

# **Energiekonzepte und ihre Auswirkungen auf ausgewählte Nutzungskosten von EnOB-Bürogebäuden**

Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Lützkendorf, Dipl.-Wi.-Ing. Matthias Unholzer

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe, Deutschland

Prof. Dr. habil. Guido Spars, Dipl.-Ing. David Bartels

Bergische Universität Wuppertal (BUW), Wuppertal, Deutschland

## **Kurzfassung**

Eine Aufgabe des Facility Managements ist die Minimierung der Lebenszykluskosten von Gebäuden bei Sicherstellung der geforderten Objekt- und Nutzungsqualität. Hierfür sind die Kosten über den gesamten Lebenszyklus von frühen Phasen der Planung bis hin zu Abriss bzw. Umnutzung mit geeigneten Methoden zu ermitteln, zu überwachen und zu beeinflussen. Diese Aufgabe gewinnt z.Z. bei der Planung und Nutzung energieoptimierter Gebäude an Bedeutung. Häufig wurden bisher erreichbare Einspareffekte energieoptimierter Gebäude beim Energieaufwand und damit bei den Energiekosten deutlich unterschätzt und der Mehraufwand bei den Investitionskosten deutlich überschätzt. Für eine Ermittlung der künftigen Instandsetzungskosten derartiger Gebäude liegen bislang nur wenige Erfahrungen vor. Um diese Defizite zu beheben, werden sachgerechte Vorgehensweisen, aktuelle Kennwerte und belegbare Beispiele benötigt. Im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) geförderten Forschungsprojektes „Energieoptimiertes Bauen“ (EnOB) wurden von den Autoren mehrere Neubau- und Sanierungsobjekte mit überdurchschnittlich guter energetischer Qualität hinsichtlich ihrer Bau- und Nutzungskosten analysiert. Erste Ergebnisse zeigen, dass die Baukosten bei einer energieoptimierten Bauweise (sowohl im Bereich der Gebäudehülle als auch der Anlagentechnik) im Mittel höchstens fünf Prozent über den Kosten vergleichbarer Gebäude konventioneller Bauart liegen. Auswertungen ausgewählter Nutzungskosten ergaben, dass einerseits die erwarteten Energieeinsparungen und damit verringerte Energiekosten bei den untersuchten Gebäuden tatsächlich eintreten und andererseits die Kosten für die Wartung und Instandhaltung zunächst nicht höher sind als bei Gebäuden konventioneller Bauart. Kennwerte für Wartungskosten konnten bei einzelnen Objekten durch Auswertung von Wartungsverträgen anlagenspezifisch ermittelt werden.

**Keywords:** Lebenszykluskosten, Nutzungskosten, Instandhaltungskosten, Betriebskosten

## 1. Einleitung und Zielsetzung

Im Rahmen des Forschungsprojektes EnOB (Energieoptimiertes Bauen), gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), werden die Planung, Errichtung, Inbetriebnahme und Nutzung innovativer Gebäude wissenschaftlich unterstützt und begleitet. Eine Übersicht zeigt das Internetportal: [www.enob.info](http://www.enob.info). Dabei wird das Ziel verfolgt, Neubau- und Sanierungsprojekte unterschiedlichster Nutzungsarten mit möglichst niedrigem Primärenergiebedarf bei hohem Nutzerkomfort und mit einer ansprechenden gestalterischen Qualität zu realisieren. Nach Minimierung aller Verlustgrößen durch qualitativ hochwertig ausgeführte Gebäudehüllen und Maximierung nutzbarer Gewinne durch sorgfältig geplante, integrierte Gesamtkonzepte von Gebäudehülle und Anlagentechnik wird ein Restenergiebedarf durch die Einspeisung von Solarstrom aus Photovoltaikanlagen kompensiert. Es handelt sich um Gebäude mit einer weitgehend ausgeglichenen Primärenergiebilanz. Der wissenschaftlichen Begleitung der Gebäude während der Nutzungsphase (Monitoring) kommt in EnOB eine besondere Bedeutung zu. Schwerpunkte waren dabei bisher Ermittlung und Nachweis erzielter Energieeinsparungen und das erreichte Maß der Nutzerzufriedenheit. Im EnOB-Programm wurde darüber hinaus die Aufgabe formuliert, innovative Gebäude mit moderaten Investitionskosten und niedrigen Betriebskosten zu realisieren. Seit 2008 ist es Bestandteil des Projektes, Analysen der Investitions- und Betriebskosten von Beispielobjekten als festen Bestandteil im Monitoring zu verankern. Neben der Bewertung der energetischen Qualität werden damit nun auch immobilienwirtschaftliche Fragestellungen zu einem Bestandteil des „Langzeit-Monitorings“. Dabei gewonnene Erfahrungen und Kennwerte sollen gleichzeitig für eine Verbesserung der Lebenszykluskostenrechnung in frühen Planungsphasen von Folgeprojekten genutzt werden. Im Rahmen einer Projektbegleitung aus immobilienwirtschaftlicher Sicht wird u.a. folgenden Fragestellungen nachgegangen:

- Wie hoch sind die Investitionskosten von energieoptimierten Gebäuden im Vergleich zu denen konventioneller Gebäude?
- Inwieweit treten die erwarteten Minderungen der Energiekosten bei energieoptimierten Gebäuden tatsächlich ein?
- In welchem Verhältnis stehen bauliche und haustechnische Investitionen zueinander?
- Wie entwickeln sich die Wartungs- und Instandhaltungskosten innovativer haustechnischer Systeme?

- Können bisherige Kennwerte zur Ermittlung von Wartungs- / Instandhaltungskosten auf die haustechnischen Lösungen energieoptimierter Gebäude übertragen werden?

Auf Basis der Auswertung der Daten von 13 EnOB-Bürogebäuden (Neubau) konnte bereits gezeigt werden, dass die Investitionskosten nicht oder nur gering (max. 5 %) über denen typischer („konventioneller“) Neubauten liegen (Lützkendorf et al. 2009). In den folgenden Abschnitten sollen nun Fragen hinsichtlich der realen Größenordnungen von Energie- und Instandhaltungskosten bei energieoptimierten Gebäuden beantwortet werden. Die untersuchten Objekte werden zudem nach Art der haustechnischen Lösung geordnet, um - soweit zum jetzigen Zeitpunkt möglich – auch auf Fragestellungen zum Verhältnis von baulichen und haustechnischen Investitionen und ihren Auswirkungen auf die Lebenszykluskosten eingehen zu können.

## **2. Methodische Grundlagen und Vorgehensweise bei der Datenerhebung**

Als wesentlicher Bestandteil der Lebenszykluskosten von Gebäuden liegt der Schwerpunkt dieser Untersuchung auf den Baunutzungskosten. Die Gliederung der Kostenarten wurde durchgehend nach der aktuellen DIN-Norm zu Baunutzungskosten vorgenommen (DIN 18960:2008). Im Kontext von EnOB sind alle Kostenarten von Interesse, die durch Festlegungen im Energiekonzept der Gebäude beeinflusst werden. Das sind einerseits die Betriebskosten (Kostengruppe 300), welche die Kosten für Versorgung (Energie), Entsorgung, Reinigung, Inspektion und Wartung umfassen, sowie andererseits die Instandsetzungskosten der Baukonstruktion und der technischen Anlagen (Kostengruppe 400). Seit 2008 wurden projektbegleitend interessierte Projektnehmer angeschrieben und um aktive Unterstützung durch Bereitstellung geeigneter Daten gebeten. Im Jahr 2009 wurde die empirische Basis durch Einbeziehung weiterer Objekte verbreitert. Es gelang, Nutzungskostendaten in unterschiedlicher Qualität von 15 Projekten zu erfassen. Zur Erfassung wurden den Projektnehmern ein kommentierter Auszug aus der DIN 18960 mit der Möglichkeit zur direkten Dateneingabe sowie ein Leitfaden zur Beschreibung der Vorgehensweise zugesandt. Von der direkten Dateneingabe machten nur wenige Projektnehmer Gebrauch. Die Daten wurden teilweise als Kopien von Rechnungen und Belegen sowie von Wartungsverträgen und entsprechenden Angeboten geliefert oder auch in Form von individuellen Tabellen aus den jeweiligen Buchhaltungssystemen. Es wurde damit deutlich, dass sich ein einheitliches Verfahren zur Erfassung und Auswertung von

Nutzungskosten noch nicht durchgesetzt hat. Von der Form der Datenbereitstellung war der Aufwand für die Nachbereitung abhängig. Zur weiteren Aufbereitung und letztlich zur Auswertung der Rohdaten wurde von den Autoren eine Excel-Tabelle entwickelt, die nach dem Eingabe-Verarbeitungs-Ausgabe-Prinzip (EVA) aufgebaut wurde. Im Eingabeteil werden die Rohdaten direkt übernommen und, soweit noch nicht erfolgt, der Struktur der DIN 18960 zugeordnet. Im Verarbeitungsteil werden aus den absoluten Kostendaten Kennwerte, bezogen auf die Brutto- oder Nettogrundfläche der jeweiligen Projekte, gebildet. Damit wurde die Grundlage geschaffen, die Kostenkennwerte der innovativen EnOB-Gebäude mit Benchmarks typischer Bürogebäude zu vergleichen. Hierzu wurden von Jones Lang LaSalle veröffentlichte und hinreichend genau gegliederte Betriebskostenkennwerte, bezogen auf das Abrechnungsjahr 2008 (OSCAR 2009), herangezogen. OSCAR erscheint jährlich (seit 1996) und hat sich in den vergangenen Jahren in der Immobilienwirtschaft als Informationsquelle für die Kostensituation von Eigentümern und Mietern etabliert. Das Abrechnungsjahr 2008 (OSCAR 2009) basiert auf Kostendaten von 427 Büroimmobilien mit einer Gesamtfläche von 5,77 Millionen Quadratmetern. OSCAR erweist sich zudem als besonders geeignet, da Angaben für Wartung und Instandhaltung angeboten werden. Verfügbar sind neben OSCAR beispielsweise auch Benchmarks der Rotermund Ingenieurgesellschaft (z.B. FM Benchmarking Bericht 2009). Allerdings liegen hier die Schwerpunkte nicht bei Wartung und Instandhaltung. Im Ausgabeteil der EVA-Tabelle werden die Kennwerte der EnOB-Gebäude und von OSCAR graphisch dargestellt und lassen sich somit übersichtlich vergleichen und bewerten. Die Rohdaten liegen auf unterschiedlichen Aggregationsebenen vor. Zum Vergleich mit den zur Verfügung stehenden Benchmarks wurden diese entweder konsistent auf die hierzu passende Aggregationsebene zusammengefasst oder mit entsprechenden Annahmen aufgeteilt. Zu allen Projekten werden Brutto- und Nettogrundflächen angegeben (Abb. 1), so dass die absoluten Kostenwerte nachvollziehbar sind. Aufgrund der oben erwähnten Anpassungen und der z.T. gerundeten Flächenwerte wird eine gewisse Unschärfe bei der „Rückrechnung“ mit dem Ziel in Kauf genommen, die Vertraulichkeit von Daten zu wahren.

### **3. Beschreibung des untersuchten Gebäudebestandes**

Im EnOB-Forschungsprojekt werden Neubau- (EnBau) und Sanierungsobjekte (EnSan) untersucht. Zur Auswertung der vom Energiekonzept beeinflussbaren Nutzungskosten stehen z.Z. zehn EnBau- und fünf EnSan-Gebäude zur Verfügung. Das energetische Gesamtkonzept

des jeweiligen Gebäudes wird einerseits durch die Qualität der Gebäudehülle und andererseits durch die eingesetzte Anlagentechnik beschrieben. Abbildung 1 soll hierzu einen Überblick verschaffen. Die wesentlichen Informationen stammen aus den sogenannten Gebäudevisitenkarten (EnOB 2010), wie sich auch unter [www.enob.info/de/neubau](http://www.enob.info/de/neubau) bzw. [www.enob.info/de/sanierung](http://www.enob.info/de/sanierung) eingesehen werden können. Bei der Gebäudehülle wird als realisierter Dämmstandard zwischen dem Niedrigenergiehaus-Niveau und dem Passivhaus-Niveau unterschieden. Die Dämmungen können mit herkömmlichen Materialien, mit Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen oder mit der z.T. noch in der Erprobung befindlichen Vakuumdämmung realisiert werden. Die Qualität der Fenster sowie die Ausführung des Sonnenschutzes sind weitere wesentliche Kriterien. Bei der Anlagentechnik wird zwischen den Energiedienstleistungen Heizung, Kühlung, Beleuchtung, Lüftung und allgemeinen Diensten unterschieden. Sowohl bei der Heizung als auch bei der Kühlung sind jeweils unterschiedliche Konzepte zur Energiebereitstellung und Energieübergabe zu unterscheiden. Bei den eingesetzten Energieträgern bzw. genutzten Energiequellen werden regenerative von nicht regenerativen Energien unterschieden. Im Falle der Kühlung wird zwischen aktiver und passiver Kühlung differenziert. Aktive Kühlung bedeutet die Nutzung von Kältemaschinen und Klimaanlage, die in der Regel mit einer hohen Temperaturdifferenz arbeiten, im Unterschied zur passiven Kühlung, bei der auf thermodynamische Maschinen verzichtet wird. Sofern bei der passiven Kühlung eine Kältezufuhr notwendig wird, erfolgt diese mit einer sehr geringen Temperaturdifferenz, in der Regel durch Nutzung erneuerbarer Energien. Das Beleuchtungskonzept wird geprägt durch die möglichst effiziente Nutzung von Tageslicht (Tageslichtoptimierung) und eine Automation von Beleuchtungsanlagen (Kunstlichtautomation). Weitere allgemeine Eigenschaften der Haustechnik mit Auswirkungen auf das Energiekonzept sind die Gebäudeleittechnik sowie die Nutzung von Solarstrom und Regenwasser.



#### 4. Auswertung der Nutzungskosten

Die Ergebnisse der in Abschnitt zwei beschriebenen Auswertung werden in allgemeine Nutzungskosten und in Instandhaltungskosten aufgeteilt. Die allgemeinen Nutzungskosten werden gesondert für Glasreinigung, Unterhaltsreinigung, Strom, Heizung und Hausmeister angegeben (Abb. 2). Die Instandhaltungskosten werden nochmals untergliedert in Kosten für Wartung (Abb. 3) und Kosten für Instandsetzung (Abb. 4). EnBau-Projekte (Neubau) sind mit Nx sowie EnSan-Projekte (Sanierung) mit Sx gekennzeichnet und entsprechend nummeriert.

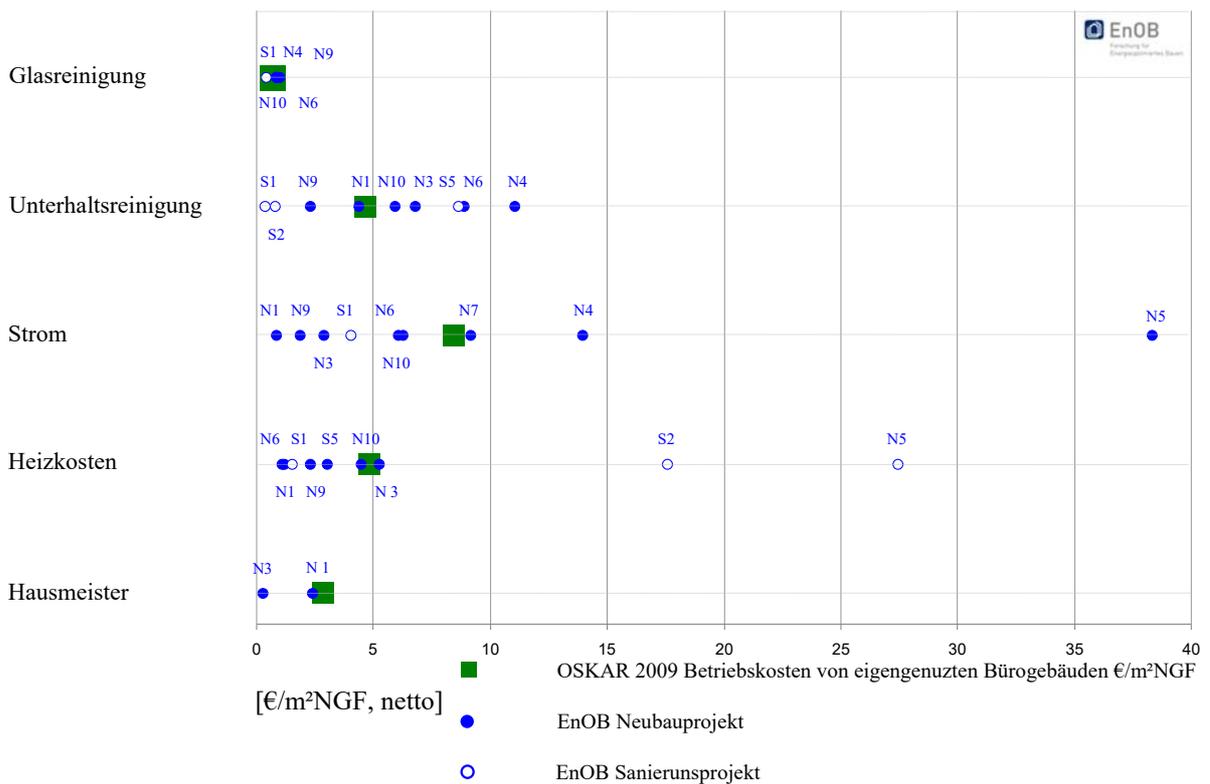


Abb. 2: Glas-, Unterhaltsreinigung, Strom, Heizung, Hausmeister energieoptimierter Neubau- und Sanierungsvorhaben im Vergleich zu OSCAR 2009 (Quelle: eigene Darstellung)

Neubau und Sanierungsprojekte mit Angaben zum Stromverbrauch und zu den Stromkosten liegen überwiegend unterhalb des OSCAR-Kennwertes für Stromkosten. Dabei ist anzumerken, dass sich OSCAR auf die umlagefähigen Nebenkosten bezieht. Der Ausreißer N5 ist damit zu erklären, dass die zu diesem Gebäude vorliegenden Gesamtstromkosten eine Sondernutzung beinhalten. Bemerkenswert ist der niedrige Gesamtstromverbrauch mit entsprechend geringen Stromkosten (ebenso einschließlich Nutzung) von S1. Grundsätzlich bilden die Gesamtstromkosten der Objekte die Grundlage. Demnach werden die Strom sparenden Maßnahmen im Bereich der Gebäudetechnik u.U. durch den Stromverbrauch von Arbeitsmitteln (PC, Bürokommunikation, ...) und zentralen Einrichtungen (Fahrstühle, Serverräume, ...) überlagert.

Sämtliche erfassten Neubauten liegen bei den Heizkosten nahe am OSCAR-Kennwert, bzw. darunter. Mit auffallend geringen Heizkosten ist wieder S1 (Büro-Sanierungsprojekt im Passivhausstandard) gekennzeichnet. Die restlichen Sanierungsprojekte liegen bei den Heizkosten erwartungsgemäß höher als die Neubauten, wobei N5 wieder als negativer Ausreißer auffällt (Sondernutzung). Reinigungskosten für Glas liegen bei allen Gebäuden im Bereich der OSCAR-Benchmarks, wo hingegen bei der Unterhaltsreinigung eine deutlich größere Streuung auffällt. Neben der Gebäudeausstattung sind hier auch die Ansprüche der Nutzer (Service-Level) zu beachten. Die Hausmeisterkosten von zwei Neubauten (N3 und N1) liegen unterhalb des OSCAR Benchmarks.

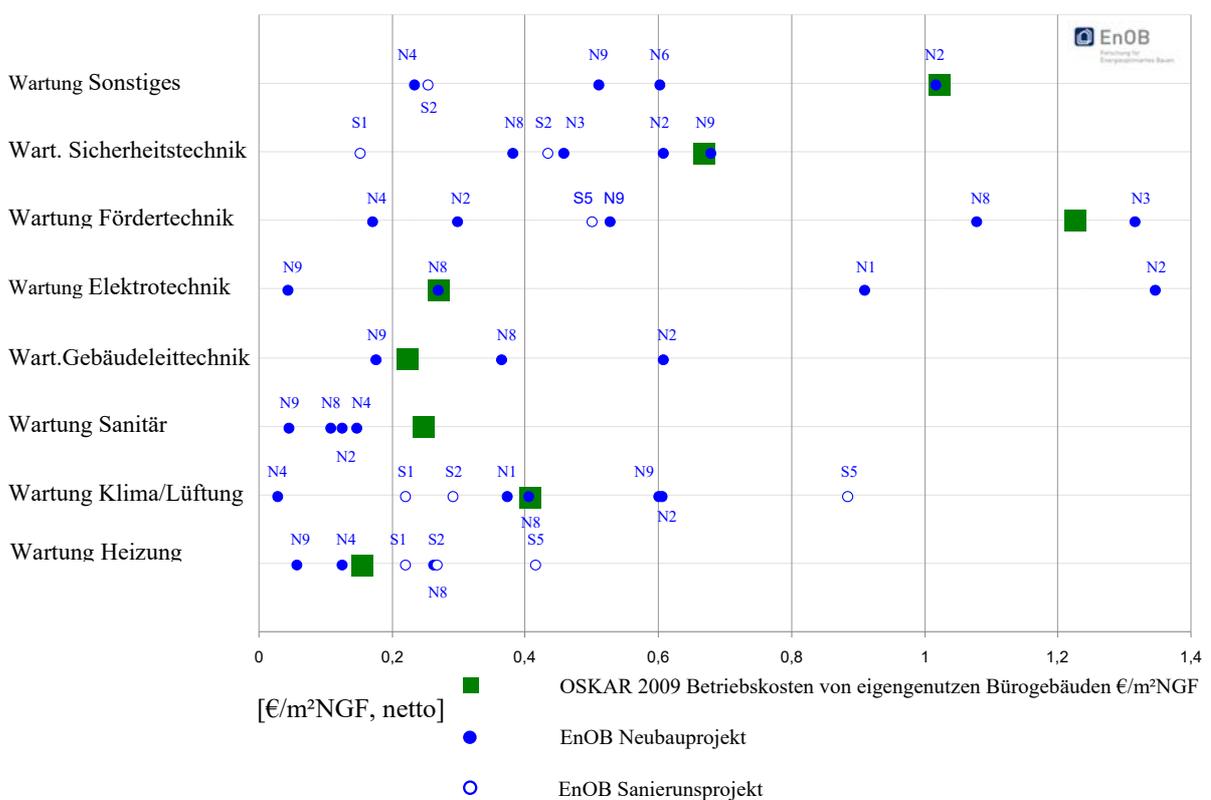


Abb. 3: Wartungskosten energieoptimierter Neubau- und Sanierungsvorhaben im Vergleich zu OSCAR 2009 (Quelle: eigene Darstellung)

Im Folgenden sollen die Wartungskosten energierelevanter Systeme betrachtet werden (Abb. 3). N8 liegt bei der Fördertechnik an zweithöchster Stelle. Gewartet werden hier nur zwei Aufzüge, jedoch im Rahmen einer Vollwartung. Es wurden Instandhaltungsverträge mit langer Laufzeit abgeschlossen, die den Austausch von Komponenten und damit auch Instandsetzungsleistungen enthalten. Nach Erfahrung der Autoren kann bei einer durchschnittlichen Aufzugsanlage ein Vollwartungsvertrag gegenüber einem normalen Wartungsvertrag ungefähr das Doppelte kosten. Lediglich ein Gebäude, welches zu einem der „älteren“ EnOB-Bürogroßprojekte zählt, überschreitet den OSCAR-Benchmark um rd. 8 %.

Die Wartung von Sanitärobjekten liegt bei Gebäuden mit hierzu verwertbaren Daten unterhalb des OSCAR-Wertes. Bei Klima/Lüftung liegen ein Neubau- und ein Sanierungsobjekt (N9, S5) darüber. Bei N9 ist die Überschreitung nicht ganz nachvollziehbar, da nur eine Abluftanlage ohne Wärmerückgewinnung vorhanden ist. S5 betrifft eine Sondernutzung. Dies erklärt möglicherweise den erhöhten Wartungsaufwand für Klima/Lüftung. Im Bereich der Heizung liegen nur zwei Neubauten unterhalb des Wartungskostenkennwerts nach OSCAR. Die restlichen Gebäude mit entsprechenden Angaben liegen zum Teil deutlich darüber (fünf Sanierungsobjekte, ein Neubau). Die geringste Abweichung nach oben hat eine Sanierung auf Passivhausniveau (S1). Hier fallen nur die Wartungs- und Schornsteinfegergebühren für einen Gas-Brennwertkessel an.

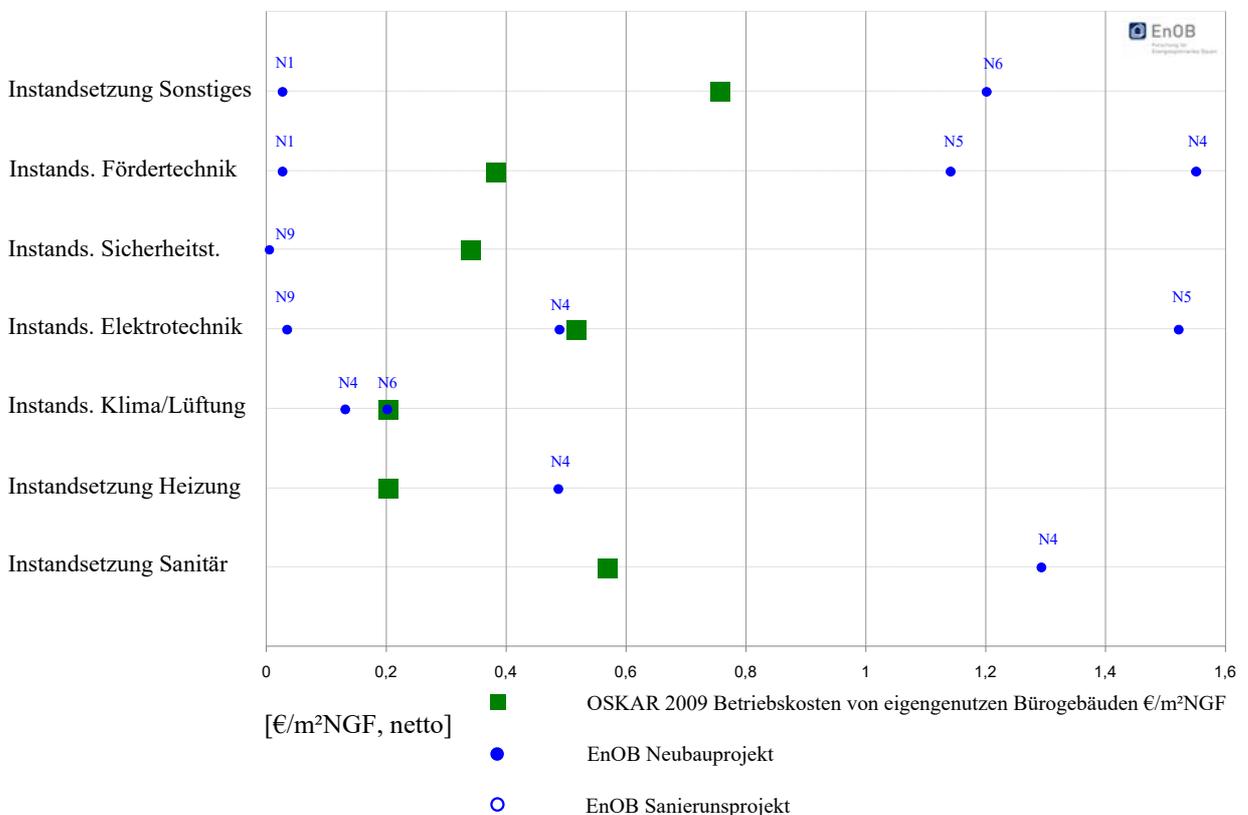


Abb. 4: Instandsetzung im Vergleich zu OSCAR (Quelle: eigene Darstellung)

Kosten für Instandsetzungsmaßnahmen sind insbesondere bei neuen Gebäuden erst nach mehrjähriger Nutzung zu erwarten und sinnvoll auszuwerten. Deutliche Abweichungen von OSCAR nach oben sind bei N4, N5 und N6 festzustellen. Die Abweichungen für das Projekt N4 hinsichtlich der Kostengruppe Fördertechnik lässt sich durch die Reparatur der Aufzugssteuerung nach Ablauf der Gewährleistung erklären. Die Kosten der Instandsetzung der Lüftungsanlage liegen, obwohl es sich um ein gemischt genutztes Gebäude (Büro, Labor, Seminar und Wohnnutzung) handelt, unter den OSCAR-Werten.

Bei N5 waren nur zusammengefasste Angaben zur Instandsetzung für den Zeitraum von 2001 bis 2008 verfügbar. Würde man diese Kosten ohne Kenntnis der genauen Verteilung über acht Jahre gleichmäßig verteilen, so könnte man für das Bezugsjahr 2008 deutliche Unterschreitungen der OSCAR-Werte unterstellen. Die sonstigen Instandsetzungen von N6 waren nicht näher spezifiziert, beziehen sich jedoch auf technische Anlagen allgemein.

## **5. Schlußfolgerungen und Ausblick**

Wie schon bei einer früheren Auswertung von Baukosten bei den EnOB-Projekten festgestellt (Lützkendorf et al. 2009), ist auch bei den Nutzungskosten erkennbar, dass energieoptimiertes Bauen am Beispiel von EnOB wirtschaftlichen Betrachtungen standhält. Deutlich wird aber auch hier, dass gute Ergebnisse nur unter günstigen Voraussetzungen, hier im Rahmen einer integralen Planung, zu erwarten sind. Die Auswertung der Nutzungskosten im Rahmen des Projekts zeigt, welche Schwierigkeiten zu überwinden waren und welche Anforderungen an eine Projektbegleitung und Auswertung zukünftiger Projekte gestellt werden sollte. In vielen Fällen sind die Kosten leider nur auf zu hohem Aggregationsniveau verfügbar. Einerseits ist dies bei den Energiekosten der viel zu groben Erfassung von Energieverbräuchen (z.B. mit nur einem Zähler für ein Gesamtes Objekt ohne Unterzähler für Teilbereiche oder -funktionen) geschuldet, andererseits ist z.B. bei Wartungsverträgen nicht immer eindeutig erkennbar, welchen Anlagenteilen die Arbeitsleistungen im einzelnen zugeordnet sind, und ob es sich dabei nur um Inspektion, Wartung oder sogar um Vollwartung handelt. Um bei zukünftigen Projekten in der Planungsphase möglichst sichere Erfahrungswerte aus zurückliegenden Projekten nutzen zu können und während der Betriebsphase eine optimale Kostenkontrolle zu ermöglichen, werden aus Sicht der Autoren und aufgrund der Erfahrungen im EnOB-Projekt einige Verbesserungsvorschläge gemacht:

- frühzeitige Entwicklung eines Messkonzepts zur differenzierten Erfassung von Energieverbräuchen,
- frühzeitige Einbeziehung des Facility-Managements zur Verdeutlichung der Notwendigkeit des Energieverbrauchsmonitorings und des Betriebskostencontrollings,
- Einholen möglichst detailliert beschriebener Angebote für Wartungsverträge bei Ausschreibungen von technischen Anlagen,
- Strukturierung der Kostenerfassung auf Basis einer Einheitlichen Struktur der Kostenarten (z.B. nach DIN 18960).

Langfristig sollte das Ziel verfolgt werden, Bauteile und Komponenten nach einem universell einsetzbaren Schema mit Angaben zu Erstellungskosten, Nutzungskosten und rechnerischen Lebensdauern auszustatten. Neben der optimalen Planungssicherheit für Investoren, wird auch der Einsatz komplexer Planungs- und Bewertungshilfsmittel, wie z.B. LEGEP, unterstützt und eine wichtige Voraussetzung zur Lebenszykluskostenrechnung geschaffen, wie sie zur Erstellung eines Nachhaltigkeitszertifikats zwingend erforderlich ist und mit Hilfe eines Lebenszykluskostenrechners durchgeführt werden kann (z.B. Excel-Rechentool 2008). Ein vergleichbares Tool wird z.Z. an der Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin entwickelt und erprobt (Excel-Rechentool 2009).

Lebenszykluskosten anhand von Gebäudemerkmalen, Investitions- und Betriebskosten sollten im Rahmen des internationalen Forschungsprojektes „LCC-Data“ erhoben werden. Darüber hinausgehend sollte in einem weiteren Projekt ein Wirkungsmodell zwischen Investitionskosten, Gebäudeeigenschaften und den zu erwartenden Betriebskosten entwickelt werden (Österreichische Energieagentur 2008). Ein drittes Projekt sollte eine bestehende Energieausweis-Datenbank um lebenszykluskostenrelevante Daten erweitern (Österreichische Energieagentur 2009).

Seitens der Autoren wird eine stärkere Veröffentlichung von Daten zu den Bau- und Nutzungskosten von energieoptimierten Gebäuden ausdrücklich angeregt. Es wird erwartet, dass im Zusammenhang mit bereits formulierten Zielen, das energetische Anforderungsniveau von Neubauten in der EU in Richtung von „Nahezu-Null-Energie-Gebäuden“ weiterzuentwickeln, die Frage nach der ökonomischen Vorteilhaftigkeit und Werthaltigkeit derartiger Konzepte intensiv diskutiert werden wird. Detaillierte Methoden, Kennwerte und Objektbeispiele können helfen, diese Diskussion zu versachlichen.

Die Autoren danken dem deutschen Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) für die Förderung des Forschungsprojektes. Auch bei den Eigentümern und Betreibern der EnOB-Gebäude möchten wir uns an dieser Stelle bedanken; ohne ihre Unterstützung wäre diese Auswertung nicht möglich gewesen.

## 6. Referenzen

- Lützkendorf, T., Unholzer, M. & Spars, G., Bartels, D. (2009): *Energiekonzepte und ihre Auswirkungen auf die Lebenszykluskosten von Bürogebäuden – Methoden und Erkenntnisse aus der wissenschaftlichen Begleitung von energetisch hochwertigen Gebäuden im Rahmen des Forschungsprojektes EnOB (Energieoptimiertes Bauen)*, Facility Management 2010, Frankfurt am Main.
- EnOB (2009): *Excel-Datensätze zur Erfassung, Auswertung und Darstellung der Nutzungskosten von EnOB-Gebäuden, intern, aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht öffentlich zugänglich*, Karlsruhe, Wuppertal
- Excel-Rechentool „LCC:V2008.01“ zur Nutzung im Rahmen der Pilotzertifizierung nach DGNB (2008) – entwickelt vom Lehrstuhl Ökonomie und Ökologie des Wohnungsbaus (KIT)
- DIN 18960:2008-02: *Nutzungskosten im Hochbau*, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- EnOB (2010): *Gebäudevisitenkarten EnBau und EnSan*, www.enob.info, Stand: Juli 2010
- Jones Lang LaSalle (2009): *Büroebenenkostenanalyse OSCAR*, Neumann & Partner - CREIS Real Estate Solutions
- Excel-Rechentool „IFMA\_GEFMA\_220\_Teil\_2\_Tool\_LZK\_2009\_10\_05\_V3 I“, Hochschule für Wirtschaft und Recht, Berlin (2009)
- Österreichische Energieagentur, *LCC-Data, Life-Cycle-Costs in the Planning Process, Constructing Energy Efficient Buildings by Taking Running Costs into Account*, Juli 2008, <http://www.energyagency.at/gebaeude-raumwaerme/aktuelle-projekte/lcc-data.html>, zuletzt aufgerufen am 12.10.2010
- Österreichische Energieagentur: *Lebenszykluskosten Prognosemodell, Immobilien-Datenbank Analysen zur Ableitung lebenszyklusorientierter Investitionsentscheidungen*, Oktober 2008, <http://www.energyagency.at/gebaeude-raumwaerme/aktuelle-projekte/lzk-prognose.html>, zuletzt aufgerufen am 12.10.2010
- Österreichische Energieagentur: *LCC Info-System für mehr CO<sub>2</sub>-Einsparung durch die Verknüpfung von energierelevanten Gebäudedaten*, 2009, <http://www.energyagency.at/gebaeude-raumwaerme/aktuelle-projekte/lcc-info-system.html>, zuletzt aufgerufen am 12.10.2010