

Klimaschutzteilkonzept SVIT-Gebäude Hemelingen Immobilien Bremen AöR Zusammenfassung



Erstellt von:



ibek Ingenieur- und Beratungsgesellschaft mbH

Schlachte 21 28195 Bremen

Tel. 04 21 / 16 80 88 Fax 04 21 / 16 80 90

info@ibek.de www.ibek.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



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

I. Inhaltsverzeichnis

I.	Inhaltsverzeichnis	II
II.	Abbildungsverzeichnis	IV
III.	Tabellenverzeichnis	V
1.	Einleitung	1
2.	Aufgabenstellung	5
3.	Methodik und Randbedingungen der Energieanalyse	7
3.1.	Ermittlung des Ist-Zustandes	7
3.2.	Technische Randbedingungen zur Bestimmung des Einsparpotenzials	9
3.3.	Wirtschaftliche Rahmendaten zur Bestimmung des Einsparpotenzials	10
4.	Zusammenfassung der Energieverbräuche, der Energiekosten und der CO ₂ -Emissionen im Ist-Zustand	15
4.1	Gesamtenergiebedarf und CO ₂ - Emission	15
4.2	Gesamtenergiekosten	16
4.3	Energieträgeraufteilung	17
4.4	Energiekennwerte	17
4.5	Lastganganalyse	19
5.	Energetischer Ist-Zustand Baukörper und Technik	22
5.1.	Baukörper	22
5.2.	Haustechnik	24
5.3.	Lüftungstechnik	26
5.4.	Warmwassertechnik	27
5.5.	Nutzung regenerativer Energien und Kraft-Wärme-Kopplung	27
6.	Maßnahmen	28
6.1	Maßnahmen gesamt	29
6.2	Umsetzungsklassifizierung der Maßnahmen	33
6.3	CO ₂ -Einsparung bei Umsetzung der entwickelten Maßnahmen	34
6.4	Kosteneinsparung bei Umsetzung der entwickelten Maßnahmen	35

7. Zusammenfassung des Energieverbrauches, der Energiekosten und der CO ₂ -Emissionen nach Durchführung der Maßnahmen	36
A. Anhang	A

II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Angenommene Faktoren für die Witterungskorrektur (DWD Flughafen Bremen)	7
Abbildung 2: Bewertungskategorien und Handlungsbedarf	8
Abbildung 3: Der Untersuchung zugrunde gelegte Arbeitspreise und Teuerungsraten	10
Abbildung 4: Wärme- und Stromverbrauch der Gebäude im Ist-Zustand (Mittelwerte 2014-2016)	15
Abbildung 5: CO ₂ -Emissionen der Gebäude im Ist-Zustand	16
Abbildung 6: Energiekosten im IST-Zustand pro Jahr	16
Abbildung 7: Prozentualer Anteil der Energieträger in den Gebäuden	17
Abbildung 8: Spezifischer Verbrauch (Wärme) im Ist-Zustand	18
Abbildung 9: Spezifischer Verbrauch (Strom) im Ist-Zustand	18
Abbildung 10: Lastgang typische Schule	19
Abbildung 11: Bezirkssportanlage Hemelingen	20
Abbildung 12: Lastgang KiTa	21
Abbildung 13: Energetische Qualität der Außenwandflächen	23
Abbildung 14: Energetische Qualität der Dach- und Bodenflächen	23
Abbildung 15: Energetische Fensterqualitäten	24
Abbildung 16: Kesselaltersstruktur	25
Abbildung 17: Energetische Qualität der Umwälzpumpen	26
Abbildung 18: Aufteilung der Maßnahmen nach Techniken	29
Abbildung 19 Investitionen nach Maßnahmengruppen	31
Abbildung 20: Energie-Einsparpotentiale in MWh/a nach Maßnahmengruppe	32
Abbildung 21 Energie-Einsparpotenziale bei kurzfristigen Maßnahmen	33
Abbildung 22: Energie-Einsparpotential in MWh/a bei mittelfristigen Maßnahmen	33
Abbildung 23: Energie-Einsparpotential in MWh/a bei langfristigen Maßnahmen	34
Abbildung 24: CO ₂ -Einsparpotential in t/a nach Maßnahmengruppen	35
Abbildung 25: Kosteneinsparpotential nach Maßnahmengruppen	35
Abbildung 26: Energieverbrauch (Wärme und Strom) der Liegenschaften im Soll-Zustand	36
Abbildung 27: Vergleich des Energieverbrauchs im Ist-Zustand und bei Ansatz des maximalen Einsparpotenzials	37
Abbildung 28: Vergleich der CO ₂ -Emissionen im Ist-Zustand und bei Ansatz des maximalen Einsparpotentials	38
Abbildung 29: Vergleich der Energiekosten im Ist-Zustand (rot) und unter Berücksichtigung des maximalen Einsparpotentials	38

III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der untersuchten Liegenschaften und Gebäude mit eigenem G-Code ..	2
Tabelle 2: Soll U-Werte für Maßnahmen am Baukörper gemäß Energierichtlinie Bremen, Entwurf vom 30.05.2016.....	9
Tabelle 3: Angenommene Heizgradstunden und spezifisches Einsparpotenzial für Maßnahmen am Baukörper.....	10
Tabelle 4: Zugrunde gelegte Nutzungsdauern der Maßnahmen	11
Tabelle 5: Maßnahmenkosten für Dämmmaßnahmen/Gebäudehülle	11
Tabelle 6: Maßnahmenkosten für Heizung und TGA Ausrüstung	12
Tabelle 7: Übersicht der angenommenen CO ₂ -Faktoren	14
Tabelle 8: Energieverbrauch gesamt absolut nach Energieträger in MWh.....	15

1. Einleitung

Immobilien Bremen AöR (IB) hat die ibek GmbH beauftragt, ein Klimaschutzteilkonzept für eigene Liegenschaften in Bremen Hemelingen 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 Klimaszutzziele heranzukommen.

Bei der Bewirtschaftung der öffentlichen Liegenschaften legt IB 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 Klimaszutzzielen des Bundes orientiert.

Eine Erfassung der Energieverbräuche wurde bereits vor geraumer Zeit eingeführt, die aber noch nicht alle Liegenschaften bzw. Gebäude umfasst. Im Rahmen von Bauunterhalt / Sanierung oder durch Förderprojekte werden gebäudebezogene sowie gebäudeindividuelle Effizienzprojekte aufgelegt (Einsatz LED, Hocheffizienzpumpen, BHKW). Dabei können aufgrund fehlender Angaben von Emissionsfaktoren in direkter Verbindung mit den gebäudebezogenen Verbrauchsdaten oder der Verknüpfung mit korrespondierenden Preisen die Projekte / Maßnahmen bislang nicht ergebnisbezogen auf Erfolg nachgehalten werden, weshalb nun ein strategischer Sanierungsfahrplan erarbeitet werden soll. Dieser soll eine strukturierte und zukunftsfähige Ausrichtung von Entscheidungen und Vorgehensweisen zur Liegenschaftsentwicklung ermöglichen, die über kurz-, mittel- und langfristige Maßnahmenumsetzung auf der Basis wirtschaftlicher Priorisierung den Werterhalt der Gebäude sichert und eine weitestgehend klimaneutrale Bewirtschaftung ermöglicht.

Die Erstellung der Klimaschutzteilkonzepte wird im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) gefördert nach der Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten in sozialen, kulturellen und öffentlichen Einrichtungen vom 22.06.2016 (Kommunalrichtlinie). Diese Förderrichtlinie gibt die Inhalte der Konzepterstellung vor.

Die ibek GmbH hatte den Auftrag, folgende 49 Gebäude zu untersuchen und Maßnahmen zur Effizienzverbesserung vorzuschlagen:

Tabelle 1: Übersicht der untersuchten Liegenschaften und Gebäude mit eigenem G-Code

Nr.	Stadtteil	G-Code	Name des Gebäudes	Adresse	Eigentümer	Aktueller Nutzer/ Nutzung	Baujahr	BGF in m ²	Status
1	Hemelingen	G0299	Schule am Alten Postweg	Alter Postweg 302; 28207 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Grundschule, Altbau	1909/1911	3614	
2	Hemelingen	G0300	Schule am Alten Postweg	Alter Postweg 302; 28207 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Grundschule, Neubau	1975/1976	614	
3	Hemelingen	G0301	Schule am Alten Postweg	Alter Postweg 302; 28207 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Turnhalle	1911	1385	
4	Hemelingen	G0473	Schule an der Hohwisch	Auf der Hohwisch 61 - 63; 28207 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Grundschule, Hauptgebäude mit Turnhalle	1903	4432	
5	Hemelingen	G0536	Schulkomplex Beim Sattelhof	Beim Sattelhof 14; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Turnhalle	1971	793	
6	Hemelingen	G0537	Schulkomplex Beim Sattelhof	Beim Sattelhof 14; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Schulgebäude	1957/1962	2218	abgängig
7	Hemelingen	G3031	Schulkomplex Beim Sattelhof	Beim Sattelhof 14; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Beratungsgebäude	1972	154	abgängig
8	Hemelingen	G5793	Schulkomplex Beim Sattelhof	Beim Sattelhof 14; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Fitness- und Gymnastikhalle	1971	132	
9	Hemelingen	G0538	Feuerwache 2	Bennigsenstraße 16; 28207 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Gebäude für öffentliche Bereitschaftsd.	1956/71	2890	
10	Hemelingen	G0541	Feuerwache 2	Mindener Weg 17 D; 28207 Bremen; Stolzenauer Straße 17 D; 28207 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Dienstwohnung	1956	197	Gebäude kernsaniert
11	Hemelingen	G0688	Schule an der Brinkmannstraße	Brinkmannstraße 40; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Grundschule, Hauptgebäude - Turnhalle	1966	3556	
12	Hemelingen	G0840	Wilhelm-Olbers-Schule	Drebberstraße 10; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	allgemeinbildende Schule, Hauptgebäude	1974 und 1977	13609	
13	Hemelingen	G0842	Wilhelm-Olbers-Schule	Drebberstraße 10; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Turnhalle	1974	1506	
14	Hemelingen	G0843	Wilhelm-Olbers-Schule	Drebberstraße 10; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Hausmeisterhaus	1974	192	Leerstand / Totalsaniert
15	Hemelingen	G0851	Sonderschule Dudweilerstr.	Dudweilerstraße 2; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Hauptgebäude/Turnhalle	1970	3856	
16	Hemelingen	G0853	Sonderschule Dudweilerstr.	Dudweilerstraße 2; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Hausmeisterhaus	1970	217	
17	Hemelingen	G0983	Bürgerhaus Hemelingen	Godehardstraße 4; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Gemeinschaftshäuser, Bürgerhäuser	1875	944	
18	Hemelingen	G0984	Bürgerhaus Hemelingen	Diedrich-Wilkens-Straße 5; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Bürgerhaus - Saalneubau-	1988	280	
19	Hemelingen	G1094	Haus "Hastedt"	Hastedter Heerstraße 123; 28207 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Sozialtherap. Wohnheim	1976	1667	
20	Hemelingen	G1111	Schule Arbergen	Heisiusstraße 7; 28307 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Grundschule, Hauptgebäude	1910 und 1956	2186	
21	Hemelingen	G1115	Schule Arbergen	Kirchsteig 8; 28307 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Hausmeisterhaus	um 1950	137	verkauft
22	Hemelingen	G1131	Bezirkssportanlage Hemelingen	Hemelinger Heerstraße 112; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Sporthalle	1980	1264	
23	Hemelingen	G1132	Bezirkssportanlage Hemelingen	Hemelinger Heerstraße 112; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Umkleidetrakt	1979	1202	
24	Hemelingen	G1458	Bürgerhaus Mahndorf	Mahndorfer Bahnhof 10; 28307 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Bürgerhaus	1914	1461	

Nr.	Stadtteil	G-Code	Name des Gebäudes	Adresse	Eigentümer	Aktueller Nutzer/ Nutzung	Baujahr	BGF in m ²	Status
25	Hemelingen	G3037	Bürgerhaus Mahndorf	Mahndorfer Bahnhof 10; 28307 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Neubau	1997	311	
26	Hemelingen	G1459	FFW Mahndorf	Mahndorfer Bahnhof 4; 28307 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Feuerwehr	1991	953	
27	Hemelingen	G1463	Schule Mahndorf	Mahndorfer Heerstraße 55; 28307 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Grundschule, Altbau	1914	1542	
28	Hemelingen	G1464	Schule Mahndorf	Mahndorfer Heerstraße 55; 28307 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Hauptgebäude	1974	1787	
29	Hemelingen	G1465	Schule Mahndorf	Mahndorfer Heerstraße 55; 28307 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Mobilbau	1973	404	
30	Hemelingen	G1602	Kindertagesheim Arbergen	Ortwisch 73; 28307 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Kindertagesstätte	1979	340	
31	Hemelingen	G1604	Kindertagesheim Ortwich	Ortwisch 17 A; 28307 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Kindertagesheim	1975	1237	
32	Hemelingen	G1641	Schule am Osterhop	Osterhop 88; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Hauptgebäude	1952 und 1963	2174	
33	Hemelingen	G1643	Schule am Osterhop	Osterhop 88; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Turnhalle	1971	716	
34	Hemelingen	G4511	Schule am Osterhop	Osterhop 88; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Hausmeisterhaus	2001	142	Totalsaniert, Leerstand
35	Hemelingen	G1646	Jugendfreizeitheim Stackkamp	Osterhop 90; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Jugendheime	1955 und 1995	1255	Totalsaniert
36	Hemelingen	G1647	Kindertagesheim Osterhop	Osterhop 86; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Kindertagesheim	1967	1401	
37	Hemelingen	G1676	Oberschule Sebaldsbrück	Parsevalstraße 1; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Verwaltung	1958	831	
38	Hemelingen	G1677	Oberschule Sebaldsbrück	Parsevalstraße 1; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Hochtrakt	1958	3001	
39	Hemelingen	G1679	Oberschule Sebaldsbrück	Parsevalstraße 1; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Turnhalle	1960	1921	
40	Hemelingen	G1680	Oberschule Sebaldsbrück	Parsevalstraße 1; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Aula/Musikräume	1960	909	
41	Hemelingen	G1681	Oberschule Sebaldsbrück	Parsevalstraße 1; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Pavillon 1-6	1960	3770	
42	Hemelingen	G1683	Schule an der Parsevalstraße	Parsevalstraße 2; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Grundschule, Nebengebäude 1 (ehm. Waldorffschule)	1958	1207	
43	Hemelingen	G1687	Schule an der Parsevalstraße	Parsevalstraße 2; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Turnhalle	1955	594	
44	Hemelingen	G1688	Schule an der Parsevalstraße	Parsevalstraße 2; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Lehrküchengebäude	1956	254	
45	Hemelingen	G1689	Schule an der Parsevalstraße	Parsevalstraße 2; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Mitteltrakt	1954	1097	
46	Hemelingen	G1690	Schule an der Parsevalstraße	Parsevalstraße 2; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Verwaltung/Aula	1957	1284	
47	Hemelingen	G1691	Schule an der Parsevalstraße	Parsevalstraße 2; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Bogenbau	1955	1085	
48	Hemelingen	G1693	Schule an der Parsevalstraße	Parsevalstraße 2; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	allgemeinbildende Schule, Hochtrakt	1957/1975	1407	
49	Hemelingen	G1694	Schule an der Parsevalstraße	Parsevalstraße 2; 28309 Bremen	SV Immob. + Technik (Stadt)	Hausmeisterhaus	1956	314	Leerstand
Anzahl untersuchter Gebäude mit eigenem G-Code:			41	Anzahl Liegenschaften		21	Summe BGF	78.440	m²

Von den 49 beauftragten Gebäuden wurden lediglich 41 Gebäude im Detail untersucht. Zwei Gebäude stehen unmittelbar vor dem Abriss. Ein Gebäude wurde verkauft. Vier Gebäude wurden erst im Jahr 2017 totalsaniert, ein weiteres steht leer. Deshalb wurde auf eine Begehung und Gebäudeuntersuchung in Absprache mit dem Auftraggeber verzichtet.

2. Aufgabenstellung

Im Rahmen des Klimaschutzteilkonzeptes, SVIT-Gebäude in Bremen Hemelingen wurde für 41 Gebäude eine energetische Untersuchung nach folgenden Kriterien und unter folgender Aufgabenstellung durchgeführt:

- **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 der Sanierungsoptionen mit Bewertung der Priorität und des Energieeinsparpotenzials (Menge MWh)
 - Ableitung strategischer Empfehlungen zu kurz-, mittel- oder langfristigen Maßnahmen
 - Darstellung der 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) und Stromlastgangdaten, sofern diese vorlagen
- Solartechnische Bewertung der Dachflächen der untersuchten Liegenschaften aus dem Solarkataster Bremen
- Datenaufnahme vor Ort durch ibek immer gemeinsam mit dem Hausmeister bzw. Haustechniker: Grundrisspläne der Gebäude, Datenabgleich und ergänzende Datenaufnahme in Zusammenarbeit mit den Hausmeistern / Haustechnikern

Bei den Liegenschaften handelt es sich überwiegend um Schulen und Sporthallen. Es wurden aber auch Kindertagesheime, Bürgerzentren und sowie eine Feuerwache und jeweils ein Freizeitheim und eine Betreuungseinrichtung 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.

Anschließend werden das Controlling-Konzept sowie das Kommunikationskonzept beschrieben.

3. Methodik und Randbedingungen der Energieanalyse

3.1. Ermittlung des Ist-Zustandes

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. Allerdings konnte festgestellt werden, dass nicht immer am 30/31. oder 01. eines Monats abgelesen wird und auch das Datum des Ablesens nicht dokumentiert wird, sodass eine nachträgliche Korrektur der Verbrauchsdaten nicht möglich ist.

Außerdem haben einige der Liegenschaften nur einen Wärme- oder Stromzähler oder ein Teil der Gebäude wird durch ein anderes Gebäude mitversorgt. Die fehlende Unterzählung erschwert die Erstellung einer rechnerischen Energiebilanz der Einzelgebäude. In diesen Fällen wurde das Einsparpotenzial anhand einer vereinfachten Berechnung ermittelt. Die Wirksamkeit einer Einzelmaßnahme im Bereich der Gebäudehüllfläche wird mit geschätzten Bauteilflächen, deren U-Wert (vor/nach Sanierung) und einem Faktor der Heizgradtage, unterteilt nach "vollbeheizt", "teilbeheizt" oder „Frostfreihaltung“, ermittelt.

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 Flughafen	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 überprüft, indem die Gebäudekanten und Längen im web-Tool Google Earth professional grob ermittelt wurden. Bei dem Gebäuderundgang vor Ort konnte erhoben werden, welche Bereiche der Liegenschaft tatsächlich beheizt bzw. mit Strom versorgt werden. Daher werden die Flächen im Bericht in vollbeheizte (> 19°C) und teilbeheizte Bereiche (<19°C) aufgeteilt. Aus den voll- und teilbeheizten Flächen wurde mit Hilfe eines Flächenumrechnungsfaktors (NGF/BGF-Faktor gemäß ENEV) die Energiebezugsfläche bestimmt. Hierbei ergeben sich teilweise Abweichungen zu den von Immobilien

3.2. 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	Außenzwände	0,18	0,25
2 a	Außenzliegende 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 Q_B zu berechnen, die sich durch eine Maßnahme am Baukörper ergibt, wurde das „Bauteilverfahren“ verwendet. Danach errechnet sich die Brennstoffeinsparung (mit hinreichender Näherung) wie folgt:

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

Ausgehend von den Bremer Witterungsdaten (Abb. 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.

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

3.3. 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 aufgeführten Energiepreise für „Ist“ und „langfristig“ angenommen:

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

Abbildung 3: 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, dargestellt in Tabelle 4. 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 4: 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 zugrunde gelegt:

Tabelle 5: 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 6: 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*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 dezentral ein Klassenraum	1500 m³/h	2500 m³/h Kita 4 Gruppen	5000 m³/h	10.000 m³/h	15.000 m³/h	
Einsatzbereiche							
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 7: Übersicht der angenommenen CO₂-Faktoren

Strom	708,2	kg/MWh
Erdgas	182	kg/MWh Hs
Erdgas	202	kg/MWh Hi
Heizöl	266	kg/MWh Hi
Fernwärme	162,5	kg/MWh Hi

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

4.1 Gesamtenergiebedarf und CO₂ - Emission

Insgesamt wird in den Gebäuden zur Beheizung und Warmwasserbereitung jährlich 6.904 MWh/a Wärme und zur elektrischen Versorgung 1.086 MWh/a Strom eingesetzt. Die Darstellung der Einzelverbräuche ist in Abbildung 4 grafisch dargestellt.

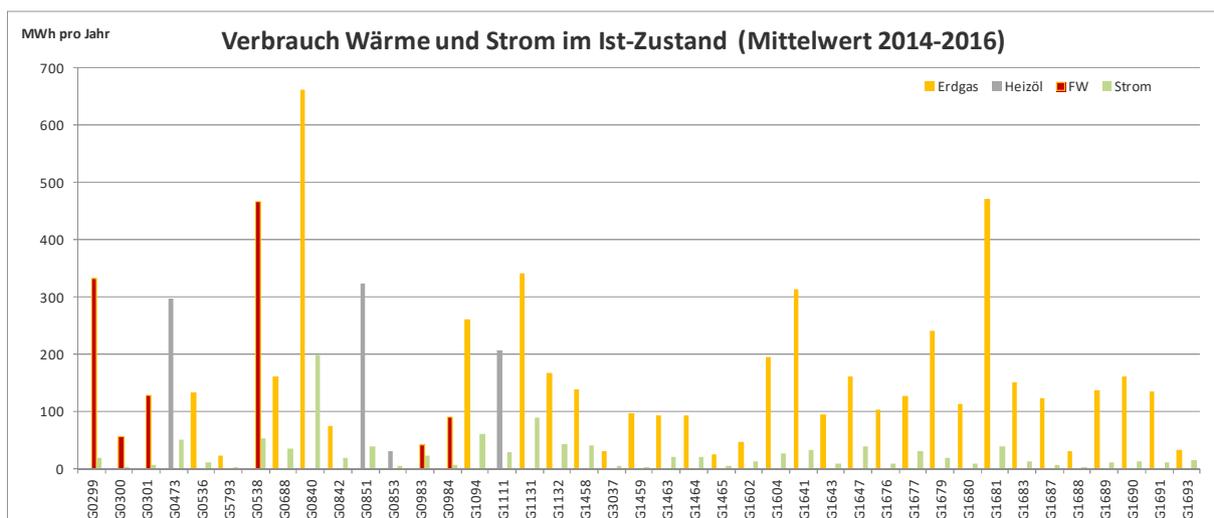


Abbildung 4: Wärme- und Stromverbrauch der Gebäude im Ist-Zustand (Mittelwerte 2014-2016)

Die aus dem Energieverbrauch resultierenden jährlichen CO₂-Emissionen betragen 2.147 t/a. Die Emissionen pro Gebäude sind in Abbildung 5 dargestellt. Als CO₂-Faktoren wurden die im Land Bremen vergebenen Faktoren für Strom und Fernwärme und die bundesweiten Faktoren für Erdgas und Heizöl angesetzt. Tabelle 8 zeigt die absoluten Energieverbräuche im IST-Zustand nach Energieträger aufgeschlüsselt.

Tabelle 8: Energieverbrauch gesamt absolut nach Energieträger in MWh

Energieverbrauch gesamt absolut in MWh	Erdgas	Heizöl	Fernwärme	Strom
	4.934	857	1.113	1.086

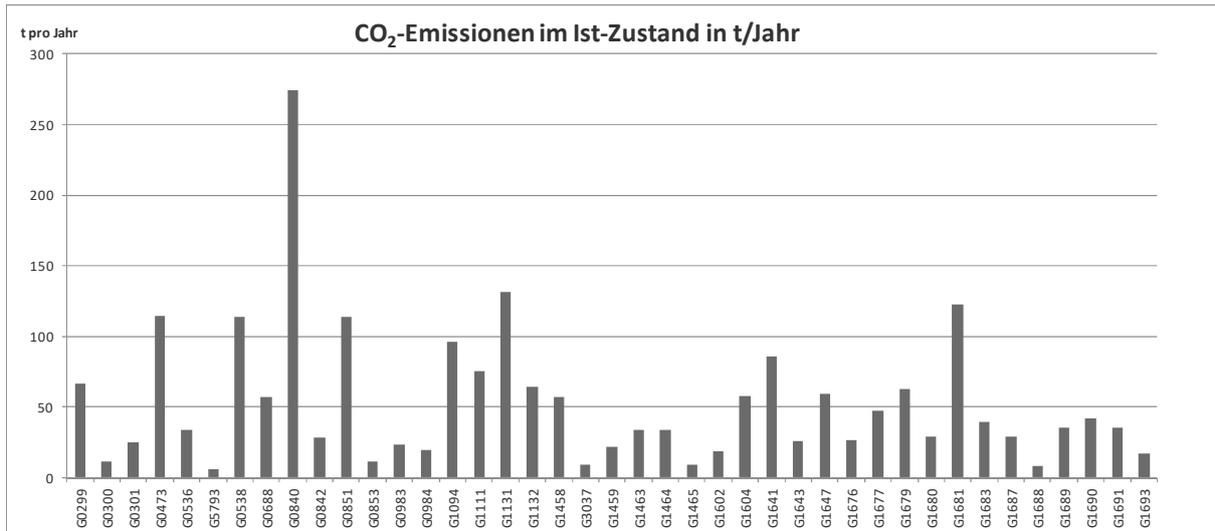


Abbildung 5: CO₂-Emissionen der Gebäude im Ist-Zustand

4.2 Gesamtenergiekosten

Durch die Energienutzung fallen jährliche Energiekosten (Brutto) in der Höhe von ca. 585.000 €/a an, welche in Abbildung 6 pro Gebäude dargestellt sind.

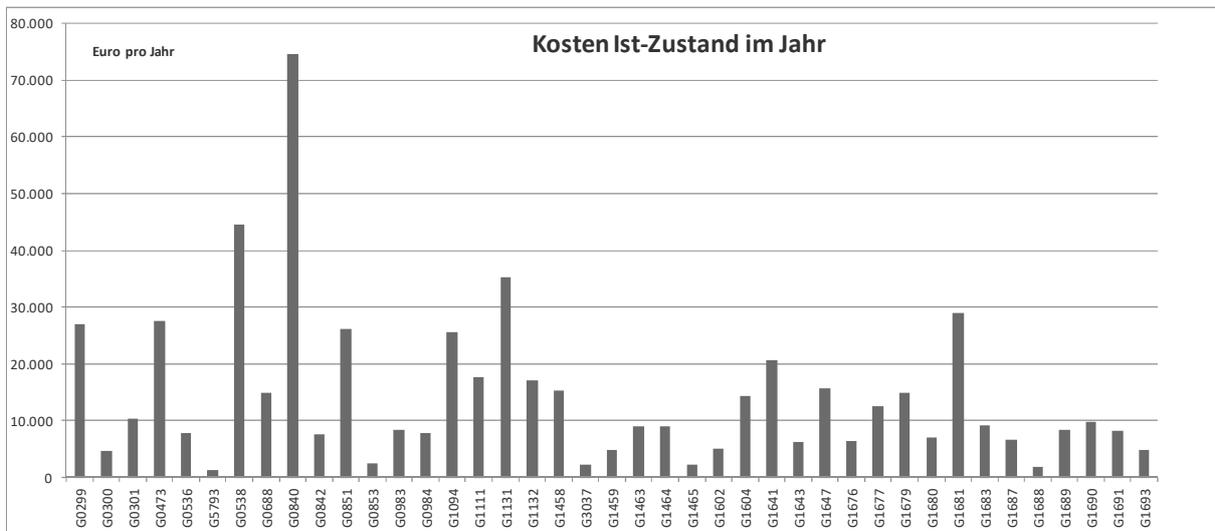


Abbildung 6: Energiekosten im IST-Zustand pro Jahr

4.3 Energieträgeraufteilung

In Abbildung 7 ist der prozentuale Anteil der Energieträger der untersuchten Gebäude dargestellt. Mit 62 % hat Erdgas den höchsten Anteil, gefolgt von Fernwärme (14 %), Strom (13 %) und Heizöl (11 %).

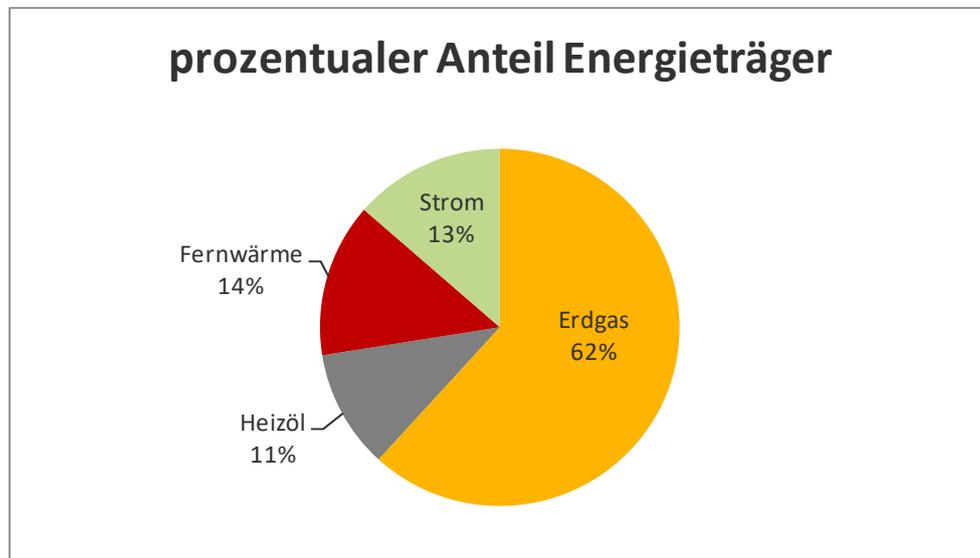


Abbildung 7: Prozentualer Anteil der Energieträger in den Gebäuden

4.4 Energiekennwerte

Der Zustand der Fernwärmeübergabestationen und Heizkessel der Liegenschaften ist sehr unterschiedlich. Bei einigen wurden die Fernwärmeübergabestationen einschließlich Wärmetauscher, Haupt-Vorlaufverteilung, Leitungsdämmung und Heizkreispumpen in den letzten zehn Jahren erneuert und entsprechen dem Stand der Technik. Bei anderen Liegenschaften dagegen ist der Heizkessel schon 30 Jahre alt, es werden noch unregelmäßige Pumpen eingesetzt und Rohrleitungen sind teilweise nicht gedämmt.

Der Vergleich mit den Referenzgebäuden nach EnEV- Neubau mit spezifischen Verbräuchen zwischen 80 und 110 kWh/m² im Jahr zeigt, dass ca. 40 % der Gebäude einen Verbrauch im Bereich oder auch unterhalb der Vergleichswerte aufweisen (siehe Abbildung 8). Bei einem spezifischen Verbrauch > 150 kWh/m² und Jahr wird ein hohes Einsparpotential angesetzt. Dies trifft auf 12 der untersuchten Gebäude zu.

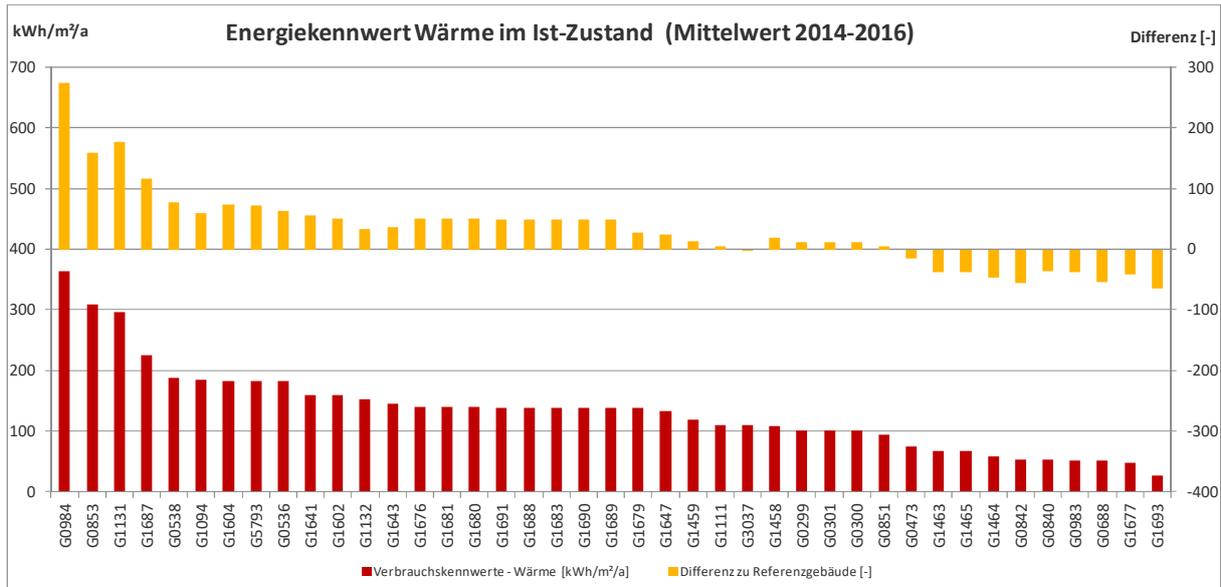


Abbildung 8: Spezifischer Verbrauch (Wärme) im Ist-Zustand

In Abbildung 9 ist der spezifische Stromverbrauch im Ist-Zustand abgebildet.

Die Spannweite der Verbrauchskennwerte reicht von ca. 4 kWh/m²/a bis ca. 77 kWh/m²/a (ca. 1:19).

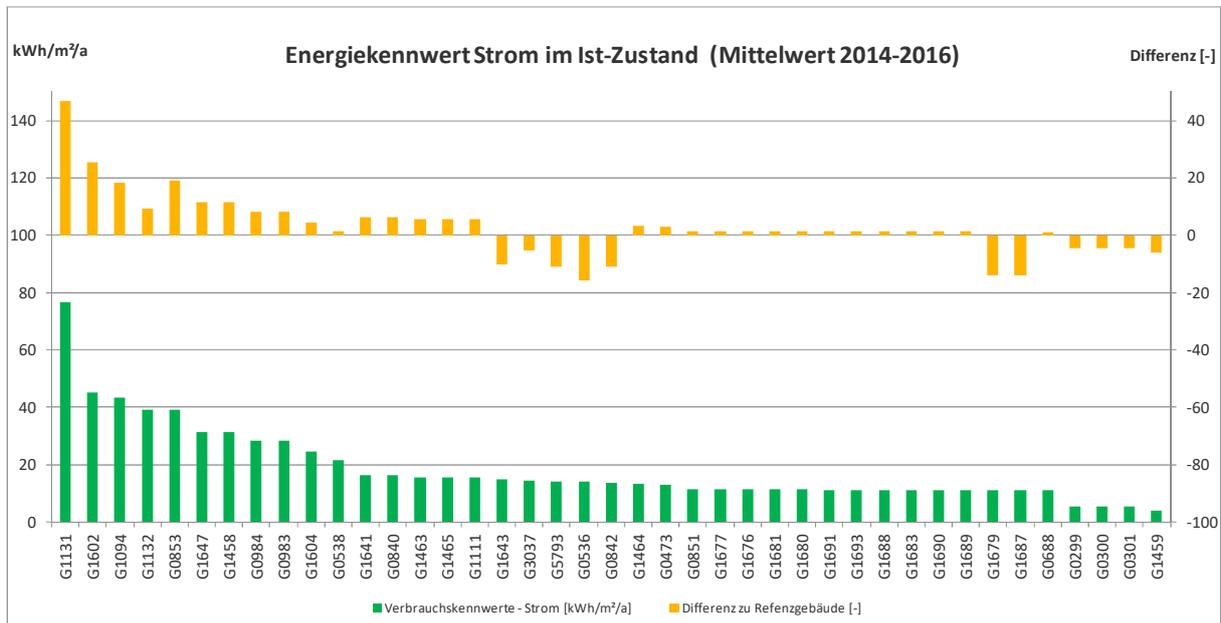


Abbildung 9: Spezifischer Verbrauch (Strom) im Ist-Zustand

Strom wird hauptsächlich eingesetzt zur

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

4.5 Lastganganalyse

Insgesamt liegen für 7 Liegenschaften Stromlastgänge vor, wovon fünf Liegenschaften Schulen sind. Die Lastgänge zeigen allesamt für die Nutzung typische 24-Stunden-Lastgangverläufe am 1. Januar (Winter-Feiertag), am 15. Januar (Winter-Werktag), 15. Juli (Sommer-Werktag) und 19. Juli (Sommer - Sonntag). 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.

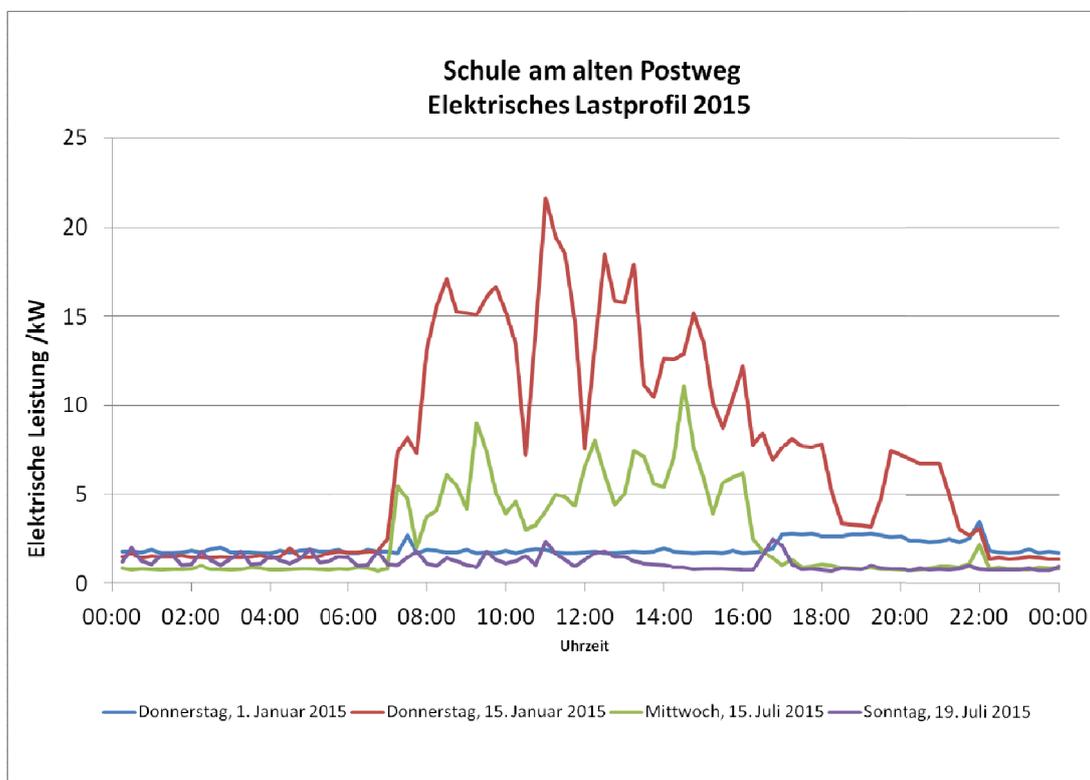


Abbildung 10: Lastgang typische Schule

Die Grundlast beträgt bei dem Beispiel in Abbildung 10 zwischen 2-3 kW. Auch bei anderen Objekten dieser Art werden Beträge dieser Größenordnung und auch mehr erreicht. Diese Grundlast hat häufig einen Anteil von über 50 % des Gesamtverbrauches. Es wird empfohlen die Ursachen dieser konstant hohen Stromverbrauchswerte zu Nichtnutzungszeiten zu klären und zu prüfen, ob diese vermeidbar sind und darauf basierend Einsparmaßnahmen vorzunehmen.

Bei dem Beispiel BSA Hemelingen (Abbildung 11) ist die Abnahmestruktur aufgrund der Nutzung auch am Abend völlig anders als in Schulen. Aber auch hier ist eine Grundlast von ca. 3 kW festzustellen, die niemals unterschritten wird. Der Anteil Grundlaststrom beträgt ca. 25.000 kWh/a von ca. 130.000 kWh/a.

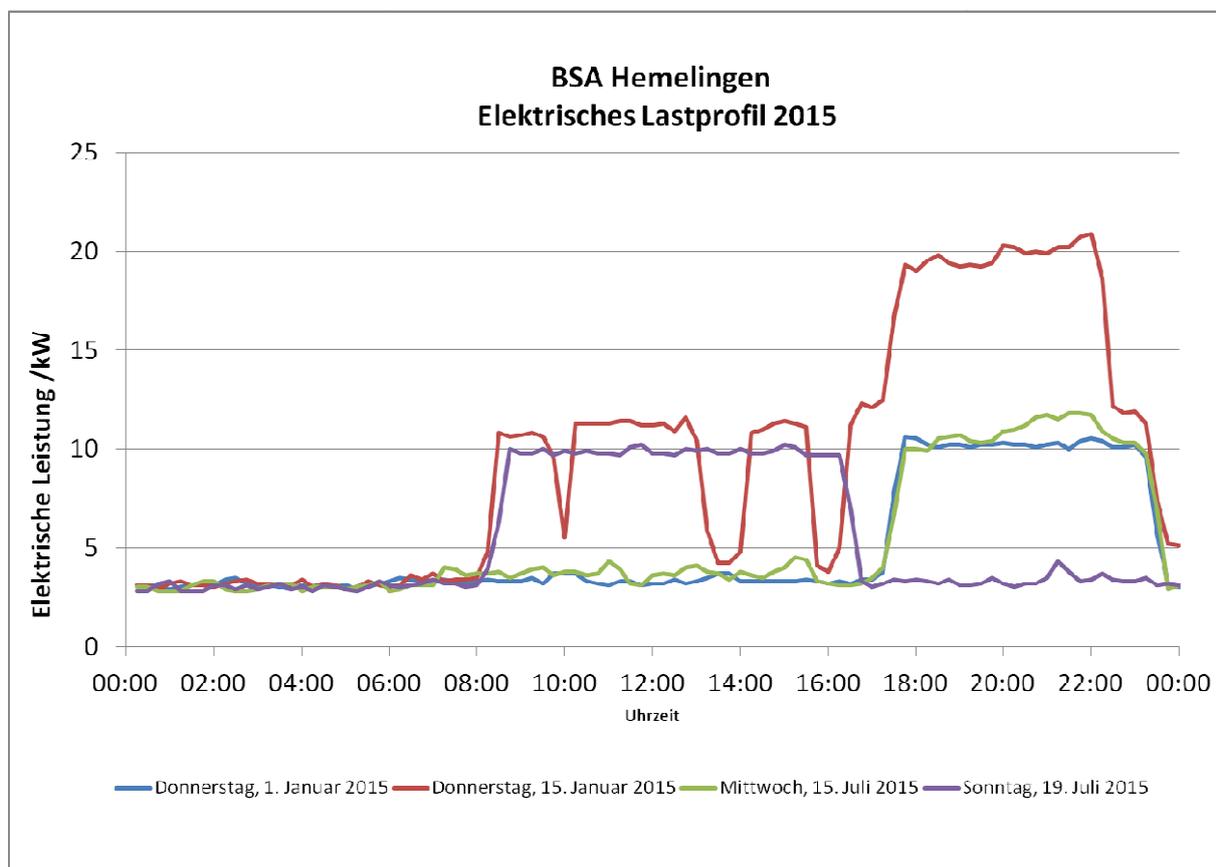


Abbildung 11: Bezirkssportanlage Hemelingen

Es bietet sich an, die hierfür maßgeblichen Verbraucher wie Flurbeleuchtung, Notlichtpiktogramme, Hilfsenergie Heizung, Lüftung, IT näher zu betrachten und evtl. Einsparmaßnahmen wie Einsatz von Präsenzschildern etc. zu realisieren.

Bei diesem Fall fiel weiterhin auf, dass die Leistung am Do., 1. Januar im Unterschied zum Sonntag, 19. Juli ca. 17 Uhr von der Grundlast 4 kW auf ca. 10 kW anstieg.

Hieraus ist zu schließen, dass die Regelungstechnik **keine Feiertagsprogrammierung** erhielt. Es wird empfohlen, diesem Umstand im vorliegenden Falle und generell bei allen Liegenschaften nachzugehen.

In der KiTa Osterhop beträgt die Grundlast ca. 2 kW. Der Jahresverbrauch an Grundlaststrom beläuft sich damit auf ca. 17.500 kWh/a von ca. 38.000 kWh/a Gesamtverbrauch (entspr. fast 50 %). Es wird vermutet, dass die Grundlast aus der Versorgung von Telefonanlage / Alarm / IT und Kühlschränken resultiert. Es wird empfohlen, bei sämtlichen Kühlschränken mittels Zwischenstecker-Stromzähler während ca. einer Woche den Stromverbrauch zu messen und auf ein Jahr hochzurechnen. Bei im Vergleich mit Verbrauchswerten von Bestgeräten auffallenden Werten sollte ein Geräteersatz vorgenommen werden.

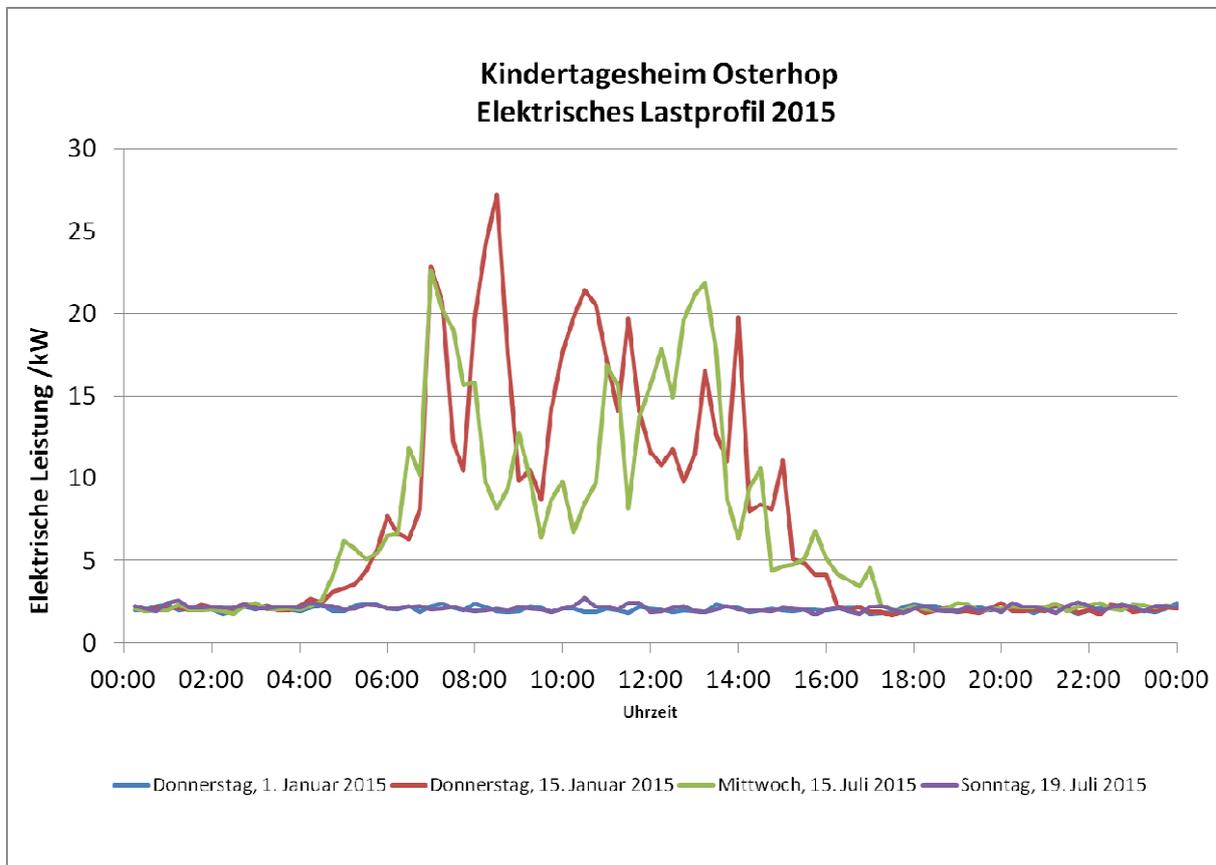


Abbildung 12: Lastgang KiTa

5. Energetischer Ist-Zustand Baukörper und Technik

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

5.1. 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 13 und Abbildung 14 sind die Außenwand und die Dach-/Bodendeckenfläche aufgeteilt nach drei Kategorien dargestellt:

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

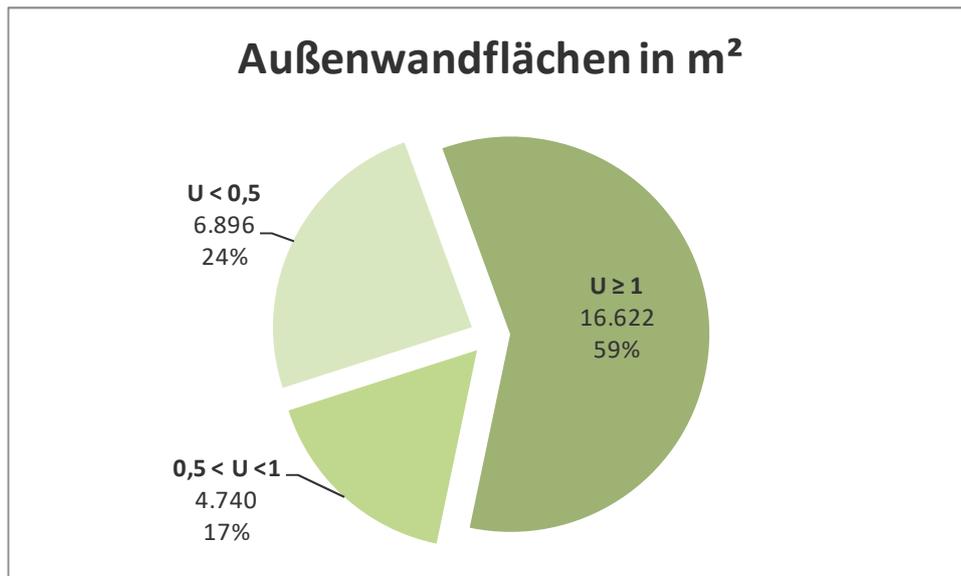


Abbildung 13: Energetische Qualität der Außenwandflächen

Ca. 59 % der Außenwandfläche wird als energetisch schlecht bewertet. Zu beachten hierbei ist, dass es die Gebäude überwiegend Ziegelfassaden aufweisen. Zum Teil stehen die Gebäude unter Denkmalschutz. Wände, bei denen keine Luftschicht zu erkennen war, wurden als Vollziegelmauerwerk angenommen.

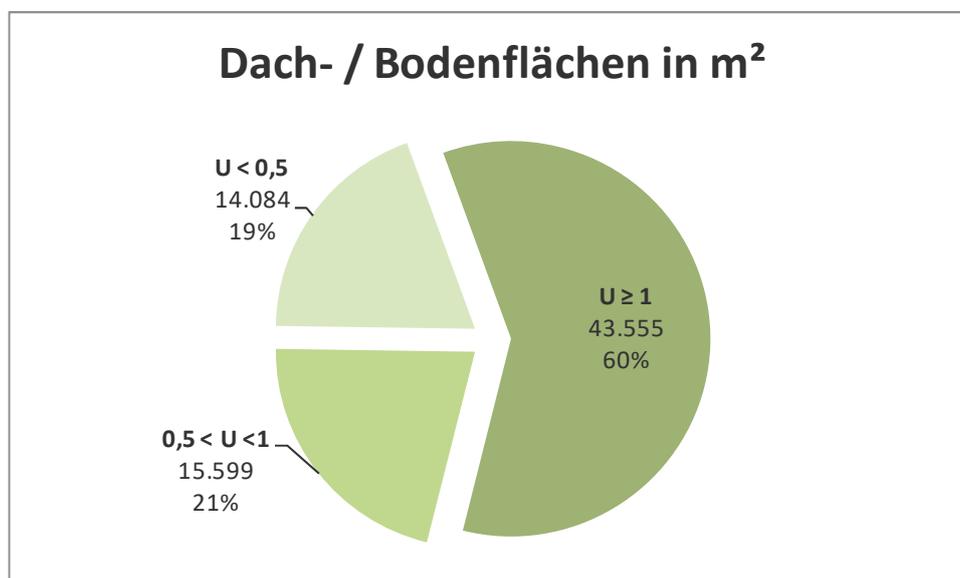


Abbildung 14: Energetische Qualität der Dach- und Bodenflächen

Ca. 60 % 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. 19 % 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 drei Kategorien dargestellt:

- 1-fach Glas: U-Wert > 5,0 W/m²K (inkl. Glasbausteine)
- Standardisoliertes Glas: U-Wert 2,5 – 3,5 W/m²K je nach Glasqualität und Rahmenart
- Wärmeschutzglas: U-Wert < 1,4 W/m²K (inkl. 3-fach Glas)

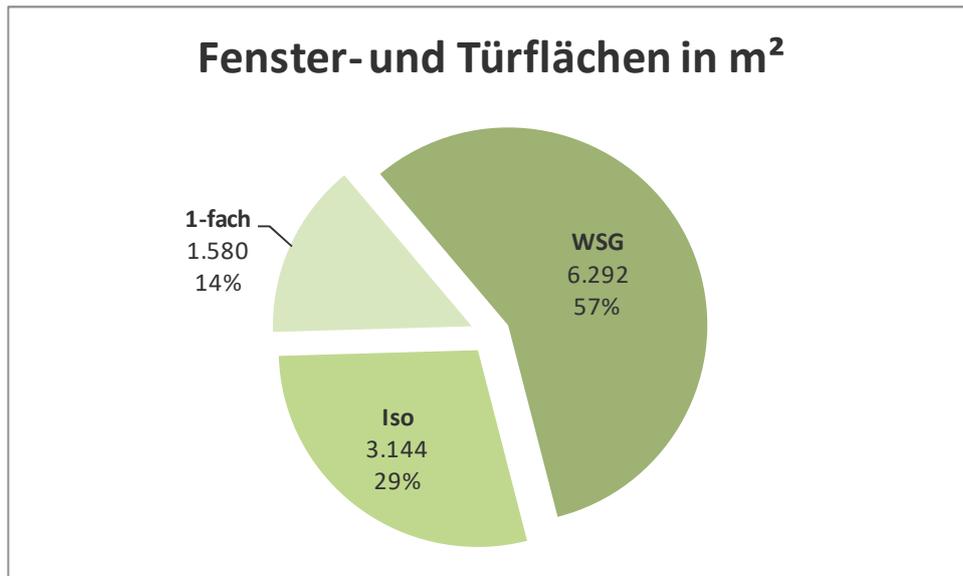


Abbildung 15: Energetische Fensterqualitäten

Ca. 14 % der Fensterfläche wird als energetisch schlecht bewertet. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass es sich hierbei überwiegend um Fenster in teilbeheizten Räumen (Flure, Treppenhäuser) handelt. Ca. 57 % der Fensterfläche wird als energetisch gut bewertet (Wärmeschutzglas).

5.2. Haustechnik

Wärmeerzeugung

Die Wärmeerzeugung erfolgt über Fernwärme (4 Übergabestationen) und Kesselanlagen in Eigenbetrieb und als Wärmeliefercontracting (2 Anlagen). Die Fernwärmeeinspeisungen befinden sich energetisch überwiegend in einem guten Zustand.

Es gibt für den Eigenbetrieb 35 Kesselanlagen mit insgesamt 32 Heizkesseln. Die Altersstruktur der Kessel ist in der Abbildung 14 angegeben

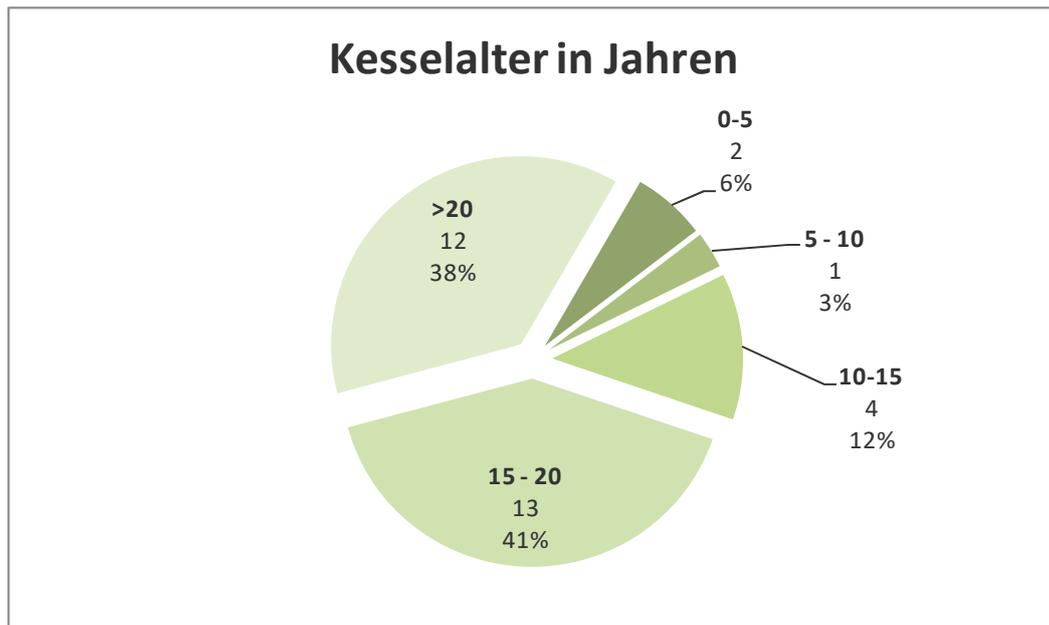


Abbildung 16: Kesselaltersstruktur

Ca. 80 % der Kessel sind älter als 15 Jahre (38 % älter als 20 Jahre). Hier besteht kurz und mittelfristig Handlungs-/Sanierungsbedarf.

Die älteren Kessel sind überwiegend Niedertemperaturkessel. Die neueren sind i.d.R. Brennwertkessel.

Wärmeverteilung

Bei ca. 22 % der Gebäude ist die Wärmedämmung der Wärmeverteilung ungenügend gedämmt.

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

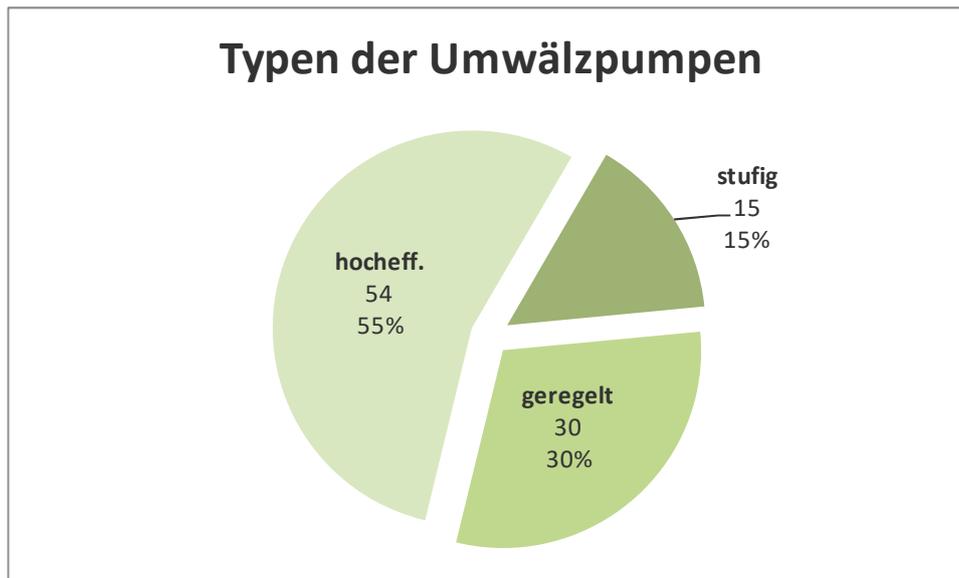


Abbildung 17: Energetische Qualität der Umwälzpumpen

Ca. 55 % der Pumpen sind hocheffizient. Lediglich 15 % der Pumpen sind unregelmäßige Standardpumpen.

Alle Heizkörper sind mit Thermostatventilen verschiedenen Alters und Ausstattung ausgerüstet. Ein konsequenter hydraulischer Abgleich wurde - soweit bei den Stichproben ermittelt - in keinem der Gebäude durchgeführt. Neuere Ventilunterteile sind zwar voreinstellbar aber auf höchsten Durchfluss eingestellt.

Die Regelungstechnik befindet sich überwiegend in einem guten Zustand. Größere Anlagen haben eine Gebäudeleittechnik, die fernbedienbar ist. Hier gibt es Abstimmungsprobleme zwischen dem Hausmeister und dem „Bediener“ bei Immobilien Bremen. In den Ferien wurde der unnötige Betrieb von diversen Anlagen festgestellt. Hier sollten eindeutige Zuständigkeiten vereinbart werden.

5.3. Lüftungstechnik

In 3 Liegenschaften gibt es relevante Lüftungsanlagen (Zu- und Abluft) mit längeren Laufzeiten.

Diese Anlagen entsprechen z.B. aufgrund fehlender Wärmerückgewinnung, Überdimensionierung oder nicht bedarfsgerechter Regelung/Steuerung nicht dem Stand der Technik und sind wenig effizient.

Hinzu kommt eine Vielzahl von Abluftventilatoren (ohne WRG) in den Objekten mit Küchen/Mensen sowie in Objekten z.B. mit innenliegenden WC. Diese Anlagen sind unterschiedlich effizient bzw. z T. nicht bedarfsgerecht gesteuert/geregelt.

5.4. Warmwassertechnik

Warmwasser wird teilweise zentral über die Heizungsanlage mit Speicher- oder Speicheladesystemen erwärmt. Diese entsprechen zum Teil nicht dem Stand der technik und/oder sind überdimensioniert bzw. nicht bedarfsgerecht. Häufig sind stattdessen oder ergänzend dezentral elektrische Kleinspeicher oder Durchlauferhitzer installiert.

Die Speicher haben keine Effizienzklasse. In 3 Gebäuden erscheint eine Sanierung erforderlich.

Die Zirkulationspumpen sind in der Regel nicht hocheffizient.

5.5. Nutzung regenerativer Energien und Kraft-Wärme-Kopplung

Thermische Solaranlagen zur Warmwassererzeugung wurden nicht vorgefunden.

Auf dem Dach der Schule Drebbberstraße gibt es eine Photovoltaikanlage, die allerdings extern von Privaten betrieben wird. Der Solarstrom wird nicht in der Schule genutzt.

In keinem der begangenen Gebäude gibt es ein BHKW.

6. Maßnahmen

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

- Die Maßnahmen werden zur Kategorisierung mit Kürzeln belegt (Außenwand: AW, Fenster: FE, Decke/Dach: DA, Fußboden- oder Kellerdecke: FB, Instandsetzung: ISM, Heizungsanlage: HK, Wärmeverteilung: WV, Trinkwarmwasserbereitung: WWB, Lüftungsanlage: LÜ, Beleuchtung: BE, Photovoltaikanlage: PV, Kraftwärmekopplung (BHKW): KWK, Mess- und Regelungstechnik: MSR)
- Je nach wirtschaftlichem Ergebnis der Maßnahme und baulichem Zustand wird kurz-, mittel- oder langfristig zur Umsetzung empfohlen (Zeithorizont der Umsetzung (als Empfehlung) K = kurzfristig (< 2 Jahre) / M = mittelfristig (2 bis 5 Jahre) / L = langfristig (> 5 Jahre))
- Bei gekoppelten Maßnahmen, wie z. B.: Wärmedämmung und Kesselerneuerung können im Gesamtpaket die Einsparungen nicht additiv behandelt werden, dies ergäbe überhöhte Berechnungen von Einsparungen.
- Ergab die Berechnung überhöhte Einsparungen, wurde ein Reduktionsfaktor eingefügt.
- Der Erdgasmehrverbrauch eines BHKWs wirkt sich verbrauchssteigernd bzw. der selbstgenutzte Strom bei BHKW oder PV wirkt sich verbrauchsreduzierend aus.
- 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 Hauptgebäude der Liegenschaft zugeordnet (Dort befindet sich meist die Heizzentrale, der Hauptzähler oder der Einspeisepunkt.). Das kann bei den betreffenden Gebäuden dazu führen, dass die berechnete Einsparung 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 untergeordneten Gebäuden der Liegenschaft).
- Bei Gebäuden mit geringer Geschoszahl und gleichzeitig großer Grund- bzw. Dachfläche, kann mit einer Photovoltaikanlage in der Regel weit mehr Strom produziert werden als im Gebäude (und auch der gesamten Liegenschaft) genutzt werden kann. Als Energie-Einsparung in der Maßnahmenbewertung wird aber nur der selbst genutzte Strom im Gebäude ausgewiesen (mit entsprechender Reduzierung des

Strom-Verbrauchskennwertes). Für die CO₂-Reduktion wird jedoch der gesamte erzeugte Solarstrom angerechnet.

- 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.

6.1 Maßnahmen gesamt

Insgesamt wurden 198 Maßnahmen ermittelt, welche wie in Abbildung 18 dargestellt den einzelnen Bereichen zugeordnet werden können.

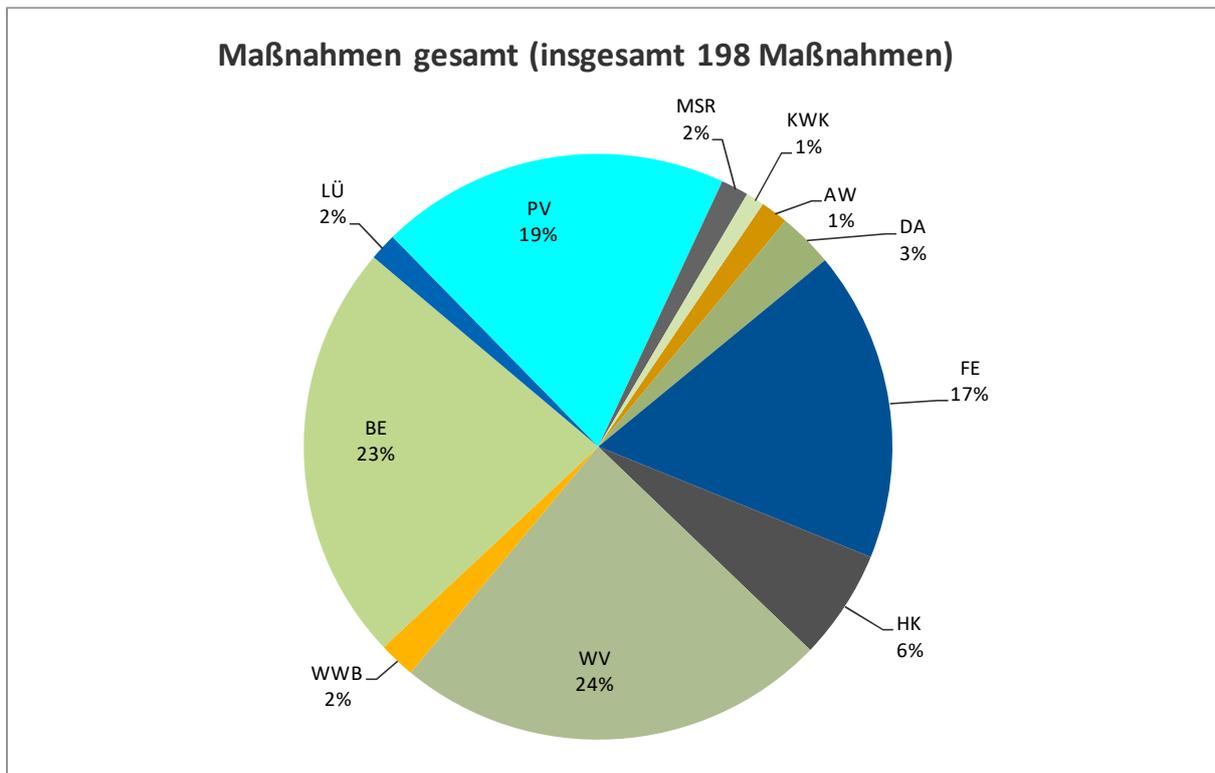


Abbildung 18: Aufteilung der Maßnahmen nach Techniken

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gebäudehülle: <ul style="list-style-type: none"> ○ Außenwand: 3 ○ Dach: 6 ○ Fenster: 34 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Technik: <ul style="list-style-type: none"> ○ Beleuchtung: 46 ○ Wärmeverteilung: 47 ○ Photovoltaik: 38 ○ Warmwasserbereitung: 4 ○ Lüftungsanlage: 3 ○ Heizungsanlage: 12 ○ Mess- und Regelungstechnik: 3 ○ Kraft-Wärme-Kopplung: 2
---	---

Die erforderlichen Investitionen in Höhe von gerundet 9,1 Mio € für die Umsetzung der Maßnahmen teilen sich wie folgt auf die Maßnahmengruppen auf:

Maßnahmen Investitionen Kosten in €	Kosten K in €	Kosten M in €	Kosten L in €	gesamt Kosten in €	Kosten gesamt in €
AW	6.765	14.729	25.740	47.234	4.380.167
DA	-	886.600	814.000	1.700.600	
FB	-	-	-	-	
FE	-	985.934	1.646.399	2.632.333	
HK	190.490	107.525	59.500	357.515	4.719.109
WV	144.134	69.575	-	213.709	
WWB	11.150	6.900	-	18.050	
BE	279.351	297.896	-	577.247	
LÜ	86.250	92.000	-	178.250	
PV	-	-	3.156.181	3.156.181	
KWK	-	157.907	-	157.907	
MSR	43.000	17.250	-	60.250	
Summe Hülle	6.765	1.887.263	2.486.139	4.380.167	
Summe Technik	754.375	749.053	3.215.681	4.719.109	
Summe gesamt	761.140	2.636.316	5.701.819	9.099.276	

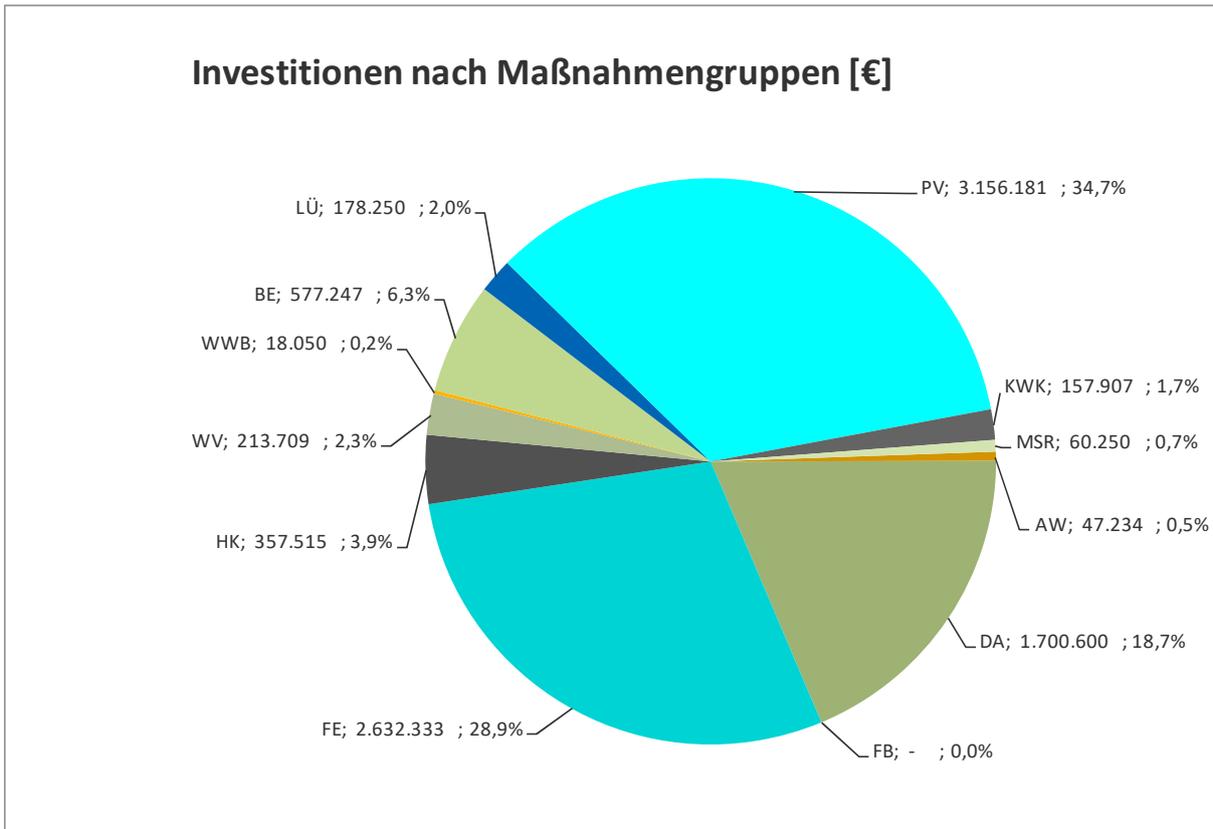


Abbildung 19 Investitionen nach Maßnahmengruppen

Insgesamt kann der Energieverbrauch um 3.440 MWh/a durch Umsetzung der Maßnahmen reduziert werden. Im Bereich der Gebäudehülle ist das Einsparpotenzial etwas kleiner als im Bereich Technik, wie die nachfolgende Grafik zeigt, wobei die Sanierung der Fenster den größten Anteil am Einsparpotenzial aufweist.

Im Bereich Technik liegt das Haupteinsparpotential mit 15 % bei der Sanierung der Wärmeverteilung; es folgt PV (Eigenverbrauch) mit 13 %.

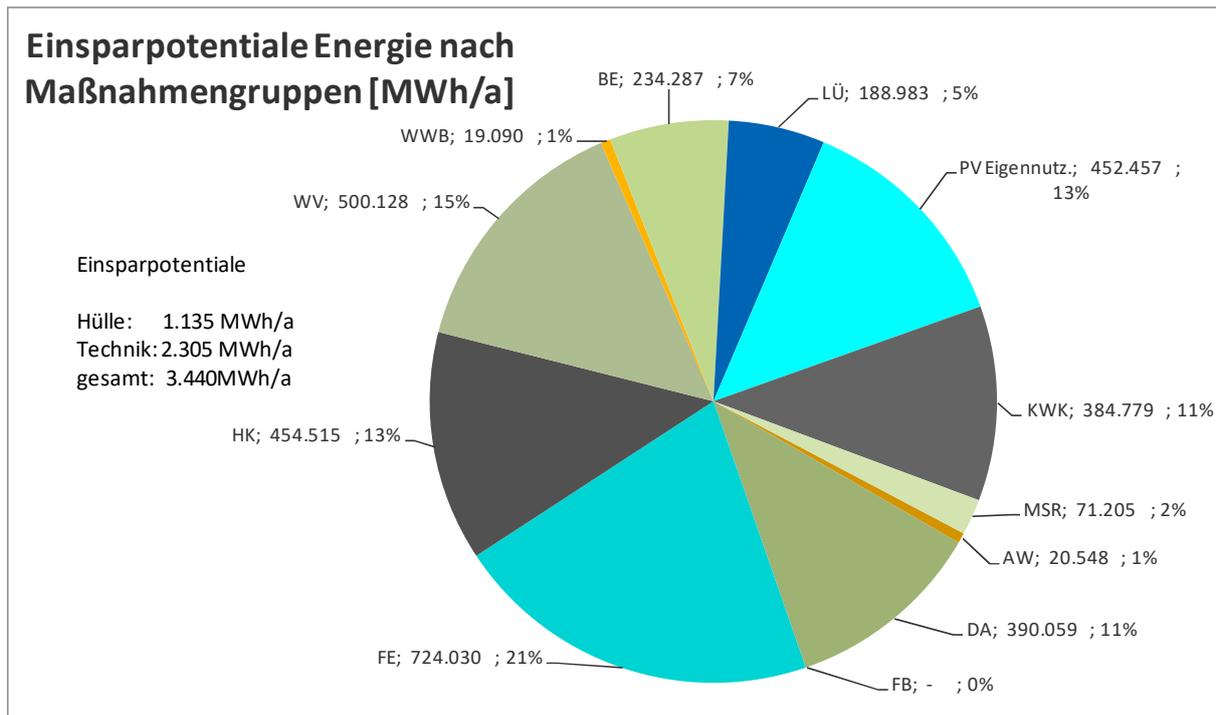


Abbildung 20: Energie-Einsparpotentiale in MWh/a nach Maßnahmengruppe

Das Einsparpotential teilt sich bzgl. einer Zeitplanung in folgende Maßnahmenempfehlung auf:

- 935 MWh/a kurzfristig
- 1.340 MWh/a mittelfristig
- 1165 MWh/a langfristig

Diese können, wie in den folgenden drei Abbildungen dargestellt, den Maßnahmenkategorien zugeordnet werden. Maßnahmen an der Heizungsanlage und der Beleuchtung werden vor allem als kurzfristige Maßnahme vorgeschlagen, wohingegen Maßnahmen an der Außenwand und Fenstern i.d.R. mittel- und langfristige Maßnahmen sind.

6.2 Umsetzungsklassifizierung der Maßnahmen

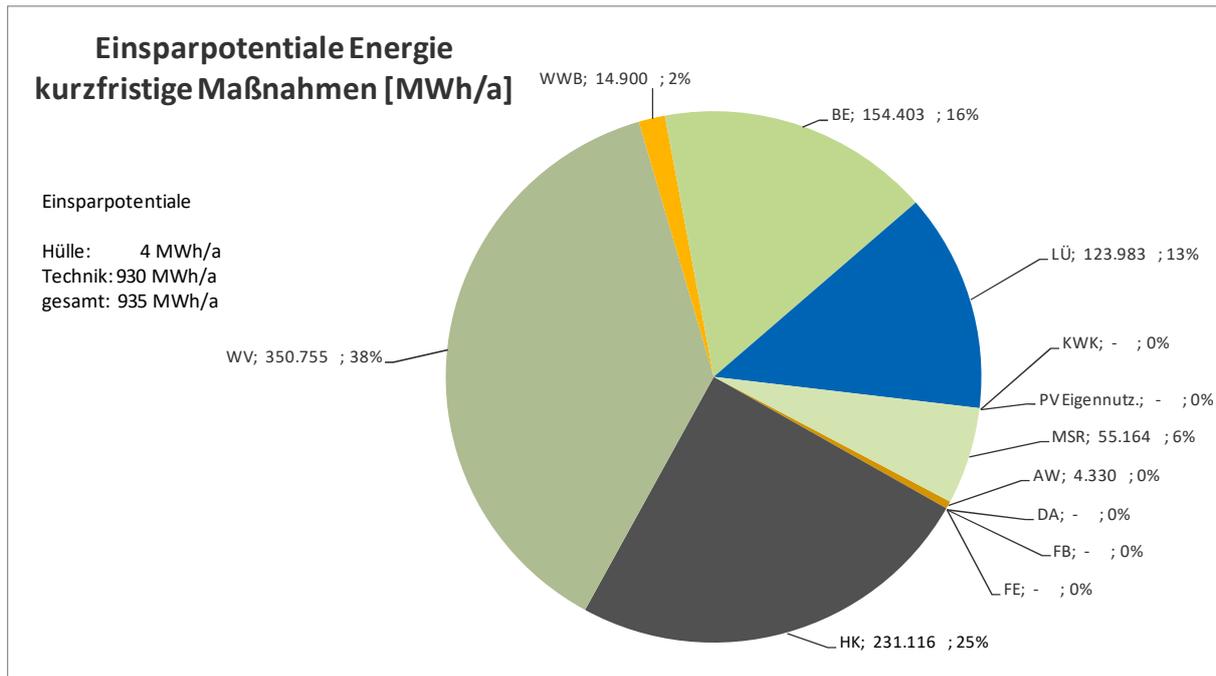


Abbildung 21 Energie-Einsparpotenziale bei kurzfristigen Maßnahmen

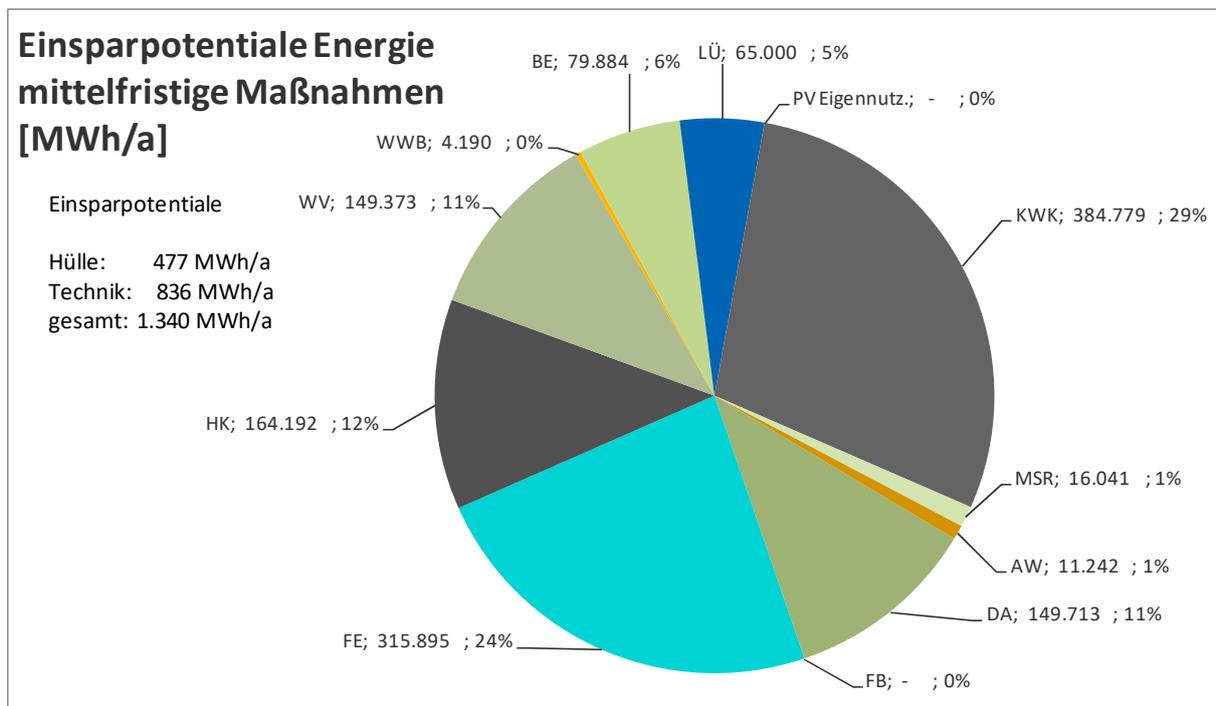


Abbildung 22: Energie-Einsparpotential in MWh/a bei mittelfristigen Maßnahmen

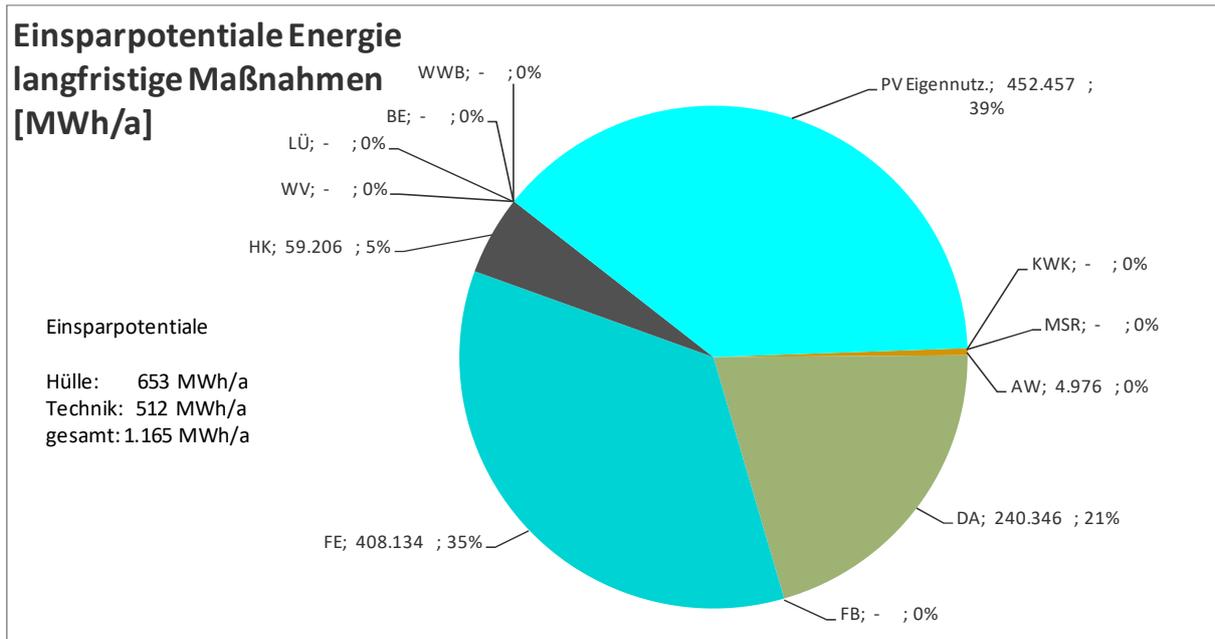


Abbildung 23: Energie-Einsparpotential in MWh/a bei langfristigen Maßnahmen

6.3 CO₂-Einsparung bei Umsetzung der entwickelten Maßnahmen

Das Einsparpotential der einzelnen Maßnahmengruppen zeigt Abbildung 24. Am CO₂-Einsparpotential hat die Stromerzeugung über Photovoltaikanlagen (Eigenverbrauch plus Netzeinspeisung) einen Anteil von gut 54 %. Insgesamt kann die CO₂-Emission um 1.795 t/a (82,5 %) reduziert werden, hiervon entfallen 229 t/a auf den Bereich der Gebäudehülle und 1.566 t/a auf den Bereich der Anlagentechnik, wovon 976 t/a den Photovoltaikanlagen zuzuordnen sind.

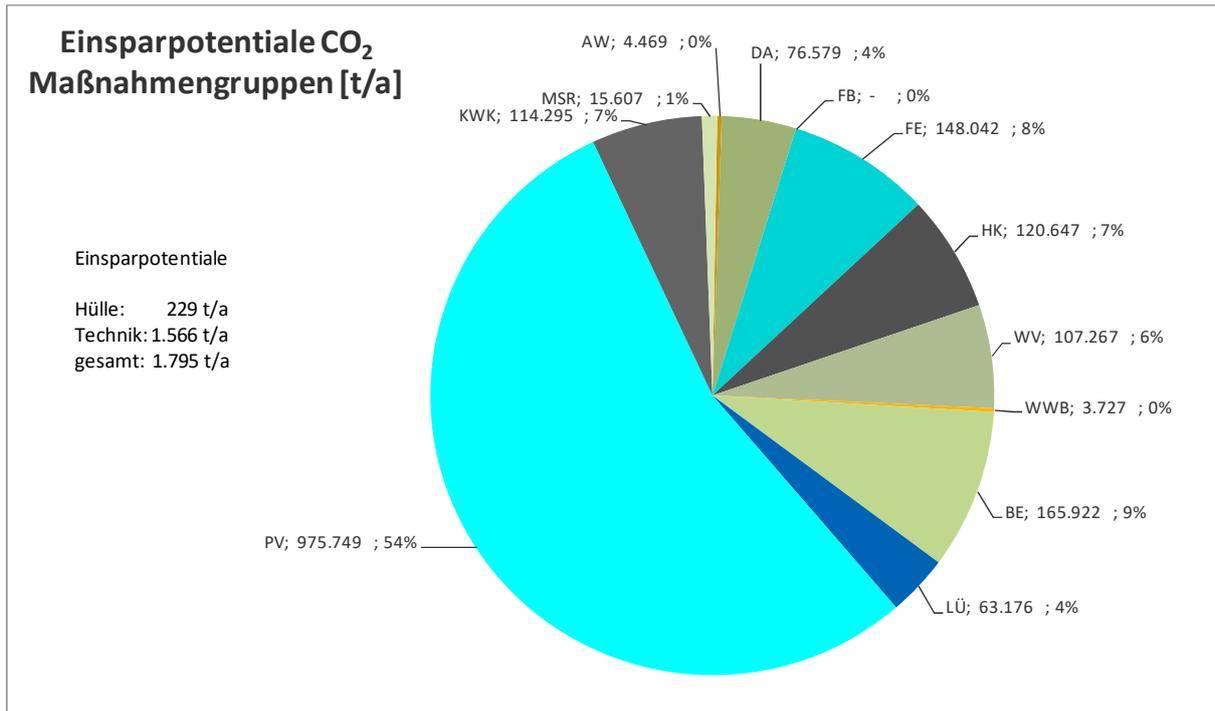


Abbildung 24: CO₂-Einsparpotential in t/a nach Maßnahmengruppen

6.4 Kosteneinsparung bei Umsetzung der entwickelten Maßnahmen

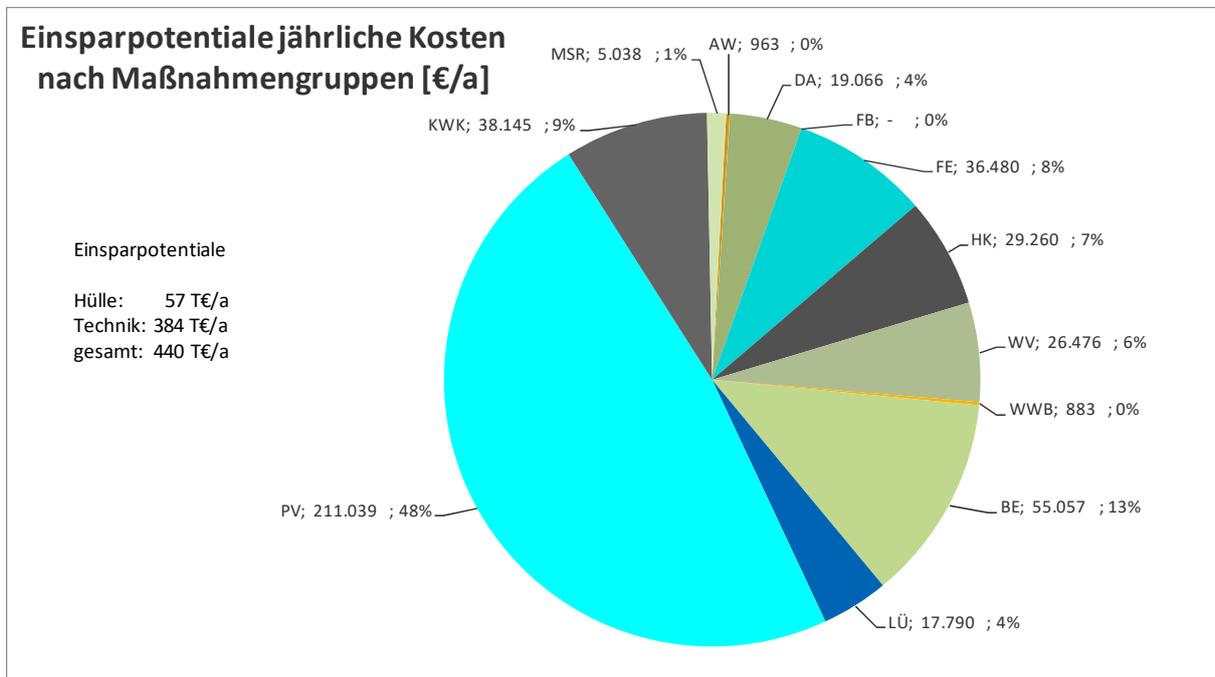


Abbildung 25: Kosteneinsparpotential nach Maßnahmengruppen

Abbildung 25 zeigt das jährliche Einsparpotential der einzelnen Maßnahmengruppen. Insgesamt liegt das jährliche Kosteneinsparpotential bei 440 T€, wobei 87% dieser Einsparung durch Maßnahmen im Bereich Technik erzielt werden.

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

Durch die Umsetzung aller Maßnahmen (Sollzustand) kann der End-Energieverbrauch der Gebäude drastisch reduziert werden. Der Gesamtverbrauch in Höhe von 7.989 MWh/a kann um 43 % auf 4.549 MWh/a verringert werden. Nachfolgend ist der Verbrauch der Einzelgebäude im Sollzustand dargestellt.

Das Einsparpotential der einzelnen Gebäude liegt zwischen 14 % und 121 %.

Extrem hohe Werte für das Einsparpotenzial bzw. bei Werten über 100 % sind PV-Anlagen zuzuordnen.

Bei etwa 25 % der Gebäude liegt das Einsparpotential über 50 %.

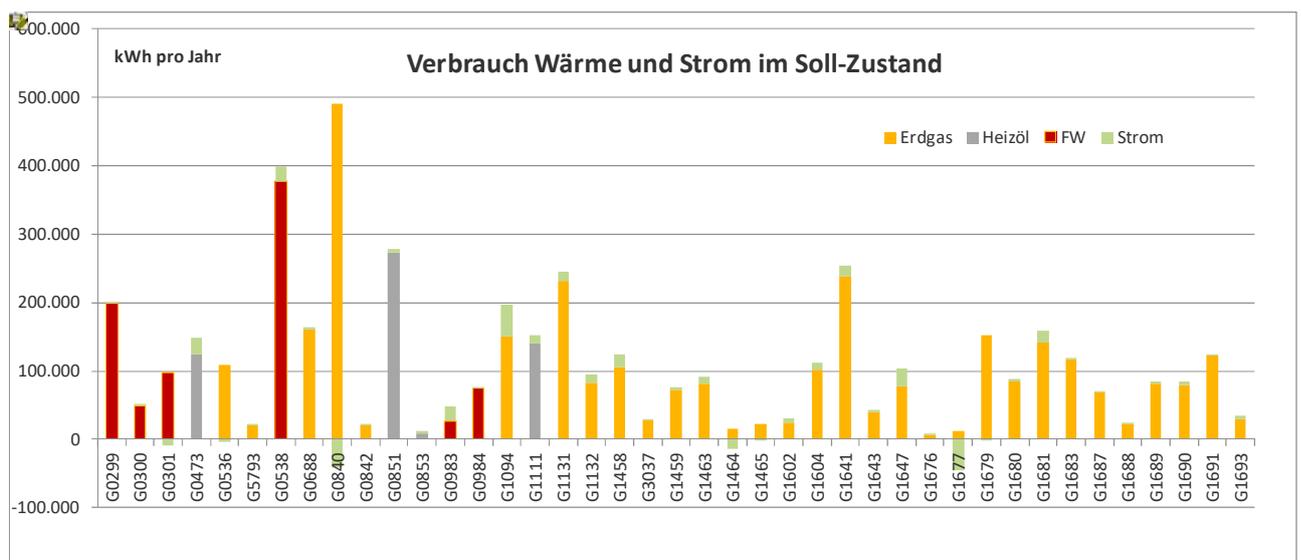


Abbildung 26: Energieverbrauch (Wärme und Strom) der Liegenschaften im Soll-Zustand

Um die möglichen Einsparungen pro Gebäude zu verdeutlichen, ist in Abbildung 27 ein Vergleich des aktuellen Energieverbrauches und dem Energieverbrauch bei Berücksichtigung des maximalen Einsparpotentials dargestellt.

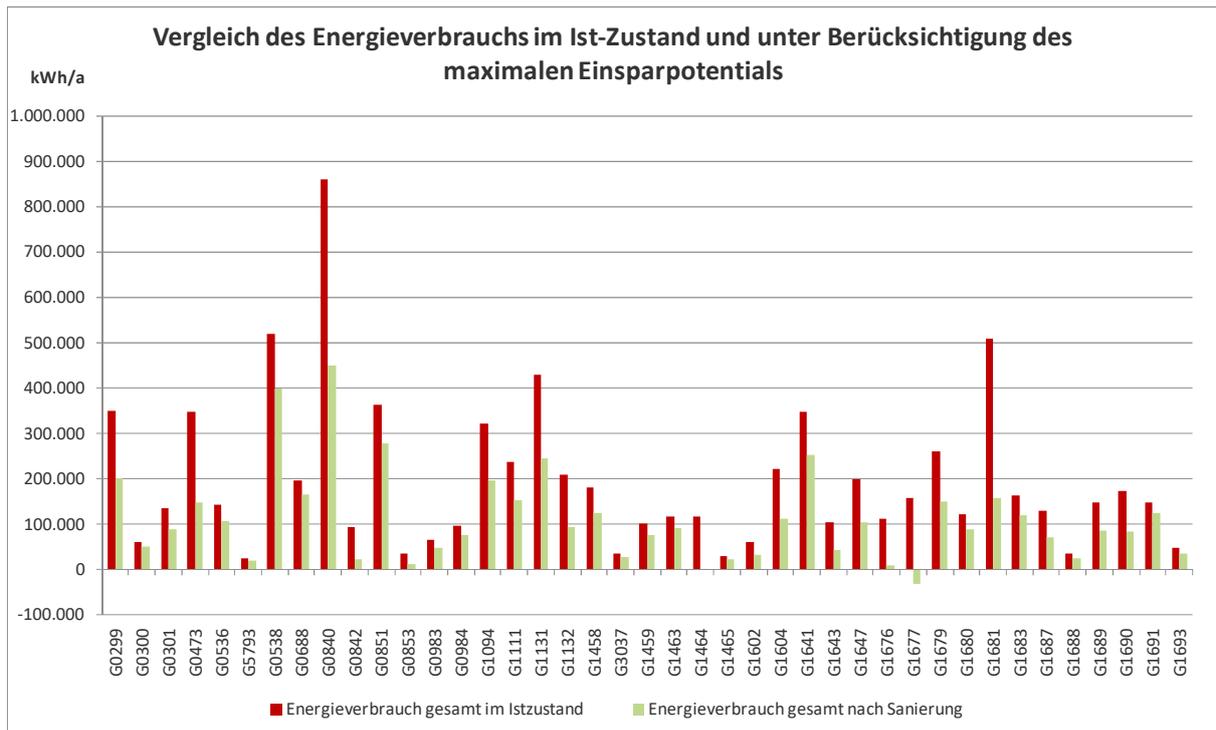


Abbildung 27: Vergleich des Energieverbrauchs im Ist-Zustand und bei Ansatz des maximalen Einsparpotentials

In der folgenden Abbildung 28 wird analog das CO₂-Einsparpotential und in Abbildung 29 das Energiekosten-Einsparpotential grafisch für die Objekte dargestellt.

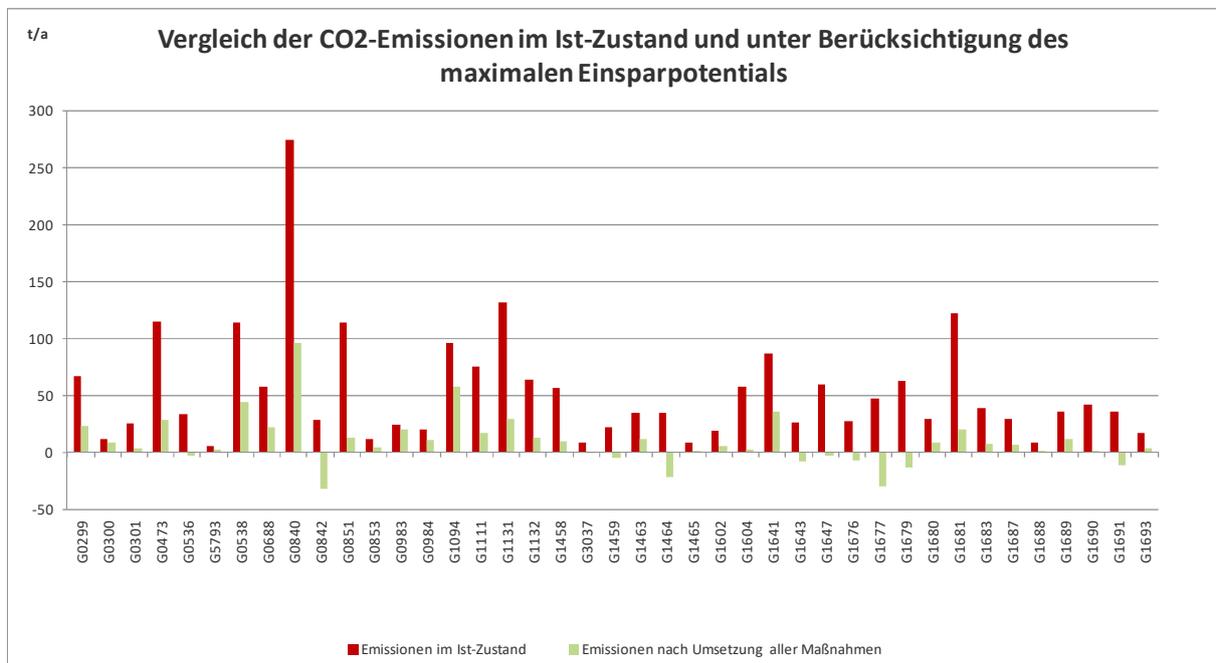


Abbildung 28: Vergleich der CO₂-Emissionen im Ist-Zustand und bei Ansatz des maximalen Einsparpotentials

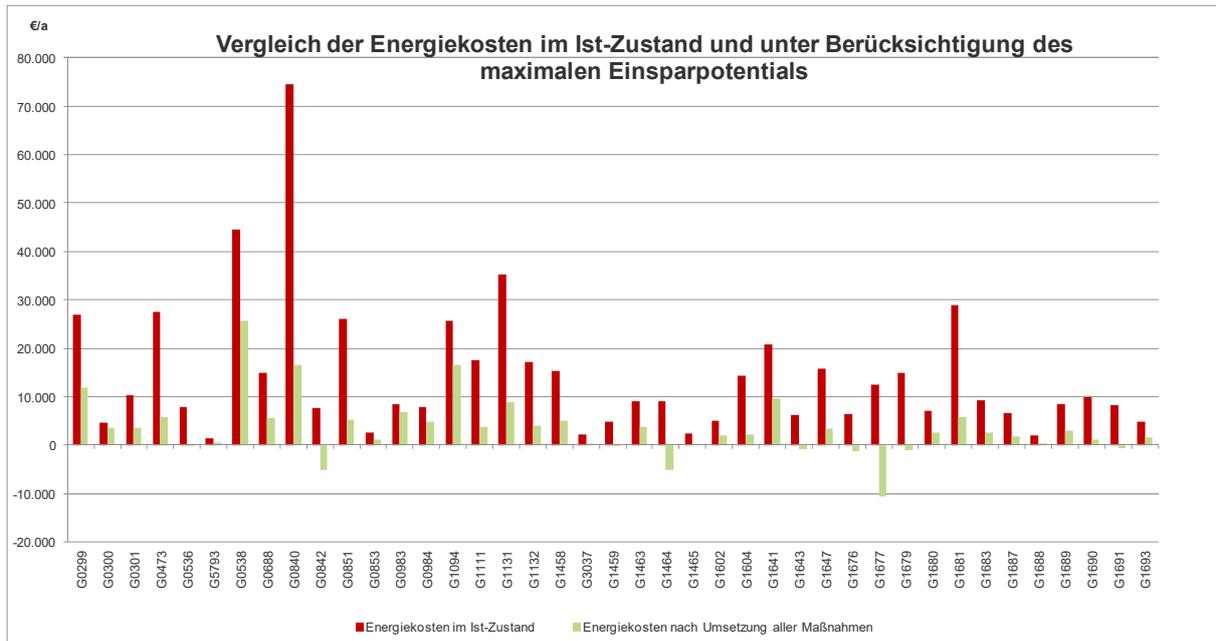


Abbildung 29: Vergleich der Energiekosten im Ist-Zustand (rot) und unter Berücksichtigung des maximalen Einsparpotentials

Erstellt am 30.11.2018



Ulrich Römer

ibek GmbH

Anlage 1: Übersicht der Energieeinsparpotenziale je Gebäude



A. Anhang

SVIT-Gebäude Bremen Hemelingen		Fläche	Verbrauch IST							Verbrauchskenwerte				Einsparung absolut						Einsparung %	
Immobilien Bremen AÖR	G-Code		NGF	Erdgas	Heizöl	FW	Strom	Endenergie	CO ₂	Kosten	Brennstoff		Strom		Erdgas	Heizöl	FW	Strom	CO ₂	Kosten	CO ₂
		m ²	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	t/a	€/a	IST	saniert	IST	saniert	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	t/a	€/a	%	%
Schule am alten Postweg	G0299	3253	0	0	331.017	17.986	349.003	67	26.945	102	61	6	0	0	0	131.607	16.642	44	15.079	66%	42%
Schule am alten Postweg	G0300	553	0	0	56.236	3.056	59.292	11	4.578	102	90	6	2	0	0	6.524	1.840	2	905	21%	14%
Schule am alten Postweg	G0301	1247	0	0	126.853	6.893	133.745	25	10.326	102	78	6	-7	0	0	29.685	15.111	23	6.820	89%	33%
Schule an der Hohwisch	G0473	3944	0	296.032	0	51.077	347.109	115	27.481	75	32	13	6	0	170.945	0	28.529	86	21.623	75%	57%
Schulkomplex Beim Sattelhof	G0536	721	131.828	0	0	10.242	142.070	34	7.872	183	151	14	-5	22.875	0	0	13.569	37	8.228	110%	26%
Schulkomplex Beim Sattelhof	G5793	120	21.955	0	0	1.706	23.660	6	1.311	183	166	14	1	2.000	0	0	1.633	4	828	64%	15%
Feuerwache II	G0538	2485	0	0	466.468	53.394	519.862	114	44.621	188	152	21	9	0	89.139	31.835	70	18.918	61%	23%	
Grundschule Brinkmannstr.	G0688	3165	160.014	0	0	35.071	195.085	57	14.934	51	51	11	1	0	0	30.996	36	9.376	62%	16%	
Wilhelm-Olbers-Schule	G0840	12248	660.549	0	0	198.965	859.514	274	74.510	54	40	16	-3	170.623	0	0	240.077	178	57.945	65%	48%
Wilhelm-Olbers-Schule	G0842	1371	74.070	0	0	19.064	93.134	28	7.592	54	15	14	1	53.178	0	0	17.783	60	12.722	212%	76%
Schule an der Dudweilerstr.	G0851	3432	0	322.192	0	39.729	361.921	114	26.187	94	79	12	2	0	49.671	0	34.330	101	21.035	89%	23%
Schule an der Dudweilerstr.	G0853	102	0	31.490	0	4.000	35.490	11	2.582	309	90	39	29	0	22.284	0	1.000	7	1.461	59%	66%
Bürgerhaus Hemelingen	G0983	830	0	0	42.737	23.544	66.281	24	8.447	51	32	28	26	0	0	15.831	1.994	4	1.615	17%	27%
Bürgerhaus Hemelingen	G0984	246	0	0	89.532	6.983	96.516	19	7.819	364	302	28	0	0	15.189	6.950	9	2.960	48%	23%	
Haus "Hastedt"	G1094	1417	260.357	0	0	61.177	321.535	96	25.647	184	106	43	33	110.268	0	0	14.033	39	9.083	40%	39%
Schule Arbergen	G1111	1880	0	207.150	0	29.074	236.225	76	17.653	110	74	15	7	0	67.324	0	16.827	59	13.850	78%	36%
Bezirkssportanlage Hemelingen	G1131	1150	341.243	0	0	88.337	429.581	131	35.185	297	201	77	12	110.311	0	0	74.608	102	26.248	78%	43%
Bezirkssportanlage Hemelingen	G1132	1094	166.764	0	0	43.066	209.830	64	17.153	152	76	39	10	83.501	0	0	32.244	52	13.146	81%	55%
Bürgerhaus Mahndorf	G1458	1285	139.559	0	0	40.374	179.933	57	15.369	109	82	31	15	34.741	0	0	21.059	47	10.389	83%	31%
Bürgerhaus Mahndorf	G3037	274	30.000	0	0	4.000	34.000	9	2.269	110	99	15	3	3.000	0	0	3.293	9	1.996	103%	19%
FFW Mahndorf	G1459	820	97.394	0	0	3.380	100.774	22	4.882	119	88	4	4	25.000	0	0	272	28	5.156	125%	25%
Grundschule Mahndorf	G1463	1388	93.756	0	0	21.578	115.334	34	9.021	68	58	16	7	12.583	0	0	11.966	22	5.253	65%	21%
Grundschule Mahndorf	G1464	1608	93.756	0	0	21.578	115.334	34	9.021	58	10	13	-9	78.192	0	0	35.936	56	14.199	165%	99%
Grundschule Mahndorf	G1465	364	24.564	0	0	5.653	30.217	9	2.364	68	61	16	-1	2.456	0	0	5.863	9	2.201	99%	28%
Kindertagesheim Arbergen	G1602	293	46.764	0	0	13.255	60.019	19	5.083	160	82	45	25	22.724	0	0	6.002	13	3.127	71%	48%
Kindertagesheim Ortswisch	G1604	1064	195.311	0	0	26.105	221.416	58	14.334	184	96	25	8	92.734	0	0	17.149	56	12.154	96%	50%
Schule am Osterhop	G1641	1956	313.630	0	0	32.235	345.865	86	20.728	160	122	16	8	74.726	0	0	17.537	51	11.022	59%	27%
Schule am Osterhop	G1643	652	95.099	0	0	9.784	104.883	26	6.290	146	60	15	6	56.175	0	0	5.971	34	7.126	130%	59%
Kindertagesheim Osterhop	G1647	1205	160.587	0	0	37.948	198.535	59	15.678	133	65	31	21	82.387	0	0	12.268	62	12.249	105%	48%
Oberschule Sebaldsbrück	G1676	740	103.816	0	0	8.439	112.255	27	6.368	140	9	11	3	97.036	0	0	5.960	35	7.550	128%	92%
Oberschule Sebaldsbrück	G1677	2671	126.842	0	0	30.477	157.320	47	12.480	47	4	11	-17	114.880	0	0	75.706	77	23.067	164%	121%
Oberschule Sebaldsbrück	G1679	1748	241.171	0	0	19.509	260.680	63	14.847	138	87	11	-1	88.982	0	0	20.795	76	15.958	121%	42%
Oberschule Sebaldsbrück	G1680	809	113.560	0	0	9.232	122.792	29	6.966	140	104	11	6	29.770	0	0	4.774	21	4.363	70%	28%
Oberschule Sebaldsbrück	G1681	3356	470.982	0	0	38.287	509.269	122	28.890	140	42	11	5	329.347	0	0	21.502	103	22.977	84%	69%
Schule an der Parsevalstraße	G1683	1087	150.789	0	0	12.258	163.047	39	9.249	139	108	11	3	33.927	0	0	9.183	31	6.704	80%	26%
Schule an der Parsevalstraße	G1687	541	122.133	0	0	6.032	128.166	29	6.604	226	128	11	4	53.058	0	0	3.832	22	4.750	76%	44%
Schule an der Parsevalstraße	G1688	229	31.732	0	0	2.580	34.311	8	1.946	139	101	11	6	8.585	0	0	1.248	8	1.620	96%	29%
Schule an der Parsevalstraße	G1689	988	137.047	0	0	11.141	148.188	36	8.406	139	82	11	4	55.671	0	0	7.559	24	5.427	67%	43%
Schule an der Parsevalstraße	G1690	1156	160.409	0	0	13.040	173.449	42	9.839	139	69	11	3	80.202	0	0	9.354	40	8.731	96%	52%
Schule an der Parsevalstraße	G1691	976	135.548	0	0	11.019	146.567	35	8.314	139	125	11	2	13.555	0	0	9.374	47	9.003	133%	16%
Schule an der Parsevalstraße	G1693	1266	33.000	0	0	14.289	47.289	17	4.820	26	23	11	4	3.300	0	0	9.490	13	3.335	78%	27%
Summe		65.730	4.934.231	856.865	1.112.844	1.085.557	7.989.497	2.174	584.611					1.945.788	310.225	287.974	896.093	1.795	440.198	83%	43%
				6.903.939	6.904		7.989	MWh Brennstoff	Wh gesamt							2.543.987	3.440.080				43%
					1.086			MWh Strom													