

Klimaschutzteilkonzept SVIT-Gebäude Woltmershausen und Oberneuland Immobilien Bremen AöR

Zusammenfassung



Erstellt von:

Dipl.-Ing. Ulrich Römer

Christian Wuttke, B. Sc.



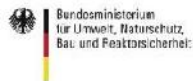
ibek Ingenieur- und Beratungsgesellschaft mbH

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: 03 K10731

I. Inhaltsverzeichnis

I. Inhaltsverzeichnis	II
II. Abbildungsverzeichnis	IV
III. Tabellenverzeichnis	V
1. Einleitung	1
2. Aufgabenstellung	3
3. Methodik und Randbedingungen der Energieanalyse	6
3.1. Ermittlung des Ist-Zustandes	6
3.2. Technische Randbedingungen zur Bestimmung des Einsparpotenzials	8
3.3. Wirtschaftliche Rahmendaten zur Bestimmung des Einsparpotenzials	9
4. Zusammenfassung der Energieverbräuche, der Energiekosten und der CO ₂ -Emissionen im Ist-Zustand	14
4.1 Gesamtenergiebedarf und CO ₂ - Emission	14
4.2 Gesamtenergiekosten	15
4.3 Energieträgeraufteilung	16
4.4 Energiekennwerte	16
4.5 Lastganganalyse	18
5. Energetischer Ist-Zustand Baukörper und Technik	20
5.1. Baukörper	20
5.2. Haustechnik	22
5.3. Lüftungstechnik	24
5.4. Warmwassertechnik	25
5.5. Nutzung regenerativer Energien und Kraft-Wärme-Kopplung	25
6. Maßnahmen	26
6.1 Maßnahmen gesamt	27
6.2 Umsetzungsklassifizierung der Maßnahmen	30
6.3 CO ₂ -Einsparung bei Umsetzung der entwickelten Maßnahmen	33
6.4 Kosteneinsparung bei Umsetzung der entwickelten Maßnahmen	35

7. Zusammenfassung des Energieverbrauches, der Energiekosten und der CO ₂ -Emissionen nach Durchführung der Maßnahmen	35
A. Anhang	A

II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Angenommene Faktoren für die Witterungskorrektur (DWD Flughafen Bremen)	6
Abbildung 2: Bewertungskategorien und Handlungsbedarf	7
Abbildung 3: Der Untersuchung zugrunde gelegte Arbeitspreise und Teuerungsraten	9
Abbildung 4: Wärme- und Stromverbrauch der Gebäude im Ist-Zustand (Mittelwerte 2014-2016)	14
Abbildung 5: CO ₂ -Emissionen der Gebäude im Ist-Zustand	15
Abbildung 6: Energiekosten im IST-Zustand pro Jahr	15
Abbildung 7: Prozentualer Anteil der Energieträger in den Gebäuden	16
Abbildung 8: Spezifischer Verbrauch (Wärme) im Ist-Zustand	17
Abbildung 9: Spezifischer Verbrauch (Strom) im Ist-Zustand	17
Abbildung 10: Lastgang Schule Rechtenflether Straße	18
Abbildung 11: Schulzentrum Rockwinkel	19
Abbildung 14: Energetische Qualität der Außenwandflächen	21
Abbildung 15: Energetische Qualität der Dach- und Bodenflächen	21
Abbildung 16: Energetische Fensterqualitäten	22
Abbildung 17: Kesselaltersstruktur	23
Abbildung 18: Energetische Qualität der Umwälzpumpen	24
Abbildung 19: Aufteilung der Maßnahmen nach Techniken	27
Abbildung 20 Investitionen nach Maßnahmengruppen	29
Abbildung 21: Energie-Einsparpotentiale in kWh/a nach Maßnahmengruppe	30
Abbildung 22: Energie-Einsparpotenziale bei kurzfristigen Maßnahmen	31
Abbildung 23: Energie-Einsparpotential in kWh/a bei mittelfristigen Maßnahmen	32
Abbildung 24: Energie-Einsparpotential in kWh/a bei langfristigen Maßnahmen	33
Abbildung 25: CO ₂ -Einsparpotential in t/a nach Maßnahmengruppen	34
Abbildung 26: Kosteneinsparpotential nach Maßnahmengruppen	35
Abbildung 27: Energieverbrauch (Wärme und Strom) der Liegenschaften im Soll-Zustand	36
Abbildung 28: Vergleich des Energieverbrauchs im Ist-Zustand und bei Ansatz des maximalen Einsparpotenzials	36
Abbildung 29: Vergleich der CO ₂ -Emissionen im Ist-Zustand und bei Ansatz des maximalen Einsparpotentials	37
Abbildung 30: 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.....	8
Tabelle 3: Angenommene Heizgradstunden und spezifisches Einsparpotenzial für Maßnahmen am Baukörper.....	9
Tabelle 4: Zugrunde gelegte Nutzungsdauern der Maßnahmen	10
Tabelle 5: Maßnahmenkosten für Dämmmaßnahmen/Gebäudehülle	10
Tabelle 6: Maßnahmenkosten für Heizung und TGA Ausrüstung	11
Tabelle 7: Übersicht der angenommenen CO ₂ -Faktoren	13
Tabelle 8: Energieverbrauch gesamt absolut nach Energieträger in MWh.....	14

1. Einleitung

Immobilien Bremen AöR (IB) hat die ibek GmbH beauftragt, ein Klimaschutzteilkonzept für eigene Liegenschaften in Bremen Woltmershausen und Oberneuland 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 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 Klimaschutzzielen 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 wurde beauftragt, folgende 32 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	Aktueller Nutzer / Nutzung	Baujahr	BGF (in m ²)	Status
1	Woltmershausen	G0002	Sportanlage Rablinghauser Groden	Rablinghauser Deich; 28197 Bremen	Gebäude für Sportplatz und Freibad	1952 und 1966	693,2	
2	Woltmershausen	G0743	Oberschule Roter Sand	Butjadinger Straße 21; 28197 Bremen	Hauptgebäude	1958	8121,3	totalsaniert
3	Woltmershausen	G0744	Oberschule Roter Sand	Butjadinger Straße 21; 28197 Bremen	Seitenflügel	1958	616,7	totalsaniert
4	Woltmershausen	G0745	Oberschule Roter Sand	Butjadinger Straße 21; 28197 Bremen	Turnhalle	1973	565	
5	Woltmershausen	G0747	Oberschule Roter Sand	Roter Sand 21; 28197 Bremen	Hausmeisterhaus	1978	261,5	
6	Woltmershausen	G0834	Schule Rablinghausen	Dorfkampsweg 50; 28197 Bremen	Grundschule, Trakt I	1957	825,3	
7	Woltmershausen	G0835	Schule Rablinghausen	Dorfkampsweg 50; 28197 Bremen	Trakt II	1957	1165,3	
8	Woltmershausen	G0836	Schule Rablinghausen	Dorfkampsweg 50; 28197 Bremen	Trakt III	1957	1018,1	
9	Woltmershausen	G0837	Schule Rablinghausen	Dorfkampsweg 50; 28197 Bremen	Turnhalle	1957	586,1	
10	Woltmershausen	G2772	Schule Rablinghausen	Dorfkampsweg 50; 28197 Bremen	Nebengebäude	1957	147,6	
11	Woltmershausen	G0838	Jugendfreizeitheim Rablinghausen	Dorfkampsweg 36; 28197 Bremen	Jugendheim	1959	283	abgerissen
12	Woltmershausen	G1259	Kindertagesstätte Kamphofer Damm	Kamphofer Damm 82; 28197 Bremen	Spielplatzhaus	1977	198,02	
13	Woltmershausen	G1722	Kindertagesheim Rablinghausen	Rablinghauser Landstraße 18; 28197 Bremen	Kindertagesstätte	1929	990,47	
14	Woltmershausen	G1726	Schule an der Rechtenflether Straße	Rechtenflether Straße 24; 28197 Bremen	Grundschule, Altbau	1905 und 1958	4284,22	
15	Woltmershausen	G1728	Schule an der Rechtenflether Straße	Rechtenflether Straße 24; 28197 Bremen	Turnhalle	1949	686,12	
16	Woltmershausen	G1783	Kindertagesheim Woltmershausen	Roter Sand 21 A; 28197 Bremen	Kindertagesstätte	1995	1186,55	
17	Woltmershausen	G2166	Kindertagesheim Warturmer Platz	Warturmer Platz 30 A - 30 B; 28197 Bremen	Kindertagesstätte	1932, 1950, 1974	972,54	
18	Woltmershausen	G2246	Polizei Bremen	Woltmershauser Straße 71; 28197 Bremen	Polizeirevier	1910 und 1978	849,6	
19	Woltmershausen	G5839	Amt für Straßen und Verkehr	Senator-Apelt-Straße 3 - 5; 28197 Bremen	Werkstatt	1998	371	unbeheizt
20	Woltmershausen	G5840	Amt für Straßen und Verkehr	Senator-Apelt-Straße 3 - 5; 28197 Bremen	Lagergebäude I	1998	1101	unbeheizt

Nr.	Stadtteil	G-Code	Name des Gebäudes	Adresse	Aktueller Nutzer / Nutzung	Baujahr	BGF (in m ²)	Status
21	Oberneuland	G0007	Schule Oberneuland	Mühlenfeldstraße 18; 28355 Bremen	Turnhalle	1928	747,5	
22	Oberneuland	G1579	Schule Oberneuland	Oberneulander Landstraße 36; 28355 Bremen	Grundschule, Altbau	1877	485,5	
23	Oberneuland	G2865	Schule Oberneuland	Oberneulander Landstraße 36; 28355 Bremen	Grundschule, Schultypenbau	2000	483,55	
24	Oberneuland	G1583	Schule Oberneuland	Rockwinkeler Heerstraße 4; 28355 Bremen	Hausmeisterhaus	1915	304,34	
25	Oberneuland	G1504	Freiwillige Feuerwehr Oberneuland	Mühlenfeldstr. 16; 28355 Bremen	Verwaltungsgebäude mit normaler Ausst. technischer Ausstattung	1924	499,5	
26	Oberneuland	G1584	Kindertagesheim Oberneuland	Oberneulander Landstraße 32; 28355 Bremen	Kindertagesstätte	1935	771,5	
27	Oberneuland	G2069	Schulzentrum Sek. I Rockwinkel	Uppe Angst 31; 28355 Bremen	Schulgebäude	1953 und 1975	4427,1	
28	Oberneuland	G2075	Schulzentrum Sek. I Rockwinkel	Uppe Angst 31; 28355 Bremen	Turnhalle	1968	676,03	
29	Oberneuland	G2076	Schulzentrum Sek. I Rockwinkel	Uppe Angst 31; 28355 Bremen	HM-Haus	1974	191,2	
30	Oberneuland	G2681	Jugendtreff Oberneuland	Oberneulander Landstraße 178; 28355 Bremen	Jugendheim	1910	247,24	
31	Oberneuland	G2962	Jugendtreff Oberneuland	Oberneulander Landstraße 178; 28355 Bremen	Hinterhaus, Bewegungshalle	1979	329,01	
32	Oberneuland	G5428	Landhaus Höpkens Ruh	Oberneulander Landstraße 69; 28355 Bremen	Größere Verpflegungseinrichtungen	1964	429	
Anzahl untersuchter Gebäude mit eigenem G-Code:			27	Liegenschaften 15	Summe BGF:	34.514	m ²	

Von den 32 beauftragten Gebäuden wurden lediglich 27 Gebäude im Detail untersucht. Ein Gebäude ist bereits abgerissen. Zwei Gebäude sind unbeheizt. Zwei weitere Gebäude sind totalsaniert. Daher wurde hier auf eine Begehung und Gebäudeuntersuchung in Absprache mit dem Auftraggeber verzichtet.

2. Aufgabenstellung

Im Rahmen des Klimaschutzteilkonzeptes, SVIT-Gebäude in Bremen Mitte wurde für 27 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 möglichen Einsatzes 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 desweiteren Kindertagesheime, ein Ortsamt, eine Polizeistation, ein Freizeitheim und eine Veranstaltungsstätte mit Beherbergung 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			
	2014	2015	2016
GTZ DWD HB Flughafen	3.098	3.390	3.402
langj. Mittel (2007 - 2016)	3.478	3.478	3.478
Faktor	1,12	1,03	1,02
WW-Bedarf für Witterungsbereinigung			
kleine Sporthalle	5 %		
große Sporthalle	15 %		
Kita	15 %		

Abbildung 1: 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

Bremen gelieferten Daten, da dort in einigen Fällen nicht beheizte Flächen (z. B. unbeheizter Dachboden einer Schule mit oberer Geschossdecke als thermische Grenze oder ein Kellergeschoss) mitberücksichtigt wurden.

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

Die Einstufung der wärmetechnischen Qualität (der U-Wert) der Bauteile erfolgte anhand der Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand (EnEV Typologie) des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung vom 30. Juli 2009. Nach Inaugenscheinnahme der vorhandenen bzw. nachträglich erfolgten Wärmedämmung wurden die U-Werte entsprechend angepasst. Damit ist für eine erste Analyse eine hinreichende Einstufung der Bauteile bezüglich des Handlungsbedarfs möglich.

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

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

Abbildung 2: Bewertungskategorien und Handlungsbedarf

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.

Folgende Energieverbraucher konnten identifiziert werden:

- | | |
|---------------------------------------|-------------|
|) Heizungswärme | Wärme |
|) Prozesskälte | Strom |
|) Beleuchtung | Strom |
|) Informations-/Kommunikationstechnik | Strom |
|) Antriebe, Motoren, Pumpen | Strom |
|) Lüftungsanlagen | Strom/Wärme |

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	Außenzuliegende Fenster, Fenstertüren ¹	1,2	1,2
2 b	Dachflächenfenster ²	1,3	1,3
2 c	Verglasungen ³	1,0	1,0
3 a	Dachflächen (Steildach), einschl. Gauben	0,18	0,25
3 b	Dachflächen mit Abdichtung (Flachdach)	0,12	0,20
3 c	Decken gegen unbeheizte Dachräume	0,12	0,20
3 d	Wände gegen unbeheizte Dachräume	0,18	0,25
4 a	Wände und Decken gegen Erdreich oder unbeheizte Räume	0,25	0,30
4 b	Fußbodenaufbauten ⁴	0,25	0,30
4 c	Decken nach unten an 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:

$$Q_B = \frac{A_B \times (U_{I, I} - U_{I, v}) \times H_i \times T_{hei}}{J_i \text{ hr}}$$

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	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
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 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) = $2607 \times P_{peak}^{-0,14}$			

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	kg/MWh
Erdgas	182	kg/MWh Hs
Erdgas	202	kg/MWh Hi
Heizöl	266	kg/MWh Hi
Fernwärme Netz West	63,2	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 2.447 MWh/a Brennstoff bzw. zur elektrischen Versorgung 442 MWh/a Strom eingesetzt. Die Darstellung der Einzelverbräuche ist in Abbildung 4 grafisch dargestellt.

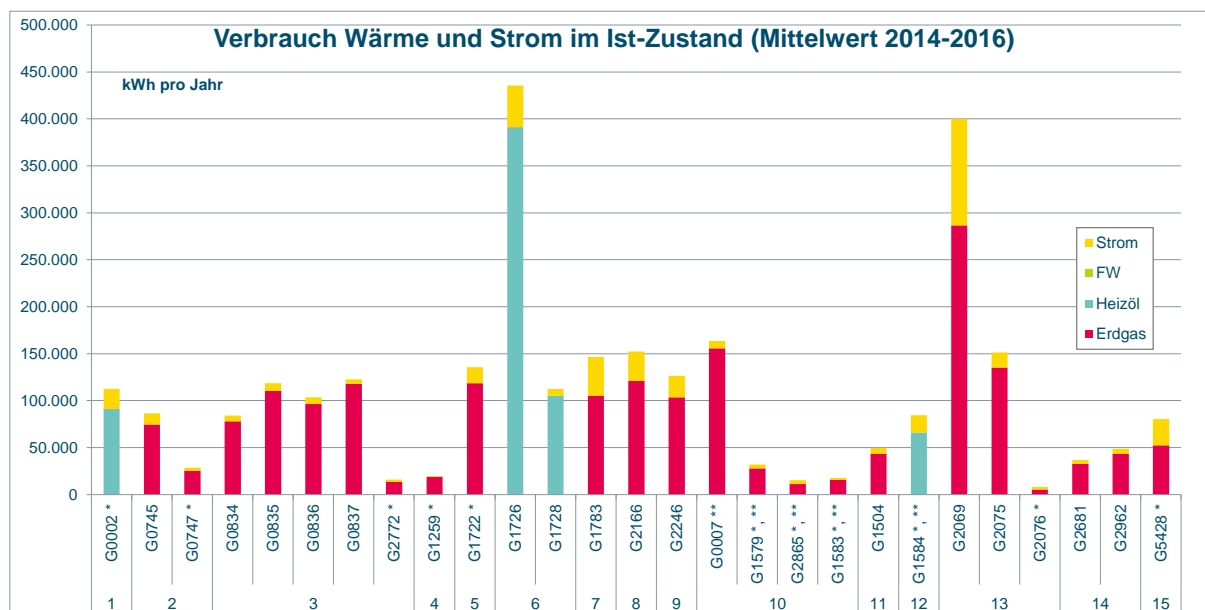


Abbildung 4: Wärme- und Stromverbrauch der Gebäude im Ist-Zustand (Mittelwerte 2014-2016)
*enthält Schätzwerte ** Verbrauch im Zeitraum 2017 - 2019

Die aus dem Energieverbrauch resultierenden jährlichen CO₂-Emissionen betragen 849 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

Energie-verbrauch gesamt / in MWh/a	Erdgas	Heizöl	FW	Strom
	1.793	654	0	442

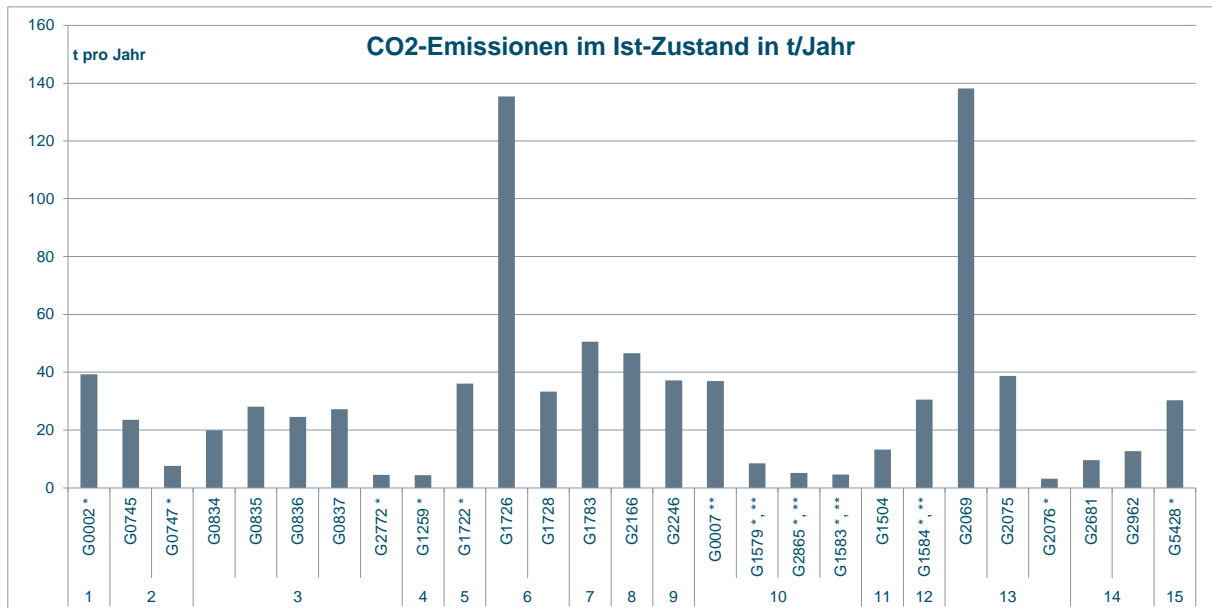


Abbildung 5: CO₂-Emissionen der Gebäude im Ist-Zustand

4.2 Gesamtenergiekosten

Durch die Energienutzung fallen jährliche Energiekosten (Brutto) in Höhe von ca. 215.527 €/a an, welche in Abbildung 6 pro Gebäude dargestellt sind.

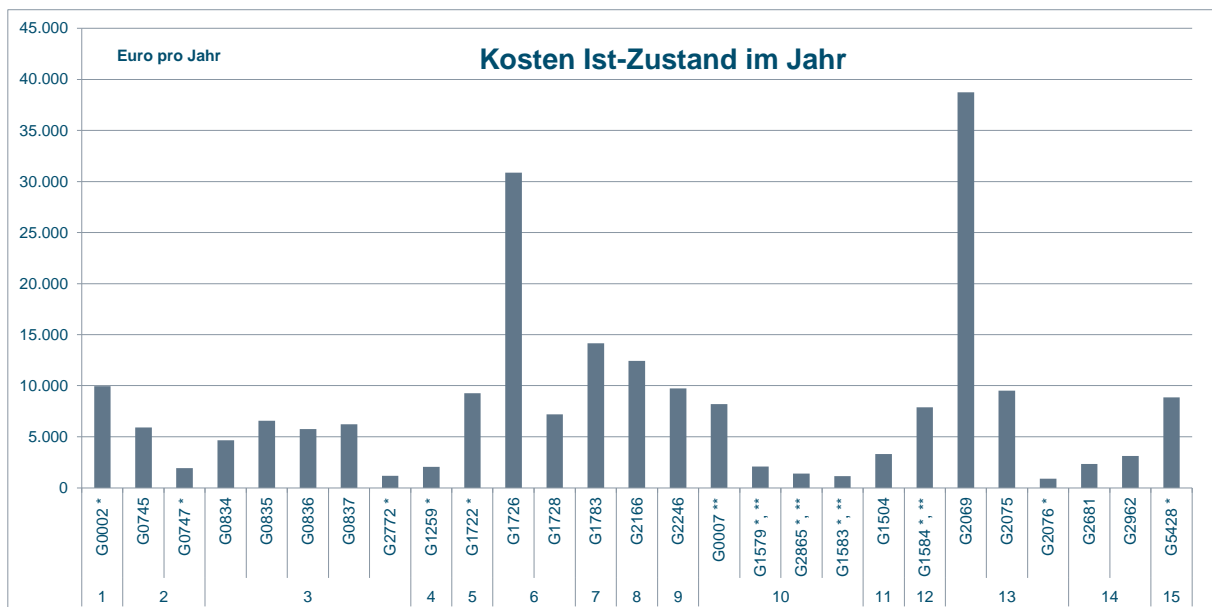


Abbildung 6: Energiekosten im IST-Zustand pro Jahr

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 Heizöl (23 %) und Strom (15 %). Fernwärme wird in keinem Gebäude als Energieträger genutzt.

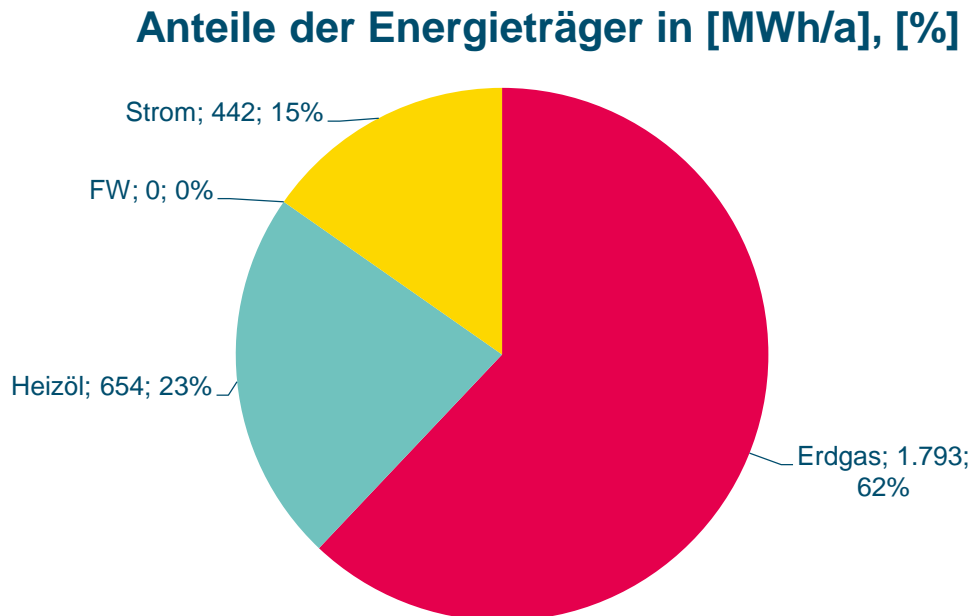


Abbildung 7: Prozentualer Anteil der Energieträger in den Gebäuden

4.4 Energiekennwerte

Der Zustand der Wärmeerzeugung und Heizkreisverteiler der Liegenschaften ist sehr unterschiedlich. Bei einigen wurden Rohrleitungsdämmung 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/Armaturen sind teilweise nicht oder unzureichend gedämmt.

Der Vergleich mit den Referenzgebäuden nach EnEV- Neubau mit spezifischen Verbräuchen zwischen 80 und 110 kWh/m² im Jahr zeigt, dass ca. 66 % der Gebäude einen Verbrauch im Bereich oder auch unterhalb der Vergleichswerte aufweisen (siehe Abbildung 8). Bei einem spezifischen Verbrauch > 150 kWh/m² und Jahr ist ein hohes Einsparpotenzial zu vermuten. Dies trifft auf 6 der untersuchten Gebäude zu.

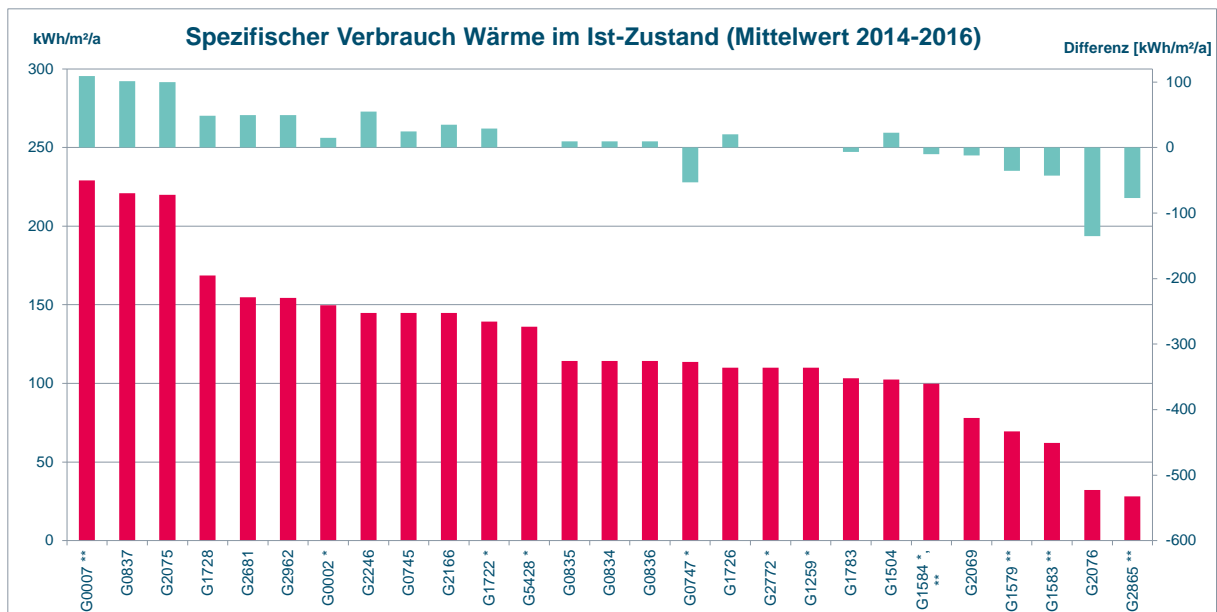


Abbildung 8: Spezifischer Verbrauch (Wärme) im Ist-Zustand

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

Die Spannweite der Verbrauchskennwerte reicht von ca. 5 kWh/m²/a bis ca. 72 kWh/m²/a.

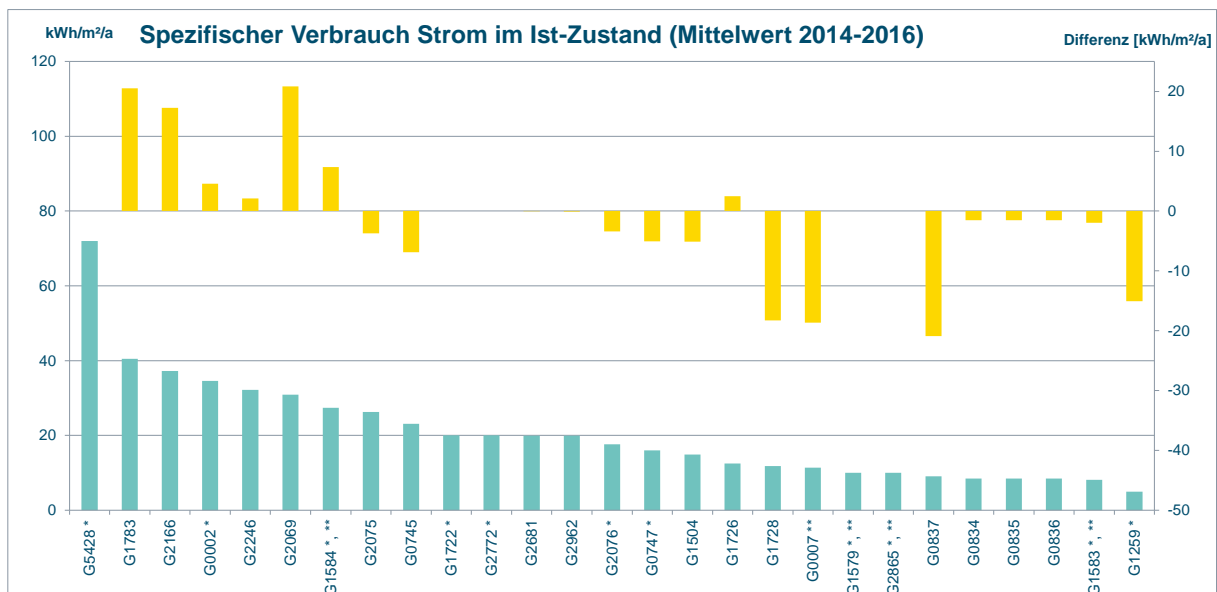


Abbildung 9: Spezifischer Verbrauch (Strom) im Ist-Zustand

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 3 Liegenschaften Stromlastgänge vor. Da das Hauptgebäude der Schule Butjadinger Str. vollständig saniert ist, wurde hier auf eine Analyse verzichtet.

Die verbleibenden Lastgänge zeigen jeweils für die Nutzung von Schulgebäuden typische 24-Stunden-Lastgangverläufe am 1. Januar (Winter-Feiertag), am 15. Januar (Winter-Werktag), 15. Juli (Sommer-Werktag) und 19. Juli (Sommer - Sonntag).

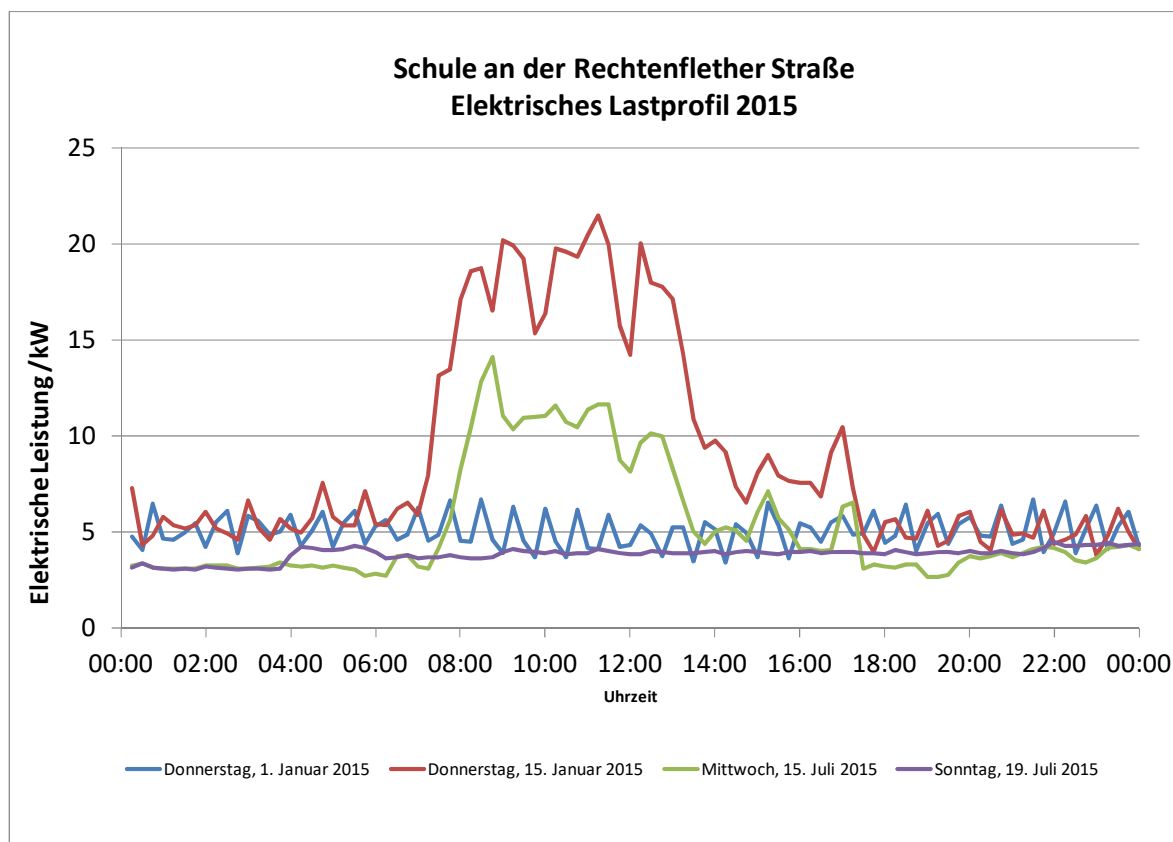


Abbildung 10: Lastgang Schule Rechtenflether Straße

Am 1. Januar ist der el. Lastverlauf zwischen ca. 4 - 6 kW schwankend. Es wird vermutet, dass die el. Heizung im Kellerabstellraum die Ursache ist.

Am Sonntag, 19. Juli beträgt das Niveau ca. 3-4 kW. Am Winter-Schultag 15. Januar steigt die Last von ca. 5-7 kW ab ca. 7 Uhr auf bis zu ca. 20 kW.

An einem Sommerschultag sind es ausgehend von 3-4 kW max ca. 15 kW.

Ab ca. 13 Uhr sinkt die Last auf ca. 5 kW.

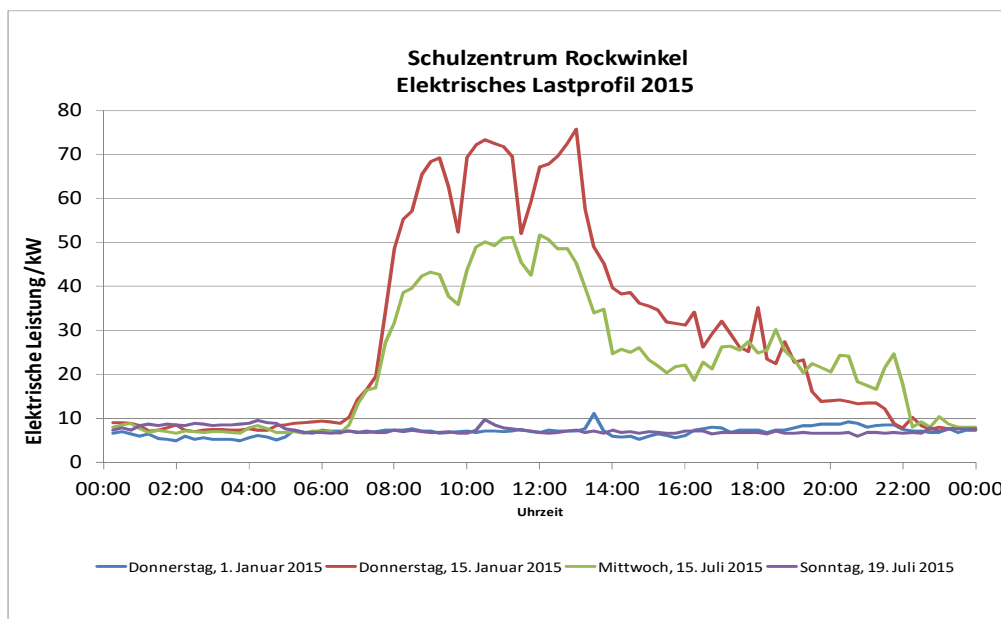


Abbildung 11: Schulzentrum Rockwinkel

Die Grundlast beträgt bei dem Beispiel in Abbildung 11 ca. 7 - 10 kW. Diese Grundlast hat einen sehr großen Anteil am Gesamtverbrauch.

Es wird empfohlen, die Ursachen dieser hohen Grundlast zu Nichtnutzungszeiten zu klären und zu prüfen, ob diese vermeidbar sind und darauf basierend Einsparmaßnahmen vorzunehmen.

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.

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 / Sohlplatte
-) Außenwand
-) Fenster
-) Dach / obere Geschossdecke

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

In Abbildung 12 und Abbildung 13 sind die Außenwand und die Dachflächen bzw. Flächen der oberen Geschossdecken aufgeteilt nach drei Kategorien dargestellt:

-) Energetisch schlecht: U-Wert > 1,0 W/m²K
-) Energetisch mittel: U-Wert 0,5 – 1,0 W/m²K
-) Energetisch gut: U-Wert < 0,5 W/m²K

Außenwände [m²], [%]

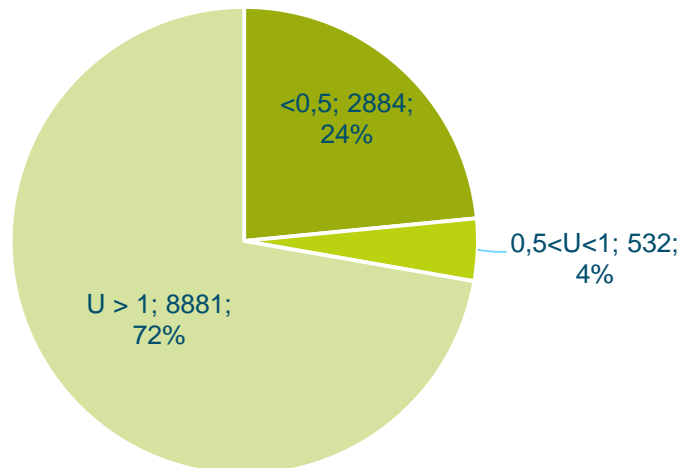


Abbildung 12: Energetische Qualität der Außenwandflächen

Ca. 72 % der Außenwandfläche wird als energetisch schlecht bewertet. Zu beachten hierbei ist, dass die Gebäude überwiegend Ziegelfassaden aufweisen. Zum Teil stehen die Gebäude unter Denkmalschutz. Wände, bei denen keine Luftschicht zu erkennen war, wurden als Vollziegelmauerwerk angenommen.

Dachflächen [m²], [%]

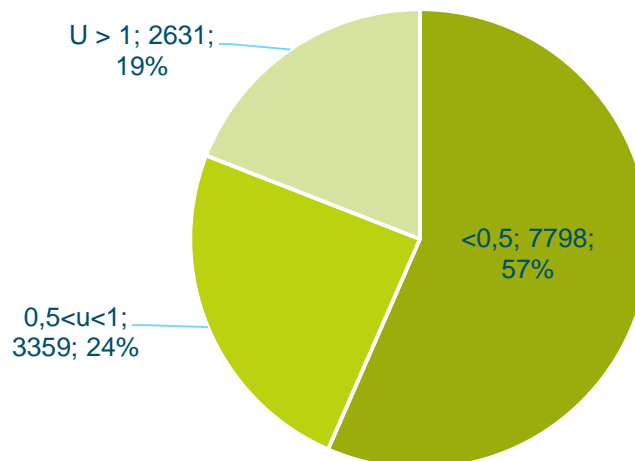


Abbildung 13: Energetische Qualität der Dach- und Bodenflächen

Ca. 19 % 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. 57 % 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 14 sind die Glasarten der Fenster und Türen aufgeteilt nach drei Kategorien dargestellt:

-) 1-fach Glas: U-Wert 3,5 W/m²K (inkl. Glasbausteine)
-) Standardisoliervglas: U-Wert > 1,8 < 3,5 W/m²K je nach Glasqualität und Rahmenart
-) Wärmeschutzglas: U-Wert 1,8 W/m²K (inkl. 3-fach Glas)

Fenster/Verglasung [m²], [%]

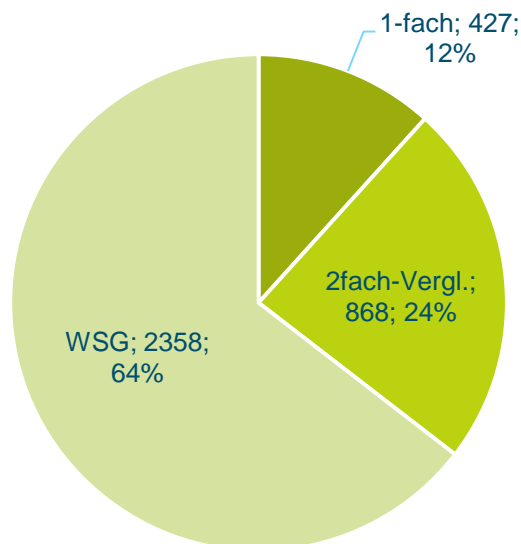


Abbildung 14: Energetische Fensterqualitäten

Ca. 12 % 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. 64 % der Fensterfläche wird als energetisch gut bewertet (Wärmeschutzglas).

5.2. Haustechnik

Wärmeerzeugung

Es wurden in den untersuchten Objekten insgesamt 15 Kesselanlagen mit 23 Heizkesseln vorgefunden. Die Altersstruktur der Kessel ist in der Abbildung 15 angegeben.

Kessel- / Anlagenalter [Anzahl], [%]

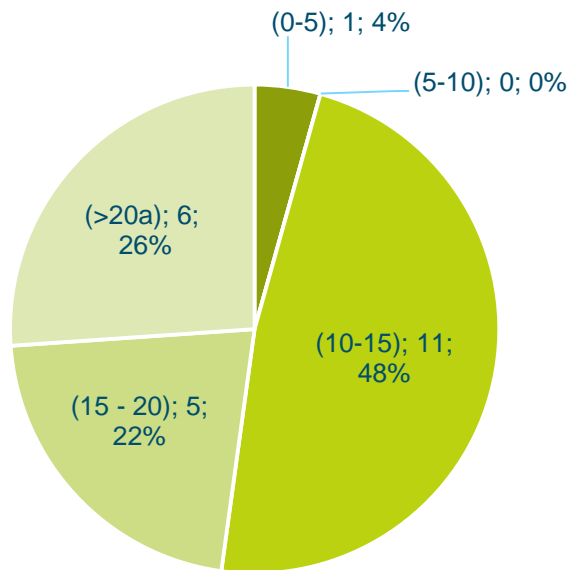


Abbildung 15: Kesselaltersstruktur

Ca. 48 % der Kessel sind älter als 15 Jahre (26 % 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 16 ist eine Aufteilung der Umwälzpumpen nach 3 Effizienzklassen angegeben:

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

Umwälzpumpen [Anzahl], [%]

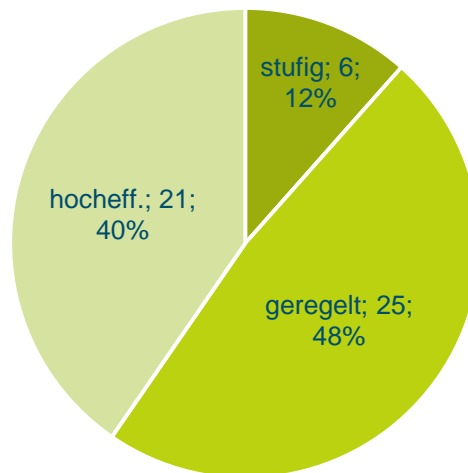


Abbildung 16: Energetische Qualität der Umwälzpumpen

Ca. 40 % der Pumpen sind hocheffizient. Lediglich 12 % der Pumpen sind unregelte 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 bzw. überwachbar ist. Hier gibt es Abstimmungsprobleme zwischen den 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 2 Liegenschaften gibt es relevante Lüftungsanlagen (Zu- und Abluft) mit längeren Laufzeiten.

Diese Anlagen entsprechen aufgrund wenig effizienter Keilriemenantriebe oder nicht bedarfsgerechter Regelung/Steuerung z T nicht dem Stand der Technik und sind wenig effizient.

Hinzu kommt eine Vielzahl von Abluftventilatoren ohne Wärmerückgewinnung 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 Speicherladesystemen 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 oder PV-Anlagen wurden nicht vorgefunden.

Ebenso gibt es in keinem Fall Anlagen zur Kraft-Wärmekopplung.

6. Maßnahmen

Aufbauend auf 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 Geschosshöhe 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 selbstgenutzte 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 103 Maßnahmen ermittelt, welche wie in Abbildung 17 dargestellt den einzelnen Bereichen zugeordnet werden können.

Maßnahmen gesamt (103 Maßnahmen)

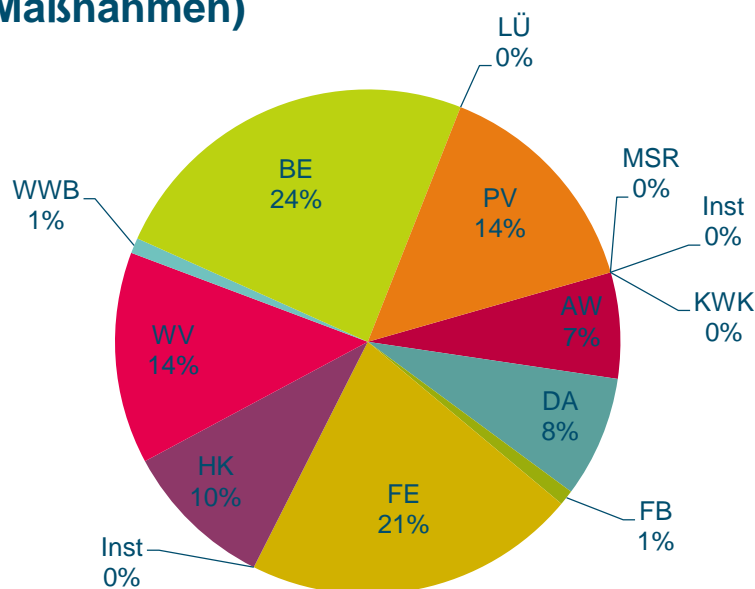


Abbildung 17: Aufteilung der Maßnahmen nach Techniken

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gebäudehülle: <ul style="list-style-type: none"> ○ Außenwand: 7 ○ Dach: 8 ○ Fenster: 22 ○ FB bzw. Kellerdecke: 1 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Technik: <ul style="list-style-type: none"> ○ Beleuchtung: 25 ○ Wärmeverteilung: 14 ○ Photovoltaik: 15 ○ Warmwasserbereitung: 1 ○ Heizungsanlage: 10 ○ Mess- und Regelungstechnik: 0 ○ Kraft-Wärme-Kopplung: 0
---	--

Die erforderlichen Investitionen in Höhe von gerundet 3,5 Mio. € für die Umsetzung der Maßnahmen teilen sich wie folgt auf die Maßnahmengruppen auf:

Tabelle 9: Maßnahmenkosten

Investitionen nach Maßnahmengruppe	Kosten K in €	Kosten M in €	Kosten L in €	Kosten gesamt in €
AW	0	533.867	238.282	772.149
DA	0	90.462	195.800	286.262
FB	0	0	10.780	10.780
FE	22.044	37.211	773.256	832.511
Inst	0	0	0	0
HK	143.175	74.463	0	217.638
WV	5.664	10.143	6.641	22.448
WWB	460	0	0	460
BE	54.752	70.610	97.762	223.123
LÜ	0	0	0	0
PV	97.235	973.676	81.047	1.151.958
KWK	0	0	0	0
MSR	0	0	0	0
Inst	0	0	0	0
Summe Hülle	22.044	661.540	1.218.118	1.901.702
Summe Technik	301.286	1.128.892	185.449	1.615.627
Summe gesamt	323.330	1.790.432	1.403.567	3.517.329

Investitionen nach Maßnahmengruppen [€], [%]

Investitionen:
Hülle: 1,9 Mio. €
Technik: 1,6 Mio. €
gesamt: 3,5 Mio. €

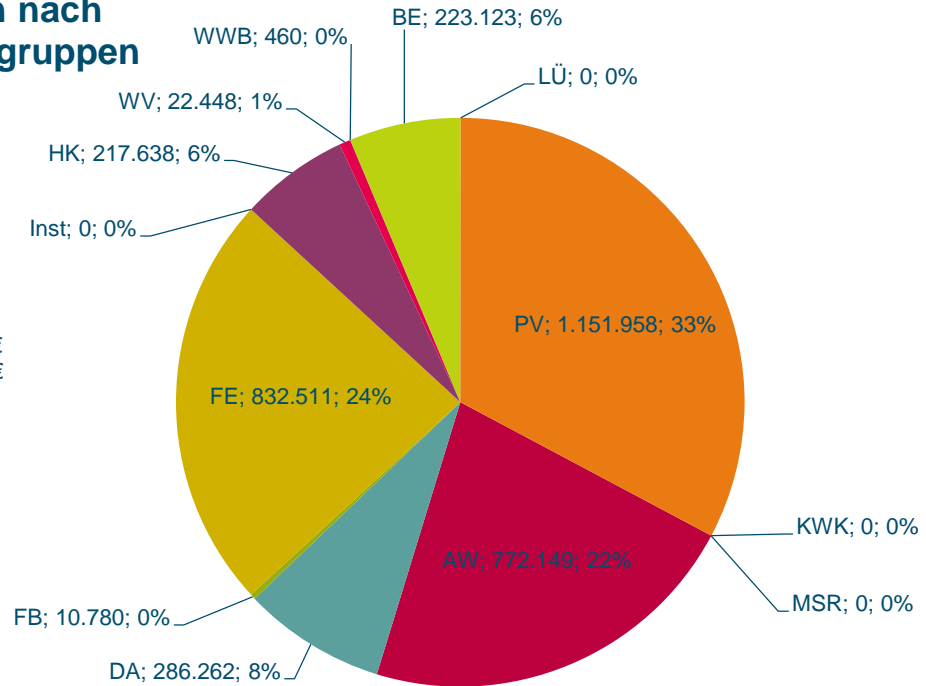


Abbildung 18 Investitionen nach Maßnahmengruppen

Insgesamt kann der Endenergiebezug um 1.008 MWh/a durch Umsetzung der Maßnahmen reduziert werden. Im Bereich der Gebäudehülle ist das Einsparpotenzial 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 9 %.

Einsparpotenziale Energie nach Maßnahmengruppen [kWh/a], [%]

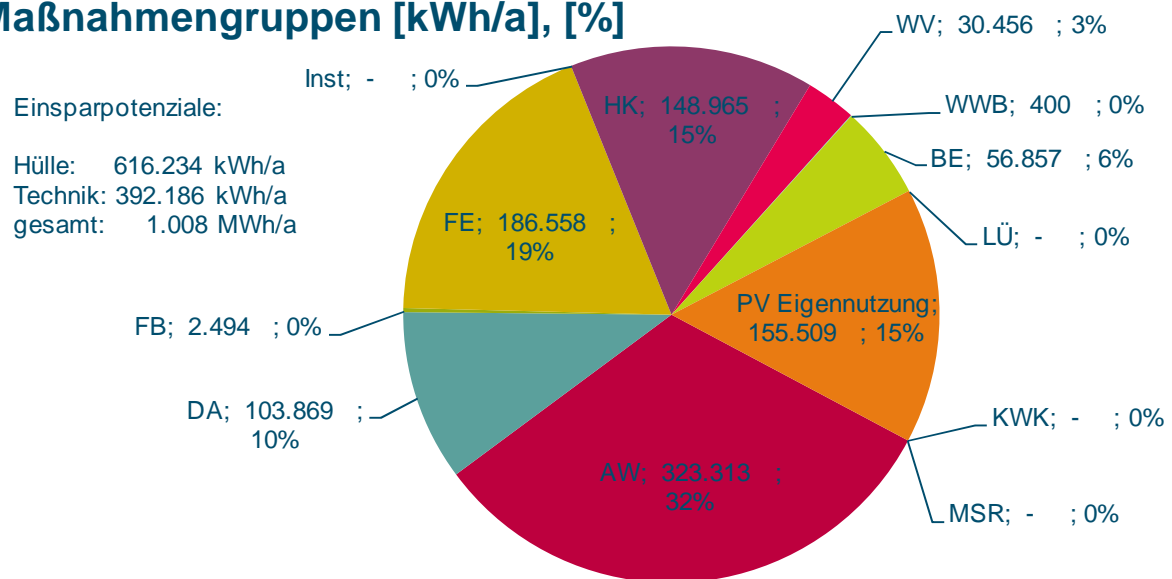


Abbildung 19: Energie-Einsparpotenziale in kWh/a nach Maßnahmengruppe

6.2 Umsetzungsklassifizierung der Maßnahmen

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

- 174.058 kWh/a kurzfristig
- 539.050 kWh/a mittelfristig
- 295.312 kWh/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.

Einsparpotenziale kurzfristige Maßnahmen [kWh/a], [%]

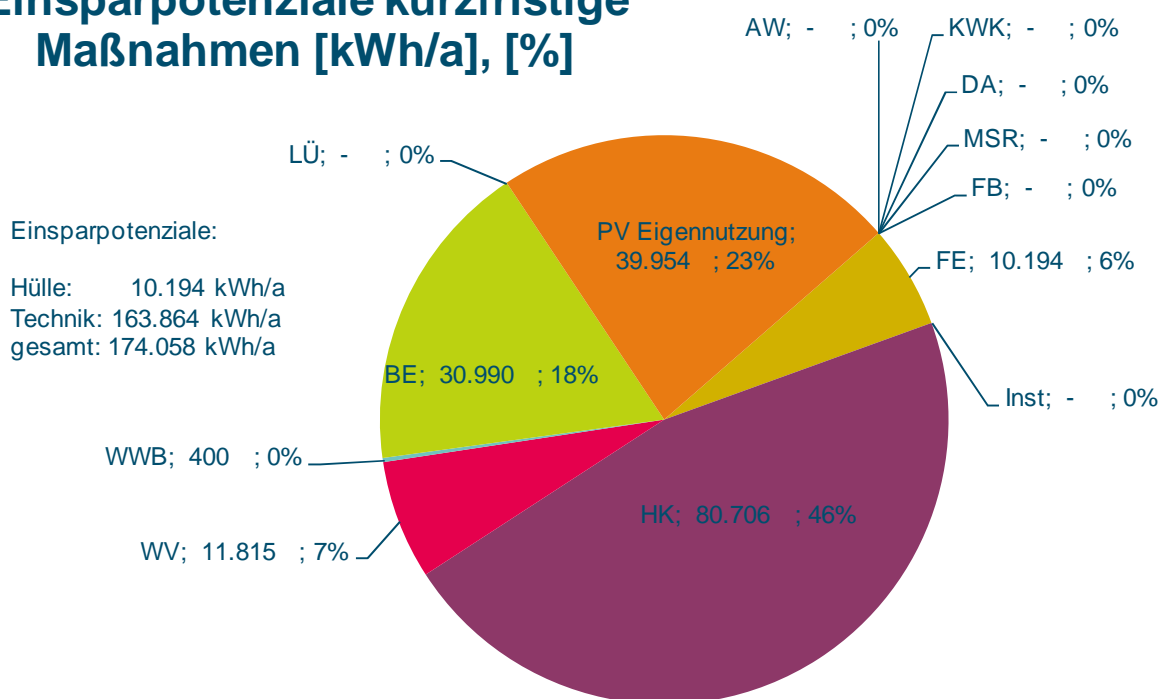


Abbildung 20: Energie-Einsparpotenziale bei kurzfristigen Maßnahmen

Einsparpotenziale mittelfristige Maßnahmen [kWh/a], [%]

Einsparpotenziale:

Hülle: 340.872 kWh/a
Technik: 198.178 kWh/a
gesamt: 539.050 kWh/a

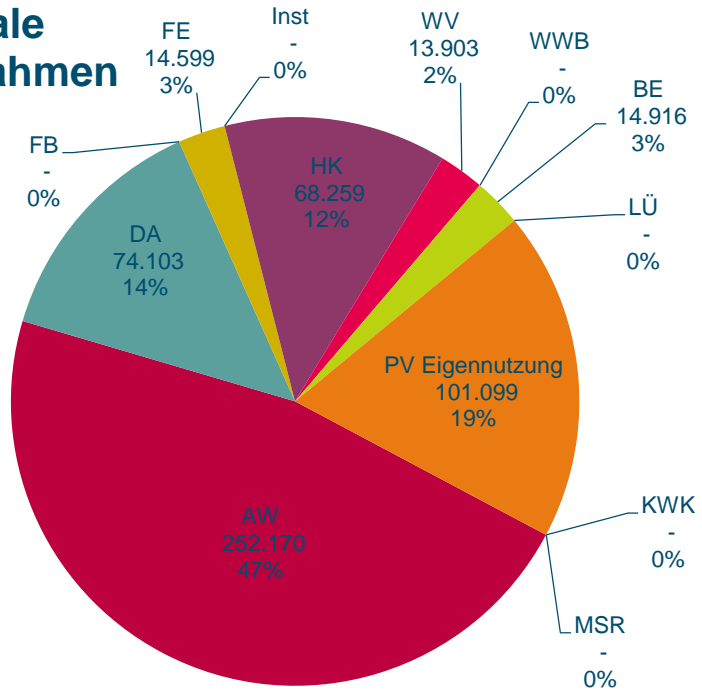


Abbildung 21: Energie-Einsparpotential in kWh/a bei mittelfristigen Maßnahmen

Einsparpotenziale langfristige Maßnahmen [kWh/a], [%]

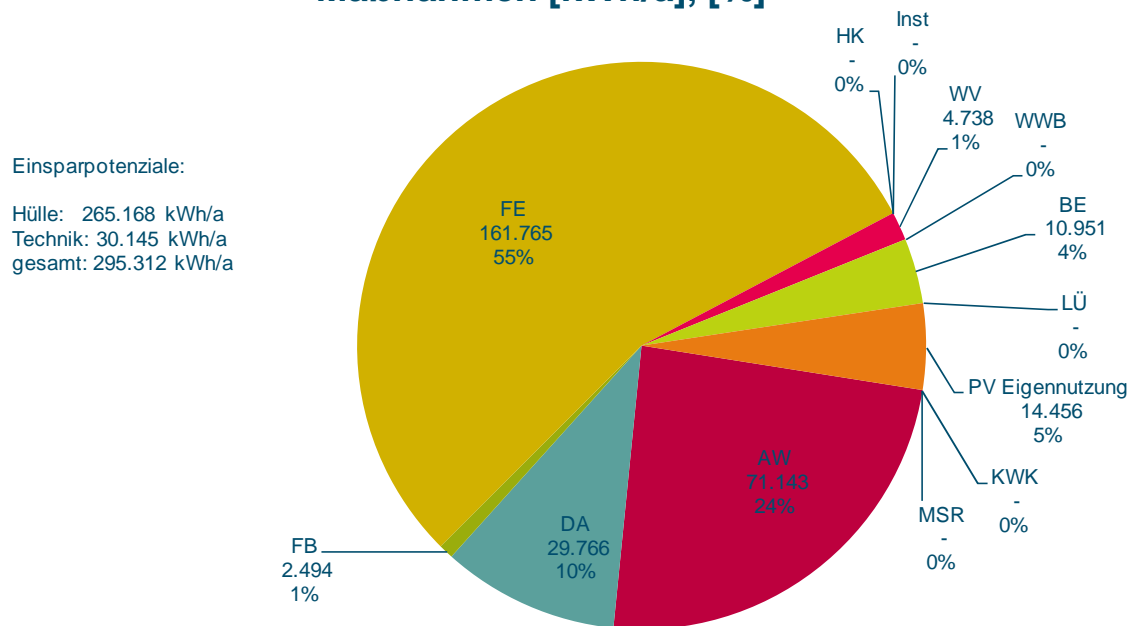


Abbildung 22: Energie-Einsparpotential in kWh/a bei langfristigen Maßnahmen

6.3 CO₂-Einsparung bei Umsetzung der entwickelten Maßnahmen

Das Einsparpotenzial der einzelnen Maßnahmengruppen zeigt Abbildung 23. Am CO₂-Einsparpotential hat die Stromerzeugung über Photovoltaikanlagen (Eigenverbrauch plus Netzeinspeisung) einen Anteil von gut 54 %.

Insgesamt kann die CO₂-Emission um 604 t/a (71 %) reduziert werden, hiervon entfallen 141 t/a auf den Bereich der Gebäudehülle und 462 t/a auf den Bereich der Anlagentechnik, wovon 326 t/a den Photovoltaikanlagen zuzuordnen sind.

Einsparpotenziale CO2 Maßnahmengruppen [t/a]

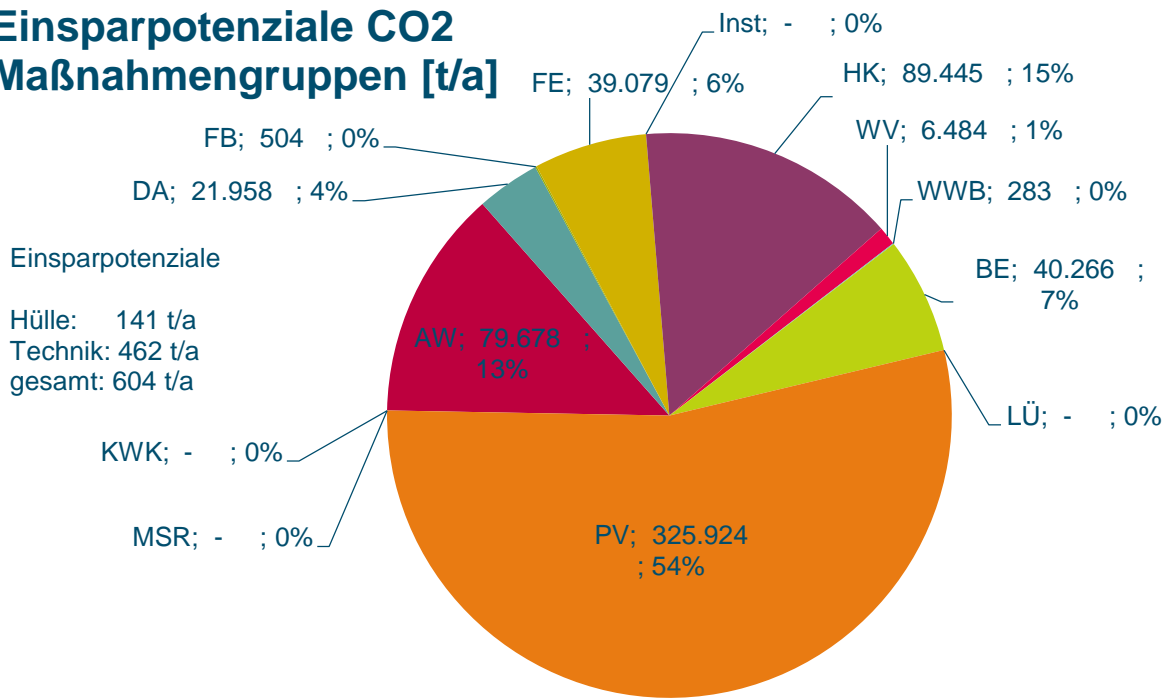


Abbildung 23: CO₂-Einsparpotential in t/a nach Maßnahmengruppen

6.4 Kosteneinsparung bei Umsetzung der entwickelten Maßnahmen

Einsparpotenziale jährliche Kosten nach Maßnahmengruppen [€/a]

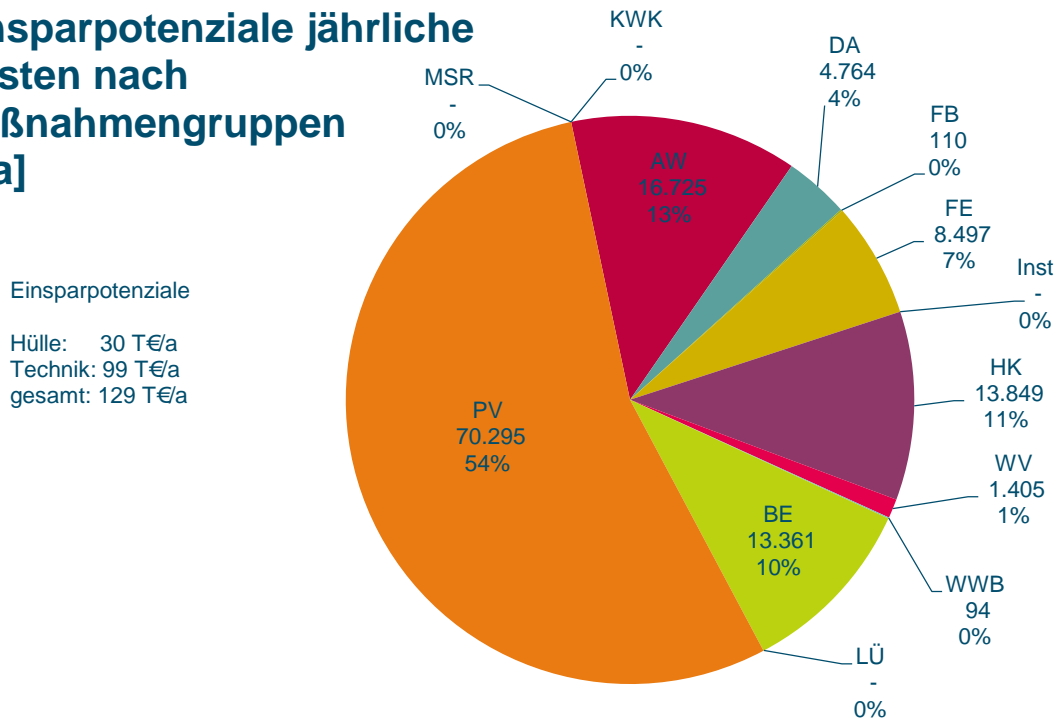


Abbildung 24: Kosteneinsparpotential nach Maßnahmengruppen

Abbildung 24 zeigt das jährliche Einsparpotential der einzelnen Maßnahmengruppen. Insgesamt liegt das jährliche Kosteneinsparpotential bei 129 T€, wobei 77% 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 Endenergieverbrauch der Gebäude drastisch reduziert werden. Der Gesamtverbrauch in Höhe von 2.889 MWh/a kann um 35 % auf 1.880 MWh/a verringert werden. Nachfolgend ist der Verbrauch der Einzelgebäude im Sollzustand dargestellt (Abbildung 25).

Das Einsparpotenzial der einzelnen Gebäude liegt zwischen 9 % und 74 %.

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

Bei etwa 15 % der Gebäude liegt das Einsparpotential über 50 %.

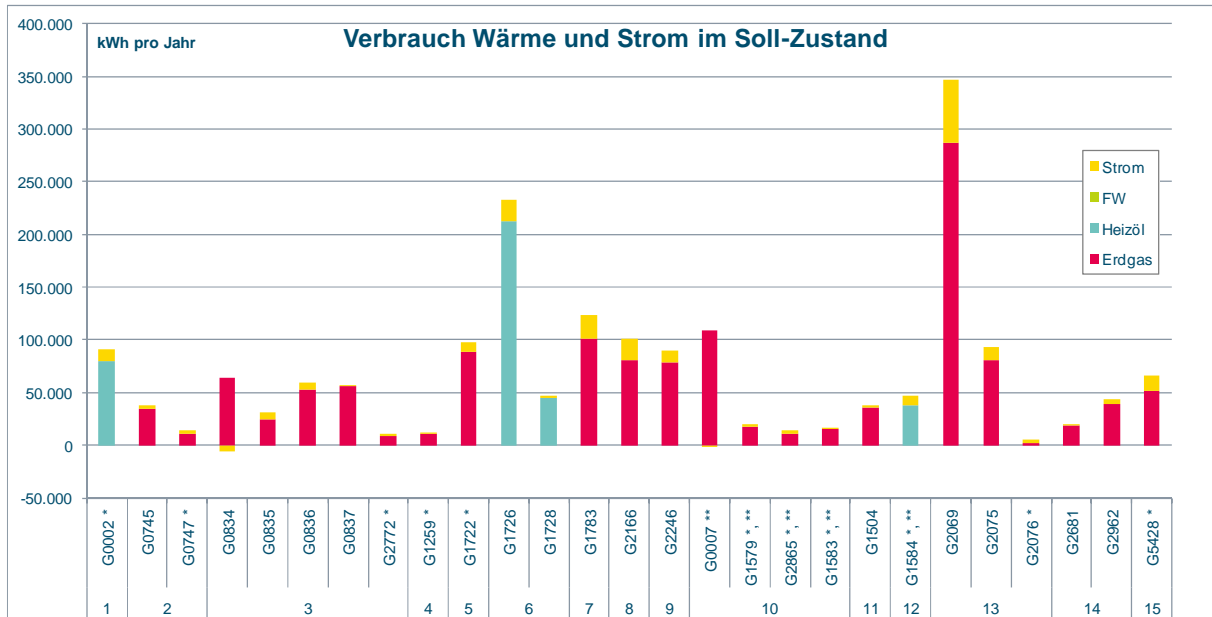


Abbildung 25: Energieverbrauch (Wärme und Strom) der Liegenschaften im Soll-Zustand

Um die möglichen Einsparungen pro Gebäude zu verdeutlichen, ist in Abbildung 26 ein Vergleich des aktuellen Energieverbrauches und dem Energieverbrauch bei Berücksichtigung des maximalen Einsparpotentials dargestellt.

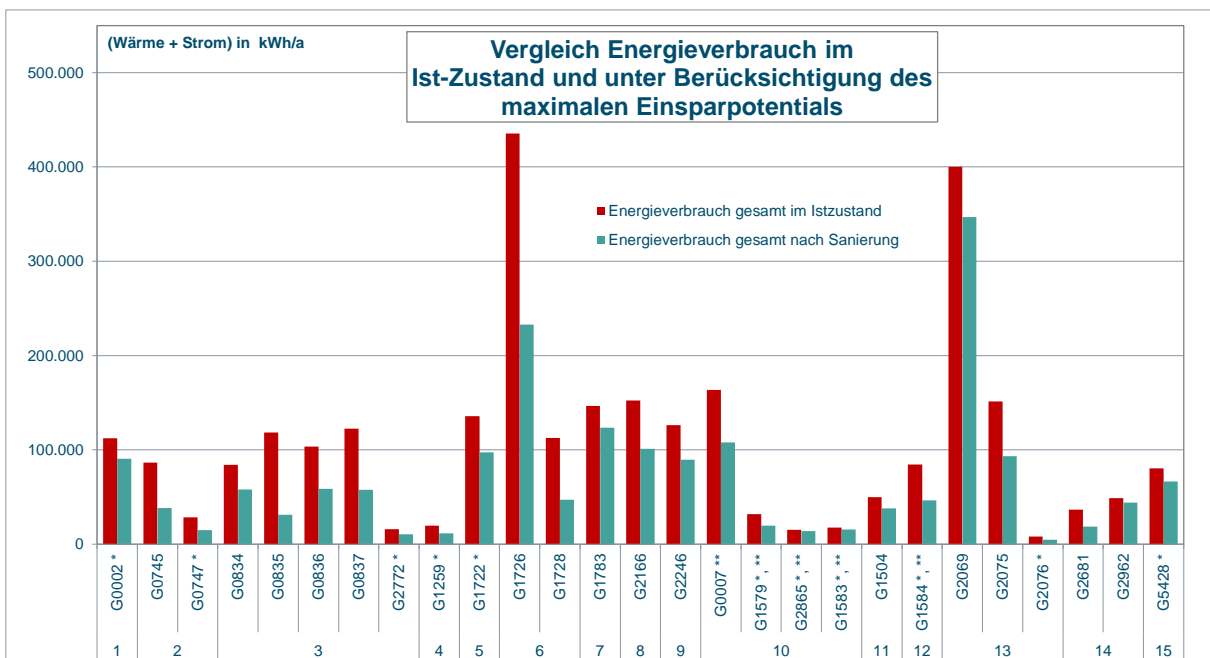


Abbildung 26: Vergleich des Energieverbrauches im Ist-Zustand und bei Ansatz des maximalen Einsparpotentials

In der folgenden Abbildung 27 wird analog das CO₂-Einsparpotential und in Abbildung 28 das Energiekosten-Einsparpotential grafisch für die Objekte dargestellt.

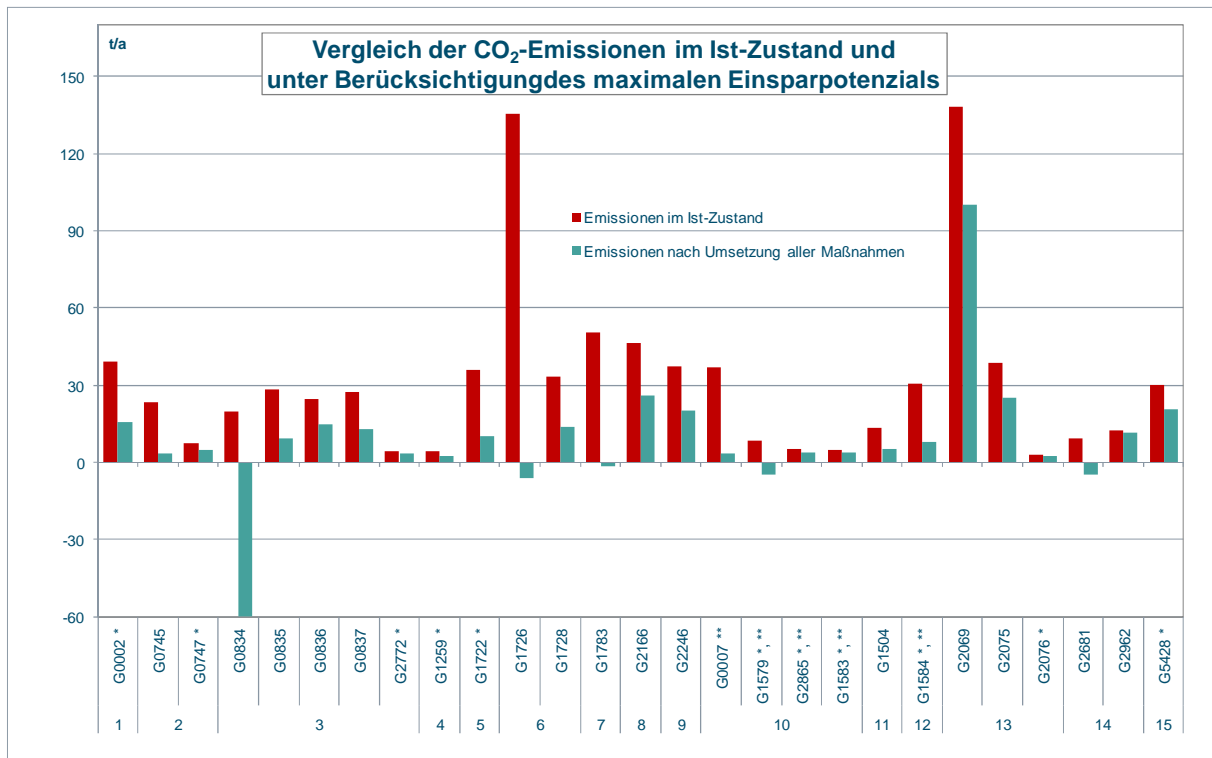


Abbildung 27: Vergleich der CO₂-Emissionen im Ist-Zustand und bei Ansatz des maximalen Einsparpotenzials

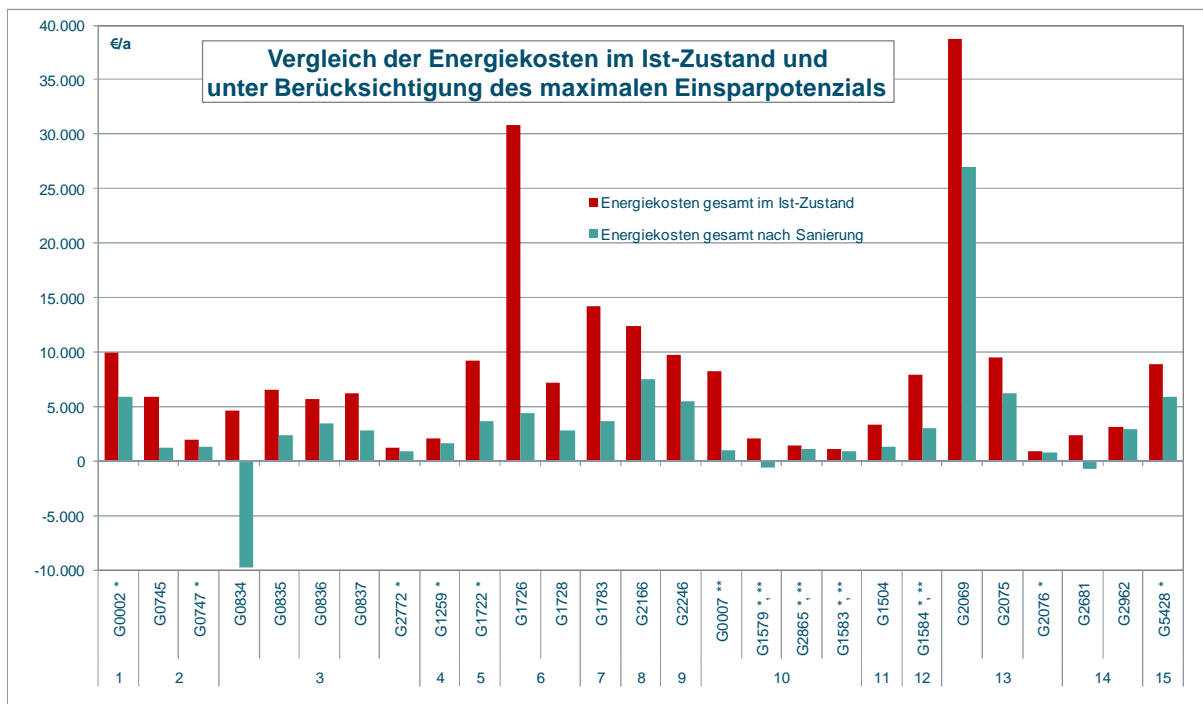
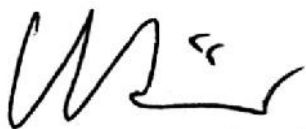


Abbildung 28: Vergleich der Energiekosten im Ist-Zustand (rot) und unter Berücksichtigung des maximalen Einsparpotenzials

Erstellt am 10.08.2020



Ulrich Römer

ibek GmbH

Anlage 1: Übersicht der Energieeinsparpotenziale je Gebäude

A. Anhang

SVIT-Gebäude Woltmershausen und Oberneuland		Fläche		Verbrauch IST					Verbrauchskennwerte				Einsparung absolut					Einsparung CO2 %				
Immobilien Bremen AÖR	G-Code	NGF	Erdgas	Heizöl	FW	Strom	CO ₂	Kosten	Brennstoff		Strom		Erdgas	Heizöl	FW	Strom	CO ₂	Kosten	CO ₂	Endenergie		
		m ²	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	t/a	€/a	IST kWh/m ² a	saniert kWh/m ² a	IST kWh/m ² a	saniert kWh/m ² a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	t/a	€/a	%	%		
Liegenschaft/Gebäude																						
SP Rablinghauser Groden	G0002	610,0	-	91.333	0	21.087	39,23	9.978,78	149,72	129,63	34,57	19,11	0	12.256	0	9.430	23,42	4.032	60%	19%		
Oberschule Roter Sand	G0745	514,2	74.480	-	0	11.880	23,46	5.936,87	144,86	66,94	23,11	7,87	40.061	0	0	7.832	20,04	4.685	85%	55%		
Oberschule Roter Sand	G0747	219,7	25.000	-	0	3.500	7,53	1.929,92	113,81	51,38	15,93	15,93	13.714	0	0	0	2,77	607	37%	48%		
Schule Rablinghausen	G0834	685,0	78.241	-	0	5.791	19,91	4.655,05	114,22	93,91	8,45	-9,15	13.912	0	0	12.058	79,80	14.435	401%	31%		
Schule Rablinghausen	G0835	967,2	110.474	-	0	8.177	28,11	6.572,80	114,22	25,62	8,45	6,59	85.696	0	0	1.800	18,59	4.219	66%	74%		
Schule Rablinghausen	G0836	845,0	96.519	-	0	7.144	24,56	5.742,53	114,22	62,78	8,45	6,81	43.473	0	0	1.393	9,77	2.253	40%	43%		
Schule Rablinghausen	G0837	533,4	117.893	-	0	4.846	27,25	6.228,26	221,04	104,06	9,09	4,04	62.391	0	0	2.691	14,51	3.396	53%	53%		
Schule Rablinghausen	G2772	122,5	13.476	-	0	2.450	4,46	1.172,73	110,00	66,31	20,00	20,00	5.352	0	0	0	1,08	237	24%	34%		
Kindertagesstätte Kamphofer Damm	G1259	170,3	18.733	-	0	843	4,38	2.071,37	110,00	63,86	4,95	3,72	7.858	0	0	210	1,74	397	40%	41%		
Kindertagesheim Rablinghausen	G1722	851,8	118.645	-	0	17.036	36,03	9.259,07	139,29	103,94	20,00	10,38	30.108	0	0	8.191	25,77	5.627	72%	28%		
Schule an der Rechtenflether Straße	G1726	3555,9	-	391.285	0	44.272	135,44	30.879,01	110,04	59,86	12,45	5,60	0	178.443	0	24.347	141,56	26.464	105%	47%		
Schule an der Rechtenflether Straße	G1728	624,4	-	105.317	0	7.334	33,21	7.223,49	168,68	71,20	11,75	4,75	0	60.861	0	4.368	19,28	4.374	58%	58%		
Kindertagesheim Woltmershausen	G1783	1020,4	105.326	-	0	41.328	50,54	14.171,37	103,22	99,05	40,50	22,19	4.250	0	0	18.681	51,94	10.547	103%	16%		
Kindertagesheim Warturmer Platz	G2166	836,4	121.154	-	0	31.164	46,54	12.434,84	144,85	96,04	37,26	24,99	40.826	0	0	10.264	20,43	4.922	44%	34%		
Polizei Wache Woltmershausen	G2246	713,7	103.404	-	0	22.930	37,13	9.730,40	144,89	109,31	32,13	16,57	25.393	0	0	11.104	17,03	4.289	46%	29%		
Schule Oberneuland	G0007	680,2	155.794	-	0	7.718	36,94	8.209,54	229,03	160,03	11,35	-1,17	46.939	0	0	8.513	33,27	7.219	90%	34%		
Schule Oberneuland	G1579	403,0	27.970	-	0	4.030	8,50	2.085,91	69,41	43,45	10,00	5,21	10.463	0	0	1.929	13,31	2.662	157%	39%		
Schule Oberneuland	G2865	401,3	11.287	-	0	4.013	5,12	1.402,89	28,12	28,12	10,00	6,45	0	0	0	1.425	1,01	335	20%	9%		
Schule Oberneuland	G1583	252,6	15.684	-	0	2.040	4,61	1.146,07	62,09	58,99	8,08	3,74	784	0	0	1.096	0,93	292	20%	11%		
Freiwillige Feuerwehr Oberneuland	G1504	424,6	43.529	-	0	6.307	13,26	3.317,82	102,52	84,60	14,85	4,94	7.611	0	0	4.209	8,23	1.958	62%	24%		
Kindertagesheim Oberneuland	G1584	663,5	-	66.252	0	18.145	30,47	7.907,99	99,85	56,75	27,35	13,40	0	28.600	0	9.256	22,35	4.844	73%	45%		
Schulzentrum Rockwinkel	G2069	3674,5	286.662	-	0	113.414	138,23	38.728,07	78,01	78,01	30,87	16,44	0	0	0	53.004	37,83	11.701	27%	13%		
Schulzentrum Rockwinkel	G2075	615,2	135.234	-	0	16.174	38,77	9.515,18	219,83	132,10	26,29	19,79	53.967	0	0	4.000	13,73	3.331	35%	38%		
Schulzentrum Rockwinkel	G2076	164,4	5.289	-	0	2.895	3,12	903,14	32,17	11,65	17,61	17,61	3.374	0	0	0	0,68	149	22%	41%		
Jugendtreff Oberneuland	G2681	210,2	32.503	-	0	4.190	9,53	2.346,40	154,66	88,23	19,94	1,37	13.961	0	0	3.902	14,13	3.009	148%	49%		
Jugendtreff Oberneuland	G2962	279,7	43.203	-	0	5.570	12,67	3.118,83	154,49	137,85	19,92	19,92	4.653	0	0	0	0,94	206	7%	10%		
Landhaus Höpkens Ruh	G5428	386,1	52.510	-	0	27.799	30,29	8.858,82	136,00	134,17	72,00	38,16	708	0	0	13.064	9,47	2.912	31%	17%		
Summe		20.425	1.793.010	654.187	0	442.078	849	215.527					515.494	280.160	0	212.765	604	129.101	71%	35%		
				2.447	MWh Brennstoff																	
				442.078	kWh Strom																	
																				Endenergie		
																					1.008.420	
																					212.765	