

Klimaschutzteilkonzept SVIT-Gebäude in Bremen-Blumenthal und Horn-Lehe

Abschlussbericht

im Auftrag von
Immobilien Bremen AÖR
Bremen, im Januar 2019

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.utek-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	17
5.4	Energiekennwerte	18
5.5	Lastanganalysen des elektrischen Strombezuges	19
6	ENERGETISCHER ISTZUSTAND BAUKÖRPER UND TECHNIK	22
6.1	Baukörper	22
6.2	Haustechnik	24
6.3	Lüftungstechnik	26
6.4	Warmwassertechnik	26
6.5	Beleuchtung	27
6.6	Nutzung regenerativer Energien und Kraft-Wärme-Kopplung	27

7	ENERGIESPARENDE MAßNAHMEN	28
7.1	Maßnahmen gesamt	29
7.2	Umsetzungsklassifizierung der Maßnahmen	32
7.3	CO ₂ – Einsparung bei Umsetzung der entwickelten Maßnahmen	34
7.4	Kosteneinsparung bei Umsetzung der entwickelten Maßnahmen	35
8	ZUSAMMENFASSUNG DES ENERGIEVERBRAUCHES, DER ENERGIEKOSTEN UND CO₂-EMISSIONEN NACH DURCHFÜHRUNG DER MAßNAHMEN	36

1 Zusammenfassung

Immobilien Bremen AöR (IB) hat das Ingenieurbüro UTECH GmbH damit beauftragt, für insgesamt 42 Gebäude der IB, die sich in den Bremer Stadtteilen Blumenthal und Horn-Lehe befinden, je 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.

Die Klimaschutzteilkonzepte wurden im Zeitraum Juni 2018 – Januar 2019 erstellt. Als Ergebnis werden 42 Einzelberichte und eine zusammenfassende Betrachtung „Klimaschutzteilkonzept SVIT-Gebäude in Bremen-Blumenthal und Horn-Lehe“ (dieser Bericht) abgegeben.

Die von Immobilien Bremen angegebene Bruttogeschossfläche der untersuchten Gebäude liegt bei 60.766 m². Die Nettogeschossfläche wurde insgesamt zu 53.969 m² errechnet.

In den einzelnen Klimaschutzteilkonzepten wurden insgesamt 279 Maßnahmen behandelt und bezüglich der Umsetzungsempfehlung klassifiziert. Das Ergebnis ist in der Tabelle 1 zusammenfassend dargestellt. Die jährlichen Energiekosten können bei Umsetzung aller Maßnahmen um 71%, der Energieverbrauch um 34% und der CO₂-Ausstoß um 84% gesenkt werden.

Einsparmaßnahmen	Anzahl	Investitionskosten €	Einsparung		
			Kosten €/a	Energie kWh/a	CO ₂ t/a
kurzfristig	78	1.932.769	128.624	440.737	514
mittelfristig	118	3.579.619	162.150	973.611	647
langfristig	83	3.784.238	38.120	692.564	136
Summe	279	9.296.626	328.895	2.106.912	1.296
Ist-Zustand			463.780	6.240.734	1.551
rel. Einsparpotenzial			71%	34%	84%

Tabelle 1: Zusammenfassung der Maßnahmen

Neben der Empfehlung, die 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 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 eines Stromanschlusses bei IB verwendete Aufteilung der Energieverbräuche auf die 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.
- 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, so müssen sie geschult und sensibilisiert werden. Die „Zentrale“ kann Strichproben machen und die Hausmeister unterstützen (Backstopping).
- 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.
- Die Altersstruktur der vorhandenen Kesselanlagen zeigt eine Überalterung. Es sollte ein Kesselsanierungsprogramm 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 gegen LED-Lampen getauscht werden.

Mit den Ergebnissen der 42 Klimaschutzteilkonzepte 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 UTEK GmbH beauftragt, ein Klimaschutzteilkonzept für eigene Liegenschaften in Bremen Blumenthal und Horn-Lehe 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. Gebäude 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.

UTEK hatte den Auftrag, 42 Gebäude zu untersuchen und Maßnahmen zur Effizienzverbesserung vorzuschlagen. Eine Auflistung aller untersuchten 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 diese vorlagen
- Solartechnische Bewertung der Dachflächen der untersuchten Liegenschaften aus dem Solarkataster Bremen
- Datenaufnahme Vorort durch UTEK immer gemeinsam mit dem Hausmeister bzw. Haustechniker: Grundrisspläne der Gebäude, Datenabgleich und ergänzende Datenaufnahme in Zusammenarbeit mit den Hausmeister/Haustechnikern

Bei den Liegenschaften handelt es sich überwiegend um Schulen (Allgemein- und Sonderschulen, mit und ohne angeschlossene Turnhallen) und Kindertagesheime. Darüber hinaus wurden zwei Freizeitheime, ein Vereinsheim und vier Hausmeisterhäuser /-wohnungen untersucht.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Gebäudebegehungen zusammenfassend dargestellt. Die detaillierten Ergebnisse zu den Einzelgebäuden sind in den jeweiligen Einzelberichten dargestellt, die als Anlagen dieser Zusammenfassung folgen.

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 werden von den Nutzern abgelesen.

Die meisten Liegenschaften haben einen Wärme-/Gas- oder Stromzähler, mit denen der Verbrauch eindeutig erfasst wird. Andere Gebäude versorgen weitere bzw. werden von externen 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 Turnhalle der Sonderschule an der Reepschlägerstraße (G1737) zu nennen. Die Stromverbrauchsdaten dieses Gebäudes für das Jahr 2014 sind unplausibel gering und die Verbrauchsdaten für die Jahre 2015 und 2016 sind nicht repräsentativ für den Normalbetrieb einer Turnhalle, da sie zu dieser Zeit als Migrantenunterkunft verwendet wurde.

Um die Verbrauchsdaten 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 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 den 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 zu ersehen 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 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:

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

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

* 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.

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:

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

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

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

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

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:

Tabelle 4: Der Untersuchung zugrunde gelegte Arbeitspreise und Teuerungsraten

Arbeitspreis	Preis-			
	IST (brutto)	steigerung	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 (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

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.

Tabelle 5: Zugrunde gelegte Nutzungsdauern der Maßnahmen

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

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:

Tabelle 6: Maßnahmenkosten für Dämmmaßnahmen/Gebäudehülle

	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

Tabelle 7: Maßnahmenkosten für Heizung und TGA Ausrüstung

Gas-Brennwert-Kessel

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

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
Zirkul-Pumpe als Hocheffizienzpumpe	350 EUR/Stk

Lüftungsanlagen

Abbau alte Anlage	Pauschale Schätzung						
Leistungsbereiche	600 m³/h dezentral ein Klassenraum	1500 m³/h	2500 m³/h	5000 m³/h	10.000 m³/h	15.000 m³/h	
Einsatzbereiche			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	= $5438 \cdot P_{el}^{-0,351} \cdot P_{el}^{1,45 \cdot 1,15}$	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) = $2607 \cdot P_{peak}^{-0,14}$			

Beleuchtung inkl Montage

LED-Retrofit Ersatz 58 W > 120 lm/W		30 EUR/Stk
LED-Lampen 3 - 7 W	5 bis 10	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-Lampen	620 EUR/Stk inkl Montage	1600 lm / 14 W

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:

Tabelle 8: Übersicht der angenommenen CO₂-Faktoren

Strom	708	kg/MWh
Erdgas	182	kg/MWh Hs
Erdgas	202	kg/MWh Hi
Heizöl	266	kg/MWh Hi
Fernwärme	0,4	kg/MWh Hi

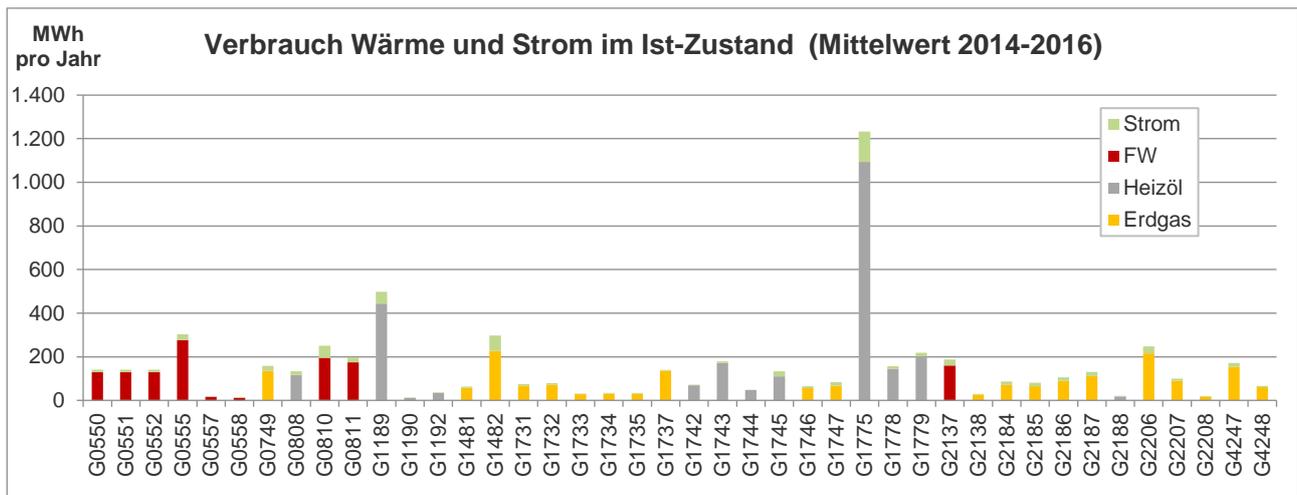
* Fernwärme aus dem Netz der Wesernetz „Lehe - Universität

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 5.492 MWh Brennstoff/Fernwärme und zur elektrischen Versorgung 749 MWh Strom eingesetzt. Die Darstellung der Energieverbräuche der einzelnen Liegenschaften ist nachfolgend grafisch dargestellt.



Energieverbrauch gesamt absolut in MWh	Erdgas	Heizöl	FW	Strom
	1.810	2.463	1.219	749

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

Die aus dem Energieverbrauch resultierenden jährlichen CO₂-Emissionen betragen 1.551 t/a. Die Emissionen pro Gebäude sind in Abbildung 3 dargestellt.

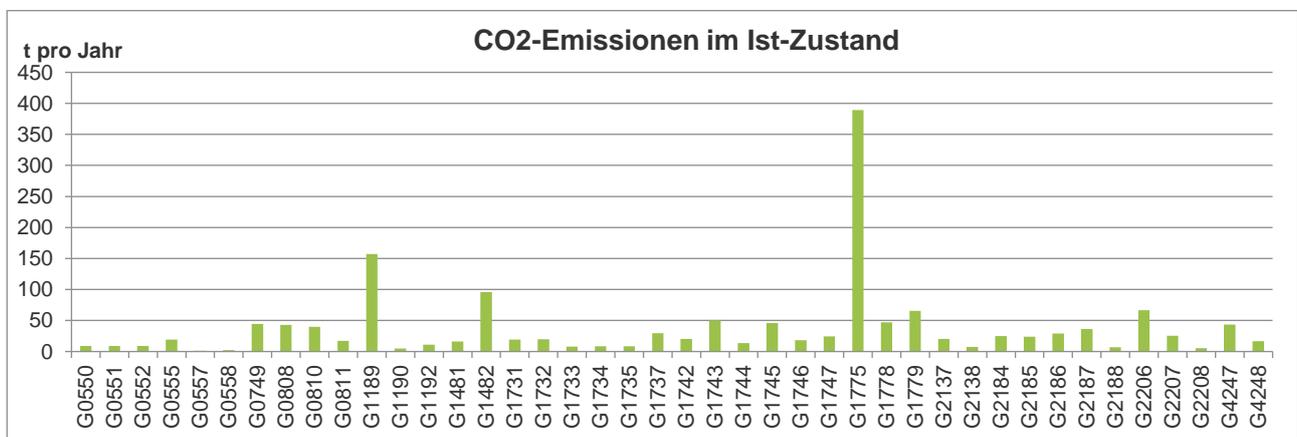


Abbildung 3: CO₂-Emissionen der Gebäude im Ist-Zustand

5.2 Gesamtenergiekosten

Durch die Energienutzung fallen jährliche Energiekosten (Brutto) in der Höhe von 463.780 €/a (Preisbasis 2016) an. Die Kosten für die einzelnen Gebäude sind in Abbildung 4 dargestellt.

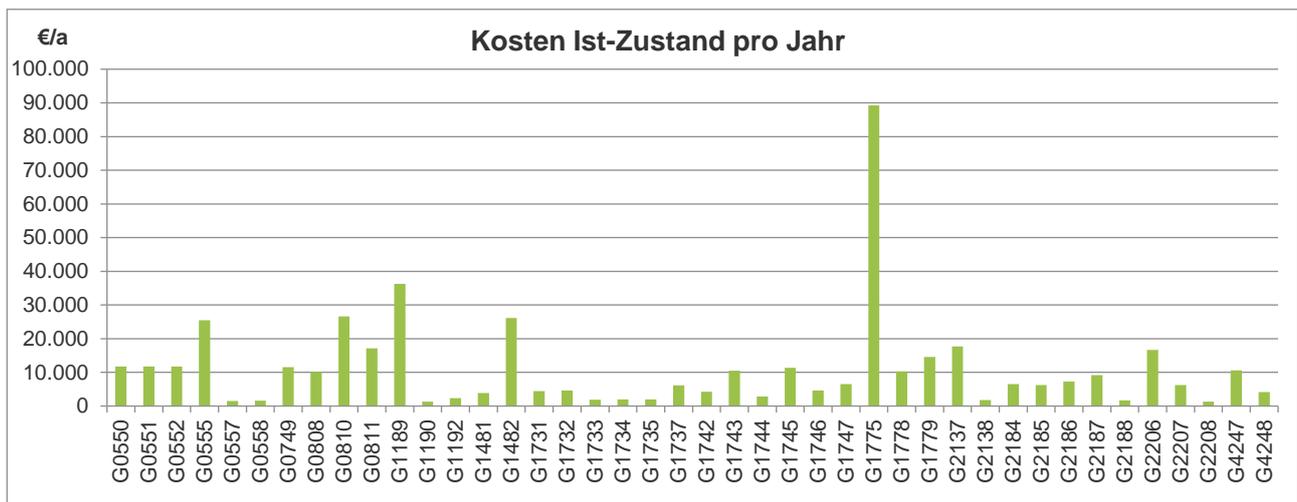


Abbildung 4: Energiekosten im Ist-Zustand pro Jahr

5.3 Energieträgeraufteilung

In Abbildung 5 ist die Energieträgeraufteilung der untersuchten Gebäude dargestellt. Mit 39,5% hat Heizöl den höchsten Anteil, gefolgt von Erdgas (29,0%), Fernwärme (19,5%) und Strom (12,0%).

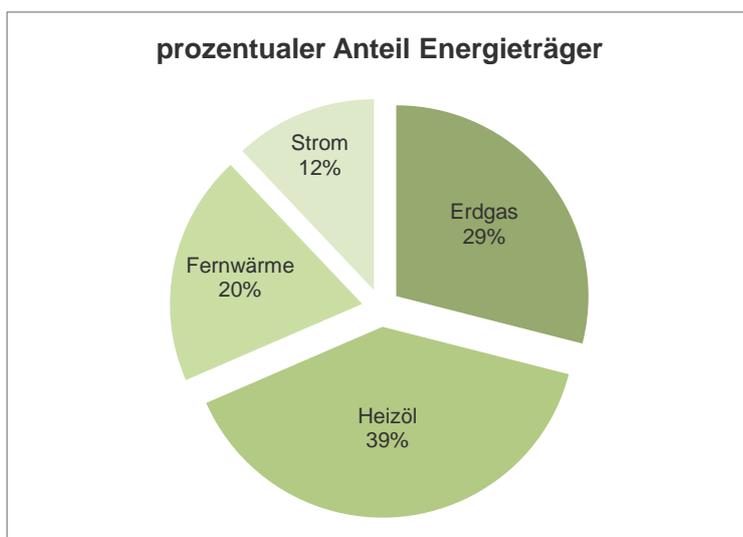


Abbildung 5: Prozentualer Anteil der Energieträger in den Gebäuden

Der Heizölanteil am Energiebedarf ist mit 39,5 % hoch. 12 Gebäude werden aus 5 Heizanlagen mit Heizöl beheizt:

- Kita Curie Straße
- Heizzentrale Ronzelenstraße mit Schule Horner Heerstraße (6 Gebäude)
- Heizzentrale Dep. Schule Rekum (3 Gebäude)
- Kita Farge
- Hausmeisterhaus der Schule an der Philipp-Reis- Straße

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 110 kWh/m² im Jahr zeigt, dass 18 Gebäude (ca. 43% der Gebäude) einen Verbrauch im Bereich oder auch unterhalb der Vergleichswerte aufweisen (siehe Abbildung 6). Etwa 43% der Gebäude liegen mehr als 20% über ihren 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 verfälscht den spezifischen Verbrauch. Die ausgewiesenen Energiekennwerte sind in diesen Gebäuden tendenziell zu gering.

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

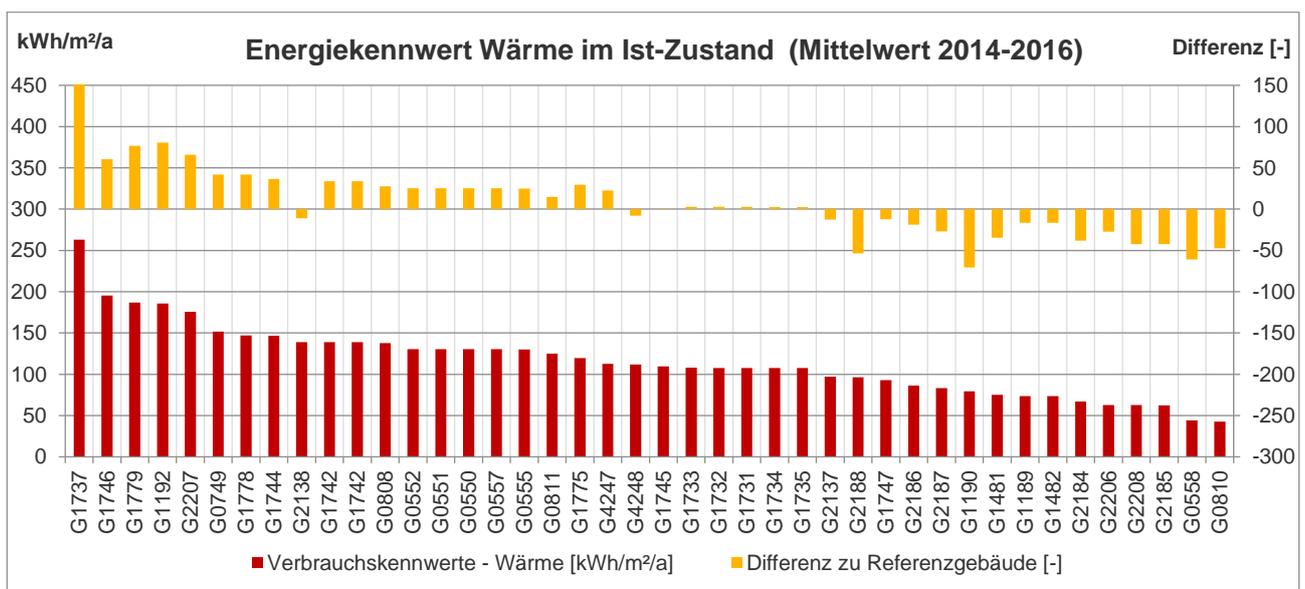


Abbildung 6: Energiekennwert Wärme im Ist-Zustand

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. 55% der Gebäude einen Verbrauch im Bereich oder auch unterhalb der Vergleichswerte aufweisen. Ca. 33% der Gebäude liegen mit mehr als 20 % über dem Referenzkennwert. Hier können ggfs. höhere Einsparpotenziale erwartet werden.

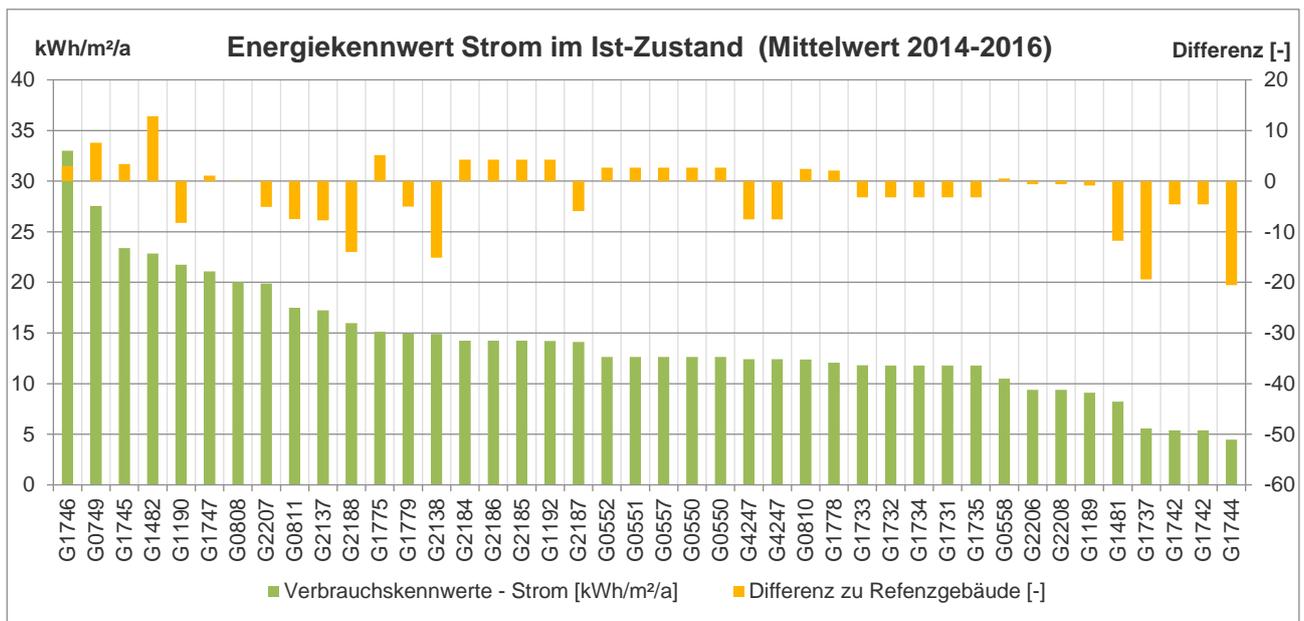


Abbildung 7: Energiekennwert Strom im Ist-Zustand

5.5 Lastganganalysen des elektrischen Strombezuges

Für 4 der untersuchten Schulen liegen Stromlastgänge vor. Die Lastgänge zeigen für die Nutzung typische Lastgangverläufe. Bei der Bewertung des Stromverbrauches zu Nichtnutzungszeiten ergibt sich die in Abbildung 8 dargestellte Verteilung der Grundlasten.

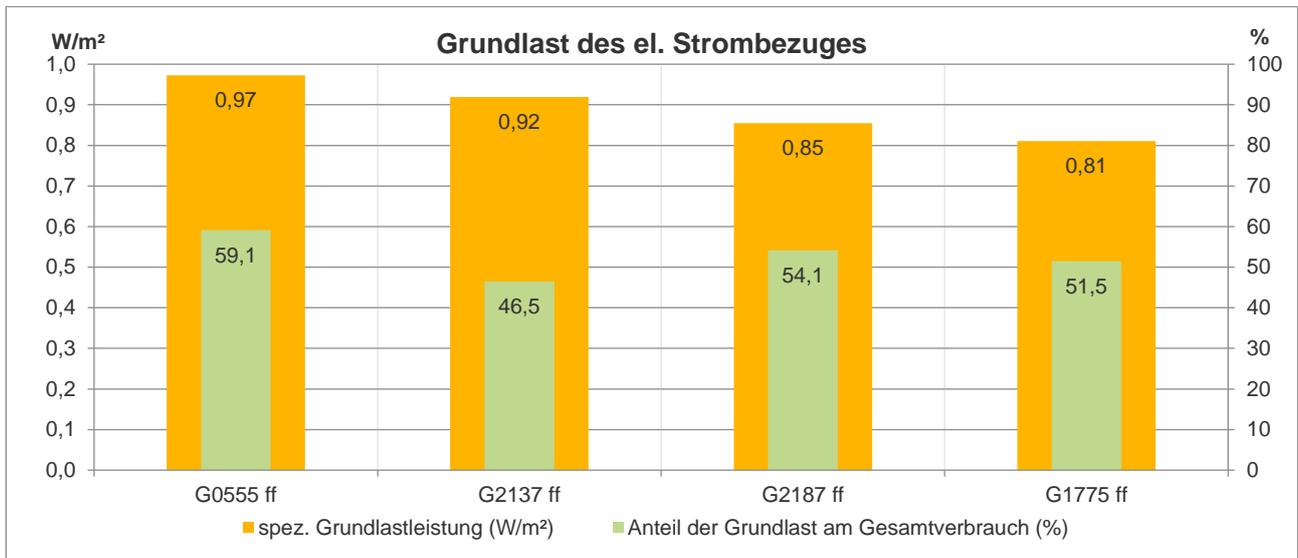


Abbildung 8: spezifische Grundlastleistung und Grundlastanteil am Gesamtverbrauch

Es liegen spezifische Grundlastleistungen von 0,81 bis 0,97 W/m² vor. Die Werte sind plausibel und passen zur Gebäudenutzung.

In der folgenden Abbildung ist die geordnete Jahresdauerlinie des Strombedarfes und die Grundlast am Beispiel der Wilhelm-Focke-Oberschule (Hauptgebäude: G0555) für das Jahr 2015 dargestellt.

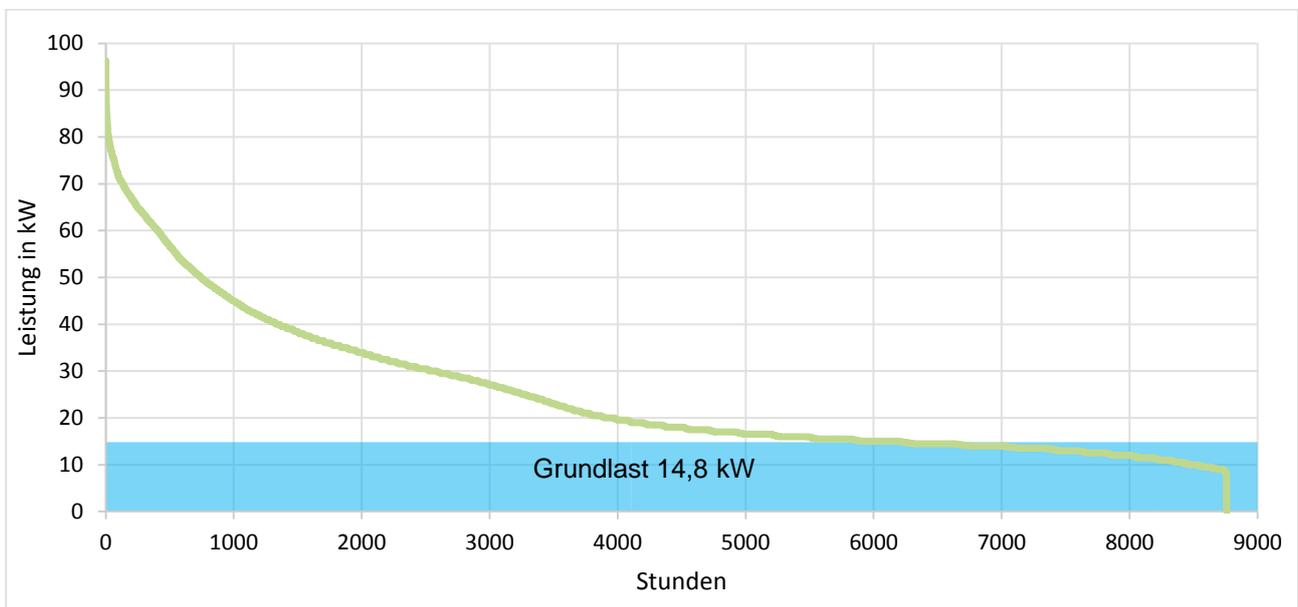


Abbildung 9: Jahresdauerlinie 2015 der Wilhelm-Focke-Oberschule - Grundlast 0,97 W/m²

Festgestellt werden kann, dass in den meisten Schulen während der Pausenzeiten ein deutliches Abnehmen des Stromverbrauches zu erkennen ist, ein Zeichen, dass die Reduktion des Stromverbrauches als Ziel von den Nutzern umgesetzt wird. In Abbildung 10 sind ausgewählte Tagesverläufe

fe der Wilhelm-Focke-Oberschule dargestellt, die dieses Verhalten zeigen. In den Lastgängen kann auch die Nutzung der Turnhalle an den Wochenenden erkannt werden.

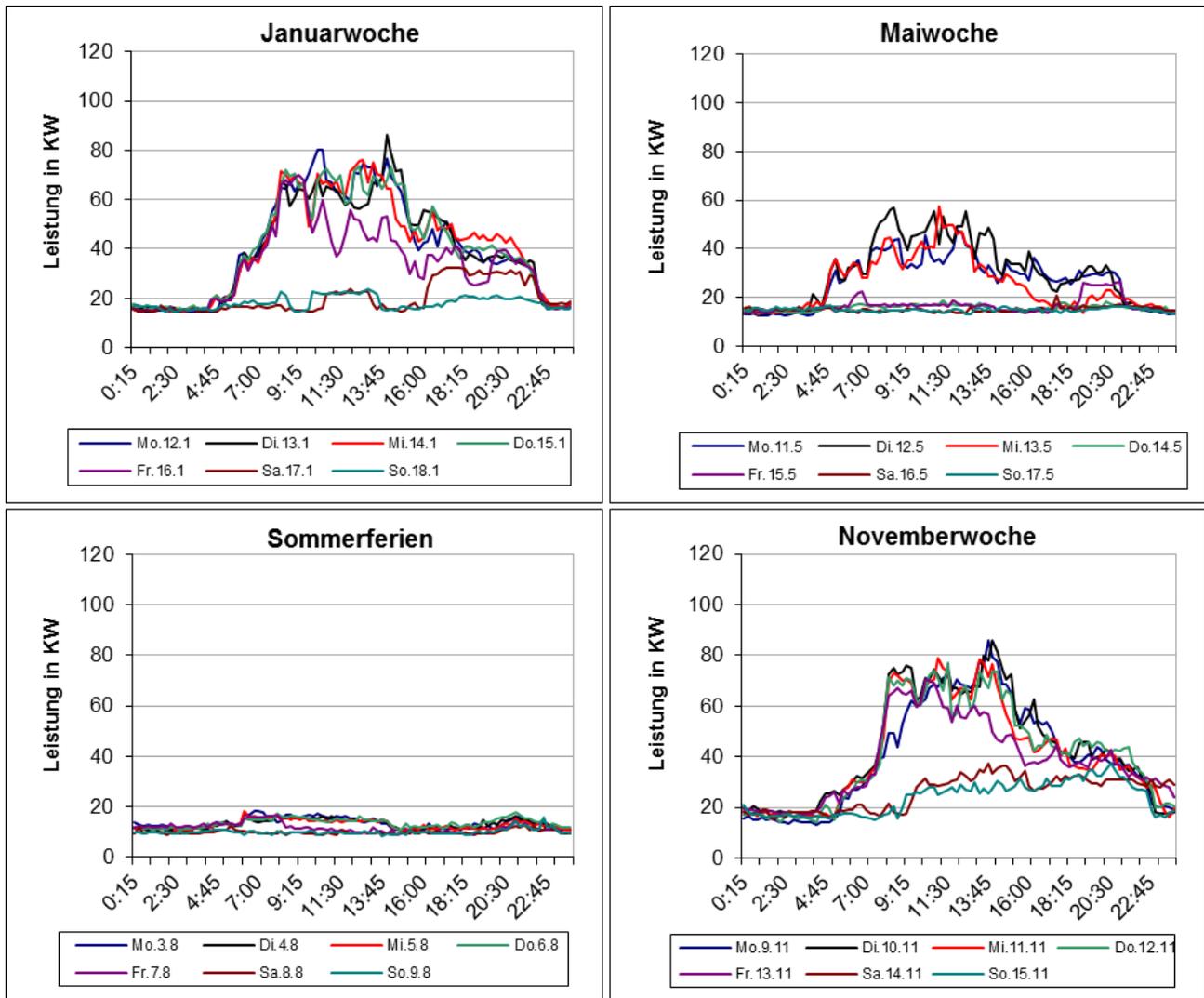


Abbildung 10: ausgewählte Tagesverläufe des Stromverbrauchs 2015 am Beispiel der Wilhelm-Focke-Oberschule (G0555)

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 28.398 m^2 abgeschätzt.

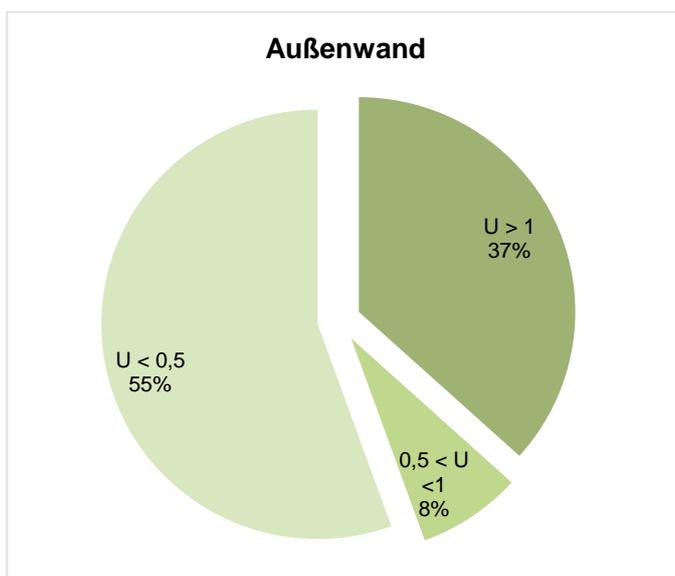


Abbildung 11: Außenwandflächen aufgeteilt nach energetischer Qualität

Ca. 37% 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 32.062 m² abgeschätzt.

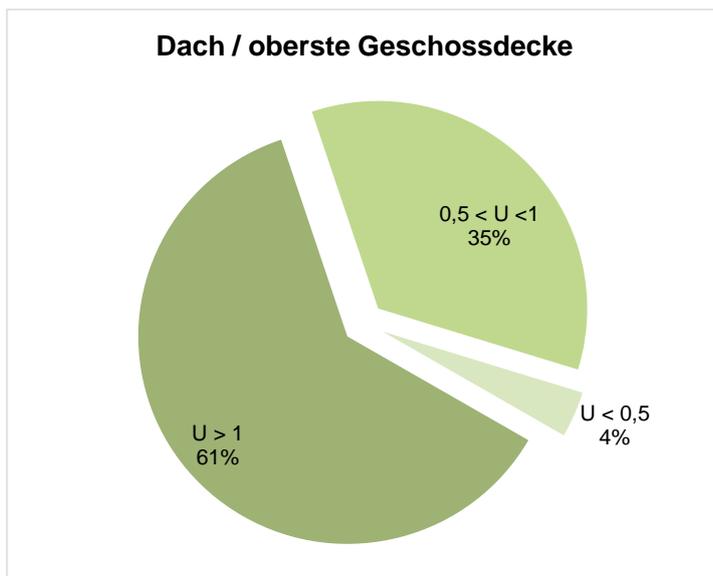


Abbildung 12: Dach-/Bodendeckenflächen aufgeteilt nach energetischer Qualität

Ca. 62% 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. 4% 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 $2,8 \text{ bis } 3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ 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 „energetische schlecht“ bewertet.

Die gesamte Fenster- und Außentürenfläche wurde zu 11.660 m² abgeschätzt.

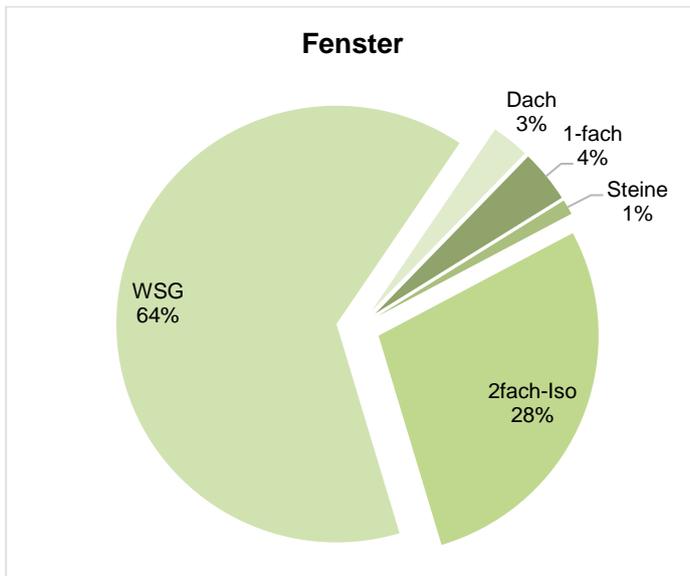


Abbildung 13: energetische Fensterqualitäten

Ca. 36% der Fensterfläche wird als energetisch schlecht bewertet. Ca. 64% der Fensterfläche wird als energetisch gut bewertet (Wärmeschutzglas). 3 – fach Glas wurde nur in einer Liegenschaft vorgefunden (Schule an der Ronzelenstraße).

6.2 Haustechnik

Wärmeerzeugung

Die Wärmeerzeugung erfolgt über Fernwärme und Kesselanlagen.

Es gibt insgesamt 17 Heizkessel in den untersuchten Gebäuden. Die Altersstruktur der Kessel ist in der Abbildung 14 angegeben

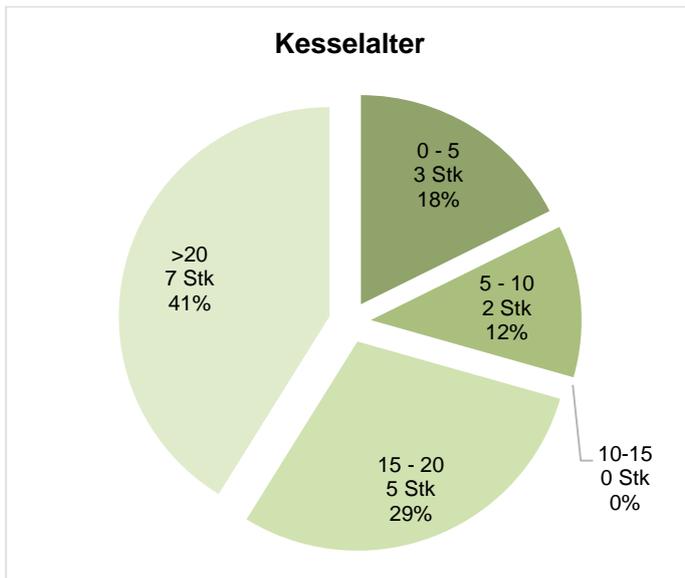


Abbildung 14: Kesselaltersstruktur

Ca. 71% der Kessel sind älter als 15 Jahre (41% 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. 43% 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 97 Umwälzpumpen vorhanden.

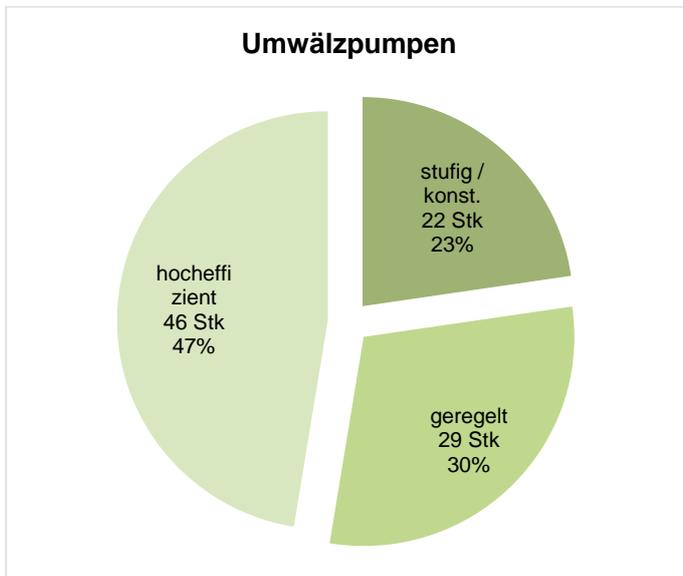


Abbildung 15: energetische Qualität der Umwälzpumpen

Ca. 47% der Pumpen sind hocheffizient. Lediglich 23% der Pumpen sind unregelte Standardpumpen.

Alle Heizkörper sind mit Thermostatventilen verschiedenen Alters ausgerüstet. Ein hydraulischer Abgleich wurde in nahezu keinem 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

Es gibt wenige relevante Lüftungsanlagen mit längeren Laufzeiten.

6.4 Warmwassertechnik

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

Die Warmwassersysteme befinden sich energetisch überwiegend in einem schlechten Zustand. 46% der Warmwassersysteme werden als baulich schlecht, 43% werden als energetisch schlecht bewertet. Die Zirkulationspumpen sind in der Regel 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

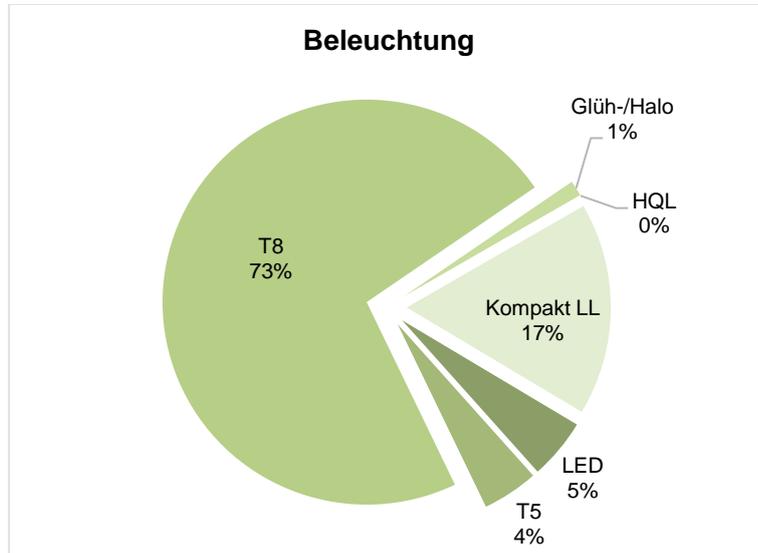


Abbildung 16: Anteile der Leuchtmittelkategorien

6.6 Nutzung regenerativer Energien und Kraft-Wärme-Kopplung

Auf den Dächern des Hauptgebäudes der Marie-Curie-Schule (G0810) sowie der Oberschule an der Ronzellenstraße (G1775) sind Photovoltaikanlagen installiert. Eine Eigennutzung des Solarstroms findet nicht statt. In keinem der Gebäude gibt es ein BHKW.

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 Baufähigkeit 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 (5 Standorte) 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 selbst genutzte 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 – 2,0 W/m²/100lx dimensioniert.

7.1 Maßnahmen gesamt

Insgesamt wurden 279 Maßnahmen ermittelt, welche wie in Abbildung 17 dargestellt, den einzelnen Bereichen zugeordnet werden können.

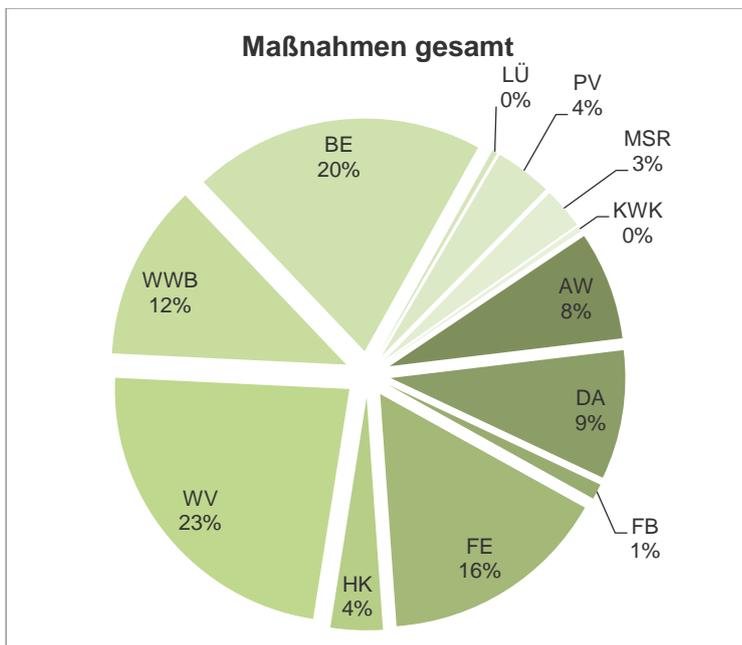


Abbildung 17: Aufteilung der Maßnahmen nach Techniken (Anzahl)

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

Tabelle 9: Maßnahmenanzahl nach Kategorie

Gebäudehülle		Technik	
Außenwand (AW)	21	Heizanlage (HK)	10
Dach (DA)	25	Wärmeverteilung (WV)	65
Fußboden/Kellerdecke (FB)	3	Warmwasserbereitung (WWB)	34
Fenster (FE)	44	Beleuchtung (BE)	56
		Lüftungsanlage (LÜ)	1
		Photovoltaik (PV)	11
		Mess- und Regeltechnik (MSR)	8
		Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)	1

In der Heizzentrale der Oberschule an der Ronzellenstraße (G1775) ist ein BHKW (KWK) einsetzbar. Die elektrische Leistung liegt bei 50,0 kW. Es wird eine Strommenge von 350.000 kWh/a er-

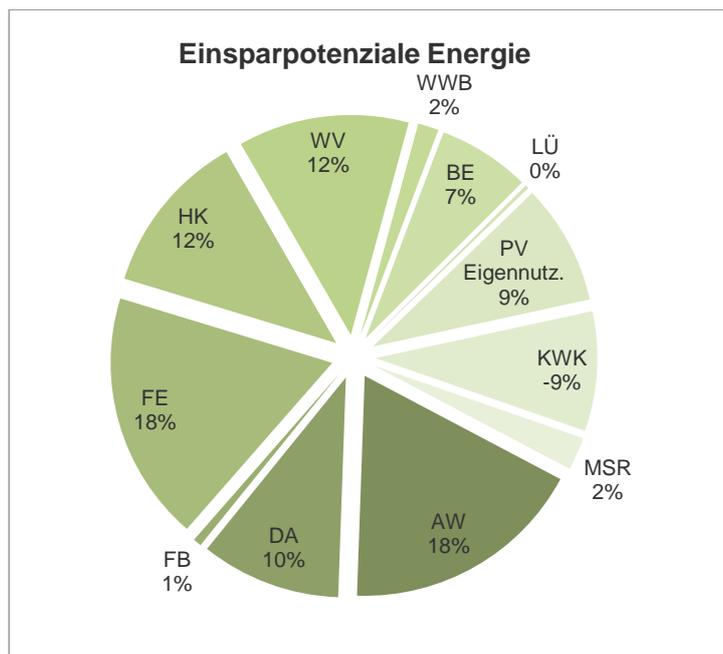
zeugt. Bei einer Stromselbstnutzung von 40% könnte das BHKW etwa 62% des Strombedarfs der aus diesem Stromanschluss versorgten Gebäude decken.

11 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 840 kWp. Das solare Stromproduktionspotenzial wird zu insgesamt 788.081 kWh/a ermittelt. Die selbst nutzbare Menge wird auf ca. 226.175 kWh/a abgeschätzt. Dieses entspricht ca. 30% des gesamten Strombedarfes aller betrachteten Gebäude.

Insgesamt kann der Energieverbrauch durch Umsetzung der Maßnahmen um 2.107 MWh/a reduziert werden. Dies entspricht einer Einsparung von ca. 34%. Im Bereich der Gebäudehülle ist das Einsparpotenzial etwas geringer als im Bereich Technik, wie die nachfolgende Grafik zeigt

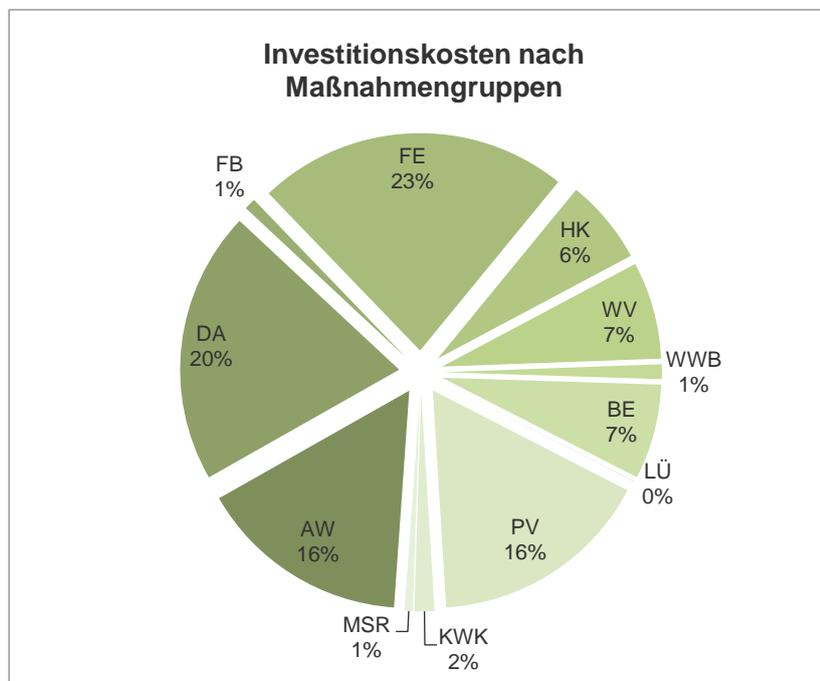
Im Bereich Technik liegt das Haupteinsparpotenzial im Bereich der Heizkessel. Die Sanierung der veralteten Heizungsanlagen allein kann zu einer Einsparung von etwa 15% führen.



Hülle MWh/a				Technik MWh/a								
AW	DA	FB	FE	HK	WV	WWB	BE	LÜ	PV	KWK	MSR	
454	261	16	469	307	319	39	173	6	226	-225	62	
Summe Hülle 1.200				Summe Technik 907								
Gesamtsumme 2.107												

Abbildung 18: Energieeinsparpotenziale nach Maßnahmengruppe

Für die Umsetzung aller Maßnahmen ist ein Investitionsbedarf von 9.296.626 € erforderlich. Abbildung 19 zeigt die Aufteilung der Investitionskosten nach Maßnahmengruppen.



Hülle T€				Technik T€							
AW	DA	FB	FE	HK	WV	WWB	BE	LÜ	PV	KWK	MSR
1.454	1.883	79	2.140	586	673	102	656	3	1.528	137	57
Summe Hülle 5.556				Summe Technik 3.741							
Gesamtsumme 9.297											

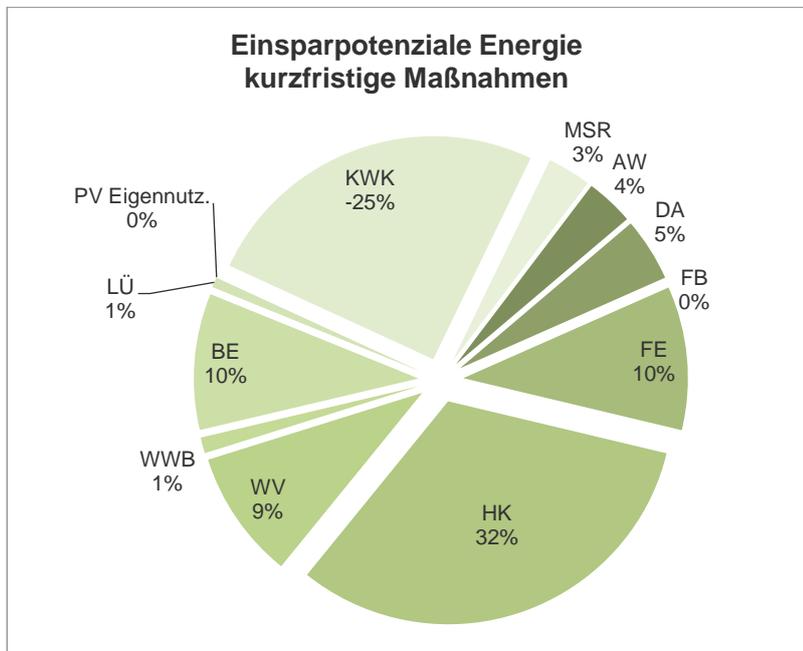
Abbildung 19: Investitionskosten nach Maßnahmengruppen

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:

- 441 MWh/a kurzfristig durch 78 Maßnahmen
- 974 MWh/a mittelfristig durch 118 Maßnahmen
- 693 MWh/a langfristig durch 83 Maßnahmen

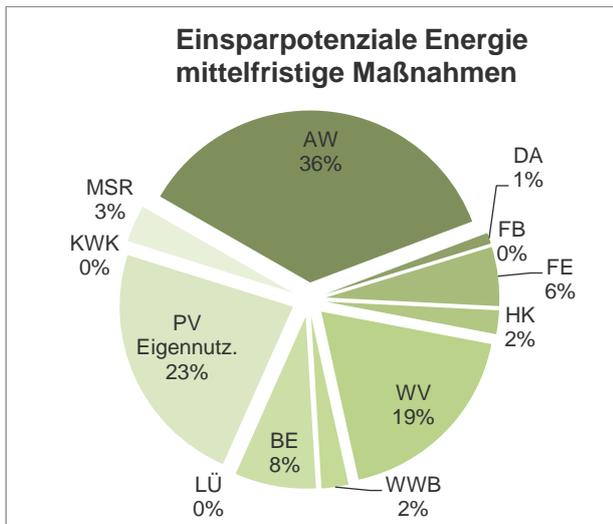
In den drei folgenden Abbildungen werden die Maßnahmen den Kategorien zugeordnet. Maßnahmen an der Gebäudetechnik werden überwiegend als kurz- und mittelfristige Maßnahmen vorgeschlagen. Maßnahmen am Baukörper (Außenwand, Fenster, Dach/Decke) sind hauptsächlich mittel- und langfristige Maßnahmen.



Hülle MWh/a				Technik MWh/a							
AW	DA	FB	FE	HK	WV	WWB	BE	LÜ	PV	KWK	MSR
31	41	0	93	285	83	10	88	6	0	-225	28
Summe Hülle 164				Summe Technik 276							
Gesamtsumme 441											

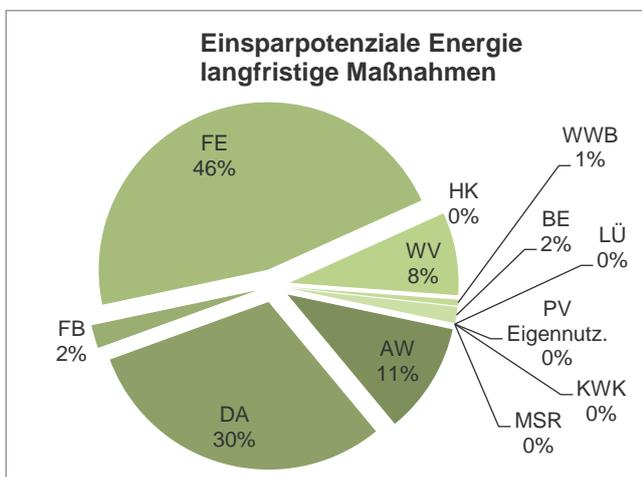
Abbildung 20: Energieeinsparpotenzial - kurzfristige Maßnahmen

Die Maßnahme „KWK“ führt gemäß Tabelle zu einer relevanten Verringerung der Einsparung. Dieses liegt an der verwendeten Methodik, nach der die in das öffentliche Netz rückgespeiste Strommenge nicht mit als Einsparung bilanziert wird.



Hülle MWh/a				Technik MWh/a							
AW	DA	FB	FE	HK	WV	WWB	BE	LÜ	PV	KWK	MSR
349	10	0	54	22	180	24	74	0	226	0	34
Summe Hülle 413				Summe Technik 560							
Gesamtsumme 974											

Abbildung 21: Energieeinsparpotenzial - mittelfristige Maßnahmen

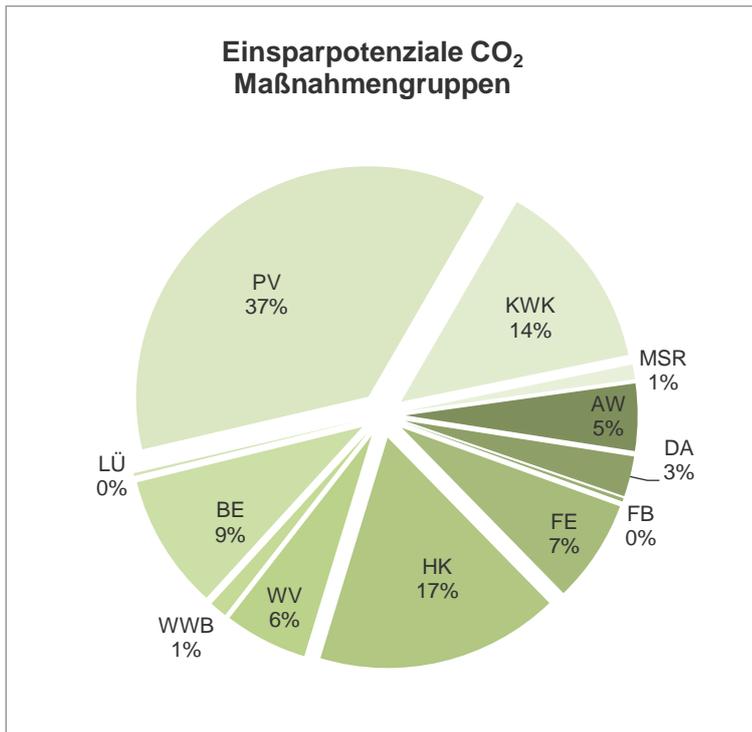


Hülle MWh/a				Technik MWh/a							
AW	DA	FB	FE	HK	WV	WWB	BE	LÜ	PV	KWK	MSR
74	210	16	322	0	55	4	11	0	0	0	0
Summe Hülle 622				Summe Technik 70							
Gesamtsumme 693											

Abbildung 22: Energieeinsparpotenzial - langfristige Maßnahmen

7.3 CO₂ – Einsparung bei Umsetzung der entwickelten Maßnahmen

Insgesamt kann die CO₂-Emission um 1.297 t/a reduziert werden. Dies entspricht einer Einsparung von ca. 84%. Hiervon hat die Stromerzeugung über Photovoltaikanlagen (Eigenverbrauch plus Netzeinspeisung) einen Anteil von 37% (479 t/a). Ca. 194 t/a entfallen auf den Bereich der Gebäudehülle und 1.102 t/a auf den Bereich der Anlagentechnik.

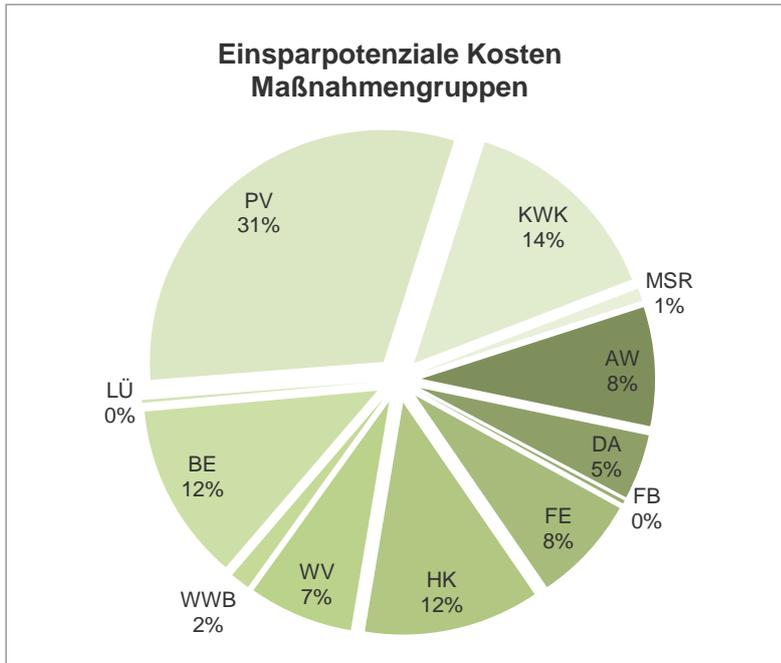


Hülle t/a				Technik t/a							
AW	DA	FB	FE	HK	WV	WWB	BE	LÜ	PV	KWK	MSR
61	37	3	93	220	75	16	122	2	479	174	13
Summe Hülle 194				Summe Technik 1.102							
Gesamtsumme 1.296											

Abbildung 23: CO₂ Einsparpotenzial nach Maßnahmengruppen

7.4 Kosteneinsparung bei Umsetzung der entwickelten Maßnahmen

Das jährliche Kosteneinsparpotenzial liegt bei 328.895 €/a. Ca. 80% dieser Einsparung kann durch Maßnahmen im Bereich Technik erzielt werden.



Hülle T€/a				Technik T€/a							
AW	DA	FB	FE	HK	WV	WWB	BE	LÜ	PV	KWK	MSR
27	15	1	24	40	24	4	41	1	102	47	3
Summe Hülle 67				Summe Technik 262							
Gesamtsumme 329											

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 6.241 MWh/a kann um 34% auf 4.133 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.

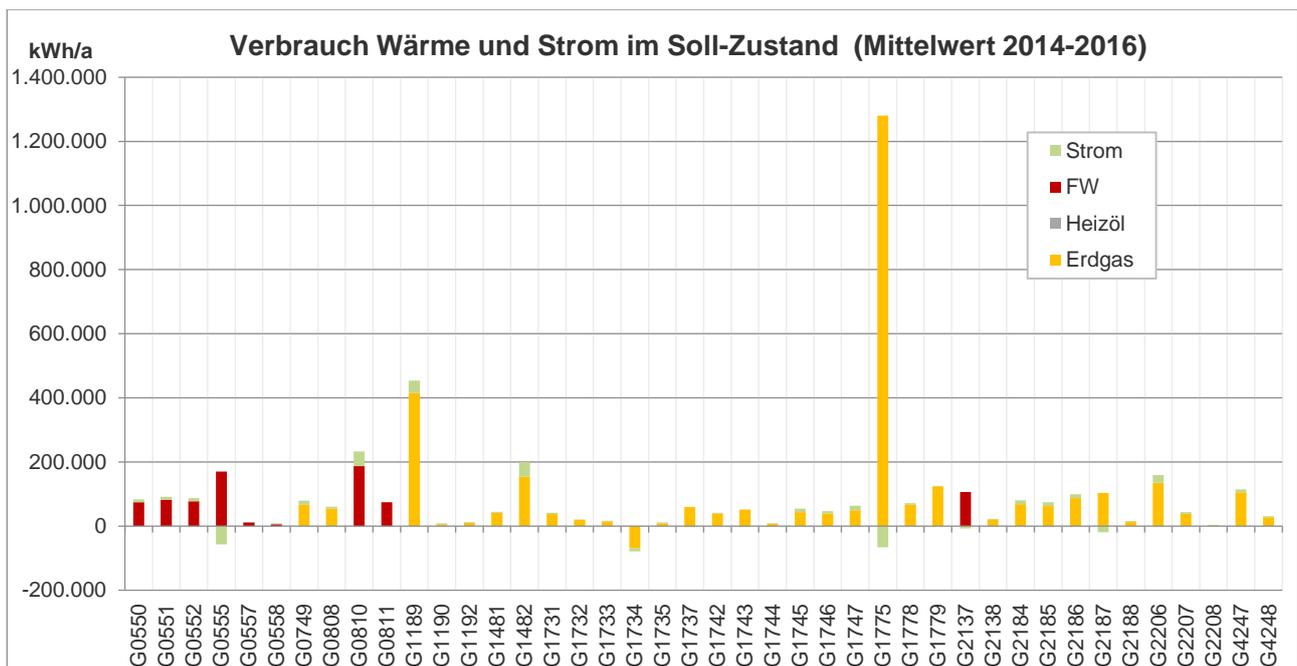


Abbildung 25: Energieverbrauch (Wärme und Strom) der Liegenschaften im Soll-Zustand

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.

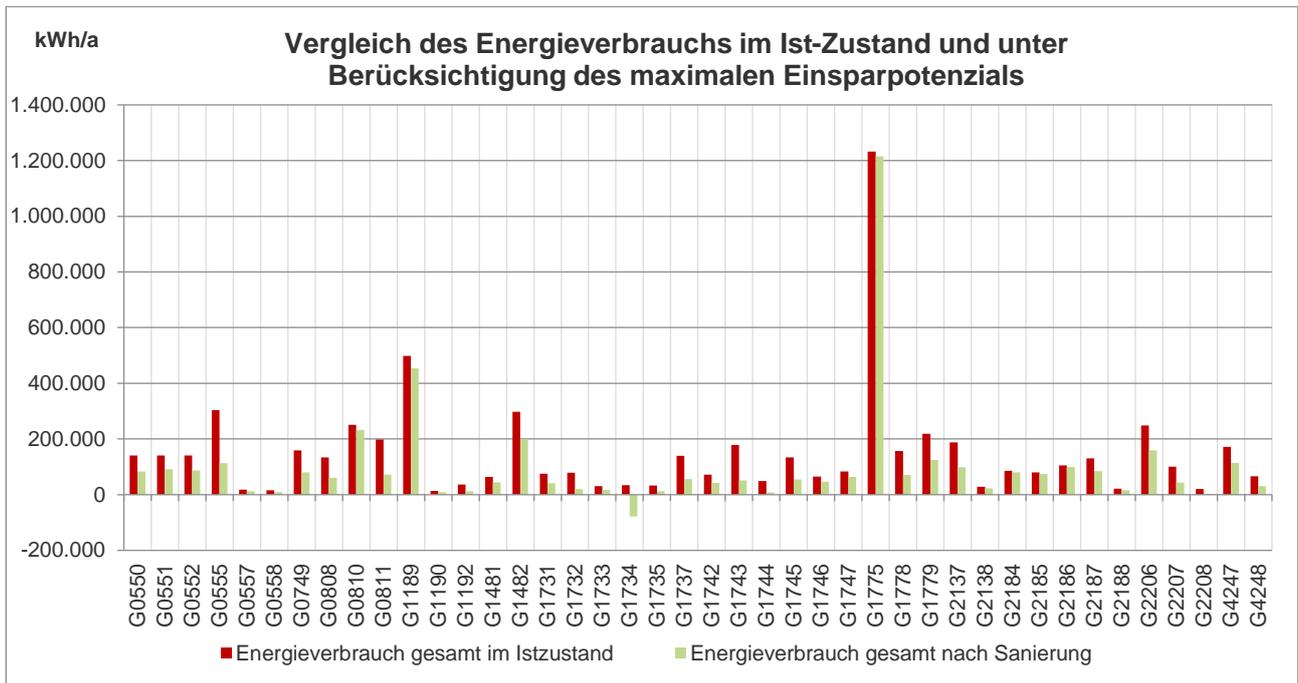


Abbildung 26: Vergleich des Energieverbrauchs im Ist-Zustand (rot) und unter Berücksichtigung des maximalen Einsparpotenzials (grün)

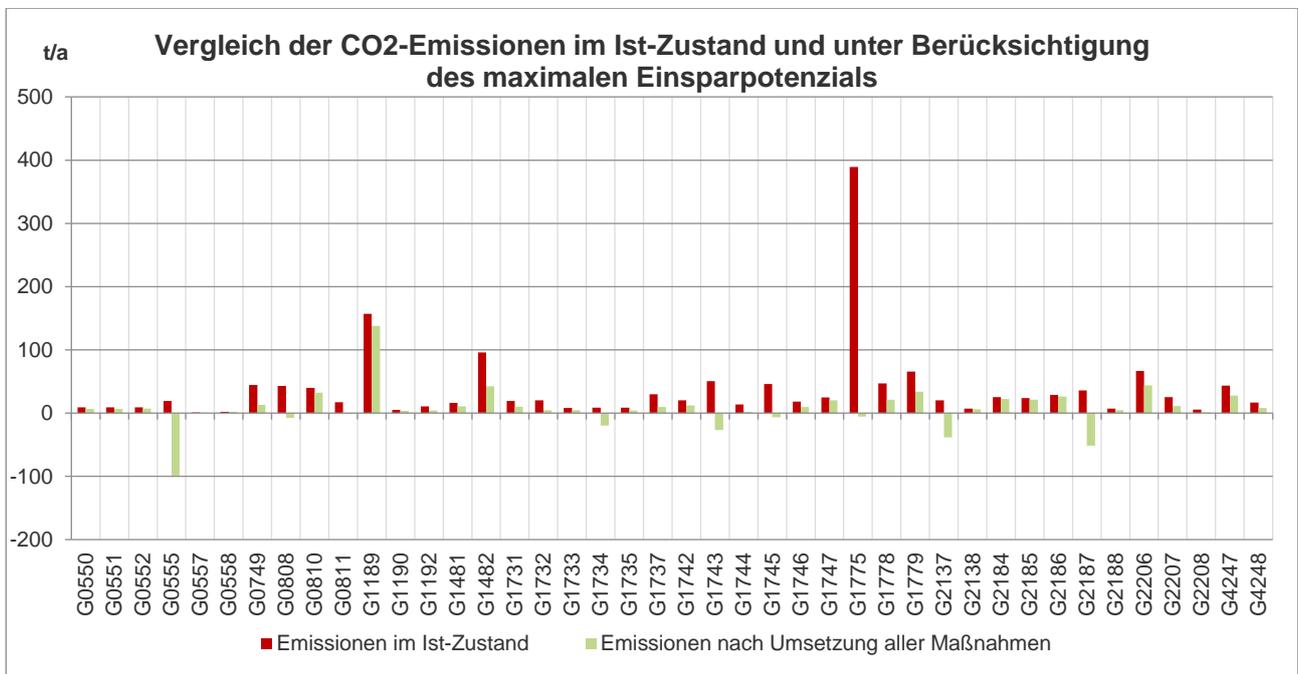


Abbildung 27: Vergleich der CO₂-Emissionen im Ist-Zustand (rot) und unter Berücksichtigung des maximalen Einsparpotenzials (grün)

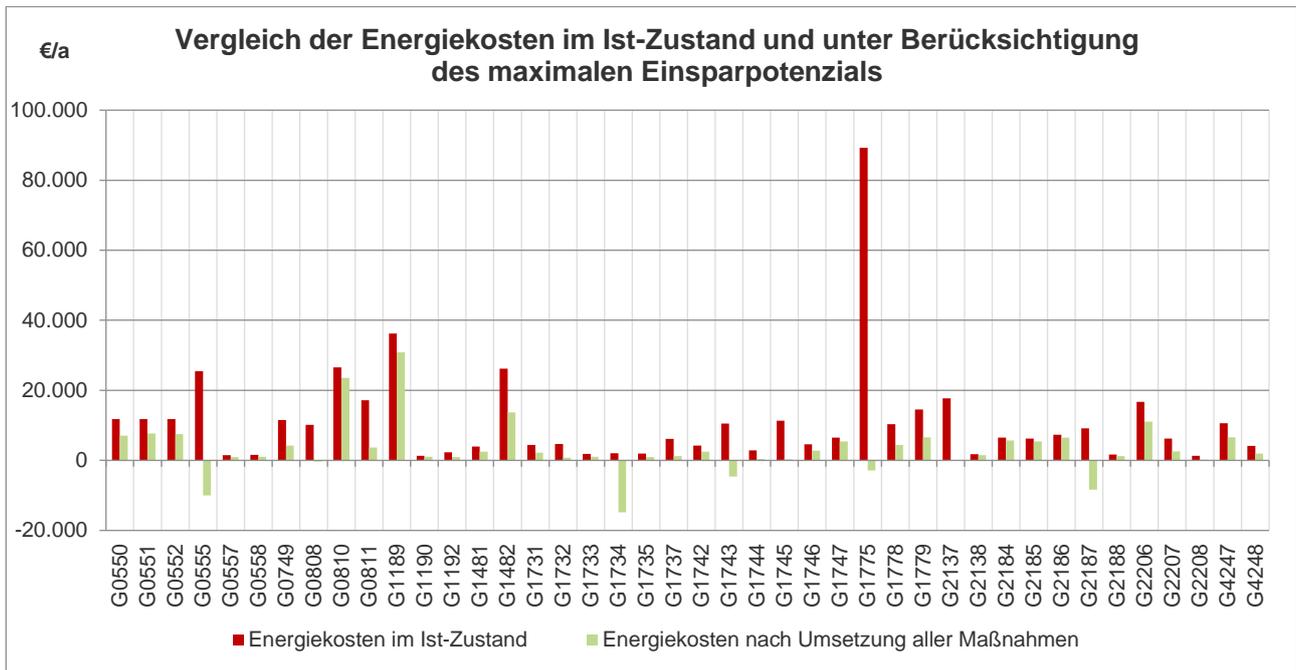


Abbildung 28: Vergleich der Energiekosten im Ist-Zustand (rot) und unter Berücksichtigung des maximalen Einsparpotenzials (grün)

Das Einsparpotenzial des Energieverbrauchs der einzelnen Gebäude liegt zwischen 1% und 330% (unplausibler Werte > 100 % ergeben sich aus der gewählten Systematik). Bei 15 Gebäuden (etwa 36% aller Gebäude) liegt das Einsparpotenzial über 50%.

Das Einsparpotenzial der CO₂-Emissionen der einzelnen Gebäude liegt zwischen 0% und 1007%. Bei 21 Gebäuden (50% aller Gebäude) liegt das Einsparpotenzial über 50%.

Erstellt am 22.01.2019

Anlage 1: Übersicht der untersuchten Gebäude

Anlage 2: Übersicht der Energieeinsparpotenziale je Gebäude

Anlage 1: Übersicht der untersuchten Gebäude

Nr.	Stadtteil	G-Code	Name des Gebäudes	Adresse	Eigentümer	Aktueller Nutzer/ Nutzung	Bau- jahr	BGF (m ²)
1	Horn - Lehe	G0550	Wilhelm-Focke- Oberschule	Bergiusstraße 125; 28357 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	allgemeinbildende Schule, Pavillon 1	1966	1.094,9
2	Horn - Lehe	G0551	Wilhelm-Focke- Oberschule	Bergiusstraße 125; 28357 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	allgemeinbildende Schule, Pavillon 2	1966	1.094,9
3	Horn - Lehe	G0552	Wilhelm-Focke- Oberschule	Bergiusstraße 125; 28357 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	allgemeinbildende Schule, Pavillon 3	1966	1.094,9
4	Horn - Lehe	G0555	Wilhelm-Focke- Oberschule	Bergiusstraße 125; 28357 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Hauptgebäu- de/Turnhalle	1967	2.364,3
5	Horn - Lehe	G0557	Wilhelm-Focke- Oberschule	Bergiusstraße 125; 28357 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Vorklassengebäude	1967	142,3
6	Horn - Lehe	G0558	Wilhelm-Focke- Oberschule	Bergiusstraße 125; 28357 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Hausmeisterhaus	1963	336,1
7	Horn - Lehe	G0749	Kindertagesheim Carl- Friedr.-Gauß-Str.	Carl-Friedrich- Gauß-Straße 81; 28357 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Kindertagesstätten	1967	1.028,2
8	Horn - Lehe	G0808	Kindertagesheim Curiestr.	Curiestraße 36; 28357 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Kindertagesstätten	1971	987,2
9	Horn - Lehe	G0810	Marie-Curie-Schule	Curiestraße 2 A; 28357 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Grundschule, Haupt- gebäude	1971	5.045,7
10	Horn - Lehe	G0811	Marie-Curie-Schule	Curiestraße 2 A; 28357 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Turnhalle	1974	1.533,0
11	Horn - Lehe	G1189	Schule an der Horner Heerstraße	Horner Heerstraße 17; 28359 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Grundschule, Haupt- gebäude	1904	6.697,4
12	Horn - Lehe	G1190	Schule an der Horner Heerstraße	Horner Heerstraße 17; 28359 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Hausmeisterhaus	1975	164,2
13	Horn - Lehe	G1192	Schule an der Horner Heerstraße	Horner Heerstraße 17; 28359 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Vorklassengebäude	1961	201,3
14	Horn - Lehe	G1481	Sonderschule Mar- cusallee (Schulkinder- garten)	Marcusallee 31; 28359 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Altbau (Villa)	1938	869,4
15	Horn - Lehe	G1482	Sonderschule Mar- cusallee (Schulkinder- garten)	Marcusallee 31; 28359 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Schulgebäude	1981	3.513,7
16	Blumenthal	G1731	Sonderschule Reepschlägerstr.	Reepschlägerstra- ße 147; 28777 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Hauptgebäude - Altbau	um 1900	717,5
17	Blumenthal	G1732	Sonderschule Reepschlägerstr.	Reepschlägerstra- ße 147; 28777 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Neubau I	1970	753,8
18	Blumenthal	G1733	Sonderschule Reepschlägerstr.	Reepschlägerstra- ße 147; 28777 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Pavillon I	1963	296,6
19	Blumenthal	G1734	Sonderschule Reepschlägerstr.	Reepschlägerstra- ße 147; 28777 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Pavillon II	1963	326,2
20	Blumenthal	G1735	Sonderschule Reepschlägerstr.	Reepschlägerstra- ße 147; 28777 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Neubau II	1970	316,3
21	Blumenthal	G1737	Sonderschule Reepschlägerstr.	Reepschlägerstra- ße 147; 28777 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Turnhalle	1968	570,6

Nr.	Stadtteil	G-Code	Name des Gebäudes	Adresse	Eigentümer	Aktueller Nutzer/ Nutzung	Bau- jahr	BGF (m ²)
22	Blumenthal	G1742	Dep. Schule Reikum	Rekumer Straße 82; 28777 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Hauptgebäude 1	1964	981,2
23	Blumenthal	G1743	Dep. Schule Reikum	Rekumer Straße 82 - 84; 28777 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Hauptgebäude 2	1967	1.372,5
24	Blumenthal	G1744	Dep. Schule Reikum	Rekumer Straße 82 - 84; 28777 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Turnhalle	1967	353,6
25	Blumenthal	G1745	Kindertagesheim Farge	Rekumer Straße 11; 28777 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Kindertagesstätte	1930	1.173,2
26	Blumenthal	G1746	Sport-u.Freizeitanlage Farge	Rekumer Straße 2; 28777 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Gebäude für Sport- platz und Freibad	1975	314,5
27	Blumenthal	G1747	Sport-u.Freizeitanlage Farge	Rekumer Straße 2; 28777 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Jugendfreizeitheim	1939	803,3
28	Horn - Lehe	G1775	Oberschule an der Ronzenstraße	Ronzenstraße 51 - 55; 28359 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Hauptgebäude	1971	10.172,0
29	Horn - Lehe	G1778	Oberschule an der Ronzenstraße	Ronzenstraße 51 - 55; 28359 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Schulgebäude	1976	1.093,0
30	Horn - Lehe	G1779	Oberschule an der Ronzenstraße	Ronzenstraße 51 - 55; 28359 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Turnhalle	1970 und 1997	1.194,0
31	Horn - Lehe	G2137	Schulzentrum Sek. II Horn	Vorkampsweg 97; 28359 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Turnhalle	1977	1.805,4
32	Horn - Lehe	G2138	Schulzentrum Sek. II Horn	Vorkampsweg 97; 28359 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Hausmeisterhaus	1974	223,6
33	Horn - Lehe	G2184	Schule an der Philipp- Reis-Straße	Werner-Von- Siemens-Straße 57; 28357 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Gansberg-Pavillon	1963	1.177,5
34	Horn - Lehe	G2185	Schule an der Philipp- Reis-Straße	Werner-Von- Siemens-Straße 57; 28357 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Petersen-Pavillon	1965	1.161,3
35	Horn - Lehe	G2186	Schule an der Philipp- Reis-Straße	Werner-Von- Siemens-Straße 57; 28357 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Kästner-Pavillon	1969	1.163,2
36	Horn - Lehe	G2187	Schule an der Philipp- Reis-Straße	Werner-Von- Siemens-Straße 57; 28357 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Hauptgebäude	1968, 1970, 1978	1.509,1
37	Horn - Lehe	G2188	Schule an der Philipp- Reis-Straße	Werner-Von- Siemens-Straße 57; 28357 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Hausmeisterhaus	1964	223,4
38	Blumenthal	G2206	Schule an der Wigmo- distraße	Wigmodistraße 37; 28779 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Grundschule, Haupt- gebäude	1906	3.826,4
39	Blumenthal	G2207	Schule an der Wigmo- distraße	Wigmodistraße 37; 28779 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Turnhalle	1972	563,5
40	Blumenthal	G2208	Schule an der Wigmo- distraße	Wigmodistraße 37; 28779 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Schule Mobilbau	1973	308,1
41	Horn - Lehe	G4247	Gehörlosenfreizeitheim	Schwachhauser Heerstraße 266; 28359 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Villa	um 1820	1.611,3
42	Horn - Lehe	G4248	Gehörlosenfreizeitheim	Schwachhauser Heerstraße 266; 28359 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Nebengebäude	1973	587,4
							Summe	60.766

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	
Wilhelm-Focke-Oberschule - Pavillon 1	G0550	985	0	0	128.401	12.458	0	0	53.931	3.427	41%
Wilhelm-Focke-Oberschule - Pavillon 2	G0551	985	0	0	128.401	12.458	0	0	46.153	3.306	35%
Wilhelm-Focke-Oberschule - Pavillon 3	G0552	985	0	0	128.401	12.458	0	0	51.113	2.540	38%
Wilhelm-Focke-Oberschule - Hauptgebäude/Turnhalle	G0555	2.128	0	0	276.596	26.901	0	0	106.987	83.535	63%
Wilhelm-Focke-Oberschule - Vorklassengebäude	G0557	128	0	0	16.692	1.620	0	0	4.993	851	32%
Wilhelm-Focke-Oberschule - Hausmeisterhaus	G0558	286	0	0	12.614	3.000	0	0	7.204	0	46%
Kindertagesheim Carl-Friedr.-Gauß-Str. - Kindertagesheim	G0749	884	134.224	0	0	24.359	67.585	0	0	11.081	50%
Kindertagesheim Curiestr. - Kindertagesheim	G0808	849	0	116.847	0	17.000	-54.542	116.847	0	11.149	55%
Marie-Curie-Schule - Hauptgebäude	G0810	4.541	0	0	194.293	56.288	0	0	7.387	10.524	7%
Marie-Curie-Schule - Turnhalle	G0811	1.395	0	0	174.116	24.389	0	0	99.937	26.759	64%
Schule an der Horner Heerstraße - Hauptgebäude	G1189	6.028	0	443.641	0	54.960	-414.705	443.641	0	16.214	9%
Schule an der Horner Heerstraße - Hausmeisterhaus	G1190	138	0	10.936	0	3.000	-6.093	10.936	0	0	35%
Schule an der Horner Heerstraße - Vorklassengebäude	G1192	181	0	33.637	0	2.576	-10.579	33.637	0	624	65%
Sonderschule Marcusallee (Schulkindergarten) - Altbau (Villa)	G1481	765	57.610	0	0	6.286	16.300	0	0	2.780	30%
Sonderschule Marcusallee (Schulkindergarten) - Schulgebäude	G1482	3.092	226.992	0	0	70.615	72.521	0	0	25.268	33%
Sonderschule Reepschlägerstr. - Hauptgebäude - Altbau	G1731	631	67.995	0	0	7.440	30.177	0	0	3.765	45%
Sonderschule Reepschlägerstr. - Neubau I	G1732	663	71.485	0	0	7.824	51.933	0	0	6.854	74%
Sonderschule Reepschlägerstr. - Pavillon I	G1733	261	28.158	0	0	3.082	13.456	0	0	815	46%
Sonderschule Reepschlägerstr. - Pavillon II	G1734	287	30.908	0	0	3.383	99.906	0	0	13.140	330%
Sonderschule Reepschlägerstr. - Neubau II	G1735	278	29.960	0	0	3.279	20.986	0	0	405	64%
Sonderschule Reepschlägerstr. - Turnhalle	G1737	519	136.648	0	0	2.890	77.200	0	0	6.438	60%
Dep. Schule Reikum - Hauptgebäude 1	G1742	497	0	69.076	0	2.680	-39.922	69.076	0	650	42%
Dep. Schule Reikum - Hauptgebäude 2	G1743	1.235	0	171.524	0	6.654	-51.864	171.524	0	7.135	71%
Dep. Schule Reikum - Turnhalle	G1744	322	0	47.199	0	1.433	-8.184	47.199	0	1.378	83%
Kindertagesheim Farge - Kindertagesheim	G1745	1.009	0	110.596	0	23.587	-44.105	110.596	0	13.197	59%

Liegenschaft/Gebäude	G-Code	Fläche NGF m²	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	
Sport-u.Freizeitanlage Farge - Vereinsheim	G1746	286	55.938	0	0	9.440	15.790	0	0	3.247	29%
Sport-u.Freizeitanlage Farge - Jugendfreizeitheim	G1747	731	67.892	0	0	15.402	18.163	0	0	1.175	23%
Oberschule an der Ronzelenstraße - Hauptgebäude	G1775	9.155	0	1.094.014	0	138.376	-1.280.589	1.094.014	0	204.194	1%
Oberschule an der Ronzelenstraße - Schulgebäude	G1778	984	0	144.635	0	11.881	-66.361	144.635	0	7.001	54%
Oberschule an der Ronzelenstraße - Turnhalle	G1779	1.087	0	202.819	0	16.242	-124.537	202.819	0	15.523	43%
Schulzentrum Sek. II Horn - Turnhalle	G2137	1.643	0	0	159.810	28.307	0	0	53.582	35.649	47%
Schulzentrum Sek. II Horn - Hausmeisterhaus	G2138	188	26.112	0	0	2.800	6.291	0	0	0	22%
Schule an der Philipp-Reis-Straße - Gansberg-Pavillon	G2184	1.060	71.007	0	0	15.105	2.485	0	0	3.046	6%
Schule an der Philipp-Reis-Straße - Petersen-Pavillon	G2185	1.045	65.350	0	0	14.887	2.287	0	0	3.283	7%
Schule an der Philipp-Reis-Straße - Kästner-Pavillon	G2186	1.047	90.237	0	0	14.913	3.158	0	0	2.948	6%
Schule an der Philipp-Reis-Straße - Hauptgebäude	G2187	1.343	111.788	0	0	18.952	8.168	0	0	38.144	35%
Schule an der Philipp-Reis-Straße - Hausmeisterhaus	G2188	188	0	18.057	0	3.000	-13.045	18.057	0	183	25%
Schule an der Wigmodistraße - Hauptgebäude	G2206	3.444	215.853	0	0	32.303	80.799	0	0	8.602	36%
Schule an der Wigmodistraße - Turnhalle	G2207	513	90.144	0	0	10.191	51.101	0	0	5.885	57%
Schule an der Wigmodistraße - Schule Mobilbau	G2208	277	17.374	0	0	2.601	14.310	0	0	1.954	81%
Gehörlosenfreizeitheim - Villa	G4247	1.370	154.228	0	0	17.001	48.951	0	0	7.611	33%
Gehörlosenfreizeitheim - Nebengebäude	G4248	535	59.873	0	0	6.635	32.260	0	0	3.398	54%
Summen		53.969	1.809.776	2.462.982	1.219.323	748.653	-1.380.700	2.462.982	431.286	593.676	
prozentuale Einsparung							-76%	100%	35%	79%	
Summe Heizenergie				5.492.081				1.513.568			28%
Summe Endenergie				6.240.734				2.107.244			34%