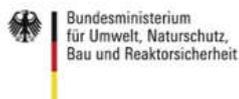


Klimaschutzteilkonzept SVIT-Gebäude in Hemelingen, Obervieland und Blockland Immobilien Bremen AÖR

Zusammenfassung
November 2018

Erstellt durch:
TARA Ingenieurbüro NordWest GmbH & Co. KG
Lange Straße 6, 26316 Varel
Tel.: 04451 / 81 331
info@tara-ingenieure.de
www.tara-ingenieure.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Das Klimaschutz-Teilkonzept wurde im Rahmen der nationalen Klimaschutzinitiative der Bundesregierung gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit unter dem Förderkennzeichen PTJ: 03K06107

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Inhaltsverzeichnis | 2 |
| Abbildungsverzeichnis | 3 |
| 1 Zusammenfassung | 5 |
| 2 Einleitung | 7 |
| 3 Aufgabenstellung | 8 |
| 4 Methodik und Randbedingungen der Energieanalyse | 10 |
| 4.1 <i>Ermittlung des IST-Zustandes</i> | 10 |
| 4.2 <i>Technische Randbedingungen zur Bestimmung des Einsparpotenzial</i> | 12 |
| 4.3 <i>Wirtschaftliche Rahmendaten zur Bestimmung des Einsparpotenzials</i> | 14 |
| 5 Zusammenfassung der Energieverbräuche, der Energiekosten und der CO₂-Emissionen im IST-Zustand | 18 |
| 6 Energetischer IST-Zustand Baukörper und Technik | 25 |
| 6.1 <i>Baukörper</i> | 25 |
| 6.2 <i>Haustechnik</i> | 28 |
| 7 Maßnahmen | 32 |
| 7.1 <i>Einsparung Energie</i> | 34 |
| 7.2 <i>Einsparung CO₂</i> | 37 |
| 7.3 <i>Einsparung Kosten</i> | 40 |
| 7.4 <i>Investitionskosten</i> | 43 |
| 8 Zusammenfassung der Energieverbrauches, der Energiekosten und der CO₂-Emissionen nach Durchführung der Maßnahmen | 46 |
| 9 Anhang | 49 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Witterungsfaktoren (Deutscher Wetterdienst – DWD- Flughafen Bremen) und Ansatz zur Einbindung der Warmwasser-Bereitung in die Klimabereinigung. | 10 |
| Abbildung 2: Bewertungskategorien. | 11 |
| Abbildung 3: Soll-U-Werte für Maßnahmen am Baukörper gemäß Energierichtlinie Bremen. | 12 |
| Abbildung 4: Heizgradstunden und spezifisches Einsparpotenzial für Maßnahmen am Baukörper. | 13 |
| Abbildung 5: Arbeitspreise „Ist“ und „langfristig“. | 14 |
| Abbildung 6: Nutzungsdauern. | 15 |
| Abbildung 7: Investitionskosten Gebäudehülle. | 15 |
| Abbildung 8: Investitionskosten TGA. | 16 |
| Abbildung 9: Investitionskosten Beleuchtung. | 17 |
| Abbildung 10: CO ₂ -Faktoren. | 17 |
| Abbildung 11: Übersicht Verbräuche Mittelwert 2014-2016. | 18 |
| Abbildung 12: Energieverbräuche der einzelnen Gebäude. | 19 |
| Abbildung 13: CO ₂ -Emissionen der einzelnen Gebäude. | 19 |
| Abbildung 14: Verbrauchskosten der einzelnen Gebäude. | 20 |
| Abbildung 15: Anteil der Energieträger. | 20 |
| Abbildung 16: Spezifischer Energieverbrauch Wärme. | 21 |
| Abbildung 17: Spezifischer Energieverbrauch Strom. | 22 |
| Abbildung 18: Stromlastgang Schule an der Stichnethstraße – Winter. | 23 |
| Abbildung 19: Stromlastgang Schulzentrum Sek.I Obervieland – Winter. | 23 |
| Abbildung 20: Flächen Außenwand nach U-Werten. | 26 |
| Abbildung 21: Anteilige Flächen Dach- und Deckenflächen nach U-Werten. | 26 |
| Abbildung 22: Anteilige Fensterflächen nach Verglasungsart. | 27 |
| Abbildung 23: Altersstruktur Wärmeversorgung. | 28 |
| Abbildung 24: Pumpentypen. | 29 |
| Abbildung 25: Maßnahmenkürzel. | 32 |
| Abbildung 26: Maßnahmen Gebäudehülle nach Außenbauteilen. | 33 |
| Abbildung 27: Maßnahmen Technik nach Technologien. | 33 |
| Abbildung 28: Einsparpotentiale Energie Maßnahmengruppen. | 34 |
| Abbildung 29: Einsparpotentiale Energie kurzfristige Maßnahmen. | 35 |
| Abbildung 30: Einsparpotentiale Energie mittelfristige Maßnahmen. | 36 |
| Abbildung 31: Einsparpotentiale langfristige Maßnahmen. | 36 |
| Abbildung 32: Einsparpotentiale CO ₂ nach Maßnahmengruppen. | 37 |
| Abbildung 33: Einsparpotentiale CO ₂ kurzfristige Maßnahmen. | 38 |
| Abbildung 34: Einsparpotentiale CO ₂ mittelfristige Maßnahmen. | 38 |
| Abbildung 35: Einsparpotential CO ₂ langfristige Maßnahmen. | 39 |
| Abbildung 36: Einsparpotentiale Kosten nach Maßnahmengruppen. | 40 |
| Abbildung 37: Einsparpotentiale Kosten kurzfristige Maßnahmen. | 41 |
| Abbildung 38: Einsparpotentiale Kosten mittelfristige Maßnahmen. | 41 |

| | |
|---|----|
| Abbildung 39: Einsparpotentiale Kosten langfristige Maßnahmen. | 42 |
| Abbildung 40: Investitionskosten nach Maßnahmengruppen..... | 43 |
| Abbildung 41: Investitionskosten kurzfristige Maßnahmen. | 44 |
| Abbildung 42: Investitionskosten mittelfristige Maßnahmen..... | 44 |
| Abbildung 43: Investitionskosten langfristige Maßnahmen. | 45 |
| Abbildung 44: Verbrauch Wärme und Strom SOLL-Zustand..... | 46 |
| Abbildung 45: Vergleich Energieverbrauch IST- und SOLL-Zustand. | 47 |
| Abbildung 46: Vergleich CO ₂ -Emissionen IST- und SOLL-Zustand. | 47 |
| Abbildung 47: Vergleich Energiekosten IST- und SOLL-Zustand..... | 48 |
| Abbildung 48: Übersicht Liegenschaft. | 49 |

1 Zusammenfassung

Immobilien Bremen AöR (kurz: IB) hat die TARA Ingenieurbüro NordWest GmbH & Co. KG (kurz: TARA NordWest) beauftragt, für insgesamt 46 Liegenschaften der IB, die sich in den Bremer Stadtteilen Hemelingen, Obervieland und Blockland befinden, ein Klimaschutzteilkonzept zu erstellen. Diese beinhalten folgende Punkte:

- Analyse der aktuellen Energieverbrauchssituation mit Bewertung
- Bestandsaufnahme der energierelevanten Gebäudekomponenten (Baukörper und Haustechnik) mit baulicher und energetischer Bewertung
- Erfassung der aktuellen Energiemonitoring-/Energiemanagementsituation
- Entwicklung von energiesparenden Maßnahmen mit Wirtschaftlichkeits- und CO₂-Einsparberechnung
- Klassifizierung der Maßnahmen in kurz-, mittel- und langfristige Maßnahmen

Das Klimaschutzteilkonzept wurden im Zeitraum Juni bis November 2018 erstellt. Als Ergebnis werden 46 Einzelberichte und eine zusammenfassende Betrachtung „Klimaschutzteilkonzept SVIT-Gebäude in Bremen Hemelingen, Obervieland und Blockland“ erstellt.

In den Einzelberichten wurden insgesamt 410 Maßnahmen entwickelt und bezüglich der Umsetzungsempfehlung klassifiziert.

Durch die Umsetzung alle Maßnahmen können

- die jährlichen Energiekosten um mehr als 80%,
- der Energieverbrauch um etwa 50% und
- der CO₂-Ausstoß durch den Einsatz von Photovoltaikanlagen um 119%

gesenkt werden.

Neben der Empfehlung, die energiesparenden Maßnahmen im Rahmen eines Gesamtkonzeptes für alle Liegenschaften von IB umzusetzen, werden folgende erste Schritte empfohlen:

- Die von IB gelieferten Gebäudeflächen (BGF) stimmen teilweise nicht mit den beheizten Flächen überein. Unbeheizte Kellerflächen und nicht ausgebaute Dachbodenflächen werden mitgezählt. Dieses führt bei der Ermittlung und dem Vergleich von Energiekennwerten zu falschen Werten und Einschätzungen. Es wird empfohlen, die Flächen dahingehend zu überprüfen, dass nur beheizte Flächen verwendet werden.
- Die für den Fall einer gemeinsamen Heizzentrale oder Stromanschlusses bei IB verwendete Aufteilung der Energieverbräuche auf angeschlossene Liegenschaften sollte

für die Fälle, dass keine Unterzähler vorhanden sind, überprüft werden. Eine reine Aufteilung nach Fläche führt bei Gebäuden mit unterschiedlicher Nutzung oder unterschiedlichem Gebäudestandard zu Fehlinterpretationen.

- Nahezu alle Fernwärmevertragsleistungen erscheinen zu hoch. Sie sollten angepasst werden.
- Für die Gebäude, für die kurz- und mittelfristig eine Photovoltaikanlage empfohlen wird, sollten die Dachstatiken dahingehend überprüft werden, ob die Montage einer PV-Anlage möglich ist.
- Es gibt eine Vielzahl von kleinen Untertisch-Warmwasserbereitern (5 bis 10 Liter). Der Austausch gegen 230 V Durchlauferhitzer ist wirtschaftlich und ökologisch sehr interessant.

Alle Speicher an Waschtischen, an denen eine Warmwassertemperatur von 35 °C ausreicht, sollten in einem Austauschprogramm „5-Liter Boiler“ gegen Durchlauferhitzer ersetzt werden.

- Alle noch vorhandenen Glüh- und Halogenlampen sollten gegen LED-Lampen getauscht werden.
- Sofern Photovoltaikanlagen vorhanden sind wir empfohlen, in die Verbrauchsdateien den erzeugten Strom und die davon eigengenutzten Anteile aufzulisten.

Mit den Ergebnissen der 46 Klimaschutzteilkonzepte, zusammen mit denen der parallel von den anderen Büros erstellten Konzepten, liegen alle Informationen vor, die für die Entwicklung einer zielgerichteten Energiespar- und Umweltschutzstrategie für die aufgenommenen öffentlichen Gebäude Bremens erforderlich sind.

Die Umsetzung einer solchen Strategie ermöglicht hohe Einsparungen und kann einen relevanten Beitrag zur Umweltentlastung in Bremen bringen.

2 Einleitung

Die Immobilien Bremen AöR (kurz: IB) hat sich zum Ziel gesetzt, für alle städtische Liegenschaften Bremens einen Sanierungsfahrplan zu erarbeiten, mit dem perspektivisch eine Reduzierung des Primärenergieverbrauches bis 2050 um 80% erreicht werden kann.

Auf der Basis gebäude- und liegenschaftsindividuellen Konzepten soll der Sanierungsfahrplan eine übergreifende strategische Orientierung aufzeigen, um unter wirtschaftlichen, werterhaltenden und nutzungsorientierten Aspekten eine effektive Sanierung und langfristig zweckmäßige Gebäudebewirtschaftung sicherzustellen. Gleichzeitig besteht der Wunsch, möglichst nah an die gesteckten Klimaschutzziele heranzukommen.

Bei der Bewirtschaftung der öffentlichen Liegenschaften legt Immobilien Bremen auch bei der „üblichen“ Projektbearbeitung großen Wert darauf, Energieverbräuche und Energieverbrauchskosten sowie den Ausstoß von Treibhausgasen zu reduzieren. Diese Zielsetzung ist eingebettet in den European Energy Award (EEA) Bremens und das Bremische Klimaschutzgesetz, das sich inhaltlich an den Klimaschutzzielen des Bundes orientiert.

Eine Erfassung der Energieverbräuche wurde bereits vor einiger Zeit eingeführt, die aber noch nicht alle Liegenschaften bzw. Gebäude umfasst.

Im Rahmen von Bauunterhalt/Sanierung oder durch Förderprojekte werden gebäudebezogene sowie gebäudeindividuelle Effizienzprojekte aufgelegt (Einsatz LED, Hocheffizienzpumpen, BHKW). Dabei können aufgrund fehlender Angaben von Emissionsfaktoren in direkter Verbindung mit den gebäudebezogenen Verbrauchsdaten oder der Verknüpfung mit korrespondierenden Preisen die Projekte/Maßnahmen bislang nicht ergebnisbezogen auf Erfolg nachgehalten werden, weshalb nun ein strategischer Sanierungsfahrplan erarbeitet werden soll.

Dieser soll eine strukturierte und zukunftsfähige Ausrichtung von Entscheidungen und Vorgehensweisen zur Liegenschaftsentwicklung ermöglichen, die über kurz-, mittel- und langfristige Maßnahmenumsetzung auf der Basis wirtschaftlicher Priorisierung den Werterhalt der Gebäude sichert und eine weitestgehend klimaneutrale Bewirtschaftung ermöglicht.

Die Erstellung der Klimaschutzteilkonzepte wird im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) gefördert nach der Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten in sozialen, kulturellen und öffentlichen Einrichtungen vom 22.6.2016 (Kommunalrichtlinie). Diese Förderrichtlinie gibt die Inhalte der Konzepterstellung vor.

TARA NordWest hat den Auftrag, 46 Gebäude zu untersuchen und Maßnahmen zur Effizienzverbesserung vorzuschlagen. Eine Auflistung aller untersuchten Gebäude befindet sich im Anhang.

3 Aufgabenstellung

Im Rahmen des Klimaschutzteilkonzeptes, SVIT-Gebäude in Hemelingen, Obervieland und Blockland wurden für die in Anlage 1 gelisteten 46 Liegenschaften eine energetische Untersuchung nach den folgenden Kriterien und Aufgabenstellungen durchgeführt:

Baustein 1 Energiemanagement/ Basisdatenbewertung

- Erfassung bzw. Ergänzung fehlender Gebäudedaten
- Wenn möglich Ergänzung von Gebäudedaten zur perspektivischen Nutzung (z.B. Schülerzahlen)
- Erarbeiten von Kennzahlen und deren Vergleich zur Einordnung bzw. Schlussfolgerung bezüglich des Gebäudezustands
- Darstellen von Minderungspotenzialen (Verbrauchswerte in MWh der jeweils eingesetzten Medien)
- Grobe Aussagen zu notwendigen Sanierungsmaßnahmen (technisch und notwendige Investitionskosten)
- Grobe Aussagen zu möglichen Effizienzmaßnahmen (technisch und notwendige Investitionskosten)

Baustein 2 Gebäudebewertung

- Datenerhebung vor Ort (techn. Gebäudeausrüstung, überschlägige Hüllflächenannahme)
- Hüllflächenbewertung anhand von Typologien
- Bedarfsberechnung nach vereinfachtem Verfahren (möglicher Abgleich mit Verbrauchswerten)
- Prüfung hinsichtlich möglichen Einsatzes erneuerbarer Energien
- Entwicklung gebäudebezogener Sanierungskonzepte hinsichtlich
 - Darstellung Sanierungsoptionen mit Bewertung der Priorität und des Energieeinsparpotenzials (Menge MWh)
 - Ableitung strategischer Empfehlungen zu kurz-, mittel- oder langfristigen Maßnahmen
 - Darstellung Sanierungsoptionen in einem übersichtlichen Maßnahmenkatalog mit optimaler zeitlicher Abfolge als Grundlage für die Umsetzung durch einen Klimaschutzmanager
 - (vereinfachte) Ermittlung von Investitionskosten (z.B. auf Basis von Kostenkatalogen)
- Entwicklungskonzept für den im vorliegenden Teilkonzept erfassten Gebäudebestand

Grundlage der energetischen Analyse im Rahmen des Klimaschutzteilkonzeptes bildete:

- Datenübermittlung zu den Gebäuden durch Immobilien Bremen in Form von Flächen-Verbrauchsangaben und Angaben zur technischen Gebäudeausrüstung
- Detailinformationen von Immobilien Bremen zu Bauteilaufbauten, erfolgten Sanierungsmaßnahmen und detaillierte Informationen zur technischen Gebäudeausrüstung (TGA)
- Stromlastgangdaten sofern diese vorlagen
- Solartechnische Bewertung der Dachflächen der untersuchten Liegenschaften aus dem Solarkataster Bremen
- Datenaufnahme Vorort durch das TARA Ingenieurbüro NordWest immer gemeinsam mit dem Hausmeister b. Haustechniker
- Grundrisspläne der Gebäude
- Datenabgleich und ergänzende Datenaufnahme in Zusammenarbeit mit den Hausmeistern/Haustechnikern

Bei den Liegenschaften handelt es sich überwiegend um Schulen und Sporthallen. Es wurden aber auch Kindertagesheime, Freizeitheime, ein Bürgerzentrum und Verwaltungsgebäude untersucht.

Nachfolgend werden die Ergebnisse zusammenfassend dargestellt, Ergebnisse zu den Einzelgebäuden sind in den jeweiligen Einzelgutachten dargestellt.

4 Methodik und Randbedingungen der Energieanalyse

4.1 Ermittlung des IST-Zustandes

Für die Energieanalyse wurde die IST-Situation der Gebäude anhand der Energieverbrauchsdaten der Jahre 2014, 2015 und 2016 bewertet. Die Verbrauchsdaten werden von den Nutzenden abgelesen.

Die meisten Liegenschaften haben einen Wärme-/Gas- oder Stromzähler, mit dem der Verbrauch eindeutig erfasst wird. Andere Gebäude versorgen weitere bzw. werden von externen Gebäuden mitversorgt.

Teilweise sind Unterzähler vorhanden. Fehlende Unterzählung erschwert die Erstellung einer rechnerischen Energiebilanz der Einzelgebäude. In diesen Fällen liegt in der Regel eine rechnerische Aufteilung auf Basis der Fläche bei Immobilien Bremen vor. Liegt diese nicht vor, wird sie in den Einzelgutachten entwickelt.

Um die Verbrauchsdaten von drei Jahren vergleichen zu können, wurden diese witterungsbereinigt. Für diese Korrektur wurden folgende *Faktoren zugrunde gelegt*.

| Witterungskorrektur | | 2014 | 2015 | 2016 |
|--|-------------------|--------------|--------------|--------------|
| GTZ DWD HB Flughafen | | 3.098 | 3.390 | 3.402 |
| langj. Mittel (2007 - 2016) | | 3.478 | 3.478 | 3.478 |
| Faktor | | 1,12 | 1,03 | 1,02 |
| WW-Bedarf für Witterungsbereinigung | | | | |
| | kleine Sporthalle | | 5 % | |
| | große Sporthalle | | 15 % | |
| | Kita | | 15 % | |

Abbildung 1: Witterungsfaktoren (Deutscher Wetterdienst – DWD- Flughafen Bremen) und Ansatz zur Einbindung der Warmwasser-Bereitung in die Klimabereinigung.

In den von IB zur Verfügung gestellten Daten ist die Bruttogrundfläche (BGF) aufgeführt. Für den Vergleich der Liegenschaften wird gemäß der Energieeinsparverordnung (EnEV) die Netto-Grundfläche als Energiebezugsfläche definiert. Aus diesem Grund wurden mit Hilfe von Umrechnungsfaktoren die Flächen berechnet und grob auf Plausibilität überprüft.

Hierbei ergaben sich teilweise hohe Abweichungen von den gelieferten Flächenangaben gegenüber den anzusetzenden Energiebezugsflächen, da dort in einigen Fällen z.B. nicht beheizte Flächen wie unbeheizte Dachböden und Kellergeschosse mitberücksichtigt wurden.

Ein genaues Aufmaß der Bauteilflächen (insbesondere der Fenster) war im Rahmen der Vorortbegehung nicht mit vertretbarem Aufwand realisierbar. Diese wurden abgeschätzt und anhand einzelner Abmessungen hochgerechnet.

Die Einstufung der wärmetechnischen Qualität der Bauteile (U-Wert) erfolgte anhand der Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und -verwendung im Wohngebäudebestand (EnEV-Typologie) des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung vom 30. Juli 2009.

Sofern Konstruktionen im Detail vor Ort zu sehen waren, wurden die U-Werte entsprechend angepasst. Die größte Unsicherheit hierbei besteht in Flachdachbereichen. Hier mussten teilweise grobe Annahmen getroffen werden, da weder vor Ort noch bei IB Detailinformationen über den energetischen Zustand vorlagen. Diese Vorgehensweise erscheint für eine erste Analyse zur hinreichenden Einstufung der Bauteile bezüglich des Handlungsbedarfs ausreichend.

Die Handlungsempfehlungen beinhalten mit dem baulichen und energetischen Handlungsbedarf zwei Bewertungskategorien, die nach dem Ampel-Farben-Prinzip bewertet werden:

| Bewertung des Handlungsbedarfes | hoch | mittel | gering |
|---|----------|----------|----------|
| Kategorie "baulicher" Handlungsbedarf | A | B | C |
| Kategorie "energetischer" Handlungsbedarf | 1 | 2 | 3 |

Abbildung 2: Bewertungskategorien.

Die Einteilung in hohen, mittleren und geringen Handlungsbedarf verdeutlicht die Priorisierung der Maßnahmen.

Durch die Einteilung in baulichen und energetischen Handlungsbedarf ist in den Einzelgutachten der Liegenschaften erkennbar, dass beispielsweise an einigen Stellen baulich eine Anlage in sehr schlechtem Zustand ist, gleichzeitig aus energetischer Sicht geringer Handlungsbedarf besteht.

Die Maßnahmen werden unterschieden und getrennt dargestellt, in Maßnahmen am Baukörper und Maßnahmen an der Anlagentechnik.

4.2 Technische Randbedingungen zur Bestimmung des Einsparpotenzial

Für Maßnahmen am Baukörper wurden die in der Bremer Energierichtlinie genannten U-Werte als Basis für die Bestimmung der Ziel-U-Werte verwendet. Diese sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

| Zeile | Bauteil | U _{max} -Wert | |
|-------|---|---|----------------|
| | | für Gebäude oder Zonen von Gebäuden mit Innentemperaturen von | |
| | | ≥ 17 °C | 12 bis < 17 °C |
| | | W / (m ² K) | |
| 1 | Außenwände | 0,18 | 0,25 |
| 2 a | Außenliegende Fenster, Fenstertüren ¹ | * 1,2 | * 1,2 |
| 2 b | Dachflächenfenster ² | 1,3 | 1,3 |
| 2 c | Verglasungen ³ | 1,0 | 1,0 |
| 3 a | Dachflächen (Steildach), einschl. Gauben | 0,18 | 0,25 |
| 3 b | Dachflächen mit Abdichtung (Flachdach) | 0,12 | 0,20 |
| 3 c | Decken gegen unbeheizte Dachräume | 0,12 | 0,20 |
| 3 d | Wände gegen unbeheizte Dachräume | 0,18 | 0,25 |
| 4 a | Wände und Decken gegen Erdreich oder unbeheizte Räume | 0,25 | 0,30 |
| 4 b | Fußbodenaufbauten ⁴ | 0,25 | 0,30 |
| 4 c | Decken nach unten an Außenluft | 0,18 | 0,25 |

* Abw eichend von der Bremer Energierichtlinie ist der Einsatz einer 3fach Wärmeschutzverglasung in vielen Fällen sinnvoll und langfristig gesehen auch wirtschaftlich (z.B. Voraussetzung bei einer KfW-Förderung). Als U-Wert kann hier 0,95 W/m²K angesetzt werden.

Abbildung 3: Soll-U-Werte für Maßnahmen am Baukörper gemäß Energierichtlinie Bremen.

Um die Brennstoffeinsparung zu berechnen, die sich durch eine Maßnahme am Baukörper ergibt wurde das „Bauteilverfahren“ verwendet. Danach errechnet sich die Brennstoffeinsparung Q_B (mit hinreichender Näherung) wie folgt:

$$Q_B = A_{\text{Bauteil}} \times (U\text{-Wert}_{\text{IST}} - U\text{-Wert}_{\text{verbessert}}) \times \text{Heizgradtage} \times \text{Teilbeheizungsfaktor} / \text{Jahresnutzungsgrad}$$

Ausgehend von den Bremer Witterungsdaten wurde einschließlich einer angemessenen Teilbeheizung bzw. einer Wochenend-Absenkung folgende Heizgradstunden für die Ermittlung der Heizenergieeinsparung angenommen.

Heizgrad-Std/ spezif. Einsparpotenzial:

| | | 19 bis 20 °C | 17 bis 18°C | |
|------------------------|----------------------|--------------|-------------|----------|
| AW und DE/DA | Heizgradstunden | 72 | 62 | kKh/a |
| FB & Keller | Heizgradstunden | 36 | 31 | kKh/a |
| Fenster | Iso gegen WSG 1,3 | 136 | 118 | kWh/m²/a |
| mit 2f WSVG | 1-fach gegen WSG 1,3 | 293 | 254 | kWh/m²/a |
| Fenster | Iso gegen WSG 0,9 | 157 | 136 | kWh/m²/a |
| mit 3f WSVG | 1-fach gegen WSG 0,9 | 315 | 273 | kWh/m²/a |

Abbildung 4: Heizgradstunden und spezifisches Einsparpotenzial für Maßnahmen am Baukörper.

Für den Austausch von Fenstern wurde zusätzlich die Änderungen des g-Wertes der Verglasung angemessen berücksichtigt und ausgewiesen.

Solarpotenzial für Photovoltaik (gesamte Liegenschaft):

Die solartechnische Bewertung der Dachflächen der untersuchten Liegenschaften erfolgte mit Hilfe des Solarkatasters Bremen (www.solarkataster-bremen.de).

Das ausgewiesene PV-Potenzial gilt vorbehaltlich einer statischen Prüfung und kann ggf. erst nach einer energetischen Sanierung der Dachflächen umgesetzt werden.

Die Zuordnung der Maßnahme (Kosten und Einspareffekt) erfolgt für das Gebäude mit Hauptzähler, wobei die Kohlenstoffdioxid-Reduktion sich auf die gesamte Liegenschaft bezieht.

Eine eigenverbrauchsoptimierte Anlagengröße kann ggf. aus einem Stromlastgang abgeleitet werden.

4.3 Wirtschaftliche Rahmendaten zur Bestimmung des Einsparpotenzials

Energiepreise:

Um eine Einschätzung der Wirtschaftlichkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen zu geben, wurden die von IB vorgegebenen Arbeitspreise und Teuerungsraten der Energieträger zugrunde gelegt. Für die Ermittlung der Einsparungen und der wirtschaftlichen Bewertung der Maßnahmen werden die in folgender Tabelle aufgeführten Energiepreise für „Ist“ und „langfristig“ angenommen.

| Arbeitspreis | Preis- steigerung | | | |
|--------------------|------------------------------|---------------------|----------------------------|-----------|
| | IST (brutto) | | langfristig** | |
| | Bewertung für IST-Zustand | Teuerung* in %/a | Bewertung von Maßnahmen | |
| Strom | 23,50 | 3,0 | 31,57 | ct/kWh |
| Erdgas (Hs) | 4,00 | 4,0 | 5,96 | ct/kWh Hs |
| Erdgas | 4,43 | | 6,60 | ct/kWh Hi |
| Heizöl | 5,50 | 7,0 | 11,27 | ct/kWh Hi |
| Fernwärme | 7,24 | 4,0 | 10,78 | ct/kWh Hi |

* gemäß Energierichtlinie Bremen Entwurf vom 30.5.2016
 ** Bei wirtschaftlicher Bewertung der Maßnahmen wird von einem mittleren zukünftigen Energiepreis ausgegangen, daher kann u.U. eine rel. Energiekosteneinsparung geg. IST-Zustand von über 100% entstehen

Abbildung 5: Arbeitspreise „Ist“ und „langfristig“.

Nutzungsdauer der Maßnahmen:

Als Quelle für die Nutzungsdauer der Maßnahmen wurde die Bremer Energierichtlinie (Entwurf vom 30.5.2016) verwendet. Diese sind nachfolgend dargestellt. Bei Maßnahmen im Bereich der Anlagentechnik wird auf die VDI 2067 verwiesen. PV-Anlagen sind in der VDI 2067 nicht aufgeführt. Hier wurden 20 Jahre angenommen.

| Maßnahme | Nutzungsdauer |
|----------------------------------|--------------------------------|
| Maßnahmen am Baukörper | 30 Jahre |
| Maßnahmen Anlagentechnik | Nach VDI 2067 |
| Festlegung gemäß VDI 2067 | |
| Kessel, Verteiler etc. | 20 Jahre |
| Thermostatventile | 15 Jahre |
| Umwälzpumpen | 10 Jahre |
| Warmwasserbereitung | 20 Jahre |
| BHKW | 15 Jahre |
| PV-Anlage | 20 Jahre (in Anlehnung an VDI) |
| Lüftungsanlagen | 20 Jahre (in Anlehnung an VDI) |
| Regelungstechnik | 15 Jahre |
| Beleuchtung | 20 Jahre |

Abbildung 6: Nutzungsdauern

Ansätze der Investitionskosten:

Folgende spezifische Kostenansätze für die Umsetzung einer Maßnahme wurden nach Vorgabe und Abstimmung mit Immobilien Bremen bzw. aus Erfahrung aus anderen Förderprogrammen zu Grunde gelegt:

| | U-Wert W/m ² K | Kosten brutto €/m ² |
|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Außenwand | | |
| Kerndämmung | 0,53 | 18,00 |
| WDVS (040) | 0,18 | 180,00 |
| Fenster | | |
| Fenster/Fenstertüren | 0,95 | 600,00 |
| Dach | | |
| Dachschrägen | 0,14 | 220,00 |
| Oberste Geschossdecke | 0,12 | 80,00 |
| Flachdächer | 0,12 | 200,00 |
| Kellerdecken | | |
| Kellerdecken | 0,25 | 140,00 |
| Decken nach unten an Außenluft | 0,18 | 200,00 |

Abbildung 7: Investitionskosten Gebäudehülle.

Gas-Brennwert-Kessel

| | | | | | |
|-------------------------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Leistungsbereich in kW | < 30 kW | < 80 | < 300 | > 300 | |
| Sanierung Kessel | €/kW | 250,00 | 200,00 | 175,00 | 175,00 |
| Formel | $407,87 \times kW^{-0,152}$ | | | | |

Regelung

| | | |
|-----------------------|----------|-----------|
| Strangregelung einfac | €/Strang | 900,00 |
| DDC-Regelung | | |
| 4 HKs | € | 20.000,00 |
| zus. HK | € | 750,00 |

Hocheffizienz-Pumpen

| | | | |
|---------|--------------|---------------|-------------|
| | klein | mittel | groß |
| €/Stck. | 500,00 | 1.500,00 | 2.200,00 |

Nachrüstung voreinstellbare Thermostatventile

| | | |
|-----------------------------------|----------------|-----------------------|
| Thermostatventile | pro Heizkörper | 70,00 EUR/Stk |
| Berechnung hydraulischer Abgleich | pro Heizkörper | 35,00 EUR/Stk |
| Summe | | 105,00 EUR/Stk |

WW-Bereitung

| | |
|--|-------------------|
| Frischwasserstation mit Speicher | 10.000,00 EUR/Stk |
| Zirkulationspumpe als Hocheffizienzpumpe | 350 EUR/Stk |

Lüftungsanlagen

| | | | | | | | |
|-----------------------------|---------------------------|------------|----------------|------------|-------------|-------------|------------|
| Abbau alte Anlage | Pauschale Schätzung | | | | | | |
| Leistungsbereiche | 600 m³/h | 1.500 m³/h | 2.500 m³/h | 5.000 m³/h | 10.000 m³/h | 15.000 m³/h | |
| Einsatzbereiche | dezentral ein Klassenraum | | Kita 4 Gruppen | | | | |
| Kompaktgerät mit WRG | 4.500 | 12.000 | | | | | EUR Brutto |
| Großgeräte in Modulbauweise | | | 15.000 | 20.000 | 28.000 | 35.000 | EUR Brutto |
| Lüftungs-Kanalnetz erneuern | Pauschale Schätzung | | | | | | |

| | | | | | |
|--|----------|------|------|------|------|
| Motoren und FU | Leistung | 1 kW | 2 kW | 4 kW | 5 kW |
| Lüfter-Motoren gegen EC-Motoren nachrüsten | | | | | |
| FU nachrüsten | | | | | |

| | | | |
|-------------|-----------|--|-------|
| BHKW | Kosten/kW | = $5.438 \times P_{el}^{-0,351} \times P_{el} \times 1,45 \times 1,15$ | netto |
|-------------|-----------|--|-------|

PV-Systemkosten = komplett mit Modulkosten/ Wechselrichter / Blitzschutz / Schaltschrank / Montage

| | | | | |
|------------------------------------|--|----------|---------------|-------------|
| Anlagen-Klassen | < 5 kWp | < 10 kWp | 10 bis 40 kWp | bis 100 kWp |
| spezif. Kosten pro kWpeak (brutto) | 2.150,00 | 1.900,00 | 1.550,00 | 1.400,00 |
| KostenfunktionPV | PV Kosten (Ppeak) = $2607 \times P_{peak}^{-0,14}$ | | | |

Abbildung 8: Investitionskosten TGA.

Beleuchtung inkl Montage

| | | |
|-------------------------------------|--------------------------|----------------|
| LED-Retrofit Ersatz 58 W > 120 lm/W | 30 EUR/Stk | |
| LED-Lampen 3 - 7 W | 8 EUR/Stk | |
| LED-Lampen 11 - 24 W | 10 EUR/Stk | |
| LED-Retrofit Ersatz 18 W | 10 EUR/Stk | |
| LED-Retrofit Ersatz 36 W > 150 lm/W | 15 EUR/Stk | |
| Wannenleuchte LED | 150 EUR/Stk inkl Montage | 4000 lm / 35W |
| Rasterleuchte LED schlicht | 160 EUR/Stk inkl Montage | 4000 lm / 35W |
| Downlight LED klein | 110 EUR/Stk inkl Montage | 1000 lm / 10 W |
| Downlight LED mittel | 125 EUR/Stk inkl Montage | 1400 lm / 15 W |
| Downlight LED groß | 140 EUR/Stk inkl Montage | 2000 lm / 20 W |
| Opale Anbauleuchte LED rund klein | 90 EUR/Stk inkl Montage | 1200 lm / 10 W |
| Opale Anbauleuchte LED rund mittel | 105 EUR/Stk inkl Montage | 1800 lm / 15 W |
| Opale Anbauleuchte LED rund groß | 160 EUR/Stk inkl Montage | 3000 lm / 27W |
| Feuchtraumleuchte LED 1200 mm | 95 EUR/Stk inkl Montage | 2300 lm / 19W |
| Feuchtraumleuchte LED 1500 mm | 110 EUR/Stk inkl Montage | 3700 lm / 34 W |
| Einbauleuchte LED-Panel 625x625 | 125 EUR/Stk inkl Montage | 3400 lm / 31 W |
| LED-Fluter Außen | 140 EUR/Stk inkl Montage | 4000 lm / 50 W |
| Ersatz Kofferleuchte mit HQL-Lampe | 620 EUR/Stk inkl Montage | 1600 lm / 14 W |

Abbildung 9: Investitionskosten Beleuchtung.

CO₂-Emissionsfaktoren:

Um die CO₂-Emissionen bewerten zu können, wurden folgende CO₂-Faktoren in Abstimmung mit Immobilien Bremen basierend auf der Datengrundlage von GEMIS und dem Bremer Klimaschutz- und Energiekonzept (KEP2020 mit Angaben für die lokale Fernwärme und Stromerzeugung) zugrunde gelegt:

| CO ₂ -Faktoren | | |
|---------------------------|--------------|-----------|
| Strom | 708,2 | kg/MWh |
| Erdgas | 182,0 | kg/MWh Hs |
| Erdgas | 202,0 | kg/MWh Hi |
| Heizöl | 266,0 | kg/MWh Hi |
| Fernwärme | 162,5 | kg/MWh Hi |

Abbildung 10: CO₂-Faktoren

5 Zusammenfassung der Energieverbräuche, der Energiekosten und der CO₂-Emissionen im IST-Zustand

Für die insgesamt 46 untersuchten Gebäude liegen für die folgenden sechs Gebäude keine Verbrauchsdaten vor:

- G0006 Sportplatz Kästnerstraße
- G1543 Ortsamt Blockland
- G1870 BS für Hauswirtschaft - Hauptgebäude
- G1873 BS für Hauswirtschaft - Werkstattgebäude
- G2680 KUBIKO Godehardstraße
- G4755 KUBIKO Osenbrückstraße

Für die folgenden erfassten Hausmeistergebäude sind die Wärmeverbräuche zugänglich, die Stromverbräuche obliegen den privaten Haushalten:

- G0290 Schule an der Alfred-Faust-Straße - Hausmeisterhaus
- G2200 Schule an der Glockenstraße - Hausmeisterhaus

Das Gebäude G2029 Volkshochschule FÖZ Obervieland - Werktrakt konnte aufgrund eines Brandschadens nicht untersucht werden.

Die Verbrauchsauswertung aller Liegenschaften ergibt als Mittelwert der Jahre 2014 bis 2016 einen klimabereinigten Wärmeverbrauch zur Beheizung und Warmwasserbereitung in Höhe von 6.694 MWh/a.

Der Mittelwert des Gesamt-Stromverbrauch beträgt insgesamt 1.215 MWh/a.

| Energieverbrauch gesamt absolut in MWh | Erdgas | Heizöl | Fernwärme | Strom |
|--|--------|--------|-----------|-------|
| | 2.348 | 806 | 3.540 | 1.215 |

Abbildung 11: Übersicht Verbräuche Mittelwert 2014-2016.

Die Darstellung der Einzelverbräuche ist nachfolgend grafisch dargestellt. Dabei sind die Gebäude mit Ihren G-Codes aufgelistet. Deren Zuordnung ist dem Anhang zu entnehmen.

Die Wärmeverbräuche sind nach Energieträgern dargestellt.

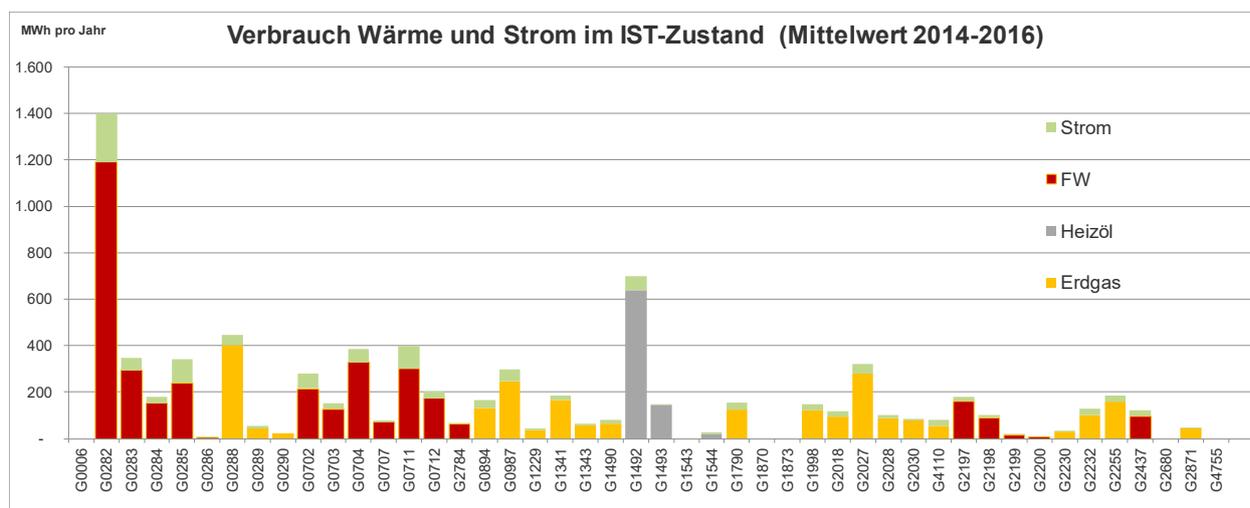


Abbildung 12: Energieverbräuche der einzelnen Gebäude.

Die jährlichen CO₂-Emissionen betragen 2.124 t/a.

Dabei wurden als CO₂ –Faktoren der im Land Bremen anfallende Faktor für Strom und Fernwärme sowie die bundesweiten Faktoren für Erdgas, Holz und Heizöl angesetzt.

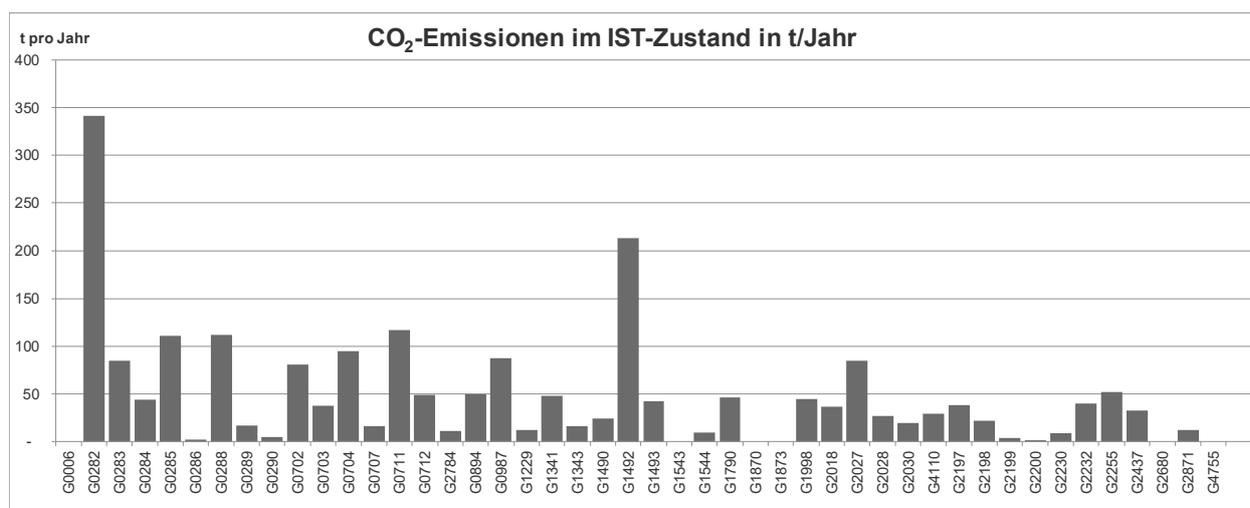


Abbildung 13: CO₂-Emissionen der einzelnen Gebäude.

Durch die Energienutzung fallen jährliche Energiekosten (Brutto) in der Höhe von 670 Tausend €/a an.

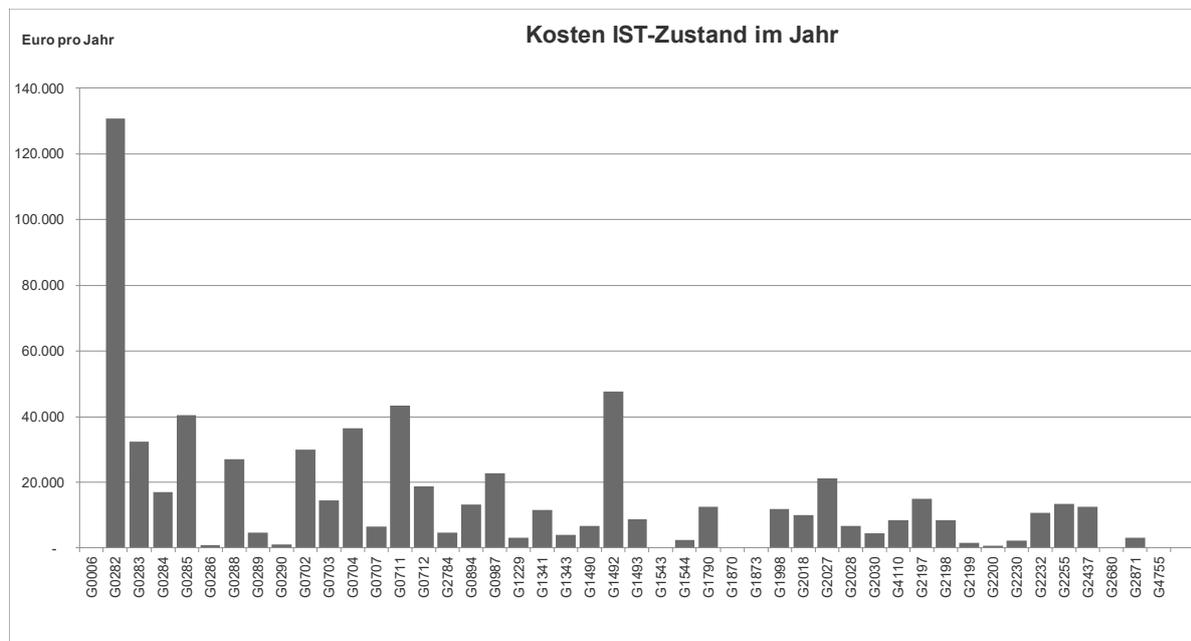


Abbildung 14: Verbrauchskosten der einzelnen Gebäude.

Die Wichtung der Energieträger zeigt, dass 15 % der eingesetzten Energie für Stromanwendungen benötigt werden. Zur Wärmeerzeugung wird überwiegend Fernwärme bzw. Wärme aus Erzeugeranlagen im Contracting eingesetzt. Lediglich drei der untersuchten Liegenschaften werden mittels Ölheizungsanlagen beheizt.

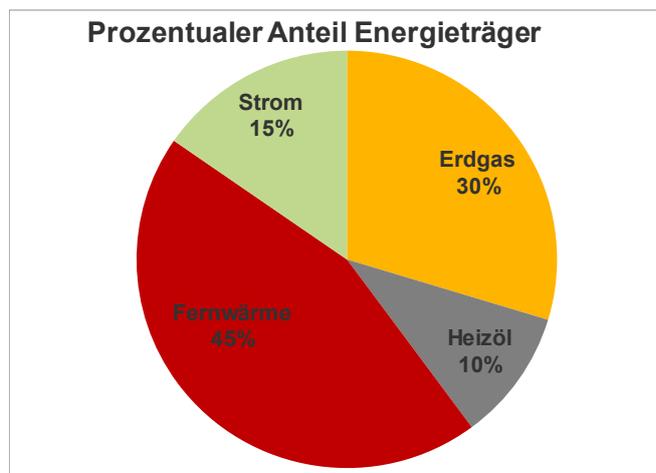


Abbildung 15: Anteil der Energieträger.

Nachfolgend sind die Gebäude nach Höhe ihrer Energiekennwerte Wärme geclustert dargestellt (rote Balken).

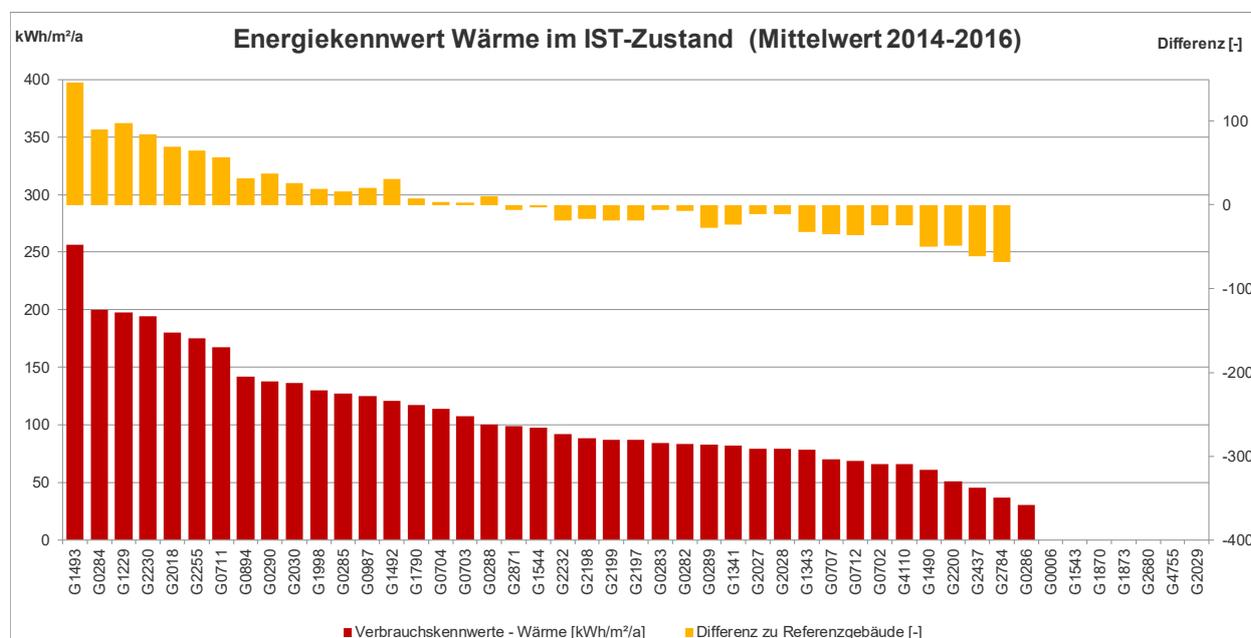


Abbildung 16: Spezifischer Energieverbrauch Wärme.

Der Vergleich mit den Referenzgebäuden nach EnEV-Neubau mit spezifischen Verbräuchen zwischen 80 und 110 kWh/m² und Jahr (gelbe Balken) zeigt, dass ca. 50% der Gebäude einen Verbrauch im Bereich oder auch unterhalb der Vergleichswerte aufweisen.

Bei einem spezifischen Verbrauch > 150 kWh/m² und Jahr wird ein hohes Einsparpotential angesetzt. Dies trifft auf 16 Gebäude zu.

Strom wird hauptsächlich eingesetzt zur

- Warmwasserbereitung
- Beleuchtung
- Be- und Entlüftung
- Antriebe TGA (Pumpen, Regelstationen etc.)
- IT
- Betrieb von Mensen und Kleinküchen und
- Schulbetrieb.

Nachfolgend sind die Gebäude nach Höhe ihrer Energiekennwerte Strom geclustert dargestellt (grüne Balken).

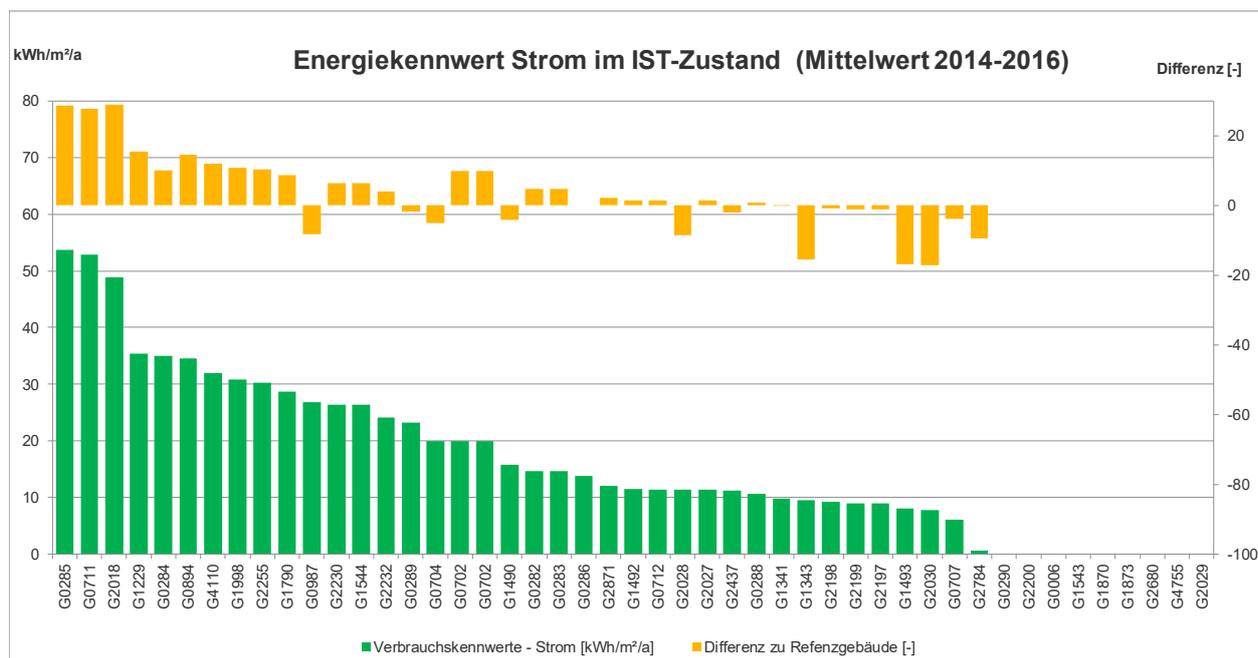


Abbildung 17: Spezifischer Energieverbrauch Strom.

Der Vergleich mit den Referenzgebäuden nach EnEV-Neubau mit spezifischen Verbräuchen zwischen 10 und 30 kWh/m² und Jahr (gelbe Balken) zeigt, dass ca. 62% der Gebäude einen Verbrauch im Bereich oder auch unterhalb der Vergleichswerte aufweisen.

Bei einem spezifischen Verbrauch > 35 kWh/m² und Jahr wird ein hohes Einsparpotential angesetzt. Dies trifft auf drei Gebäude zu.

Lastganganalyse

Insgesamt liegen für vier Liegenschaften Stromlastgänge vor. Die Lastgänge der drei Regelschulen zeigen allesamt für die Nutzung typische Lastgangverläufe. Festgestellt werden kann, dass in den Schulen während der Pausenzeiten ein deutliches Abnehmen des Stromverbrauches zu erkennen ist. Dies ist ein Zeichen, dass die Reduktion des Stromverbrauches als Ziel von den Nutzenden umgesetzt wird.

Bei der Bewertung des Stromverbrauches zu Nichtnutzungszeiten ergeben sich für die Gebäude unterschiedliche Bewertungen, beispielhaft seien hier die Ergebnisse zweier Schulen dargestellt.

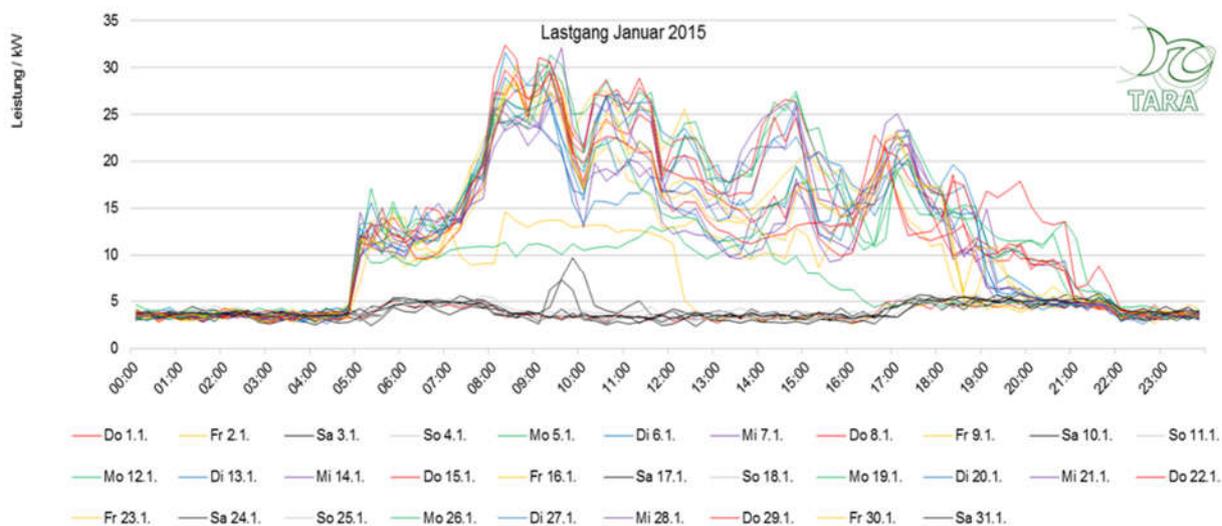


Abbildung 18: Stromlastgang Schule an der Stichnathstraße – Winter.

Der Stromleistungsbezug an der Schule an der Stichnathstraße in den Nichtnutzungszeiten liegt ganzjährig zwischen 2-4 kW für Antriebe TGA, Notbeleuchtung, IT, Außenbeleuchtung und Sonstiges. Die Verbrauchswerte in Nichtnutzungszeiten sind in diesen Gebäuden so gering, dass kein Einsparpotential vorhanden ist.

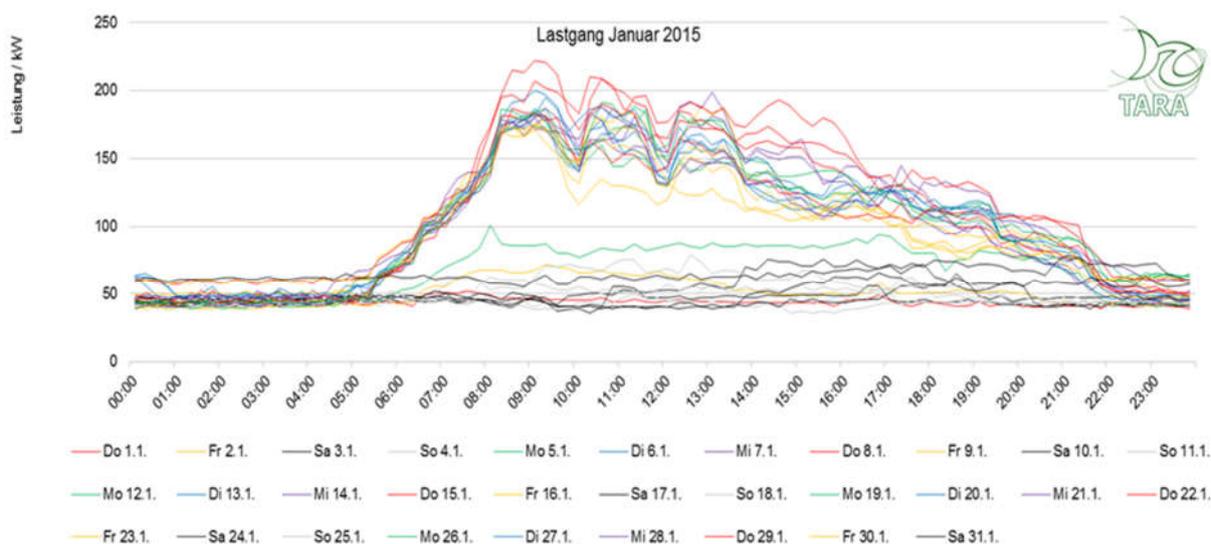


Abbildung 19: Stromlastgang Schulzentrum Sek.I Obervieland – Winter.

Der Stromlastgang am Schulzentrum Sek. I Obervieland zeigt sowohl im Winter als auch im Sommer hohe Verbrauchswerte zu Nichtnutzungszeiten. Ursache ist der Betrieb der Lüftungsanlagen der Turnhalle auch nach 22:00 Uhr. Ein hohes Einsparpotential von rund 26kW elektrischer Energie liegt in der Abschaltung der Lüftungsanlagen in den Nichtnutzungszeiten.

Die Stromverbrauchswerte zu Nichtnutzungszeiten der Volkshochschule/FÖZ Obervieland und der Oberschule Habenhausen ergeben für die Sommermonate Verbrauchswerte zwischen 2,5 kW und 3 kW bzw. 7kW bis 10kW in den Sommermonaten. In den Wintermonaten liegen diese um das Drei- bis Vierfache höher.

Hier wird empfohlen, die Ursachen für den hohen Stromverbrauch zu klären und zu prüfen, ob dieser vermeidbar sind und darauf basierend Einsparmaßnahmen vorzunehmen. Die Stromverbrauchswerte der Volkshochschule/FÖZ Obervieland weist eine hohe Streuung der Verbrauchswerte auf.

6 Energetischer IST-Zustand Baukörper und Technik

Der energetische Zustand der Baukörper und der Haustechnik werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt.

6.1 Baukörper

Der energetische Zustand der einzelnen Baukörperteile

- Fußboden/Kellerdecke
- Außenwand
- Fenster/Türen/Oberlichter
- Dach/obere Geschossdecke

wurde in Form des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) dokumentiert. Der U-Wert von sichtbaren Konstruktionen wurde jeweils berechnet. Die U-Werte von nicht sichtbaren Konstruktionen wurden einer Gebäudetypologie entnommen. Dieses trifft vor allem bei Fußböden und Flachdächern zu.

In den folgenden Abbildungen sind für die Außenwand und die Dach-/obere Geschossdeckenfläche aufgeteilt nach drei Kategorien dargestellt:

- Energetisch schlecht: U-Wert größer als $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Energetisch mittel: U-Wert zwischen $0,5$ und $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Energetisch gut: U-Wert kleiner als $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

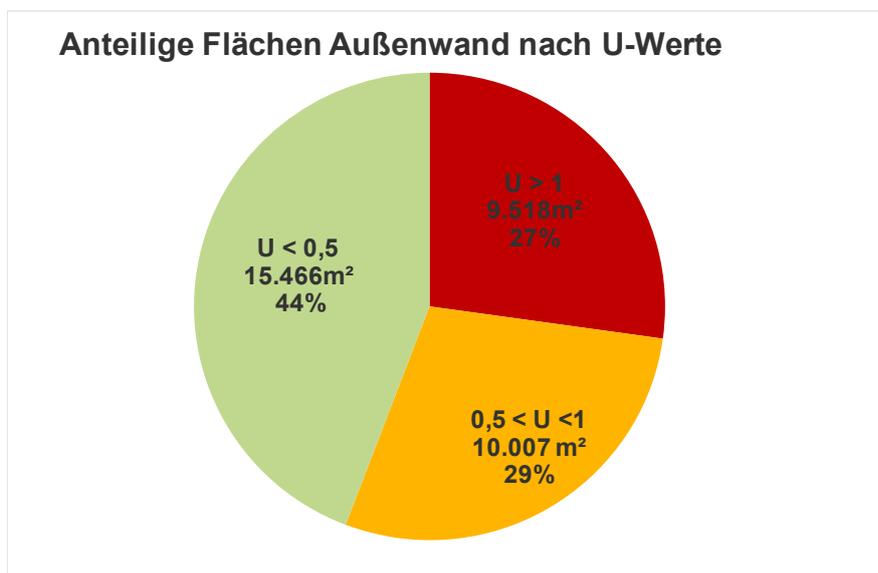


Abbildung 20: Flächen Außenwand nach U-Werten

Ca. 27 % der Außenwandfläche wird als energetisch schlecht bewertet. Dies sind Ziegelfassaden und verputzte Außenwände. Wände, bei denen keine Luftschicht zu erkennen war, wurden als Vollziegelmauerwerk angenommen.

Ca. 44% der Außenwandflächen kann als energetisch gut bewertet werden.

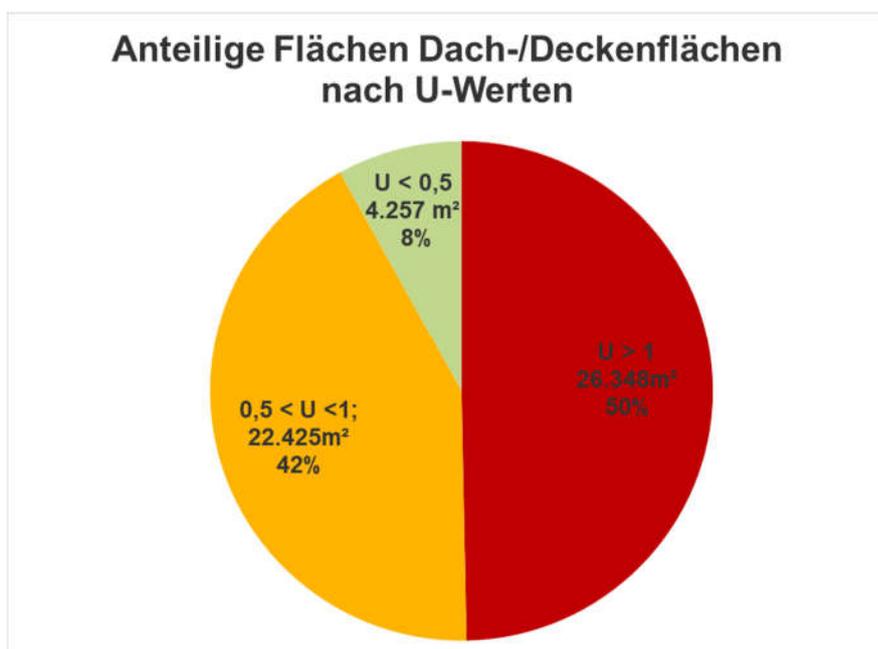


Abbildung 21: Anteilige Flächen Dach- und Deckenflächen nach U-Werten.

Ca. 50 % der Dach- und Deckenflächen wird als energetisch schlecht bewertet. Diese Flächen sind vor allem ungedämmte Decken zu ungenutzten Dachböden und Flachdächer, die noch nicht energetisch saniert wurden.

Ca. 8 % der Fläche kann als energetisch gut bewertet werden. Die Datenlage bei den Flachdächern ist relativ unsicher. Der Dämmzustand von vermutlich ungedämmten oder gering gedämmten Flachdächern sollten in einer gesonderten Betrachtung überprüft werden.

Die Glasarten der Fenster und Türen werden ebenfalls aufgeteilt nach drei Kategorien dargestellt:

- 1-fach Glas: U-Wert $> 4,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ (incl. Glasbausteine)
- Standardisolierverglasung: U-Wert $2,0 - 4,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ je nach Glasqualität und Rahmenart
- Wärmeschutzglas U-Wert $< 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ (incl. 3-fach Glas)

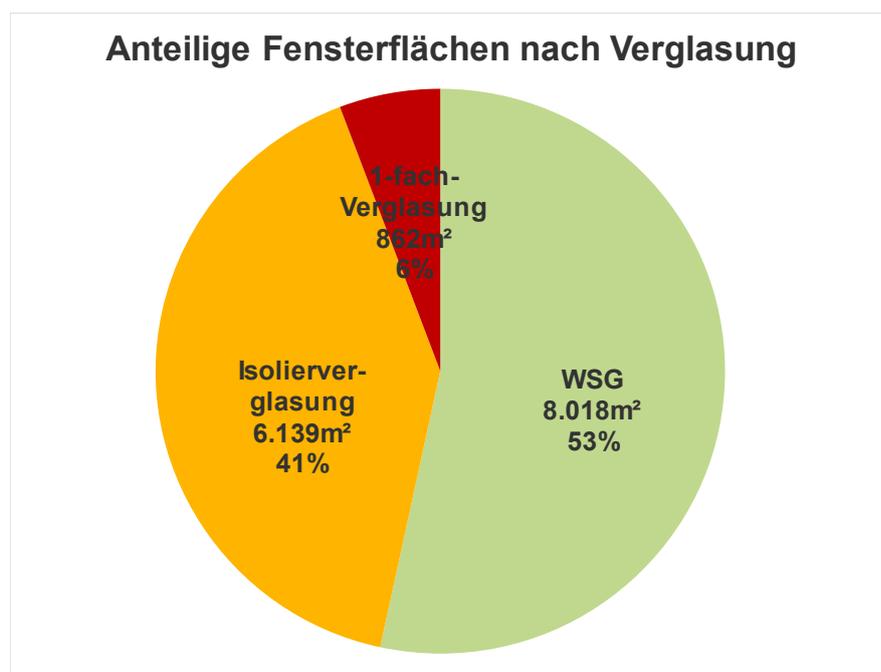


Abbildung 22: Anteilige Fensterflächen nach Verglasungsart.

Ca. 6 % der Fensterfläche wird als energetisch schlecht bewertet. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass es sich hierbei überwiegend um Fenster in teilbeheizten Räumen (Flure, Treppenhäuser) handelt.

Mehr als die Hälfte der Fensterflächen weisen einen U-Wert $< 2 \text{ W/m}^2\text{K}$ auf und werden als energetisch gut bewertet (Wärmeschutzglas - WSG).

6.2 Haustechnik

Wärmeerzeugung

Die Wärmeerzeugung erfolgt über

- Fernwärme,
- Kesselanlagen in Eigenbetrieb und als Wärmeliefercontracting.

Im Eigenbetrieb sind 24 Kesselanlagen mit insgesamt 27 Heizkesseln eingesetzt. Die Altersstruktur der Kessel ist in der folgenden Abbildung angegeben.

22 Liegenschaften werden über Fernwärme bzw. über Contracting mit Wärme versorgt.

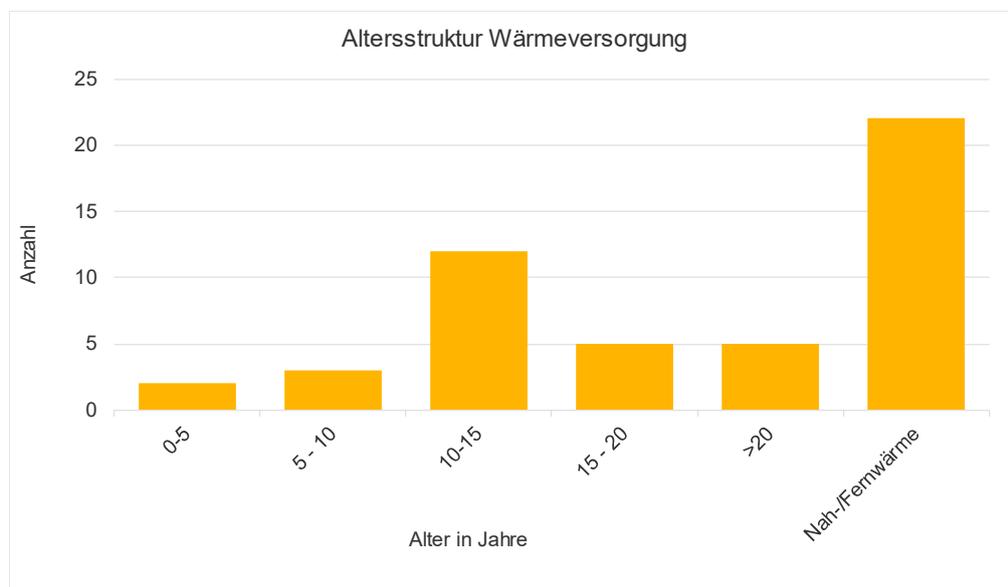


Abbildung 23: Altersstruktur Wärmeversorgung.

Rund ein Drittel der Kessel sind älter als 15 Jahre (18 % älter als 20 Jahre). Hier besteht kurz- und mittelfristig Handlungs- bzw. Sanierungsbedarf. Die älteren Kessel sind überwiegend Niedertemperaturkessel. Die neueren sind zu 100 % Brennwertkessel.

Für sechs Liegenschaften wurde eine Erneuerung der Heizungsanlage empfohlen.

Generell kann festgestellt werden, dass die Fernwärmeübergabestationen einschließlich Wärmetauscher, Haupt-Vorlaufverteilung, Leitungsdämmung und Heizkreispumpen in den letzten zehn Jahren erneuert wurden und überwiegend dem Stand der Technik entsprechen.

Wärmeverteilung

Bei nahezu allen Gebäuden ergaben sich Maßnahmen im Bereich der Wärmeverteilung.

Die Einteilung der Umwälzpumpen erfolgt nach drei Effizienzklassen:

- Energetisch schlecht: Standardpumpe stufig oder konstant
- Energetisch mittel: Geregelte Pumpe
- Energetisch gut: Hocheffizienzpumpe

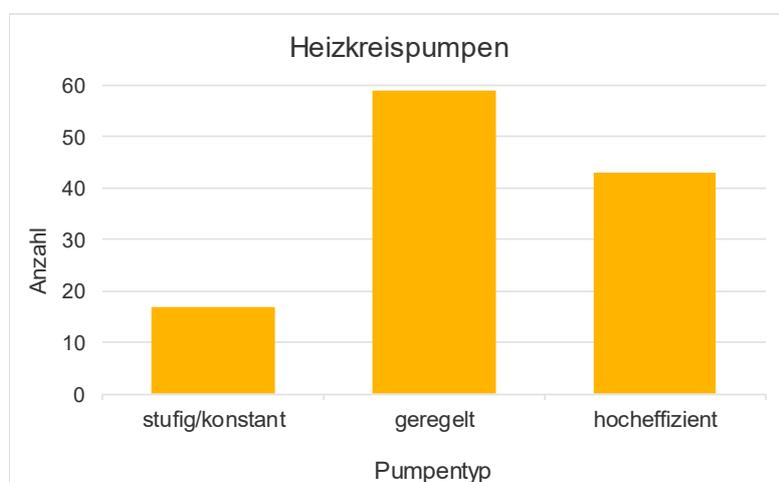


Abbildung 24: Pumpentypen.

Ca. 36 % der Pumpen sind hocheffizient. Lediglich 15 % der Pumpen sind unregelte Standardpumpen.

Die Regelungstechnik befindet sich überwiegend in einem guten Zustand. Größere Anlagen verfügen über eine Gebäudeleittechnik, die fernbedienbar ist.

Wärmeabgabe

Alle Heizkörper sind mit Thermostatventilen verschiedenen Alters ausgerüstet. Ein Hydraulischer Abgleich wurde in nahezu keinem Gebäude durchgeführt.

Warmwassertechnik

Warmwasser wird entweder zentral über die Heizungsanlage mit Speicher oder Spicheladesysteme erzeugt oder dezentral, elektrisch über Klein-Speicher.

Die Warmwassersysteme befinden sich energetisch überwiegend in einem guten Zustand. Allerdings weisen die Speicher keine Effizienzklasse auf.

In drei Gebäuden wurde eine Erneuerung der Warmwasserbereitung empfohlen

Als Speicherladepumpen und Zirkulationspumpen sind in Teilen keine hocheffizienten Pumpen eingesetzt. Hier wurden in neun Gebäuden entsprechende Maßnahmen empfohlen.

Für Gebäude mit dezentraler, elektrischer Warmwasserbereitung (Speicher) wurden in sieben Fällen der Einsatz von elektrischen Durchlauferhitzern bzw. Mini-Durchlauferhitzern empfohlen.

Beleuchtung

Die Beleuchtung in den Hauptzonen mit hohen Betriebsstunden erfolgt überwiegend über T8-Leuchtstofflampen (LL T8) mit konventionellen Vorschaltgeräten (KVG). Teilweise wurden bei einer Erneuerung der Beleuchtung bereits T8-Leuchtstofflampen mit energieeffizienteren elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) eingesetzt. Ineffiziente Beleuchtung befindet sich ebenfalls überwiegend in den Nebenräumen mit geringeren Betriebsstunden.

Bei baulich als gut bewerteten Leuchten wird ein Austausch der Leuchtstofflampen gegen LED-Retrofit empfohlen. Bei baulich schlecht bewerteten Leuchten und hohen Betriebsstunden wird ein Austausch gegen LED-Rasterleuchten oder LED-Paneele empfohlen.

Eine zweite zahlreich vertretene Lampe ist die Kompaktleuchtstofflampen (KLL), überwiegend mit Steckfassung (KLL st.).

Auch hier wird bei baulich gut bewerteten Leuchten ein Austausch gegen LED-Lampen und bei baulich schlecht bewerteten Leuchten ein Austausch der Leuchte gegen LED-Technik empfohlen.

In einigen Bereichen wurden bereits T5-Leuchtstofflampen (LL T5) mit elektronischen Vorschaltgeräten oder LED-Beleuchtung eingesetzt. In diesen Fällen können keine wirtschaftlichen Maßnahmen identifiziert werden.

In Teilen sind Sanitärräumen und Flure mit Präsenzmeldern ausgerüstet. Es ist empfehlenswert Tageslichtsteuerungen und Präsenz- bzw. Bewegungsmelder wo möglich einzusetzen.

Insgesamt wurden 108 Maßnahmen im Bereich Beleuchtung identifiziert, die sich auf 36 der 46 Gebäude aufteilen.

Lüftungstechnik

In den großen Schulkomplexen befinden sich Lüftungsanlagen. Diese sind in Teilen stark veraltet und weisen Handlungsbedarf auf. Die Technischen Daten der Lüftungsanlagen waren oftmals nicht einsehbar, weswegen sich eine Bewertung der Anlagen grundsätzlich als schwierig erwies.

In fünf Gebäuden wurden Maßnahmen im Bereich der Lüftungstechnik empfohlen.

Nutzung regenerativer Energien und Kraft-Wärme-Kopplung

In zwei Gebäuden waren thermische Solaranlagen zur Wärmerzeugung installiert, wovon eine zum Zeitpunkt der Datenaufnahme nicht in Betrieb war.

Auf wenigen der Gebäude war bereits eine Photovoltaikanlage installiert, dies wurde bei der Potentialanalyse mit Hilfe des Solarkatasters berücksichtigt und die Fläche dementsprechend abgezogen.

Es liegen keine Informationen darüber vor, in welcher Form der durch die PV-Anlagen erzeugte Strom eingesetzt wird. Im Falle einer Eigennutzung ist nicht vermerkt, inwieweit der genutzte PV-Strom in den Verbräuchen berücksichtigt wurde.

Keines der aufgenommenen Gebäude wurde durch ein Blockheizkraftwerk mit Wärme versorgt.

7 Maßnahmen

Aufbauend auf der Bestandserfassung und -bewertung wurden Einsparmaßnahmen entwickelt. Diese sind aufgeteilt nach Maßnahmen an der Gebäudehülle und Maßnahmen an der Gebäudetechnik. Unter Gebäudetechnik ist auch die Installation einer Photovoltaikanlage gefasst.

Die Maßnahmen werden zur Kategorisierung mit Kürzeln belegt.

| Maßnahmenkürzel | |
|-----------------|--|
| AW | Außenwanddämmung |
| FE | Fenster-/Türeneuerung |
| DA | Dach-/Deckendämmung |
| FB | Fußbodendämmung |
| HK | Heizkesselenergie |
| WV | Erneuerung Wärmeverteilung incl. Umwälzpumpen, Wärmeabgabe |
| WWB | Maßnahmen am Warmwassersystem |
| MSR | Maßnahmen an der Regelungstechnik (Heizung und/oder Lüftung) |
| LÜ | Maßnahmen an der Lüftungstechnik |
| BE | Maßnahmen an der Beleuchtung |
| KWK | BHKW |
| PV | Photovoltaikanlage |
| Inst | Instandsetzung |

Abbildung 25: Maßnahmenkürzel.

Zusätzlich ist Folgendes ist zu berücksichtigen:

- Je nach wirtschaftlichem Ergebnis der Maßnahme wird kurz-, mittel oder langfristig zur Umsetzung empfohlen.
Zeithorizont der Umsetzung (als Empfehlung) K = kurzfristig (< 2 Jahre) / M = mittelfristig (2 bis 5 Jahre) / L = langfristig (> 5 Jahre).
- Bei gekoppelten Maßnahmen, wie z.B.: Wärmedämmung und Kesselenergie, können im Gesamtpaket die Einsparungen nicht additiv behandelt werden, dies ergibt überhöhte Einsparungen.
- Ergab die Berechnung überhöhte Einsparungen wurde ein Reduktionsfaktor eingefügt.
- Der Erdgasmehrverbrauch eines BHKWs wirkt sich verbrauchssteigernd bzw. der selbstgenutzte Strom bei BHKW oder PV wirkt sich verbrauchsreduzierend aus.
- Bei Gebäuden mit geringer Geschosshöhe aber großer Fläche kann über die Photovoltaikanlagen in der Regel weit mehr Strom produziert werden als im Gebäude genutzt werden kann. Hier wurde in der Energieeinsparberechnung der eigengenutzte Strom berücksichtigt. Bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde das Kosteneinsparpotential der Gesamtanlage berücksichtigt.
- Für jedes Gebäude wurde die Eignung der Dachflächen auf Grundlage des Solarkatasters Bremen untersucht. Vor Umsetzung der Maßnahmen müssen die Standorte von PV-Anlagen hinsichtlich Statik usw. geprüft werden.

Insgesamt wurden 410 Maßnahmen identifiziert, welche wie folgt den einzelnen Bereichen zugeordnet werden können.

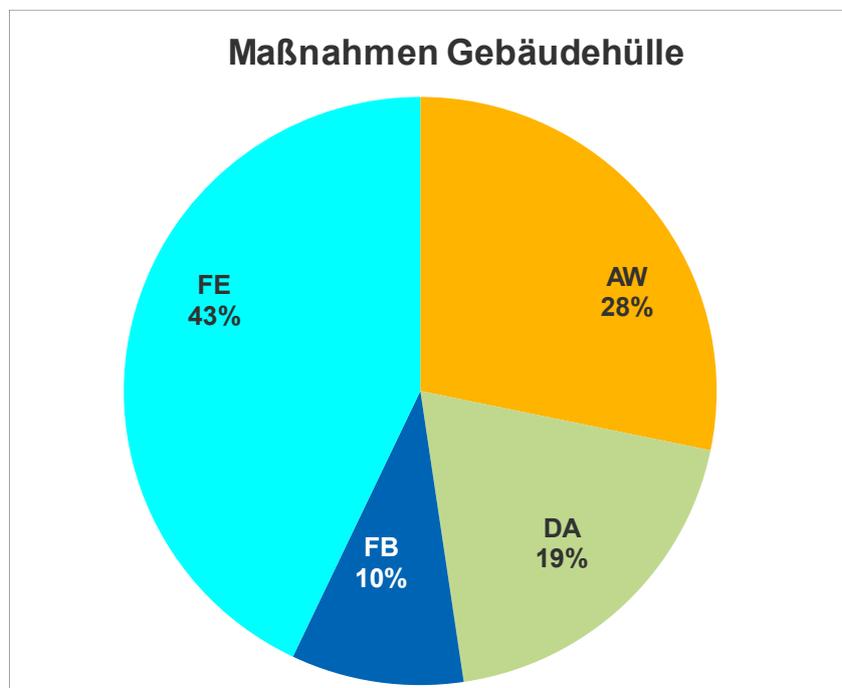


Abbildung 26: Maßnahmen Gebäudehülle nach Außenbauteilen.

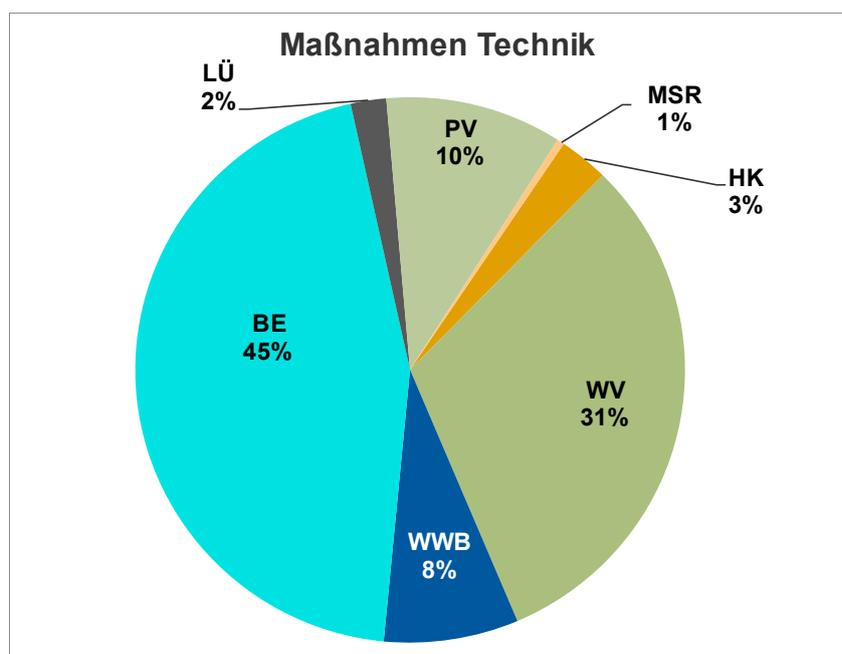


Abbildung 27: Maßnahmen Technik nach Technologien.

Absolut liegt die Anzahl der Maßnahmen bei:

- Beleuchtung: 108
- Wärmeverteilung: 75
- Fenster: 73
- Außenwand: 48
- Dach: 33
- Photovoltaik: 25
- Warmwasserbereitung: 19
- Fußboden/Kellerdecke: 16
- Heizungsanlage: 7
- Lüftungsanlage: 5
- Mess-, Regel- und Steuerungstechnik: 1

7.1 Einsparung Energie

Insgesamt kann der Energieverbrauch um 4.313 MWh/a durch Umsetzung der Maßnahmen reduziert werden. Das Haupteinsparpotential liegt dabei im Bereich der Gebäudehülle, wie die nachfolgende Grafik zeigt.

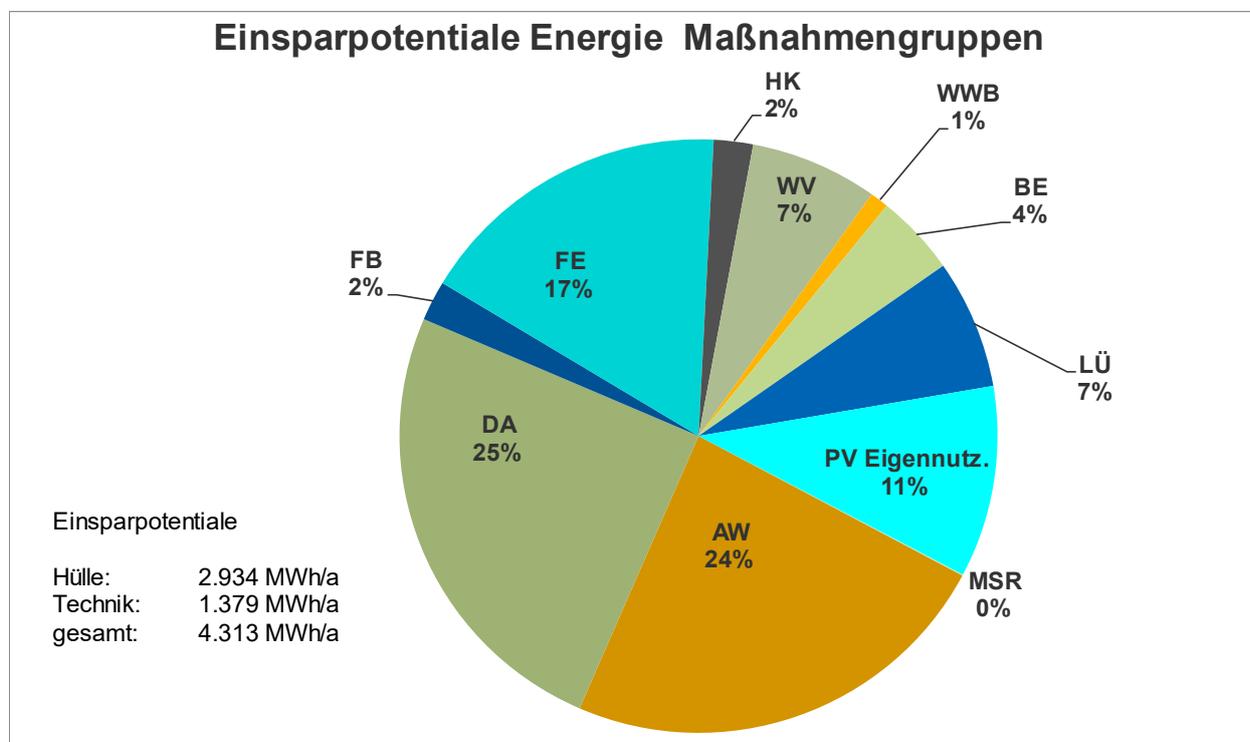


Abbildung 28: Einsparpotentiale Energie Maßnahmengruppen.

Im Bereich Technik liegt das Haupteinsparpotential im Bereich der Installation von Photovoltaikanlagen, über diese können 451 MWh/a Strom zur Eigennutzung erzeugt werden.

Für den Bereich Blockheizkraftwerke (BHKW) wurden keine Maßnahmen entwickelt, da die Gebäude entweder mit Fernwärme beheizt werden oder der Strombedarf der Gebäude so gering ist, dass ein wirtschaftlicher Einsatz eines BHKWs nicht gegeben ist.

Die Einsparung von 4.314 MWh/a teilt sich wiederum in folgende Maßnahmenempfehlung auf:

- 1.035 MWh/a kurzfristig
- 1.326 MWh/a mittelfristig
- 1.953 MWh/a langfristig

Diese können, wie nachfolgend in den drei Graphiken dargestellt, den Maßnahmenkategorien zugeordnet werden.

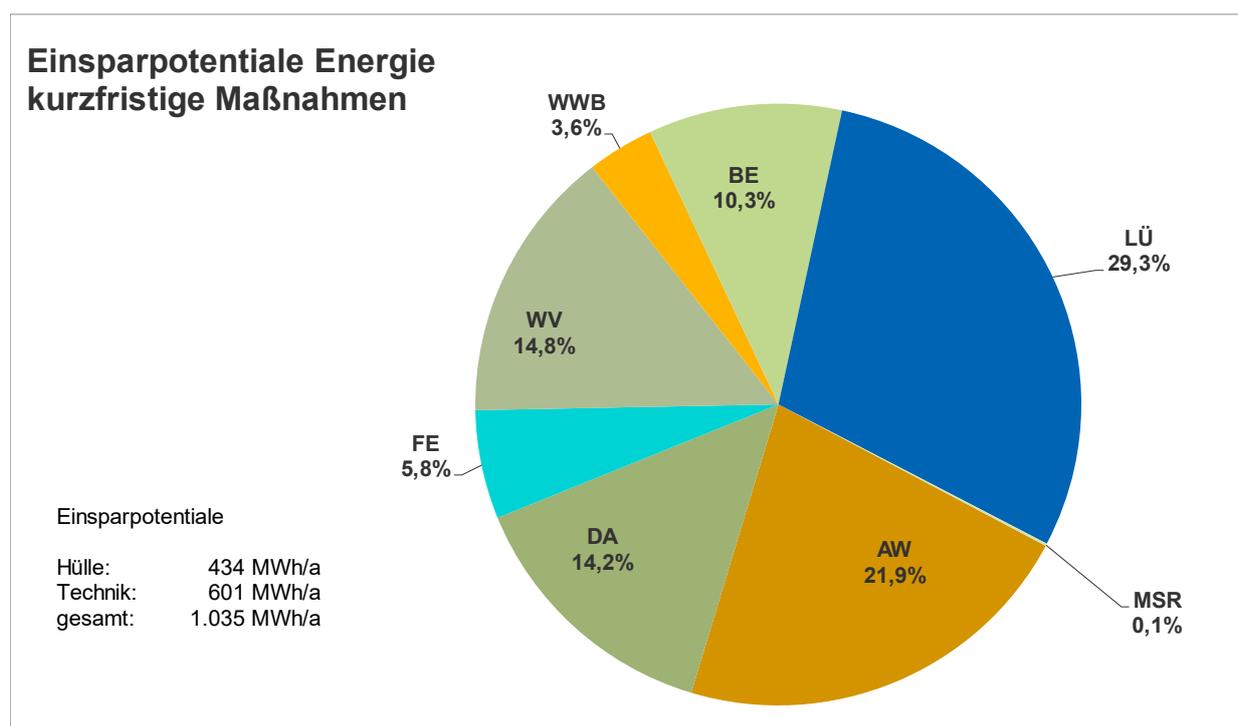


Abbildung 29: Einsparpotentiale Energie kurzfristige Maßnahmen.

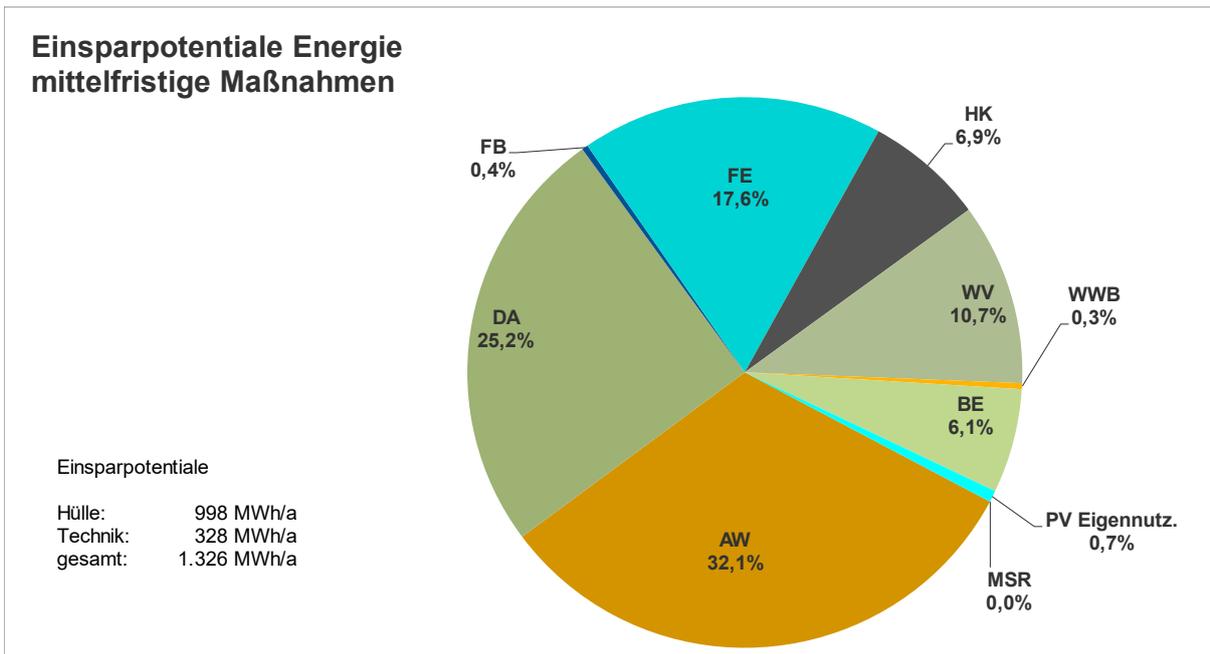


Abbildung 30: Einsparpotentiale Energie mittelfristige Maßnahmen.

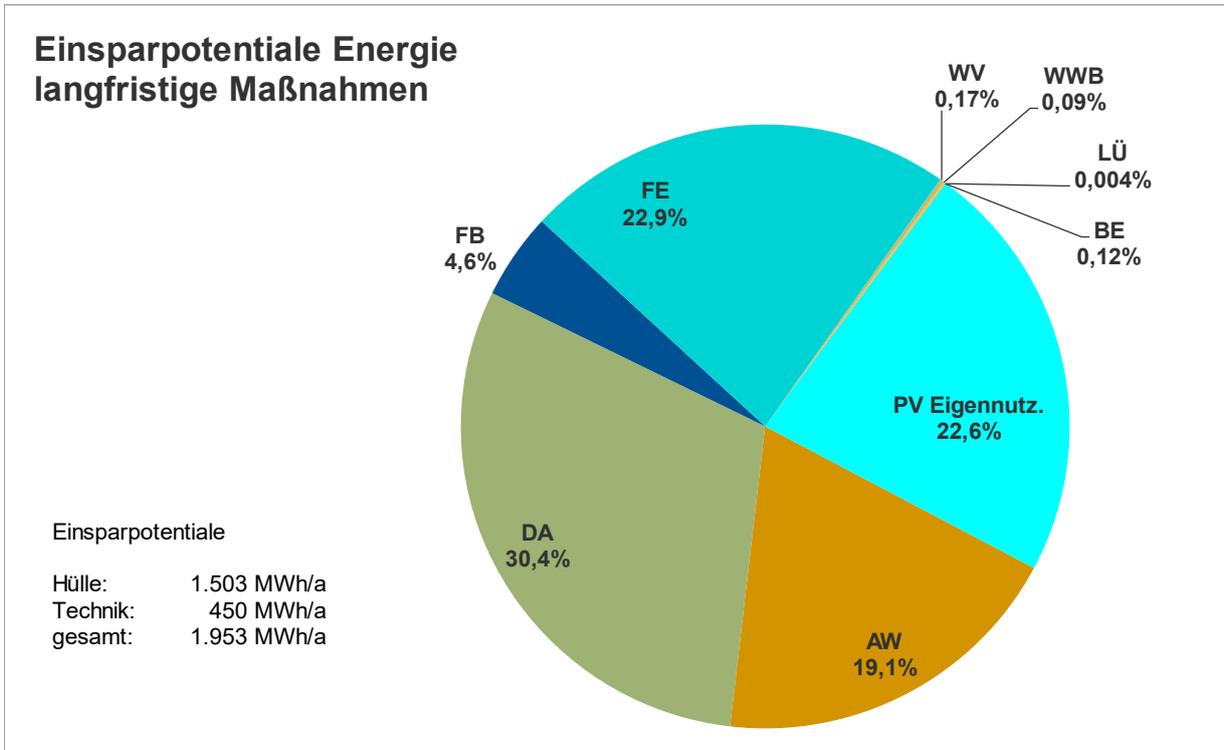


Abbildung 31: Einsparpotentiale langfristige Maßnahmen.

7.2 Einsparung CO₂

Am CO₂-Einsparpotential hat die Eigenstromproduktion über Photovoltaikanlagen einen Anteil von annähernd 65%. Insgesamt kann die CO₂-Emission um 2.666 t/a reduziert werden, hiervon entfallen 596 t/a auf den Bereich der Gebäudehülle und 2.070 t/a auf den Bereich der Anlagentechnik, wovon 1.740 t/a den Photovoltaikanlagen zuzuordnen sind.

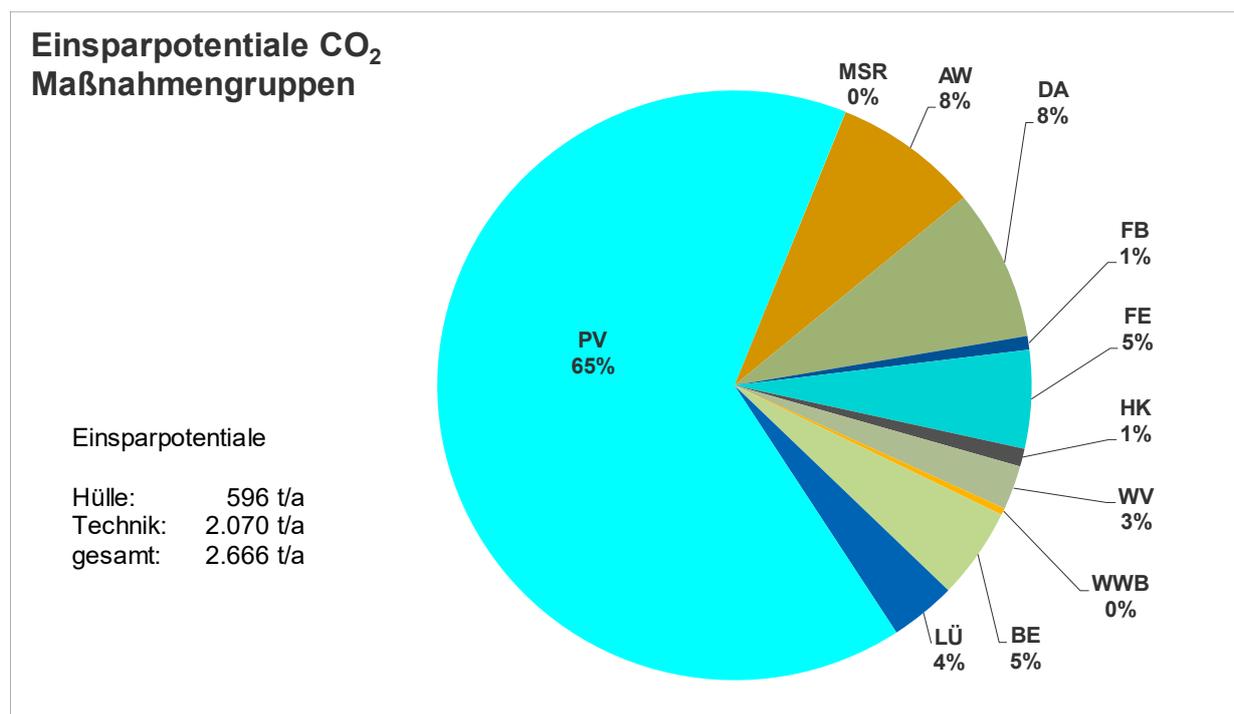


Abbildung 32: Einsparpotentiale CO₂ nach Maßnahmengruppen.

Die Einsparung von 2.666 t CO₂/a teilt sich wiederum in folgende Maßnahmenempfehlungen auf:

- 313 t CO₂/a kurzfristig
- 325 t CO₂/a mittelfristig
- 2.026 t CO₂/a langfristig

Diese können, wie nachfolgend in den drei Graphiken dargestellt, den Maßnahmenkategorien zugeordnet werden.

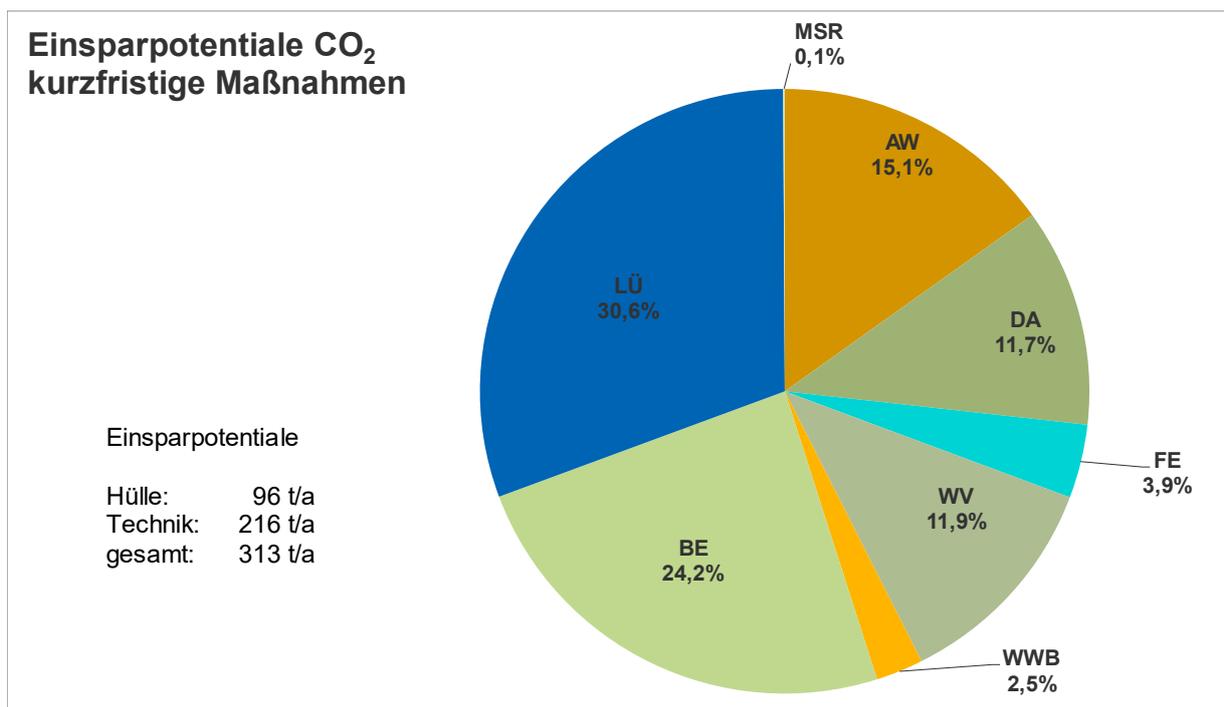


Abbildung 33: Einsparpotentiale CO₂ kurzfristige Maßnahmen.

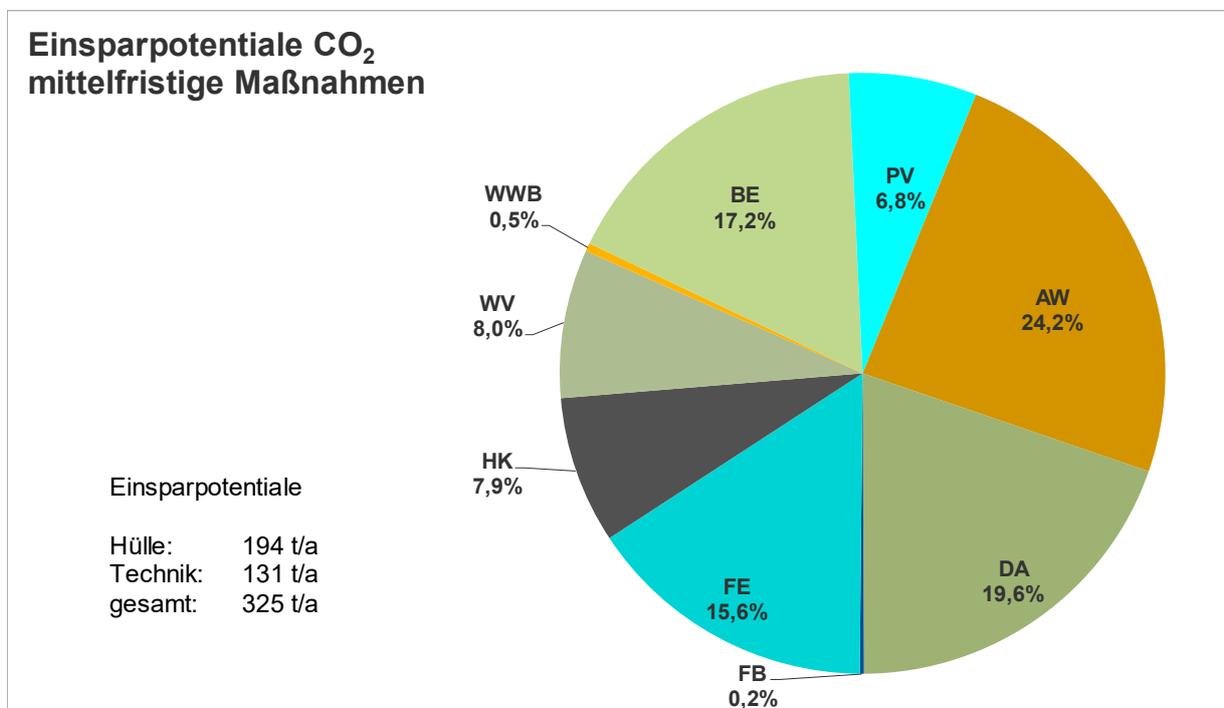


Abbildung 34: Einsparpotentiale CO₂ mittelfristige Maßnahmen.

Einsparpotentiale CO₂ langfristige Maßnahmen

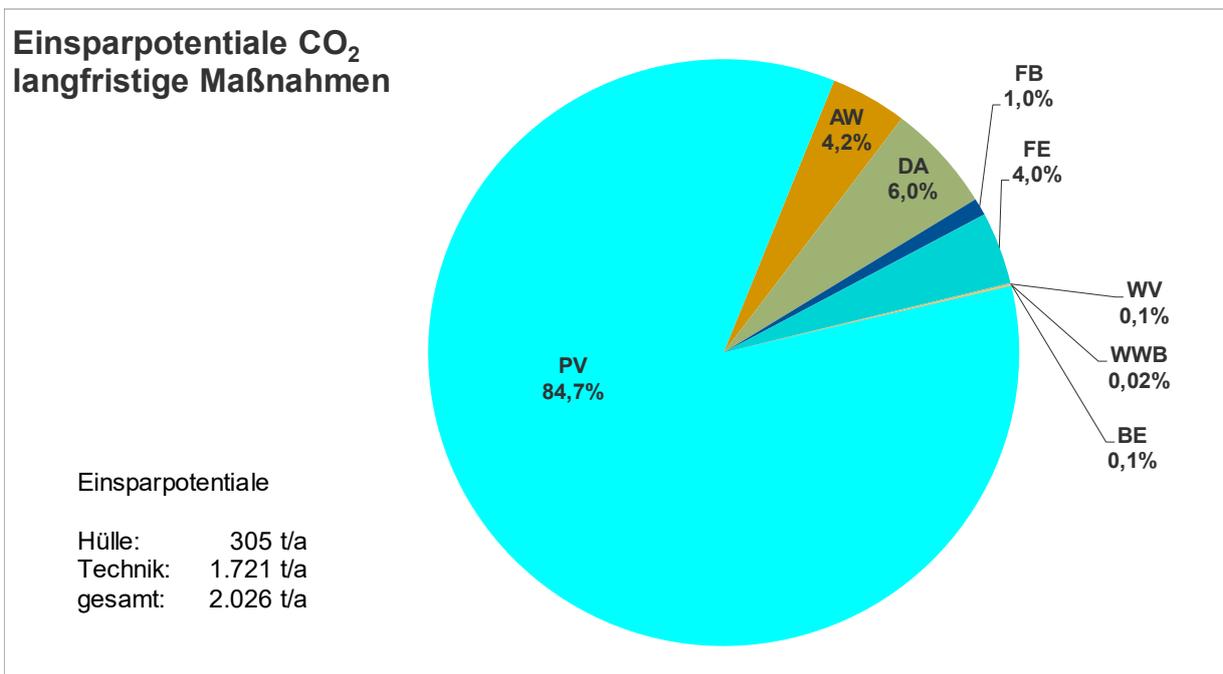


Abbildung 35: Einsparpotential CO₂ langfristige Maßnahmen.

7.3 Einsparung Kosten

Das jährliche Kosteneinsparpotential liegt bei 602 T€ pro Jahr. Rund 80% dieser Einsparung wird durch Maßnahmen im Bereich Dach, Außenwand, Fenster und Photovoltaik erzielt.

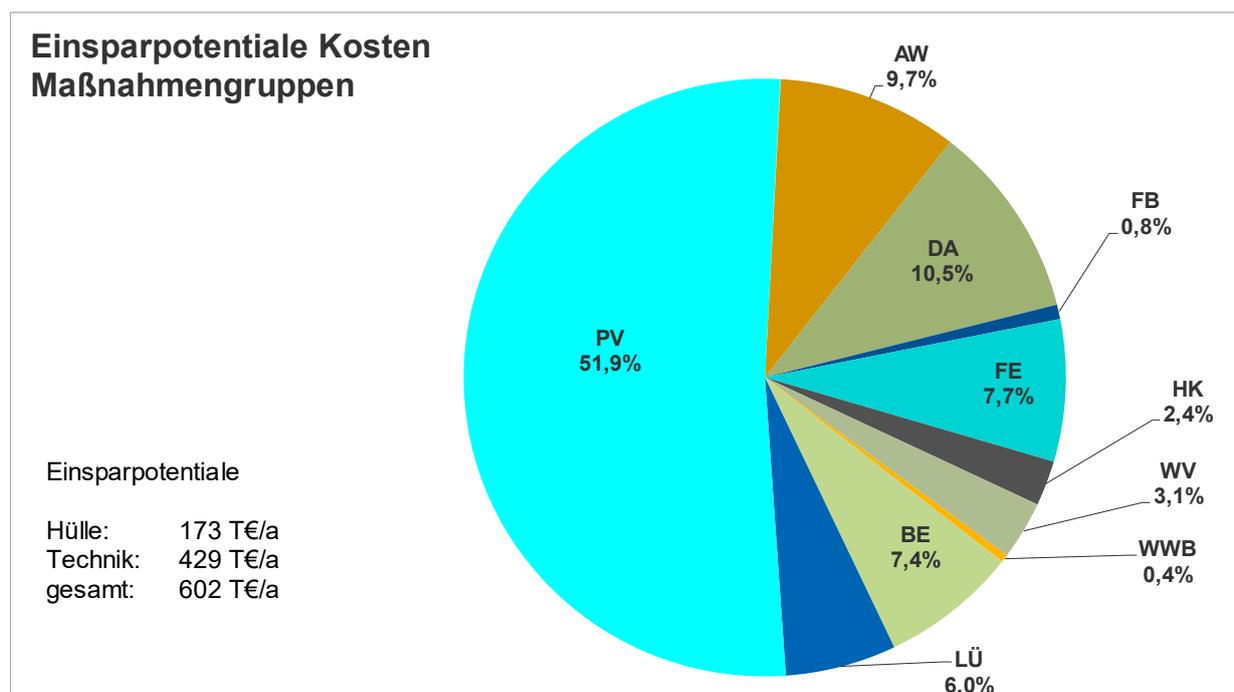


Abbildung 36: Einsparpotentiale Kosten nach Maßnahmengruppen.

Die Einsparung von 602 T€/a teilt sich wiederum in folgende Maßnahmenempfehlung auf:

- 94 T€/a kurzfristig
- 111 T€/a mittelfristig
- 396 T€/a /a langfristig

Diese können, wie nachfolgend in den drei Graphiken dargestellt, den Maßnahmenkategorien zugeordnet werden:

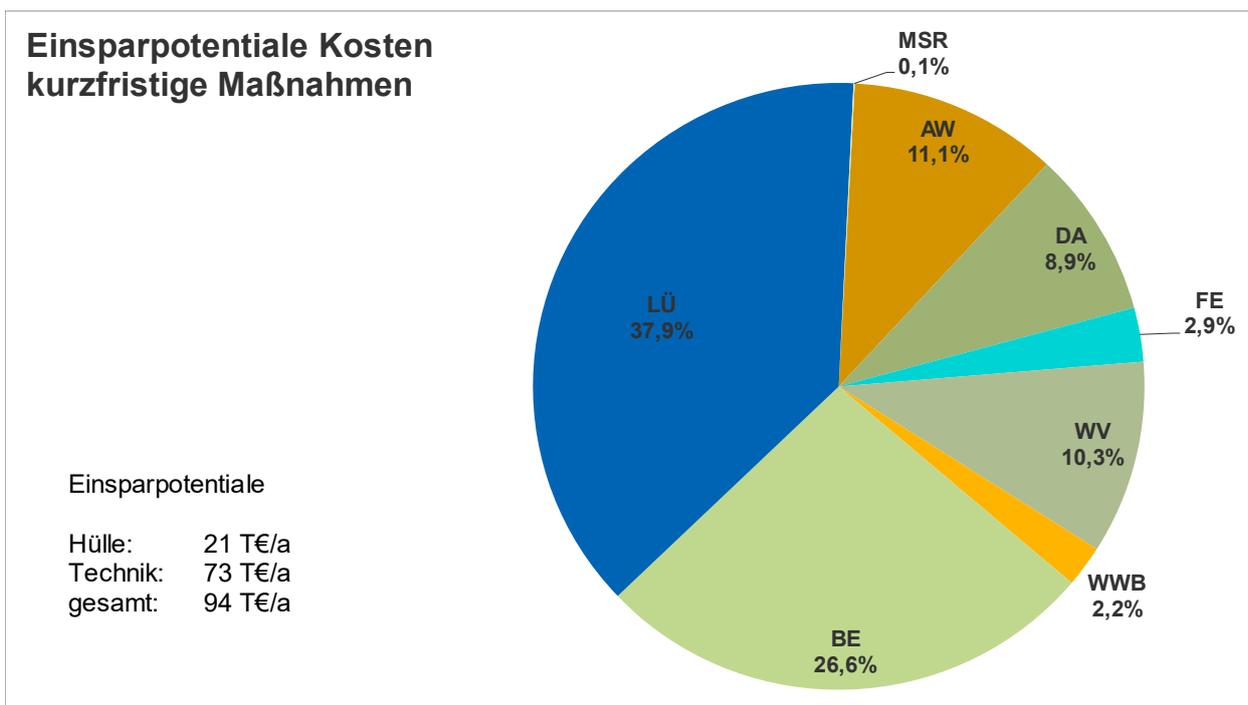


Abbildung 37: Einsparpotentiale Kosten kurzfristige Maßnahmen.

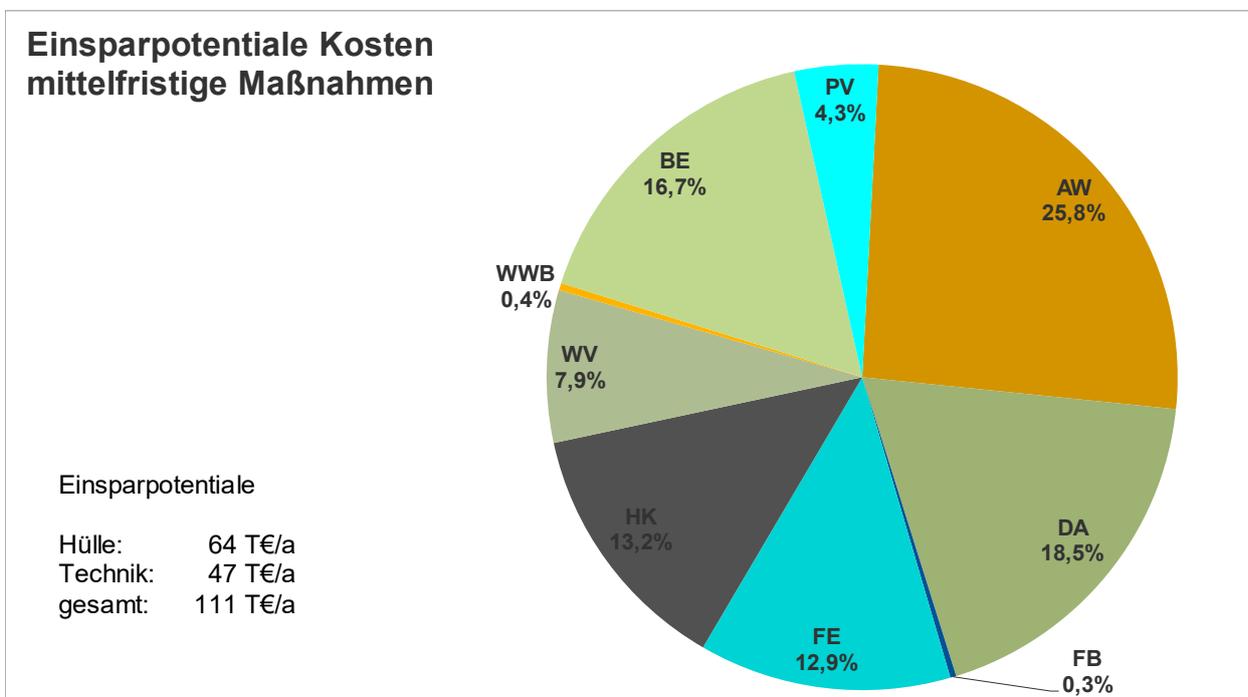


Abbildung 38: Einsparpotentiale Kosten mittelfristige Maßnahmen.

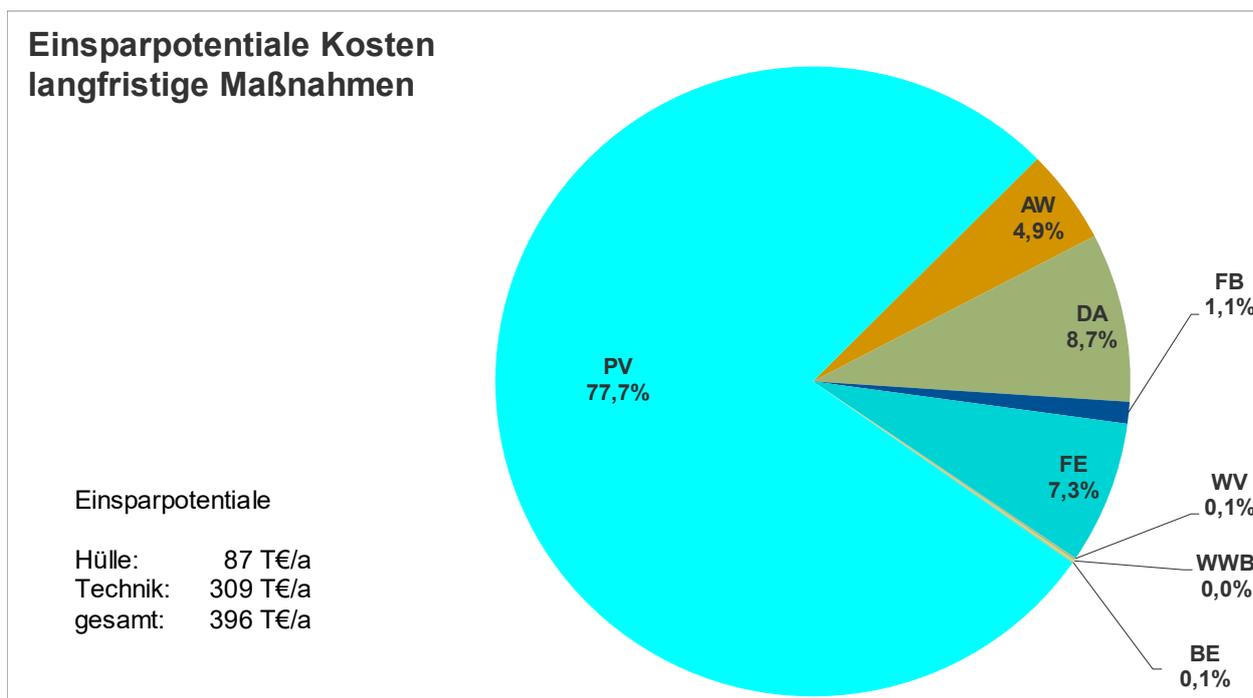


Abbildung 39: Einsparpotentiale Kosten langfristige Maßnahmen.

7.4 Investitionskosten

Die Investitionskosten aller Maßnahmen betragen rund 17 Mio. €. Rund 90% dieser Investitionskosten entstehen durch Maßnahmen im Bereich Dach, Außenwand, Fenster und Photovoltaik.

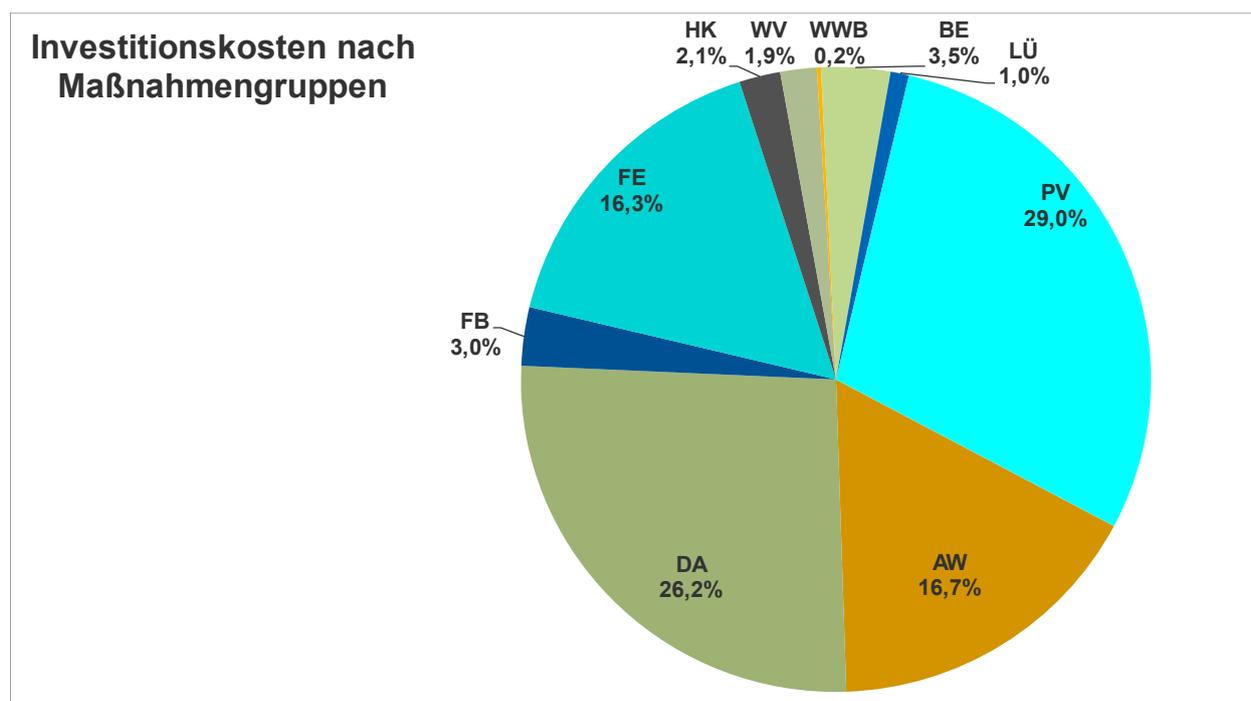


Abbildung 40: Investitionskosten nach Maßnahmengruppen.

Die Investitionskosten teilen sich wiederum in folgende Maßnahmenempfehlung auf:

- 996 T€/a kurzfristig
- 3.485 T€/a mittelfristig
- 12.621 T€/a langfristig

Diese können, wie nachfolgend in den drei Graphiken dargestellt, den Maßnahmenkategorien zugeordnet werden:

Investitionskosten kurzfristige Maßnahmen

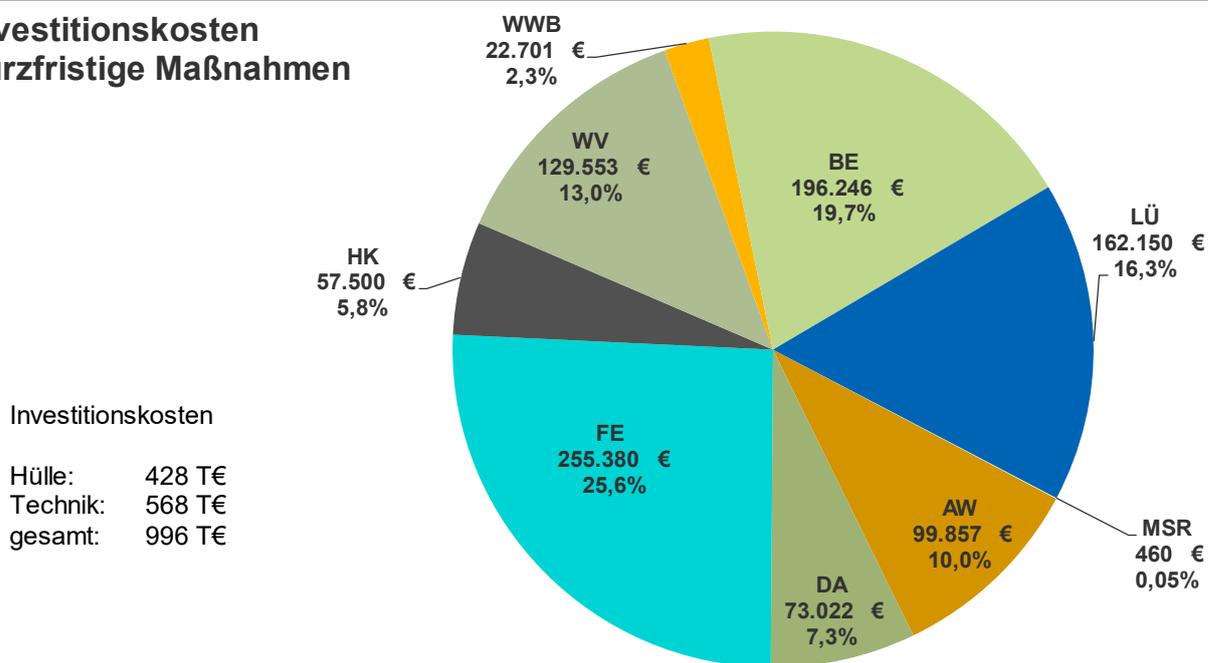


Abbildung 41: Investitionskosten kurzfristige Maßnahmen.

Investitionskosten mittelfristige Maßnahmen

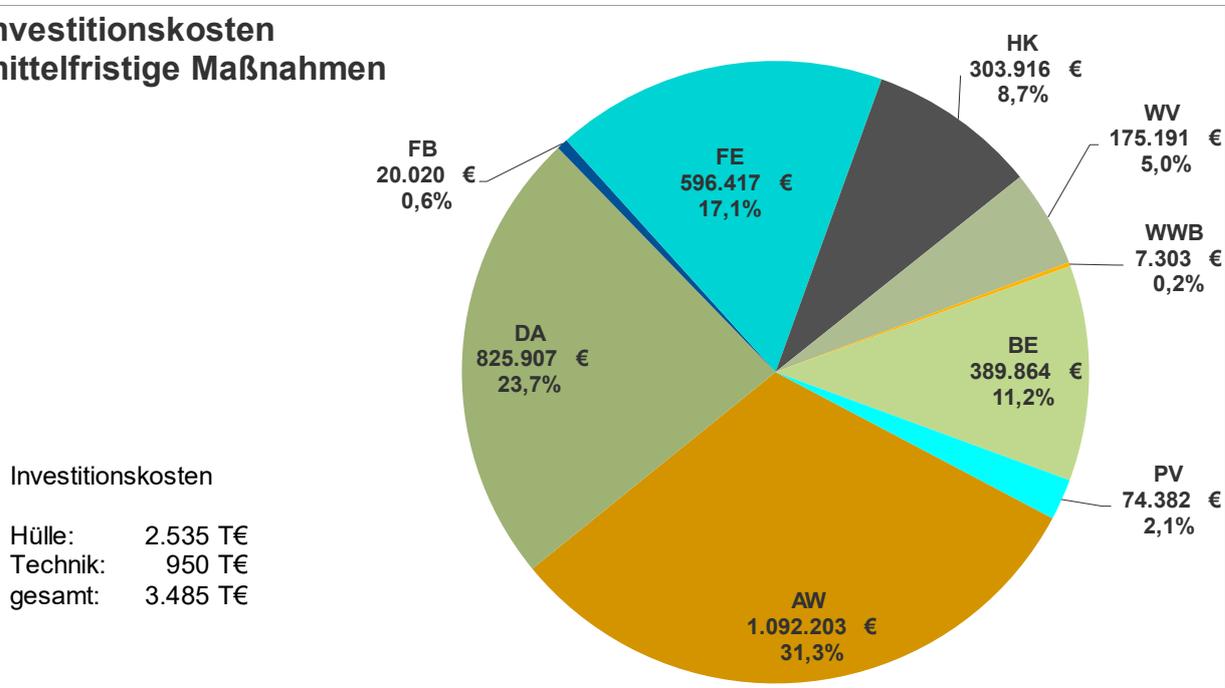


Abbildung 42: Investitionskosten mittelfristige Maßnahmen.

Investitionskosten langfristige Maßnahmen

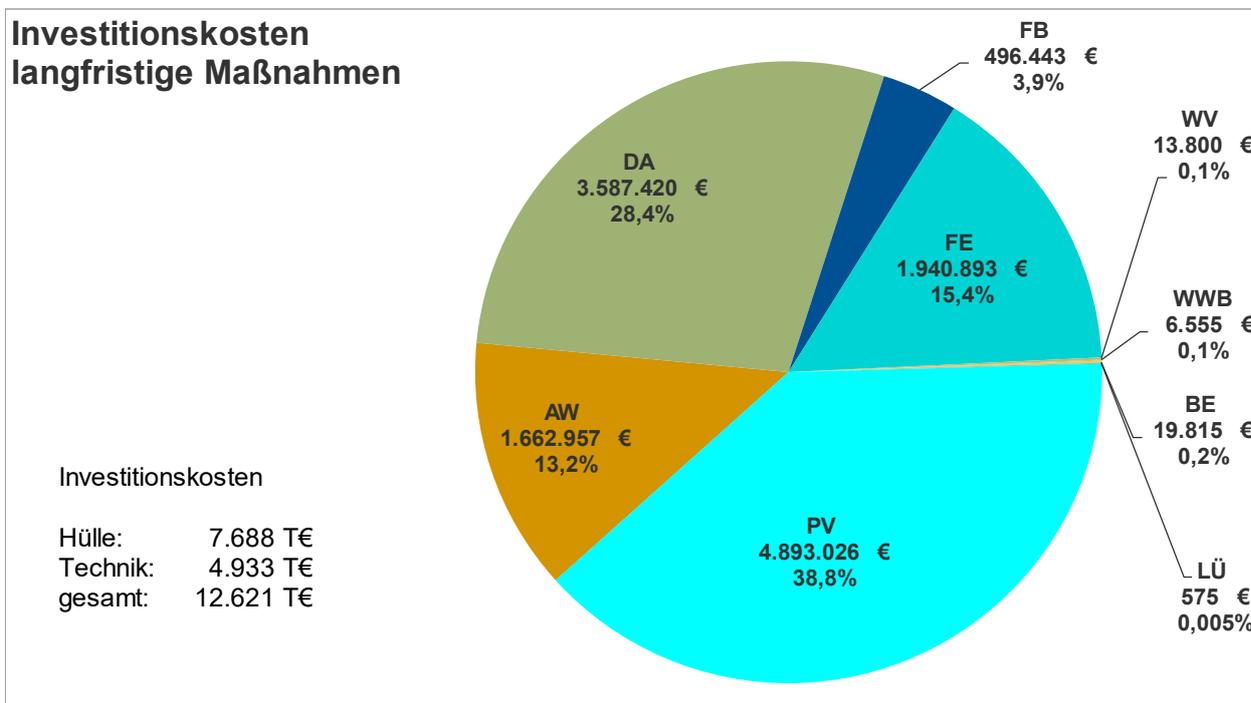


Abbildung 43: Investitionskosten langfristige Maßnahmen.

8 Zusammenfassung der Energieverbrauchs, der Energiekosten und der CO₂-Emissionen nach Durchführung der Maßnahmen

Durch die Umsetzung aller Maßnahmen (SOLL-Zustand) kann der Energieverbrauch der Gebäude drastisch reduziert werden.

Der Gesamtverbrauch in Höhe von 7.908 MWh/a kann um 50 % auf 3.937MWh/a verringert werden. Im Gegensatz zu der Auswertung der Maßnahmen bezieht sich dieser Vergleich nur auf die Gebäude für die Verbrauchsangaben im IST-Zustand vorliegen.

Nachfolgend ist der Verbrauch der Einzelgebäude im SOLL-Zustand dargestellt.

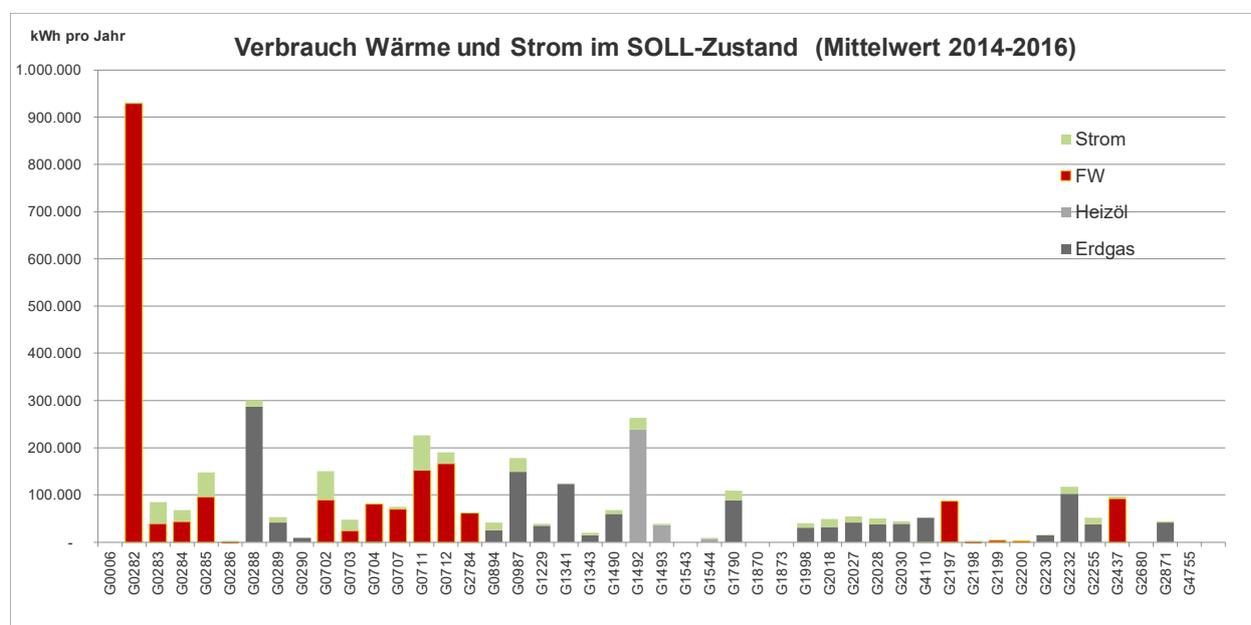


Abbildung 44: Verbrauch Wärme und Strom SOLL-Zustand.

Nachfolgend ist das Einsparpotential Energie bezogen auf die einzelnen Gebäude dargestellt.

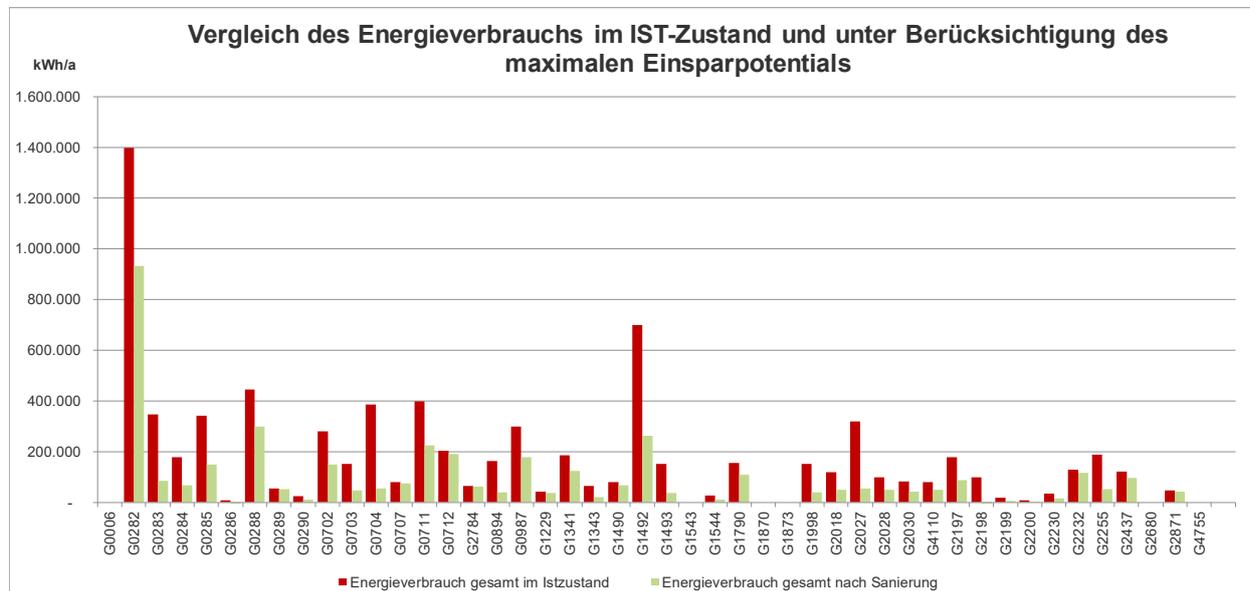


Abbildung 45: Vergleich Energieverbrauch IST- und SOLL-Zustand.

Das Einsparpotential der einzelnen Gebäude liegt zwischen 3% und 200% (Werte > 100 % ergeben sich aus der gewählten Systematik – hier Überkompensation des Verbrauches durch PV-Stromproduktion).

Bei 21 Gebäuden, entsprechend 53% der Gebäude, liegt das Einsparpotential über 50%.

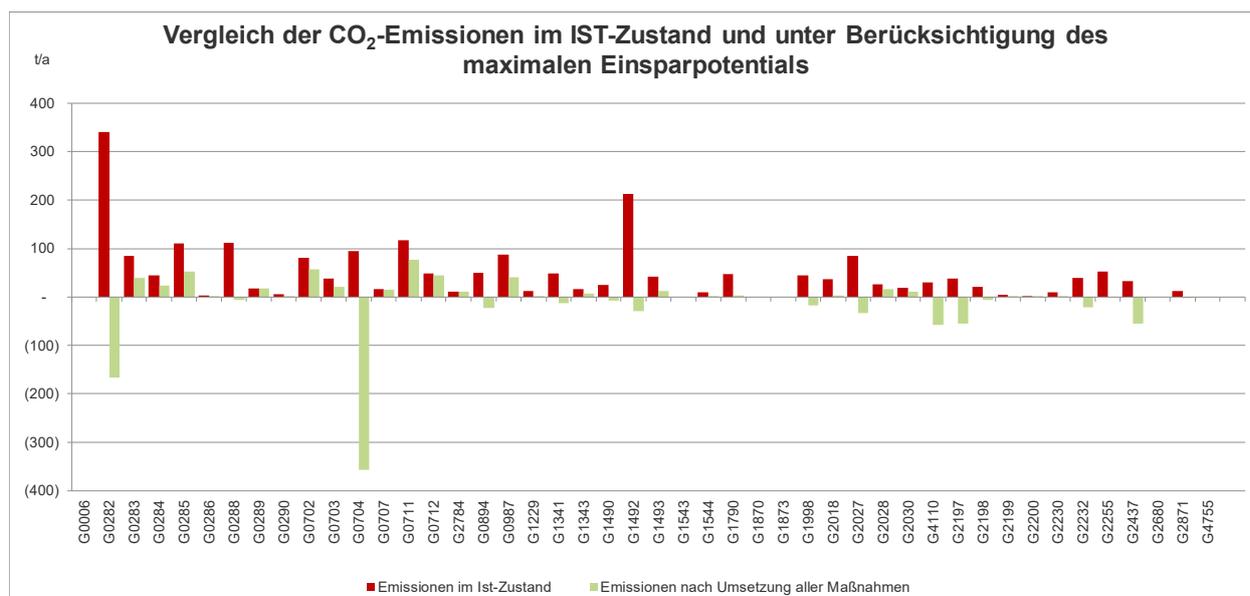


Abbildung 46: Vergleich CO₂-Emissionen IST- und SOLL-Zustand.

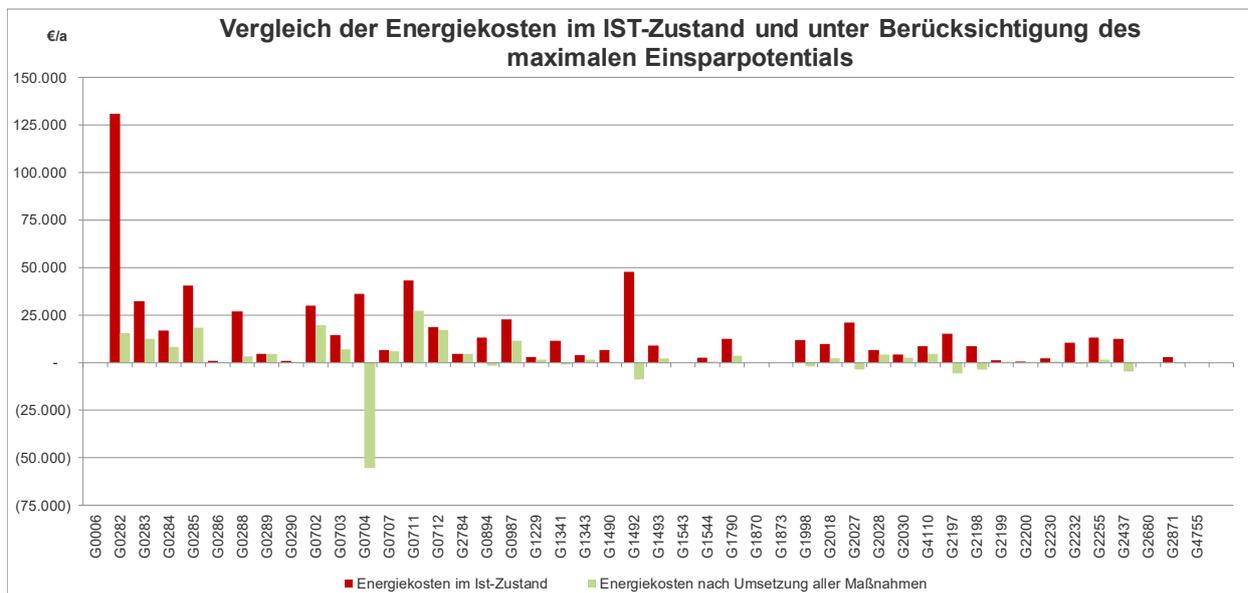


Abbildung 47: Vergleich Energiekosten IST- und SOLL-Zustand.

Die Zusammenstellung zeigt deutlich das hohe Einsparpotential durch die Umsetzung der Maßnahmen. Bei vielen Gebäuden bietet zudem die Installation von Photovoltaikanlagen die Chance, die Gebäude klimaneutral zu betreiben.

Mit dem Klimaschutzteilkonzept wurden insgesamt 410 Einsparmaßnahmen identifiziert und systematisiert dargestellt, so dass dieses Konzept zur Entwicklung einer zielgerichteten Energiespar- und Umweltschutzstrategie für die aufgenommenen öffentlichen Gebäude Bremens eingesetzt werden kann.

Erstellt am 26. November 2018



Susanne Korhammer

TARA Ingenieurbüro NordWest GmbH & Co KG

9 Anhang

| Liegenschaft/Gebäude | G-Code | Fläche NGF m ² | Verbrauch IST | | | | Einsparung absolut | | | | Einsparung Endenergie % |
|------------------------------------|--------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|----------------|-------------------------|
| | | | Erdgas kWh/a | Heizöl kWh/a | FW kWh/a | Strom kWh/a | Erdgas kWh/a | Heizöl kWh/a | FW kWh/a | Strom kWh/a | |
| Sportplatz Kästnerstraße | G0006 | 114 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0% |
| Schulzentrum Sek. I Obervieland | G0282 | 14.238 | - | - | 1.190.209 | 208.524 | - | - | 261.482 | 205.542 | 33% |
| Schulzentrum Sek. I Obervieland | G0283 | 3.522 | - | - | 295.191 | 51.580 | - | - | 256.458 | 5.009 | 75% |
| Schulzentrum Sek. I Obervieland | G0284 | 764 | - | - | 152.666 | 26.800 | - | - | 108.977 | 3.150 | 62% |
| Schulzentrum Sek. I Obervieland | G0285 | 1.888 | - | - | 239.442 | 101.302 | - | - | 143.254 | 49.872 | 57% |
| Schulzentrum Sek. I Obervieland | G0286 | 170 | - | - | 5.206 | 2.360 | - | - | 15.146 | - | 200% |
| Schule an der Alfred-Faust-Straße | G0288 | 4.002 | 402.274 | - | - | 42.847 | 115.580 | - | - | 29.463 | 33% |
| Schule an der Alfred-Faust-Straße | G0289 | 519 | 43.074 | - | - | 12.089 | 2.123 | - | - | 219 | 4% |
| Schule an der Alfred-Faust-Straße | G0290 | 178 | 24.550 | - | - | - | 14.988 | - | - | - | 61% |
| Oberschule Habenhausen | G0702 | 3.260 | - | - | 214.903 | 65.003 | - | - | 124.897 | 5.065 | 46% |
| Oberschule Habenhausen | G0703 | 1.194 | - | - | 128.163 | 23.808 | - | - | 103.552 | 315 | 68% |
| Oberschule Habenhausen | G0704 | 2.898 | - | - | 328.987 | 57.800 | - | - | 248.944 | 83.293 | 86% |
| Oberschule Habenhausen | G0707 | 1.036 | - | - | 72.858 | 6.323 | - | - | 2.914 | 1.223 | 5% |
| Oberschule Habenhausen | G0711 | 1.804 | - | - | 302.148 | 95.231 | - | - | 150.529 | 21.250 | 43% |
| Oberschule Habenhausen | G0712 | 2.524 | - | - | 173.180 | 28.850 | - | - | 6.927 | 4.863 | 6% |
| Oberschule Habenhausen | G2784 | 1.732 | - | - | 63.602 | 1.138 | - | - | 1.820 | - | 3% |
| KiTa Engelkestraße | G0894 | 933 | 132.214 | - | - | 32.211 | 107.141 | - | - | 16.431 | 75% |
| Ortsamt/ Polizei Bremen | G0987 | 1.969 | 246.303 | - | - | 52.766 | 97.873 | - | - | 22.636 | 40% |
| Freiwillige Feuerwehr Arsten | G1229 | 185 | 36.647 | - | - | 6.558 | 1.832 | - | - | 2.795 | 11% |
| Schule Arsten | G1341 | 2.025 | 166.182 | - | - | 19.961 | 42.993 | - | - | 19.796 | 34% |
| Schule Arsten | G1343 | 732 | 57.348 | - | - | 6.939 | 43.025 | - | - | 1.557 | 69% |
| Kindertagesheim Martin-Buber-Str. | G1490 | 1.047 | 63.465 | - | - | 16.614 | 3.042 | - | - | 8.720 | 15% |
| Schule an der Stichnetstraße | G1492 | 5.284 | - | 638.107 | - | 61.074 | - | 399.124 | - | 36.739 | 62% |
| Schule an der Stichnetstraße | G1493 | 568 | - | 145.668 | - | 4.622 | - | 110.125 | - | 1.501 | 74% |
| Ortsamt Blockland | G1543 | 456 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0% |
| Freiwillige Feuerwehr Blockland | G1544 | 224 | - | 21.756 | - | 5.909 | - | 15.557 | - | 2.108 | 64% |
| KiTa Saarburger Straße | G1790 | 1.062 | 124.673 | - | - | 30.452 | 35.508 | - | - | 11.117 | 30% |
| BS für Hauswirtschaft | G1870 | 1.706 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0% |
| BS für Hauswirtschaft | G1873 | 93 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0% |
| Kindertagesheim Stichnetstraße | G1998 | 937 | 121.548 | - | - | 28.879 | 91.290 | - | - | 19.710 | 74% |
| KiTa Hohwisch | G2018 | 521 | 93.702 | - | - | 25.504 | 61.125 | - | - | 9.207 | 59% |
| Volkshochschule / FÖZ Obervieland | G2027 | 3.540 | 279.167 | - | - | 40.451 | 237.766 | - | - | 27.027 | 83% |
| Volkshochschule / FÖZ Obervieland | G2028 | 1.115 | 87.887 | - | - | 12.735 | 50.104 | - | - | 113 | 50% |
| Volkshochschule / FÖZ Obervieland | G2030 | 577 | 78.638 | - | - | 4.538 | 39.580 | - | - | 188 | 48% |
| Volkshochschule / FÖZ Obervieland | G4110 | 826 | 54.076 | - | - | 26.386 | 1.622 | - | - | 29.420 | 39% |
| Schule an der Glockenstraße | G2197 | 1.866 | - | - | 161.801 | 16.772 | - | - | 74.310 | 17.247 | 51% |
| Schule an der Glockenstraße | G2198 | 1.032 | - | - | 90.945 | 9.534 | - | - | 146.266 | 6.222 | 152% |
| Schule an der Glockenstraße | G2199 | 179 | - | - | 15.532 | 1.610 | - | - | 11.522 | 1.014 | 73% |
| Schule an der Glockenstraße | G2200 | 158 | - | - | 8.077 | / | - | - | 5.779 | - | 72% |
| Kinderspielplatz Alfred-Faust-Str. | G2230 | 156 | 30.229 | - | - | 4.114 | 15.432 | - | - | 2.345 | 52% |
| Kindertagesheim Wischmannstraße | G2232 | 1.115 | 102.447 | - | - | 26.833 | - | - | - | 11.704 | 9% |
| Kindertagesstätte | G2255 | 912 | 159.983 | - | - | 27.664 | 123.380 | - | - | 12.803 | 73% |
| Dep. Schule Arsten-Südwest/ KTH | G2437 | 2.145 | - | - | 97.359 | 24.107 | - | - | 4.770 | 20.121 | 20% |
| KUBIKO Godehardstraße | G2680 | 968 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0% |
| Schule Arsten | G2871 | 435 | 43.151 | - | - | 5.264 | 1.726 | - | - | 3.187 | 10% |
| KUBIKO Osenbrückstraße | G4755 | 1.807 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0% |
| Summe | | 74.420 | 2.347.558 | 805.531 | 3.540.268 | 1.215.153 | 1.086.130 | 524.806 | 1.667.548 | 692.972 | |
| | | | | 6.693.356 | | | | 3.278.483 | | | |
| | | | | 7.908.509 | | | | 3.971.456 | | | |

Abbildung 48: Übersicht Liegenschaft.