkeiten einer späteren Anwendung in der Praxis und die erforderliche robuste Skalierbarkeit könnten hier aber wichtige Chancen vertan werden.
2. Die Projekte adressieren in weiten Teilen den Mensch, entweder direkt oder als Endpunkt eines teilautomatisierten Prozesses. Für die Bewertung der Effektivität einer Methode oder eines Werkzeugs und die späteren Verwertungsmöglichkeiten ist aber gerade bei der Betriebsoptimierung wichtig zu bemessen, wie groß der Einfluss des Menschen ist, um die Betriebsoptimierung tatsächlich zu erreichen. Dies ist nach Meinung der Autoren nur schwer in einzelnen Demonstrationsprojekten festzustellen, zumal hier fast immer (und sinnvoller Weise) erfahrene Einzelpersonen einbezogen werden. Für die Evaluation der Praxistauglichkeit bedarf es einer größeren Anzahl von Anwendungen, die den Einfluss individueller Experten ausschließen oder zumindest systematisch bewertbar machen.

Die beiden Fragestellungen zielen in die gleiche Richtung und berühren einen entscheidenden Kritikpunkt, der bereits in den IEA Annexen angesprochen wurde. Betriebsoptimierung erfolgt in der Praxis – wenn überhaupt – in der Regel als Teil einer Dienstleistung unter hohem Zeit- und Kostendruck. Innerhalb der Forschungsprojekte wird genau dieser Druck durch lange Projektlaufzeiten und Personalmittel für die Forschung genommen. Es besteht die Gefahr, dass die Konzepte ohne anschließende Prüfung unter realen Bedingungen systematisch falsche Akzente setzen. Es ist deshalb dringend erforderlich, die EnBop-Methoden und Werkzeuge in die Praxis zu überführen, dort unter realen Bedingungen anzuwenden und auch dort systematisch zu evaluieren. Denn der Bedarf für EnBop-Maßnahmen ist, wie das nächste Kapitel zeigt, erheblich.

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





4 ENBOP-MAßNAHMEN

Die Zielsetzung der oben dargestellten Methoden ist – bei allen Unterschieden in den Herangehensweisen und der Integration in den Lebenszyklus von Bauprojekten – immer ähnlich: Durch einen Eingriff, eine Maßnahme, soll eine Verbesserung der Gebäudeperformance erreicht werden. Neben den konzeptionellen Ansätzen, die in den beiden vorherigen Abschnitten beschrieben wurden, ist die Bewertung des tatsächlichen Nutzens in der Praxis ungleich schwerer. Er zeigt sich, wie oben beschrieben, erst bei der realen Anwendung und kann letztendlich auch nur dort bewertet werden.

In diesem Abschnitt wird zunächst eine Analyse von rund 75 Forschungsberichten zu Demonstrationsprojekten aus dem Förderprogramm EnOB zu Neubauten (EnBau) und Sanierungen (EnSan) vorgestellt.

Aufbauend auf den Ergebnissen dieser Analyse wurde eine umfassendere und praxisnahe Methodik für eine standardisierte und projektübergreifende Erfassung und analytische Aufbereitung von Maßnahmen zur Betriebsoptimierung erarbeitet. Nach dieser Systematik wurden anschließend mehr als 850 einzelne Maßnahmen aus verschiedenen Forschungsprojekten dokumentiert.

Im Ergebnis liegt eine systematische und projektübergreifende Synopse von Maßnahmen der Betriebsoptimierung vor. Neben ersten Ergebnissen der Auswertung gibt die Methodik insbesondere auch Hinweise für die zukünftige Anwendung, um die Betriebsoptimierung in Gebäuden kontinuierlich aussagekräftig zu dokumentieren.

4.1 EnBop-Maßnahmen in EnOB-Projekten

Im Forschungsfeld EnOB – Energieoptimiertes Bauen – wurden in den letzten Jahren zahlreiche Demonstrationsgebäude wissenschaftlich begleitet. Diese Arbeiten umfassten in der Regel ein intensives Monitoring einschließlich Betriebsoptimierung in den ersten Jahren.

Im Rahmen von EnBop wurden die Berichte zu diesen Projekten zunächst gesichtet, um festzustellen, welche Maßnahmen für die Demonstrationsprojekte dokumentiert wurden und auf welche Art und Weise dies erfolgte.

4.1.1 Ergebnisse der Sichtung von Demonstrationsprojekten

Bei der Sichtung von rund 75 Einzelberichten zu EnOB-Demonstrationsgebäuden sowie mehr als 150 Optimierungsmaßnahmen zu energetischer Betriebsoptimierung wurden deskriptive Analysen über die Art und Darstellung von Gebäudefunktionen erarbeitet.

Die Untersuchung erfolgte über eine Klassifizierung einzelner Maßnahmen u.a. hinsichtlich der betroffenen Gewerke und Bauteile sowie der Art der Maßnahme und Bewertungsmethode, soweit diese in den vorliegenden Berichten dokumentiert wurden.

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



Abbildung 15 zeigt, dass die meisten Maßnahmen für die Heiz- und Kühlsysteme (44%) und die Lüftung (28%) dokumentiert wurden.

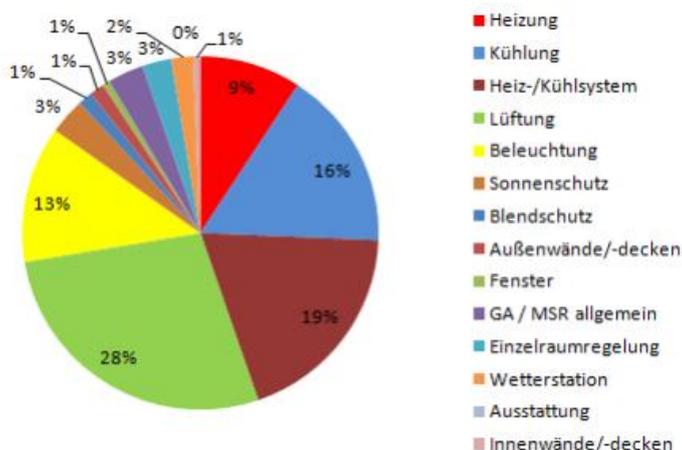


Abbildung 15 Gewerke, in denen Optimierungsmaßnahmen identifiziert wurden (n=139)

Maßnahmen an Gewerken der Baukonstruktion oder der Gebäudehülle wurden bei den untersuchten Demonstrationsgebäuden kaum dokumentiert.

Als zweites Charakteristikum wurde für die Maßnahmen die Art des Eingriffs bewertet. Abbildung 16 zeigt, dass fast die Hälfte der Maßnahmen lediglich eine Änderung der Einstellungen der Anlagen oder eine Umprogrammierung erforderten.

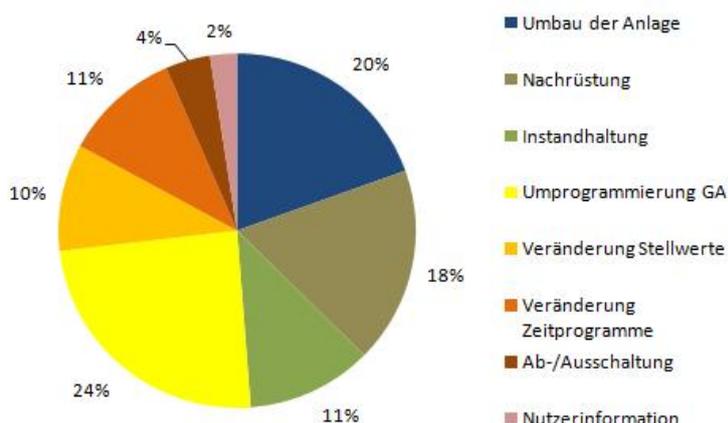


Abbildung 16 Art der Optimierungsmaßnahmen (n=123)

Obwohl die Anlagen in der Regel erst vor kurzem errichtet worden waren, wurden zahlreiche Umbauten (20%) und Nachrüstungen (18%) dokumentiert.

Die Beurteilung des Einsparpotenzials umgesetzter Maßnahmen, wie beispielsweise eine zukünftige Betriebskosteneinsparung, und die Gegenüberstellung der Kosten der Maßnahme zur Darstellung der Wirtschaftlichkeit, wurden eher selten durchgeführt bzw. gar nicht in den Berichten dokumentiert.

Der Einsatz von Werkzeugen zur methodischen Betrachtung von Kosteneinsparungen oder zur Analyse des Energieverbrauchs wurde kaum dokumentiert. Abbildung 17 zeigt, dass stattdessen in den wenigen Fällen, in denen eine wirtschaftliche Betrachtung vorlag, lediglich Vergleichswerte bzw. Handrechnungen herangezogen wurden.

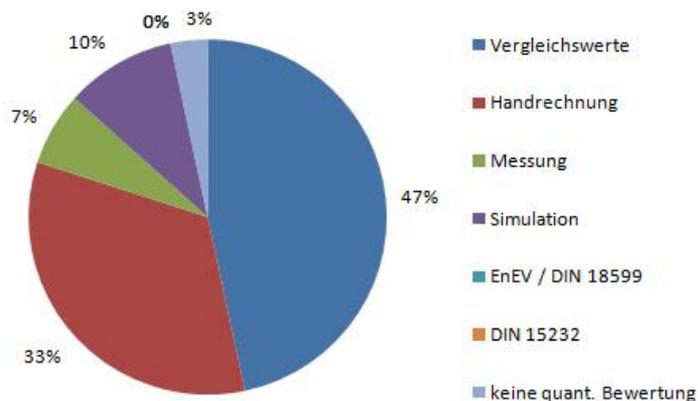


Abbildung 17 Bewertungsmethoden (n=30)

Die Durchführung von Messungen über die Auswirkung der umgesetzten Maßnahme wurde nur in Ausnahmefällen dokumentiert.

4.1.2 Dokumentation von Optimierungsmaßnahmen in Demonstrationsprojekten

Die Demonstrationsgebäude zeigten, dass innovative Gebäude offenbar ein hohes Potenzial bzw. die Notwendigkeit zur Betriebsoptimierung aufweisen. Im Gegensatz dazu erscheinen die strukturierte Herangehensweise, der präzise Einsatz effektiver Werkzeuge und die Dokumentation der Optimierung innerhalb der Forschungsprojekte weniger weit entwickelt und systematisiert.

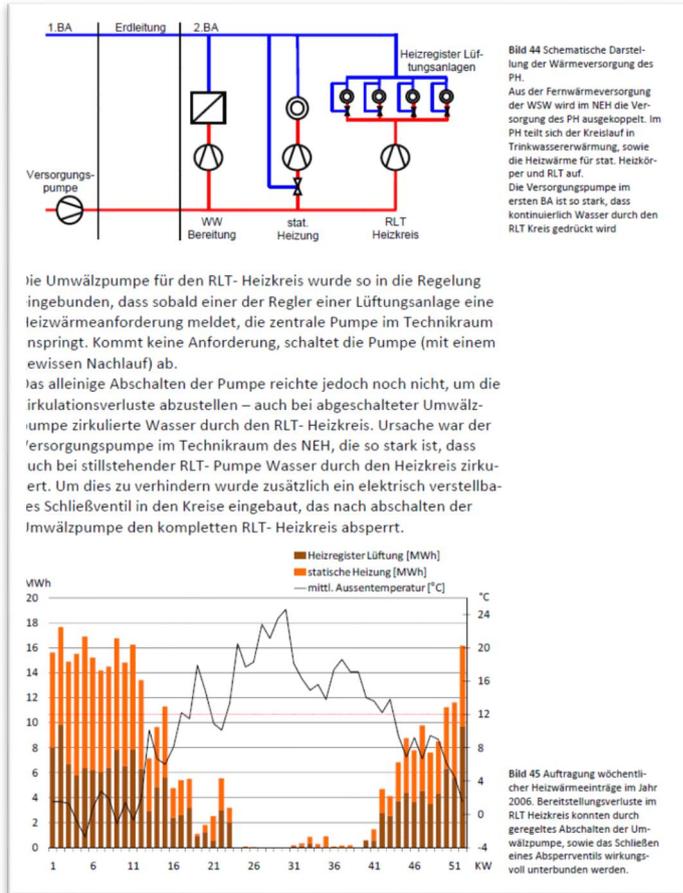
Gerade weil die Fehleranalyse und Optimierung bei innovativen Demonstrationsgebäuden in den Forschungsprojekten einen hohen Stellenwert hatten, ist überraschend, wie heterogen und (im Nachhinein) unstrukturiert die Dokumentation dieser Arbeiten erfolgte. Abbildung 18 und Abbildung 19 zeigen typische Beispiele für die Dokumentation von Optimierungspotenzialen und Maßnahmen in Forschungsberichten.

TU Braunschweig
Institut für Gebäude-
und Solartechnik
Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636

 **EnOB**
Forschung für
Energieoptimiertes Bauen

 **EnBop**



Die Umwälzpumpe für den RLT- Heizkreis wurde so in die Regelung eingebunden, dass sobald einer der Regler einer Lüftungsanlage eine Heizwärmeanforderung meldet, die zentrale Pumpe im Technikraum anspringt. Kommt keine Anforderung, schaltet die Pumpe (mit einem gewissen Nachlauf) ab. Das alleinige Abschalten der Pumpe reichte jedoch noch nicht, um die Zirkulationsverluste abzustellen – auch bei abgeschalteter Umwälzpumpe zirkulierte Wasser durch den RLT- Heizkreis. Ursache war der Leistungsdruck der Versorgungspumpe im Technikraum des NEH, die so stark ist, dass auch bei stillstehender RLT- Pumpe Wasser durch den Heizkreis zirkuliert. Um dies zu verhindern wurde zusätzlich ein elektrisch verstellbares Schließventil in den Kreis eingebaut, das nach Abschalten der Umwälzpumpe den kompletten RLT- Heizkreis absperrt.

TU Braunschweig
Institut für Gebäude- und Solartechnik
Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel : 0531 / 391 - 3555
Fax : 0531 / 391 - 8125
e-mail : igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



Abbildung 18 Dokumentationsbeispiel Projekt „Neue Burse“⁹³



Abbildung 19 Dokumentationsbeispiel Projekt Lebenshilfe Lindenberg⁹⁴

Die technischen Details werden detailliert qualitativ in Form individuell formulierter Texte beschrieben. Es werden hier zwar Maßnahmen identifiziert, das methodische Vorgehen entspricht jedoch eher einer individuellen ingenieurtechnischen Analyse.

Einzelne EnBop-Projekte, die sich mit der Verbesserung von Methoden der Betriebsoptimierung auseinandergesetzt haben und diese auch erprobten, entwickelten hierzu eigene systematische Ansätze, wie die Beispiele aus dem Projekt „KaP – Kälteanlagen in der Praxis“ zeigen. Dort wurden zur Bewertung für Optimierungsmaßnahmen z.B. eine einfache 3-stufige Bewertungsskala € / €€ / €€€ für die Wirtschaftlichkeit von Optimierungsmaßnahmen, Abbildung 20, und ein Punktesystem für die Bewertung von Kälteanlagen im Bestand eingesetzt, Abbildung 21.

| Prüfung/Auflage | Befund | Maßnahme | techn. Voraussetzungen | Durchführung | Kosten | Einsparung | KaP- Bewertung € / €€ / €€€ | Wirtschaftlichkeit € / €€ / €€€ |
|---|---|--|---|----------------------|--------|------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Lastprofil der angeschlossenen Verbraucher, Temperaturniveau der Kälteanlage | Keine Freie Kühlung vorhanden, Kältebedarf in kalter Jahreszeit, hoher Temperaturniveau | Prüfung Umsetzbarkeit freie Kühlung | Platzreserven für Wärmetauscher | Fachplaner/Fachfirma | €€ | | 1 | 5 | 2 | 1 | 1 |
| Lastprofil der angeschlossenen Verbraucher, Temperaturniveau der Kälteanlage, hydraulische Verschaltung der Freien Kühlung und der Verbrauchergruppen | Freie Kühlung vorhanden, kommt aber nicht / kaum zum Einsatz, Absörung der hydraulischen Schaltung möglich | Prüfung Umsetzbarkeit eines Parallelbetriebs der Freien Kühlung, Absörung von Verbrauchergruppen für den Freikühlbetrieb | Fußflächen für Wärmetauscher | Fachplaner/Fachfirma | €€ | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Zeitlicher Zusammenhang von Wärme- und Kältebedarf | Gleichzeitigkeit von Kälte- und Wärmebedarf, Kältebedarf in kalter Jahreszeit bzw. Wärmebedarf in der warmen Jahreszeit | Prüfung Umsetzbarkeit Abwärmenutzung (Wärmetauscher oder zusätzliche Wärmepumpe) | Platzreserven für Wärmetauscher | Fachplaner/F | | | | | | | |
| Standort des Rückkühlwerks, Wartschaltung mit Umgebung und Technikkomponenten in der Umgebung | Wartschaltung in Außenwand, Aufstellung von Luftmassen | Standortwechsel prüfen | | Fachplaner/F | | | | | | | |
| Zustand des Rückkühlwerks, Auslegung | baufähig (über 15 Jahre), schlechter Zustand, unzureichende Auslegung | Rückkühlwerk erneuern | | Fachplaner/F | | | | | | | |
| hydraulische Verschaltung der Rückkühlung, Anleistung der einzelnen Anlagen, Effizienz der Rückkühlwerke | einzelne RTR für RM, hohe Belastung einer RM, gleichzeitig geringe Auslegung der anderen | Zusammenfassung der Rückkühlung einzelner Kälteanlagen | räumliche Nähe der einzelnen RM und RM | Fachplaner/F | | | | | | | |
| Wie werden die einzelnen Ventilatoren bzw. Kältekreise im Rückkühlwerk in Teilzeit angesteuert bzw. geregelt? | Ventilatoren werden einzeln nach Bedarf auf höchste Stufe hochgefahren, statt alle zusätzlich auf niedrigste Stufe (entsprechend bei mehreren Kältekreisen im Rückkühlwerk) | Parallele Regelung der Rückkühl-Verfüßlungsventilatoren bzw. von Rückkühlkreisen (Flächenvergrößerung) | ventilatoren zusammen- oder dreihängig angelegt | Fachplaner/F | | | | | | | |
| Ansteuerung der Ventilatoren | Ventilatoren im An/Aus-Betrieb | Einsatz dreihängiger/ventilatorischer Rückkühl- bzw. Verfüßlungsventilatoren | | Fachplaner/F | | | | | | | |
| Temperaturen im Jahreslauf, Laufzeit des Kompressorventilators, Laufzeit des Kompressorventilators | Temperaturen steigen langsam langsam deutlich, System nur Ende der Saison noch mehrmals abschalten / aufheizen | Prüfung der Energiebilanz (Wärmeertrag/-entzug) | | Fachplaner | € | | | | | | |



Abbildung 20 KaP – Kälteanlagen in der Praxis (BROCHIER Consulting + Innovation GmbH)⁹⁵

Abbildung 21 KaP – Kälteanlagen in der Praxis (SIZ EGS)

Die wissenschaftliche Auswertung wird durch das Fehlen präziser quantitativer Aussagen und einheitlicher Bewertungsmethoden erschwert. Darüber hinaus erscheint eine (vermutlich auch nicht angestrebte) Übertragung und Skalierbarkeit der Analysen und Darstellungsweisen in die Praxis kaum möglich.

4.2 EnBop-Methodik der Datenerfassung

Aufbauend auf den Ergebnissen der Analyse der Demonstrationsprojekte wurde eine umfassende Dokumentationsmethodik für Maßnahmen zur Betriebsoptimierung entwickelt. Die Erarbeitung erfolgte unter anderem auch im Kontext des IEA Annex 47 „Cost Effective Commissioning of Existing and Low Energy Buildings“⁹⁶.

Die Methodik sollte für Optimierungsmaßnahmen folgende Ziele verfolgen:

1. Die qualitative technische und organisatorische Dokumentation.
2. Die quantitative Dokumentation der Wirtschaftlichkeit.
3. Die einfache und robuste Handhabung der Methodik in der Praxis.

Abbildung 22 zeigt das Konzept der zur Erreichung dieser Ziele entwickelten Methodik.

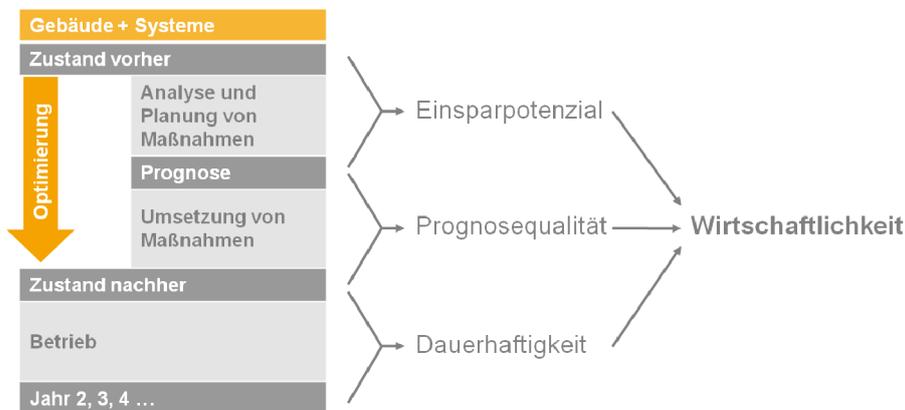


Abbildung 22 Konzept der Bewertungsmethodik

Die Methodik geht zunächst davon aus, dass die Maßnahmen mit kompakten Attributen zum betroffenen Gebäude und System dokumentiert werden muss. Darüber hinaus ist der Effekt der Maßnahmen auf das betroffene System als Unterschied zwischen dem Zustand vor und nach der Maßnahmen zu beschreiben. Da für die Umsetzung von Maßnahmen in der Regel eine Vorab-Bewertung als Entscheidungsgrundlage vorliegen muss, soll auch diese Prognose der Maßnahmen dokumentiert werden.

Diese Struktur soll neben der Weiterführung und Erweiterung der oben für die Demonstrationsgebäude dargestellten qualitativen Erfassung eine systematische quantitative Erfassung der Einsparpotenziale und eine Dokumentation der tatsächlich erreichten Einsparungen ermöglichen. Darüber hinaus soll eine Bewertung der Qualität der verwendeten Prognosen entwickelt werden, um bei Bedarf bessere Methoden zu entwickeln.

Da Betriebsoptimierungen oft wenig robuste Maßnahmen sind, die durch kleine Eingriffe auch wieder rückgängig gemacht werden können, ist die Dauerhaftigkeit von Optimierungen trotz der erwarteten kurzen Amortisationszeiten ein wichtiger Aspekt. Durch eine kontinuierliche Bewertung des Zustands nach der Umsetzung der Maßnahmen kann die Dauerhaftigkeit bewertet werden.

Auf der Basis dieser Daten kann eine umfassende Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Optimierungsmaßnahmen erfolgen.

4.2.1 Angaben zum Gebäude

In Tabelle 3 werden Attribute und Merkmale zum Gebäude dargestellt.

Tabelle 3 Attribute und Merkmale zum Gebäude

| Nr. | Attribut | Merkmale | Erläuterung |
|-----|---|--|---|
| G01 | Name des Gebäudes oder der Liegenschaft | Text | |
| G02 | Straße | Text | |
| G03 | Hausnummer | Zahl | |
| G04 | Ort | Text | |
| G05 | Postleitzahl | Zahl | |
| G06 | Gebäudetyp | Büro- / Verwaltungsgebäude Einzelhandel Gewerbebauten / Logistik Produktionsstätte Kita Bildungsbauten (Schule) Institutsgebäude Labor Bibliothek Sportstätte Kino Krankenhaus Wohngebäude Hotel Sonstige | |
| G07 | Netto-Grundfläche | Angabe in [m ²] | Die Nettogrundfläche nach DIN 277 ⁹⁷ gliedert sich in die Nutzfläche, technische Funktionsfläche und Verkehrsfläche. Sie schließt die Grundfläche von freiliegenden Installationen, fest eingebauten Gegenstände, Einbaumöbeln, Installationskanälen und -schächten ein. |
| G08 | Baujahr | | |

4.2.2 Angaben zur Maßnahme

Eine genaue Abgrenzung dessen, was „eine Maßnahme“ zur Betriebsoptimierung ist, ist nicht umfassend exakt zu definieren und nur schwer allgemein beschreibbar. Entscheidend für die Evaluation ist, dass die jeweils für die Maßnahme angegebenen Daten sich auf einen eindeutigen Umfang an Eingriffen beziehen. Ist eine Maßnahme Teil eines Pakets von Maßnahmen, können einzelnen Kostenarten (Akquisition, Besprechungen, Software, Reisekosten etc.) und Einsparungen, die für das gesamte Paket anfallen, nur zum Teil der einzelnen Maßnahme zugeordnet werden. Es wird deshalb soweit möglich dokumentiert, ob eine Maßnahme Teil eines Pakets von Maßnahmen war, Tabelle 4.

Tabelle 4 Attribute und Merkmale zur Maßnahme

| Nr. | Attribut | Merkmale | Erläuterung |
|-----|---|--|--|
| M01 | Art der Maßnahme | Bedienung der Technischen Anlagen Inspektion und Wartung der Baukonstruktion Inspektion und Wartung der Technischen Anlagen Instandsetzung der Baukonstruktion Instandsetzung der Technischen Anlagen Umbau Baukonstruktion Umbau TGA Modernisierung Baukonstruktion Modernisierung TGA Sanierung der Baukonstruktion Sanierung der Technischen Anlagen Information, Schulung für Nutzer Information, Schulung für Betreiber | |
| M02 | Betroffene Technische Anlagen | Gebäudehülle Heizung Kühlung Lüftung Beleuchtung Gebäudeautomation Sonstiges | |
| M03 | Beschreibung des Zustandes vor Umsetzung | | Textliche Beschreibung des identifizierten Mangels oder Fehlers. |
| M04 | Beschreibung der Maßnahme | | Textliche Beschreibung der Optimierungsmaßnahme |
| M05 | Teil einer Gesamtmaßnahme? | Ja/Nein | War die Maßnahme Teil eines größeren Maßnahmenpakets? |

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



4.2.3 Angaben zu Prognose und Umsetzung

Für die Dokumentation der vor der Umsetzung der Maßnahme prognostizierten und nach der Maßnahme tatsächlich festgestellten Daten werden die gleichen Attribute und Merkmale verwendet, um einen entsprechenden Abgleich zur Bewertung der Prognosequalität entwickeln zu können. Eine Ausnahme bilden P01/U01, für die unterschiedliche Attribute verwendet wurden.

| Nr. | Attribut | Merkmale | Erläuterung |
|------------|---|---|--|
| P01 | Methode der Bewertung in der Prognose | keine quant. Bewert. EnEV / DIN 18599 Simulation VDI 2067 Handrechnung Vergleichswerte DIN 15232 Sonstiges | |
| U01 | Methode der Bewertung nach der Umsetzung | keine quant. Bewert. Einzelmessung Gesamtmessung Schätzung Simulation | IPMVP Option A IPMVP Option B IPMVP Option C IPMVP Option D |
| P02 U02 | Gesamtkosten der Maßnahme | Angaben in [€] | Gesamtkosten der Maßnahme, inkl. externe Kosten (z.B. Beratung, Errichterfirmen) und internen Kosten (z.B. Aufwand des Gebäudeeigentümers) |
| P03 U03 | Kosteneinsparung | Angaben in [€/a] | Angabe der prognostizierten Kosteneinsparung. |
| P04 U04 | Statische Amortisation | Angaben in Jahren [a] | Die (statische) Amortisationszeit [a] ist der Quotient aus den Investitionskosten [€] und der jährlichen Einsparung [€/a]. |
| P05 U05 | Einsparung Wärme | Angabe in [kWh/a]. | Angabe der Differenz Jahresverbrauchswerte für Endenergie Wärme vor und nach Umsetzung der Maßnahme. |
| P06 U06 | Einsparung Strom | Angabe in [kWh/a] | Angabe der Differenz Jahresverbrauchswerte für Endenergie Strom vor und nach Umsetzung der Maßnahme. |
| P07 U07 | Einsparung Wasser | Angabe in [m³/a]. | Angabe der Differenz Jahresverbrauchswerte für Wasser vor und nach Umsetzung der Maßnahme. |
| P08 U08 | Maßnahme wirksam ab | Datum | Datum des Tages, ab dem die Maßnahme umgesetzt ist und die Einsparwirkung erwartet wird. |
| P09 U09 | Betroffene Netto-Grundfläche | [m²] | NGF, die durch die Maßnahme betroffen ist (z.B. die durch eine Lüftungsanlage belüftete NGF). |
| P10 U10 | Anmerkungen | Text | |



4.3 Auswertung

Daten zu Optimierungsmaßnahmen wurden während des gesamten EnBop-Projekts zusammengetragen, zum Teil auch schon, bevor die finale Erfassungsmethodik feststand. Dieser Abschnitt stellt die Ergebnisse überwiegend deskriptiv vor. Dies umfasst zunächst eine Übersicht über die insgesamt vorliegenden Daten, gefolgt von ausgewählten Einzelergebnissen. Vertieft wird dann das zentrale Thema der Wirtschaftlichkeit erläutert. Wegen der aus Sicht der Autoren besonders bemerkenswerten Ergebnisse zeigt der letzte Abschnitt Daten zur Umsetzungsdauer, also zum zeitlichen Ablauf der Maßnahmen von der Identifikation des Optimierungspotenzials bis zur Umsetzung und Wirksamkeit der Maßnahme.

4.3.1 Übersicht über die Angaben zu den EnBop-Maßnahmen

Insgesamt wurden in EnBop 870 Maßnahmen in ca. 160 Gebäuden dokumentiert. Erwartungsgemäß nimmt die Anzahl der Angaben mit dem Detaillierungsgrad stark ab. Bei über 600 Maßnahmen konnte eine Zuordnung zur Art der Maßnahme vorgenommen werden. Für rund die Hälfte der Maßnahmen lagen darüber hinaus weitere Details zur Maßnahme vor.

Für rund 50 Maßnahmen liegen quantitative Angaben zu Energieeinsparungen und zur Wirtschaftlichkeit als Prognose vor. Weniger Angaben wurden für die Umsetzung gemacht. Die meisten der Daten zu Prognose und Umsetzung stammen aus dem Europäischen Projekt Re-Commissioning, das von 2010 bis 2013 parallel zu EnBop verlief. Bei Re-Co, dessen Schwerpunkt explizit die Identifikation und Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen war, war es möglich, die Dokumentationsmethodik aus EnBop als verbindliche Vorgabe zur Dokumentation von Maßnahmen an die Projektpartner auszugeben, so dass hier eine sehr gute Datengrundlage entwickelt werden konnte.

Tabelle 5 zeigt die Häufigkeit der Angaben in der Übersicht^{VI}.

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3635
Fax: 0531 / 391-3636



^{VI} Die Gesamtanzahl und Teilsummen von Angaben weichen teilweise voneinander ab. Zu einigen Maßnahmen wurden zwar quantitative Angaben gemacht. Da diese aber z.B. in Form von „>1000 €“ erfolgten, wurden Sie bei der Auswertung zwar gezählt, bei der übergreifenden Bewertung einzelner Größen jedoch nicht berücksichtigt.

Tabelle 5 Übersicht über die Angaben zu allen erfassten Maßnahmen

| Attribut | Anzahl |
|---|--------|
| Gebäudedaten | |
| Name des Gebäudes oder der Liegenschaft | 830 |
| Standort (mit Untergruppe --> für Ticketsystem) | 506 |
| Gebäudetyp | 582 |
| Netto-Grundfläche | 458 |
| Baujahr | 444 |
| Link zum Gebäude | 97 |
| Maßnahmenbeschreibung | |
| Name der Maßnahme | 606 |
| Kennzeichen / Quelle | 836 |
| Art der Maßnahme | 632 |
| Zuordnung Kostengruppen DIN 276 (Neubau, Umbau, Modernisierung) | 200 |
| Zuordnung Kostengruppen DIN 18960 (Instandhaltung) | 445 |
| Beschreibung des Zustandes vor Umsetzung | 242 |
| Beschreibung der Maßnahme | 814 |
| Teil eines Maßnahmenpakets? | 314 |
| Optimierungspotenzial festgestellt am | 401 |
| Optimierungspotenzial festgestellt in Phase | 274 |
| Dringlichkeit / Priorität | 0 |
| weiterführender Link | 0 |
| Dokumentupload Zustand und Maßnahme | 0 |
| Prognose | |
| Methode der Prognose | 55 |
| Gesamtkosten der Maßnahmen (ggf. keine Summe) | 237 |
| Kosteneinsparung | 185 |
| Statische Amortisation | 147 |
| Einsparung Wärme | 65 |
| Einsparung Strom | 153 |
| Einsparung Wasser | 0 |
| Maßnahme wirksam ab | 88 |
| Betroffene Netto-Grundfläche | 0 |
| Anmerkungen | 1 |
| Link Maßnahmenprognose | 0 |
| Dokumentupload Prognose | 0 |
| Umsetzung | |
| Methode der Bewertung der Umsetzung | 0 |
| Gesamtkosten der Maßnahmen (ggf. keine Summe) | 56 |
| Kosteneinsparung | 47 |
| Statische Amortisation | 21 |
| Einsparung Wärme | 15 |
| Einsparung Strom | 37 |
| Einsparung Wasser | 0 |
| Maßnahme wirksam ab | 39 |
| Betroffene Netto-Grundfläche | 0 |
| Anmerkungen | 0 |
| Link Maßnahmenumsetzung | 0 |
| Dokumentupload Umsetzung | 0 |

4.3.2 Einzelergebnisse zu den EnBop-Maßnahmen

Im Folgenden wird die Häufigkeit der zutreffenden Angaben zu einzelnen Attributen dargestellt. Abbildung 23 zeigt die Art der Gebäude, für die Maßnahmen dokumentiert wurden^{VII}.

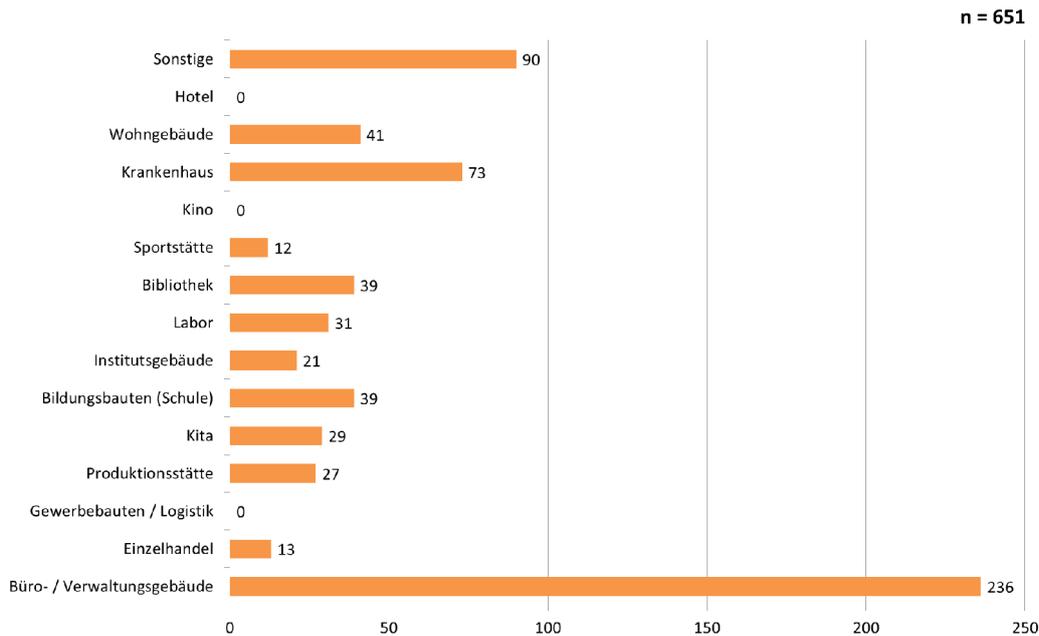


Abbildung 23 Gebäude

Büro- und Verwaltungsgebäude dominieren die Maßnahmen mit 236 Angaben. Darüber hinaus liegen jeweils mehr als 25 Maßnahmen für Wohngebäude, Krankenhäuser, Bibliotheken, Labors, Schulen und Kitas sowie Produktionsstätten vor. Die Zusammensetzung ergibt sich stark aus den Schwerpunkten der Forschungsprojekte, aus denen die Daten übernommen wurden.

Die Arten der Maßnahmen (648 Angaben) werden dominiert von der TGA und hier von der Bedienung (130) und der Instandsetzung (147). Deutlich weniger vertreten sind Maßnahmen im Zuge der Inbetriebnahme und Einregulierung (44).

^{VII} Die Angaben zählen die Attribute für jede Maßnahme, soweit diese vorlagen. Wenn mehrere Maßnahmen für ein Gebäude vorlagen, wurden diese auch mehrfach gezählt.

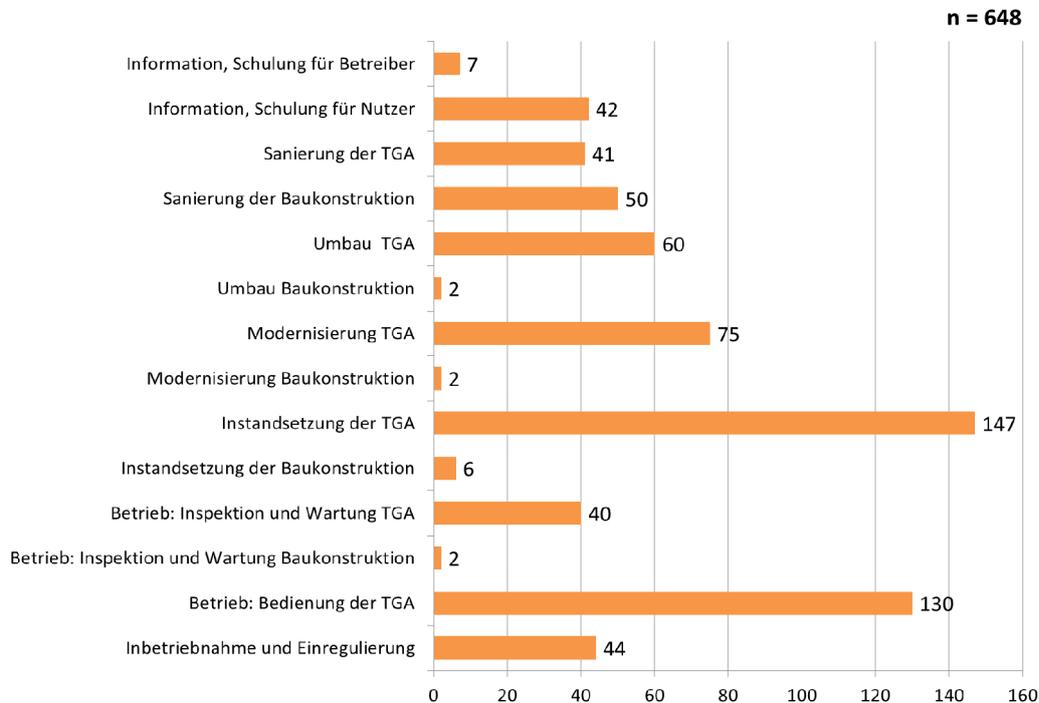


Abbildung 24 Art der Maßnahme

In Bezug auf die bei Neubau, Umbau und Modernisierung von Maßnahmen betroffenen Gewerke (194 Angaben) wurden insbesondere Maßnahmen bei lufttechnischen (51) und wärmetechnischen (63) Anlagen dokumentiert, Abbildung 25. Eine ähnliche Verteilung, mit insgesamt rund doppelt so vielen Angaben (414) betreffen die Maßnahmen in der Instandhaltung (185/142).

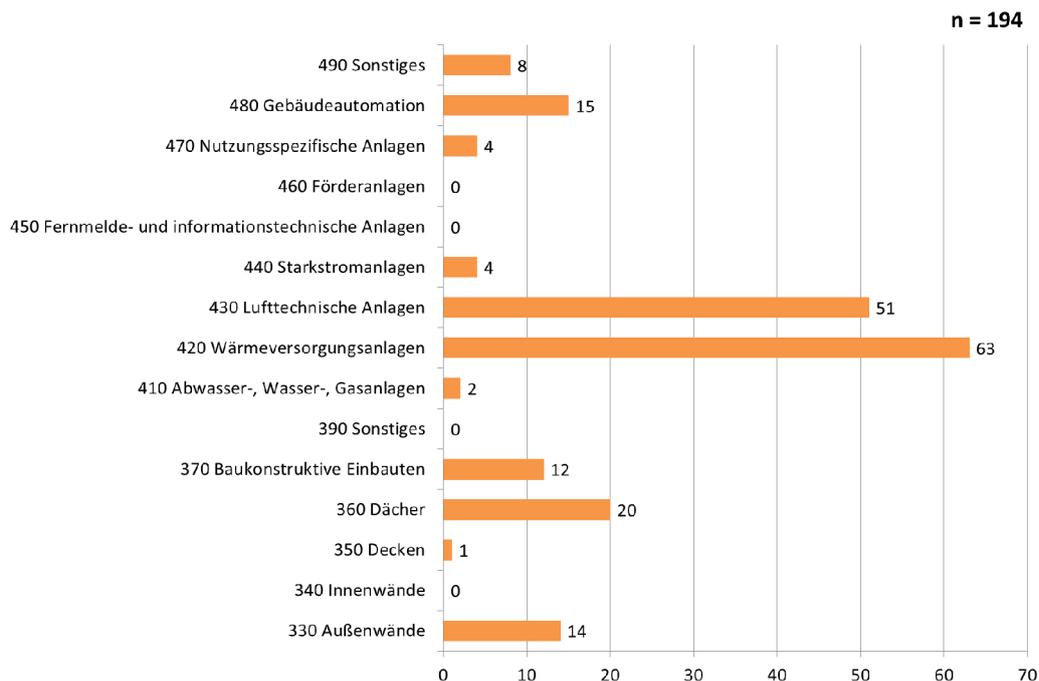


Abbildung 25 Betroffene Technische Anlagen (Neubau, Umbau, Modernisierung)

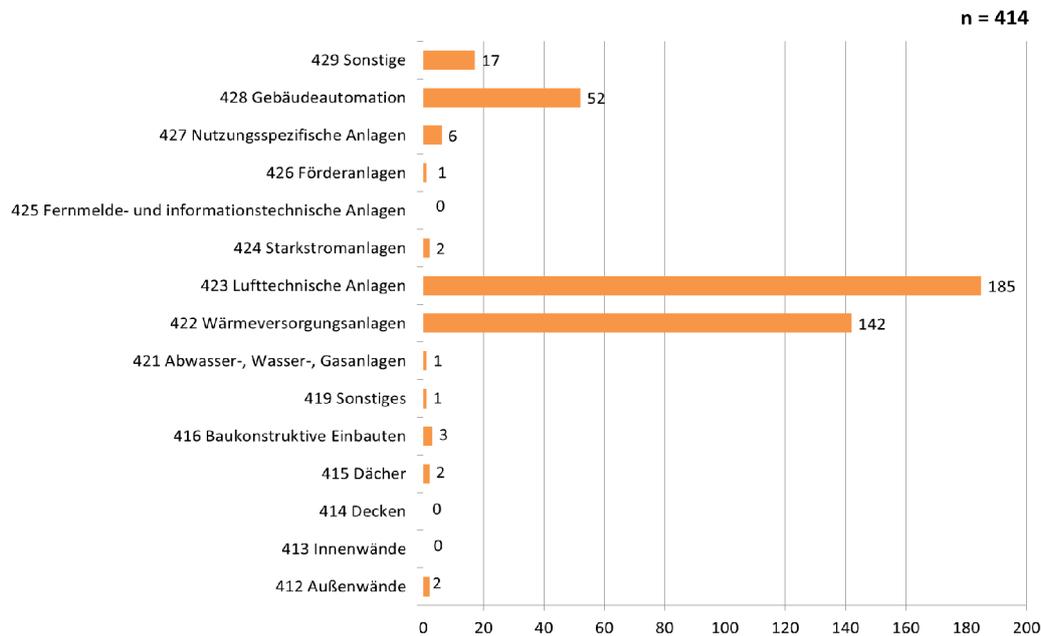


Abbildung 26 Betroffene Technische Anlagen (Instandhaltung)

Die Angaben zu den Methoden, mit denen diese quantitativ bewertet wurden, sind in mehrfacher Hinsicht bemerkenswert. Zum einen wurden nur für einen Bruchteil von rund 6% der Maßnahmen überhaupt Angaben zur Bewertungsmethode gemacht. Dies lässt vermuten, dass hier wenige einfache und etablierte Werkzeuge vorhanden sind oder üblicherweise verwendet werden. Da die Anzahl sogar deutlich unter der Anzahl der qualitativen Bewertungen liegt – also mehr Angaben zu Ergebnissen als zur Art der Berechnungsmethode vorliegen – scheint diesem Aspekt in den Projekten keine große Bedeutung zugemessen zu werden.

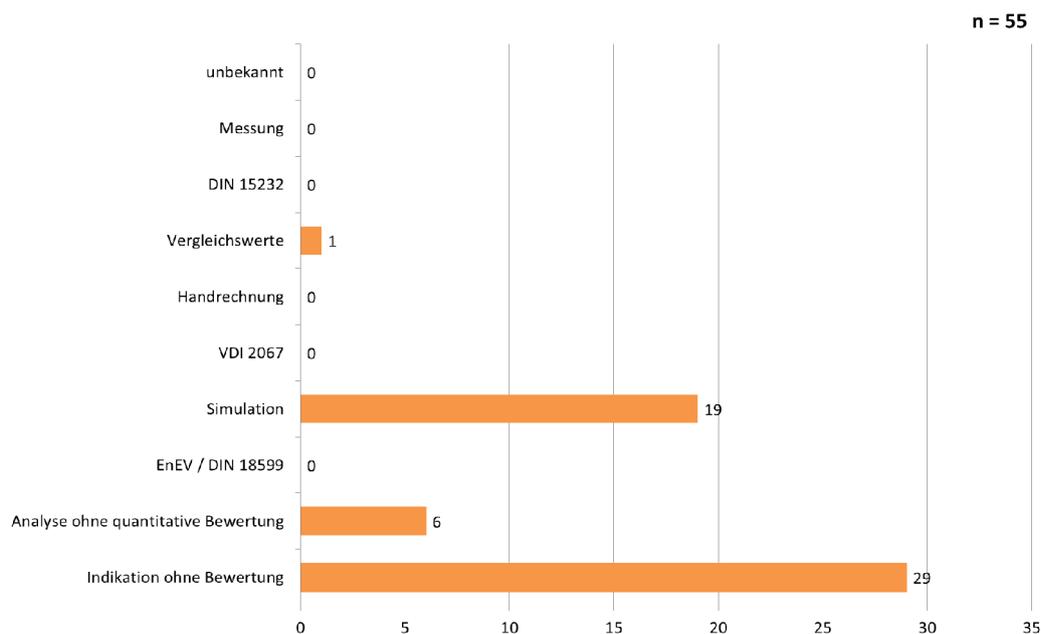


Abbildung 27 Methode der Bewertung der Prognose

Die folgenden Tabellen fassen alle Maßnahmen mit Angaben zu der Art der Maßnahmen und den betroffenen Gewerken zusammen. Abbildung 28 zeigt die Maßnahmen für Neubauten, Umbau und Modernisierungen, Abbildung 29 die im Rahmen der Instandhaltung.

TU Braunschweig
Institut für Gebäude-
und Solartechnik
Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636

| Neubau, Umbau, Modernisierung | Außenwände | Decken | Dächer | Baukonstr. Einbauten | Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen | Wärmeversorgungsanlagen | Lufttechn. Anlagen | Starkstromanlagen | Nutzungsspez. Anlagen | Gebäudeautomation | Sonstiges | Summe |
|--------------------------------|------------|--------|--------|----------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------|-------|
| Kostengruppe | 330 | 350 | 360 | 370 | 410 | 420 | 430 | 440 | 470 | 480 | 490 | |
| Modernisierung Baukonstruktion | | | | 1 | | | | | | | | 1 |
| Modernisierung TGA | | | 1 | | 1 | 26 | 14 | 3 | | 6 | 1 | 52 |
| Umbau Baukonstruktion | | | | 1 | | | 1 | | | | | 2 |
| Umbau TGA | | | | | | 22 | 21 | 1 | | 7 | 2 | 53 |
| Sanierung der Baukonstruktion | 14 | 1 | 20 | 8 | 1 | | | 1 | 2 | | 2 | 49 |
| Sanierung der TGA | | | | 1 | 1 | 15 | 15 | 1 | 2 | 2 | 2 | 39 |
| Summe | 14 | 1 | 21 | 11 | 3 | 63 | 51 | 6 | 4 | 15 | 7 | 196 |

Abbildung 28 EnBop-Maßnahmen als Teil von Neubau, Umbau und Modernisierung

| Instandhaltung | Außenwände | Dächer | Baukonstr. Einbauten | Sonstiges | Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen | Wärmeversorgungsanlagen | Lufttechn. Anlagen | Starkstromanlagen | Förderanlagen | Nutzungsspez. Anlagen | Gebäudeautomation | Sonstige | Summe |
|---|------------|--------|----------------------|-----------|--------------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------|---------------|-----------------------|-------------------|----------|-------|
| Kostengruppe | 412 | 415 | 416 | 419 | 421 | 422 | 423 | 424 | 426 | 427 | 428 | 429 | |
| Inbetriebnahme und Einregulierung | | | | | | 18 | 22 | | | | 1 | 1 | 42 |
| Betrieb: Bedienung der TGA | | | | | | 43 | 37 | 2 | | 2 | 14 | 1 | 99 |
| Betrieb: Inspektion und Wartung Baukonstruktion | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | | | 7 | 23 | | | | 5 | 1 | 36 |
| Instandsetzung der Baukonstruktion | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | | | | 1 | 1 | 6 |
| Instandsetzung der TGA | | | 1 | | 1 | 47 | 57 | 1 | | 3 | 28 | 4 | 142 |
| Information, Schulung für Nutzer | | | 1 | 1 | | 14 | 6 | | 1 | 1 | 2 | 2 | 28 |
| Information, Schulung für Betreiber | | | | | | | 1 | | | | 1 | 5 | 7 |
| Summe | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 130 | 146 | 3 | 1 | 6 | 52 | 15 | 361 |

Abbildung 29 EnBop-Maßnahmen in der Instandhaltung



4.3.3 Detailanalyse Energieeinsparpotenzial

Ein wichtiges Ziel und Voraussetzung für die Umsetzung von Maßnahmen zur Betriebsoptimierung ist in der Regel deren Wirtschaftlichkeit. Aus den Forschungsprojekten liegen hierzu nur wenige aussagekräftige Angaben vor. Dies ist umso bedauerlicher, als dass die Maßnahmen, zu denen entsprechende Zahlen vorliegen – überwiegend aus einem Europäischen Forschungsprojekt zum Thema Re-Commissioning – eine sehr wirtschaftliche Umsetzung nahelegen.

Im Folgenden werden die Energieeinsparungen derjenigen umgesetzten Maßnahmen dargestellt, für die entsprechende Daten vorlagen. Da die meisten Maßnahmen sich nur auf Teilanlagen eines Gebäudes beziehen, werden Energiemengen ohne Flächenbezug oder ähnliche Bezugsgrößen genannt.

Abbildung 30 zeigt die Einsparungen für Wärme, die nach der Umsetzung von Maßnahmen festgestellt wurden (U5).

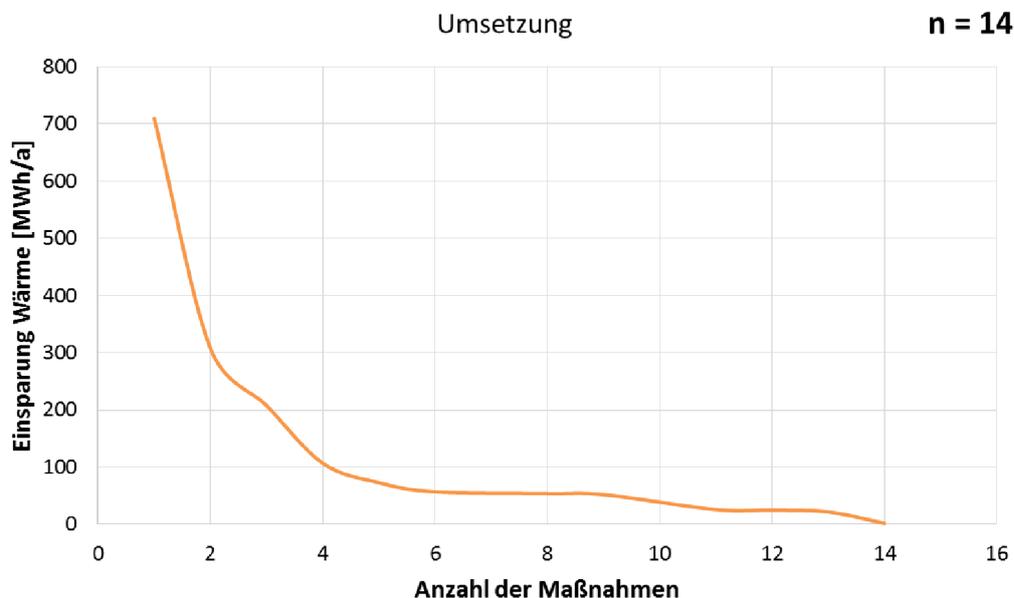


Abbildung 30 Einsparung Wärme nach der Umsetzung (U5), geordnet^{VIII}

Insgesamt liegen nur auswertbare Daten für 14 Maßnahmen vor. Die durch die Umsetzung der Maßnahmen erreichten Einsparungen liegen überwiegend unter 100 MWh/a je Maßnahme, erreichen aber in wenigen Fällen auch deutlich höhere Werte.

^{VIII} Zwei Angaben wurden bei der Auswertung zwar gezählt, nannten jedoch keinen exakten Wert.

Abbildung 31 zeigt die Einsparungen für Strom, die nach der Umsetzung von Maßnahmen (U6) festgestellt wurden.

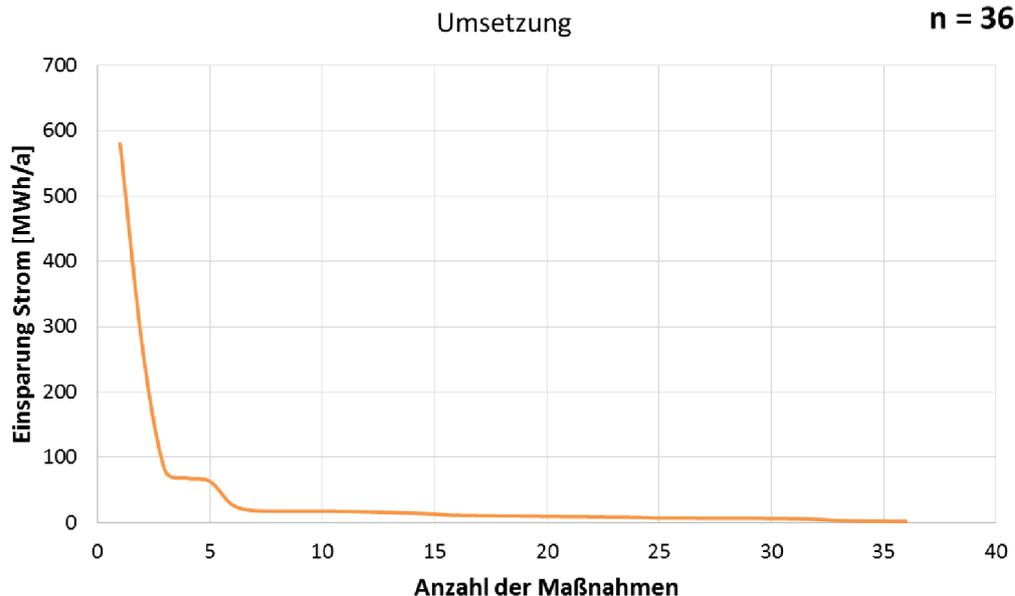


Abbildung 31 Einsparung Wärme nach der Umsetzung (U6), geordnet

Für 36 Maßnahmen liegen Angaben zur Einsparung von elektrischer Energie vor. Die durch die Umsetzung der Maßnahmen erreichten Einsparungen zeigen einige wenige sehr hohe Werte von über 50 MWh/a je Maßnahme. Die meisten Maßnahmen erreichten jedoch Einsparungen von weniger als 20 MWh/a.

4.3.4 Detailanalyse Kosten

Die Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen zur Betriebsoptimierung ist eine wichtige Kenngröße, um ihre Bedeutung für Strategien zur Reduzierung des Energieverbrauchs von Gebäuden effektiv zu entwickeln.

Die Datensätze für Prognose und Umsetzung bestehen aus unterschiedlichen, nur zum Teil gleichen Maßnahmen. Abbildung 32 und Abbildung 33 zeigen die jährliche Einsparung aus Wärme- und Stromkosten für einzelne Maßnahmen über den einmaligen Kosten, angegeben für die Prognose und für die Umsetzung.

TU Braunschweig
Institut für Gebäude-
und Solartechnik
Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636

 **EnOB**
Forschung für
Energieoptimiertes Bauen

 **EnBop**

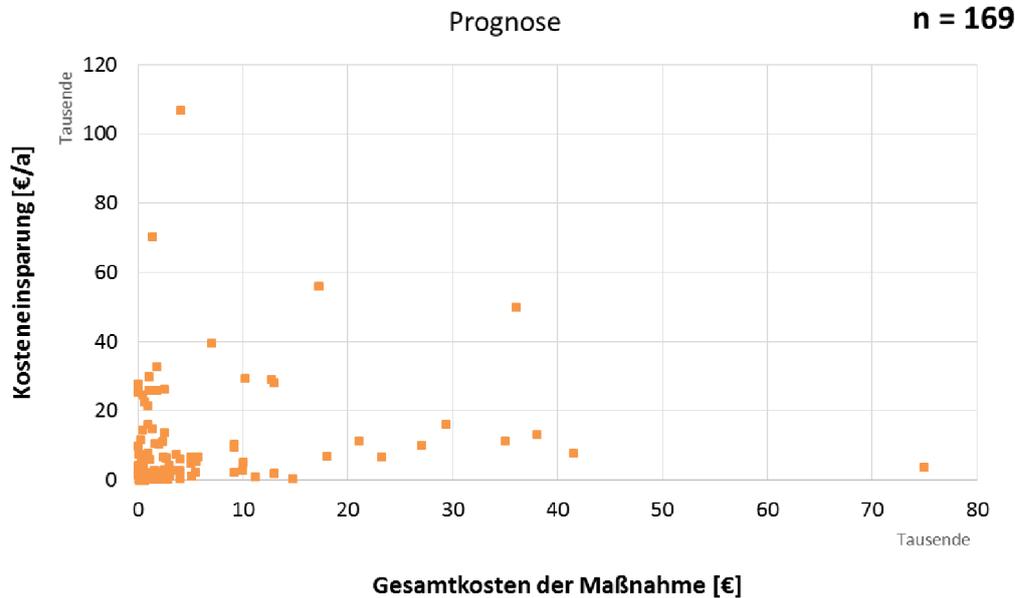


Abbildung 32 Kosteneinsparung von Maßnahmen über deren Gesamtkosten in der Prognose

In der Prognose wurden die Gesamtkosten (P02) von 169 Maßnahmen für 9 Maßnahmen mit 0,- € und für 12 Maßnahmen die Einsparungen mit 0,- € angegeben.

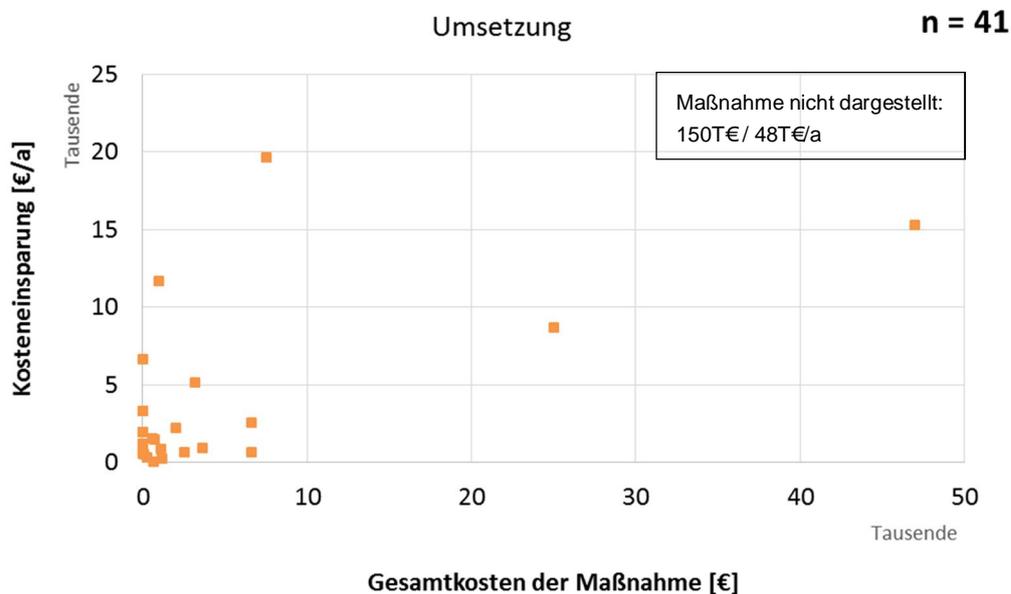


Abbildung 33 Kosteneinsparung von Maßnahmen über deren Gesamtkosten in der Umsetzung

Bei den 41 Maßnahmen, für die Gesamtkosten der Umsetzung (U02) vorliegen, wurden für die Kosten für 24 Maßnahmen mit 0,- € angegeben. Die Angaben zu Einsparungen lagen für alle Maßnahmen über 0,- €

Sowohl in der Prognose als auch in der Umsetzung lagen die einmaligen Kosten der Maßnahmen überwiegend unter 10 T€. Die Einsparprognosen zeigen mit einem Median von 1.596 €/a etwas optimistischere Werte als die festgestellten Einsparungen in der Umsetzung mit einem Median von 966 €/a.

Tabelle 6 zeigt die Mittelwerte der Gesamtkosten und Einsparungen für die Prognose und die Umsetzung.

Tabelle 6 Mittelwerte und Mediane für Kosten und Einsparungen in Umsetzung und Prognose

| | Prognose (arithm. Mittel; Median) | Umsetzung (arithm. Mittel; Median) |
|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Gesamtkosten [€] | 3.940; 900 | 6.184; 0 ^{IX} |
| Einsparung [€/a] | 6.934; 1.596 | 3.726; 966 |

4.3.5 Detailanalyse Wirtschaftlichkeit

Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Betriebsoptimierung wurde die Amortisationszeit der Maßnahmen berechnet. Da die vorliegenden Daten sehr kurze Amortisationszeiten nahelegen, wird eine statische Amortisation nach Formel 1 berechnet.

$$\text{Amortisationszeitraum [a]} = \frac{\text{einmalige Kosten (P02; U02) [€]}}{\text{jährliche Kosteneinsparungen (P03; U3) [\frac{€}{a}]}$$

Formel 1 Berechnung der statischen Amortisationszeit für Prognosen und Umsetzungen

Es ergab sich für die berücksichtigten 161 Maßnahmen ein arithmetisches Mittel für die Amortisationszeit von 2,1 a und ein Median von 0,8 a, Abbildung 34.

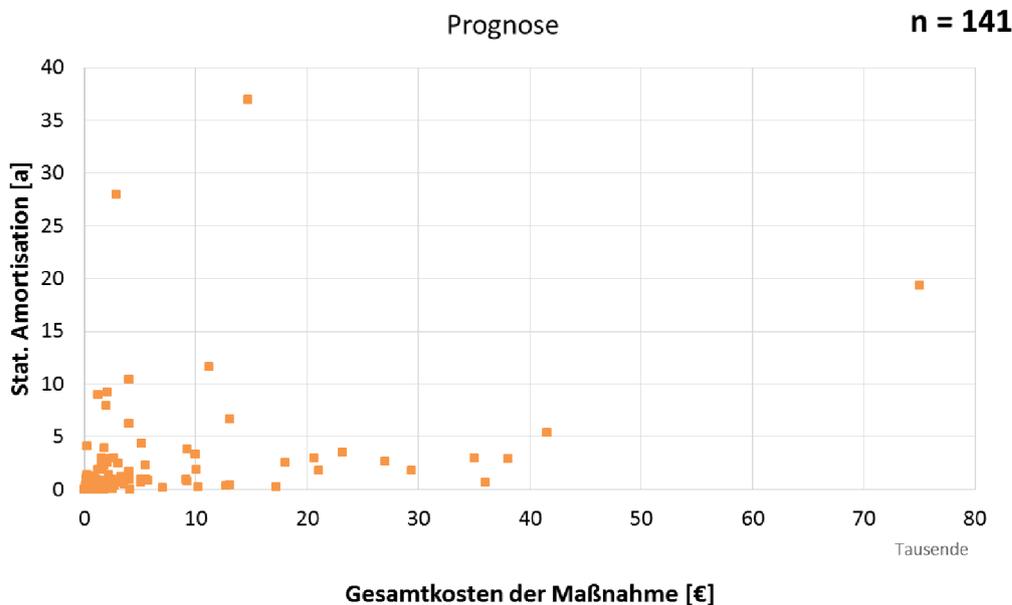


Abbildung 34 Stat. Amortisation – Prognose

Aus den prognostizierten Werten für einmalige Kosten und jährliche Einsparungen ergeben sich für die 141 bewerteten Maßnahmen überwiegend Amortisationszeiten von unter 5 Jahren (Median: 0,7 a).

^{IX} Für einen Teil der Maßnahmen wurden die Gesamtkosten mit „0,- €“ angegeben.

Für die tatsächlich umgesetzten 20 Maßnahmen mit Angaben für einmalige Kosten und jährliche Einsparungen ergeben sich für fast alle Maßnahmen Amortisationszeiten von unter 4 Jahren (Median von 0,9 a), Abbildung 35.

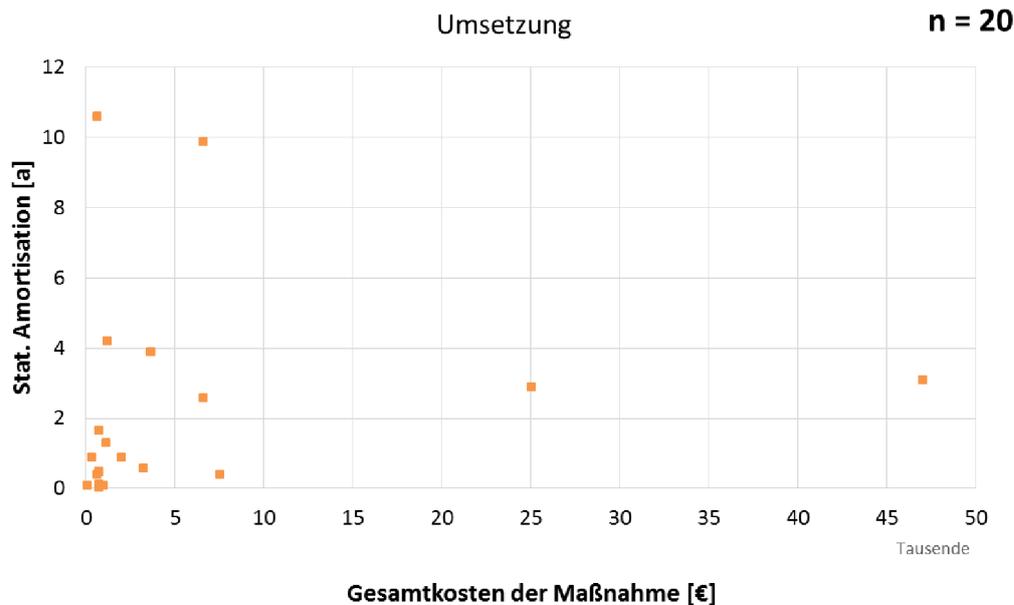


Abbildung 35 Stat. Amortisation – Umsetzung

Tabelle 7 zeigt die Mittelwerte der Amortisation für die Prognose und die Umsetzung.

Tabelle 7 Mittelwerte und Median für Kosten und Amortisation in Umsetzung und Prognose

| | Prognose (arithm. Mittel; Median) | Umsetzung (arithm. Mittel; Median) |
|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Gesamtkosten [€] | 4.833; 1.500 | 5.498; 1.050 |
| Stat. Amortisation [a] | 2; 0,7 | 2,2; 0,9 |

Im Vergleich zu Sanierungsmaßnahmen zeigen insbesondere gering-investive EnBop-Maßnahmen eine sehr hohe Wirtschaftlichkeit.

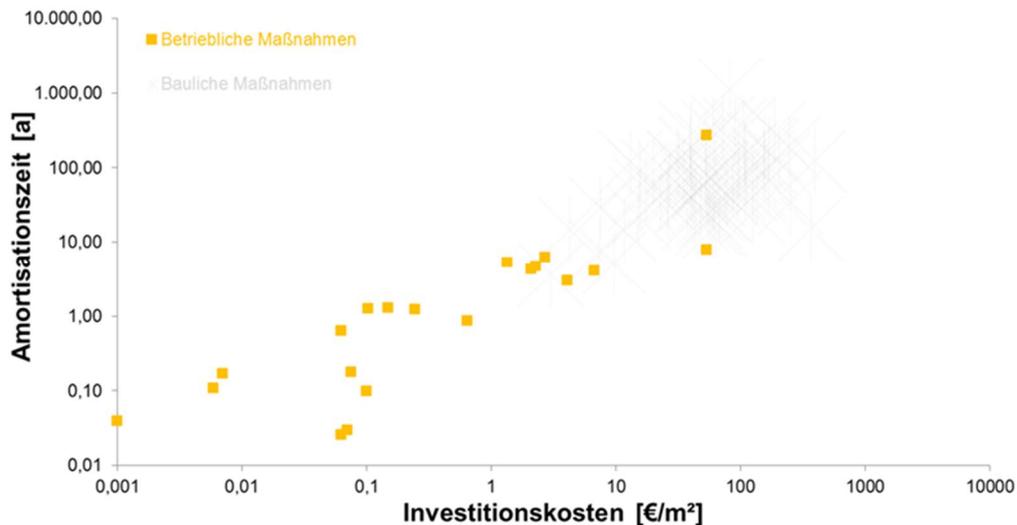
Abbildung 36 zeigt einen Vergleich der EnBop-Maßnahmen mit entsprechenden Amortisationszeiten und Kosten für Sanierungsmaßnahmen aus einer Studie des IGS⁹⁸.

TU Braunschweig
Institut für Gebäude-
und Solartechnik
Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3635
Fax: 0531 / 391-3636

 **EnOB**
Forschung für
Energieoptimiertes Bauen

 **EnBop**



TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3635
Fax: 0531 / 391-3636



Abbildung 36 Amortisationszeiten von Sanierungsmaßnahmen und Betriebsoptimierungen

Insbesondere bei gering-investiven Maßnahmen ist die hohe Wirtschaftlichkeit erkennbar. Bei Amortisationszeiten ab der Größenordnung von 10 Jahren ist für eine Investitionsentscheidung die Lebensdauer der Anlagen zu berücksichtigen.

Bei größeren Investitionen für TGA-Maßnahmen können neben den einmaligen Kosten auch zusätzliche Wartungs- und Instandhaltungskosten auftreten, die in der Datenerfassung nicht explizit ausgewiesen werden.

4.3.6 Detailanalyse Prognosequalität

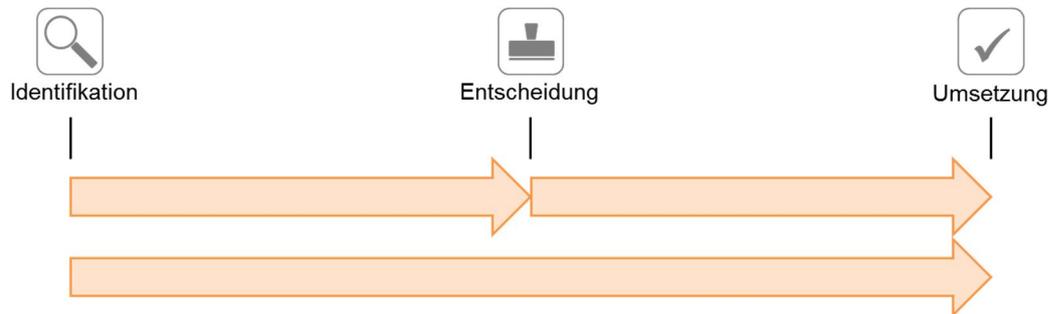
Die Datenlage für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit war insgesamt ausreichend für eine jeweils einzelne Bewertung der Einsparung und Wirtschaftlichkeit auf Basis jeweils der prognostizierten oder der in der Umsetzung festgestellten Daten.

Für die Evaluation der Prognosequalität in Bezug auf einzelne Maßnahmen sind jedoch Wertepaare für einzelne Maßnahmen erforderlich. Diese lagen leider nicht vor, sodass eine Bewertung der Prognosequalität bei einzelnen Maßnahmen nicht durchgeführt wurde. Die im Abschnitt 4.3.5 genannten Mittelwerte der jeweils ermittelten Prognosen und umgesetzten Maßnahme zeigen jedoch eine gute Übereinstimmung in Bezug auf die Amortisationszeiten für die Gesamtheit der Maßnahmen.

4.3.7 Detailanalyse Umsetzungsdauer

Im Gebäudebetrieb, in dem Optimierungsmaßnahmen stattfinden, ist der organisatorische Rahmen von großer Bedeutung für den Erfolg geplanter Maßnahmen. Die Maßnahmen müssen im Tagesgeschäft und mit kleinen Budgets umgesetzt werden. Neben der Wirtschaftlichkeit ist für die Umsetzung von Maßnahmen der Betriebsoptimierung – insbesondere im Vergleich zu Maßnahmen im Zuge der Bauphase – deshalb die zeitliche Umsetzung im Rahmen des Gebäudemanagements ein wichtiger Aspekt.

Um den Ablauf von Maßnahmen näher beschreiben zu können, wurden für die Evaluation drei wichtige Zeitpunkte als Meilensteine definiert:



TU Braunschweig
Institut für Gebäude-
und Solartechnik
Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3635
Fax: 0531 / 391-3636



Die Identifikation: Der Zeitpunkt, zu dem festgestellt wurde, dass das Potential vorhanden ist.



Die Entscheidung: Der Zeitpunkt, zu dem entschieden wurde, die Maßnahme zur Hebung der Potentiale umzusetzen.



Die Umsetzung: Der Zeitpunkt, zu dem die Wirkung der umgesetzten Maßnahmen einsetzt.



Abbildung 37 Festlegung der wichtigsten zeitlichen Meilensteine von Optimierungsmaßnahmen

Die folgenden Grafiken zeigen den zeitlichen Ablauf der Umsetzung der Maßnahmen entlang der definierten Meilensteine.

Abbildung 38 zeigt für 93 Maßnahmen die Dauer von der Identifikation der Maßnahmen bis zur Entscheidung, sie umzusetzen.

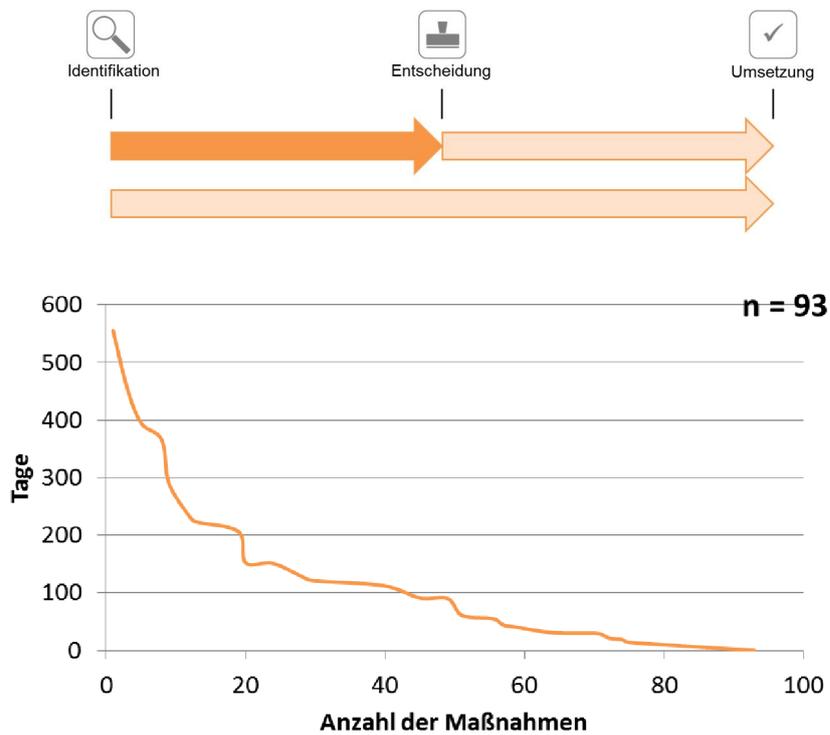


Abbildung 38 Dauer Identifikation bis Genehmigung

Es wird ersichtlich, dass trotz der oben dargestellten oft geringen Investitionskosten die Zeit von der Identifikation bis zur Entscheidung ihrer Umsetzung bei rund 50% der Maßnahmen mehr als 3 Monate dauerte (Median: 90 d).

Abbildung 39 zeigt die entsprechende Auswertung für den Zeitraum Entscheidung bis Umsetzung für 71 Maßnahmen.

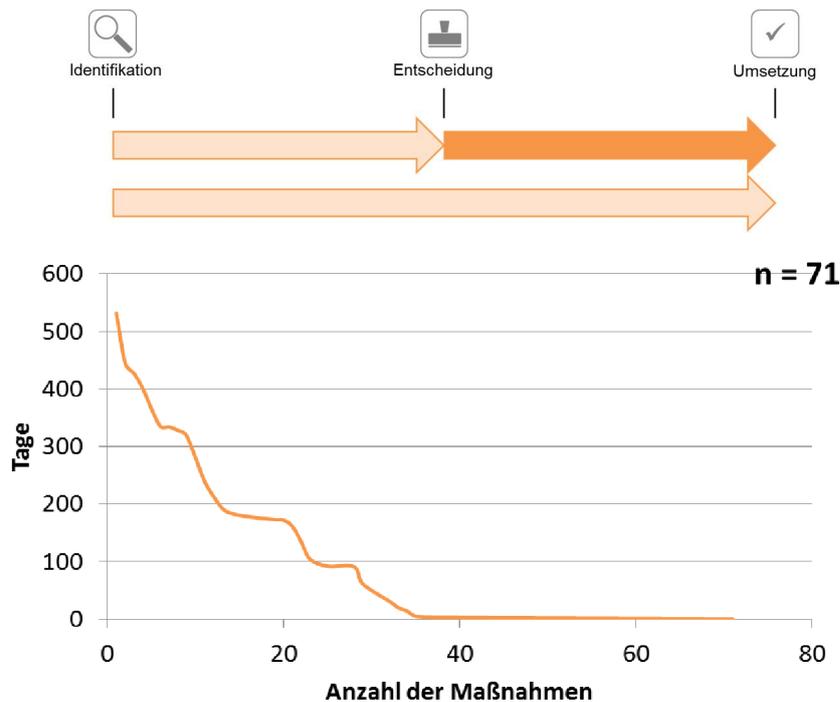


Abbildung 39 Dauer Genehmigung bis Umsetzung

Auch hier zeigt sich, dass bei vielen Maßnahmen zwischen Genehmigung und Umsetzung, also dem Einsetzen der Einsparwirkung, ein Zeitraum von fast einem halben Jahr oder mehr verging (Median: 3 d). Gleichzeitig wurde aber auch für viele Maßnahmen eine sofortige Umsetzung angegeben; hier wurden die Maßnahmen also sofort nach der Entscheidung umgesetzt. Dies betraf überwiegend Maßnahmen an der Automation von Lüftungsanlagen, die möglicherweise unmittelbar in einer Gebäudeleittechnik umgesetzt wurden (z.B. Anpassung von Laufzeiten), und erklärt den niedrigen Median von 3 Tagen.

Für 88 Maßnahmen lag die Gesamtdauer von der Identifikation bis zur Umsetzung im Median bei 206 d. Dabei konnten nur rund 25 Maßnahmen in weniger als 100 Tagen umgesetzt werden, Abbildung 40.

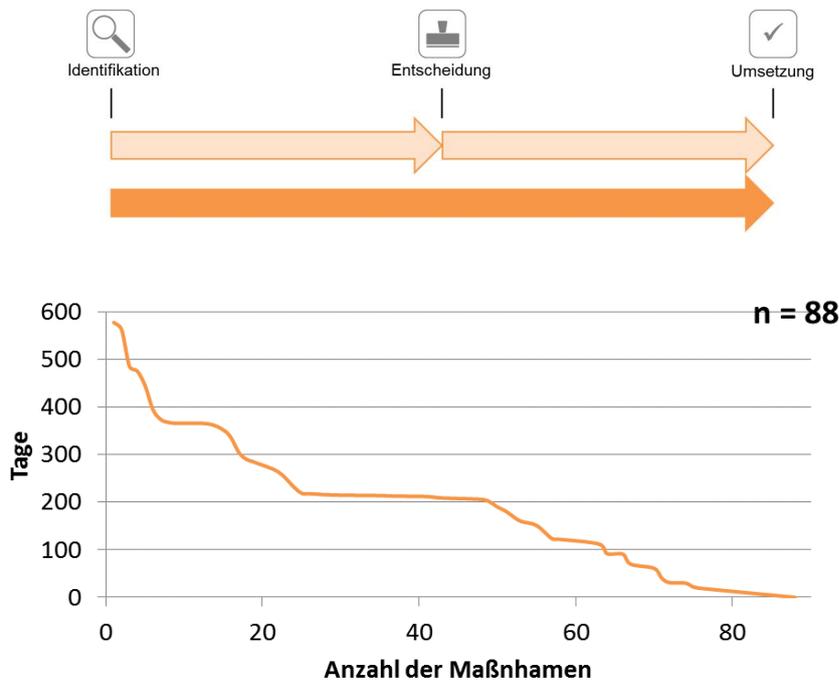


Abbildung 40 Dauer Identifikation bis Umsetzung

Insbesondere bei den Daten aus dem Europäischen Projekt Re-Commissioning, die in die Analyse gingen, konnten die Umsetzungszeiten auch anlagenspezifisch detailliert werden, Abbildung 41.

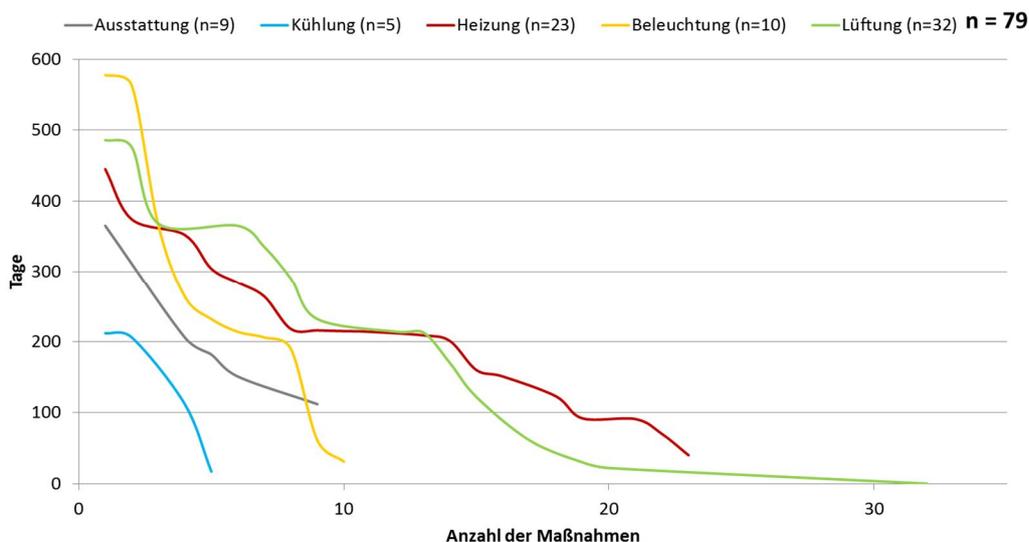


Abbildung 41 Gesamte Umsetzungsdauer für Maßnahmen bei Anlagen

Bei insgesamt ähnlichen Verteilungen wie oben zeigt sich, dass insbesondere bei den Gewerken Heizung und Lüftung einzelne Maßnahmen in wenigen Monaten nach der Identifikation vollständig durchgeführt werden konnten.



4.3.8 Detailanalyse Dauerhaftigkeit

Maßnahmen der Betriebsoptimierung nutzen oft Potentiale, die zwar mit geringem Aufwand und kostengünstig genutzt werden können, aber gleichzeitig in Wirkung nicht sehr robust sind. So können optimierte Einstellungen an Automationssystemen in der Regel genauso schnell rückgängig gemacht werden, wie sie umgesetzt werden können. Auch das Nutzerverhalten wird in der Regel nicht dauerhaft gleichbleibend verbessert.

Größenordnungen für die „Lebensdauer“ von Optimierungsmaßnahmen geben CWA-15693:2007⁹⁹ (zurückgezogen) bzw. BS EN 16212¹⁰⁰ an. Die Werte reichen von 2 (Nutzerverhalten) über 6 (z.B. Wartung von Kleinteilen) bis zu 8 Jahren (z.B. Modernisierung von Leuchtmitteln).

Die Erfassung und Bewertung der Dauerhaftigkeit von Optimierungsmaßnahmen erfordert naturgemäß eine Beobachtung über längere Zeiträume. Dies war im Rahmen des Projekts nicht möglich, kann aber auf Basis der definierten Datenerfassungsstruktur erfolgen.

4.4 Fazit

Die Analyse der rund 870 EnBop-Maßnahmen aus Demonstrationsgebäuden und konventionellen Gebäuden bestätigt die Annahme, dass ein großes Potential für Optimierungsmaßnahmen im Bestand vorhanden ist.

Dort, wo ausreichende Daten vorliegen, zeigt sich, dass die Optimierungsmaßnahmen mit geringen Kosten, überwiegend unter 10.000 €, und sehr kurzen Amortisationszeiten von unter einem Jahr umgesetzt werden konnten. Damit sind insbesondere gering-investive EnBop-Maßnahmen im Vergleich zur Modernisierungen und Sanierungen hoch wirtschaftlich.

Überraschend war das Ergebnis zur Umsetzungsdauer der Maßnahmen. Obwohl die Maßnahmen überwiegend technisch – vermeintlich? – einfach und kompakt waren, lagen zwischen der Identifikation der Maßnahme und dem Einsetzen der Wirksamkeit oft mehr als 12 Monate. Ein Teil dieses Phänomens ist möglicherweise auf die besonderen Umstände im Rahmen von Forschungsprojekten zurückzuführen, aus denen die Daten überwiegend stammen, da hier nicht der unmittelbare kommerzielle Druck und auch keine marktreifen Dienstleistungsprodukte vorlagen bzw. eingespieltes Personal am Werke war. Die Kombination aus kleinen Budgets und langen Laufzeiten ist insbesondere aus Sicht einer Umsetzung durch Dienstleister als Hemmnis zu werten. Für eine erfolgreiche Implementierung erscheint hier sowohl eine Fokussierung auf hochwirtschaftliche *und* schnell umsetzbare Maßnahmen und deren Bündelung notwendig.

Nicht bewertet werden konnte in diesem Projekt die Dauerhaftigkeit der Maßnahmen, da hierzu eine kontinuierliche Evaluation über die Laufzeit der Projekte hinaus erforderlich wäre. Da die Amortisationszeiten jedoch oft unter einem Jahr und damit auch unter einer zu erwartenden „Lebensdauer“ der Maßnahmen liegen, wäre die Wirtschaftlichkeit sogar bei einer regelmäßigen Wiederholung von Prüfungen zur Sicherung der Dauerhaftigkeit wirtschaftlich.

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



5 ENBOP-KOMMUNIKATION

Obwohl das Potential der Betriebsoptimierung seit vielen Jahren bekannt ist, hat sie ihren Durchbruch in der Praxis als eigenständige, sichtbare und entsprechend dokumentierte Leistung noch nicht ausreichend geschafft. Deshalb war ein EnBop-Ziel, dem Thema zu mehr Aufmerksamkeit zu verhelfen. Hierzu wurden mehrere Formate – EnBop-Foren als Experten-Workshops von Praktikern und Forschern, die icbp – International Conference on Building Performance – als internationale Fachkonferenz und Webservices rund um die Betriebsoptimierung für die Kommunikation und Verbreitung der Betriebsoptimierung entwickelt und genutzt.

5.1 EnBop-Foren

Im Zuge der Begleitforschung wurden sechs EnBop-Foren mit Projektpartnern sowie Teilnehmern aus Forschung, Wirtschaft und Politik durchgeführt. EnBop-Foren waren zunächst als Workshops angelegt und auf 30 Teilnehmer begrenzt. Kurze Redebeiträge und das Gespräch „an einem Tisch“ ermöglichten eine offene Diskussion und einen persönlichen und kreativen Gedankenaustausch zwischen Forschern und Praktikern aus Wirtschaft und Politik, Abbildung 42.



Abbildung 42 Intensive Diskussionen zwischen Forschern und Praktikern

Forscher und Praktiker aus verschiedenen Bereichen diskutierten miteinander über die Chancen innovativer Technologien und Werkzeuge für energieoptimierte Gebäude:

- Welche Herausforderungen stellen die Klimaschutzziele in der Praxis an das energieoptimierte Bauen und Betreiben?
- Welche Potenziale und Lösungen bieten innovative Materialien, Technologien und Konzepte?
- Wie können Forschung und Wirtschaft Innovationen schneller entwickeln und erfolgreich in die Praxis übertragen?

Bei den beiden letzten Foren wurde jeweils die Möglichkeit genutzt, die Forschungsaktivitäten im Kontext einer thematisch verwandten Veranstaltung zu präsentieren. Ziel war es, die Forschung hier mit neuen Zielgruppen zusammenzubringen, die bisher möglicherweise noch keinen engeren Bezug zu den Forschungsaktivitäten in EnBop/EnOB hatten.

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636

 **EnOB**
Forschung für
Energieoptimiertes Bauen

 **EnBop**

In Tabelle 8 sind die zentralen Inhalte der sechs EnBop-Foren zusammengestellt.

Tabelle 8 Übersicht über die EnBop-Foren

| Datum | Ort | Inhalte |
|------------|--------------|---|
| 11.05.2011 | Braunschweig | Im ersten EnBop-Forum wurde das Schwerpunktthema „Energiemanagement“ von verschiedenen Seiten beleuchtet. Die wesentlichen Punkte hierbei waren die Themen Standardisierung, Qualitätssicherung, Wirtschaftlichkeit und Kommunikation. Das Forum diente auch als Pilot für das Format. |
| 10.11.2011 | Stuttgart | Das zweite EnBop-Forum in Stuttgart wurde veranstaltet in Zusammenarbeit mit dem Steinbeis-Transferzentrum Energie-, Gebäude- und Solartechnik Stuttgart. Es setzt den Schwerpunkt auf innovative Informations- und Kommunikationstechnologien mit Experten aus Immobilienwirtschaft und Politik, Technischer Gebäudeausrüstung und Software Engineering, Sensortechnik und Gebäudeautomation. Die vorgestellten und diskutierten Projekte reichten von Ansätzen für die Simulation von Stadtquartieren über Software-Konzepte für das Qualitätsmanagement bis hin zu innovativen Sensorkonzepten, die in der nahen Zukunft auch Einzug in die Baubranche halten können. |
| 28.03.2012 | Hamburg | Das 3. EnBop-Forum am 28. März 2012 in Hamburg wurde in Zusammenarbeit mit der IBA Hamburg GmbH veranstaltet. Forscher und Praktiker aus verschiedenen Bereichen diskutierten das Thema „Qualitätssicherung für nachhaltige Gebäude“ mit den Schwerpunkten <ul style="list-style-type: none"> • Qualitätssicherung und Erfolgskontrolle nachhaltiger Gebäude • Strategien und Technologien für die Betriebsoptimierung • Chancen und Risiken für Nachhaltigkeit im Betrieb Im Mittelpunkt des 3. EnBop-Forums standen die Fragen: <ul style="list-style-type: none"> • Welche Methoden und Werkzeuge stehen für die Qualitätssicherung zur Verfügung? • Wie können wir ein aussagekräftiges Monitoring für Gebäude umsetzen? • Welche Methoden der Qualitätssicherung werden in Zertifizierungssystemen angewendet? • Wie können wir technisch-wirtschaftliches Monitoring im Gebäudebestand effektiv gestalten? • Wie kann und muss die Einbindung des Nutzers im Monitoring und bei der Betriebsoptimierung adäquat berücksichtigt werden? Diskutiert wurde zum einen aus Sicht der Arbeit in der Forschung, aus den Erfahrungen der Praxis und aus politischer Perspektive. Experten aus Wirtschaft, Politik und Forschung präsentieren die aktuelle Situation und diskutieren die Perspektiven. |
| 15.10.2012 | Aachen | Das 4. EnBop-Forum am 15. Oktober 2012 in Aachen wurde durch das Institut für Gebäude- und Solartechnik der TU Braunschweig in Zusammenarbeit mit E.ON Energy Research Center an der RWTH Aachen veranstaltet. Forscher und Praktiker diskutierten das Thema „Auf dem Weg zum energieoptimierten Campus“: <ul style="list-style-type: none"> • Wie energieeffizient sind unsere Campus heute? • Welche Ziele setzen wir für 2020/2050? • Welche Methoden und Werkzeuge brauchen Hochschulen? Gebäude und Städte würden eine zentrale Rolle in der Energiewende spielen. Diskutiert wurde, ob und wie Hochschulen mit ihren quartiersartigen Campus eine besondere Rolle in der Forschung für Stadtquartiere spielen könnten. Zahlreiche Fragen müssten beantwortet werden: <ul style="list-style-type: none"> • Was wissen wir über den Campus heute? • Welche Anforderungen stellen sich an den Campus der Zukunft? • Welche Methoden und Werkzeuge stehen für die Optimierung |

| | | |
|----------------|---------------|---|
| | | <p>zur Verfügung?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Welche Akteure müssen in einen Optimierungsprozess eingebunden werden? • Was kostet das und wer zahlt? <p>Die Wissenschaftler waren hier in der besonderen Rolle des Untersuchenden und des Untersuchten, um Falle von EnBop-Projekten damit also quasi im Selbstversuch.</p> |
| 23.-25.06.2014 | Clausthal | <p>Das HIS-HE-Forum Energie wurde 2014 als 5. EnBop-Forum (Energetische Betriebsoptimierung) im Rahmen der Forschungsinitiative „Energieoptimiertes Bauen“ (EnOB) durchgeführt. Als Partner war das Institut für Gebäude- und Solartechnik (IGS) der Technischen Universität Braunschweig mit dabei. Die Organisation der Veranstaltung lag bei der Technischen Universität Clausthal.</p> <p>Am ersten Tag wurden allgemeine aktuelle Themen rund um Gebäude und Energie vorgestellt.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Welche Themen bestimmen die aktuelle Diskussion? • Wo wird praxisnah geforscht? • Welche gesetzlichen Vorgaben sind zu beachten? • Was kommt demnächst auf die Hochschulen und andere Forschungs- und Lehrinrichtungen zu? <p>Nach diesem Einstieg war ein ganzer Tag den Erfahrungsberichten aus den Hochschulen gewidmet. Zentrale Fragen waren hier die Organisation des Energiemanagements und der kosteneffiziente Einsatz von technischen Systemen zur Automation und Datenerfassung. Die TU Braunschweig stellte ihr gerade eingeführtes Konzept der Energiekosten-budgetierung vor. Der darauffolgende umfangreiche Erfahrungsaustausch in kleinen Gruppen bot die Möglichkeit, einzelne Themen je nach Interesse zu vertiefen, eigene Fragestellungen einzubringen und diese gemeinsam zu diskutieren.</p> <p>Zum Abschluss wurden Ergebnisse aus aktuellen Forschungsprojekten vorgestellt. Hier standen technische, psychologische und ökonomische Aspekte neben dem Umgang mit Veränderungsprozessen im (oder auch durch das) Energiemanagement. Stichworte waren hier Nutzerverhalten und Organisation sowie Qualitätsmanagement in der Gebäudeautomation und im Bereich der Anlagentechnik.</p> |
| 2./3.09.2015 | Gelsenkirchen | <p>Das 6. EnBop-Forum in Gelsenkirchen fand gekoppelt an die Veranstaltung GAforum NRW statt. Forscher und Praktiker diskutierten Aspekte aus verschiedenen Bereichen zum Thema „Methoden, Werkzeuge und Felduntersuchungen“:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erfahrungsabläufe in der Projektentwicklung • Erfahrungen und neue Ideen für Inhalte und Formate zukünftiger Forschungsprojekte <p>Am Vortag des GAforums wurden der Runde der Forscher einzelne EnBop-Projekte präsentiert und diskutiert. Schwerpunktmäßig wurden von den Projektpartnern die jeweiligen Projekthalte und -ziele vorgestellt und dabei der Fokus auf die Erfahrungen der Projektentwicklung gelegt. Im Anschluss wurde eine Diskussion geführt, die das Ziel verfolgte, gegenseitige Tipps für die Durchführung von EnBop-Projekten zu geben sowie Anregungen und ein ausführliches Feedback an den Fördergeber vermitteln zu können.</p> <p>Auf dem GAforum, am 03.09.2015 wurden die einzelnen Projekte zusätzlich im Rahmen einer Poster-Session einem größeren Publikum präsentiert, sodass auch hier noch einmal spannende Diskussionen entstehen konnten.</p> |

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labo:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



Die EnBop-Foren haben nach Einschätzung der Autoren hervorragend funktioniert und offene Diskussionen ermöglicht. Dabei zeigte insbesondere der Austausch von Wissenschaft und Wirtschaft, dass die Bauforschung ihre Orientierung immer wieder auch an den Anforderungen aus der Praxis ausrichten muss.

5.2 ICBP – International Conference on Building Performance

Betriebsoptimierung ist seit langem ein Thema auf der internationalen Forschungsagenda. Insbesondere in den oben genannten Annexen der International Energy Agency wurden Themen wie Optimierung der Automation, Fehlererkennung und Inbetriebnahme-management. Um diese Themen stärker in die deutsche Forschungslandschaft zu kommunizieren, veranstaltete das IGS in Zusammenarbeit drei internationale Konferenzen in Berlin in den Jahren 2008, 2010 und 2012, Abbildung 43.

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3635
Fax: 0531 / 391-3636



 **EnOB**
Forschung für
Energieoptimiertes Bauen

 **EnBop**

Abbildung 43 Internationaler wissenschaftlicher Austausch auf der ICEBO 2008 in Berlin

Die erste Konferenz wurde gemeinsam mit der Texas A&M University als ICEBO – International Conference on Building Performance veranstaltet, die beiden folgenden Konferenzen als eigenständige Veranstaltungen unter dem Titel icbp – International Conference on Building Performance durchgeführt.

5.3 Websites und Tools

Im Zuge des EnBop-Projekts wurden zwei Websites entwickelt, die sich mit dem Thema Betriebsoptimierung von Gebäuden auseinandersetzen und zahlreiche Projekte aus der Praxis präsentieren. Unter www.enob.info wurde ein Format für die Präsentation von Werkzeugen und Beispielprojekten zur Betriebsoptimierung entwickelt und implementiert, Abbildung 44.

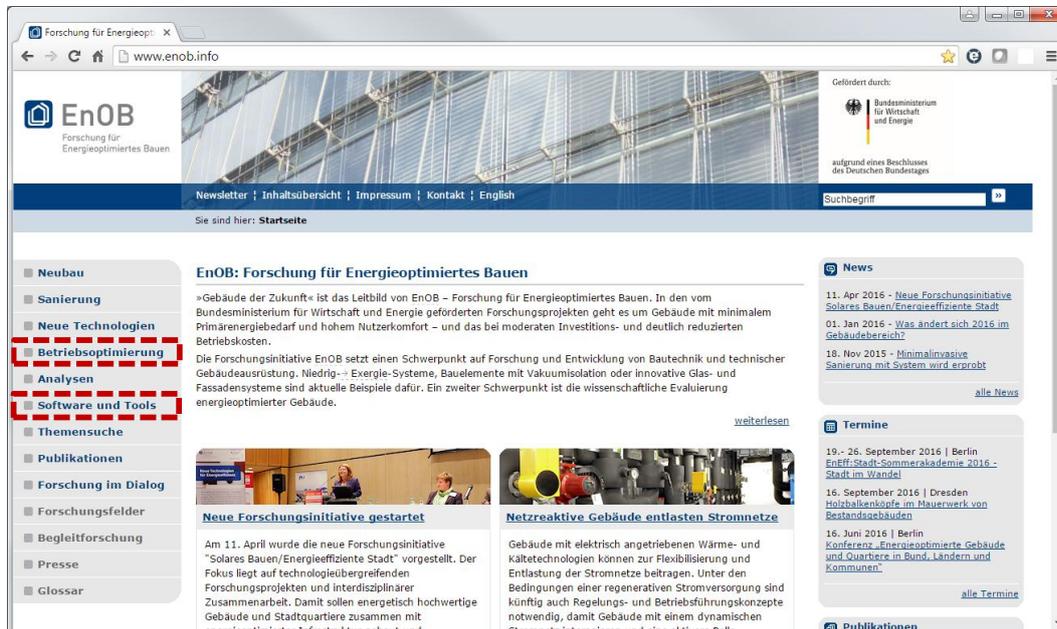


Abbildung 44 Website www.enob.info

Unter dem Reiter „Betrieboptimierung“ werden Gebäude präsentiert, bei denen Maßnahmen zur Betriebsoptimierung durchgeführt wurden, Abbildung 45.

Saisonales Wärmemanagement beim EnergieForum Berlin



Das EnergieForum Berlin ist ein bereits 2002 realisiertes Projekt im städtischen Entwicklungsgebiet gegenüber dem Berliner Ostbahnhof. Der Gebäudekomplex besteht aus historischer Bausubstanz, die saniert und durch einen markanten Neubau ergänzt wurde. Auf gut 20.000 Quadratmetern haben sich Dienstleistungsunternehmen im Bereich der Umweltechnik und regenerativen Energien angesiedelt. Ein gläsernes Atrium bietet zudem Platz für Großveranstaltungen. Gebäude- und Energiekonzept sind ambitioniert, es sollte ein „Niedrigstenergie“-Gebäudestandard erreicht werden. Das integrale Lüftungs- und Energieversorgungskonzept basiert auf der Nutzung regenerativer Energiequellen und ermöglicht den Verzicht auf eine klassische Raumklimatisierung. Zentrales Element dabei sind so genannte Energiepfähle zur saisonalen Wärme- und Kältespeicherung im Gründungsbereich des Bauwerks.



Gebäudeansicht von der Spreeseite
© IGS, TU Braunschweig

Abbildung 45 Präsentation der Gebäude auf <http://www.enob.info/de/betrieboptimierung/>

Zu den einzelnen Projekten sind jeweils Gebäudesteckbriefe, kurze Beschreibungen, Energiekennzahlen sowie Optimierungspotenziale, -umsetzungen und -werkzeuge hinterlegt.

Hinter dem Reiter „Software und Tools“ verbergen sich weitere Projekte, die sich allerdings schwerpunktmäßig mit der Entwicklung neuer Werkzeuge zur Betriebsoptimierung beschäftigen. Hierbei handelt es sich zum Beispiel um Forschungen zum Thema Monitoring-Software für einen energieoptimierten Gebäudebetrieb, Abbildung 46.

Auslegung und Bewertung von Kühlsystemen

Mit diesem Forschungsprojekt wird ein Werkzeug zur Bewertung konventioneller und innovativer Kühltechnologien entwickelt. Damit können Systeme zur solaren Kühlung, zur Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung und zur aktiven wie passiven Kühlung mittels reversibler Wärmepumpen bewertet und mit konventionellen Kühlsystemen hinsichtlich ihrer Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit verglichen werden. Die Software soll sich sowohl für schnelle und vereinfachte Bewertungen von Kühlsystemen eignen, beispielsweise für Energieberater und Architekten, als auch für detaillierte, vergleichende und dynamische Berechnungen, wie sie beispielsweise Fachplaner benötigen. Auch das instationäre Teillastverhalten kann in verschiedenen Detaillierungsstufen abgebildet werden. Damit kann man in der Planung das dynamische Anlagenverhalten betrachten.

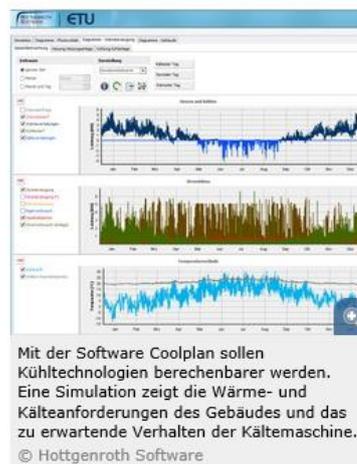


Abbildung 46 Software und Tools auf <http://www.enob.info/de/software-und-tools/>

TU Braunschweig
Institut für Gebäude-
und Solartechnik
Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



Das IGS entwickelte darüber hinaus den Webservice www.enob.info. Er bot Experten aus Praxis, Forschung und Entwicklung die Möglichkeit für einen Erfahrungsaustausch zu Maßnahmen der Betriebsoptimierung, Abbildung 47.

Liste / Filter

Gebäude & Maßnahmen

Ebene Gebäude

Steckbrief: Name, Adresse Typ etc.
Geometrie: div. Referenzgrößen, Flächen
Versorgung: Systeme, E-Bedarf
Betriebsdaten: Nutzung, Kosten, E-Verbrauch

Ebene Maßnahmen

Beschreibung: Art, Methoden, Zeit, Bewertung
Umsetzung: Kosten, Zeit
Einsparungen: Methode, Kosten, Energie
Sonstige: Komfort, Zuverlässigkeit ...

Abbildung 47 Screenshot und Struktur EnBop.info - Webservice

Die Möglichkeiten der Datenerfassung umfassten nicht nur die kompakte Darstellung der Gebäude, sondern beinhalteten auch einzelne prognostizierte beziehungsweise umgesetzte Optimierungsmaßnahmen inklusive der Kosten und Einsparungen entsprechend der in Abschnitt 4 dargestellten Erfassungsstruktur. Neben einer textlichen Beschreibungen und Kennwerten konnten auch Dokumente und Bilder hinterlegt werden. Im Zuge der Datenerfassung wurden auch Ergebnisse von zahlreichen Projekten außerhalb von EnBop aufgenommen, unter anderem aus Europäischen Projekten und Projekten der DBU. Eine Weiternutzung der Daten z.B. zu statistischen Queranalysen, die dem Benchmarking verschiedener Anlagen oder Gebäude dienen, war möglich.



6 AUSBLICK

Während der Laufzeit der EnBop-Begleitforschung hat das Thema der Qualitätssicherung für Gebäude immer stärker an Bedeutung gewonnen. Unter anderem sind verpflichtende Energetische Inspektionen Teil der Energieeinsparverordnung geworden. Die verschiedenen EnBop-Projekte bestätigen die Potentiale der Betriebsoptimierung als hochwirtschaftlichen und technisch notwendigen Baustein jeder Strategie zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Senkung des Energieverbrauchs von Gebäuden.

Die Begleitung der Projekte zeigte aber auch die Herausforderungen. Die geringe Datendichte im Detail ermöglicht trotz einer hohen Anzahl dokumentierter Maßnahmen nur eine eingeschränkte Auswertung in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit und nur wenige Aussagen im Detail. In den EnBop-Foren zeigten sich in allen Projekten Probleme bei der Datenerfassung und der tatsächlichen Implementierung von Maßnahmen in Gebäuden, die sich auch in den Maßnahmen-Dokumentationen mit den langen Zeiträumen zwischen Identifikation und Umsetzung widerspiegeln.

Die kompakte Datenerfassung für EnBop-Maßnahmen bietet deshalb eine minimierte, auf den notwendigen Umfang reduzierte Systematik für die Dokumentation. Für die weitere Erfassung von Maßnahmen erscheinen insbesondere die EnEff-Campus-Projekte prädestiniert. Dort können zahlreiche Maßnahmen in einer großen Anzahl von Gebäuden umgesetzt und kontinuierlich einheitlich dokumentiert werden. Im Projekt EnEff Campus der TU Braunschweig wird dies bereits umgesetzt.

Für die zukünftige Forschungsarbeit muss die Betriebsoptimierung weiter einen Schwerpunkt bilden. Dabei sollten aus Sicht dieses Projekts insbesondere die Prozesse, in denen „Optimierung“ umgesetzt werden kann, noch stärker berücksichtigt werden. Geboten ist hier insbesondere in Bezug auf Demonstrationsgebäude bzw. Neubauten und Sanierungen ein Verständnis der Betriebsoptimierung als Teil eines umfassenden Qualitätsmanagements für energieoptimierte Gebäude.

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



7 ANHANG

7.1 Projekte in EnBop

Tabelle 9 zeigt in kompakter Zusammenfassung die Themen der EnBop-Projekte (Quelle Förderkatalog). [Anzahl: 63]

Tabelle 9 Übersicht über die EnBop-Projekte 2010 - 2015

| Titel/Thema | Projektleiter | Laufzeit |
|--|---|---------------------------|
| Energieoptimiertes Bauen: Optimierung der Energieflüsse zwischen Geothermie und Solarthermie (GeoSol), Test und Simulation | Prof. Dr. M. Stiefenhofer Hochschule Kempten | 01.08.2008- 30.04.2015 |
| LOW Exergy Utilisation - Einsatz von außen liegender Wandtemperierung bei der Gebäudesanierung - Feldtest; CO2-Wärmepumpe mit Eisspeicher. | Prof. Dr. H. Altgeld IZES gGmbH | 01.01.2012- 31.07.2017 |
| Energieoptimiertes Bauen: Krankenhaus plus - Erarbeitung und Demonstration krankenhausbbezogener Strategien zur Steigerung der Energieeffizienz | Prof. C. Nickl-Weller TU Berlin | 01.10.2009- 31.12.2015 |
| Energieoptimiertes Bauen: Modellprojekt Zweifeldsporthalle der SG Weixdorf e. V. in Dresden - Monitoring, Evaluierung und Systemoptimierung | J. Seifert TU Dresden | 01.04.2011- 31.03.2015 |
| Energieoptimiertes Bauen: Energetische Betriebsoptimierung von Nicht-Wohngebäuden - wissenschaftliche Begleitforschung EnBop im Förderkonzept EnOB | Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch TU Braunschweig (IGS) | 01.12.2009- 31.12.2015 |
| Entwicklung eines automatisierten Tiefbohrsystems für oberflächennahe Geothermie | Dr. S. Becker Förderverein Oberflächennahe Geothermie e.V. | 01.12.2010- 30.11.2016 |
| Energieoptimiertes Bauen; Verbundvorhaben PCM Zentral: Entwicklung und Demonstration eines Erdregisters mit Latentwärmespeicher; Teilprojekt: Speicherkonzept und Betriebsüberwachung | Dipl.-Ing. B. Bergjan | |
| Energieoptimiertes Bauen; Verbundvorhaben PCM Zentral: Entwicklung und Demonstration eines Erdregisters mit Latentwärmespeicher; Teilprojekt: Speicherentwicklung und Optimierung | Dipl.-Ing. F. Bolkenius | |
| Energieoptimiertes Bauen: Neuartige Konzepte und Untersuchungen zu einfachen und kostengünstigen Be- und Entladesystemen für große Warmwasser-Speicher | Prof. Dr. K. Vajen Universität Kassel (ITE) | 01.07.2011- 31.12.2015 |
| Energieeinsparung im Gebäudebestand durch übergeifende Monitoring- und Automatisierungskonzepte; Teilprojekt: Konzeptentwicklung selbstoptimierende Wärmebereitstellung und Benutzerschnittstellen | K. Plagge | |
| Energieoptimiertes Bauen: Demonstrationsanlage einer integrierten Gebäudeautomatisierung mit flexiblem Gerätespektrum und flexibler Konfiguration | Prof. Dr.-Ing. E. Schnieder TU Braunschweig | 01.10.2011- 30.09.2016 |



| | | |
|---|--|---------------------------|
| Entwicklung eines neuartigen Heizöldampf-Brenners für die Gebäudeheiztechnik; Teilprojekt: Entwicklung und Anpassung des Verdampfers an kommerzielle Gasbrenner | Dr. T. Aicher Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) | 01.10.2011- 30.06.2015 |
| Entwicklung eines neuartigen Heizöldampf-Brenners für die Gebäudeheiztechnik; Teilprojekt: Integration und Tests der Kombination Verdampfer / kommerzielle Gasbrenner / zugehörige Heizkessel, Teil 1 | Dr. Ing. S. Herrmann Herrmann GmbH + Co. KG | 01.10.2011- 30.06.2015 |
| AquaPowerNet (APN): Entwicklung der APN-Erdwärmeheizung zur Gewinnung thermischer Energie aus dem Wasserversorgungsnetz | Dr. rer.nat. A. Kaus Geo Exploration Technologies GmbH | 01.11.2012- 31.12.2015 |
| Dezentrale Nutzung thermischer Energie aus dem Trinkwasserversorgungsnetz, Teilprojekt: Grundlagen Trinkwassernetze und Verbraucherschnittstellen | Dipl.-Ing. R. Kattein Dortmunder Energie- und Wasserversorgung Gesellschaft mit beschränkter Haftung | 01.04.2011- 31.03.2015 |
| EnOB: Systemoptimierung erdgekoppelter Wärme- und Kälteversorger von Bürogebäuden - reversible Wärmepumpen und freie Kühlung. | Prof.-Dr. Ing. M.N. Fisch TU Braunschweig (IGS) | 01.11.2011- 30.04.2015 |
| EnOB: Kompetenzzentrum Wärmetransformation ("Q-Trafo") / Solare Wärmepumpensysteme (IEA HPP Annex 38) | Dr.-Ing. P. Schossig Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) | 01.10.2011- 31.12.2015 |
| EnOB: IUPITER - Interaktive Umsetzung von Prognosen des Wetters in Technischer Gebäudeausrüstung zur energieoptimierten Raumkonditionierung; Teilprojekt: Strahlungsvorhersage und Methodik zur Betriebsoptimierung | Dr. D. Heinemann Carl von Ossietzky Universität Oldenburg - Fakultät V - Mathematik und Naturwissenschaften - Institut für Physik - AG Energie- und Halbleiterforschung (EHF) | 01.08.2012- 31.07.2016 |
| Monitoring einer zentralen Energieversorgung aus erneuerbaren Energien für ein Verwaltungszentrum | Dr.-Ing. A. Maas Universität Kassel | 01.07.2012- 30.09.2016 |
| Innovatives Verfahren zur Optimierung der Heizkostenverteilung im Hinblick auf Primärenergieeinsparung, Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit | Dr.-Ing. R. Gentemann WILO SE - Group Research and Technology Center | 01.08.2012- 30.09.2015 |
| ENOB/EnBop: DEMO Claudius-Höfe Bochum. Energietechnisches Demonstrationsvorhaben „Energieoptimierte Neubauten“ (EnBau) | Dr. W. Gründer Matthias-Claudius-Stiftung Bochum | 15.08.2012- 15.04.2017 |
| EnOB/EnBop: Energiemustercampus UdS: Liegenschaftsweite Energieverbrauchsoptimierung (EULE) | Prof. Dr.-Ing. G. Frey Universität des Saarlandes | 01.05.2012- 30.04.2017 |
| EnOB: Effizienzsteigerung der geothermisch- und sorptionsgestützten Klimaanlage (Eff-GSGK) HafenCity | Prof. Dr.-Ing. G. Schmitz Technische Universität Hamburg-Harburg | 01.01.2012- 31.12.2015 |

TU Braunschweig

Institut für Gebäude- und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





| | | |
|--|---|---------------------------|
| Entwicklung von Werkzeugen für die Betriebsanalyse und Systemoptimierung von Kältesystemen in Büro- und Produktionsgebäuden - Kälteanlagen in der Praxis | Dr.-Ing. B. Mahler Steinbeis Innovation gGmbH - Steinbeis Innovationszentrum EGS (SIZ) | 01.11.2012- 31.10.2015 |
| Ressourceneffizienz im Gebäudebetrieb durch Nutzerintegration und Automation (REGENA): Entwicklung und vergleichende Evaluierung geringst- und geringinvestiver Maßnahmen zur energetischen Betriebsoptimierung im Hochschulbereich; Teilprojekt: Technische Optimierung, Umsetzung und Monitoring | Prof. Dr. S. Naumann Hochschule Trier - Trier University of Applied Sciences | 01.06.2012- 31.05.2016 |
| EnOB/EnBop: Einfluss der Sensorpositionierung im Raum auf den Energiebedarf heiz- und raumluftechnischer Anlagen | Dipl.-Ing. D. Stubbe | |
| EnOB/EnEff: Campus/EnBop: Gebäudeevaluierung und energetische Optimierung des Campusneubaus der Hochschule Ruhr West - EnergyCampusLab | Professor M. Rehm Hochschule Ruhr West - Institut für Energiesysteme und Energiewirtschaft | 01.08.2012- 31.07.2016 |
| EnOB/EnBop-Verbundvorhaben: Entwurfsverfahren für ganzheitliche Energiemanagementsysteme in Gebäuden - enerMAT; Teilvorhaben: Modellbildung, Verifikation und Optimierung | Dr. J. Haufe Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen (IIS) - Außenstelle Entwurfsautomatisierung (EAS) | 01.05.2012- 31.08.2015 |
| EnOB/EnBop: Betriebsoptimierung bei Verkaufsstätten mit hoher Energiedichte sowie besonderen Energieerzeugungskonzepten und neue Energiesysteme für Shoppingcenter der Zukunft (EffShop); Teilprojekt: Benchmarking, Monitoring, Kreislaufsysteme, Einbindung von Umweltenergie | Prof. Dr.-Ing. D. Bohne Leibniz Universität Hannover | 01.06.2012- 31.05.2016 |
| Luftbeaufschlagte Sorptionskälteanlage - LuSoKa | Dr.-Ing. M. Safarik Institut für Luft- und Kältetechnik gemeinnützige Gesellschaft mbH | 01.08.2012- 31.10.2015 |
| EnOB/EnBop-Verbundprojekt: Energieeffizienz und optimierte Betriebsführung von gewerblichen Kälteanlagen (EnBeKa); Teilvorhaben: Effizienzbewertung und Diagnosesystem | Prof. Dr.-Ing. M. Becker Hochschule Biberach - Institut für Gebäude- und Energiesysteme | 01.11.2012- 31.07.2016 |
| EnEff: Wärme - Geothermienutzung in Tunnelbauwerken in innerstädtischen Bereichen am Beispiel des Stadtbahntunnels Stuttgart-Fasanenhof (U6) - Folgeprojekt | Prof. Dr.-Ing. M. Schmidt Universität Stuttgart - Institut für GebäudeEnergetik - Institut für Geotechnik | 01.12.2012- 31.12.2016 |
| EnOB-EnBop: Energieeinsparung durch lebenszyklusorientierte Planung und Betriebsoptimierung für Gebäude und TGA-Anlagen; Teilprojekt: Entwicklung LCCA-Optimierungs-Module | Dr. L. Blaich Hottgenroth Software GmbH & Co. KG - Abt. Entwicklung | 01.01.2013- 31.12.2016 |

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





| | | |
|---|--|---------------------------|
| EnOB/EnBop: InnoHeat - Entwicklung eines innovativen Heizungssystems nach Plug & Play Prinzip mit umfangreichen Adaptionsfunktionen | Prof. Dr.-Ing. H.-T. Le Beuth Hochschule für Technik Berlin | 01.02.2013- 31.01.2016 |
| Solarwärmesystem für die Beheizung von Industriehallen mit Massivabsorber und Saisonwärmespeicher Teilvorhaben: Messtechnische Analyse und Optimierung von Komponenten und System durch Betriebsanalyse und Modelierung | Prof. Dr. C. Schweigler Hochschule für angewandte Wissenschaften München | 01.02.2013- 31.12.2016 |
| EnoB: Instationäre gekoppelte energetische und wärmephysiologische Bewertung von Regelungsstrategien für HLK-Systeme | Dr.-Ing. habil. J. Seifert Technische Universität Dresden | 01.07.2013- 30.06.2016 |
| Energieeffizienz von Gebäuden durch kontrollierte natürliche Lüftung | Prof. Dr. habil. U. Eicker Hochschule für Technik Stuttgart - Institut für Angewandte Forschung (IAF) | 01.05.2013- 30.04.2016 |
| EnOB/EnBop-Verbundprojekt: Energieeffiziente Hochschule - Campus Information Modeling (HoEff-CIM), Erstellung eines Stufenplans zur Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen auf einem Hochschulcampus; Teilvorhaben: Werkzeugentwicklung für energetische Bewertung komplexer Gebäude | Prof. Dr.-Ing. W. Jensch Hochschule für angewandte Wissenschaften München | 01.05.2013- 31.10.2016 |
| EnOB_EnTool/EnEff-BIM: Planung, Auslegung und Betriebsoptimierung von energieeffizienten Neu- und Bestandsbauten durch Modellierung und Simulation auf Basis von Bauwerkinformationsmodellen, Teilprojekt: BIM-Datenanalyse, Algorithmen und Datenaustauschformate | Prof. Dr. habil. C. van Treeck Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen | 01.07.2013- 30.06.2016 |
| Ansätze zur Reduktion der konventionell erzeugten Wärmeverteilverluste in solar unterstützten Mehrfamilienhäusern | Dipl.-Ing. G. Rockendorf Institut für Solarenergieforschung GmbH | 01.07.2013- 31.08.2016 |
| Energieoptimiertes Bauen (EnOB): Bionische Wärme- und Kältenetze (BioNet) | Prof. Dr.-Ing. M. Kriegel Technische Universität Berlin | 01.09.2013- 31.08.2016 |
| EnOB/EnBop: Qualitätssicherung bei der Planung und Ausführung von Hydraulikkonzepten in niedrigexergetischen Heiz- und Kühlsystemen (LowEx-QS) [IEA HPP Task 40] | Dr.-Ing. D. Kalz Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) | 01.05.2014- 31.10.2016 |
| Sanierung des Schul- und Sportzentrums Lohr am Main zur Plus-Energie-Schule mit Schwimmbad und 3-fach Sporthalle mit adaptiver Steuerungstechnik, Speicher- und Energiemanagement | U. Heck Zweckverband Schul- und Sportzentrum Lohr a.M. | 01.07.2013- 31.01.2018 |
| EnOB/EnBop: Einsatz von dezentralen Ventilatoren zur Luftförderung in zentralen RLT-Anlagen insbesondere bei Nicht-Wohngebäuden | Dr.-Ing. J. Knissel Universität Kassel | 01.10.2013- 31.05.2017 |

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





| | | |
|--|--|---------------------------|
| EnOB/EnBop: Verbundvorhaben Intelligentes Heimenergiemanagement (iHEM) mit Nutzung der Synergiepotenziale der thermischen und der elektrischen Objektversorgung; Teilvorhaben: Entwicklung und Herstellung der zentralen Hardwaresteuer- und Kommunikationseinheit sowie Implementierung von Prognosefunktionen. | T. Wucherer meteocontrol GmbH | 01.07.2014- 30.06.2017 |
| Eneff: Reine Räume - Optimierung von Luftströmungen bei minimalem Energieeinsatz | Prof. Dr.-Ing. M. Kriegel Technische Universität Berlin | 01.12.2013- 30.11.2016 |
| Berechnungs- und Auslegungstool zur energieeffizienten Kühlung von Gebäuden mit thermisch angetriebenen Kältemaschinen und umschaltbaren Wärmepumpensystemen, Teilprojekt: Prüfstandmessungen, Hydraulik- und Regelstrategien | Prof. Dr.-Ing. M. Adam Hochschule Düsseldorf | 01.12.2013- 30.11.2016 |
| Verbundvorhaben: Instationäre, energetische Bewertung von Wärmepumpen - und Mikro-KWK Systemen (Teilprojekt: TUD - Testszenarien und Versuchsstand Mikro-KWK Systeme) | Dr.-Ing. habil. J. Seifert Technische Universität Dresden | 01.07.2014- 30.06.2017 |
| Solar unterstützte Wärmezentralen in Mehrfamilienhäusern; Teilvorhaben: HiL-Laborfeldtests, Konzeptbewertung und -optimierung | Prof. Dr.-Ing. M. Adam Hochschule Düsseldorf | 01.09.2014- 31.08.2017 |
| EnOB: EnTool-CoSim, Entwicklung der Kopplungstechnologie von Komplexmodellen für Bauteil-, Raum- und Gebäudesimulation mit Modelica-basierten Anlagen-, Regelungs-, und Nutzermodellen, Teilprojekt: Simulationskopplung von Komplexmodellen unter Nutzung der Functional-Mockup-Technologie | Professor J. Grunewald Technische Universität Dresden | 01.10.2013- 31.12.2017 |
| EnOB/EnBop: EX-REG: Exergiebasierte Regelungsstrategien für die Heiz- und Raumluftechnik - Teilprojekt: Entwicklung und Implementierung | Prof. Dr.-Ing. D. Müller E.ON Energy Research Center - Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimotechnik | 01.05.2014- 30.04.2017 |
| EnOB-EnBop: Energieeffiziente Luftkonditionierung und Kanalnetzauslegung für Neu- und Bestandsgebäude, Teilvorhaben: Analyse Druckverluste, Validierung der Berechnungsmodelle - Optimierung der Einzelkomponenten. | Prof. Dr.-Ing. M. Kriegel Technische Universität Berlin | 01.07.2014- 30.06.2017 |
| Aufbau und messtechnische Untersuchung von Wärmepumpen-Pilotanlagen mit der Wärmequelle Luft/Eisspeicher und einer hocheffizienten Trinkwassererwärmung mit Schichtenspeicher | Prof. Dr.-Ing. F. J. Ziegler Hochschule für angewandte Wissenschaften München | 01.04.2014- 31.03.2016 |
| EnOB/EnBop: OBSERVE - Optimierung und Betriebsführung komplexer Gebäudeenergieversorgungsanlagen, Teilprojekt: Modellierung, Fehlererkennung/-Diagnose und Unsicherheitsbewertung/Sensitivitätsanalyse. | Dipl.-Ing. N. Réhault Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) | 01.09.2014- 31.08.2017 |

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





| | | |
|--|--|---------------------------|
| EnOB: Entwicklung eines Lüftungsgerätes mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung und indirekter Verdunstungskühlung zur sommerlichen Klimatisierung (INDIKÜHL). Teilvorhaben: Entwicklung und Evaluation Befeuchtungssystem und systemtechnischer Ansätze. | Dr.-Ing. C. Bongs Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) | 01.09.2014- 31.08.2017 |
| EnOB Verbundvorhaben: Fassaden mit Algen - PhotoBioReaktoren (PBR) aus Glas (FABIG) Teilvorhaben: Strukturanalyse von gläsernen Photobioreaktoren und Nachweis der adhäsiven Verbindungen. | Prof. Dr.-Ing. B. Weller Technische Universität Dresden | 01.03.2015- 28.02.2018 |
| Multifunktionales energieeffizientes Dach- und Fassaden-Solarelement DAFASOL; Teilvorhaben: Umsetzung in einen Teststand und Anwendung im Stahlbetonbau | Dipl.-Ing. (FH) T. Baldauf BACKER-BAU GmbH Bauunternehmung | 01.12.2014- 30.11.2017 |
| Verbundvorhaben: EQM:Hydraulik - Energie- und Qualitätsmanagement gegen Korrosion und Belagbildung in hydraulischen Systemen; Teilvorhaben: Untersuchung von Schadensbildern | Prof. Dr.-Ing. W. Ruck Leuphana Universität Lüneburg | 01.01.2015- 31.12.2017 |
| EnOB/EnBop: Expertensystem zur Planung Integrierter Energie-Systeme (XPertIESe). | Dr. M. Keller pit-cup GmbH | 01.11.2014- 31.12.2016 |
| future:heatpump - Energetische und wirtschaftliche Bewertung von Wärmequellen für Wärmepumpen. | Prof. Dr.-Ing. M.N. Fisch TU Braunschweig (IGS) | 01.03.2015- 28.02.2018 |
| Erdwärmekollektoren und Sonnenkollektoren als optimierte bivalente Quelle für hocheffiziente Wärmepumpensysteme; Teilvorhaben: Experimentell unterstützte Modellentwicklung und Systemsimulation | Dipl.-Ing. G. Rockendorf Institut für Solarenergieforschung GmbH | 01.02.2015- 31.01.2018 |
| EnOB: Entwicklung und Optimierung hocheffizienter Trinkwassererwärmungssysteme für Wohn- und Hotelgebäude (HochEff-TWE). | Prof. Dr.-Ing. F. J. Ziegler Hochschule für angewandte Wissenschaften München | 01.03.2015- 31.08.2018 |
| EnOB: Energetische Optimierung der Planung und Realisierung von Warmwasserbereitungs- und -verteilungsanlagen | H. Fielenbach GBG - Mannheimer Wohnungsbaugesellschaft mbH | 01.04.2015- 30.06.2017 |

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





7.2 Einzel-Steckbriefe zu Projekten (Abschnitt 3)

EnOB EnBop: Coolplan

Prof. Dr.-Ing. M. Adam - Hochschule Düsseldorf

Laufzeit:

01.12.2013-30.11.2016

Phasen

Planung

Akteure

Fachplaner

Architekten

Beschreibung (max. 1.500 Zeichen inkl. Leerzeichen):

Die aktive Kühlung von Gebäuden gewinnt an Bedeutung. Geeignete Simulations- und Planungstools fehlen jedoch. Das Ziel von „Coolplan“ ist es, mit Hilfe eines neuen Softwaretools energieeffiziente und umweltfreundliche Kühltechnologien wie solare Kühlung, Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK) und aktive wie passive Kühlung mit Wärmepumpen (auch im Vergleich zu konventionellen Technologien) für Energieberater und Architekten schnell und einfach darstellbar, sowie für planende Ingenieure detailliert und realitätsgetreu berechenbar - und damit leichter planbar zu machen. Dies wird vergleichende Bewertungen ermöglichen, Planungsfehler vermeiden und die Verbreitung der Systeme im Markt bei Neubau und Sanierung von Gebäuden wesentlich fördern. Folgende Arbeitsschritte sind geplant:

AP1) Ermittlung der Eigenschaften einschlägiger Geräte im praktischen Betrieb durch Recherche und eigene Prüfstandsmessungen.

AP2) Recherche und Klassifizierung von Hydrauliken und Regelalgorithmen einschlägiger Anlagen.

AP3) Erstellung und Validierung von Simulationsmodellen für Geräte und Anlagen unter Matlab/Simulink® und der Toolbox CARNOT; Systemsimulationen und Parametervariationen.

AP4) Migration der Ergebnisse und Modelle in die ETU-Software, mit Rechenzeitverkürzungen durch Modellvereinfachungen, Kennfelder, Regressionsfunktionen.

Die HS Düsseldorf ist hauptverantwortlich für AP1 und AP2, das Solar-Institut Jülich der FH Aachen für AP3 und die ETU Software GmbH für AP4.

Modellierungsmethoden

Technisch-Physikalische Berechnung (Simulation)

Messmethoden

Technisch-Physikalische Berechnung

Technische Messungen

Bewertungs-/Entscheidungsmethoden

Normalisierung

Berechnung

Expertenwissen

Wirkungsmethoden

Mensch (Experten-Berichte)

Technische Infrastruktur

PC

Verlinkung zum Projekt

<http://www.enob.info/de/software-und-tools/projekt/details/auslegung-und-bewertung-von-kuehlsystemen/>

Partner

Solar-Institut Jülich (SIJ) an der Fachhochschule Aachen

ETU Software GmbH



ENOB/EnBop: DEMO Claudius Höfe Bochum

Dr. W. Gründer - Matthias-Claudius-Stiftung Bochum

Laufzeit:

15.08.2012-15.04.2017

Phasen

Betrieb

Akteure

Nutzer

Beschreibung (max. 1.500 Zeichen inkl. Leerzeichen):

Demonstrationsverbundvorhaben: Integrierte Planung und Betriebsoptimierung einer ganzheitlich zukunftsorientierten Wohn- und Siedlungsform im innerstädtischen Bereich mit Berücksichtigung sozialer, ökologischer, finanzieller Kriterien am Beispiel des Neubaus der Claudius-Höfe Bochum mit dem Ziel: Energieoptimierte Wärmeverteilung und -speicherung regenerativer Energien innerhalb einer heterogenen Nutzerstruktur mit interaktiver Nutzereinbindung durch Smart-Metering. Mischung unterschiedlicher Wohnformen zur Auswertung unterschiedlicher Energieabnahmestrukturen. Geschosswohnungen, gewerbliche + soziale Einrichtungen, Wohngemeinschaften, Reihen-Stadthäuser, Hotel. 69 Wohneinheiten, 18 Hotelzimmer, 10 Gewerbe-/Sondernutzungseinheiten. Abbildung eines differenzierten, breiten Anwenderspektrums. Arbeitsplan:

Arbeitspakete

AP1: Planung der Informationsnetze einschl. "smart-metering" Wärme + Strom;

AP2: Entwicklung eines innovativen, angepassten Regelkonzeptes für die Steuerung der solaroptimierten Wärmeversorgungsanlage in einem Wärmenetz mit heterogener Abnahmestruktur bei Einbindung von Wettervorhersagen bei Einsatz von Speichertechnologien für Strom und Wärme aus den Solaranlagen, zur Lastverschiebung, zur höheren Nutzung der Anlagen und zur Erhöhung des Eigennutzanteils sowie Nutzermotivation durch Information über den zur Verfügung stehenden solaren Wärmeüberschuss und Strom (Solarrampel in den Wohnungen);

AP3: Entwicklung eines Demonstrators für ein adaptierbares Zuluftventil zur Optimierung der Nachtauskühlung durch eine adaptierbare Wohnraumbelüftung;

AP4: Planung und Realisierung der Sondereinrichtungen Forschung: Entwicklung + Programmierung von Regel- und Abrechnungssoftware, Leittechnik, Leitwarte, Informationsnetze. Inbetriebnahme und Anpassung an die Nutzung. 3-jährige Betriebsoptimierung und weitere Anpassung an die Nutzung.

Modellierungsmethoden

Technisch-Physikalische Berechnung (Simulation)

Regelbasiert

Messmethoden

Technisch-Physikalische Berechnung

Technische Messungen

Bewertungs-/Entscheidungsmethoden

Berechnung

Visualisierung

Expertenwissen

Wirkungsmethoden

Teil-Automatisierung (Alarmer, Dashboards)

Automatisierung (Vorgabe von Regelgrößen)

Technische Infrastruktur

Gebäudeautomation

Messtechnik

Mobile Endgeräte

Partner

Ingenieurbüro Graw

EBZ Business School

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





EnOB: DIGAFLEX

Prof. Dr.-Ing. E. Schnieder - TU Braunschweig

Laufzeit:

01.10.2011-30.09.2016

Phasen

Inbetriebnahme

Betrieb

Akteure

Bauherren

Errichter

Beschreibung (max. 1.500 Zeichen inkl. Leerzeichen):

In zwei Demonstrationsaufbauten soll ein neuartiges Steuerungssystem als Prototyp für die Gebäudetechnik entwickelt, getestet und evaluiert werden. Installationen in kommunalen Gebäuden, einer Schule und einem Landesgebäude, sollen die Senkung der Energiekosten durch effiziente Betriebsführung verdeutlichen.

Die entscheidenden Vorteile dieses Systems liegen im geringen Energieverbrauch und im günstigen Preis/Leistungsverhältnis sowie im modularen Gerätespektrum und einer flexiblen Konfiguration und Funktionsanpassung. Zusätzlich kann das System adaptiert und transparent überwacht werden. Dies garantiert, dass Kommunen selbst oder mit Hilfe von Dienstleistern die volle Kontrolle über die Systeme behalten.

Zu Beginn werden der Ist-Zustand der geplanten Demonstrationsobjekte aufgenommen und spezifische Anforderungen öffentlicher Gebäude erfasst. Anschließend werden Hard- und Firmware der Buskomponenten angepasst und fehlende Module neu erstellt, insbesondere auch zum Interfacing der noch vorhandenen alten Technik. Besondere Module zur energetischen Betriebsoptimierung sind zu entwerfen. Die PC-Bediensoftware wird erweitert, insbesondere um Konfiguration und Adaption der energetischen Betriebsoptimierung den Personen vor Ort zu ermöglichen. Die Anlagen werden durch die Kooperationsfirma installiert und in Betrieb genommen.

Die wissenschaftliche Begleitung sowie die Entwicklungsleitung obliegen der TU Braunschweig.

Modellierungsmethoden

Prozesshistorisch Modellierung

Technisch-Physikalische Modellierung

Messmethoden

Technische Messungen

Bewertungs-/Entscheidungsmethoden

Visualisierung

Expertenwissen

Wirkungsmethoden

Teil-Automatisierung (Alarmer, Dashboards)

Technische Infrastruktur

Gebäudeautomation

PC

Verlinkung zum Projekt

<http://www.enob.info/de/neue-technologien/projekt/details/gebäudeautomation-mit-smallcan/>

Partner

iQST GmbH, Institute for Quality, Safety and Transportation

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





EnOB/EnBop: dVt-Zentral_RLT

Dr.-Ing. J. Knissel - Universität Kassel

Laufzeit:

01.10.2013-31.05.2017

Phasen

Errichtung
Sanierung

Akteure

Fachplaner

Beschreibung (max. 1.500 Zeichen inkl. Leerzeichen):

In dem Forschungsprojekt soll untersucht werden, ob und in welchem Umfang der Einsatz von dezentralen Ventilatoren im Lüftungs Kanalnetz von zentralen RLT-Anlagen geeignet ist, sowohl den elektrischen Energieaufwand zur Luftförderung zu reduzieren, als auch die bedarfsabhängige Regelung des Volumenstroms zu verbessern.

Derzeit wird in zentralen Lüftungsanlagen üblicherweise ein zentraler Ventilator zur Luftförderung eingesetzt. Die von ihm aufgebaute Druckdifferenz wird zum Aufteilen des Gesamtvolumenstroms auf die einzelnen Gebäudebereiche bzw. Räume gezielt abgedrosselt, z. B. durch Volumenstromregler. Dies stellt eine "Energievernichtung" dar, die durch Verwendung dezentraler Ventilatoren reduziert oder ganz vermieden werden kann.

Die Untersuchungen konzentrieren sich auf Anlagen der Raumluftechnik (RLT) von Nicht-Wohngebäuden.

Die Untersuchungen gliedern sich in vier Phasen. Nach einer theoretischen Analyse (Phase 1) werden die vielversprechenden Ausprägungen des dVt-Konzeptes auf einem RLT-Versuchsstand unter definierten Randbedingungen getestet und so erste praktische Erfahrungen gesammelt (Phase 2). Anschließend soll das dVt-Konzept in einem Gebäude umgesetzt und für ein Jahr im realen Betrieb untersucht werden (Phase 3). In der vierten Phase sind Organisation, Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit zusammengefasst.

Modellierungsmethoden

Technisch-Physikalische Berechnung (Simulation)

Messmethoden

Technische Messungen

Bewertungs-/Entscheidungsmethoden

Dieser Punkt kann für das vorliegende Projekt nicht sinnvoll beantwortet werden.

Wirkungsmethoden

Dieser Punkt kann für das vorliegende Projekt nicht sinnvoll beantwortet werden.

Technische Infrastruktur

Dieser Punkt kann für das vorliegende Projekt nicht sinnvoll beantwortet werden.

Verlinkung zum Projekt

<http://forschung.uni-kassel.de/converis/project/13233>

Partner

Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP)
innovaTec Energiesysteme GmbH
ebm-papst Muldingen GmbH & Co. KG

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





EnOB: Eff-GSGK

Prof. Dr.-Ing. G. Schmitz - Technische Universität Hamburg-Harburg

Laufzeit:

01.01.2012-31.12.2015

Phasen

Betrieb
Planung
Errichtung

Akteure

Fachplaner
Architekten

Beschreibung (max. 1.500 Zeichen inkl. Leerzeichen):

Durch das erfolgreiche Vorgängerprojekt „Sorptionsgestützte Klimatisierung bei Nutzung der oberflächennahen Geothermie“ konnte gezeigt werden, dass durch die Kopplung einer sorptionsgestützten Klimaanlage mit oberflächennaher Geothermie im Vergleich zu einer konventionellen Klimaanlage bis zu 60% der eingesetzten Primärenergie eingespart werden kann.

Ziel des aktuellen Vorhabens ist es, die energetische Effizienz der oberflächennahen Geothermie, die Sicherheit des Grundwasserhaushalts, sowie die vorhandene Anlagentechnik der Klimaanlage weiter zu optimieren und somit eine umweltverträglichere Klimatisierung zu ermöglichen. Die Effizienz der Klimaanlage wird dabei unter anderem durch verbesserte Regelungskonzepte erhöht. Zur Verbesserung der Wärmeübertragung im Erdreich wird eine modifizierte Erdwärmesonde erprobt. Dabei wird eine künstliche Grundwasserströmung mit Hilfe einer Luftinjektion erzeugt. Das patentierte Verfahren kann in Gegenden mit sandigem Untergrund bei stehenden Grundwasserverhältnissen Anwendung finden und den Einflussbereich der Erdwärmesonde im angrenzenden Erdreich deutlich erweitern.

Durch Frost-Tau-Wechsel-Untersuchungen kann eine bessere Einschätzung über das abdichtende Verhalten von Verpressmaterialien vorgenommen werden.

Diese Erkenntnisse dienen dem Umweltschutz und können zu einem einheitlicherem Genehmigungsverfahren führen.

Modellierungsmethoden

Technisch-Physikalische Berechnung (Simulation)
Prozesshistorisch (Eigenbenchmark)

Messmethoden

Technische Messungen

Bewertungs-/Entscheidungsmethoden

Berechnung

Wirkungsmethoden

Automatisierung (Vorgabe von Regelgrößen)

Technische Infrastruktur

Messtechnik
PC

Verlinkung zum Projekt

<http://www.tuhh.de/gbt/forschung/nutzung-oberflaechennaher-geothermie.html>
<http://www.tuhh.de/tt/mitarbeiter/speerforck/SKNOG/sknoq.de.html>

Partner

Institut für Thermofluidynamik, TUHH
Institut für Geotechnik und Baubetrieb, TUHH

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





EnOB EnBop: EffShop

Prof. Dr.-Ing. D. Bohne - Leibniz Universität Hannover

Laufzeit:

01.06.2012-31.05.2016

Phasen

Konzept

Betrieb

Akteure

Bauherren

Betreiber

Fachplaner

Beschreibung (max. 1.500 Zeichen inkl. Leerzeichen):

Ziel des Verbundprojektes mit dem weiteren Verbundpartner RWTH Aachen ist die Schließung der derzeit bestehenden Wissens- und Erfahrungslücke auf dem Gebiet energieeffizienter Shoppingcenter. Aufgrund deren hoher Energiebedarfsdichte und der wachsenden Zahl von Centern gilt es, auch für diesen Gebäudetypus nachhaltige Energiekonzepte zu entwickeln. Schwerpunkt des Projektes ist die Reduktion der vorherrschenden Luftwechselraten und kalorische Lastabfuhr durch den Wärmeträger Wasser unter den Spezifika eines Shoppingcenters, Betriebsoptimierung durch Anpassung entsprechender Regelungsstrategien sowie Aufzeigen von Möglichkeiten der Einbindung von Umweltenergien (vorrangig oberflächennaher Geothermie).

AP 1 Verbundkoordination,

AP 2 Benchmarking: Erhebung des Energieverbrauchs für Shoppingcenter durch Auswertung ausgewählter Gebäude- und Nutzungstypen. Erstellen einer Übersicht aktueller Energiebedarfsstrukturen für Shoppingcenter,

AP 3 Monitoring: Betriebsanalyse einer ausgewählten Anlage, die Umweltenergie nutzt, zur Ermittlung des Bedarfsdeckungsgrades durch Umweltenergien. Betriebsoptimierung zur Verbesserung dieses Deckungsgrades,

AP 6 Kreislaufsysteme: Untersuchung und Klassifikation der Möglichkeiten der Einbindung von Umweltenergie in Versorgungskonzepte von Shoppingcentern,

AP 7 Analyse und Bewertung: Konzepterstellung, Planungswerkzeuge, Leitfaden.

Die AP 4 und 5 werden durch den Verbundpartner bearbeitet, die Auswertung im Rahmen des AP 7 erfolgt gemeinschaftlich.

Modellierungsmethoden

Empirisch (Benchmarks)

Prozesshistorisch (Eigenbenchmark)

Technisch-Physikalische Berechnung (Simulation)

Messmethoden

Technische Messungen

Soziologische und psychologische Messungen

Bewertungs-/Entscheidungsmethoden

Normalisierung

Berechnung

Expertenwissen

Visualisierung

Wirkungsmethoden

Mensch (Experten-Berichte)

Technische Infrastruktur

PC

Messtechnik

Gebäudeautomation

Verlinkung zum Projekt

http://www.iek.uni-hannover.de/2922.html?&tx_tkforschungsberichte_pi1%5BshowUid%5D=993&tx_tkforschungsberichte_pi1%5Bbackpid%5D=2921&cHash=6a90c71322f4bce28f99b9699bc16db08

Partner

RWTH Aachen (Institute for Energy Efficient Buildings and Indoor Climate)



EnOB: E-MonAut

K. Plagge

Laufzeit:

1. Juni 2011 - 31. Mai 2014

Phasen

Betrieb

Akteure

Betreiber

Nutzer

Beschreibung (max. 1.500 Zeichen inkl. Leerzeichen):

1. Vorhabenziel Im Rahmen des Verbundprojektes E-MonAut sollen Maßnahmen zur Optimierung der Betriebsführung untersucht und bewertet werden, die mit relativ geringem Investitionsvolumen einen vergleichsweise großen Beitrag zur Senkung des Endenergiebedarfs erwarten lassen bei gleichzeitig aktivem Schutz der Bausubstanz (z. B. Vermeidung Schimmelbefall) sowie der Berücksichtigung der individuellen Nutzerbedürfnisse (Komfort- und Ökonomiekriterien, Informationsbedarf). Dazu werden Konzepte zur Unterstützung der Anwender beim Betrieb von Heizung und Lüftung durch übergreifende Monitoring- und Automatisierungskonzepte entwickelt und prototypisch realisiert. Übergreifend heißt dabei, dass die Konzepte sowohl gebäudeübergreifend (d. h. Berücksichtigung der Kopplung der Räume sowie der Gebäudehülle) als auch gewerkeübergreifend (Heizung, Wärmemessdienste, Lüftung) angelegt sind.

2. Arbeitsplanung Arbeitspakete mit Bosch Thermotechnik Beteiligung inkl. Unterauftrag efloatec

*AP 1: Spezifikationsphase

*AP 2: Installation und Bereitstellung der Mess- und Anlagentechnik

*AP 3: Erfassung und Modellierung der zu untersuchenden Gebäude

*AP 4: Entwicklung übergreifender Monitoring- und Automatisierungskonzepte zur Raumklimaregelung

*AP 5: Entwicklung von Konzepten zur selbstoptimierenden Wärmebereitstellung

*AP 6: Konzeption und Realisierung der Benutzerschnittstellen

*AP 7: Planung und Durchführung von Versuchen

*AP 8: Bewertung der Ergebnisse.

Modellierungsmethoden

Technisch-Physikalische Berechnung (Simulation)

Messmethoden

Technische Messungen

Bewertungs-/Entscheidungsmethoden

Visualisierung

Berechnung

Expertenwissen

Wirkungsmethoden

Teil-Automatisierung (Alarmer, Dashboards)

Technische Infrastruktur

Messtechnik

Gebäudeautomation

Verlinkung zum Projekt

<http://www.emonaut.de/servlet/is/10174/>

Partner

Bosch Thermotechnik

Universität Stuttgart

Hochschule Karlsruhe



EnOB_EnTool:EnEff-BIM IEA-EBC Annex 60

Prof. Dr.-Ing. habil. Christoph van Treeck - Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Laufzeit:

01.07.2013-30.06.2016

Phasen

Planung

Inbetriebnahme

Betrieb

Akteure

Fachplaner

Betreiber

Beschreibung (max. 1.500 Zeichen inkl. Leerzeichen):

Im Verbundprojekt werden informationstechnische Methoden für die Planung, Auslegung und Betriebsoptimierung von energieeffizienten Neu- und Bestandsbauten entwickelt, getestet und Fachplanern zugänglich gemacht.

Die Modellierung, Simulation und Betriebsoptimierung erfolgt auf Basis offener Bauwerkinformationsmodelle (BIM) mit dem Ziel, ausgehend von einem digitalen 3D-Planungsmodell einen durchgängigen Datenaustausch in der Fachplanung zu erreichen. Im Gegensatz zur Verfolgung einer Softwareeinzellösung wird hierbei gezielt auf den objektorientierten Modellierungsansatz "Modelica" aufgebaut. Die Arbeitsplanung sieht vor, ein einheitliches digitales Format zum Austausch von Daten für die Gebäude- und Anlagensimulation zu entwickeln, ein bestehendes BIM-Schema zur Beschreibung von TGA-Elementen zu erweitern und die Umsetzung an ausgewählten Elementen zu demonstrieren. Die Erweiterungen erfolgen in Zusammenarbeit mit buildingSMART und normativen Gremien des VDI und DIN. Kernaspekt ist die Entwicklung einer offenen, produktneutralen Schnittstelle zwischen BIM und Modelica-Teilmodellen, sowie zu etablierten Simulationstools unter Verwendung des Functional Mockup Interface (FMI) Standards. Praxistaugliche Methoden zur Unsicherheitsbewertung und Sensitivitätsanalyse für Gebäudesimulationen helfen, diese digitalen Planungswerkzeuge für Betriebsoptimierungen zu erschließen.

Die Demonstration in der Praxis liefert Feedback für den Entwicklungsprozess. Zur Bündelung von Ressourcen ist das Projekt an das internationale IEA EBC Annex 60 Projekt "Modelica-based next-generation tools for new and existing buildings and communities" (2013-2017) angebunden.

Modellierungsmethoden

Technisch-Physikalische Berechnung (Simulation)

Regelbasiert

Messmethoden

Bewertungs-/Entscheidungsmethoden

Berechnung

Expertenwissen

Visualisierung

Verlinkung zum Projekt

<http://www.iea-annex60.org/>

Partner

RWTH Aachen Lehrstuhl für Energieeffizientes Bauen E3D

RWTH Aachen Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik (E.ON ERC)

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP)

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Universität der Künste Berlin (UDK)

AEC3 GmbH München

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23

D - 38106 Braunschweig

Tel: 0531 / 391-3555

Fax: 0531 / 391-8125

e-mail: igs@tu-bs.de

www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b

D - 38106 Braunschweig

Tel: 0531/391-3635

Fax: 0531/391-3636





EnOB/EnEff:Campus/EnBop: EnergyCampusLab

Professor M. Rehm - Hochschule Ruhr West - Institut für Energiesysteme und Energiewirtschaft

Laufzeit:

01.08.2012-31.07.2016

Phasen

Planung
Inbetriebnahme
Betrieb

Akteure

Betreiber
Nutzer
Bauherren

Beschreibung (max. 1.500 Zeichen inkl. Leerzeichen):

Mit dem Neubau des Campus in Bottrop erhält die Hochschule nicht nur zukunftsweisende, energieeffiziente, urbane und innovative Gebäude. Mit dem Campus bietet sich den Studierenden die Möglichkeit, energiewirtschaftliche und -wissenschaftliche Zusammenhänge am selbst genutzten Objekt erfahren zu können. Ein besonderer Fokus liegt auf der Optimierung der Energieeffizienz des Gebäudes. Dabei spielt der intelligent vernetzte Einsatz erneuerbarer Energien und Kraft-Wärme-Kopplungstechnologie vor Ort eine wichtige Rolle. Mit einem integrierten Monitoring- und Evaluationsprogramm werden die Maßnahmen einzeln, kombiniert und als Ganzes analysiert. Dadurch soll ein auf die Wissensvermittlung konzentriertes Energiemanagement entwickelt werden, das in der Lage ist, auf zukünftige übergeordnete Steuerungsgrößen oder lokal optimiert zu werden. Für die Hochschule wird ein innovatives Konzept zur Optimierung der Energieeffizienz und deren Wissensvermittlung entwickelt und dem Bauherren zur Umsetzung vorgeschlagen.

Die Arbeitsplanung unterteilt sich neben zentralen Aufgaben (Projekt- und Organisationsmanagement, Valorisierung und Transfer) in die drei Bereiche: Konzeptionierung und Planung, Energiemanagement mit Einbeziehung der Studierenden in die Optimierung des laufenden Gebäudebetriebs; Lehrprojekte und Wissensvermittlung in den laufenden relevanten Studiengängen. Schließlich soll ein geplantes Energieversorgungssystem ausgewählt und exemplarisch hinsichtlich Energieeffizienz und Wissensvermittlung an die Studierenden optimiert werden.

Modellierungsmethoden

Empirisch (Benchmarks)
Technisch-Physikalische Berechnung (Simulation)

Messmethoden

Technische Messungen

Bewertungs-/Entscheidungsmethoden

Visualisierung
Expertenwissen

Wirkungsmethoden

Mensch (Experten-Berichte)

Technische Infrastruktur

Messtechnik
PC

Verlinkung zum Projekt

<http://www.hochschule-ruhr-west.de/forschung/fachbereich-1/institut-energiesysteme-und-energiwirtschaft/forschung-projekte/gebaeudeevaluierung/>

Partner

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3635
Fax: 0531 / 391-3636





EnOB/EnBop: enerMAT

Edgar Liebold - NSC GmbH Lichtenstein/Zwickau

Laufzeit:

01.05.2012-31.08.2015

Phasen

Planung
Inbetriebnahme
Betrieb

Akteure

Architekten
Fachplaner

Beschreibung (max. 1.500 Zeichen inkl. Leerzeichen):

In enerMAT wurden Konzepte und Verfahren für einen energieeffizienten Gebäudebetrieb durch die ganzheitliche und energieminimierende Planung und Realisierung der Gebäudesteuerung entwickelt. Die entstandene leistungsfähige Entwurfsumgebung für effiziente Gebäudesteuerungen umfasst eine Werkzeugkette und Modellbibliotheken. Mit den Werkzeugen wird ein umfassendes und gewerkeübergreifendes Simulationsmodell des Gebäudes und seiner technischen Gebäudeausrüstung inklusive Wetter, Nutzerverhalten und Steuerungsalgorithmen geschaffen. Zur Entwicklung von Steuerungsalgorithmen stehen Werkzeuge für Zustandsgraphen zur Verfügung. Weitere dienen der Optimierung der Steuerung durch Variation der Parameter so dass minimaler Energieverbrauch bei Einhaltung von Komfortbedingungen erreicht wird. Die Kette erlaubt die automatische Übertragung der optimierten Steuerung auf das Laufzeitsystem im Gebäude. Zudem ist eine virtuelle Inbetriebnahme noch vor Fertigstellung des Gebäudes möglich. Ebenso die Modellvalidierung durch Meßwerte und die Überprüfung der Wirkungsweise im Realbetrieb. Diese Werkzeuge wurden an drei verschiedenen Demonstratoren (Einzelraum, Bürogebäude, Wohngebäude) erprobt. Die entstandenen Modellbibliotheken unterstützen den Transfer auf andere Gebäude. Durch die Verwendung standardisierter Schnittstellen ist die Werkzeugkette einfach erweiterbar.

Forschungsinhalte umfassten modell-basierte Verfahren für die Beschreibung, die formale und die simulationsbasierte Verifikation sowie für die Optimierung eines Gebäudes als energetisches Gesamtsystem. EnerMAT ist somit sowohl Methode als auch Entwurfsumgebung für die energieeffiziente Gebäudesteuerung unter Komfortbedingungen. Es erleichtert Planung, Optimierung, Inbetriebnahme und Betrieb deutlich und reduziert so Kosten und Fehlerquellen und senkt so die Etablierungshürden eines integrierten Energiemanagements nachhaltig.

Modellierungsmethoden

Technisch-Physikalische Berechnung (Simulation)

Messmethoden

Technisch-Physikalische Berechnung
Technische Messungen

Bewertungs-/Entscheidungsmethoden

Berechnung
Expertenwissen

Wirkungsmethoden

Automatisierung (Vorgabe von Regelgrößen)

Technische Infrastruktur

PC
Gebäudeautomation
Messtechnik

Verlinkung zum Projekt

<http://enermat.de/>

Partner

Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltungen (IIS) - Institutsteil Entwurfsautomatisierung (EAS)
ITI GmbH
NSC GmbH
Provedo GmbH



EnOB/EnBop: EX-REG

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Müller - RWTH Aachen University - E.ON Energy Research Center - Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik

Laufzeit:

01.05.2014-30.04.2017

Phasen

Planung
Konzept
Betrieb

Akteure

Fachplaner
Betreiber
Nutzer

Beschreibung (max. 1.500 Zeichen inkl. Leerzeichen):

Der Begriff der Exergie bezeichnet die Arbeitsfähigkeit der Energie und gibt somit Auskunft über die Prozessgüte bei Energie- und Stoffumwandlungen in Anlagen. Hauptziel der Exergieanalyse im Gebäude ist es, die Exergie zu minimieren, die erforderlich ist, um das Innenraumklima aufrecht zu erhalten.

Aufbauend auf der Exergieanalyse soll in diesem Projekt eine allgemeine Methodik zur Ableitung von Regelstrategien im Bereich der Heiz- und Raumlufttechnik und der dezentralen Energieversorgung entwickelt werden. Diese soll am Beispiel des E.ON ERC Hauptgebäudes in Aachen erprobt werden. Zur Entwicklung der Regelungsstrategie stehen zwei wesentliche Werkzeuge zur Verfügung: zunächst werden mit der objektorientierten Programmiersprache Modelica generische Testmodelle und Teilmodelle des ERC Hauptgebäudes erstellt. Anhand dieser können exergetische Bewertungen vorgenommen und Regelalgorithmen erprobt werden. Diese können dann in die Gebäudeleittechnik des ERC Hauptgebäudes eingebunden und mithilfe eines Monitoringsystems bewertet werden. Aus Erkenntnissen aus diesem Testbetrieb wird eine allgemein anwendbare Vorgehensweise für die Entwicklung einer exergiebasierten Regelung abgeleitet.

Das multifunktionale ERC Hauptgebäude ist mit umfangreicher Anlagentechnik und Fluidkreisläufen auf unterschiedlichen Temperaturniveaus ausgestattet. Es hat durch die Nutzung von Umweltenergie und der Abwärme verschiedener Prozesse einen „LowEx-Charakter“.

Modellierungsmethoden

Technisch-Physikalische Berechnung (Simulation)
Prozesshistorisch (Eigenbenchmark)

Messmethoden

Technische Messungen
Technisch-Physikalische Berechnung
Auditierungen/Sichtprüfung

Bewertungs-/Entscheidungsmethoden

Berechnung
Expertenwissen
Visualisierung

Wirkungsmethoden

Mensch (Experten-Berichte)
Teil-Automatisierung (Alarmer, Dashboards)
Automatisierung (Vorgabe von Regelgrößen)

Technische Infrastruktur

Messtechnik
Gebäudeautomation
PC

Partner

Prof. Dr.-Ing. Prof. e.h. Dr. h.c. George Tsatsaronis
Technische Universität Berlin - Fachgebiet Energietechnik und Umweltschutz



Heizkostenverteilung – HKV

Dr.-Ing. R. Gentemann - WILO SE - Group Research and Technology Center

Laufzeit:

01.08.2012-30.09.2015

Phasen

Betrieb

Akteure

Nutzer

Beschreibung (max. 1.500 Zeichen inkl. Leerzeichen):

Vor dem Hintergrund der immer geringer werdenden Energieverbräuche moderner Gebäude, steigt das Verhältnis der Erfassungs- und Verteilungskosten zu den Verbrauchskosten an. So kommt es häufiger zu Ausnahmen nach §11 der Heizkostenverordnung, so dass die Verordnung nicht verpflichtend ist und daher die Verbräuche nicht mehr erfasst werden müssen.

Ausgenommen von der Verpflichtung zur Heizkostenerfassung sind auch Anlagen, die größtenteils mit regenerativen Energien oder Wärmepumpen betrieben werden. Somit wird das Ziel der Heizkostenverordnung – Energie einzusparen- ausgehebelt. Ziel dieses Forschungsvorhabens war einerseits alternative Lösungen zu erarbeiten, so dass eine Heizkostenverteilung kostengünstiger und unabhängig von der Heizflächenart durchgeführt werden kann. Andererseits sollte das Heizsystem im Hinblick auf energetisch ungünstige Zustände automatisch analysiert werden können und die Ergebnisse dem Nutzer visuell dargestellt werden.

Im Rahmen des Projekts wurden mehrere alternative Heizkostenverteilungs-Lösungen erarbeitet und deren Genauigkeit anhand von Messdaten und Simulationen geprüft. Einige Verfahren haben zwar nicht die Genauigkeit, welche in der EN834 gefordert wird, jedoch bieten sich derartige Varianten an, anstatt wie oft üblich nur nach Wohnfläche zu verteilen. Neben der Evaluation von Heizkostenverteilungsverfahren, wurden ein Systemanalysewerkzeug und eine zugehörige Visualisierung entwickelt und in mehreren realen Gebäuden getestet.

Modellierungsmethoden

Empirisch (Benchmarks)
Technisch-Physikalische Berechnung (Simulation)
Regelbasiert

Messmethoden

Technische Messungen

Bewertungs-/Entscheidungsmethoden

Visualisierung
Berechnung
Expertenwissen

Wirkungsmethoden

Mensch (Experten-Berichte)
Teil-Automatisierung (Alarmer, Dashboards)

Technische Infrastruktur

Messtechnik
Gebäudeautomation
Weitere (Datenbank basierte Auswertungen)

Verlinkung zum Projekt

<http://www.enob.info/de/neue-technologien/projekt/details/heizkosten-verteilung-mit-system-dezentraler-heizungspumpen/>
<http://www.bine.info/newsuebersicht/news/heizkosten-kostenguenstiger-verteilen/>

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





EnoB: Inst-Kop-HLQ

Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. J. Seifert - Technische Universität Dresden

Laufzeit:

01.07.2013-30.06.2016

Phasen

Konzept

Akteure

Prüfer

Beschreibung (max. 1.500 Zeichen inkl. Leerzeichen):

Durch die von der Bundesregierung festgelegte Energiewende werden in Zukunft vermehrt erneuerbare Energien den Strom- und Wärmemarkt dominieren. Diese sind jedoch starken Schwankungen am Tag sowie jahreszeitlich unterworfen. Vor diesem Hintergrund ist es sehr wahrscheinlich, dass ein fluktuierendes Angebot sich auch in stärkeren preislichen Schwankungen beim Endverbraucher für Elektroenergie, Gas sowie Wärme ausdrückt.

Im Forschungsvorhaben wurden daher die Auswirkung von einer zeitlich unterbrochenen Betriebsweise von Anlagentechnik auf das thermische Empfinden des menschlichen Körpers untersucht und regelungstechnische Algorithmen für heizungstechnische Systeme abgeleitet. Die Arbeiten sind als Grundlagen anzusehen, da bis zum jetzigen Zeitpunkt noch keine umfänglich verlässlichen Daten zum instationären thermischen Komfort vorliegen. Entsprechend der skizzierten Aufgabenstellung wurde im Projekt eine Klimakammer errichtet, welche an einen energetischen Versorgungspark angeschlossen ist. Mit dem Setup wurden in einem zweiten Schritt eine große Anzahl an Probandenuntersuchungen durchgeführt. Der Fokus lag hierbei auf dynamischen Betrachtungen.

Aus den Ergebnissen dieser Untersuchungen konnten verbesserte regelungstechnische Strategien für Heizsysteme abgeleitet werden. Die Ergebnisse wurden in mehreren Berichten für die Praxis aufbereitet. Besonders zu erwähnen ist, dass das Projekt von einer branchenübergreifenden Expertengruppe begleitet wurde.

Modellierungsmethoden

Weitere (Versuchsstand)

Messmethoden

Soziologische und psychologische Messungen

Technisch-Physikalische Berechnung

Technische Messungen

Bewertungs-/Entscheidungsmethoden

Expertenwissen

Wirkungsmethoden

Mensch (Experten-Berichte)

Technische Infrastruktur

PC

Gebäudeautomation

Messtechnik

Verlinkung zum Projekt

https://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_maschinenwesen/iet/ew/forschung_und_projekte/therm_behag

Partner

DIN NHRS

BVF Bundesverband der Flächenheizung und Flächenkühlung

Kermi

ITG Dresden

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





ENOB KaP

Dr.-Ing. B. Mahler - Steinbeis Innovationszentrum EGS (SIZ)

Laufzeit:

01.11.2012-31.10.2015

Phasen

Betrieb
Sanierung

Akteure

Betreiber
Fachplaner

Beschreibung (max. 1.500 Zeichen inkl. Leerzeichen):

Thema dieses Forschungsantrages war die Entwicklung von Werkzeugen für die Betriebsanalyse und Systemoptimierung von Kälteanlagen in Büro- und Produktions- und Industriegebäuden. Diese Anlagen werden individuell geplant und weisen im realen Betriebszustand oft deutlich höhere Energieverbräuche auf, als im optimalen Betriebszustand benötigt werden. Bisher fehlten Hilfsmittel um einfach erkennen zu können, welches Verbesserungspotenzial in einem konkreten Kältesystem vorhanden ist, und wie dieses umgesetzt werden kann.

Anhand einer größeren Zahl von Beispielobjekten mit zukunftsfähigen Kälteanlagen mit elektrischem oder thermischem Antrieb auf regenerativer und fossiler Basis wurden die Werkzeuge entwickelt und validiert. Dabei wurde die Gesamtheit des Kältesystems mit Kälteerzeugung, Kälteverteilung, Kälteübergabe und Kältenutzung im jeweiligen Gebäudekontext betrachtet.

Ziel war es, Werkzeuge zu entwickeln, die dabei unterstützen den Betrieb bestehender Kältesysteme mit geringem Aufwand zu analysieren, Schwachstellen aufzudecken und die Kältesysteme zu optimieren. Zur Entwicklung der Werkzeuge wurden in einem ersten Schritt die Kältesysteme in knapp 40 Gebäuden analysiert. Im zweiten Schritt wurden die Werkzeuge weiterentwickelt und anhand zahlreicher Kältesysteme getestet. Im dritten Schritt wurden die Ergebnisse bewertet, publiziert und in einem Abschluss-Symposium einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt. Die Aufbereitung der Tools für die Nutzung Dritter erfolgte bis Oktober 2015 und steht seit Mitte November 2015 kostenlos unter <http://www.stz-egs.de/kap-werkzeuge/> zum Download für die Öffentlichkeit bereit.

Modellierungsmethoden

Empirisch (Benchmarks)
Prozesshistorisch (Eigenbenchmark)
Technisch-Physikalische Berechnung (Simulation)

Messmethoden

Technische Messungen
Auditierungen/Sichtprüfung

Bewertungs-/Entscheidungsmethoden

Visualisierung
Berechnung
Expertenwissen

Wirkungsmethoden

Mensch (Experten-Berichte)

Technische Infrastruktur

Messtechnik
Gebäudeautomation

Verlinkung zum Projekt

<http://www.enob.info/de/software-und-tools/projekt/details/betriebsanalyse-und-systemoptimierung-fuer-kaelteanlagen/>

<http://www.stz-egs.de/kap-werkzeuge/>

Partner

Steinbeis-Innovationszentrum für Energie-, Gebäude- und Solartechnik (SIZ) - Projektkoordinator
Energie-Forschungszentrum Niedersachsen (EFZN)
BROCHIER Consulting + Innovation GmbH (BCI)
Industriepartner:
Johnson Controls Systems & Service GmbH
COMBITHERM GmbH



EnOB / EnBop - KonLuft

Prof. Dr. habil. U. Eicker- Hochschule für Technik Stuttgart - Institut für Angewandte Forschung (IAF)

Laufzeit:

01.05.2013-30.04.2016

Phasen

Konzept

Planung

Akteure

Fachplaner

Beschreibung (max. 1.500 Zeichen inkl. Leerzeichen):

Natürliche Lüftung von Gebäuden kann zu signifikanten Primärenergieeinsparungen im Nichtwohnungsbau führen, da vor allem der sommerliche Kühlenergiebedarf deutlich reduziert werden kann, und für die hygienisch notwendige Belüftung kein Strom für Ventilatoren erforderlich ist. Eine kontrollierte Steuerung der Öffnungen in der Gebäudehülle ist vor allem für Nichtwohngebäude essentiell, um während der Nichtbelegung lüften und kühlen zu können, aber auch um hohe Nutzerzufriedenheit zu erreichen.

Das Forschungsvorhaben ist in 6 Arbeitspakete unterteilt. Zunächst werden in einer umfangreichen Simulationsstudie für die wichtigsten Anwendungen im Nichtwohnungsbau die Lüftungs- und Energieeinsparpotentiale ermittelt. Im zweiten Arbeitspaket werden daraus Planungstools unterschiedlicher Komplexität entwickelt. In den Simulationsmodellen können dann im dritten Arbeitspaket Regelungsstrategien entwickelt und auf ihre energetischen Potentiale untersucht werden. Der experimentelle Test der Regelungsstrategien und die Modellvalidierung erfolgt im vierten Arbeitspaket. Nach einer wirtschaftlichen Bewertung im Arbeitspaket 5 werden alle Ergebnisse in einem Planungsleitfaden dokumentiert.

Modellierungsmethoden

Technisch-Physikalische Berechnung (Simulation)

Empirisch (Benchmarks)

Messmethoden

Technische Messungen

Technisch-Physikalische Berechnung

Bewertungs-/Entscheidungsmethoden

Normalisierung

Berechnung

Visualisierung

Wirkungsmethoden

Teil-Automatisierung (Alarmer, Dashboards)

Automatisierung (Vorgabe von Regelgrößen)

Technische Infrastruktur

Gebäudeautomation

Messtechnik

PC

Verlinkung zum Projekt

<https://www.hft-stuttgart.de/Forschung/Kompetenzen/zafh/Projekte/Projekt105.html/de>

Partner

Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI) - Fachverband Sicherheit

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





EnOB/EnBop: LoxEx-QS [IEA HPP Task 40]

Dr.-Ing. D. Kalz - Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Laufzeit:

01.05.2014-31.10.2016

Phasen

Planung

Betrieb

Akteure

Fachplaner

Prüfer

Beschreibung (max. 1.500 Zeichen inkl. Leerzeichen):

Das Vorhaben „LowEx-Qualitätssicherung“ adressiert die Analyse, Bewertung und Optimierung von hydraulischen Systemen in LowEx-Heiz- und Kühlkonzepten. Ziel des vorgeschlagenen Vorhabens ist es, Kennzahlen und Zielgrößen für die Auslegung und die energetische Bewertung von hydraulischen Systemen für die Kälte- und Wärmeverteilung in Gebäuden mit besonderer Beachtung der Anforderungen von LowEx-Systemen zu erstellen. Aus den Analysen sollen geeignete, vereinfachte Verfahren für die energetische Bewertung im Rahmen von EnEV und DIN V 18599 abgeleitet werden.

Die Ergebnisse des Vorhabens werden für einen Planungsleitfaden für LowEx-Systeme aufbereitet und der Fachöffentlichkeit in Form von Publikationen und einem Workshop zur Verfügung gestellt. Zudem findet im IEA HPP Task 40 "Heat Pump Concepts for Nearly Zero Energy Buildings" eine Mitarbeit statt.

Das Vorhaben „LowEx-QS“ verfolgt drei FuE-Schwerpunkte:(i) Thermohydraulische Bewertung des Primär- und Sekundärkreises von LowEx-Technologien bzw. Konzepten.(ii) Erarbeitung von geeigneten, vereinfachten Verfahren für die energetische Bewertung im Rahmen von EnEV und DIN V 18599.(iii) Darstellung zielführender Vorgaben für die Inspektion von LowEx Heiz- und Kühlanlagen in Nichtwohngebäuden.

Modellierungsmethoden

Technisch-Physikalische Berechnung (Simulation)

Empirisch (Benchmarks)

Messmethoden

Technische Messungen

Auditierungen/Sichtprüfung

Bewertungs-/Entscheidungsmethoden

Normalisierung

Berechnung

Expertenwissen

Wirkungsmethoden

Mensch (Experten-Berichte)

Technische Infrastruktur

Weitere (Implementierung der Projektergebnisse in Normen und Richtlinien in Form von Kennzahlen)

Verlinkung zum Projekt

<https://www.ise.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/energieeffiziente-gebaeude/themen/energiekonzepte-fuer-gebaeude/projekte/laufende-projekte/lowex-qualitaetssicherung-lowex-qs>

Partner

Fachverband Gebäude-Klima e.V., Bietigheim-Bissingen

WILO SE, Dortmund

Oventrop GmbH & Co. KG, Olsberg

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23

D - 38106 Braunschweig

Tel: 0531 / 391-3555

Fax: 0531 / 391-8125

e-mail: igs@tu-bs.de

www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b

D - 38106 Braunschweig

Tel: 0531/391-3635

Fax: 0531/391-3636





EnOB: Monitoring Sporthalle Dresden

J. Seifert - TU Dresden

Laufzeit:

01.04.2011-31.03.2015

Phasen

Betrieb

Akteure

Betreiber

Beschreibung (max. 1.500 Zeichen inkl. Leerzeichen):

Die im Jahre 2009 in Dresden errichtete Passivhaus-Sporthalle verfolgt konsequent Ansätze des energieoptimierten Bauens. Neben einer komplexen Anlagentechnik mit umfangreicher Umweltenergienutzung wurde das Gebäude so konzipiert, dass die primärenergetischen Anforderungen eines Passivhauses (120 kWh/m²a) um ca. 50% unterboten werden sollten.

Im ersten Betriebsjahr zeigte sich, dass die im Passivhaus typischen Kennwerte erreicht werden konnten, die geplante Verbesserung allerdings ausblieb. Das sich daraus ableitende Optimierungspotenzial, wurde im noch nicht perfekt aufeinander abgestimmten Betrieb der einzelnen Anlagenkomponenten vermutet. Mit dem Ziel, die ursprünglich geplanten Energiekennwerte zu erreichen, wurde beschlossen, den Sporthallenbetrieb einem wissenschaftlichen Monitoring im Rahmen der EnOB-Begleitforschung zu unterziehen.

Nach umfangreicher Analyse des Anlagenbetriebes wurden Optimierungsvorschläge ausgearbeitet. Infolge einer Kosten-Nutzen-Überlegung der Betreiber, wurde schließlich der Umbau der Anlagentechnik beschlossen. Im Anschluss fand die erneute Analyse einiger Komponenten der Anlagentechnik statt, um die Wirksamkeit der Umbaumaßnahmen zu überprüfen.

Im Ergebnis konnte eine Verbesserung des Anlagenbetriebes festgestellt werden. Die geplanten Kennwerte wurden größtenteils erreicht. Das Gebäude zeichnet sich damit durch einen geringen Jahresheiz- und Primärenergiebedarf aus. Die darüber hinaus gewonnenen Erkenntnisse sind im Schlussbericht dargelegt.

Modellierungsmethoden

Prozesshistorisch (Eigenbenchmark)

Technisch-Physikalische Berechnung (Simulation)

Messmethoden

Technische Messungen

Bewertungs-/Entscheidungsmethoden

Berechnung

Wirkungsmethoden

Mensch (Experten-Berichte)

Technische Infrastruktur

Messtechnik

PC

Verlinkung zum Projekt

<http://forschungsinfo.tu-dresden.de/detail/forschungsprojekt/13217>

Partner

Fraunhofer Institut, für Solare Energiesysteme

Am Königswald, Planungsgesellschaft

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



7.3 Daten zu Maßnahmen^X (Abschnitt 4)

| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges. kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges. kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|----|----------------------------|-------------------|---------|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| | | m ² | - | Liste | € | €/a | € | €/a |
| 1 | Institutsgebäude | 9256 | 1962 | Information, Schulung für Nutzer | 100 | 1.515 | | |
| 2 | Institutsgebäude | 9256 | 1962 | Information, Schulung für Nutzer | 600 | 22.700 | | |
| 3 | Sportstätte | 2441 | 1973 | Modernisierung TGA | | 275 | 360 | |
| 4 | Sportstätte | 2441 | 1973 | Modernisierung TGA | 5.100 | 1.170 | | |
| 5 | Sportstätte | 2441 | 1973 | Umbau TGA | 9.960 | 2.900 | | |
| 6 | Bibliothek | 14409 | 1971 | Instandsetzung der TGA | | 5.906 | 1.070 | |
| 7 | Bibliothek | 14409 | 1971 | Instandsetzung der TGA | 1.800 | 32.760 | | |
| 8 | Bibliothek | 14409 | 1971 | Instandsetzung der TGA | 1.000 | 26.100 | 1.800 | |
| 9 | Bibliothek | 14409 | 1971 | Umbau TGA | 9.200 | 10.250 | | |
| 10 | Bibliothek | 14409 | 1971 | Betrieb: Bedienung der TGA | 85 | 4.300 | 85 | |
| 11 | Bibliothek | 14409 | 1971 | Betrieb: Bedienung der TGA | 13.000 | 28.000 | | |
| 12 | Bibliothek | 14409 | 1971 | Umbau Baukonstruktion | 3.500 | 2.800 | 3.300 | |
| 13 | Bibliothek | 14409 | 1971 | Modernisierung TGA | 900 | 7.700 | 900 | |
| 14 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 7130 | 2007 | Betrieb: Bedienung der TGA | <1000 | | | |
| 15 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 7130 | 2007 | Inbetriebnahme und Einregulierung | <1000 | 2.000 | | |
| 16 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 7130 | 2007 | Sanierung der Technischen Anlagen | 2.560 | 810 | 2.560 | 650 |
| 17 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 7130 | 2007 | Modernisierung TGA | | | | |
| 18 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 7130 | 2007 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 19 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 7130 | 2007 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 20 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 105540 | 1998 | Information, Schulung für Nutzer | | | | |
| 21 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 105540 | 1998 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 22 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 12237 | 2000 | Instandsetzung der TGA | >10000 | | | |
| 23 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 12237 | 2000 | Instandsetzung der TGA | 5000-10000 | | | |
| 24 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 12237 | 2000 | Betrieb: Bedienung der TGA | < 1000 | | | |
| 25 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 12237 | 2000 | Betrieb: Bedienung der TGA | < 1000 | | | |
| 26 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 12237 | 2000 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 27 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 12237 | 2000 | Sanierung der TGA | | | | |
| 28 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 12237 | 2000 | Sanierung der TGA | | | | |
| 29 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 29822 | 1999 | Information, Schulung für Nutzer | | | | |
| 30 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 29822 | 1999 | Information, Schulung für Betreiber | | | | |
| 31 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 29822 | 1999 | Sanierung der TGA | | | | |

^X Fehlende Angaben sind auf fehlende oder unklare Daten in den zu Grunde liegenden Berichten zurückzuführen. Der Vollständigkeit halber sind trotzdem alle Maßnahmen aufgeführt.



TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel : 0531 / 391 - 3555
Fax: 0531 / 391 - 8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|----|----------------------------|-------------------|-----------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 32 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 29822 | 1999 | Sanierung der TGA | | | | |
| 33 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 3263 | 1964/1965 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 34 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 3263 | 1964/1965 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 35 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 20316 | 2003 | Betrieb: Bedienung der TGA | < 1000 | | | |
| 36 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 20316 | 2003 | Instandsetzung der TGA | 1000 - 5000 | | | |
| 37 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 20316 | 2003 | Instandsetzung der TGA | 1000 - 5000 | | | |
| 38 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 20316 | 2003 | Betrieb: Bedienung der TGA | < 1000 | | | |
| 39 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 20316 | 2003 | Instandsetzung der TGA | < 1000 | | | |
| 40 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 20316 | 2003 | Betrieb: Bedienung der TGA | < 1000 | | | |
| 41 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 20316 | 2003 | Instandsetzung der TGA | < 1000 | | | |
| 42 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 20316 | 2003 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 43 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 20316 | 2003 | Sanierung der Baukonstruktion | > 10000 | | | |
| 44 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 20316 | 2003 | Sanierung der Baukonstruktion | > 10000 | | | |
| 45 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 20316 | 2003 | Information, Schulung für Nutzer | | | | |
| 46 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 20316 | 2003 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 47 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 20316 | 2003 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 48 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 20316 | 2003 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 49 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 49455 | 1999 | Umbau TGA | > 10000 | | | |
| 50 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 49455 | 1999 | Instandsetzung der TGA | < 1000 | | | |
| 51 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 24109 | 2001 | Sanierung der Baukonstruktion | > 10000 | | | |
| 52 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 24109 | 2001 | Sanierung der TGA | > 10000 | | | |
| 53 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 24109 | 2001 | Betrieb: Bedienung der TGA | < 1000 | | | |
| 54 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 24109 | 2001 | Betrieb: Bedienung der TGA | < 1000 | | | |
| 55 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 24109 | 2001 | Instandsetzung der TGA | < 1000 | | | |
| 56 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 24109 | 2001 | Umbau TGA | > 10000 | | | |
| 57 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 15753 | 1995 | Sanierung der Baukonstruktion | >10000 | | | |
| 58 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 15753 | 1995 | Sanierung der TGA | | | | |
| 59 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 15753 | 1995 | Umbau TGA | > 10000 | | | |
| 60 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 15753 | 1995 | Umbau TGA | 5000 - 10000 | | | |
| 61 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 15753 | 1995 | Umbau TGA | < 1000 | | | |
| 62 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 14238 | 1999 | Sanierung der TGA | > 10000 | | | |
| 63 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 14238 | 1999 | Sanierung der TGA | > 10000 | | | |
| 64 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 14238 | 1999 | Instandsetzung der TGA | 1000 - 5000 | | | |
| 65 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 14238 | 1999 | Sanierung der Baukonstruktion | 5000 - 10000 | | | |
| 66 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 14238 | 1999 | Information, Schulung für Nutzer | < 1000 | | | |
| 67 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 73524 | 2002 | Instandsetzung der TGA | < 1000 | | | |
| 68 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 73524 | 2002 | Instandsetzung der TGA | 1000 - 5000 | | | |
| 69 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 73524 | 2002 | Instandsetzung der TGA | < 1000 | | | |



TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel : 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|-----|----------------------------|-------------------|---------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 70 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 73524 | 2002 | Modernisierung TGA | | | | |
| 71 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 73524 | 2002 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 72 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 39705 | 2002 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 73 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 7535 | 1990 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 74 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 7535 | 1990 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 75 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 7535 | 1990 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 76 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 7535 | 1990 | Sanierung der TGA | | | | |
| 77 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 7535 | 1990 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 78 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 7535 | 1990 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 79 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 7535 | 1990 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 80 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 7535 | 1990 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 81 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 7535 | 1990 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 82 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 7535 | 1990 | Information, Schulung für Nutzer | | | | |
| 83 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 2151 | 2002 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 84 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 2151 | 2002 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 85 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 2151 | 2002 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 86 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 2151 | 2002 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 87 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 2151 | 2002 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 88 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 2151 | 2002 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 89 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 2151 | 2002 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 90 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 2151 | 2002 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 91 | Bildungsbauten (Schule) | 10650 | 2004 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 92 | Bildungsbauten (Schule) | 10650 | 2004 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 93 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 5974 | 1999 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 94 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 5974 | 1999 | Instandsetzung der TGA | | 2.100 | | |
| 95 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 5974 | 1999 | Instandsetzung der TGA | | 223 | | |
| 96 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 5974 | 1999 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 97 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 5974 | 1999 | Betrieb: Bedienung der TGA | | 1.100 | | |
| 98 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 6920 | | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 99 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 6920 | | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 100 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 6920 | | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 101 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 6920 | | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 102 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 9260 | 1965 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 103 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 9260 | 1965 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 104 | Bildungsbauten (Schule) | 10650 | 2004 | Instandsetzung der TGA | | 1.600 | 8.000 | |
| 105 | Bildungsbauten (Schule) | 10650 | 2004 | Instandsetzung der TGA | | 1.700 | 8.100 | |
| 106 | Bildungsbauten (Schule) | 10650 | 2004 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 107 | Bildungsbauten (Schule) | 10650 | 2004 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 108 | Bildungsbauten (Schule) | 10650 | 2004 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 109 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 10900 (Brutto) | 2000 | Instandsetzung der TGA | | | | |



TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel : 0531 / 391-3555
Fax : 0531 / 391-8125
e-mail : igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel : 0531/391-3635
Fax : 0531/391-3636



| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|-----|----------------------------|-------------------|---------|------------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 110 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 10900 (Brutto) | 2000 | | | | | |
| 111 | Labor | 3300 | 1967 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 112 | Bildungsbauten (Schule) | 8737 | 1955 | Instandsetzung der Baukonstruktion | | | | |
| 113 | Bildungsbauten (Schule) | 8737 | 1955 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 114 | Bildungsbauten (Schule) | 8737 | 1955 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 115 | Bildungsbauten (Schule) | 8737 | 1955 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 116 | Bildungsbauten (Schule) | 8737 | 1955 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 117 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 21875 | 1968 | Sanierung der Baukonstruktion | | 22.500 | | |
| 118 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 4719 | 1968 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 119 | Bibliothek | 33287 | 2004 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 120 | Bibliothek | 33287 | 2004 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 121 | Bibliothek | 33287 | 2004 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 122 | Bibliothek | 33287 | 2004 | Sanierung der TGA | | | | |
| 123 | Bibliothek | 33287 | 2004 | Sanierung der TGA | | | | |
| 124 | Bibliothek | 33287 | 2004 | Sanierung der TGA | | | | |
| 125 | Bibliothek | 33287 | 2004 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 126 | Bibliothek | 33287 | 2004 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 127 | Bibliothek | 33287 | 2004 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 128 | Bibliothek | 33287 | 2004 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 129 | Bibliothek | 33287 | 2004 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 130 | Bibliothek | 33287 | 2004 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 131 | Bibliothek | 33287 | 2004 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 132 | Bibliothek | 33287 | 2004 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 133 | Bibliothek | 33287 | 2004 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 134 | Bibliothek | 33287 | 2004 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 135 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 7114 | 2003 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 136 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 7114 | 2003 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 137 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 7114 | 2003 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 138 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 7114 | 2003 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 139 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 7114 | 2003 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 140 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 7114 | 2003 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 141 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 7114 | 2003 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 142 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 10886 | 2002 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 143 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 10886 | 2002 | Sanierung der TGA | | | | |
| 144 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 10886 | 2002 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 145 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 10886 | 2002 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 146 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 10886 | 2002 | Information, Schulung für Nutzer | <1000 | | | |
| 147 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 10886 | 2002 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 148 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 10886 | 2002 | Information, Schulung für Nutzer | | | | |
| 149 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 10886 | 2002 | Information, Schulung für Nutzer | | | | |



TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|-----|----------------------------|-------------------|---------|---|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 150 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 11656 | 2002 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 151 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 11656 | 2002 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 152 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 11656 | 2002 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 153 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 11656 | 2002 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 154 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 11656 | 2002 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 155 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 11656 | 2002 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 156 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 11656 | 2002 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 157 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 11656 | 2002 | Information, Schulung für Nutzer | | | | |
| 158 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 11656 | 2002 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 159 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 11656 | 2002 | Information, Schulung für Nutzer | | | | |
| 160 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 11656 | 2002 | Information, Schulung für Nutzer | | | | |
| 161 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 11656 | 2002 | Information, Schulung für Nutzer | | | | |
| 162 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 11656 | 2002 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 163 | Wohngebäude | 1294 | 1907 | | | | | |
| 164 | Bibliothek | 25011 | 1975 | | > 10000 | | | |
| 165 | Bibliothek | 25011 | 1975 | Instandsetzung der TGA | > 10000 | | | |
| 166 | Bibliothek | 25011 | 1975 | Instandsetzung der TGA | > 10000 | | | |
| 167 | Bibliothek | 25011 | 1975 | Sanierung der TGA | > 10000 | | | |
| 168 | Bibliothek | 25011 | 1975 | Sanierung der TGA | > 10000 | | | |
| 169 | Bibliothek | 25011 | 1975 | Sanierung der TGA | > 10000 | | | |
| 170 | Bibliothek | 25011 | 1975 | Sanierung der TGA | > 10000 | | | |
| 171 | Bibliothek | 25011 | 1975 | Sanierung der TGA | > 10000 | | | |
| 172 | Bibliothek | 25011 | 1975 | Sanierung der TGA | > 10000 | | | |
| 173 | Bibliothek | 25011 | 1975 | Sanierung der Baukonstruktion | > 10000 | | | |
| 174 | Bibliothek | 25011 | 1975 | Sanierung der TGA | > 10000 | | | |
| 175 | Bibliothek | 25011 | 1975 | Instandsetzung der Baukonstruktion | > 10000 | | | |
| 176 | Bibliothek | 25011 | 1975 | Betrieb: Inspektion und Wartung Baukonstruktion | > 10000 | | | |
| 177 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 21875 | 1968 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 178 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 21875 | 1968 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 179 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 21875 | 1968 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 180 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 21875 | 1968 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 181 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 21875 | 1968 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 182 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 21875 | 1968 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 183 | Wohngebäude | 1150 | 1931 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 184 | Wohngebäude | 1150 | 1931 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 185 | Wohngebäude | 1150 | 1931 | Sanierung der TGA | | | | |
| 186 | | | | | | | | |
| 187 | | | | | | | | |



TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|-----|-------------------------------|--|---|---|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 188 | | | | | | | | |
| 189 | | | | | | | | |
| 190 | | | | | | | | |
| 191 | | | | | | | | |
| 192 | | | | | | | | |
| 193 | | | | | | | | |
| 194 | | | | | | | | |
| 195 | | | | | | | | |
| 196 | | | | | | | | |
| 197 | | | | | | | | |
| 198 | | | | | | | | |
| 199 | | | | | | | | |
| 200 | | | | | | | | |
| 201 | | | | | | | | |
| 202 | | | | | | | | |
| 203 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 8036 (ohne UG) | 2008 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 204 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 8036 (ohne UG) | 2008 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 205 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 8036 (ohne UG) | 2008 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 206 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 8036 (ohne UG) | 2008 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 207 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 8036 (ohne UG) | 2008 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 208 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 7202 (ohne UG) | 2010 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 209 | Büro- / Verwaltungsgebäude | ca. 40.000 (BGF) | 2002 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 210 | Büro- / Verwaltungsgebäude | ca. 40.000 (BGF) | 2002 | Umbau TGA | | | | |
| 211 | Büro- / Verwaltungsgebäude | ca. 40.000 (BGF) | 2002 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | 700 | |
| 212 | Büro- / Verwaltungsgebäude | ca. 40.000 (BGF) | 2002 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | 700 | |
| 213 | Büro- / Verwaltungsgebäude | ca. 40.000 (BGF) | 2002 | Modernisierung TGA | 20.652 | | | |
| 214 | Büro- / Verwaltungsgebäude | ca. 40.000 (BGF) | 2002 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | 700 | |
| 215 | Büro- / Verwaltungsgebäude | ca. 40.000 (BGF) | 2002 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | 700 | |
| 216 | Büro- / Verwaltungsgebäude | ca. 40.000 (BGF) | 2002 | Betrieb: Bedienung der TGA | 1.050 | | | |
| 217 | Sonstige | ca. 20.000 aus Luftbild (inkl. Kältezentralen usw.) | 2013 | Umbau TGA | | | | |
| 218 | Sonstige | ca. 20.000 aus Luftbild (inkl. Kältezentralen usw.) | 2013 | Umbau TGA | | | | |
| 219 | Sonstige | ca. 20.000 aus Luftbild (inkl. Kältezentralen usw.) | 1989 (Umbau der Kälte- zentralen seit 2005) | Umbau TGA | | | | |
| 220 | Sonstige | ca. 20.000 aus Luftbild (inkl. Kältezentralen usw.) | 1989 (Umbau der Kälte- zentralen seit 2005) | Umbau TGA | | | | |



| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|-----|----------------------------|---|---|-------------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 221 | Sonstige | ca. 20.000 aus Luftbild (inkl. Kältezentralen usw.) | 1989 (Umbau der Kältezentralen seit 2005) | Umbau TGA | | | | |
| 222 | Sportstätte | ca. 5.700 (BGF) | 2002 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 223 | Sportstätte | ca. 5.700 (BGF) | 2002 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 224 | Sportstätte | ca. 5.700 (BGF) | 2002 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 225 | Sportstätte | ca. 5.700 (BGF) | 2002 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 226 | Sportstätte | ca. 5.700 (BGF) | 2002 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 227 | Sportstätte | ca. 5.700 (BGF) | 2002 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 228 | Labor | HNF 3.218 | 1969, Lüftungsanl. 2002 | Modernisierung TGA | | | | |
| 229 | Labor | HNF 3.218 | 1969, Lüftungsanl. 2002 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 230 | Labor | HNF 3.218 | 1969, Lüftungsanl. 2002 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 231 | Labor | HNF 3.218 | 1969, Lüftungsanl. 2002 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 232 | Labor | HNF 3.218 | 1969, Lüftungsanl. 2002 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 233 | Labor | HNF 3.218 | 1969, Lüftungsanl. 2002 | | 1.050 | 30.000 | | |
| 234 | Labor | HNF 3.218 | 1969, Lüftungsanl. 2002 | | 1.050 | 1.243 | | |
| 235 | Labor | HNF 3.218 | 1969, Lüftungsanl. 2002 | | 252 | 1.243 | | |
| 236 | Produktionsstätte | keine Angabe | 1995 | Umbau TGA | | | | |
| 237 | Produktionsstätte | keine Angabe | 1995 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 238 | Produktionsstätte | keine Angabe | 1995 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 239 | Produktionsstätte | keine Angabe | 1995 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 240 | Produktionsstätte | keine Angabe | 1995 | Sanierung der TGA | | | | |
| 241 | Produktionsstätte | 7300 (gekühlte Fläche) | 2011 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 242 | Produktionsstätte | 7300 (gekühlte Fläche) | 2011 | Umbau TGA | | | | |
| 243 | Produktionsstätte | 7300 (gekühlte Fläche) | 2011 | Umbau TGA | > 100.000 | 3.700 | | |
| 244 | Produktionsstätte | keine Angabe | 2007-2008 | Umbau TGA | | | | |
| 245 | Produktionsstätte | keine Angabe | 2007-2008 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 246 | Produktionsstätte | keine Angabe | 2007-2008 | Umbau TGA | | | | |
| 247 | Büro- / Verwaltungsgebäude | keine Angabe | 1988, Kältemasch. 2010 | Umbau TGA | | | | |
| 248 | Büro- / Verwaltungsgebäude | keine Angabe | 1988, Kältemasch. 2010 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 249 | Labor | 35000 | 1999 | Modernisierung TGA | | | | |
| 250 | Labor | 35000 | 1999 | Umbau TGA | | | | |
| 251 | Labor | 35000 | 1999 | Modernisierung TGA | | | | |

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



EnOB
Forschung für
Energieoptimiertes Bauen



EnBop

| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|-----|----------------------------|----------------------------------|------------------------|-------------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 252 | Labor | keine Angabe | 1988, Kältemasch. 2005 | Modernisierung TGA | 700 | 7.043 | | |
| 253 | Labor | keine Angabe | 1988, Kältemasch. 2005 | Umbau TGA | 10.000 | 5.217 | | |
| 254 | Labor | keine Angabe | 1988, Kältemasch. 2005 | Umbau TGA | | | | |
| 255 | Labor | keine Angabe | 1988, Kältemasch. 2005 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 256 | Krankenhaus | 62.300 | 2008 | Umbau TGA | | | 150.000 | 47.880 |
| 257 | Krankenhaus | 62.300 | 2008 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 258 | Krankenhaus | 62.300 | 2008 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 259 | | | | | | | 1.200 | 286 |
| 260 | | | | | 75.000 | 3.859 | | |
| 261 | | | | | 210 | 146 | | |
| 262 | | | | | 13.000 | 1.938 | | |
| 263 | | | | | 280 | 823 | | |
| 264 | | | | | 0 | | | |
| 265 | | | | | | | 70 | 565 |
| 266 | | | | | 120.000 | | | |
| 267 | | | | | 560 | 1.499 | | |
| 268 | | | | | 560 | 700 | | |
| 269 | | | | | | 2.185 | | |
| 270 | | | | | 1.050 | 1.824 | | |
| 271 | | | | | 1.050 | 1.064 | | |
| 272 | | | | | 1.050 | 1.596 | | |
| 273 | | | | | 2.010 | 10.450 | | |
| 274 | | | | | >500.000 | 10.450 | | |
| 275 | Einzelhandel | beheizte Nettogrundfläche: 1675 | 2010 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 276 | Einzelhandel | beheizte Nettogrundfläche: 1675 | 2010 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 277 | Einzelhandel | beheizte Nettogrundfläche: 1675 | 2010 | Information, Schulung für Nutzer | | | | |
| 278 | Büro- / Verwaltungsgebäude | beheizte Nettogrundfläche: 17131 | 2007 | Umbau TGA | | | | |
| 279 | Büro- / Verwaltungsgebäude | beheizte Nettogrundfläche: 7134 | 2007 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 280 | Büro- / Verwaltungsgebäude | beheizte Nettogrundfläche: 7134 | 2007 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 281 | Büro- / Verwaltungsgebäude | beheizte Nettogrundfläche: 7134 | 2007 | Umbau TGA | 2.560 € brutto | | | |
| 282 | Büro- / Verwaltungsgebäude | beheizte Nettogrundfläche: 7134 | 2007 | Modernisierung TGA | | | nicht bekannt | 246 €/a |
| 283 | Büro- / Verwaltungsgebäude | beheizte Nettogrundfläche: 7134 | 2007 | Umbau TGA | | 3.600 € brutto | | |
| 284 | Büro- / Verwaltungsgebäude | beheizte Nettogrundfläche: 7134 | 2007 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 285 | Büro- / Verwaltungsgebäude | beheizte Nettogrundfläche: 7134 | 2007 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |



TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel : 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|-----|----------------------------|----------------------------------|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 286 | Büro- / Verwaltungsgebäude | beheizte Nettogrundfläche: 7134 | 2007 | | | | | |
| 287 | Bildungsbauten (Schule) | beheizte Nettogrundfläche: 1951 | 2009 | | | | | |
| 288 | Bildungsbauten (Schule) | beheizte Nettogrundfläche: 1951 | 2009 | Umbau Baukonstruktion | | | | |
| 289 | Bildungsbauten (Schule) | beheizte Nettogrundfläche: 1951 | 2009 | | | | | |
| 290 | Wohngebäude | beheizte Nettogrundfläche: 17017 | 1977, saniert: 2003 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 291 | Wohngebäude | beheizte Nettogrundfläche: 17017 | 1977, saniert: 2003 | Umbau TGA | | | | |
| 292 | Wohngebäude | beheizte Nettogrundfläche: 17017 | 1977, saniert: 2003 | Modernisierung TGA | | | | |
| 293 | Wohngebäude | beheizte Nettogrundfläche: 17017 | 1977, saniert: 2003 | Umbau TGA | | | | |
| 294 | Wohngebäude | beheizte Nettogrundfläche: 17017 | 1977, saniert: 2003 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 295 | Wohngebäude | beheizte Nettogrundfläche: 17017 | 1977, saniert: 2003 | Information, Schulung für Nutzer | | | | |
| 296 | Wohngebäude | beheizte Nettogrundfläche: 17017 | 1977, saniert: 2003 | | | | | |
| 297 | Büro- / Verwaltungsgebäude | beheizte Nettogrundfläche: 27181 | 2009 | Umbau TGA | | | | |
| 298 | Büro- / Verwaltungsgebäude | beheizte Nettogrundfläche: 27181 | 2009 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 299 | Büro- / Verwaltungsgebäude | beheizte Nettogrundfläche: 27181 | 2009 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 300 | Büro- / Verwaltungsgebäude | beheizte Nettogrundfläche: 27181 | 2009 | Umbau TGA | | | | |
| 301 | Büro- / Verwaltungsgebäude | beheizte Nettogrundfläche: 27181 | 2009 | Umbau TGA | | | | |
| 302 | Büro- / Verwaltungsgebäude | beheizte Nettogrundfläche: 6352 | 2011 | | | | | |
| 303 | Büro- / Verwaltungsgebäude | beheizte Nettogrundfläche: 6352 | 2011 | | | | | |
| 304 | | | | | | | | |
| 305 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 306 | | | | Umbau TGA | | | | |
| 307 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 308 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 309 | | | | Information, Schulung für Betreiber | | | | |
| 310 | | | | | | | 0 | 1.183 |
| 311 | | | | | | | 0 | 1.183 |
| 312 | | | | | | | 0 | 1.183 |
| 313 | | | | | | | 0 | 591 |
| 314 | | | | | | | 0 | 591 |
| 315 | | | | | | | 0 | 591 |
| 316 | | | | | | | 0 | 591 |
| 317 | | | | | | | 0 | 591 |



TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|-----|------------|-------------------|---------|---|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 318 | | | | | | | 0 | 591 |
| 319 | | | | | | | 0 | 6.639 |
| 320 | | | | | | | 0 | 3.320 |
| 321 | | | | | | | 0 | 3.320 |
| 322 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 323 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 324 | | | | Information, Schulung für Nutzer | | | | |
| 325 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 326 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 327 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 328 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 329 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 330 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 331 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 332 | | | | Information, Schulung für Nutzer | | | | |
| 333 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 334 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 335 | | | | | | | | |
| 336 | | | | | | | | |
| 337 | | | | | | | 0 | 1.931 |
| 338 | | | | | | | 0 | 1.931 |
| 339 | | | | | | | 0 | 1.931 |
| 340 | | | | | | | 0 | 1.931 |
| 341 | | | | | | | 0 | 966 |
| 342 | | | | | | | 0 | 966 |
| 343 | | | | | | | 0 | 966 |
| 344 | | | | | | | 0 | 966 |
| 345 | | | | | | | 0 | 966 |
| 346 | | | | | | | 0 | 966 |
| 347 | | | | | | | 0 | 966 |
| 348 | | | | | | | 0 | 966 |
| 349 | | | | | | | | 2.195 |
| 350 | | | | | | | | 1.097 |
| 351 | | | | | | | | 1.097 |
| 352 | | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | | | 2.000 | 2.217 |



TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|-----|-------------|-------------------|---------|-----------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 353 | | | | Sanierung der TGA | | | 6.600 | 670 |
| 354 | | | | Modernisierung TGA | | | 600 | 1.584 |
| 355 | | | | Instandsetzung der TGA | | | 640 | 61 |
| 356 | | | | Modernisierung TGA | | | 1.140 | 883 |
| 357 | | | | Modernisierung TGA | | | 6.600 | 2.545 |
| 358 | | | | Modernisierung TGA | | | 3.650 | 947 |
| 359 | | | | Modernisierung TGA | | | 3.200 | 5.193 |
| 360 | | | | Modernisierung TGA | 5.100 | 1.165 | | |
| 361 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | 885 | 1.375 | | |
| 362 | | | | | 1.800 | 26.057 | | |
| 363 | | | | | 1.800 | 32.814 | | |
| 364 | | | | Instandsetzung der TGA | 9.144 | 9.450 | | |
| 365 | | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | 85 | 781 | | |
| 366 | | | | Instandsetzung der TGA | 850 | 1.143 | | |
| 367 | | | | Modernisierung TGA | 3.272 | 2.797 | | |
| 368 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | 1.070 | 5.906 | | |
| 369 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | 100 | 599 | | |
| 370 | | | | Instandsetzung der TGA | 360 | 274 | | |
| 371 | | | | Information, Schulung für Nutzer | 600 | 22.716 | | |
| 372 | | | | | 0 | 4.032 | | |
| 373 | Krankenhaus | | | Instandsetzung der TGA | | | 700 | 1.500 |
| 374 | Krankenhaus | | | Information, Schulung für Nutzer | 2.195 | 1.539 | | |
| 375 | Krankenhaus | | | Information, Schulung für Nutzer | 2.915 | 4.213 | | |
| 376 | Krankenhaus | | | Information, Schulung für Nutzer | 611 | 0 | | |
| 377 | Krankenhaus | | | Betrieb: Bedienung der TGA | 611 | 1.539 | | |
| 378 | Krankenhaus | | | | 899 | 1.472 | | |
| 379 | Krankenhaus | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | 1.763 | 1.907 | | |
| 380 | Krankenhaus | | | | 1.187 | 629 | | |
| 381 | Krankenhaus | | | Information, Schulung für Nutzer | 611 | 0 | | |
| 382 | Krankenhaus | | | | | | | |
| 383 | Krankenhaus | | | | | | | |
| 384 | Krankenhaus | | | Modernisierung TGA | 4.000 | 380 | | |
| 385 | | | | | | | 7.500 | 19.630 |
| 386 | | | | Modernisierung TGA | 11.162 | 956 | | |
| 387 | | | | Sanierung der TGA | | | 960 | 11.700 |
| 388 | | | | | 4.050 | 106.860 | | |



TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3635
Fax: 0531 / 391-3636



| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|-----|-------------|-------------------|---------|-------------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 389 | | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | 270 | 11.607 | | |
| 390 | | | | Information, Schulung für Nutzer | 900 | 21.449 | | |
| 391 | | | | | 180 | 1.806 | | |
| 392 | | | | | 180 | 0 | | |
| 393 | | | | | 270 | 0 | | |
| 394 | | | | | 270 | 460 | | |
| 395 | | | | | 90 | 7.360 | | |
| 396 | | | | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | 29.350 | 16.140 | | |
| 397 | Krankenhaus | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | 150 | 4.054 | | |
| 398 | Krankenhaus | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | 150 | 1.719 | | |
| 399 | Krankenhaus | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | 150 | 1.182 | | |
| 400 | Krankenhaus | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | 150 | 621 | | |
| 401 | Krankenhaus | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | 150 | 192 | | |
| 402 | Krankenhaus | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | 150 | 370 | | |
| 403 | Krankenhaus | | | | 150 | | | |
| 404 | Krankenhaus | | | | 150 | | | |
| 405 | Krankenhaus | | | | 150 | | | |
| 406 | Krankenhaus | | | | 150 | 109 | | |
| 407 | Krankenhaus | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | 150 | 4.431 | | |
| 408 | Krankenhaus | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | 150 | | | |
| 409 | Krankenhaus | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | 150 | | | |
| 410 | Krankenhaus | | | | 150 | | | |
| 411 | Krankenhaus | | | | 150 | | | |
| 412 | Krankenhaus | | | | 150 | | | |
| 413 | Krankenhaus | | | | 150 | 115 | | |
| 414 | Krankenhaus | | | Modernisierung TGA | 525 | 736 | | |
| 415 | Krankenhaus | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | 300 | 6.415 | | |
| 416 | Krankenhaus | | | Umbau TGA | 525 | 822 | | |
| 417 | Krankenhaus | | | Umbau TGA | 525 | 1.750 | | |
| 418 | Krankenhaus | | | Modernisierung TGA | 525 | 368 | | |
| 419 | | | | Modernisierung TGA | 1.500 | 518 | | |
| 420 | | | | | 0 | 1.548 | | |
| 421 | | | | Modernisierung TGA | 14.680 | 400 | | |
| 422 | | | | | 150 | 160 | | |
| 423 | | | | Information, Schulung für Betreiber | 4.000 | 6.289 | | |



TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3635
Fax: 0531 / 391-3636



| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|-----|-------------------------|-------------------|---------|-------------------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| 424 | | | | Information, Schulung für Betreiber | 1.660 | 10.565 | | |
| 425 | | | | | 2.421 | 2.882 | | |
| 426 | | | | Instandsetzung der Baukonstruktion | 1.941 | 237 | | |
| 427 | | | | | 1.806 | 443 | | |
| 428 | | | | Modernisierung TGA | 2.000 | 776 | | |
| 429 | | | | | 1.760 | 776 | | |
| 430 | | | | Information, Schulung für Betreiber | 2.300 | 11.147 | | |
| 431 | | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | 1.500 | 699 | | |
| 432 | | | | | 2.404 | 6.655 | | |
| 433 | | | | Information, Schulung für Betreiber | 5.682 | 6.645 | | |
| 434 | Krankenhaus | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | 12.700 | 29.228 | | |
| 435 | Krankenhaus | | | Betrieb: Bedienung der TGA | 3.600 | 7.439 | | |
| 436 | Krankenhaus | | | Betrieb: Bedienung der TGA | 17.200 | 55.843 | | |
| 437 | Krankenhaus | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | 38.000 | 13.096 | | |
| 438 | Krankenhaus | | | Betrieb: Bedienung der TGA | 7.000 | 39.457 | | |
| 439 | Krankenhaus | | | | 5.000 | 4.844 | | |
| 440 | Krankenhaus | | | | 18.000 | 6.992 | | |
| 441 | Krankenhaus | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | 1.500 | 2.731 | | |
| 442 | Krankenhaus | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | 2.500 | 13.792 | | |
| 443 | Krankenhaus | | | Instandsetzung der TGA | 5.500 | 5.467 | | |
| 444 | Krankenhaus | | | Instandsetzung der TGA | 2.500 | 3.085 | | |
| 445 | Krankenhaus | | | Betrieb: Bedienung der TGA | 2.500 | 26.208 | | |
| 446 | Krankenhaus | | | | 10.200 | 29.371 | | |
| 447 | Krankenhaus | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | 35.000 | 11.480 | | |
| 448 | Krankenhaus | | | | 36.000 | 49.910 | | |
| 449 | Krankenhaus | | | | 4.000 | 2.296 | | |
| 450 | Bildungsbauten (Schule) | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | rund 10 Euro pro Heizkörperthermostat | |
| 451 | Bildungsbauten (Schule) | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 452 | Bildungsbauten (Schule) | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 453 | Bildungsbauten (Schule) | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 454 | Bildungsbauten (Schule) | | | | | | | |
| 455 | Bildungsbauten (Schule) | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |



TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|-----|-------------------------|-------------------|---------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 456 | Bildungsbauten (Schule) | | | Information, Schulung für Nutzer | | | | |
| 457 | Bildungsbauten (Schule) | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 458 | Bildungsbauten (Schule) | | | Information, Schulung für Nutzer | | | | |
| 459 | Bildungsbauten (Schule) | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 460 | Sonstige | 59326 | 2008 | Umbau TGA | | | | |
| 461 | Sonstige | | | Modernisierung TGA | | | | |
| 462 | Sonstige | | | Modernisierung TGA | | | | |
| 463 | Sonstige | 59326 | 2008 | | | | | |
| 464 | Sonstige | 59326 | 2008 | | | | | |
| 465 | Sonstige | 59326 | 2008 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 466 | Sonstige | 59326 | 2008 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 467 | Sonstige | 59326 | 2008 | | | | | |
| 468 | Sonstige | 59326 | 2008 | | 13.750 | | | |
| 469 | Kita | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | | | | |
| 470 | Kita | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | | | | |
| 471 | Kita | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | > 10.000 € (ohne Wartungskosten) | 750 | | |
| 472 | Kita | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | | 750 | | |
| 473 | Kita | | | | | | | |
| 474 | Kita | | | | | | | |
| 475 | Kita | | | Information, Schulung für Nutzer | | | | |
| 476 | Kita | | | Information, Schulung für Nutzer | | | | |
| 477 | Kita | | | Information, Schulung für Nutzer | | | | |
| 478 | Kita | | | | | | | |
| 479 | Kita | | | | | | | |
| 480 | Kita | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 481 | Kita | | | | | | | |
| 482 | Kita | | | | | | | |
| 483 | Kita | | | | | | | |
| 484 | Kita | | | | | | | |
| 485 | Kita | | | | | | | |
| 486 | Kita | | | | | | | |
| 487 | Kita | | | | | | | |
| 488 | Kita | | | | | | | |
| 489 | Kita | | | | | | | |
| 490 | Kita | | | | | | | |



TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|-----|-------------|-------------------------|---------|-------------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 491 | Kita | | | | | | | |
| 492 | Kita | | | Information, Schulung für Nutzer | | | | |
| 493 | Kita | | | | | | | |
| 494 | Kita | | | | | | | |
| 495 | Kita | | | | | | | |
| 496 | Kita | | | | | | | |
| 497 | Kita | | | | | | | |
| 498 | | | | Umbau TGA | | | | |
| 499 | | | | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 500 | | | | Sanierung der TGA | | | | |
| 501 | | | | Umbau TGA | | | | |
| 502 | | | | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 503 | | | | Modernisierung TGA | | | | |
| 504 | | | | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 505 | | | | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 506 | | | | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 507 | | | | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 508 | | | | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 509 | | | | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 510 | | | | Modernisierung TGA | | | | |
| 511 | | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | | | | |
| 512 | | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | | | | |
| 513 | | | | | | | | |
| 514 | | | | Modernisierung TGA | | | | |
| 515 | | | | Modernisierung TGA | | | | |
| 516 | | | | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 517 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 518 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 519 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 520 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 521 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | Umbau TGA | | | | |
| 522 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | Umbau TGA | | | | |
| 523 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | Inbetriebnahme und Einregulierung | | | | |
| 524 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | Inbetriebnahme und Einregulierung | | | | |
| 525 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | Umbau TGA | | | | |
| 526 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | Umbau TGA | | | | |



TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel : 0531 / 391 - 3555
Fax : 0531 / 391 - 8125
e-mail : igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel : 0531 / 391-3635
Fax : 0531 / 391-3636



| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|-----|-------------|-------------------------|--|-------------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 527 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | Inbetriebnahme und Einregulierung | | | | |
| 528 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | | | | | |
| 529 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | | | | | |
| 530 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | Modernisierung TGA | | | | |
| 531 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | | | | | |
| 532 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | | | | | |
| 533 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | | | | | |
| 534 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | Umbau TGA | | | | |
| 535 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | | | | | |
| 536 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | | | | | |
| 537 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | | | | | |
| 538 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | | | | | |
| 539 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | | | | | |
| 540 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | Modernisierung TGA | | | | |
| 541 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 542 | Wohngebäude | 1.089,89 m ² | | | | | | |
| 543 | Sonstige | 5.181 m ² | 1965 (1974: Bau eines zusätzlichen Gebäudes) | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 544 | Sonstige | 5.181 m ² | 1965 (1974: Bau eines zusätzlichen Gebäudes) | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 545 | Sonstige | 5.181 m ² | 1965 (1974: Bau eines zusätzlichen Gebäudes) | Sanierung der TGA | | | | |
| 546 | Sonstige | 5.181 m ² | 1965 (1974: Bau eines zusätzlichen Gebäudes) | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 547 | Sonstige | 5.181 m ² | 1965 (1974: Bau eines zusätzlichen Gebäudes) | Sanierung der TGA | | | | |
| 548 | Sonstige | 5.181 m ² | 1965 (1974: Bau eines zusätzlichen Gebäudes) | Sanierung der TGA | | | | |
| 549 | Sonstige | 5.181 m ² | 1965 (1974: Bau eines zusätzlichen Gebäudes) | | | | | |
| 550 | Sonstige | 5.181 m ² | 1965 (1974: Bau eines zusätzlichen Gebäudes) | | | | | |
| 551 | Sonstige | 5.181 m ² | 1965 (1974: Bau eines zusätzlichen Gebäudes) | Inbetriebnahme und Einregulierung | | | | |
| 552 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 553 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |



TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel : 0531 / 391 - 3555
Fax: 0531 / 391 - 8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|-----|---|-------------------|-----------|---|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 554 | | | | Inbetriebnahme und Einregulierung, Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 555 | | | | Inbetriebnahme und Einregulierung, Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 556 | | | | Inbetriebnahme und Einregulierung, Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 557 | | | | Modernisierung TGA, Sanierung der TGA | | | | |
| 558 | | | | Inbetriebnahme und Einregulierung, Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 559 | | | | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 560 | | | | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 561 | | | | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 562 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Labor | | | Modernisierung TGA | | | | |
| 563 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Labor | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 564 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Labor | | | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 565 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Labor | | | Inbetriebnahme und Einregulierung, Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 566 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Labor | | | Modernisierung TGA | | | | |
| 567 | Büro- / Verwaltungsgebäude | | 1908-1910 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 568 | Büro- / Verwaltungsgebäude | | 1908-1910 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 569 | Büro- / Verwaltungsgebäude | | 1908-1910 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 570 | Büro- / Verwaltungsgebäude | | 1908-1910 | Betrieb: Bedienung der TGA, Inbetriebnahme und Einregulierung | | | | |
| 571 | Büro- / Verwaltungsgebäude | | 1908-1910 | Modernisierung TGA | | | | |
| 572 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Labor, Sonstige | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 573 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Labor, Sonstige | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 574 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Labor, Sonstige | | | Modernisierung TGA | | | | |
| 575 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Labor, Sonstige | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 576 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Labor, Sonstige | | | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 577 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Labor, Sonstige | | | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 578 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Labor, Sonstige | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |



TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel : 0531 / 391-3555
Fax : 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|-----|---|------------------------------------|-------------|---|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 579 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Labor, Sonstige | | | | | | | |
| 580 | Büro- / Verwaltungsgebäude | | 2005 | Umbau TGA | | | | |
| 581 | Büro- / Verwaltungsgebäude | | 2005 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 582 | Büro- / Verwaltungsgebäude | | 2005 | Inbetriebnahme und Einregulierung, Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 583 | Büro- / Verwaltungsgebäude | | 2005 | Umbau TGA | | | | |
| 584 | Büro- / Verwaltungsgebäude | | 2005 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 585 | Bildungsbauten (Schule) | | 1957 -1973 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 586 | Bildungsbauten (Schule) | | 1957 -1973 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 587 | Bildungsbauten (Schule) | | 1957 -1973 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 588 | Bildungsbauten (Schule) | | 1957 -1973 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 589 | Bildungsbauten (Schule), Sportsstätte, Sonstige | | 1966 - 1968 | Inbetriebnahme und Einregulierung, Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 590 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Labor | | 1995 | | | | | |
| 591 | Büro- / Verwaltungsgebäude | circa 1.100m ² Büroraum | 2012/2013 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 592 | Büro- / Verwaltungsgebäude | circa 1.100m ² Büroraum | 2012/2013 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 593 | Büro- / Verwaltungsgebäude | circa 1.100m ² Büroraum | 2012/2013 | Instandsetzung der TGA, Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 594 | Büro- / Verwaltungsgebäude | circa 1.100m ² Büroraum | 2012/2013 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 595 | Büro- / Verwaltungsgebäude | circa 1.100m ² Büroraum | 2012/2013 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 596 | Büro- / Verwaltungsgebäude | circa 1.100m ² Büroraum | 2012/2013 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 597 | Büro- / Verwaltungsgebäude | circa 1.100m ² Büroraum | 2012/2013 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 598 | Büro- / Verwaltungsgebäude | circa 1.100m ² Büroraum | 2012/2013 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 599 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Produktionsstätte, Sonstige | 14.000m ² | 2003 | Inbetriebnahme und Einregulierung | | | | |
| 600 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Produktionsstätte, Sonstige | 14.000m ² | 2003 | Information, Schulung für Nutzer | | | | |
| 601 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Produktionsstätte, Sonstige | 14.000m ² | 2003 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 602 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Produktionsstätte, Sonstige | 14.000m ² | 2003 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 603 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Produktionsstätte, Sonstige | 14.000m ² | 2003 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 604 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Produktionsstätte, Sonstige | 14.000m ² | 2003 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |



TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|-----|---|--|---------|-------------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 605 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Produktionsstätte, Sonstige | 14.000m ² | 2003 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 606 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Produktionsstätte, Sonstige | 14.000m ² | 2003 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 607 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Produktionsstätte, Sonstige | 14.000m ² | 2003 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 608 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Produktionsstätte, Sonstige | 14.000m ² | 2003 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 609 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Produktionsstätte, Sonstige | 14.000m ² | 2003 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 610 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Produktionsstätte, Sonstige | 14.000m ² | 2003 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 611 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Produktionsstätte, Sonstige | 14.000m ² | 2003 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 612 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Produktionsstätte, Sonstige | 14.000m ² | 2003 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 613 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Produktionsstätte, Sonstige | 14.000m ² | 2003 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 614 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Produktionsstätte, Sonstige | 14.000m ² | 2003 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 615 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 18.000 m ² Nutzfläche | 2005 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 616 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 18.000 m ² Nutzfläche | 2005 | | | | | |
| 617 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 18.000 m ² Nutzfläche | 2005 | Modernisierung TGA | | | | |
| 618 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 18.000 m ² Nutzfläche | 2005 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 619 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 18.000 m ² Nutzfläche | 2005 | | | | | |
| 620 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 18.000 m ² Nutzfläche | 2005 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 621 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 18.000 m ² Nutzfläche | 2005 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 622 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 18.000 m ² Nutzfläche | 2005 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 623 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 18.000 m ² Nutzfläche | 2005 | | | | | |
| 624 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 18.000 m ² Nutzfläche | 2005 | | | | | |
| 625 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 18.000 m ² Nutzfläche | 2005 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 626 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 18.000 m ² Nutzfläche | 2005 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 627 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 18.000 m ² Nutzfläche | 2005 | | | | | |
| 628 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 18.000 m ² Nutzfläche | 2005 | | | | | |
| 629 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 18.000 m ² Nutzfläche | 2005 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 630 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 18.000 m ² Nutzfläche | 2005 | Modernisierung TGA | | | | |
| 631 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m ² | 2005 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 632 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m ² | 2005 | | | | | |
| 633 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m ² | 2005 | | | | | |
| 634 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m ² | 2005 | | | | | |



TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel : 0531 / 391-3555
Fax : 0531 / 391-8125
e-mail : igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel : 0531/391-3635
Fax : 0531/391-3636



| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|-----|------------|--------------------------------|---------|---|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 635 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | | | | | |
| 636 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | | | | | |
| 637 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | Betrieb: Bedienung der TGA, Modernisierung TGA | | | | |
| 638 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | | | | | |
| 639 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | | | | | |
| 640 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | Modernisierung TGA | | | | |
| 641 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 642 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | Inbetriebnahme und Einregulierung | | | | |
| 643 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 644 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | Inbetriebnahme und Einregulierung, Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 645 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 646 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 647 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | | | | | |
| 648 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 649 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | Umbau TGA | | | | |
| 650 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | Umbau TGA | | | | |
| 651 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | Modernisierung TGA | | | | |
| 652 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | Modernisierung TGA | | | | |
| 653 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 654 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 655 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | Inbetriebnahme und Einregulierung | | | | |
| 656 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | Instandsetzung der TGA, Umbau TGA | | | | |
| 657 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 658 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | | | | | |
| 659 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 660 | Sonstige | Bruttogeschossfläche: 4.450 m² | 2005 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 661 | | | | Umbau TGA | | | | |
| 662 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 663 | | | | Umbau TGA | | | | |
| 664 | | | | Umbau TGA | | | | |
| 665 | | | | Modernisierung TGA | | | | |
| 666 | | | | Modernisierung TGA | | | | |
| 667 | | | | | | | | |



TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|-----|--|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 668 | | | | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 669 | | | | Modernisierung TGA | | | | |
| 670 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 671 | | | | Modernisierung TGA | | | | |
| 672 | | | | | | | | |
| 673 | | | | Modernisierung TGA | | | | |
| 674 | | | | Modernisierung TGA | | | | |
| 675 | | | | | | | | |
| 676 | | | | Umbau TGA | | | | |
| 677 | | | | Modernisierung TGA | | | | |
| 678 | | | | Umbau TGA | | | | |
| 679 | | | | Umbau TGA | | | | |
| 680 | | | | | | | | |
| 681 | | | | Umbau TGA | | | | |
| 682 | | | | | | | | |
| 683 | | | | Modernisierung TGA | | | | |
| 684 | | | | Modernisierung TGA | | | | |
| 685 | | | | Modernisierung TGA | | | | |
| 686 | | | | Umbau TGA | | | | |
| 687 | | | | | | | | |
| 688 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 689 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 690 | | | | Modernisierung TGA | | | | |
| 691 | | | | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 692 | | | | | | | | |
| 693 | | | | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 694 | | | | | | | | |
| 695 | | | | | | | | |
| 696 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 697 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 698 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 699 | | | | | | | | |
| 700 | | | | Umbau TGA | | | | |
| 701 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 702 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Einzelhandel | Nutzfläche: 11.800 m ² | Abschluss Sanierung: Januar 2012 | | | | | |



| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|-----|---|-----------------------------------|----------------------------------|--|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 703 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Einzelhandel | Nutzfläche: 11.800 m ² | Abschluss Sanierung: Januar 2012 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 704 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Einzelhandel | Nutzfläche: 11.800 m ² | Abschluss Sanierung: Januar 2012 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 705 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Einzelhandel | Nutzfläche: 11.800 m ² | Abschluss Sanierung: Januar 2012 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 706 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Einzelhandel | Nutzfläche: 11.800 m ² | Abschluss Sanierung: Januar 2012 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 707 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Einzelhandel | Nutzfläche: 11.800 m ² | Abschluss Sanierung: Januar 2012 | Betrieb: Inspektion und Wartung TGA | | | | |
| 708 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Einzelhandel | Nutzfläche: 11.800 m ² | Abschluss Sanierung: Januar 2012 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 709 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Einzelhandel | Nutzfläche: 11.800 m ² | Abschluss Sanierung: Januar 2012 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 710 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Einzelhandel | Nutzfläche: 11.800 m ² | Abschluss Sanierung: Januar 2012 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 711 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Einzelhandel | Nutzfläche: 11.800 m ² | Abschluss Sanierung: Januar 2012 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 712 | Institutsgebäude | 7359 | 1956 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 713 | Bildungsbauten (Schule) | 3441 | | Sanierung der Baukonstruktion, Sanierung der TGA | | | | |
| 714 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Bildungsbauten (Schule) | 9470 | 1937 | Instandsetzung der Baukonstruktion | | | | |
| 715 | Institutsgebäude | 5525 | 1954 | | | | | |
| 716 | Institutsgebäude | 7359 | 1956 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 717 | Wohngebäude | 981 | 1950 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 718 | Institutsgebäude | | 1889 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 719 | Institutsgebäude | 3974 | 1973 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 720 | | 5979 | 1973 | Sanierung der TGA | | | | |
| 721 | Institutsgebäude | 13207 | 1974 | | | | | |
| 722 | Institutsgebäude | 10254 | 1972 | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 723 | | 600 | 1936 | | | | | |
| 724 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Bildungsbauten (Schule) | 9470 | 1937 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 725 | Büro- / Verwaltungsgebäude, Bildungsbauten (Schule) | 9470 | 1937 | Sanierung der TGA | | | | |
| 726 | Bildungsbauten (Schule) | 4400 | 1961 | | | | | |
| 727 | | 1298 | 1960 | | | | | |
| 728 | | | | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 729 | Labor | 1365 | 1980 | | | | | |
| 730 | Bildungsbauten (Schule) | 3441 | | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 731 | Institutsgebäude | 7359 | 1956 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |



TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel : 0531 / 391 - 3555
Fax : 0531 / 391 - 8125
e-mail : igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel : 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|-----|----------------------------|-------------------|---------|---|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 732 | Institutsgebäude | 7359 | 1956 | Sanierung der TGA | | | | |
| 733 | | 11690 | 1988 | Modernisierung Baukonstruktion | | | 47.000 | 15.300 |
| 734 | | | | Sanierung der Baukonstruktion, Modernisierung TGA | | | | |
| 735 | Institutsgebäude | 2809 | 1963 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 736 | | 4708 | 1936 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 737 | Büro- / Verwaltungsgebäude | 3448 | 1936 | Umbau TGA | | | | |
| 738 | | 2264 | 1899 | Umbau TGA | | | | |
| 739 | Bildungsbauten (Schule) | 4400 | 1961 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 740 | | 2264 | 1899 | Sanierung der TGA | | | | |
| 741 | Sonstige | 2396 | 1974 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 742 | Wohngebäude | 861 | 1885 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 743 | | | | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 744 | Sonstige | 6020 | 1962 | Modernisierung TGA | | | | |
| 745 | | 695 | 1930 | Modernisierung Baukonstruktion | | | | |
| 746 | Sonstige | 3613 | 1974 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 747 | Bibliothek | 14364 | 1971 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 748 | Bibliothek | 14364 | 1971 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 749 | | 17390 | 1976 | Modernisierung TGA | | | | |
| 750 | Wohngebäude | 843 | 1894 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 751 | Institutsgebäude | 14784 | 1985 | Modernisierung TGA | | | | 180.000 |
| 752 | | 17390 | 1976 | Sanierung der TGA | | | | |
| 753 | | | 1936 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 754 | | 11690 | 1988 | Umbau TGA | | | | |
| 755 | Bildungsbauten (Schule) | 3441 | | Sanierung der TGA | | | | |
| 756 | | 5979 | 1973 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 757 | Institutsgebäude | 9346 | 1981 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 758 | Sportstätte | 2511 | 1973 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 759 | Sonstige | 2308 | 1963 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 760 | | 5979 | 1973 | Sanierung der TGA, Modernisierung TGA | | | | |
| 761 | Institutsgebäude | 13207 | 1974 | Sanierung der Baukonstruktion, Modernisierung TGA | | | | |
| 762 | Wohngebäude | 861 | 1885 | | | | | |
| 763 | | 11690 | 1988 | | | | | |
| 764 | | 17390 | 1976 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 765 | Institutsgebäude | 1817 | 1963 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 766 | Bildungsbauten (Schule) | 3441 | | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 767 | Institutsgebäude | 5525 | 1954 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 768 | | 17390 | 1976 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 769 | Sonstige | 2709 | 1911 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 770 | Sonstige | 751 | 1900 | Sanierung der TGA | | | | |



TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel : 0531 / 391-3555
Fax : 0531 / 391-8125
e-mail : igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel : 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|-----|------------------|-------------------|---------|------------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 771 | Institutsgebäude | | 2015 | | | | | |
| 772 | Sonstige | 3613 | 1974 | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 773 | Sonstige | 2687 | 1965 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 774 | | | | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 775 | Sonstige | 2650 | 1961 | Instandsetzung der Baukonstruktion | | | | |
| 776 | Sonstige | 3719 | 1981 | Sanierung der TGA | | | | |
| 777 | Institutsgebäude | 4753 | 1959 | | | | | |
| 778 | Sportstätte | 671 | 1964 | Sanierung der Baukonstruktion | | | | |
| 779 | Sonstige | 3719 | 1981 | | | | | |
| 780 | | 17390 | 1976 | | | | | |
| 781 | Sonstige | 751 | 1900 | Sanierung der TGA | | | | |
| 782 | | 11690 | 1988 | | | | | |
| 783 | Institutsgebäude | 13207 | 1974 | | | | | |
| 784 | | | 1974 | Sanierung der TGA | | | | |
| 785 | Institutsgebäude | 2513 | 1990 | Modernisierung TGA | | | | |
| 786 | | | | Information, Schulung für Nutzer | 1.500 | 2.707 | | |
| 787 | | | | Instandsetzung der TGA | 300 | 959 | | |
| 788 | | | | | | | | |
| 789 | | | | Modernisierung TGA | 4.000 | 2.773 | | |
| 790 | | | | Modernisierung TGA | 1.625 | 846 | | |
| 791 | | | | Instandsetzung der TGA | | | | |
| 792 | | | | | 75 | 1.222 | | |
| 793 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 794 | | | | Information, Schulung für Nutzer | 500 | 823 | | |
| 795 | | | | Information, Schulung für Nutzer | 800 | 1.317 | | |
| 796 | | | | | | | | |
| 797 | | | | Information, Schulung für Nutzer | | | | |
| 798 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 799 | | | | Information, Schulung für Nutzer | | | | |
| 800 | | | | | | | | |
| 801 | | | | | | | | |
| 802 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | 600 | 2.364 | | |
| 803 | | | | Information, Schulung für Nutzer | 600 | 2.364 | | |
| 804 | | | | Modernisierung TGA | 3.000 | 1.203 | | |
| 805 | | | | Information, Schulung für Nutzer | 0 | 2.606 | | |
| 806 | | | | Modernisierung TGA | | | | |



TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|-----|-------------|-------------------|---------|---|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 807 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | 25.000 | 8.729 |
| 808 | | | | | | | | |
| 809 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | | | | |
| 810 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | 75 | 171 | | |
| 811 | | | | | 75 | 591 | | |
| 812 | | | | | | | 300 | 319 |
| 813 | | | | | | | | |
| 814 | | | | Betrieb: Inspektion und Wartung Baukonstruktion | 2.000 | 682 | | |
| 815 | | | | | 0 | 9.785 | | |
| 816 | | | | Betrieb: Bedienung der TGA | 0 | 3.267 | | |
| 817 | | | | Modernisierung TGA | 0 | 25.326 | | |
| 818 | | | | Modernisierung TGA | 0 | 27.900 | | |
| 819 | | | | | 899 | 669 | | |
| 820 | | | | | 1.187 | | | |
| 821 | | | | | 9.187 | 2.342 | | |
| 822 | | | | Inbetriebnahme und Einregulierung | 23.187 | 6.691 | | |
| 823 | | | | | 5.475 | 2.342 | | |
| 824 | | | | Information, Schulung für Nutzer | | 1.808 | | |
| 825 | | | | Modernisierung TGA | 21.000 | 11.424 | | |
| 826 | | | | Modernisierung TGA | 1.000 | 1.334 | | |
| 827 | | | | Instandsetzung der Baukonstruktion | 1.500 | 637 | | |
| 828 | | | | Modernisierung TGA | 5.000 | 6.672 | | |
| 829 | | | | Information, Schulung für Nutzer | 800 | 1.971 | | |
| 830 | | | | | | | | |
| 831 | | | | | 2.700 | 6.400 | | |
| 832 | | | | | 1.350 | 70.400 | | |
| 833 | | | | | 900 | 16.170 | | |
| 834 | | | | | 1.350 | 14.893 | | |
| 835 | | | | Modernisierung TGA | 270 | 1.095 | | |
| 836 | | | | Umbau TGA | | | | |
| 837 | | | | | 450 | 14.449 | | |
| 838 | | | | | 450 | 24.595 | | |
| 839 | Krankenhaus | | | | 225 | 387 | | |
| 840 | Krankenhaus | | | | 225 | 50 | | |
| 841 | Krankenhaus | | | | 225 | 373 | | |
| 842 | Krankenhaus | | | | 225 | 108 | | |
| 843 | Krankenhaus | | | | 225 | 105 | | |



TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636



| | Gebäudetyp | Netto-Grundfläche | Baujahr | Art der Maßnahme | Ges.kosten d. Maßn. Prognose | Kosten-einsparung Prognose | Ges.kosten d. Maßn. Umsetzung | Kosten-einsparung Umsetzung |
|-----|-------------|-------------------|---------|---|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 844 | Krankenhaus | | | | 225 | 47 | | |
| 845 | Krankenhaus | | | | 225 | 0 | | |
| 846 | Krankenhaus | | | | 225 | 0 | | |
| 847 | Krankenhaus | | | | 225 | 0 | | |
| 848 | Krankenhaus | | | | 225 | 0 | | |
| 849 | Krankenhaus | | | | 225 | 30 | | |
| 850 | Krankenhaus | | | | 225 | 0 | | |
| 851 | Krankenhaus | | | | 225 | 796 | | |
| 852 | Krankenhaus | | | | 225 | 121 | | |
| 853 | Krankenhaus | | | | 225 | 0 | | |
| 854 | Krankenhaus | | | | 225 | 0 | | |
| 855 | Krankenhaus | | | | 225 | 0 | | |
| 856 | Krankenhaus | | | Modernisierung TGA | 525 | 3.864 | | |
| 857 | Krankenhaus | | | | 300 | | | |
| 858 | Krankenhaus | | | Information, Schulung für Nutzer | 0 | 2.566 | | |
| 859 | | | | | 4.000 | 640 | | |
| 860 | | | | | 120 | 518 | | |
| 861 | | | | | 120 | 259 | | |
| 862 | | | | | 2.800 | 100 | | |
| 863 | | | | | 120 | 160 | | |
| 864 | | | | | 120 | 160 | | |
| 865 | | | | Modernisierung TGA | 2.000 | 216 | | |
| 866 | | | | | 0 | 2.518 | | |
| 867 | | | | | 1.200 | 130 | | |
| 868 | | | | Information, Schulung für Betreiber, Information, Schulung für Nutzer | 900 | 1.037 | | |
| 869 | | | | | 27.000 | 10.019 | | |
| 870 | | | | | 41.500 | 7.722 | | |



Tabelle 10 zeigt die Projekte, aus denen Daten zu Maßnahmen übernommen wurden.

Tabelle 10 Projekt, aus denen Daten zu Maßnahmen übernommen wurden

| Projekttitle aus dem Abschlussbericht, Projekt- oder Gebäudename | Förderkennzeichen |
|--|-------------------|
| EnBop-Energieoptimiertes Bauen: Energetische Betriebsoptimierung von Nichtwohngebäuden (TU Braunschweig) | 0327474A |
| Demonstrationsprojekt Neues Regionshaus Hannover: Energieoptimiertes Bauen in Public-Private-Partnerships (TU Braunschweig) | 0335007X |
| EVA-Evaluierung von Energiekonzepten, div. Gebäude | 0327346A |
| Neubau eines energetisch optimierten Bürogebäudes / Bob - balanced office building | 0335007N |
| Wissenschaftliche Begleitung und messtechnische Evaluierung des Neubaus der Gebhard-Müller-Schule des Kreisberufsschulzentrums Biberach (Solar optimierte Gebäude mit minimalem Energiebedarf) | 0335007P |
| Niedrigenergie-Verwaltungsgebäude in Hamm (Westfalen) für die Deutsche Bahn AG - Geschäftsbereich Netz | 033506R |
| DeAL - Evaluierung dezentraler außenwandintegrierter Lüftungssysteme | 0327386B |
| Wissenschaftliche Begleitung und messtechnische Evaluierung des Neubaus der Gebhard-Müller-Schule des Kreisberufsschulzentrums Biberach (Solar optimierte Gebäude mit minimalem Energiebedarf) | 0335007P |
| Energetische Sanierung der Käthe-Kollwitz-Schule in Aachen - Förderung Energetische Verbesserung der Bausubstanz, TK3 | 0329750E |
| Revitalisierung des Haupthauses der KfW Bankengruppe in Frankfurt | 0335007S |
| Energieoptimiertes Bauen: Demonstrationsbauvorhaben / Sanierung eines Bürogebäudes der 60er Jahre zu einem Niedrigenergiehaus | 0329750X |
| Entwicklung und Erprobung übertragbarer Lösungen zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudebestand. Realisierung energetisch unterschiedlicher Sanierungskonzeptionen an zwei baugleichen Haushälften aus der Gründerzeit in Hamburg | 0329750S |
| Energetische Verbesserung der Bausubstanz, Teilkonzept 3: Demonstrationsprojekte / Energetische Gesamtoptimierung der Staats- und Universitätsbibliothek Bremen (GOSUB) | 0327292A |
| Revitalisierung des Haupthauses der KfW Bankengruppe in Frankfurt | 0335007S |
| KaP - Kälteanlagen in der Praxis | 03ET1066A |
| ALDI 2010 - Hocheffizienter Supermarkt mit geothermiegestütztem CO ₂ -Kälteverbund | 0327894A |
| Energieoptimiertes Bauen: ENBAU: Monitoring in der Projektphase II zu energetischen, thermischen, komfortbezogenen und nutzerspezifischen Daten am Neubau des Dienstleistungs- und Verwaltungszentrums Barnim in Eberswalde -Paul Wunderlich Haus- | 0335007W |
| Demonstrationsprojekt Neues Regionshaus Hannover: Energieoptimiertes Bauen in Public-Private-Partnerships (TU Braunschweig) | 0335007X |

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





| | |
|---|-------------|
| EnEff-Schule: Science College Overbach | 0327430F |
| Energieoptimiertes Bauen: Demonstrationsbauvorhaben / Evaluierung eines Niedrigenergie- und Passivhauses in der Sanierung - "Neue Burse", Wuppertal | 0329750U |
| Energieoptimiertes Bauen: Demonstrationsgebäude Neubau / Hochschule Biberach - Messtechnische Begleitung und Evaluierung des Büroneubaus der Dürr Systems GmbH | 0327431L |
| Energieoptimiertes Bauen: Monitoring und Betriebsoptimierung der Kreissparkasse Göppingen | 03ET1029A |
| Betriebsoptimierung in komplexen Nicht-Wohngebäuden / Deutscher Teil des europäischen Projekts Re-Commissioning | - |
| EnOB/EnBop/EnEff:Campus - REGENA / Liste gering- und geringstinveststive Maßnahmen | 03ET1070A |
| Betriebsoptimierung bei Verkaufsstätten mit hoher Energiedichte sowie besonderen Energieerzeugungskonzepten und neue Energiesysteme für Shopping Center der Zukunft (EffShop) | 03ET109 |
| 8 Passivhaus-Kitas in Hannover / Optimierung von Qualitätssicherungsprozessen für Nachhaltige Gebäude | Az 30256 |
| Kohlendioxid-Emissions-Reduktion im Altenzentrum Sonnenberg (KORIAS) / Erarbeitung und Realisierung eines modellhaften Sanierungskonzepts für ein Alten- und Pflegeheim in Stuttgart-Sonnenberg | 0329750H |
| Modellbasierte Qualitätssicherung des energetischen Gebäudebetriebs (ModQS) | 0327893 A-D |
| Energie optimiertes Bauen, Teilkonzept 3: Langzeitmonitoring des Neubauvorhabens Solar Info Center Freiburg Phase II, Monitoring/Betrieb | 0335007U |
| Energie optimiertes Bauen, Teilkonzept 3: Messprogramm und Evaluierung zum energetisch optimierten Neubau des Umweltbundesamtes in Dessau | 0335007R |
| Regenerative Energieversorgung im Museumsbau: Monitoring und Betriebsoptimierung im Museum Ritter in Waldenbuch | 0329084D |
| EnEff-Campus II - Baumaßnahmen Energieeinsparung | 03ET1307A |

7.4 Liste der Veröffentlichungen

7.4.1 Publikationen

M. N. Fisch, S. Gräff, S. Plesser, M. Rozynski: „www.EnBop.info - Das Netzwerk für Betriebsoptimierung. Auf dem Prüfstand“. In: XIA Intelligente Architektur, Zeitschrift für Architektur und Technik, Ausgabe Nr. 79, Verlagsanstalt Alexander Koch GmbH, Leinfelden- Echterdingen, Juni 2012

S. Plesser: „EnBop – Energetische Betriebsoptimierung. Ein neues Forschungsfeld entwickelt neue Werkzeuge für optimierte Gebäudeperformance“. In: XIA Intelligente Architektur, Zeitschrift für Architektur und Technik, Ausgabe Nr. 71, Verlagsanstalt Alexander Koch GmbH, Leinfelden- Echterdingen, Juni 2010

M. N. Fisch, S. Plesser: „Gebäude energieeffizient betreiben. Den Anspruch der Planung einlösen“. In: BINE-Themeninfo I/2010, BINE Informationsdienst, Bonn, 2010

M. N. Fisch: „Performance im Betrieb – Erfolgreiche Energiekonzepte brauchen ganzheitliche Qualitätssicherung“. In: DBZ Deutsche BauZeitung, Ausgabe 6|2008, S. 100-101, Bauverlag BV GmbH, Gütersloh, Juni 2008



7.4.2 Bachelorarbeiten / Studienarbeiten

Wätjen, Gabriela: „Maßnahmenübersicht zur Energetischen Betriebsoptimierung von Nicht-Wohngebäuden“, Studienarbeit, TU Braunschweig, 2013

7.5 Referenzen / Literatur

- ¹ DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010, Absatz (3)
- ² WSchVo 77/82: „Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (Wärmeschutzverordnung – WärmeschutzV)“, Bonn 1977/ 1982 und DIN 4108: „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden“, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin 2003
- ³ WSchVo 95: „Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (Wärmeschutzverordnung – WärmeschutzV)“, Bonn, 1993
- ⁴ Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010
- ⁵ Energieeinsparverordnung (EnEV) 2007, in der Fassung der Bekanntmachung vom 24. Juli 2007 (BGBl. I S. 1519)
- ⁶ DIN V 18599: „Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung“, Beuth-Verlag, Berlin, 2011-12
- ⁷ DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010, Absatz (5)
- ⁸ DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010, Absatz (18)
- ⁹ Voss, K.; Löhnert, G.; Herkel, S.; Wagner, A.; Wambsganß, M.: „Bürogebäude mit Zukunft“, Solarpraxis Verlag, Berlin 2007
- ¹⁰ Mansson, Lars-Göran et al.: „Controlling and Regulating Heating, Cooling and Ventilation - Methods and Examples“, Summary of IEA Annex 16 and 17, ECBCS 1997
- ¹¹ Mansson, Lars-Göran et al: Siehe ¹⁰, Annex 16: “Building Energy Management Systems – User Guidance”
- ¹² Mansson, Lars-Göran et al: Siehe ¹⁰, Annex 17: “Building Energy Management Systems – Evaluation and Emulation Techniques”
- ¹³ Mansson, Lars-Göran et al: Siehe ¹⁰, S. 2
- ¹⁴ Mansson, Lars-Göran et al: Siehe ¹⁰, S. 15
- ¹⁵ Mansson, Lars-Göran et al: Siehe ¹⁰, S. 24
- ¹⁶ Liddament, Martin W.: „Real Time Simulation of HVAC Systems for Buildings – Optimization, Fault Detection and Diagnostics“, IEA ECBCS Annex 25 Technical Synthesis Report, 1997
- ¹⁷ Liddament, Martin W.: Siehe ¹⁶, Seite 1
- ¹⁸ Liddament, Martin W.: Siehe ¹⁶, Seite 2
- ¹⁹ Liddament, Martin W.: Siehe ¹⁶
- ²⁰ Visier, Dr. Jean Christophe: „Commissioning tools for improved energy performance – Results of IEA ECBCS Annex 40“, S. 9
- ²¹ Jagpal, Rajinder: „Computer Aided Evaluation of HVAC System Performance“, IEA Annex 34 Technical Synthesis Report, 2006

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





- 22 Jagpal, Rajinder: „Computer Aided Evaluation of HVAC System Performance“, IEA Annex 34 Technical Synthesis Report, 2006, S. 11
- 23 Visier, Dr. Jean Christophe: „Commissioning tools for improved energy performance – Results of IEA ECBCS Annex 40“, S. 13
- 24 Voss, K.; Löhnert, G.; Herkel, S.; Wagner, A.; Wambsganß, M.: „Bürogebäude mit Zukunft“, Solarpraxis Verlag, Berlin 2007
- 25 Fisch, M. N.; Plesser, S., et al.: „EVA - Evaluierung von Energiekonzepten für Bürogebäude“: (Gesamt-) Abschlussbericht. Braunschweig / Hannover, Technische Informationsbibliothek u. Universitätsbibliothek, 2007
- 26 Franzke, Uwe, Heiko Schiller: „Untersuchungen zum energieeinsparpotenzial der Raumlufttechnik in Deutschland“, ILK Dresden, Fachbericht ILK-B-31-11-3667, Dresden, 2011
- 27 EnEV 2007: „Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik in Gebäuden“, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2007 Teil I Nr. 34, ausgegeben zu Bonn am 26. Juli 2007
- 28 Baumann, Oliver: „OASE - Optimierung der Automationsfunktionen betriebstechnischer Anlagen mit Hilfe der dynamischen Simulation als Energie-Management-System“, Abschlussbericht zum Vorhaben OASE, Förderkennzeichen 0327246D, München 2005
- 29 ModBen – Endbericht: „Modellbasierte Methoden für die Fehlererkennung und Optimierung im Gebäudebetrieb“, Fraunhofer ISE, Freiburg Juli 2011
- 30 DIN EN 15232: „Energieeffizienz von Gebäuden – Einfluss von Gebäudeautomation und Gebäudemanagement“, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin 2007
- 31 DIN EN 13829: „Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden“, Deutsches Institut für Normung, Februar 2001
- 32 DIN EN 13779: „Lüftung von Nichtwohngebäuden - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme“, Beuth Verlag, Berlin 2007
- 33 Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV), Bundesgesetzblatt Jahrgang 2007 Teil I Nr. 34 § 11, ausgegeben zu Bonn am 26. Juli 2007
- 34 Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV), Bundesgesetzblatt Jahrgang 2007 Teil I Nr. 34 §§ 16-21, ausgegeben zu Bonn am 26. Juli 2007
- 35 Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV), Bundesgesetzblatt Jahrgang 2007 Teil I Nr. 34 § 12, ausgegeben zu Bonn am 26. Juli 2007
- 36 DIN EN 15239: „Lüftung von Gebäuden – Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Leitlinien für die Inspektion von Lüftungsanlagen“, Deutsches Institut für Normung, August 2007
- 37 DIN EN 15240: „Lüftung von Gebäuden – Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Leitlinien für die Inspektion von Klimaanlageanlagen“, Deutsches Institut für Normung, August 2007
- 38 Franzke, Uwe; Heiko Schiller: „Untersuchungen zum Energieeinsparpotenzial der Raumlufttechnik in Deutschland“, Dresden, 2011

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





- 39 DIN EN 12599: „Lüftung von Gebäuden – Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumluftechnischer Anlagen“, Deutsches Institut für Normung, August 2000
- 40 DIN EN 12599: „Lüftung von Gebäuden – Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumluftechnischer Anlagen“, Deutsches Institut für Normung, August 2000
- 41 DIN EN 12599: „Lüftung von Gebäuden – Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumluftechnischer Anlagen“, Deutsches Institut für Normung, August 2000
- 42 DIN EN ISO 7730:2006-05“Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit (ISO 7730:2005); Deutsche Fassung EN ISO 7730:2005“, Deutsches Institut für Normung, Mai 2006
- 43 DIN EN ISO 7730: Siehe ⁴²
- 44 Kuchen, Ernesto: „Spot-Monitoring zum thermischen Komfort in Bürogebäuden“, Dissertation an der Technischen Universität Braunschweig, Braunschweig, 2008
- 45 DIN 32736: „Gebäudemanagement - Begriffe und Leistungen“, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin 2000
- 46 DIN 18960: „Nutzungskosten im Hochbau“, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin 2008
- 47 DIN 276: „Kosten im Bauwesen“, Normenausschuss Bauwesen (NABau), Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin 2008
- 48 GEFMA, Deutscher Verband für Facility Management: „Facility Management - Grundlagen“, 100-1, Bonn 2004
- 49 ASHRAE Guideline 0-2005: “The Commissioning Process”, Atlanta/Georgia, USA, 2005
- 50 Website: <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CategoryID=19>, Aufruf am 03.02.2012
- 51 Friedman, Hannah et alt.: „Comparative Guide to Emerging Diagnostic Tools for Large Commercial HVAC Systems“, Ernest Orlando Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley 2001, S. 27-28
- 52 DIN 18386: „VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Gebäudeautomation“, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin 2010
- 53 DIN 18299: „Allgemeine Regeln für Bauarbeiten jeder Art“, VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: „Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art“, Deutsches Institut für Normung, Beuth-Verlag, Berlin 2010
- 54 VDI 3814 Teil 1-7: Siehe
- 55 DIN 18386: Siehe ⁵², Abschnitt 3.1.1
- 56 Baumann, Herbert: „Gebäudeautomation, Kommentar zur VOB Teil C“, Deutsches Institut für Normung, Beuth-Verlag, Berlin 2001, S. 64
- 57 Baumann, Herbert: „Gebäudeautomation, Kommentar zur VOB Teil C“, Deutsches Institut für Normung, Beuth-Verlag, Berlin 2001
- 58 Baumann, Herbert: „Gebäudeautomation, Kommentar zur VOB Teil C“, Deutsches Institut für Normung, Beuth-Verlag, Berlin 2001, S. 77
- 59 DIN EN ISO 16484-1: „Systeme der Gebäudeautomation – Teil 1: Projektplanung und -ausführung“, Deutsches Institut für Normung, Berlin 2004, Seite 12

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





- ⁶⁰ DIN EN ISO 16484-1: „Systeme der Gebäudeautomation – Teil 1: Projektplanung und -ausführung“, Deutsches Institut für Normung, Berlin 2004, Seite 14
- ⁶¹ DIN EN ISO 16484-1: „Systeme der Gebäudeautomation – Teil 1: Projektplanung und -ausführung“, Deutsches Institut für Normung, Berlin 2004, Seite 15
- ⁶² DIN EN ISO 16484-1: „Systeme der Gebäudeautomation – Teil 1: Projektplanung und -ausführung“, Deutsches Institut für Normung, Berlin 2004, Seite 30
- ⁶³ DIN EN ISO 16484-1: „Systeme der Gebäudeautomation – Teil 1: Projektplanung und -ausführung“, Deutsches Institut für Normung, Berlin 2004, Seite 31
- ⁶⁴ VDI 6039: „Inbetriebnahmemanagement für Gebäude“, Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2011
- ⁶⁵ DIN 18386: „VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Gebäudeautomation“, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin 2010
- ⁶⁶ DIN 18386: Siehe ⁵², Abschnitt 3.1.1
- ⁶⁷ VDI 6039: „Inbetriebnahmemanagement für Gebäude“, Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2011
- ⁶⁸ VDI 6039: „Inbetriebnahmemanagement für Gebäude“, Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2011, S. 3
- ⁶⁹ VDI E 6041 „Technisches Monitoring von Gebäuden und gebäudetechnischen Anlagen“, Verein Deutscher Ingenieure, April 2015
- ⁷⁰ DIN 32736: „Gebäudemanagement - Begriffe und Leistungen“, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin 2000
- ⁷¹ DIN 32736: „Gebäudemanagement - Begriffe und Leistungen“, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin 2000
- ⁷² GEFMA 124-1: „Energiemanagement, Grundlagen und Leistungsbild“, Aug. 2008, S. 4
- ⁷³ GEFMA 124-1: Siehe ⁷², S. 7
- ⁷⁴ GEFMA 124-1: Siehe ⁷², S. 8
- ⁷⁵ GEFMA 124-2: „Energiemanagement, Methoden“, August 2008
- ⁷⁶ GEFMA 124-2: Siehe ⁷², S. 11
- ⁷⁷ VDI 4602 Teil 1: „Energiemanagement – Begriffe“, VDI-Fachbereich Technische Gebäudeausrüstung, Düsseldorf 2007, S. 27-28
- ⁷⁸ EN ISO 50001: “Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung”, Deutsches Institut für Normung, Berlin Dezember 2011
- ⁷⁹ EN ISO 50001: “Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung”, Deutsches Institut für Normung, Berlin Dezember 2011, Seite 5
- ⁸⁰ Isermann, Rolf: Siehe 92, S. 20
- ⁸¹ Isermann, Rolf: Siehe 92, S. 21
- ⁸² Isermann, Rolf: Siehe 92, S. 14
- ⁸³ Isermann, Rolf: „Fault-diagnosis systems : an introduction from fault detection to fault tolerance”, Springer, Berlin/New York 2006, Abschnitt 2, S. 18
- ⁸⁴ Haves, P., “Overview of Diagnostic Methods,” Proceedings of the Workshop on Diagnostics for Commercial Buildings: From Research to Practice, Pacific Energy Center, San Francisco, 16.-17. Juni 1999, <http://poet.lbl.gov/diagworkshop/proceedings>
- ⁸⁵ Isermann, Rolf: „Fault-diagnosis systems : an introduction from fault detection to fault tolerance”, Springer, Berlin/New York 2006, Abschnitt 5.2, S. 71
- ⁸⁶ Isermann, Rolf: „Fault-diagnosis systems : an introduction from fault detection to fault tolerance”, Springer, Berlin/New York 2006, Abschnitt 5.2, S. 73

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636





- ⁸⁷ Katipamula, Srinivas; Brambley, Michael R.: "Methods for Fault Detection, Diagnostics, and Prognostics for Building Systems - A Review", Part I, Vol 11, Nr 1, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE) 2005
- ⁸⁸ Katipamula, Srinivas; Brambley, Michael R.: "Methods for Fault Detection, Diagnostics, and Prognostics for Building Systems - A Review", Part I, Vol 11, Nr 1, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE) 2005, S. 9
- ⁸⁹ Katipamula, Srinivas et al: "Task Report for the Energy Efficient and Affordable Small, Project 2.7 – Enabling Tools, Task 2.7.4", Richland/WA, USA, 2002
- ⁹⁰ House, J. M., H. Vaezi-Nejad: "APAR: AHU Performance Assessment Rules", in Demonstrating Automated Fault Detection and Diagnosis Methods in Real Buildings, VTT, Espoo/Finland, 2001, Seite 254
- ⁹¹ House, J. M., H. Vaezi-Nejad: "APAR: AHU Performance Assessment Rules", in Demonstrating Automated Fault Detection and Diagnosis Methods in Real Buildings, VTT, Espoo/Finland, 2001, Seite 281
- ⁹² Isermann, Rolf: „Fault-diagnosis systems : an introduction from fault detection to fault tolerance“, Springer, Berlin/New York 2006, Abschnitt 1, S. 6
- ⁹³ Energieoptimiertes Bauen: Demonstrationsbauvorhaben / Evaluierung eines Niedrigenergie- und Passivhauses in der Sanierung - "Neue Burse", Förderkennzeichen 0329750U, 2008
- ⁹⁴ Energieoptimiertes Bauen, Teilkonzept 3: Energetische Optimierung, Messprogramm und Dokumentation für den Neubau einer Behindertenwerkstätte der Lebenshilfe Lindenberg e.V., Förderkennzeichen 0335007T, 2007
- ⁹⁵ EnBop: „Kälteanlagen in der Praxis – Werkzeuge für die Betriebsanalyse und Systemoptimierung“, Förderkennzeichen 03ET1066A , 2015
- ⁹⁶ Choinière, Daniel et al: "Annex 47 Cost Effective Commissioning of Existing and Low Energy Buildings", IEA Annex 47, Abschlussbericht, 2010
- ⁹⁷ DIN 277: "Grundflächen und Rauminhalte im Bauwesen", Beuth Verlag, 2016
- ⁹⁸ IGS, unveröffentlicht
- ⁹⁹ CWA-15693:2007: "Saving lifetimes of Energy Efficiency Improvement Measures in bottom-up calculations"
- ¹⁰⁰ BS EN16212: "Energy efficiency and saving calculation"

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3555
Fax: 0531 / 391-8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531/391-3635
Fax: 0531/391-3636

