

Klimaschutzteilkonzept SVIT-Gebäude in Bremen-Huchting Abschlussbericht

im Auftrag von
Immobilien Bremen AÖR
Bremen, im September 2020

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



UTEK, Ingenieurbüro für Entwicklung und Anwendung
umweltfreundlicher Technik GmbH

Cuxhavener Straße 10, 28217 Bremen
Tel.: 0421 / 38678 - 80, Fax: 0421 / 38678 – 88
www.utec-bremen.de

Inhalt

1	ZUSAMMENFASSUNG	4
2	EINLEITUNG	6
3	AUFGABENSTELLUNG	7
4	METHODIK UND RANDBEDINGUNGEN DER ENERGIEANALYSE	9
4.1	Technische Randbedingungen zur Bestimmung des Einsparpotenzials	10
4.2	Wirtschaftliche Rahmendaten zur Bestimmung des Einsparpotenzials	12
5	ZUSAMMENFASSUNG DER ENERGIEVERBRÄUCHE, DER ENERGIEKOSTEN UND CO₂-EMISSIONEN IM IST-ZUSTAND	16
5.1	Gesamtenergiebedarf und CO ₂ -Emission	16
5.2	Gesamtenergiekosten	17
5.3	Energieträgeraufteilung	18
5.4	Energiekennwerte	18
5.5	Lastganganalysen des elektrischen Strombezuges	20
6	ENERGETISCHER ISTZUSTAND BAUKÖRPER UND TECHNIK	23
6.1	Baukörper	23
6.2	Haustechnik	25
6.3	Lüftungstechnik	27
6.4	Warmwassertechnik	27
6.5	Beleuchtung	27
6.6	Nutzung regenerativer Energien und Kraft-Wärme-Kopplung	28

7	ENERGIESPARENDE MAßNAHMEN	29
7.1	Maßnahmen gesamt	30
7.2	Umsetzungsklassifizierung der Maßnahmen	33
7.3	CO ₂ – Einsparung bei Umsetzung der entwickelten Maßnahmen	35
7.4	Kosteneinsparung bei Umsetzung der entwickelten Maßnahmen	36
8	ZUSAMMENFASSUNG DES ENERGIEVERBRAUCHES, DER ENERGIEKOSTEN UND CO₂-EMISSIONEN NACH DURCHFÜHRUNG DER MAßNAHMEN	37

1 Zusammenfassung

Immobilien Bremen AöR (IB) hat das Ingenieurbüro UTECH GmbH damit beauftragt, für insgesamt ausgesuchte Gebäude von IB, die sich im Bremer Stadtteil Huchting befinden, ein Klimaschutzteilkonzept zu erstellen. Die Einzelberichte 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 März – August 2020 erstellt. Als Ergebnis werden 36 Einzelberichte und eine zusammenfassende Betrachtung „Klimaschutzteilkonzept SVIT-Gebäude in Bremen-Huchting“ (dieser Bericht) abgegeben.

Die von Immobilien Bremen angegebene Bruttogeschossfläche der untersuchten Gebäude mit Einzelbericht liegt bei 66.275 m². Die Nettogeschossfläche wurde insgesamt zu 64.175 m² berechnet.

In den Einzelberichten wurden insgesamt 259 Maßnahmen behandelt und bezüglich der Umsetzungsempfehlung klassifiziert. Das Ergebnis ist in der Tabelle 1 zusammenfassend dargestellt.

Einsparmaßnahmen	Anzahl	Investitionskosten €	Kosten €/a	Einsparung	
				Energie kWh/a	CO ₂ t/a
kurzfristig	47	539.826	62.877	325.964	213
mittelfristig	154	8.119.142	235.196	1.797.805	752
langfristig	58	8.521.111	66.163	981.205	109
Summe	259	17.180.079	364.236	3.104.974	1.074
Ist-Zustand			601.979	6.911.641	1.533
rel. Einsparpotenzial			61%	45%	70%

Tabelle 1: Zusammenfassung der Maßnahmen

Die jährlichen Energiekosten können bei Umsetzung aller Maßnahmen um 61%, der Energieverbrauch um 45% und der CO₂-Ausstoß um 70% gesenkt werden.

Neben der Empfehlung, die entwickelten energiesparenden Maßnahmen im Rahmen eines Gesamtkonzeptes für alle Liegenschaften der IB umzusetzen, möchten wir folgende nächsten Schritte empfehlen:

- Die von IB gelieferten Gebäudeflächen (BGF) stimmen teilweise nicht mit den beheizten Flächen überein. Unbeheizte Kellerflächen und nicht ausgebaute Dachbodenflächen wer-

den 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 eines gemeinsamen Stromanschlusses für mehrere Gebäude bei IB verwendete Aufteilung der Energieverbräuche auf die angeschlossenen 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.
- Die energetische Qualität der vorhandenen Flachdächer konnte oft nicht genau ermittelt werden. In der Bewertung dieses Bauteils mussten dann Annahmen getroffen werden. Es wird empfohlen, ein Flachdachkataster zu entwickeln, aus dem der bauliche und energetische Zustand der Dächer zu ersehen ist.
- In Gebäuden mit Gebäudeleittechnik und Fernbedienung muss die Bedienung unbedingt eindeutig geklärt sein. In einigen Gebäuden wurden hier Unstimmigkeiten festgestellt. Wir empfehlen hier, dass die Hausmeister zuständig sind. Diese wissen, was in den Gebäuden los ist. Sofern die Hausmeister nicht das erforderliche Wissen haben, müssen sie geschult und sensibilisiert werden. Die „Zentrale“ bei IB kann Strichproben machen und die Hausmeister unterstützen (Backstopping). Bei der Einstellung von neuen Hausmeistern für große Liegenschaften sollte auf eine gewisse IT-Qualifikation geachtet werden.
- Für die Gebäude, für die kurz- und mittelfristig eine Photovoltaikanlage empfohlen wird (ca. 1,1 MW in 16 Gebäuden), sollten die Dachstatiken dahingehend überprüft werden, ob die Montage einer PV-Anlage möglich ist. IB sollte ein Betreibersystem entwickeln, mit dem eine Realisierung des PV-Potenzials möglich ist (Eigenbetrieb oder Fremdbetreiber).
- Die Altersstruktur der vorhandenen Kesselanlagen zeigt eine Überalterung. Es sollte ein Kesselanierungsprogramm aufgelegt werden, mit dem alle Kessel, die älter als 20 Jahre sind, in den nächsten 2 Jahren erneuert werden.
- Es gibt eine Vielzahl von 5 l Untertisch-Warmwasserbereiter. Der Austausch gegen 230 V Durchlauferhitzer ist wirtschaftlich und ökologisch interessant. Alle Speicher an Waschtischen, an den eine Warmwassertemperatur von 35 °C ausreicht, sollten in einem Austauschprogramm „5 l Boiler“ ersetzt werden gegen Durchlauferhitzer.
- Alle noch vorhandenen Glüh- und Halogenlampen sollten umgehend gegen LED-Lampen getauscht werden. Für Leuchten, die sich noch in einem guten baulichen Zustand befinden, wird der Einsatz von Retrofit-LED-Lampen empfohlen. Das Beschaffungsmanagement sollte hier klare Anweisungen zum Einkauf von Leuchtmitteln vorgeben.

Mit den Ergebnissen dieses Klimaschutzteilkonzeptes zusammen mit denen der parallel von den anderen Büros erstellten Konzepte liegen alle Informationen vor, die für die Entwicklung einer zielgerichteten Energiespar- und Umweltschutzstrategie für die behandelten 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

Immobilien Bremen AöR (IB) hat die UTECH GmbH beauftragt, ein Klimaschutzteilkonzept für eigene Liegenschaften in Bremen Huchting zu erstellen. IB verfolgt dabei das Ziel, für alle städtischen Liegenschaften Bremens einen Sanierungsfahrplan zu erarbeiten, mit dem perspektivisch eine Reduzierung des Primärenergieverbrauchs bis 2050 um 80% erreicht werden kann. Auf der Basis von gebäude- und liegenschaftsindividuellen Konzepten soll er 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 geraumer Zeit eingeführt. Sie wird aber noch nicht bei allen Liegenschaften bzw. Gebäuden umgesetzt. 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 eingeschätzt 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 22.06.2016 (Kommunalrichtlinie). Diese Förderrichtlinie gibt die Inhalte der Konzepterstellung vor.

UTECH hat für 36 Gebäude in Bremen-Huchting Einzelberichte angefertigt und Maßnahmen zur Effizienzverbesserung vorzuschlagen. Eine Auflistung dieser Gebäude befindet sich im Anhang.

3 Aufgabenstellung

Im Rahmen des Klimaschutzteilkonzeptes wurde für die in Anlage 1 gelisteten Gebäude eine energetische Untersuchung nach folgenden Kriterien und unter folgender Aufgabenstellung untersucht:

- Baustein 1: Energiemanagement/ Basisdatenbewertung:
 - Erfassung bzw. Ergänzung fehlender Gebäudedaten
 - 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 möglichem Einsatz 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 es diese gibt
- Solartechnische Bewertung der Dachflächen der untersuchten Liegenschaften aus dem Solarkataster Bremen
- Datenaufnahme Vorort durch UTEK immer gemeinsam mit dem Hausmeister bzw. Haus Techniker: Grundrisspläne der Gebäude, Datenabgleich und ergänzende Datenaufnahme in Zusammenarbeit mit den Hausmeister/Haus Technikern

Bei den Liegenschaften handelt es sich um

- Schulen (Allgemein- und Sonderschulen, mit und ohne angeschlossene Turnhallen),
- Kindertagesheimen,
- 1 Freizeitheim,
- 1 Sportanlage,
- 2 Hausmeisterhäuser /-wohnungen,
- 1 Feuerwache,

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Gebäudebegehungen zusammenfassend dargestellt. Die detaillierten Ergebnisse zu den Einzelgebäuden sind in den jeweiligen Einzelberichten dargestellt.

4 Methodik und Randbedingungen der Energieanalyse

Für die Energieanalyse wurde die IST-Situation der Gebäude anhand der Energieverbrauchsdaten von 2014, 2015 und 2016 bewertet. Die Verbrauchsdaten basieren überwiegend auf den Zählerablesungen der Gebäudenutzer (z.B. Hausmeister oder Hausmeisterdienst).

Die meisten Liegenschaften haben einen Wärme-/Gas- oder Stromzähler, mit denen der Verbrauch eindeutig erfasst wird. Gebäude ohne einen eigenen Energieanschluss werden von benachbarten Gebäuden mitversorgt. Teilweise sind Unterzähler vorhanden, teilweise nicht. Fehlende Unterzählung erschwert die Erstellung einer rechnerischen Energiebilanz der Einzelgebäude. In diesen Fällen liegt in der Regel eine rechnerische Aufteilung auf der Basis der Fläche bei Immobilien Bremen vor. Liegt diese nicht vor, so wird sie in den Einzelgutachten entwickelt.

Die zur Verfügung gestellten Verbrauchsdaten sind teilweise nicht plausibel oder nicht repräsentativ für den üblichen Betrieb des Gebäudes. Als ein Beispiel hierfür ist die Schule Grolland (G0666) zu nennen. Obwohl hier für jeden Heizkreis Wärmemengenzähler vorhanden sind, liegen nur Daten über den Gebäudeverbund vor, die über die Flächenverhältnisse umgerechnet werden müssen und damit stark an Genauigkeit verlieren.

Um die Brennstoffverbrauchsdaten von den drei Jahren vergleichen zu können, wurden diese witterungsbereinigt. Für diese Korrektur wurden die folgenden Faktoren zugrunde gelegt:

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

Abbildung 1: Angenommene Faktoren für die Witterungskorrektur (DWD Flughafen Bremen)

Für den Vergleich der Liegenschaften wird gemäß EnEV die Netto-Grundfläche (NGF) als Energiebezugsfläche definiert.

In den von Immobilien Bremen zur Verfügung gestellten Daten ist die Bruttogrundfläche (BGF) aufgeführt. Diese Angaben wurden grob überprüft. Hierbei ergeben sich teilweise relevante Abweichungen zu den von Immobilien Bremen gelieferten Daten, da dort in einigen Fällen nicht beheizte Flächen z.B. unbeheizte Dachböden oder unbeheizte Kellergeschosse mitberücksichtigt werden.

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 teilweise anhand der Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand (EnEV Typologie) des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung vom 30. Juli 2009. Sofern Konstruktionen im Detail vor Ort oder aus Zeichnungen zu ersehen waren, wurden die U-Werte entsprechend berechnet. Die größte Unsicherheit hierbei besteht in Flachdachbereichen. Hier mussten teilweise grobe Annahmen getroffen werden, da weder vor Ort noch bei Immobilien Bremen Detailinformationen über den energetischen Zustand zur Verfügung stehen. 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

Die Einteilung in hohen, mittleren, und geringen Handlungsbedarf macht die Priorisierung der Maßnahmen deutlich. Durch die Einteilung in baulichen und energetischen Handlungsbedarf ist in den Endberichten der Liegenschaften auch 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.

4.1 Technische Randbedingungen zur Bestimmung des Einsparpotenzials

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	Außenzwände	0,18	0,25
2 a	Außenzuliegende 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 Außenzuluft	0,18	0,25

* siehe Hinweis

Hinweis zu 2a+A116: abweichend 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_w kann hier ≤ 0,95 W/m²K angesetzt werden.

Tabelle 2: Soll U-Werte für Maßnahmen am Baukörper gemäß Energierichtlinie Bremen, Entwurf vom 30.05.2016

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:

$$Q_B = A_{\text{Bauteil}} \times (U_{\text{WertIST}} - U_{\text{Wertverbessert}}) \times \text{Heizgradtage} \times \text{Teilbeheizungsfaktor} / \text{Jahresnutzungsgrad}$$

Ausgehend von den Bremer Witterungsdaten (Abbildung 1) wurde einschließlich einer angemessenen Teilbeheizung bzw. einer Wochenend-Absenkung, folgende Heizgradstunden für die Ermittlung der Heizenergieeinsparung angenommen. Für den Austausch von Fenstern wurde zusätzlich die Änderungen des g-Wertes der Verglasung angemessen berücksichtigt und ausgewiesen.

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

Tabelle 3: Angenommene Heizgradstunden und spezifisches Einsparpotenzial für Maßnahmen am Baukörper

4.2 Wirtschaftliche Rahmendaten zur Bestimmung des Einsparpotenzials

Energiepreise

Um eine Einschätzung der Wirtschaftlichkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen zu geben, wurden die von Immobilien Bremen vorgegebenen Arbeitspreise und Teuerungsraten der Energieträger zugrunde gelegt. Für die Ermittlung der Einsparungen und der wirtschaftlichen Bewertung der Maßnahmen werden die in der Tabelle 4 aufgeführten Energiepreise für „Ist“ und „langfristig“ angenommen.

Arbeitspreis	Preis-		langfristig**	
	IST (brutto)	steigerung		
	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 (Hi)	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

Tabelle 4: Der Untersuchung zugrunde gelegte Arbeitspreise und Teuerungsraten

Nutzungsdauer der Maßnahmen

Als Quelle für die Nutzungsdauern der Maßnahmen wurde, wie auch bei den Teuerungsraten, die Bremer Energierichtlinie (Entwurf vom 30.05.2016) verwendet. Diese sind in Tabelle 5 dargestellt. Bei Maßnahmen im Bereich der Anlagentechnik wird auf die VDI 2067 verwiesen. PV-Anlagen sind in der VDI 2067 nicht aufgeführt. Hier werden 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

Tabelle 5: Zugrunde gelegte Nutzungsdauern der Maßnahmen

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 Geschosdecke	0,12	80,00
Flachdächer	0,12	200,00
Kellerdecken		
Kellerdecken	0,25	140,00
Decken nach unten an Außenluft	0,18	200,00

Tabelle 6: Maßnahmenkosten für Dämmmaßnahmen/Gebäudehülle

Gas-Brennwert-Kessel

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

Regelung

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

Heizkreisverteiler pro Strang

Mischer, Strang-Differenzdruckregler,		
Armaturen Dämmung,	€/Strang	3.000,00
nur Dämmung	€/Strang	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
Zirku-Pumpe als Hocheffizienzpumpe	350 EUR/Stk

Lüftungsanlagen

Abbau alte Anlage	Pauschale Schätzung						
Leistungsbereiche	600 m³/h	1500 m³/h	2500 m³/h	5000 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

$$\text{Kosten/kW} = 5438 * P_{el}^{-0,351} * P_{el}^{1,45 * 1,15} \quad \text{netto}$$

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 x Ppeak ^{-0,14}			

Beleuchtung inkl. Montage

LED-Retrofit Ersatz 58 W > 120 lm/W	30 €/Stk	
LED-Retrofit Ersatz 36 W > 150 lm/W	15 €/Stk	
LED-Retrofit Ersatz 18 W	10 €/Stk	
LED-Lampen 3 - 7 W	8 €/Stk	
LED-Lampen 11 - 24 W	10 €/Stk	
Wannenleuchte 1flammig 1500mm > LED	150 €/Stk	4000 lm / 35 W
Wannenleuchte 2flammig 1500mm > LED	190 €/Stk	6000 lm / 35 W
Rasterleuchte LED schlicht	160 €/Stk	4000 lm / 35 W
Downlight LED klein	110 €/Stk	1000 lm / 10 W
Downlight LED mittel	125 €/Stk	1400 lm / 15 W
Downlight LED groß	140 €/Stk	2000 lm / 20 W
Opale Anbauleuchte LED rund klein	90 €/Stk	1200 lm / 10 W
Opale Anbauleuchte LED rund mittel	105 €/Stk	1800 lm / 15 W
Opale Anbauleuchte LED rund groß	160 €/Stk	3000 lm / 27 W
Feuchtraumleuchte LED 1200 mm	95 €/Stk	2300 lm / 19 W
Feuchtraumleuchte 1-flm LED 1500 mm	140 €/Stk	3700 lm / 30 W
Feuchtraumleuchte 2-flm LED 1500 mm	180 €/Stk	5600 lm / 35 W
Einbauleuchte LED-Panel 625x625	125 €/Stk	3400 lm / 31 W
Sporthallenleuchte „2-lampig	750 €/Stk	9000 lm / 65 W
Sporthallenleuchte „3-lampig	850 €/Stk	12000 lm / 90 W
LED-Fluter Außen	140 €/Stk	4000 lm / 50 W
Ersatz Kofferleuchte mit HQL-Lampen	620 €/Stk	1600 lm / 14 W
HQL 50W / 59 W /LED 20 W Retrofit	50 €/Stk	
HQL 80W / 89 W /LED 30 W Retrofit	60 €/Stk	

Tabelle 7: Maßnahmenkosten für Heizung und TGA Ausrüstung

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: Abweichend hiervon wird im Bereich Huchting für die Fernwärme der CO₂-Faktor des Netzes „Delfter Straße“ verwendet (Quelle: wesernetz).

Strom	708	kg/MWh
Erdgas	182	kg/MWh Hs
Erdgas	202	kg/MWh Hi
Heizöl	266	kg/MWh Hi
Fernwärme	80	kg/MWh Hi

Tabelle 8: Übersicht der angenommenen CO₂-Faktoren

Strom aus Photovoltaikanlagen wird nicht als CO₂-frei bewertet. Es wird ein CO₂-Emissionsfaktor von 100 kg/MWh angesetzt.

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

5.1 Gesamtenergiebedarf und CO₂-Emission

Insgesamt werden in den Gebäuden zur Beheizung und Warmwasserbereitung jährlich 5.882 MWh Brennstoff/Fernwärme und zur elektrischen Versorgung 1.030 MWh Strom eingesetzt. Die Darstellung der Energieverbräuche der einzelnen Liegenschaften ist nachfolgend grafisch dargestellt. In den Gebäuden G1148 – G1151 wird „Fernwärme“ aus einer Heizölkesselanlage bezogen. In den Betrachtungen wird diese Anlage als Heizölanlage behandelt.

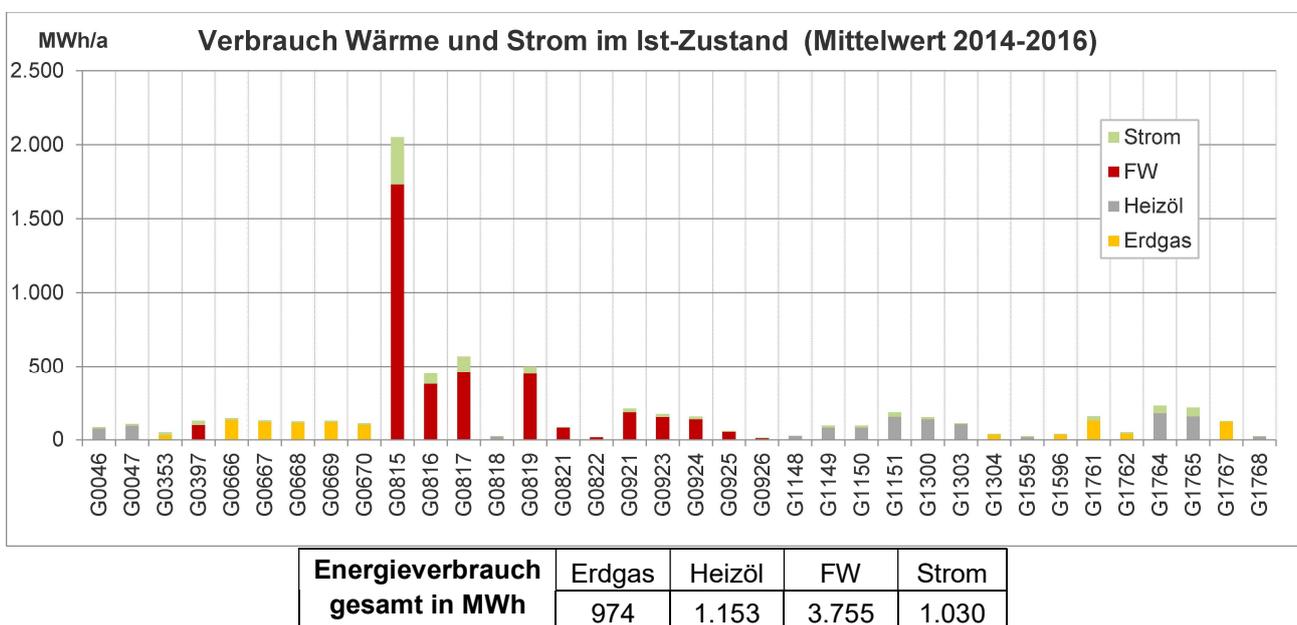


Abbildung 2: Wärme- und Stromverbrauch der Gebäude im Ist-Zustand (Mittelwerte 2014-2016)

Die aus dem Energieverbrauch resultierenden jährlichen CO₂-Emissionen betragen 1.533 t/a. Die Emissionen pro Gebäude sind in Abbildung 3 dargestellt.

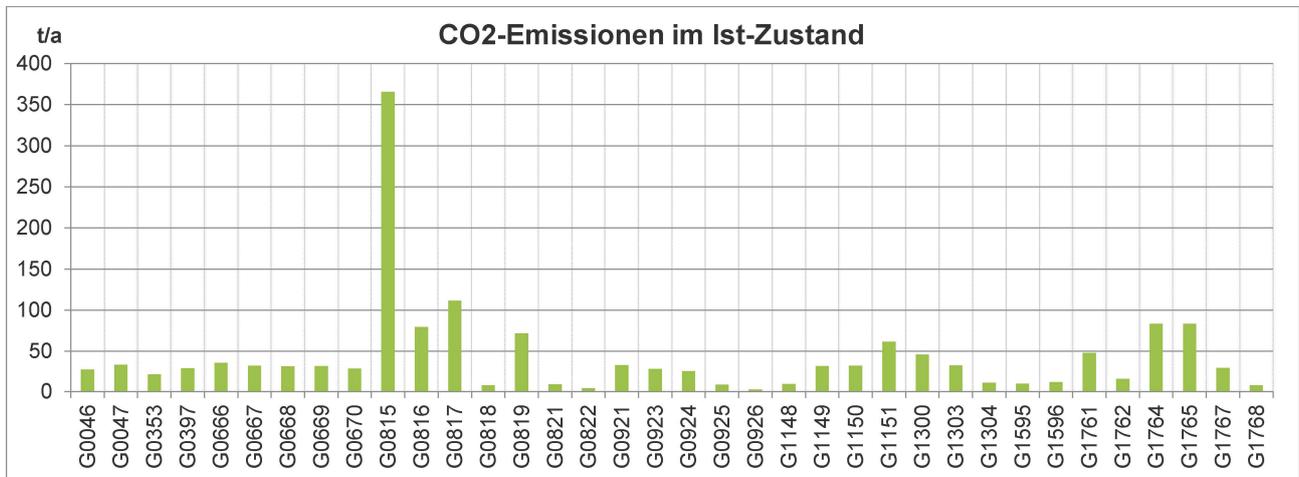


Abbildung 3: CO₂-Emissionen der Gebäude im Ist-Zustand

5.2 Gesamtenergiekosten

Durch die Energienutzung fallen jährliche Energiekosten (Brutto) in Höhe von 601.979 €/a (Preisbasis 2016) an. Die Kosten für die einzelnen Gebäude sind in Abbildung 4 dargestellt.

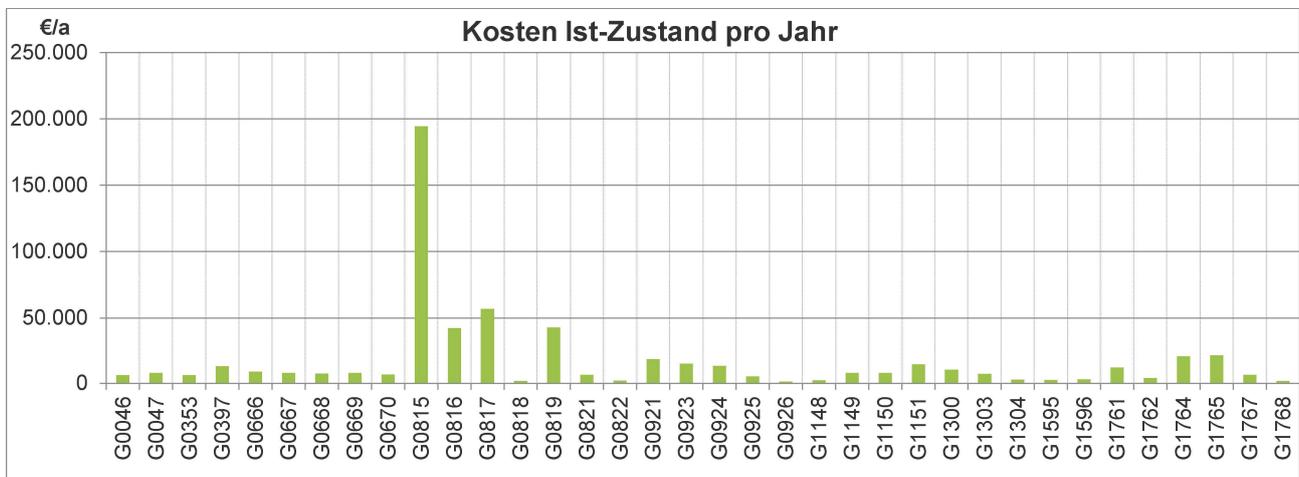


Abbildung 4: jährliche Energiekosten im Ist-Zustand

5.3 Energieträgeraufteilung

In Abbildung 5 ist die Energieträgeraufteilung der untersuchten Gebäude dargestellt. Mit 54,3% hat Fernwärme den höchsten Anteil, gefolgt von Heizöl (16,7%), Strom (14,9%) und Erdgas (14,1%).

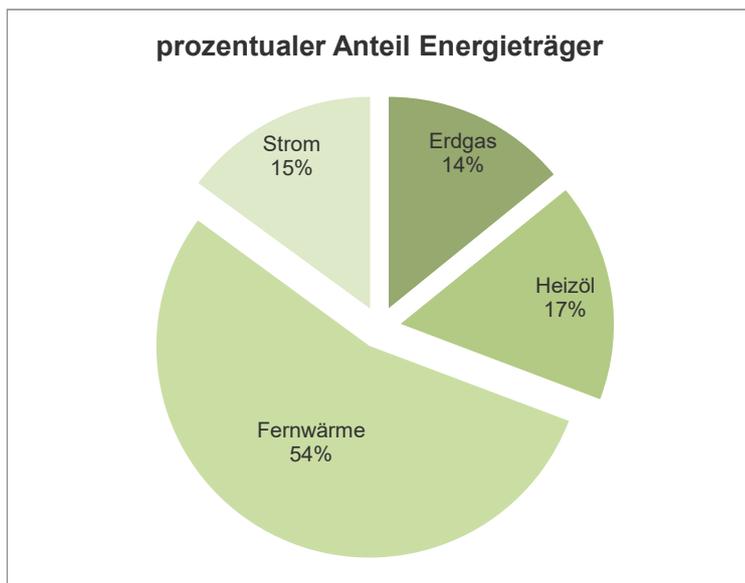


Abbildung 5: Prozentualer Anteil der Energieträger in den Gebäuden

5.4 Energiekennwerte

In der Abbildung 6 ist der Energiekennwert Wärme für jedes Gebäude dargestellt.

Der Vergleich mit den Referenzgebäuden nach EnEV - Neubau mit Energiekennwerten Wärme zwischen 80 und 135 kWh/m² im Jahr zeigt, dass 19 Gebäude (ca. 53% der Gebäude) einen Verbrauch im Bereich oder auch unterhalb der Vergleichswerte aufweisen (siehe Abbildung 6). Etwa 39% der Gebäude liegen mehr als 20% über den Referenzkennwerten. Hier können ggfs. höhere Einsparpotenziale erwartet werden.

Bei der so entwickelten energetischen Einschätzung der Gebäude ist allerdings zu berücksichtigen, dass es mehrere Gebäude gibt, bei denen die angegebene Nutzfläche große unbeheizte Anteile beinhaltet. Dieses und teilweise unplausible Verbrauchsdaten verfälschen den spezifischen Verbrauch.

Es wird empfohlen, die bei Immobilien Bremen verwendeten Flächen und Verbrauchsdaten zu überprüfen, um einheitlich belastbare Aussagen machen zu können.

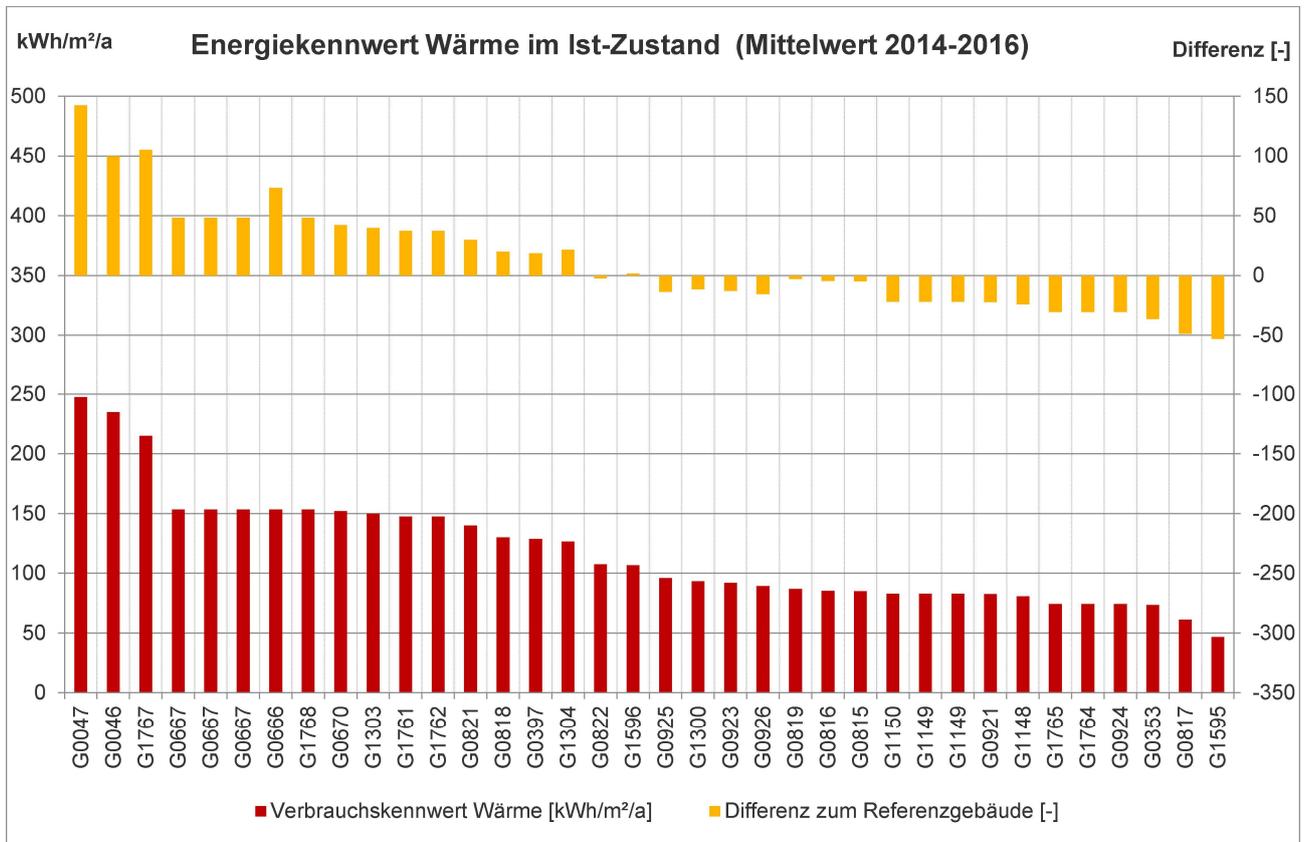


Abbildung 6: Energiekennwert Wärme im Ist-Zustand

In der Abbildung 7 ist der Energiekennwert Strom für jedes Gebäude dargestellt.

Der Vergleich mit den Referenzgebäuden nach EnEV - Neubau mit Energiekennwerten Strom zwischen 10 und 30 kWh/m² im Jahr zeigt, dass ca. 42% der Gebäude einen Verbrauch im Bereich oder auch unterhalb der Vergleichswerte aufweisen. Ca. 39% der Gebäude liegen mit mehr als 20 % über dem Referenzkennwert. Hier können ggfs. höhere Einsparpotenziale erwartet werden.

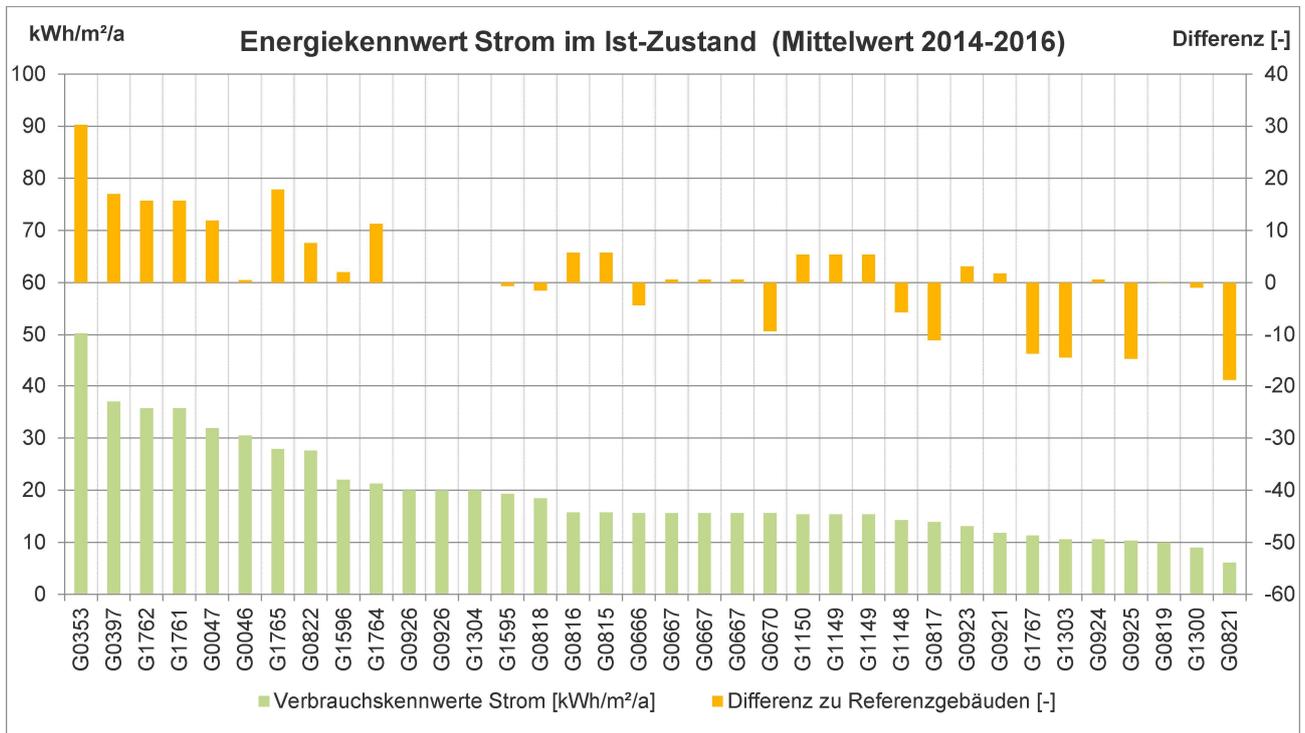


Abbildung 7: Energiekennwert Strom im Ist-Zustand

5.5 Lastganganalysen des elektrischen Strombezuges

Für 5 der untersuchten Liegenschaften liegen Stromlastgänge vor. Dazu gehören die Schule Grolland (G0666), die Wilhelm-Wagenfeld-Schule (G0815), die Roland zu Bremen Oberschule (G0921) und die Schule an der Robinsbalje (G1764). Beim Lastgang der Oberschule an der Hermannsburg (G1148) konnte nicht in Erfahrung gebracht werden, welche Gebäude zum Zeitpunkt der Datenerfassung mit Strom versorgt wurden. Darum konnten hier keine auf die Nutzfläche bezogenen Angaben errechnet werden. Bei der Bewertung des Stromverbrauches zu Nichtnutzungszeiten ergibt sich die in Abbildung 8 dargestellte Verteilung der Grundlasten für die übrigen Liegenschaften.

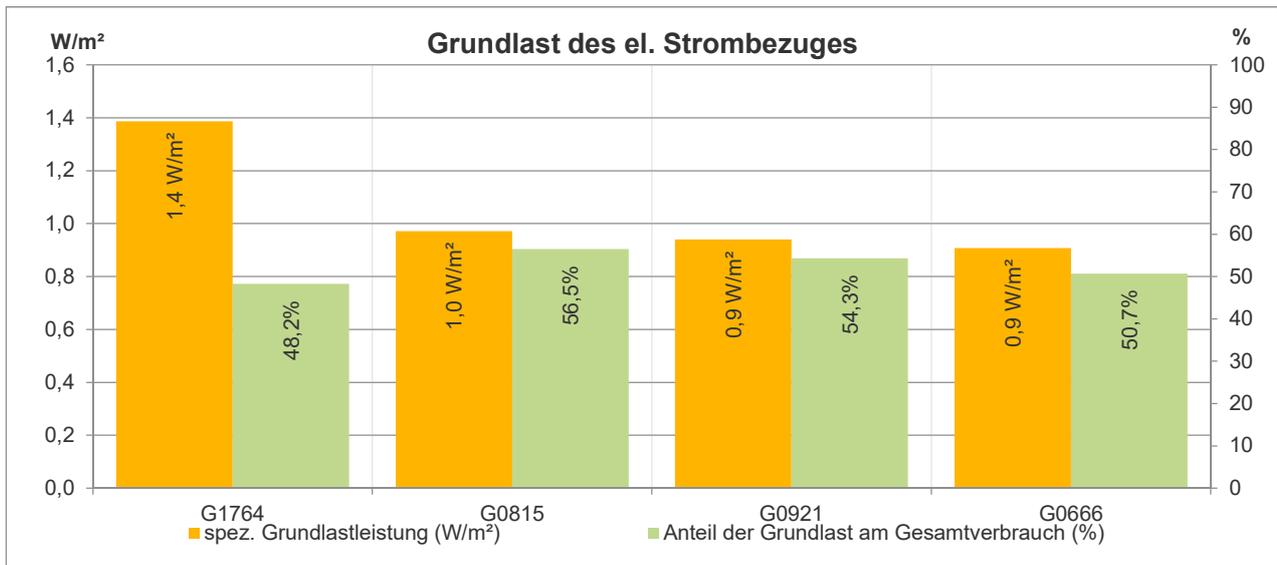


Abbildung 8: spezifische Grundlastleistung und Grundlastanteil am Gesamtverbrauch

Es liegen spezifische Grundlastleistungen von 0,91 bis 1,39 W/m² vor.

Die höchste spezifische Grundlast weist die Schule an der Robinsbalje (G1764) auf. Dies kann damit zusammenhängen, dass der Verbrauch dieses Lastgangs zusätzlich zur Schule auch ein Kindertagesheim und ein Gemeindezentrum beinhaltet. Die unterschiedlichen Nutzungsprofile können die Grundlast beeinflussen.

Die Lastgänge der Schulen zeigen für die Nutzung typische Lastgangverläufe. In der folgenden Abbildung ist die geordnete Jahresdauerlinie des Strombedarfes und die Grundlast am Beispiel der Roland zu Bremen Oberschule (G0921-G0926) für das Jahr 2015 dargestellt.

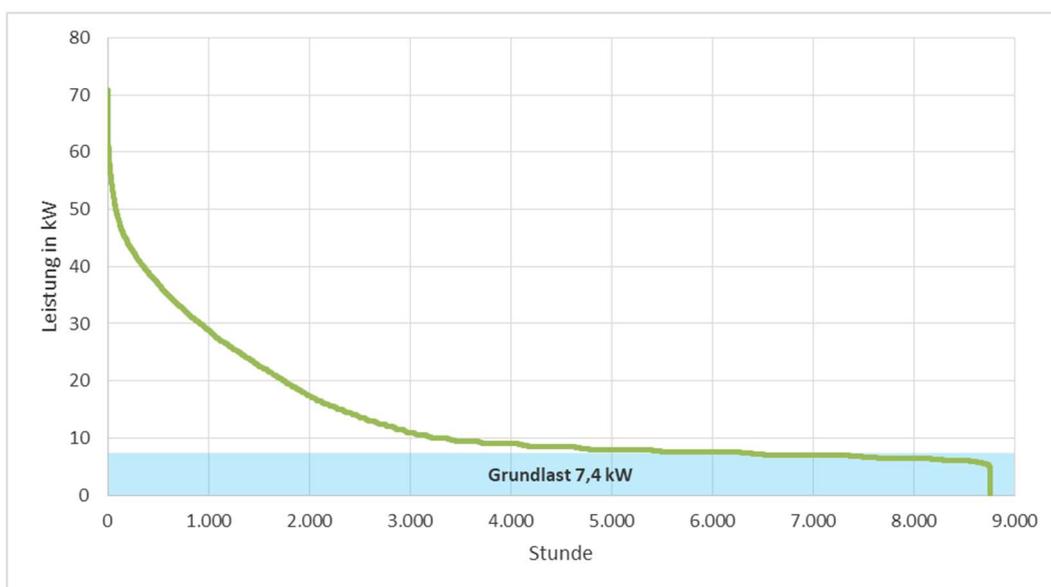


Abbildung 9: Jahresdauerlinie 2015 der Roland zu Bremen Oberschule - Grundlast 7,4 W/m²

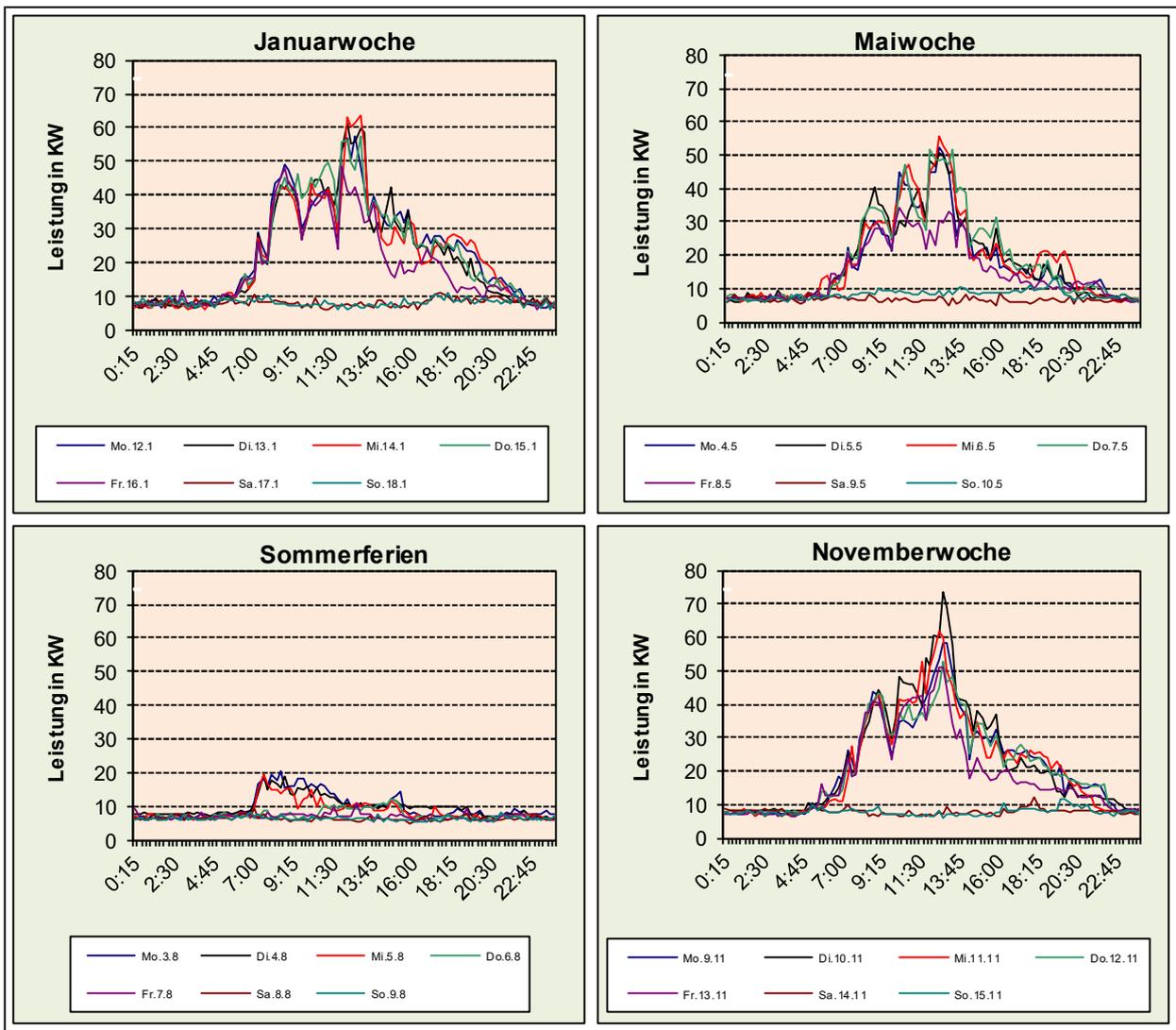


Abbildung 10: ausgewählte Tagesverläufe des Stromverbrauchs 2015 am Beispiel der Roland zu Bremen Oberschule

6 Energetischer Istzustand Baukörper und Technik

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

6.1 Baukörper

Der energetische Zustand der einzelnen Baukörperteile

- Fußboden
- Außenwand
- Fenster
- Dach/Bodendecke

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 Abbildung 11 und Abbildung 12 sind die Außenwand- und die Dach-/Bodendeckenfläche 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 $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

Die gesamte Außenwandfläche wurde zu 29.711 m^2 abgeschätzt.

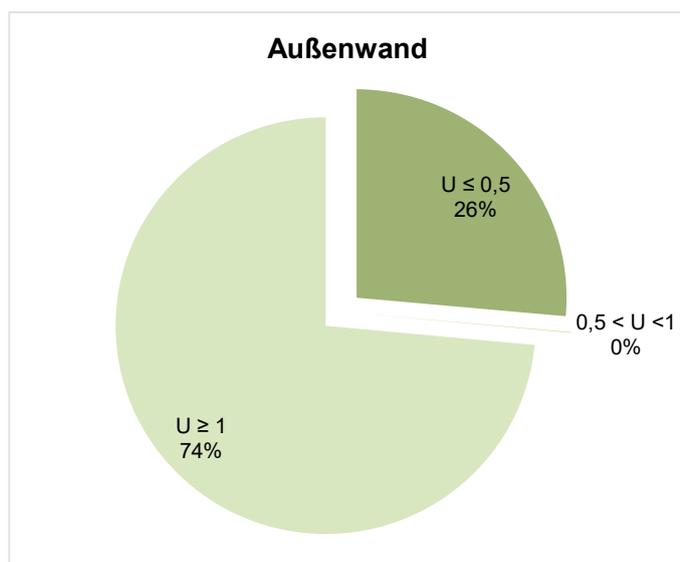


Abbildung 11: Außenwandflächen aufgeteilt nach energetischer Qualität

Ca. 74% der Außenwandfläche wird als energetisch schlecht bewertet. Zu beachten hierbei ist, dass die Außenwände der Gebäude überwiegend aus Mauerwerk bestehen. Wände, bei denen von außen keine Luftschicht zu erkennen war, wurden als Vollziegelmauerwerk angenommen.

Die gesamte Dach- und oberste Geschossfläche wurde zu 33.177 m² abgeschätzt.

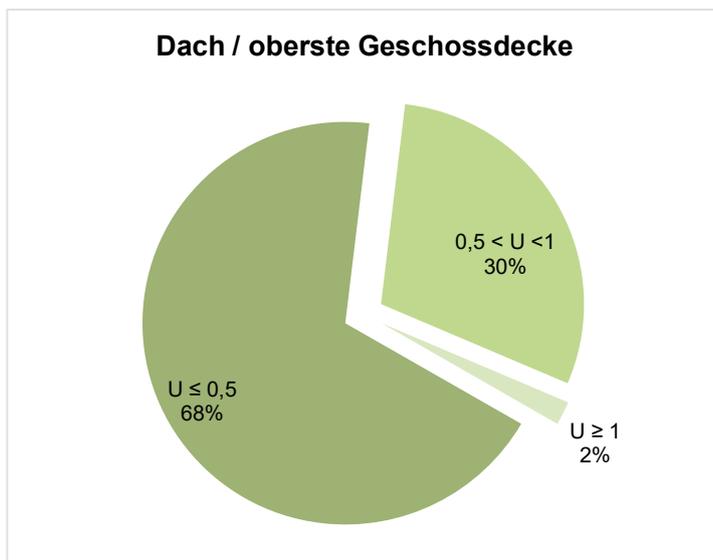


Abbildung 12: Dach-/Bodendeckenflächen aufgeteilt nach energetischer Qualität

Ca. 2% der Dach-/Bodendeckenfläche wird als energetisch schlecht bewertet. Dieses sind vor allem ungedämmte Decken zu ungenutzten Dachböden und Flachdächer, die noch nicht energetisch saniert wurden. Ca. 69% 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.

In der Abbildung 13 sind die Glasarten der Fenster und Türen aufgeteilt nach fünf Kategorien dargestellt:

- 1-fach Glas: U-Wert $> 5,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Glasbausteine: U-Wert $3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Standardisoliertglas: U-Wert 2,8 bis $3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ je nach Glasqualität und Rahmenart
- Wärmeschutzglas: U-Wert $< 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ (incl. 3-fach Glas)
- Dachfenster: U-Wert $3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ (meist Kunststoff)

Fenster mit U-Werten $< 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ werden als „energetisch schlecht“ bewertet.

Die gesamte Fenster- und Außentürenfläche wurde zu 14.161 m² abgeschätzt.

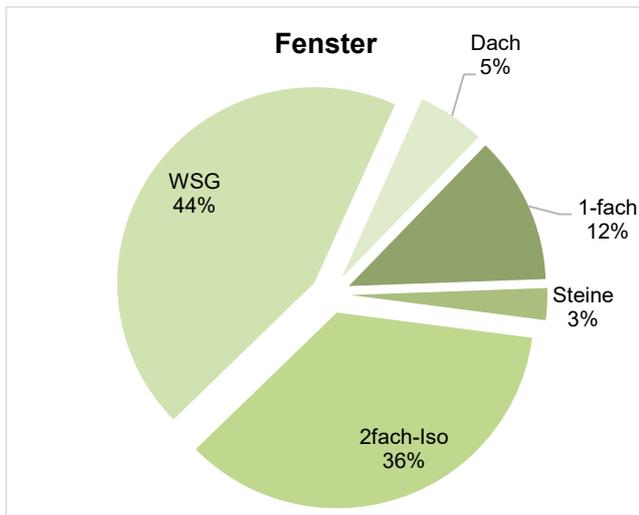


Abbildung 13: energetische Fensterqualitäten

Ca. 56% der Fensterfläche wird als energetisch schlecht bewertet. Ca. 44% der Fensterfläche wird als energetisch gut bewertet (Wärmeschutzglas). 3-fach Glas wurde nur in vereinzelt Liegenschaften vorgefunden.

6.2 Haustechnik

Wärmeerzeugung

Die Wärmeerzeugung erfolgt über Kesselanlagen und Fernwärme.

Es gibt insgesamt 18 Heizkessel in den untersuchten Gebäuden. Die Altersstruktur der Kessel ist in der Abbildung 14 angegeben

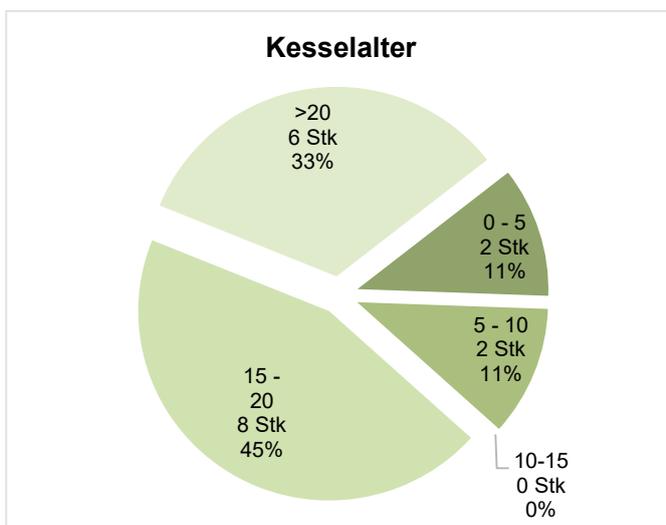


Abbildung 14: Kesselaltersstruktur

Ca. 78% der Kessel sind älter als 15 Jahre (33% älter als 20 Jahre). Hier besteht kurz und mittelfristig Handlungs-/Sanierungsbedarf.

Die älteren Kessel sind überwiegend Niedertemperaturkessel. Die neueren sind zu 100% Brennwertkessel.

Wärmeverteilung

Bei ca. 35% der Gebäude ist die Dämmung der Wärmeverteilung mangelhaft oder verbesserungswürdig ausgeführt (Bewertung in Einzelberichten „schlecht“ oder „mittel“).

In der Abbildung 15 ist eine Aufteilung der Umwälzpumpen nach 3 Effizienzklassen angegeben:

- energetisch schlecht: Standardpumpe stufig oder konstant
- energetisch mittel: geregelte Pumpe
- energetisch gut: Hocheffizienzpumpe

Insgesamt sind 78 Umwälzpumpen vorhanden.

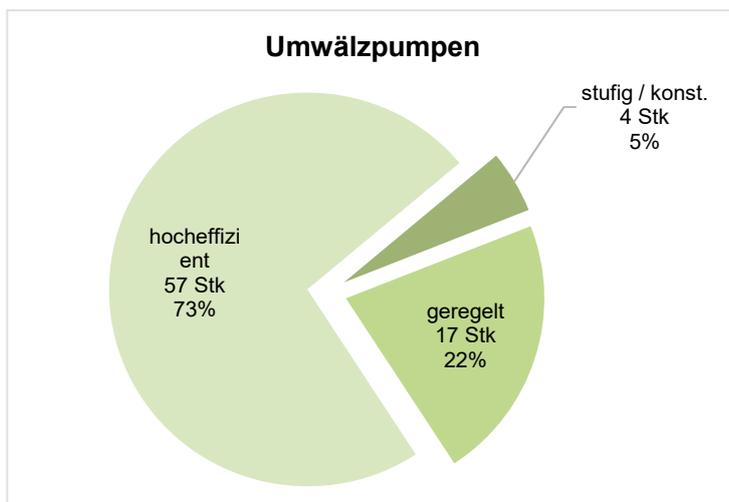


Abbildung 15: energetische Qualität der Umwälzpumpen

Ca. 73% der Pumpen sind hocheffizient. Lediglich 5% der Pumpen sind unregulierte Standardpumpen.

Alle Heizkörper sind mit Thermostatventilen verschiedenen Alters ausgerüstet. Ein hydraulischer Abgleich wurde in wenigen Gebäude durchgeführt.

Die Regelungstechnik befindet sich in unterschiedlich guten Zuständen. Größere Anlagen haben meist eine Gebäudeleittechnik, die fernbedienbar ist. Hier gibt es Abstimmungsprobleme zwischen dem Hausmeister und dem „Bediener“ bei Immobilien Bremen. Hier sollten eindeutige Zuständigkeiten vereinbart werden.

6.3 Lüftungstechnik

Relevante Lüftungsanlagen befinden sich in folgenden Gebäuden:

- BSA Huchting - Umkleidegebäude (G0046) - Duschen, Umkleideräume
- Kindergarten Grolland (G0353) - Küche
- Kindertagesheim an der Höhpost (G0397) - Küche
- Wilhelm-Wagenfeld-Schule (G0815) - Küche, Klassen, Aula
- Alexander von Humboldt Gymnasium - Turnhalle (G0817) - Duschen, Halle
- Schule an der Delfter Straße (G0819) - Küche
- Roland zu Bremen Oberschule (G0921) - Halle, Küche, Giftschränk

In den meisten Fällen konnten keine technischen Daten der Anlagen ermittelt werden. Es gab keine Dokumentation vor Ort. Auch bei IB konnte keine Ausfindig gemacht werden. Es wurden deshalb keine energiesparenden Maßnahmen an Lüftungsanlagen entwickelt.

Da die Anlagen oft nicht zugänglich sind, sollten im Bereich der Lüftungsanlagen die wichtigen technischen Daten so dokumentiert werden, dass eine Auswertung einfacher möglich ist.

6.4 Warmwassertechnik

Warmwasser wird teilweise zentral über die Heizanlage mit Speicher oder Speicherladesysteme erzeugt. Zusätzlich sind in einigen Gebäuden dezentral elektrische Untertischspeicher oder sonstige E-Boiler vorhanden.

Die Warmwassersysteme befinden sich energetisch überwiegend in einem mittleren Zustand. 21% der Warmwassersysteme werden als baulich schlecht, 18% werden als energetisch schlecht bewertet. Die Zirkulationspumpen sind oft nicht hocheffizient.

6.5 Beleuchtung

Die Beleuchtung erfolgt überwiegend über Leuchtstofflampen mit Leuchten unterschiedlichen Alters und energetischer Qualität. In der Abbildung 16 ist die prozentuale Aufteilung der vorgefundenen Leuchtmittel auf die Nutzfläche (Hochrechnung auf die Gesamtfläche auf Grundlage der erfassten Beleuchtung) in 6 Kategorien angegeben:

- | | |
|--------------------|---|
| • LED | energetisch gut |
| • T5 (mit EVG) | energetisch gut |
| • Kompakt LL (KLL) | energetisch mittel |
| • T8 | energetisch mittel mit EVG, energetisch schlecht mit KVG oder VVG |
| • Glüh-/Halo | energetisch schlecht |
| • HQL | energetisch schlecht |

Abkürzungen der Lampenarten/-Technik

Glüh-/Halo = Glühlampen / Halogen-Lampen

HQL = Quecksilberdampflampe

Kompakt LL = Kompakt-Leuchtstofflampe

T8 = Leuchtstoffröhre T8 Durchmesser 26mm / G13

T5 = Leuchtstoffröhre T5 Durchmesser 16mm / G5

KVG = konventionelles Vorschaltgerät

VVG = verlustarmes Vorschaltgerät

EVG = elektronisches Vorschaltgerät

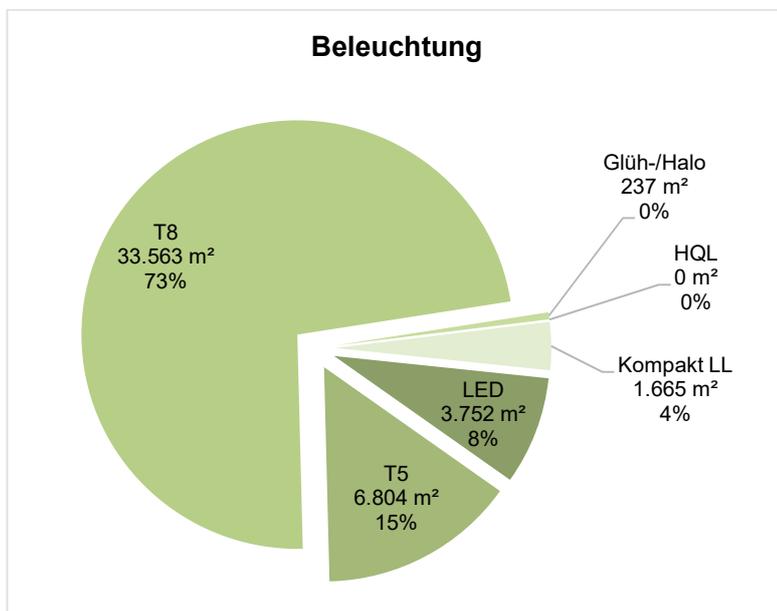


Abbildung 16: Anteile der Leuchtmittelkategorien

6.6 Nutzung regenerativer Energien und Kraft-Wärme-Kopplung

Auf den Dächern der Roland zu Bremen Oberschule (G0921) sowie auf der Oberschule an der Hermannsburg (G1148) und der Schule an der Robinsbalje ist jeweils eine Photovoltaikanlage installiert (53,3 kW_p, 21,0 kW_p und 99,4 kW_p). Eine Eigennutzung des Solarstroms findet nur an der Roland zu Bremen Oberschule statt.

Ein BHKW ist in keinem Gebäude vorhanden.

7 Energiesparende Maßnahmen

Aufbauend auf die Bestandserfassung und -bewertung wurden Einsparmaßnahmen entwickelt. Diese sind aufgeteilt nach Maßnahmen an der Gebäudehülle und an der Gebäudetechnik. Unter Gebäudetechnik sind auch Photovoltaikanlagen gefasst. Für jedes Gebäude wurde die Eignung der Dachflächen zum Aufbau einer PV-Anlage untersucht. Folgendes ist zu berücksichtigen:

- Die Maßnahmen werden zur Kategorisierung mit Kürzeln belegt (Außenwand: AW, Fenster: FE, Decke/Dach: DA, Fußboden- oder Kellerdecke: FB, Heizungsanlage: HK, Wärmeverteilung: WV, Trinkwarmwasserbereitung: WWB, Lüftungsanlage: LÜ, Beleuchtung: BE, Photovoltaikanlage: PV, Kraftwärmekopplung (BHKW): KWK, Mess- und Regelungstechnik: MSR)
- Je nach wirtschaftlichem Ergebnis der Maßnahmen und baulichem Zustand werden diese kurz-, mittel oder langfristig zur Umsetzung empfohlen. Hierbei der bauliche Zustand und die Wirtschaftlichkeit als Klassifizierungsparameter genutzt (K = kurzfristig (int. Zins > 10 %) / M = mittelfristig (int. Zins < 0 - 10 %) / L = langfristig (int. Zins negativ)). In manchen Fällen (z.B. bei starker Baufällichkeit des betrachteten Gebäudeteils) wurde der empfohlene Zeithorizont nicht lediglich von der Wirtschaftlichkeit der Maßnahme abhängig gemacht.
- Bei gekoppelten Maßnahmen, wie z.B. Wärmedämmung und Kesselerneuerung können im Gesamtpaket die Einsparungen nicht additiv behandelt werden. Dieses ergibt überhöhte Einsparungen. In diesen Fällen wurde ein Reduktionsfaktor eingefügt.
- Bei allen Heizölanlagen (9 Heizkessel) wird ein Energieträgerwechsel auf Erdgas angesetzt. Dieses wird mit der Abkürzung ETW in den Einzelberichten gekennzeichnet.
- Der Erdgasmehrverbrauch eines BHKWs wirkt sich verbrauchssteigernd bzw. der selbstgenutzte Strom bei BHKW oder PV wirkt sich verbrauchsreduzierend aus.
- Das Einsparpotenzial für eine Sanierung der Heizzentrale, ggf. mit BHKW und einer PV-Anlage wurde für die gesamte Liegenschaft betrachtet und in Summe (Einsparung und Investition) dem Gebäude der Liegenschaft zugeordnet, in dem sich die Heizzentrale, der Hauptzähler oder der Stromeinspeisepunkt befindet. Das kann bei den betreffenden Gebäuden dazu führen, dass die Einsparungen größer als der Verbrauch ist, so dass der Verbrauch bzw. die Verbrauchskennwerte im Soll-Zustand negative Werte annehmen und die Investition deutlich höher ausfällt, als bei den nachgeordneten Gebäuden der Liegenschaft.
- Bei Gebäuden mit kleinteiligen Dachflächen wurde teilweise bezogen auf die Angaben des Bremer Solarkatasters ein Minderungsfaktor angesetzt bzw. Einzelflächen nicht mit berücksichtigt.
- Bei Gebäuden mit geringer Geschosshöhe und gleichzeitig großer Grund- bzw. Dachfläche, kann mit einer Photovoltaikanlage in der Regel mehr Strom produziert werden als im Gebäude (und auch der ges. Liegenschaft) genutzt werden kann. Als Energie-Einsparung in der Maßnahmenbewertung wird nur der selbstgenutzte Strom im Gebäude ausgewiesen (mit entsprechender Reduzierung des Strom-Verbrauchskennwertes). Für die CO₂-Reduktion wird der gesamte erzeugte Solarstrom angerechnet. Dabei wird für PV-Strom ein CO₂-Emissionsfaktor von 100 kg/MWh berücksichtigt.
- Bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung einer PV-Anlage wurde das Kosteneinsparpotenzial der Gesamtanlage inkl. Einspeisung berücksichtigt, d.h. es werden die Netto-Erlöse aus dem vermiedenen Stromverbrauch bei Eigennutzung, die Erlöse aus der Einspeisung in

das Netz sowie die Kosten aus der EEG-Umlage des Eigenverbrauches (gemäß EEG 2017) und ein pauschaler Betrag pro erzeugter kWh für die Wartung eingerechnet.

- Ein Austausch von Leuchtstofflampen durch LED-Retrofit-Lampen wird bei Leuchten mit elektronischem Vorschaltgerät und T8 Leuchtstofflampen angesetzt. Bei allen anderen Leuchtentypen mit T8-Lampen wird eine Erneuerung der gesamten Leuchte durch eine LED-Leuchte berücksichtigt. In diesem Fall werden besonders in Schulen und Kitas LED-Paneele zum Einbau in Schallschutzdecken als Maßnahme vorgesehen. Die Beleuchtungsmaßnahmen wurden mit einem spezifischen Leistungsansatz von 1,5 bis 2,0 W/m²/100lx dimensioniert.

7.1 Maßnahmen gesamt

Insgesamt wurden 259 Maßnahmen ermittelt, welche wie in Abbildung 17 dargestellt, den einzelnen Bereichen zugeordnet werden können.

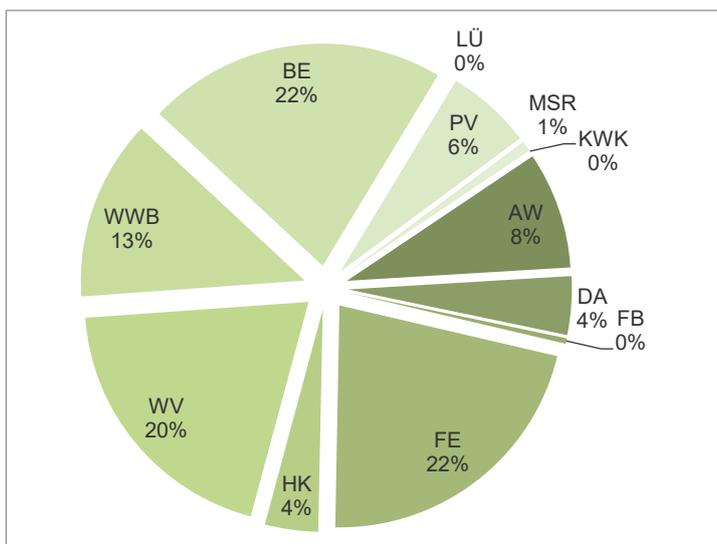


Abbildung 17: Aufteilung der Maßnahmen nach Techniken (Anzahl)

Die absolute Anzahl der empfohlenen Maßnahmen je Kategorie ist in Tabelle 9 gelistet.

Gebäudehülle		Technik	
Außenwand (AW)	22	Heizanlage (HK)	10
Dach (DA)	11	Wärmeverteilung (WV)	51
Fußboden/Kellerdecke (FB)	1	Warmwasserbereitung (WWB)	34
Fenster (FE)	56	Beleuchtung (BE)	56
		Lüftungsanlage (LÜ)	0
		Photovoltaik (PV)	16
		Mess- und Regeltechnik (MSR)	2
		Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)	0

Tabelle 9: Anzahl der empfohlenen Maßnahmen nach Kategorie

16 Standorte wurden als grundsätzlich geeignet für den Bau und Betrieb einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage) bewertet. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass vorausgesetzt wird, dass die Dachstatiken die zusätzlichen Lasten einer PV-Anlage aufnehmen können.

Das ermittelte PV-Potenzial liegt bei 1.082 kWp. Das solare Stromproduktionspotenzial wird zu insgesamt 981.466 kWh/a ermittelt. Die selbst nutzbare Menge wird auf ca. 359.302 kWh/a abgeschätzt. Dieses entspricht ca. 35% des gesamten Strombedarfes aller betrachteten Gebäude.

Insgesamt kann der Energieverbrauch durch Umsetzung der Maßnahmen um 3.105 MWh/a reduziert werden. Dies entspricht einer Einsparung von ca. 45%. Im Bereich der Gebäudehülle ist das Einsparpotenzial etwas höher als im Bereich Technik, wie die nachfolgende Abbildung zeigt.

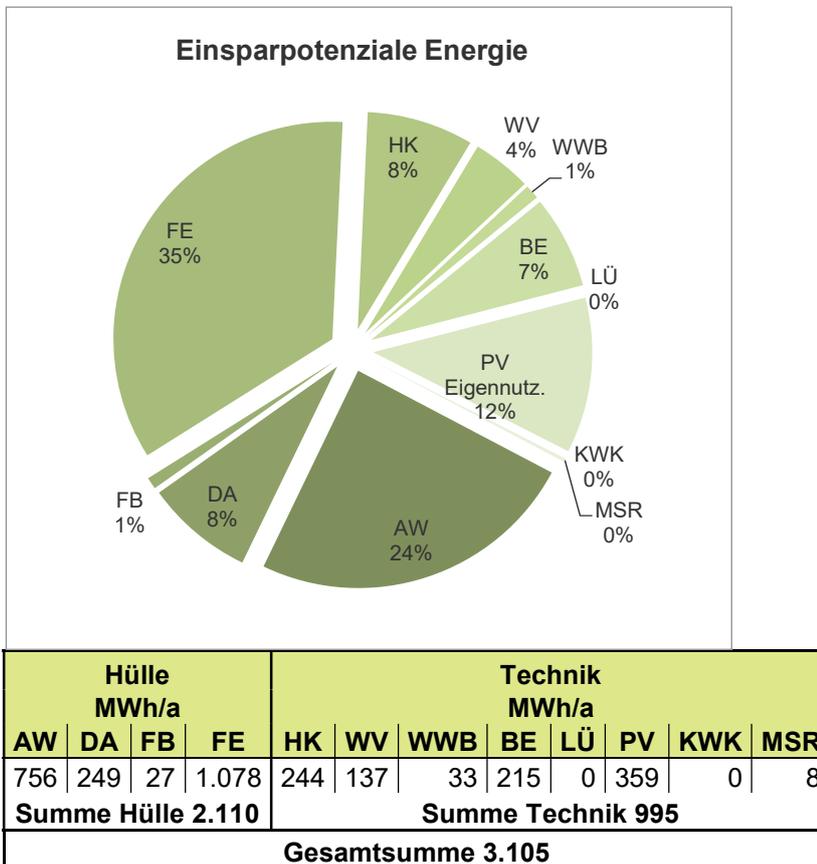


Abbildung 18: Energieeinsparpotenziale nach Maßnahmengruppe

Im Bereich Gebäudehülle liegt das Haupteinsparpotenzial in der Fenstersanierung, die zu einer Einsparung von führen kann. Im Bereich Technik liegt das Haupteinsparpotenzial im Bereich der Heizkessel. Die Sanierung der veralteten Heizungsanlagen allein kann zu einer Einsparung von etwa führen.

Für die Umsetzung aller Maßnahmen ist ein Investitionsbedarf von ca. 17.180.079 € erforderlich.

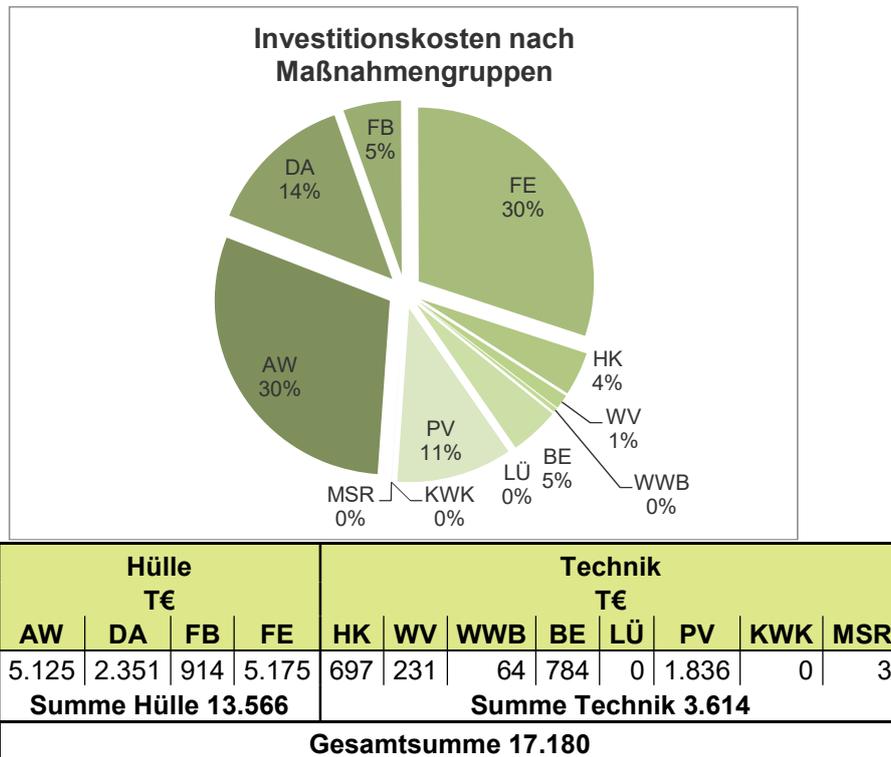


Abbildung 19 zeigt die Aufteilung der Investitionskosten nach Maßnahmengruppen.

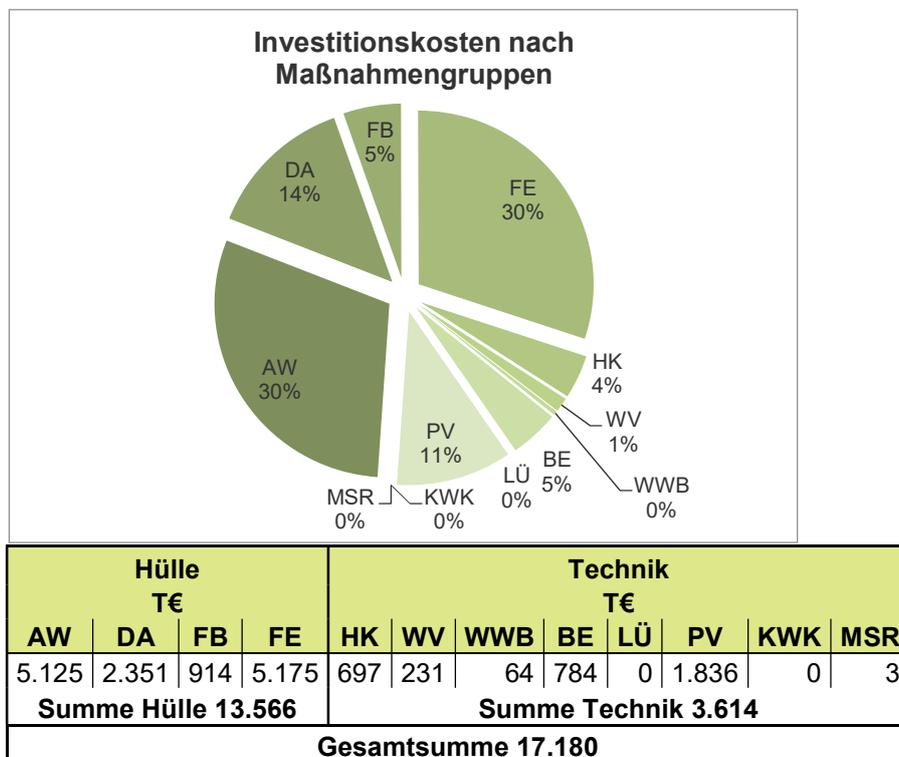


Abbildung 19: Investitionskosten nach Maßnahmengruppe

7.2 Umsetzungsklassifizierung der Maßnahmen

Die entwickelten energiesparenden Maßnahmen werden in kurz-, mittel- und langfristig umsetzbar eingeteilt. Die Einsparungen je Kategorie teilen sich folgendermaßen auf:

- 326 MWh/a kurzfristig durch 47 Maßnahmen
- 1.798 MWh/a mittelfristig durch 154 Maßnahmen
- 981 MWh/a langfristig durch 58 Maßnahmen

In den drei folgenden Abbildungen werden die Maßnahmen den Kategorien zugeordnet. Maßnahmen an der Gebäudetechnik werden überwiegend als kurz- und mittelfristige Maßnahmen vorgeschlagen. Maßnahmen am Baukörper (Außenwand, Fenster, Dach/Decke) sind hauptsächlich langfristige Maßnahmen.

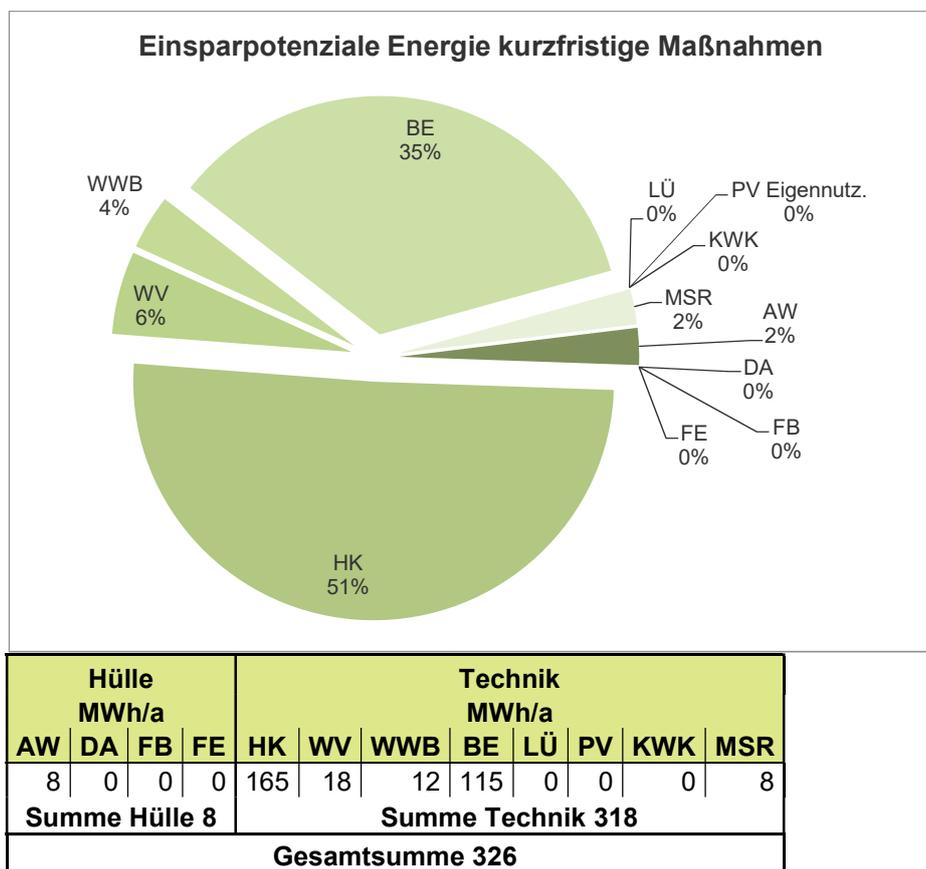
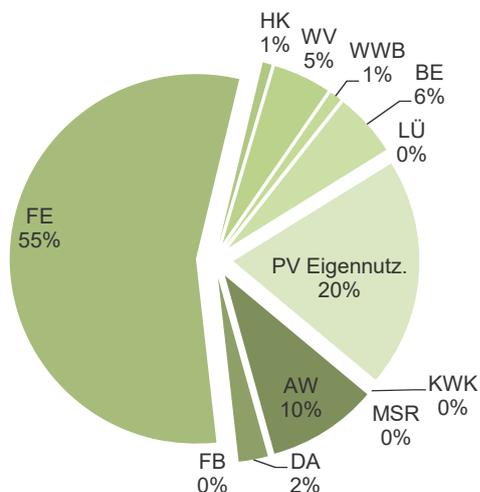


Abbildung 20: Energieeinsparpotenzial - kurzfristige Maßnahmen

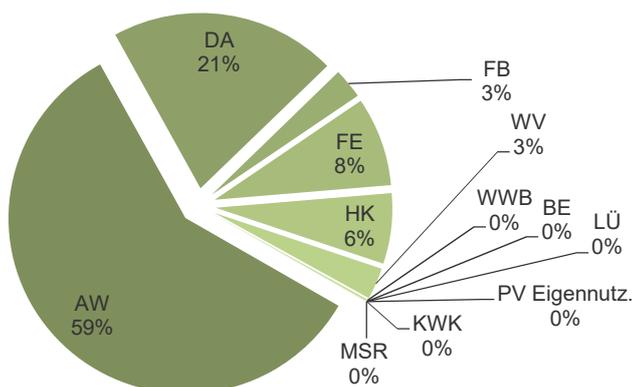
Einsparpotenziale Energie mittelfristige Maßnahmen



Hülle MWh/a				Technik MWh/a							
AW	DA	FB	FE	HK	WV	WWB	BE	LÜ	PV	KWK	MSR
172	46	0	998	15	90	19	100	0	359	0	0
Summe Hülle 1.216				Summe Technik 582							
Gesamtsumme 1.798											

Abbildung 21: Energieeinsparpotenzial - mittelfristige Maßnahmen

Einsparpotenziale Energie langfristige Maßnahmen

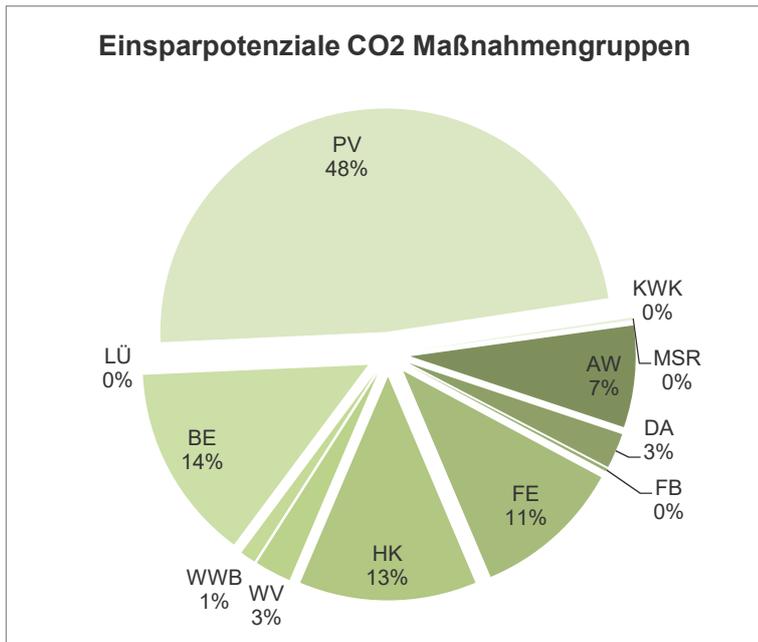


Hülle MWh/a				Technik MWh/a							
AW	DA	FB	FE	HK	WV	WWB	BE	LÜ	PV	KWK	MSR
576	203	27	80	64	29	2	0	0	0	0	0
Summe Hülle 886				Summe Technik 95							
Gesamtsumme 981											

Abbildung 22: Energieeinsparpotenzial - langfristige Maßnahmen

7.3 CO₂ – Einsparung bei Umsetzung der entwickelten Maßnahmen

Insgesamt kann die CO₂-Emission um 1.074 t/a reduziert werden. Dies entspricht einer Einsparung von ca. 70%. Hiervon hat die Stromerzeugung über Photovoltaikanlagen (Eigenverbrauch plus Netzeinspeisung) einen Anteil von 48% (519 t/a). Ca. 224 t/a entfallen auf den Bereich der Gebäudehülle und 850 t/a auf den Bereich der Anlagentechnik.



Hülle t/a				Technik t/a							
AW	DA	FB	FE	HK	WV	WWB	BE	LÜ	PV	KWK	MSR
79	27	2	115	137	28	12	152	0	519	0	2
Summe Hülle 224				Summe Technik 850							
Gesamtsumme 1.074											

Abbildung 23: CO₂ Einsparpotenzial nach Maßnahmengruppen

7.4 Kosteneinsparung bei Umsetzung der entwickelten Maßnahmen

Das jährliche Kosteneinsparpotenzial liegt bei 364.236 €/a. Ca. 61% dieser Einsparung kann durch Maßnahmen im Bereich Technik erzielt werden.

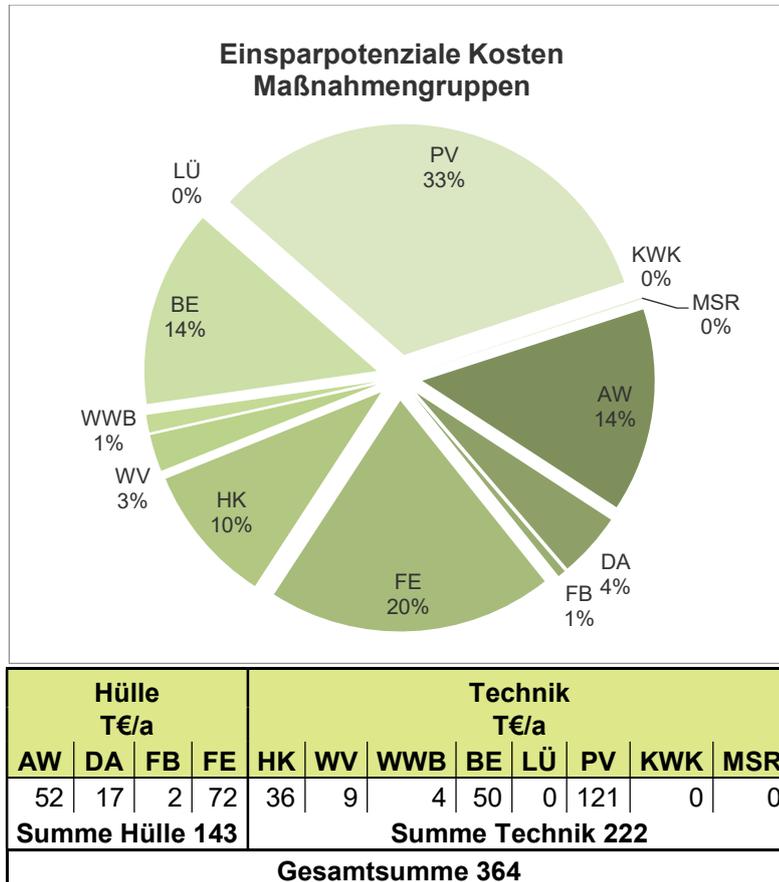


Abbildung 24: Kosteneinsparpotenzial nach Maßnahmengruppen

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

Durch die Umsetzung aller Maßnahmen (Sollzustand) kann der Energieverbrauch der Gebäude drastisch reduziert werden. Der Gesamtverbrauch in Höhe von 6.912 MWh/a kann um 45% auf 3.807 MWh/a verringert werden. Nachfolgend ist der Verbrauch der Einzelgebäude im Sollzustand dargestellt. Negative Verbrauchswerte sind methodisch bedingt. Einsparungen aus Heizzentralen und PV-Anlagen werden in voller Höhe dem Gebäude mit der Zentrale zugeordnet.

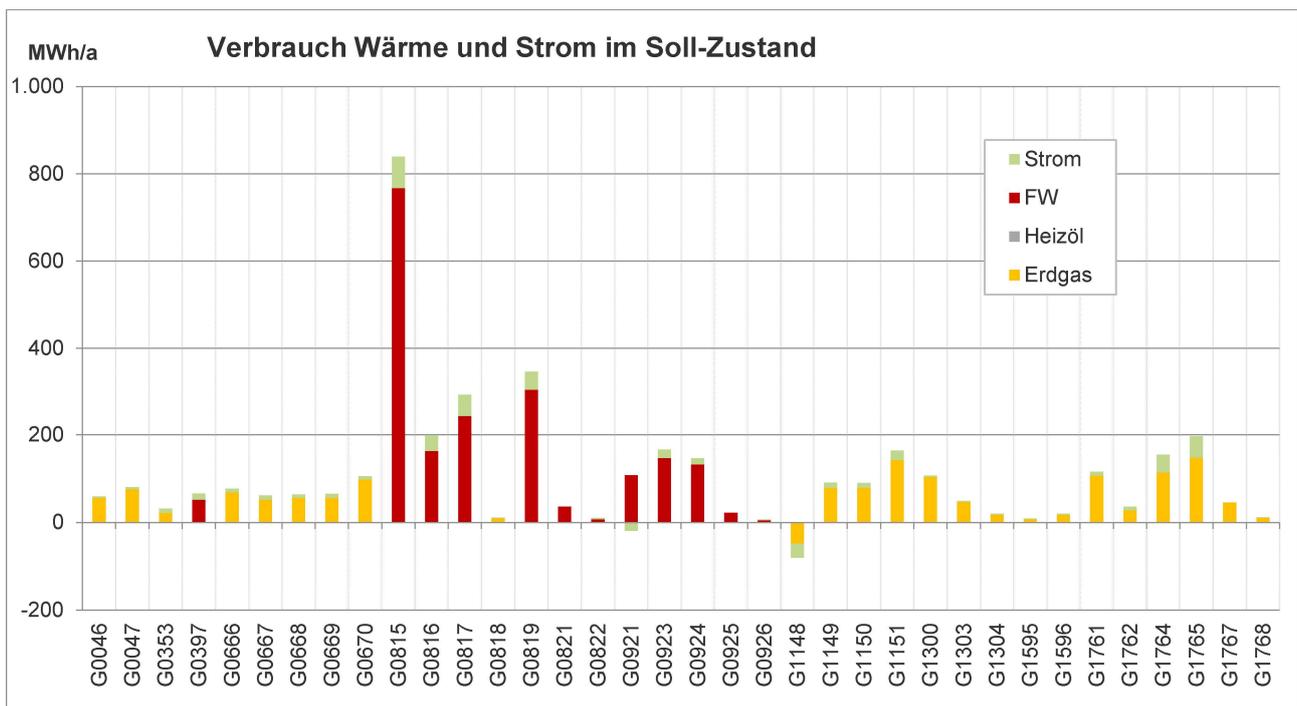


Abbildung 25: Energieverbrauch (Wärme und Strom) der Liegenschaften im Soll-Zustand

Um die möglichen Einsparungen pro Gebäude zu verdeutlichen, ist in den nächsten Abbildungen ein Vergleich des Energieverbrauches, der CO₂-Emissionen und der Energiekosten im Ist-Zustand und bei Berücksichtigung des ermittelten Einsparpotenzials dargestellt.

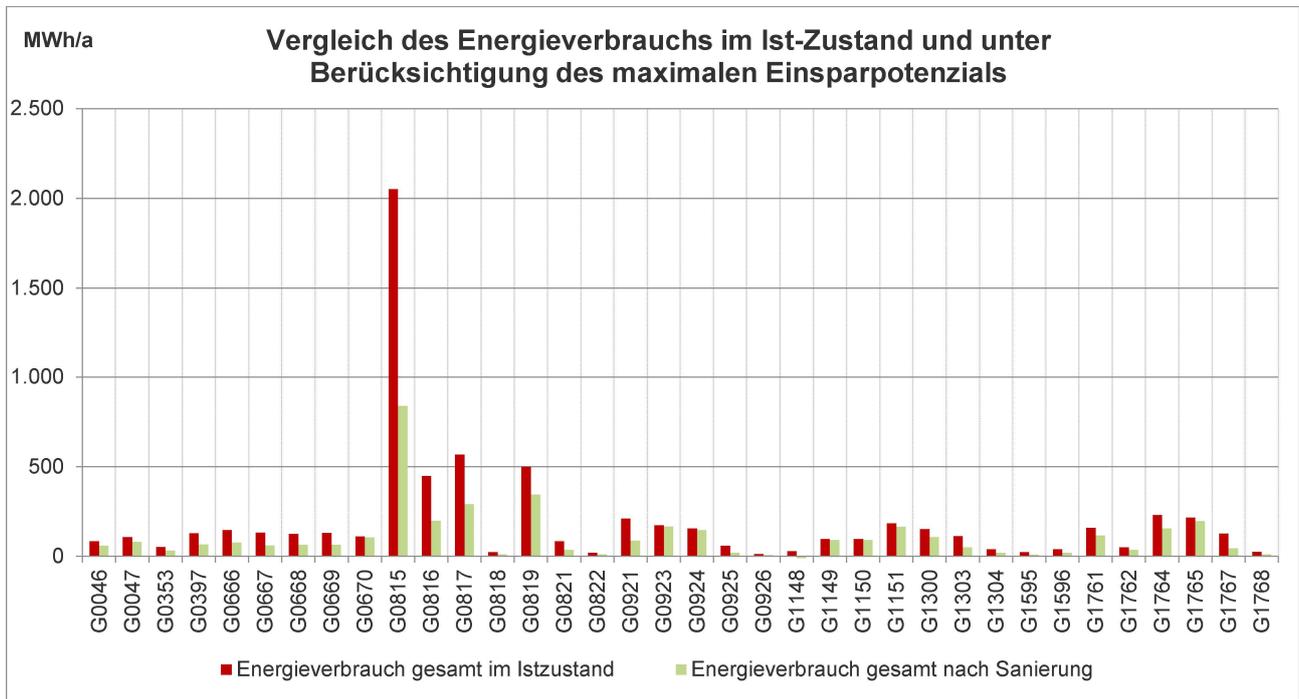


Abbildung 26: Vergleich des Energieverbrauchs im Ist-Zustand (rot) und unter Berücksichtigung des maximalen Einsparpotenzials (grün)

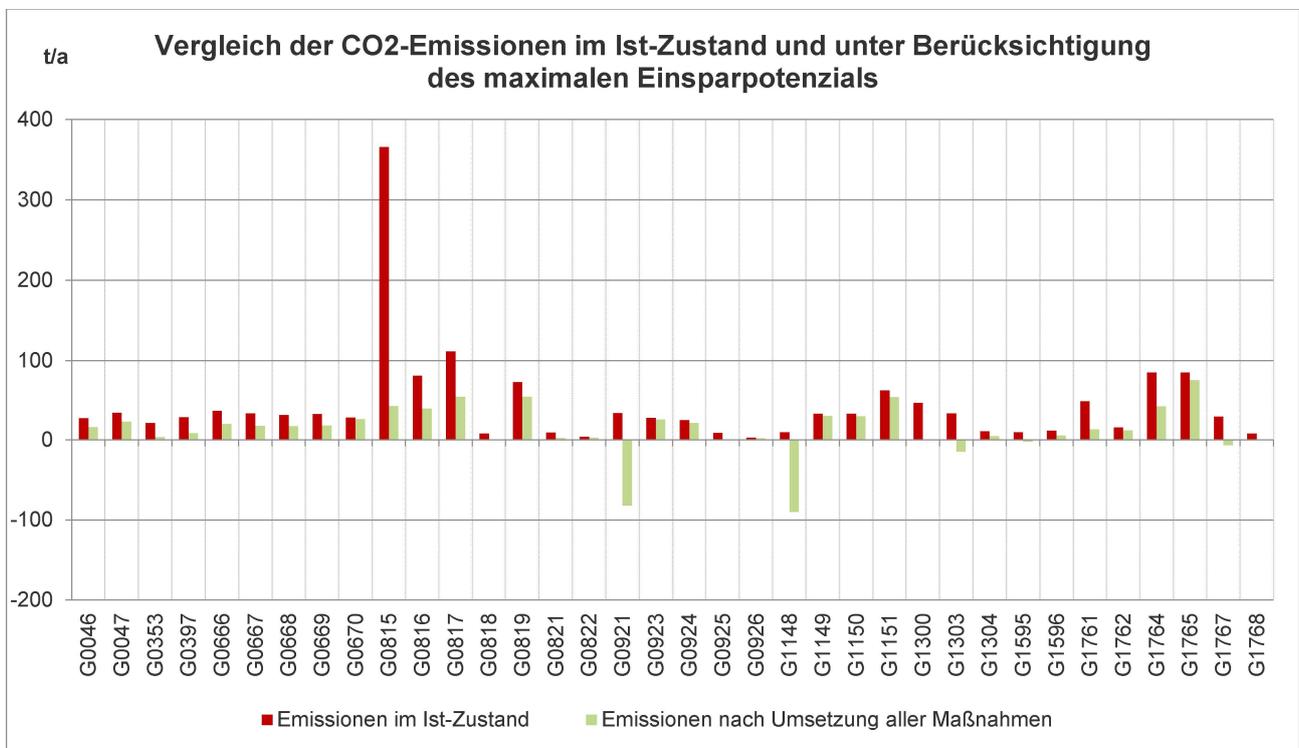


Abbildung 27: Vergleich der CO₂-Emissionen im Ist-Zustand (rot) und unter Berücksichtigung des maximalen Einsparpotenzials (grün)

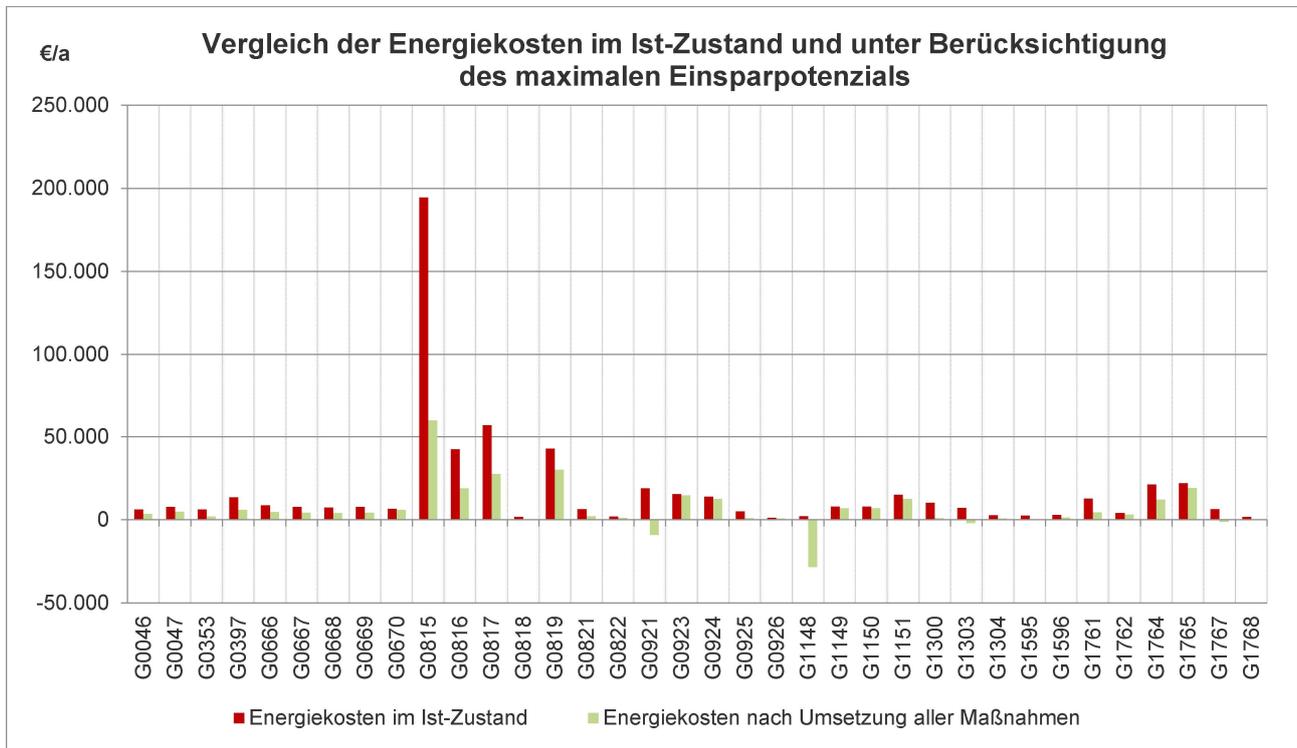


Abbildung 28: Vergleich der Energiekosten im Ist-Zustand (rot) und unter Berücksichtigung des maximalen Einsparpotenzials (grün)

Das Einsparpotenzial des Energieverbrauchs der einzelnen Gebäude liegt zwischen 4% und 385% (unplausible Werte > 100 % ergeben sich aus der gewählten Systematik). Bei 12 Gebäuden (etwa 33% aller Gebäude) liegt das Einsparpotenzial über 50%.

Das Einsparpotenzial der CO₂-Emissionen der einzelnen Gebäude liegt zwischen 7% und 1055% (unplausible Werte > 100 % ergeben sich aus der gewählten Systematik). Bei 19 Gebäuden (53% aller Gebäude) liegt das Einsparpotenzial über 50%.

Erstellt am 28.08.2020

Anlage 1: Übersicht der untersuchten Gebäude

Anlage 2: Übersicht der Energieeinsparpotenziale je Gebäude

Anlage 1: Übersicht der untersuchten Gebäude mit Bericht

Nr.	Stadtteil	G-Code	Name des Gebäudes	Adresse	Aktueller Nutzer/ Nutzung	Baujahr	BGF (m ²)
1	Huchting	G0046	Bezirkssportanlage Huchting (BSA) - Umkleidegebäude	Obervielander Straße 80; 28259 Bremen	Umkleidegebäude	1939	365
2	Huchting	G0047	Bezirkssportanlage Huchting (BSA) - Gastst. / Hausmeistergeb.	Obervielander Straße 82; 28259 Bremen	EG: Gaststätte / OG: Leerstand	1939	456
3	Huchting	G0353	Kindertagesheim Grolland - Kindertagesheim	Am Vorfeld 27; 28259 Bremen	Kindertagesheim	1955 / 2008	485
4	Huchting	G0397	Kindertagesheim An der Höhpost - Kindertagesheim	An der Höhpost 1 A; 28259 Bremen	Kindertagesheim	1966 / 2001, 2010	899
5	Huchting	G0666	Schule Grolland - Verwaltungsgebäude	Brakkämpe 4; 28259 Bremen	Schulverwaltung	1951	1.016
6	Huchting	G0667	Schule Grolland - Trakt A	Brakkämpe 4; 28259 Bremen	Sonderschule	1950/51	887
7	Huchting	G0668	Schule Grolland - Trakt B	Brakkämpe 4; 28259 Bremen	Sonderschule	1950/51	839
8	Huchting	G0669	Schule Grolland - Trakt C	Brakkämpe 4; 28259 Bremen	Sonderschule	1950/51	875
9	Huchting	G0670	Schule Grolland - Turnhalle	Brakkämpe 4; 28259 Bremen	Schul- und Vereinssport	1957/1959 / 2010	756
10	Huchting	G0815	Wilhelm-Wagenfeld-Schule - Hauptgebäude BT C	Delfter Straße 16; 28259 Bremen	Schule	1973 und 1976 / 2005	24.523
11	Huchting	G0816	Alexander von Humboldt Gymnasium - Bauteil A	Delfter Straße 16; 28259 Bremen	Schule	1975 / 2006	5.354
12	Huchting	G0817	Alexander von Humboldt Gymnasium - Turnhalle	Delfter Straße 16; 28259 Bremen	Schul- und Vereinssport	1976	8.592
13	Huchting	G0818	Alexander von Humboldt Gymnasium - Ehem. Hausmeisterhaus	Delfter Straße 14; 28259 Bremen	Lager / Aufenthaltsräume Raumpfleger	1973	179
14	Huchting	G0819	Schule an der Delfter Straße - A- und B-Trakt	Delfter Straße 10; 28259 Bremen	Grundschule	1971 / 2018	2.444
15	Huchting	G0821	Schule an der Delfter Straße - Sporthalle	Delfter Straße 10; 28259 Bremen	Schul- und Vereinssport	1971	660
16	Huchting	G0822	Schule an der Delfter Straße - Integrationskindergarten (ehm. HM-Haus)	Delfter Straße 12; 28259 Bremen	Horthaus	1971	167
17	Huchting	G0921	Roland zu Bremen Oberschule - Hauptgebäude	Flämische Straße 9; 28259 Bremen	Schule	1973/1974 / 2002/2010	2.490
18	Huchting	G0923	Roland zu Bremen Oberschule - Block A	Flämische Straße 9; 28259 Bremen	Schule	1962/63	1.837
19	Huchting	G0924	Roland zu Bremen Oberschule - Block B	Flämische Straße 9; 28259 Bremen	Schule	1965/1966	2.045
20	Huchting	G0925	Roland zu Bremen Oberschule - Turnhalle	Flämische Straße 9; 28259 Bremen	Schul- und Vereinssport	1967	642
21	Huchting	G0926	Roland zu Bremen Oberschule - Hausmeisterhaus	Flämische Straße 9; 28259 Bremen	Wohngebäude	1963	145
22	Huchting	G1148	Oberschule an der Hermannsburg - Nebengebäude	Hermannsburg 32 F; 28259 Bremen	Technik, HM-Büro, Mädchentreff	1964	351
23	Huchting	G1149	Oberschule an der Hermannsburg - Pavillon 1	Hermannsburg 32 F; 28259 Bremen	Schule	1961	1.094

Nr.	Stadtteil	G-Code	Name des Gebäudes	Adresse	Aktueller Nutzer/ Nutzung	Baujahr	BGF (m ²)
24	Huchting	G1150	Oberschule an der Hermannsburg - Pavillon 2	Hermannsburg 32 F; 28259 Bremen	Schule	1964	1.094
25	Huchting	G1151	Oberschule an der Hermannsburg - Pavillon 3	Hermannsburg 32 F; 28259 Bremen	Schule	1961 / 2003	2.085
26	Huchting	G1300	Schule Kirchhuchting - Hauptgebäude	Kirchhuchtinger Landstraße 28; 28259 Bremen	Schule	1914 und 2000	1.787
27	Huchting	G1303	Sporthalle Kirchhuchting - Turnhalle - Weiße Halle	Obervielander Straße 78; 28259 Bremen	Schul- und Vereins- sport	1953	794
28	Huchting	G1304	Schule Kirchhuchting - Hausmeisterhaus	Alter Dorfweg 1; 28259 Bremen	seit 2015: Wohnhaus mit 2 Wohneinheiten	1914	326
29	Huchting	G1595	Freiwillige Feuerwehr Huchting - FFW Huchting	Obervielander Straße 26; 28259 Bremen	Bereitschaftsgebäude	1920	427
30	Huchting	G1596	Jugendfreizeitheim Huchting - Jugendfreizeitheim	Obervielander Straße 3 A; 28259 Bremen	Jugendfreizeitheim	1957 / 2003	366
31	Huchting	G1761	Kindertagesheim Robinsbalje - Kindertagesheim	Robinsbalje 14; 28259 Bremen	Kindertagesheim	1972 / 2013	1.015
32	Huchting	G1762	Kindertagesheim Robinsbalje - Horthaus	Robinsbalje 14; 28259 Bremen	Kindertagesheim	1991	326
33	Huchting	G1764	Schule an der Robinsbalje - Hauptgebäude A	Robinsbalje 10; 28259 Bremen	Grundschule	1969	2.895
34	Huchting	G1765	Schule an der Robinsbalje - Hauptgebäude B	Robinsbalje 10; 28259 Bremen	Grundschule	1969	2.554
35	Huchting	G1767	Schule an der Robinsbalje - Turnhalle	Robinsbalje 10; 28259 Bremen	Schul- und Vereins- sport	1968/69	637
36	Huchting	G1768	Schule an der Robinsbalje - Hausmeisterhaus	Robinsbalje 10; 28259 Bremen	Wohnung	1968/69	170
						Summe	71.574

Anlage 2: Übersicht der Energieeinsparpotenziale je Gebäude

Liegenschaft/Gebäude	G-Code	Fläche NGF m ²	Verbrauch IST				Einsparung absolut				Einsparung relativ %
			Erdgas kWh/a	Heizöl kWh/a	FW kWh/a	Strom kWh/a	Erdgas kWh/a	Heizöl kWh/a	FW kWh/a	Strom kWh/a	
Bezirkssportanlage Huchting (BSA) - Umkleidegebäude	G0046	321	0	75.407	0	9.784	-55.920	75.407	0	5.861	30%
Bezirkssportanlage Huchting (BSA) - Gastst. / Hausmeistergeb.	G0047	383	0	94.844	0	12.238	-75.752	94.844	0	7.110	24%
Kindertagesheim Grolland - Kindertagesheim	G0353	417	30.678	0	0	20.979	8.721	0	0	10.915	38%
Kindertagesheim An der Hühpost - Kindertagesheim	G0397	773	0	0	99.451	28.623	0	0	47.922	13.579	48%
Schule Grolland - Verwaltungsgebäude	G0666	864	132.519	0	0	13.499	63.751	0	0	5.039	47%
Schule Grolland - Trakt A	G0667	780	119.689	0	0	12.192	67.832	0	0	2.262	53%
Schule Grolland - Trakt B	G0668	738	113.210	0	0	11.532	57.362	0	0	3.357	49%
Schule Grolland - Trakt C	G0669	770	118.083	0	0	12.029	61.878	0	0	2.918	50%
Schule Grolland - Turnhalle	G0670	665	101.207	0	0	10.391	3.542	0	0	1.954	5%
Wilhelm-Wagenfeld-Schule - Hauptgebäude BT C	G0815	20.354	0	0	1.730.333	320.897	0	0	963.201	248.926	59%
Alexander von Humboldt Gymnasium - Bauteil A	G0816	4.443	0	0	378.751	70.060	0	0	216.137	33.503	56%
Alexander von Humboldt Gymnasium - Turnhalle	G0817	7.561	0	0	462.829	105.438	0	0	219.875	56.924	49%
Alexander von Humboldt Gymnasium - Ehem. Hausmeisterhaus	G0818	162	0	21.133	0	3.000	-9.516	21.133	0	1.429	54%
Schule an der Delfter Straße - A- und B-Trakt	G0819	5.144	0	0	447.804	51.319	0	0	144.732	9.908	31%
Schule an der Delfter Straße - Sporthalle	G0821	580	0	0	81.199	3.550	0	0	44.797	4.532	58%
Schule an der Delfter Straße - Integrationskindergarten (ehem. HM-Haus)	G0822	144	0	0	15.440	3.966	0	0	8.102	976	47%
Roland zu Bremen Oberschule - Hauptgebäude	G0921	2.241	0	0	185.310	26.439	0	0	77.206	45.907	58%
Roland zu Bremen Oberschule - Block A	G0923	1.653	0	0	152.131	21.705	0	0	5.325	2.155	4%
Roland zu Bremen Oberschule - Block B	G0924	1.840	0	0	136.676	19.500	0	0	4.784	4.603	6%
Roland zu Bremen Oberschule - Turnhalle	G0925	565	0	0	54.272	5.848	0	0	32.153	7.663	66%

Liegenschaft/Gebäude	G-Code	Fläche NGF m ²	Verbrauch IST				Einsparung absolut				Einsparung relativ %
			Erdgas kWh/a	Heizöl kWh/a	FW kWh/a	Strom kWh/a	Erdgas kWh/a	Heizöl kWh/a	FW kWh/a	Strom kWh/a	
Roland zu Bremen Oberschule - Hausmeisterhaus	G0926	122	0	0	10.873	2.436	0	0	6.316	120	48%
Oberschule an der Hermannsburg - Nebengebäude	G1148	298	0	24.108	0	4.250	47.760	24.108	0	37.224	385%
Oberschule an der Hermannsburg - Pavillon 1	G1149	985	0	81.667	0	15.148	-78.809	81.667	0	2.843	6%
Oberschule an der Hermannsburg - Pavillon 2	G1150	985	0	81.763	0	15.166	-78.902	81.763	0	3.483	7%
Oberschule an der Hermannsburg - Pavillon 3	G1151	1.876	0	155.593	0	28.860	-142.368	155.593	0	7.067	11%
Schule Kirchhuchting - Hauptgebäude	G1300	1.484	0	138.454	0	13.365	-103.746	138.454	0	9.756	29%
Sporthalle Kirchhuchting - Turnhalle - Weiße Halle	G1303	699	0	104.759	0	7.423	-46.522	104.759	0	4.229	56%
Schule Kirchhuchting - Hausmeisterhaus	G1304	273	34.613	0	0	5.470	17.455	0	0	2.495	50%
Freiwillige Feuerwehr Huchting - FFW Huchting	G1595	367	0	17.156	0	7.088	-7.197	17.156	0	4.873	61%
Jugendfreizeitheim Huchting - Jugendfreizeitheim	G1596	308	32.857	0	0	6.776	15.837	0	0	3.679	49%
Kindertagesheim Robinsbalje - Kindertagesheim	G1761	873	128.765	0	0	31.200	22.439	0	0	21.516	27%
Kindertagesheim Robinsbalje - Horthaus	G1762	280	41.304	0	0	10.008	13.987	0	0	1.306	30%
Schule an der Robinsbalje - Hauptgebäude A	G1764	2.403	0	178.820	0	51.200	-113.744	178.820	0	9.997	33%
Schule an der Robinsbalje - Hauptgebäude B	G1765	2.120	0	157.763	0	59.145	-147.450	157.763	0	9.235	9%
Schule an der Robinsbalje - Turnhalle	G1767	561	120.586	0	0	6.358	74.857	0	0	7.300	65%
Schule an der Robinsbalje - Hausmeisterhaus	G1768	143	0	21.857	0	2.851	-10.300	21.857	0	1.261	52%
Summen		64.175	973.511	1.153.325	3.755.070	1.029.735	-414.804	1.153.325	1.770.548	595.905	
prozentuale Einsparung							-43%	100%	47%	58%	
Summe Heizenergie				5.881.906				2.509.069			43%
Summe Endenergie				6.911.641				3.104.974			45%