



ABSCHLUSSBERICHT

Energieoptimiertes Bauen -

Hotel Monitoring

Energieeinsparung in Hotels und Herbergen -
Querschnittsuntersuchungen und energetische
Evaluierung der dena-Modellvorhaben

Förderkennzeichen 03 ET 1369 A

Laufzeit 1.2.2016 – 29.2.2020

Projektnehmer

Bergische Universität Wuppertal
Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen
Lehrgebiet Bauphysik und Technische Gebäudeausrüstung, b+tga
Prof. Dr.- Ing. Karsten Voss
Pauluskirchstraße 7
42285 Wuppertal

Wuppertal, den 5. Mai 2020



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Die Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts liegt bei den Autoren.

Dieser Bericht umfasst 98 Seiten, inkl. Anhang.

Bergische Universität Wuppertal

Wuppertal, den 5. Mai 2020

Prof. Dr.-Ing. Karsten Voss

M.Sc. Alexander Saurbier
Projektbearbeitung



Inhalt

Kooperationen.....	2
Das Wichtigste in Kürze	3
1 Ausgangssituation.....	5
2 Projektübersicht	6
2.1 Arbeits- und Projektstruktur zu Projektbeginn.....	7
2.2 Veränderungen im Projektverlauf	8
2.3 Projektziele.....	10
3 Arbeitspakete	12
4 Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse.....	51
4.1 Teilbereich Energiemonitoring.....	51
4.2 Teilbereich Detailmonitoring / Kurzzeitmessungen	57
4.3 Teilbereich Gebäudesimulation	60
4.4 Teilbereich Datenbanken.....	71
4.4.1 EnOB Datenbank Hotels und Herbergen	72
4.4.2 Datenbank für hochaufgelöste Messdaten.....	73
4.5 Teilbereich Verbrauchsdatenanalyse.....	74
4.6 Teilbereich Veröffentlichungen und Vorträge	80
5 Zusammenfassung Erreichen der Projektziele	82
6 Wissenschaftliche Anschlussfähigkeit	84
7 Wirtschaftliche Anschlussfähigkeit.....	84
8 Angaben zur Erfindung und Schutzrechten	85
9 Mittelverbrauch.....	85
Anhang	86



Kooperationen

Deutsche Energie-Agentur (dena)

Die Deutsche Energie-Agentur war mit dem Modellvorhaben „Check-in Energieeffizienz“ ein fest eingebetteter Teil des Forschungsprojektes und sollte für den Forschungsaspekt als Datenquelle für die angestrebten energetischen Querschnittsuntersuchungen dienen. Vertreten wurde die Deutsche Energie-Agentur durch die Projektleiterin Heike Marcinek, Martina Schmitt und die Kommunikationsexpertin Christina Stahl.

<https://www.dena.de/themen-projekte/projekte/gebäude/modellvorhaben-check-in-energieeffizienz/>

Lindner Hotels

Die Lindner-Hotelgruppe wurde durch den technischen Leiter Herrn Martin Bergmann im Forschungsprojekt vertreten. Durch Herrn Bergmann konnte ein vertiefter Kontakt zum Lindner Hotel in Leipzig hergestellt werden und Vergleichsdaten zu Energieverbräuchen aus anderen Lindner Hotels erfasst werden.

<https://www.lindner.de/>

Hotel „Die Halde“

Als Projektpartner stehen die wellnessbezogenen Gebäudeteile mit dem im 2.Untergeschoss des Haupthauses befindlichen Schwimmbad- und Fitnessbereich und der Wellnessbereich mit Saunen und Anwendungsräumen (Massagen, Pediküren, etc.) im angebauten zweigeschossigen Badehaus im Mittelpunkt der Betrachtung.

<https://www.halde.com/>

Smart Hotel Supply

Im Rahmen der Suche von weiteren Kooperations- bzw. Monitoringpartnern wurden im 2.Quartal 2018 Gespräche mit der Universität Kassel als Verbundpartner im Förderprojekt „Smart Hotel Supply“ geführt. Eine sinnvolle Synergie zwischen den Förderprojekten konnte jedoch nicht gebildet werden.

<https://projektinfos.energiewendebauen.de/foerderkennzeichen/03et1513f/>



Das Wichtigste in Kürze

Das Forschungsprojekt „Hotel Monitoring“ umfasste eine Projektlaufzeit von etwa 4 Jahren. Die ursprünglich vorgesehene Querschnittsuntersuchung der Hotels des dena-Modellvorhabens „check-in Energieeffizienz“ konnte aufgrund der mangelnden Anzahl an interessierten Hotels nicht konsequent durchgeführt werden. Daher wurden weitere Hotels einbezogen und die Themenbereiche Messdatenanalyse und Gebäudesimulation in den Mittelpunkt gerückt. Durch die Zusammenarbeit mit vier Hotelbetreibern konnten dennoch zahlreiche energetische Messdaten erfasst und zu Verbrauchsdatenanalysen genutzt werden. Ein entwickeltes Rechentool zur Verbrauchsdatenanalyse zeigt die Potenziale und Problemstellungen bei der Analyse von Leistungskennfeldern von Zählern zur Bestimmung von dahinterliegenden, temperaturabhängigen Teilverbräuchen auf. Eines der Hotels ermöglichte es, zeitaufgelöste Energieverbräuche in einem Wellness- und Schwimmbadbereich zu evaluieren.

Im Bereich der Gebäudesimulation zeigen die verschiedenen Betrachtungsebenen unterschiedliche Einflussgrößen auf den Energiebedarf. Diese Einflussgrößen beziehen sich sowohl auf die Nutzerseite (Nutzertypen, Anwesenheitszeiten, Belegungsdichten) als auch auf die Betreiberseite (Auslastungsformen).

Durch raumklimatische Kurzzeitmessungen und die Erfassung von wesentlichen Charakteristika von Hotelzimmern war es möglich, eine Bestandsaufnahme des Betriebs von Hotelzimmern zu erstellen und normativen Nutzungsprofilen gegenüberzustellen. Über die Projektarbeit hinaus dokumentiert dieser Bericht Erfahrungen im Umgang mit webfähigen Datenloggern, Kleindatenlogger und Datenbanken für große Datenmengen. Diese sind zielführend für ähnlich gelagerte Folgeprojekte.

In einer umfangreichen Publikation im „Bauphysikkalender 2019“ (ISBN: 978-3-433-03265-7) wurden die Erkenntnisse aus den Bereichen Verbrauchs-/Bedarfsabgleich, Betriebsführung von Hotelzimmern und Verbrauchsdatenstudien zusammengefasst.



Abstract

The research project "Hotel Monitoring" had a project duration of about 4 years. The originally planned cross-sectional investigation of the hotels in the dena model project "check-in energy efficiency" could not be carried out consistently due to the lack of interested hotels. For this reason, further hotels were included and the topics of measurement data analysis and building simulation were brought into focus. Nevertheless, thanks to the cooperation with four hotel operators, numerous energy measurement data could be collected and used for consumption data analyses. A developed calculation tool for consumption data analysis shows the potentials and problems in the analysis of performance maps of meters to determine the underlying temperature-dependent partial consumptions. One of the hotels made it possible to evaluate time-resolved energy consumption in a wellness and swimming pool area. In the field of building simulation, the different levels of observation show different influencing variables on the energy demand. These influencing variables refer to the user side (user types, attendance times, occupancy densities) as well as to the operator side (occupancy forms).

Through short-term measurements of room climate and the recording of essential characteristics of hotel rooms, it was possible to create an inventory of the operation of hotel rooms and to compare it with normative usage profiles. Beyond the project work, this report documents experiences in the handling of web-enabled data loggers, small data loggers and databases for large data volumes. These are useful for similar follow-up projects.

In an extensive publication in the "Building Physics Calendar 2019" (ISBN: 978-3-433-03265-7), the findings from the areas of consumption/demand comparison, management of hotel rooms and consumption data studies were summarized.



1 Ausgangssituation

Die folgende Darstellung der Ausgangssituation stammt aus der Vorhabenbeschreibung (rev.2015-10-13). Zitierte Abschnitte sind im gesamten Dokument Kursiv dargestellt.

Hotels sind in erster Linie Gebäude in denen Unterkünfte für Gäste angeboten werden. In 2012 wurden über 250 Mio. Übernachtungen in rund einer Million Gästezimmer der 15.000 deutschen Hotels verzeichnet. Die Auslastung liegt im Durchschnitt bei knapp 40%. Auf die Betriebe mit Hotelklassifizierung entfallen dabei in Summe jährlich 2,5 Mio. Tonnen Klimagasemissionen¹. Da nur rund die Hälfte der deutschen Hotels über eine Klassifizierung verfügen, ist vereinfachend mit rund 5 Mio. t Emissionen zu rechnen, die damit 4 % der gesamten Klimagasemissionen des Nichtwohngebäudebestands ausmachen. Da es sich bei einem Hotel einerseits um einen einfachen Beherbergungsbetrieb, andererseits aber auch um einen vielschichtigen Betrieb mit zahlreichen energieintensiven Zusatznutzungen handeln kann, benötigt die energetische Charakterisierung und Bewertung eines Hotels bzw. des Hotelsektors eine differenzierte Betrachtung. Dabei bilden Angebot und Auslastung ganz wesentliche Faktoren für den Energieverbrauch.

Die steigenden oder hohen Energiekosten werden als ein zunehmend großes Problem von Hotel- und Herbergsbetreiber erkannt. Zugleich sind zahlreiche unerschlossene Energieeinsparpotenziale vorhanden, deren Ausschöpfung im laufenden Betrieb eines Hotels oder einer Herberge eine große Herausforderung für Betreiber, Planer und Techniker ist. Dabei bewirkt die Investition in die Energieeffizienz der Gebäude und deren Betrieb sowohl eine Reduktion der Energieverbräuche bzw. der damit verbundenen Kosten als auch der CO₂-Emissionen Die Förderbekanntmachung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) vom 30.12. 2014² verweist neben der technologiebezogenen Forschung auf die Bedeutung von

¹ DEHOGA Bundesverband (Hg.) (2011): Energie sparen leicht gemacht. Die wichtigsten Maßnahmen und Tipps für Hotellerie und Gastronomie. Berlin.

² http://www.enob.info/fileadmin/media/News/Dateien/Foerderbekanntmachung_BundesAnzeiger_30.12.2014.pdf



Demonstrations- und Pilotprojekten einschließlich ihrer systematischen Analyse. Dabei werden explizit Hotels als Zielgruppe für anspruchsvolle Demonstrationsprojekte genannt, da u.a. erst ein einziges Demonstrationsprojekt aus dieser Typologie mit Stand 2015 in der EnOB-Förderung ist. Um für den Breitenmarkt Impulse aufzuzeigen, hat die Deutsche Energie-Agentur (dena) ein Modellvorhaben für die Sanierung von Hotels initiiert, das vom BMWi unterstützt wird. Über die KfW Bankengruppe werden Förderungen bereitgestellt. An konkreten Sanierungsobjekten soll gezeigt werden, mit welchen Investitionen wirtschaftlich und energetisch/ökologisch tragfähige Konzepte für Hotels mit Zukunft erreicht werden können. In einem Monitoring sollen die Effekte der Sanierung auf den Energieverbrauch untersucht und ausgewertet werden.

Die Ziele des Modellvorhabens sind gemäß dena Bekanntmachung³:

- *Potentiale aufzeigen: Erprobung und Demonstration energieeffizienter Sanierungen und gering-investiver Optimierungen sowie Aufzeigung der Einspareffekte.*
- *Multiplikatoreffekte auslösen: Gäste und Beschäftigte sollen als mögliche Multiplikatoren der Idee „Energieeffizienz“ genutzt werden.*
- *Erlebnis Energieeffizienz: Sichtbar- und Fühlbarmachen von Energieeffizienz und Komfortsteigerung für die Nutzer der Gebäude sowie die interessierte Öffentlichkeit.*
- *Vernetzung der Akteure: Bestehende Initiativen sowie tätige Akteure sollen für den Erfahrungsaustausch vernetzt werden.*
- *Klimaschutz: Reduzierung der CO₂ Emissionen*

2 Projektübersicht

Da sich im Projektverlauf durch verschiedene Randbedingungen der wissenschaftliche Fokus des Projektes geändert hat, wird im Folgenden zunächst die Arbeitsstruktur der ersten Projektphase aufgezeigt. Darauf folgt

³ <http://www.check-in-energieeffizienz.de/>



im nächsten Kapitel eine Erläuterung der thematischen Änderungen die sich aus der veränderten Projektstruktur entwickelt haben.

2.1 Arbeits- und Projektstruktur zu Projektbeginn

In der ersten Projektphase (ab Februar 2016) war die Bergische Universität Wuppertal (BUW) Teil des Modellvorhabens der Deutschen Energie Agentur (dena) „Check-in Energieeffizienz“⁴ (Projektende Dezember 2018). Das Modellvorhaben umfasste zu Beginn 31 Beherbergungsbetriebe, die sich entschlossen haben die Energieperformance ihrer Gebäude bzw. Betriebe maßgeblich zu erhöhen. In diesem Kontext unterstützte die BUW die Deutsche Energie-Agentur bei der Bewertung eingereicherter Sanierungsfahrpläne und bei projektbezogenen, fachlichen Fragestellungen. Zur Bewertung bzw. Plausibilitätsprüfung der eingereichten Sanierungsfahrpläne wurden vereinfachte Mehrzonen-Gebäudemodell nach DIN V 18599 erstellt.



Abb. 1: Landkarte der Teilnehmer des dena-Modellvorhabens „Check-in Energieeffizienz“; Quelle: dena

⁴ <https://www.dena.de/themen-projekte/projekte/gebäude/modellvorhaben-check-in-energieeffizienz/>



Nach einem Verbrauch / Bedarfs-Vergleich wurden in dessen Kontext lokale Wetterdaten eingepflegt und Anpassungen der Nutzungsrandbedingungen durchgeführt. Ebenso wurde das vorgeschlagene Messkonzept diskutiert bzw. abgestimmt und auf individuelle bzw. objektbezogene Besonderheiten eingegangen.

Monatsbasierte Verbräuche aus manuellen Ablesungen, Stammdaten und alle erhaltenen Dokumente (Pläne, Bilder etc.) wurden in einer eigens angelegten Hoteldatenbank⁵ abgelegt. Diese Datenbank wurde hinsichtlich ihrer Nutzung auf Grundlage der EnOB-Datenbank Demonstrationsgebäude weiterentwickelt und bietet neben hotelspezifischen Parametern (Anzahl der Zimmer, Anzahl der Betten, Ausstattung, etc.) die Option, Objekte in zwei Sanierungsständen abzubilden und unter einem Dachprojekt zusammenzufassen.

Zusätzlich zu den Verbrauchsmessungen wurden in den Objekten temporäre Messungen u.a. für Raumtemperatur, Luftfeuchtigkeit und CO₂-Konzentration mit Minidatenloggern durchgeführt. Diese Messungen dienen neben der Einschätzung des Erfolgs von Einzelmaßnahmen vor allem der Analyse und Evaluation von Nutzungsrandbedingungen, Nutzungsintensität und Nutzerverhalten. Aus diesen Analysen können u.a. Vorschläge zur Betriebsoptimierung abgeleitet werden. Es war angedacht in regelmäßigen Abständen für die Teilnehmer des dena-Modellvorhabens Berichte mit Dokumentationen und Erkenntnissen aus den Analysen und dem Monitoring zu erstellen.

2.2 Veränderungen im Projektverlauf

Bereits Ende des Jahres 2016 wurde deutlich, dass die im Rahmen des Modellvorhabens der Deutschen Energie-Agentur angedachte Anzahl von circa 10 Hotelpartnern für das energetische Monitoring nicht mit einem angemessenen Kommunikations- und Motivationsaufwand erreicht werden kann. Es musste festgestellt werden, dass die Teilnahme am energetischen Monitoring für die im Modellvorhaben befindlichen Hotels seitens der dena nur als zusätzliches Angebot formuliert worden ist und eine verpflichtende

⁵ Sicherung der Datenbank als DVD im Anhang



Teilnahme am Monitoring nicht kommuniziert wurde. Auch dies ist als Begründung für die ungenügende Resonanz der Projektteilnehmer anzunehmen.

Um zum damaligen Zeitpunkt das Erreichen der Projektziele nicht zu gefährden, wurde in Abstimmung mit dem Projektträger der Fokus in Teilbereichen verschoben und die Chance genutzt, das Projekt thematisch neu zu positionieren. Nach einem von der BUW angeregten Expertenmeeting an der Fachhochschule Rosenheim im Oktober 2016, wurde in Gesprächen deutlich, dass Themen rund um Energieeffizienz bzw. Energieeinsparung speziell mit dem Fokus Wellnessbereiche in Hotels eine große Wichtigkeit zugeordnet werden. Unter anderem auf diesen Themenbereich wurde das Projekt nach genehmigter Mittelumwidmung vom 2.6.2017 neu ausgerichtet und aufgrund der Erfahrungen aus dem Vorjahr von der Akquisition weiterer Monitoringpartner aus dem dena-Modellvorhaben abgesehen. Nach der teilweise Neuausrichtung des Projektes konnten zwei neue Untersuchungsobjekte gewonnen werden.

Zum einem konnte durch die über das dena-Modellvorhaben entstandene Vernetzung zum technischen Leiter der Lindner-Hotelgruppe das „Lindner Hotel & Sporting Club Wiesensee⁶“ von diesem Vorhaben überzeugt werden. Im Rahmen der Angebotseinholung und intensiven Vorbereitung der Planung der Monitoringanlage für dieses Hotel stellte sich heraus, dass die Installation der notwendigen Bauteile für das Monitoring aufgrund verschiedener Randbedingungen (gewachsene Gebäudestruktur mit über das gesamte Haus verteilten kleinteiligen Technikzentralen, schwierige Installationsbedingungen für einen Weblogger für den Fernzugriff und zu erwartende lange Reaktionszeit der örtlich verfügbaren Handwerker) nicht zielführend war. Bis Ende Juli 2018 konnte wegen den zuvor genannten Gründen keine Umsetzung angestoßen werden. Eine Inbetriebnahme des Monitorings vor Ende des Jahres 2018 wurde von allen Beteiligten als nicht realistisch eingeschätzt. Die Umsetzung wurde zu diesem Zeitpunkt gekippt,

⁶ <https://www.lindner.de/westerburg-westerwald-hotel-sporting-club-wiesensee/ankommen.html>



da es unter den gegebenen Umständen nicht möglich war, ein vollständiges Messjahr zu erreichen (ursprüngliches Projektende Juli 2019).

Zum anderen konnte das Wellness- und Urlaubshotel „Die Halde⁷“ als Projektpartner gewonnen werden. Die Planung der Monitoringeinheit wurde im ersten Quartal 2018 abgeschlossen und eine Inbetriebnahme war für April 2018 angedacht. Das Monitoring konnte durch Lieferverzögerungen von einem Bauteil, große zeitliche Verzögerungen der Handwerker bezüglich des Einbaus und durch die Notwendigkeit der Herstellung eines Fernzugriffs erst Ende November bzw. Anfang Dezember 2018 in Betrieb genommen werden. Belastbare Monitoringdaten werden seit dem 1.1.2019 abgerufen.

Als Resultat des entstandenen Handlungsbedarfes nach dem Wegfall des Monitoringvorhabens im „Lindner Hotel & Sporting Club Wiesensee“ wurde im August 2018 ein Antrag auf Laufzeitverlängerung und Mittelumwidmung genehmigt. In diesem Zusammenhang wurden neben einer kostenneutralen Verlängerung bis zum 29.2.2020 die verbliebenen Sachmittel zu Personalmitteln umgewidmet. So war es möglich, die Projektarbeit auf die bereits erfassten und weiterhin auflaufenden Messdaten zu fokussieren und die begleitende Modellbildung für die Gebäudesimulation stärker zu thematisieren.

2.3 Projektziele

In der ursprünglichen Projektausrichtung war das Ziel, durch Querschnittsuntersuchung der Monitoringdaten der erfassten Hotels und einer vergleichenden Modellbildung energetische Vergleichswerte für die jeweiligen Hotels auf Basis der Teilenergiekennwertmethode zu bilden. In diesem Zusammenhang sollte auch untersucht werden, inwiefern durch Analysen von Leistungskennfeldern von übergeordneten Energiezählern Rückschlüsse auf dahinterliegende Teilverbräuche gemacht werden können. Durch die Veränderung der Projektstruktur sind die Ziele aus den Querschnittsuntersuchungen nicht mehr vollständig auf energetische Verbrauchsanalysen fixiert, sondern es war möglich die Nutzungsseite der Hotelzimmer umfangreicher als geplant mit einzubeziehen. Hierbei sollen Auswertungen der

⁷ <https://www.halde.com/>



raumklimatischen Kurzzeitmessungen Aufschluss über die Performance der untersuchten Zimmer hinsichtlich des Raumklimas (anhand von Innenraumtemperatur, relativer Luftfeuchtigkeit und CO₂-Konzentration) geben. Ebenso können darüber Rückschlüsse auf Nutzungszeiten und –intensitäten der Hotelzimmer getätigt werden. Durch eine Hotelzimmer Kenndatenblatt (Checkliste) wurden Erkenntnisse über Geometrie, Betriebsführung (z.B. mechanischer Luftwechsel und Durchflussmengen der Sanitäreinrichtung) und technische Ausstattung erschlossen und die Erkenntnistiefe und Querschnittsmenge in diesem Themenbereich gesteigert.

Durch die Verschiebung des Forschungsfokus haben sich auch die Projektziele in Teilbereichen thematisch verändert. Weitergehende Verbrauchsdatenanalysen mittels Leistungskennfelder nehmen einen großen Teil der Projektarbeit ein. Darüber hinaus werden anhand eines Gebäudemodells dezidierte Untersuchungen zu Einflussgrößen auf den Energiebedarf von Hotelzimmern aufgezeigt. Diese Studien werden durch die über ein Monitoring möglich gewordene Aufschlüsselung von energetischen Teilverbräuchen aus dem Wellnessbereich des Untersuchungsobjektes ergänzt (Hotel „Die Halde“). In diesem Zusammenhang werden die erfassten Verbräuche auch in Bezug zum Gesamtenergieverbrauches des Hotels gestellt. Eine Einbeziehung des Themenbereiches Raumklima findet dabei ebenso statt.



3 Arbeitspakete

In diesem Kapitel werden die einzelnen Arbeitspakete aufgeführt. Zur besseren Anschlussfähigkeit und Vergleichbarkeit werden zur Einleitung die ursprüngliche Darstellung der Arbeitspakete aus der Vorhabenbeschreibung bzw. Textstellen aus Zwischenberichten zitiert. Diese Textteile werden kursiv dargestellt. Verweise auf Anlagen innerhalb der Kursiven Absätze beziehen sich auf das ursprüngliche Dokument der Vorhabenbeschreibung (rev.2015-10-13).

AP1 Beratung Messkonzept

Gemäß der in Anlage 2 dargestellten Charakteristika der dena Modellvorhaben ist es erforderlich, die jeweiligen messtechnischen Maßnahmen individuell abzustimmen und zu planen. Dabei geht es einerseits um die Erfolgskontrolle in Bezug auf die jeweiligen Maßnahmen (KWK-Anlage, PV, Kühlung,..), andererseits aber auch um die energetische Gesamteinordnung (Energiekennwerte des Hotels). Die BUW berät die Eigentümer und deren Fachplaner/Energieberater hinsichtlich eines zielführenden Messkonzeptes. Es wird angestrebt, in möglichst vielen Fällen eine elektronische Datenerfassung (M-Bus-Technik) und eine webbasierte Datenübermittlung an die BUW umzusetzen. In Einzelfällen ist von einer manuellen Zählerablesung und Übermittlung an die BUW via Email auszugehen. Dies betrifft Projekte mit Einzelmaßnahmen und ausschließlich monatlicher Datenauflösung. Vorteil der Web-Logger ist die hohe Datenverfügbarkeit, eine erweiterte zeitliche Auflösung (Lastprofile, Eigenstromnutzung, Netz-Interaktion, ...) und die Möglichkeit der zeitnahen Auswertung/Überprüfung. Diese Vorteile bestehen bei einer manuellen Zählerablesung nicht. Es liegen schlechte Erfahrungen mit der Rücklaufquote vor. Daher ist eine möglichst hohe Quote automatisierter Systeme anzustreben. Aktuell sind 20 Web-Logger Teil der Sachkostenliste.

Seitens des beantragten Vorhabens sind Web-Logger gemäß Anlage 3 zu beschaffen und bauseits zu installieren sowie mit geeigneten (bauseits zu



beschaffenden) M-Bus Zählern zu verbinden. Über den Internetanschluss des jeweiligen Hotels können damit sämtliche Verbrauchsdaten zeitaufgelöst und automatisiert übermittelt werden. Die Archivierung und Auswertung erfolgt an der Universität Wuppertal. Die BUW erhält die Logger nach Beendigung zur Weiternutzung für wissenschaftliche Zwecke zurück. Der Ausbau hat bauseits zu erfolgen. In besonderen Fällen sind Vereinbarungen zu einem Langzeitmonitoring möglich.

In der ersten Projektphase entsprechen die Arbeiten weitestgehend der ursprünglichen Beschreibung des Arbeitspaketes aus der Vorhabenbeschreibung. Die zentrale Rolle der Universität Wuppertal im dena-Modellvorhaben bestand vor allem darin, den Teilnehmern des Modellvorhabens in Bezug auf das Themengebiet „Monitoring“ zur Seite zu stehen und eingereichte Sanierungskonzepte, die von der dena als problematisch angesehen wurden, mit eigenen Berechnungsmodellen zu hinterlegen und auf dieser Grundlage zu kommentieren. Letzteres wird im Arbeitspaket 3 genauer thematisiert.

Da die Finanzierung der Zähler über die Hoteliers selber stattfindet und zu hohe Investitionskosten vermieden werden sollen, war es im Kontext der Beratung zur Umsetzung der Monitoringsysteme in den jeweiligen Objekten wichtig, eine wirtschaftlich sinnvolle Anzahl an Zählern mit einer potenziellen wissenschaftlichen Erkenntnistiefe zu kombinieren. In der ersten Projektphase gab es sechs Teilnehmer die an einem Monitoring in Zusammenarbeit mit der Uni Wuppertal interessiert waren. Nach einem detaillierten Austausch und begonnenen Planungen von Monitoringsystemen konnten eigenständige Monitoringseinheiten lediglich in zwei Jugendherbergen in Betrieb genommen werden:

- Jugendherberge Hormersdorf
 - Messpunkte: Hauptzähler Strom, Hauptzähler Öl
 - Anbindung der Zähler: Hauptzähler Strom direkt via M-Bus, Hauptzähler Öl über M-Bus-Umsetzer (Relay PadPulsM1), Logintervall: 5 Minuten
 - Typ Weblogger: EMU M-Bus Center 250
 - Zusätzliche Messung von Außen- und Kesseltemperatur



Tab. 1: Jugendherberge Hormersdorf – Fakten und Zahlen; Stand: 02.05.2018

Objekt		Jugendherberge Hormersdorf		
Baujahr		1930/1986	Zonierung nach DIN V 18599*	
Sternekategorie nach Dehoga		-	Hotelzimmer, m ²	1.166
Hoteltyp		Jugendherberge	Restaurant, m ²	207
Anzahl der Zimmer/ Betten		55 / 236	Sitzungen, m ²	578
BGF, m ²		5.699	Einzelbüro, m ²	126
beheizte NGF, m ²		4.625	Küche, m ²	107
Wellnessangebot		-	Küche Lager / Vorbereitung, m ²	107
Energieträger	Öl, Strom		WC / Sanitär, m ²	359
Energieträger Kochen	Strom		Verkehrsfläche, m ²	1.144
Wärmeerzeuger	Doppelkesselanlage De Dietrich CFE410 (2x 279kW)		Lager / Technik, m ²	670
Kälteerzeuger	-		Sonstige Aufenthaltsflächen, m ²	-
			Saunabereich, m ²	-
			Fitnessraum, m ²	-
			Bemerkungen Nutzung	-

*Zonierung auf Grundlage der Modellbildung der Bergischen Universität Wuppertal



Abb. 2: Jugendherberge Hormersdorf; Quelle: Eigene Aufnahme

- Jugendherberge Überlingen
 - Messpunkte: Hauptzähler Nahwärme, Hauptzähler Strom, Unterverteilung Wärme Warmwasser, Unterverteilung Strom Küche
 - Anbindung der Zähler: Direkt via M-Bus; Logintervall: 5 Minuten
 - Typ Weblogger: Relay WebLog 250



Tab. 2: Jugendherberge Überlingen – Fakten und Zahlen; Stand 02.05.2018

Objekt		Martin-Buber-Jugendherberge			
Baujahr		1974/75		Zonierung nach DIN V 18599*	
Sternekategorie nach Dehoga		-		Hotelzimmer, m ²	1.123
Hoteltyp		Jugendherberge		Restaurant, m ²	-
Anzahl der Zimmer/ Betten		62 / 240		Sitzungen, m ²	771
BGF, m ²		4.357		Einzelbüro, m ²	82
beheizte NGF, m ²		3.502		Küche, m ²	108
Wellnessangebot		-		Küche Lager / Vorbereitung, m ²	118
				WC / Sanitär, m ²	75
Energieträger		Nahwärme, Strom		Verkehrsfläche, m ²	839
Energieträger Kochen		Strom		Lager / Technik, m ²	284
Wärmeerzeuger		Nahwärmenetz (Holzhackschnitzel BHKW)		Sonstige Aufenthaltsflächen, m ²	102
Kälteerzeuger		-		Saunabereich, m ²	-
				Fitnessraum, m ²	-
				Bemerkungen Nutzung	sonstige Aufenthaltsflächen beinhalten die Wohnung des Herbergsvater

*Zonierung auf Grundlage der Modellbildung der Bergischen Universität Wuppertal

Abb. 3: Martin-Buber-Jugendherberge Überlingen; Quelle: dena: <http://www.effizienzgebäude.dena.de/best-practice/modellvorhaben-hotels-und-herbergen/unsere-teilnehmer/martin-buber-jugendherberge/> (Stand 8.6.17)

In der Jugendherberge Überlingen wurden jedoch bereits vor Beginn des Projektes alle Sanierungsmaßnahmen umgesetzt, so dass Energieverbräuche nur im sanierten Zustand erfasst werden konnten. In der Jugendherberge Hormersdorf kam es durch interne Wechsel von Betreibern und Veränderung von Vorstandsmitgliedern zu so großen Verzögerung bei der Planung der Sanierungsmaßnahmen, dass eine Umsetzung dieser bis zum



Projektende nicht wahrscheinlich war. Die Monitoringeinheit in diesem Objekt war von März 2017 bis April 2018 in Betrieb, wurde danach demontiert und an die Uni Wuppertal zurückgesendet. Ergänzend zu den beiden Jugendherbergen konnten die Energieverbräuche (11 Messpunkte, siehe Tabelle unter AP3) des Lindner Hotels Leipzig über einen Zugriff auf die haus-eigene, über Siemens verwaltete, GLT abgerufen werden.

Tab. 3: Lindner Hotel Leipzig – Fakten und Zahlen; Stand: 14.03.2018

Objekt		Lindner Hotel Leipzig	
Baujahr	1991	Zonierung nach DIN V 18599*	
Sternekategorie nach Dehoga	4 Sterne	Hotelzimmer, m ²	4.960
Hoteltyp	City / Business	Restaurant, m ²	325
Anzahl der Zimmer	200	Sitzungen, m ²	293
BGF, m ²	13.046	Einzelbüro, m ²	158
beheizte NGF, m ²	9.733	Küche, m ²	111
Wellnessangebot	Dampfbad, Sauna, Ruheraum	Küche Lager / Vorbereitung, m ²	114
Energieträger	Gas, Strom	WC / Sanitär, m ²	-
Energieträger Kochen	Gas & Strom	Verkehrsfläche, m ²	2.397
Wärmeerzeuger	BHKW 50 kW _e / 81 kW _{th}	Lager / Technik, m ²	1.073
	Doppelkesselanlage 2x 314 kW _{th}	Sonstige Aufenthaltsflächen, m ²	-
Kälteerzeuger	Kompressionskältemaschine	Saunabereich, m ²	179
	Kälteleistung 206 kW _{th}	Fitnessraum, m ²	123
		Bemerkungen Nutzung	Zuzüglich TG mit 1.244m ²

*Zonierung auf Grundlage der Modellbildung der Bergischen Universität Wuppertal



Abb. 4: Lindner Hotel Leipzig; Quelle: Eigene Aufnahme

Diese erfassten Energieverbräuche dienten neben der Erstellung des jährlichen Monitoringberichtes (2017) vor allem auch der Uni Wuppertal für wei-



tergehende Analysen von zeitaufgelösten Leistungskennfeldern. Die Sanierungsmaßnahmen im Lindner Hotel Leipzig betrafen die anlagenseitige Sanierung bzw. den Einbau eines BHKWs und eine Erneuerung der Kühltchnik. Die Hülle blieb unverändert. Die von Siemens im Rahmen des Sanierungskonzeptes versprochenen Einsparungen konnten nicht eingehalten werden, wodurch es zu einem Bruch zwischen Siemens und der Lindner Hotelgruppe kam. Darüber hinaus kam es zum Verkauf des Hotels im Frühjahr 2019. Seit dem vollzogenen Betreiberwechsel kann auf die erfassten Monitoringdaten nicht mehr zugegriffen werden. Eine Motivierung des neuen Betreibers zur Weiterführung des Monitorings war trotz ausführlichen Gesprächen nicht möglich.

Durch die einleitend beschriebene Veränderung des Forschungsfokus wurde die aktive Akquisition von Monitoringpartnern im dena Projekt Mitte 2017 in großen Teilen eingestellt und nur noch auf Anfrage thematisiert. Auch im Verlauf des Jahres 2018 sind diesbezüglich keine Anfragen mehr aus dem Kreis der Teilnehmer des dena-Modellvorhabens eingegangen. Da das dena-Modellvorhaben Ende Dezember 2018 beendet wurde, fielen auch im Jahr 2019 in diesem Arbeitspaket keine weiteren Aufgaben für die Uni Wuppertal an.

AP 2 Dokumentation

Sämtliche Stammdaten sowie die zu jedem Projekt verfügbaren Dokumente in Form von Plänen, Bildern, Energieausweisen etc. werden über die EnOB Datenbank Gebäudekennwerte erfasst und verwaltet⁸. Dazu sind einige Anpassungen an der Datenbank erforderlich, die im Unterauftrag erledigt werden sollen (PSE AG). Auch monatliche Energieverbrauchsdaten (siehe unten) werden dort eingepflegt und stehen damit öffentlich zur Verfügung. Damit ergibt sich eine sichtbare Schnittstelle zur EnOB-Forschung, auch wenn die Information nicht die von den EnOB-Demonstrationsprojekten bekannte Tiefe erreicht.

⁸ <http://www.enob.info/de/news/news/details/wissenschaftliches-informationssystem-zu-demonstrationsgebaeuden/>



Wie in der Vorhabenbeschreibung bereits thematisiert, wurde eine Datenbank entwickelt, die eigens für Hotelprojekte und die verschiedenen Sanierungszustände der Hotels angepasst wurde. Die Datenbank sollte verschiedene Zugriffsebenen besitzen, den Teilnehmern des Modellvorhabens eine Übersicht über die Performance ihrer Objekte geben und der Uni Wuppertal eine vergleichende Betrachtung zwischen den verschiedenen Gebäuden erleichtern. Die Entwicklung erfolgte durch die PSE AG⁹ wobei die bestehende „EnOB Datenbank Gebäudekennwerte“ als Vorlage genutzt, dupliziert und die Struktur weiterentwickelt bzw. angepasst wurde. So bietet die „EnOB Datenbank Hotels und Herbergen“ die Möglichkeit zwei Gebäudezustände (sanier/unsanier) unter einem Projekt gebündelt darzustellen.

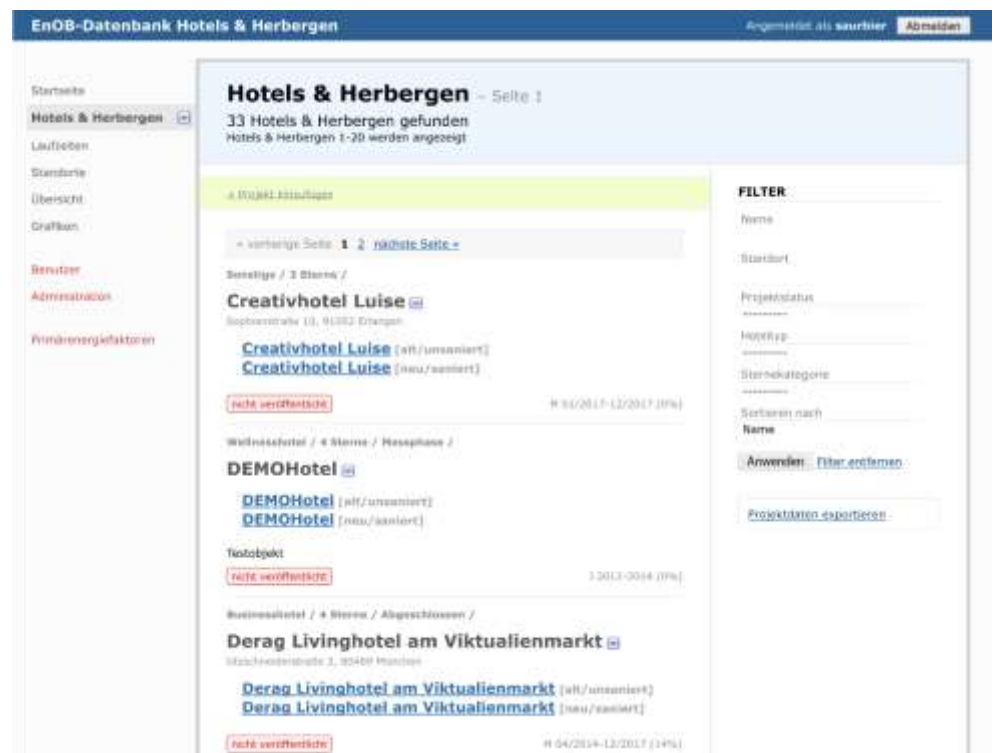


Abb. 5: Screenshot EnOB Datenbank Hotels und Herbergen; Stand: 30.10.2017; Quelle: Screenshot

In Hinsicht auf die angedachte Projektstruktur sollte diese Funktion den Vergleich von veränderten Verbrauchsdaten erleichtern und Gebäudekennwerte wie beispielsweise mittlere U-Werte der Gebäudehülle oder aber der Anteil der Fensterfläche an der Gebäudehülle etc. direkt gegenüberstellen.

⁹ <https://www.pse.de/de/>



Hierfür wurde ein gesondertes Datenblatt eingefügt welches die zuvor genannten Kennwerte übersichtlich abbildet. Des Weiteren werden hotelspezifische Kenngrößen gebildet bei denen der Energieverbrauch nicht nur auf die beheizte NGF, sondern auch auf den Umsatz bzw. die Anzahl der Zimmer oder Betten bezogen wird. Neben den performancebezogenen Kenngrößen wurde auch die Abfrage der Stammdaten im Vergleich zur „EnOB Datenbank Gebäudekennwerte“ deutlich erweitert und hotelbezogene Charakteristika (wie. z.B. Hoteltyp, Sternekategorie nach DEHOGA, Jahr, Art und Umfang der letzten Sanierung, Anzahl der Gebäude, Anzahl der Betten, Anzahl der Zimmer in Kategorien unterteilt, Vorhandensein eines Wellnessbereiches und Größenangaben zu einem ggf. vorhandenen Schwimmbad) hinzugefügt. Als neuer Baustein ist außerdem die Darstellung der Zonierung nach DIN V 18599 hinzugekommen anhand welcher gleichzeitig auch die prozentuale (flächenbezogene) Nutzungszusammensetzung der einzelnen Objekte abgeleitet wird.

Nutzungszusammensetzung

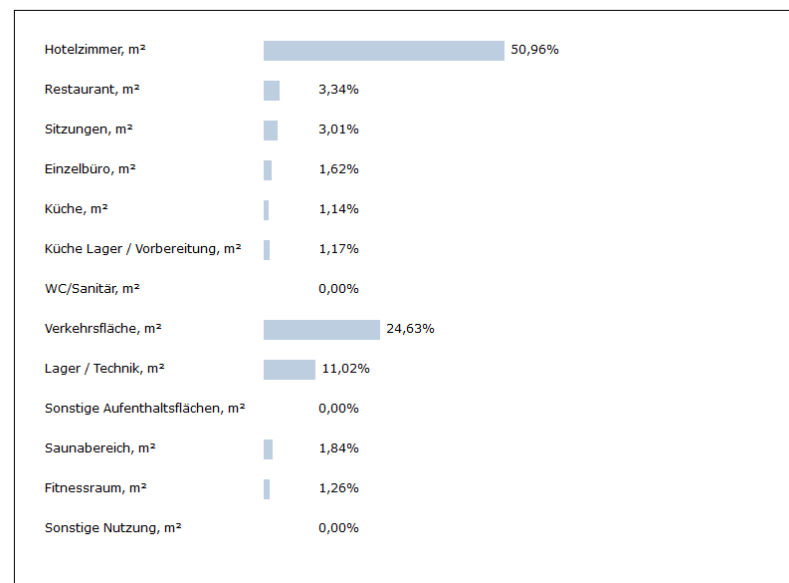


Abb. 6: Nutzungszusammensetzung Lindner Hotel Leipzig - Screenshot EnOB-Datenbank Hotels und Herbergen; Stand 03.11.2017; Quelle: Screenshot

Als eines der ersten Projekte wurde das aus der EnOB Förderung bekannte Demonstrationsprojekt „Hotel am Viktualienmarkt¹⁰“ in München in die neue Datenbankstruktur übertragen.

¹⁰ <http://www.enob.info/de/sanierung/projekt/details/sanierung-zum-nachhaltigen-hotel-mit-de-zentralem-technikkonzept/>



Bis Juni 2017 wurden die verfügbaren Inhalte in die Datenbank eingepflegt. Hierzu wurden die Grunddaten, die bisherigen Energieverbräuche und weitere objektbezogene Daten aus den Sanierungsfahrplänen der dena-Projektteilnehmer gefiltert und in die Datenbank übertragen. Darüber hinaus wurden für die jeweiligen Standorte Heizgradtage für die Jahre mit vorliegenden Verbrauchsdaten und die Globalstrahlung am Standort über eine GIS-Software ermittelt. Außerdem wurden die Flächen aus der Zonierung der Modellbildung der Uni Wuppertal (AP6) mit in die Datenbank aufgenommen. Durch die inhomogene Datenlage und stark unterschiedliche Qualität der eingereichten Sanierungsfahrpläne weisen die einzelnen Datenbankeinträge unterschiedliche Füllstände auf. Teilweise gibt es Objekte zu denen entweder nur der Sanierungsfahrplan oder nur die Pläne des Gebäudes (benötigt zur Geometrie- und eigener Modellbildung) vorliegen. Neben diesen Projekten gibt es auch Projektteilnehmer bei denen der Uni Wuppertal keinerlei Daten vorliegen. Bei diesen Objekten wurden lediglich die über die Projektseite der dena¹¹ verfügbaren Daten und über die Homepage der jeweiligen Unterkünfte bereit gestellten Daten eingepflegt. Diese Datenlage resultiert in 12 vollständigen (mit Verbrauchswerten im unsanierten Zustand), 4 nur zum Teil gefüllten (wie zuvor beschrieben) und 14 nur mit öffentlich verfügbaren Daten erzeugten Einträgen.

Im Rahmen des 6. Netzwerktreffens des Projektes „Check-in Energieeffizienz“ wurde in einem Vortrag u.a. die Datenbank und deren Inhalte und Möglichkeiten erneut vorgestellt. Hierbei wurde noch einmal auf die Wichtigkeit der Mitarbeit der Projektteilnehmer hingewiesen um vor allem Verbrauchsdaten der sanierten Zustände der Gebäudeobjekte in die Datenbank einpflegen zu können. Eine Resonanz ist nicht spürbar.

Ursprünglich war es angedacht die Verbrauchsdaten der sich im Monitoring befindlichen Objekte in diese Datenbank zu übertragen. Durch eine fehlende Resonanz der Projektteilnehmer und dem Wegfall der ursprünglich geplanten Querschnittsuntersuchung der Projektteilnehmer wurde auf diesen Arbeitsschritt verzichtet.

¹¹ <https://effizienzgebäude.dena.de/best-practice/modellvorhaben-hotels-und-herbergen/un-sere-teilnehmer/>



Die erfassten Energieverbräuche für das Jahr 2017 wurden für die Objekte in Hormersdorf, Überlingen und Leipzig in jeweils gesonderten Monitoringberichten zusammengefasst und analysiert. Die erfassten Verbräuche aus den Jahren 2018 und 2019 wurden nicht mehr in Monitoringberichten verarbeitet, sondern für weitergehende Verbrauchsstudien innerhalb der Studie der Potenziale von analytischen Kennfeldstudien der Hauptzählerdaten genutzt. (siehe Kapitel 4.5)

Neben der dezidierten Auseinandersetzung mit Verbrauchswerten wurde im Jahr 2018 ein Buchbeitrag für den Bauphysikkalender 2019 erarbeitet (siehe Anhang).

Zu Beginn des Jahres 2019 wurde ein Kurzbericht erstellt der die Ausgangssituation im neuen Monitoringobjekt „Die Halde“¹² beschreibt und neben Informationen zu dem Gebäude einen Überblick über die installierten zusätzlichen Strom- und Wärmemengenzähler gibt (siehe Anhang D). Außerdem wurden, um Rückschlüsse auf die raumklimatische Situation vor Ort machen zu können, in diesem Bericht Kurzzeitmessungen (Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit, teilweise CO₂-Konzentration) des Sauna- und Wellnessbereiches, welche im Kontext einer Messung im zweiten Halbjahr 2017 erfasst wurden, dargestellt.

Im Februar 2020 wurde ein ausführlicher Monitoringbericht für „Die Halde“ angefertigt, welcher neben der Analyse der erfassten Verbrauchsdaten auch eine begleitende Gebäudesimulation enthalten sollte. Die Arbeiten für den verbrauchsbasierten Teil dieses Berichtes haben bereits Mitte 2019 begonnen und den Hauptteil der Projektarbeit im zweiten Halbjahr 2019 eingenommen. Der Bericht wird als Anlage beigefügt.

AP 3 Energiemonitoring (dena-Modellvorhaben)

Basis des Energiemonitorings sind im Idealfall zeitaufgelöste Betriebsdaten von Strom- und Wärme- /Kältezählern (z.B. Stundenwerte). Neben den Energieströmen stehen bei M-Bus-Zählern für Wärme und Kälte auch die

¹² <https://www.halde.com/>



Temperaturen und Volumenströme als separate Datensätze zur Verfügung. Daten mit hoher Zeitauflösung werden über eine Datenbanksoftware wie z.B. "Monisoft"¹³ an der BUW verwaltet. Klimadaten als Nutzungsrandbedingungen werden für die jeweiligen Standorte vom DWD oder alternativen Anbietern kostenpflichtig bezogen.

Idealerweise werden messtechnisch die nutzungsbedingten Strom- und Wärmeverbräuche von denen der normativ betrachteten so weit als möglich getrennt. Bei der Beleuchtung wird dies jedoch nicht umsetzbar sein, da eine systematische Trennung der Stromkreise bei Bestandsgebäuden nicht mit vertretbarem Aufwand realisiert werden kann.

Um das Monitoring und den Fernabruf der Messdaten in den Objekten realisieren zu können, hat die Uni Wuppertal in den Monitoringobjekten webfähige Logger eingesetzt, welche den Fernabruf der Messdaten ermöglichen und an die die jeweiligen Strom- oder Wärmemengenzähler via M-Bus angeschlossen sind. Im Rahmen der Vorbereitung für das jeweilige Monitoring wurden die Geräte im Jahr 2016 intensiv an der Uni Wuppertal getestet. Wenn in den Objekten zusätzliche Zähler ergänzt wurden, wurde darauf geachtet, dass die neuen Zähler direkt M-Bus fähig sind. Zur Ertüchtigung von vorhandenen Zählern wurden kabelgebundene oder optische Umsetzer eingesetzt die das vorhandene Impulssignal (S0) auf ein M-Bus Signal umsetzen. Die nachträgliche Ertüchtigung von älteren Stromzähler erzeugt keinen Nachteil bezüglich der Erfassung der Daten, im Kontext von Wärmemengenzählern ist jedoch der Austausch gegen moderne Zähler sinnvoll da dort über die M-Bus-Schnittstelle weitergehende Messdaten erhoben werden können.

Bei allen Daten aus den Monitoringobjekten wurden Messintervalle von maximal fünf Minuten definiert. Die Messdaten aus dem Objekt „Die Halde“ liegen in einem minütlichen Intervall vor.

Eine Übersicht über die Zeiträume in denen die Monitoringsysteme in den jeweiligen Objekten in Betrieb waren ist in Kapitel 4.1 aufgeführt.

¹³ <http://www.enob.info/de/software-und-tools/projekt/details/monisoft-software-fuer-monitoring-und-energetischebetrieboptimierung/>



JH Überlingen In der Jugendherberge Überlingen war das Monitoring seit August 2016 aktiv. Eingebunden sind vier physische Zähler (Hauptzähler Strom, Unterverteilung Strom Küche, Hauptzähler Fernwärme, Unterverteilung Wärme Warmwasser). Ein Monitoringbericht wurde im Mai 2018 fertiggestellt und der Jugendherberge, dem zuständigen Landesverband und der dena zur Verfügung gestellt. Der Bericht umfasst den Zeitraum von Start des Monitorings bis einschließlich März 2018. Danach anfallende Verbrauchsdaten wurden von der Uni Wuppertal für interne Verbrauchsstudien weiter genutzt. Das Monitoring in Überlingen lief aus technischer Sicht weitestgehend problemfrei. Der Fernzugriff ist durch eine Störung der Kommunikationstechnik von Oktober 2017 bis Ende 2018 ausgefallen. Die Daten wurden jedoch auf dem Logger lokal gespeichert und waren trotz Ausfall der Datenverbindung verfügbar. Ein erweiterter Erfahrungsbericht mit dem verbauten Logger zeigt Kapitel 4.1.



Abb. 7: Screenshot Weboberfläche Relay WebLog 250 – JH Überlingen; Quelle: Screenshot

Über den eigentlichen Monitoringbericht hinaus wurde der Landesverband bei der Erstellung des Schlussberichtes für das dena Modellvorhaben unterstützt. Hierfür wurden vor allem Zahlen aus den Berechnungen bzw. Analysen des Monitorings in den Schlussbericht transferiert.



JH Hormersdorf In der Jugendherberge Hormersdorf konnte der Fernzugriff auf den installierten webfähigen Logger im Januar 2017 realisiert werden. Eingebunden in das Monitoring sind die beiden Hauptzähler für Öl und Strom. Eine Sichtung der Messdaten zeigte, dass für eine plausible Datenerfassung weitere Einstellungen der angebotenen Zähler bzw. M-Bus Umsetzer vor Ort nötig waren. Im Rahmen einer Dienstreise konnten in Zusammenarbeit mit dem örtlichen Energieberater die erforderlichen Einstellungen (Konfigurationen von Impulswertigkeiten in M-Bus Umsetzern und aufschalten dieser) getätigt werden. So war es möglich, belastbare Messdaten ab Ende März 2017 aufzuzeichnen. Durch einen fehlerbehafteten Export (ausführlicher Bericht der Erfahrungen mit dem Gerät ebenfalls in Kapitel 4.1) und einen allgemein nicht zuverlässigen Betrieb des Gerätes war es notwendig die installierte Firmware im Dezember 2017 durch den Hersteller (EMU Electronics) updaten zu lassen. Dies hatte jedoch zur Folge, dass der Fernzugriff auf den Logger in der Netzwerkstruktur der Jugendherberge neu eingerichtet werden musste und für einen längeren Zeitraum kein Zugriff auf die Weboberfläche des Loggers, worüber der Export der Messdaten durchgeführt wird, möglich war. Um die erfassten Daten weiterhin abrufen zu können, hat der Hersteller einen SSH-Tunnel eingerichtet, worüber behelfsmäßig die angefallenen Messdaten abgerufen werden konnten. So konnte im Monitoring ein vollständiges Messjahr (April 2017 bis April 2018) erreicht werden.



Abb. 8: Screenshot Weboberfläche EMU M-Bus Center – JH Hormersdorf; Quelle: Screenshot



Bevor ein erneuerter Fernzugriff realisiert werden konnte, ist der Herbergsvater der Jugendherberge überraschend auf Grund eines Autounfalls verstorben. Zudem kam ein Wechsel im Vorstand des Landesverbandes. Dieses führte dazu, dass voraussichtlich in der Projektlaufzeit keine Sanierungsmaßnahmen durchgeführt werden. Auch das Interesse des neuen Vorstandes am Monitoring ist kaum vorhanden.

Im zweiten Halbjahr 2018 wurde die Monitoringeinheit in der Jugendherberge Hormersdorf abgebaut und an die Uni Wuppertal zurückgesendet.

In den Objekten Hormersdorf und Überlingen wurde das Monitoring über die im ersten Abschnitt des Arbeitspaketes beschriebenen Weblogger realisiert. Hierbei wurden zwei verschiedene Typen (Relay Weblog 250¹⁴ und EMU M-Bus Center 250¹⁵; vgl. Abb. 7 und Abb. 8) von unterschiedlichen Herstellern eingesetzt. Die Erfahrungen mit den unterschiedlichen Geräten werden in Kapitel 4.1 aufgezeigt. Das Lindner Hotel Leipzig und „Die Halde“ speisen die Monitoringdaten in eine übergeordnete Gebäudeleittechnik, wodurch im Falle des Lindner Hotels Leipzig der Abruf der Daten über eine Webplattform der Firma Siemens bzw. im Fall des Hotels „Die Halde“ über einen gesondert angelegten FTP-Server realisiert werden konnte.

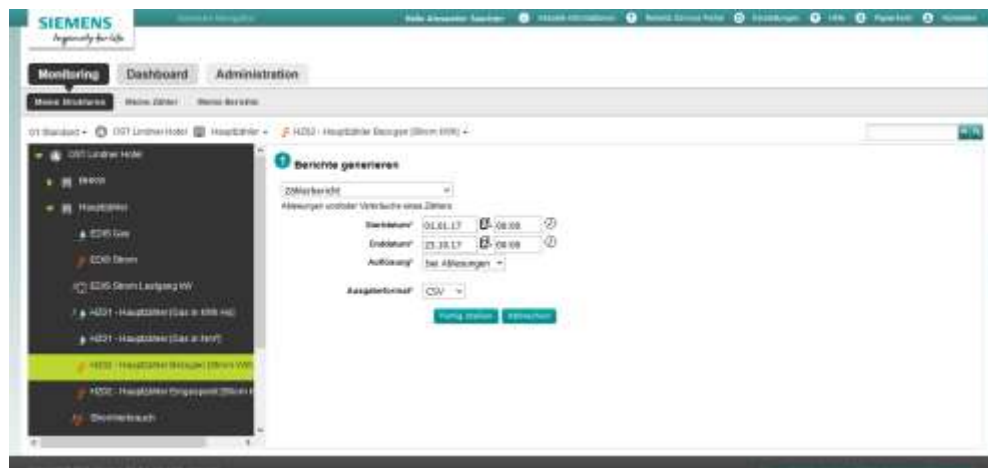


Abb. 9: Screenshot Siemens Navigator – Lindner Hotel Leipzig; Quelle: Screenshot

¹⁴ <https://www.relay.de/produkte/m-bus-master/weblog-250/>

¹⁵ <http://www.emuag.ch/produkte/datenlogger/emu-m-bus-center/>



Lindner Leipzig Der Abruf der Monitoringdaten des Lindner Hotels in Leipzig erfolgte über das Webinterface des Siemens Navigators¹⁶ im Zeitraum Oktober 2016 bis Juli 2019. In das Monitoring eingebunden sind 11 physische Messpunkte (siehe Tab. 4). Für den Zeitraum Oktober 2016 bis Ende Dezember 2017 wurde ein ausführlicher Monitoringbericht erstellt und sowohl dem technischen Leiter der Lindner Hotels als auch der dena zur Verfügung gestellt. Aus Gründen, die im vorherigen Kapitel Arbeitspaket 1 beschrieben wurden, ist der Zugriff auf weitere Messdaten seit Mitte Juli 2019 nicht mehr möglich. Da Anfang 2019 ein Betreiberwechsel angefallen ist, wurde im Jahr 2019 aufgrund von mangelnden Adressaten bzw. Interessenten von einer Erstellung eines Monitoringberichtes abgesehen. Auch bei diesem Objekt dienen die Verbrauchsdaten die über den Zeitraum des Monitoringberichtes hinausgehen zur wissenschaftlichen Vertiefung von Verbrauchsanalysen.

Tab. 4: Messpunkte Monitoring Lindner Hotel Leipzig

Zählerkürzel	Messpunkt	Einheit	Messintervall	Formel
HZ01	Hauptzähler Gas	Nm ³	5 min	-
HZ02	Hauptzähler Strom	kWh	1 min	-
UZ01	Erzeugter Strom BHKW	kWh	5 min	-
UZ02	Erzeugte Wärme BHKW	kWh	5 min	-
UZ03	Gas BHKW	Nm ³	5 min	-
UZ04	Wärme Warmwasserbereitung	kWh	5 min	-
UZ05	Gas Küche	Nm ³	5 min	-
UZ06	Wärme Heizungsverteiler	kWh	5 min	-
UZ07	Stromverbrauch Schaltschrank RLT Zentrale BT S	kWh	5 min	-
UZ08	Stromverbrauch Schaltschrank RLT Zentrale BT B	kWh	5 min	-
UZ09	Stromverbrauch Kälteanlage BT B	kWh	5 min	-
UZ10	Erzeugte Kälte Kälteanlage	kWh	5 min	-
VZ01	Erzeugte Wärme Doppelkesselanlage	kWh	5 min	UZ04 + UZ06 – UZ02
VZ02	Gas Doppelkesselanlage	Nm ³	5 min	HZ01 – UZ03 – UZ 05

Hotel „Die Halde“

Das Monitoring des Hotels „Die Halde“ umfasst fünf physische Zähler (siehe Tab. 5) die Messdaten seit Mitte November bzw. Anfang Dezember 2018 liefern. Durch den begrenzten Speicherplatz der GLT kann nicht die volle Auflösung der Zähler exportiert werden, so dass bei der Betrachtung der Verbrauchsdaten Schrittweitem von 10 bzw. 100 kWh entstehen. Dies führt dazu, dass ein Betrachtungszeitraum, der kleiner als eine Stunde ist,

¹⁶ <https://eadvantage.siemens.com/uaa/login>



bei diesem Objekt in weiten Bereichen keinen Mehrwert erzeugt. Wie zuvor im Kapitel Arbeitspaket 2 beschrieben, werden die Messergebnisse für das Jahr 2019 als Teil eines Gesamtberichtes im Februar 2020 zusammengestellt und analysiert.

Tab. 5: Messpunkte Hotel „die Halde“

Messpunktname	Kreis	Medium /Einheit	Messintervall	kontinuierliche Daten ab
Wellness	UV Strom Wellnessbereich	Strom / kWh	1 min	16.11.2018
Küche	UV Strom Küche	Strom / kWh	1 min	16.11.2018
Hotel (Neubau)	!! Derzeit nicht im Datenabruf !! Hotelzimmer, Kellnergang, Tiefgarage, Schwimmbad	Strom / ?	?	?
Steinenbach	!! Derzeit nicht im Datenabruf !! UV Nebengebäude Ferienhaus	Strom / ?	?	?
Fußboden	Fußbodenheizung Fitness & Schwimmbad	Wärme / MWh	1 min	07.12.2018
Lüftung	Heizregister RLT & Beckenheizung Schwimmbad	Wärme / MWh	1 min	07.12.2018
Fernleitung	Heizregister RLTs, Fußbodenheizung und Warmwasser im Wellnessbereich	Wärme / MWh	1 min	07.12.2018

„MoniSoft“ Datenbank

Die anfallenden zeitaufgelösten Messdaten werden an der Uni Wuppertal neben einer Sicherung der Rohdaten mit der Datenbanksoftware „MoniSoft¹⁷“ verwaltet. Um den Betrieb der Datenbank zur gewährleisten, wurde bereits Ende 2016 mit der Einarbeitung in die Software begonnen und erste Testdatensätze erzeugt.

Einen großen Teil der Projektarbeit in 2017 hat die Inbetriebnahme der Datenbank für hochaufgelöste Messdaten mit Hilfe der Software „MoniSoft“ eingenommen. Zunächst zeigte sich die zentrale Installation auf dem lehrstuhleigenen Server als sehr zeitintensiv. Hierfür musste auf Grund von immer wiederkehrenden Fehlermeldungen das Zusammenspiel von MoniSoft mit verschiedensten Version der MySQL Software getestet und evaluiert werden. Erst nach intensiven Tests konnte eine funktionierende Lösung über eine OpenSource Variante von MySQL (HeidiSQL) gefunden werden. Daraufhin folgende Tests mit ersten Datensätze zeigten nicht nachvollziehbare Diskrepanzen zwischen Roh- und Exportdaten die zunächst über Ein-

¹⁷ <https://www.th-rosenheim.de/forschung-entwicklung/kompetenzfelder-und-projekte/energietechnik-und-energieeffizienz/monisoft-20/>



stellungen im Zeitonenmanagement von MoniSoft behoben werden konnten. Durch die Kommunikation mit der Hochschule Rosenheim und Beiträge im MoniSoft-Forum konnten die anfänglichen Probleme bis August 2017 behoben und mit dem Einpflegen der Daten aus dem Monitoring begonnen werden.

Erste Arbeiten mit den Daten aus dem Monitoring und die kontinuierliche Weiterführung der Datenbank mit auflaufenden Messdaten haben jedoch weitere Unstimmigkeiten mit MoniSoft aufgezeigt. So haben fehlerhafte Umrechnungen von Messintervallen und das Ignorieren von eingetragenen Zählerwechseln dazu geführt, dass wesentliche Arbeiten verzögert wurden. Um den weiteren Betrieb der Datenbank sinnvoll zu gestalten, sind weitere Tests und Analysen nötig.

Im 2. Halbjahr 2018 wurde sich intensiv mit der Datenbankproblematik beschäftigt. Besonders das softwareseitige Ignorieren von eingetragenen Zählerwechseln innerhalb von MoniSoft führte dazu, dass eine sinnvolle Auswertung mit der Software nicht möglich war. Auch nach eingehenden Tests und nach Rücksprache mit der Fachhochschule Rosenheim konnte keine Systematik hinter dem Fehler in der Software bestimmt werden. Um den Fehler zu umgehen, werden nun vor dem Import der Daten in die Datenbank aus den Zählerdaten Verbrauchsdaten bzw. eigene Zählerstände erzeugt. Dieses Vorgehen erfordert jedoch vor dem Import eine händische Kontrolle auf negative Verbräuche die im Rahmen von Zählerwechseln entstehen. Die Tests innerhalb der Datenbank waren sehr zeitintensiv und haben leider nicht zu einem kompletten Erfolg geführt. Mit der aktuellen „Lösung“ ist zwar nicht der volle Umfang der Software nutzbar, es ist jedoch eine plausible Auswertung der Daten getestet worden.

Jedes einzelne Monitoringobjekt besitzt eine eigene Teildatenbank, so dass die Datenbanken unabhängig voneinander verwaltet und betrachtet werden können.

Die zuvor beschriebenen Problematiken bezogen bzw. beziehen sich vor allem auf die Teildatenbank für die Messdaten aus dem Lindner Hotel Leipzig. Bis zum Zeitpunkt des vorliegenden Berichtes konnte in diesem Bereich keine Lösung der Ungereimtheiten erzielt werden. Um die Arbeiten



im Projekt nicht weiter zu verzögern, wurden die Ausarbeitungen für den Monitoringbericht für das Lindner Hotel Leipzig mit Excel durchgeführt. Die in der MoniSoft Datenbank verfügbaren Daten des Lindner Hotel Leipzig beschränken sich auf den Zeitraum von Januar 2017 bis August 2018.

Neben den eigentlichen Messdaten wurden für ein Betrachtungsjahr Lastgänge für Strom und Wärme für 13 weitere Hotels der Lindner-Hotelgruppe in eine zusätzliche Datenbank eingepflegt. Anhand dieser Daten wurden erste Kennfeldanalysen der Hauptzählerdaten getätigt. Die Datenlage dieser Hotels ließ jedoch nach einer vertiefenden Betrachtung keine wissenschaftliche Auseinandersetzung in diesem Themenbereich zu, da Annahmen die anhand der Hauptzählerdaten gemacht werden können, nicht durch dahinterliegende Unterzähler überprüft werden können. Die Verbrauchswerte waren jedoch Teil eines Unterkapitels in der Publikation innerhalb des Bauphysikkalenders 2019, siehe Anhang.

Die Teildatenbank für die Jugendherberge in Überlingen wurde gesondert angelegt. Hierbei fiel eine erneute Problematik in MoniSoft auf. Nach aktuellen Entwicklungsstand können keine Verbrauchsdaten bzw. nur Zählerstände verarbeitet werden. Dies führte dazu, dass vor dem Import der Messdaten in die Datenbank alle Rohdaten händisch von Verbrauchsdaten in Zählerstände umgewandelt werden müssen. Dieses wurde für drei Messjahre durchgeführt, so dass in der Datenbank zu Projektende Messdaten für den Zeitraum Juli 2016 bis Juli 2019 vorliegen.

Die Messdaten aus dem Monitoring der Jugendherberge in Hormersdorf wurden vollständig mit Excel verarbeitet. Die exportierten Rohdaten sind zusätzlich auf dem Server des Lehrstuhls an der Uni Wuppertal abgelegt.

Die Teildatenbank für das Hotel „Die Halde“ wurde bereits Ende 2018 angelegt und wird monatsweise mit den Messdaten aus dem Vormonat gespeist. Nach einer Validierung der Exporte aus MoniSoft konnten keine Fehler oder Ungereimtheiten festgestellt werden. Die Messdaten für das Objekt sollen auch nach Projektende bis mindestens Ende 2020 abgerufen und in die Datenbank eingepflegt werden.



AP 4 Energiemonitoring Vergleichsprojekte

Das Energiemonitoring der bis zu vier Vergleichsprojekte orientiert sich am oben beschriebenen Ansatz und erweitert die Datengrundlage mit einem Fokus auf energieeffiziente Stadthotels.

In der ersten Projektphase (2016/17) wurden umfangreiche Bemühungen getätigt, um einen Kontakt zu Hotels bzw. Hotelketten herzustellen, welche sich selber in der Öffentlichkeit als herausragend energieeffizient darstellen. Leider konnte auch nach vielen einführenden und erläuternden Gesprächen kein Kooperationspartner gefunden werden. Es folgt eine Liste der kontaktierten Hotels aus dem ersten Zwischenbericht 2016:

Hier eine Auflistung der kontaktierten Hotels bzw. Hotelketten:

- *Motel One, Zentrale*
- *Hyatt, Düsseldorf*
- *Explorer Hotels, Zentrale*
- *Green City Hotel Vauban, Freiburg*
- *Midori – the green guesthouse, Heidelberg*



Abb. 10: Midori – the green guesthouse; Quelle: holidaycheck.de

Alternativ konnten über den Kontakt zur Lindner-Hotelgruppe 11 Vergleichsprojekte generiert werden. Von diesen Objekten liegen Lastgangdaten für die Bereiche Strom und Wärme (Gas) in hoher zeitlicher Auflösung (5min bzw. 15min) vor. Ergänzend sind Belegungsdaten auf Tagesebene



verfügbar. Diese Daten wurden zum einem für interne Studien der Verbrauchsdatenanalyse aber auch innerhalb der Publikation (Kapitel 2 „Energieverbrauch“) im Bauphysikkalender 2019 vertiefend bearbeitet. Auf die Inhalte dieser Studien wird in Kapitel 4.5 bzw. 4.6 eingegangen.

Zusammenfassend wurden unter diesem Arbeitspaket zwei aus dem dena Modellvorhaben stammende Projekte (Jugendherbergen), 11 Kettenhotels (der Lindner-Hotelgruppe) und das Hotel „Die Halde“ (Fokus Wellnessbereich und Schwimmbad) weiterführend bearbeitet. Der Fokus der Studien bezüglich der Vergleichsprojekte (außer bezogen auf das Objekt „Die Halde“) lagen darauf, die Potenziale zu untersuchen die bei einer Analyse eines zeitaufgelösten Leistungskennfeld gegenüber einer Betrachtung von Jahres- und Monatssummen generiert werden können (siehe Kapitel 4.5). Im Objekt „Die Halde“ ist die beschriebene Verbrauchsdatenanalyse ebenso innerhalb der Auswertungen der Messdaten angedacht, steht jedoch nicht im Mittelpunkt der Auswertung des Monitorings.

Um an das Ziel des Monitorings und den Ablauf der Planung besser anknüpfen zu können, folgt nun die Beschreibung des Objektes „Die Halde“ aus dem Zwischenbericht 2018:

[...] Das energetische Monitoring durch die Universität Wuppertal fokussiert auf den Wellnessbereich einschließlich Hallenbad und ergänzt das übergeordnete Energieaudit des Energieberaters. Die Messpunkte befinden sich daher nicht im eigentlichen Hotelbereich. In Summe hat die Universität Wuppertal drei Strom- und drei Wärmemengenzähler zur Verfügung gestellt. Die Finanzierung des Einbaus der Zähler erfolgte durch den Betreiber. Die einzelnen Zähler sind auf zwei zentrale GLT-Server aufgeschaltet worüber die Uni Wuppertal durch einen Fernzugriff online die Monitoringdaten abrufen kann. Der Speicher der GLT erlaubt einen Datenvorhalt der Messung von vier Tagen und zusätzlich dem jeweiligen laufenden Tag. Daher ist in einem Rhythmus von maximal vier Tagen ein Datenabruf notwendig. Dieser erfolgt mit Hilfe eines VPN Tunnels über einen ftp-Zugriff. Um die gemessenen Stromverbräuche in den Gesamtverbrauch des Objektes einordnen zu können, bezieht der Betreiber zeitaufgelöste Verbrauchsdaten über den Stromdienstleister (Auflösung 15-min). Im Bereich der Wärme



erfolgt die Einordnung in den Gesamtverbrauch ebenso, wobei diesbezüglich die verbrauchten Mengen an Heizöl bzw. Flüssiggas aus Kessel bzw. BHKW Betrieb in Relation gesetzt werden. [...]

Ziel des Monitorings ist neben einer energetischen Analyse der Verbräuche für Strom und Wärme des Wellnessbereiches der Bezug zum erreichten Raumklima. Eine vorausgehende Recherche hat gezeigt, dass generell wenig Information über den Energieverbrauch von Wellnessbereichen vorliegt. Demgegenüber steht die Tendenz zur Einrichtung bzw. Ausweitung solcher Bereiche in der Hotellerie. Aufgrund hoher Temperatur- und Lüftungsansprüche sowie hoher Warmwasserbedarfe sind vergleichsweise hohe spezifische Verbräuche zu erwarten. Vor diesem Hintergrund kann das jetzt begonnene Monitoring eine erste Stichprobe liefern. Besonders der energieintensive Bereich „Hallenbad“ soll in den Mittelpunkt der Betrachtung gerückt werden.

Wie im vorherigen Arbeitspaket 3 beschrieben, wird das Monitoring über das Projektende hinweg weitergeführt. Ebenso wurde im 1. Quartal 2019 ein Bericht (siehe Anhang) erstellt, der dem Betreiber und dem zuständigen Energieberater zur Verfügung gestellt worden ist. Der Bericht ist als Anhang an den Schlussbericht angefügt.

Tab. 6: Zahlen und Fakten – Hotel „Die Halde“; Stand 21.10.2019

Objekt	Die Halde			
Baujahr	2000 (Jahr der letzten Sanierung) 2007 (Errichtung Badehaus)		Nutzungszusammensetzung*	
Sternekategorie nach Dehoga	-			
Hoteltyp	Urlaubs- und Wellnesshotel		Hotelzimmer, m ²	2.146
Anzahl der Zimmer/ Betten**	39/78		Gastro, m ²	494
BGF, m ²	k.A.		Küche + Nebenräume, m ²	513
beheizte NGF*, m ²	4.503 (Hotel), 840 (Badehaus)		Schwimmbad + Fitness, m ²	217
Wellnessangebot	Schwimmbad, Saunen, Fitness		Technik / Verkehrsfläche Hotel, m ²	1.133
Energieträger	Strom, Flüssiggas, Heizöl		Eingang / Empfang, m ²	126
Energieträger Kochen	Strom		Wellnessbereich, m ²	665
Wärmeerzeuger	Flüssiggas BHKW (40kW _{th} /20kW _{el}) Heizöl Heizkessel (440kW _{th}) Dampferzeuger (7,5kW) Saunaöfen (2 x 20kW)		Technik / Verkehrsfläche Badehaus, m ²	49
Kälteerzeuger	Kompressionskältemaschine (Küche) Splitgerät (Serverraum)		Bemerkungen Nutzung: Energiebezugsfläche für Verbrauchsanalysen 5.343m ²	
RLT (Zu- und Abluft) (inklusive Heizregister)	Sanitarräume Zimmer (5,2kW, 33kW _{th}) Konferenzräume (6kW, 47kW _{th}) Wellness (2,2kW, 39kW _{th}) Schwimmbad (1,7kW, 22kW _{th}) Küche (7kW, 43kW _{th})			

*Nutzungszonen, Flächen und technische Gebäudeausrüstung nach Datenaufnahme Eaudit Christian Neumann

** Quelle: <https://www.relax-guide.com/die-halde>



Abb. 11: Das Hotel „Die Halde“; Quelle: Die Halde

Um den Datenpool der Uni Wuppertal zu erhöhen, wurden zusätzlich alle erfassten Monitoringdaten aus dem EnOB-Projekt „Hotel Am Viktualienmarkt“ akquiriert. Hierfür wurde ein 50GB großes Datenbankbackup der Messdatenbank aus Rosenheim transferiert und in eine lokale Datenbank übertragen. Die erhaltenen Daten werden im Kontext der Entwicklung der oben beschriebenen Methodik [Anm: Potenzialanalyse Leistungskennfelder Hauptzähler] gesichtet und geprüft inwiefern diese zur Verifizierung dieser einsetzbar sind. Erste Arbeiten dazu haben im 4. Quartal 2018 begonnen.

Die weitergehende Prüfung dieser Daten im ersten Quartal 2019 hat durch die Größe des Backups einen gewissen Aufwand erzeugt. Mit Hilfe von zusätzlichen Softwaretools konnte das Backup schlussendlich wiederhergestellt und testweise in MoniSoft eingebunden werden. Erste dezidierte Sicherungen der Verbräuche haben jedoch gezeigt, dass durch die Dezentralität



der energetischen Konzepte und anderen Randbedingungen keine zielführende Vergleichbarkeit zu den Hotels im Projekt der Uni Wuppertal erzeugt werden kann.

AP 5 Detailmonitoring

Sowohl in Bezug auf die durchgeführten Einzelmaßnahmen als auch zur Evaluation von Nutzungsrandbedingungen, Nutzungsintensität und Nutzerverhalten sind zusätzliche, temporäre Messungen zielführend. Beispiele dafür sind:

- *Vor- und Rücklauftemperaturen in Kollektor- oder Heiz-/Kühlkreisen*
- *Betriebszeiten von Lüftungstechnischen Anlagen oder Zirkulationskreisen*
- *Luftvolumenströme von Lüftungstechnischen Anlagen*
- *Raumtemperaturen und Luftfeuchten in Hotelzimmern und Verkehrsflächen*

Die Auswertung solcher Messungen dient der Betriebsoptimierung und unterstützt die Aufzeichnung und Analyse eines im Sinne der Energieeffizienz zielführenden Anlagen- und Gebäudebetriebs. Je nach technologischem Fokus können Kennwerte wie Jahresarbeitszahlen, Nutzungsgrade, SFP-Wert, etc. ermittelt werden und zur Technologiebewertung beitragen.

Zur Durchführung kann in Teilen auf Datenlogger aus dem Bestand des Fachgebiets zurückgegriffen werden, teilweise sind Zusatzanschaffungen erforderlich. Da die jeweilig geeignete Technik der Problemstellung angepasst werden muss, erfolgt im Rahmen der Antragstellung zunächst eine Pauschalisierung der Sachkosten für diesen Bereich.

Im Vergleich zur Beschreibung des Arbeitspaktes in der Vorhabenbeschreibung wurden die Messungen im Projekt wesentlich stärker mit Fokus auf das Raumklima durchgeführt. Zur einleitenden Erläuterung der Vorgehensweise folgt nun ein Auszug aus dem ersten Zwischenbericht:

Im Bereich des Detailmonitorings lag im bisherigen Verlauf des Projektes der Fokus auf der Erfassung von Raumtemperaturen und Luftfeuchten mit



dem Schwerpunkt auf Hotelzimmer und Verkehrsflächen in den einzelnen Objekten. Hierzu werden in der Regel 6-8 kleine, batteriebetriebene Datenlogger (onset HOBO Typ U10-003¹⁸, onset HOBO Typ U12-012¹⁹, onset HOBO Typ U12-013²⁰ und onset HOBO Typ MX1102²¹) für 2-4 Wochen in den Hotels platziert und Messungen durchgeführt. Im Vorfeld dieser Messungen werden die Messpositionen und Messzeiträume mit den Ansprechpartnern vor Ort (Hoteliers bzw. Energieberater) abgestimmt. Da die Messungen mit Hilfe von kleinen Datenloggern durchgeführt werden und diese anfällig für Umgebungseinflüsse wie beispielsweise die Strahlungswärme einer Schreibtischleuchte sind, ist eine Absprache im Vorfeld notwendig um belastbare Messergebnisse zu erhalten. Durch die einfache Handhabbarkeit der kleinen Datenlogger ist es möglich, diese in Wuppertal zu programmieren (Startzeitpunkt, Logintervall, etc.) und auf dem Postweg zu den einzelnen Hotels zu senden. Nach Abschluss der Messungen werden die Datenlogger von den Teilnehmern wieder demontiert und an die BUW zurückgesendet. Diese Messungen sind sowohl vor als auch nach den geplanten Sanierungsmaßnahmen angesetzt. Für beide Sanierungszustände soll jeweils eine Sommer- und eine Wintermessung durchgeführt werden. Im Jahr 2016 konnten die Messungen des unsanierten Zustandes in 6 teilnehmenden Hotels jeweils für eine Sommer- und eine Wintersituation durchgeführt werden. Um eine gute Vergleichbarkeit zwischen den Messungen zu gewährleisten werden für die Messungen möglichst identische Messpositionen im Objekt gewählt.

Wie in dem vorherigen Auszug beschrieben war es ursprünglich angedacht, die Messungen (jeweils Sommer- und Wintermessung) in den Hotels vor und nach der Durchführung der Sanierungsmaßnahmen durchzuführen, um Unterschiede an der Raumklimaperformance ableiten zu können und ggf. auf einzelne Maßnahmen zurückzuführen. Durch die gegebenen Umstände war es nicht möglich, die Unterschiede zwischen unsanierten und sanierten Zustand zu analysieren, die Analyse der Raumklimaperformance

¹⁸ <http://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/u10-003>

¹⁹ <http://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/u12-012>

²⁰ <http://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/u12-013>

²¹ <http://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/MX1102>



wurde deshalb auf den Bereich der CO₂-Konzentration ausgeweitet und stärker in den Mittelpunkt gerückt.

In einem weiteren Schritt wurden die vorhandenen Datenlogger durch vier weitere Datenlogger (onset HOBO Typ MX1102) ergänzt die neben der Raumluftfeuchtigkeit und der Temperatur auch die CO₂-Konzentration erfassen. Auf diesem Weg sind Messungen möglich die zusätzliche Rückschlüsse auf die Raumluftqualität und damit verbunden auf den Betrieb der RLT-Anlage und der Luftdichtigkeit der Gebäudehülle zulassen. [...]

Diese Messungen haben vorrangig das Ziel, das Nutzerverhalten (vor allem Heiz- und Lüftungsverhalten) in verschiedenen Hoteltypen besser verstehen zu können und den Betrieb der RLT Anlagen in den Zimmern zu analysieren bzw. Ansätze für eine Optimierung des Betriebes der Anlage ableiten zu können. Ein weiterer Punkt in diesem Kontext ist die Überprüfbarkeit der gewählten Solltemperatur der Heizung auf Ebene der Zimmer.



Abb. 12: onset HOBO MX 1102; Quelle: Eigene Aufnahme

Wie im vorherigen Abschnitt aus dem Zwischenbericht 2016 erläutert, ist das Ziel, den raumseitigen Betrieb der Hotelzimmer genau zu beleuchten und so einen Einblick in die reale Situation in den Hotels zu bekommen.



Im gesamten Projektzeitraum des dena-Modellvorhabens konnten in 10 verschiedenen Hotels und Herbergen 19 Messungen durchgeführt werden. Bei den durchgeführten 19 Messungen wurde in sechs Fällen eine zusätzliche Messung der CO₂-Konzentration in den Zimmern durchgeführt. Die erfassten Daten wurden in der Veröffentlichung (Kapitel 5 „Betriebsführung Hotelzimmer“) für den Bauphysikkalender 2019 verarbeitet (siehe Kapitel 4.6).



Abb. 13: Beispielfoto Messung mit Kleindatenlogger Lindner Hotel Leipzig, Januar 2016; Quelle: Lindner Hotel Leipzig

Im Kontext der Vorbereitung des Monitorings im Hotel „Die Halde“ wurden ab August 2017 weitere Kurzzeitmessungen in einem Zeitraum von etwa zwei Monaten durchgeführt. Zum einem wurden Messungen in wellnessnahen Nutzungszonen (Schwimmbad, Anwendungsbereiche, Pediküre und Empfang Wellnessbereich) mit Geräten der Firma Netatmo²² durchgeführt. Diese Messungen zielen daraufhin, einerseits die real vorliegenden Raumtemperaturen und relativen Luftfeuchtigkeiten zu erkennen und andererseits Auskunft über die CO₂-Konzentrationen in den Zonen zu erhalten. An-

²² <https://www.netatmo.com/de-de/weather/weatherstation/specifications>



hand dieser Messwerte können im Nachgang Rückschlüsse über die Nutzungszeiten der Zone gemacht werden. Außerdem soll bei diesem Objekt analysiert werden, inwiefern die vorhandenen Luftvolumenströme (unter zusätzlicher Berücksichtigung der relativen Luftfeuchtigkeit) reduziert werden können. Diese Fallstudien werden anhand der begleitenden Gebäudesimulation untersucht. Die Messwerte dienen hier zur Kalibrierung des Gebäudemodells und bieten gleichzeitig die Möglichkeit, Maßnahmen die aus dem Gebäudemodell abgeleitet werden in Relation zu Messwerten zu setzen.

Zum anderen wurden Messungen in einer exemplarischen Sauna durchgeführt. Diese Messung wurde mit den im oberen Abschnitt beschriebenen Kleindatenlogger durchgeführt und dient dazu, das tägliche Temperaturprofil der Sauna herleiten zu können. Anhand diesem können nicht nur die Aufheiz- und Abkühlphasen bestimmt werden, sondern auch die maximale Innenraumtemperatur und die Zeitpunkte, an denen das Personal die Sauna ein- bzw. ausschaltet.

Zusammengefasst werden diese Messungen dazu genutzt, die Abbildung des Hotels in der Simulationssoftware mit möglichst vielen realen Nutzungsbedingungen hinterlegen zu können und den Betrieb des Wellness- und Schwimmbadbereiches nachvollziehen bzw. abbilden zu können.

Zusätzlich zu den bereits beschriebenen Messungen wurden Kurzzeitmessungen bei Hotelbesuchen innerhalb von Dienstreisen durchgeführt. Hierzu wurde ergänzend eine Checkliste entwickelt, welche grundlegende Daten zum Hotel bzw. Hotelzimmer abfragt. So war es möglich neben den messtechnischen Untersuchungen auch weitergehende Charakteristika verschiedener Hotels aufzunehmen. Die Checkliste ist im Anhang beigefügt. Es folgt eine Beschreibung der Checkliste aus dem 1. Zwischenbericht 2016:

Um den Aufbau verschiedener Hotelzimmer miteinander vergleichen und den Querschnitt der Untersuchung noch über die Projektgrenzen heraus erweitern zu können, wurde eine Checkliste für persönliche (Dienst-)reisen entwickelt. Diese Checkliste fragt neben der Zimmerarchitektur und grundlegenden Informationen zum Gebäude vor allem technische Aspekte auf



Zimmerebene ab. So wird die installierte Leistung (aller elektrischen Geräte), die Durchflussmengen (unterschiedlicher Temperaturniveaus) der Duschen bzw. Waschtische und der Luftvolumenstrom der Lüftungsanlage gemessen. Hierzu kommt ein Luftvolumenstrommessgerät (Typ SwemaFlow 233²³) und ein Durchflussmesser (Typ Amphiro a1²⁴) zum Einsatz. Neben diesen Abfragen wird simultan für die Dauer des Aufenthalts über oben beschriebene Datenlogger das Temperatur, Luftfeuchtigkeits- und CO₂-Niveau gemessen.

Im gesamten Projektverlauf wurde die Checkliste nach neuen Erkenntnissen erweitert und verfeinert. In der finalen Version werden zusätzlich zu den zuvor beschriebenen Faktoren auch Angaben zur Fassadenausrichtung, Art des installierten Sonnenschutzes und der Zeitspanne der Öffnung der Fenster mit dokumentiert.

In Summe konnten in der gesamten Projektlaufzeit 29 unterschiedliche Objekte über die Checkliste bis Ende 2018 untersucht werden. Nach einer Sichtung der erfassten Daten im ersten Halbjahr 2018 konnten 13 vollständige Datensätze (inklusive Kurzzeitmessung) generiert werden.

Die in diesem Arbeitspaket erfassten Daten sind wesentlicher Teil eines Unterkapitels (Kapitel 5 „Betriebsführung Hotelzimmer“) in der Publikation innerhalb des Bauphysikkalenders 2019 (siehe Kapitel 4.6 in diesem Schlussbericht).

AP 6 Verbrauch / Bedarf-Vergleich

Sofern die erforderlichen Unterlagen im erforderlichen Detaillierungsgrad zur Verfügung stehen (Pläne, Information zur Baukonstruktion, Lüftung, Beleuchtung und Energieversorgung), erstellt die BUW vereinfachte Modelle zur gesamtenergetischen Bilanzierung aller Hotels gemäß DIN V 18599.

²³ https://www.inlec.com/media/view/2015/10/swemaflow_233_hvac_balometer_air_flow_meter_datasheet_285.pdf

²⁴ <https://www.amphiro.com/wp-content/uploads/2016/05/Manual-amphiro-a1-basic.pdf>



Dazu kommt das an der BUW entwickelte Werkzeug "EnerCalc" zum Einsatz²⁵. Die EnerCalc- Modelle erlauben durch Einpflegen lokaler Wetterdaten (Monatsbasis) und Anpassung der Nutzungsrandbedingungen (Nutzungszeiten, ...) einen Bedarf-Verbrauchsabgleich auf der Ebene des Gesamtgebäudes (siehe DIN V 18599 Beiblatt 1). Somit können die Einzelmaßnahmen auch in Bezug auf ihre Bedeutung für den Gesamtenergiebedarf/-verbrauch theoretisch eingeordnet werden.



Abb. 14: Screenshot exemplarische Modellbildung in EnerCalc; Quelle: Screenshot

Wie in der Vorhabenbeschreibung angedacht, hat einen Hauptteil der Arbeit in diesem Arbeitspaket das Erstellen von vereinfachten Gebäudemodellen für die Hotels aus dem dena-Modellvorhaben ausgemacht. Ziel dieser Modellbildung war es (bezogen auf das dena-Modellvorhaben), die dena bei der Einschätzung der eingereichten Sanierungsfahrpläne zu unterstützen und vergleichende Modelle für die im Monitoring befindlichen Objekte zu erzeugen. Diese werden im Kontext der Erstellung der Monitoringberichte eingesetzt. Um die allgemeine Methodik bei der Erstellung dieser Modelle aufzuzeigen, folgt die Beschreibung dieser aus dem 1. Zwischenbericht 2016:

Im Arbeitsbereich des Verbrauchs- und Bedarfsabgleiches setzt die BUW das im Rahmen einer Dissertation (von Dr. Ing. Markus Lichtmeß) entwickelte Tool EnerCalc ein. Grundlegend für eine exakte Modellbildung ist

²⁵ <http://www.enob.info/?id=enercalc>



das Vorhandensein von möglichst umfassenden baubeschreibenden Unterlagen (Pläne, Angaben zur Baukonstruktion, Angaben zur Anlagentechnik, Angaben zur Ausstattung). Diese Informationen können in einigen Fällen nicht vollständig zur Verfügung gestellt werden, so dass teilweise Schätzungen im Bereich der Gebäudehülle notwendig sind. Für das bessere Verständnis der Gebäudegeometrie werden (mit dem Softwaretool SketchUp²⁶) eigens 3D Modelle angelegt die dann die Grundlage der eigenen Modellbildung darstellen.[...]

Hierbei wird in einem ersten Schritt eine vereinfachte normative Bilanzierung angelegt. In den folgenden Schritten werden die Modelle auf die orts- und nutzungsspezifischen Gegebenheiten angepasst, d.h. die normativen Nutzungsprofile der realen Nutzungssituation angepasst und örtliche Wetterdaten eingepflegt.

In den Jahren 2016 und 2017 hat die Uni Wuppertal im Rahmen des Modellvorhabens insgesamt 15 Gebäudemodelle (neun in 2016, sechs in 2017) erstellt.

Durch ein umfangreiches Update der Software EnerCalc im Jahr 2017 mussten die angelegten Modelle händisch erneut angelegt bzw. in die neue Softwareversion übertragen werden.

Neben der eigentlichen, zuvor beschriebenen, Modellbildung, wurden für Fälle, in denen die Qualität der eingereichten Sanierungsfahrpläne seitens der dena entweder als besonders kritisch gesehen wurden (z.B. mangelnder Verbrauchs-/Bedarfs Abgleich oder nicht nachvollziehbare Flächen- bzw. Hüllflächenermittlung) oder aber detaillierte Teilbetrachtungen erforderlich waren, interne Kurzberichte erstellt. In den Jahren 2016 und 2017 wurden insgesamt fünf (Hotel Großes Meer, Hotel Schwarzer Bock, Hotel Oranien, Creativ Hotel Luise und Lindner Hotel Leipzig) dieser Kurzberichte erstellt und der dena zur Verfügung gestellt.

Im wissenschaftlichen Kontext werden diese Modelle zu konkreten Verbrauchs bzw. Bedarfsstudien genutzt. Ein wesentlicher Ansatzpunkt ist hier die Gegenüberstellung der Bilanzierungen mit Vergleichskennwerten aus

²⁶ <https://www.sketchup.com/de>



verschiedenen Quellen. Vergleichende Quellen sind hier das Energiesparprogramm der DEHOGA²⁷, der „Leitfaden Österreich: Energiemanagement in Hotellerie und Gastronomie, 2015“²⁸ und die Vergleichswerte aus der Bekanntmachung des BMVBS²⁹ aus dem Jahre 2015. Anhand dieser Einordnungen werden versucht Erkenntnisse über die Unterschiede in der Energieperformance zwischen den einzelnen Hoteltypen zu erlangen und Rückschlüsse auf Ursachen tätigen zu können. Darüber hinaus werden auch die damit verbundenen Energiekosten in den Fokus gerückt, da eine Einordnung der Hotelobjekte rein auf der Ebene des Energieverbrauches bzw. -bedarfs sehr unscharf ist. Durch die Einbindung von Übernachtungszahlen und Hotelgrößen verbunden mit den realen Energiekosten kann der Anteil der Energiekosten an den Übernachtungskosten eines Gastes herausgestellt werden und somit eine vergleichbare Größe zwischen Hoteltypen geschaffen werden.

Ein weiterer wichtiger Aspekt in der weiteren Bearbeitung ist das Herausstellen des nutzungsspezifischen Stromverbrauches, also der Anteil des Stromverbrauches der normativ nicht betrachtet wird. Hierbei hilft neben den eigentlichen Verbrauchsstudien der Vergleich zwischen Bedarf und Verbrauch da so eine erste Einschätzung geleistet werden kann wie groß dieser Anteil am Gesamtstromverbrauch ist. Durch eine Querschnittsuntersuchung wird im weiteren Verlauf des Projektes versucht Erkenntnisse zu generieren und diese für die Erstellung von Teilenergiekennwerten zugeschnitten auf verschiedene Hoteltypologien anzuwenden.

Die erstellten Modelle wurden in 2017 zu ersten Studien bezüglich des Anteils des nutzungsabhängigen Strombedarfs bzw. -verbrauchs am Gesamtstrombedarf eingesetzt. Die Grundlage für diese Studien bilden die in den Modellen ermittelten Endenergiebedarfe für Lüften, Kühlen und Beleuchten (in Verbindung mit angepassten Standort- und Nutzungsdaten). [...]

²⁷ <http://energiekampagne-gastgewerbe.de/energiespar-infothek/energiekampagne-toolbox/energiesparprogramm.html>

²⁸ <https://www.bmwfw.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieeffizienz/Documents/Leitfaden%20Energiemanagement%20in%20der%20Hotellerie%20und%20Gastronomie%20.pdf>

²⁹ Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand vom 07.04.2015



Die gesammelten Erkenntnisse aus der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit den Bedarfsmodellen wurden im 1. Halbjahr 2018 erneut gesichtet und innerhalb der Publikation im Bauphysikkalender in den Kapiteln „Energiekosten“, „Bedarfs-/Verbrauchsabgleich“ und „Zeitaufgelöste Energieverbrauchsanalysen“ verarbeitet.

Neben den Studien bezüglich der Höhe der verschiedenen Energiebedarfe wurden die erstellten Modelle zu einer geometrischen Analyse genutzt. Hierfür waren die während der Modellbildung erstellten Zonen maßgeblich und bilden die Grundlage für den Vergleich von Zonengrößen und –verbräuchen.

Zusätzlich zu den energiebezogenen Studien bilden die Ergebnisse aus den Geometrieanalysen die Grundlage für das Kapitel „Geometrieanalysen für die Entwicklung von Teilenergiekennwerten von Hotels“ in der Publikation innerhalb des Bauphysikkalenders 2019.

AP 7 Modellbildung im Detail

Für ausgewählte Einzelmaßnahmen werden Detailanalysen durch dynamische Simulationen durchgeführt. Das betrifft insbesondere anlagentechnische Maßnahmen wie Solarthermiesysteme, KWK-Anlagen, ...etc. Die Simulationen dienen der verbesserten Analyse des dynamischen Betriebsverhaltens unter Einwirkung der jeweiligen Regelung und vorhandener Wärmespeicher.

Um sich auf das Themengebiet der detaillierten Modellbildung bzw. Anlagen- und Gebäudesimulation vorzubereiten, wurde im Februar 2017 an dem im Kontext des EnOB Netzwerkes entstandener Workshop „OBSERVE³⁰“ in Hamburg teilgenommen.

Darüber hinaus erfolgte im Herbst 2017 die Teilnahme an einem Workshop zur Software „IDA ICE³¹“.

³⁰ https://www.haw-hamburg.de/fileadmin/user_upload/Forschung/CC4E/Newsletter/Content/Flyer_Workshop_OBSERVE.pdf

³¹ <https://www.equa.se/de/>



Durch die bereits dargestellten Verzögerungen und Veränderungen im Projektverlauf wurde nach umfangreichen Tests der Software IDA ICE erst im Dezember 2018 mit den eigentlichen Modellbildungen begonnen. Zunächst wurde in diesem Kontext das Lindner Hotel Leipzig bearbeitet. Es folgt eine Beschreibung des Simulationsschwerpunktes bzw. -ablaufes aus dem 3. Zwischenbericht 2018:

Lindner Leipzig *In den Simulationen des Lindner Hotels Leipzig steht zunächst die Betrachtungsebene „Hotelzimmer“ im Mittelpunkt. Neben den Untersuchungen von gebäudebezogenen Parametern wie die Auswirkungen des Vorhandenseins eines Sonnenschutzes oder einer Kühlung, sind hier die Einflussgrößen die durch den Nutzer bzw. der Nutzungsausrichtung des Hotels beeinflusst werden besonders interessant.*

Zunächst wird über Berechnungen mit Normprofilen das Gebäudemodell einer Validierung unterzogen. In einem weiteren Schritt werden Nutzungsanpassungen in den Zoneneigenschaften vorgenommen da die bekannten Normprofile für Hotelzimmer sehr undifferenziert aufgestellt sind. Hierfür wird unter anderem auf die Normprofilanpassung aus dem Gebäudemodell des Verbrauchs/Bedarf Abgleiches zurückgegriffen. Weitere Simulationen sind darauf ausgerichtet die Unterschiede im Energiebedarf, hervorgerufen durch unterschiedliche Hoteltypen (z.B. City- vs. Urlaubshotel) zu analysieren. In diesem Kontext spielen ergänzend die variierenden Anwesenheitszeiten der Gäste in den Zimmern eine wichtige Rolle. In den ersten validierenden Messungen ist keine Variation der Anwesenheitszeiten angedacht. Die Untersuchungspunkte der Einflüsse des Nutzers bilden auf der Betrachtungsebene „Hotelzimmer“ den wichtigsten Baustein. Hier soll dezidiert untersucht werden, inwiefern unterschiedliche Nutzertypen den Energiebedarf beeinflussen. Zur Erstellung von verschiedenen Benutzertypen wird sich an einer Methodik³² orientiert die im Rahmen der BauSim 2018 für die Berechnung von Wohngebäuden vorgestellt wurde. So werden drei verschiedene Nutzertypen generiert die den sparsamen, den „normalen“ und den verschwendenden Hotelbesucher abbilden sollen. Um diese innerhalb

³² A. Mahdavi, M. Taheri, F. Tahmasebi, 2018, Derivation and representation of the energetically relevant consequences of occupants presence and behaviour in buildings, Wien, Glasgow, BauSim 2018 conference paper p. 216-222



der Simulation darzustellen, werden in diesem Kontext die Parameter der oberen und unteren Raumtemperaturgrenze, der Beleuchtungsstärke im Zimmer, der Soll-Wert für den Einsatz des Sonnenschutzes, Zeitpläne der natürlichen und mechanischen Lüftung und die Dushdauer variiert. Für letzteres wird von einem Einsatz von Wasserspareinsätzen in den Duschen und somit von einer Wassermenge von 12 l/min³³ ausgegangen.

Auf der Ebene des gesamten Gebäudes sind hingegen Studien bezüglich der Auswirkungen von unterschiedlichen Auslastungs- bzw. Belegungsformen des Hotels (willkürlich, geschossweise oder strangweise) auf den Gesamtverbrauch und Untersuchungen bezüglich der Beeinflussung des Energiebedarfs durch unterschiedliche Verteilsysteme des Trinkwarmwassers angesetzt.

Außerdem dienen die Daten aus den Simulationen zur weiteren Überprüfung des Verfahrens der vereinfachten Bestimmung des Trinkwarmwasserbedarfs bzw. –verbrauchs anhand von Hauptzählerdaten (AP4). Der Wellnessbereich in diesem Objekt beschränkt sich auf einen Fitness- und Saunabereich und steht in diesem Hotel nicht im Fokus der Simulation.

Nach einer komplexen Geometrieingabe des gesamten Hotels (vgl. Kapitel 4.3) im Frühjahr 2019 waren zahlreiche Korrekturen und Anpassungen innerhalb des Modells nötig, um eine fehlerfreie Abbildung der Geometrie zu erhalten. Im Nachgang erwies sich dieses Modell bedingt durch die komplexe Geometrie als sperrig und nicht zielführend. Die zuvor beschriebenen Untersuchungen waren anhand dieses Modells in der Handhabung für Parameterstudien nicht zielführend mit IDA ICE durchführbar. Als Resultat wurden die Untersuchungen auf der Ebene von einzelnen Hotelzimmern und einem exemplarischen Hotelflügel des Hotels weitergeführt.

In diesem Zusammenhang wurde das Modell zunächst anhand eines vereinfachten Gebäudemodells validiert. In einem weiteren Schritt wurden auf der Ebene der Hotelzimmer die Auswirkungen von unterschiedlichen Nutzertypen auf den Energiebedarf untersucht. Hierfür wurden Parameterstudien mit der zuvor erwähnten Methodik zu den Themengebieten Solltemperatur, Beleuchtungsstärke und Dushdauer einzeln aufgezeigt und in einem

³³ https://www.energiekampagne-gastgewerbe.de/images/stories/ESB/PDF/ESB/ESB02_Technische_Sofortmassnahmen.pdf, Seite 4



folgenden Arbeitsschritt die Effekte in Kombination untersucht. Auf der Betrachtungsebene Gebäuderiegel wurden hingegen die Auswirkungen von unterschiedlichen Verteilungen der belegten Zimmer im Gebäuderiegel analysiert und gegenübergestellt.

Ergänzend wurden die Ergebnisse in zeitaufgelöste Leistungskennfelder exportiert und dafür genutzt, die Methodik zur Bestimmung von Teilverbräuchen aus übergeordneten Hauptzählern weiter zu vertiefen.

Die Ergebnisse wurden in einen internen Bericht übertragen und werden in Kapitel 4.3 ausführlicher dargestellt.

In den Simulationen im Zusammenhang mit dem Hotel „Die Halde“ steht der Wellness- bzw. Schwimmbadbereich im Mittelpunkt. Wie bereits einleitend beschrieben, wird jedoch nicht nur der Schwimmbadbereich, sondern auch Saunabereiche und Behandlungsräume mit abgebildet. Anhand dieses Modells soll eine energetische Simulation durchgeführt werden. Damit werden für die unterschiedlichen Handlungsoptionen die möglichen Energieeinsparungen quantifizierbar. Ein erster Ansatzpunkt in der Simulation des Schwimmbadbereiches ist eine Variation der Zuluftströme und die Betrachtung der Auswirkungen auf Raumklima, Tauwasserbildung und Energiebedarf.

Für die beschriebene Simulation des Hallenbadbereiches wird die eingesetzte Software IDA ICE mit einem Erweiterungsmodul für Schwimmbäder ergänzt.

„Die Halde“

Im September 2019 wurden die Pläne des Hotels „Die Halde“ durch den Betreiber zur Verfügung gestellt und Ende November mit der Modellbildung begonnen. Die Modellbildung konnte Ende Dezember 2019 abgeschlossen werden. Das Gebäudemodell umfasst das 2.Untergeschoss des Hauptgebäudes und das angrenzende Badehaus. Im Hauptgebäude ist der Schwimmbad-, Fitness- und ein kleiner Massagebereich angesiedelt. Außerdem befinden sich in diesem Geschoss neben Lagerflächen auch die Wäscherei und eine Technikzentrale. Das Badehaus beherbergt den eigentlichen Wellnessbereich des Hotels und umfasst neben unterschiedlichen Saunen vor allem Anwendungsbereiche und Ruhezonen. Ziel ist es die verschiedenen Verbrauchs- bzw. Bedarfsbereiche im Schwimmbad- bzw. Wellnessbereich detailliert in ihrer Zusammensetzung



nachvollziehen zu können und die Anlagentechnik ebenfalls im Gebäudemodell abzubilden. So sind Rückschlüsse möglich die vor allem im Bereich der Lüftungsanlage eine Optimierung des realen Betriebes ermöglichen.

AP 8 Ökonomische Dokumentation und Bewertung

In Zusammenarbeit mit der dena werden die Kosten der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen dokumentiert. Darüber hinaus wird angestrebt, dass Energiekosten, sowie Wartungs- und Instandhaltungskosten systematisch erfasst werden. Sofern diese Daten zur Verfügung stehen, wird die ökonomische Vorteilhaftigkeit der jeweiligen Maßnahmen ermittelt und beurteilt.

Im Rahmen der Sanierungsfahrpläne werden zu den Objekten neben Umsatz- und Belegungsangaben auch Sanierungskosten von den zuständigen Energieberatern geschätzt. Besonders im Bereich der Hotellerie sind vor allem Erstere als höchstsensibel einzustufen. Die angelegte Datenbank „EnOB-Datenbank Hotels und Herbergen“ bietet im Bereich der Verbrauchsdaten Raum für ökonomische Daten im Sinne der Belegung und Umsätze der Hotels. Eine dezidierte Aufstellung der einzelnen Kostengruppen bezüglich der Kosten für Sanierungsmaßnahmen (wie aus der „EnOB Datenbank Gebäudekennwerte“) kann hierbei nicht geleistet werden.

Im Jahr 2017 wurden die aus den eingereichten Sanierungsfahrplänen verfügbaren Daten bezüglich Umsatz, Auslastung und Energiekosten der jeweiligen Objekte in die „EnOB-Datenbank Hotels und Herbergen“ übertragen.

Die erfassten Daten wurden durch online verfügbare Preise von Standard-Doppelzimmern ergänzt und ermöglichten so im 2. Halbjahr 2017 bzw. im ersten Halbjahr 2018 12 Studien zu den Anteiligkeiten der Energiekosten an den Übernachtungspreisen. Bei Herbergen wurde neben dem Bezug auf das Standard-Doppelzimmer auch ein Bezug auf ein übliches 6-Bettzimmer getätigt. In diesem Zusammenhang war es ebenfalls Teil der Studie die Aufteilung der gesamten Energiekosten auf die Unterbereiche Strom und



Wärme aufzuzeigen.

Diese Studien waren Teil des 2. Kapitels („Energieverbrauch“) der Publikation für den Bauphysikkalender 2019 (siehe Kapitel 4.6).

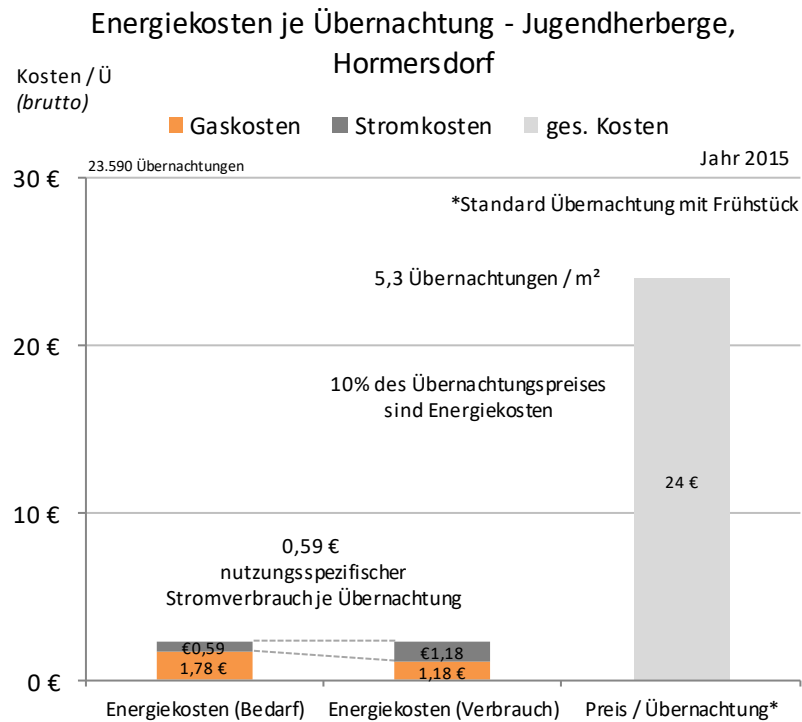


Abb. 15: Beispielhafte Analyse der Anteiligkeiten der Energiekosten an den Übernachtungskosten

AP 9 Zentrale Aufgaben

Zu den zentralen Aufgaben des Projektes gehört die regelmäßige Erstellung von Monitoringberichten für die dena bzw. für die Teilnehmer des Modellprojektes. Darüber hinaus sind für die jährlichen Projekttreffen der Teilnehmer die Darstellung des Status Quo und eine Querschnittsbetrachtung zum Monitoring einzubringen.

Für die zweite Hälfte des Projektes sind Fachveröffentlichungen und Tagungsbeiträge mit Ergebnisdarstellungen geplant (dena Kongress, EnOB Symposium,...). Die Information des Projektträgers erfolgt durch die jährlichen Zwischenberichte. Für den Austausch mit der zukünftigen EnOB-Begleitforschung ist noch ein geeignetes Format abzustimmen.



Ein wesentlicher Punkt der zentralen Aufgaben im Projekt war neben der Erstellung der Monitoringberichte die aktive Teilnahme an den Netzwerktreffen des dena-Modellvorhabens. Bereits Ende des Jahres 2015 wurde am 1. Netzwerktreffen (Auftaktveranstaltung) im Hotel Oranien in Wiesbaden teilgenommen. Das Netzwerktreffen diente dem Kennenlernen der verschiedenen Projektteilnehmer und ersten Abstimmungsgesprächen bezüglich Monitorings und der Messungen mit Kleindatenloggern.

Im Jahr 2016 wurde an zwei Netzwerktreffen (Leipzig und Ibbenbüren) teilgenommen. Das Netzwerktreffen in Leipzig wurde dazu genutzt den Kontakt zu den Projektteilnehmern zu intensivieren und in einzelnen Gesprächen vertiefend über die die Planung der Messungen mit den Kleindatenloggern zu sprechen bzw. diese zu bewerben. Im Rahmen des Netzwerktreffens in Ibbenbüren (4. Quartal 2016) wurde die Datenbankarchitektur der neuen „EnOB-Datenbank Hotels und Herbergen“ vorgestellt und weiterhin das Monitoringvorhaben der Uni Wuppertal beworben.



Abb. 16: Netzwerktreffen des dena-Modellvorhabens im Ringhotel Mutter Bahr, Ibbenbüren, November 2016; Quelle: Eibe Sönnecken, dena

Im Rahmen dieser Netzwerktreffen wurde der Kontakt zu dem technischen Leiter der Lindner Hotelgruppe geknüpft. Über diesen Kontakt konnten Vergleichsprojekte (AP4) akquiriert werden.



Im Jahr 2017 wurde aufgrund der veränderten Projektstruktur nur noch an einem der zwei angesetzten Netzwerktreffen teilgenommen. In diesem Zusammenhang wurden innerhalb eines Vortrages auf dem Netzwerktreffen in Nauen (4. Quartal 2017) erneut die „EnOB-Datenbank Hotels und Herbergen“ mit den zum damaligen Zeitpunkt neu verfügbaren Dateninhalten vorgestellt. Außerdem war die Vorstellung erster Analysen aus den raumklimatischen Kurzzeitmessungen aus den Hotelzimmern Teil des Vortrages.

Eine weitere zentrale Aufgabe im dena-Modellvorhaben war die Erstellung von Monitoringberichten. Durch die Veränderung des Projektfokus und den beschriebenen veränderten Randbedingungen innerhalb der einzelnen Monitoringobjekten wurden Monitoringberichte nur für das Jahr 2017 erstellt. Diese Berichte wurden für das Lindner Hotel Leipzig, die Jugendherberge Hormersdorf und die Jugendherberge Überlingen erstellt. Eine Erläuterung der Erstellung der einzelnen Monitoringberichte ist unter AP3 zu finden. Wie ebenfalls unter AP3 erläutert ist für das Hotel „Die Halde“ ein umfangreicher Monitoringbericht mit einer über die Projektlaufzeit hinausgehenden vergleichenden Modellbildung geplant und wird im ersten Halbjahr 2020 fertiggestellt.

Zusätzlich zu den zuvor beschriebenen Aufgabenbereichen war es eine zentrale Aufgabe die dena bei der Beurteilung von eingereichten und besonders kritisch eingestuften Sanierungsfahrplänen mit einer eigenen Modellbildung zu unterstützen. Die Beurteilungen wurden jeweils in Kurzberichten zusammengefasst. Insgesamt wurden in der Projektlaufzeit fünf dieser Berichte erstellt. Diese Berichte wurden bereits ausführlicher unter dem Kapitel Arbeitspaket 6 thematisiert.

Auf Einladung der Mittelstandsinitiative des BMWI wurde das Projekt auch im Rahmen einer Veranstaltung zur Energieeffizienz von Hotels „Energy Solutions made in Germany“ im März 2017 einem internationalen Publikum vorgestellt (Gran Canaria).



4 Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

In diesem Bereich werden die aus den Arbeitspaketen abgeleiteten Teilbereiche und die daraus resultierenden Arbeiten und Ergebnisse aufgeführt. In den Bereichen der Gebäudesimulation und der Verbrauchsdatenanalyse wurden in 2018 und 2019 Arbeiten getätigt, die in internen Berichten dargestellt aber nicht finalisiert werden konnten. Erfahrungen und Rückschlüsse aus diesen Bereichen werden in den entsprechenden Unterkapiteln dargestellt. Interne Berichte werden nicht als Anlage beigefügt.

4.1 Teilbereich Energiemonitoring

Im Rahmen des dena-Modellvorhabens war vorgesehen, bei circa 10 Teilnehmern des Modellvorhabens ein zeitaufgelöstes Monitoring intensiv durchzuführen. Aus den in den vorherigen Kapiteln erläuterten Gründen konnten in der gesamten Projektlaufzeit vier Monitoringpartner gewonnen werden. Es ist geplant, dass bei einem der vier Partner das Monitoring nach dem Projektende weitergeführt wird. Es folgt eine Übersicht der Monitoringobjekte:

Tab. 7: Übersicht Zeitraum der Monitorings in den jeweiligen Objekten

Objekt	Anzahl Messpunkte	Daten via	Monitoring Beginn	Monitoring Ende
Jugendherberge Überlingen	4	Relay WebLog 250	August 2016	Februar 2020
Jugendherberge Hormersdorf	2	EMU M-Bus Center	März 2017	März 2018
Lindner Hotel Leipzig	11	Siemens Navigator	Oktober 2016	Juli 2019
Die Halde	5	Ftp Server	Januar 2019	-

Bezogen auf das dena-Modellvorhaben haben die Daten die Grundlage für die jeweiligen Monitoringberichte gebildet. Für das Jahr 2017 wurden im 1. Halbjahr 2018 insgesamt drei Monitoringberichte (JH Überlingen, JH Hormersdorf und Lindner Hotel Leipzig) erstellt. Das Hotel „Die Halde“ befindet sich seit Januar 2019 im Monitoring. Ein umfangreicher Bericht ist als Anhang beigefügt. Bereits unter den Arbeitspaketen wurde beschrieben, dass die erfassten Daten über die Erstellung der Monitoringberichte hinaus für Verbrauchsstudien (Inhalt vgl. Kapitel 4.5) und zur Validierung von Gebäudemodellen (vgl. Kapitel 4.3) genutzt wurden.



Der Fernabruf der Daten wurde in zwei der Objekte durch sogenannte Weblogger realisiert. Diese Logger sammeln vor Ort die Daten der angeschlossenen Energiezähler und ermöglichen den Abruf der Daten aus der Ferne. Hierfür wurden zwei verschiedene Modelle unterschiedlicher Hersteller eingesetzt. Im Folgenden werden die Erfahrungen mit dem jeweiligen Gerät zusammengefasst.



Abb. 17: Relay WebLog in Betrieb in der Jugendherberge Überlingen; Quelle: Jugendherberge Überlingen; 14.10.2016

In der Jugendherberge in Überlingen wurde der „Relay WebLog250“³⁴ verbaut und direkt mit M-Bus-fähigen Energiezählern verbunden. Die Installation und die Herstellung der Verkabelung erfolgte problemlos über einen örtlichen Handwerker, welcher ohne weitergehende Informationen seitens der Uni Wuppertal die Installation abschließen konnte. Die Herstellung des Fernzugriffes wurde nach einmaliger Aufforderung durch den Netzwerkadministrator der Jugendherberge realisiert. Der Logger bietet die Möglichkeit die Messdaten entweder über einen automatisierten Emailversand, auf ein angeschlossenes USB-Medium oder mittels FTP-Server zu exportieren. Die Erfahrungen mit dem Logger haben gezeigt, dass der tägliche Export

³⁴ <https://www.relay.de/produkte/m-bus-master/weblog-250/>



über eine automatisierte Email problemlos und zuverlässig funktioniert. Obwohl im Zeitraum von Oktober 2017 bis Ende des Jahres 2018 der Zugriff auf die Weboberfläche des Loggers (bedingt durch Wartungsarbeiten an der Netzwerkinfrastruktur) ausgefallen war, funktionierte der tägliche Versand der Emails mit den angehangenen Messdaten problemlos weiter. Negativ aufgefallen ist die Reaktionsgeschwindigkeit des Loggers. Sowohl bei einer Bedienung über die Weboberfläche als auch über das Touchdisplay braucht der Logger einige Sekunden um die jeweilige Eingabe zu verarbeiten. Dies scheint beim aktuellen Stand der Technik nicht mehr zeitgemäß und kann bei ungeduldigen Benutzern (durch zu viele Eingaben) zum Einfrieren des Loggers führen.

Die Nachbearbeitung der täglichen Exporte (für alle Zähler zeilenbasiert) und die Transformation in ein Format bzw. in eine Syntax die von MoniSoft (Monitoringdatenbank) unterstützt wird, ist jedoch zeitaufwändig und erfordert idealerweise eine skriptbasierte automatische Verarbeitung. Um diesen Arbeitsschritt effizienter zu gestalten wurde versucht, im Rahmen der Erstellung des Monitoringberichtes einen größeren Zeitraum (Monat) zusammengefasst in einer Datei zu exportieren. Dieses hätte die Anzahl der zu bearbeitenden Dateien deutlich reduziert. Dieser Weg soll laut Hersteller zwar möglich sein, jedoch ist diese Funktion nicht für Messungen mit einem so engen Zeitintervall (hier 5-minütig) gedacht. Das hat zur Folge, dass dieser Versuch scheiterte. Trotz der Unterstützung des technischen Supports des Herstellers ist es (auch nicht auf Ebene eines direkten Zugriffs auf die SQL-Datenbank des Loggers) nicht gelungen einen größeren Zeitraum zu exportieren.



Abb. 18: EMU M-Bus Center 250 in Betrieb in der Jugendherberge Hormersdorf; Quelle: Eigene Aufnahme; 27.03.2017

In der Jugendherberge in Hormersdorf wurde das EMU M-Bus Center 250³⁵ verbaut. Die Entscheidung dieses Gerät einzusetzen ist gefallen, weil es gegenüber dem Gerät von Relay den Vorteil bietet, dass ergänzend zu den M-Bus Kanälen zwei Kanäle vorhanden sind, welche die Möglichkeit bieten Pt-1000 Sensoren anzuschließen. In der Praxis erwiesen sich diese Kanäle allerdings als nicht einsatzfähig. Die Sensoren (Typ: B+B, 2-Leiter) sollten die Außentemperatur und (über einen Auflage- bzw. Kabelfühler) annäherungsweise die Kesseltemperatur erfassen. Hier zeigten sich in der Praxis jedoch so große Schwankung (in einem sekundlichen Takt), dass die Messwerte nicht sinnvoll genutzt werden konnten. Auch nach Rücksprache mit dem Hersteller und einer Nachbesserung der Firmware konnte die Schwankung in den Messwerten nicht soweit minimiert werden, dass die Messwerte eingesetzt hätten werden können. Allgemein erwies sich der Betrieb des Gerätes im praktischen Einsatz als nicht zuverlässig. Zunächst war die Inbetriebnahme des Gerätes in der örtlichen Netzwerkarchitektur langwierig. Dies lag aber keineswegs am Gerät, sondern an den langsamen Verwaltungsstrukturen des zuständigen Landesverbandes und

³⁵ <https://www.emu-metering.de/D/m-bus-datenlogger/emu-m-bus-center-250-201.250.00.htm>



den damit verbundenen Arbeiten der zuständigen Netzwerkadministratorin. Nach erfolgreicher Inbetriebnahme war ein zusätzlicher Ortstermin nötig um den Öl-Hauptzähler M-Bus fähig zu machen. Zwar wurde der M-Bus Umsetzer (Typ Relay PadPuls M1³⁶) montiert und der Zähler über diesen Umsetzer bereits physisch an den Logger angeschlossen, um verwertbare Messergebnisse zu erhalten mussten jedoch zusätzlich Impulswertigkeiten im zuvor genannten Umsetzer hinterlegt werden. Diese Arbeiten konnten in Zusammenarbeit mit dem zuständigen Energieberater durchgeführt werden.

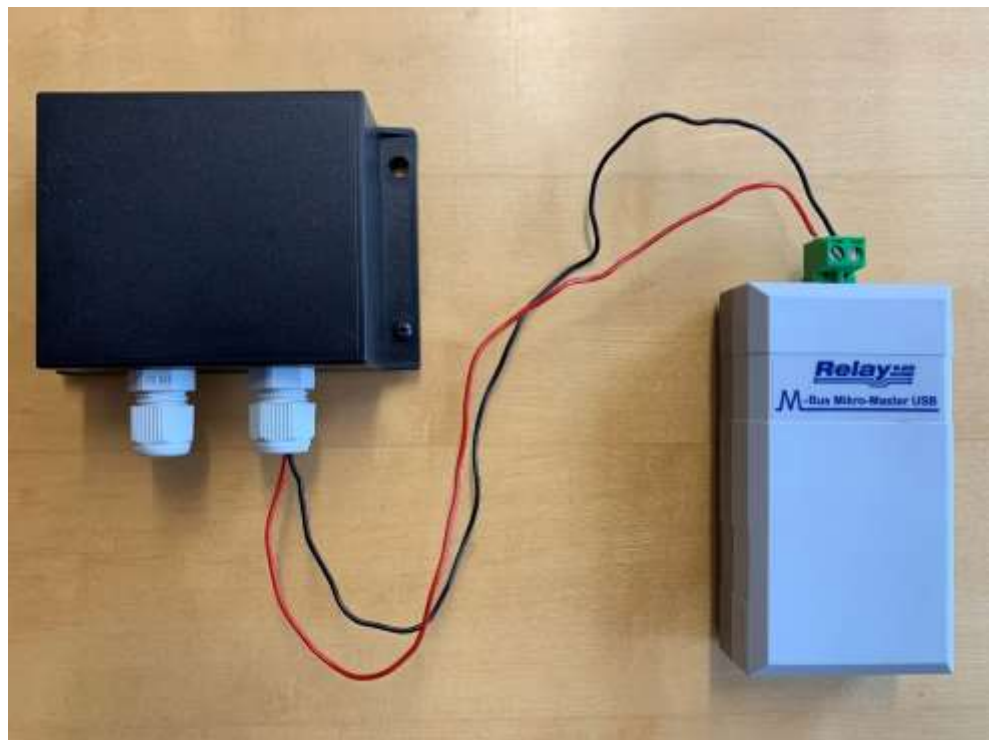


Abb. 19: M-Bus Umsetzer Relay PadPuls M1 mit Programmiereinheit M-Bus Mikro-Master USB; Quelle: Eigene Aufnahme

Wie bereits zuvor thematisiert, waren die anschließenden Arbeiten mit dem Logger fehlerbehaftet. Bei der Anmeldung auf der Weboberfläche des Loggers und während des Datenexportes kam es immer wieder zu Verbindungsabbrüchen. Zwar verfügt die Jugendherberge nur über eine langsame Internetverbindung (2 Mbit), diese hätte aber für den Export einer solchen geringen Datenmenge ausreichen müssen. Ebenso zeigte sich bei der Sichtung der Messdaten, dass das eingestellte Logintervall im Logger nicht genau gehalten wurde und somit auch Logintervalle entstanden sind

³⁶ <https://www.relay.de/produkte/m-bus-slaves/padpuls-m1/>



die deutlich über der eigentlich konfigurierten Intervalldauer lagen. Der Gesamteindruck leidet deutlich unter den genannten Aspekten.

Das Exportieren der Messdaten erfolgt im Gegensatz zum Gerät der Firma Relay in einzelnen Dateien pro Zähler. Dies geschieht direkt über die Weboberfläche des Loggers. Das Layout der Exporte ist spaltenbasiert und erfordert keinen großen Aufwand zur Nachbearbeitung der Daten für das Importieren in die Messdatenbank über MoniSoft.

Abschließend werden nun die Erfahrungen mit den verbauten Webloggern zusammengefasst: Der Betrieb von Webloggern erleichtert die Erfassung von Zählerdaten da so auf einen sehr kostenintensiven Eingriff in die GLT verzichtet werden kann. Bei Gebäuden ohne hauseigene GLT eröffnet ein Weblogger die Möglichkeit Zählerstände, digital und zeitlich hoch aufgelöst erfassen zu können.

Das Gerät der Firma Relay macht bis auf die beschriebene langsame Reaktionszeiten und die Einschränkungen im Export einen soliden Eindruck und gibt ein sicheres Gefühl im Umgang mit den erfassten Daten.

Das Gerät der Firma EMU erscheint sowohl in der Weboberfläche als auch bei den Reaktionsgeschwindigkeiten wesentlich zeitgemäßer. Die praktischen Erfahrungen zeigen jedoch, dass hier die Datenqualität immer wieder überprüft werden muss, um ein sinnvolles Erfassen der Messdaten sicherzustellen. Durch das Wegfallen eines eigentlichen Displays ist das Gerät der Firma EMU wesentlich kompakter als das Gerät der Firma Relay, welches ein wesentlich größeres (Farb- und Touch-) Display besitzt. Durch das Display erscheint das Relaygerät auch für nicht fachkundige Benutzer einfacher zugänglich und bietet so auch einen einfachen Zugriff auf die Einstellungen oder die Visualisierungen der Verbräuche innerhalb des Loggers.

Zusammenfassend zeigen beide Geräte Schwachpunkte, die einen zuverlässigen Betrieb des Monitorings stören können. Auch eine digitale Erfassung von Messdaten ersetzt keine regelmäßige Plausibilitätsprüfung der Verbrauchsdaten.



4.2 Teilbereich Detailmonitoring / Kurzzeitmessungen

In diesem Teilbereich waren die Messungen (Innenraumtemperatur, relative Luftfeuchtigkeit und ergänzend CO₂-Konzentration) mit Kleindatenloggern maßgeblich. Im gesamten Projektverlauf konnten innerhalb des dena-Modellvorhabens insgesamt 19 Messungen in zehn verschiedenen Hotels durchgeführt werden. Über das dena-Modellvorhaben hinaus, konnten im Rahmen von Dienstreisen zusätzlich 13 weitere vollständige Datensätze (Erfassung Hotel-Checkliste und Messung) generiert werden. Über die Hotel-Checkliste konnten insgesamt 29 Objekte erfasst werden. Ein Rohling der Checkliste ist im Anhang zu finden. Es folgt ein kurzer stichpunktartiger Überblick über die abgefragten Daten und Charakteristika:

- Hotelnamen mit Sternekategorie und ggf. Hotelgröße
- Art des bezogenen Zimmers
- Größe von Zimmer und Badezimmer
- Abfrage von Ausstattungsmerkmalen wie Vorhandensein eines Kartensystems oder einer Minibar
- Vorhandensein und ggf. Art der Klimatisierung des Zimmers
- Art und Position des Sonnenschutzes
- Ausrichtung der Fassade des Zimmers
- Elektrische Ausstattung des Zimmers und des Bades
- Durchflussmengen von Duschen und Waschtisch (Messwerte auf drei verschiedenen Temperaturniveaus)
- Merkmale zur Lüftungsanlage wie Art und Regelung
- Luftvolumenströme (Messwerte) bei drei verschiedenen Fensteröffnungszuständen (geschlossen, gekippt, geschlossen und Zimmertür zum Flur geöffnet)
- Zeitplan Fensterstellung während des Aufenthaltes
- Allgemeine Merkmale des Hotelflurs (Tageslichtverfügbarkeit und Art der Beleuchtungssteuerung)



Die Messungen wurden mit Hilfe von vier verschiedenen (onset HOBO Typ U10-003³⁷, onset HOBO Typ U12-012³⁸, onset HOBO Typ U12-013³⁹ und onset HOBO Typ MX1102⁴⁰) Kleindatenloggern der Marke onset⁴¹ durchgeführt. Technische Datenblätter zu den Geräten befinden sich im Anhang. Die ersten drei genannten Logger unterscheiden sich in Ihrer grundlegenden Funktion nicht. Als Kernfunktion messen alle drei Typen die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit. Der Funktionsumfang des Modells „U10-003“ geht nicht über die genannten Kernfunktionen hinaus, das Modell „U10-012“ bietet zusätzlich einen Lichtsensor zur Messung der Lichtintensität und einen externen Kanal für einen optionalen Anschluss eines weiteren Sensors. Das Modell „U10-013“ bietet neben den Kernfunktionen zwei zusätzliche externe Kanäle für einen optionalen Anschluss weiterer Sensoren. Letzteres Modell wurde lediglich einmalig zu einem Versuch im Lindner Hotel Leipzig die Temperaturniveaus (Vor- und Rücklauf) eines Warmwasserstranges zu messen, eingesetzt.

Wie in den Erläuterungen der Arbeitspakete thematisiert, wurden bei sechs Messungen ergänzend die CO₂-Konzentrationen erfasst. Zu diesen Messungen wurden vier Logger des Types „HOBO MX1102“ beschafft und eingesetzt. Außerdem wurden diese Logger bei den Messungen im Rahmen von Hotelaufenthalten bei Dienstreisen genutzt. Dieser Logger misst neben der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit die CO₂-Konzentration im Raum und besitzt im Gegensatz zu den anderen eingesetzten Modellen ein Display welches Auskunft über die aktuellen Messwerte gibt.

Es ist festzuhalten, dass alle eingesetzten Produkte der Firma onset zuverlässig bezüglich der Messungen der Temperatur und relativen Luftfeuchtigkeit funktionieren. Die Messung der CO₂-Konzentration erfordert vor jeder neuen Messung eine Kalibrierung des Sensors. Der Logger besitzt die Funktion, dass eine automatische Nachkalibrierung des Sensors nach sieben Tagen durchgeführt wird. Damit diese jedoch erfolgreich ist, muss eine

³⁷ <http://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/u10-003>

³⁸ <http://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/u12-012>

³⁹ <http://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/u12-013>

⁴⁰ <http://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/MX1102>

⁴¹ <https://www.onsetcomp.com/>



regelmäßige Durchlüftung des Aufstellortes gewährleistet sein. Erfahrungen haben gezeigt, dass bei Messungen, die länger als eine Woche dauern, Ungenauigkeiten entstehen können, wenn eine sachgemäße Nachkalibrierung des Loggers nicht durchgeführt werden kann. Aus diesem Grund wurden die Logger vor jeder neuen Messung manuell anhand der Außenluft kalibriert.

Alle Messungen wurden mit einem fünfminütigen Logintervall durchgeführt. Hierbei wurde zur Messung stets der Mittelwertmodus genutzt, d.h. es wird jeweils der Mittelwert der letzten fünf Minuten geloggt.

Die durchgeführten Messungen und Bestandsaufnahmen über die Hotel-Checkliste geben einen exemplarischen Einblick in die Betriebsweise von Hotelzimmer und bilden die Grundlage für die Erstellung des Kapitels „Betriebsführung Hotelzimmer“ innerhalb der umfassenden Publikation im Bauphysikkalender 2019 (siehe Anhang).

Als Fazit in diesem Teilbereich bieten die Messungen mit den Kleindatenloggern einen zuverlässigen Einblick in raumklimatische Situationen bei einem überschaubaren Kostenaufwand. Natürlich müssen gewisse Randbedingungen (wie z.B. keine direkte Sonnenexposition bei Temperaturmessungen der Innenraumtemperatur) für eine aussagekräftige Messung berücksichtigt werden, der Umgang mit den Geräten ist jedoch vergleichsweise einfach. Komplexere Komfortmessstationen bieten zwar einen tieferen Einblick in die Situation vor Ort, sind jedoch auch wesentlich fehleranfälliger und vor allem aufwändiger.

Durch die Ergänzungen die über die Hotel-Checkliste möglich geworden sind, konnten die Messdaten mit gebäudebezogenen Fakten gegenübergestellt werden. Die daraus resultierenden Ergebnisse haben maßgeblich zur Erstellung des Artikels im Bauphysikkalender 2019 beigetragen und sind im Anhang nachzulesen.



4.3 Teilbereich Gebäudesimulation

In diesem Teilbereich stehen vergleichende Modellbildungen und Parameterstudien der Gebäudemodelle im Mittelpunkt der Arbeiten. Die vergleichende Modellbildung zur Unterstützung der dena mit dem Softwaretool „EnerCalc“ bildet lediglich die monatlichen Energiebilanzen ab.



Abb. 20: Übersicht geometrisches Gebäudemodell Lindner Hotel Leipzig in IDA ICE – gesamtes Gebäude, Quelle: Screenshot IDA ICE

Lindner Leipzig Im Dezember 2018 wurde mit der Modellbildung des Lindner Hotels in Leipzig begonnen. Wie unter AP7 beschrieben, wurde zunächst das vollständige Hotel abgebildet. Die Eingabe erwies sich als enorm zeitintensiv da vor allem der mehrgeschossige, mit einer gekrümmten Fläche verglaste Lobbybereich und die komplexen Dachformen immer wieder zu Fehlern in der Abbildung der Geometrie führten und Nachbesserungen erforderten. Nach Fertigstellung der Geometriebildung wurde klar, dass dieses komplexe Modell nicht zielführend für weiterführende Parameterstudien ist. Um die angedachten Parameterstudien trotzdem durchführen zu können, wurde die Entscheidung getroffen diese auf Ebene einzelner Hotelzimmer bzw. eines exemplarischen Gebäudeflügels durchzuführen. Mitte Juli 2019 wurden Erkenntnisse aus diesen Studien in einem internen Dokument zusammengefasst. Zur Darstellung der Ergebnisse folgen nun Textauszüge



(kursiv dargestellt) und Grafiken aus diesem Dokument um einen Überblick über die durchgeführten Arbeiten zu gewähren. Die Methodik der Vorgehensweise ist bereits unter AP7 beschrieben worden. Weiterführende Modellinformationen sind im Anhang aufgeführt. Zunächst werden die Studien auf Ebene der Hotelzimmer thematisiert:

[...] Hierfür wurden in einem der Gebäuderiegel vier charakteristische Zimmer (mittleres Geschoss, keine Eckzimmer, zwei Zimmer pro Himmelsrichtung) nachgebildet. Alle Bauteile die nicht an die Gebäudehülle angrenzen, werden hier in diesem Kontext als adiabat angenommen. Durch die Abbildung bzw. Mittelung von 4 charakteristischen Hotelzimmern können gesonderte Effekte, die durch die bauliche Situation oder Himmelsausrichtung hervorgerufen werden, weitestgehend gemindert werden. Da die Betrachtung in diesem Kapitel auf Grundlage der normativen Ebene stattfindet, werden die Hotelzimmer inklusiver Badezimmer als jeweils einzelne Zone dargestellt.

Ein Verbrauchs-/Bedarfs Abgleich findet in den Betrachtungen auf der Hotelzimmer- und Gebäuderiegel nicht statt, da eine generelle Aussage getroffen werden soll und objektbezogene Eigenheiten (beispielsweise nutzungsbedingt) hier nicht ins Gewicht fallen sollen. Hinzu kommt, dass durch die gesonderte Betrachtung der Nutzungszone Hotelzimmer ein Abgleich zu realen Verbrauchsdaten des Gebäudes nicht zielführend ist, da der Energieverbrauch der Zimmer nicht singulär erfasst wird. Um die Betrachtung der Auswirkungen der Nutzertypen möglichst genau darzustellen und anlagenspezifische Besonderheiten auszuklammern, geschieht diese Betrachtung auf der Ebene der Nutzenergie.

Alle Betrachtungen im Folgenden gehen von einer ganzjährig konstanten Auslastung der Zimmer aus.

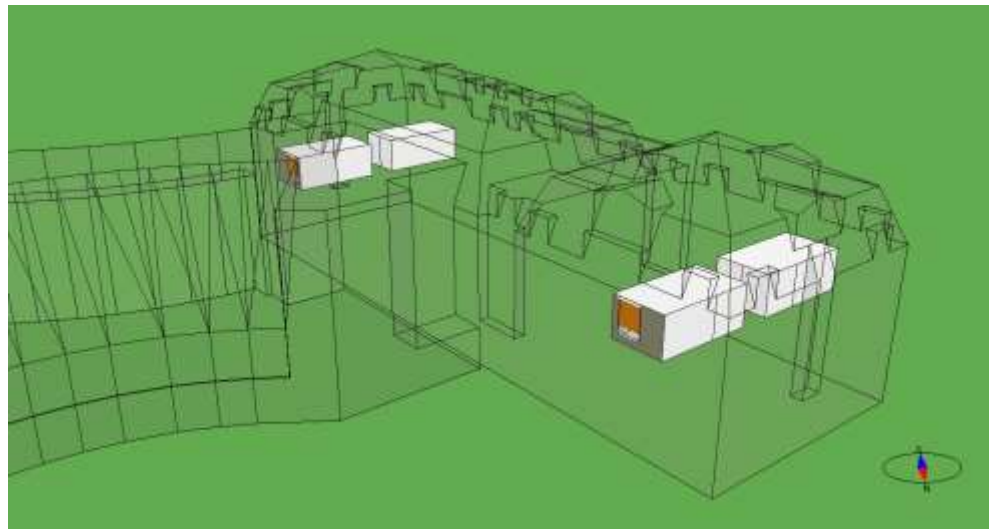


Abb. 21: Screenshot Gebäudemodell Hotelzimmerebene Lindner Hotel Leipzig, Quelle: Screenshot IDA ICE

Nach einer Validierung des Gebäudemodells anhand eines Vergleiches zu einem parallel erstellten Modell aus der Software EnerCalc, konnte mit den eigentlichen Parameterstudien begonnen werden. Um die Auswirkungen auf den Energiebedarf von verschiedenen Nutzertypen zu untersuchen, wurden „Nutzertypen“ entwickelt, die durch eine Variation der Parameter der unteren bzw. oberen Solltemperatur, der eingestellten Beleuchtungsstärke im Hotelzimmer und der angenommenen Duschkdauer die unterschiedlichen Energieintensitäten verschiedener Gäste des Hotels abbilden soll. Zusätzlich zu den beschriebenen „Nutzertypen“ wird ein „normativer“ Hotelgast betrachtet, welcher nach dem Nutzungsprofil der DIN V 18599 für Hotelzimmer angelegt wurde. Es folgt eine Übersicht der angelegten „Nutzertypen“:

Tab. 8: Übersicht Nutzertypen Hotelgast

	S	M	V	N
Solltemperatur max. [°C]	26	25	23	24
Solltemperatur min. [°C]	19	20	22	21
Beleuchtungsstärke [Lux]	50	100	300	200
Duschkdauer* [min]	5	10	15	-

Legende:

S = sparsamer Hotelgast
M = mittlerer Hotelgast
V = verschwenderischer Hotelgast
N = normativer Hotelgast

* Duschkdauer als Dimensionierungsfaktor auf der Grundlage 12 l/min (Duschen) bzw. 8 l/min (Waschtische)

Innerhalb der Studien werden die unterschiedlichen Niveaus der verschiedenen Parameter singular voneinander betrachtet und die Auswirkungen



auf den jeweiligen Teilenergiebedarf dargestellt. Im Nachgang werden die einzelnen unterschiedlichen Parameter gebündelt aufgezeigt um die unterschiedlichen „Nutzertypen“ in Gänze miteinander vergleichen zu können. Es folgt eine Darstellung der gegenübergestellten Energiebedarfe der untersuchten Nutzertypen.

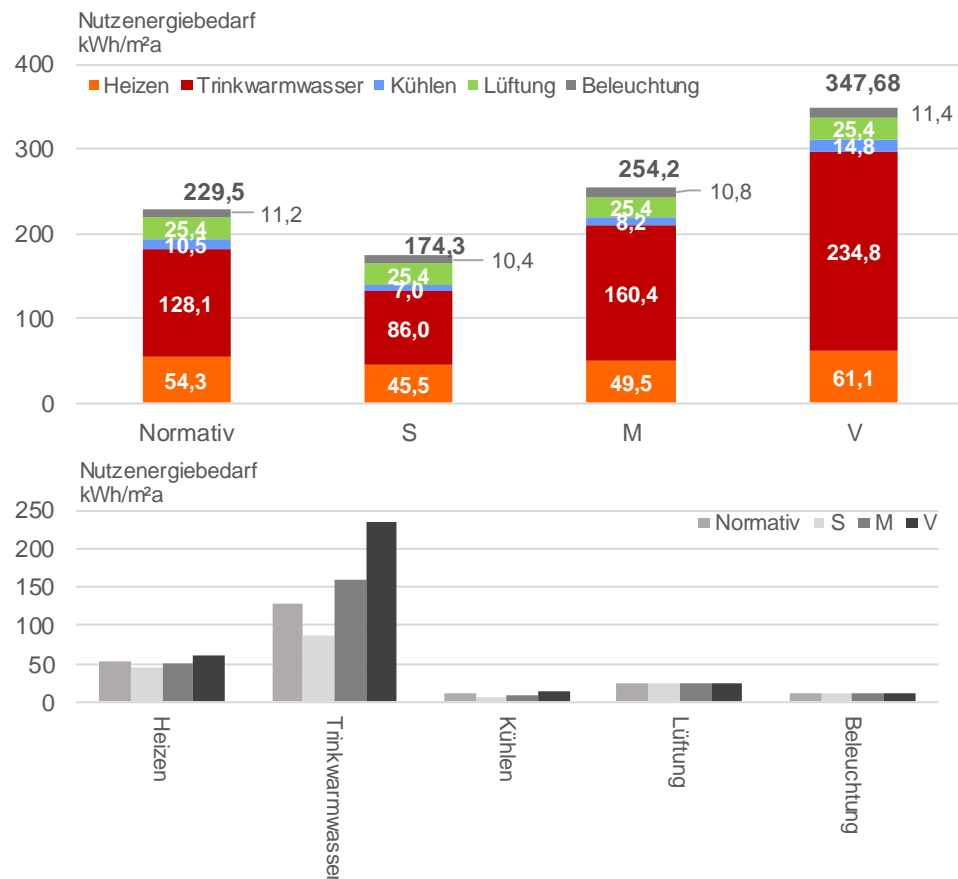


Abb. 22: Oben: Vergleich Nutzertypen – Nutzenergiebedarf nach Nutzertypen; unten: Vergleich Nutzertypen – Teilbedarfe; Bezugsfläche: Summe der Hotelzimmer inklusive Badezimmer

Anhand des Diagramms werden vergleichend die jeweiligen Gesamtenergiebedarfe für die drei verschiedenen Nutzertypen und den „normativen“ Gast dargestellt. Betrachtet man die generierten Nutzertypen, lässt sich ablesen, dass zwischen sparsamen und verschwendenden Nutzer ein Unterschied von 173,3 kWh/m²a liegt bzw. sich der Gesamtnutzenergiebedarf verdoppelt. Der normative Nutzer ordnet sich hierbei zwischen sparsamen und mittleren Hotelgast ein, wobei der Bedarf den sparsamen Gast um 32% über- und den mittleren Gast um 10% unterschreitet.



Wie der Vergleich zeigt, ist bei einer singulären Betrachtung der Zone Hotelzimmer der maßgebliche Anteil des Energiebedarfes durch den Trinkwarmwasserbedarf hervorgerufen.

Neben den Untersuchungen in Bezug auf verschiedene „Nutzertypen“ wurden Parameterstudien zu dem Themenbereich Anwesenheitszeiten bzw. Nutzungsdauer in den Hotelzimmern durchgeführt:

Im Kontext der Parameterstudie der Anwesenheitszeiten werden nicht nur die Anwesenheitszeiten variiert, sondern auch die Zeitpläne der elektrischen Geräte und der Beleuchtung im Zimmer damit verknüpft. Auch die Zeitpläne des Sonnenschutzes reagieren auf die veränderten Anwesenheitszeiten der Gäste, wie in den vorherigen Kapiteln beschrieben. Auch hier ist zu betonen, dass von einer ganzjährigen konstanten Auslastung der Zimmer ausgegangen wird. Die übrigen Parameter werden weiterhin normativ weitergeführt um eine bleibende Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Über die eigentlichen Anwesenheitsprofile hinaus werden zusätzlich die Szenarien von einem nie anwesenden Gast und einem ständig anwesenden Gast mit simuliert. Die Solltemperaturen der Anlage reagieren in dieser Studie nicht auf die Anwesenheit bzw. nicht Anwesenheit der Gäste da die Auswirkungen dieser nicht durch andere Einflussfaktoren verfälscht werden sollen. Die weiteren Szenarien der Anwesenheit, werden neben dem normativen Profil an verschiedene Hoteltypen angelehnt. Diese Anwesenheitszeiten wurden auf Grund von Erfahrungswerten entwickelt und sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen. Es wird immer von einer Belegung mit 2 Personen ausgegangen.



Tab. 9: Zeitpläne Belegungsprofile Hotelzimmer – Parameterstudie Lindner Hotel Leipzig

Bezeichnung	tägliche Nutzungszeit	Stunden Anwesenheit
Immer da	0 bis 24 Uhr	24 Stunden
Nie da	-	0 Stunden
Normativ	21 bis 8 Uhr	11 Stunden
Wellness- und Urlaubshotel	10 bis 11 Uhr	13 Stunden
	14 bis 16 Uhr	
	23 bis 9 Uhr	
Stadthotel	9 bis 10 Uhr	12 Stunden
	15 bis 16 Uhr	
	22 bis 8 Uhr	
Business	7 bis 7:30 Uhr	9 Stunden
	17 bis 18 Uhr	
	23 bis 6:30 Uhr	

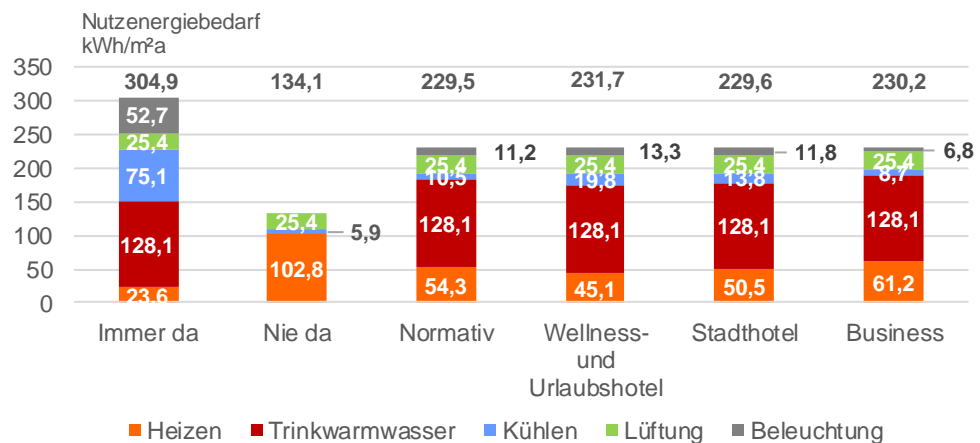


Abb. 23: Vergleich Gäste- bzw. Hoteltypen Anwesenheitszeiten – Nutzenergie; Bezugsfläche: Summe der Hotelzimmer inklusive Badezimmer

In der vorstehenden Grafik werden die Ergebnisse der Untersuchung der verschiedenen Aufenthalts- bzw. Nutzungszeiten der Hotelzimmer aufgezeigt. Wie in der Tabelle der Belegungszeiten aufgeführt, variieren die Aufenthaltszeiten auf den Zimmern von 9 bis 13 Stunden. Die Auswirkungen auf die Teilbedarfe für Heizen, Kühlen und Beleuchten kongruieren mit den Aufenthaltszeiten. So führen geringere Aufenthaltszeiten zwar zu einer Reduzierung des Kühlbedarfes und des Bedarfes für die Beleuchtung, andererseits jedoch zu einer Erhöhung des Heizbedarfes. Gegensätzlich verhält es sich bei längeren Anwesenheitszeiten. Kühlbedarf und der Bedarf für die Beleuchtung nehmen bei höheren Aufenthaltszeiten naturgemäß zu, wohingegen der Heizbedarf abnimmt.



Ergänzend zu den vorherigen Studien, wurde auf der Ebene der Betrachtung der einzelnen Hotelzimmer untersucht, inwiefern sich die Personenbelegung pro Zimmer auf den Energiebedarf auswirkt:

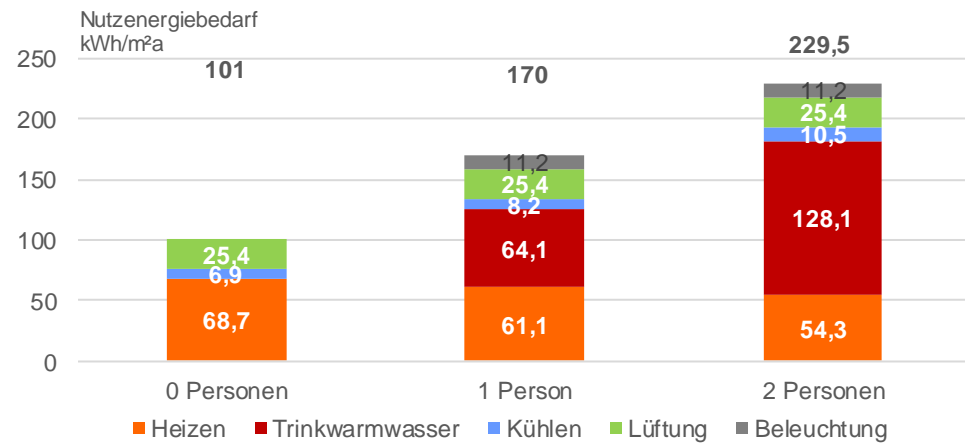


Abb. 24: Parameterstudie Personendichte Lindner Hotel Leipzig – Auswirkungen auf Nutzenergiebedarf; Bezugsfläche: Summer der Hotelzimmer inklusive Badezimmer

Anhand des vorstehenden Diagramms werden die Auswirkungen auf den Nutzenergiebedarf durch eine wechselnde Belegungsdichte der Hotelzimmer analysiert. Auch diese Betrachtung erfolgt auf Basis des normativen Nutzungsprofils für Hotelzimmer für ein vollständig ausgelastetes Jahr des Hotelzimmers. Es wird lediglich die Anzahl der Personen in den Zimmern variiert. Die Heizung und die RLT Anlage reagieren nicht auf die wechselnde Personendichte um den Effekt von ungeregeltem Betrieb abbilden zu können.

Die Auswirkungen der Personendichte beschränkt sich demnach in dieser Untersuchung auf den Heiz und den Kühlbedarf der Zimmer. Der Unterschied im Bereich des Heizens liegt zwischen einer Belegung mit zwei Personen und einer Person bei 6,8 kWh/m²a Nutzenergie bzw. circa 13%. Im Bereich des Kühlens steigt der Bedarf für eine Belegung mit zwei Personen gegenüber der Belegung mit einer Person um 2,3 kWh/m²a bzw. 22% an.

Nach der Durchführung der Parameterstudien auf der Ebene der einzelnen Hotelzimmer wurden diese auf die Betrachtung eines exemplarischen Gebäudeflügels ausgeweitet:



Abb. 25: Gebäudemodell eines gesamten Hotelriegels des Lindner Hotel Leipzigs; Quelle: Screenshot IDA ICE

In diesem Kapitel wird ein gesamter Gebäuderiegel betrachtet. Neben den eigentlichen Hotelzimmern beinhaltet der Riegel nun anteilig nutzungsgemäß zusätzlich Verkehrsflächen, öffentliche Sanitäreanlagen und Nebenflächen die zur Lagerung genutzt werden. Wie einleitend beschrieben, findet auch diese Betrachtung auf Ebene der Nutzenergie statt um anlagenspezifische Effekte auszuklammern. Da die Badezimmer der Hotelzimmer nicht im besonderen Fokus dieser Studie stehen, werden ebenso wie in der vorherigen Betrachtung Hotelzimmer und zugehöriges Badezimmer als zusammengefasste Zone abgebildet. Der Gebäuderiegel umfasst insgesamt 73 Zimmer (22 Doppelzimmer in 3 Regelgeschossen und 7 Suiten im Dachgeschoss).

Auf dieser Betrachtungsebene wurde eine Parameterstudie durchgeführt, welche die Auswirkungen von verschiedenen Belegungsformen eines Hotels aufzeigt. Es folgt eine Erläuterung der Vorgehensweise und die gegenübergestellten Ergebnisse:

Ziel dieser Untersuchung ist es herauszustellen, in welcher Form unterschiedliche Strategien der Belegung von Hotelgebäuden Einfluss auf den Energiebedarf von Hotels haben. Zunächst werden die beiden Extrema (volle und keine Auslastung) dargestellt, im Anschluss wird untersucht wie bei einer unterschiedlichen Anordnung von belegten Zimmer der Energiebedarf reagiert. Hierfür wird zunächst ein Geschoss belegt, dann der Gebäuderiegel vertikal in einer Gebäudehälfte gefüllt und abschließend die



belegten Zimmer willkürlich im Gebäude verteilt. Genauere Beschreibungen der einzelnen Szenarien erfolgen im nachfolgenden Abschnitt. In der untenstehenden Tabelle wird ein Ausschnitt der wichtigsten Faktoren aus den Nutzungsprofilen von belegten und nicht belegten Hotelzimmern dargestellt. Die Modellierung erfolgt basierend auf der DIN V18599:10-2018.

Tab. 10: Parameterstudie Lindner Hotel Leipzig – Nutzungsprofil für Hotelzimmer belegt und nicht belegt

	Hotelzimmer belegt	Hotelzimmer nicht belegt
Solltemperatur Heizen [°C]	21	17
Solltemperatur Kühlen [°C]	24	28
Mech. Luftwechsel [m ³ /h*m ²]	3	1,5
tägl. Nutzungszeiten [h]	11	0
Personen [-]	2	0

Zuzüglich zu den in der vorstehenden Tabelle dargestellten Parametern werden in nicht genutzten Hotelzimmern die Beleuchtung und die internen Wärmelasten durch Geräte dauerhaft ausgeschaltet. Der Sonnenschutz reagiert nicht auf eine Belegung bzw. nicht Belegung und bleibt auch bei nicht Belegung weiterhin in Betrieb. Übergreifend werden in nicht genutzten Zonen die kein Hotelzimmer sind, neben einer Anpassung der Solltemperaturen, der mechanische Luftwechsel halbiert und die Beleuchtung ausgeschaltet.

Bei der Modellierung der drei Varianten für die verschiedenen Belegungsformen wird zunächst von einer Belegung des 1.Obergeschosses ausgegangen. Die anderen beiden Varianten beinhalten die gleiche Anzahl an Zimmern. Durch unterschiedliche Zimmergrößen (vor allem in Kontext der Suiten im Dachgeschoss) gibt es in der belegten Hotelzimmerfläche zwischen den Varianten marginale Schwankungen. Die Variante „vertikal belegt“ beschränkt sich auf die südliche Gebäudehälfte des Gebäudes ohne Dachgeschoss. Hierbei werden die belegten Zimmer im Erdgeschoss beginnend vertikal übereinander angeordnet. In der Variante „willkürlich belegt“ werden die belegten Zimmer zufällig im Gebäude auf allen Geschossen verteilt.

Über die Hotelzimmer hinaus wird die Nutzung der Verkehrsfläche der je-



weiligen Belegungsvariante angepasst. Bei einer ausschließlichen Belegung des 1. Obergeschosses werden die Verkehrsflächen der anderen Geschosse als nicht genutzt angenommen und das Nutzungsprofil angepasst. Genauso verhält es sich bei der Variante „vertikal belegt“. Hier wird der nördliche Teil der Verkehrsflächen (abgetrennt durch eine Feuerschutztür) als nicht genutzt abgebildet. Lediglich die öffentlichen Sanitärbereiche (die teilweise auch an den mittleren Gebäudeteil angegliedert sind) und die Lagerräume reagieren nicht auf die verschiedenen Belegungsvarianten und bleiben immer genutzt.

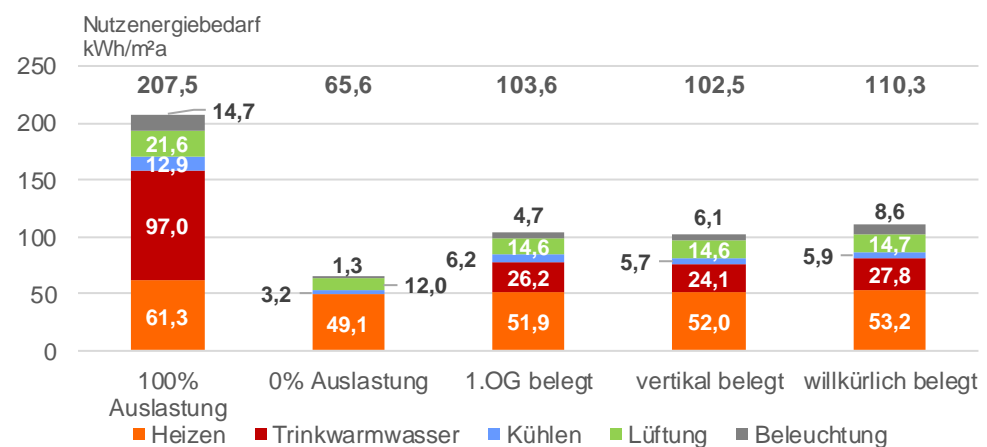


Abb. 26: Parameterstudie Lindner Hotel Leipzig - Nutzenergiebedarf von verschiedenen Auslastungsständen und Belegungsformen des Gebäuderiegels; Bezugsfläche: gesamtes Gebäude

[...] Allgemein lässt sich ableiten, dass die Unterschiede zwischen den verschiedenen Varianten vor allem im Bereich des Heizens und Kühlens sehr gering sind. Zusätzlich ist festzustellen, dass die Abweichung zwischen einer Belegung eines einzelnen mittleren Geschosses (Variante 1.OG belegt) und einer vertikalen Belegung einer Gebäudehälfte kleiner als 1% ist. Durch das Vorhandensein von mehr Eckzimmern und damit verbundenen erhöhten Wandflächen gegen außen erhöht sich zwar der Heizwärmebedarf in der Variante „vertikal belegt“ leicht, der Kühlbedarf sinkt jedoch im Gegenzuge dadurch, dass eine höhere Kontaktfläche zu kühleren Zonen (Tiefgarage) vorliegt. Dadurch, dass in der Variante „vertikal belegt“ mehr Verkehrsfläche genutzt wird als in der Variante die sich auf die Belegung eines einzelnen Geschosses beschränkt, steigt der Bedarf für die Beleuchtung um circa 30% an. Die Schwankungen im Bereich der Trinkwassererwärmung kommen durch eine leicht abweichende Fläche (bedingt



durch unterschiedliche Zimmergrößen) der belegten Hotelzimmer zu Stande.

Die Variante „willkürlich belegt“ zeigt gegenüber den vorherigen Varianten einen insgesamt erhöhten Energiebedarf von 8 bzw. 7%. Dadurch, dass fast jedes belegte Zimmer von zwei nicht belegten Zimmer umrandet ist, steigt der Heizwärmebedarf um 2,5% an. Der Kühlbedarf verhält sich gegenläufig und liegt in der Mitte der drei untersuchten Varianten. Im Bereich des Strombedarfes für die Beleuchtung ist eine deutlichere Erhöhung abzulesen. Dieser kommt zu Stande, weil in dieser Variante alle Verkehrsflächen im Gebäuderiegel in Betrieb bleiben müssen um eine Erschließung aller belegten Zimmer zu ermöglichen. Auch in dieser Variante ist die Schwankung im Bereich des Trinkwarmwasserbedarfes auf eine leicht veränderte Fläche der belegten Hotelzimmer zurückzuführen.

Zusammenfassend spiegelt das Ergebnis wider, dass zwischen einer geschossweisen und einer vertikalen Belegung ein kaum festzustellender Unterschied vorhanden ist. Bei einer willkürlichen Verteilung der belegten Zimmer im Gebäude ist jedoch ein erhöhter Bedarf von bis zu 8% abzulesen. Es lässt sich also ableiten, dass eine systematische Belegung der Zimmer, egal ob horizontal oder vertikal sinnvoll ist, wobei die vertikale Belegung den niedrigsten Energiebedarf aufweist.

Durch die detaillierten Studien anhand der beiden verschiedenen Modelle (Ebene Hotelzimmer und Ebene Gebäuderiegel) konnten Erkenntnisse für Einflussgrößen auf den Energieverbrauch- bzw. bedarf des Hotels gewonnen werden.

So zeigt die Studie zu den unterschiedlichen „Nutzertypen“, dass sich je nach Verhalten des Gastes der Energiebedarf verdoppeln kann (vgl. Abb. 22). Die Auswirkungen der Anwesenheitszeiten haben einen deutlich geringeren Effekt auf den Energiebedarf und liegen im einstelligen Prozentbereich. In diesem Kontext gleicht sich der sinkende Kühlbedarf (Sommer) bei kürzerer Anwesenheitszeit mit einem resultierenden steigenden Heizbedarf (Winter) fast aus (vgl. Abb. 23). Anhand der untersuchten unterschiedlichen Anzahl von Gästen in den Zimmern wird gezeigt, dass hier der Energiebedarf für den Trinkwarmwasserverbrauch maßgeblich ist. Eine geringere An-



zahl der Personen im Zimmer führt auch hier zu einem sinkenden Kühlbedarf im Sommer und zu einem steigenden Heizbedarf im Winter (vgl. Abb. 24). Durch die Ausweitung der Simulationen auf einen gesamten Gebäuderiegel konnten die Auswirkungen von verschiedenen Auslastungsformen des Riegels beleuchtet werden. Hier wird deutlich, dass eine organisierte Belegung der Zimmer (egal ob vertikal oder horizontal) sinnvoll ist, da so auch angrenzende nicht genutzte Verkehrsflächen oder Nebennutzungen in einen reduzierten Betrieb versetzt werden können. Eine willkürliche Belegung im Gebäuderiegel erzeugt den höchsten Energiebedarf (vgl. Abb. 25).

Die Halde

Nach der Veränderung des Forschungsfokus des Projektes macht die begleitende Modellbildung bzw. Simulation des Hotels „Die Halde“ einen wesentlichen Teil dieses Arbeitsbereiches aus. Wie unter AP7 beschrieben, konnte die Modellbildung (Untergeschoss inklusive Schwimmbad und Badehaus mit Wellnessnutzungen) bis zum Ende des Jahres 2019 abgeschlossen werden. Das Hauptaugenmerk dieser Simulation liegt darauf, die Energieverbräuche bzw. –bedarfe im Wellness- und Schwimmbadbereich in ihren einzelnen Teilverbräuchen aufzuschlüsseln und anhand der Untersuchung des Raumklimas Handlungsempfehlungen für Optimierungen im Bereich der Lüftungsanlage abzuleiten.

Zum Projektende liegt ein rechenfähiges Modell vor, bei dem sowohl die Geometriebildung als auch die Zuweisung der Nutzungszonen abgeschlossen wurde. Auf Seite der Anlagentechnik wurden noch keine Modellierungen durchgeführt. In diesem Kontext entstehen wissenschaftliche Anschlussmöglichkeiten, die über das Projektende hinausgehen.

4.4 Teilbereich Datenbanken

Dieser Teilbereich bezieht sich zum einen auf die Datenbank für die stetig anfallenden hochaufgelösten Messdaten, welche mit der Software MoniSoft verwaltet wird und zum anderen auf die im Rahmen des dena-Modellvorhabens entwickelte „EnOB Datenbank Hotels und Herbergen“.



4.4.1 EnOB Datenbank Hotels und Herbergen

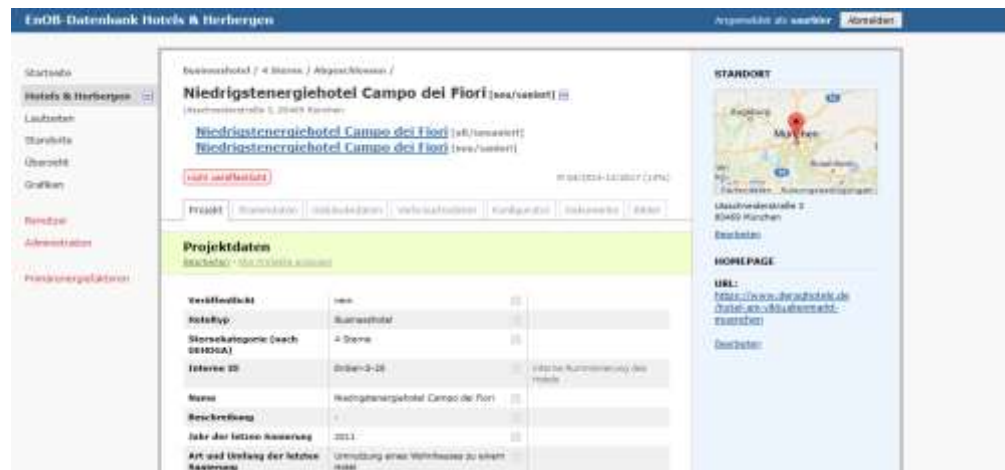


Abb. 27: Screenshot „EnOB Datenbank Hotels und Herbergen“; 20.03.2017; Quelle: Screenshot

Die „EnOB Datenbank Hotels und Herbergen“ (Struktur der Datenbank siehe AP2) sollte die Dokumentationsgrundlage für der im dena-Modellvorhaben befindlichen Hotelobjekte bilden. Zusammengefasst konnten in die Datenbank 12 vollständige, vier zum Teil gefüllte und 14 nur mit öffentlich verfügbaren Daten gefüllte Projekte in die Datenbank übertragen werden.

Leider konnten auch im Rahmen von Vorträgen bei Netzwerktreffen der dena die Teilnehmer nicht vom Mehrwert der Datenbank überzeugt werden. Durch den Wegfall der Querschnittsuntersuchung der Hotels der Teilnehmer war der Mehrwert der Datenbank auch für die Arbeiten der Uni Wuppertal im wissenschaftlichen Kontext nur begrenzt gegeben.

Seit dem dritten Quartal 2018 ist die Datenbank nicht mehr online erreichbar. Ein elektronisches Backup der Datenbank ist im Anhang beigefügt.

Als Resümee ist hier festzustellen, dass die Datenbankstruktur ein großes Potenzial für Querschnittsuntersuchungen von Hotels in verschiedenen Sanierungszuständen bietet. Durch das Fehlen einer ausreichend großen Menge an verfügbaren Daten konnte das Potenzial jedoch bis zum Projektende nicht nachgewiesen werden.



4.4.2 Datenbank für hochaufgelöste Messdaten

Der andere maßgebliche Anteil der Arbeiten in diesem Teilbereich entfallen auf die durch MoniSoft verwaltete Messdatenbank. Die geleisteten Arbeiten und Problemstellungen im Kontext des täglichen Umgangs mit MoniSoft wurden ausführlich in AP3 beschrieben. Es folgt eine Tabelle um einen Überblick über die in der Datenbank vorhandenen Messdaten zu geben:

Tab. 11: Übersicht verfügbare Messdaten in MoniSoft

Objekt	Messdaten vorhanden in MoniSoft	
	von	bis
Jugendherberge Überlingen	Juli 2016	Juli 2019
Jugendherberge Hormersdorf	-	-
Lindner Hotel Leipzig	Januar 2017	August 2018
Vergleichsprojekte Lindner	Jeweils ein Jahr 2015 bzw. 2016	
Die Halde	Januar 2019	Dezember 2019

Stand:05.02.2020

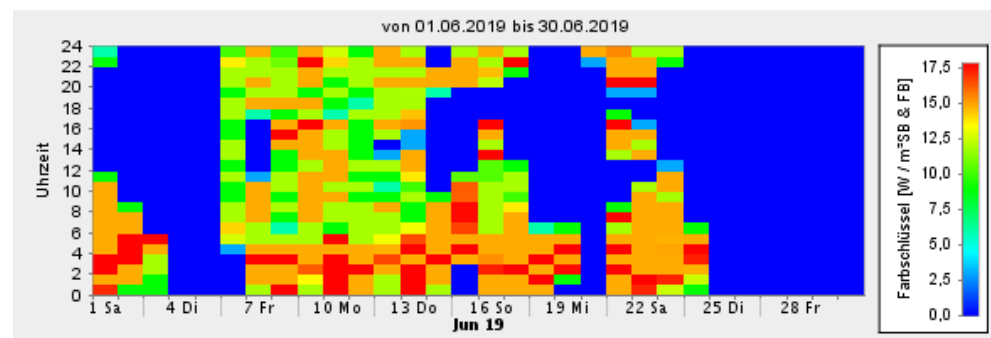


Abb. 28: Exemplarischer Carpetplot aus MoniSoft – Fußbodenheizung Schwimmbad und Fitnessbereich „Die Halde“; Bezugsfläche: Fläche Schwimmbad- und Fitnessbereich

Als abschließendes Resümee aus der intensiven Auseinandersetzung mit der Software MoniSoft zieht die Uni Wuppertal, dass die anfänglichen Problematiken bei der Einrichtung und die Probleme mit der plausiblen Verarbeitung der Messdaten aus Leipzig sehr viel Zeit in Anspruch genommen und zu den Verzögerungen im Projektverlauf beigetragen haben. Durch den Austausch mit der FH Rosenheim war es jedoch möglich, Probleme einzugrenzen und alternative Arbeitsweisen („workarounds“) zu bestimmen. Ebenso konnten die Entwickler der FH Rosenheim auf Problemstellungen hingewiesen werden und so ein Beitrag zu einer Verbesserung der Software im Rahmen von künftigen Updates geleistet werden. Durch die Erfahrungen aus den vorherigen Arbeiten mit der Software war es möglich, im



Kontext der Bearbeitung der Monitoringdaten des Hotels „Die Halde“ eine belastbare Monitoringdatenbank aufzubauen. Hier konnte durch umfangreiche Validierungen Vertrauen in die entsprechende Teildatenbank gewonnen werden und dadurch bei der Weiterbearbeitung der Messdaten ein echter Mehrwert generiert werden. Die generierten Grafiken aus MoniSoft sind zweckmäßig, wurden in diesem Projekt jedoch stets grafisch im Nachgang aufbereitet und durch zusätzliche Grafiken ergänzt.

4.5 Teilbereich Verbrauchsdatenanalyse

Die Arbeiten in diesem Teilbereich wurden maßgeblich durch die Analyse und Auseinandersetzung mit den erfassten Verbrauchsdaten ermöglicht. In diesem Zusammenhang wurde die Analyse der Potenziale der Auswertung von Hauptzählerdaten stark in den Fokus gerückt. Vereinfacht ausgedrückt wird eine Ermittlung von Teilenergiekennwerten auf der Basis von übergeordneten Verbrauchssignaturen angestrebt. Für die Analysen wurde ein vereinfachtes Rechenwerkzeug (Screenshot siehe Anhang) entwickelt und über Anwendungsfälle validiert. Es folgt eine einleitende Zusammenfassung dieser Methodik, anschließend wird anhand von exemplarischen Diagrammen auf die gewonnenen Erkenntnisse eingegangen.

Fokus dieser Arbeiten ist eine Methodik, die aufzeigt, wie anhand zeitaufgelöster Hauptzählerdaten die Trennung von Verbräuchen die von der Außentemperatur abhängen von solchen, die davon weitgehend unabhängig auftreten, möglich ist. Temperaturunabhängige Verbräuche beschränken sich vor allem auf die Trinkwarmwassererwärmung und das Kochen (mit Gas). Anhand der Leistungsaufnahme des Tages bzw. der Stunde mit dem wärmsten gleitenden 7-Tages- bzw. 24-Stundenmittels der Außentemperatur eines Betrachtungsjahres wird ein Grundwert für die Anwendung der Methodik kalibriert. Dort kann davon ausgegangen werden, dass bei ordnungsgemäßen Anlagenbetrieb die geringsten Störgrößen bezüglich eines Heizbetriebes vorliegen. Auf Grundlage dieses Wertes wird ein Korridor mit einem Toleranzbereich aufgespannt. Alle Leistungsaufnahmen die in diesem Korridor liegen, werden einer Mittelung unterzogen. Dieses Mittel wird auf das Jahr hochgerechnet und ist somit näherungsweise mit dem real



vorliegenden Verbrauch vergleichbar. Im Umkehrschluss können aus dieser Methodik neben dem Gesamtwärmeverbrauch der Wärmeverbrauch für den temperaturabhängigen Bereich (Heizen) und die Grenztemperatur, an der das Leistungsniveau der Gesamtwärme die anteilige Leistung für Trinkwarmwasserbereitung (inklusive Toleranzbereich der Mittelung) überschreitet, abgeleitet werden. Inwiefern diese direkt abgeleitete Grenztemperatur mit einer Heizgrenze im Objekt zu vergleichen ist bzw. Auskunft über die wirkliche Höhe der Heizgrenze gibt, ist ebenso Gegenstand der Untersuchung.

Um die Methodik anwenden zu können, wurden die Messdaten der Objekte Überlingen und Leipzig als gleitende Tages- und Wochenmittel dargestellt und bilden zusammen mit den entsprechenden Messdaten der Außentemperatur die Basis der Analyse. Die Objekte unterscheiden sich sowohl in ihrer Nutzungsausrichtung als auch in ihrer Ausstattung bezüglich der Wärmeerzeugung. Die Jugendherberge ist an ein örtliches Fern- bzw. Nahwärmenetz angeschlossen, das Lindner Hotel in Leipzig hingegen besitzt ein eigenes BHKW mit einer ergänzenden Doppelkesselanlage. Beide Objekte bieten durch den Einbau zusätzlicher Wärmemengenzähler die Möglichkeit, den Energieverbrauch für die Warmwasserbereitung von dem Energieverbrauch für das Heizen zu trennen.

Es folgen exemplarische Analysediagramme inklusive der Schlussfolgerung aus dem internen Dokument:

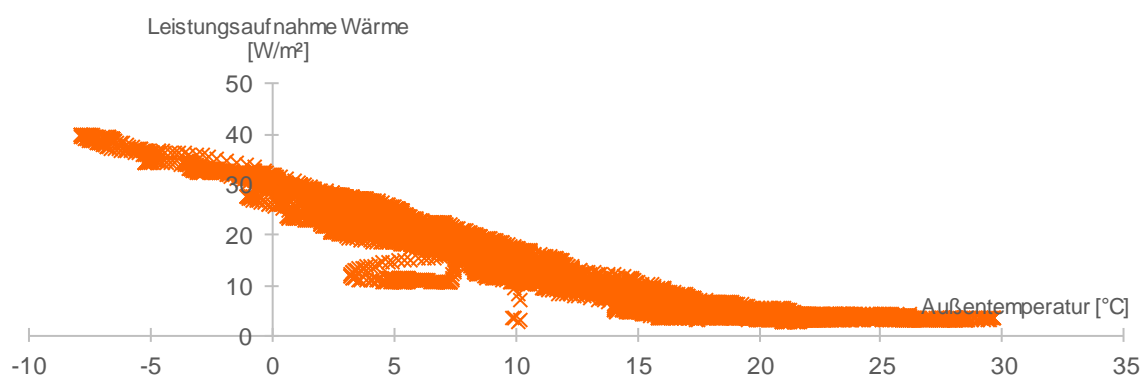


Abb. 29: Leistungskennfeld Wärme gesamt Lindner Hotel Leipzig 2018; Tageswerte als gleitendes 24-Stundenmittel; Rohdaten; Bezugsfläche: beheizte NGF

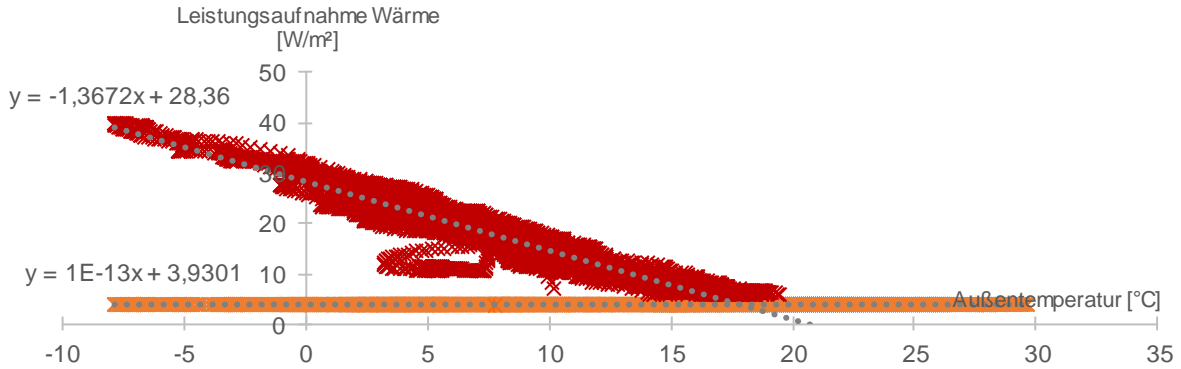


Abb. 30: Leistungskennfeld Wärme gesamt Lindner Hotel Leipzig 2018; Tageswerte als gleitendes 24-Stundenmittel; Analysiertes Kennfeld mit ermittelter mittlerer Leistung für TWW von 3,93 W/m²; Exemplarischer Toleranzbereich der Mittelung: ±70%; Bezugsfläche: beheizte NGF

Anhand des ermittelten Trinkwarmwasseranteils von 3,93 W/m² kann ein Verbrauch für diesen von 34,43 kWh/m²a bestimmt werden. Im Umkehrschluss kann aus dem Gesamtwärmeverbrauch der Heizwärmeverbrauch in einer Höhe von 79,5 kWh/m²a abgeleitet werden. Im Folgenden werden auch hier die Abweichungen zu den real gemessenen Verbräuchen aufgezeigt und die zugehörigen Heizgrenzen dargestellt.

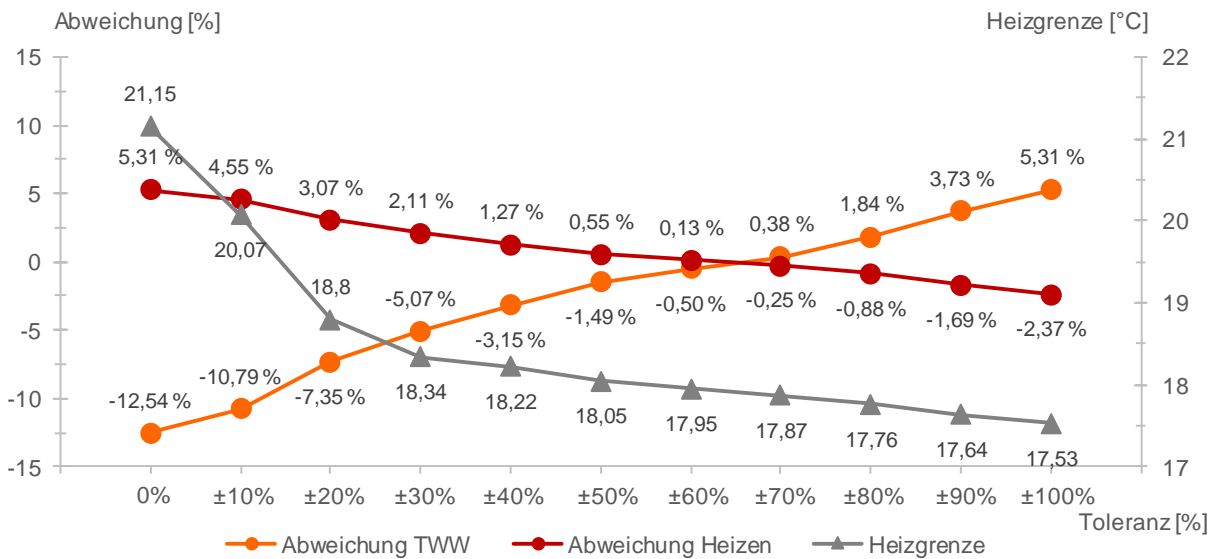


Abb. 31: Abweichungen Analyse Kennfeldtool mit unterschiedlichen Toleranzbereichen und dazugehörige Heizgrenze; Betrachtungsebene: Tageswerte als gleitende 24-Stundenmittelwerte

Die Kurvenverläufe zeigen, dass das „genaueste“ Ergebnis für einen Toleranzbereich von etwa ±65% vorliegt. Die zugehörige berechnete Heizgrenze liegt in einem Bereich von 17,9°C. Um die Genauigkeit der ermittelten Heizgrenze beurteilen zu können, wird das Kennfeld für die Heizleistung gesondert aufgeführt.

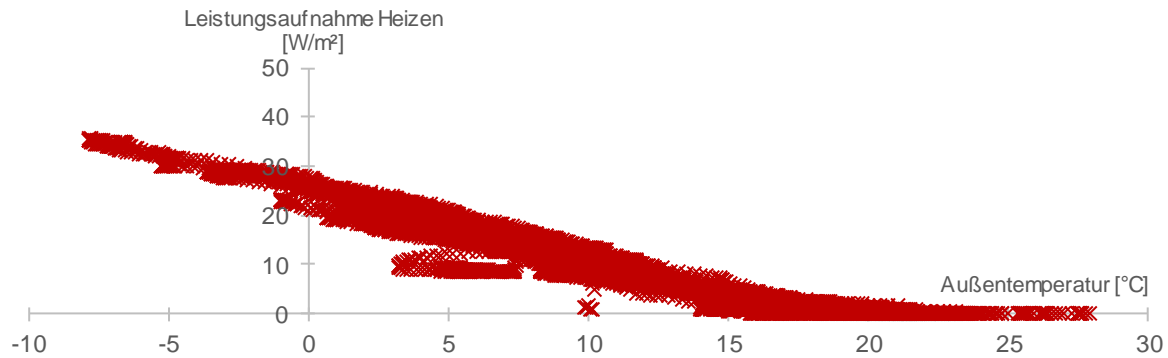


Abb. 32: Leistungskennfeld Heizwärmeverbrauch 2018 Lindner Hotel Leipzig; Tageswerte als gleitende 24 Stundenmittelwerte; Bezugsfläche: beheizte NGF

Die dargestellte Leistungsaufnahme des reinen Heizbetriebes zeigt, dass auch Leistungsaufnahmen über der analysierten Heizgrenze liegen. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die Leistungen im Bereich über 25°C im Durchschnitt bei 0,04 W/m² liegen. Dieses resultiert in einem Verbrauch von 0,00004 kWh/m² (bzw. 0,38 kWh absolut) für die jeweilige Stunde. Es ist fraglich, ob dieser Verbrauch wirklich durch einen Heizbetrieb verursacht wurde oder aber andere thermische Effekte diesen Volumenstrom bzw. den daraus resultierenden Verbrauch verursacht haben. Im Bereich der analysierten Heizgrenze (17,9°C) liegen Leistungsaufnahmen von bis zu 2,4 W/m², also einem Verbrauch von 0,024 kWh/m² (bzw. 23,5kWh absolut) für die jeweilige Stunde vor. Dieses Niveau erscheint wesentlich plausibler für einen Heizbetrieb.

Die aufgezeigte Analyse zeigt lediglich exemplarisch eine Betrachtungsebene (gleitende 24-Stundenmittelwerte) für ein Verbrauchsjahr des Lindner Hotels Leipzig. Die vollständigen Analysen umfassen mehrere Verbrauchsjahre und auch die Betrachtung der Messwerte der Jugendherberge in Überlingen. Im Rahmen der Analyse des Objektes in Überlingen wurden auch die im vorherigen Abschnitt thematisierten niedrigen Leistungsaufnahmen bzw. Verbräuche genauer beleuchtet.

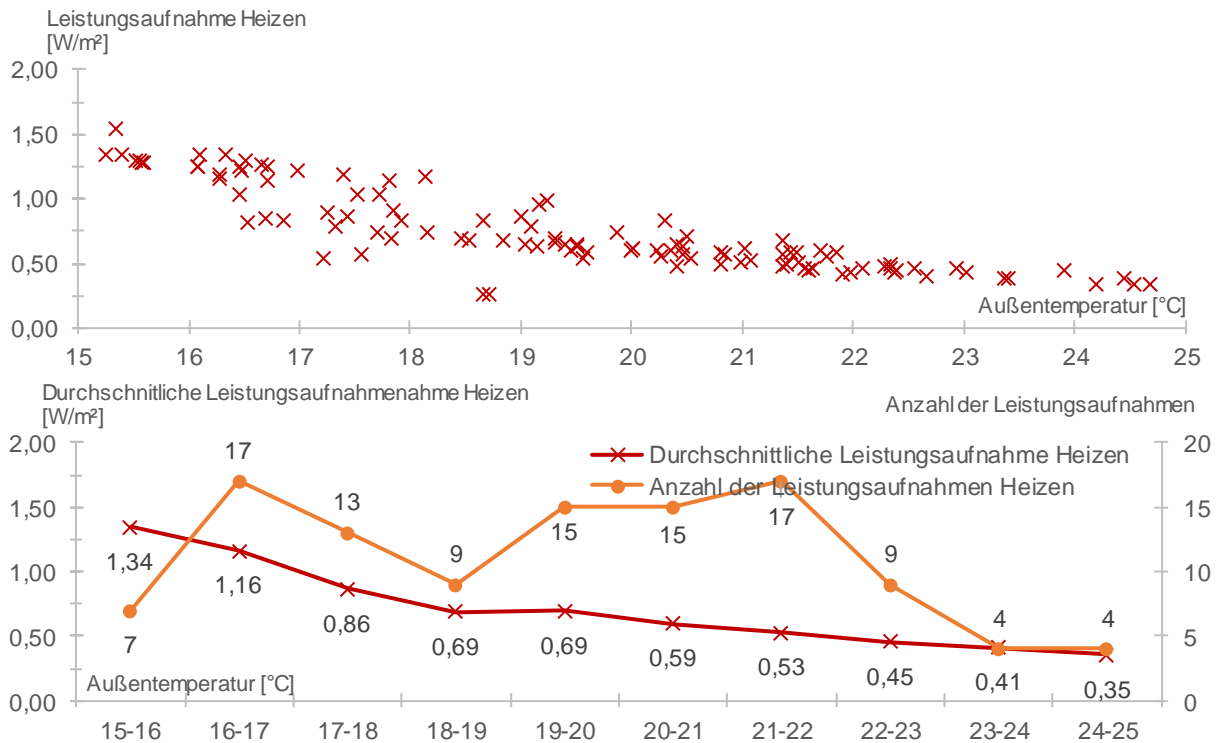


Abb. 33: Analyse Leistungskennfeld 2017 Überlingen für den Außentemperaturbereich über 15°C; oben: Wochenwerte als gleitende 7-Tagesmittel; Bezugsfläche: beheizte NGF; unten: Durchschnittliche Heizleistung in Temperaturbereichen mit Anzahl der entsprechenden Leistungsaufnahmen

Auffallend bei dem Vergleich der Genauigkeit der Analyse über gleitenden Wochenmittel ist, dass in der Analyse der Kennfelder in Überlingen eine wesentlich geringere Genauigkeit gegenüber der Betrachtung der gleitenden Tagesmittelwerte erreicht werden kann als das im Lindner Hotel Leipzig der Fall ist. Ebenso ergibt sich in Überlingen auch eine um 1 Kelvin abweichende Grenztemperatur zwischen den Betrachtungsebenen. Ursächlich hierfür könnte die architektonische Situation (teilweise in den Hang gebaut) und die damit verbundene Betriebsführung in Überlingen sein die dazu führt, dass auch an heißen Tagen immer wieder in verschiedenen Gebäudebereichen ein Heizbetrieb (beispielsweise in den Morgenstunden) notwendig ist. So kann es zu Stande kommen, dass auf Basis der Betrachtung von gleitenden Tagesmitteln dazu kommt, dass dieser Effekt stärker ins Gewicht fällt als bei einer Betrachtung auf Basis von gleitenden 7-Tagesmitteln. Bei der Analyse der Leistungsdaten aus Leipzig liefern beide Betrachtungsebenen eine annähernd gleiche Genauigkeit. Ebenso liegt dort die Grenztemperatur circa 4 Kelvin unter Überlingen, obwohl die Gebäudehülle in Überlingen bereits saniert wurde. Dies zeigt, dass in Leipzig



der Sommerheizbetrieb nicht bzw. in einem viel kleineren Maße stattfindet als in Überlingen.

Vergleicht man die notwendigen Toleranzkorridore die bei den Analysen die höchste Genauigkeit liefern, ist festzustellen, dass im Zusammenhang der Leipziger Leistungsdaten ein wesentlich höherer Toleranzbereich notwendig ist, um genaue Analyseergebnisse zu erhalten. Eine tiefere Sichtung der Leistungskennfelder hat gezeigt, dass die Leistungsdaten in Leipzig einer viel größeren Schwankung unterliegen. Eine Ursache hierfür könnte die Objektgröße sein. Die Jugendherberge in Überlingen umfasst eine beheizte NGF von 3.502m² mit 62 Zimmern und 240 Betten. Das Lindner Hotel in Leipzig hingegen umfasst eine beheizte NGF von 9.733m² mit 200 Zimmern und 400 Betten. Durch die Größe des Objektes in Leipzig scheint es plausibel, dass durch Schwankungen in der Belegung der viel größeren Menge an Zimmern eine viel höhere Bandbreite an Leistungsständen zustande kommen kann. Eine weitere Ursächlichkeit könnte in der Nutzungs- bzw. Gästestruktur der Objekte liegen. Die Jugendherberge in Überlingen wird unter der Woche in der Regel durch Schulklassen und am Wochenende zusätzlich von Familien genutzt. Das Nutzerprofil ist also demnach als homogen anzusehen. Das Lindner Hotel in Leipzig hingegen beherbergt als Stadthotel eine größere Bandbreite an verschiedenen Nutzern. So werden nicht nur unter der Woche Tagungs- und Messegäste beherbergt, sondern auch an Wochenenden und Ferien Gäste die für einen Stadtbesuch ins Hotel kommen oder aber Familien die Urlaube im Umland anstreben. Durch die unterschiedlichen Nutzungsprofile der Gäste, könnte auch dieser Kontext ursächlich für den wesentlich höher erforderlichen Toleranzbereich sein.

Abschließend zeigen die durchgeführten Analysen mit dem entwickelten Verfahren, dass die Genauigkeiten der Ergebnisse sehr schwankend sind. Ein Hauptproblem entsteht bereits zu Beginn. Die erforderliche Weite des (zur Ermittlung der durchschnittlichen temperaturunabhängigen Leistungsaufnahme erforderlichen) Toleranzbereiches ist durch unterschiedliche Schwankungsbreiten der realen Verbrauchssignaturen (zwischen den untersuchten Messreihen) niemals konstant und konnte nur anhand der vorliegenden Teilverbrauchswerte kalibriert werden. Da diese in der Regel



nicht vorliegen und das Tool genau in Situationen eingesetzt werden soll, in denen diese Teilverbräuche unbekannt sind, ist dieses als kritisch anzusehen. Mathematisch bedingt ergibt sich in dem Rechenwerkzeug aus dem Wert der durchschnittlichen Leistungsaufnahme des temperaturunabhängigen Verbrauchsbereiches in der nachfolgenden geometrischen Analyse (Ermittlung des Schnittpunktes der Steigungsgeraden des temperaturabhängigen und –unabhängigen Verbrauchsbereiches) direkt die theoretische Grenztemperatur für den Heizbetrieb, so dass auch hier die gleichen Einflüsse auf die Genauigkeit der Ergebnisse gelten. Hinzu kommt, dass besonders kleine Verbräuche, die bei sehr geringen Volumenströmen entstehen, die Betrachtung verwaschen und zu weiteren Ungenauigkeiten führen. Wie der vorherige kursive Abschnitt zeigt, sind entstehende Unterschiede bzw. Abweichungen in den Betrachtungen der Objekte Überlingen und Leipzig zwar nachvollziehbar, es ist jedoch nicht möglich generelle Rückschlüsse für eine Optimierung der Methodik nach den bis zum jetzigen Zeitpunkt durchgeführten Untersuchungen abzuleiten.

4.6 Teilbereich Veröffentlichungen und Vorträge

Ein Teil dieses Bereiches entfällt auf die Vorträge im Rahmen der Netzwerktreffen im dena-Modellvorhaben die unter AP9 beschrieben worden sind.

Während des Netzwerktreffens in Ibbenbüren im Jahr 2016 wurde in einem Vortrag die Architektur der „EnOB Datenbank Hotels und Herbergen“ den Teilnehmern umfangreich präsentiert und vorgestellt.

Im Rahmen des Netzwerktreffens in Nauen Ende 2017 wurde erneut die Datenbank vorgestellt, jedoch mit Inhalten und Beispielen um den Mehrwert der Datenbank den Teilnehmern vermitteln zu können.

Über diese Vorträge hinaus wurden Ende 2016 innerhalb des Expertenmeetings in München in einem Vortrag die damaligen Projektschwerpunkte und –inhalte vorgestellt und anschließend diskutiert.

Den maßgeblichen Teil dieses Bereiches bildet die bis zur Mitte des 3.Quartals 2018 angefertigte Publikation für den Bauphysikkalender 2019. Diese Publikation fasst zum einem einen Großteil bisheriger Erkenntnisse



zusammen und bezieht zum anderen die erfassten Daten aus dem bisherigen Projektverlauf zusammen. Die vollständige Publikation ist als Anhang beigefügt.

Inhaltlich unterteilt sich die Publikation in verbrauchs- bzw. bedarfsbasierte Kapitel, die Studien zur Betriebsführung von Hotelzimmern und Zonengeometrieanalysen aus der Bildung der Gebäudemodelle.

Abschließend haben die Arbeiten in diesem Teilbereich zum einem dazu beigetragen die Teilnehmer des Modellvorhabens der dena mit tiefergehenden Informationen über das energetische Monitoring und die angedachten raumklimatischen Messungen mit Kleindatenloggern zu bedienen. Auch wurde in den Vorträgen immer wieder auf die Vorteile der aufgebauten „EnOB Datenbank Hotels und Herbergen“ hingewiesen und durch die Darstellung von Ergebnissen aus den raumklimatischen Messungen das Interesse der Teilnehmer versucht weiter zu wecken.

Zum anderen bietet die Publikation im Bauphysikkalender 2019 einen umfangreichen Querschnitt über die im Forschungsprojekt bearbeiteten Themenbereiche (exklusive der eigentlichen detaillierten Gebäudesimulation) und formuliert Erkenntnisse und Anregungen für eine sinnvolle Auseinandersetzung mit erfassten energetischen und raumklimatischen Messdaten in Bezug auf die Hotellerie.



5 Zusammenfassung Erreichen der Projektziele

Im Bereich des Energiemonitorings konnten nach großen Hindernissen in der ersten Projektphase (in Verbindung mit dem dena Modellvorhaben, siehe AP3) die geänderten Projektziele erreicht werden. Das Monitoring im Hotel „Die Halde“ stellt zuverlässig Messdaten zur Verfügung und kann auch nach Projektende weitergeführt werden. Die gegebene Zählerstruktur bietet neben einer Betrachtung der Gesamtperformance des Hotels die Möglichkeit die Verbrauchsstruktur des Wellnessbereiches genau zu beleuchten und tiefere Erkenntnisse der Anteiligkeiten dieser zu erlangen.

Durch die Messungen und Analysen im Arbeitsbereich des Detailmonitorings bzw. der Kurzzeitmessungen konnte ein detaillierter Einblick in die Betriebsführung von Hotelzimmern gewonnen werden, der durch die Auswertungen von zahlreichen Einzelobjekten (über die Hotel-Checklisten) ergänzt wurden. Die Ergebnisse sind als eine Bestandsaufnahme anzusehen, da die Querschnittsmenge und die Art der Auswahl für repräsentative Rückschlüsse nicht ausreichen. Trotzdem zeigt sich daran bereits, dass die reale Situation in den Hotelzimmern vor allem im Bereich der Luftvolumenströme nicht dem normativen Nutzungsprofil nach DIN V 18599:2016-10 Teil 10 entspricht. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass in den untersuchten Hotels die Durchflussmengen der Duschen und Waschtische teilweise soweit gedrosselt wurden, dass eine Sicherstellung des Komforts fraglich ist. Weitergehende Erkenntnisse sind im beigefügten Artikel aus dem Bauphysikkalender 2019 nachzulesen.

Die Inhalte des Themenbereiches der Gebäudesimulation haben nach Änderung des Forschungsfokus einen wesentlichen Teil im Projekt eingenommen. Die Simulationen im Kontext des Lindner Hotels Leipzig konnten anhand von gezielten Parameterstudien Zusammenhänge bzw. Einflussfaktoren auf die Entstehung von Verbrauchsgrößen von einzelnen Hotelzimmern und einem exemplarischen Hotelriegel geben. So zeigt sich, dass die maßgebliche Auswirkung auf den Bedarf dadurch entsteht, wie der Gast das Zimmer nutzt und je nach „Nutzertyp“ zu einer Verdoppelung des Energiebedarfes führen kann. Faktoren wie die Anzahl der Personen im Zimmer



oder schwankende Anwesenheitszeiten haben einen deutlich geringeren Einfluss. Dieser liegt im einstelligen Prozentbereich.

Im Bereich der Datenbanken konnten die gesetzten Ziele teilweise erreicht werden. Zwar war es möglich, eine auf die Hotellerie zugeschnittene Datenbankstruktur zu entwickeln, entsprechende flächendeckende Inhalte konnten aber (aus unter AP2 erläuterten Gründen) nur sehr begrenzt in die Datenbank transferiert werden. Eine Weiterführung der Datenbank erscheint aus heutiger Sicht deshalb nicht mehr sinnvoll, sofern die Motivation im Bereich der Hotellerie durch ökonomische oder gesetzliche Anreize nicht zunimmt.

In der Endphase des Projektes konnte eine zuverlässige und belastbare Datenbank für das Monitoringobjekt „Die Halde“ aufgesetzt werden, die im Kontext der weiterführenden Arbeiten mit den Messdaten einen spürbaren Mehrwert erzeugt. Hierbei haben die Erfahrungen aus den Arbeiten mit der Messdatenbank des Lindner Hotels in Leipzig beigetragen.

Die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit den zeitaufgelösten Verbrauchsdaten über die Monitoringberichte hinaus konnte im Projektzeitraum nicht vollständig abgeschlossen werden. Trotzdem zeigt die Zusammenfassung, dass das Potenzial zur Ermittlung von Teilenergiekennwerten anhand von Verbrauchssignaturen von übergeordneten Wärmemengenzählern zwar allgemein gegeben ist, jedoch viele Einflussfaktoren und Randbedingungen vorhanden sind, welche das schlussendliche Ergebnis maßgeblich beeinflussen können.

Durch die umfangreiche Publikation im Bauphysikkalender 2019 konnte ein guter Querschnitt auf die bis zu diesem Zeitpunkt durchgeführte Projektarbeit gegeben werden. Außerdem konnten durch die Publikation und über die Vorträge innerhalb des dena-Modellvorhabens hinaus Inhalte und Analysen der Fachwelt zugänglich gemacht und Anschlussmöglichkeiten für weitere vertiefende Arbeiten generiert werden.



6 Wissenschaftliche Anschlussfähigkeit

Das abgeschlossene Vorhaben bildet einen weiteren Baustein von Projekten der Förderinitiative Energiewende Bauen, die sich der Hotellerie widmen. Ein Vorläuferprojekt war das Demonstrationsprojekt „Hotel am Viktualienmarkt“ in München⁴², ein Anschlussprojekt das zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Schlussberichtes noch laufende Vorhaben „Smart Hotel Supply“ als Verbundprojekt unter Leitung der Universität Kassel⁴³. Diese Vorhaben ergänzen das bereits bekannte und über den Branchenverband DEHOGA publizierte Wissen⁴⁴.

Das Vorhaben liefert mit seinen Ergebnissen eine gute Grundlage für einen wissenschaftlichen Anschluss. Das gilt insbesondere für den Bereich der Simulationsstudien zum Energiebedarf von Wellnesseinrichtungen in Hotels.

Die Erfahrungen im Umgang mit Messtechnik, Auswertestrategien und Datenbanken kommen möglichen Anschlussvorhaben zu Gute. Dafür war die Erstellung der umfangreichen Publikation im „Bauphysikkalender 2016“ zielführend, um auf das Projekt und seine Ergebnisse in der Wissenschaft aufmerksam zu machen⁴⁵.

7 Wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Die wirtschaftliche Anschlussfähigkeit richtet sich ganz wesentlich nach zukünftigen monetären Anreizen oder gesetzlichen Vorgaben in Bezug auf die Energieeffizienz und vor allen Dingen die Betriebsführung von Hotels und Beherbergungsbetrieben. Das zeigt sich beispielsweise beim Blick über die Grenzen bei der Wirkung der CO₂-Abgabe auf die Hotellerie in der Schweiz (Hotelnetzwerk Graubünden etc.). Von der Einführung der CO₂-

⁴² <http://www.enob.info/de/sanierung/projekt/details/sanierung-zum-nachhaltigen-hotel-mit-de-zentralem-technikkonzept/>

⁴³ <https://projektinfos.eMünchenenergiewendebauen.de/foerderkennzeichen/03et1513f/>

⁴⁴ <https://energiekampagne-gastgewerbe.de/>

⁴⁵ <https://www.ernst-und-sohn.de/bauphysik-kalender-2019?tab=inhalt#rs>



Abgabe in Deutschland und deren zunehmender Abgabenhöhe ist mittelfristig eine Wirkung zu erwarten.

Die erstellten Werkzeuge und Dokumentationsplattformen wie beispielsweise die Hoteldatenbank können dann fortgeschrieben werden, weil ein höheres Interesse vorliegt.

8 Angaben zur Erfindung und Schutzrechten

Innerhalb des Projektes wurden keine Erfindungen patentiert.

9 Mittelverbrauch

Der Mittelverbrauch wird separat mitgeteilt.



Anhang

Teil A

Hotel-Checkliste

ERFASSUNGSBLATT
ÜBERNACHTUNGEN IN HOTELS

Lehrstuhl Bauphysik &
Technische Gebäudeausrüstung
Prof. Dr.-Ing. Karsten Voss

Aufenthaltszeitraum Datum & Uhrzeit An- und Abreise:

Hotel

Anzahl der Zimmer

Hoteltyp (mit Sternen)

Besondere Merkmale (ganzes Hotel)

Bezogenes Zimmer (Zimmertyp, DZ/EZ/Suite)

Größe Zimmer

Größe Bad

Ausstattung Zimmer

Kartensystem ja nein (zentrale Art- und Abschaltung Strom)

Minibar ja nein

Klimatisierung Zimmer ja nein ggf. Typ:

Sonnenschutz keine Aufroll fest Typ/ Material:

Ausrichtung Fassade Nord Nordost West Südwest Süd Südost Ost Nordost West

Ansprechpartner: M.Sc. Alexander Säubler
Tel.: 0202 / 439 4297
Email: saeubler@uni-wuppertal.de

Seite 1 von 4

Abb. 34: Hotel-Checkliste Rohling – Seite 1

ERFASSUNGSBLATT
ÜBERNACHTUNGEN IN HOTELS

Lehrstuhl Bauphysik &
Technische Gebäudeausrüstung
Prof. Dr.-Ing. Karsten Voss

Elektrische Ausstattung Zimmer:

Typ:
(bei TV Geräten bitte Standby Verbrauch und Verbrauch in Betrieb separat auflisten)

	Leistung (W)	Anzahl	Summe (W)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Elektrische Ausstattung Bad:

Typ	Leistung (W)	Anzahl	Summe (W)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Ansprechpartner: M.Sc. Alexander Säubler
Tel.: 0202 / 439 4297
Email: saeubler@uni-wuppertal.de

Seite 2 von 4

Abb. 35: Hotel-Checkliste Rohling – Seite 2



ERFASSUNGSBLATT
 ÜBERNACHTUNGEN IN HOTELS

Lehrstuhl Bauphysik &
 Technische Gebäudeausrüstung
 Prof. Dr.-Ing. Karsten Voss

Durchflussmengen Dusche/ Waschtisch:

Dusche	Wert	Einheit	Waschtisch	Wert	Einheit
Nur Kalt	<input type="text"/>	l/min	<input type="text"/>	<input type="text"/>	l/min
Nur Warm	<input type="text"/>	l/min	<input type="text"/>	<input type="text"/>	l/min
Duschamp. (-38°C)	<input type="text"/>	l/min	<input type="text"/>	<input type="text"/>	l/min

Besondere Merkmale:

Merkmale Lüftungsanlage:

Art der Lüftungsanlage:

Regelung / Steuerung:

Besondere Merkmale:

Fenster gekippt (während des Aufenthalts - bitte Zeitpunkte angeben):

Luftvolumenströme:

Fenster zu	<input type="text"/>	m ³ /h
Fenster gekippt	<input type="text"/>	m ³ /h
Fenster zu, Zimmertür geöffnet	<input type="text"/>	m ³ /h

Ansprechpartner: M.Sc. Alexander Saubier
 Tel.: 0202 / 439 4297
 Email: saubier@uni-wuppertal.de

Seite 3 von 4

Abb. 37: Hotel-Checkliste Rohling – Seite 3

ERFASSUNGSBLATT
 ÜBERNACHTUNGEN IN HOTELS

Lehrstuhl Bauphysik &
 Technische Gebäudeausrüstung
 Prof. Dr.-Ing. Karsten Voss

Merkmale Hotelkur:

Tageslicht: ja nein kein Tageslicht

Beleuchtungssteuerung: Dimmbar Präsenz Schalter Schalter, wird abschaltbar

Sonstige Anmerkungen / Merkmale:

Ansprechpartner: M.Sc. Alexander Saubier
 Tel.: 0202 / 439 4297
 Email: saubier@uni-wuppertal.de

Seite 4 von 4

Abb. 36: Hotel Checkliste Rohling – Seite 4

Die Checkliste wurde zusätzlich in den digitalen Anhang beigefügt.



Beispiel Eintrag „EnOB Datenbank Hotels und Herbergen“ - Lindner Hotel Leipzig

EnOB-Datenbank Hotels & Herbergen
Angemeldet als saurbtler [Abmelden](#)

Startseite

Hotels & Herbergen

Laufzeiten

Standorte

Übersicht

Grafiken

Benutzer

Administration

Primärenergiefaktoren

Businesshotel / 4 Sterne /

Lindner Hotel Leipzig [alt/unsaniert]

Hans-Driessch-Straße 27, 04179 Leipzig

Lindner Hotel Leipzig [alt/unsaniert]

Lindner Hotel Leipzig [neu/saniert]

Das Lindner Hotel Leipzig liegt im Leipziger Westen im Stadtteil Leutzsch und verfügt über 170 Zimmer und ein Restaurant. Das 4-Sterne-Hotel, wurde im Jahr 1993 errichtet und ist auf Geschäftsreisen spezialisiert. Dabei profitiert das Hotel auch von seiner zentralen Lage zwischen Leipziger Messe und Innenstadt. 55 Beschäftigte kümmern sich um das Wohl der Gäste.

Auch wenn die in den 1990er Jahre gebauten Gebäudeteile energetisch durchaus noch gut in Schuss sind, hat sich die Lindner Gruppe mit diesem Hotel für die Teilnahme am dena-Modellvorhaben beworben. Denn das Leipziger Hotel eignet sich mit seiner recht guten Gebäudehülle und einer noch zu verbessernden Anlagentechnik insbesondere für den Einsatz von Contracting.

Zugleich sollen weitere Effizienzpotenziale insbesondere durch die Mitarbeiterensibilisierung und durch die Umsetzung gering-investiver Maßnahmen gehoben werden. So gibt es in der Hotelgruppe bereits eine interne Energiekampagne „Energy Save“, die bereits zu einer 12prozentigen Einsparung geführt hat. Ein Ansatz, der auch im Modellvorhaben weiter fortgesetzt werden soll. Schließlich hat sich das Lindner Hotel ehrgeizige Ziele gesetzt: Bis 2018 soll der Energieverbrauch für Wärme und Strom um rund 50 Prozent gesenkt werden.

Quelle, Dena: <http://www.energiegebäude.dena.de/best-practice/modellvorhaben-hotels-und-herbergen/unsere-teilnehmer/lindner-hotel-leipzig/> (Stand 7.6.17)

nicht veröffentlicht

7 2012-2014 (11%)


Projekt
Stimmzettel
Gebäudeknoten
Verlaufsdaten
Sanierungsplan
Dokumente
Beibe

Projektdateien

Bürozeiten * Alle Projekte anzeigen

Veröffentlicht	nein	[edit]
Hoteltyp	Businesshotel	[edit]
Sternekategorie (nach DEHOGA)	4 Sterne	[edit]
Interne ID	-	[edit] interne Nummerierung des Hotels
Name	Lindner Hotel Leipzig	[edit]
Beschreibung	Das Lindner Hotel Leipzig liegt im Leipziger Westen im Stadtteil Leutzsch und verfügt über 170 Zimmer und ein Restaurant. Das 4-Sterne-Hotel, wurde im Jahr 1993 errichtet und ist auf Geschäftsreisen spezialisiert. Dabei profitiert das Hotel auch von seiner zentralen Lage zwischen Leipziger Messe und Innenstadt. 55 Beschäftigte kümmern sich um das Wohl der Gäste. Auch wenn die in den 1990er Jahre gebauten Gebäudeteile energetisch durchaus noch gut in Schuss sind, hat sich die Lindner Gruppe mit diesem Hotel für die Teilnahme am dena-Modellvorhaben beworben. Denn das Leipziger Hotel eignet sich mit seiner recht guten Gebäudehülle und einer noch zu verbessernden Anlagentechnik insbesondere für den Einsatz von Contracting. Zugleich sollen weitere Effizienzpotenziale insbesondere durch die Mitarbeiterensibilisierung und durch die Umsetzung gering-investiver Maßnahmen gehoben werden. So gibt es in der Hotelgruppe bereits eine interne Energiekampagne „Energy Save“, die bereits zu einer 12prozentigen Einsparung geführt hat. Ein Ansatz, der auch im Modellvorhaben weiter fortgesetzt werden soll. Schließlich hat sich das Lindner Hotel ehrgeizige Ziele gesetzt: Bis 2018 soll der Energieverbrauch für Wärme und Strom um rund 50 Prozent gesenkt werden. Quelle, Dena: http://www.energiegebäude.dena.de/best-practice/modellvorhaben-hotels-und-herbergen/unsere-teilnehmer/lindner-hotel-leipzig/ (Stand 7.6.17)	[edit]
Jahr der letzten Sanierung	-	[edit]
Art und Umfang der letzten Sanierung	-	[edit]
Beginn der Planungsphase	-	[edit] Datum (TT.MM.JJJJ)
Ende der Planungsphase	-	[edit] Datum (TT.MM.JJJJ)
Beginn der Monitoringphase	-	[edit] Datum (TT.MM.JJJJ)
Ende der Monitoringphase	-	[edit] Datum (TT.MM.JJJJ)
Status	-	[edit]

STANDORT



Hans-Driessch-Straße 27
04179 Leipzig

Beauftragter

HOME PAGE

URL:
<https://www.lindner.de/leipzig-hotel-leipzig/ankommen.html>

Beauftragter

Abb. 38: Projektdaten Lindner Hotel Leipzig - Screenshot EnOB-Datenbank Hotels und Herbergen; Stand 03.11.2017; Quelle: Screenshot



Stammdaten

[Bearbeiten](#) • [Projekt](#) • [Alle Projekte anzeigen](#)

Baujahr	1991		
Denkmalschutz	Nein		
BGF, m²	13.046,00		BGF nach DIN 277-1:2016-01
NRF, m²	10.977,00		BGF nach DIN 277-1:2016-01
BRI, m²	35.188,00		BGF nach DIN 277-1:2016-01
Anpassungen der Energiebezugsfläche, m²			
Anzahl der Gebäude	4		
Anzahl der Betten	400		
Wellnessbereich	Ja		
Bemerkungen Wellnessbereich Ausstattung	Dampfbad, Sauna, Ruheraum		
Schwimmbad (innen), m²	-		
Schwimmbad (außen), m²	-		
Energiebezugsvolumen, m³	31.923,00		Dies ist der Bruttorauminhalt des Gebäudes, abzüglich Teilen außerhalb der thermischen Hülle.
Zielwerte Q_h, MWh	-		Heizwärmebedarf nach DIN V 18599
Spezifischer Heizwärmebedarf, kWh/m²a	-		Umrechnung auf die Energiebezugsfläche
Q_p, MWh	1.501,94		Primärenergiebedarf nach DIN V 18599
Spezifischer Primärenergiebedarf, kWh/m²a	154,31		Umrechnung auf die Energiebezugsfläche
Bemerkungen	-		Bitte hier Bezugsjahr Q _p , Q _h und Bezugsjahr der DIN angeben

Anzahl der Zimmer

Anzahl der Einzelzimmer	-		
Anzahl der Doppelzimmer	180		
Anzahl der Suiten	20		
Anzahl sonstiger Zimmertypen	-		
Gesamte Anzahl der Zimmer	200		

Abb. 39: Stammdaten Lindner Hotel Leipzig - Screenshot EnOB-Datenbank Hotels und Herbergen; Stand 03.11.2017; Quelle: Screenshot



Zonierung nach DIN V 18599

Hotelzimmer, m ²	4.960,00	
Restaurant, m ²	325,00	
Sitzungen, m ²	293,00	
Einzelbüro, m ²	158,00	
Küche, m ²	111,00	
Küche Lager / Vorbereitung, m ²	114,00	
WC/Sanitär, m ²	-	
Verkehrsfläche, m ²	2.397,00	
Lager / Technik, m ²	1.073,00	
Sonstige Aufenthaltsflächen, m ²	-	
Saunabereich, m ²	179,00	
Fitnessraum, m ²	123,00	
Sonstige Nutzung, m ²	-	
Energiebezugsfläche, m ²	9.733,00	
Bemerkungen Nutzung	zuzüglich 1.244m ² Tiefgarage	

Abb. 40: Zonierung Lindner Hotel Leipzig - Screenshot EnOB-Datenbank Hotels und Herbergen; Stand 03.11.2017; Quelle: Screenshot

Nutzungszusammensetzung

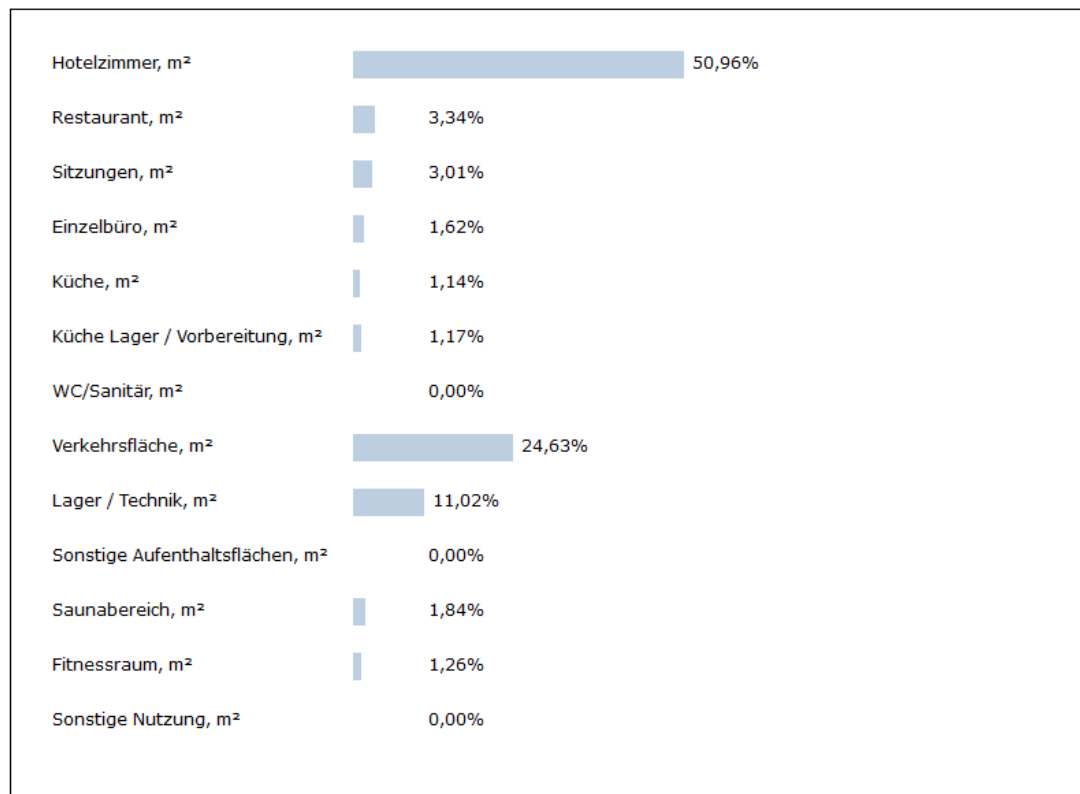


Abb. 41: Zonierung Lindner Hotel Leipzig - Screenshot EnOB-Datenbank Hotels und Herbergen; Stand 03.11.2017; Quelle: Screenshot



Gebäudedaten

[Bearbeiten](#) · [Hotel](#) · [Alle Hotels & Herbergen anzeigen](#)

U-Wert opak, W/m²K	0,45		flächengewichtetes Mittel
U-Wert transparent, W/m²K	3,00		flächengewichtetes Mittel
U-Wert gesamt, W/m²K	0,80		flächengewichtetes Mittel
Hüllfläche Absolut, m²	11.428,00		
Fensterfläche, m²	1.553,00		
Beheiztes Gebäudevolumen V_e, m³	31.923,00		
Gebäudekompaktheit A/V, m ⁻¹	0,36		
Fensterfläche / Hüllfläche	0,14		
m² Fenster / m² EBF	0,16		

Nutzenergie

ID: #342	2012	2013	2014	
<input checked="" type="checkbox"/> Summenverbräuche Strom				Energieträger
<input checked="" type="checkbox"/> Strom gesamt	2012 Bearbeiten	2013 Bearbeiten	2014 Bearbeiten	Output
Gesamter Strombezug, MWh	921,438	901,271	866,333	
Spezifischer Verbrauch, kWh/m²	94,672	92,600	89,010	
Spezifischer Verbrauch pro Übernachtung, kWh/Übernachtung	12,109	12,433	12,921	
Spezifischer Verbrauch pro Bett, kWh/Bett	2.303,595	2.253,178	2.165,833	
Spezifischer Verbrauch pro Umsatz, kWh/€	-	-	-	
Grüner Strom, MWh	-	-	-	

Endenergie

ID: #362	2012	2013	2014	
<input checked="" type="checkbox"/> Erdgas				Energieträger
<input checked="" type="checkbox"/> Heizkessel	2012 Bearbeiten	2013 Bearbeiten	2014 Bearbeiten	Verbraucher/System
Verbrauch, MWh	1.553,398	1.594,951	1.318,114	
Spezifischer Verbrauch, kWh/m²	159,601	163,870	135,427	
<input checked="" type="checkbox"/> Wärme	2012 Bearbeiten	2013 Bearbeiten	2014 Bearbeiten	Output
Nutzwärmeabgabe, MWh	1.399,612	1.437,051	1.187,621	
Spezifische Nutzwärmeabgabe, kWh/m²	143,801	147,647	122,020	
Wirkungsgrad	0,901	0,901	0,901	
<input checked="" type="checkbox"/> Heizen				Verwendung
<input checked="" type="checkbox"/> Trinkwarmwasser				Verwendung

Abb. 42: Gebäudedaten und Verbräuche Lindner Hotel Leipzig - Screenshot EnOB-Datenbank Hotels und Herbergen; Stand 03.11.2017; Quelle: Screenshot



Übersicht Daten in der „EnOB Datenbank Hotels und Herbergen“

Stadt	Hotel	Unterlagen		ECModell erstellt	Energie- einordnung	In Daten- bank	Zonengeo- metrieerfassung	Verbrauch
		Bericht	Pläne					
Ansbach	Hotel Schwarzer Bock	x	x	x		x		x
Arnsberg	Hotel Menge					x		
Bad Doberan	Grand Hotel Heiligendamm	x				x		x
Bad Endorf	Thermenhotel Ströbinger Hof	x	x	x	x	x	x	x
Bad Hindelang - Oberjoch	Kinderhotel Oberjoch	x				x		x
Bad Wildbach	Sommerberg-Hotel		x	(x)		x		
Blutjadingen- Tossens	Strand-gut-Hotel Schnaugst Nordsee					x		
Büsum	Jugendherberge Büsum	x	x	x	x	x	x	x
Erlangen	Creativhotel Luise	x	x	x	x	x	x	x
Hameln	Mercure Hotel Hameln	x	x	x	x	x	x	x
Hormersdorf	Jugendherberge Hormersdorf	x	x	x	x	x	x	x
Ibbenbüren	Ringhotel Mutter Bahr	x				x		x
Leipzig	Lindner Hotel Leipzig	x	x	x	x	x	x	x
Lübeck	JH vor dem Burgtor	x	x	x	x	x	x	x
München	Derag Livinghotel am Viktualienmarkt	x	x	x	x	x	x	x
Münnerstadt	Hotel Bayerischer Hof					x		
Oerlinghausen	Heimvolkshochschule St.Hedwig-Haus e.V.					x		
Pilsach	Hotel-Gasthof am Schloss		x	x		x	x	
Rathenow	Hotel Sonn'Idyll					x		
Rehburg-Loccum	Ev. Heimvolkshochschule	x				x		x
Rotenburg a.d. Fulda	Hotel Lanshaus Silbertanne					x		
Schneverdingen	Landhotel Ehlers					x		
Südbrookmerland	Hotel Landhaus Großes Meer	x	x	x	x	x	x	x
Tabarz	Hotel Am Burgholz	x	x	x	x	x	x	x
Überlingen	Martin-Buber-Jugendherberge	(x)	x	x		x	x	
Ueckermünde	Jugendherberge Ueckermünde					x		
Wangerland	Dorf Wangerland	x	x	x	x	x	x	x
Weidenberg	Naturfreundehaus Königsheide					x		
Wiesbaden	Hotel Oranien	x	x	x	x	x	x	x
Wolfshagen im Harz	Hotel Im Tannengrund					x		
Zossen	Flair Hotel Reuner					x		

Abb. 43: Übersicht transferierte Objekte EnOB Datenbank Hotels und Herbergen



Übersicht Kurzzeitmessungen im dena-Modellvorhaben

Stadt	Hotel	Unterlagen		Bearbeitung		ECModell erstellt	Messung Minilogger Temp./RH			
		Bericht	Pläne	Lehrstuhl	Seminar		1.	2.	3.	4.
Ansbach	Hotel Schwarzer Bock	x	x	x		x	Jul 16	Nov 16		
Arnsberg	Hotel Menge									
Bad Doberan	Grand Hotel Heiligendamm	x								
Bad Endorf	Thermenhotel Ströbinger Hof	x	x			x	Mai 16	Sep 16		
Bad Hindelang	Kinderhotel Oberjoch	x								
Bad Wildbach	Sommerberg-Hotel		x		x	(x)				
Blutjadingen- Tossens	Strand-gut-Hotel Schnaugst Nordsee									
Büsum	Jugendherberge Büsum	x	x	x	x	x				
Eltville	Hotel Schloss Reinhartshausen Kempinski									
Erlangen	Creativhotel Luise	x	x	x	x	x	Jun 17			
Hameln	Mercure Hotel Hameln	x	x	x	x	x				
Hormersdorf	Jugendherberge Hormersdorf	x	x	x	x	x	Mrz 16	Aug 16		
Ibbenbüren	Ringhotel Mutter Bahr	x					Nov 16			
Leipzig	Lindner Hotel Leipzig	x	x	x	x	x	Jan 16	Dez 16		
Lübeck	JH vor dem Burgtor	x	x	x	x	x				
Münnerstadt	Hotel Bayerischer Hof									
Oerlinghausen	Heimvolkshochschule St.Hedwig-Haus e.V.									
Pilsach	Hotel-Gasthof am Schloss		x	x		(x)	Mrz 16	Sep 16		
Rathenow	Hotel Sonn'ldyll									
Rehburg-Loccum	Ev. Heimvolkshochschule	x								
Rotenburg a.d. Fulda	Hotel Lanshaus Silbertanne									
Schneverdingen	Landhotel Ehlers									
Sonnenbühl	Ferendorf Sommermatte									
Staßfurt	Ausbildungswohnheim BFW SA									
Südbrookmerland	Hotel Landhaus Großes Meer	x	x	x		x				
Tabarz	Hotel Am Burgholz	x								
Überlingen	Martin-Buber-Jugendherberge	(x)	x	x	x	x	Jul 16	Nov 16		
Ueckermünde	Jugendherberge Ueckermünde									
Wangerland	Dorf Wangerland	x	x	x		x				
Weidenberg	Naturfreundehaus Königsheide									
Wiesbaden	Hotel Oranien	x	x	x		x				
Wolfshagen im Harz	Hotel Im Tannengrund									
Zossen	Flair Hotel Reuner									

Abb. 44: Übersicht durchgeführte Kurzzeitmessungen im dena-Modellvorhaben



Rechenwerkzeug Verbrauchssignaturen

Brennstoff [W]	Außentemp [°C]	Brennstoff [W/m²]	Brennstoff Anteil Heizen [W/m²]	Brennstoff Anteil TWW [W/m²]	DIAGRAMM Brennstoff Anteil Heizen [W/m²]	DIAGRAMM Brennstoff Anteil TWW [W/m²]	Brennstoff Anteil TWW MITTEL [W/m²]
1954,3	2,03	21,09	21,09		21,09	#NV	14,76
1961,2	2,00	21,16	21,16		21,16	#NV	14,76
1977,7	2,00	21,34	21,34		21,34	#NV	14,76
1992,6	2,00	21,50	21,50		21,50	#NV	14,76
2018,5	1,93	21,78	21,78		21,78	#NV	14,76
2041,9	1,50	22,03	22,03		22,03	#NV	14,76
1995,8	1,00	21,53	21,53		21,53	#NV	14,76
2728,9	1,00	29,44	29,44		29,44	#NV	14,76
3412,2	1,05	36,82	36,82		36,82	#NV	14,76
3275,1	2,00	35,34	35,34		35,34	#NV	14,76
3126,4	2,94	33,73	33,73		33,73	#NV	14,76
3083,7	3,00	33,27	33,27		33,27	#NV	14,76
3106,4	3,00	33,52	33,52		33,52	#NV	14,76
3125,4	3,00	33,72	33,72		33,72	#NV	14,76
3148,6	2,98	33,97	33,97		33,97	#NV	14,76
3197,9	2,86	34,50	34,50		34,50	#NV	14,76
3247,6	2,47	35,04	35,04		35,04	#NV	14,76
3275,2	2,22	35,34	35,34		35,34	#NV	14,76
3223,6	2,83	34,78	34,78		34,78	#NV	14,76
3175,3	3,37	34,26	34,26		34,26	#NV	14,76
3238,3	4,00	34,94	34,94		34,94	#NV	14,76
1842,9	4,00	19,88	19,88		19,88	#NV	14,76
1841,2	4,00	19,87	19,87		19,87	#NV	14,76
1851,2	4,08	19,97	19,97		19,97	#NV	14,76
1816,5	4,87	19,60	19,60		19,60	#NV	14,76
1796,6	5,29	19,38	19,38		19,38	#NV	14,76

GRUNDDATEN:

- Bezugsfläche: 92,68 m²
- Toleranzbereich (+/-): 10%
- Wärmste Stunde(Mittel): 34,33 °C
- Leistungsaufnahme wärmste Stunde: 14,58 W/m²

TEILERGEBNISSE:

- Mittel Anteil TWW: 14,76 W/m²
- Steigung Kennfeld Raumwärme: -0,9936406 -
- absolutes Glied Raumwärme: 28,31366447 -
- absolutes Glied TWW: 14,75713623 -

ERGEBNISSE:

- Gesamtbedarf/-verbrauch Wärme: 181,74 kWh/m²a
- Anteil Raumwärme: 52,47 kWh/m²a
- Anteil TWW: 129,27 kWh/m²a
- Heizgrenze: 13,64 °C

Abb. 45: Rechenwerkzeug für die Analyse von Verbrauchssignaturen – Screenshot Eingabemaske

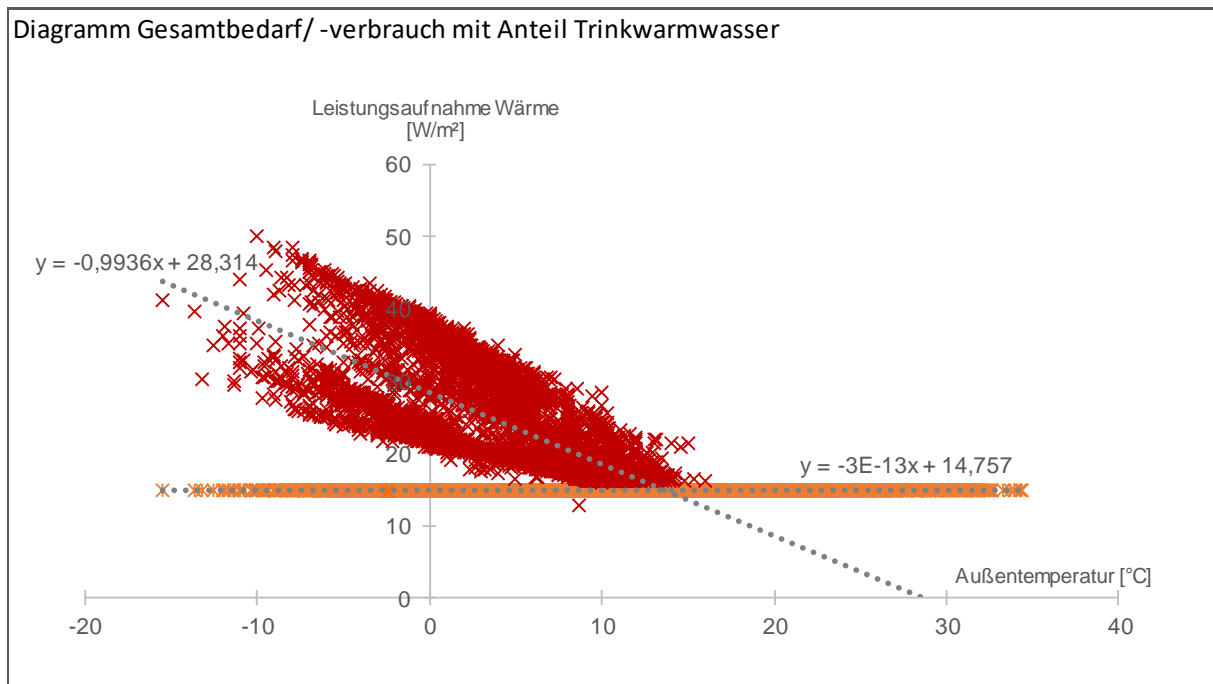


Abb. 46: Rechenwerkzeug für die Analyse von Verbrauchssignaturen – beispielhaftes Analysekenfeld mit Musterbedarfsdaten aus einer Gebäudesimulation



Erweiterte Informationen zur Modellbildung Lindner Leipzig in Kapitel 4.3

Objekt	Hotel			
Baujahr	1991		Zonierung nach DIN V 18599*	
Sternekategorie nach Dehoga	4 Sterne		Hotelzimmer, m ²	4.960
Hoteltyp	City / Business		Restaurant, m ²	325
Anzahl der Zimmer	200		Sitzungen, m ²	293
BGF, m ²	13.046		Einzelbüro, m ²	158
beheizte NGF, m ²	9.733		Küche, m ²	111
Wellnessangebot	Dampfbad, Sauna, Ruheraum		Küche Lager / Vorbereitung, m ²	114
Energieträger	Gas, Strom		WC / Sanitär, m ²	-
Energieträger Kochen	Gas & Strom		Verkehrsfläche, m ²	2.397
Wärmeerzeuger	BHKW 50 kW _{el} / 81 kW _{th}		Lager / Technik, m ²	1.073
	Doppelkesselanlage 2x 314 kW _{th}		Sonstige Aufenthaltsflächen, m ²	-
Kälteerzeuger	Kompressionskältemaschine		Saunabereich, m ²	179
	Kälteleistung 206 kW _{th}		Fitnessraum, m ²	123
Gebäudehülle			Bemerkungen Nutzung	Zuzüglich TG mit 1.244m ²
∞ U-Wert opak	0,56 W/(m ² K)		g-Wert Verglasung	0,8
∞ U-Wert transparent	3,01 W/(m ² K)		Sonnenschutz	Aussenliegendes Textil
Luftdichtheit n50	1,00 h ⁻¹		Sonnenschutzsteuerung	Manuell
Wärmebrücken	0,10 W/(m ² K)			

*Zonierung auf Grundlage der Modellbildung der Bergischen Universität Wuppertal

Abb. 47: Erweiterte Gebäudeinformationen Lindner Hotel Leipzig

Bei den Simulationen wurde mit dem normativen Wetterstandort Potsdam gerechnet. Die obenstehende Zonierung bezieht sich auf das Modell des gesamten Gebäudes. Die Kennwerte der Gebäudehülle wurden aus dem eingereichten Sanierungsfahrplan entnommen bzw. auf Grundlage diesem konstruiert.

Zusätzliche Bezugsflächen:

- Studie Ebene Hotelzimmer: 92,68m²
- Studie Ebene Gebäuderiegel: 2467,6m²

Die Nutzungszusammensetzungen der einzelnen Betrachtungsebenen sind den Beschreibungen unter Kapitel 4.3 zu entnehmen.



Anhang D

Anhang D liegt in digitaler Form als DVD dem Bericht bei und beinhaltet:

- Protokoll des Expertenmeetings in München im Oktober 2016
- Einen Sachstandsbericht und einen Monitoringbericht für das Hotel „Die Halde“
- Monitoringberichte für das Jahr 2017 für die Objekte Jugendherberge Hormersdorf, Jugendherberge Überlingen und Lindner Hotel Leipzig
- Beitrag aus dem Bauphysikkalender 2019
- Datenblätter der Kleindatenlogger der Firma onset
- Datenblätter der genutzten Weblogger
- Datenblatt eines M-Bus Umsetzers der Firma Relay
- Rohling der Hotel-Checkliste
- Hinweise zum Umgang mit dem HOBO Datenlogger