

*Endbericht* | 28. September 2018

# Erweiterung von Kosten-Nutzen-Analysen zu ausgewählten Energieeffizienzmaßnahmen

um Erkenntnisse zum Markt für Energieeffizienzdienstleistungen und zum Aufwand von Investitionen in Energieeffizienz

Endbericht Projekt BfEE 18/2017

---

*Wuppertal Institut für Klima, Umwelt,  
Energie gGmbH*

*Öko-Institut e.V. (im Unterauftrag)*

---

## **Impressum**

Dieser Bericht ist Ergebnis des Projekts „Erweiterung von Kosten-Nutzen-Analysen zu ausgewählten Energieeffizienzmaßnahmen um Erkenntnisse zum Markt für Energieeffizienzdienstleistungen und zum Aufwand von Investitionen in Energieeffizienz“.

Das diesem Bericht zugrunde liegende Forschungsvorhaben wurde im Auftrag der Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) durchgeführt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

### **Herausgeber:**

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH  
Döppersberg 19  
42103 Wuppertal  
www.wupperinst.org

### **Ansprechpartner/-in:**

Johannes Thema  
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH  
Abteilung Energie-, Verkehrs- und Klimapolitik  
johannes.thema@wupperinst.org  
Tel. +49 202 2492-999  
Fax +49 202 2492-108

### **Projektkoordination:**

Johannes Thema, Wuppertal Institut

### **Projektpartner:**

Sibylle Braungardt  
[s.braungardt@oeko.de](mailto:s.braungardt@oeko.de)  
Tel. +49 761 45295-294

Autorinnen und Autoren:

### **Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH:**

Johannes Thema, Lena Tholen, Thomas Adisorn, Hauke Lütkehaus

### **Öko-Institut:**

Sibylle Braungardt, Katja Schumacher, Katja Hünecke

### **Stand:**

September 2018

**Projektlaufzeit:** Dezember 2017 – September 2018

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Hintergrund</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Auswahl und Quantifizierung der analysierten Maßnahmen (AP1)</b>	<b>9</b>
2.1	Methodisches Vorgehen zur Auswahl der Maßnahmen	9
2.2	Auswahl der Maßnahmen	10
2.3	Entwicklung der Maßnahmensteckbriefe	12
<b>3</b>	<b>Erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse (AP2)</b>	<b>14</b>
3.1	Konzeptionelle Grundlagen	14
3.2	Methodisches Vorgehen zur Quantifizierung von Transaktionskosten	18
3.3	Quantifizierung von Transaktionskosten in Haushalten	19
3.4	Quantifizierung von Transaktionskosten in öffentlichen Einrichtungen	22
3.5	Quantifizierung von Transaktionskosten in Unternehmen	30
3.6	Fazit aus AP 2: Erweiterte Kosten-Nutzen Analyse	34
<b>4</b>	<b>Berücksichtigung der Preise von Energieeffizienzdienstleistungen (AP3)</b>	<b>37</b>
4.1	Energieeffizienzdienstleistungen	37
4.2	Methode und Vorgehen	40
4.3	Ergebnisse und Fazit aus AP3: Preise von EEDL	53
<b>5</b>	<b>Anwendung der erweiterten Kosten-Nutzen-Analyse für ausgewählte Maßnahmen (AP4)</b>	<b>56</b>
5.1	Zusammenführung der Ergebnisse (AP4.1)	56
5.2	Durchführung der integrierten Kosten-Nutzen Analyse (AP4.2)	70
5.3	Ergebnisse und Fazit aus AP4	82
<b>6</b>	<b>Ergebnisse und Erkenntnisse der Studie</b>	<b>84</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>89</b>
<b>8</b>	<b>Anhang</b>	<b>92</b>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausgewählte Energieeffizienzmaßnahmen -----	10
Tabelle 2: Investitionen und Energiekosteneinsparungen ausgewählter Maßnahmen -----	12
Tabelle 3 Muster eines Maßnahmensteckbriefs -----	13
Tabelle 4: Beschreibung der Hemmnis-Kategorien -----	15
Tabelle 5: Beispielhafte Darstellung von Hemmnissen und abgeleiteten Transaktionskosten-----	17
Tabelle 6: Klassifizierung von Transaktionskosten-----	18
Tabelle 7: Hemmnisse für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen in Haushalten-----	20
Tabelle 8: Datengrundlage und Vorgehen für die Quantifizierung ausgewählter Energieeffizienzmaßnahmen in Haushalten -----	21
Tabelle 9: Hemmnisse für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen in öffentlichen Einrichtungen -----	23
Tabelle 10: Datengrundlage und Vorgehen für die Quantifizierung ausgewählter Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen -----	24
Tabelle 11: Hemmnisse für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen -----	31
Tabelle 12: Datengrundlage und Vorgehen für die Quantifizierung ausgewählter Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen -----	33
Tabelle 13: Differenzierung von höherwertigen Energieberatungen nach BfEE (2018) -----	39
Tabelle 14: Überwindung von Hemmnissen durch EEDL und EnMS -----	40
Tabelle 15: Durchschnittliche Preise für Energieberatungen -----	43
Tabelle 16: Übersicht zur Wirkung von EEDL auf Transaktionskosten von Energieeffizienzmaßnahmen -----	59
Tabelle 17: Wirkung der Vor-Ort-Beratung auf die Transaktionskosten für die Umsetzung einer energetischen Sanierung -----	61
Tabelle 18: Wirkung des BasisChecks auf die Transaktionskosten für die Optimierung von Beleuchtung und Kühlgeräten im Haushalt.-----	62
Tabelle 19: Wirkung des Vor-Ort-Beratung auf die Transaktionskosten für eine Schulsanierung -----	63
Tabelle 20: Wirkung von Energiemanagementsystemen auf die Transaktionskosten für die Optimierung von Heizperioden und weitere gering-investive Maßnahmen an der Universität Freiburg -----	64
Tabelle 21: Wirkung von Contracting auf die Transaktionskosten für energieeffiziente Straßenbeleuchtung - Umrüstung auf LED-----	65
Tabelle 22: Wirkung der Energieberatung auf die Transaktionskosten für die Austausch ineffizienter Elektromotoren -----	66
Tabelle 23: Wirkung der Energieberatung auf die Transaktionskosten für die Energieverbrauchsreduktion bei der Nutzung von Druckluft-----	67
Tabelle 24: Wirkung von Energieberatung/Energiemanagementsystemen auf die Transaktionskosten für die Maßnahmenumsetzung in der Wärmebehandlung von Stahl-----	68
Tabelle 25: Wirkung der Vor-Ort-Beratung auf die Transaktionskosten für die Nutzung energieeffizienter Kältetechnik -----	69
Tabelle 26: Dateninputs und Erläuterungen zur Nutzung im Tool-----	72
Tabelle 27: Datenoutput und Erläuterung zur Nutzung im Tool-----	74
Tabelle 28: Übersicht der Zeitaufwände im Zusammenhang mit der Umsetzung von geringinvestiven und verhaltensbasierten Maßnahmen -----	93

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung der einfachen Kosten-Nutzen-Analyse und der erweiterten Kosten-Nutzen-Analyse, nach Arbeitspaket sortiert-----	8
Abbildung 2: Phasen in der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen-----	14
Abbildung 3: Methodisches Vorgehen zur Quantifizierung von Transaktionskosten-----	19
Abbildung 4: Energetische Mehrkosten, Energieeinsparungen sowie Transaktionskosten (TAK) bei der Umsetzung eines energieeffizienten Neubaus.-----	22
Abbildung 5: Erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse für Maßnahme Ö2: Geringinvestive Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs in Gebäuden der Universität Freiburg-----	26
Abbildung 6: Regression der Transaktionskosten über der Investitionssumme-----	32
Abbildung 7: Investitionen, Energieeinsparungen sowie Transaktionskosten (TAK) für ausgewählte Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen-----	34
Abbildung 8: Boxplot Energieberatung für Wohngebäude (eigene Darstellung basierend auf BfEE (2018))-----	47
Abbildung 9: Boxplot Energie-Check (eigene Darstellung basierend auf BfEE (2018) und VBZ (2018))-----	48
Abbildung 10: Boxplot Energieberatung für Nicht-Wohngebäude (eigene Darstellung basierend auf BfEE (2018))-----	49
Abbildung 11: Boxplot Energieberatung für Anlagen und Prozesse (eigene Darstellung basierend auf BfEE (2018) und Interview)-----	52
Abbildung 12: Schematische Abbildung zur integrierten Betrachtung direkter Investitionskosten sowie damit verbundener Transaktionskosten (TAK) und die potenzielle Wirkung von EEDL-----	57
Abbildung 13: Screenshot von Tabellenblatt 1 des Excel-Tools-----	71
Abbildung 14: Beispielhafte Darstellung der durch das Excel-Tool entwickelten Grafik zu Barwerten für Kosten und Nutzen für Maßnahme Ö2 (Universität Freiburg)-----	75
Abbildung 15: Beispielhafte Darstellung der durch das Excel-Tool entwickelten Grafik zu Amortisationszeiten von Maßnahme U1 (Elektromotoren)-----	76
Abbildung 16: Screenshot von Tabellenblatt 2 des Excel-Tools zur vergleichenden Betrachtung der Kosten-Nutzen-Analysen-----	77
Abbildung 17: Erweiterte Kosten-Nutzen-Analysen für ausgewählte Energieeffizienzmaßnahmen im Sektor Haushalte (H1 bis H4) (eigene Darstellung basierend auf dem Excel-Tool)-----	78
Abbildung 18: Erweiterte Kosten-Nutzen-Analysen für ausgewählte Energieeffizienzmaßnahmen im Sektor öffentliche Einrichtungen (Ö1 bis Ö3) (eigene Darstellung basierend auf dem Excel-Tool)-----	79
Abbildung 19: Erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse für ausgewählte Energieeffizienzmaßnahmen im Sektor Unternehmen (U1-U4) (eigene Darstellung basierend auf dem Excel-Tool)-----	81

## Abkürzungsverzeichnis

BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BfEE	Bundesstelle für Energieeffizienz
EEDL	Energieeffizienzdienstleistung
EDL-G	Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme
EnEV	Energieeinsparverordnung
EnMS	Energiemanagementsystem
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
MFH	Mehrfamilienhaus
NWG	Nicht-Wohngebäude
TAK	Transaktionskosten
VBZ	Verbraucherzentrale
WG	Wohngebäude

## 1 Hintergrund

Um die Rentabilität einer Energieeffizienzmaßnahme zu bewerten, ist eine Kosten-Nutzen-Analyse ein bewährtes Mittel: der Vergleich der durch die Steigerung der Energieeffizienz bedingten Investitionskosten und eingesparten Energiekosten. Auch wenn sich die Investitionskosten von Energieeffizienzmaßnahmen in der Regel vor Ablauf der Lebensdauer amortisieren, werden dennoch viele Maßnahmen nicht umgesetzt. Ein Grund ist die in der Literatur viel diskutierte „Energieeffizienz-Lücke“ (*energy efficiency gap*), die zeigt, dass Investitionsentscheidungen in Energieeffizienzmaßnahmen häufig nicht nach einer reinen Erwägung der direkten Kosten (z.B. Investitionsentscheidungen) und Nutzen (z.B. eingesparte Energiekosten) erfolgen.

Gründe hierfür sind u.a. „versteckte“ Kosten und Risiken (z.B. Kosten für die Beschaffung von Informationen, Unsicherheiten über zukünftige Energiepreise und Einsparungen), aber auch nicht-monetäre Hemmnisse, die bei Entscheidungen eine Rolle spielen (z.B. beschränkte Rationalität, Präferenzen, Zeitverfügbarkeit).

Vor diesem Hintergrund verfolgt dieser Bericht das Ziel, ein besseres Verständnis der Kosten-Nutzen-Erwägungen von Investoren und deren Entscheidungswirklichkeit zu erlangen. Hierzu stehen zunächst die Hemmnisse, die einer Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen gegenüberstehen und damit die Transaktionskosten, im Vordergrund. Weiter wird untersucht, inwiefern Energieeffizienzdienstleistungen (EEDL) berücksichtigt werden und zum Abbau der Hemmnisse und Transaktionskosten beitragen können.

Dieser Bericht hat den Anspruch, richtungsweisend für weitere Kosten-Nutzen-Analysen zu sein. Auf Basis von Fallbeispielen wird ein Einblick in die Quantifizierung von Transaktionskosten gegeben. Zudem werden Ansätze präsentiert, wie sich diese durch EEDL reduzieren lassen.

### **Struktur und methodisches Vorgehen**

In Kapitel 2 (Arbeitspaket 1) werden aus verschiedenen Sektoren (Haushalte, öffentliche Einrichtungen / Nicht-Wohngebäude, Unternehmen) unterschiedliche hoch- und gering-investive Energieeffizienzmaßnahmen aufgeführt und zentrale Basisdaten dargestellt. Die Energieeffizienzmaßnahmen wurden auf Basis einer Literaturrecherche ausgewählt. Die Auswahl erfolgte auf Basis definierter Selektionskriterien. Die Daten wurden in einer Excel-Datei aufbereitet, die separat zum vorliegenden Dokument zur Verfügung gestellt wird.

Im Fokus von Kapitel 3 (Arbeitspaket 2) stehen solche Hemmnisse, deren Überwindung möglich ist, die allerdings zu zusätzlichen Kosten (Transaktionskosten) auf Seiten der Entscheidungsträger führen und damit das Entscheidungskalkül der Akteure (Unternehmen, Haushalt, öffentliche Einrichtungen etc.) direkt beeinflussen. Dafür werden die Hemmnisse zunächst konzeptionell aufbereitet und anschließend für die ausgewählten Maßnahmen operationalisiert.

Im vierten Kapitel (Arbeitspaket 3) wird eine Integration von Preisen für Energieeffizienzdienstleistungen in die Kosten-Nutzen-Analysen vorgenommen. Dieses Arbeitspaket basiert ebenfalls weitgehend auf verfügbarer Literatur und Daten. War anhand der Literaturquellen keine Quantifizierung möglich, so wurden explorative Interviews mit relevanten Akteuren geführt. Kapitel 5 (Arbeitspaket 4) führt die Ergebnisse der vorigen Schritte zusammen, um auch Wechselwirkungen zu analysieren.

Die folgende Abbildung 1 veranschaulicht schematisch die Betrachtungsweise der Kosten in den einzelnen Arbeitspaketen des Projekts. In Arbeitspaket 1 werden Daten für eine einfache Kosten-Nutzen Analyse gesammelt. In Arbeitspaket 2 werden diese um Transaktionskosten erweitert. In AP 3 wird mit den Kosten für Energieeffizienzdienstleistungen ein weiterer Bereich zur Kosten-Nutzen-Analyse hinzugefügt.

Einfache Kosten-Nutzen-Analyse (AP1)



Erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse mit Transaktionskosten (AP2)



Erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse mit EEDL-Kosten (AP3)



Erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse mit Transaktionskosten und EEDL-Kosten (AP4)



**Abbildung 1: Schematische Darstellung der einfachen Kosten-Nutzen-Analyse und der erweiterten Kosten-Nutzen-Analyse, nach Arbeitspaket sortiert**

In Kapitel 5 (Arbeitspaket 4) werden die Ergebnisse aus den vorangegangenen Arbeitspaketen zusammengeführt, und analysiert inwiefern EEDL Transaktionskosten senken können und eine erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt, die in einem Excel-Tool umgesetzt wird. Der Bericht schließt mit einem Fazit ab.

## 2 Auswahl und Quantifizierung der analysierten Maßnahmen (AP1)

In AP1 erfolgt die Auswahl der zu analysierenden Energieeffizienz-Maßnahmen sowie die Entwicklung eines Maßnahmensteckbriefes zur Erfassung von Basisdaten (insb. direkte Kosten und Nutzen). Mit der Auswahl der zu untersuchenden Maßnahmen wird in AP 1 die Grundlage für die weiteren Untersuchungen in den nachfolgenden Arbeitspaketen entwickelt. Abschnitt 2.1 beschreibt das methodische Vorgehen zur Auswahl der Maßnahmen. Die ausgewählten Maßnahmen werden in Abschnitt 2.2 dargestellt. In Abschnitt 2.3 wird der Maßnahmensteckbrief zur Erfassung der Basisdaten vorgestellt.

### 2.1 Methodisches Vorgehen zur Auswahl der Maßnahmen

Das methodische Vorgehen zur Auswahl der betrachteten Maßnahmen orientiert sich an den zentralen Fragestellungen, die in den nachfolgenden Arbeitspaketen anhand der Fallbeispiele untersucht werden sollen. In AP 2 erfolgt eine Quantifizierung von Hemmnissen und Transaktionskosten aus der Perspektive des Investors (einzelwirtschaftliche Perspektive). In AP 3 stehen die Kosten für Energieeffizienzdienstleistungen (aus Investorensicht) zur Überwindung von Hemmnissen im Vordergrund.

Um ein möglichst umfassendes Verständnis der erweiterten Kosten-Nutzen-Analyse sowie der Möglichkeiten zur Bereitstellung von Energieeffizienzdienstleistungen zu erhalten, wird ein breites Spektrum unterschiedlicher Maßnahmen untersucht. Dies ist dadurch begründet, dass Hemmnisse, Kosten- und Nutzenkomponenten sowie Verfügbarkeit und Preise für Energieeffizienzdienstleistungen in verschiedenen Dimensionen stark variieren können.

Zahlreiche Studien weisen darauf hin, dass sich verschiedene Akteursgruppen sowohl im Hinblick auf ihre Hemmnisse als auch auf ihr Entscheidungsverhalten deutlich unterscheiden. Als erste zentrale Dimension wird daher zwischen drei verschiedenen Akteursgruppen, die bei der Investition als Entscheider auftreten, unterschieden:

- 1 | Haushalte,
- 2 | Unternehmen,
- 3 | öffentliche Einrichtungen.

Da sich die Hemmnisse und Entscheidungsprozesse je nach Höhe der Investition unterscheiden, wird zwischen gering-investiven Maßnahmen und hoch-investiven Maßnahmen unterschieden. Als zweite zentrale Dimension werden daher unterschiedliche Investitionsvolumen untersucht.

Die beiden Dimensionen (Akteure und Investitionsvolumen) spannen eine Matrix auf, deren Felder durch die ausgewählten Maßnahmen abgedeckt werden. Durch dieses Vorgehen wird sichergestellt, dass die zu untersuchenden Maßnahmen eine möglichst breite Auswahl an Entscheidungssituationen abdecken.

Für die Auswahl von Maßnahmen innerhalb der Matrix werden die folgenden Entscheidungskriterien definiert:

- Relevanz (hohes Einsparpotenzial)
- Datenverfügbarkeit
- Eignung zur Adressierung durch Energieeffizienzdienstleistungen

Weitere Aspekte, die bei der Auswahl berücksichtigt werden, sind die Komplexität der Maßnahme, die sektorale Zuordnung, die adressierten Energieträger sowie strukturelle Faktoren auf Seiten der Investoren (z.B. Unternehmensgröße).

## 2.2 Auswahl der Maßnahmen

Auf Basis der in Abschnitt 2.1 beschriebenen Vorgehensweise wurden die folgenden Maßnahmen zur weiteren Analyse ausgewählt:

**Tabelle 1: Ausgewählte Energieeffizienzmaßnahmen**

Private Haushalte	
<b>H1: Energetische Sanierung eines Mehrfamilienhauses</b>	Bei diesem Beispiel handelt es sich um aggregierte Werte aus über 270 KfW-geförderten Sanierungen, die von der Deutschen Energieagentur (dena) (2012) analysiert wurden. Bei diesem Gebäude handelt es sich daher um Durchschnittswerte. Das Gebäude hat eine Wohnfläche von etwa 350 m <sup>2</sup> und besteht aus vier Wohneinheiten. Es wurde zwischen 1958 und 1978 gebaut. Das Haus wird zu einem Effizienzhaus 70 saniert. Die Maßnahmen umfassen eine Dämmung der Außenwand, der Kellerdecke und der obersten Geschossdecke und eine 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung der Fenster. Zudem wurde ein neuer Öl-Brennwertkessel (inkl. Schornsteinsanierung) eingebaut sowie eine solarthermische Anlage zur Unterstützung der Warmwasserbereitung installiert (solarer Deckungsanteil: 50%). Eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung wurde integriert.
<b>H2: Neubau eines effizienten Einfamilienhauses</b>	Das Beispiel betrachtet die Errichtung eines Einfamilienhauses und vergleicht die energetischen Mehrkosten sowie Transaktionskosten, die dadurch anfallen, dass das Effizienzniveau über den gesetzlichen Mindeststandard hinausgeht.
<b>H3: Optimierung von Beleuchtungspunkten</b>	Im vorliegenden Beispiel erfolgt ein Ersatz von Leuchtmitteln in einem Wohngebäude durch effiziente LEDs. Der Ersatz von ineffizienten Leuchtmitteln durch effiziente LED führt zu erheblichen Einsparungen. Die Kosten für die Anschaffung der LEDs werden in der Regel schon nach kurzer Zeit amortisiert. Die Kosten werden zu 5 € pro LED angenommen und die Stromeinsparungen in einem Vier-Personen-Haushalt werden zu 320 kWh/Jahr abgeschätzt. Es wird angenommen, dass ein vorzeitiger Austausch vor Ende der Lebensdauer der alten Leuchtmittel erfolgt, so dass die gesamten Kosten als energetische Mehrkosten auftreten und die Differenz des Energieverbrauchs vollständig in die Berechnung der Einsparungen eingeht.
<b>H4: Austausch eines Kühlschranks</b>	Das Fallbeispiel betrachtet den Austausch eines ineffizienten Kühlgerätes in einem Wohngebäude. Die Anschaffungskosten für ein Gerät der Effizienzklasse A+++ werden zu 500 € abgeschätzt (siehe <a href="http://www.ecotopten.de">www.ecotopten.de</a> ). Die Stromeinsparungen sowie die eingesparten Energiekosten beim Ersatz eines 15 Jahre alten Gerätes werden zu 240 kWh/Jahr bzw. 72 €/Jahr abgeschätzt (co2online o.J.). Es wird angenommen, dass ein vorzeitiger Austausch vor Ende der Lebensdauer des alten Gerätes erfolgt, so dass die gesamten Kosten als energetische Mehrkosten auftreten und die Differenz des Energieverbrauchs vollständig in die Berechnung der Einsparungen eingeht.
Öffentliche Einrichtungen / Nicht-Wohngebäude	
<b>Ö1: Energetische Sanierung einer Schule in Wuppertal</b>	Mit der Sanierung der Grundschule hat Wuppertal am bundesweiten Modellprojekt „Niedrigenergiehaus im Bestand für Schulen“ der dena teilgenommen. Die energetische Aufwertung des Gebäudes machte umfassende Änderungen im Aufbau der Fassaden und der Dachfläche erforderlich. Die Gebäudetechnik hatte in der energetischen Sanierung ebenfalls einen hohen Stellenwert. An die Stelle der alten Ölheizung trat eine neue Holzpellettheizung.

<b>Ö2: Geringinvestive Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs in Gebäuden der Universität Freiburg</b>	Im Rahmen des Projektes "Dezentrale monetäre Anreize zum Energiesparen" wurden seit 2007 in Gebäuden der Universität Freiburg Maßnahmen durchgeführt, um Energie effizient zu nutzen und die Energieverbräuche zu reduzieren. Die vorliegende Fallstudie betrachtet ein Set an organisatorischen, technischen und verhaltensorientierten Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauches für Strom und Wärme, die im Zeitraum 2007-2016 in den Gebäuden der Fakultät für Psychologie durchgeführt wurden <sup>1</sup> . Als Anreiz zum Energiesparen wurden den Einrichtungen bis 2016 anteilig (ca. 50%) der Kosten, die gegenüber einer Referenz (Mittelwert des Verbrauchs über drei Jahre) eingespart wurden, gutgeschrieben. Durch die Energieeinsparung soll der Haushalt im Bereich der Energiekosten entlastet werden. Kumuliert über die Projektlaufzeit konnten in den Gebäuden der Fakultät bisher Energieeinsparungen von über 1 Million kWh erzielt werden. Die eingesparten Kosten für nicht benötigte Energie belaufen sich auf ca. 118.000 € <sup>2</sup> . Die kumulierten Investitionen in technische und verhaltensorientierte Maßnahmen über die Projektlaufzeit betragen ca. 43.000 €.
<b>Ö3: Kommunale Straßenbeleuchtung</b>	Die Stadt Kaarst hat zwischen 2012 und 2017 ihre Straßenbeleuchtung auf energieeffiziente LED-Beleuchtung umgestellt. Insgesamt wurden 6.253 Leuchten ausgetauscht, der LED Anteil liegt nun bei 99,8%. Damit verbunden waren Investitionen in Höhe von 2,56 Mio. €, eine knappe halbe Million Euro wurde durch Fördergelder aus der Nationalen Klimaschutzinitiative abgedeckt. Pro Jahr werden nun durchschnittlich 1,4 Mrd. kWh Strom eingespart (über 300.000 €) und ca. 800.000 t CO <sub>2</sub> .
<b>Unternehmen</b>	
<b>U1: Austausch ineffizienter Elektromotoren</b>	In der Industrie sorgen elektrische Antriebe für etwa 70 % des Stromverbrauchs (AGEB 2016). Das vorliegende Beispiel betrachtet den (vorgezogenen) Austausch eines älteren Motors (4 polig, 30 kW, Effizienzklasse EFF3, Wirkungsgrad von 85%) durch einen effizienten Motor der Klasse IE3.
<b>U2: Energieverbrauch sreduktion bei der Nutzung von Druckluft</b>	Die Nutzung von Druckluft ist weit verbreitet in industriellen Unternehmen und bietet hohe Energieeinsparpotenziale. Das vorliegende Beispiel untersucht die Modernisierung einer Druckluftstation mit einem Gesamtenergieverbrauch von 1.000 MWh pro Jahr (vor Modernisierung).
<b>U3: Energieeffizienz in der Wärmebehandlung von Stahl</b>	Das vorliegende Fallbeispiel untersucht die Installation eines neuen Ofens zur Wärmebehandlung von Stahl in einer Eisengießerei in Italien im Jahr 2014. Dieser ist deutlich effizienter und mit einem innovativen Feuerfestmaterial beschichtet (MERCIDatenbank, ID 1300009).
<b>U4: Effiziente Kältetechnik</b>	Energieeffiziente Kältetechnik: Im Bereich der Kältetechnik wird der Einsatz eines innovativen Systems mit Wasser als Kältemittel und der Nutzung von freier Kühlung betrachtet. Der Einsatz von freier Kühlung eignet sich insbesondere für die Anwendung in Unternehmen mit hoher interner Wärmeerzeugung und einem konstanten Kühlbedarf auf ca. 20 Grad Celcius (z.B. Rechenzentren).

Im ersten Schritt wurden die energetischen Zusatzinvestitionen und die Energiekosteneinsparung gegenübergestellt.

<sup>1</sup> <http://www.psychologie.uni-freiburg.de/zentrale.einrichtungen/energieeffizienz/ergebnisse/Chronik>

<sup>2</sup> Die Einsparungen werden in Bezug auf dynamisch angepasste Referenz quantifiziert, die tatsächlichen Einsparungen im Vergleich zum Basisjahr 2007 liegen daher deutlich höher.

Tabelle 2: Investitionen und Energiekosteneinsparungen ausgewählter Maßnahmen

Maßnahme	Energetische Zusatzinvestition (soweit verfügbar)	Energiekosteneinsparungen über die Lebensdauer
<b>H1: Energetische Sanierung eines Mehrfamilienhauses</b>	61.576 €	109.298 €
<b>H2: Neubau eines effizienten Einfamilienhauses</b>	9.200 € (ohne Förderung) 1.100 € (mit Förderung)	21.000 €
<b>H3: Optimierung von Beleuchtungspunkten</b>	35 €	360 €
<b>H4: Austausch eines Kühlschranks</b>	500 €	1.050 €
<b>Ö1: Energetische Sanierung einer Schule in Wuppertal</b>	70.000 €	330.000 €
<b>Ö2: Geringinvestive Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs in Gebäuden der Universität Freiburg</b>	43.000 €	120.000 €
<b>Ö3: Kommunale Straßenbeleuchtung</b>	2,56 Mio. €*	5,25 Mio. €
<b>U1: Austausch ineffizienter Elektromotoren</b>	2.000 €	19.968 €
<b>U2: Energieverbrauchsreduktion bei der Nutzung von Druckluft</b>	73.000 €	213.000 €
<b>U3: Energieeffizienz in der Wärmebehandlung von Stahl</b>	94.000 €*	365.926 €
<b>U4: Effiziente Kältetechnik</b>	250.000 €	247.000 €

\* Bei diesen Maßnahmen konnten keine energetischen Zusatzinvestitionen berechnet werden. Bei den Zahlen handelt es sich um die gesamten Investitionskosten.

## 2.3 Entwicklung der Maßnahmensteckbriefe

Als Grundlage für die weiteren Untersuchungen in den nachfolgenden Arbeitspaketen wurde in AP 1 ein Maßnahmensteckbrief entwickelt, der im Anschluss für alle ausgewählten Maßnahmen ausgefüllt wurde.

Die folgende Tabelle zeigt ein Muster eines Maßnahmensteckbriefs. Der Steckbrief wurde für alle Maßnahmen ausgefüllt und steht als separates XLS-Dokument zur Verfügung.

Tabelle 3 Muster eines Maßnahmensteckbriefs

<b>Titel der Maßnahme:</b>	
<b>Beschreibung</b>	<b>Beschreibung, Ziel, Wirkung der Maßnahme:</b>
<b>Maßnahmenprofil</b>	<b>Komplexität der Maßnahme:</b>
	<b>Energieträger:</b>
	<b>Strukturelle Faktoren (z.B. Unternehmensgröße etc.):</b>
	<b>Relevanz der Maßnahme: (hoch, mittel, niedrig)</b>
	<b>Eignung zur Adressierung von EEDL: (hoch, mittel, niedrig)</b>
	<b>Investitionsintensität: (gering oder hochintensiv)</b>
<b>Handlungsfeld</b>	
<b>THG-Minderungspotenzial</b>	
<b>Grunddaten zur Kosten-Nutzen Analyse</b>	
<b>Investitionen (Euro)</b>	
<b>Energieeinsparungen (kWh/Jahr)</b>	
<b>Eingesparte Energiekosten (Euro gesamt)</b>	
<b>Betriebs- und Wartungskosten (Euro/Jahr)</b>	
<b>Lebensdauer (Jahre)</b>	
<b>Zinssatz</b>	
<b>Erweiterte Kosten-Nutzen Analyse</b>	
<b>Beschreibung der wichtigsten Hemmnisse</b>	
<b>Einordnung in erweiterte Kostenkategorien</b>	
<b>Quantifizierung</b>	
<b>Daten- und Literaturquellen</b>	
<b>EEDL</b>	
<b>Art der EEDL</b>	
<b>Gesamtkosten der EEDL (in EUR, Eigenanteil + Förderanteil)</b>	
<b>Förderhöhe (als Teil der Gesamtkosten in EUR), falls zutreffend</b>	
<b>Förderprogramm, falls zutreffend</b>	
<b>Weitere EE-Maßnahmen, die durch die EEDL adressiert werden können</b>	
<b>Hemmnisse für die Nutzung der EEDL</b>	
<b>Einschränkung der Daten</b>	
<b>Daten- und Literaturquellen</b>	

### 3 Erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse (AP2)

In AP 2 erfolgt eine Erweiterung der in AP 1 erstellten Maßnahmensteckbriefe durch erweiterte Kosten-Nutzen Kategorien, die aus einer Analyse der Transaktionskosten zur Überwindung von Hemmnissen abgeleitet werden. Abschnitt 3.1 beschreibt die konzeptionellen Grundlagen. Das methodische Vorgehen zur Analyse von Hemmnissen und zur Quantifizierung der Transaktionskosten für die in AP 1 ausgewählten Maßnahmen wird in Abschnitt 3.2 dargestellt. Die Ergebnisse für die drei Akteursgruppen werden in den Abschnitten 3.3 (Unternehmen), 3.3 (Haushalte) und 3.4 (öffentliche Einrichtungen) zusammengefasst.

#### 3.1 Konzeptionelle Grundlagen

Die Quantifizierung von Transaktionskosten erfordert zunächst ein qualitatives Verständnis der Hemmnisse und Kosten, die mit der Planung und Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen verbunden sind. Bei der Betrachtung der Hemmnisse wird unterschieden zwischen

- A) Hemmnissen, die einer Umsetzung von Maßnahmen grundsätzlich entgegenstehen und
- B) Hemmnissen, deren Überwindung mit Transaktionskosten verbunden ist.

Der Fokus der vorliegenden Studie liegt auf den unter Punkt B genannten Hemmnissen. Zur systematischen Erfassung der Hemmnisse und Transaktionskosten wird in Abschnitt 3.1.1 ein Kategorisierungssystem für Hemmnisse und in Abschnitt 3.1.2 für Transaktionskosten eingeführt.

##### 3.1.1 Hemmnisse für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen

In der Literatur wird der Einfluss von Hemmnissen auf Investitionsentscheidungen in Energieeffizienzmaßnahmen sowohl qualitativ als auch quantitativ in verschiedenen Forschungszweigen betrachtet. Als Hemmnisse werden in dieser Studie alle Faktoren betrachtet, die einer Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen entgegenstehen. Dabei wird eine einzelwirtschaftliche Sicht zugrunde gelegt.

Für die Betrachtung der Hemmnisse wird zwischen verschiedenen Phasen in der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen unterschieden (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Phasen in der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen

Phase 0: Die Akteure sind sich bewusst, dass sie durch entsprechende Maßnahmen Potenzial haben, ihre Energieeffizienz zu verbessern.

Phase 1: Die Akteure beschaffen sich die notwendigen Informationen (intern und extern), die eine mögliche Umsetzung der Energieeffizienzmaßnahmen unterstützen. Die Informationsverarbeitung hat die spätere Entscheidungsfindung zum Ziel.

Phase 2: Die Entscheidung zur Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen wird getroffen.

Phase 3: Die Energieeffizienzmaßnahmen werden umgesetzt.

Phase 4: Die umgesetzte Maßnahme wird in die betrieblichen Abläufe eingebunden (z.B. Mitarbeiterschulungen etc.)

Zur Systematisierung der betrachteten Hemmnisse werden anhand einer Literaturanalyse zunächst Hemmnis-Kategorien definiert (u.a. Thomas (2007), Toro et al. (2017), Trianni (2013), BMU (1997b), DBU (1995a), ENQUETE-Kommission (1995), Energiestiftung SH (1996), Klimabündnis (1995), Damm (1996), Baginski und Weber (2017), SBI (2015), Fleiter et al. (2012), O' Malley et al. (2003)). In der Literatur werden zahlreiche Varianten der Klassifizierung und Systematisierung von Hemmnissen vorgeschlagen. Aufbauend auf bestehenden Systematisierungen wurden die in Tabelle 4 dargestellten Hemmnis-Kategorien abgeleitet.

Tabelle 4: Beschreibung der Hemmnis-Kategorien

Hemmnis-Kategorie	Beschreibung
<b>Informationsdefizite</b>	<p>Die Hemmnis-Kategorie Informationsdefizite betrachtet <b>Hemmnisse im Zusammenhang mit fehlender Information</b>, die in unterschiedlichen Entscheidungsphasen auftreten können: Bereits im Vorfeld des eigentlichen Entscheidungsprozesses kann fehlende Information oder fehlende Aufmerksamkeit dazu führen, dass mögliche Effizienzpotenziale nicht bekannt sind und somit kein Entscheidungsprozess initiiert werden kann.</p> <p>Ist das generelle Vorhandensein von möglichen Einsparpotenzialen bekannt, können Informationsdefizite die Entscheidungsfindung erschweren bzw. die Kosten für die Entscheidungsfindung steigern.</p> <p>In der erweiterten Kosten-Nutzen-Analyse werden die Hemmnisse berücksichtigt, indem Suchkosten (sowohl intern als auch extern) und Entscheidungskosten betrachtet werden. Im Bereich des Hemmnisses der Informationsdefizite sind die unter Kapitel 3.1 Punkt A) genannten Hemmnisse zwar von großer Relevanz für die Diffusion von Energieeffizienztechnologien, sie sind allerdings im Hinblick auf die Kosten-Nutzen-Analyse nicht relevant.</p>
<b>Präferenzen</b>	<p>Unter der Kategorie Präferenzen werden <b>nicht-ökonomische Faktoren</b> betrachtet, die einer Umsetzung von Effizienzmaßnahmen entgegenwirken, unabhängig von den ökonomischen Gegebenheiten. Beispiele hierfür sind Unannehmlichkeiten wie Lärm und Dreck bei Sanierungsarbeiten, Präferenzen für bestimmte Technologien unabhängig von deren Wirtschaftlichkeit, etc. Hemmnisse aus dieser Kategorie spielen insbesondere im Bereich der privaten Haushalte eine zentrale Rolle und können in der Regel kaum durch monetäre Anreize beseitigt werden.</p> <p>In der Kosten-Nutzen-Analyse spielen diese Hemmnisse eine untergeordnete Rolle, da eine Monetarisierung durch den explizit nicht-ökonomischen Charakter der Hemmnisse nicht sinnvoll möglich ist.</p>
<b>Zugang zu Kapital</b>	<p>Die Kategorie Zugang zu Kapital umfasst verschiedene Hemmnisse im Zusammenhang mit der Beschaffung von Kapital:</p> <p>1   Grundlegende Hindernisse, die den Zugang zu Kapital und somit die</p>

Hemmnis-Kategorie	Beschreibung
	<p>Durchführung von Effizienzmaßnahmen vollständig verhindern (z.B. mangelnde Kreditfähigkeit)</p> <p>2   Kosten zur Beschaffung von externem Kapital, insbesondere auch Kosten für die Beschaffung von Fördergeldern (z.B. Kosten für die Einbindung eines Energieberaters als Voraussetzung für KfW-Förderung zur Gebäudesanierung)</p> <p>3   Opportunitätskosten durch entgangene Alternativinvestitionen bei der Nutzung von internem Kapital</p> <p>In der erweiterten Kosten-Nutzen-Analyse werden die unter Punkt 2) -3) genannten Hemmnisse berücksichtigt, während die unter Punkt 1) genannten Hemmnisse unabhängig von der Wirtschaftlichkeit der Maßnahme zu einer Nicht-Umsetzung führen und somit keine Rolle spielen.</p>
<b>Organisatorische Hemmnisse</b>	<p>Die Kategorie <b>organisatorische Hemmnisse</b> umfasst eine Vielzahl an Hemmnissen, in denen strukturelle Faktoren die Umsetzung von Effizienzmaßnahmen erschweren oder verhindern. Beispiele sind Zeitmangel, Personalmangel, komplexe Kommunikations- oder Entscheidungsstrukturen sowie geteilte Anreize (z.B. Mieter-Vermieter-Problematik).</p> <p>In der erweiterten Kosten-Nutzen-Analyse werden organisatorische Hemmnisse betrachtet, sofern deren Überwindung unter Inkaufnahme von zusätzlichen Kosten möglich ist.</p>
<b>Wahrgenommene und ermittelte Risiken</b>	<p>Die Kategorie <b>wahrgenommene und ermittelte Risiken</b> umfasst sowohl Hemmnisse, die eine Umsetzung von Effizienzmaßnahmen vollständig verhindern (z.B. Risiko für Produktionsausfall bei Maßnahmen an Kernprozessen in Industrieunternehmen) sowie Hemmnisse, bei denen zusätzliche Kosten zur Beseitigung/Verringerung der Risiken entstehen (z.B. höhere Renditeerwartungen durch unsichere Einsparungen). Auch Erwartungen über Einsparpotenziale zukünftiger Technologien stellen ein Hemmnis dar. In der erweiterten Kosten-Nutzen-Analyse werden nur solche Risiken betrachtet, deren Überwindung unter Inkaufnahme von zusätzlichen Kosten möglich ist.</p>

### 3.1.2 Transaktionskosten bei der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen

Transaktionskosten umfassen alle Kosten, die nicht mit den direkten Investitionen und Wartungskosten verbunden sind, aber zur Vorbereitung und Umsetzung einer Energieeffizienzmaßnahme notwendig sind. Bei der Quantifizierung der jeweiligen Transaktionskosten ist zu beachten, dass nur die zusätzlichen Kosten bilanziert werden, die für die Umsetzung der energieeffizienten Maßnahme anfallen.

In **Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen** umfassen die Transaktionskosten sowohl Aktivitäten und Tätigkeiten, die von Mitarbeitern des Unternehmens durchgeführt werden, als auch Kosten die durch externe Aufträge (z.B. Beratungsleistungen) entstehen.

Bei **Haushalten** ist eine Umrechnung des im Haushalt selbst anfallenden Zeitaufwandes in der Regel nicht sinnvoll, so dass sich die Transaktionskosten im Wesentlichen auf zusätzlich anfallende Kosten durch externe Leistungen beschränken (z.B. Beratungskosten, Anwaltskosten, etc.).

Wie im vorherigen Abschnitt dargestellt, können einige Hemmnisse bei der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen prinzipiell überwunden werden, wobei im Zusammenhang mit deren Überwindung Transaktionskosten anfallen. Tabelle 5 stellt für einige ausgewählte Hemmnisse den Zusammenhang zwischen der Überwindung der Hemmnisse und den daraus resultierenden Transaktionskosten dar.

**Tabelle 5: Beispielhafte Darstellung von Hemmnissen und abgeleiteten Transaktionskosten**

Hemmniskategorie	Hemmnis	Abgeleitete Transaktionskosten
<b>Informationsdefizite</b>	Fehlende Information über Maßnahmen	Das Aneignen des erforderlichen Wissens ist mit personellen Aufwänden oder dem Zukauf von externen Beratungsleistungen verbunden
	Fehlende Information über Energiekosten	Die Aufschlüsselung der Energiekosten ist mit Transaktionskosten (Messtechnik sowie personelle Kapazitäten) verbunden
<b>Zugang zu Kapital</b>	Aufwand zur Beschaffung von Fördermitteln	Die Beantragung von Fördermitteln ist mit personellen Aufwänden sowie mit Kosten für die Bereitstellung der erforderlichen Beratungsleistungen verbunden
<b>Organisatorische Hemmnisse</b>	Nutzer-Investor-Dilemma (Beispiel öffentliche Gebäude: Nutzung und Zuständigkeit für Energiekosten in unterschiedlichen Organisationseinheiten)	Zur Überwindung des Hemmnisses ist die Generierung von Anreizen zur Energieeinsparung durch den Nutzer durch geringinvestive Maßnahmen und Nutzerverhalten notwendig. Die Schaffung eines Anreizsystems (z.B. Prämiensysteme) ist mit Transaktionskosten verbunden.
	Fehlende personelle Kapazität	Die Möglichkeit die personellen Kapazitäten zu erhöhen ist (neben den Personalkosten für die einzustellenden Personen) aufgrund der Entscheidungsstrukturen häufig mit hohem Aufwand verbunden.

Quelle: Darstellung Öko-Institut

Um eine systematische Erfassung der Transaktionskosten für die in Kapitel 2 dargestellten Maßnahmen zu ermöglichen, werden basierend auf bestehenden Klassifizierungen die in Tabelle 6 dargestellten Kategorien abgeleitet.

**Tabelle 6: Klassifizierung von Transaktionskosten**

Bezeichnung	Beschreibung	Beispiele
<b>Suchkosten</b>	Kosten für die Suche und Verarbeitung von Informationen.	Suche nach Informationen über vorhandene Technologien und deren Kosten Suche nach Informationen zu vorhandenen Förderprogrammen
<b>Entscheidungskosten</b>	Kosten zur Entscheidung ob die Maßnahme weiter verfolgt wird, gegebenenfalls Entscheidung zwischen verschiedenen Optionen.	Zeitaufwand für Abstimmungsbedarf
<b>Kapitalkosten</b>	Eigenkapitalkosten und Fremdkapitalkosten	Fremdkapitalkosten: Zinskosten bei Kreditaufnahme Eigenkapitalkosten: Renditeerwartung von Unternehmen
<b>Verhandlungskosten</b>	Kosten zur Verhandlung der vertraglichen Bedingungen, auch Zeitaufwand	Vertragliche Regelungen zur Kosten/Nutzen-Verteilung bei Nutzer-Investor Dilemma z.B. Kosten für Anwälte oder Drittanbieter
<b>Genehmigungs- und Zertifizierungskosten</b>	Genehmigungs- und Zertifizierungskosten fallen an, wenn die Maßnahme im Vorhinein von einer Institution genehmigt oder zertifiziert werden muss.	Förderung: Zeitaufwand zur Erstellung des Förderantrages; Genehmigung für Maßnahmen an denkmalgeschützten Gebäuden Maßnahmen, die im Rahmen von einem weiße-Zertifikate-Schema durchgeführt werden
<b>Monitoring- und Nachweiskosten</b>	Kosten für die Erhebung von Energieverbrauchsdaten zur Überprüfung der Wirksamkeit der Maßnahme.	Auslesen von Verbrauchszählern und Dokumentation der Werte.
<b>Kosten für externe Beratung</b>	Durch Inanspruchnahme externer Beratungen werden Informations- & und Suchkosten teilweise externalisiert.	Inanspruchnahme eines Energieberaters / Fachplaners.
<b>Realisierungskosten</b>	Kosten für die Überwachung und Durchsetzung	Zeitaufwand für Bestellungen, Warenannahme, Begleitung der Montage
<b>Adaptionskosten</b>	Kosten zur Einbindung der Energieeffizienzmaßnahme in den Produktionsprozess oder das Gebäudemanagement	Schulung oder Ersetzen von Mitarbeitern
<b>Opportunitätskosten</b>	Kosten für entgangene alternative Investitionen	Eingesetztes Kapital oder Zeit der Mitarbeiter kann nicht für andere Projekte verwendet werden z.B. Steigerung in der Produktion

### 3.2 Methodisches Vorgehen zur Quantifizierung von Transaktionskosten

Basierend auf dem in Abschnitt 3.1 dargestellten konzeptionellen Rahmen wurden für die in Kapitel 2 beschriebenen Maßnahmen die Transaktionskosten quantifiziert. Das methodische Vorgehen zur Quantifizierung ist in Abbildung 3 dargestellt. Für jeden der drei untersuchten Bereiche (private Haushalte, öffentliche Einrichtungen, Unternehmen) wurden zunächst die in der Literatur untersuchten Hemmnisse identifiziert und den in Tabelle 4 dargestellten Hemmniskategorien zugeordnet. In

einem nächsten Schritt erfolgte eine Literaturrecherche zu den im Zusammenhang mit den Maßnahmen relevanten Transaktionskosten. Da der empirischen Untersuchung von Transaktionskosten in der Literatur bisher eine geringe Rolle zukommt, ist eine Quantifizierung anhand der vorhandenen empirischen Studien nicht durchgehend möglich. Aus diesem Grund wurden für die Fallbeispiele, bei denen anhand der Literaturquellen keine Quantifizierung möglich ist, explorative Interviews mit den relevanten Akteuren geführt.

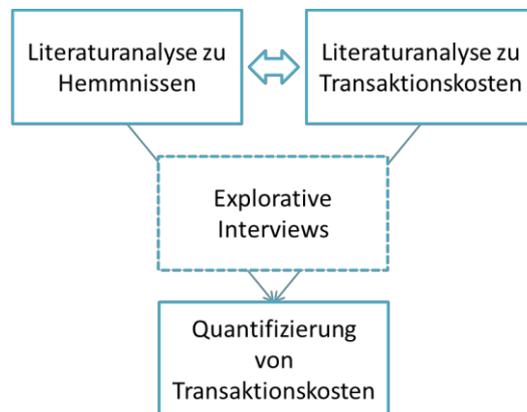


Abbildung 3: Methodisches Vorgehen zur Quantifizierung von Transaktionskosten

### 3.3 Quantifizierung von Transaktionskosten in Haushalten

#### 3.3.1 Hemmnisse für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen in Haushalten

Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse der Hemmnis-Analyse für Energieeffizienzmaßnahmen in privaten Haushalten zusammen.

**Tabelle 7: Hemmnisse für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen in Haushalten**

Hemmnis-Kategorie	Beschreibung der Hemmnisse
<b>Informationsdefizite</b>	Fehlende Information und fehlendes Interesse an Effizienzmaßnahmen Information zu Energiekosten auf Einzelverbraucherebene häufig nicht vorhanden
<b>Präferenzen</b>	Präferenz für bestimmte Technologien unabhängig von deren Wirtschaftlichkeit (z.B. Glühbirne, weiße Ware) Entscheidungen zu Sanierungsmaßnahmen werden nicht (ausschließlich) anhand von Wirtschaftlichkeitskriterien getroffen, da häufig emotionale Werte eine wichtige Rolle spielen. Präferenz für bekannte Technologien
<b>Zugang zu Kapital</b>	Fehlende Kreditfähigkeit z.B. bei älteren Menschen Kreditrahmen bereits ausgeschöpft Generell fehlende finanzielle Möglichkeiten
<b>Organisatorische Hemmnisse</b>	Mieter-Vermieter-Dilemma Rolle von Intermediären wie Handwerkern EigentümerInnen-Gemeinschaften
<b>Wahrgenommene und ermittelte Risiken</b>	Neue Technologien Unsicherheit über zukünftige Energiepreise Angst vor Baumängeln

Quelle: basierend auf Thomas (2007), Weiß (2012), BMU (1997b), DBU (1995a), ENQUETE-Kommission (1995), Energiestiftung SH(1996), Klimabündnis (1995), Damm (1996), Baginski und Weber (2017), SBI (2015)

### 3.3.2 Empirische Untersuchungen zu Hemmnissen und Transaktionskosten

Während die Hemmnisse für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen in Haushalten in der Literatur sowohl konzeptionell als auch empirisch weitreichend untersucht sind, liegen kaum detaillierten empirischen Arbeiten zur Quantifizierung von Transaktionskosten in Haushalten vor. Eine der wenigen Quellen, die eine Quantifizierung von Transaktionskosten im Gebäudebereich vornimmt, ist Ürge-Vorsatz et al. (2012). Hier werden allerdings Zahlen für Schweden dargestellt. Zudem wird nicht klar ersichtlich, welche Maßnahmen konkret umgesetzt wurden und wie die Transaktionskosten berechnet wurden.

Die fehlende Literatur zur Quantifizierung von Transaktionskosten kann nicht zuletzt dadurch begründet werden, dass im Unterschied zu Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen die Zeitaufwände zur Überwindung von Hemmnissen (z.B. Suchkosten, Entscheidungskosten) in Haushalten nicht als eigentliche Kosten zu Buche schlagen. Obgleich die von den Haushalten aufgebrauchten Zeitaufwände beispielsweise im Zusammenhang mit energetischen Sanierungsmaßnahmen erheblich sind (z.B. Planung der Maßnahmen, Suche und Abstimmung mit Handwerksbetrieben, Suche nach geeigneten Fördermitteln, Entscheidungsfindung, etc.) und auch ein wichtiges Hemmnis bei der Umsetzung darstellen, ergeben sich dadurch keine Transaktionskosten. Im Umkehrschluss bedeutet dies auch, dass EEDL zur Überwindung der Hemmnisse (z.B. Energieberatung, Sanierungsberatung) für Haushalte Kosten verursachen, aber in der Regel nicht zu einer Reduzierung der Transaktionskosten beitragen können.

### 3.3.3 Vorgehen zur Quantifizierung der Transaktionskosten

Das Vorgehen zur Quantifizierung der Transaktionskosten sowie die Datengrundlage zur Quantifizierung für die Fallbeispiele für Energieeffizienzmaßnahmen in Haushalten ist in Tabelle 8 zusammengefasst.

**Tabelle 8: Datengrundlage und Vorgehen für die Quantifizierung ausgewählter Energieeffizienzmaßnahmen in Haushalten**

Fallbeispiel	Vorgehen zur Quantifizierung der Transaktionskosten
<b>H1 Energetische Sanierung eines Mehrfamilienhauses</b>	Die Quantifizierung von Transaktionskosten bei der energetischen Sanierung eines Mehrfamilienhauses zeigt sich als schwierig, da in der Literatur keine belastbaren und übertragbaren Zahlen verfügbar sind. Viele Kriterien spielen bei der Sanierung eines Gebäudes bei privaten Haushalten eine Rolle, so dass hier kein Wert genannt werden kann. In den Interviews wurden die Schwierigkeiten bei der Quantifizierung bestätigt. Es wird daher darauf verzichtet, die Transaktionskosten dieses Beispiels zu quantifizieren.
<b>H2 Neubau eines effizienten Einfamilienhauses</b>	Zum Fallbeispiel des effizienten Neubaus wurde auf Basis der Literaturanalyse sowie zwei explorativer Interviews herausgearbeitet, dass als Transaktionskosten im Wesentlichen die Kosten für die erforderlichen Beratungsleistungen, die als Voraussetzung für die Inanspruchnahme von Förderung im KfW-Programm „Energieeffizient Bauen und Sanieren“ benötigt werden anfallen. Während die Planung eines Sanierungs- und Neubauprojektes ebenfalls mit erheblichen Zeitaufwänden für die Gebäudeeigentümer verbunden ist, können diese nicht als Transaktionskosten angesehen werden. Die energetischen Mehrkosten, Energieeinsparungen sowie Transaktionskosten wurden basierend auf dem in (KfW 2016) beschriebenen Musterbeispiel abgeschätzt.
<b>H3 Austausch von Beleuchtungspunkten</b>	Da aufgrund der geringen Komplexität und der vergleichsweise guten Informationsbereitstellung durch das Energielabel bei den niedriginvestiven Maßnahmen die Zeitaufwände und Transaktionskosten vernachlässigbar sind, wurde auf eine Quantifizierung dieses Fallbeispiels verzichtet.
<b>H4 Austausch eines Kühlschranks</b>	Da aufgrund der geringen Komplexität und der vergleichsweise guten Informationsbereitstellung durch das Energielabel bei den niedriginvestiven Maßnahmen die Zeitaufwände und Transaktionskosten vernachlässigbar sind, wurde auf eine Quantifizierung dieses Fallbeispiels verzichtet.

### 3.3.4 Ergebnisse

Dem in Tabelle 8 dargestellten Vorgehen folgend, wurden für die Maßnahme H2 „Umsetzung eines effizienten Neubaus (Einfamilienhaus)“ ausschließlich die Transaktionskosten quantifiziert, die mit der Bereitstellung der notwendigen Beratungsleistungen als Voraussetzung für die Inanspruchnahme von Fördermitteln verbunden ist. Weitere Zeitaufwände, die bei den Haushaltsmitgliedern zur Planung der Maßnahme anfallen, wurden nicht quantifiziert, da diese sich nicht als monetäre Kosten ausdrücken lassen.

Bei der Quantifizierung der Investition sowie der Transaktionskosten wird unterschieden zwischen Kosten, die direkt vom Haushalt getragen werden sowie Kosten, die durch Fördermittel abgedeckt werden. Dabei besteht ein Zusammenhang zwischen der Inanspruchnahme von Fördermitteln sowie den anfallenden Transaktionskosten: Die Inanspruchnahme von Fördermitteln ist nur dann möglich, wenn eine (kostenpflichtige) Baubegleitung erfolgt. Gleichzeitig kann auch die Baubegleitung anteilig gefördert werden.

Der Zusammenhang zwischen Investition, eingesparten Energiekosten, Transaktionskosten und Fördermitteln ist in Abbildung 4 dargestellt.

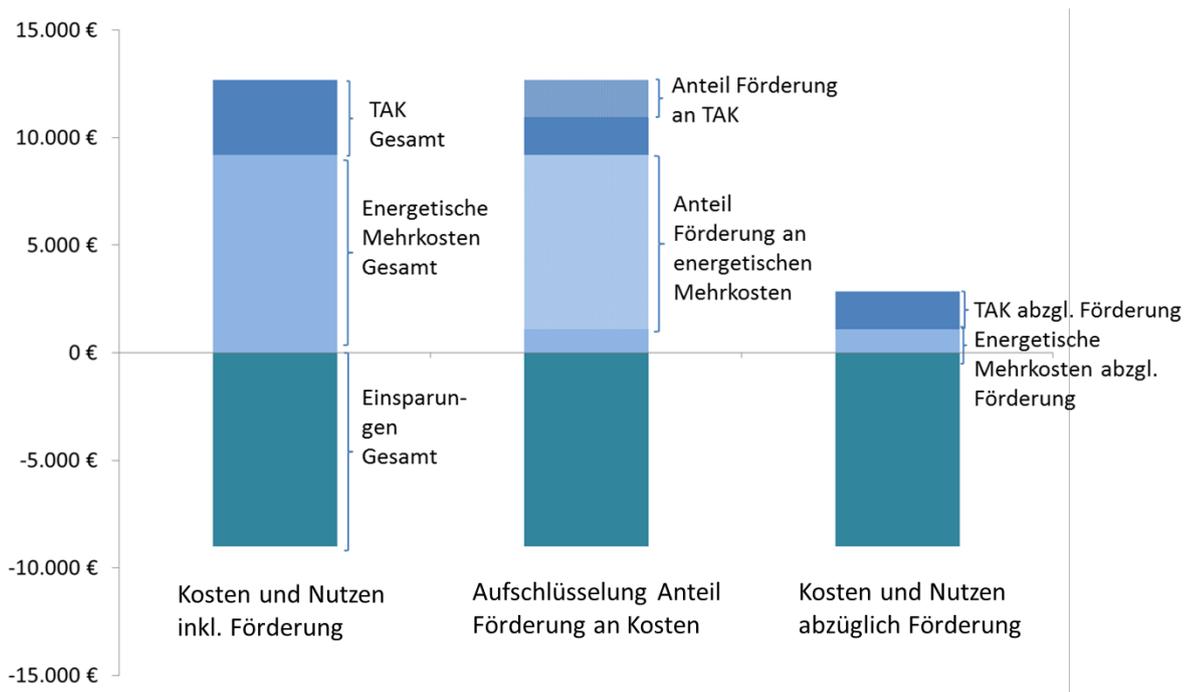


Abbildung 4: Energetische Mehrkosten, Energieeinsparungen sowie Transaktionskosten (TAK) bei der Umsetzung eines energieeffizienten Neubaus.

### 3.4 Quantifizierung von Transaktionskosten in öffentlichen Einrichtungen

#### 3.4.1 Hemmnisse für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen in öffentlichen Einrichtungen

Auf Basis der Literatur wurden die in Tabelle 9 dargestellten Hemmnisse identifiziert und den verwendeten Hemmniskategorien zugordnet.

**Tabelle 9: Hemmnisse für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen in öffentlichen Einrichtungen**

Hemmnis-Kategorie	Beschreibung der Hemmnisse
<b>Informationsdefizite</b>	Energiekosten liegen häufig nur aggregiert vor Fehlende energietechnische Kenntnisse Fehlende Kenntnisse über Rentabilität
<b>Präferenzen</b>	Präferenz für andere Investitionen Präferenzen für andere Technologien
<b>Zugang zu Kapital</b>	Geringe Budgetausstattung für Effizienzinvestitionen Fehlendes Kapital, da auf Bedarfszuweisung angewiesen Kreditfähigkeit/-zugang
<b>Organisatorische Hemmnisse</b>	Nutzer-Investor Dilemma Energiekosten fallen in anderen Organisationseinheiten an Fehlende Entscheidungskompetenzen Energetische Effizienz kein Kriterium der Rechnungsprüfung (nur Wirtschaftlichkeitsprinzip) Fehlende personelle Kapazität
<b>Wahrgenommene und ermittelte Risiken</b>	Konflikte mit anderen Interessen Schwierige politische Rahmenbedingungen Warten auf Einsparpotenziale zukünftiger Technologien

Quelle: basierend auf Thomas (2007), Weiß (2012), Toro et al. (2017), BMU (1997b), DBU (1995a), ENQUETE-Kommission (1995), Energiestiftung SH (1996), Klimabündnis (1995), Damm (1996), Baginski und Weber (2017), SBI (2015)

### 3.4.2 Empirische Untersuchungen zu Hemmnissen und Transaktionskosten

In der Literaturanalyse konnten keine Studien zur Quantifizierung von Transaktionskosten im Zusammenhang mit Energieeffizienzmaßnahmen in öffentlichen Einrichtungen gefunden werden. Aus diesem Grund erfolgte für den Bereich der öffentlichen Einrichtungen eine Erhebung von Primärdaten für drei exemplarische Fallbeispiele (siehe Tabelle 10). Die Darstellung der Fallbeispiele ist daher umfangreicher als für die Bereiche Haushalte und Unternehmen.

### 3.4.3 Vorgehen zur Quantifizierung der Transaktionskosten

Tabelle 10: Datengrundlage und Vorgehen für die Quantifizierung ausgewählter Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen

Fallbeispiel	Vorgehen zur Quantifizierung der Transaktionskosten
<b>Ö1 Energetische Sanierung einer Schule in Wuppertal</b>	<p>Die energetischen Mehrkosten bei der Sanierung der Schule in Wuppertal umfassen 70.000 €. Dem gegenüber stehen jährliche Kosteneinsparungen von 11.000 € bzw. über 30 Jahre von 330.000 €.</p> <p>Auf Basis des Interviews mit dem Gebäudemanagement der Stadt Wuppertal wurde der Personaleinsatz abgeschätzt. Ein Bauphysiker, der bei der Stadt Wuppertal angestellt ist, hat sich hauptsächlich um die Sanierung gekümmert. Zudem wurde ein externer Berater beauftragt. Auch der Hausmeister der Schule hat die Sanierung begleitet. Insgesamt werden die Transaktionskosten auf 20.000 € abgeschätzt.</p>
<b>Ö2 Geringinvestive Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs in Gebäuden der Universität Freiburg</b>	<p>Bei den Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs an der Universität Freiburg wurden im Zeitraum von 2007-2016 43.000 € investiert. Diese haben insgesamt zu Einsparungen in Höhe von 120.000 € geführt. Kosteneinsparungen pro Jahr sind nicht bekannt.</p> <p>Während die durchgeführten Maßnahmen sowie deren Kosten und Einsparungen in der Dokumentation des Projektes beschrieben sind, wurden die Zeitaufwände und/oder Transaktionskosten nicht erfasst. Im Rahmen der vorliegenden Studie erfolgte daher eine Kontaktaufnahme mit dem Projektteam, woraufhin eine Auflistung an Tätigkeiten, die im Zusammenhang mit der Planung und Umsetzung der Maßnahmen anfallen erstellt und zur Verfügung gestellt wurde. Diese beinhaltet eine detaillierte Beschreibung der einmalig sowie der wiederholend anfallenden Tätigkeiten und deren jeweiligen Zeitaufwänden. Auf Grundlage dieser konnte eine Abschätzung der Transaktionskosten vorgenommen werden. Diese wurden auf 66.000 € geschätzt.</p>
<b>Ö3 Kommunale Straßenbeleuchtung</b>	<p>Beim Austausch der Leuchtmittel der Straßenbeleuchtung wurden 2,56 Mio. € investiert. Diese Investitionen haben zu jährlichen Einsparungen von 210.000 € bzw. über 25 Jahre von 5,25 Mio. € geführt. Die Abschätzung der Transaktionskosten erfolgte durch ein Interview mit dem Projektverantwortlichen bei der Stadtverwaltung. Transaktionskosten fielen bei der Stadt für die Planung, Ausschreibung, Vergabe, Bauleitung, Abnahme und Abrechnung der Neuanlagen sowie die Erstellung von Förderanträgen an. Diese Aufgaben wurden von einem erfahrenen, langjährigen Mitarbeiter des Tiefbauamts übernommen. Außer einer Umwidmung von Aufgaben bedurfte es keiner zusätzlichen Stelle. Die Transaktionskosten wurden auf 35.000 € abgeschätzt.</p>

### 3.4.4 Ergebnisse

#### 3.4.4.1 Energetische Sanierung einer Schule in Wuppertal

Mit der Sanierung der Grundschule hat das Gebäudemanagement der Stadt Wuppertal am bundesweiten Modellprojekt „Niedrigenergiehaus im Bestand für Schulen“ der dena teilgenommen. Das Modellvorhaben verfolgte das Ziel, durch eine energieeffiziente Sanierung den Jahres-Primärenergiebedarf und die Transmissionswärmeverluste so stark zu senken, dass er mindestens 40 % unter den Anforderungen für einen Neubau gemäß Energieeinsparverordnung (EnEV) aus dem Jahr 2007 liegt. Tatsächlich konnten der Primärenergiebedarf um 74% und die Transmissionswärmeverluste um 64% gegenüber den Neubauanforderungen der EnEV 2007 unterschritten werden. Die Umsetzung der Energieeffizienzmaßnahmen erfolgte vornehmlich durch Mitarbeiter der Stadt Wuppertal. Ein Bauphysiker übernahm die Projektleitung und zog aus unterschiedlichen Fachabteilungen geeignetes Personal zur Planung und Umsetzung hinzu. Die Projektplanung und das Qualitätsmanagement nahmen etwa 200 Stunden in Anspruch. Damit einher ging die Teilnahme an Projekt- und Baubesprechungen, an der Energiekonzepterstellung,

der Beratung bei der Materialauswahl, der Qualitätsüberwachung auf der Baustelle und Blower-Door Messungen.

Der Hausmeister der Schule betreute die Sanierung vor Ort. Er wurde zudem zu den Projektbesprechungen eingeladen. Insgesamt arbeitete der Hausmeister für ein Jahr etwa 2 Stunden pro Woche an der Sanierung mit.

Neben den internen Mitarbeitern und dem Hausmeister wurde für einzelne Fragestellungen, wie z.B. die Berechnung und Vermeidung von Wärmebrücken ein externer Berater beauftragt. Der Auftragswert lag bei etwa 5.000 €.

Die Leistungen des Mitarbeiters der Stadt Wuppertal und des Hausmeisters können nicht komplett den energetischen Mehrkosten zugerechnet werden. Von den geleisteten Stunden und Kosten muss daher ein Teil abgezogen werden. Die Transaktionskosten für den energetischen Mehraufwand werden auf 20.000 € geschätzt.

#### ***3.4.4.2 Geringinvestive Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs in Gebäuden der Universität Freiburg***

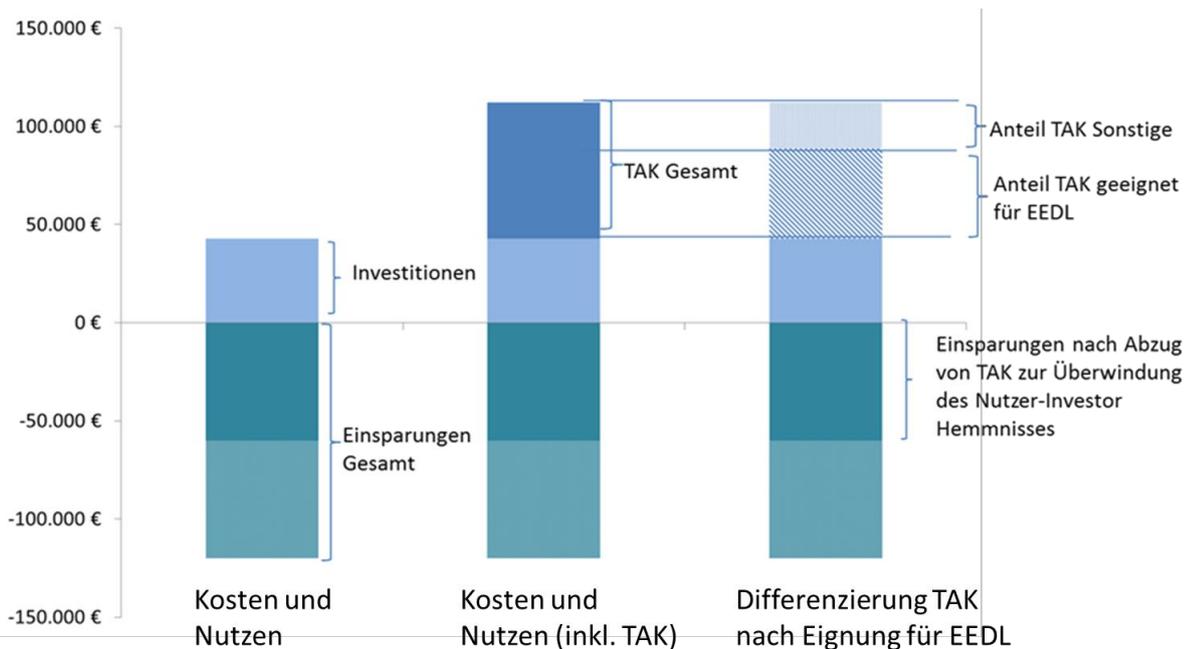
Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung werden die Maßnahmen in Hinblick auf die damit verbundenen Transaktionskosten betrachtet. Da in der Dokumentation des Projektes bisher keine Zeitaufwände und/oder Transaktionskosten vorlagen, erfolgte eine Kontaktaufnahme mit dem Projektteam, woraufhin eine Auflistung an Tätigkeiten, die im Zusammenhang mit der Planung und Umsetzung der Maßnahmen anfällt erstellt und zur Verfügung gestellt wurde (siehe Anhang).

Die mit der Umsetzung verbundenen Tätigkeiten lassen sich in drei Handlungsstränge gliedern:

- 1 | Disaggregierte Erfassung der Energieverbräuche (z.B. Ablesen von Zählern, Kontrolle und Dokumentation, Beschaffung und Installation von Zählern, Bestandsaufnahme, Entwicklung eines Dokumentations- und Berechnungssystems)
- 2 | Optimierung der Nutzungszeiten (z.B. Umstellung auf Schließzeiten, Kontrolle der Belegungspläne)
- 3 | Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen zur Steigerung der Information über Energieverbräuche und zur Veränderung des Verhaltens der Nutzer (z.B. Ausrichtung Umwelttag, Energiesparpakete)

Die Quantifizierung der Transaktionskosten erfolgt, indem die anfallenden Zeitaufwände (siehe Anhang) mit einem durchschnittlichen Gehalt eines Mitarbeiters multipliziert werden. Als Vergleichsbasis wurde hier die Gehaltsstufe TVÖD 13-1 gewählt, wobei die Transaktionskosten zu 66.000 € abgeschätzt werden.

Ein Vergleich der Transaktionskosten mit den jährlichen Einsparungen zeigt, dass durch die hohen Transaktionskosten keine kostendeckende Durchführung der Maßnahmen gegeben ist.



**Abbildung 5: Erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse für Maßnahme Ö2: Geringinvestive Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs in Gebäuden der Universität Freiburg**

Neben den bereits betrachteten Transaktionskosten ist das Projekt auch in Hinblick auf das Nutzer-Investor-Dilemma bezüglich der Energieeinsparungen von Interesse (siehe Aufteilung der Einsparungen in Abbildung 5): Die Energiekosten werden als zentraler Posten der Universität getragen, so dass die Fakultäten per se nicht von der Reduzierung des Energieverbrauchs der genutzten Gebäude profitieren.

Zur Überwindung des Hemmnisses wurden den teilnehmenden Einrichtungen als Anreiz zum Energiesparen anteilig (ca. 50%) der Kosten, die gegenüber einer Referenz (Mittelwert des Verbrauchs über drei Jahre) eingespart wurden, gutgeschrieben. Mit den verbleibenden 50% wurde der Haushalt im Bereich der Energiekosten entlastet.

#### **3.4.4.3 Exkurs: Fifty-Fifty-Projekt für Energieeffizienz in Schulen**

Als weiteres erfolgreiches Beispiel für die Überwindung des Nutzer-Investor-Dilemmas in öffentlichen Einrichtungen wird kurz im vorliegenden Exkurs kurz auf das Fifty-Fifty-Projekt eingegangen, das vom Unabhängigen Institut für Umweltfragen e.V. (UfU) initiiert wurde und derzeit an etwa 3.500 Schulen stattfindet und bundesweit von verschiedensten Organisationen und Einrichtungen unterstützt wird. Jede Schule reduziert dabei ihren Wärmeverbrauch um durchschnittlich 80 MWh und den Stromverbrauch um durchschnittlich 8.000 kWh.

Das bedeutet eine Reduzierung der schuleigenen CO<sub>2</sub>-Emissionen um durchschnittliche 25t, sowie der Energierechnung um 5.000 € jährlich<sup>3</sup>.

Das Projekt adressiert das Nutzer-Investor-Dilemma, da Energiekosten typischerweise vom städtischen Gebäudemanagement getragen werden, während die Durchführung von verhaltensbasierten Maßnahmen an den jeweiligen Schulen erfolgt. Zur Überwindung des Hemmnisses werden die eingesparten Energiekosten zu 50% der Schule zur Verfügung gestellt.

Die Tätigkeiten zur Reduktion des Energieverbrauchs werden typischerweise durch Energieteams bestehend aus Schülern der jeweiligen Schule geplant und durchgeführt. Da bei der Durchführung der Maßnahmen der Schüler keine Kosten anfallen, wird auf eine Quantifizierung der Zeitaufwände verzichtet.

#### **3.4.4.4 Kommunale Straßenbeleuchtung**

Die Umrüstung auf LED-Leuchten und eine intelligente Steuerung bieten die größten Einsparpotenziale in der kommunalen Straßenbeleuchtung (Polzin et al. 2018; Polzin et al. 2016; Flotow und Polzin 2015). Mehrere politische Maßnahmen unterstützten die Effizienzverbesserungen. Bspw. bietet die Initiative *EnergieEffizienz* der dena Kommunen mit ihrer Aktion „Roadshow Energieeffiziente Straßenbeleuchtung“ vielfältige Unterstützung, um Energieeinsparpotenziale zu identifizieren und zu heben (dena 2016). Die Kampagne wird unterstützt von den kommunalen Spitzenverbänden, der KfW Bankengruppe und Projektpartnern aus der Wirtschaft. Die Nationale Klimaschutzinitiative fördert in der Kommunalrichtlinie Investitionen in effiziente Straßenbeleuchtung durch Investitionszuschüsse<sup>4</sup>.

Durch energieeffiziente Straßenbeleuchtung können hohe Stromeinsparungen erzielt werden. Das Potential in Deutschland liegt bei ca. 2 Mrd. kWh pro Jahr (Flotow und Polzin (2015)). Einsparungen von 70 bis 80% sind möglich. Je nach Strompreis entspricht dies rund 300 Millionen € pro Jahr über 20 bis 25 Jahre, d.h. über die Lebensdauer der Anlagen bis zu 7,5 Mrd. € (hier angenommen ein Strompreis von 15 Cent pro kWh). Im Gegenzug sind für eine Umrüstung auf LED Beleuchtung und zur Hebung der Potentiale ca. 630 Mio. € Investitionsmittel nötig. Eine Amortisation ist folglich bereits nach wenigen Jahren gegeben. Neben den Betriebskosten werden auch Wartungskosten durch die Umrüstung eingespart. Verlängerte Wartungsintervalle und einfachere Wartungsmöglichkeiten führen zu einer Verringerung der Instandhaltungskosten.

Hemmnisse zur Umrüstung der Straßenbeleuchtung werden in der Literatur (siehe hier insbesondere Flotow und Polzin (2015)) wie folgt hervorgehoben:

---

<sup>3</sup> <http://www.fifty-fifty.eu/was-ist-fifty-fifty/>

<sup>4</sup> - NKI Kommunalrichtlinie: <https://www.ptj.de/klimaschutzinitiative-kommunen>

- Informationsdefizit: Fehlende Kenntnisse über Rentabilität bei Entscheidungsträgern (Bürgermeister, Stadtrat)
- Präferenz: Bedarfszuweisung für Investitionen anderer Art, die höhere Dringlichkeit haben.
- Zugang zu Kapital: Fehlende finanzielle Mittel für die umfassende Modernisierung der Straßenbeleuchtung, entweder da die Kommune insgesamt finanzschwach ist oder aufgrund von Bedarfskonkurrenz (siehe vorigen Punkt).
- Organisatorische Hemmnisse: Fehlende personelle Kapazität, unklares Zusammenspiel zwischen Hoch- bzw. Tiefbauamt (für Straßenbeleuchtung zuständig) und Klimaschutzmanager, i.d.R. Zustimmung durch Stadtrat nötig (zu wenig positive Erfahrung), bestehende Konzessionsverträge mit Anbietern.
- Wahrgenommene und ermittelte Risiken: Warten auf Einsparpotenziale zukünftiger Technologien, keine erwarteten Auswirkungen der EU-Regulierung zu Leuchtmitteln sowie bestehende Konzessionsverträge.

In der Literatur wird keine monetäre Quantifizierung dieser Hemmnisse vorgenommen, die für eine erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse nötig ist. Daher wurde mit einer ausgewählten Kommune ein Interview durchgeführt, um vertiefte Information, best-practice Beispiele und weitere Hemmnisse zu erfahren und Hinweise auf Quantifizierungen zu erhalten. Dieses wird als Fallbeispiel in einer Box unten aufgeführt. Bezüglich der in diesem Vorhaben im Vordergrund stehenden Energiedienstleistungen lässt sich feststellen, dass für eine Umrüstung der öffentlichen Straßenbeleuchtung in der Regel weder eine Energieeffizienzberatung noch ein Energieeinsparmanagement notwendig bzw. sinnvoll ist. Die Einsparungen lassen sich leicht abschätzen, auch die Amortisationszeiträume sind überschaubar. Im Vordergrund stehen zumeist die fehlenden finanziellen Mittel (insbesondere in Kommunen, die in die Haushaltssicherung fallen), die anfänglich in vollem Umfang anfallen und der Bedarfskonkurrenz unterliegen. Zur Überwindung dieser Hemmnisse bieten sich Contracting-Modelle an, bei denen die Kommune die Bereitstellung, Finanzierung und den Betrieb der Straßenbeleuchtung auf einen Dienstleister (Contractor) überträgt. Dieser finanziert sich wiederum über ein kontinuierlich zu entrichtendes Entgelt (Contracting-Rate), das sich für die Kommune aus den Energieeinsparungen finanzieren lässt. Nach Amortisation der Investition für den Contractor gehen die Anlagen an die Kommune über. Das meist verbreitete Contracting-Modell für die Modernisierung der kommunalen Straßenbeleuchtung ist gemäß einer Umfrage von Flotow und Polzin (2015) das Einsparcontracting (hier als Finanzierungs-Contracting mit garantierten Einsparungen).

Contracting wird jedoch von Kommunen auch kritisch gesehen und ist seinerseits wieder mit Hemmnissen behaftet. Beispielsweise tragen Kommunen Sorge, dass es im Rahmen von Contracting-Modellen nicht zu einem fairen Interessenausgleich zwischen den privaten und den kommunalen Interessen kommt. Auch beklagen Kommunen die mangelnde Möglichkeit der Einflussnahme auf Steuerung und Modernisierungsentscheidungen der Straßenbeleuchtung aufgrund des Verlusts des Eigentums und der langen Laufzeit des Contracting. Der Einredevorzicht der Kommune wird von den zuständigen kommunalpolitischen Entscheidungsträgern

nicht akzeptiert, so dass sich die Contractingrate verteuert. Einige Kommunen sehen daher zu hohe Transaktionskosten und Risiken eines Contractings, während andere Kommunen grundweg gute Erfahrungen gemacht haben (Flotow und Polzin 2015). Da Contracting nicht Bestandteil der in diesem Vorhaben betrachteten Dienstleistungen ist, wird im Weiteren von einer Quantifizierung abgesehen (vgl. Kapitel 4.1).

**Box: Fallbeispiel Energieeffiziente Straßenbeleuchtung in der Stadt Kaarst (Interview)**

Um vertiefte Informationen und Hinweise auf Quantifizierungen zu erhalten wurde mit einer ausgewählten Kommune, der Stadt Kaarst, ein Interview geführt. Die Informationen aus dem Fallbeispiel fließen in die erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse dieser Studie ein.

Die Stadt Kaarst hat die Umrüstung auf LED-Beleuchtung im März 2017 abgeschlossen. Der LED-Anteil liegt nun bei 99,8%. In den Jahren 2012 bis 2017 wurden insgesamt 6.253 Leuchten auf LED umgestellt. Die Investitionskosten in diesem Zeitraum lagen bei 2,56 Mio. €. Davon wurden knapp 4.200 Leuchten mit etwas unter einer halben Million durch die Nationale Klimaschutzinitiative gefördert. Den Investitionen stehen im Jahr 2018 Einsparungen von ca. 300.000 € gegenüber und werden nach der Fertigstellung der LED Umrüstung noch steigen (erwartete 323.000 € für 2019), so dass sich die Investitionen bis zum Jahr 2021 amortisieren werden<sup>5</sup>. Der Energieverbrauch ist von 1,8 Mio. kWh im Jahr 2012 auf 420.000 kWh im Jahr 2017/2018 gesunken, so dass jährlich ungefähr 1,4 Mio. kWh eingespart werden (entspricht ca. 800 t CO<sub>2</sub>). Die Wartungskosten haben sich ebenfalls deutlich reduziert (von knapp 80.000 € im Jahr 2012 auf knapp 20.000 € im Jahr 2017), sie fallen nur noch für verbleibende alte Leuchten an (die aufgrund von spezieller Nutzung nicht ausgetauscht werden konnten). Neue Leuchten haben eine fünfjährige Gewährleistung, die mit dem Hersteller für den Austausch von Leuchtmitteln, Vorschaltgeräte, Zündgeräte, defekte oder beschädigte Leuchtengläser und Kleinstreparaturen verhandelt wurde.

Nach Aussagen des Interviewpartners der Stadt Kaarst (Tiefbauamt) lagen für die Sanierung der Straßenbeleuchtung keine Hemmnisse vor. Die örtliche Politik hat das Vorhaben unterstützt und die nötigen Investitionsmittel über einen Zeitraum von mehreren Haushaltsjahren gedehnt zur Verfügung gestellt. Begünstigend wurde eine hohe Vertrauensbasis zwischen dem zuständigen Sachbearbeiter und dem Stadtrat hervorgehoben, sowie der Fakt, dass keine anderen Dringlichkeiten oder Bedürfnisse für die Finanzmittel vorlagen. Der Investition vorangegangen ist eine Kooperation mit RWE (Westnetz) in Form eines LED Musterparks. Hersteller haben dafür

---

<sup>5</sup> Einsparungen in den Jahren bis zur vollständigen Sanierung der Straßenbeleuchtung waren anteilig geringer.

Leuchten zur Verfügung gestellt, die Kosten wurden von RWE getragen. Im Ergebnis wurde (auch für die Bevölkerung) deutlich, dass es funktionsfähige, bedarfsorientierte LED Leuchten gibt, die kostengünstig sind. Positiv hervorgehoben wurde, dass die Bevölkerung insbesondere auch durch den Musterpark von Anfang an mit einbezogen wurde und auch Stimmen von Bürgern zu den unterschiedlichen Leuchten eingeholt wurden.

Für die erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse wurde im Interview der zeitliche Aufwand auf Seiten der Stadtverwaltung für die energieeffiziente Sanierung der Straßenbeleuchtung diskutiert. Zu den Aufgaben, die mit der Umstellung verbunden waren, gehörte die Planung, Ausschreibung, Vergabe, Bauleitung, Abnahme und Abrechnung der Neuanlagen sowie die Erstellung von Förderanträgen. Die Umstellung der Beleuchtung von HQL, NAV und Leuchtstofflampen auf LED wurde in einem Zeitraum von 5 Jahren umgesetzt (der Zeitraum begründet sich darin, dass fünf Haushaltsjahre angesetzt wurden). Die gesamte Umstellung erfolgte im Rahmen der Tätigkeit des zuständigen Mitarbeiters im Bereich Tiefbau, Grünentwicklung, Baubetriebshof. Zusätzliches Personal wurde nicht benötigt. Neben der Umrüstung ist der Mitarbeiter auch für die Unterhaltung des gesamten Beleuchtungsbestandes sowie für Ampelanlagen und Flutlichtanlagen zuständig. Für den Zeitraum der Umrüstung wurde 10% der Arbeitszeit des Mitarbeiters von anderen/weiteren Aufgaben entbunden. Die zusätzlichen 10% wurden insbesondere für die Erstellung von Förderanträgen und die Information in der Politik verwendet. Der reine Mehraufwand für die Stadt betrug daher 10% über den genannten Zeitraum.

Im Interview wurde hervorgehoben, dass der Aufwand stark abhängig ist von der Datenverfügbarkeit über den Beleuchtungsbestand. Müssen Daten erst erhoben werden, so erhöht sich der Aufwand deutlich (um ein Vielfaches). Im Fall der Stadt Kaarst war die Datenverfügbarkeit sehr gut. Ein weiterer wichtiger Punkt sei die Kenntnis über die Erstellung von Förderanträgen, wobei hier im Interview darauf hingewiesen wurde, dass etliche Hersteller bei der Antragstellung sehr gerne behilflich sind und technische Datenblätter direkt und vollständig bereitstellen können.

Von großer Bedeutung - aber nicht quantifizierbar - ist eine gute Vertrauensbasis zwischen den beteiligten Akteuren in der Kommune und die frühzeitige Einbeziehung aller relevanten Entscheider und Multiplikatoren (Bürgermeister/Stadträte sowie auch Bürger), so dass die interne Überzeugungsarbeit erleichtert bzw. ermöglicht wird. Im Fall der Stadt Kaarst waren diese Voraussetzungen gegeben, so dass sich keine nennenswerten Hemmnisse ergeben haben.

### **3.5 Quantifizierung von Transaktionskosten in Unternehmen**

#### **3.5.1 Hemmnisse für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen**

Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse der Hemmnis-Analyse für Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen zusammen.

Tabelle 11: Hemmnisse für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen

Hemmnis-Kategorie	Beschreibung der Hemmnisse
<b>Informationsdefizite</b>	Fehlende Informationen zu Maßnahmen Fehlende Information über Fördermöglichkeiten Fehlendes Personal zur Informationsbeschaffung
<b>Präferenzen</b>	Geringe Priorität für Energieeffizienz-Investitionen im Vergleich zu anderen Investitionen Präferenz für bestimmte Technologien unabhängig von Effizienzpotenzial
<b>Zugang zu Kapital</b>	Effizienzmaßnahmen entsprechen nicht den Renditeerwartungen der Unternehmen Mittel für andere Investitionen gebunden
<b>Organisatorische Hemmnisse</b>	Geteilte Anreize: Verantwortlichkeiten für Einkauf und Energieverbrauch in unterschiedlichen Organisationseinheiten Komplexe Entscheidungshierarchien Keine direkte Geschäftsverbindung zwischen Hersteller und Endnutzer (z.B. Motoren) Sanierung hat keine Bedeutung, da die Räumlichkeiten des Betriebes gemietet sind
<b>Wahrgenommene und ermittelte Risiken</b>	Ausfall der Produktion bei Austausch von Technologien in Kernprozessen Lärm während der Bauphase stört Arbeitsabläufe bzw. Prozesse

Quelle: basierend auf Thomas (2007), Toro et al. (2017), Trianni (2013), BMU (1997b), DBU (1995a), ENQUETE-Kommission (1995), Energiestiftung SH (1996), Klimabündnis (1995), Damm (1996), Baginski und Weber (2017), SBI (2015), Fleiter et al. (2012), O' Malley et al. (2003)

### 3.5.2 Empirische Untersuchungen zu Hemmnissen und Transaktionskosten

Während konzeptionelle und qualitative Betrachtungen von Hemmnissen für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen in der Literatur vergleichsweise umfangreich angestellt werden, gibt es nur wenige Studien zu empirischen Quantifizierungen von Hemmnissen und Transaktionskosten.

Eine erste empirische Quantifizierung von Transaktionskosten bei Energieeffizienz-Investitionen in energieintensiven Unternehmen in den Niederlanden erfolgte durch Hein und Blok (1995). Die ermittelten Transaktionskosten liegen – teilweise deutlich – unter 10% der Investition.

Ostertag (2003) quantifiziert basierend auf empirischen Daten aus der Chemieindustrie die Transaktionskosten bei der Beschaffung von energieeffizienten Elektromotoren. Die Untersuchung umfasst verschiedene Motorleistungen und kommt zu dem Ergebnis, dass der relative Anteil der Transaktionskosten an den gesamten Anschaffungskosten bei kleinerer Motorleistung (und damit geringerem Kaufpreis) deutlich höher liegt. Für kleinere Motoren liegen die ermittelten Transaktionskosten teilweise höher als die eigentlichen Anschaffungskosten.

Die umfassendste Untersuchung zu Transaktionskosten für Energieeffizienzinvestitionen in Unternehmen wurde durch Mai et al. (2014) im Rahmen der Energieeffizienznetzwerke in Deutschland durchgeführt. Die Abschätzung der Transaktionskosten basiert auf einer Befragung, an der 35 Unternehmen teilnahmen und Daten zu 40 verschiedenen Energieeffizienz-Investitionen erhoben wurden. Die enthaltenen Energieeffizienz-Maßnahmen umfassen unterschiedliche Technologien (z.B. Isolierung/Wärmedämmung,

Wärmerückgewinnung, Austausch Motoren/Pumpen, Kältetechnik, Beleuchtung, etc.) mit Investitionssummen zwischen 1.715 € und 800.000 €. Die Untersuchung umfasst unterschiedliche Branchen mit Produktionsstandorten von 25 bis 3.000 Mitarbeitern und einem Jahresenergieverbrauch von 1,3 bis 1.000 GWh.

Im Ergebnis zeigt sich in der Untersuchung von Mai et. al. (2014) eine große Spannweite des Anteils von Transaktionskosten an der Gesamtinvestition (siehe Abbildung 6). Die in der Abbildung dargestellte Regression zeigt einen Zusammenhang zwischen dem Anteil der Transaktionskosten und der Gesamtinvestition. Der relativ höhere Anteil an Transaktionskosten bei geringerer Investitionssumme ist im Einklang mit den Ergebnissen aus Ostertag (2003) und ist dadurch zu erklären, dass die Transaktionskosten unabhängig (oder nur geringfügig abhängig) von der Investitionssumme sind.

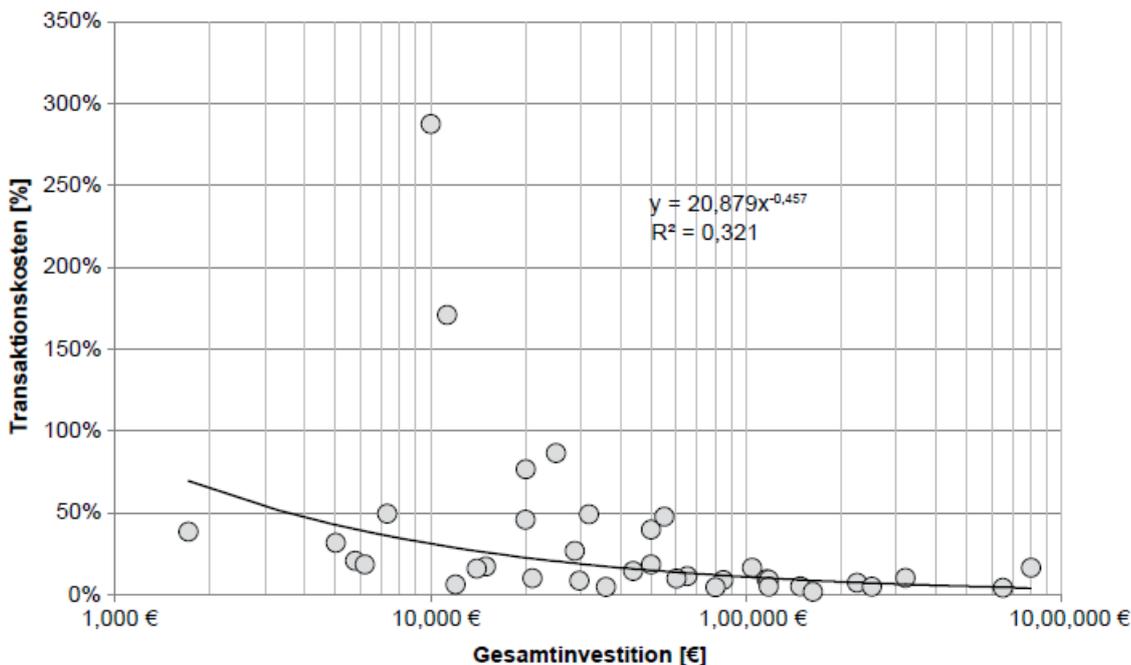


Abbildung 6: Regression der Transaktionskosten über der Investitionssumme

Quelle: Mai et.al. (2014)

### 3.5.3 Vorgehen zur Quantifizierung der Transaktionskosten

Das Vorgehen zur Quantifizierung der Transaktionskosten sowie die Datengrundlage zur Quantifizierung für die Fallbeispiele für Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen ist in Tabelle 12 zusammengefasst.

**Tabelle 12: Datengrundlage und Vorgehen für die Quantifizierung ausgewählter Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen**

Fallbeispiel	Vorgehen zur Quantifizierung der Transaktionskosten
<b>U1: Austausch ineffizienter Elektromotoren</b>	Die Anschaffungskosten werden auf Basis von dena (2010) zu ca. 2.000 € abgeschätzt. Die jährlichen Energiekosteneinsparungen ergeben sich zu 1.250 €, was bei einer Lebensdauer von 16 Jahren einer Gesamtsumme von 20.000 € entspricht. Die Transaktionskosten werden basierend auf Ostertag (2001) auf 400 € geschätzt.
<b>U2 Energieverbrauchsreduktion bei der Nutzung von Druckluft</b>	Bei einer Gesamtinvestition von ca. 73.000 € können jährliche Energiekosteneinsparungen von ca. 30.000 € erzielt werden. Die kumulierten Einsparungen über 7 Jahre betragen ca. 213.000 €. Die Transaktionskosten werden über den in Mai et.al. (2014) ermittelten Zusammenhang zwischen Gesamtinvestition und Transaktionskosten zu ca. 15.000 € abgeschätzt.
<b>U3 Energieeffizienz in der Wärmebehandlung von Stahl</b>	Die Investitionen betragen 94.000 € (MERCİ Datenbank, ID 1300009) und führen zu einer Energiekosteneinsparung von 18.300 € pro Jahr bzw. insgesamt zu einer Einsparung von rund 266.000 € bei einer Lebensdauer von 20 Jahren (Vollkosten unter der Annahme eines vorzeitigen Austauschs). Die Transaktionskosten werden basierend auf Mai et.al. (2014) zu ca. 10.400 € abgeschätzt.
<b>U4 Energieeffiziente Kältetechnik</b>	Die Investition beträgt laut BMWi (2017) rund 250.000 € und die abgeschätzten Einsparungen pro Jahr 24.700 €. Über eine Lebensdauer von 10 Jahre ergeben sich Energiekosteneinsparungen von 247.000 € sowie 250.000 € Wartungskosten. Die Transaktionskosten werden über den in Mai et.al. (2014) ermittelten Zusammenhang zwischen Gesamtinvestition und Transaktionskosten zu 25.000 € abgeschätzt.

### 3.5.4 Ergebnisse

Abbildung 5 stellt die erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse für die beschriebenen Fallbeispiele dar. Der Vergleich zeigt, dass die Transaktionskosten insgesamt einen Anteil von ca. 10-20% ausmachen, und dass die eingesparten Energiekosten die Kosten auch unter Berücksichtigung der Transaktionskosten deutlich übersteigen. Des Weiteren wird deutlich, dass die Transaktionskosten bei geringeren Investitionen einen relativ größeren Anteil ausmachen.



Abbildung 7: Investitionen, Energieeinsparungen sowie Transaktionskosten (TAK) für ausgewählte Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen

### 3.6 Fazit aus AP 2: Erweiterte Kosten-Nutzen Analyse

Aus der **übergreifenden Betrachtung** der Rolle von Transaktionskosten in den drei Bereichen (Unternehmen, öffentliche Einrichtungen, Haushalte) lassen sich folgende Kernaussagen ableiten:

- Die Datenverfügbarkeit zu Transaktionskosten ist für alle drei betrachteten Akteursgruppen unzureichend. Dies spiegelt sich einerseits darin wider, dass nur in sehr geringem Umfang empirische Studien zur Quantifizierung von Transaktionskosten vorhanden sind. Andererseits zeigte sich auch bei den durchgeführten Interviews ein sehr geringes Bewusstsein für Transaktionskosten, was eine Quantifizierung weiter erschwert.
- Die Höhe der Transaktionskosten hängt von zahlreichen Faktoren ab, so dass eine Verallgemeinerung der Erkenntnisse aus einzelnen Fallbeispielen auf andere Akteure kaum möglich ist.
- Die Höhe der Transaktionskosten steigt nicht proportional mit der Investitionssumme, so dass die Transaktionskosten bei niedriginvestiveren Maßnahmen einen höheren Anteil an der Investition ausmachen.

- Über alle Bereiche hinweg werden Transaktionskosten im Zusammenhang mit Energieeffizienzmaßnahmen von den Akteuren kaum als Kosten (sondern als Zeitaufwand) wahrgenommen und entsprechend nicht quantifiziert. Die Zeitaufwände stellen trotzdem über alle Bereiche hinweg ein wichtiges Hemmnis dar, allerdings wird eher die fehlende Zeit als solche und weniger die monetäre Komponente wahrgenommen.

Im Bereich der **privaten Haushalte** ist der Zeitaufwand für Tätigkeiten im Zusammenhang mit energetischen Sanierungsmaßnahmen durchaus ein wichtiges Hemmnis, dieser wird aber nicht als monetärer Faktor wahrgenommen (was in der Regel auch der Realität entspricht da eine flexible Anpassung der Arbeitszeiten nicht vorgesehen ist).

Bei der Inanspruchnahme von EEDL entstehen in Haushalten daher zusätzliche Kosten, die aufgrund des nicht-monetären Charakters der eingesetzten Zeitaufwände nicht zu einer Reduzierung von Transaktionskosten führt. Der Betrachtungsansatz des Vergleichs von Transaktionskosten und Kosten für EEDL stößt daher bei Haushalten an seine Grenzen.

Für weitere Untersuchungen bietet sich für Haushalte der Ansatz der Zahlungsbereitschaft „willingness-to-pay“ als geeigneter Untersuchungsrahmen an. In einer Erhebung könnte untersucht werden, in welchen Größenordnungen verschiedene Haushaltstypen bereit sind für die Reduzierung der Zeitaufwände Kosten auf sich zu nehmen. Diese ermittelten Kosten könnten dann mit den Marktpreisen von EEDL verglichen werden. Als Untersuchungsansatz könnte sich z.B. ein Discrete-choice Ansatz<sup>6</sup> eignen.

Im Bereich der **öffentlichen Einrichtungen** stellen personelle Engpässe ein wichtiges Hemmnis dar, allerdings spielt auch hier häufig weniger die monetäre Ebene sondern eher die organisatorische Ebene (Genehmigung von Stellen etc.) eine Rolle. Der Zeitaufwand für die Umsetzung und/oder Planung von Energieeffizienzmaßnahmen wird häufig nicht zur Verfügung gestellt. Der Bereich öffentliche Einrichtungen hat ein hohes Potenzial, u.a. um als Multiplikator aufzutreten. Die Umsetzung von Energieeffizienz ist hier oftmals nicht hauptsächlich eine Frage der Kosten, sondern ein Problem der mangelnden Zeit und der damit fehlenden Entscheidungskompetenz, Maßnahmen zu planen und umzusetzen.

Anhand der Maßnahmen an den Gebäuden einer Fakultät der Universität Freiburg zeigt sich, dass die Transaktionskosten erheblich steigen, wenn ein Nachweis der Einsparungen notwendig ist (siehe Prämiensystem)<sup>7</sup>. Eine Standardisierung der

---

<sup>6</sup> Discrete Choice Analysen eignen sich zur Simulation von Entscheidungssituationen, bei denen Entscheider zwischen Optionen mit verschiedenen Ausgestaltungen die Option mit dem größten individuellen Nutzen wählen. Beispielsweise können verschiedene Zeitaufwände und verschiedene Kosten für EEDL als Attribute angelegt werden.

<sup>7</sup> Die hohen Transaktionskosten für die detaillierte Erfassung der Verbräuche begründen sich insbesondere dadurch, dass das primäre Ziel des Projektes die wissenschaftliche Untersuchung der Auswirkungen von Verhaltensänderungen in der Energiebilanz ist und bei der Durchführung der Maßnahmen die monetären Einsparungen nicht im Vordergrund standen.

Prozesse durch ein Energiemanagementsystem (z.B. nach ISO 50001) würde die Transaktionskosten im Zusammenhang mit den Tätigkeiten zur disaggregierten Erfassung der Energieverbräuche sowie der Optimierung der Nutzungszeiträume deutlich verringern. Gleichzeitig ist die Einführung eines Energiemanagementsystems ebenfalls mit nicht unerheblichen Aufwänden verbunden und in den Personal- und Stellenplänen unzureichend berücksichtigt. Während die Gebäudetechnik in den neueren Gebäuden standardmäßig über eine Messinfrastruktur zur disaggregierten Erfassung verfügt, ist dies für ältere Gebäude derzeit in der Regel nicht der Fall. Die Betrachtung der drei Fallbeispiele in öffentlichen Einrichtungen zeigt, dass der Anlass der Durchführung der Maßnahmen häufig weniger auf ökonomischen Gesichtspunkten beruht, sondern weitgehend getrieben ist durch Aspekte der Umweltverträglichkeit. Um den Anteil von EEDL zu erhöhen ist es daher ratsam die Wahrnehmung dieser klimapolitischen Notwendigkeit zu stärken. Dies kann z.B. durch das Einbinden von Bürgermeistern oder Stadträten forciert werden, die die Relevanz des Themas kennen und sich dafür stark machen.

Im Bereich der **Unternehmen** spielen Transaktionskosten eine etwas größere Rolle, allerdings werden diese in der Regel nicht als solche bilanziert und nicht mit der Durchführung der Maßnahme in Verbindung gesetzt. Entsprechend würden Transaktionskosten durch Informationsbeschaffung und Beratung entstehen. Transaktionskosten sind jedoch empirisch kaum erhoben. Mai et al. (2014) konnten in ihrer Untersuchung zeigen, dass die relativen Transaktionskosten von verschiedenen Energieeffizienz-Investitionen eine klare Degression in Abhängigkeit von der Höhe der Investition ergeben und sie zeigten erste Hinweise zu weiteren Einflussfaktoren (z. B. der Komplexität der Investition und der Größe und Energieintensität des Unternehmens).

## 4 Berücksichtigung der Preise von Energieeffizienzdienstleistungen (AP3)

Energieeffizienzdienstleistungen (EEDL) tragen dazu bei, bestimmte Hemmnisse für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen zu überwinden. So können z.B. Energieberatungen Informationsdefizite adressieren und Suchkosten reduzieren, während die Einführung eines Energiemanagementsystems (EnMS) u.a. organisatorische Hemmnisse für Effizienzmaßnahmen überwinden und Transaktionskosten für das Monitoring der Einsparungen reduzieren kann. In der vorliegenden Studie werden höherwertige EEDL betrachtet, für die EnergieberaterInnen eine besondere Qualifikation vorweisen müssen und die eine Vor-Ort-Begehung des Gebäudes erforderlich machen. Der Aufwand für Beratene kann hierbei nicht nur in finanzieller Hinsicht bestehen, sondern auch darin, Informationen zu Energieverbräuchen zusammenzusuchen. Stationäre Beratungen (wie bspw. Angebote in Beratungsstellen oder Online-Beratungen), sowie Informationstools (wie bspw. Angebote von CO2Online) werden nicht betrachtet.

Bei der Quantifizierung der Gesamtkosten für Effizienzmaßnahmen können die Preise für EEDL herangezogen werden, um Kosten für die Überwindung von Hemmnissen durch Beratung abzuschätzen.

Entsprechend ist das Ziel dieses Arbeitspaketes, eine Methodik zur Integration der Preise für EEDL in Kosten-Nutzen-Analysen (AP 3.1) zu entwickeln und diese auf die in AP1 (s. Kapitel 2) definierten Maßnahmen (AP 3.2) anzuwenden.

### 4.1 Energieeffizienzdienstleistungen

Energieeffizienzdienstleistungen werden durch die europäische Norm DIN EN 15900:2010 als Tätigkeiten definiert, die auf eine Verbesserung der Energieeffizienz und weiterer vereinbarter Leistungskriterien abzielen. Dabei umfassen EEDL sowohl eine Energieanalyse (Energie-Audit zur Identifizierung und Auswahl der Maßnahmen) als auch die nachgelagerte Implementierung und Verifizierung der Energieeinsparungen. Dabei soll eine Beschreibung für den vorgeschlagenen bzw. vereinbarten Rahmen der Maßnahmen und die weitere Vorgehensweise erstellt werden. Darüber hinaus soll mit Hilfe vereinbarter Methoden die Steigerung der Energieeffizienz über einen vertraglich festgelegten Zeitraum gemessen und verifiziert werden (vgl. Ekodoma et al.2012).

Diese Definition der EEDL beschreibt einen umfassenden Prozess und ist dadurch vergleichsweise eng. In einer weiteren Definition können auch einzelne Teilleistungen, wie die Identifizierung und Auswahl von Maßnahmen, als Energieeffizienzdienstleistungen verstanden werden. Vorausgesetzt diese zielen auf eine konkrete Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen, welche das Kernelement einer Energieeffizienzdienstleistung darstellt.

Obwohl auch Contracting mit Blick auf das Marktvolumen von besonderer Relevanz ist und z.B. für Kommunen in schwieriger Haushaltslage ein geeignetes Instrument sein kann, um kostspielige Energieeffizienzmaßnahmen umzusetzen (vgl. Ö3, Straßenbeleuchtung), wird Contracting im Rahmen der vorliegenden Analyse nicht

eingehender betrachtet. Dies liegt insbesondere daran, dass Contracting nicht kompatibel ist mit dem Vorgehen der Studie, die v.a. an der Perspektive von InvestorInnen interessiert ist und damit an den sich aus den technischen Maßnahmen ergebenden Kosten und Nutzen. Durch Contracting werden Investitionskosten von einem Dienstleister übernommen, der diese über Energieeinsparungen refinanziert (meist unter Beteiligung des Initiators). Durch das Zwischenschalten eines solchen Intermediäres nimmt sowohl die Kosten-Nutzen-Analyse als auch die erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse aus Sicht des Initiators andere Bestandteile auf (nicht mehr die maßnahmenspezifischen Investitionen und Energiekosteneinsparungen, sondern mit dem Contracting verbundene Kosten und Nutzenkomponenten). Das Forschungsprojekt konzentriert sich insbesondere auf die Energieberatung und Energiemanagementsysteme, da diese hinsichtlich der Weiterentwicklung des EEDL-Marktes ebenfalls von besonderer Relevanz sind (vgl. BfEE 2018).

#### **4.1.1 Energieberatung**

In den Marktstudien der BfEE wird für Energieberatungen im engeren Sinne die individuelle Kommunikation von einem Beratenen und einem Berater konstitutiv festgelegt. Im Einklang mit der Definition von EEDL im weiteren Sinne kann diese Eingrenzung übernommen werden. Tabelle 13 kategorisiert die zentralen Energieberatungsarten.

Tabelle 13: Differenzierung von höherwertigen Energieberatungen nach BfEE (2018)

Art der Energieberatung	Kurzbeschreibung
<b>Energieaudits</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Durchführung von einer nach § 8b EDL-G qualifizierten Person</li> <li>▪ „systematisches Verfahren zur Erlangung ausreichender Informationen über das bestehende Energieverbrauchsprofil eines [gewerblichen] Gebäudes oder einer Gebäudegruppe, eines Betriebsablaufs in der Industrie oder einer Industrieanlage oder privater oder öffentlicher Dienstleistungen, zur Ermittlung und Quantifizierung der Möglichkeiten für wirtschaftliche Energieeinsparungen und Erfassung der Ergebnisse in einem Bericht“ (§2, EDL-G)</li> <li>▪ Datenaufnahme vor Ort</li> <li>▪ Förderung für KMU</li> <li>▪ Verpflichtendes Verfahren für nicht-KMU; Befreiung von der Auditpflicht möglich durch Einführung eines EnMS</li> </ul>
<b>Vor-Ort-Beratung (Wohngebäude)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Durchführung durch qualifizierten EnergieberaterIn</li> <li>▪ Ermittlung und Erfassung relevanter Daten am Objekt, Analyse der Gebäudehülle und der Gebäudetechnik, Benennung der Einsparpotenziale durch konkrete, objektbezogen quantifizierte Energiesparmaßnahmen (Energieeffizienz, erneuerbare Energien und Alltagshandeln), konkrete Berechnung der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen</li> <li>▪ Schriftliche Dokumentation und mündliche Erläuterung,</li> <li>▪ Differenzierung nach Beratungstiefe zwischen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- „Vor-Ort-Beratung“ mit umfassendem / ausführlichem Bericht</li> <li>- „Energiecheck“ i.S.v. Kurzberatungen oder Teilberatung (z.B. für ein Heizsystem) mit Kurzbericht</li> </ul> </li> </ul>
<b>Vor-Ort-Beratung für Nichtwohngebäude</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Durchführung durch qualifizierten Energieberater</li> <li>▪ Energetische Bewertung des NWG nach DIN V 18599, Analyse der Einsparpotenziale durch konkrete, objektbezogen quantifizierte Energieeffizienzmaßnahmen, Konkrete Berechnung der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen</li> <li>▪ Schriftliche Dokumentation und mündliche Erläuterung.</li> </ul>
<b>Vor-Ort-Beratung für Anlagen/Prozesse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Durchführung durch qualifizierten Energieberater</li> <li>▪ Für Gesamtobjekt oder ausgewählte Anlagenteile oder Prozesses detaillierte Erhebung (durch Messung) und Bewertung der Energiesituation am Objekt, Darstellung von Optimierungsmaßnahmen, Wirtschaftlichkeitsberechnung</li> <li>▪ Schriftlicher Bericht</li> </ul>

Quelle: BfEE 2018

Die Beratung identifiziert bestehende Effizienzpotenziale, auch über bereits bekannte Potenziale bzw. geplante Maßnahmen hinaus (vgl. BAFA (2014); IREES, Fraunhofer ISI (2014)). Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass die angeführten Beratungsformen von qualifizierten Personen durchgeführt werden müssen, welche die Daten für die Situationsanalyse, Wirtschaftlichkeitsberechnung und Handlungsempfehlungen im Rahmen einer Gebäudebegehung erheben. Die Ergebnisse müssen schriftlich festgehalten werden. Eine generelle Sensibilität für Energieeffizienz von Seiten des Beratungsnehmers bleibt jedoch die notwendige Bedingung.

#### 4.1.2 Energiemanagementsysteme

Laut BfEE (2018) systematisiert Energiemanagement „alle Aktivitäten im Bereich der Energieversorgung und -anwendung“. Das Energiemanagementsystem nach ISO

50001 folgt dem PDCA (Plan, Do, Check, Act)-Zyklus, welcher bereits Anwendung in den Managementsystemen nach ISO 9001 und ISO 14001 findet und so Synergieeffekte ermöglicht. Eine Umsetzung von Maßnahmen beim Durchlaufen des PDCA-Zyklus ist seit der Novellierung erforderlich. Allerdings bildet das Managementsystem eine Entscheidungsgrundlage für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen und zielt auf die kontinuierliche Reduktion des Energieverbrauchs ab (Kahlenborn et al. 2012, OECD 2015). Im Kontext von EEDL sind der Aufbau und dauerhafte Betrieb von Energiemanagementsystemen von besonderem Interesse. Als externe Dienstleistungen können damit die Beratung (Vorbereitung, Prüfung), die Einführung einer Managementsoftware, die Erstzertifizierung oder die Rezertifizierung sowie Schulungen der Mitarbeiter verbunden sein. Eine Alternative zu EnMS bilden auch Eco-Management and Audit Schemes (EMAS), „die neben anderen Aspekten auch auf die systematische Vermeidung von Energieverschwendung abzielen“ (BAFA 2018). Wenn sich für ein offizielles System entschieden wird, dann nutzen öffentliche Einrichtungen häufig EMAS. Dennoch können EnMS sowohl in KMUs, energieintensiven Unternehmen und anderen Organisationsformen wie etwa öffentlichen Einrichtungen / Behörden Anwendung finden (UBA 2013, OECD 2015). Dabei ist die Motivation zur Einführung eines EnMS z.T. unterschiedlich; so spielt in öffentlichen Einrichtungen die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit eine untergeordnete Rolle.

## 4.2 Methode und Vorgehen

### 4.2.1 Einfluss von EEDL und Energiemanagement auf Hemmnisse

Um zu ermitteln ob und inwieweit Kosten von EEDL zur Überwindung von Hemmnissen abgebildet werden können, sind zunächst konzeptionell ihre Auswirkungen auf die Hemmnisse für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen (vgl. Kapitel 3.1.2) zu untersuchen.

Tabelle 14: Überwindung von Hemmnissen durch EEDL und EnMS

Hemmnis EEDL	Informations defizit	Präferenzen	Zugang zu Kapital	Organisa- torische Hemmnisse	Wahrgenom- mene und ermittelte Risiken
Vor-Ort- Beratung	++	+	+	o/+	+/-
Energiecheck	+	+	+/o	o/+	+/-
EnMS	+	++/+	(+)	++	o/+

++ starker Einfluss, + moderater Einfluss, (+) Einfluss für bestimmte Unternehmen<sup>8</sup>, o kein Einfluss, - negativer Einfluss

<sup>8</sup> Einfluss für Unternehmen, die von dem Spitzenausgleich oder der besonderen Ausgleichsregelung des EEG profitieren können

Quellen: UNECE (2017), PWC (2017), Beihmanis & Rosa (2015), Javied et al. (2015), Henger et al. (2015), BAFA (2014), Mai et al. (2014), Fleiter et al. (2013), Hohnhold (2013), Schüle et al. (2011), Schmid (2004), Morrow & Rondinelli (2002) und ExpertInneninterviews

Die **Vor-Ort-Beratung** wirkt insbesondere auf das Informationsdefizit und entfaltet hier den stärksten Einfluss unabhängig von dem Adressaten (Haushalte, Unternehmen oder öffentliche Einrichtungen). Sie setzt nach der Sensibilisierung für Energieeffizienzmaßnahmen und im Vorfeld des konkreten Planungsprozesses an und kann zusätzliche Effizienzmaßnahmen anstoßen. Darüber hinaus wird der Aufwand für die Informationsbeschaffung über verfügbare und die fallspezifisch optimale Technologie stark reduziert. Durch den Abbau von Informationsasymmetrien kann darüber hinaus die Entscheidungsfindung vereinfacht, die Qualität der Investitionen verbessert sowie Fehlinvestitionen vermieden werden (vgl. BAFA 2014, Wüstenrot Stiftung 2011). Ferner wird auch über Fördermöglichkeiten (z.B. KfW- oder BAFA-Programme) für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen informiert, teilweise (z.B. für die BAFA-Förderung für die Optimierung technischer Systeme) ist eine vorangegangene Beratung ebenfalls Voraussetzung für die Inanspruchnahme eben dieser. Dadurch kann der Zugang zu Kapital (z.B. Kredite, Zuschüsse) verbessert werden. Allerdings können damit grundlegende Hemmnisse wie mangelnde Kreditwürdigkeit oder generell fehlende finanzielle Mittel nicht überwunden werden. Organisatorische Hemmnisse können überwunden werden, in dem im Rahmen der Beratung durch EnergieberaterInnen erläutert wird, welche Gebäudemaßnahmen sinnvoller Weise in welche Reihenfolge umgesetzt werden können oder wie und welche Gewerke hierfür zu kontaktieren sind. In Bezug auf Risiken kann der Energieberater subjektiv wahrgenommene (technologische) Risiken abbauen, indem er bestehenden Vorurteilen begegnet. Gleichzeitig kann er dieses Hemmnis verstärken, indem er über tatsächliche, zuvor nicht wahrgenommene, Risiken aufklärt.

Die **Energiechecks** sind in ihrer Art der Vor-Ort-Beratung ähnlich. Allerdings sind diese Beratungen weniger ausführlich (z.B. Basis-Check der Verbraucherzentralen) oder auf spezielle Thematiken beschränkt (z.B. Heizungscheck der Verbraucherzentralen). Daher ist die Wirkung hinsichtlich der Überwindung von Informationsdefiziten eingeschränkter im Vergleich zur detaillierten Vor-Ort-Beratung. Der Zugang zu Kapital kann erleichtert werden, da Hinweise auf Fördermöglichkeiten erfolgen können; dies ist zumindest im Rahmen der Energiechecks der Verbraucherzentrale angelegt (PWC 2017). Grundlegende Hemmnisse (z.B. mangelnde Kreditwürdigkeit, fehlende finanzielle Mittel) können nicht überwunden werden. Die Möglichkeiten organisatorische Hemmnisse zu überwinden, sind etwas begrenzter. Bei einem oberflächlicheren Check kann nicht unbedingt davon ausgegangen werden, dass weitere Informationen z.B. zu entsprechenden Handwerksbetrieben bereitgestellt werden können oder auch sollen. Bei einem maßnahmenspezifischen Teil-Check können aber durchaus Informationen zu geeigneten Betrieben von EnergieberaterInnen an den InvestorInnen weitergegeben werden. Bei der Risikowahrnehmung verhält es sich ähnlich wie bei der Vor-Ort-Beratung: die Risikowahrnehmung kann reduziert werden, aber auch

zunehmen. Dabei sind zeitliche Beschränkungen im Rahmen dieser weniger ausführlichen Beratungsformen zu berücksichtigen.

Das **Energiemanagementsystem**, insbesondere nach ISO 50001, birgt das Potenzial, organisatorische Hemmnisse zu überwinden aber auch nicht-ökonomischen Präferenzen innerhalb einer Unternehmung entgegenzuwirken (OECD 2015). Der Erfolg hierbei ist maßgeblich von der Ausgestaltung des EnMS abhängig. Durch die Definition und Kontrolle von Energiezielen, der Einsetzung eines Energiemanagers bzw. eines Energiemanagementteams mit eindeutigen Befugnissen und Verantwortlichkeiten und Implementierung eines kontinuierlichen Prozesses (PDCA-Zyklus) verankert das EnMS nach ISO 50001 die Energieeffizienz in den unternehmens- oder organisationsinternen Handlungsrouninen. Hierbei werden Organisationstruktur und -kultur im Sinne der Energieeffizienz verändert. Hingegen verbleibt das Energiemanagement lediglich auf einer Anpassungsebene, wenn vor allem die Kostenreduktion sowie die Sicherung des Produktionsablaufs angestrebt werden und dem Energiemanagement nur eine Kontrollaufgabe zukommt (vgl. Schmid 2004). Da sich die Organisation regelmäßig mit dem Thema Energieeffizienz auseinandersetzt, kann auch die Risikowahrnehmung für Investitionen in Technologien langfristig reduziert werden (Kahlenborn et al. 2012, OECD 2015).

Das Energiemanagement als kontinuierlicher Prozess führt zu einem beträchtlichen Wissensvorrat (vor allem Prozesswissen) und überführt die Energieanalyse in eine Routinetätigkeit, wodurch Such-, Informations- und Entscheidungskosten reduziert werden können (vgl. Schmid 2004). Die Energieanalyse identifiziert Schwachstellen und Chancen innerhalb der Unternehmung bzw. Organisationen. Sofern es sich um erstmalig umzusetzende Potenziale handelt, kann für die Planung und Implementierung nicht aus dem Wissensvorrat geschöpft werden (vgl. Schmid 2004). Ergänzend zu einem EnMS können weitere Informationsdefizite (z.B. mögliche Maßnahmen und Technologien) über branchenspezifische oder branchenübergreifende Energieeffizienznetzwerke reduziert werden. Der Vorteil von übergreifenden Netzwerken besteht auch darin, dass Unternehmen aus unterschiedlichen Sektoren eher dazu geneigt sind, Informationen zu Prozessen und Anlagen offen zu legen, da die Netzwerkpartner keine unmittelbare Konkurrenz darstellen.

#### **4.2.2 Quantifizierung der Kosten für Energiedienstleistungen**

Im Auftrag der BfEE bzw. des BAFA wurde mehrfach der Markt für Energiedienstleistungen empirisch untersucht sowie bestehende Förderprogramme evaluiert. Fokus der Markterhebung sind die Energieberatung, Energie-Contracting sowie Energiemanagementsysteme. Für die unterschiedlichen Energieberatungen sowie für die Dienstleistungen im Kontext von Energiemanagementsystemen wurden Marktpreise sowohl anbieter- als auch teilweise nachfrageseitig erfasst. Die Preise auf Nachfrageseite können dabei zu abweichenden Ergebnissen führen. Der Hauptgrund dafür sind die zahlreichen Förderprogramme. Mehr als zwei Drittel der in der Marktstudie befragten Energieberater bieten aktiv mit Bundesmitteln

geförderte Beratungen an. Beispielsweise beträgt der Anteil an geförderten Beratungen bei der Vor-Ort-Beratung für Wohngebäude ca. 50 % (BfEE 2018). Daher sind in dieser Studie die Anbieterpreise im Fokus, um den tatsächlichen Aufwand abzuschätzen. Gegebenenfalls zu berücksichtigende Förderprogramme werden in die erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse (AP4) aufgenommen.

Tabelle 15: Durchschnittliche Preise für Energieberatungen

Energieberatung	Ø Preis in Euro*	Min	Max	Standardabweichung	Aufwand in Stunden	Stundensatz in Euro	Anteil der kostenlosen Energieberatungen**
<b>EEDL basierend auf der BfEE-Marktstudie</b>							
Energieaudit	5.950	0	100.000	6.318	70,2	85	2,3 %
Vor-Ort Beratung für NWG	3.450	0	25.000	3.265	41,8	83	6,8 %
Vor-Ort Beratung für Anlagen & Prozesse	5.800	0	150.000	11.291	64,8	89	4,4 %
Vor-Ort Beratung Wohngebäude	1.250	0	20.000	1.290	20,0	61	2,9 %
Energiecheck	260	0	8.000	468	3,7	70	9,9 %
<b>Ausgewählte (Vor-Ort-)Energiechecks der Verbraucherzentrale</b>							
Detail-Check (VBZ)	285,60 / 40 ***	0	40	-	-	-	-
Heiz-Check (VBZ)	303,45 / 40 ***	0	40	-	-	-	-
Basis-Check (VBZ)	166,60 / 10 ***	0	10	-	-	-	-

\* Die Berechnung der Durchschnittspreise in BfEE (2018) erfolgt unter Ausschluss der Extremwerte (Abschnitt bei Werten > zehnfacher Mittelwert); \*\* basierend auf BfEE (2018); \*\*\* Maximale Beteiligungskosten für EndkundInnen.  
Quelle: eigene Darstellung basierend auf BfEE (2018) und VBZ (2018)

Die empirische Untersuchung des Energiedienstleistungs-Marktes (BfEE 2018) zeigt für Energieberatungen, dass die Preise je nach Beratungsart stark variieren. Während Energieaudits und Vor-Ort-Beratungen für Anlagen und Prozesse durchschnittlich 5.950 € bzw. 5.800 € kosten, fallen die Preise für Vor-Ort-Beratungen an Nicht-Wohngebäuden sowie Wohngebäuden mit 3.450 € bzw. 1.250 € deutlich geringer aus. Der durchschnittliche Verkaufspreis für Energiechecks

liegt bei 260 €. Der Unterschied zwischen den technisch aufwendigeren Beratungen, Energieaudits, Vor-Ort-Beratung für Nichtwohngebäude und Vor-Ort-Beratung für Anlagen und Prozesse, lässt sich insbesondere auf den beratungstypspezifischen Zeitaufwand zurückführen. Die durchschnittlich erzielbaren Stundensätze weisen nur eine relativ geringe Abweichung auf. Die Stundensätze in der Beratung für Wohngebäude hingegen fallen mit 61 € deutlich niedriger aus und auch der durchschnittliche Zeitaufwand von 20 Stunden für eine Beratung ist deutlich geringer. Die Energiechecks kosten durchschnittlich 260 € und dauern 3,7 Stunden. Für Energiechecks können etwas höhere Stundensätze von durchschnittlich 70 € erzielt werden, der Zeitaufwand ist jedoch mit 3,7 Stunden vergleichsweise gering. In der Tabelle sind noch explizit die Energiechecks der Verbraucherzentrale aufgeführt, die durch das BMWi gefördert werden. Die Gesamtkosten ohne Förderung liegen zwischen 166,60 € (Basis-Check) und 303,45 € (Heiz-Check). Die Kosten für EndkundInnen liegen allerdings deutlich darunter (max. 40 €).

Für alle genannten Energieberatungen sind die Daten der BfEE-Marktstudie (2018) durch eine große Spannweite und eine starke Streuung charakterisiert (Variationskoeffizienten ( $v$ ) liegen zwischen 94,64 % und 194,67 %). Der minimale Verkaufspreis für alle Beratungsarten ist 0 €. Es ist davon auszugehen, dass hier die Beratungen zum Zweck der Kundenbindung oder zur Anbahnung weiterer Geschäftsbeziehungen kostenlos angeboten werden. Für Energieaudits liegt der Maximalpreis bei 100.000 € (Standardabweichung = 6.318;  $v = 106,18$  %). Das Maximum für Vor-Ort-Beratungen für Anlagen und Prozesse beträgt 150.000 €. Die Preise weisen hier die stärkste Streuung auf (Abweichungskoeffizient von 194,67 %;  $\sigma = 11.291$ €). Relativ am geringsten ist die Streuung für Vor-Ort-Beratungen für Nichtwohngebäude. Bei einer Spannweite von 0 bis 25.000 € liegt der Variationskoeffizient bei 94,64% ( $\sigma = 3265$  €) und ist damit immer noch stark gestreut. Die Preise für Vor-Ort-Beratungen an Wohngebäuden liegen zwischen 0 und maximal 20.000 € (Standardabweichung beträgt 1.290 €;  $v = 103,2$  %; Hier sind auch Mehrfamilienhäuser großer Wohnungsbaugesellschaften eingeschlossen, daher die hohen Maximalpreise.). Energie-Checks haben einen maximalen Preis von 8.000 €. Die Standardabweichung beträgt 468 ( $v = 180$  %). Bei den Energiechecks der Verbraucherzentralen sind die Beteiligungskosten für EndkundInnen gering und liegen zwischen 10 € (Basis-Check) und 40 € belaufen (Detail-Check, Heiz-Check). Die ausgewählten Energiechecks der Verbraucherzentrale sind für einkommensschwache Haushalte auch beitragsfrei verfügbar.

Anbieterseitige Preise für EEDL in Zusammenhang mit der Einführung eines Energiemanagementsystems wurden in der empirischen Untersuchung des Energiedienstleistungs-Marktes (BfEE 2018) ebenfalls erhoben. Auch diese Daten streuen im Einzelfall stark. Der Preis für Beratung und Einführung eines EnMS

---

<sup>9</sup> Es ist anzunehmen, dass die im Rahmen der Marktstudie (BfEE 2018) erhobenen hohen Kosten für eine Vor-Ort-Beratung darauf zurückzuführen ist, dass Befragte auch die Kosten für die Fachplanung eingerechnet haben. Somit sind gerade die Extremwerte mit Vorsicht zu betrachten.

beträgt durchschnittlich 11.571 € mit einem Variationskoeffizienten von 71,38 % bei einer Standardabweichung von 8.259 €. Die Einführung einer Energiemanagementsoftware wird durchschnittlich für 14.386 € angeboten. Der Abweichungskoeffizient beträgt hierbei 49,53 % ( $\sigma = 7.125$  €). Der Preis für eine Erstzertifizierung des EnMS beträgt im Durchschnitt 11.540 €. Es besteht die Schwierigkeit, die Kosten für die Einführung und den Betrieb eines EnMS auf spezifische Energieeffizienzmaßnahmen umzulegen, da durch EnMS sukzessive Energieeinsparpotenziale und -optionen identifiziert werden. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden lediglich Einzelmaßnahmen ausgewählt; die Einführungs- und Betriebskosten eines EnMS für Einzelmaßnahmen wären verhältnismäßig hoch.

Die Evaluierung der Energieeinsparberatung vor Ort (BAFA 2014) verdeutlicht die grundlegende Problematik der verfügbaren Datenbasis im Kontext der vorliegenden Studie. So ermittelt die Evaluierung unterschiedliche Beratungskosten u.a. in Abhängigkeit von der Art des Wohngebäudes (Ein-/Zweifamilienhaus oder Mehrfamilienhaus). Dies verdeutlicht, dass Beratungskosten im Einzelfall abhängig von spezifischen Einflussfaktoren sind. Bei Wohngebäuden wird der Aufwand für eine Energieberatung insbesondere durch die Art des Wohngebäudes, die Komplexität der Gebäudestruktur, die (Anzahl der unterschiedlichen) verwendeten Bauteile, die Anlagentechnik und die Verfügbarkeit von Planungsunterlagen determiniert. Bei Nichtwohngebäuden ist über die baulichen Gegebenheiten hinaus insbesondere die Anzahl und Art der Nutzungszonen für die Ermittlung der Beratungskosten ausschlaggebend. Bei Beratungen im produzierenden Gewerbe sind die Größe des Unternehmens (Mitarbeiterzahl), die Anzahl der Standorte und die Komplexität der Anlagen und Prozesse wichtige Faktoren. Für die Preise von EEDL im Kontext der Einführung eines Energiemanagementsystems sind im Einzelfall insbesondere potenzielle Synergieeffekte mit bereits bestehenden Managementsystemen nach ISO 9001 oder 14001 zu berücksichtigen.

In den Marktstudien werden Durchschnittspreise ermittelt, die auf potenziell sehr heterogenen EEDL basieren. Dies spiegelt sich in den großen Spannweiten und einer starken Streuung der Daten wider. Folglich geben die durchschnittlichen Kosten zwar einen guten Überblick über den Markt, jedoch haben sie nur eine begrenzte Aussagekraft für konkrete Maßnahmen. Um die spezifischen Maßnahmen der vorliegenden Studie (AP1) verlässlich in die Verteilungen einordnen und ihnen Kosten zurechnen zu können, ist daher eine weitere Quelle, welche die obengenannten Einflussfaktoren berücksichtigt, notwendig. Überwiegend wurden hierzu Experteninterviews geführt, die Ausnahme bilden die Maßnahmen 2 bis 4, für die eine Approximation der Preise für Energiechecks dem Angebot der Verbraucherzentralen entnommen werden konnte.

Aufgrund der skizzierten Schwierigkeiten zur Quantifizierung der spezifischen EEDL-Kosten für die betrachteten Einzelmaßnahmen wurden zusätzlich qualitative leitfadengestützte Experteninterviews mit EnergieberaterInnen geführt. Die Ergebnisse aus den Expertengesprächen wurden mit den Daten der Marktstudie für 2018 sowie mit der Evaluation des Förderprogrammes „Energieberatung im

Mittelstand“ (BMWi 2014) verglichen und zur Einordnung der Kosten in die Bandbreite der statistischen Kosten für die in AP1 definierten Maßnahmen verwendet (s. Kapitel 4.2.3). Die Vorauswahl der ExpertInnen erfolgte hierbei durch die BfEE. Insgesamt wurden drei Interviews geführt.

#### 4.2.3 Zurechenbarkeit von EEDL-Kosten zu (in AP1) definierten Maßnahmen

Die Zurechenbarkeit von Kosten für EEDL auf einzelne Maßnahmen ist zwingend notwendig, wenn sie in eine erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse aufgenommen werden sollen. Diese ist jedoch nicht für jede Art von Dienstleistungen einfach umsetzbar. Während die Energieberatung spezifisch auf die Initiierung und Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen gerichtet ist, wodurch die Kosten somit auch ebendiesen prinzipiell zurechenbar sind, kann davon für EEDL im Kontext von EnMS nicht ausgegangen werden. Die zeitlichen und finanziellen Aufwände fallen hierbei zur Einführung oder Weiterführung eines Managementsystems an. Dieses stößt wiederum im weiteren Verlauf die Energieeffizienzmaßnahmen an. Die EEDL stehen somit nur in einem indirekten Zusammenhang mit einer unbestimmten Anzahl über ggf. längere Zeiträume ausgelöster Energieeffizienzmaßnahmen.

Aufgrund dieser methodischen Schwierigkeiten konzentriert sich die Studie auf die Analyse von Energieberatungen. Auch die im Rahmen des Projekts befragten Energieberater wiesen darauf hin, dass eine Zurechnung von Kosten für ein allgemeines, zeitlich ggf. unbestimmt laufendes System auf einzelne Maßnahmen nicht zielführend/möglich ist. Folglich fokussiert diese Studie im Weiteren auf die unterschiedlichen Formen der Energieberatung. Hierbei bilden die Vorgaben für die Förderfähigkeit in den Förderprogrammen *Energieberatung für Wohngebäude*, *Energieberatung im Mittelstand* und *Energieberatung für kommunale Nichtwohngebäude* die konzeptionelle Grundlage; insbesondere im Hinblick auf die Vergleichbarkeit und da eine potenzielle Förderung in den Kosten, die vom Investor getragen werden, zu berücksichtigen ist.

Die statistische Verteilung der Preise für die verschiedenen Beratungsarten basiert auf Daten der Markterhebung (BfEE 2018); sie wird jeweils als Boxplot mit entsprechenden Lageparametern dargestellt. Die blaue Box wird durch das obere und untere Quartil begrenzt. Entsprechend liegen die mittleren 50 % innerhalb des blauen Interquartilbereiches. Die mittlere Linie zeigt den Median. Die Whiskers reichen unten bis zum 2,5-Perzentil sowie oben bis zum 97,5-Perzentil. Dies stellt sicher, dass absolute Extremwerte (sowie ähnlich wie in der BfEE-Marktstudie auch kostenlose Beratungen, wenn diese eine Ausnahme darstellen) ausgeschlossen werden und die Darstellung an Übersichtlichkeit gewinnt. In diese grafische Darstellung der empirischen Verteilung werden für die konkreten in AP1 definierten Maßnahmen die Experteneinschätzungen bzw. die Preise der Energiechecks der VBZ eingetragen und auf Ihre Plausibilität geprüft. Die folgenden Abbildungen zeigen darüber hinaus noch die reinen Kosten für die EEDL (rote durchgezogene Linien) sowie EEDL-Kosten abzüglich der entsprechenden Fördersummen (rote gestrichelte Linien). Die Berechnung der Kosten wird in den entsprechenden Textpassagen erläutert.

## Wohngebäude

Die Maßnahmen H1 bis H4 sind im Bereich Wohngebäude angesiedelt. Die **Maßnahme H1** beschreibt die energetische Sanierung eines Mehrfamilienhauses auf Niveau eines Effizienzhaus 70. Die geeignete Energieeffizienzdienstleistung ist die förderfähige Vor-Ort-Energieberatung für Wohngebäude. Die Kosten für die Beratung unter Berücksichtigung der Förderung können vollständig den umgesetzten Maßnahmen zugerechnet werden.

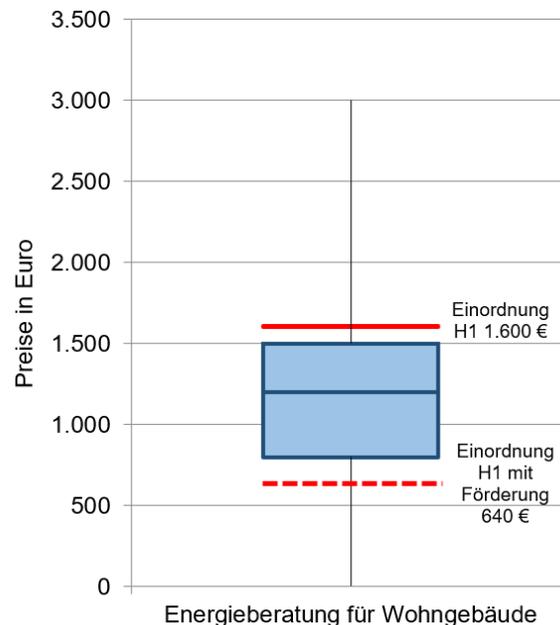


Abbildung 8: Boxplot Energieberatung für Wohngebäude (eigene Darstellung basierend auf BfEE (2018))

Die Hälfte der Preise für Vor-Ort-Beratungen für Wohngebäude liegt zwischen 800 € und 1.500 €. Im Median wird die Energieberatung für 1.200 € angeboten. Das um Ausreißer bereinigte Maximum liegt bei 3.000 € und das bereinigte Minimum weiterhin bei 0 €. Der interviewte Energieberater schätzt den Preis für eine Energieberatung für die Maßnahme (ein zwischen 1958 bis 1978 erbautes Wohnhaus mit vier Parteien und 354m<sup>2</sup>), auf mindestens 1.600€ (rote durchgezogene Linie in Abbildung 8). Damit liegt die Einschätzung des Experten oberhalb des Median und des 75%-Quartils, jedoch deutlich unterhalb des 97,5%-Perzentils.

Die statistischen Daten der Markterhebung (BfEE 2018) bilden die durchschnittlichen Kosten für eine Vor-Ort-Beratung ab. Hierbei werden unterschiedliche Beratungen zusammen erfasst, sowohl (und insbesondere) Beratungen für Ein- und Zweifamilienhäuser als auch Beratungen an Mehrfamilienhäusern. Aus diesem Grund ist die Lage der Preiseinschätzung für ein Mehrfamilienhaus plausibel, da der Beratungsaufwand für ein MFH als höher einzuschätzen ist.

In der erweiterten Kosten-Nutzen-Analyse werden die 1.600 € als Preis für die EEDL angesetzt. Unter Berücksichtigung der Förderung „Energieberatung Wohngebäude“ der BAFA, in Höhe von 60% bis maximal 1.100 € Fördersumme, ergeben sich vom

Investor zu tragende Kosten von 640€ (rote gestrichelte Linie in Abbildung 8, BAFA 2018a).

Die **Maßnahme H2** (Effizienter Neubau) betrachtet das Auftreten von Transaktionskosten durch externe Beratungsleistungen (Baubegleitung), die eine notwendige Voraussetzung für die Inanspruchnahme von Fördermitteln im KfW-Programm Energieeffizient Bauen darstellen. Für dieses Fallbeispiel sind die anfallenden Transaktionskosten daher identisch mit den Kosten für EEDL, ein Vergleich der beiden Größen wird daher in diesem Fall nicht durchgeführt.

Die **Maßnahmen H3 und H4** sind Einzelmaßnahmen innerhalb eines Wohngebäudes (gering-investiv), eine umfassende Beratung für das gesamte Gebäude ist nicht anzunehmen. Daher werden für diese Einzelmaßnahmen die eher oberflächlichen oder auf spezielle Thematiken beschränkten Energie-Checks herangezogen. Diese unterscheiden sich insbesondere in ihrer Art (z.B. Basis-Check, Heiz-Check oder Solar-Wärme-Check der Verbraucherzentralen) und damit auch in ihrem Aufwand, was zu einer erheblichen Streuung der Preise führt. Die Preise für einen Energie-Check liegen im Median bei 200 €. Die Quartile liegen symmetrisch um den Median bei 100 € bzw. 300 €. Um Extremwerte bereinigt liegen weiter 22,5 % der Ausprägungen zwischen 300 und 800 €. Sowie 22,5 % im Bereich zwischen 0 und 100 €.

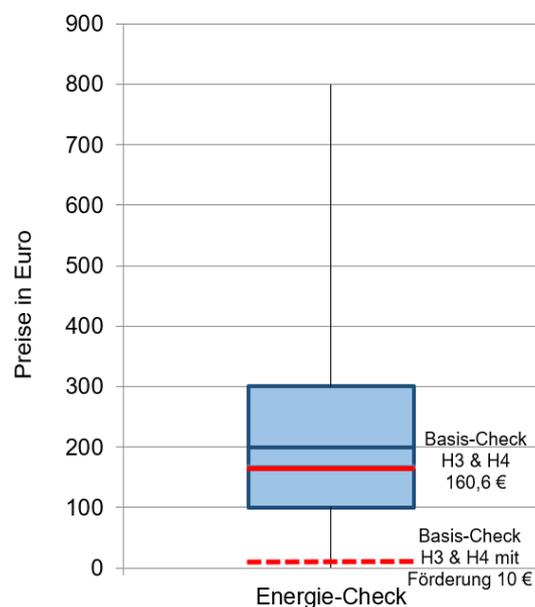


Abbildung 9: Boxplot Energie-Check (eigene Darstellung basierend auf BfEE (2018) und VBZ (2018))

Für die Maßnahmen H2 bis H4 wurden keine Experteninterviews geführt, da als Approximation der Beratungskosten in diesen Fällen das Angebot an Energie-Checks der Verbraucherzentralen bereits zur Verfügung stand (VBZ 2018). Dabei ist zu berücksichtigen, dass ein Großteil der Kosten vom Bundeswirtschaftsministerium übernommen wird und lediglich ein geringer Anteil auf den Endkunden entfällt. Allerdings sind sowohl die Eigenanteile als auch die von der Verbraucherzentrale gezahlten Honorare bekannt (VBZ 2018).

Für H3 sowie H4 wird der Basis-Check der Verbraucherzentrale mit einem Preis von 10 € für den Investor herangezogen (rote gestrichelte Linie in Abbildung 9). Laut VZB (2018) belaufen sich die Gesamtkosten aber auf 166,60 € (rote durchgezogene Linie in Abbildung 9). Für die Differenz kommt das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie auf.

Wie bereits erörtert, handelt es sich beim Basis-Check um eine eher oberflächliche, technisch weniger anspruchsvolle Beratung. Die Lage der Kosten zwischen dem unteren Quartil und dem Median spiegelt dies wider. Entsprechend kann eine Approximation der Kosten durch den Basis-Check der Verbraucherzentralen angenommen werden. In der erweiterten Kosten-Nutzen-Analyse können die Energie-Checks bzw. der Basis-Check als geförderte Beratungen (Investorenanteil) angesetzt werden.

### Öffentliche Einrichtungen

In der Kategorie öffentliche Nicht-Wohngebäude sind die **Maßnahmen Ö1 bis Ö3** verortet. Für die energetische Sanierung **einer Schule in Wuppertal (Ö1)** ist die Annahme einer BAFA-geförderten Vor-Ort-Beratung für kommunale Nicht-Wohngebäude plausibel. Die entsprechenden Kosten können hierbei vollständig dem Bündel an umgesetzten Einzelmaßnahmen zugerechnet werden.

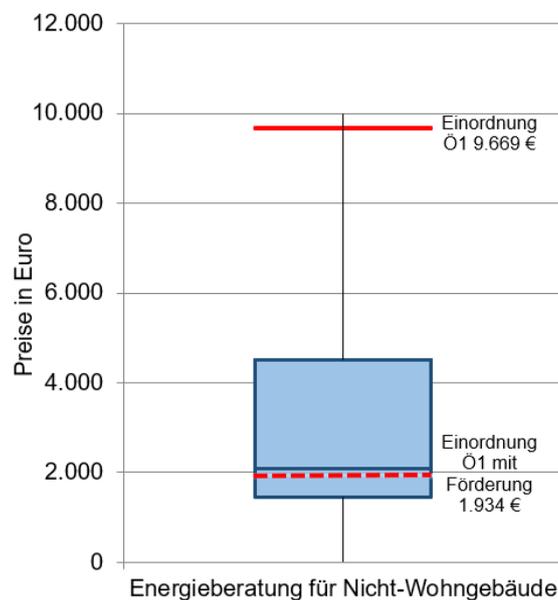


Abbildung 10: Boxplot Energieberatung für Nicht-Wohngebäude (eigene Darstellung basierend auf BfEE (2018))

In den Daten für die Energieberatung für Nicht-Wohngebäude werden ebenfalls verschiedene Beratungen zusammengefasst. So kann eine Vor-Ort-Beratung in einem kleineren Bürogebäude mit wenigen gleichartigen Nutzungszonen ebenso enthalten sein wie die Beratung an einer großen Schule mit unterschiedlichsten Nutzungszonen, woraus eine große Spannbreite und starke Streuung resultiert. Der mittlere Preis für eine Vor-Ort-Beratung für Nicht-Wohngebäude ist 2.100 €. Besonders auffällig ist hierbei, dass die Werte unterhalb des Median vergleichsweise

gering streuen. So liegen 25 % der Preise zwischen 1.450 € und 2.100 €, während die 25 % der Werte oberhalb des Median zwischen 2.100 € und 4.500 € liegen. Das bereinigte Minimum liegt weiterhin bei 0 €. Das Maximum ohne Extremwerte liegt nun bei 10.000 €.

Das Expertengespräch ergab, dass sich die Kosten für eine Energieberatung im Nicht-Wohngebäudebereich häufig an den Höchstsätzen der BAFA-Förderung orientieren (vgl. PWC 2018). Dabei wird unterschieden zwischen vorsteuerabzugsberechtigten und nicht-vorsteuerabzugsberechtigten Beratungsempfängern. Nach gegenwärtigen BAFA-Regularien gilt: „Die Zuwendung beträgt bis zu 80 % der förderfähigen Ausgaben, maximal jedoch ein von der Zahl der Nutzungszonen des betreffenden Gebäudes abhängiger Höchstbetrag [...]. Ab 13 Nutzungszonen beträgt die Höchstförderung einheitlich 15.000 Euro.“ (BAFA 2018b).

Da es sich bei einer Kommune um einen nicht-vorsteuerabzugsberechtigten Beratungsempfänger handelt und vier unterschiedliche Nutzungszonen identifiziert wurden, beläuft sich die Förderhöchstsumme nach gegenwärtigen BAFA-Regularien auf 7.735 €, von 9.669 € entsprechend 80% (max. Fördersatz förderfähiger Ausgaben) darstellt (rote durchgezogene Linie in Abbildung 10). Durch die Förderung ergeben sich somit im Umkehrschluss Kosten von 1.934 € für den Beratungsempfänger (rote gestrichelte Linie in Abbildung 10).

An der **Universität Freiburg (Ö2)** wurden im Rahmen des Forschungsprojektes „Dezentrale monetäre Anreize zum Energiesparen“ insbesondere organisatorische Hemmnisse für Verhaltensänderungen adressiert und gering-investive Maßnahmen umgesetzt. Dies entspricht nicht dem Fokus der *geförderten* Energieberatung, die insbesondere auf bauliche und investive Maßnahmen abzielt. Vielmehr wurden hier durch explizite organisatorische Anreize das Verhalten der NutzerInnen verändert. Die Maßnahmen entsprechen daher am ehesten solchen, die im Rahmen eines Energiemanagementsystems (EnMS) umgesetzt würden. Unter Berücksichtigung der Marktstudie (BfEE 2018) werden durchschnittlich 11.571 € erwartbare Kosten für die Einführung eines EnMS angesetzt.

**Ö3: Straßenbeleuchtung:** Für eine Umrüstung der öffentlichen Straßenbeleuchtung ist in den meisten Fällen eine Energieeffizienzberatung oder ein Energieeinsparmanagement nicht notwendig. Sofern eine umfassende Bestandsaufstellung der Straßenbeleuchtung vorhanden ist, lassen sich die Einsparungen leicht abschätzen, auch die Amortisationszeiträume sind überschaubar. Im Vordergrund stehen zumeist die fehlenden finanziellen Mittel (insbesondere in Kommunen, die in die Haushaltssicherung fallen), die anfänglich in vollem Umfang anfallen und der Bedarfskonkurrenz unterliegen. Zur Überwindung dieser Hemmnisse bieten sich Contracting-Modelle an, bei denen die Kommune die Bereitstellung, Finanzierung und den Betrieb der Straßenbeleuchtung auf einen Dienstleister (Contractor) überträgt. Da Contracting in diesem Vorhaben nicht betrachtet werden kann, wurden die dafür benötigten Aufwendungen (bspw. in Form einer Contracting-Marge) nicht erfasst.

## Unternehmen

Die **Maßnahmen U<sub>1</sub> bis U<sub>4</sub>** sind Querschnittstechnologien und Anlagen bzw. Prozessoptimierungen in Unternehmen und damit Bestandteil einer Beratung wie sie im Rahmen des Förderprogrammes „Energieberatung im Mittelstand“ durchgeführt wird. Die Experteninterviews ergaben, dass üblicherweise nicht zu einzelnen Maßnahmen beraten wird, sondern eine umfassende Beratung eines Unternehmens erfolgt, die dann mit der Empfehlung einiger konkreter Maßnahmen abschließt. Entsprechend sind die gesamten Beratungskosten

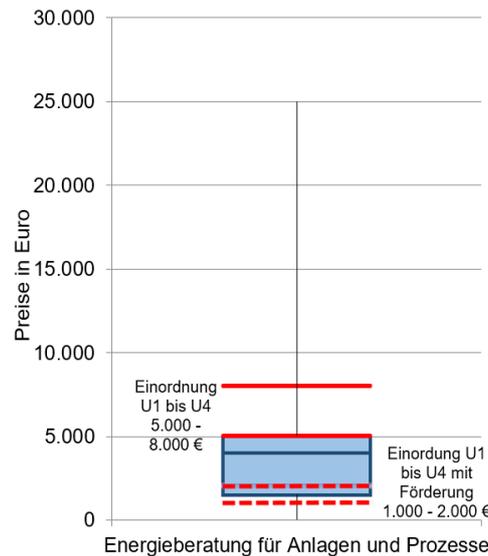
- relativ unabhängig von den empfohlenen Einzelmaßnahmen,
- eher abhängig von Unternehmensgröße, Komplexität der vorhandenen Anlagen und Prozesstechnologien,
- den einzelnen umgesetzten Maßnahmen nur anteilig zu zurechnen.

Bei der Energieberatung im Mittelstand wurden im Median vier (Durchschnitt 5,3) Maßnahmen vorgeschlagen – wenn überhaupt Maßnahmen vorgeschlagen werden (IREES, Fraunhofer ISI 2014). Wenn davon Maßnahmen umgesetzt wurden, waren es im Median 2 (Durchschnitt 2,7) (IREES, Fraunhofer ISI 2014). Für die vorliegende Studie wurde zur Einordnung in diese Bandbreite um Einschätzung von Experten gebeten zum Umfang einer typischen Beratung, die unsere Maßnahmen empfehlen würde und wie viele Maßnahmen typischerweise empfohlen würden, um die Gesamt-Beratungskosten entsprechend zuordnen zu können.

Im Experteninterview gab der Energieberater an, dass typischerweise 3 bis 5 Maßnahmen empfohlen werden (zur Umsetzungsquote konnte keine belastbare Aussage getroffen werden). Für die Zurechenbarkeit der Beratungskosten auf einzelne Maßnahmen folgen daraus zwei Möglichkeiten: Umlage/Aufteilung der Gesamtkosten auf

- die umgesetzten Maßnahmen oder
- die vorgeschlagenen Maßnahmen.

Die erste Möglichkeit legt die Beratungskosten auf die tatsächlich realisierten Maßnahmen um. Allerdings erscheint es nicht plausibel, die Beratungskosten für andere empfohlene potenzielle Maßnahmen umzulegen. Insbesondere, da eine Umsetzung dieser Maßnahmen zu einem späteren Zeitpunkt noch erfolgen kann. Ferner stehen diese Beratungsleistungen in keinem direkten Zusammenhang mit den umgesetzten Maßnahmen. Entsprechend sind diese Anteile der Beratungskosten bei einer Nicht-Umsetzung von Empfehlungen als versunkene Kosten zu betrachten. Die Zurechnung der Kosten erfolgt daher anteilig nach der Anzahl der empfohlenen Maßnahmen. Basierend auf der Evaluation der Energieberatung im Mittelstand (IREES, Fraunhofer ISI 2014) und dem Experteninterview werden in dieser Studie approximativ 3-5 vorgeschlagene Maßnahmen angenommen.



**Abbildung 11: Boxplot Energieberatung für Anlagen und Prozesse (eigene Darstellung basierend auf BfEE (2018) und Interview)**

Die Kosten für eine Energieberatung für Anlagen und Prozesse betragen laut Marktstudie der BfEE im Median 4.000 € (Durchschnitt 5.800 €). Auch hierbei werden potenziell unterschiedlich komplexe und aufwändige Beratungen subsummiert. Die mittleren 50 % der Preise liegen zwischen 1.500 € und 8.000 €. Entsprechend ist der Interquartilsabstand von 6.500 € vergleichsweise groß. So ist davon auszugehen, dass in den Daten sowohl Einschätzungen von BeraterInnen, die auf weniger technische Beratungen ausgerichtet sind, als auch von BeraterInnen, die auf sehr komplexe Beratungen spezialisiert sind, gemeinsam erfasst wurden. Ein weiterer möglicher Grund für den großen Interquartilsabstand sind die unterschiedlichen Zuschüsse für die Energieberatung im Förderprogramm „Energieberatung im Mittelstand“ für Unternehmen mit jährlichen Energiekosten von maximal 10.000 € und mehr als 10.000 € an jährlichen Energiekosten. Die bereinigte Spannweite der gesamten Verteilung beträgt 0 € bis 25.000 €. Um die Maßnahmen U1 bis U4 in diese Verteilung einordnen zu können wurde ein Expertengespräch geführt.

Der interviewte Energieberater beziffert den Preis für eine förderfähige Beratung unserer Fallstudien für ein Unternehmen mit einem Standort und Energiekosten von jährlich mehr als 10.000 € auf 5.000 bis 8.000 € (rote durchgezogene Linie in Abbildung 11). Damit liegt der Preis innerhalb des oberen Quartils der Verteilung der Daten der Markterhebung für 2017 sowie um den Mittelwert herum. Ferner gab er an, dass sich der Preis hierbei insbesondere an der möglichen Förderung ausrichtet. Bei einem Unternehmen mit hohen jährlichen Energiekosten (über 10.000 €) sind dies 80 % der Beratungskosten bis maximal 6.000 € Fördersumme. Diese Bezuschussung im Förderprogramm „Energieberatung im Mittelstand“ ist bei der Integration der EEDL in die Kosten-Nutzen-Analyse des Investors zu berücksichtigen. Daraus folgen vom Investor zu tragende Kosten in Höhe von 1.000 bis 2.000 € für die umfassende Energieberatung (rote gestrichelte Linie in Abbildung 11). Bei 3 bis 5 empfohlenen Maßnahmen ergeben sich Kosten von 200 bis

ca. 667 € je Maßnahme mit Förderung, bzw. 1.000 bis 2.600 € ohne Förderung (für AP4 wird hier die obere Grenze berücksichtigt).

### 4.3 Ergebnisse und Fazit aus AP3: Preise von EEDL

Durch die unterschiedlichen Arten von EEDL können Hemmnisse für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen adressiert und überwunden werden. Durch Energieberatungen können insbesondere Informationsasymmetrien abgebaut und Informationsdefizite reduziert werden. Durch die Information können ggf. auch Präferenzen, die Energieeffizienzmaßnahmen entgegenstehen, begegnet werden. Darüber hinaus kann durch eine Fördermittelberatung der Zugang zu Kapital verbessert werden. Energiemanagementsysteme hingegen eignen sich insbesondere, um organisatorische Hemmnisse zu überwinden und nicht-ökonomischen Präferenzen innerhalb einer Unternehmung entgegenzuwirken und um die Potenziale dynamischer Prozesse, wie in der industriellen Produktion, regelmäßig zu heben. Informationsdefizite können nur teilweise ausgeglichen werden. EnMS tragen dazu bei, dass Suchkosten für Energieeffizienzmaßnahmen reduziert werden, da ein im Rahmen eines EnMS eingesetzter Energiemanager Energieeffizienzpotenziale regelmäßig beobachtet (siehe auch Reduktion von Transaktionskosten in Abschnitt 3).

Da die beschriebenen EEDL das Potential bergen, Umsetzungshemmnisse zu überwinden, ist die Integration dieser in die Kosten-Nutzen-Analyse sinnvoll. Allerdings ist dies nur praktikabel, wenn die Dienstleistungen den Effizienzmaßnahmen zugeordnet werden können. Gut geeignet ist dieser Ansatz beispielsweise, wenn eine umfassende Beratung für ein Wohngebäude (mit Sanierungsfahrplan zu einem bestimmten Effizienzhausstandard) im Anschluss entsprechend umgesetzt wird. Bereits bei umfassenden Beratungen, bei denen jedoch nur einzelne Maßnahmen umgesetzt werden, ist die Zurechenbarkeit schwieriger. Im Kontext von Energiemanagementsystemen ist der Ansatz nicht praktikabel, da die Kosten für EEDL zur Einführung der Systeme einer nicht zu bestimmenden Anzahl an folgenden Effizienzmaßnahmen gegenüber stehen.

Insgesamt können in AP 3 die Kosten für die EEDL für die in AP1 definierten Maßnahmen nicht *exakt* quantifiziert werden. Die Kosten sind im Einzelfall sowohl von einer Vielzahl fallspezifischer Faktoren abhängig als auch von der Qualität und Preisgestaltung der beauftragten Dienstleister. Daher sind die quantifizierten Kosten lediglich als Schätzungen der Größenordnung, basierend auf den Daten der empirischen Untersuchung des Energiedienstleistungs-Marktes (BfEE 2018), geführten Experteninterviews und den Preisen der Energiechecks der Verbraucherzentralen (VBZ 2018), zu verstehen.

Für die Maßnahme H1 (Sanierung MFH) wird der Preis der EEDL (Vor-Ort-Beratung für Wohngebäude) auf 1.600 € und die vom Investor zu tragenden Kosten auf 640 € geschätzt. Die Energiechecks für die Maßnahme H3 und H4 (Beleuchtung, Kühlschränke) haben einen Preis in Höhe von 303,45 € bzw. 160,60 €. Im Fall einer geförderten Beratung durch die VBZ entstehen dem Investor hierbei lediglich Kosten in Höhe von 40 € bzw. 10 €. Für die Maßnahmen in produzierenden

Unternehmungen U1 bis U4 ist jeweils eine umfassende Vor-Beratung bzw. deren Anteil für eine einzelne Maßnahme anzusetzen. Der Preis für die Beratung beläuft sich auf insgesamt 5.000 bis 8.000 €. Bei Inanspruchnahme einer Förderung sind vom Investor hiervon lediglich 1.000 bis 2.000 € zu tragen. Den einzelnen Maßnahmen zurechenbar sind hierbei Kosten in Höhe von 200 bis ca. 667 € je Maßnahme mit Förderung bzw. 1.000 bis 2.600 € ohne Förderung. Im öffentlichen Sektor konnten für die Maßnahme Ö1 (Sanierung Schule Wuppertal) EEDL-Kosten von 8.125 € geschätzt werden. Für die Maßnahme Ö2 (gering-invest. Maßnahmen) wurden die Kosten für die Einführung eine EnMS angesetzt. Für Ö3 (effiziente Straßenbeleuchtung in Kommunen) kann keine EEDL quantifiziert werden. Typischerweise werden für Maßnahmen dieser Art Dienstleistungen in Form von Contracting und nicht in Form der hier definierten EEDL in Anspruch genommen. Trotzdem betrachten wir die Beispielmaßnahme, da sie interessante Erkenntnisse zu den Transaktionskosten und ihrer Reduktion ermöglicht (s. AP2 und 4).

### Zusammenfassung der Ergebnisse

- Die vorliegende Studie fokussiert sich auf die zur entsprechenden Maßnahmenumsetzung wesentliche EEDL.
- Beratungskosten stehen u.a. in Abhängigkeit von Einzelfallfaktoren - eine Spezifizierung der Kosten verlangt daher detaillierte Informationen zu diesen Faktoren.
  - Bei Wohngebäuden wird der Aufwand für eine Energieberatung u.a. durch Art des Wohngebäudes, Komplexität der Gebäudestruktur, verwendete Bauteile, Anlagentechnik und Verfügbarkeit von Planungsunterlagen determiniert.
  - Die Kosten für geförderte Beratungen im Bereich Anlagen und Prozesse sind abhängig von der Komplexität.
  - Die Kosten für Beratungen zu NWG sind abhängig von baulichen Gegebenheiten und die Anzahl der Nutzungszonen.
- **Preise variieren stark je nach Art der Energieberatung:** Während Energieaudits und Vor-Ort-Beratungen für Anlagen und Prozesse durchschnittlich 5.800 € kosten, fallen die Preise für Vor-Ort-Beratungen an Nicht-Wohngebäuden sowie Wohngebäuden mit 3.450 € deutlich geringer aus. Der durchschnittliche Verkaufspreis für Energiechecks liegt bei 260 €. Der Unterschied zwischen den technisch aufwendigeren Beratungen, Energieaudits, Vor-Ort-Beratung für Nichtwohngebäude und Vor-Ort-Beratung für Anlagen und Prozesse, lässt sich insbesondere auf den beratungstypspezifischen Zeitaufwand zurückführen
- Auch **EnMS-Preise streuen stark:** Der Preis für Beratung und Einführung eines EnMS beträgt durchschnittlich 11.571 €.
- Durchschnittlichen Kosten geben zwar einen guten Überblick über den Markt, jedoch haben sie nur eine begrenzte Aussagekraft für konkrete Maßnahmen.

- Die quantifizierten Kosten für die EEDL sind lediglich als Schätzungen der Größenordnung, basierend auf den Daten der empirischen Untersuchung des Energiedienstleistungs-Marktes (BfEE 2018), geführten Experteninterviews und den Preisen der Energiechecks der Verbraucherzentralen (VBZ 2018), zu verstehen.
- Die Inanspruchnahme von EEDL durch Haushalte oder öffentliche Einrichtungen ist unterschiedlich motiviert: „ist es Wert/Zeitersparnis“ und monetäres Kalkül „make or buy“ sowie ordnungsrechtlicher Rahmen.

## 5 Anwendung der erweiterten Kosten-Nutzen-Analyse für ausgewählte Maßnahmen (AP4)

Im Zentrum von AP4 steht die Zusammenführung der Ergebnisse aus AP2 und AP3 (AP4.1) zur Entwicklung eines eigens hierfür entwickelten Excel-Tools (AP4.2). In Kapitel 5.1 zu AP4.1 werden zunächst wichtige Schritte im Rahmen des Projekts zur Generierung der Ergebnisse aus AP1, AP2 und AP3 rekonstruiert, bevor eine integrierte Betrachtung und Diskussion der Ergebnisse erfolgt. Hieran knüpft Kapitel 5.2 mit einer Beschreibung des Excel-Tools an.

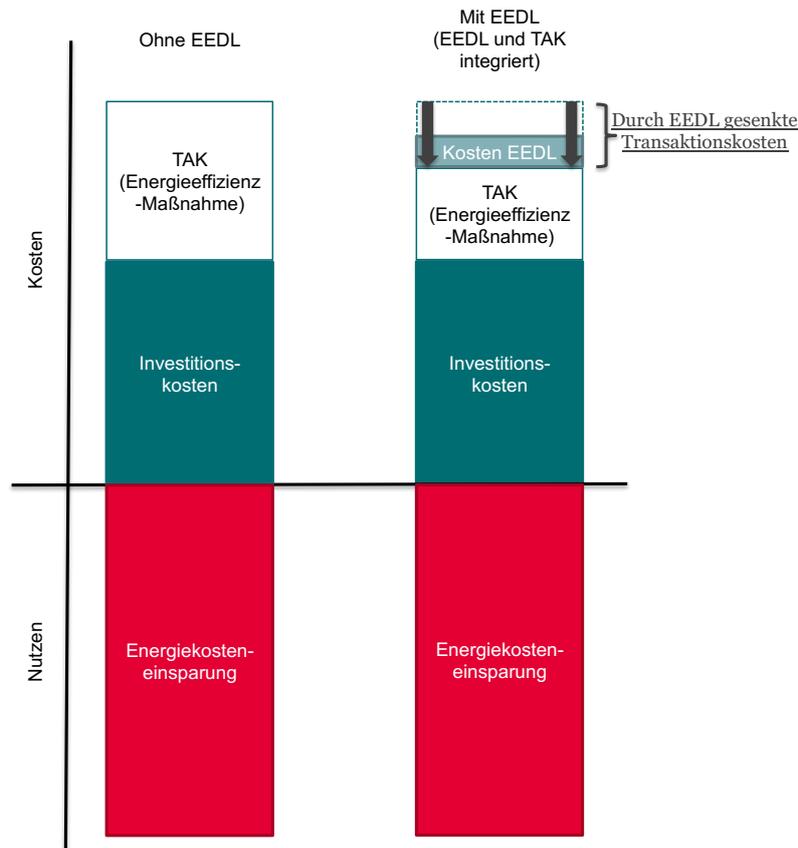
### 5.1 Zusammenführung der Ergebnisse (AP4.1)

Um eine erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse für Energieeffizienzmaßnahmen durchzuführen, wurden in AP1 elf Maßnahmen in den Sektoren Haushalte, öffentliche Einrichtungen und Unternehmen u.a. unter Berücksichtigung von Energieeinsparpotenzialen identifiziert. Auch die Verfügbarkeit von grundlegenden Daten stellte ein Auswahlkriterium dar, um zunächst die „konventionellen“ Kosten und Nutzen Maßnahmen-scharf zu erfassen. Hierzu zählten neben den Energieeinsparungen v.a. die Investitionskosten. AP2 identifizierte Hemmnisse, die der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen entgegenstehen, sowie Kategorien bzw. Arten von Transaktionskosten. Soweit möglich wurden die Transaktionskosten Maßnahmen-scharf ermittelt. AP3 zielte darauf ab, für die Maßnahmen adäquate EEDL sowie entsprechende Preise zu identifizieren bzw. abzuschätzen.

#### 5.1.1 Verfahren zur Datenintegration

Abbildung 12 zeigt die Möglichkeiten zur Datenintegration. Hierbei wird noch einmal veranschaulicht, dass Investitionen in Energieeffizienz mit Transaktionskosten eingehen. Diesen beiden Kostenstellen stehen jährliche Energieeinsparungen gegenüber (linke Säule). Obwohl EEDL wie etwa eine Vor-Ort-Beratung mit direkten Kosten verbunden sind, können EEDL helfen, die umsetzungsbezogenen Transaktionskosten beispielsweise durch die Reduktion von Suchkosten zu senken (rechte Säule). Hierdurch kann sich die Kosten-Nutzen-Bilanz (aufgrund der reduzierten Transaktionskosten) aus Sicht von InvestorInnen verbessern. Die Literatur gab jedoch keinen Aufschluss darüber, in welchem Umfang EEDL die Höhe von Transaktionskosten reduzieren, dieser Effekt konnte daher nicht tiefer betrachtet werden.

Weitere mögliche Vorteile von Effizienzmaßnahmen (z.B. Wohnkomfort, verbesserte Raumlufthygiene), die schwierig zu quantifizieren sind, sind auf der Grafik nicht abgetragen. Diese würden die Kosten-Nutzen-Analyse positiv auf der Nutzenseite beeinflussen.



**Abbildung 12: Schematische Abbildung zur integrierten Betrachtung direkter Investitionskosten sowie damit verbundener Transaktionskosten (TAK) und die potenzielle Wirkung von EEDL**

Im Folgenden wird die Wirkung von ausgewählten EEDL auf die einzelnen Maßnahmen konzeptionell beschrieben. Hierbei dient insbesondere die in Kapitel 3 erstellte Klassifizierung von unterschiedlichen Transaktionskostenarten, die im Zusammenhang mit Energieeffizienzmaßnahmen entstehen können. Mit Blick auf diese Transaktionskostenarten wird untersucht, ob die ausgewählte EEDL für InvestorInnen:

- einen positiven Einfluss hat („+“), z.B. durch die Reduktion von Transaktionskosten, die für die Suche nach Handwerksbetrieben anfallen können,
- keinen Einfluss hat („o“), wenn z.B. EnergieberaterInnen nicht weiter an der Maßnahmenumsetzung beteiligt sind und so die Realisierungskosten nicht beeinflussen können,
- einen negativen Einfluss hat („-“), da EEDL i.d.R. mit Kosten für die Beratung einhergehen.

### 5.1.2 Ergebnisse der deskriptiven Analyse zur Wirkung von EEDL auf Transaktionskosten

Die folgende Tabelle zeigt sowohl Resultate vorheriger APs für die jeweiligen Maßnahmen als auch die Ergebnisse der deskriptiven Analyse zur Wirkung von EEDL auf die Transaktionskosten, die mit Energieeffizienzmaßnahmen einhergehen.

Die betrachteten EEDL wurden in AP 3 für die entsprechenden Maßnahmen ausgewählt.

Tabelle 16: Übersicht zur Wirkung von EEDL auf Transaktionskosten von Energieeffizienzmaßnahmen

Maßnahmen	Investitionskosten	Transaktionskosten, Umsetzung	Investor-Kosten EEDL*	Jährliche Energiekosteneinsparung	TAK-Reduktion durch EEDL (deskriptiv)	
<b>Private Haushalte</b>						
H1	Energetische Sanierung eines Mehrfamilienhauses	€ 61.576	Keine quantifizierbaren Daten	€ 640	€ 4.372	++
H2	Neubau eines effizienten Einfamilienhauses	€ 9.200 (€ 1.100 mit Förderung)	€ 3.500 (€ 1.750 mit Förderung)	Keine Energieberatung	€ 700	n.a.
H3	Austausch von Beleuchtungspunkten	€ 35	Keine quantifizierbaren Daten	€ 10	€ 90	+
H4	Austausch eines Kühlschranks	€ 500	Keine quantifizierbaren Daten	€ 10	€ 70	+
<b>Öffentliche Einrichtungen / Nicht-Wohngebäude</b>						
Ö1	Energetische Sanierung einer Schule in Wuppertal	€ 70.000	€ 20.000	€ 1.934	€ 11.000	++
Ö2	Geringinvestive Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs in Gebäuden der Universität Freiburg	€ 43.000	€ 66.000	€ 11.571	nur Gesamteinsparung bekannt: € 120.000	++
Ö3	Kommunale Straßenbeleuchtung – Fallbeispiel Stadt Kaarst	Mio. € 2,56	€ 35.000	k.A.**	€ 210.000	++
<b>Unternehmen</b>						
U1	Austausch ineffizienter Elektromotoren	€ 2.000	€ 400	€ 667	€ 1.248	++
U2	Energieverbrauchsreduktion bei der Nutzung von Druckluft	€ 73.300	€ 15.000	€ 667	€ 30.428	++
U3	Energieeffizienz in der Wärmebehandlung von Stahl	€ 94.000	€ 10.429	€ 667	€ 18.296	++
U4	Energieeffiziente Kältetechnik	€ 250.000	€ 25.000	€ 667	€ 24.700	++

\* Setzt sich zusammen aus den in AP3 ermittelten Kosten für die entsprechende EEDL abzüglich der Förderung

\*\* Eher Contracting als Dienstleistung relevant. Contracting ist nicht Gegenstand der in diesem Vorhaben betrachteten EEDL.

Über die in Tabelle 16 erfolgte Bewertung zur Wirkung von geeigneten EEDL auf die in AP1 ausgewählten Maßnahmen geben die folgenden Maßnahmen-spezifischen Tabellen genaueren Aufschluss, bevor eine abschließende Betrachtung erfolgt.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> Im Sektor Wohngebäude konnten keine Transaktionskosten ermittelt werden. Da im Rahmen von AP2 die Energieberatung / Baubegleitung für H2 (energieeffizienter Neubau) bereits als Transaktionskosten abgebildet bzw. berechnet wurden, erfolgt an dieser Stelle keine weitere Betrachtung dieser Beratungsleistung im Sinne einer EEDL.

**Tabelle 17: Wirkung der Vor-Ort-Beratung auf die Transaktionskosten für die Umsetzung einer energetischen Sanierung**

<b>H1: Energetische Sanierung eines Mehrfamilienhauses</b>	
<b>Geeignete EEDL</b>	Vor-Ort Beratung
<b>Sektor</b>	Private Haushalte
<b>Transaktionskosten</b>	Wirkung der EEDL auf die Maßnahmenbezogenen TAK
<b>Suchkosten</b>	+   Aufwand für Suche nach Informationen zu geeigneten Gebäudeeffizienzmaßnahmen und Förderprogrammen (mgwl. auch nach Handwerksbetrieben) gesenkt. -   Vor-Ort-Beratung kann Suchkosten verursachen (z.B. Suche nach geeignetem Energieberater).
<b>Entscheidungskosten</b>	+   Entscheidung durch Handlungsempfehlungen erleichtert. -   Vor-Ort-Beratung kann Entscheidungskosten verursachen (z.B. Entscheidung für geeigneten Energieberater).
<b>Kapitalkosten</b>	+   Senkung von Kapitalkosten durch Inanspruchnahme von Förderprogrammen möglich.
<b>Verhandlungskosten</b>	(+)   Anhaltspunkte zur Senkung von Kosten zur Verhandlung vertraglicher Bedingungen können mgwl. gegeben werden. -   Mögliche Verhandlungskosten zur Leistungsbeschreibung der Vor-Ort-Beratung .
<b>Genehmigungs- und Zertifizierungskosten</b>	+   Reduktion des Zeitaufwands zur Erstellung des KfW-Fördermittelantrags.
<b>Monitoring- und Nachweiskosten</b>	+   Reduktion des Zeitaufwands für die Erstellung eines Nachweises, dass die Baumaßnahmen zum gewünschten Ergebnis führen, möglich.
<b>Kosten für externe Beratung</b>	+   Reduktion der Kosten für die mögliche Inanspruchnahme einer Baubegleitung (Architekt, Bauingenieur). -   Kosten für die Vor-Ort-Beratung an sich.
<b>Realisierungskosten</b>	o   Überwachung und Durchsetzung der Umsetzung der Gebäudesanierung Aufgabe der Baubegleitung (Architekt, Bauingenieur).
<b>Adaptionskosten</b>	o   Adaptionskosten zur Schulung von BewohnerInnen im Umgang mit bestimmten Technologien (z.B. Wohnraumlüftungsanlagen) v.a. nach der Umsetzung und somit auch nach der Vor-Ort-Beratung , sobald die Anlage einsatzfähig ist und bedient werden kann.
<b>Opportunitätskosten</b>	o   kein Einfluss.
<b>Fazit</b>	++   Obwohl die Kosten der Vor-Ort-Beratung von geschätzten 1.600 € für die Anwendung auf die Maßnahme H1 vergleichsweise hoch sind, ergeben sich vielfältige positive Effekte zur Senkung der Maßnahmenbezogenen Transaktionskosten. Insbesondere sind hier die Suche nach Informationen zur geeigneten Effizienzmaßnahmen am Gebäude zu nennen, die der Gebäudebesitzer durch eine Vor-Ort-Beratung aus einer Hand bekommt. Zudem können Entscheidungskosten durch einen ausführlichen Bericht gesenkt werden. Weitere Vorteile im Zusammenhang mit Förderprogrammen und der Suche nach Handwerksbetrieben sind möglich.

+ positiver Einfluss, (+) im Einzelfall möglich, o kein Einfluss, - negativer Einfluss

**Tabelle 18: Wirkung des BasisChecks auf die Transaktionskosten für die Optimierung von Beleuchtung und Kühlgeräten im Haushalt.**

<b>H3: Austausch von Beleuchtungspunkten</b> <b>H4: Austausch eines Kühlschranks</b>	
Geeignete EEDL	Basischeck der Verbraucherzentrale
Sektor	Private Haushalte
<b>Transaktionskosten</b>	Wirkung der EEDL auf die Maßnahmenbezogenen TAK
Suchkosten	+   Aufwand für Suche nach Informationen zu geeigneten Maßnahmen gesenkt. -   BasisCheck kann Suchkosten verursachen.
Entscheidungskosten	+   Entscheidung durch Handlungsempfehlungen erleichtert. -   BasisCheck kann Entscheidungskosten verursachen (z.B. Entscheidung für geeigneten Energieberater).
Kapitalkosten	o   Da im BasisCheck keine Beratung zu Förderprogrammen vorgesehen ist, besteht hier kein Einfluss auf die Kapitalkosten.
Verhandlungskosten	Kommen nicht zum Tragen.
Genehmigungs- und Zertifizierungskosten	Kommen nicht zum Tragen.
Monitoring- und Nachweiskosten	Kommen nicht zum Tragen.
Kosten für externe Beratung	o   Basischeck verursacht Kosten, die aufgrund der Förderung durch das BMWi allerdings gering ausfallen. Für einige Haushalte ist der Heizcheck auch kostenfrei verfügbar.
Realisierungskosten	o/-   Austausch von Leuchtmitteln und Geräten können die meisten Haushalte selbst durchführen.
Adaptionskosten	Kommen nicht oder kaum zum Tragen.
Opportunitätskosten	o   Kein Einfluss.
<b>Fazit</b>	+   Die Basischecks der Verbraucherzentrale verursachen keine bzw. sehr geringe Kosten für die NutzerInnen. Die Basischecks können Such- und Entscheidungskosten durch die qualifizierte Beratung reduzieren. Zudem ermöglichen sie über die o.g. genannten Maßnahmen H3 und H4 hinaus weitere Perspektive für weitere Einsparmöglichkeiten.

+ positiver Einfluss, (+) im Einzelfall möglich, o kein Einfluss, - negativer Einfluss

**Tabelle 19: Wirkung des Vor-Ort-Beratung auf die Transaktionskosten für eine Schulsanierung**

<b>Ö1: Energetische Sanierung einer Schule in Wuppertal</b>	
Geeignete EEDL	Vor-Ort-Beratung
Sektor	Öffentliche Einrichtungen / Nicht-Wohngebäude
<b>Transaktionskosten</b>	<b>Wirkung der EEDL auf die Maßnahmenbezogenen TAK</b>
Suchkosten	+   Aufwand für die Suche nach Informationen für geeignete Maßnahmen gesenkt. -   Kosten für die Suche nach geeigneter Energieberatung.
Entscheidungskosten*	+   Entscheidungskosten durch Handlungsempfehlungen gesenkt. -   Entscheidungskosten fallen an für die Auswahl geeigneter Energieberatung.
Kapitalkosten	(+)   So Förderprogramme in Anspruch genommen werden, können die Kapitalkosten durch Förderbeantragung im Rahmen einer Energieberatung gesenkt werden.
Verhandlungskosten*	+   Senkung von Verhandlungskosten durch objektive Analyse und Berichtserstellung im Rahmen der Energieberatung.
Genehmigungs- und Zertifizierungskosten	(+)   So Förderprogramme in Anspruch genommen werden, kann die Beantragung über die Energieberatung erfolgen.
Monitoring- und Nachweiskosten	(+)   Reduktion des Zeitaufwands für die Erstellung eines Nachweises, dass die Baumaßnahmen zum gewünschten Ergebnis führen, möglich.
Kosten für externe Beratung	+   Reduktion der Kosten für die mögliche Inanspruchnahme einer Baubegleitung (Architekt, Bauingenieur). -   Kosten für die Beratung an sich.
Realisierungskosten	o   Überwachung und Durchsetzung der Umsetzung der Gebäudesanierung ist Aufgabe der Baubegleitung (Architekt, Bauingenieur).
Adaptionskosten	o   kein Einfluss.
Opportunitätskosten	o   kein Einfluss.
<b>Fazit</b>	<b>++   Eine Vor-Ort-Beratung kann die Transaktionskosten für das bei der Kommune beschäftigte Personal reduzieren. Hierzu zählen v.a. die Such- und Entscheidungskosten für geeignete Energieeffizienzmaßnahmen. Weitere Transaktionskostensenkungen sind vom Einzelfall abhängig und beispielsweise der Frage, ob Fördermittel in Anspruch genommen werden sollen.</b>

+ positiver Einfluss, (+) im Einzelfall möglich, o kein Einfluss, - negativer Einfluss

\*In Wuppertal besteht die Vorgabe, dass öffentliche Gebäude auf ein Passivhaus-ähnliches Niveau saniert werden. Entscheidungskosten für die Maßnahmenauswahl und Verhandlungskosten mit anderen kommunalen Organisationseinheiten sind für den spezifischen Fall also eher gering. In anderen Kommunen / Fällen können diese Transaktionskosten aber von großer Bedeutung sein.

**Tabelle 20: Wirkung von Energiemanagementsystemen auf die Transaktionskosten für die Optimierung von Heizperioden und weitere gering-investive Maßnahmen an der Universität Freiburg**

<b>Ö2: Geringinvestive Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs in Gebäuden der Universität Freiburg</b>	
Geeignete EEDL	Energiemanagementsystem
Sektor	Öffentliche Einrichtungen / Nicht-Wohngebäude
<b>Transaktionskosten</b>	<b>Wirkung der EEDL auf die Maßnahmenbezogenen TAK</b>
Suchkosten	+   Aufwand für Suche nach Maßnahmen, Handwerksbetrieben und Förderprogrammen gesenkt -   Suchen von Anbietern selber kann Aufwand verursachen
Entscheidungskosten	+   Entscheidung durch Handlungsempfehlungen deutlich erleichtert
Kapitalkosten	+   Reduktion der Kapitalkosten möglich, z.B. durch Förderprogramme
Verhandlungskosten	+   im Einzelfall möglich
Genehmigungs- und Zertifizierungskosten	-   möglicher Zeitaufwand bis die Genehmigung zur Durchführung der Maßnahme vorliegt
Monitoring- und Nachweiskosten	-   möglicher Zeitaufwand für Monitoring und Nachweis
Kosten für externe Beratung	+   Beratung verursacht Kosten, die sich jedoch im Verlauf der Maßnahme amortisieren
Realisierungskosten	o   kein Einfluss
Adaptionskosten	+   Schulung des Personals nach der Umsetzung
Opportunitätskosten	o   kein Einfluss
<b>Fazit</b>	<b>++   Ein erheblicher Anteil der anfallenden Transaktionskosten entfällt auf den Nachweis der Einsparungen. Dieser Teil der Transaktionskosten kann durch die Einführung eines Energiemanagementsystems deutlich reduziert werden.</b>

+ positiver Einfluss, (+) im Einzelfall möglich, o kein Einfluss, - negativer Einfluss

**Tabelle 21: Wirkung von Contracting auf die Transaktionskosten für energieeffiziente Straßenbeleuchtung - Umrüstung auf LED**

<b>Ö3: Kommunale Straßenbeleuchtung</b>	
Geeignete EEDL	Contracting
Sektor	Öffentliche Einrichtungen / Nicht-Wohngebäude
<b>Transaktionskosten</b>	<b>Wirkung der EEDL auf die Maßnahmenbezogenen TAK</b>
Suchkosten	+   Aufwand für Suche nach Herstellern, Technikern, Installateuren und Förderprogrammen gesenkt -   Suche der Dienstleistung für Contractingdurchführung (inkl. Ausschreibung) verursacht Aufwand
Entscheidungskosten	-   Entscheidung, ob (und welches) Contracting durchgeführt wird, kann Kosten verursachen ebenso wie die Ausschreibung und nachfolgende Entscheidung für einen Contractor und ein Contracting-Modell
Kapitalkosten	+   Reduktion der Kapitalkosten, da keine eigene Finanzierung (Investition) zu tragen ist
Verhandlungskosten	+   im Einzelfall möglich, wenn Vertragsverhandlungen mit Dienstleistern anstehen -   mögliche Verhandlungskosten zur Leistungsbeschreibung
Genehmigungs- und Zertifizierungskosten	+   Contractor kann diese Kosten übernehmen, auch Förderanträge kann Contractor für die Kommune stellen. -   Contracting-Rate kann sich dadurch erhöhen
Monitoring- und Nachweiskosten	o   kein Einfluss
Kosten für externe Beratung	o   kein Einfluss
Realisierungskosten	+   Contractor übernimmt Kosten für Umsetzung
Adaptionskosten	o   kein Einfluss
Opportunitätskosten	+   Da Finanzierung durch Contractor übernommen wird, kann die Kommune bedarfsorientiert Investitionen in andere Bereiche (bspw. Sanierung von öffentlichen Gebäuden) fließen lassen -   Kommune hat keinen/beschränkten Einfluss auf Steuerung und Modernisierungsentscheidung (bspw. Wahl des Herstellers/Produkts, Preisverhandlung mit Herstellern, kontinuierliche Umrüstung)
<b>Fazit</b>	<b>++   Ein Contracting kann die Transaktionskosten für das bei der Kommune beschäftigte Personal reduzieren. Hierzu zählen v.a. die Kapitalkosten, und die Realisierungskosten. Weitere Transaktionskostensenkungen sind vom Einzelfall abhängig und beispielsweise der Frage, ob Fördermittel in Anspruch genommen werden sollen.</b>

+ positiver Einfluss, (+) im Einzelfall möglich, o kein Einfluss, - negativer Einfluss

**Tabelle 22: Wirkung der Energieberatung auf die Transaktionskosten für die Austausch ineffizienter Elektromotoren**

<b>U1: Austausch ineffizienter Elektromotoren</b>	
Geeignete EEDL	Energieberatung für Anlagen und Prozesse
Sektor	Unternehmen
<b>Transaktionskosten</b>	<b>Wirkung der EEDL auf die Maßnahmenbezogenen TAK</b>
Suchkosten	+   Reduktion von Suchkosten für die spezifischen und möglicherweise weitere Energieeffizienzinvestitionen im Unternehmen. Möglicherweise Reduktion von Suchkosten für Förderprogramme. -   Suchkosten für qualifizierte Beratung.
Entscheidungskosten	+   Unterstützung bei der Entscheidung der Maßnahmenumsetzung durch Berichtserstellung. -   Entscheidungskosten für qualifizierte Beratung.
Kapitalkosten	(+)   Bei Inanspruchnahme von Fördermitteln und entsprechender Unterstützung durch die Beratung können Kapitalkosten gesenkt werden.
Verhandlungskosten	(+)   Möglicherweise Unterstützung bei organisationsinternen Aushandlung zwischen Organisationseinheiten z.B. durch Ermittlung von Einsparpotenzialen.
Genehmigungs- und Zertifizierungskosten	(+)   Wird eine Förderung in Anspruch genommen, kann eine Energieberatung entsprechend unterstützen.
Monitoring- und Nachweiskosten	o   kein Einfluss.
Kosten für externe Beratung	-   Relativ hohe Kosten, die durch Fördermittel gesenkt werden können.
Realisierungskosten	o   kein Einfluss.
Adaptionskosten	o   kein Einfluss.
Opportunitätskosten	o   kein Einfluss.
<b>Fazit</b>	++   Möglicherweise können Such-, Entscheidungs- und Beratungskosten der positiven Wirkung der Energieberatung für Anlagen und Prozesse entgegenstehen. Diese positiven Wirkungen können aber z.T. substantiell sein, da die Suche und Entscheidung nach geeigneten Maßnahmen durchaus zeit- und kostenintensiv sein kann. Gesenkte Kosten für organisationsinterne Aushandlungen und die Suche nach Förderprogrammen können zur Senkung der Transaktionskosten beitragen.

+ positiver Einfluss, (+) im Einzelfall möglich, o kein Einfluss, - negativer Einfluss

**Tabelle 23: Wirkung der Energieberatung auf die Transaktionskosten für die Energieverbrauchsreduktion bei der Nutzung von Druckluft**

<b>U2: Energieverbrauchsreduktion bei der Nutzung von Druckluft</b>	
Geeignete EEDL	Vor-Ort-Beratung
Sektor	Unternehmen
<b>Transaktionskosten</b>	<b>Wirkung der EEDL auf die Maßnahmenbezogenen TAK</b>
Suchkosten	+   Aufwand für Suche nach Maßnahmen, Handwerksbetrieben und Förderprogrammen gesenkt -   Suchen der Energieberatung selber kann Aufwand verursachen
Entscheidungskosten	+   Entscheidung durch Handlungsempfehlungen deutlich erleichtert -   Entscheidung, ob eine Energieberatung in Anspruch genommen wird und wie diese finanziert wird, kann Entscheidungskosten verursachen
Kapitalkosten	+   Reduktion der Kapitalkosten möglich, z.B. durch Förderprogramme
Verhandlungskosten	+   im Einzelfall möglich, wenn Vertragsverhandlungen mit Ausführenden anstehen -   mögliche Verhandlungskosten zur Leistungsbeschreibung f. Beratung
Genehmigungs- und Zertifizierungskosten	-   möglicher Zeitaufwand bis die Genehmigung zur Durchführung der Maßnahme von Seiten der Geschäftsführung vorliegt
Monitoring- und Nachweiskosten	o   kein Einfluss
Kosten für externe Beratung	+   Beratung verursacht Kosten, die sich jedoch im Verlauf der Maßnahme amortisieren
Realisierungskosten	o   Maßnahmenbegleitung
Adaptionskosten	+   Schulung des Personals nach der Umsetzung
Opportunitätskosten	o   kein Einfluss
<b>Fazit</b>	++   Möglicherweise können Such-, Entscheidungs- und Beratungskosten der positiven Wirkung der Energieberatung für Anlagen und Prozesse entgegenstehen. Diese positiven Wirkungen können aber z.T. substantiell sein, da die Suche und Entscheidung nach geeigneten Maßnahmen durchaus zeit- und kostenintensiv sein kann. Gesenkte Kosten für organisationsinterne Aushandlungen und die Suche nach Förderprogrammen können zur Senkung der Transaktionskosten beitragen.

+ positiver Einfluss, (+) im Einzelfall möglich, o kein Einfluss, - negativer Einfluss

**Tabelle 24: Wirkung von Energieberatung/Energiemanagementsystemen auf die Transaktionskosten für die Maßnahmenumsetzung in der Wärmebehandlung von Stahl**

<b>U3: Energieeffizienz in der Wärmebehandlung von Stahl</b>		
Geeignete EEDL	Energieberatung für Anlagen und Prozesse	EnMS
Sektor	Unternehmen	
<b>Transaktionskosten</b>	<b>Wirkung der EEDL auf die Maßnahmenbezogenen TAK</b>	
Suchkosten	+   Reduktion von Suchkosten für den spezifischen und möglicherweise weitere Prozesse im Unternehmen. Möglicherweise Reduktion von Suchkosten für Förderprogramme. -   Suchkosten für qualifizierte Beratung.	+   Routinemäßiges Monitoring des Energieverbrauchs, Analyse v. Einsparpotenzialen. -   Suche nach entsprechenden Lösungen (z.B. Software) und Experten (Energiemanager) für die Umsetzung des EnMS, ggf. Suche nach Förderprogrammen
Entscheidungskosten	+   Unterstützung bei der Entscheidung der Maßnahmenumsetzung durch Berichtserstellung. -   Entscheidungskosten für qualifizierte Beratung.	+   Senkung von Entscheidungskosten durch regelmäßige Analysen. -   Entscheidungskosten für entsprechende Lösungen (z.B. Software) und Experten für die Umsetzung.
Kapitalkosten	(+)   Bei Inanspruchnahme von Fördermitteln und entsprechender Unterstützung durch die Beratung können Kapitalkosten gesenkt werden.	o   kein Einfluss.
Verhandlungskosten	(+)   Möglicherweise Unterstützung bei organisationsinternen Aushandlung zwischen Organisationseinheiten z.B. durch Ermittlung von Einsparpotenzialen.	+   Möglicherweise Unterstützung bei organisationsinternen Aushandlung zwischen Organisationseinheiten z.B. Argumentationshilfe durch regelmäßige Auswertungen (und Ermittlung von Einsparpotenzialen).
Genehmigungs- und Zertifizierungskosten	(+)   Wird eine Förderung in Anspruch genommen, kann eine Energieberatung entsprechend unterstützen.	(-)   Kann mit Genehmigungs- und Zertifizierungskosten einhergehen (wenn z.B. nach ISO zertifiziert wird, wenn Fördermittel in Anspruch genommen werden).
Monitoring- und Nachweiskosten	o   kein Einfluss.	+   Routinemäßiges Ablesen von Verbrauchszählern und Dokumentation der Werte.
Kosten für externe Beratung	-   Relativ hohe Kosten, die durch Fördermittel gesenkt werden können.	-   Einmalige Kosten für die Umsetzung eines EnMS. Danach Kosten für das Energiemanagement.
Realisierungskosten	o   kein Einfluss.	o   kein Einfluss auf Maßnahmenrealisierung.
Adaptionskosten	o   kein Einfluss.	+   Adaptionskosten können durch organisationsinterne Expertise minimiert werden.
Opportunitätskosten	o   kein Einfluss.	o   kein Einfluss.
<b>Fazit</b>	<b>++</b>   Möglicherweise können Such-, Entscheidungs- und Beratungskosten der positiven Wirkung der Energieberatung für Anlagen und Prozesse entgegenstehen. Diese positiven Wirkungen können aber substantiell sein, da die Suche und Entscheidung nach geeigneten Maßnahmen zeit- und kostenintensiv sein kann. Gesenkte Kosten für organisationsinterne	<b>+ / ++</b>   Die Einführung von EnMS ist zunächst kostenintensiv und verursacht zudem Transaktionskosten. Nach Einführung überwiegen allerdings wesentliche Vorteile, da die Suche nach Einsparpotenzialen institutionalisiert wird. Mit Blick auf die Maßnahme kommt es darauf an, ob ein EnMS bereits institutionalisiert ist. Dann würden einige

Aushandlungen und die Suche nach Förderprogrammen können zur Senkung der Transaktionskosten beitragen.	Punkte (z.B. Suchkosten für Softwarelösungen) nicht direkt mit der Maßnahme verknüpft.
--	--

+ positiver Einfluss, (+) im Einzelfall möglich, o kein Einfluss, - negativer Einfluss

**Tabelle 25: Wirkung der Vor-Ort-Beratung auf die Transaktionskosten für die Nutzung energieeffizienter Kältetechnik**

U4: Energieeffiziente Kältetechnik	
Geeignete EEDL	Vor-Ort-Beratung
Sektor	Unternehmen
Transaktionskosten	Wirkung der EEDL auf die Maßnahmenbezogenen TAK
Suchkosten	+   Aufwand für Suche nach Maßnahmen, Handwerksbetrieben und Förderprogrammen gesenkt -   Suchen der Energieberatung selber kann Aufwand verursachen
Entscheidungskosten	+   Entscheidung durch Handlungsempfehlungen deutlich erleichtert -   Entscheidung, ob eine Energieberatung in Anspruch genommen wird und wie diese finanziert wird, kann Entscheidungskosten verursachen
Kapitalkosten	+   Reduktion der Kapitalkosten möglich, z.B. durch Förderprogramme
Verhandlungskosten	+   im Einzelfall möglich, wenn Vertragsverhandlungen mit Ausführenden anstehen -   mögliche Verhandlungskosten zur Leistungsbeschreibung
Genehmigungs- und Zertifizierungskosten	-   möglicher Zeitaufwand bis die Genehmigung zur Durchführung der Maßnahme vorliegt
Monitoring- und Nachweiskosten	o   kein Einfluss
Kosten für externe Beratung	+   Beratung verursacht Kosten, die sich jedoch im Verlauf der Maßnahme amortisieren
Realisierungskosten	o   Maßnahmenbegleitung
Adaptionskosten	+   Schulung des Personals nach der Umsetzung
Opportunitätskosten	o   kein Einfluss
<b>Fazit</b>	++   Such-, Entscheidungs- und Beratungskosten können der positiven Wirkung der Energieberatung für Anlagen und Prozesse entgegenstehen. Diese positiven Wirkungen können aber z.T. substantiell sein, da die Suche und Entscheidung nach geeigneten Maßnahmen durchaus zeit- und kostenintensiv sein kann. Gesenkte Kosten für organisationsinterne Aushandlungen und die Suche nach Förderprogrammen können zur Senkung der Transaktionskosten beitragen.

+ positiver Einfluss, (+) im Einzelfall möglich, o kein Einfluss, - negativer Einfluss

Aufgrund der beschränkten Datenlage war es weitestgehend nicht möglich, quantitative Aussagen darüber zu treffen, *in welcher Höhe* die verschiedenen EEDL Transaktionskosten, die im Zusammenhang mit der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen entstehen, senken können. Obwohl EEDL häufig als Instrument wahrgenommen werden, Transaktionskosten zu senken, liegen hierzu keine empirischen Ergebnisse vor. Selbst quantifizierbare Daten zu den Transaktionskosten konnten nicht konsistent für alle Maßnahmen ermittelt werden.

Es wurde ein qualitatives bzw. deskriptives Verfahren gewählt, um die integrierten Zusammenhänge zwischen EEDL und den jeweiligen Fällen nach Transaktionskostenkategorien, die in AP2 entwickelt wurden, zu veranschaulichen.

Insgesamt erscheinen umfassende Vor-Ort-Beratungen eine wichtige Rolle bei der Senkung von Such-, Entscheidungskosten und Genehmigungs- und Zertifizierungskosten zu spielen. Dies betrifft insbesondere komplexere Maßnahmen und Maßnahmenbündel wie eine umfassende Gebäudesanierung (H1). Auch oberflächlichere oder eingeschränkte EEDL wie sie beispielsweise die Verbraucherzentrale anbietet können Transaktionskosten, die mit den Energieeffizienzmaßnahmen einhergehen können, senken. Ein besonderer Vorteil dieser EEDL-Arten sind die geringen Kosten, die die Hemmschwelle für InvestorInnen, eine solche Beratung in Anspruch zu nehmen, reduzieren können.

## **5.2 Durchführung der integrierten Kosten-Nutzen Analyse (AP4.2)**

Das vorliegende Kapitel widmet sich der Beschreibung des Berechnungstools zur erweiterten Kosten-Nutzen-Analyse. Das Tool wurde in MS-Excel umgesetzt. Es enthält zwei zentrale Tabellenblätter zur Berechnung, Darstellung und zum Vergleich der erweiterten Kosten und Nutzen von Energieeffizienzmaßnahmen. Weitere Tabellenblätter, welche sich aus Informationen aus den Maßnahmen-Steckbriefen speisen (siehe Excel Dokument), liefern den Dateninput für die Rechenvorgänge.

### **5.2.1 Tabellenblatt 1 - Maßnahmen-spezifische Kosten-Nutzen-Analysen**

Die im Rahmen des Projekts ausgewählten Energieeffizienzmaßnahmen sind der Übersichtlichkeit halber nebeneinander angelegt (Spalten C bis xy). In Spalte B kann von NutzerInnen eine freie Eingabe durchgeführt werden, entweder für weitere Maßnahmen oder um bestehende Maßnahmen-bezogene Datensätze zu variieren. Für alle Maßnahmen wurden fünf Abschnitte angelegt:

- (Daten-)Input,
- (Daten-)Output,
- Grafische Darstellung,
- Vergleich der Amortisationszeiten,
- Grafische Darstellung der Amortisationszeiten.

Die in diesen Abschnitten enthaltenen Informationen werden im Folgenden erläutert.

The screenshot displays a complex Excel spreadsheet used for a cost-benefit analysis. The top section contains a grid of data with columns labeled 'Maßnahme' (Measure) and 'Kategorie' (Category) 1 through 19. Each cell in the grid contains numerical values, likely representing costs or benefits. Below the main data grid, there are 19 individual bar charts, one for each category. Each chart compares 'Kosten' (Costs) and 'Nutzen' (Benefits) for that specific measure. The charts use different colors to represent various sub-categories or components of the costs and benefits. The bottom part of the spreadsheet shows a summary or calculation section with additional numerical data.

Abbildung 13: Screenshot von Tabellenblatt 1 des Excel-Tools

### 5.2.1.1 Dateninput

Der Dateninput zu den Energieeffizienzmaßnahmen umfasst 19 Kategorien. Die Daten wurden in den vorangegangenen Arbeitspaketen erfasst.

Tabelle 26: Dateninputs und Erläuterungen zur Nutzung im Tool

Dateninputs	Erläuterung zur Nutzung im Tool
<b>Lebensdauer (Jahre)</b>	Über den Lebenszyklus von Energieeffizienzmaßnahmen kommen die jährlichen Energieeinsparungen und -kosteneinsparungen zum Tragen. Die Lebensdauer wird individuell für jede einzelne Maßnahme angenommen.
<b>Energieform</b>	Die Nutzung verschiedener Energieformen hat Implikationen auf die CO <sub>2</sub> -Einsparungen, die durch die Maßnahme generiert werden können. Für jede Maßnahme wird eine Energieform vorgegeben.
<b>Alternative Energieform</b>	Der/m NutzerIn ermöglicht das Tool alternative Energieformen einzutragen.
<b>Energiepreis pro kWh (cent/kWh)</b>	Im Rahmen des Tools wird ein Energiepreis (pro kWh) festgelegt. Der Energiepreis beeinflusst die jährlichen Energiekosteneinsparungen und damit die über die Lebenszeit zu erwartenden Kosteneinsparungen insgesamt.
<b>Alternativer Energiepreis pro kWh (cent/kWh)</b>	Der/m NutzerIn ermöglicht das Tool alternative Energiepreise (pro kWh) einzutragen. Hierdurch können zukünftige Energiepreisschwankungen im Tool eingetragen werden mit Implikationen auf die Datenoutputs.
<b>Investitionssumme in Euro (€)</b>	An dieser Stelle sind die für die Energieeffizienzmaßnahme erforderlichen inkrementellen Investitionskosten eingepflegt.
<b>Betriebs- &amp; Wartungskosten (€/Jahr)</b>	Falls verfügbar werden an dieser Stelle Wartungs- und Betriebskosten hinterlegt.
<b>Transaktionskosten (TAK) (€)</b>	Transaktionskosten sind zentraler Forschungsgegenstand der Studie. Soweit eine Quantifizierung der Kosten möglich war, wurden die entsprechenden Daten erfasst. Differenzierungen nach Transaktionskostenkategorien, die in AP2 ermittelt wurden, sind möglich.
<b>Kosten für Energieberatung (€)</b>	Auch Energieberatungen stellen einen Kostenpunkt dar. Die Kosten für eine solche Energieberatung für die entsprechende Energieeffizienzmaßnahme wurden im Rahmen der Studie in AP3 ermittelt. Auch diese Kosten haben Einfluss auf die gleichen Datenoutputs wie die Investitionssumme.
<b>Förderung</b>	Der/m NutzerIn ermöglicht das Tool zu bestimmen, ob im Rahmen der Maßnahmenumsetzung eine staatliche Förderung in Anspruch genommen wurde. Die Kosten-Nutzen-Bilanz (und weitere Datenoutputs) kann bei Inanspruchnahme einer Förderung aus InvestorInnen-Sicht verbessert werden.
<b>Fördersumme</b>	Die Fördersumme wurde im Zuge der Studie bestimmt. Die Höhe der Fördersumme bestimmt den positiven Einflussgrad der Förderung auf die Kosten-Nutzen-Bilanz (und weitere Datenoutputs).
<b>Kosten der Energieberatung für Investor</b>	An dieser Stelle sind die Kosten hinterlegt, die der Investor nach Abzug des Förderbeitrags an EnergieberaterInnen zahlen muss.
<b>Transaktionskosten-Reduktion durch EEDL</b>	Die Möglichkeit Transaktionskosten zu reduzieren, ergibt sich durch eine Energieberatung. Für solche Maßnahmen, für die entsprechende Daten identifiziert werden konnten, sind ebendiese hinterlegt.
<b>Reduzierte TAK bei Inanspruchnahme EEDL</b>	Die Berechnung der nach Abzug des Faktors zur Reduktion der Transaktionskosten übrig gebliebenen TAK erfolgt hier.
<b>Energieeinsparung (kWh/a)</b>	Energieeffizienzmaßnahmen ermöglichen Energieeinsparungen, welche (in kWh) ermittelt wurden.
<b>Diskontrate</b>	Voreingestellt im Tool: 2% (orientiert am Marktzins). Alternative: s.u.
<b>Alternative Diskontrate</b>	Der/m NutzerIn ermöglicht das Tool, eine alternative Diskontrate einzupflegen.
<b>Datenauswahl: Erweiterte Kostenbestandteile (TAK)</b>	Es bestehen an diesem Punkt zwei Optionen zur Berechnung der Kosten-Nutzen-Analyse. So können bei Aktivierung der Optionen sowohl Transaktionskosten als auch Kosten für die Energieberatung (ob mit oder ohne Förderung) in die Analyse / in den Datenoutput einbezogen werden.
<b>Datenauswahl:</b>	Auch hier besteht die Wahlmöglichkeit, ob die Kosten-Nutzen-Analyse die Reduktion von

Dateninputs	Erläuterung zur Nutzung im Tool
<b>Transaktionskosten-Reduktion durch EEDL</b>	Transaktionskosten durch EEDL aufgreifen soll.

---

### **5.2.1.2 Datenoutput: Ergebnisindikatoren**

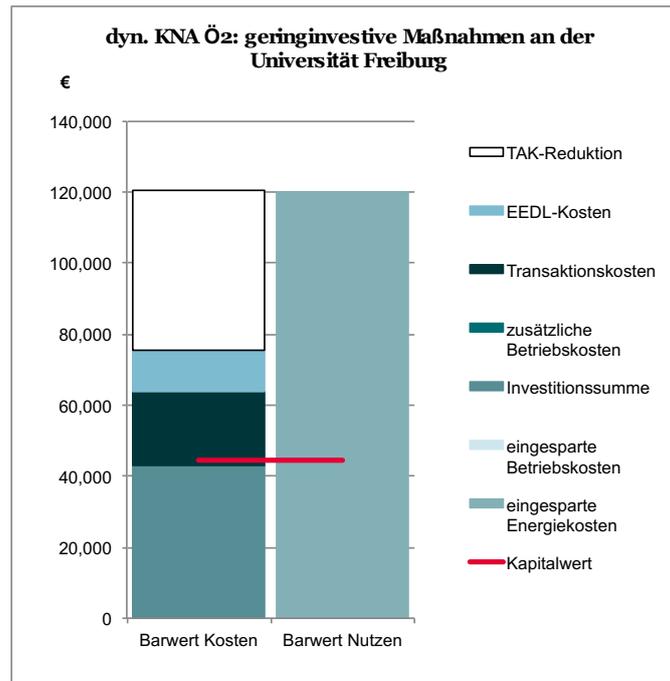
Der Abschnitt zum Datenoutput generiert oder berechnet Daten zu verschiedenen Kosten- und Nutzenarten für alle Maßnahmen. Im Einzelnen werden 12 (Daten-) Outputkategorien erzeugt.

Tabelle 27: Datenoutput und Erläuterung zur Nutzung im Tool

Datenoutput	Erläuterung zur Nutzung im Tool
<b>Jährlich eingesparte Energiekosten (€/Jahr)</b>	Energiekosteneinsparungen pro Jahr ergeben sich aus dem Energiepreis pro kWh und den Energieeinsparungen pro Jahr. Falls NutzerInnen des Tools einen alternativen Energiepreis angeben, wird ebendieser - statt der eigentlich hinterlegte Wert der Maßnahme - für die Berechnung verwendet.
<b>Gesamte eingesparte Energiekosten (€)</b>	Für die Berechnung der Gesamtkosteneinsparung sind sowohl die jährlichen Energiekosten (s.o.) als auch die für die investive Maßnahme angenommene Lebensdauer relevant.
<b>CO<sub>2</sub>-Einsparungen (t) über Lebensdauer</b>	Zur Berechnung der CO <sub>2</sub> -Einsparungen werden die Energieeinsparungen über die Lebenszeit verrechnet mit dem Emissionsfaktor, der für die entsprechende Energieform (oder von NutzerInnen alternativ eingegebene Energieform) im Tool hinterlegt ist. <sup>11</sup>
<b>Transaktionskosten-Reduktion durch EEDL (€)</b>	Aus den Investitionssumme der Energieeffizienzmaßnahme und dem Faktor zur Transaktionskostenreduktion ergibt sich der absolute zur Transaktionskostenreduktion.
<b>Barwert der Gesamtkosten (€)</b>	Die Barwertberechnung erfolgt mit Hilfe verschiedener Dateninputs, wie z.B. Investitionssumme, Betriebs- und Wartungskosten (falls vorhanden), Transaktionskosten, die Kosten für die Energieberatung.
<b>Barwert der Energiekosteneinsparungen (€)</b>	Dieser Barwert wird berechnet aus den gesamten Energiekosteneinsparung über die Lebenszeit unter Einbindung der eingepflegten Diskontrate (oder von NutzerInnen alternativ eingegebenen Diskontrate).
<b>Kapitalwert der Investition (€)</b>	Aus der Differenz zwischen dem Barwert der Investition und dem Barwert der Energiekosteneinsparungen ergibt sich der Kapitalwert.
<b>Kapitalwert pro eingesparter kWh (€/kWh)</b>	Hierdurch wird das Verhältnis des Kapitalwerts zur eingesparten kWh dargestellt.
<b>Kapitalwert pro eingesparter Tonne CO<sub>2</sub> (€/t)</b>	Hierdurch wird das Verhältnis des Kapitalwerts zur eingesparten Tonne CO <sub>2</sub> dargestellt.
<b>Nutzen-Kosten-Verhältnis</b>	Das Verhältnis zwischen Nutzen (Barwert der Energiekosteneinsparung) und Kosten (Barwert der Gesamtkosten).
<b>Amortisationszeit (nicht diskontiert) (Jahre)</b>	Die Amortisationszeit ist Ausdruck in Jahren, nachdem sich die Investition in die Energieeffizienzmaßnahme durch deren Nutzen (Energiekosteneinsparung) rechnet.
<b>dynamische Amortisationszeit (diskontiert) (Jahre)</b>	

Neben der quantifizierten Darstellung der verschiedenen Kosten und Nutzenarten ermöglicht das Tool für jede Maßnahme eine grafische Darstellung der Barwerte in einem Säulendiagramm. Beispielhaft zeigt die folgende Grafik das Schema für die Modernisierung der Druckluftanlagen (U<sub>2</sub>).

<sup>11</sup> Als Emissionsfaktoren wurden gewählt: Strom - 489 CO<sub>2</sub> / kWh, Erdgas - 518 CO<sub>2</sub> / kWh, Heizöl - 859 CO<sub>2</sub> / kWh, Steinkohle - 931 CO<sub>2</sub> / kWh, Braunkohle - 1175 CO<sub>2</sub> / kWh (Umweltbundesamt in Statista.de 2018, Forschungsstelle für Energiewirtschaft 2010).

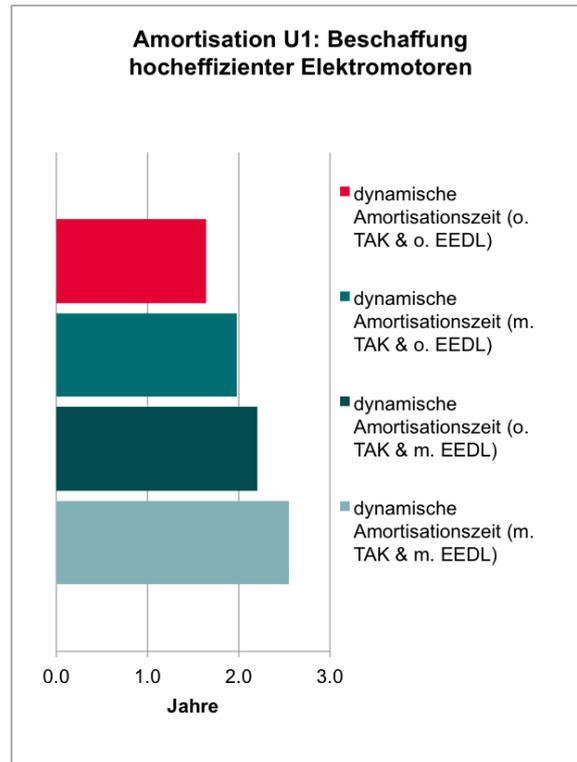


**Abbildung 14: Beispielhafte Darstellung der durch das Excel-Tool entwickelten Grafik zu Barwerten für Kosten und Nutzen für Maßnahme Ö2 (Universität Freiburg)**

Die rechte Säule zeigt ausschließlich die eingesparten Energiekosten, als zentraler und monetarisierbarer Faktor für den Nutzen von Energieeffizienzinsparungen. Das Tool bietet auch die Möglichkeit, zusätzlich die eingesparten Mengen CO<sub>2</sub> zu bepreisen. Weitere Nutzenarten wie zunehmender Wohnkomfort oder verbesserte Raumlufthygiene wären für eine zusätzliche Erweiterung von Kosten-Nutzen-Analysen wünschenswert. Diese konnten im Rahmen dieses Projekts nicht quantifiziert werden und verbleiben als weiterer Forschungsbedarf.

Die linke Säule beschäftigt sich mit den Kostenstellen. Neben der Investitionssumme werden auch Wartungs- und Betriebskosten abgetragen, so diese für die entsprechenden Maßnahmen anfallen und identifiziert werden konnten. Als weitere Kostenstellen wurden Transaktionskosten von Energieeffizienzmaßnahmen und Beratungskosten für EEDL hinzugefügt. So die Datenlage es erlaubt, zeigt die Kategorie „Transaktionskostenreduktion“ den Differenzbetrag, der mit Blick auf die Transaktionskosten durch eine EEDL eingespart werden konnte.

Zusätzlich ermöglicht das Tool einen Vergleich von Amortisationszeiten. Dabei werden pro Maßnahme Amortisationszeiten mit und ohne Transaktionskosten und EEDL berechnet und wiederum grafisch ausgewertet. Die folgende Grafik veranschaulicht diese Darstellungsweise für die Modernisierung von Druckluftanlagen (U2).



---

Abbildung 15: Beispielhafte Darstellung der durch das Excel-Tool entwickelten Grafik zu Amortisationszeiten von Maßnahme U1 (Elektromotoren)

### 5.2.2 Tabellenblatt 2 - Vergleichende Betrachtung der Kosten-Nutzen-Analysen

In Tabellenblatt zwei werden die maßnahmenspezifischen Kosten-Nutzen-Analysen in einer zusammenfassenden Grafik gegenübergestellt mit Blick auf die Kategorien „Barwert Kosten“, „Barwert Nutzen“ und „Kapitalwert“; Tabellenblatt 1 bildet somit die Grundlage von Tabellenblatt 2.

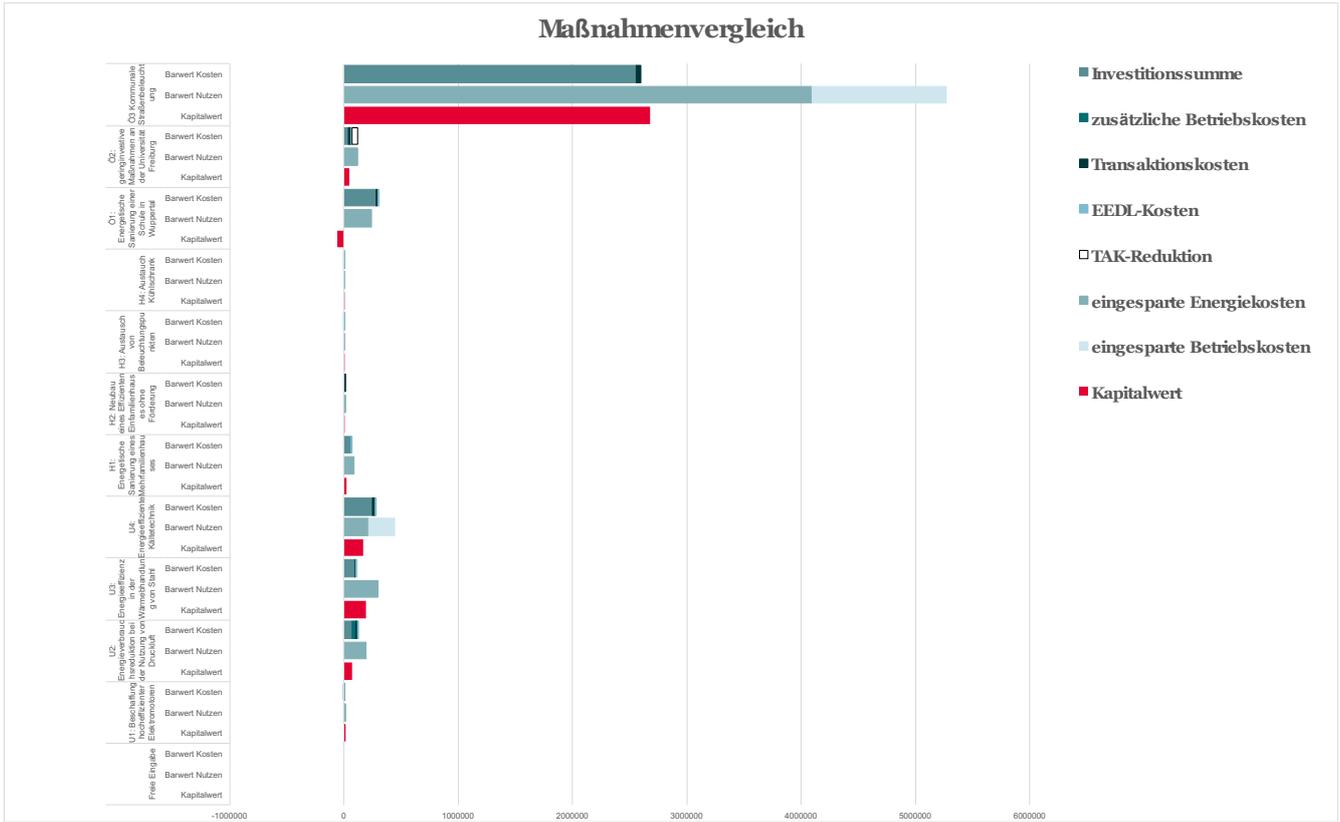


Abbildung 16: Screenshot von Tabellenblatt 2 des Excel-Tools zur vergleichenden Betrachtung der Kosten-Nutzen-Analysen

### 5.2.3 Diskussion der Ergebnisse des Excel-Tools

#### Private Haushalte

Die folgenden Grafiken basieren auf den Ergebnissen des Excel-Tools und zeigen die zentralen Ergebnisse der erweiterten Kosten-Nutzen-Analyse für die in AP1 ausgewählten Energieeffizienzmaßnahmen im Sektor Haushalte (H1 bis H4).

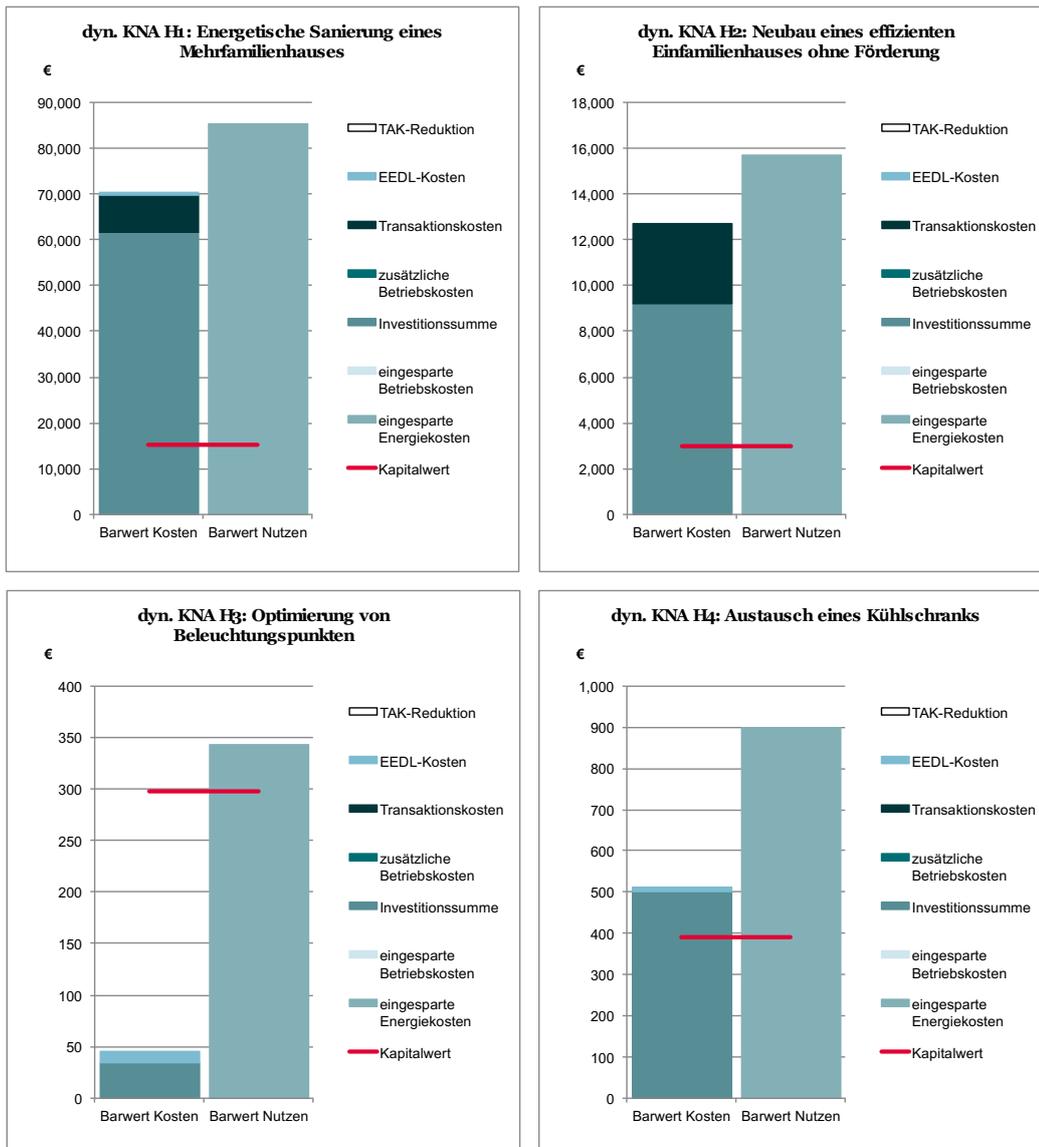


Abbildung 17: Erweiterte Kosten-Nutzen-Analysen für ausgewählte Energieeffizienzmaßnahmen im Sektor Haushalte (H1 bis H4) (eigene Darstellung basierend auf dem Excel-Tool)

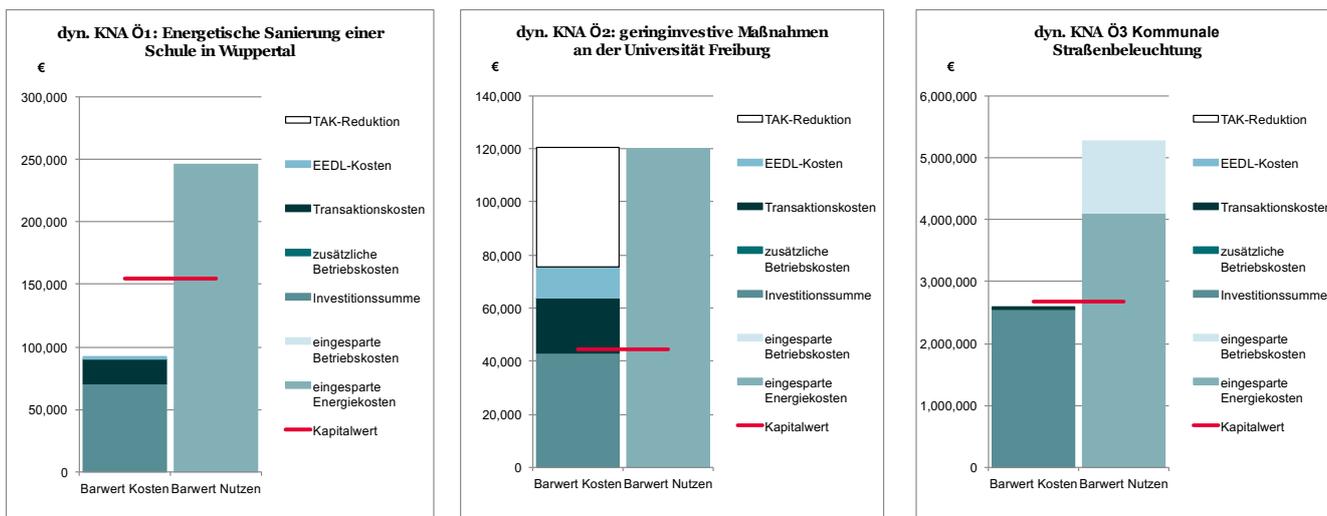
Aus den einzelnen Grafiken lassen sich einige zentrale Ergebnisse ableiten:

- Wie bereits in AP2 diskutiert können die Zeitaufwände bei der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen in Haushalten nicht direkt als monetäre Transaktionskosten ausgedrückt werden.
- Sowohl für H1 (Mehrfamilienhaussanierung) als auch für H2 (Effizienter Neubau), H3 (Beleuchtung) und H4 (Kühlschranksaustausch) ist das Nutzen-Kosten-Verhältnis  $> 1$ .

- Hinsichtlich der EEDL für gering-investivere Maßnahmen (H3, H4) wie z.B. der Basis-Check, der von der Verbraucherzentrale angeboten wird, erscheinen die Kosten für InvestorInnen nahezu irrelevant. Dies hat auch mit dem hohen Förderanteil des Bundes zu tun. Da diese Checks sich ohne Förderung auf etwa 200 € bis 300 € belaufen - die EEDL-Kosten für InvestorInnen aber auf max. 40 € beschränken - würde aus Sicht von InvestorInnen das Nutzen-Kosten-Verhältnis ungefördert zwar weiterhin positiv, aber ungünstiger ausfallen. Bei einer solchen EEDL besteht das Potenzial neben einer Maßnahme wie z.B. dem Leuchtmittelaustausch auch gleichzeitig den Kühlschranksaustausch anzusprechen, so dass sich höhere (i.S.v. akkumulierten) Einsparungen durch eine EEDL ergeben können.
- Für umfassendere und damit auch teurere Energieeffizienzmaßnahmen wie H1 (Mehrfamilienhaussanierung) und H2 (effizienter Neubau) konnten Transaktionskosten indirekt ermittelt werden. Die Transaktionskosten verschlechtern das Kosten-Nutzen-Verhältnis, wobei keine quantitativen Daten zur Reduktion der Transaktionskosten durch eine EEDL erhoben werden konnten. Mit Blick auf H1 kann z.B. eine EEDL möglicherweise dazu beitragen, dass die Transaktionskosten für die Maßnahmenumsetzung sinken können.

### Öffentliche Einrichtungen

Die folgenden Grafiken basieren auf den Ergebnissen des Excel-Tools und zeigen die zentralen Ergebnisse der erweiterten Kosten-Nutzen-Analyse für die in AP1 ausgewählten Energieeffizienzmaßnahmen im Sektor öffentliche Einrichtungen (Ö2 und Ö3).



**Abbildung 18: Erweiterte Kosten-Nutzen-Analysen für ausgewählte Energieeffizienzmaßnahmen im Sektor öffentliche Einrichtungen (Ö1 bis Ö3) (eigene Darstellung basierend auf dem Excel-Tool)**

Für Ö1 (Schulsanierung) wird vorerst auf eine Abbildung im Bericht verzichtet. Da es sich bei der Maßnahme um eine Kernsanierung des Schulgebäudes handelt, gehen wir davon aus, dass die Angaben aus den Experteninterviews zu den energetischen

Mehrkosten überschätzt wurden, so dass die Grafik die Realität deutlich verzerren würde. Eine Abbildung mit aktuell vorliegendem Datenmaterial ist dem Excel-Tool zu entnehmen.

Aus den einzelnen Grafiken lassen sich einige zentrale Ergebnisse ableiten:

- Mit Blick auf das Nutzen-Kosten Verhältnis zeigt sich, dass für alle Maßnahmen der Nutzen überwiegt. An dieser Stelle muss allerdings differenziert werden.
- Für Ö1 (Schule) wurden die energetischen Mehrkosten, Transaktionskosten und EEDL-Kosten erfasst. Die Reduktion der Transaktionskosten durch die ausgewählte EEDL scheint möglich, so dass das Kosten-Nutzen-Verhältnis etwas positiver ausfallen könnte als die Grafik zeigt. Die Transaktionskostenreduktion konnte nicht quantitativ erfasst werden.
- Ö2 (Universität) ist die einzige Maßnahme, wofür relevante Daten zur Durchführung einer *erweiterten* Kosten-Nutzen-Analyse erfasst werden konnten. Während eine konventionelle Analyse eindeutig positiv ausfällt, sind Kosten und Nutzen etwa im Gleichgewicht unter Einbeziehung von Transaktionskosten und EEDL-Kosten: durch die Maßnahmenumsetzung ergeben sich Transaktionskosten, die sogar höher sind als die eigentliche Investitionssumme. Die EEDL ermöglicht allerdings die Reduktion der vergleichsweise hohen Transaktionskosten etwa in der Höhe der Investition (ca. 40.000€).
- Für Ö3 (Straßenbeleuchtung) wäre Contracting die ideale EEDL, da gerade finanzschwache Kommunen die hohen Investitionskosten durch einen Dienstleister erbringen. Contracting wurde im Rahmen der vorliegenden Studie nicht weiter verfolgt (s. AP3). Da im Rahmen von Ö3 auch eingesparte Betriebskosten (ca. eine Mio. €) erfasst werden konnten, zeigt dieses Fallbeispiel die Bedeutung einer umfassenden Datenerfassung. Hierdurch wird das Kosten-Nutzen-Verhältnis deutlich verbessert.

## Unternehmen

Die folgenden Grafiken basieren auf den Ergebnissen des Excel-Tools und zeigen die zentralen Ergebnisse der erweiterten Kosten-Nutzen-Analyse für die in AP1 ausgewählten Energieeffizienzmaßnahmen im Unternehmenssektor (U1 bis U4).

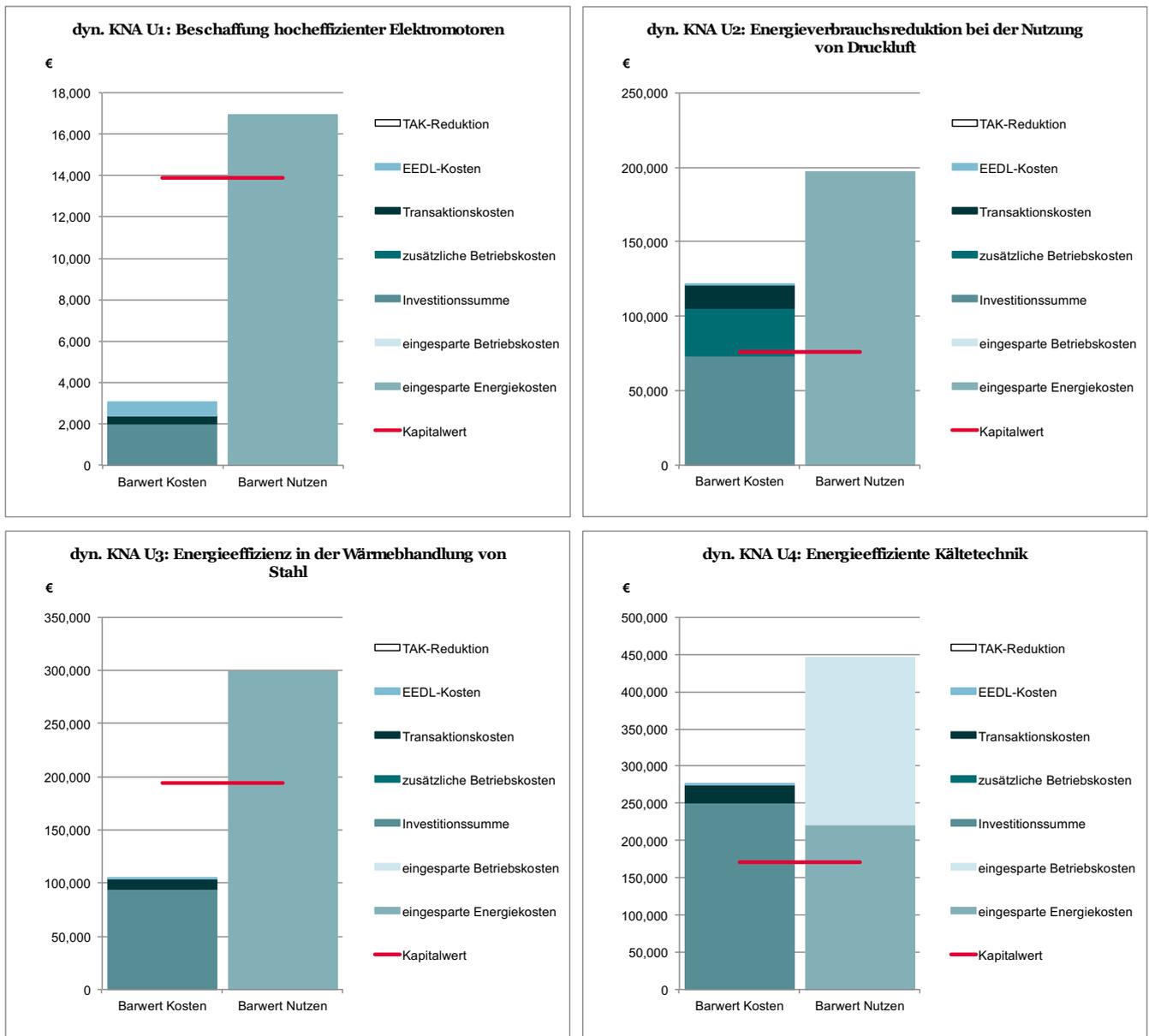


Abbildung 19: Erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse für ausgewählte Energieeffizienzmaßnahmen im Sektor Unternehmen (U1-U4) (eigene Darstellung basierend auf dem Excel-Tool)

Aus den einzelnen Grafiken lassen sich einige zentrale Ergebnisse ableiten:

- Für alle betrachteten Maßnahmen ist der Nutzen (Barwert) deutlich höher als die Kosten (Barwert) für die Umsetzung der Maßnahme. Damit ist auch der Kapitalwert (Nettoeffekt) positiv.
- Das **Nutzen-Kosten-Verhältnis** ist somit für U1 bis U4  $>1$  und die Investitionsentscheidung ist für alle Energieeffizienzmaßnahmen betriebswirtschaftlich sinnvoll.
- Dies gilt selbst, wenn die klassische Kosten-Nutzen-Analyse um zusätzliche Kostenkategorien (**Transaktionskosten** für die Maßnahmenumsetzung, **Kosten für die entsprechende EEDL**) erweitert wird.

- Unter allen unternehmensbezogenen Maßnahmen fällt auf, dass für U<sub>2</sub> (Druckluft) und U<sub>4</sub> (Kältetechnik) das **Nutzen-Kosten-Verhältnis** zwar positiv, aber etwas geringer ausfallen als bei den Maßnahmen U<sub>1</sub> (Motoren) und U<sub>3</sub> (Wärmebehandlung).
- **Transaktionskosten** sind für alle Maßnahmen ein Kostenfaktor, der durch entsprechende Beratungsangebote in Teilen reduziert werden kann (siehe hierzu AP4.1 zur Beschreibung der Wirkung von EEDL auf verschiedene Transaktionskostenkategorien). Eine Quantifizierung der TAK-Reduktion ist im Tool angelegt (über den Punkt „Transaktionskostenreduktion“), kann jedoch wegen nicht verfügbarer quantitativer Erkenntnisse derzeit noch nicht vorgenommen werden.
- **Beratungskosten (Kosten für EEDL aus Investorenperspektive)**, die bereits mit bestehender **Förderung** im Tool hinterlegt sind, erscheinen v.a. für geringinvestivere Maßnahmen (U<sub>1</sub>, Motoren) in einem ungünstigen Verhältnis zur Investitionssumme. Für hochinvestivere Maßnahmen (U<sub>2</sub>, Druckluft; U<sub>3</sub>, Wärmebehandlung; U<sub>4</sub>, Kältetechnik) sind die Beratungskosten gering oder vernachlässigbar im Vergleich zur Investitionssumme. Dennoch kann auch für geringinvestive Maßnahmen davon ausgegangen werden, dass EEDL zur Umsetzung beitragen, selbst wenn sie relativ zur Investitionssumme relativ kostenintensiv sind.
- Die kürzeste Amortisationszeit beträgt 2,5 bzw. 2,6 (dynamische Amortisation) für U<sub>1</sub> (Motoren); bei U<sub>3</sub> (Wärmebehandlung) beläuft sich die Amortisation auf 5,7 bzw. 6,2 Jahren (dynamische Amortisation). Die Amortisationszeit für die Maßnahmen U<sub>2</sub> und U<sub>4</sub> liegen zwischen jenen von U<sub>1</sub> und U<sub>3</sub>.

### 5.3 Ergebnisse und Fazit aus AP4

In AP4 wurde zunächst auf das Verfahren zur Datenintegration eingegangen. Im Rahmen des Projekts war es auch Ziel, zu ermitteln, in welcher Höhe EEDL Transaktionskosten reduzieren. Aufgrund der dünnen Datenlage war dies lediglich für eine Maßnahme (Ö<sub>2</sub>, Universität) möglich, weswegen für die verbleibenden Maßnahmen ein qualitatives Verfahren gewählt wurde, um den Einfluss von EEDL auf Transaktionskosten zu skizzieren (AP4.1).

Für eine solche Herangehensweise wurden Transaktionskosten, die im Zusammenhang mit Energieeffizienzmaßnahmen auftreten können, in zehn Kategorien differenziert. Für die in AP1 ausgewählten Maßnahmen wurden wiederum entsprechende EEDL-Angebote herangezogen und wichtige Wirkungszusammenhänge zwischen EEDL und einzelnen Transaktionskostenkategorien aufgezeigt. Grundsätzlich erscheinen dabei kostenaufwendigere EEDL wie umfassendere Vor-Ort-Beratungen (WG, NWG, Anlagen und Prozesse, EnMS) im Gegensatz zu den preiswerteren „Vor-Ort-Checks“ besser geeignet, um Transaktionskosten zu reduzieren.

Das Excel-Tool (AP4.2) wurde so angelegt, dass eine erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt werden kann, die auch Reduktionen der Transaktionskosten durch EEDL berücksichtigt. Gleichzeitig bleibt Voraussetzung, dass quantifizierbare

Dateninputs zur Verfügung stehen, um die erwünschte Analyse durchzuführen. Wie eingangs erwähnt kann lediglich für die Maßnahme Ö2 (Universität Freiburg) der Einfluss eines EnMS auf die Reduktion der Transaktionskosten quantifiziert werden. Die Abbildung zur Maßnahme zeigt, dass sich unter Einbeziehung von Transaktionskosten und Kosten für die Einbindung eines EnMS die Analyse für den Investor positiv verändert und damit zugunsten der Investition ausfällt.

Für den überwiegenden Anteil der ausgewählten Maßnahmen konnte die Kosten-Nutzen-Analyse in Teilen erweitert werden. Beispielsweise wurde im Sektor Unternehmen Transaktionskosten sowie mögliche Kosten einer EEDL ermittelt. Hinsichtlich des Wirkungsgeflechts zwischen Transaktionskosten und EEDL blieb es in diesen und weiteren Fällen bei der deskriptiven Herangehensweise (s. AP4.1).

Bei der Betrachtung ist zu berücksichtigen, dass EEDL-Angebote durchaus mehr als eine Maßnahmen empfehlen und auch initiieren können. Beispielsweise kann ein Basis-Check InvestorInnen neben dem Leuchtmittelaustausch auch zu weiteren Energiesparmaßnahmen animieren. Auch eine Unternehmensberatung zu Anlagen und Prozessen kann mehr als eine Maßnahme in die Umsetzung bringen.

Das Tool ermöglicht es NutzerInnen, bestimmte Dateninputs selbst zu definieren. Beispielsweise können alternative Diskontraten für alle Maßnahmen angenommen und eingetragen werden. Bei der „freien Eingabe“ können NutzerInnen Maßnahmen hinzufügen.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass die Datengrundlage zur Umsetzung einer erweiterten Kosten-Nutzen-Analyse gegenwärtig eine Herausforderung darstellt. Somit sollte zukünftig Wert darauf gelegt werden, quantifizierbare Erkenntnisse zur Reduktion von Transaktionskosten durch EEDL-Angebote zu erhalten. Darüber hinaus sollte näher betrachtet werden, in welcher Höhe Transaktionskosten für die *Beauftragung* einer EEDL anfallen (z.B. Suche einer geeigneten EEDL-Beratungsart).

## 6 Ergebnisse und Erkenntnisse der Studie

### Übergreifende Analyse

Aus der übergreifenden Betrachtung in den drei Akteursgruppen (Unternehmen, öffentliche Einrichtungen, Haushalte) lassen sich folgende Kernaussagen ableiten:

- Die Datenverfügbarkeit zu Transaktionskosten ist für alle drei betrachteten Akteursgruppen unzureichend. Dies spiegelt sich einerseits darin wider, dass nur in sehr geringem Umfang empirische Studien zur Quantifizierung von Transaktionskosten vorhanden sind. Andererseits zeigte sich bei den durchgeführten Interviews ein sehr geringes Bewusstsein für Transaktionskosten, was eine Quantifizierung weiter erschwert.
- In künftigen Datenerhebungen könnte versucht werden, quantifizierbare Erkenntnisse zur Reduktion von Transaktionskosten durch EEDL-Angebote zu erhalten. Darüber hinaus sollte näher betrachtet werden, in welcher Höhe Transaktionskosten für die *Beauftragung* einer EEDL anfallen (z.B. Suche einer geeigneten EEDL-Beratungsart).
- Die Höhe der Transaktionskosten hängt von zahlreichen Faktoren ab, so dass eine Verallgemeinerung der Erkenntnisse für einzelne Akteure und Maßnahmen auf andere nicht immer möglich ist. .
- Die Höhe der Transaktionskosten steigt nicht proportional mit der Investitionssumme, so dass die Transaktionskosten bei niedriginvestiveren Maßnahmen einen höheren Anteil an der Investition ausmachen und dadurch gerade geringer investive Maßnahmen überproportional gehemmt werden.
- Transaktionskosten werden im Zusammenhang mit Energieeffizienzmaßnahmen von den Akteuren kaum wahrgenommen und entsprechend nicht quantifiziert.
- Es existieren viele Hemmnisse, die nicht den klassischen Transaktionskosten zuzurechnen sind. Für diese besteht die Notwendigkeit anderweitiger politischer Adressierung/Förderung.
- Beratungskosten stehen u.a. in Abhängigkeit von Einzelfallfaktoren: z.B. Art des Wohngebäudes (Ein-/Zweifamilienhaus oder Mehrfamilienhaus). Eine Spezifizierung der Kosten verlangt daher detaillierte Informationen zu diesen Faktoren.
- Die Inanspruchnahme von EEDL durch Haushalte oder öffentliche Einrichtungen ist unterschiedlich motiviert: „lohnt sich/Zeitersparnis“ und monetäres Kalkül „make or buy“ sowie ordnungsrechtlicher Rahmen. Die Auswirkungen auf die Kosten-Nutzen-Relation unterscheiden sich dabei.
- Es ist empfehlenswert für künftige Datenerhebungen der BfEE weitere Faktoren zu ergänzen (z.B. Welche Faktoren bedingen hohe Kosten, wie können Förderprogramme hier effektiv ansetzen, Höhe der Transaktionskosten für Beauftragung und Umsetzung EEDL). Damit wäre es möglich das Zustandekommen der Preisunterschiede bei EEDL genauer zu betrachten.

## Reduktion von Transaktionskosten durch EEDL

- Im Ergebnis einer deskriptiven/qualitativen Betrachtung können EEDL Transaktionskosten reduzieren. Das setzt voraus, dass die EEDL sachgerecht durchgeführt wird (hervorzuheben sind insb. Vor-Ort-Beratungen in allen Sektoren, EnMS und Contracting; oberflächlichere Checks oder auf spezifische Gebäudetechnologien fokussierte Checks können aber durchaus auch zur TAK-Senkung beitragen).
- Die Ergebnisse von AP3 zeigen, dass die Kosten für EEDL für bestimmte Maßnahmen hoch sein können; gerade für Unternehmen. Andererseits werden gerade in diesen Fällen Transaktionskosten reduziert.
- Quantitative Informationen zur Reduktion von Transaktionskosten durch EEDL wurden nach Einschätzung der Autoren bisher nicht in der Literatur erfasst – eine eigene Erhebung konnte im Rahmen der Studie nicht durchgeführt werden. Die Auswirkungen wurden daher konzeptionell erarbeitet und konnten anhand eines Fallbeispiels quantitativ betrachtet werden und sind im XLS-Berechnungstool implementiert.
- Zur Quantifizierung der Reduktion von Transaktionskosten durch EEDL besteht weiterer Forschungsbedarf. Für die Erhebung von empirischen Daten zur Reduktion von Transaktionskosten durch EEDL empfehlen die Autoren einen differenzierten Ansatz, der einzelnen Akteursgruppen sowie verschiedene Energieeffizienzmaßnahmen separat betrachtet. Anregungen für die weitere Betrachtung für die jeweiligen Zielgruppen werden in den folgenden Unterabschnitten dargestellt.
- Grundsätzlich erscheinen kostenaufwendigere EEDL wie umfassendere Vor-Ort-Beratungen (WG, NWG, Anlagen und Prozesse, EnMS) im Gegensatz zu den preiswerteren „Vor-Ort-Checks“ besser geeignet, um Transaktionskosten zu reduzieren.

## Private Haushalte

Im Bereich der **privaten Haushalte** ist der Zeitaufwand für Tätigkeiten im Zusammenhang mit energetischen Sanierungsmaßnahmen durchaus ein wichtiges Hemmnis, dieser wird aber nicht als monetärer Faktor wahrgenommen (was in der Regel auch der Realität entspricht, da eine flexible Anpassung der Arbeitszeiten nicht vorgesehen ist).

Bei der Inanspruchnahme von EEDL entstehen in Haushalten daher zusätzliche Kosten, die aufgrund des nicht-monetären Charakters der eingesetzten Zeitaufwände nicht zu einer Reduzierung von Transaktionskosten führen. Der Betrachtungsansatz des Vergleichs von Transaktionskosten und Kosten für EEDL stößt daher bei Haushalten an seine Grenzen.

Für weitere Untersuchungen bietet sich für Haushalte der Ansatz der Zahlungsbereitschaft „willingness-to-pay“ als geeigneter Untersuchungsrahmen an. In einer Erhebung könnte untersucht werden, in welchen Größenordnungen verschiedene Haushaltstypen bereit sind für die Reduzierung der Zeitaufwände

Kosten auf sich zu nehmen (z.B. discrete-choice Ansatz). Grundsätzlich setzt die Analyse damit voraus, dass Haushalte eine Energieberatung inhaltlich so einschätzen, dass sie die Ergebnisse mit etwas Recherche auch selbst erarbeiten könnten.

Es ist zu erwarten, dass sich die Zahlungsbereitschaft in Abhängigkeit der sozio-ökonomischen Charakteristika der Haushalte deutlich unterscheidet. Beispielsweise ist anzunehmen, dass bei Haushalten die (real oder gefühlt) über ein hohes Maß an Eigenexpertise verfügen die Zahlungsbereitschaft deutlich geringer ist. Weiterhin sind Unterschiede z.B. bezüglich des vorhandenen Zeitbudgets zu erwarten (z.B. Berufstätige vs. nicht Berufstätige).

Die ermittelten Zahlungsbereitschaften könnten mit den Kosten für allgemeine Dienstleistungen sowie mit den Marktpreisen von EEDL verglichen werden. Sofern eine spezifische Betrachtung unterschiedlicher Dienstleistungen vorgenommen wird kann ermittelt werden, können solche Dienstleistungen ermittelt werden, bei denen sich ein besonders günstiges Verhältnis aus Kosten und Zahlungsbereitschaft ergeben.

### **Öffentliche Einrichtungen**

Im Bereich der **öffentlichen Einrichtungen** stellen personelle Engpässe ein wichtiges Hemmnis dar, allerdings spielt auch hier häufig weniger die monetäre Ebene sondern eher die organisatorische Ebene (Genehmigung von Stellen etc.) eine Rolle. Der Zeitaufwand für die Umsetzung und/oder Planung von Energieeffizienzmaßnahmen wird häufig nicht zur Verfügung gestellt. Der Bereich öffentliche Einrichtungen hat ein hohes Potenzial, u.a. um als Multiplikator aufzutreten. Die Umsetzung von Energieeffizienz ist hier häufig nicht hauptsächlich eine Frage der Kosten, sondern ein Problem der mangelnden Zeit und der damit fehlenden Entscheidungskompetenz, Maßnahmen zu planen und umzusetzen.

Der Vergleich der Transaktionskosten zwischen den betrachteten Beispielen zeigt, dass diese sich erheblich steigern, wenn ein Nachweis der Einsparungen notwendig ist (siehe Prämiensystem im Beispiel der Universität Freiburg). Eine Standardisierung der Prozesse durch ein Energiemanagementsystem (z.B. nach ISO 50001) oder auch ein einfacheres Monitoringsystem würden die Transaktionskosten im Zusammenhang mit den Tätigkeiten zur disaggregierten Erfassung der Energieverbräuche sowie der Optimierung der Nutzungszeiträume deutlich verringern. Gleichzeitig ist die Einführung eines Energiemanagementsystems ebenfalls mit nicht unerheblichen Aufwänden verbunden und in den Personal- und Stellenplänen unzureichend berücksichtigt. Während die Gebäudetechnik in den neueren Gebäuden standardmäßig über eine Messinfrastruktur zur disaggregierten Erfassung verfügt, ist dies für ältere Gebäude derzeit in der Regel nicht der Fall.

Die Betrachtung der drei Fallbeispiele zeigt, dass der Anlass der Durchführung der Maßnahmen häufig weniger auf ökonomischen Gesichtspunkten beruht, sondern weitgehend getrieben ist durch Aspekte der Umweltverträglichkeit. Um den Anteil von EEDL zu erhöhen ist es daher ratsam die Wahrnehmung dieser klimapolitischen

Notwendigkeit zu stärken. Dies kann z.B. durch das Einbinden von Bürgermeistern oder Stadträten forciert werden, die die Relevanz des Themas kennen und sich dafür stark machen.

Öffentliche Einrichtungen stehen ähnlich wie Unternehmen vor einer „make or buy“-Entscheidung bzgl. der Umsetzung von Effizienzmaßnahmen. Zwei der hier betrachteten Maßnahmen wurden durch die Institutionen selbst umgesetzt (verhaltensbezogene Maßnahmen an der Universität Freiburg und Schulsanierung in Wuppertal). Damit verbundenen Kosten fallen entsprechend als Transaktionskosten an. Alternativ könnten entsprechende (häufig geförderte) EEDL-Angebote wahrgenommen werden. Die Höhe der Kosten hierfür (z.B. Einführung eines EnMS oder geförderte Beratung NWG) ist ggf. geringer und richtet sich wie in Unternehmen nach der Komplexität – bei Gebäuden ist über die baulichen Gegebenheiten hinaus insbesondere die Anzahl und Art der Nutzungszonen für die Ermittlung der Beratungskosten ausschlaggebend.

Eine eingehendere Betrachtung der Rolle von Transaktionskosten und EEDL zu deren Reduzierung in weiteren Forschungsarbeiten wird insbesondere für den Bereich öffentlicher Einrichtungen empfohlen. Einerseits wird durch die gezielte Betrachtung von öffentlichen Einrichtungen ein hohes Potenzial zur Verbreitung von Energieeffizienzmaßnahmen gesehen, da in öffentlichen Einrichtungen häufig organisatorische Hemmnisse bestehen, deren Überwindung mit Transaktionskosten verbunden sind. Andererseits ist insbesondere für öffentliche Einrichtungen der Zusammenhang in bestehenden Arbeiten und auch bei den betroffenen Akteuren kaum betrachtet.

Für die weitere Untersuchung von Transaktionskosten bei der Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen in öffentlichen Einrichtungen wird empfohlen, einen Forschungsansatz anhand von Fallbeispielen zu wählen. Die Betrachtung in der vorliegenden Studie hat gezeigt, dass insbesondere im Bereich der öffentlichen Einrichtungen eine große Heterogenität bezüglich der organisatorischen Zuständigkeiten sowie der vorliegenden Hemmnisse besteht. Daraus ergeben sich für verschiedene Arten von Institutionen spezifische Transaktionskosten, die durch spezifische Ansätze zur Reduzierung durch EEDL adressiert werden können. Ein fallspezifischer Ansatz ermöglicht zudem die Betrachtung weiterer EEDL wie Contracting, welche für öffentliche Einrichtungen eine wichtige Rolle spielen können.

## **Unternehmen**

Im Bereich der **Unternehmen** spielen Transaktionskosten im Vergleich zum Bereich der Haushalte eine etwas größere Rolle, allerdings werden diese in der Regel nicht als solche bilanziert und nicht mit der Durchführung der Maßnahme in Verbindung gesetzt. Transaktionskosten sind empirisch kaum erhoben. Mai et al. (2014) konnten in ihrer Untersuchung zeigen, dass Transaktionskosten von verschiedenen Energieeffizienz-Investitionen eine klare Degression in Abhängigkeit von der Höhe der Investition ergeben und sie zeigen erste Hinweise zu weiteren

Einflussfaktoren (z. B. der Komplexität der Investition und der Größe und Energieintensität des Unternehmens) auf.

Nicht-KMU sind verpflichtet, ein Energieaudit nach DIN 16427 durchzuführen, das 90% ihres Energieverbrauchs abdeckt. Alternativ zum Energieaudit können nicht-KMU ein Managementsystem einführen. Dies geht über die gesetzliche Anforderung hinaus und kann daher gefördert werden (wurde es auch bis Ende 2017). Wenn ein Unternehmen die Besondere Ausgleichsregelung (BesAR) oder Erleichterungen nach Spitzenausgleich-Effizienzsystemverordnung (SpaEfV) in Anspruch nehmen möchte, muss es ein Energiemanagement bzw. ein alternatives System nachweisen. KMU sind nicht zu Energieaudits bzw. Einführung von EnMS verpflichtet, daher können hier diese Maßnahmen gefördert werden.

Energiemanagementsysteme haben zum Ziel, fortlaufend Effizienzpotenziale zu erschließen. Die Systeme haben jedoch relativ hohe Einführungs-, Zertifizierungs- und Betriebskosten, die über eine unbestimmte Laufzeit zu einer unbestimmten Zahl von Maßnahmenumsetzungen führt. Eine Zurechnung zu Einzelmaßnahmen war daher in dieser Studie (bis auf einen Fall) nicht möglich.

## 7 Literaturverzeichnis

AGEB (2016): Erstellung von Anwendungsbilanzen für die Jahre 2013 bis 2015 mit Aktualisierungen der Anwendungsbilanzen der Jahre 2009 bis 2012. In: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen. Online verfügbar unter [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiJ-vl4djdAhVMiywKHeV3Bw4QFjABegQICRAC&url=https%3A%2F%2Fwww.ag-energiebilanzen.de%2Findex.php%3Farticle\\_id%3D29%26fileName%3Disi\\_ageb\\_anwendungsbilanz\\_industrie\\_2016.pdf&usq=AOvVaw12YoXWIZ7qEWvNC-cNuVzX](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiJ-vl4djdAhVMiywKHeV3Bw4QFjABegQICRAC&url=https%3A%2F%2Fwww.ag-energiebilanzen.de%2Findex.php%3Farticle_id%3D29%26fileName%3Disi_ageb_anwendungsbilanz_industrie_2016.pdf&usq=AOvVaw12YoXWIZ7qEWvNC-cNuVzX), zuletzt geprüft am 26.09.2018.

BAFA – Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2014): Evaluation der Energiesparberatung vor Ort. Endbericht

BAFA - Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2018): Energiedienstleistungen - Energiemanagement. Online: [http://www.bafa.de/BfEE/DE/Energiedienstleistungen/Energiemanagement/energiemanagement\\_node.html](http://www.bafa.de/BfEE/DE/Energiedienstleistungen/Energiemanagement/energiemanagement_node.html) (Zugriff: 21.09.2018).

BAFA - Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2018a): Energieberatung Wohngebäude. Online: [http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung\\_Wohngebaeude/Beratene/beratene\\_node.html](http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung_Wohngebaeude/Beratene/beratene_node.html) (Zugriff: 21.09.2018)

BAFA - Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2018b): Energieberatung für Nichtwohngebäude von Kommunen. Online: [http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung\\_Nichtwohngeb%C3%A4ude\\_Kommunen/sanierungskonzept\\_neubauberatung\\_node.html](http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung_Nichtwohngeb%C3%A4ude_Kommunen/sanierungskonzept_neubauberatung_node.html) (Zugriff: 21.09.2018).

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2004): Druckluft im Handwerk. Untersuchung von Druckluftanlagen in Handwerksbetrieben.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2016): Energiesparlampe und LED – Energieeffiziente Beleuchtung.

BfEE (2018): Empirische Untersuchung des Marktes für Energiedienstleistungen, Energieaudits und andere Energieeffizienzmaßnahmen, Endbericht BfEE 04/2017

BMWi (2017): Marktverfügbare Innovationen mit hoher Relevanz für die Energieeffizienz in der Industrie. Online verfügbar unter [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/marktverfuegbare-innovationen-mit-hoher-relevanz-fuer-energieeffizienz-in-der-industrie.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=14](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/marktverfuegbare-innovationen-mit-hoher-relevanz-fuer-energieeffizienz-in-der-industrie.pdf?__blob=publicationFile&v=14), zuletzt geprüft am 09.08.2018.

co2 online (o.J.): Wie senke ich den Stromverbrauch beim Kühlschrank? Online verfügbar unter: <https://www.co2online.de/energie-sparen/strom-sparen/strom-sparen-stromspartipps/stromverbrauch-kuehlschrank/>, zuletzt geprüft am 12.10.2018.

dena – Deutsche Energie Agentur (2010): Elektrische Motoren in Industrie und Gewerbe: Energieeffizienz und Ökodesign-Richtlinie. In: *Deutsche Energieagentur*. Online verfügbar unter [https://www.ihk-emden.de/blob/emdihk24/innovation/downloads/2351516/5d38c1fc3e1f0fd839c8780bcc86e848/dena\\_Ratgeber\\_Elektische\\_Motoren\\_in\\_Industrie\\_und\\_Gewerbe-data.pdf](https://www.ihk-emden.de/blob/emdihk24/innovation/downloads/2351516/5d38c1fc3e1f0fd839c8780bcc86e848/dena_Ratgeber_Elektische_Motoren_in_Industrie_und_Gewerbe-data.pdf), zuletzt geprüft am 06.09.2018.

dena – Deutsche Energie Agentur (2012): 1960er/1970er Jahre. Sanierungsmaßnahmen für Mehrfamilienhäuser. Effizienzstandards und Kostenauswertungen aus den dena-Modellvorhaben. Sanierung zum Effizienzhaus 70, Variante A

dena – Deutsche Energie Agentur (2015): Strom sparen im Haushalt. Anleitung für Verbraucher.

dena - Deutsche Energie Agentur (2016): Energieeffiziente Straßenbeleuchtung. Einsparpotentiale identifizieren und erschließen. Berlin. Online verfügbar unter

[https://shop.dena.de/fileadmin/denashop/media/Downloads\\_Dateien/esd/1435\\_Broschuere\\_Energieeffiziente\\_Strassenbeleuchtung.pdf](https://shop.dena.de/fileadmin/denashop/media/Downloads_Dateien/esd/1435_Broschuere_Energieeffiziente_Strassenbeleuchtung.pdf), zuletzt geprüft am 08.08.2018.

Ekodoma; Wuppertal Institute; Institut Energiesysteme und Energiewirtschaft; Hochschule Ruhr West; Arbeitsgemeinschaft für sparsame Energie- und Wasserverwendung im VKU; e7 Energie Markt Analyse (2012): Energieeffizienz-Dienstleistungen. Neue Geschäftsmodelle und erfolgreiche Marktentwicklung. Change Best Projekt

Energieagentur NRW (2010): Elektrische Antriebe. Potenziale zur Energieeinsparung. In: *Broschüre der Energieagentur NRW*, zuletzt geprüft am 09.08.2018.

Fleiter, Tobias; Schleich, Joachim; Ravivanpong, Ployplearn (2012): Adoption of energy-efficiency measures in SMEs—An empirical analysis based on energy audit data from Germany. In: *Renewable Energy in China* 51, S. 863–875. DOI: 10.1016/j.enpol.2012.09.041.

Flotow, Paschen von; Polzin, Friedemann (2015): Modernisierung der kommunalen Straßenbeleuchtung. Erfolgsfaktoren und Hemmnisse der LED-Anwendung sowie von Contracting. Hg. v. Sustainable Business Institute. Online verfügbar unter [http://www.friedemannpolzin.de/blog/wp-content/uploads/2017/02/SBI-LED-Studie\\_2015.pdf](http://www.friedemannpolzin.de/blog/wp-content/uploads/2017/02/SBI-LED-Studie_2015.pdf), zuletzt geprüft am 08.08.2018.

Forschungsstelle für Energiewirtschaft (2010): Basisdaten von Energieträgern. Online: [https://www.fe.de/download/wissen/186\\_Basisdaten\\_Energietraeger/Basisdaten\\_von\\_Energietraegern\\_2010.pdf](https://www.fe.de/download/wissen/186_Basisdaten_Energietraeger/Basisdaten_von_Energietraegern_2010.pdf) (Zugriff: 20.09.2018)

Hein, Lars G.; Blok, Kornelis (1995): Transaction costs of energy efficiency improvement. In: *Proceedings of the eceee summer study*. Online verfügbar unter [https://www.eceee.org/static/media/uploads/site-2/library/conference\\_proceedings/eceee\\_Summer\\_Studies/1995/Panel\\_2/p2\\_12/paper.pdf](https://www.eceee.org/static/media/uploads/site-2/library/conference_proceedings/eceee_Summer_Studies/1995/Panel_2/p2_12/paper.pdf)

Herold, Johannes (2014): Energieeffizienz in Produktion und Gewerbebetrieb.

IREES – Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien GmbH; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI (2014): Evaluation des Förderprogramms „Energieberatung im Mittelstand“. Schlussbericht. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.

Kahlenborn, Walter et al. (2012): Energiemanagementsysteme in der Praxis ISO 50001: Leitfaden für Unternehmen und Organisationen. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hrgs.), Berlin. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3959.pdf>, zuletzt geprüft am 10.10.2018.

KfW (2016): Musterberechnung zur Wirtschaftlichkeit des KfW - Effizienzhaus 55 im Programm Energieeffizient Bauen. Online verfügbar unter [https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/Arbeitshilfen-Pr%C3%A4sentationen/Arbeitshilfen/Wirtschaftlichkeitsberechnung.pdf](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/Arbeitshilfen-Pr%C3%A4sentationen/Arbeitshilfen/Wirtschaftlichkeitsberechnung.pdf), zuletzt geprüft am 10.09.2018.

Kube, Mathias; Schimmel, Matthias; Rhiemeier Jan-Martin; Barckhausen, Anton; Fehr, Johannes; Büttner, Stefan (2017): Marktverfügbare Innovationen mit hoher Relevanz für die Energieeffizienz in der Industrie.

Mai, Michael; Gebhardt, Thorsten; Wahl, Fabian; Dann, Julius; Jochem, Eberhard (2014): Transaktionskosten bei Energieeffizienz-Investitionen in Unternehmen. In: *Zeitschrift für Energiewirtschaft* 38 (4), S. 269–279. DOI: 10.1007/s12398-014-0141-0.

MERCI Datenbank (o.J.): Maßnahme ID 1300009. Online verfügbar unter: [www.eumerci-portal.eu](http://www.eumerci-portal.eu), zuletzt geprüft am 12.10.2018.

OECD (2015): An Introduction to Energy Management Systems: Energy Savings and Increased Industrial Productivity for the Iron and Steel Sector. OECD, Paris, France. Online verfügbar unter [https://www.oecd.org/sti/ind/DSTI-SU-SC\(2014\)14-FINAL-ENG.pdf](https://www.oecd.org/sti/ind/DSTI-SU-SC(2014)14-FINAL-ENG.pdf), zuletzt geprüft am 08.08.2018.

- Ohlhorst, Dörte (2015): Strukturelle Rahmenbedingungen und Hemmnisse für Stromeinsparungen und Effizienzsteigerungen Haushalten. Politikwissenschaftliche Expertise
- O' Malley, Eoin; Scott, Sue; Sorrell, Steve (2003): Barriers to energy efficiency: Evidence from selected sectors. In: *Policy Research Series* (47). Online verfügbar unter <http://sro.sussex.ac.uk/53997/1/PRS47.pdf>, zuletzt geprüft am 09.08.2018.
- Ostertag, Katrin (2001): Re-assessing no-regret potentials - The example of high efficiency electric motors. In: *Proceedings of the eceee summer study*. Online verfügbar unter [https://www.eceee.org/static/media/uploads/site-2/library/conference\\_proceedings/eceee\\_Summer\\_Studies/2001/Panel\\_2/p2\\_3/paper.pdf](https://www.eceee.org/static/media/uploads/site-2/library/conference_proceedings/eceee_Summer_Studies/2001/Panel_2/p2_3/paper.pdf).
- Ostertag, Katrin (2003): No-regret Potentials in Energy Conservation: Physica-Verlag Heidelberg.
- Polzin, Friedemann; Flotow, Paschen von; Nolden, Colin (2016): What encourages local authorities to engage with energy performance contracting for retrofitting? Evidence from German municipalities. In: *Energy Policy* 94, S. 317–330. DOI: 10.1016/j.enpol.2016.03.049.
- Polzin, Friedemann; Nolden, Colin; Flotow, Paschen von (2018): Drivers and barriers for municipal retrofitting activities – Evidence from a large-scale survey of German local authorities. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 88, S. 99–108. DOI: 10.1016/j.rser.2018.02.012.
- PWC (2017): Evaluation der Energieeinsparberatung und der Energie-Checks der Verbraucherzentralen.
- PWC (2018): Evaluierung der Förderprogramme „Energieberatung im Mittelstand“ und „Energieberatung für Nichtwohngebäude von Kommunen und gemeinnützigen Organisationen“. BAFA, Eschborn.
- RP Online (2018): LED-Technik: Stromkosten sinken. Online verfügbar unter: [https://rp-online.de/nrw/staedte/neuss/led-technik-stromkosten-sinken\\_aid-19049761?opendocument](https://rp-online.de/nrw/staedte/neuss/led-technik-stromkosten-sinken_aid-19049761?opendocument), zuletzt geprüft 12.10.2018
- Schmid, Christiane (2004): Energieeffizienz in Unternehmen: eine wissenschaftliche Analyse von Einflussfaktoren und Instrumenten. Institut für Wirtschaft und Ökologie
- Statista.de (2018): Entwicklung des CO2-Emissionsfaktors für den Strommix in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2017 (in Gramm pro Kilowattstunde). Online: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/38897/umfrage/co2-emissionsfaktor-fuer-den-strommix-in-deutschland-seit-1990/> (Zugriff: 20.09.2018)
- Thomas, Stefan (2007): Aktivitäten der Energiewirtschaft zur Förderung der Energieeffizienz auf der Nachfrageseite in liberalisierten Strom- und Gasmärkten europäischer Staaten: kriteriengestützter Vergleich der politischen Rahmenbedingungen. Band 13 von Kommunalwirtschaftliche Forschung und Praxis, ISSN 1435-8468
- UBA – Umweltbundesamt (2013): Energiemanagementsystem gemäß ISO 50001. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/wirtschaft-umwelt/umwelt-energiemanagement/energiemanagementsystem-gemaess-iso-50001>, zuletzt geprüft am 08.08.2018.
- Ürge-Vorsatz, Diana; Exre, Nick; Graham, Peter; Harvey, Danny; Hertwich, Edgar; Jiang, Yi; Kornevall, Christian; Majumdar, Mili; McMahon, James E.; Mirasgedis, Sevastianos; Murakami, Shuzo; Novikova, Aleksandra (2012): Chapter 10 - Energy End-Use: Building. In *Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future*, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA and the International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, pp. 649-760.
- VBZ –Verbraucherzentrale (2018): Sparen Sie Energie – mit der passenden Energieberatung. Online verfügbar unter <https://www.verbraucherzentrale-energieberatung.de/beratung/>, zuletzt geprüft am 08.08.2018.
- Wüstenrot-Stiftung (2011): Zukunft der Energieberatung in Deutschland.

## 8 Anhang

Detaillierte Darstellung der Transaktionskosten für das Fallbeispiel Ö2:  
*Geringinvestive Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs in Gebäuden  
der Universität Freiburg.*

**Tabelle 28: Übersicht der Zeitaufwände im Zusammenhang mit der Umsetzung von geringinvestiven und verhaltensbasierten Maßnahmen**

Projektbereich	Aufwand (h)			
	Einmalig	Wiederkehrend		
		h/w	h/m	h/j
Wöchentliche Ablesung der Medienzähler, Kontrollen von Heizung und Elektrotechnik (hierbei werden häufig auch technische Defekte oder Punkte wie Kippfenster in Veranstaltungsräumen, falsch eingestellte Heizkörperthermostate usw., aber auch Probleme im baulichen Bereich festgestellt); Dokumentation		1	4,3	51,6
Monatliche Kontrollen und Dokumentation, Update der Webseite, Weiterleitung der abgelesenen Daten an das Gebäudemangement			1,5	18
Jährliche Kontrollen und Dokumentation, Beschaffung Gradtagszahlen, Berechnungen, Update Webseite, Update Poster,				8
Jährliche Begehung der Gebäude				4
Maßnahmen im Rahmen der Schließzeiten über den Jahreswechsel: Zu Beginn Umstellen auf Schließzeit; gegen Ende rechtzeitige Umstellung auf Normalbetrieb (Umstellen der Thermostatventile in den Veranstaltungsräumen, Umstellung der Nachtabenkung im Hauptgebäude, Aus-/Einschalten der Heizung im Hörsaalgebäude, Kontrolle von Fenstern, Beleuchtung usw.)				4
Saisonal anfallende Tätigkeiten: Ein-/Ausschalten der Nachtauskühlung des Treppenhauses; Ein-/Ausschalten der anhand der Außenbeleuchtung geführten Dauerbeleuchtung des Treppenhauses; Umstellung von Schaltuhren zwischen Sommer- und Winterzeit usw.				4
Kontrolle der Belegungspläne von Veranstaltungsräumen in der vorlesungsfreien Zeit; ggf. manuelle Einstellung der Thermostatventile			1	12
Pflege der Heizpläne für die elektronisch gesteuerten Thermostatventile anhand der Belegungspläne			0,5	6
Kontrolle und Auslesen der Temperaturlogger; Verarbeitung und Kontrolle der Daten			0,5	6
Organisatorisches: Sitzungen, Korrespondenz, Kommunikation im Haus			1	12
Externe Kommunikation, Berichte, Projektvorstellungen, Tagungen, Workshops usw.				8
Entwicklung und Umsetzung verhaltensbezogener Interventionen (u.a. "Incentives", s. weiter unten)				40
Ersterfassung / Bestandsaufnahme / vorbereitende Arbeiten	60			
Entwicklung eines Dokumentations- und Berechnungssystems auf der Basis von Excel	20			
Erstmalige Kontrolle und Einstellung von Heizungssteuerungen, Zeitrelais usw.	8			
Einbau zusätzlicher Zeitrelais; Einstellungen	4			
Beschaffung und Installation von 15 efergy Energiezählern mit 45 Messfühlern	15			
Aufbau der Website " <a href="http://www.psychologie.uni-freiburg.de/energieeffizienz">http://www.psychologie.uni-freiburg.de/energieeffizienz</a>	40			
Planung und Organisation des Umbaus der Sicherheitsbeleuchtung	5			
Planung und Organisation der Umstellung der Beleuchtung des	8			

Erdgeschosses auf LED				
Planung usw. der Nachtauskühlung des Computerpools; Konfiguration der Steuerung	10			
Planung usw. der Nachtauskühlung des Treppenhauses; Konfiguration der Steuerung	15			
Umbau von Heizkörperthermostaten	4			
Begrenzung der Heizkörperthermostate in allen Veranstaltungsräumen, Fluren und WCs	5			
Ausrichtung eines "Umwelttages" (4.12.2009)	40			
Planung und Organisation der Modifikation der Medienanlage des Hörsaals (Licht-/Fenstersteuerung)	2			
Planung, Beschaffung und Installation eines Windschutzvorhanges im Serverraum zur Trennung von kalter Zu- von warmer Abluft	10			
Planung und Organisation des Umbaus der Wasserhähne zugunsten von Selbstschlussventilen im Hörsaalgebäude	3			
Planung, Beschaffung, Installation und Inbetriebnahme von 3 MAXI-Cubes und 10 MAXI-Heizkörperthermostaten für 5 Veranstaltungsräume	10			
Anbindung der MAXI-Heizkörperthermostate an das Belegungsplansystem HIS-LSF der Universität mit "MAXIbuddy"	20			
Anbindung der MAXI-Heizkörperthermostate an das neue Belegungsplansystem HISinONE der Universität (work in progress)	30			
Vorbereitung, Planung, Installation und Inbetriebnahme eines zweiten Serverraumes im Untergeschoss zur Entlastung der Klimaanlage des primären Serverraumes	10			
Planung, Beschaffung, Installation, Konfiguration und Inbetriebnahme von Datensammlern ("hubs") für die "efergy"-Geräte; Erstellung eines Dokumentations- und Auswertungssystems	20			
Incentives: "Energiesparpakete" 2008 (200 Stück; Planung, Beschaffung, Erstellung, ...)	20			
Incentives: "Energiesparpakete" 2009 (200 Stück; Planung, Beschaffung, Erstellung, ...)	15			
Incentives: "Energiesparpakete" 2011 (150 Stück; Planung, Beschaffung, Erstellung, ...)	15			
Incentives: "Energiesparpakete" 2014 (400 Stück; Planung, Beschaffung, Erstellung, ...)	25			
Incentives: "Energiesparpakete" 2016 (250 Stück; Planung, Beschaffung, Erstellung, ...)	15			