



**ENERGIEAGENTUR**  
Rheinland-Pfalz



# Energiedatenmanagement in der Nationalparkregion Hunsrück-Hochwald

Wirtschaftliche und technische Grundlagen



# Inhalt

<b>1. Vorwort.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Wirtschaftlichkeitsberechnung und organisatorische Grundlagen eines interkommunalen Energiemanagements in der Nationalparkregion Hunsrück-Hochwald.....</b>	<b>5</b>
2.1. Umsetzung eines kommunalen Energiemanagements .....	5
2.2. Methoden der Wirtschaftlichkeitsberechnung.....	7
2.2.1. Betrachtungsgrenzen.....	8
2.2.2. Datengrundlage .....	9
2.2.3. Bildung von Szenarien.....	12
2.3. Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung .....	14
2.3.1. Absolute Wirtschaftlichkeit .....	14
2.3.2. Chancen und Risiken einer befristeten Einstellung des Energiemanagers.....	16
2.4. Diskussion und Ausblick .....	20
2.5. Zusammenfassung .....	21
<b>3. Zähler- und Energiedatenanalyse als Grundlage für ein Smart Meter Rollout in den kommunalen Liegenschaften der Nationalparkregion Hunsrück-Hochwald .....</b>	<b>22</b>
3.1. Technischer Hintergrund.....	22
3.2. Datenerfassung .....	23
3.3. Ergebnisse .....	24
3.3.1. Zählerstrukturanalyse .....	24
3.3.2. Energiedatenanalyse.....	27
3.4. Zusammenfassung und Ausblick.....	31
<b>4. Fazit .....</b>	<b>33</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>34</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>36</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>37</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>38</b>
<b>Impressum .....</b>	<b>39</b>

# 1. Vorwort

Die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen haben sich weltweit seit 1970 mehr als verdoppelt und seit Beginn des 20. Jahrhunderts sogar verfünffach (Le Quéré et al., 2018). Zur Begrenzung der Erderwärmung auf deutlich unter 2 C gegenüber dem vorindustriellen Niveau wurde 2015 auf der UN-Klimakonferenz in Paris ein globales Klimaschutzabkommen beschlossen, welches auch von Deutschland unterzeichnet wurde (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2020). Um internationale Klimaschutzziele zu erreichen, ist die Bundesregierung auf die Mithilfe der Kommunen angewiesen, weshalb die Nationale Klimaschutzinitiative des Bundesumweltministeriums seit 2008 die „Erstellung von kommunalen Klimaschutzkonzepten und deren Umsetzung“ (VG Birkenfeld, 2017) fördert, um auch finanzschwachen Kommunen den Aufbau eines eigenen Klimaschutzmanagements zu ermöglichen.

In der Nationalparkregion Hunsrück-Hochwald wurde in diesem Kontext das Interkommunale Netzwerk Energie (IkoNE), bestehend aus den Verbandsgemeinden (VG) Baumholder, Birkenfeld, Hermeskeil, Herrstein-Rhaunen und Thalfang sowie der Stadt Idar-Oberstein und den Landkreisen Birkenfeld und St. Wendel, gegründet (Energieagentur Rheinland-Pfalz, 2018). Dieses Netzwerk hat das Ziel, eine Energiedatenbank sowie ein einheitliches Energiecontrolling mit Energiebericht für die gesamte Nationalparkregion einzurichten und so ein interkommunales Energie- und Klimaschutzmanagement aufzubauen (Energieagentur Rheinland-Pfalz, 2017). Um vorab die zu

erwartenden finanziellen Auswirkungen dieses interkommunalen Energiemanagements abzuschätzen und dessen wirtschaftliche Umsetzbarkeit zu überprüfen, wurde für die Verbandsgemeinden Birkenfeld, Rhaunen, Baumholder und die Stadt Idar-Oberstein eine Wirtschaftlichkeitsberechnung unter Berücksichtigung bestimmter Rahmenbedingungen durchgeführt. Die Grundlagen und Ergebnisse dieser Wirtschaftlichkeitsberechnung werden in Kapitel 2 dargestellt.

Durch Energiemanagement können Einsparpotenziale aufgedeckt und gezielt die Energieeffizienz verbessert werden, wodurch ein wesentlicher Beitrag zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen und somit zur Erreichung internationaler Klimaschutzziele geleistet werden kann. Durch ein sogenanntes Smart Meter Rollout, also den flächendeckenden Einsatz intelligenter Messsysteme anstelle der bestehenden konventionellen Energiezähler, soll die Energieeffizienz in Zukunft zusätzlich gesteigert werden. Da in Deutschland Smart Meter bisher kaum verbreitet sind, sollen in den kommunalen Liegenschaften der IkoNE-Teilnehmer im Rahmen eines Pilotprojektes sowohl zur Strom- als auch zur Wärmeenergieerfassung Smart Meter installiert werden. Als Grundlage wurden nun zunächst die aktuelle Zählerstruktur sowie die Energieverbrauchsdaten der kommunalen Liegenschaften der Nationalparkregion Hunsrück-Hochwald erfasst und analysiert, um Aufwand und Kosten des geplanten Rollouts abschätzen zu können. Die Datenerfassung und die Ergebnisse dieser Zählerstruktur- und Energiedatenanalyse werden in Kapitel 3 erläutert.

## 2. Wirtschaftlichkeitsberechnung und organisatorische Grundlagen eines interkommunalen Energiemanagements in der Nationalparkregion Hunsrück-Hochwald

Ein kommunales Energiemanagement finanziert sich laut Energieagentur Niedersachsen durch nicht- und geringinvestive Maßnahmen zur Senkung der Betriebskosten in den kommunalen Liegenschaften selbst und entlastet so die öffentlichen Haushalte (Energieagentur Niedersachsen, 2019). Die Angaben in wissenschaftlichen Publikationen zu Einsparpotenzialen durch Energiemanagement unterscheiden sich allerdings stark, wodurch Unsicherheiten für Investitionen entstehen. In dieser Ausarbeitung wurden deshalb die Auswirkungen der Schwankung der Einsparpotenziale und anderer Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit eines interkommunalen Energiemanagements in der Nationalparkregion Hunsrück-Hochwald untersucht. Dazu wurde ein dynamisches Investitionsrechenverfahren nach der Kapitalwertmethode angewandt.

### 2.1. Umsetzung eines kommunalen Energiemanagements

Gemäß der internationalen Energiemanagementnorm DIN EN ISO 50001 ist unter einem Energiemanagementsystem ein System zur fortlaufenden Verbesserung von Energieeinsatz, Energieverbrauch und Energieeffizienz zu verstehen, wodurch der Ressourceneinsatz insgesamt reduziert und somit auch die Treibhausgasemissionen verringert

werden (DIN EN ISO 50001, 2011, S. 5). Die Umsetzung eines kommunalen Energiemanagements kann laut Energieagentur Niedersachsen in Anlehnung an die Energiemanagementnorm in zehn Schritten dargestellt werden (Energieagentur Niedersachsen, 2019).

Zuerst muss ein energiepolitisches kommunales Leitbild beschlossen werden, indem Einsparziele und Verantwortlichkeiten festgelegt sowie finanzielle Mittel bereitgestellt werden. Durch die Definition von Verbrauchs- und Vergleichswerten entstehen Zielwerte für die öffentlichen Liegenschaften. In einem Aktionsplan werden für jede Maßnahme die fünf W's definiert: Wer, Wann, Was, Wie viel und Warum. Im zweiten Schritt erfolgt eine formale Institutionalisierung, bei der von der Leitungsebene Zuständigkeiten festgelegt und personelle Ressourcen mit Entscheidungskompetenz bereitgestellt werden. Anschließend folgt in der dritten Phase die Bildung einer Arbeitsgruppe „Energiemanagement“ zur fachbereichsübergreifenden Koordination von Aufgaben und Bündelung der Zuständigkeit in einer Person. Diese Arbeitsgruppe sollte alle Verantwortlichen aus den betroffenen Abteilungen enthalten und sich regelmäßig treffen. In der vierten Phase wird eine Bestandsaufnahme der einzelnen



Liegenschaften inklusive Gebäudedaten, Nutzungszeiten und Verträgen durchgeführt. Der fünfte Schritt umfasst die monatliche Verbrauchserfassung von Wärme, Strom und Wasser sowie die Bildung und Auswertung entsprechender Kennwerte als Basis eines dauerhaften Prozesses zur Kontrolle der Energieverbräuche und Anpassung der Betriebsführung an sich ändernde Rahmenbedingungen. Dadurch wird eine Basis für sachgerechte Investitionsentscheidungen geschaffen und ein Vergleich der Gebäude untereinander sowie mit anderen Kommunen ermöglicht. Die Umsetzung von nicht- bzw. geringinvestiven Maßnahmen im sechsten Schritt sorgt für kurzfristig eintretende Erfolge und sollte deshalb nach der Einführung des Energiemanagements zeitnah angegangen werden. Zu diesen Maßnahmen zählen beispielsweise Optimierungen der Haustechnik, wie die Regelung der Vorlauftemperatur, die Einstellung einer Nachtabsenkung oder die Anpassung an Nutzungszeiten. Durch die kontinuierliche Überwachung der Energieverbräuche und Energiekosten der öffentlichen Liegenschaften können vertragliche Rahmenbedingungen sowie bauliche Gegebenheiten und

Zuständigkeiten kontrolliert und der Betrieb der haustechnischen Anlagen fortlaufend an die aktuellen Erfordernisse angepasst werden. In der siebten Phase erfolgt die Durchführung energetischer Gebäudeanalysen, wodurch die Effektivität anstehender Investitionen gesteigert wird. Anschließend werden im achten Schritt konkrete Energiespar- und Sanierungsmaßnahmen geplant und umgesetzt. Zur Analyse der Ist-Situation wird im neunten Schritt ein jährlicher Energiebericht veröffentlicht, der die Energieverwendung der Kommune visualisiert und die Ergebnisse der umgesetzten Maßnahmen kommuniziert. Dieser dient im zehnten Schritt außerdem als Monitoringinstrument und wird zur Überprüfung der Zielerreichung und Evaluation durch die Führungsebene eingesetzt. So können Verbesserungspotenziale aufgedeckt und der Aktionsplan des Energiemanagements angepasst werden, wodurch ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess gesteuert wird. Nach der Einführung eines kommunalen Energiemanagements lassen sich die anfallenden Aufgaben in einem Plan-Do-Check-Act-Zyklus (PDCA-Zyklus) darstellen (vgl. Abbildung 1).

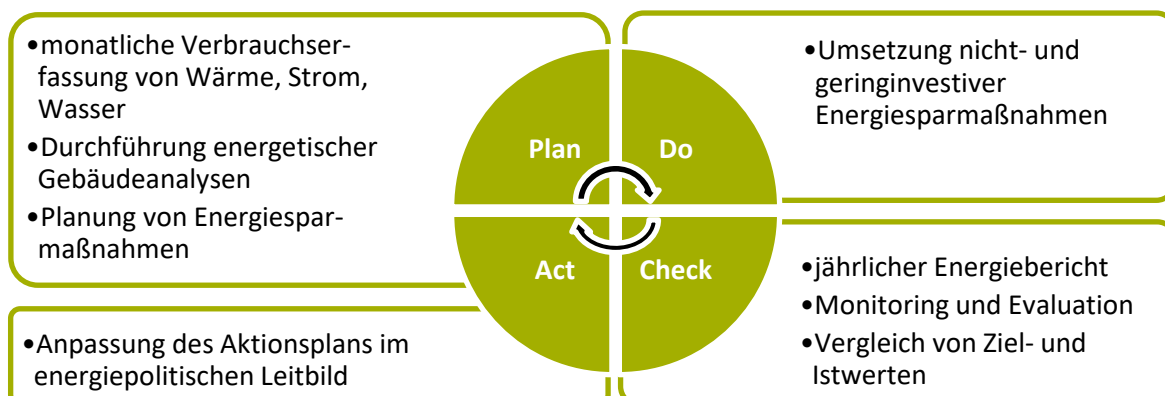


Abbildung 1: Aufgaben zur kontinuierlichen Verbesserung des Energiemanagements (PDCA-Zyklus)

## 2.2. Methoden der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Zur Überprüfung der Wirtschaftlichkeit eines interkommunalen Energiemanagementsystems in der Nationalparkregion wurde ein dynamisches Investitionsrechenverfahren nach der Kapitalwertmethode durchgeführt und anschließend die dynamische Amortisationszeit als logische Erweiterung ermittelt. Dabei wird die Anfangsinvestition als Ausgabe negativ bewertet und muss in den folgenden Jahren durch erwirtschaftete Überschüsse, also durch positive Differenzen aus den jährlichen Einzahlungen und Auszahlungen, schrittweise wieder ausgeglichen werden (Bränzel, 2015, S. 261-262). Die Differenz aus Einzahlungen und Auszahlungen wird als Nettoeinsparung bezeichnet (ebd.). Anhand der Nettoeinsparungen werden die direkten Auswirkungen des Energiemanagements nach einem jeweiligen Zeitraum ersichtlich. Die jährlichen Nettoeinsparungen werden jeweils mit einem festgelegten Zinssatz auf den Zeitpunkt der Investition abgezinst, wodurch einzelne Barwerte für jedes Jahr gebildet werden (Bränzel, 2015, S. 261-262). Der Wert, der sich nach Ablauf einer anfangs festgelegten Laufzeit durch Addition der jährlichen Barwerte zur Anfangsinvestition ergibt, wird als Kapitalwert bzw. Net Present Value oder Barwert der gesamten Zahlungsreihe bezeichnet (ebd.). Der Kapitalwert stellt folglich den auf den Anfangszeitpunkt abgezinsten Vermögenszuwachs bzw. im Falle eines negativen Ergebnisses den Verlust durch die Investition dar. Er bewertet eine Investition insgesamt mit Einbeziehung der Kapitalkosten, wodurch anstehende Investitionsentscheidungen vergleichbar gemacht werden. Eine Investition ist absolut wirtschaftlich,

wenn ihr Kapitalwert größer als Null ist. Die Berechnung des Kapitalwerts erfolgt nach folgender Gleichung:

$$KW = \sum_{t=0}^T (e_t - a_t) \cdot \frac{1}{(1+i)^t} \quad (1)$$

mit dem Kapitalwert  $KW$  in EUR, dem Zeitindex  $t$ , dem letzten Jahr  $T$ , in dem Zahlungen anfallen, den Einzahlungen  $e_t$  und den Auszahlungen  $a_t$  zum Zeitpunkt  $t$  in €/a, dem Kalkulationszinssatz  $i$  in %/a sowie dem Abzinsungsfaktor  $(1+i)^{-t}$  (Bränzel, 2015, S. 261-262).

Die dynamische Amortisationszeit gibt an, nach wie vielen Jahren die kumulierten und abgezinsten jährlichen Rückflüsse die anfängliche Investition übersteigen, d. h., ab wann ein Vermögenszuwachs vorliegt (Bränzel, 2015, S. 270). Es geht somit um den Zeitpunkt, zu dem der Kapitalwert gleich Null ist und ein Vorzeichenwechsel von Minus nach Plus stattfindet. Dieser Vorzeichenwechsel kann nur stattfinden, wenn ein Projekt jährliche Überschüsse erwirtschaftet, wenn die jährlichen Einzahlungen die jährlichen Auszahlungen übersteigen (Bränzel, 2015, S. 270). Die Amortisationszeit stellt eine Basis für den weiteren Entscheidungsprozess im Energiemanagement dar und hilft beispielsweise bei der Wahl des Zeitpunktes durchzuführender Maßnahmen. Zur näherungsweisen Berechnung der dynamischen Amortisationszeit dient folgende Gleichung:

$$t_{A,dyn} \approx t^* + \frac{KW_{t^*}}{KW_{t^*} - KW_{t^*+1}} \quad (2)$$

mit der dynamischen Amortisationszeit  $t_{A,dyn}$  in Jahren, dem Kapitalwert  $KW$  in EUR, der

Periode  $t^*$ , in der letztmalig ein negativer kumulierter Barwert auftritt und der Periode  $t^*+1$ , in der erstmalig ein positiver kumulierter Barwert auftritt (Bränzel, 2015, S. 260).

Dynamische Investitionsrechenverfahren zeichnen sich durch ihren hohen Detaillierungsgrad aus, da eine zeitliche Differenzierung aller zukünftigen Zahlungsströme stattfindet und die Berechnung von Zins und Zinseszins berücksichtigt wird, wodurch zukünftige Entwicklungen möglichst realistisch wiedergegeben werden können (Bränzel, 2015, S. 260). Außerdem wird durch Einberechnung individueller, prozentualer Preisänderungsfaktoren die Verteuerung zukünftiger Zahlungsströme, z. B. für Energie, Personal und Softwaregebühren, berücksichtigt (Bränzel, 2015, S. 236, 246). Bei der Festlegung der Preisänderungsfaktoren kann die bisherige Preisentwicklung in Deutschland als Orientierung dienen.

### 2.2.1. Betrachtungsgrenzen

Um den Berechnungsaufwand des Modells in einem angemessenen Rahmen zu halten, mussten einige Faktoren bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung unberücksichtigt bleiben, die in der Realität allerdings von Bedeutung sind. So wurden die durch das Energiemanagement verursachten Auszahlungen ohne Berücksichtigung möglicher Förderungen durch Land, Bund oder EU ermittelt, da die Berechnung der Wirtschaftlichkeit in dieser Ausarbeitung unabhängig von der politischen Ausgangssituation erfolgen sollte. Eine solche Förderung ist aber immer an bestimmte Bedingungen und an einen bestimmten Zeitraum gebunden und hängt von der politischen Ausgangssituation ab, weshalb die Bewilligung ungewiss ist

und in dieser allgemeinen Berechnung nicht berücksichtigt wurde. Durch eine Förderung könnten höhere Nettoeinsparungen und Kapitalwerte und dadurch kürzere Amortisationszeiten generiert werden, weshalb das interkommunale Energiemanagement in der Realität sehr wahrscheinlich noch wirtschaftlicher wäre als hier dargestellt.

Eine weitere Vereinfachung, die für die Berechnung getroffen wurde, ist, dass die Energiepreissteigerungen pro Energieträger jeweils nur in Höhe der Inflationsrate von 2 %/a berücksichtigt wurden und nicht mit individuellen Preissteigerungsfaktoren für jede Energiequelle gerechnet wurde. Der Grund hierfür ist, dass bei der Datenerfassung in den kommunalen Liegenschaften nur zum Teil Angaben zur Art der verwendeten Energieträger gemacht wurden, weshalb keine exakte Aussage über den Anstieg der konkreten Energiepreise für die vom interkommunalen Energiemanagement betroffenen Kommunen getroffen werden konnte. Auch hier kann davon ausgegangen werden, dass in der Realität vermutlich höhere Kapitalwerte erzeugt werden, da die Energiepreise stärker als hier angenommen steigen könnten.

Des Weiteren wurden in dieser Berechnung nur Einsparpotenziale aus nicht- bzw. geringinvestiven Maßnahmen berücksichtigt. Nicht einbezogen wurden mögliche Einsparungen, die auf Investitionen beruhen, wie beispielsweise die Umstellung auf LED-Straßenbeleuchtung oder die Durchführung von Gebäudesanierungen, wodurch insgesamt 20 % bis 25 % der Energiekosten eingespart werden könnten (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2013, S. 41). Diese zusätzlichen Investitionen hätten bei den Auszahlungen



einkalkuliert werden müssen, wofür jedoch die nötige Datengrundlage fehlte. Außerdem unterscheidet sich die energetische Ausgangssituation je nach Einzelfall, weshalb die Einsparpotenziale und die Wirtschaftlichkeit von investiven Maßnahmen in Abhängigkeit vom Einzelfall berechnet werden müssen.

### 2.2.2. Datengrundlage

Zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit des Energiemanagements wurden die Einzahlungen und Auszahlungen des Projektes, ein Kalkulationszinssatz sowie eine festgelegte Laufzeit benötigt.

Als **Einzahlungen** wurden in dieser Rechnung die Einsparungen der Energiekosten durch das Energiemanagement in Euro pro Jahr (€/a) betrachtet, da ein Energiemanagement keine direkten Einzahlungen generiert, sondern durch eine Reduzierung der Energiekosten für finanzielle Vorteile sorgt. Die Einsparungen der Energiekosten in €/a wurden durch Multiplikation der bis zum Berechnungsjahr kumulierten prozentualen, jährlichen Energiekosteneinsparungen mit den potenziellen Energiekosten dieses Jahres ohne Energiemanagement berechnet. Dabei wurde davon ausgegangen, dass die in einem Jahr zusätzlich generierten Einsparungen in der Regel in den Folgejahren beibehalten werden. So werden z. B. bei einer Verbesserung der Einstellungen einer Heizungsanlage nicht nur in dem jeweiligen Jahr, in dem die Maßnahme durchgeführt wird, Energiekosten eingespart, sondern auch in den darauffolgenden Jahren, wenn durch eine kontinuierliche Überwachung der Anlagen durch die Hausmeister sichergestellt wird, dass das erreichte Einsparniveau gehalten wird. Eine Ausnahme

bilden dabei Einsparungen, die auf geänderter Nutzerverhalten beruhen, denn diese wiederholen sich nur bei erneuten Bemühungen zu energiesparendem Verhalten. Dieser Sonderfall wurde entsprechend in der Berechnung berücksichtigt.

Die konkreten Einsparungen sind von den durchgeführten Maßnahmen abhängig. Durch regelmäßiges Energiecontrolling können laut Bayerischem Landesamt für Umwelt bereits bis zu 10 % der jährlichen Energiekosten eingespart werden (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2013, S. 40). Die Energieagentur Niedersachsen prognostiziert durch nicht- bzw. geringinvestive Maßnahmen sogar ein Einsparpotenzial von bis zu 20 % der jährlichen Energiekosten durch kommunales Energiemanagement (Energieagentur Niedersachsen, 2019).

**Die potenziellen Einsparungen schwanken von 10 % bis 20 % der jährlichen Energiekosten, was im konkreten Fall der betrachteten Verbandsgemeinden Birkenfeld, Rhaunen, Baumholder und der Stadt Idar-Oberstein langfristig eine jährliche Einsparung von 145.900 €/a bis 291.800 €/a durch ein interkommunales Energiemanagement bedeuten würde.**

Grundlage für die Berechnung der Kosteneinsparungen waren von diesen vier Kommunen zur Verfügung gestellte Datensätze zu Stromverbrauch, Stromkosten, Wärmebedarf und Heizkosten aller zu berücksichtigenden öffentlichen Liegenschaften. Die Datenerfassung erfolgte vor der Gründung der Verbandsgemeinde Herrstein-Rhaunen, weshalb die beiden Verbandsgemeinden in dieser Studie noch als getrennt betrachtet wurden. Zur Berechnung des

interkommunalen Gesamtenergieverbrauchs und der Gesamtenergiekosten wurden jeweils die aktuellsten, witterungsbereinigten Angaben zu Energieverbrauch und Energiekosten der Kommunen verwendet. Je nach Verbandsgemeinde stammen die verwendeten Daten aus den Jahren 2014 bis 2017. Um die Energiekosten für Werke und Straßenbeleuchtung miteinzubeziehen, waren nicht hinreichend Daten vorhanden. Eine Ausweitung der Betrachtung auf alle vom Energiemanagement betroffenen Energieverbraucher würde allerdings noch zusätzliche Einsparmöglichkeiten aufdecken.

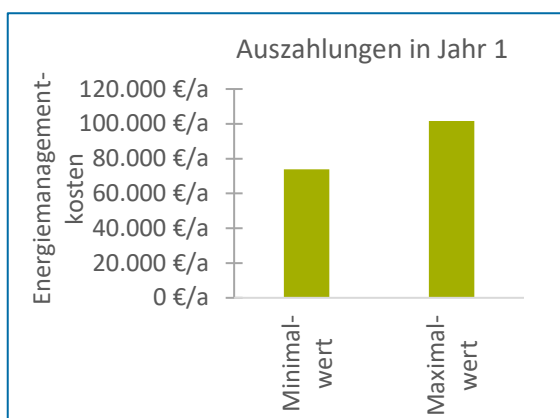
Die durch das Energiemanagement verursachten **Auszahlungen** umfassen die Energiemanagementkosten, also die Personalkosten und die Softwarekosten, sowie die Anfangsinvestition in die Software. Die Einführung eines interkommunalen Energiemanagements erfordert die Klärung und Festlegung von Zuständigkeiten. Da in der Nationalparkregion in diesem Bereich bisher keine vergleichbaren Stellen vorhanden sind, wird die Schaffung neuer Stellen im Bereich des interkommunalen Energiemanagements nötig sein. Um die entstehenden Personalkosten abschätzen zu können, musste zunächst der Personalbedarf definiert werden. Die Energieagentur Niedersachsen empfiehlt, bei einer Einwohnerzahl von maximal 50.000 Einwohnern eine halbe Personalstelle nicht zu unterschreiten, um dem Aufwand im Energiemanagement gerecht werden zu können (Energieagentur Niedersachsen, 2019). Auf die Nationalparkregion bezogen bedeutet dies bei interkommunaler Betrachtung der Verbandsgemeinden Birkenfeld, Rhaunen, Baumholder und der Stadt Idar-Oberstein, die insgesamt 65.164 Einwohner (Statistisches Landesamt

Rheinland-Pfalz, 2018) umfassen, dass ein Energiemanager in Vollzeit für das interkommunale Energiemanagement eingestellt werden sollte. Das Gehalt eines Energiemanagers in Vollzeit hängt von der jeweiligen Einstufung in eine Gehaltsgruppe im öffentlichen Dienst ab, wobei in diesem Fall von Entgeltgruppe E10 oder E11 TVÖD und Stufe 2 ausgegangen werden kann. Zur Berechnung der Personalkosten wurde mithilfe von Gehaltstabellen des Landesamtes für Finanzen Rheinland-Pfalz das Gehalt des Energiemanagers ermittelt (Landesamt für Finanzen Rheinland-Pfalz, 2020). Zur Berücksichtigung von Lohnnebenkosten, beispielsweise Verwaltungsgemeinkosten sowie Kosten für Büro und Büroausstattung, wurde ein zusätzlicher Kostenfaktor von 1,3 bis 1,6 in die Personalkosten miteingerechnet. Dieser Kostenfaktor wurde bewusst höher angesetzt als in konservativen Betrachtungen, um einen Sicherheitszuschlag bei der Berechnung der Auszahlungen zu erzeugen. Ein realistischerer Kostenfaktor von 1,2 würde die Wirtschaftlichkeit folglich erhöhen. Die Gründung einer neuen Arbeitsgruppe mit regelmäßigen Treffen wird nicht erforderlich sein, da auf das bereits bestehende IkoNE zurückgegriffen werden kann, wodurch zusätzlich zum Energiemanager keine weiteren personellen Ressourcen benötigt werden.

Neben den Personalkosten wurden in der Wirtschaftlichkeitsberechnung die Auszahlungen für die benötigte Energiemanagementsoftware berücksichtigt, die zur Optimierung der Bestandsaufnahme der kommunalen Liegenschaften und der Erfassung ihrer jeweiligen Energieverbräuche dient. Die Softwarekosten bestehen aus der Investition für den Erwerb der Lizenz sowie aus

monatlichen Gebühren und hängen vom Anbieter, den konkreten Anforderungen und der Nutzungsdauer ab, welche wiederum von der Beschäftigungsdauer des Energiemanagers abhängt. Zur Berechnung der Softwarekosten wurde auf eine Marktanalyse des Klimaschutzmanagements der VG Birkenfeld zurückgegriffen, bei der drei mögliche Softwareanbieter zur Auswahl standen. Software 1 und 2 sind nur als Einzellizenz für jede Kommune verfügbar, während Softwareangebot 3 zusätzlich auch die Möglichkeit „Dienstleister“ beinhaltet. Bei dieser Variante muss nicht jede Kommune eine eigene Lizenz kaufen, sondern eine übergeordnete Institution kann eine Sammellizenz zur Verwaltung der Energiedaten aller beteiligten Kommunen erwerben.

**Die unterschiedlichen Angaben zu Gehalt, Lohnnebenkosten und die Unterscheidung zwischen den Softwarealternativen verursachen eine Schwankungsbreite der Auszahlungen von ca. 30.000 €/a (vgl. Abbildung 2).**



Der Minimalwert gibt die Höhe der Auszah-

Abbildung 2: Minimalwert und Maximalwert der Energiemanagementkosten in Jahr 1

lungen unter den günstigsten finanziellen Bedingungen an, d. h. eine Einstufung des

Energiemanagers in Klasse E10 TVÖD mit Lohnnebenkostenfaktor 1,3 und die Variante Software 3 „Dienstleister“. Der Maximalwert hingegen gibt die Höhe der Auszahlungen unter den ungünstigsten finanziellen Bedingungen an, bei einem Energiemanager mit Gehaltsklasse E11 TVÖD und Lohnnebenkostenfaktor 1,6 sowie Software 1 mit Einzellizenz.

**Der Schwankungsbetrag von 30.000 €/a entspricht etwa 2 % der jährlichen Energiekosten.**

Dementsprechend müsste der Energiemanager im schlimmsten Fall, wenn von dem Minimalwert ausgegangen wurde und tatsächlich der Maximalwert an Energiemanagementkosten und Softwareinvestition angefallen wäre, in einem Jahr zusätzliche 2 % der jährlichen Energiekosten einsparen, damit die Rechnung wieder ausgeglichen wäre. Im Vergleich zur Gefahr durch die potentiellen Schwankungen der Einsparungen von 10 % bis 20 % der jährlichen Energiekosten ist das Risiko durch Schwankungen der möglichen Auszahlungen für das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsberechnung folglich eher gering.

Nach Rückfrage bei der Volksbank Hunsrück-Nahe im März 2019 wurde als für die Kapitalbeschaffung zu zahlender **Zinssatz** 1 %/a angenommen. Aufgrund des niedrigen Zinssatzes haben die Fremdkapitalkosten in dieser Betrachtung eine eher geringe Auswirkung auf das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsberechnung.

Bei zu kurzer **Betrachtungszeit** für die Berechnung besteht das Risiko, dass die getroffenen Maßnahmen im Betrachtungszeitraum noch nicht zu ihrem vollständigen

Einsparpotenzial führen, was sich negativ auf Kapitalwert und Amortisationszeit auswirkt. Je länger der Betrachtungszeitraum gewählt wird, desto höher ist der errechnete Kapitalwert, da die kumulierten Einsparungen mit jedem Jahr zunehmen. Die Betrachtungszeit dieser Berechnung wurde auf zehn Jahre festgelegt, da davon ausgegangen werden kann, dass in diesem Zeitraum das Einsparpotenzial durch nicht- bzw. geringinvestive Maßnahmen vollständig ausgeschöpft werden kann und folglich auch eine Verlängerung des Betrachtungszeitraums nichts an der Amortisationszeit ändern würde. Dadurch wurde von vornherein die Obergrenze der Amortisationszeit für eine absolute Wirtschaftlichkeit des Energiemanagements auf zehn Jahre festgelegt.

**Wenn der Kapitalwert innerhalb der ersten zehn Jahre positiv wird, hat das Energiemanagement insgesamt für mehr Einsparungen als Auszahlungen gesorgt und ist somit absolut wirtschaftlich.**

### 2.2.3. Bildung von Szenarien

Um verschiedene mögliche Zukunftsentwicklungen bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung des Energiemanagements zu berücksichtigen, wurden zwei Szenarien gebildet, wobei in Szenario 1 „Worst Case“ jeweils von den schlechtesten Bedingungen und in Szenario 2 „Best Case“ von den besten Bedingungen für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit ausgegangen wurde. Dies ermöglichte die Berechnung eines Intervalls, in dem sich die zu erwartenden Nettoeinsparungen, der Kapitalwert und die Amortisationszeit mit großer Wahrscheinlichkeit befinden werden. Eine Übersicht über die Berechnungsparameter der

Wirtschaftlichkeitsberechnung in den beiden Szenarien liefert Tabelle 1. Neben diesen festgelegten Berechnungsparametern unterscheiden sich die beiden Szenarien auch beim Verlauf des Energiemanagementprozesses. Je nach Szenario wurde von einer unterschiedlich langen Anlaufphase und von unterschiedlich hohen jährlichen Energiekosteneinsparungen ausgegangen.

Tabelle 1: Einflussfaktoren und Kennwerte der Wirtschaftlichkeitsberechnung in den beiden Szenarien

Einflussfaktoren und Kennwerte	Worst Case	Best Case
<b>Gehalt Energiemanager</b>	E11 TVöD	E10 TVöD
<b>Beschäftigungsverhältnis</b>	Vollzeit, unbefristet	Vollzeit, unbefristet
<b>Lohnnebenkostenfaktor</b>	1,6	1,3
<b>Jährliche Gehaltserhöhung</b>	3 %/a	2 %/a
<b>Softwaremodell</b>	Software 1, Einzellizenz	Software 3, Dienstleister
<b>Inflationsrate</b>	2 %/a	2 %/a
<b>Einsparpotenzial</b>	10 %/a nach 7 a	20 %/a nach 6 a
<b>Auszahlungen</b>	maximal	minimal
<b>Nettoeinsparung</b>	minimal	maximal
<b>Kapitalwert</b>	minimal	maximal
<b>Amortisationszeit</b>	maximal	minimal

In Szenario 1 „Worst Case“ wird dabei nach sieben Jahren ein kumuliertes Einsparpotenzial von 10 %/a erreicht, während in Szenario 2 „Best Case“ bereits ab dem sechsten Jahr mit einer Kosteneinsparung in Höhe von 20 %/a im Vergleich zu den jährlichen Energiekosten ohne Energiemanagement gerechnet wird. Die ersten Einsparungen

werden durch Aufklärung von Fehlern bei den Energiekostenabrechnungen generiert. Das Klimaschutzmanagement der VG Birkenfeld konnte beispielsweise drei Monate nach Beginn der Aufstellung der Verbräuche der einzelnen Liegenschaften einen auffällig hohen Wert bei der Realschule Plus identifizieren, der auf eine fehlerhafte Abrechnung zurückzuführen war. Durch die Korrektur dieses Fehlers spart die VG Birkenfeld nun jährlich ca. 20.000 €, was 6 % der jährlichen Energiekosten entspricht. Der Wert diente in dieser Arbeit als Referenzwert.

Im weiteren Verlauf können ungewöhnlich hohe Energieverbräuche, beispielsweise durch Schulungen der Hausmeister und die Korrektur von Einstellungen an den Heizungsanlagen, reduziert und somit weitere Kosten eingespart werden. Vorgesehen ist außerdem eine Kooperation mit Schulen

und Kitas, die durch eine Sensibilisierung für energiesparendes Verhalten zu zusätzlichen Einsparungen führen soll. Um das bestehende Niveau zu halten, sollen Energiebeauftragte in den Einrichtungen bestimmt und das Engagement der Einrichtungen entsprechend gewürdigt werden. Weitere Einsparpotenziale ergeben sich durch eine Ausweitung des Energiesparprogramms auf weitere Liegenschaften und durch weitere nicht- bzw. geringinvestive Maßnahmen zur energetischen Optimierung der Gebäude. Der den einzelnen Szenarien zugrunde gelegte konkrete Verlauf des Energiemanagementprozesses ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Verlauf der beiden Szenarien

Szenario 1 „Worst Case“		Szenario 2 „Best Case“
<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse der Ist-Situation</li> <li>Kennenlernen vorherrschender Strukturen</li> </ul>	Jahr 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sammlung bereits erfasster Daten der Kommunen und Vervollständigung der Energiedatenerfassung</li> <li>Aufklärung fehlerhafter Abrechnungen → <b>6 %/a Energiekosteneinsparung</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Grundlagen der Energiedatenerfassung (noch keine Kosteneinsparung)</li> </ul>	Jahr 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduzierung hoher Verbrauchswerte durch Einstellungen an Heizungsanlagen</li> <li>Schulung der Hausmeister</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Energiedatenerfassung vollständig</li> <li>erste Auffälligkeiten bei Abrechnungen</li> </ul>	Jahr 3	→ <b>weitere 10 %/a Energiekosteneinsparung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>erste Einsparungen nach Startphase (Aufklärung falscher Abrechnungen)</li> </ul>	Jahr 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kooperation mit Schulen und Kitas zu energiesparendem Verhalten</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduzierung hoher Verbrauchswerte durch Einstellungen an Heizungsanlagen</li> <li>Start der Kooperation mit Schulen</li> </ul>	Jahr 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ausweitung des Energiesparprogramms auf weitere Liegenschaften</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Energieeinsparungen Schulen</li> <li>Ausweitung des Projekts auf Kitas</li> </ul>	Jahr 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>kleine Maßnahmen zur energetischen Optimierung der Gebäude</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>→ <b>weitere 1 %/a Energiekosteneinsparung durch Kitas</b></li> </ul>	Jahr 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ <b>weitere 1 %/a Energiekosteneinsparung</b></li> <li><b>20 %/a Energiekosteneinsparung</b> im Vergleich zu Energiekosten ohne Energiemanagement gehalten</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>10 %/a Energiekosteneinsparung</b> im Vergleich zu Energiekosten ohne Energiemanagement gehalten</li> </ul>	Jahr 8 - Jahr 10	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>20 %/a Energiekosteneinsparung</b> im Vergleich zu Energiekosten ohne Energiemanagement gehalten</li> </ul>



### 2.3. Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Mithilfe der in Kapitel 2.2 beschriebenen Kapitalwertmethode und den festgelegten und ermittelten Berechnungsparametern wurden die Nettoeinsparung, der Kapitalwert und die dynamische Amortisationszeit der gebildeten Szenarien berechnet. Dabei wurde zunächst die absolute Wirtschaftlichkeit der beiden Szenarien bei einem Betrachtungszeitraum von zehn Jahren ermittelt und anschließend der Einfluss des Beschäftigungsverhältnisses des Energiemanagers durch Betrachtung der relativen Wirtschaftlichkeit beurteilt.

#### 2.3.1. Absolute Wirtschaftlichkeit

In Szenario 1 „Worst Case“ kann durch das Energiemanagement innerhalb der zehn Jahre maximal eine jährliche Kosteneinsparung von 10 %/a erreicht werden, im Vergleich zu den Kosten, die sich ohne Energiemanagement ergeben hätten. Dies entspricht dem niedrigsten realistischen Einsparpotenzial und wird dem „Worst Case“-Szenario gerecht. Die jährlichen

Auszahlungen sind zunächst höher als die Einsparungen durch das Energiemanagement. Erste Einsparungen werden im vierten Jahr generiert, die Auszahlungen dieses Jahres sind betragsmäßig aber noch höher. Ab dem fünften Jahr übersteigen die zunehmenden jährlichen Einsparungen die jährlichen Auszahlungen, wodurch die Nettoeinsparungen steigen. Da das Einsparpotenzial durch nicht- bzw. geringinvestive Maßnahmen ab dem achten Jahr ausgeschöpft ist, werden von diesem Jahr an keine zusätzlichen Einsparungen mehr generiert, sodass das in Jahr sieben erreichte Niveau der jährlichen Kosteneinsparung von 10 %/a bis zum Ende der Betrachtungszeit gehalten wird. Die Investition in das Energiemanagement amortisiert sich in diesem Fall allerdings erst nach zwölf Jahren, weshalb dieses Szenario bei einer Betrachtungsgrenze von zehn Jahren mit einem Kapitalwert von -96.339 € nicht absolut wirtschaftlich ist. Nach zwölf Jahren sparen die Kommunen allerdings jedes Jahr im Vergleich zu den Kosten, die sie ohne Energiemanagement gehabt hätten. Dabei kann der

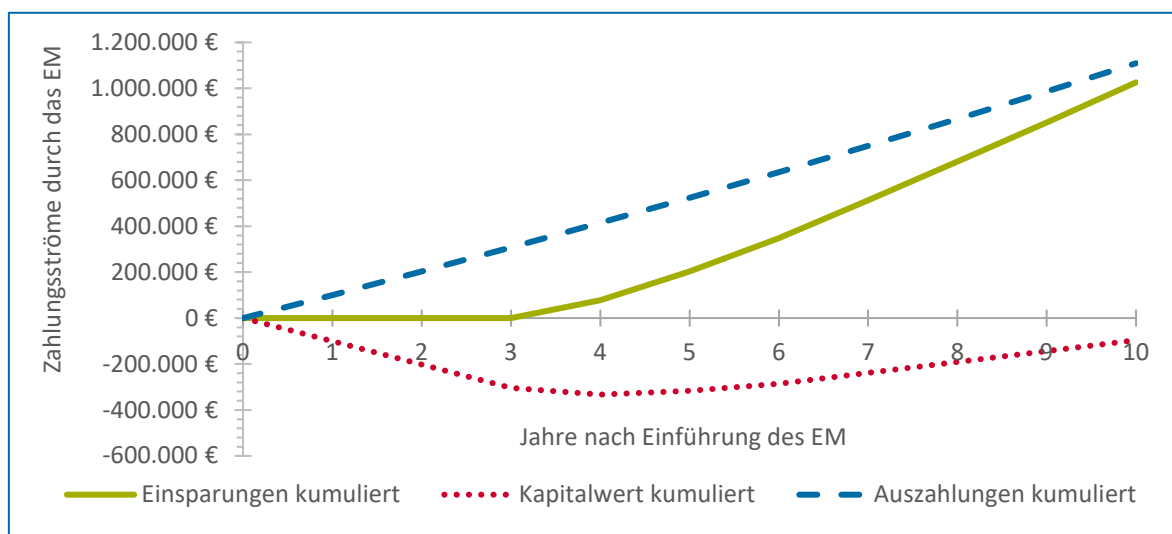


Abbildung 3: Entwicklung Zahlungsströme durch Energiemanagement (EM) in Szenario 1 „Worst Case“

Energiemanager unbefristet weiterarbeiten und die Kommunen sparen trotzdem, da sie ohne Energiemanagement höhere Kosten gehabt hätten, solange mindestens das vorliegende Niveau gehalten wird. Die Entwicklung der Zahlungsströme in Szenario 1 ist in Abbildung 3 dargestellt.

Szenario 2 führt im Betrachtungszeitraum von zehn Jahren zu einer Einsparung von insgesamt 20 %/a der jährlichen Energiekosten im Vergleich zu den Energiekosten des entsprechenden Jahres ohne Energiemanagement und wird mit dieser optimistischen Schätzung dem „Best Case“ gerecht. Bereits im ersten Jahr können höhere Einsparungen als Auszahlungen generiert werden, wodurch sich die Investition in das Energiemanagement bereits nach einem Jahr amortisiert und die Kommunen im ersten Jahr bereits ca. 14.000 € sparen. Szenario 2 ist absolut wirtschaftlich. Ab dem dritten Jahr sind die kumulierten Einsparungen durch das Energiemanagement doppelt so hoch wie die kumulierten Auszahlungen. In den folgenden Jahren nehmen die

Einsparungen deutlich stärker zu als die Auszahlungen, die durch das Energiemanagement verursacht werden. Ab dem sechsten Jahr werden jedes Jahr 20 %/a der jährlichen Energiekosten eingespart. Auf diese Weise verfügen die Kommunen nach zehn Jahren insgesamt über einen Kapitalwert von knapp 2 Millionen €. Durch die unbefristete Einstellung des Energiemanagers wird sichergestellt, dass das erreichte Einsparniveau gehalten wird und die Kommunen weiterhin sparen, da sie ohne Energiemanagement deutlich höhere Kosten gehabt hätten. Die finanziellen Auswirkungen des Energiemanagements in Szenario 2 sind in Abbildung 4 dargestellt.

**Solange die Einsparung der Energiekosten in €/a größer ist als die Energiemanagementkosten des Jahres, steigt die Nettoeinsparung und somit der Kapitalwert, da positive, jährliche Rückflüsse erzeugt werden.**

Das Energiemanagement hat sich amortisiert, wenn der Kapitalwert positiv wird. Zur Amortisation reicht es aus, wenn einmal ein

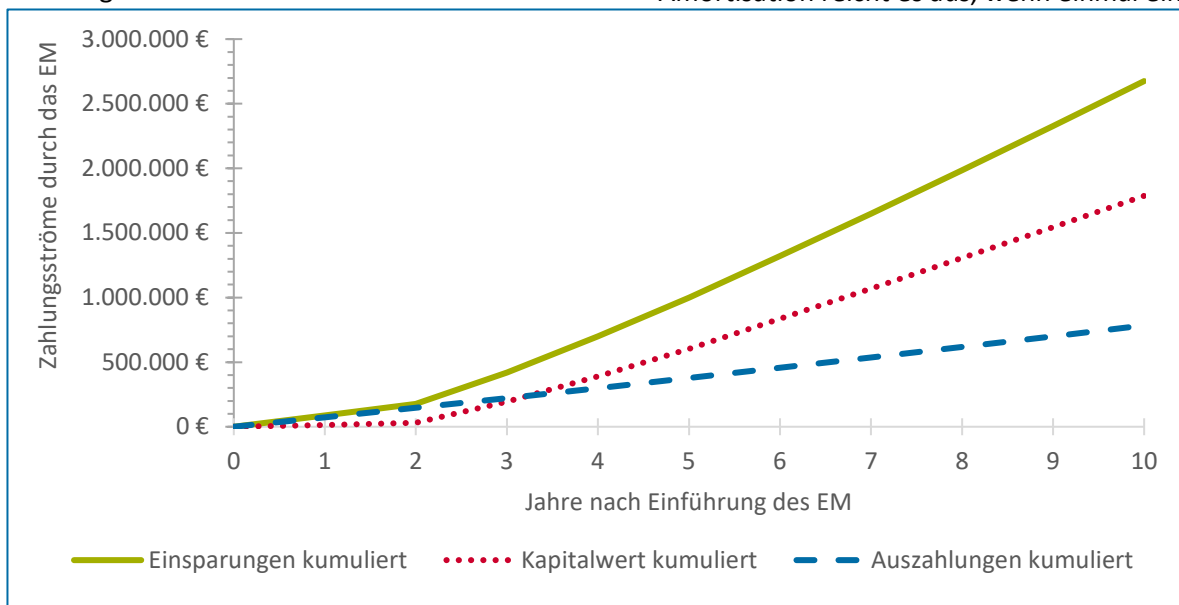


Abbildung 4: Entwicklung Zahlungsströme durch Energiemanagement (EM) in Szenario 2 „Best Case“

sich jährlich wiederholender Überschuss generiert wird. Grund dafür ist, dass sich in dieser Betrachtung die prozentuale Einsparung in Bezug auf die Energiekosten des Jahres ohne Energiemanagement jedes Jahr wiederholt und es deshalb nur eine Frage der Zeit ist, wann der Kapitalwert positiv wird. Zusammenfassend werden in Tabelle 3 die berechneten Kapitalwerte und Amortisationszeiten der beiden Szenarien gegenübergestellt.

Tabelle 3: Kapitalwerte und Amortisationszeiten der beiden Szenarien

Kapitalwert kumuliert		
Jahr	Worst Case	Best Case
1	-100.241 €	14.476 €
2	-201.659 €	29.426 €
3	-304.285 €	193.658 €
4	-333.012 €	389.896 €
5	-316.736 €	603.574 €
6	-285.237 €	835.012 €
7	-238.232 €	1.069.056 €
8	-191.068 €	1.305.729 €
9	-143.763 €	1.545.053 €
10	-96.339 €	1.787.052 €
Amortisationszeit	12 a	1 a

Ursache für die großen Differenzen der Kennwerte der Szenarien sind die berücksichtigten Unsicherheiten bei der Schätzung der zukünftigen Einsparungen und Auszahlungen. Dabei kann festgestellt werden, dass sich eine Veränderung der Einsparungen innerhalb des angenommenen Intervalls stärker auf die Wirtschaftlichkeit des Energiemanagements auswirkt als eine Veränderung der Auszahlungen, da die Schwankung der Einsparungen auf 10 % der jährlichen Energiekosten geschätzt wird und

somit höher ist als die auf 2 % der jährlichen Energiekosten geschätzte Schwankung der Auszahlungen. Folglich ist das zu erwartende finanzielle Risiko durch Schwankungen der Einsparungen höher als das durch Schwankungen der Auszahlungen.

**Deshalb sollte der Fokus bei der Umsetzung des Energiemanagements auf eine Optimierung der Einsparungen gelegt werden, z. B. durch die Wahl der leistungsfähigsten Software und eine bestmögliche Qualifikation der Mitarbeiter, da sich dies finanziell stärker auswirkt als eine Optimierung der Auszahlungen.**

### 2.3.2. Chancen und Risiken einer befristeten Einstellung des Energiemanagers

Wie bereits in 2.3.1 dargestellt, ist das interkommunale Energiemanagement bei einer unbefristeten Einstellung des Energiemanagers in Szenario 2 „Best Case“ im Betrachtungszeitraum von zehn Jahren absolut wirtschaftlich und liefert einen Kapitalwert von 1.787.052 €. In Szenario 1 „Worst Case“ muss nach zehn Jahren zwar noch mit einem Verlust von 96.339 € gerechnet werden. Nach zwölf Jahren hat sich das Energiemanagement bei unbefristeter Einstellung des Energiemanagers in diesem Szenario aber ebenfalls amortisiert.

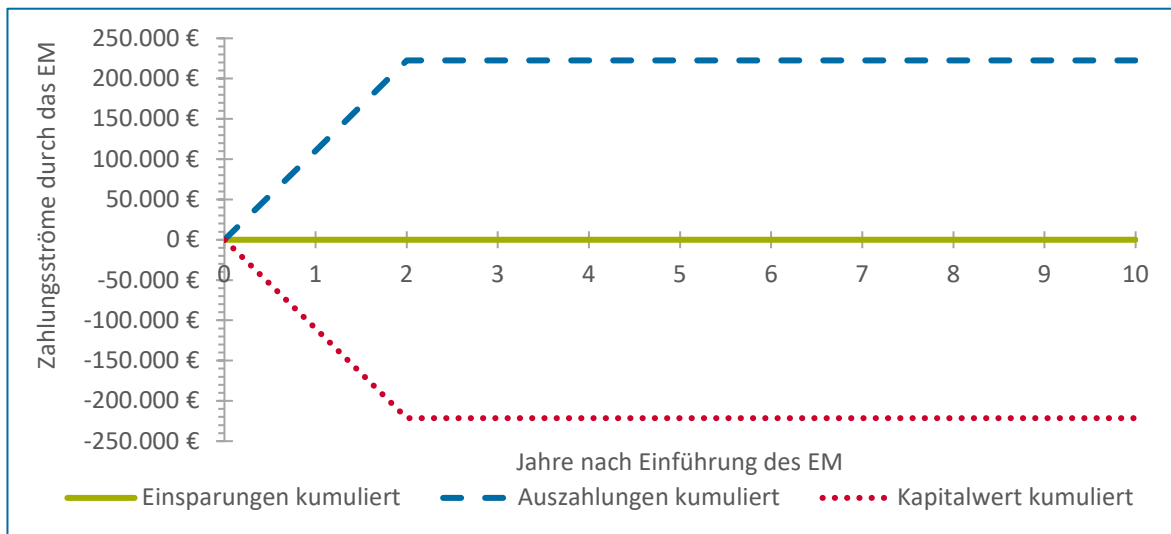


Abbildung 5: Zahlungsströme durch das Energiemanagement (EM) in Szenario 1 „Worst Case“ im Fall 1 „Befristete Einstellung des Energiemanagers für zwei Jahre“

Durch eine befristete Beschäftigung des Energiemanagers für zwei Jahre (Fall 1) oder fünf Jahre (Fall 2) kann Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Szenarien genommen werden. Zur Ermittlung des finanziell optimalen Beschäftigungsverhältnisses des Energiemanagers wurde die relative Wirtschaftlichkeit dieser beiden Fälle in beiden Szenarien nach zehn Jahren untersucht.

In Szenario 1 „Worst Case“ kann der Energiemanager bei einer Befristung auf zwei Jahre nur in den ersten beiden Jahren nach Einführung des Energiemanagements für Einsparungen sorgen. Da sich das Energiemanagement in diesem Szenario in den ersten drei Jahren aber noch in der Aufbauphase befindet, können nur die Grundlagen für spätere Einsparungen geschaffen werden. Zwar entfallen die Auszahlungen ab dem dritten Jahr, doch aufgrund fehlender Einsparungen erwirtschaften die Kommunen insgesamt einen negativen Kapitalwert, also einen Verlust von 221.451 €, weshalb sich das Energiemanagement nicht

amortisieren kann (vgl. Abbildung 5). Erst ab einer Beschäftigungsdauer von mindestens drei Jahren kann der Energiemanager in diesem Szenario für Einsparungen sorgen, weshalb das Energiemanagement bei einer Unterschreitung dieser Beschäftigungsdauer nicht wirtschaftlich werden kann.

Bei einer befristeten Einstellung des Energiemanagers für fünf Jahre können im „Worst Case“-Szenario im vierten Jahr bereits 5 %/a und ab dem fünften Jahr 8 %/a der jährlichen Energiekosten eingespart werden. Nach dem fünften Jahr entfallen die Auszahlungen, während in dieser Berechnung angenommen wird, dass die jährlichen Einsparungen von 8 %/a der Energiekosten ohne erneuten Aufwand gehalten werden können. Das Energiemanagement amortisiert sich in diesem Fall bis zum achten Jahr. Nach zehn Jahren haben die Kommunen einen Kapitalwert von 291.195 € erwirtschaftet, also abzüglich der Auszahlungen für das Energiemanagement insgesamt 291.195 € gespart (vgl. Abbildung 6).

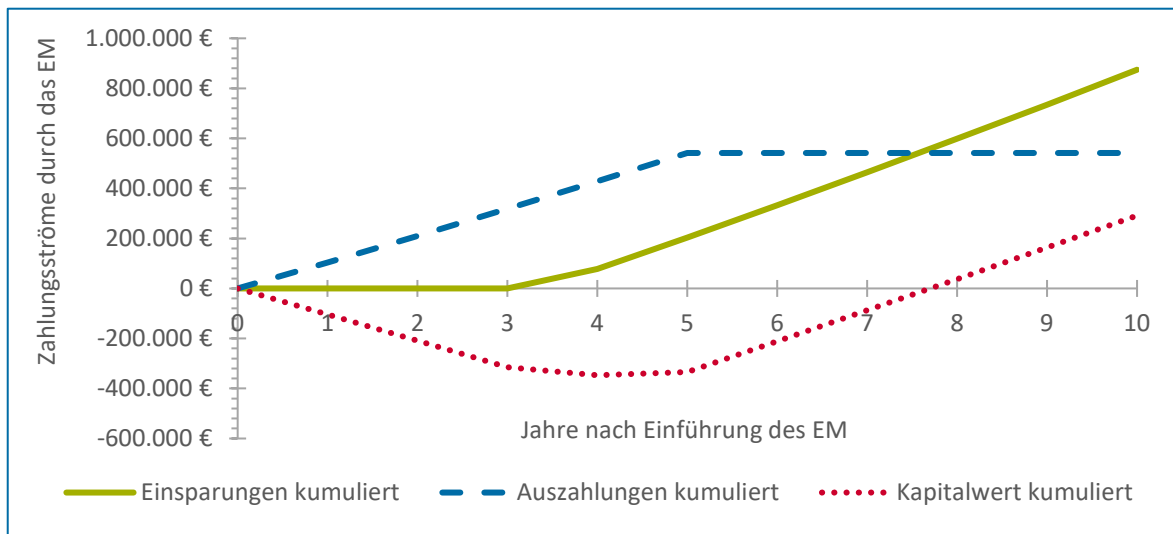


Abbildung 6: Zahlungsströme durch das Energiemanagement (EM) in Szenario 1 „Worst Case“ im Fall 2 „Befristete Einstellung des Energiemanagers für fünf Jahre“

In Szenario 2 „Best Case“ bewirkt eine befristete Einstellung des Energiemanagers für zwei Jahre, dass in dieser Zeit insgesamt eine Einsparung von 16 %/a der jährlichen Energiekosten erreicht werden kann. Konkret werden ab dem ersten Jahr 6 %/a gespart und im zweiten Jahr die Voraussetzungen für die hinzukommende jährliche Einsparung von 10 %/a im dritten Jahr

geschaffen. Die Auszahlungen entfallen nach dem zweiten Jahr, während davon ausgegangen wird, dass die jährlichen Einsparungen von 16 %/a beibehalten werden. Auf diese Weise haben die Kommunen nach zehn Jahren einen Kapitalwert von 1.990.414 € erwirtschaftet (vgl. Abbildung 7).

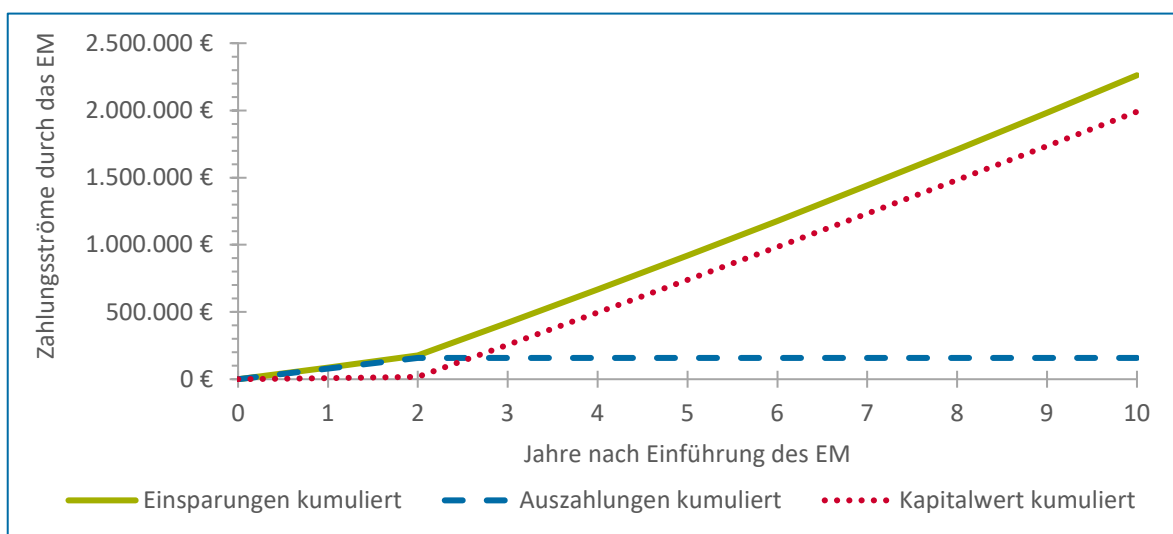


Abbildung 7: Zahlungsströme durch das Energiemanagement (EM) in Szenario 2 „Best Case“ im Fall 1 „Befristete Einstellung des Energiemanagers für zwei Jahre“



Durch eine Befristung der Beschäftigung des Energiemanagers auf fünf Jahre kann in Szenario 2 „Best Case“ nach fünf Jahren eine jährliche Energiekosteneinsparung von 19 %/a im Vergleich zu den Kosten ohne Energiemanagement erreicht werden. 3 %/a der Einsparungen sind jedoch zurückzuführen auf besonders energiesparendes Nutzerverhalten, welches durch das Programm des Energiemanagers gefördert wurde und somit nach dem fünften Jahr entfällt. Auch die Auszahlungen entfallen nach dem fünften Jahr. Ein Jahr nach der Entlassung des Energiemanagers hält das vorbildliche Nutzerverhalten noch an, doch im Laufe der folgenden Jahre nimmt das Einsparpotenzial pro Jahr um 1 % ab, bis wieder ein konstantes Einsparniveau von 16 %/a erreicht ist. In dieser Berechnung wurde angenommen, dass dieses Niveau langfristig gehalten werden kann, ohne dass dadurch ein zusätzlicher Aufwand entsteht. Unter dieser Annahme können die Kommunen nach zehn Jahren einen Kapitalwert von 1.937.097 € erwirtschaften (vgl. Abbildung 8). Eine Übersicht der Ergebnisse ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Einfluss des Beschäftigungsverhältnisses des Energiemanagers auf den Kapitalwert nach zehn Jahren

Kapitalwert nach 10 Jahren	Worst Case	Best Case
1. Befristung 2 a	- 221.451 €	1.990.414 €
2. Befristung 5 a	291.195 €	1.937.097 €
3. unbefristet	- 96.339 €	1.787.052 €

Es gilt zu beachten, dass die Befristung auf zwei Jahre in Szenario 1 „Worst Case“ eine Amortisation des Energiemanagements verhindert, d. h., dieses Beschäftigungsverhältnis ist für die Kommunen zu riskant. Alle anderen Fälle führen langfristig zu einem finanziellen Vorteil für die Kommunen, d. h., der Kapitalwert wird langfristig positiv und es findet somit eine Amortisation des Energiemanagements statt.

Bei der Betrachtung einer befristeten Anstellung des Energiemanagers ist allerdings zu berücksichtigen, dass langfristige Entwicklungen nicht umgesetzt und Potenziale nicht ausgeschöpft werden könnten, da mit dem Beschäftigungsende weitere Energie- und Kosteneinsparungen nicht erfolgen

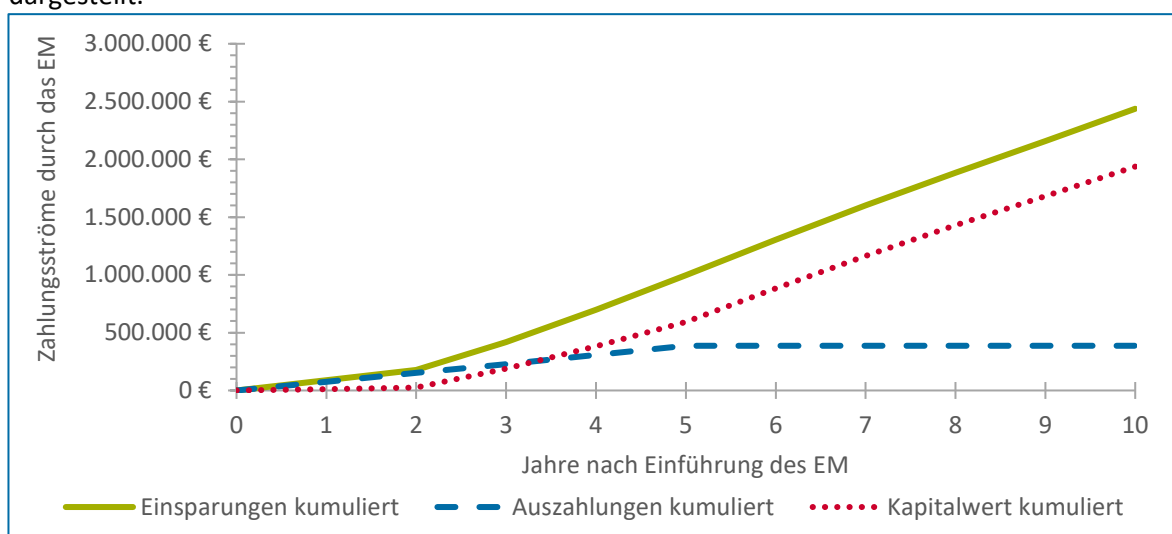


Abbildung 8: Zahlungsströme durch das Energiemanagement (EM) in Szenario 2 „Best Case“ im Fall 2 „Befristete Einstellung des Energiemanagers für fünf Jahre“

würden. Außerdem besteht das Risiko, dass das erreichte Einsparniveau, anders als in dieser Berechnung angenommen, in der Realität nach der Entlassung des Energiemanagers nicht gehalten werden kann, wodurch der langfristig erwartete Erfolg des Energiemanagements nicht gesichert ist.



**Somit lässt sich schlussfolgern, dass eine befristete Beschäftigungsdauer von fünf Jahren in diesem vereinfachten Berechnungsmodell zwar für die Kommunen finanziell am vorteilhaftesten erscheint, in der Realität aber für den langfristigen Erfolg des Energiemanagements ein zu hohes Risiko birgt. Die unbefristete Einstellung des Energiemanagers stellt eine sicherere Alternative dar und führt langfristig in beiden Szenarien zu einem positiven Kapitalwert.**

Dieses Ergebnis deckt sich mit den Ergebnissen aus Studien Dritter. Das Bayerische Landesamt für Umwelt hat beispielsweise festgestellt, dass sich ein kommunales Energiemanagement bei 99 % der Kommunen im Faktor 1:4, einschließlich Investitionskosten, rechnet (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2013, S. 35). Die Werte von Szenario 2 „Best Case“ liegen bei einem Verhältnis der kumulierten Auszahlungen zu kumulierten Einsparungen durch das Energiemanagement von etwa 1:3,6 bei einem Betrachtungszeitraum von zehn Jahren und einer unbefristeten Einstellung des Energiemanagers. Allerdings ist die Vergleichbarkeit der beiden Faktoren nur eingeschränkt möglich, da im Faktor 1:4 auch investive Maßnahmen inbegriffen sind, während bei dem Faktor 1:3,6 von der Umsetzung ausschließlich nicht- bzw. geringinvestiver

Maßnahmen ausgegangen wurde. Außerdem fehlt für die Vergleichbarkeit die Angabe des Zeitraums, auf den sich der Faktor 1:4 bezieht. Folglich ist es nicht möglich, eindeutig festzustellen, ob die berechneten Ergebnisse über oder unter den üblichen Werten liegen. Die Aussage, dass sich ein kommunales Energiemanagement wirtschaftlich umsetzen lässt, wird allerdings durch externe Quellen allgemein bestätigt.

#### 2.4. Diskussion und Ausblick

Durch nicht- bzw. geringinvestive Maßnahmen können ca. 10 % bis 20 % der jährlichen Energiekosten eingespart werden (Energieagentur Niedersachsen, 2019 und Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2013, S. 40). Bedingt durch unterschiedliche Angaben zu den Einsparpotenzialen in verschiedenen Quellen ist die Definition eines „Normal Case“, d. h. ein Szenario mit den am wahrscheinlichsten eintretenden Einsparungen, nicht möglich. Im Landratsamt Passau beispielsweise konnten durch nicht- und geringinvestive Maßnahmen die Energiekosten im ersten Jahr um 12 % gesenkt werden (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2013, S. 41), was sogar dem Doppelten des Einsparpotenzials des hier betrachteten Szenarios 2 „Best Case“ entspricht. Die Gemeinde Waltenhofen hingegen konnte durch nichtinvestive Maßnahmen ihre jährlichen Energiekosten lediglich um insgesamt 9 %/a senken (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2013, S. 40), was wiederum eher mit den Einsparungen von 10 %/a in Szenario 1 „Worst Case“ vergleichbar ist. Laut Erfahrungswerten schwanken die möglichen Einsparungen durch kommunales Energiemanagement stark, da sie immer von den jeweiligen Rahmenbedingungen in der

Realität abhängen. Um diese Unsicherheiten zu berücksichtigen, wurden in der Wirtschaftlichkeitsberechnung anstatt eines „Normal Case“ die beiden Szenarien „Worst Case“ und „Best Case“ betrachtet.

Die verschiedenen Angaben zu Einsparpotenzialen in wissenschaftlichen Publikationen verursachen insgesamt große Unsicherheiten bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung für ein kommunales Energiemanagement. Da die Berechnung, wie bereits in Kapitel 2.3.1 erwähnt, stark von den generierten Einsparungen beeinflusst wird, könnte die Genauigkeit der Berechnung durch weitere Studien zur wissenschaftlichen Ermittlung der Einsparpotenziale maßgeblich erhöht werden, indem Erfahrungswerte in einen wissenschaftlichen Kontext gebracht werden. Dabei muss stets zwischen Einsparpotenzialen durch Investitionen und Einsparpotenzialen durch nicht- und geringinvestive Maßnahmen unterschieden werden. Bei investiven Maßnahmen sind zusätzliche Angaben zur genauen Investition und ihrer Größenordnung erforderlich. Zudem erhöht eine Definition der Bezeichnung „geringinvestive Maßnahmen“ die Genauigkeit der kalkulierten Auszahlungen durch das Energiemanagement. Für die Vergleichbarkeit von Einsparungen ist es wichtig, stets kenntlich zu machen, ob es sich um die Einsparung in €/a oder um die Nettoeinsparung in €/a handelt. Letztere ist zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit deutlich aussagekräftiger, da bereits die durch das Energiemanagement verursachten Auszahlungen abgezogen wurden. Von besonderer Bedeutung für dynamische Investitionsrechenverfahren ist zudem die Angabe eines Zeitraums, in welchem das genannte Einsparpotenzial generiert werden kann.

Eine möglichst dem Einzelfall zutreffende Prognose der Einsparpotenziale wird erst durch die Untersuchung statistischer Zusammenhänge möglich. Durch die Identifikation von Korrelationen der Einsparpotenziale mit beispielsweise der Einwohnerzahl oder dem Wirkungsbereich des Energiemanagements würde die Genauigkeit der Wirtschaftlichkeitsberechnung des Energiemanagements im Einzelfall zunehmen. Durch weitere wissenschaftliche Forschungen, welche die genannten Aspekte berücksichtigen, wäre es möglich, die Schwankungsbreite der berechneten Kennwerte zu reduzieren und so relativ genau die zu erwartenden finanziellen Auswirkungen durch ein kommunales Energiemanagement zu ermitteln. Das würde auch die Berechnung des in dieser Ausarbeitung fehlenden „Normal Case“ ermöglichen.

## 2.5. Zusammenfassung

Die Berechnung der Wirtschaftlichkeit eines interkommunalen Energiemanagements der VG Birkenfeld, Rhaunen, Baumholder und Stadt Idar-Oberstein hat gezeigt, dass sich die Investition in das Projekt im besten Fall bereits im ersten Jahr amortisiert. Im Falle des „Worst Case“-Szenarios kann, außer bei einer befristeten Einstellung des Energiemanagers für zwei Jahre, allerdings ebenfalls ein positiver Kapitalwert erwirtschaftet werden, sodass in fast allen Fällen langfristig ein finanzieller Vorteil für die Kommunen entsteht. Generell hängt der finanzielle Erfolg des Energiemanagements stärker von den erreichten Einsparungen als von den Auszahlungen ab. Von einer befristeten Einstellung des Energiemanagers ist abzuraten, da dadurch der langfristige Erfolg des Energiemanagements gefährdet wird.

## 3. Zähler- und Energiedatenanalyse als Grundlage für ein Smart Meter Rollout in den kommunalen Liegenschaften der Nationalparkregion Hunsrück-Hochwald

Ein effizientes Energiemanagement benötigt eine systematische Erfassung der Energieverbräuche. Um die Energiedatenerfassung in den kommunalen Liegenschaften der Nationalparkregion Hunsrück-Hochwald zu optimieren, ist der Einbau von intelligenten Messsystemen zur Strom- und Wärmeerfassung im Rahmen eines Pilotprojektes des IkoNE vorgesehen. In diesem Kontext wurde nun zunächst die aktuelle Zählerstruktur in den kommunalen Liegenschaften der Nationalparkregion erfasst und analysiert, um Aufwand und Kosten des geplanten Smart Meter Rollouts abschätzen zu können.

### 3.1. Technischer Hintergrund

Generell muss zwischen modernen Messeinrichtungen (digitale Stromzähler) und intelligenten Messsystemen (Smart Meter, siehe Abbildung 9) unterschieden werden. Smart Meter bestehen aus einem digitalen Energiezähler und einem Kommunikationsmodul, dem sogenannten Smart Meter Gateway (BSI, 2018). Sie können digitale Daten empfangen und speichern und senden in regelmäßigen kurzen Intervallen automatisch Messwerte an die Leitstelle (Verbraucherzentrale Bundesverband, 2019). Über das Kommunikationsmodul ist der intelligente Zähler in ein Kommunikations-

netz eingebunden. Ein wesentlicher Vorteil von Smart Metern gegenüber konventionellen Zählern ist, dass die Ursachen des Energieverbrauchs zeitnah identifiziert werden können, wodurch eventuelle Schwachstellen und Einsparmöglichkeiten sofort und nicht erst am Ende des Jahres erkannt werden können. Außerdem verfügt ein Smart Meter über ein Display, an dem die Verbraucher jederzeit die erfassten und übermittelten Daten einsehen können. Zur Fernkommunikation mit der Leitstelle verfügt das Gateway über eine WAN-Schnittstelle,



Abbildung 9: Smart Meter  
Alex Yeung - stock.adobe.com

wobei sowohl eine kabel- als auch eine funkgebundene Kommunikation möglich ist (BSI, 2018). Vorteil der Übertragung über das Mobilfunknetz ist, dass keine Kabel verlegt werden müssen. Allerdings können Kellerwände und Betondecken, die den Zähler umgeben, den Empfang des Funksignals

erheblich verschlechtern oder sogar komplett unterbinden. Hinzu kommt, dass in der Nationalparkregion die Mobilfunkabdeckung lückenhaft ist, was die Übertragung von Verbrauchsdaten über Mobilfunknetze erheblich erschwert und unsicher macht. Eine kabelgebundene Alternative ist die Anbindung des Smart Meters an die DSL-Leitung, d. h. eine Nutzung des Internetanschlusses des Gebäudes (Kitzler, 2013). Dies ist allerdings mit einem großen Mehraufwand verbunden, da viele kommunale Liegenschaften über keinen Internetanschluss in unmittelbarer Nähe des Energiezählers verfügen, weshalb zusätzliche Kabel verlegt werden müssten. Eine dritte aber momentan noch nicht verbreitete Methode ist die Übertragung über Schmalband-Powerline, d. h. die Nutzung der Nieder- und Mittelspannungsstromnetze zur Datenübertragung (Wolski, 2015). Allerdings nimmt die Datenqualität bei zu großen Distanzen zwischen den Leitstellen und den Messeinrichtungen ab, was in der ca. 1000 km<sup>2</sup> großen und mit 100 Einwohnern pro m<sup>2</sup> (Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz, 2018) eher dünn besiedelten Nationalparkregion Probleme verursachen könnte.

Aus den technischen Prinzipien der Datenübertragung ergeben sich einige Ansprüche an den Einbauort des Zählers, weshalb bei der Datenerfassung in den kommunalen Liegenschaften neben den Zählerdaten auch Angaben zum Einbauort des Zählers aufgenommen wurden, wie z. B. die Stärke des dortigen Handyempfangs und die Verfügbarkeit eines Internetanschlusses.

### 3.2. Datenerfassung

Die Erfassung der benötigten Zähler- und

Energiedaten erfolgte in enger Zusammenarbeit mit den Verbandsgemeindeverwaltungen der IkoNE-Gemeinden.

Zunächst wurden von den Verbandsgemeindeverwaltungen Auflistungen der kommunalen Liegenschaften zur Verfügung gestellt, um die Gebäude zu bestimmen, welche in jeder Verbandsgemeinde erfasst werden sollten. Dabei wurde der Fokus auf die verbandsgemeindeeigenen Liegenschaften gelegt, d. h., die Gebäude unter Ortsgemeindeverwaltung wurden, außer in Baumholder, aktuell noch nicht in die Betrachtung miteinbezogen. Außerdem wurde die Bruttogrundfläche der Gebäude benötigt, also die Summe der Grundflächen aller Stockwerke des Gebäudes, welche aus Grundrissen und Bauzeichnungen ermittelt werden konnte. Die Bruttogrundflächen dienten der Berechnung des flächenbezogenen Strom- und Wärmebedarfs der einzelnen Gebäude und werden später zur Dimensionierung bestimmter Bauteile der Smart-Meter benötigt. Die benötigten Energieverbrauchsdaten wurden ebenfalls von den Verbandsgemeinden zur Verfügung gestellt. Zum Teil existierten bereits detaillierte Auflistungen über die Verbräuche der letzten Jahre. In anderen Kommunen hingegen mussten die Verbrauchsdaten der Gebäude einzeln aus den Strom- und Wärmerechnungen der Abrechnungsperioden entnommen werden. Die von den Verbandsgemeinden zur Verfügung gestellten Daten sind zum Teil unvollständig und stammen aus unterschiedlichen Zeiträumen, was die Aussagekraft und die Vergleichbarkeit der Daten beeinträchtigt.

Anschließend erfolgten in Begleitung der Hausmeister Ortsbegehungen in den ausgewählten Liegenschaften, um die aktuelle



Zählerstruktur zu erfassen und zu überprüfen, ob die Voraussetzungen für den Betrieb von intelligenten Messsystemen erfüllt sind. Zu diesem Zweck wurde für jedes Gebäude ein Zählererfassungsblatt ausgefüllt, welches folgende Angaben enthält:

- Angaben zum Gebäude (Eigentum, Adresse, Ansprechpartner)
- Angaben zu den Stromzählern (Zählername und -nummer, Eichdatum, Zählerstand, Lokalität, Messstelle, Art des Zählers, Fernauslesung)
- Angaben zum Wärmeenergiezähler (falls vorhanden Zählernamen und -nummer, Eichdatum, Zählerstand, Lokalität, Messstelle, Art des Zählers, Heizmedium)
- Anmerkungen zum Installationsort der Zähler (Handyempfang, LAN, Sonstiges)

Besonderes Augenmerk lag auf der Erfassung der Zählerart und der Überprüfung, ob bereits eine Fernauslesung des Zählers stattfindet oder diese generell möglich wäre. Die Gegebenheiten vor Ort wurden durch Fotos von den Zählern und deren Installationsräumen dokumentiert.

Der aktuelle Erfassungsstand enthält noch Datenlücken. Die Erfassung der Verbandsgemeinden Baumholder und Rhaunen sowie der Stadt Idar-Oberstein ist vollständig. Die Durchführung der Studie erfolgte vor dem Zusammenschluss der Verbandsgemeinden Rhaunen und Herrstein, weshalb die beiden Kommunen hier noch einzeln betrachtet wurden.

### 3.3. Ergebnisse

Nach der Datenerfassung erfolgte die Auswertung der Zählererfassungsblätter, wobei der Fokus vor allem auf der Zählerstruktur in den kommunalen Liegenschaften sowie der Eignung der Gebäude zur Installation von intelligenten Messsystemen lag. Des Weiteren wurde der flächenbezogene Strom- und Wärmebedarf der Liegenschaften berechnet. Abschließend wurde ermittelt, welcher Anteil des Gesamtenergieverbrauchs der betrachteten Kommunen bereits bei einer Ausstattung von nur 50 % der absteigend nach Energieverbrauch geordneten Liegenschaften mit Smart Metern erfasst werden kann.

#### 3.3.1. Zählerstrukturanalyse

Aktuell liegen Zählerdaten aus den Verbandsgemeinden Hermeskeil, Rhaunen, Baumholder und der Stadt Idar-Oberstein vor. Insgesamt wurden in diesen vier Kommunen 116 Liegenschaften zur näheren Betrachtung ausgewählt, von denen bisher 88 Gebäude erfasst wurden. Dies entspricht einem erfassten Anteil von 78,8 % der Stromzähler. Die insgesamte Anzahl der vorhandenen Wärmezähler in diesen Liegenschaften ist noch unbekannt, allerdings wurde die Wärmeenergiemessung bisher für 85 Gebäuden dokumentiert.

Bezüglich der Struktur der Stromzähler konnte festgestellt werden, dass der klassische mechanische Ferraris-Zähler mit einem Anteil von ca. 57 % an den insgesamt erfassten Stromzählern aktuell immer noch am häufigsten verbreitet ist. Dieser mechanische Zähler ist nicht fernauslesbar, somit liefert er zu wenig auswertbare Informationen für ein effizientes Energiemanagement.

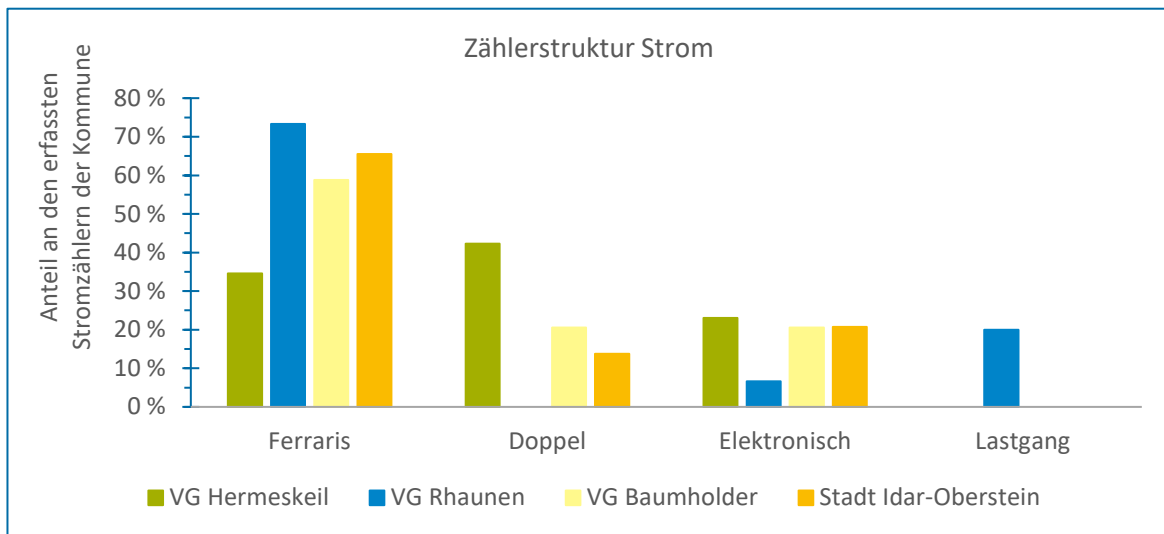


Abbildung 10: Struktur der erfassten Stromzähler in den kommunalen Liegenschaften

Sogenannte Doppel- oder Zweirichtungszähler werden in Gebäuden mit PV-Anlage installiert, da diese sowohl Stromeinspeisung als auch -verbrauch erfassen können. Sie verfügen über eine digitale Anzeige und sind in der Lage, Daten zu speichern. Außerdem ist der Anschluss eines Kommunikationsmoduls an digitale Zweirichtungszähler möglich, sodass eine Fernauslesung mit relativ geringem Aufwand realisiert werden kann (Heinz Lackmann GmbH & Co. KG, 2018). In der aktuellen Betrachtung nehmen die Zweirichtungszähler einen Anteil von 21 % der insgesamt erfassten Stromzähler ein. Bei ca. 20 % der bisher insgesamt erfassten Stromzähler handelt es sich um elektronische Stromzähler mit digitaler Anzeige, welche Verbrauchsdaten speichern können und generell zur Fernauslesung geeignet sind. Die VG Rhaunen verfügt des Weiteren über drei Lastgangzähler, die per Fernkommunikation ausgelesen werden. Lastgangzähler werden hauptsächlich bei Großabnehmern und Industriekunden eingesetzt und erfassen das Lastprofil des Stromverbrauchers, indem im 15-Minuten-

Takt der Stromverbrauch automatisiert ermittelt wird (Verivox, 2019).

**Insgesamt sind 13,5 % aller bisher erfassten Stromzähler fernauslesbar.**

Abbildung 10 visualisiert die geschilderte Stromzählerstruktur der betrachteten Liegenschaften. Dargestellt sind die Anteile der jeweiligen Zählerarten an den in dieser Verbandsgemeinde bzw. Stadt insgesamt erfassten Stromzählern.

Die Struktur der Wärmezähler ist in den betrachteten Kommunen sehr unterschiedlich (vgl. Abbildung 11). Dies liegt vor allem daran, dass zur Wärmeerzeugung unterschiedliche Heizmedien genutzt und deshalb generell verschiedene Bauformen und Umgebungsbedingungen der Zähler benötigt werden. In den Verbandsgemeinden Hermeskeil und Baumholder ist in den meisten Liegenschaften keine Messeinrichtung, sondern beispielsweise lediglich ein Heizkessel ohne installierten Wärmezähler vorhanden. Die insgesamt am häufigsten installierte Messeinrichtung in den betrachteten

Liegenschaften ist der elektronische Wärmehähler mit einem Anteil von ca. 28 %. Dieser Zähler erfasst den Verbrauch elektronisch und verfügt über eine digitale Anzeige. Je nach Modell kann ein Kommunikationsmodul angeschlossen werden, sodass eine Fernauslesung möglich ist. Der zweithäufigste Wärmehähler in den betrachteten Liegenschaften ist der Gaszähler mit einem Anteil von 27 % der insgesamt erfassten Wärmemesseinrichtungen. Generell ist es auffällig, dass in der Stadt Idar-Oberstein in ca. 56 % der Liegenschaften Gaszähler verbaut sind, was vor allem daran liegt, dass in der städtischen Region das Erdgasnetz weiter ausgebaut ist als in den eher ländlich geprägten Regionen der übrigen betrachteten Verbandsgemeinden. In diesen Regionen werden häufig Ölheizungen mit Füllstandsanzeige verwendet. Diese zeigt den aktuellen Füllstand des Öltanks in Prozent an, d. h., es handelt sich nicht um eine Verbrauchsmessung im engeren Sinne.

**Insgesamt sind 3,5 % der Wärmemesseinrichtungen aktuell mit einer Kommunikationsschnittstelle ausgestattet.**

Im Wärmesektor sind noch weniger Smart Meter installiert als im Stromsektor. Dies liegt unter anderem daran, dass intelligente Stromzähler bereits in höheren Stückzahlen und folglich zu niedrigeren Preisen produziert werden können. Im Umgang mit intelligenten Wärmehälern gibt es hingegen momentan noch kaum Erfahrung, weshalb die Preise für diese Messeinrichtungen deutlich höher sind. In ca. 45 % der betrachteten Liegenschaften sind keine oder nur ungenaue Wärmemessvorrichtungen vorhanden, was ein Smart Meter Rollout aufgrund der fehlenden technischen Infrastruktur in den Gebäuden zusätzlich erschwert.

Außerdem ist der Installationsort der Zähler für den späteren Aufwand und die Kosten des Smart Meter Rollouts von Bedeutung, da beispielsweise im Keller häufig ein schlechterer Mobilfunkempfang als im Erdgeschoss herrscht, was eine Fernkommunikation über das Handynetz erschwert. Die Stromzähler in den kommunalen Liegenschaften der Verbandsgemeinde Rhaunen und der Stadt Idar-Oberstein sind in den meisten Fällen im Keller eingebaut. In den

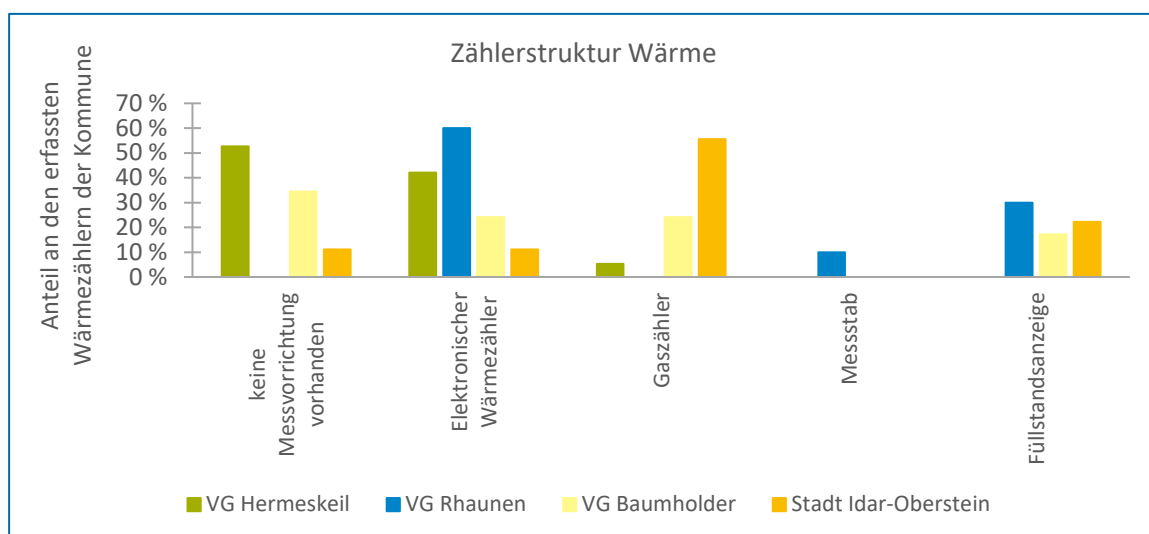


Abbildung 11: Struktur der erfassten Wärmemesseinrichtungen in den kommunalen Liegenschaf-

Verbandsgemeinden Hermeskeil und Baumholder hingegen ist der Großteil der Stromzähler im Erdgeschoss, meist im Flur, installiert. Hier kann somit tendenziell von einem besseren Mobilfunkempfang ausgegangen werden. Betrachtet man alle erfassten Stromzähler, so befinden sich ca. 56 % im Erdgeschoss und ca. 34 % im Keller.

Bezüglich des Einbauortes der Wärmehähler ist in Idar-Oberstein und Baumholder eine starke Tendenz zum Keller festzustellen, während in Hermeskeil und Rhaunen der Großteil der Wärmehähler im Erdgeschoss untergebracht ist. Insgesamt befinden sich ca. 59 % der Wärmehähler im Keller und ca. 30 % im Erdgeschoss. Daraus folgt, dass sich Strom- und Wärmehähler häufig in unterschiedlichen Räumen befinden, sodass große Distanzen zwischen den beiden Messeinrichtungen vorliegen, was den Aufwand für ein Smart Meter Rollout zusätzlich erhöht.

Bei der Zählererfassung wurde ebenfalls analysiert, ob im Gebäude ein Internetanschluss per Kabel vorhanden ist. Bei ca. 7 % der erfassten Stromzähler liegt ein kabelgebundener Internetanschluss zur Fernkommunikation direkt an der intelligenten Messeinrichtung vor. Insgesamt ist in ca. 41 % der betrachteten Liegenschaften gar kein Internetanschluss vorhanden und in 52 % der Fälle liegt ein Anschluss im Gebäude, aber nicht an der Messeinrichtung vor. Somit ist bei vielen Zählern eine wichtige Voraussetzung zum Smart Meter Rollout nicht gegeben. In den Gebäuden der Stadt Idar-Oberstein liegt in ca. 80 % der Fälle bereits ein Internetanschluss vor, während in den Liegenschaften der eher ländlich geprägten Verbandsgemeinden häufig noch kein

Internetanschluss vorhanden ist. Bezüglich der Wärmehähler verhält sich die Situation ähnlich. Hier verfügt lediglich 1 % der Zähler über einen Internetanschluss direkt an der Messeinrichtung.

**Zusammenfassend lässt sich damit festhalten, dass bei einem Großteil der Zähler momentan noch verschiedene Hürden für ein Smart Meter Rollout bestehen, welche hauptsächlich aus den Gebäudeeigenschaften resultieren und vor allem die Realisierbarkeit der Fernkommunikation betreffen.**

### 3.3.2. Energiedatenanalyse

Zur Berechnung der flächenbezogenen Energieverbräuche wurden die Bruttogrundflächen der betrachteten Liegenschaften und die Jahresmittelwerte der Strom- und Wärmeverbräuche der letzten Jahre ermittelt. Bei der Auswertung wurden die Liegenschaften zu verschiedenen Gebäudekategorien zusammengefasst und mit den Gebäudevergleichskennwerten gemäß Bauwerkszuordnungskatalog (BWZK) der Bauministerkonferenz 2010 verglichen. Die Zusammenfassung der einzelnen Liegenschaften einer Kommune zu Gebäudekategorien erfolgte durch Bildung eines arithmetischen Mittelwertes aus den flächenbezogenen Energieverbräuchen aller Einzelgebäude dieser Kategorie. Allerdings ist die Vergleichbarkeit der Ergebnisse der unterschiedlichen Verbandsgemeinden dadurch beeinträchtigt, dass den Verbrauchsdaten unterschiedliche Zeiträume zugrunde liegen.

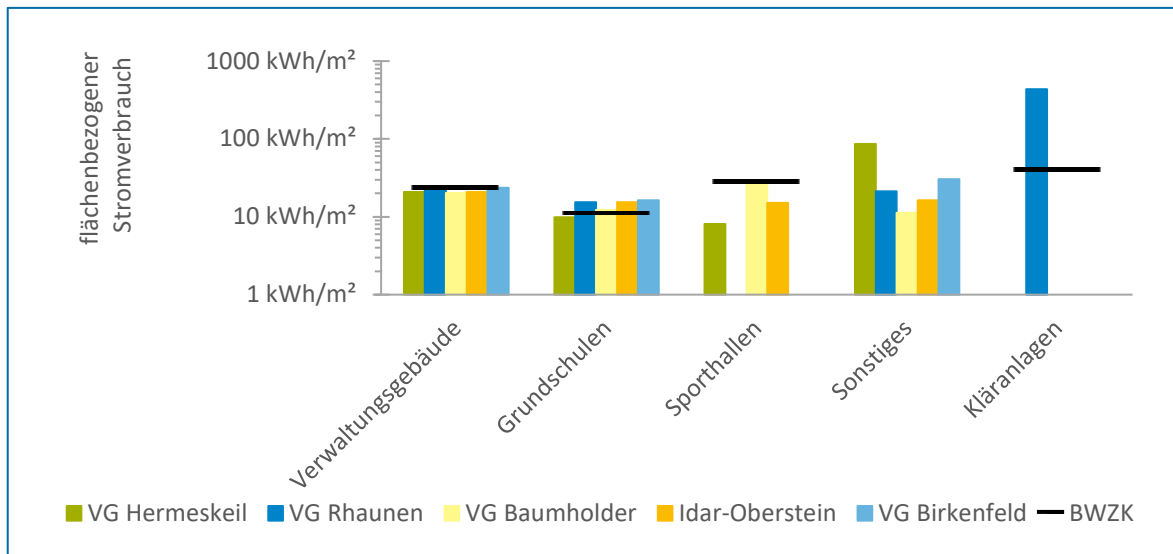


Abbildung 12: Flächenbezogene Stromverbräuche der Verbandsgemeinden nach Gebäudekategorien

Der flächenbezogene Stromverbrauch der Verwaltungsgebäude und Grundschulen der verschiedenen Gemeinden liegt relativ nah beieinander, während beim Stromverbrauch der Sporthallen schon deutlichere Unterschiede zwischen den Kommunen zu erkennen sind (vgl. Abbildung 12). Generell ist der flächenbezogene Stromverbrauch der Verwaltungsgebäude höher als der Verbrauch der Grundschulen, was unter anderem an der technischen Ausstattung der Büros liegt. Den größten flächenbezogenen Stromverbrauch in der Verbandsgemeinde Hermeskeil verursacht das Schul- und Sportzentrum Hermeskeil, welches hier unter der Kategorie „Sonstiges“ aufgelistet wird. Es umfasst ein Hallenbad, ein Restaurant, einen Kiosk, ein Freibad und eine Sporthalle, welche alle gemeinsam über einen Hauptzähler abgerechnet werden. Bei diesem Zähler handelt es sich bereits um ein Smart Meter. Die Verbandsgemeinde Rhaunen verfügt über zwei Kläranlagen, welche einen sehr hohen Stromverbrauch haben und deshalb gesondert aufgeführt werden. Die

Stromzähler der beiden Kläranlagen werden ebenfalls bereits fernausgelesen. Unter die Kategorie „Sonstiges“ fällt in Rhaunen das Rettungs- und Versorgungszentrum, welches aus mehreren Einzelgebäuden mit Ferraris-Zählern besteht.

Mit Ausnahme der Kläranlagen ist der spezifische Wärmeenergieverbrauch der kommunalen Liegenschaften um einiges höher als der Stromverbrauch. Generell sind beim flächenbezogenen Wärmeverbrauch deutliche Unterschiede beim Vergleich der Verbandsgemeinden zu erkennen, was vor allem bei Betrachtung der Grundschulen deutlich wird. Tendenziell liegt der flächenbezogene Wärmeverbrauch der Grundschulen über dem der Verwaltungsgebäude. Das Schul- und Sportzentrum Hermeskeil (Kategorie „Sonstiges“) verfügt über den größten flächenbezogenen Wärmeverbrauch. Die Ergebnisse der Wärmeverbrauchsanalyse sind in Abbildung 13 dargestellt.

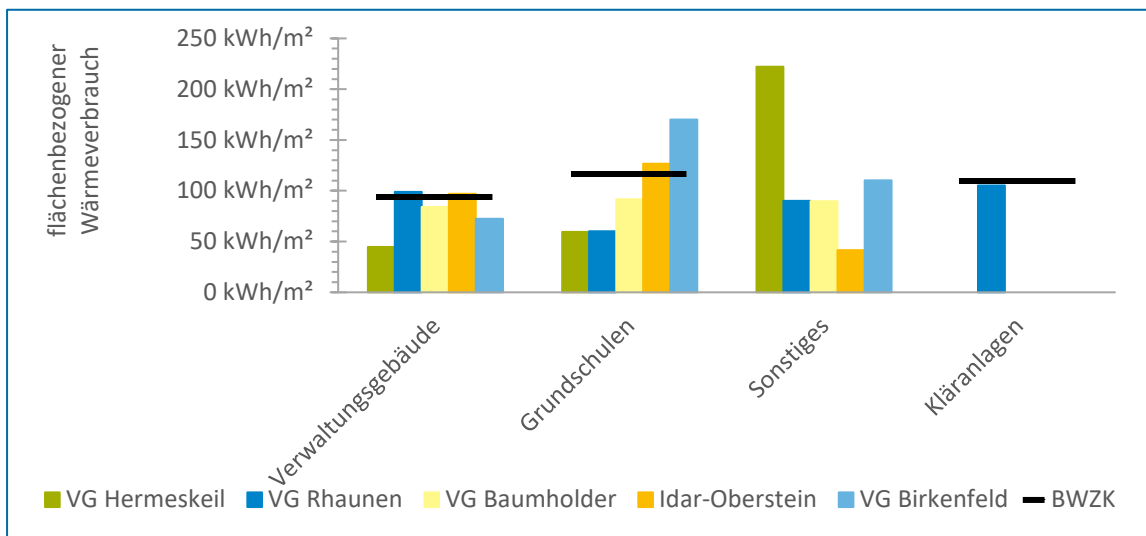


Abbildung 13: Flächenbezogene Wärmeverbräuche der Verbandsgemeinden nach Gebäudekategorien

Die Analyse der Verbrauchswerte ermöglicht es, Großverbraucher zu identifizieren und anschließend Prioritäten für den Einbau von Smart Metern zu setzen, um so einen möglichst großen Anteil des Energieverbrauchs mit intelligenten Messsystemen zu erfassen und zu überwachen. Dazu wurden die kommunalen Liegenschaften der Verbandsgemeinden Thalfang, Rhaunen, Hermeskeil, Baumholder, Birkenfeld und der Stadt Idar-Oberstein absteigend nach ihrem Strom- bzw. Wärmeverbrauch sortiert und dann die Anteile der einzelnen Gebäude am Gesamtstrom- bzw. Gesamtwärmeverbrauch der Kommune kumuliert. Der kumulierte Verbrauch wurde anschließend über dem kumulierten Anteil der erfassten Gebäude an den insgesamt betrachteten Gebäuden der Kommune aufgetragen.

**Es wurde festgestellt, dass bei einer Betrachtung der ersten 50 % der insgesamt 145 absteigend nach ihrem Stromverbrauch sortierten Gebäude bereits eine Erfassung von ca. 90 % des Gesamtstromverbrauchs der sechs Kommunen von 3.281 MWh/a vorliegt (vgl. Abbildung 14).**

Allerdings trifft dies nur bei interkommunaler Betrachtung zu. Innerhalb der einzelnen Kommunen treten Abweichungen vom 90 %-Wert auf. Dabei bedeutet eine Überschreitung der 90 %-Marke, dass die einzelnen Liegenschaften der Kommune sich sehr stark in ihrem Stromverbrauch und ihrer Größe unterscheiden. Es gibt somit wenige große Gebäude, die allerdings einen Großteil des Stroms verbrauchen, und viele kleine Gebäude mit geringem Stromverbrauch. Umgekehrt bedeutet eine Unterschreitung des Wertes, dass die Liegenschaften sich hinsichtlich ihres Stromverbrauchs weniger stark unterscheiden. Die größte Unterschreitung liegt in der Verbandsgemeinde Rhaunen vor, wo eine Betrachtung der ersten 50 % der absteigend nach Verbrauch geordneten Gebäude nur zu einer Erfassung von 77,7 % des gesamten Stromverbrauchs der VG führt. Auch in Thalfang und Idar-Oberstein liegen Unterschreitungen der 90 %-Marke vor.



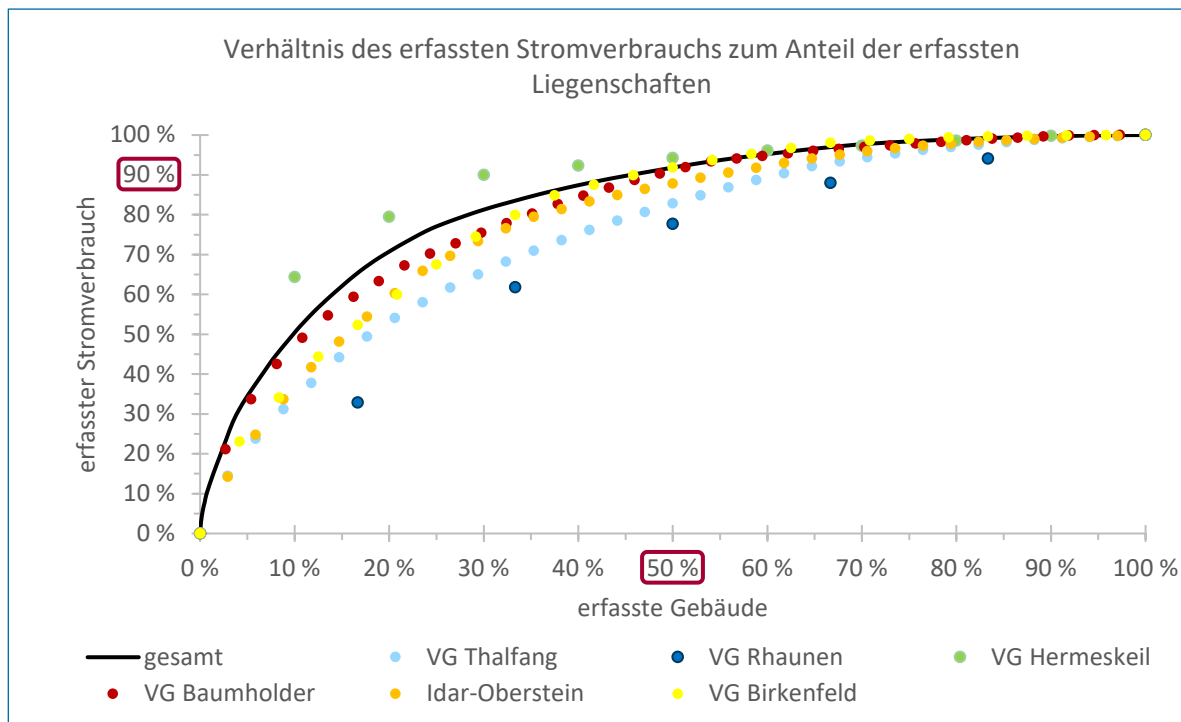


Abbildung 14: Erfasster Anteil des Stromverbrauchs der Kommunen in Abhängigkeit vom Anteil der erfassten an den insgesamt betrachteten und absteigend nach Stromverbrauch geordneten Liegenschaften

In Birkenfeld und Baumholder hingegen liegen Überschreitungen des Wertes vor. Der höchste Wert ergibt sich bezüglich der Liegenschaften der Verbandsgemeinde Hermeskeil, wo eine Erfassung der ersten 50 % der absteigend nach ihrem Verbrauch sortierten Gebäude eine Erfassung von 94,3 % des Stromverbrauchs bewirkt. Dies liegt vor allem an dem bereits erwähnten Schul- und Sportzentrum, das alleine einen Anteil von 64 % am Gesamtstromverbrauch der in der Verbandsgemeinde Hermeskeil betrachteten Liegenschaften ausmacht. Generell streuen die Werte der einzelnen Kommunen relativ weit um die Gesamtkurve, was die unterschiedliche Struktur des Stromverbrauchs der Kommunen deutlich macht.

**Auch im Hinblick auf den Wärmeverbrauch konnte bei interkommunaler Betrachtung festgestellt werden, dass bei einer Ausstattung der ersten 50 % der absteigend nach ihrem Verbrauch geordneten Liegenschaften mit Smart Metern 90 % des gesamten Wärmeverbrauchs der betrachteten Kommunen erfasst werden können (vgl. Abbildung 15).**

Aus den sechs Kommunen wurden insgesamt 107 Liegenschaften mit einem Gesamtwärmeverbrauch von 17.960 MWh/a betrachtet. Auf kommunaler Ebene fällt auf, dass lediglich in der Verbandsgemeinde Birkenfeld eine Überschreitung der 90 %-Marke um ca. 2,5 Prozentpunkte vorliegt. Alle anderen Kommunen befinden sich bei einer Erfassung der ersten Hälfte der absteigend nach Verbrauch geordneten Gebäude

bei einer Wärmeverbrauchserfassung von ca. 82 % bis 87 %. Bezüglich des Wärmeverbrauchs der kommunalen Liegenschaften ist tendenziell von

der Erfassung des Stromverbrauchs. Das heißt, auch die einzelnen Kommunen ähneln sich bei der Struktur des Wärmeverbrauchs mehr als beim Stromverbrauch.

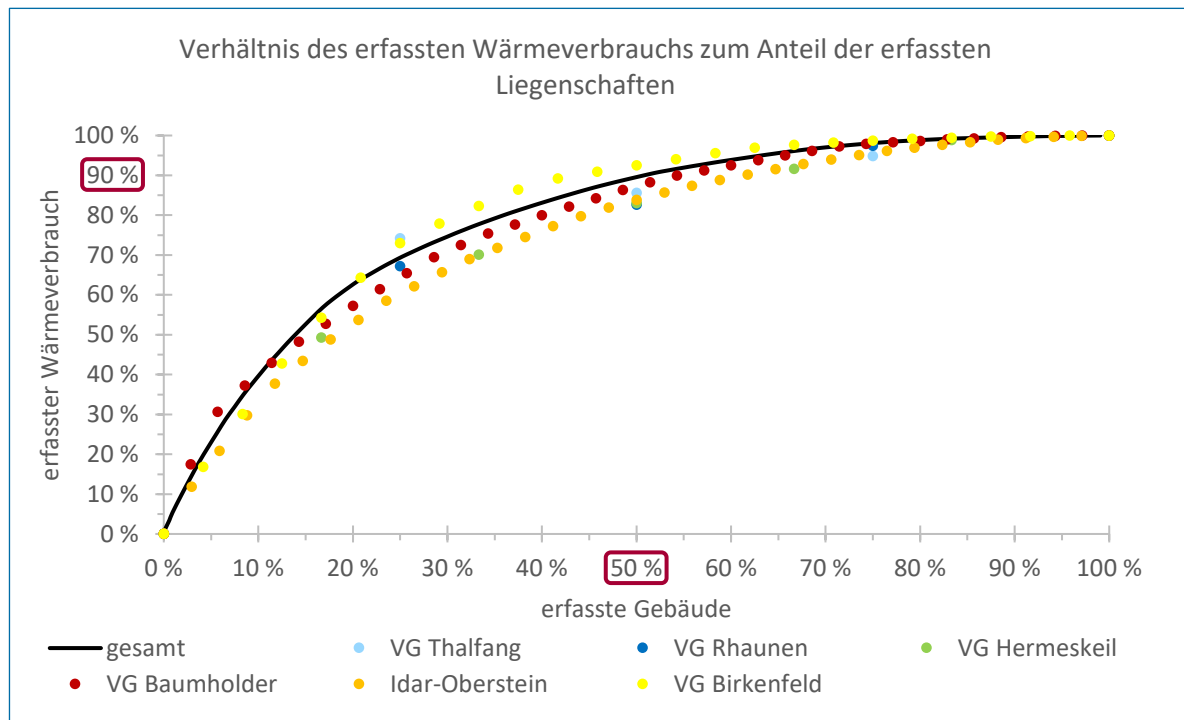


Abbildung 15: Erfasster Anteil des Wärmeverbrauchs der Kommunen in Abhängigkeit vom Anteil der erfassten an den insgesamt betrachteten und absteigend nach Wärmeverbrauch geordneten Liegenschaften

einer gleichmäßigeren Verteilung als beim Stromverbrauch auszugehen, weshalb sich ein flacherer Kurvenverlauf ergibt. Außerdem liegen die Punkte der einzelnen Kommunen näher an der Gesamtkurve als bei

**!** Bei einem Smart Meter Rollout mit dem Ziel, 90 % des Energieverbrauchs durch intelligente Messsysteme zu erfassen, müssten somit nur die 50 % der Gebäude mit dem größten Verbrauch mit Smart Metern ausgestattet werden. Im Vergleich zu einer Erfassung von 100 % des Energieverbrauchs durch eine Ausbringung von Smart Metern in allen Liegenschaften würde sich der

finanzielle und zeitliche Aufwand des Smart Meter Rollouts folglich halbieren, da er sich direkt proportional zur Anzahl der Liegenschaften verhält. Aus wirtschaftlicher Sicht wäre das 90%-Szenario der 100-prozentigen Energieverbrauchserfassung folglich vorzuziehen.

### 3.4. Zusammenfassung und Ausblick

Bisher sind in der Nationalparkregion Hunsrück-Hochwald sowohl im Strom- als auch im Wärmesektor nur sehr wenige Smart Meter im Einsatz und die Gegebenheiten in den Gebäuden sind für eine Installation von

intelligenten Zählern zum Teil eher ungünstig. Um der Rolle als Pilotregion gerecht zu werden, muss der Anteil an intelligenten Messeinrichtungen in den kommunalen Liegenschaften der Nationalparkregion folglich in den nächsten Jahren signifikant erhöht werden. Voraussetzung hierfür ist eine systematischere Datenerfassung, um die bisherigen Datenlücken in Zukunft zu füllen und so die Aussagekraft von Zähler- und Energiedatenanalyse zu erhöhen.

Eine Möglichkeit zur Erweiterung der Datenerfassung in Zukunft wäre außerdem das Einbeziehen von kommunalen Liegenschaften der Ortsgemeinden, da bisher der Fokus auf den verbandsgemeindeeigenen Gebäuden lag und so beispielsweise zahlreiche Kindertagesstätten und Dorfgemeinschaftshäuser unberücksichtigt geblieben sind. Außerdem wäre eine Ausweitung der Zähleranalyse auf die Wasserzähler denkbar, da

eine intelligente Messung des Wasserverbrauchs zusätzliche Einsparpotenziale aufdecken und somit die Ressourceneffizienz stetig verbessern könnte.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass auf Grundlage einer Kosten-Nutzen-Analyse gerade in eher dünnbesiedelten Bezirken wie der Nationalparkregion Hunsrück-Hochwald bei einem zukünftigen Smart Meter Rollout der Fokus auf eine Ausstattung der ersten 50 % der absteigend nach ihrem Energieverbrauch geordneten kommunalen Liegenschaften mit intelligenten Messsystemen gelegt werden sollte, da so bereits 90 % des gesamten Energieverbrauchs erfasst werden können. Allerdings gilt dies nur bei interkommunaler Betrachtung, da innerhalb der einzelnen Gemeinden aufgrund der unterschiedlichen Gebäudeinfrastruktur Abweichungen von diesem Wert auftreten.





## 4. Fazit

Mithilfe eines dynamischen Investitionsrechenverfahrens konnte gezeigt werden, dass sich ein interkommunales Energiemanagement in der Nationalparkregion wirtschaftlich darstellen lässt und es im besten Fall innerhalb von zehn Jahren einen finanziellen Vorteil von fast 2 Millionen € erwirtschaftet. Ohne Energiemanagement entgeht den Kommunen somit eine Möglichkeit, finanziell zu profitieren und sich gleichzeitig für den Klimaschutz zu engagieren. Folglich ist es aus kommunaler Sicht nach den Ergebnissen der vorliegenden Ausarbeitung empfehlenswert, das IkoNE bei der Umsetzung eines interkommunalen Energiemanagements zu unterstützen.

Das Smart Meter Rollout in der Nationalparkregion als Ziel des IkoNE stellt einen wichtigen Schritt zur intelligenten Verknüpfung von Energieerzeugung und -verbrauch und somit die Grundlage für die Existenz eines intelligenten Stromnetzes (Smart Grid) dar. Hierdurch könnte die Energieeffizienz der Region dauerhaft verbessert und Einsparpotenziale mit Hilfe einer interkommunalen Energiedatenbank aufgedeckt werden. Bei interkommunaler Betrachtung ermöglicht eine Ausbringung von Smart Metern in den ersten 50 % der absteigend nach ihrem Energieverbrauch geordneten Liegenschaften bereits eine Erfassung von 90 % des gesamten Energieverbrauchs der betrachteten Kommunen und ist im Vergleich zur 100 %-Verbrauchserfassung folglich mit der Hälfte der Kosten verbunden. Durch ein erfolgreiches Smart Meter Rollout könnte die Nationalparkregion Hunsrück-Hochwald als Vorbild für andere eher ländlich geprägte Regionen dienen und als Pilotregion den Auftakt für eine bundesweite Ausbringung intelligenter Messsysteme geben, wobei vor allem die zusätzliche Betrachtung der Wärmezähler eine Besonderheit darstellt. Neben den Energie- und Kosteneinsparungen könnte die Nationalparkregion somit einen Beitrag zur Reduktion der Treibhausgasemissionen und infolgedessen zur Erreichung internationaler Klimaziele leisten.

## Literaturverzeichnis

- Bayerisches Landesamt für Umwelt. (2013). *Dialog zu Klimaschutz und Energiewende, Energiemanagement in kommunalen Liegenschaften, Veranstaltungsreihe Februar/ März 2013*. Augsburg: UmweltSpezial.
- Bränzel, J. (2015). Wirtschaftlichkeitsberechnung. In M. Geilhausen, J. Bränzel, D. Engelmann, & O. Schulze, *Energiemanagement für Fachkräfte, Beauftragte und Manager*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- BSI. (Januar 2018). *Das Smart-Meter-Gateway*.  
Abgerufen am 22. Juli 2019 von Cyber-Sicherheit für die Digitalisierung der Energiewende:  
[https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/Broschueren/Smart-Meter-Gateway.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/Broschueren/Smart-Meter-Gateway.pdf?__blob=publicationFile)
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2020). *Abkommen von Paris*. Abgerufen am 20. April 2020 von <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/klimaschutz-abkommen-von-paris.html>
- DIN EN ISO 50001. (2011). *Energiemanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung*. Berlin: DIN Deutsches Institut for Normung e.V.
- Energieagentur Niedersachsen. (09. 05. 2019). [www.klimaschutz-niedersachsen.de](http://www.klimaschutz-niedersachsen.de).  
Von [https://www.klimaschutz-niedersachsen.de/\\_Resources/Persistent/aab22b283696422a78741c864a8f827b0b90431e/2017-08-17\\_GewusstWie\\_Kommunales\\_Energiemanagement.pdf](https://www.klimaschutz-niedersachsen.de/_Resources/Persistent/aab22b283696422a78741c864a8f827b0b90431e/2017-08-17_GewusstWie_Kommunales_Energiemanagement.pdf) abgerufen
- Energieagentur Rheinland-Pfalz. (2017). *IkoNE*. Abgerufen am 22. Juli 2019 von <https://www.energieagentur.rlp.de/projekte/kommune/100-energieeffizienz-kommunen-rheinland-pfalz/regionale-netzwerke/ikone-interkommunales-netzwerk-energie/>
- Energieagentur Rheinland-Pfalz. (16. August 2018). *Kommunen des Nationalparks treiben Klimaschutz gemeinsam voran*. Abgerufen am 22. Juli 2019 von [https://www.vgv-baumholder.de/vg\\_baumholder/de/Wirtschaft/Energie%20&%20Klima/IkoNE%20-%20Netzwerk/](https://www.vgv-baumholder.de/vg_baumholder/de/Wirtschaft/Energie%20&%20Klima/IkoNE%20-%20Netzwerk/)
- Heinz Lackmann GmbH & Co. KG. (Januar 2018). *Produktinformation Haushaltszähler MT681 „EDL24“-Zähler*. Abgerufen am 2019. Juli 24 von <https://www.lackmann.de/sites/default/files/2018-09/MT681%20-%20Lackmann%20Produktinformation%2017.01.2018.pdf>

- Kitzler, S. (2013). *Smart Meter - Aufgaben, Fähigkeiten und Nutzen für das zukünftige Smart Grid*. Lehrstuhl für Elektrische Antriebssysteme & Leistungselektronik, München.  
Abgerufen am 21. Juli 2019 von [https://www.eal.ei.tum.de/fileadmin/tueieal/www/courses/UEEML/lecture/2014-2015-W/HauptseminarAusarbeitung\\_Smart\\_Meter.pdf](https://www.eal.ei.tum.de/fileadmin/tueieal/www/courses/UEEML/lecture/2014-2015-W/HauptseminarAusarbeitung_Smart_Meter.pdf)
- Landesamt für Finanzen Rheinland-Pfalz. (2020). *Gehaltstabellen*.  
Abgerufen am 26. Mai 2020 von <https://www.lff-rlp.de/service/gehaltstabellen>
- Le Quéré et. al. (2018). Global Carbon Project. *Earth System Science Data*.  
doi:<https://doi.org/10.5194/essd-10-2141-2018>
- Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz. (2018). *Geowebdienst Bevölkerung*. Abgerufen am 01. Mai 2020 von <http://www.statistik.rlp.de/de/regional/geowebdienste/bevoelkerung/>
- Verbraucherzentrale Bundesverband. (01. Juli 2019). *Die neuen Stromzähler kommen*.  
Abgerufen am 22. Juli 2019 von <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/umwelt-haushalt/wohnen/die-neuen-stromzaehler-kommen-13275>
- Verivox. (2019). *Lastgangzähler*. Abgerufen am 24. Juli 2019 von <https://www.verivox.de/strom/themen/lastgangzaehler/>
- VG Birkenfeld. (2017). *100 % Klimaschutz*. Abgerufen am 20. April 2020 von <https://www.klimaschutz100-birkenfeld.de/>
- Wolski, T. (2015). *Breitband-Powerline für Smart Grids*.  
Abgerufen am 22. Juli 2019 von Hannover Messe:  
[http://files.messe.de/abstracts/64278\\_PPC\\_TW\\_HMI\\_2015\\_BreitbandPowerline\\_fue;r.pdf](http://files.messe.de/abstracts/64278_PPC_TW_HMI_2015_BreitbandPowerline_fue;r.pdf)  
f



# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufgaben zur kontinuierlichen Verbesserung des Energiemanagements (PDCA-Zyklus) .....	6
Abbildung 2: Minimalwert und Maximalwert der Energiemanagementkosten in Jahr 1.....	11
Abbildung 3: Entwicklung der Zahlungsströme durch das Energiemanagement (EM) in Szenario 1 „Worst Case“ .....	14
Abbildung 4: Entwicklung der Zahlungsströme durch das Energiemanagement (EM) in Szenario 2 „Best Case“ .....	15
Abbildung 5: Zahlungsströme durch das Energiemanagement (EM) in Szenario 1 „Worst Case“ im Fall 1 „Befristete Einstellung des Energiemanagers für zwei Jahre“ .....	17
Abbildung 6: Zahlungsströme durch das Energiemanagement (EM) in Szenario 1 „Worst Case“ im Fall 2 „Befristete Einstellung des Energiemanagers für fünf Jahre“ .....	18
Abbildung 7: Zahlungsströme durch das Energiemanagement (EM) in Szenario 2 „Best Case“ im Fall 1 „Befristete Einstellung des Energiemanagers für zwei Jahre“ .....	18
Abbildung 8: Zahlungsströme durch das Energiemanagement (EM) in Szenario 2 „Best Case“ im Fall 2 „Befristete Einstellung des Energiemanagers für fünf Jahre“ .....	19
Abbildung 9: Smart Meter, Alex Yeung - stock.adobe.com.....	22
Abbildung 10: Struktur der erfassten Stromzähler in den kommunalen Liegenschaften .....	25
Abbildung 11: Struktur der erfassten Wärmemesseinrichtungen in den kommunalen Liegenschaften .....	26
Abbildung 12: Flächenbezogene Stromverbräuche der Verbandsgemeinden nach Gebäudekategorien.....	28
Abbildung 13: Flächenbezogene Wärmeverbräuche der Verbandsgemeinden nach Gebäudekategorien.....	29

Abbildung 14: Erfasster Anteil des Stromverbrauchs der Kommunen in Abhängigkeit vom Anteil der erfassten an den insgesamt betrachteten und absteigend nach Stromverbrauch geordneten Liegenschaften ..... 30

Abbildung 15: Erfasster Anteil des Wärmeverbrauchs der Kommunen in Abhängigkeit vom Anteil der erfassten an den insgesamt betrachteten und absteigend nach Wärmeverbrauch geordneten Liegenschaften ..... 31

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einflussfaktoren und Kennwerte der Wirtschaftlichkeitsberechnung in den beiden Szenarien ..... 12

Tabelle 2: Verlauf der beiden Szenarien ..... 13

Tabelle 3: Kapitalwerte und Amortisationszeiten der beiden Szenarien ..... 16

Tabelle 4: Einfluss des Beschäftigungsverhältnisses des Energiemanagers auf den Kapitalwert nach zehn Jahren ..... 19

# Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
$a_t$	Auszahlungen zum Zeitpunkt $t$ in €/a
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
BWZK	Bauwerkszuordnungskatalog
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
DIN EN ISO	Deutsches Institut für Normung, Europäische Normen, International Organization for Standardization
DSL	Digital Subscriber Line
E10 (11) TVöD	Entgeltgruppe 10 (11) im Tarifvertrag für den öffentlichen Dienst
EM	Energiemanagement
$e_t$	Einzahlungen zum Zeitpunkt $t$ in €/a
$i$	Kalkulationszinssatz in %/a
IkoNE	Interkommunales Netzwerk Energie
KW	Kapitalwert
kWh	Kilowattstunde
LAN	Local Area Network
MWh	Megawattstunde
PDCA-Zyklus	Plan-Do-Check-Act-Zyklus
PV	Photovoltaik
$T$	letztes Jahr, in dem Zahlungen anfallen
$t$	Zeitindex
$t_{A,dyn}$	dynamische Amortisationszeit
$t^*$	Periode, in der letztmalig ein negativer kumulierter Barwert auftritt
$t^{*+1}$	Periode, in der erstmalig ein positiver kumulierter Barwert auftritt
VG	Verbandsgemeinde
WAN	Wide Area Network



# Impressum

## Kurzvorstellung Energieagentur

Die Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH unterstützt als kompetenter Dienstleister Kommunen und ihre Bürger sowie Unternehmen in Rheinland-Pfalz bei der Umsetzung von Aktivitäten zur Energiewende und zum Klimaschutz. Sie wurde 2012 als Einrichtung des Landes gegründet und informiert unabhängig, produkt- sowie anbieterneutral.

## Kurzvorstellung IBT

Das Institut für Betriebs- und Technologiemanagement IBT mit Sitz am Umwelt-Campus Birkenfeld (UCB) der Hochschule Trier bietet Industrie, Gewerbe und Kommunen Dienstleistungen in den Bereichen Energiesystemtechnik, Produktionsoptimierung, Konstruktionsautomatisierung und Messtechnik an. Eine moderne Infrastruktur und das Know-how aus verschiedenen Fachrichtungen gewährleisten die optimale Lösung technischer Aufgabenstellungen durch angewandte Forschung und Entwicklung. Die Forschungsschwerpunkte liegen in der (regenerativen) Energietechnologie sowie in der Produktionstechnologie. Verbindendes Glied zwischen den beiden Themenfeldern ist die Energieeffizienz als Schnittstelle zwischen Fertigung und Energienutzung.

Umwelt-Campus Birkenfeld, Hochschule Trier  
Institut für Betriebs- und Technologiemanagement (IBT)  
Campusallee, 55768 Hoppstädten-Weiersbach | [h.teheesen@umwelt-campus.de](mailto:h.teheesen@umwelt-campus.de)

## Herausgeber

Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH

## Verantwortlich

Mareen Kilduff  
Projektleiterin Energieeffizienz in Kommunen  
Telefon 0631 34371-136 | [mareen.kilduff@energieagentur.rlp.de](mailto:mareen.kilduff@energieagentur.rlp.de)

## Redaktion

Maja Schönenberger, Fabian Wink, Friederike Siemer, Benjamin Götz | Studierende des Umwelt-Campus Birkenfeld  
Mareen Kilduff | Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH  
Prof. Dr. Henrik te Heesen | IBT

## Bildnachweis und Gestaltung

Jennifer Chojnacki | Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH

Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH  
Trippstadter Straße 122 | 67663 Kaiserlautern  
info@energieagentur.rlp.de  
www.energieagentur.rlp.de



**Rheinland-Pfalz**

Das Vorhaben „Energiemanagement und Energieeffizienz  
in rheinland-pfälzischen Kommunen (3EKom)“  
wurde von der Europäischen Union aus dem Europäischen Fonds  
für regionale Entwicklung und dem Land Rheinland-Pfalz gefördert.