



06. Februar 2017

KlimaSchutzTeilKonzept Baustein 2
Stadt Schönebeck (Elbe)
Dezernat III / SGL Hochbau
Breiteweg 12a
39218 Schönebeck

Auftragnehmer
Energie- und Umweltberatung
Dr.-Ing Ute Urban
Neuer Markt 14
38895 Derenburg

Bearbeitung: B.Eng. Dirk Streithoff

1. Vorbemerkungen	4
2. Aufgabenstellungen	4
3. Franz-Vollbring-Halle	5
3.1 Berechnung der überschlägigen Hüllfläche	5
3.2 Hüllflächenbewertung	6
3.3 Anlagentechnik	6
3.4 Bedarfsberechnung und Vergleich mit den Verbrauchsdaten	8
3.5 Schwachstellen	9
3.6 Sanierungsfahrplan	11
3.7 Nutzung von Solaranlagen	14
4. Ludwig-Schneider-Grundschule	17
4.1 Berechnung der überschlägigen Hüllfläche	18
4.2 Hüllflächenbewertung	18
4.3 Anlagentechnik	19
4.4 Bedarfsberechnung und Vergleich mit den Verbrauchsdaten	20
4.5 Schwachstellen	21
4.6 Sanierungsfahrplan	22
4.7 Nutzung von Solaranlagen	23
5. Karl Liebknecht Schulgebäude	24
5.1 Berechnung der überschlägigen Hüllfläche	25
5.2 Hüllflächenbewertung	25
5.3 Anlagentechnik	26
5.4 Bedarfsberechnung und Vergleich mit den Verbrauchsdaten	27
5.5 Schwachstellen	28
5.6 Sanierungsfahrplan	28
6. Karl Liebknecht Turnhalle	29
6.1 Berechnung der überschlägigen Hüllfläche	30
6.2 Hüllflächenbewertung	30
6.3 Bedarfsberechnung und Vergleich mit den Verbrauchsdaten	31
6.4 Schwachstellen	31
6.5 Sanierungsfahrplan	32
7. Elbenau Waldschule Sporthalle	33
7.1 Berechnung der überschlägigen Hüllfläche	33
7.2 Hüllflächenbewertung	34
7.3 Bedarfsberechnung und Vergleich mit den Verbrauchsdaten	34
7.4 Schwachstellen	35
7.5 Sanierungsfahrplan	36
8. Zusammenfassung	37

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: U-Werte Franz Vollbring-Halle *	6
Abbildung 2: Fernwärmeübergabe-Station (320 kW)	6
Abbildung 3: Lüftungsanlage	7
Abbildung 4: Angepasstes Nutzerverhalten	8
Abbildung 5: Schwachstellen	9
Abbildung 6: Schwachstellen Thermografieaufnahmen	10
Abbildung 7: Diagramm Amortisationszeit nach Betriebsstunden	11
Abbildung 8: Eingabewerte für LED-Beleuchtung	12
Abbildung 9: schematische Darstellung Glasaufdoppelung Glaskunst	13
Abbildung 10: Wärmdämmverbundsystem	13
Abbildung 11: PV-Anlage Auslegungsdaten	15
Abbildung 12: Ergebnisse der PV-Anlage	15
Abbildung 13: Energieertrag Monatsübersicht	16
Abbildung 14: Energieertragsübersicht	16
Abbildung 15: Darstellung PV-Anlage	16
Abbildung 16: U-Werte Ludwig Schneider Schulgebäude nach Baualterklasse	18
Abbildung 17: Anlagentechnik Ludwig-Schneider-Grundschule	19
Abbildung 19: Schwachstellen Schneider Grundschule	21
Abbildung 20: Ergebnisse der PV-Anlage	23
Abbildung 21: U-Werte Karl Liebknecht Schulgebäude	25
Abbildung 22: Anlagentechnik Karl Liebknecht Schulgebäude und Turnhalle	26
Abbildung 23: Annahmen Nutzerverhalten	27
Abbildung 24: U-Werte Karl Liebknecht Turnhalle	30
Abbildung 25: Schwachstellenübersicht Karl Liebknecht Turnhalle	31
Abbildung 26: U-Werte Waldschule Elbenau Sporthalle	34
Abbildung 27: Verbrauchsübersicht Waldschule Elbenau Fehler! Textmarke nicht definiert.	
Abbildung 28: Schwachstellen Waldschule Elbenau Turnhalle	35

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verbrauchsdaten Franz Vollbring-Halle	8
Tabelle 2: Sanierungsfahrplan Variante 1	11
Tabelle 3: Sanierungsfahrplan Variante 2	13
Tabelle 4: Sanierungsfahrplan Variante 3	13
Tabelle 5: Energieverbrauch Schneider Grundschule	20
Tabelle 6: Sanierungsfahrplan Schneider Schule	22
Tabelle 7: Hüllflächenübersicht Karl Liebknecht Schulgebäude	25
Tabelle 8: Energieverbrauch Karl Liebknecht Schule	27
Tabelle 9: Sanierungsfahrplan Karl-Liebknecht-Schule	28
Tabelle 10: Hüllflächenübersicht Karl Liebknecht Turnhalle	30
Tabelle 11: Verbrauchsübersicht Karl Liebknecht Turnhalle	31
Tabelle 12: Sanierungsfahrplan Karl Liebknecht Turnhalle	32
Tabelle 13: Hüllflächenübersicht Sporthalle Elbenau	33
Tabelle 14: : Verbrauchsübersicht Waldschule Elbenau	34
Tabelle 15: Sanierungsfahrplan Waldschule Elbenau Turnhalle	36
Tabelle 16: Zusammenfassung Wärmeverbrauch und Einsparungen	37
Tabelle 17: Zusammenfassung Stromverbrauch und Einsparungen	38

1. Vorbemerkungen

Inhalt und Umfang des Klimaschutzteilkonzeptes richtet sich nach der Grundlage der „ELER-Kriterien für die Vorhabensauswahl 2014-2020“. Bei den Untersuchungen befolgten wir die aus Baustein 2 entsprechend dem Merkblatt „Erstellung von Klimaschutzteilkonzepten“ geltenden Vorgaben. Die folgenden ausgewählten Liegenschaften der Stadt Schönebeck wurden untersucht:

1. Franz Vollbring Sporthalle
2. Ludwig-Schneider-Grundschule
3. Karl-Liebknecht-Schule
4. Karl-Liebknecht-Turnhalle
5. Turnhalle Waldschule Elbenau

Die Datenerhebung vor Ort erfolgte am 28. September 2016 wobei alle technischen Anlagen sowie relevante Gebäudeteile aufgenommen und dokumentiert wurden. Unter Beachtung von Bauteilkatalogen fand im Anschluss die Hüllflächenbewertung statt. Am 06.12.2016 erfolgten Thermografieaufnahmen, die zur Absicherung der Untersuchungen durchgeführt wurden.

2. Aufgabenstellungen

1. Datenerhebung vor Ort und nach Plan: technische Gebäudeausrüstung, überschlägige Hüllflächenaufnahme (Informationsbeschaffung)
2. Hüllflächenbewertung (Typologien, Verwendung von Bauteilkatalogen, nach Baujahr, Bauweise etc.)
3. Bilddokumentation des Gebäudes (Fassaden, Fenster, Dach, Heizung, Lüftung, Schwachstellen sowie Defekte)
4. Bedarfsberechnung nach einem vereinfachten Verfahren (z.B. DIN 4108-6, DIN 4701-10, DIN V 18599), Abgleich der Verbrauchsdaten
5. Prüfung der Dach- und Fassadenflächen hinsichtlich der Nutzung von PV-Anlagen, Solarthermie und Fassaden- und Dachbegrünung
6. Herausarbeiten von Finanzierungsmöglichkeiten für Einzelmaßnahmen unter Berücksichtigung der finanziellen Haushaltslage
7. Ableitung von Sanierungsoptionen bei einzelnen Bauteilen oder Gebäudes sowie Anlagentechnik, Bewertung des Energieeinsparpotenzials, Einsatz erneuerbarer Energien, Sanierungsfahrplan -> Maßnahmen übersichtlich und hinreichend konkret beschreiben
8. vereinfachte Ermittlung von Investitionskosten, Kostenkatalog

3. Franz-Vollbring-Halle



Gebäudebeschreibung:

Baujahr 1974-1976

Bauweise:

- ✓ Betonfertigelemente aus Stahlbeton
- ✓ Stahlträger
- ✓ Isolierglasfenster
- ✓ Glaskunst, Ornamentglas

3.1 Berechnung der überschlägigen Hüllfläche

Auf Basis der zur Verfügung gestellten Unterlagen (Grundrisszeichnungen) und der Datenaufnahme Vor-Ort wurden die Grunddaten für die Bedarfsberechnung erhoben.

Gebäudevolumen	
<small>(Abzug doppelte AW-Stärken von den Wandlängen)</small>	
Grundfläche netto in m ²	2.889,3
Höhe in m	5,3
Volumen in m ³	15.168,8
Grundfläche Sporthallenbereich in m ²	1.030,3
Höhe Sporthallenbereich in m	5,3
Volumen Sporthallenbereich in m ³	5.409,2
Gesamtvolumen	20.578,0
Berechnung des beheizten Volumen in m ³	
Gesamtvolumen in m ³	20.578,0
Faktor für vereinfachtes Verfahren	0,8
beheiztes Luftvolumen in m ³	16.462,4
Energiebezugsfläche AN	2.820,7

3.2 Hüllflächenbewertung

	Fläche	U-Werte	Schichtaufbau	Dämmung vorhanden?
Dach	2945,26 m ²	U 0,79 W/m ² K		<input type="checkbox"/> Dämmung vorhanden
Oberste Geschossdecke	0,00 m ²	U 0,59 W/m ² K		<input type="checkbox"/> Dämmung vorhanden
Außenwand	1257,36 m ²	U 1,25 W/m ² K		<input type="checkbox"/> Dämmung vorhanden
Kellerdecke/ Bodenplatte	3100,26 m ²	U 1,32 W/m ² K		<input type="checkbox"/> Dämmung vorhanden
Fenster	112,00 m ²	U 5,00 W/m ² K	Einfachverglasung	
	187,20 m ²	U 2,70 W/m ² K	Doppelverglasung	
	80,80 m ²	U 1,30 W/m ² K	Wärmeschutzverglasung	
Heizwärmebedarf Heizleistung	für 19,2 °C Raumtemp. für -12,0 °C Außentemp.	483980 kWh/a = 74 kWh/m²a 298,6 kW		

Abbildung 1: U-Werte Franz Vollbrinq-Halle *

* Zwischen Abbildungen und Berechnung der Flächen bestehen Differenzen, diese entstehen dadurch, dass 7,5 % als unbeheizte Fläche (überdachter Eingangsbereich) angesetzt sind.

3.3 Anlagentechnik



Abbildung 2: Fernwärmeübergabe-Station (320 kW)

Fernwärmeübergabestation (Nord-Ost):

Baujahr: 1995
 Hersteller: Ambra
 Typ: I-50/65-H1
 Wärmeleistung: 320 kW

Lüftungsanlage zur Beheizung der Halle:



Abbildung 3: Lüftungsanlage

Baujahr: 90er Jahre
 Typ: Lüftungsanlage zur Hallenheizung

3.4 Bedarfsberechnung und Vergleich mit den Verbrauchsdaten

Der Energieverbrauch der letzten drei Jahre wurde zum Vergleich mit dem berechneten Bedarf herangezogen. Im Mittel ergibt sich hieraus ein klimabereinigter Verbrauch von 480.200 kWh pro Jahr.

Tabelle 1: Verbrauchsdaten Franz Vollbring-Halle

Angaben in kWh/a	Energieverbrauch 2013		Energieverbrauch 2014		Energieverbrauch 2015		Energieverbrauch		Berechnet
Energieträger	Wärme klimabereinigt	Strom	Wärme klimabereinigt	Strom	Wärme klimabereinigt	Strom	Mittelwert Wärme kWh/a	Mittelwert Strom kWh/a	Endenergie Wärme kWh/a
Fernwärme	502.611	75.090	449.518	70.170	488.459	74.820	480.196	73.360	480.200

Der tatsächliche Verbrauch wird durch das Nutzerverhalten beeinflusst.

Unter Annahme des folgenden Nutzerverhaltens kann der tatsächliche Verbrauch dargestellt werden. Diese Annahmen weichen von den Standardannahmen der EnEV ab. Für Turnhallen werden niedrigere Raumtemperaturen angesetzt.

The screenshot shows a control panel for user behavior (Nutzerverhalten) with the following settings:

- Nutzerverhalten:** durchschnittlich (dropdown)
- Temperatur:** 19,2 °C (slider, range from 'anspruchsvoll' to 'sparsam')
- Luftwechsel:** 0,72 1/h (slider)
- Warmwasser:** 42,0 Liter (slider)
- Interne WG:** 16.638 kWh (slider)
- Unbeheizt:** 7,5 % (slider)
- Nachtsabschaltung:** 8 h (slider)
- Personen:** 50 (input field)
- Fläche A_n:** 6.547,7 m² (input field)
- Einzelregler:**
 - Temperatur:
 - Luftwechsel:
 - Warmwasser:
 - Interne WG:
 - Unbeheizt:
- Buttons:** vorgeben, aktualisieren, erfassen, EnEV - Nutzerverhalten setzen, Hauptreglerposition: Bedarf = Verbrauch, Nutzerverhalten ermitteln
- Summary:**
 - berechneter Bedarf: 480.200 kWh/a
 - realer Verbrauch: 480.200 kWh/a
 - Wärmeeintrag: + 569 kWh/Pers.
 - Jahresbedarf: 35.682 kWh (Warmwasser), 860.374 kWh (Interne WG), 15,00 W/m² (Unbeheizt)
 - mittl. Temperatur: 18,5 °C

Abbildung 4: Angepasstes Nutzerverhalten

Die Raumtemperatur von 19,2 °C ist für eine Turnhallennutzung eher als hoch einzustufen, so dass hier durch Reduzierung der Raumtemperatur Einsparungen erzielt werden können. Die Nachtabenkung wurde mit 8 h pro Tag angenommen, da durch die Vereinsnutzung auch in den Abendstunden Betrieb erforderlich ist. Lediglich 3,5 % des Energiebedarfs entfällt auf die Warmwassererzeugung.

3.5 Schwachstellen

Folgende Schwachstellen sind am Gebäude festzustellen:

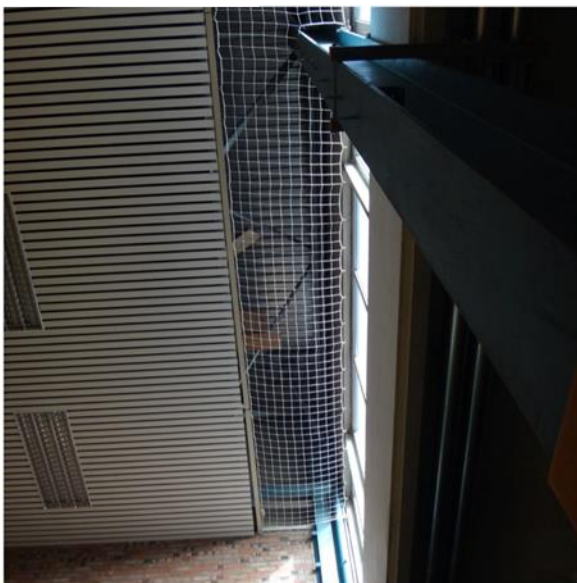
- Einfachverglasung Glaskunst-Fenster und Ornamentglas
- fehlende Dämmung der Konstruktion im Dachbereich (insbesondere Lichtkuppel Halle) und
- Kurzschlussströmung der Lüftungsanlage



Glaskunst-Fenster



Ornamente-Fenster



Sporthallen-Dach



Lüftungsanlage

Abbildung 5: Schwachstellen

Am 6.12.2016 wurden Thermografieaufnahmen gemacht um damit die Schwachstellen visuell zu verdeutlichen. Hieraus ist noch der Sockelbereich des Gebäudes (direkter Anschluss von Betonplatten) als weitere Schwachstelle erkennbar (unten links).

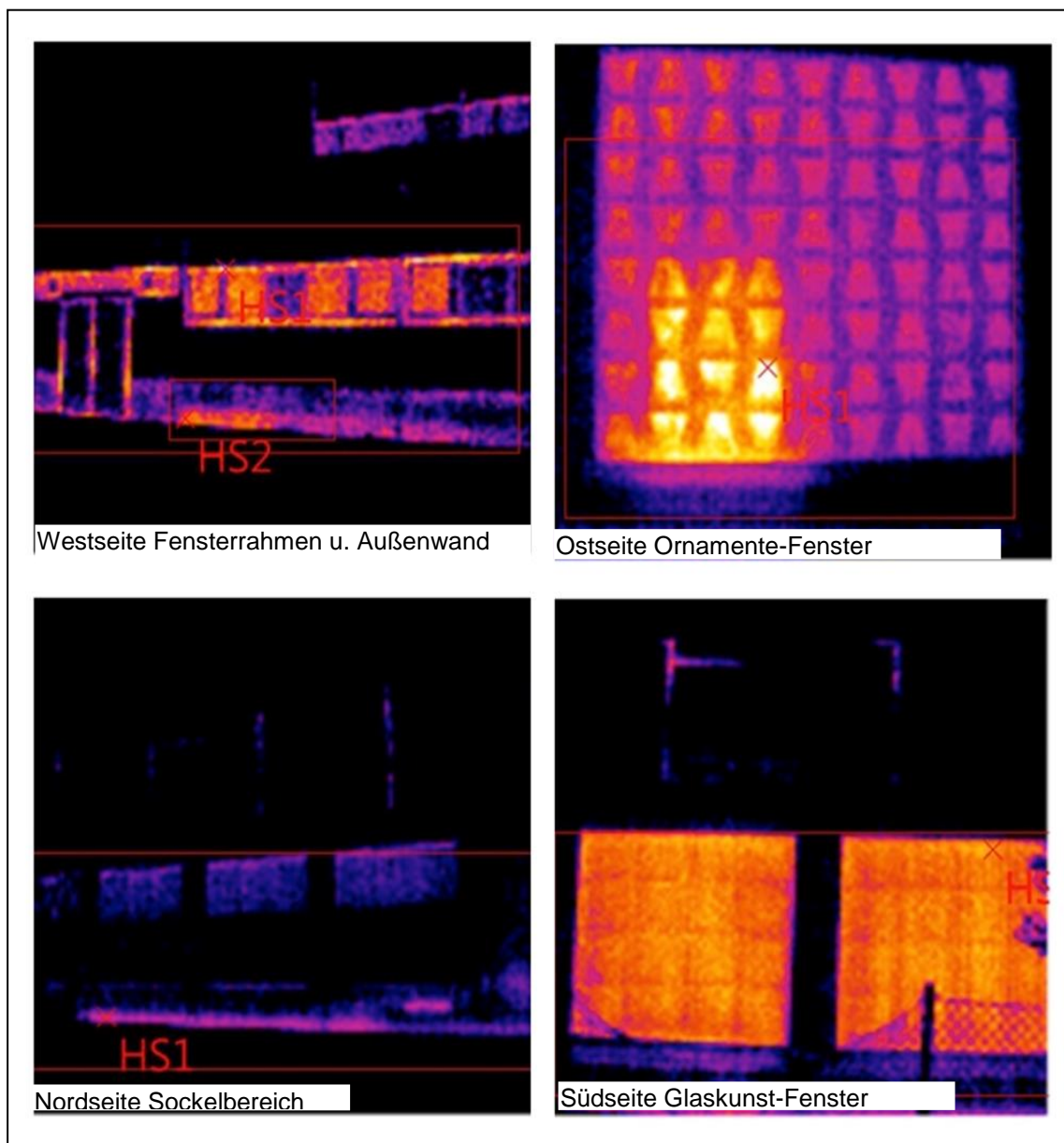


Abbildung 6: Schwachstellen Thermografieaufnahmen

Auf Basis der aufgenommenen Schwachstellen wurde ein Sanierungsfahrplan erstellt.

3.6 Sanierungsfahrplan

Für die Sanierung der Vollbring-Sporthalle wurden Sanierungsvarianten erarbeitet, die jeweils aufeinander aufbauen. Für die Kostenschätzung sind die energetischen Investitionskosten nach Baukostenkatalogen verwendet worden. Eine Kostenberechnung muss im Rahmen der Planung erstellt werden.

Für die Einsparung von elektrischer Energie wurde die Umstellung der Beleuchtung auf LED-Technik und die Installation einer PV-Anlage bewertet.

Als Variante 1 werden folgende Maßnahmen zur Reduzierung des Heizenergiebedarfs vorgeschlagen:

Dämmung der Hallenlichtkuppel (oberste Geschossdecke) und Installation von LED-Leuchtmitteln im Hallenbereich.

Tabelle 2: Sanierungsfahrplan Variante 1

Sanierungsfahrplan												
Variante 1	Dämmstoff-Stärke - WLG	U-Werte vorher	U-Wert nach Sanierung	m ²	€/m ²	Invest ohne Planung	Wärme-Energie-Einsparung	Einsparung in kWh (verbr. angepasst)	Wärme-Einsparung in €/a	Amortisation in Jahren (50 % Förderung)	CO ₂ -Reduzierung in kg/a	
Variante 1												
Hallendach und Oberlicht dämmen	160 mm-040	1,15	0,18	1030	130	133.900,00 €						
oberste Geschossdecke (Zwischendecke)	160 mm-040	0,59	0,18	1859	95	176.605,00 €						
N/S-AW Oberlicht Halle	160 mm-040	1,25	0,18	255	130	33.150,00 €						
LED Beleuchtung	100 Stück					3.500,00 €		4.500	1.260,00 €	3,1	2.520	
Heizlast neu in kW 242						347.155,00 €	34	163.268	13.061,44 €	13,3	51.500	

Diese Investitionen amortisieren sich nach 13 Jahren, wenn eine Förderung von 50 % gewährt wird (s. Kommunalrichtlinie).

Für die LED-Beleuchtung wurde eine detaillierte Berechnung durchgeführt, um die Amortisationszeit zu ermitteln. Je nach Nutzungsdauer pro Jahr, kann die Amortisationszeit in Jahren abgelesen werden.

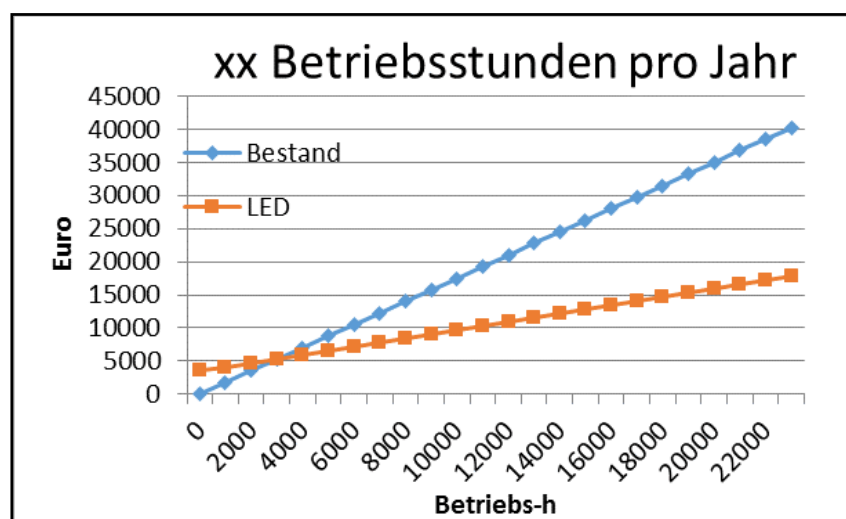


Abbildung 7: Diagramm Amortisationszeit nach Betriebsstunden

Eingabe	Bestand	LED	
Leistung	0,07	0,025	kW
Preis	5	30	€ pro Stk.
Herstellerangabe Lebensdauer	13000	30000	Stunden
Anzahl der Leuchtmittel	100		Stück
Brenndauer	5		Stunden pro Tag
Brenntage	200		Tage pro Jahr
Wartungs- und Austauschkosten	5		€ pro Stück
Strompreis	0,25		€ pro kWh
Berechnung			
Anschaffungskosten pro Jahr	38,46	100	€/a
Betriebsstunden pro Jahr	1000	1000	Stunden
Lebenserwartung der Lampen	13,0	30,0	Jahre
Austauschkosten	38,46	16,67	€ pro Jahr
täglicher Stromverbrauch	35	12,5	kWh/d
jährlicher Stromverbrauch	7000	2500	kWh/a
jährliche Energiekosten	1750,00	625,00	€
Summe Jahreskosten	1826,92	741,67	€
Jährliche Ersparnis	1125		€
Amortisation	4500		kWh/a
erstmalige Arbeitskosten	500		€
erstmalige Anschaffungskosten	3000		€
Gesamtkosten	3500		€
voraussichtliche Einsparungen pro Jahr	1125		€
Amortisation nach	3,1		Jahre
CO ₂ -Einsparung	2520		kg/a

Abbildung 8: Eingabewerte für LED-Beleuchtung

Die Beleuchtung der Halle erfolgt bereits mit einer Tageslichtsteuerung, so dass für die Amortisationszeit der Beleuchtung mit 1000 h Volllaststunden (3,3 h pro Tag) gerechnet wurde. Unter dieser Annahme amortisiert sich diese Investition bereits nach 3,1 Jahren, wie Abbildung 9 zeigt.

Mit der Umsetzung der Maßnahmen nach Variante 1 können 56 t CO₂-Emissionen pro Jahr vermieden werden.

VARIANTE 2

Zusätzlich zu den Maßnahmen der Variante 1 wird die Dämmung der Außenwand auf der Westseite (Umkleiden) und die Aufdoppelung der Glaskunst und Ornamentfassade empfohlen, da die Transmissionswärmeverluste über diese Bauteile besonders hoch sind.

Die Amortisationszeit der Maßnahmen beträgt ca. 14 Jahre.

Tabelle 3: Sanierungsfahrplan Variante 2

Variante 2 (zusätzlich zu Var. 1)	Dämmstoff-Stärke - WLG	U-Werte vorher	U-Wert nach Sanierung	m ²	€/m ²	€ Invest ohne Planung	Wärme-Energie-Einsparung in %	Einsparung in kWh (verbr. angepasst)	Wärme-Einsparung in €/a	Amortisation in Jahren (50 % Förderung)	CO ₂ -Reduzierung in kg/a
AW Dämmung Westseite-Umkleiden	140 mm- 040	1,25	0,24	180	130	23.400,00 €					
Aufdopplung Glaskunst, Ornament	Plexiglas	5	2,0	112	350	39.200,00 €					
Heizlast neu in kW 225						409.755,00 €	38,0	182.476	14.598,08 €	14,0	57.263

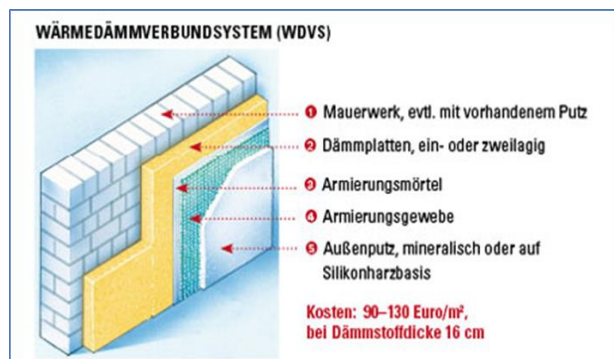


Abbildung 10: Wärmedämmverbundsystem

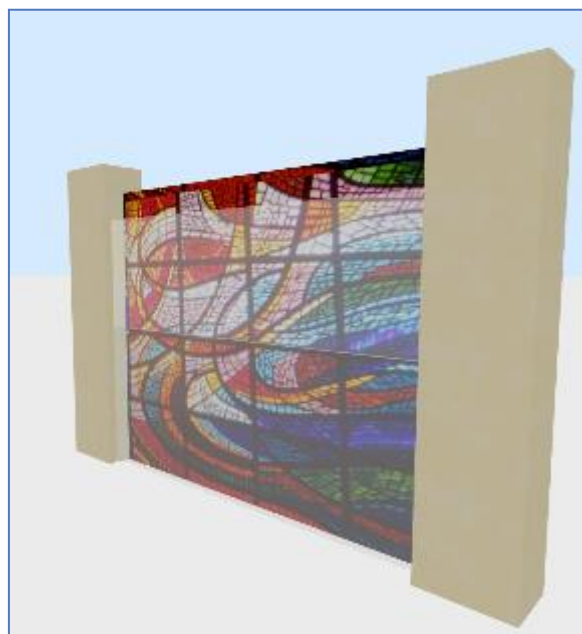


Abbildung 9: schematische Darstellung Glasaufdoppelung Glaskunst

Aufgrund der Baugröße (16 m² je Glaskunstelement) wird die Ausführung aus Plexiglas empfohlen. Die Fensterkonstruktion kann dann als Doppelverglasung angenommen werden. Mit der Maßnahme wird die Ansicht erhalten und der Energiebedarf reduziert.

Durch die Variante 2 kann der Heizenergiebedarf um 38 % reduziert werden und es können 62 t CO₂-Emissionen pro Jahr vermieden werden.

VARIANTE 3

Zur weiteren energetischen Optimierung ist die Dämmung der gesamten Außenwände vorgesehen. Zur Deckung des Strombedarfs ist die Installation einer PV-Anlagen auf dem Süddach (Eingangsbereich, Gymnastikraum, Bürotrakt) empfehlenswert. Durch einen hohen Eigenverbrauchsanteil ist die Amortisation mit ca. 6 Jahren kurz. Die Details zur Auslegung sind im folgenden Kapitel erläutert.

Tabelle 4: Sanierungsfahrplan Variante 3

Variante 3	Dämmstoff-Stärke - WLG	U-Werte vorher	U-Wert nach Sanierung	m ²	€/m ²	€ Invest ohne Planung	Energie-Einsparung in %	Einsparung in kWh (verbr. angepasst)	Einsparung in €/a	Amortisation in Jahren (50 % Förderung)	CO ₂ -Reduzierung in kg/a
AW Dämmung Nord und Süd	140 mm - 040	1,25	0,24	706	120	84.720,00 €					
PV Anlage	20 kWp			200		30.000,00 €	Strom	16.000	4.840,00 €	6,2	9500
Optimierung der Lüftungsanlage											
Gesamt						524.475,00 €	42,00	201.684	20.974,72 €	18,7	72.525

Mit der Ausführung dieser Maßnahmen kann der Heizenergiebedarf (verbrauchsbereinigt) um 42 % reduziert und es können über 75 t CO₂-Emissionen vermindert werden. Die Amortisationszeit ist unter Berücksichtigung der Förderung bei

18,7 Jahren (Annahme der heutigen Energiepreise), und ist kürzer als die Lebensdauer der Bauteile und somit wirtschaftlich.

Für die Sanierungsmaßnahmen wurden nach Baukostenkennwerten eine Investitionssumme für die energetische Sanierung von ca. 525.000 Euro (netto) abgeschätzt. Mit Unvorhergesehenen (insbesondere im Bereich der Dachkonstruktion) sind mindestens 800.000 Euro (brutto) einzuplanen und die Kostenschätzung durch eine Detailplanung zu untersetzen.

Durch Thermografie-Aufnahmen am 06.12.2016 wurden die Schwachstellen des Gebäudes visualisiert. Hierbei ist der Sockelbereich als weitere Schwachstelle erkennbar. Somit ist zusätzlich eine Perimeterdämmung und ein empfehlenswert. Des Weiteren wird empfohlen, die Luftführung innerhalb der Halle anders zu führen, die Abluft ist genau neben der Luftzuführung, so dass es zu Kurzschlussströmungen führt und der südliche Hallenbereich kaum erwärmt wird. Die dadurch entstehende Energieeinsparung ist nicht genau zu berechnen. Einen weiteren Vorteil aus dieser Maßnahme ist der Komfort in der Sporthalle, da die Wärme besser verteilt werden kann.

Mit diesen Maßnahmen kann von einer Investitionssumme von 1,2 Mio. Euro für die energetische Sanierung der Sporthalle ausgegangen werden. Hierdurch wird auch die Instandsetzung der Fassade und damit optische Aufwertung, die in den nächsten Jahren ohnehin erforderlich wäre, erledigt. Die Anschlussleistung des Fernwärmeanschlusses kann von 320 kW auf ca. 220 kW gesenkt werden, so dass neben den Verbrauchskosten auch die Grundgebühr gesenkt werden kann.

3.7 Nutzung von Solarenergie

Die Dachfläche (Flachdach) der Südseite (ca. 10m x 48,9 m) ist für die Nutzung einer PV-Anlage oder Solarthermie von der Ausrichtung gut geeignet. Die Module sollten aufgeständert installiert werden, um den Solarertrag für die Übergangszeit zu optimieren (ca. 45 °). Dazu ist die Statik des Daches vor der Ausführung zu kontrollieren. Photovoltaik-Module sind mit ca. 12 kg/m² zusätzlicher Belastung weniger problematisch als Solarkollektoren (ca. 30 kg/m²). Entsprechende Unterkonstruktionen können die Last gezielt eintragen, so dass eine Ausführung möglich ist.

Die Heizungsanlage und der Warmwasserspeicher sind auf der Nord-Ost-Seite installiert, so dass für die Nutzung von Solarthermie erhebliche Leitungslängen zu verlegen wären. Aus diesem Grund wurde nur für eine PV-Anlage eine Simulation erstellt.

Die Leistung der PV-Anlage wurde auf 20 kWp (2 Reihen 40 m x 2 m) abgeschätzt, und mit Hilfe der Simulation (SMA Sunny Design) der Anteil des Eigenverbrauchs ermittelt. Durch die LED-Beleuchtung wird eine Reduzierung des Stromverbrauchs auf ca. 50.000 kWh pro Jahr erwartet. Dieser Wert wurde als Eingangsgröße für die Simulation verwendet.

PV-Auslegungsdaten			
Gesamtanzahl der PV-Module:	83	Performance Ratio*:	89,2 %
Peak-Leistung:	19,92 kWp	Spez. Energie-Ertrag*:	1070 kWh/kWp
Anzahl der PV-Wechselrichter:	1	Leistungsverluste (in % von PV-Energie):	0,14 %
AC-Nennleistung der PV-Wechselrichter:	20,00 kW	Schieflast:	0,00 VA
AC-Wirkleistung:	18,00 kW	Jährlicher Energieverbrauch:	50.000 kWh
Wirkleistungsverhältnis:	90,4 %	Eigenverbrauch:	15.559,48 kWh
Jährlicher Energie-Ertrag*:	21.318,80 kWh	Eigenverbrauchsquote:	73 %
Energienutzungsfaktor:	100 %	Autarkiequote (in % vom Energieverbrauch):	31,1 %

Abbildung 11: PV-Anlage Auslegungsdaten

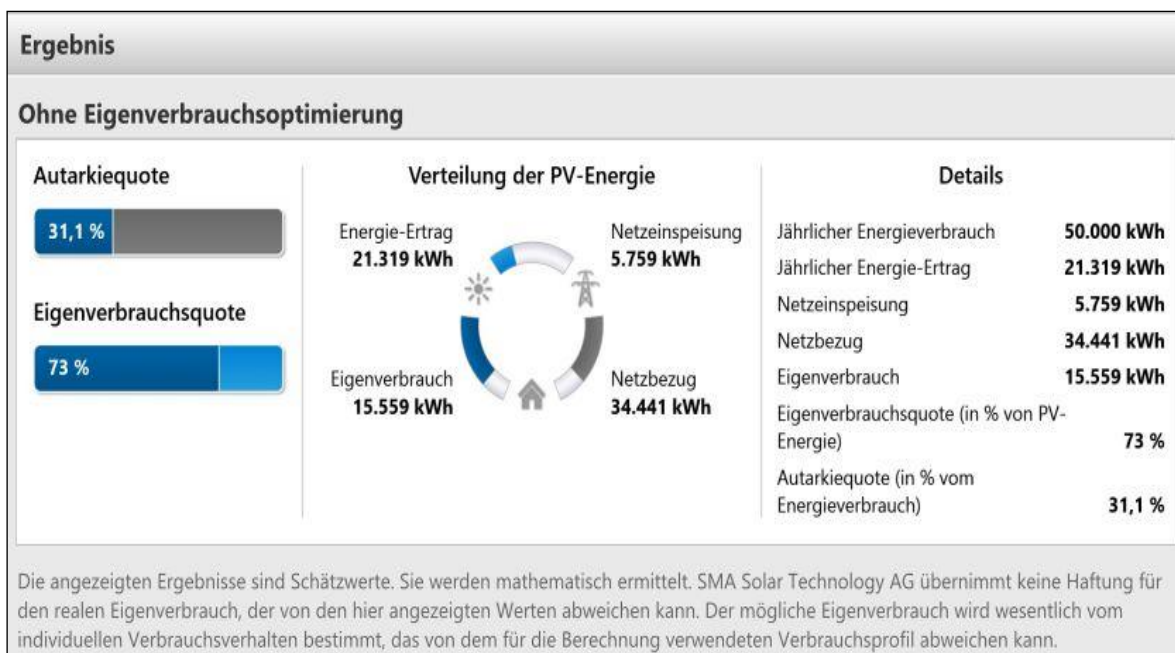


Abbildung 12: Ergebnisse der PV-Anlage

Mit der Simulation konnte ein Eigenverbrauchsanteil von 31,1 % ermittelt werden. Dieser wird für die Amortisationsberechnung verwendet, da die Einsparungen durch Minderung des Strombezuges (28 Ct/kWh) deutlich höher sind, als die Einspeisevergütung (ca. 12 Ct/kWh).

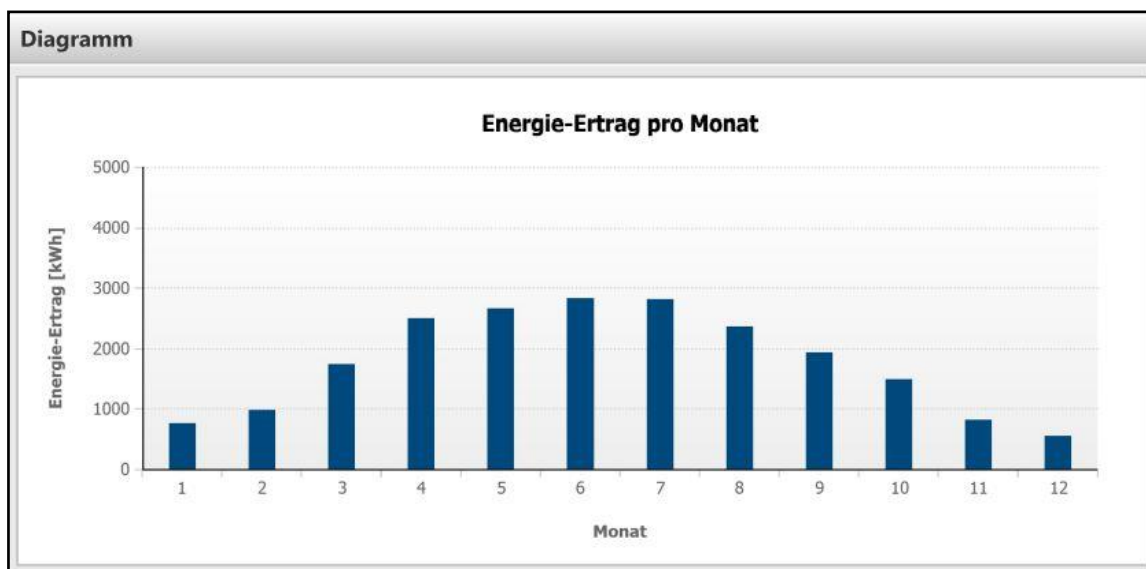


Abbildung 13: Energieertrag Monatsübersicht

Tabelle

Monat	Energie-Ertrag [kWh]	Eigenverbrauch [kWh]	Einspeisung [kWh]	Netzbezug [kWh]
1	753 (3,5 %)	646	107	3676
2	972 (4,6 %)	844	129	3043
3	1728 (8,1 %)	1343	385	2893
4	2486 (11,7 %)	1596	890	2359
5	2648 (12,4 %)	1891	757	2333
6	2821 (13,2 %)	1937	883	2225
7	2802 (13,1 %)	1860	942	2431
8	2350 (11,0 %)	1698	652	2617
9	1925 (9,0 %)	1369	555	2670
10	1482 (7,0 %)	1149	333	2965
11	809 (3,8 %)	698	111	3479
12	543 (2,5 %)	529	14	3749

Abbildung 14: Energieertragsübersicht

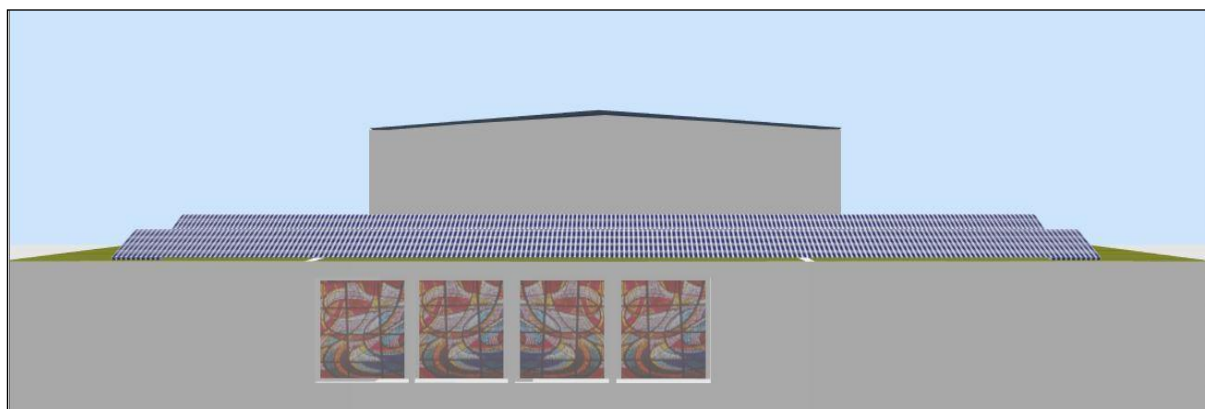


Abbildung 15: Darstellung PV-Anlage

4. Ludwig-Schneider-Grundschule



Gebäudebeschreibung

Baujahr: 1906

Bauweise:

- ✓ Ziegelmauerwerk
- ✓ Isolierverglasung 1990 - Teutotherm
- ✓ Denkmalschutz
- ✓ oberste Geschossdecke mit 14 cm Glaswolle gedämmt
- ✓ Raumhöhen 3,0 – 4,04 m
- ✓ Brandschutztüren (Treppenhäuser N/S abgeteilt)

4.1 Berechnung der überschlägigen Hüllfläche

Auf Basis der zur Verfügung gestellten Unterlagen (Grundrisszeichnungen) und der Datenaufnahme Vor-Ort wurden die Grunddaten für die Bedarfsberechnung erhoben.

Gesamte Hüllfläche		Bemerkung
Länge in m	39,81	
Breite in m	18,8	
Grundfläche in m ²	748,4	
Geschoßfläche in m ²	2993,7	
Vollgeschosse	4	
Energiebezugsfläche	2664,4	BGF *0,89
lichte Raumhöhe (EG, 1-2 OG) in m	4,04	
lichte Raumhöhe DG in m	2,97	
Oberste Geschoßdecke in m ²	549,2	
Dachfläche in m ²	431,3	
Hüllfläche Fassade in m ²	1836,5	
Wärmeübertragende-Hüllfläche in m ²	3565,5	
Gebäudehöhe in m	17,5	
Gebäudevolumen in m ³	13097,5	
Faktor für vereinfachtes Verfahren	0,8	
berechnetes Heizvolumen	10478,0	

4.2 Hüllflächenbewertung

Die Bauteile der Hüllfläche wurden nach Baualterklasse bzw. mit den Daten der Sanierung für die Berechnung des Heizenergiebedarfs bewertet.

Standard-U-Werte aus Typologie Deutschland -EnEV-					
"unsichere U-Werte"		Gebäude-Typologie	vorhandene Dämmung		Ist-Zustand
Fläche	U-Werte		Fläche	WLS 035	U-Werte
Dach	561,32 m ²	2,60 W/m ² K	561,32 m ²	10 cm	0,31 W/m ² K
Oberste Geschossdecke	310,88 m ²	1,00 W/m ² K	310,88 m ²	14 cm	0,20 W/m ² K
Außenwand	934,55 m ²	1,70 W/m ² K	<input type="checkbox"/> Dämmung vorhanden		1,70 W/m ² K
Kellerdecke/Bodenplatte	748,43 m ²	1,20 W/m ² K	<input type="checkbox"/> Dämmung vorhanden		1,20 W/m ² K
Fenster	0,00 m ²	5,00 W/m ² K	Einfachverglasung		5,00 W/m ² K
	0,00 m ²	2,70 W/m ² K	Doppelverglasung		2,70 W/m ² K
	390,04 m ²	1,30 W/m ² K	Wärmeschutzverglasung		1,30 W/m ² K
Heizwärmebedarf	für 19,0 °C Raumtemp. 243860 kWh/a = 74 kWh/m²a				
Heizleistung	für -12,0 °C Außentemp. 139,5 kW				

Abbildung 16: U-Werte Ludwig Schneider Schulgebäude nach Baualterklasse

4.3 Anlagentechnik



Abbildung 17: Anlagentechnik Ludwig-Schneider-Grundschule

Heizungsanlage:

Baujahr: 1992
 Hersteller: Viessmann
 Typ: RN-015
 Wärmeleistung: 2x 170 kW
 Energieträger: Erdgas

4.4 Bedarfsberechnung und Vergleich mit den Verbrauchsdaten

Der Energieverbrauch der letzten drei Jahre wurde zum Vergleich mit dem berechneten Bedarf herangezogen.

Tabelle 5: Energieverbrauch Schneider Grundschule

Angaben in kWh/a	Energieverbrauch 2013		Energieverbrauch 2014		Energieverbrauch 2015		Energieverbrauch		Berechnet
	Wärme klimabe-reinigt	Strom	Wärme klimabe-reinigt	Strom	Wärme klimabe-reinigt	Strom	Mittelwert Wärme kWh/a	Mittelwert Strom kWh/a	Endenergie Wärme kWh/a
Erdgas	339.035	21.540	324.053	28.080	350.203	24.480	337.764	24.700	251.478 115.072

Der berechnete Bedarf deckt sich unter Annahmen des folgenden Nutzerverhaltens mit dem tatsächlichen Verbrauch für die Schule. Die Temperaturannahme für die Turnhalle liegt bei 17°C.

Nutzerverhalten Nichtwohngebäude			
Raumtemperatur	18 °C		
Luftwechselrate	0,7 h ⁻¹	Fensterlüftung	
Interne Wärmegewinne	15 W/m ²		
Gewinne (sonstige)	2 W/m ²		
Arbeitszeit	8 h		
Heizungsanlage			
Nachtabsenkung	13 h		
Wochendabsenkung	62 h		
Mindesttemperatur	16 °C		
Trinkwasserwärmebedarf	12,5 kWh/m ² a		
Abschalbetrieb	ja		

Die Abschaltdauer über das Wochenende ist bereits ab Freitag mittag bis Montag früh eingestellt, so dass hierdurch ein geringer Verbrauch erreicht wird.

4.5 Schwachstellen



Abbildung 18: Schwachstellen Schneider Grundschule

Im oberen Bild ist die nachträgliche Dachdämmung der obersten Geschosdecke zu erkennen.

Die beiden Portaltüren auf der Hofseite (Ost) und Südseite schließen aufgrund der Größe nicht mehr dicht. Das gleiche gilt für die Fenster von 1990. Hier ist eine Nachjustierung und Abdichtung empfehlenswert. Dies ist als Instandhaltungsmaßnahme nicht im Sanierungsfahrplan enthalten.

Die sich im Schulgebäude befindende Heizungsanlage versorgt das Schulgebäude sowie die auf dem Schulhof befindliche Turnhalle. Der Zustand der Heizungsanlage ist dem Baujahr entsprechend vergleichsweise gut. Die 5 Heizkreise werden durch moderne Hocheffizienzpumpen (2 x Alpha 2-25-60-190, Magna 40/100-F220, UPE 4080F-250, UPE 25-60-180 [Erneuerung schon geplant]) versorgt.



Die Luftöffnung im Keller zur Versorgung der Kessel mit Verbrennungsluft ist direkt neben dem Wasseranschluss angeordnet, was bei starkem Frost Probleme bereitet.

4.6 Sanierungsfahrplan

Für die Sanierung des Gebäudes sind neben der Abdichtung der Fenster und Türen insbesondere die Kellerdecke und die Heizungsanlage zu sanieren. Folgende Sanierungsvarianten wurden hierzu erstellt und die möglichen Einsparungen berechnet.

Für die Dämmung der Kellerdecke ist Spritzdämmputz, der auch brandschutztechnisch zugelassen ist, angesetzt. Eine Styropordämmung könnte noch günstiger ausgeführt werden.

Tabelle 6: Sanierungsfahrplan Schneider Schule

Variante 1	Dämmstoff-Stärke - WLG	U-Werte vorher	U-Wert nach Sanierung	m ²	€/m ² brutto	Invest ohne Planung	Wärme-Energie-Einsparung in %	Einsparung in kWh (verbr. angepasst)	Einsparung in €/a	Amortisation in Jahren (50 % Förderung)	CO ₂ -Reduzierung in kg/a
Dämmung Kellerdecke	100 mm-035	1,2	0,3	748,43	54	40.415,22 €	12	30.672,00	1.840,32		7.668,00
oberste Geschossdecke (Zwischendecke)	160 mm-035	1	0,2	310,88	40	12.435,20 €	1	2.556,00	153,36		639,00
PV-Anlage (Turnhalle)	20 kWp			200		30.000,00 €		8.000	3.560,00 €		9.500
LED-Beleuchtung				200		7.000,00 €	Strom 25%	6.175	1.729,00 €		3.088
Heizlast neu in kW 230 (inkl. 100 kW Turnhalle)		Summe				89.850,42 €	13	33.228	7.282,68 €	6,2	20.895
Variante 2	Dämmstoff-Stärke - WLG	U-Werte vorher	U-Wert nach Sanierung	m ²	€/m ² brutto	Invest ohne Planung	Wärme-Energie-Einsparung in %	Einsparung in kWh (verbr. angepasst)	Wärme-Einsparung in €/a	Amortisation in Jahren (50 % Förderung)	CO ₂ -Reduzierung in kg/a
Heizungsanlage	Brennwert					51.360,40 €	11	24.461	1.467,66		6.115
Abdichtung Eingangstüren											
Heizlast neu in kW 230		Summe				141.210,82 €	24	57.689	3.461,34 €	20,4	27.010
Variante 3	Dämmstoff-Stärke - WLG	U-Werte vorher	U-Wert nach Sanierung	m ² od. Stk.	€/m ² brutto	Invest ohne Planung	Energie-einsparung in %	Einsparung in kWh (verbr. angepasst)	Einsparung in €/a	Amortisation in Jahren (50 % Förderung)	CO ₂ -Reduzierung in kg/a
Vollsanierung (Innendämmung)	100 mm-035	1,7	0,3	950	150	142.500,00 €	27	53.436	3.206,16		13.359
Abdichtung Eingangstüren											
Heizlast neu in kW 190		Summe				283.710,82 €	51	111.125	11.956,49 €	11,9	40.369

Durch die Sanierung in Variante 2 ist eine Reduzierung des Heizenergiebedarfs um 24 % für das Schulgebäude möglich. Damit kann die Heizungsanlage kleiner ausgelegt werden, bzw. der Brennwerteffekt mit den vorhandenen Heizflächen besser genutzt werden. Die Amortisationszeit in 12-20 Jahren ist kürzer als die Lebensdauer der Bauteile und Anlagen, so dass diese Variante empfohlen werden kann. Zusätzlich sollten die Fenster und Türen nachjustiert werden.

Eine Komplettsanierung ist durch die Installation einer Innendämmung (z.B. Holzfaserdämmstoffe) möglich, da die Fassade aufgrund des Denkmalschutzes nicht gedämmt werden kann. Eine Innendämmung hat den Vorteil, dass die Innenwandtemperatur erhöht und die Aufheizzeiten reduziert werden, da nicht das Mauerwerk aufgeheizt werden muss. Diese Maßnahme ist in Verbindung mit einer Komplettsanierung der Räume zu realisieren. Die angesetzten Kosten stellen lediglich die energetischen Sanierungskosten dar. Zur Erreichung einer deutlichen Energieeinsparung (-51%) ist die Dämmung der Außenwände allerdings erforderlich.

Mit der Berücksichtigung von Planungskosten und Nebenarbeiten sind für die Sanierung ca. 500.000 Euro zu veranschlagen. Der Austausch der Heizungsanlage ist aufgrund des Alters der Kessel in den nächsten Jahren einzuplanen (spätestens 2022), so dass es als Variante 2 angegeben ist.

4.7 Nutzung von Solaranlagen

Das Dach der Turnhalle würde sich für die Installation ein PV-Anlage eignen. Wie bei der Vollbringhalle ist eine 20 kWp-Anlage von der Fläche her darstellbar.

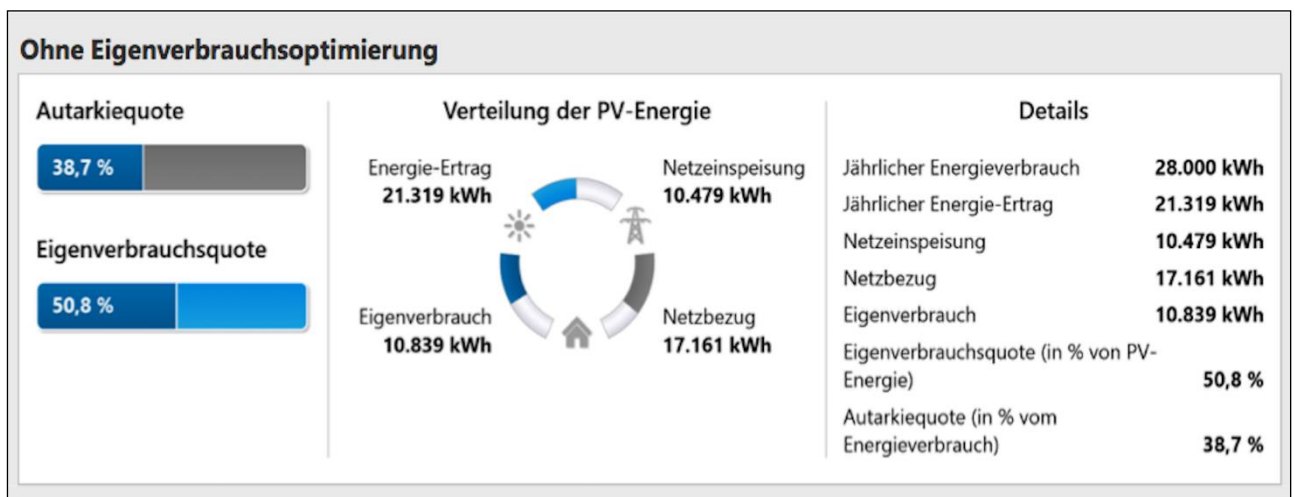


Abbildung 19: Ergebnisse der PV-Anlage

Die Schule und Turnhalle benötigt derzeit 24.700 kWh/a (Mittel aus 2013-2015), so dass ein Großteil des Strombedarfs durch die Eigenerzeugung (bilanziell im Jahresmittel) gedeckt werden könnte. Für die Beleuchtung wird in Schulen üblicherweise für ca. 80 % des Stromverbrauchs benötigt (19.760 kWh).

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung sind somit nur 51 % des Verbrauchs für die Beleuchtung (ca. 11.000 kWh) als Eigenverbrauch angesetzt, s. Simulationsergebnis.

5. Karl Liebknecht Schulgebäude



Gebäudebeschreibung:

Baujahr: 1912

Bauweise:

- ✓ Ziegelmauerwerk
- ✓ Denkmalschutz
- ✓ Holzbalkendecke
- ✓ Keller und Dachgeschoss zum Teil beheizt

5.1 Berechnung der überschlägigen Hüllfläche

Auf Basis der zur Verfügung gestellten Unterlagen (Grundrisszeichnungen) und der Datenaufnahme Vor-Ort wurden die Grunddaten für die Bedarfsberechnung erhoben.

Tabelle 7: Hüllflächenübersicht Karl Liebknecht Schulgebäude

Gesamte Hüllfläche		Bemerkung
Baujahr	1915	
Länge in m	57,6	
Breite in m	17,5	
Grundfläche in m ²	1008,0	
Vollgeschosse	4	
Geschoßfläche in m ²	1008,0	
Energiebezugsfläche in m ²	3588,5	BGF*0,89
lichte Raumhöhe (EG, 1-2 OG) in m	3,8	
lichte Raumhöhe DG in m	3,8	
Wärmeübertragende Hüllfläche in m ²	4997,0	
Gebäudehöhe in m	17,1	
Gebäudevolumen in m ³	17186,4	
Faktor für vereinfachtes Verfahren	0,8	
beheiztes Luftvolumen in m ³	13749,1	

5.2 Hüllflächenbewertung

	Fläche	U-Werte	
 Dach	346,26 m ²	▶ 2,10 W/m ² K	
 Oberste Geschossdecke	764,24 m ²	1,00 W/m ² K	
 Außenwand	1626,56 m ²	1,70 W/m ² K	
 Kellerdecke/ Bodenplatte	1036,26 m ²	1,20 W/m ² K	
 Fenster	0,00 m ²	5,00 W/m ² K	Einfachverglasung
	0,00 m ²	2,70 W/m ² K	Doppelverglasung
	680,50 m ²	1,30 W/m ² K	Wärmeschutzverglasung
Heizwärmebedarf	für 19,0 °C Raumtemp.	311160 kWh/a	= 55 kWh/m²a
Heizleistung	für -12,0 °C Außentemp.	243,5 kW	

Abbildung 20: U-Werte Karl Liebknecht Schulgebäude

5.3 Anlagentechnik



Abbildung 21: Anlagentechnik Karl Liebknecht Schulgebäude und Turnhalle

Heizungsanlage:

Baujahr: 2015 (August)
 Hersteller: Viessmann
 Typ: Vitocrossal 200 - Brennwert
 Wärmeleistung: 2x 186 kW
 Energieträger: Erdgas

5.4 Bedarfsberechnung und Vergleich mit den Verbrauchsdaten

Der Energieverbrauch der letzten drei Jahre wurde zum Vergleich mit dem berechneten Bedarf herangezogen. Im August 2015 wurde die Heizungsanlage erneuert, so dass die Einsparungen hieraus in den Verbrauchsdaten noch nicht vollständig abgebildet sind. Für 2016 müsste der Gasverbrauch ca. 10 % geringer ausfallen, 435.500 kWh statt bisher 487.750 kWh pro Jahr (klimabereinigt).

Tabelle 8: Energieverbrauch Karl Liebknecht Schule (2. Zeile Turnhalle)

Angaben in kWh/a	Energieverbrauch 2013		Energieverbrauch 2014		Energieverbrauch 2015		Energieverbrauch		Berechnet
Energieträger	Wärme klimabereinigt	Strom	Wärme klimabereinigt	Strom	Wärme klimabereinigt	Strom	Mittelwert Wärme kWh/a	Mittelwert Strom kWh/a	Endenergie Wärme kWh/a
Erdgas	636.197	30.953	522.515	30.888	591.205	29.829	583.306	30.557	487.731
		6.037		5.367		5.091		5.498	114.724

Heizungsunterbrechung

Nachtabstaltung

Wochenendabschaltung


Abschaltdauer h

Mindesttemperatur* °C

Abschaltdauer h

Mindesttemperatur* °C

* Temperatur, bei deren Erreichen die Regelung wieder einschaltet.
(0°C bedeutet: kein Einschalten in der Abschaltzeit.)



Abschaltbetrieb Maximale Kesselleistung kW (DIN 4108-6)

reduzierter Betrieb

Abbildung 22: Annahmen Nutzerverhalten

Durch den Schul- und Hortbetrieb im Gebäude ist die Abschaltdauer von 16 - 7 Uhr mit 15 Stunden angenommen. Die Wochenendabschaltung ist mit 50 h vergleichsweise kurz. Die vollständige Nutzung des Brennwerteffektes sollte durch Messungen der Vor- und Rücklauftemperaturen und der Kondensatmenge geprüft werden, um ggf. weitere Optimierungspotenziale zu erschließen, da der Erdgasverbrauch 2015 noch nicht deutlich unter den Vorjahreswerten liegt.

5.5 Schwachstellen

In diesem Schulgebäude wurden die oberste Geschosdecke, die Kellerdecke zu unbeheizten Bereichen und der Sockelanschluss (Betonplatten schließen direkt an) als Schwachstellen identifiziert.

5.6 Sanierungsfahrplan

Zur energetischen Sanierung ist insbesondere die oberste und untersten Decken des Gebäudes zu betrachten. Mit kurzen Amortisationszeiten von 7,6 – 9,2 Jahren könnte der Energieeinsatz für die Wärmeversorgung um 30 % gesenkt werden.

Tabelle 9: Sanierungsfahrplan Karl-Liebnecht-Schule

Variante 1	Dämmstoff-Stärke - WLG	U-Werte vorher	U-Wert nach Sanierung	m ²	€/m ²	Invest ohne Planung	Wärme-Energie-Einsparung in %	Einsparung in kWh (verbr. angepasst)	Wärme-Einsparung in €/a	Amortisation in Jahren (50 % Förderung)	CO2-Reduzierung in kg/a
oberste Geschosdecke (Zwischendecke)	140 mm-040	2,1	0,22	750	95	71.250,00 €	10	43.500	2.610,00		
Dachflächen	160 mm-040	1,25	0,18	350	130	45.500,00 €	10	43.500	2.610,00		
Heizlast neu in kW 208						116.750,00 €	27	117.450	7.047,00 €	8,3	29.363
Variante 2 (zusätzlich zu Var. 1)	Dämmstoff-Stärke - WLG	U-Werte vorher	U-Wert nach Sanierung	m ²	€/m ²	€ Invest ohne Planung	Wärme-Energie-Einsparung in %	Einsparung in kWh (verbr. angepasst)	Wärme-Einsparung in €/a	Amortisation in Jahren (50 % Förderung)	CO2-Reduzierung in kg/a
Kellerdecke (50%)	100 mm-040	1,2	0,25	550	45	24.750,00 €	1,5	6.525	391,50		
Optimierung Regelung						3.000,00 €	1,5	6.525	391,50		
Heizlast neu in kW 202						144.500,00 €	30,0	130.500	7.830,00 €	9,2	32.625
Variante 3 (zusätzlich zu Var.1 u. 2.)	Dämmstoff-Stärke - WLG	U-Werte vorher	U-Wert nach Sanierung	m ²	€/m ²	€ Invest ohne Planung	Energie-Einsparung in %	Einsparung in kWh (verbr. angepasst)	Einsparung in €/a	Amortisation in Jahren (50 % Förderung)	CO2-Reduzierung in kg/a
LED	200 Leuchten					7.000,00 €	Strom 25 %	7.500	2.100,00 €		3750
Gesamt						151.500,00 €	30,00	130.500	9.930,00 €	7,6	36.375

Die Nutzung des Dachgeschosses erfolgt durch die Aula und durch einzelne Räume für Arbeitsgemeinschaften. Die Zusammenlegung dieser zu beheizenden Räume beeinflusst die Auswahl, ob die oberste Geschosdecke oder die Dachfläche gedämmt wird. Dies sollte bei der Planung der Maßnahme mit der Schule und dem Hort abgestimmt werden. Die Dämmung der obersten Geschosdecke bewirkt mit 20 % Heizenergieeinsparung den deutlichsten Effekt und sollte kurzfristig umgesetzt werden.

Die Optimierung der Einstellung der Heizungsanlage auf die Nutzungszeiten sollte hier vorgenommen werden. Hierzu bietet sich die Energieanalyse aus dem Verbrauch an, die den monatlichen Energieverbrauch des Gebäudes detailliert auswertet.

Wie bereits bei den anderen Objekten dargestellt, amortisiert sich die Installation von LED-Technik, trotz der tageslichtabhängigen Beleuchtung innerhalb weniger Jahre (ca. 3). Die Nutzung von Solarenergie bietet sich bei diesem Objekt eher auf der Turnhalle an, die im folgenden Kapitel dargestellt ist. Der Strom sollte allerdings auch für die Versorgung der Schule genutzt werden, um den Eigenverbrauchsanteil zu erhöhen.

6. Karl Liebknecht Turnhalle



Gebäudebeschreibung:

Baujahr: 1912

Bauweise:

- ✓ Ziegelmauerwerk
- ✓ Denkmalschutz
- ✓ Brand im hinteren Anbau
- ✓ Isolierverglasung, Glasbausteine

6.1 Berechnung der überschlägigen Hüllfläche

Auf Basis der zur Verfügung gestellten Unterlagen (Grundrisszeichnungen) und der Datenaufnahme Vor-Ort wurden die Grunddaten für die Bedarfsberechnung erhoben.

Tabelle 10: Hüllflächenübersicht Karl Liebknecht Turnhalle

Gesamte Hallenfläche		Bemerkung
Baujahr	1915	
Länge in m	28,6	
Breite in m	20,5	
Grundfläche in m ²	655,0	
Vollgeschosse	1	
Geschoßfläche in m ²	655,0	
Energiebezugsfläche in m ²	596,0	BGF*0,91
lichte Raumhöhe in m	3,2	
lichte Raumhöhe Hallenbereich	6,8	
Wärmeübertragende Hüllfläche in m ²	1976,4	
Gebäudehöhe in m	7,0	
Gebäudevolumen in m ³	3489,4	
Faktor für vereinfachtes Verfahren	0,8	
beheiztes Luftvolumen in m ³	2791,5	

6.2 Hüllflächenbewertung






	Fläche	U-Werte	
 Dach	384,92 m ²	2,60 W/m ² K	
 Oberste Geschossdecke	371,80 m ²	1,00 W/m ² K	
 Außenwand	384,84 m ²	1,70 W/m ² K	
 Kellerdecke/ Bodenplatte	371,80 m ²	1,20 W/m ² K	
 Fenster	7,60 m ²	5,00 W/m ² K	Einfachverglasung
	120,80 m ²	2,70 W/m ² K	Doppelverglasung
	0,00 m ²	1,30 W/m ² K	Wärmeschutzverglasung
Heizwärmebedarf	für 17,0 °C Raumtemp.	90220 kWh/a	= 84 kWh/m²a
Heizleistung	für -12,0 °C Außentemp.	80,7 kW	

Abbildung 23: U-Werte Karl Liebknecht Turnhalle

6.3 Bedarfsberechnung und Vergleich mit den Verbrauchsdaten

Der Vergleich mit den Verbrauchswerten ist nur als gemeinsame Betrachtung von Schulgebäude und Turnhalle möglich, da die Heizungsanlage der Schule auch die Turnhalle versorgt. Unter der Annahme des oben beschriebenen Nutzerverhaltens kann und einer Raumtemperatur von 17 °C für die Turnhalle stimmen die Verbrauchswerte mit der Berechnung (+3 %) fast überein.

Tabelle 11: Verbrauchsübersicht Karl Liebknecht Turnhalle

Angaben in kWh/a	Energieverbrauch 2013		Energieverbrauch 2014		Energieverbrauch 2015		Energieverbrauch		Berechnet
	Wärme klimabe-reinigt	Strom	Wärme klimabe-reinigt	Strom	Wärme klimabe-reinigt	Strom	Mittelwert Wärme kWh/a	Mittelwert Strom kWh/a	Endenergie Wärme kWh/a
Erdgas	636.197	30.953	522.515	30.888	591.205	29.829	583.306	30.557	487.731
		6.037		5.367		5.091		5.498	114.724

6.4 Schwachstellen



Abbildung 24: Schwachstellenübersicht Karl Liebknecht Turnhalle

Als Schwachstellen gelten hier die Oberste Geschoßdecke, die Beleuchtung sowie die Glasbausteine.

6.5 Sanierungsfahrplan

Für die Sanierung der Turnhalle wurde folgender Sanierungsfahrplan aufgestellt. Die Maßnahmen sollten mit der Schule gemeinsam realisiert werden.

Tabelle 12: Sanierungsfahrplan Karl Liebnecht Turnhalle

Variante 1	Dämmstoff-Stärke - WLG	U-Werte vorher	U-Wert nach Sanierung	m ²	€/m ²	Invest ohne Planung	Wärme-Energie-Einsparung in %	Einsparung in kWh (verbr. angepasst)	Energiekosten-Einsparung in €/a	Amortisation in Jahren (50 % Förderung)	CO ₂ -Reduzierung in kg/a
LED	80 Leuchten					2.800,00 €	Strom 25 %	1.375	385,00	3,6	688
PV-Anlage (mit Schule)	20 kWp			200	158	31.600,00 €	Strombezug red.*	8.000	3.560,00	4,4	4.000
Optimierung Regelung						3.000,00 €	1,5	1.721	103,25	14,5	430
Innenwanddämmung	100 mm-040	1,7	0,29	492	150	73.800,00 €	26	29.828	1.789,69	20,6	7.457
Heizlast neu in kW 78						111.200,00 €	26,0	39.203	5.837,95 €	9,5	12.575
Variante 2 (zusätzlich zu Var. 1)	Dämmstoff-Stärke - WLG	U-Werte vorher	U-Wert nach Sanierung	m ²	€/m ²	€ Invest ohne Planung	Energie-Einsparung in %	Einsparung in kWh (verbr. angepasst)	Energie-Einsparung in €/a	Amortisation in Jahren (50 % Förderung)	CO ₂ -Reduzierung in kg/a
Glasbausteine und Fenster		5	1,3	40	350	14.000,00 €	2	2.294	137,67		574
Oberste Geschoßdecke dämmen	160 mm-040	1	0,18	371	95	35.245,00 €	10	11.472	688,34		2.868
Dach Umkleidekabinen	160 mm-040			203	130	26.390,00 €					-
Heizlast neu in kW 59						186.835,00 €	39,5	52.970	6.663,96 €	14,0	16.016

Auf dem Dach der Turnhalle kann eine PV-Anlage installiert werden. Der Stromverbrauch der Schule und der Turnhalle beträgt 36.000 kWh/a, nach Austausch der Beleuchtung (LED) noch ca. 28.500 kWh/a. Somit wird ein Eigenverbrauch von 15.000 kWh/a angenommen, wenn die Anlage auch das Schulgebäude versorgt.

7. Elbenau Waldschule Sporthalle



Gebäudebeschreibung:

Baujahr: 1980

Bauweise:

- ✓ Ziegelmauerwerk
- ✓ Stahlbeton-Fertigteile

7.1 Berechnung der überschlägigen Hüllfläche

Tabelle 13: Hüllflächenübersicht Sporthalle Elbenau

Kommentar	Gesamte Hallenfläche		Bemerkung
	Länge in m	22,1	
	Breite in m	24,8	
	Grundfläche in m ²	547,1	
	Energiebezugsfläche m ²	497,9	
Sporthallenbereich	Länge in m	24,8	BGF*0,91
Sporthallenbereich	Breite in m	12,4	
Sporthallenbereich	Grundfläche in m ²	307,0	
	lichte Raumhöhe in m	5,9	
	Wandhöhe Außenmaß	6,4	lichte Raumhöhe + Deckenaufbau + Bodendicke
Sporthallenbereich	Volumen in m ³	1968,0	
	gesamte Grundfläche in m ²	547,1	
	Gesamtvolumen	2930,9	
	Faktor für vereinfachtes Verfahren	0,8	
	berechnetes Heizvolumen	2344,7	

7.2 Hüllflächenbewertung




	Fläche	U-Werte
 Dach	307,02 m ²	0,60 W/m ² K
 Oberste Geschossdecke	0,00 m ²	0,40 W/m ² K
 Außenwand	246,74 m ²	0,80 W/m ² K
 Kellerdecke/ Bodenplatte	307,02 m ²	0,80 W/m ² K
 Fenster	25,00 m ²	5,00 W/m ² K Einfachverglasung
	95,00 m ²	2,70 W/m ² K Doppelverglasung
	0,00 m ²	1,30 W/m ² K Wärmeschutzverglasung
Heizwärmebedarf	für 17,0 °C Raumtemp.	61420 kWh/a = 66 kWh/m²a
Heizleistung	für -12,0 °C Außentemp.	58,0 kW

Abbildung 25: U-Werte Waldschule Elbenau Sporthalle

7.3 Bedarfsberechnung und Vergleich mit den Verbrauchsdaten

Die Beheizung der Turnhalle erfolgt über das Heizhaus auf dem Gelände der Schule. Eine gesonderte Erfassung des Energieverbrauchs der beiden Gebäude erfolgt nicht.

Tabelle 14: : Verbrauchsübersicht Waldschule Elbenau

Angaben in kWh/a	Energieverbrauch 2013		Energieverbrauch 2014		Energieverbrauch 2015		Energieverbrauch		Berechnet
	Wärme klimabe-reinigt	Strom	Wärme klimabe-reinigt	Strom	Wärme klimabe-reinigt	Strom	Mittelwert Wärme kWh/a	Mittelwert Strom kWh/a	
Heizöl	200.928	26.600	226.320	27.280	KD	KD	213.624	26.940	97.078
									116.546

Heizungsanlage:

Baujahr: 1991
 Hersteller: Viessmann
 Typ: Paromert Triplex RN
 Wärmeleistung: 2 x 150 kW

Die Heizungsanlage wird mit Öl als Energieträger betrieben und ist aus dem Jahr 1991. Eine getrennte Verbrauchserfassung für die Turnhalle erfolgt nicht. Eine Abschätzung des Verbrauchs für die Turnhalle wurde durch die Gebäudebedarfsberechnung durchgeführt.

7.4 Schwachstellen



Abbildung 26: Schwachstellen Waldschule Elbenau Turnhalle

Bei der Turnhalle in Elbenau wurden als Schwachstellen das Dach, die Fenster sowie die Beleuchtung ermittelt. Im Deckenverkleidung sind Fraßschäden von Tieren vorhanden.

7.5 Sanierungsfahrplan

Die energetische Sanierung der Turnhalle sollte mit der baulichen Instandsetzung des Gebäudes kombiniert werden. Folgende energetische Maßnahmen sind empfehlenswert:

Tabelle 15: Sanierungsfahrplan Waldschule Elbenau Turnhalle

Variante 1	Dämmstoff-Stärke - WLK	U-Werte vorher	U-Wert nach Sanierung	m ²	€/m ²	Invest ohne Planung	Wärme-Energie-Einsparung in %	Einsparung in kWh (verbr. angepasst)	Wärme-Einsparung in €/a	Amortisation in Jahren (50 % Förderung)	CO ₂ -Reduzierung in kg/a
Variante 1											
Dachdämmung	160 mm-035	0,6	0,16	550	130	71.500,00 €	11				
Innendämmung Sporthalle	160 mm-035	0,8	0,17	250	100	25.000,00 €	9				
Außenwanddämmung Sanitärbereich	160 mm-035	0,8	0,17	156	130	20.280,00 €	6				
Heizlast neu in kW 50						116.780,00 €	26	25.240	2.195,90 €	26,6	7.572
Variante 2 (zusätzlich zu Var. 1)	Dämmstoff-Stärke - WLK	U-Werte vorher	U-Wert nach Sanierung	m ² /Stk.	€/m ²	€ Invest ohne Planung	Wärme-Energie-Einsparung in %	Einsparung in kWh (verbr. angepasst)	Energie-Einsparung in €/a	Amortisation in Jahren (50 % Förderung)	CO ₂ -Reduzierung in kg/a
Austausch der Fenster		5	1,3	25	350	8.750,00 €	4,5				
Austausch der Glaselemente	Plexiglas	2,7	1,3	95	350	33.250,00 €	4,5				
LED-Beleuchtung	50 Leuchten			50	35	1.750,00 €	25 % Strom	2500	700	3,6	
Heizlast neu in kW 48						160.530,00 €	35	33.977	3.656,03 €	22,0	10.193

Die Fensterelemente können durch Plexiglas-Doppelstegplatten erneuert werden, die in die vorhandenen Rahmen eingesetzt werden können.

8. Zusammenfassung

Für das Klimaschutzkonzept der Stadt Schönebeck wurden für fünf ausgewählte Objekte die Einsparungen durch die energetische Sanierung ermittelt und mit Hilfe von Baukostenkennwerten die Investitionskosten abgeschätzt. Hieraus ergibt sich die Amortisationszeit in Jahren. D.h. die Zeit bis das investierte Geld durch die eingesparten Energiekosten gegenüber dem Ist-Zustand zurückgeflossen ist. Mit der energetischen Sanierung können somit nicht nur Klimaschutzziele, sondern auch finanzielle Einsparungen erzielt werden, so dass der Haushalt der Stadt nachhaltig entlastet wird.

Für die Förderung der Investitionen können die Landesprogramme STARK III und V für Schulen und Kindertagesstätten genutzt werden (Förderquote bis zu 70 %). Mit dem vorliegenden Klimaschutzkonzept kann auch das Programm der Nationalen Klimaschutzinitiative „Kommunaler Klimaschutz“, insbesondere für die Turnhallen, genutzt werden. Hier erhalten finanzschwache Kommunen höhere Förderquoten (25 – 65 %) für die Umsetzung der Maßnahmen (s. Kommunalrichtlinie Tabelle im Anhang).

Die Einsparungen im Wärmebereich in den Objekten sind in Tabelle 16 dargestellt. Die Investitionskosten sind noch durch „Unvorhergesehenes“, Planung und als Bruttobetrag ausgewiesen, so dass die Amortisationszeiten länger sind. Durch die Maßnahmen kann eine Wärmeenergieeinsparung von 31 % und damit eine deutliche Reduzierung der CO₂-Emissionen um ca. 130 t pro Jahr erreicht werden. Zudem werden die Gebäude durch die energetische Sanierung modernisiert und der Komfort für die Nutzenden gesteigert.

Tabelle 16: Zusammenfassung Wärmeverbrauch und Einsparungen

Gebäude	Wärmeverbrauch IST in kWh/a	Wärmebedarf berechnet in kWh/a	Wärme-Kosten IST in €	Wärmebedarf nach Sanierung in kWh/a	stat. Einsparung in €/a	Invest-Kosten* in €	Amortisationszeit in Jahren (50% Förderung)	CO ₂ - Reduzierung in kg/a
Karl-Liebknecht-Schule	583.306	487.731	29.263,86 €	364.731	7.380,00 €	248.793,30 €	27,8	30.750
Karl-Liebknecht-Turnhalle		114.724	6.883,44 €	71.129	2.615,70 €	306.820,44 €		10.899
Sporthalle Franz Vollbring	480.196	480.200	38.416,00 €	299.016	14.494,72 €	861.292,85 €	29,7	54.355
Ludwig-Schneider-Schule	337.764	251.478	15.088,68 €	154.528	5.817,00 €	465.909,91 €	40,0	24.238
Ludwig Schneider Turnhalle *		115.072	6.904,32 €					
Waldschul Schule Turnhalle	97.078	97.078	5.824,68 €	65.601	1.888,62 €	263.622,37 €	69,8	9.443
Summe	1.498.344	1.546.283	102.380,98 €	955.005	32.196,04 €	2.146.438,86 €		129.685

*Invest-Kosten——Bei den Kosten sind 15 % Planungskosten, 20 % Unvorhergesehenes und 19 % Mehrwertsteuer berücksichtigt.

31%

*Ludwig Schneider Turnhalle wurde mitberechnet, um genauere Werte zu erhalten

Durch die energetischen Sanierungsmaßnahmen können unter Annahme der heutigen Energiepreise 32.000 Euro pro Jahr eingespart werden. Steigen die Energiepreise weiter, erhöht sich der Einsparbetrag, so dass die Stadt davon profitiert.

Für den Bereich der Stromversorgung wurden ebenfalls die möglichen Einsparungen berechnet. Die Maßnahmen beinhalten den Ersatz der Beleuchtung durch LED-Technik und die Installation von Photovoltaik-Anlagen, deren erzeugter Strom vorrangig in den Objekten genutzt wird und lediglich der Überschuss eingespeist wird.

Tabelle 17: Zusammenfassung Stromverbrauch und Einsparungen

Gebäude	Stromverbrauch IST in kWh/a	Stromkosten IST in €	Strombezug nach Sanierung in kWh/a	Einsparung in €/a	Invest- Kosten* in €	Amortisationszeit in Jahren	CO ₂ -Reduzierung in kg/a
Sporthalle Franz Vollbring	73.360	20.540,80 €	52.860	6.100,00 €	45.844,75 €	7,5	10.250
Ludwig-Schneider-Schule	24.700	6.916,00 €	10.525	5.289,00 €	50.634,50 €	9,6	7.088
Ludwig Schneider Turnhalle *							
Karl-Liebknecht-Schule	30.557	10.095,40 €	19.046	2.100,00 €	9.579,50 €	10,8	8.505
Karl-Liebknecht-Turnhalle	5.498			3.142,59 €	47.076,40 €		
Waldschule Eibenau Turnhalle	26.940	7.543,20 €	24.440	700,00 €	10.263,75 €	14,7	1.250
Waldschul Schule							
Summe	161.055	45.095,40 €	106.871	17.331,59 €	163.398,90 €		27.092

PV-Einspeisevergütung berücksichtigt

66,4%

Die Amortisationszeiten insbesondere der LED-Technik sind deutlich kürzer als die Investitionen im Wärmesektor. Die Amortisationszeit (ohne Förderung) beläuft sich auf 7,5 – 14 Jahren. Die Nutzungszeit für LED-Technik ist mit mindestens 10 Jahren, für Photovoltaik mit mindestens 20 Jahren anzusetzen. Somit amortisieren sich diese Investitionen innerhalb der Nutzungsdauer der Anlagen und führen auch zu einer Entlastung des Haushaltes.

Mit der Untersuchung konnte gezeigt werden, dass wirtschaftliche Investitionen möglich sind und damit sowohl Klimaschutz als auch die Konsolidierung der Finanzen erreicht werden kann.

Anhang

Daten für die BerechnungCO₂-Äquivalente

	Erdgas	Fernwärme	Heizöl	Strom-Mix
g/kWh	250	300	300	500

Kosten pro kWh Öl	0,06 €/kWh
Kosten pro kWh Erdgas	0,06 €/kWh
	0,28 €/kWh
Kosten pro kWh Fernwärme	0,08 €/kWh

Tabelle der Förderquoten im Rahmen der Kommunalrichtlinie der Klimaschutzinitiative

(https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/page/downloads/skkk_einleger_tabelle_dnk1_hw.pdf)

Förderquoten und Antragsberechtigte für die einzelnen Förderschwerpunkte der Kommunalrichtlinie

FÖRDERSCHWERPUNKT	ANTRAGSBERECHTIGTE		Finanzschwache Kommunen	Kittas, Schulen und Einrichtungen der Kinder- und Jugendhilfe	Hochschulen	Religiöse-gemeinschaften sowie deren Stiftungen	Betriebe, Unternehmen, Einrichtungen (mind. 50,1 % kommunal)	Kulturelle Einrichtungen und Werkstätten für behinderte Menschen	Wirtschafts-förderungs- und Industrie-/Gewerbe-gebiete	Sponsoring mit Gemeinnützigkeitsstatus
	Kommunen	Finanzschwache Kommunen								
Einstiegsberatung sowie Klimaschutzkonzepte und Klimaschutzteilkonzepte (TK)										
Einstiegsberatung	65 %	90 %								
Integrierte Klimaschutzkonzepte	65 %	90 %			65 %	65 %				
TK Flächenmanagement, TK Anpassung	50 %	70 %								
TK Liegenschaften, TK innovativ	50 %	70 %		50 %	50 %	50 %	50 %		50 %	
TK Industrie-/Gewerbegebiete	50 %	50 %								
TK erneuerbare Energien, TK Wärmenutzung, TK Mobilität	50 %	70 %								
TK Green-IT	50 %	70 %		50 %*	50 %	50 %	50 %			
TK Trinkwasser	50 %	70 %								
TK Abfall	50 %	50 %			50 %					
Potenzialstudie Siedlungsfalldeponien, TK Abwasser	50 %	70 %			50 %					
Klimaschutzmanagement (KSM)										
Umsetzung integrierter Klimaschutzkonzepte	65 %	90 %			65 %	65 %				
Umsetzung TK Anpassung	65 %	90 %								
Umsetzung TK Liegenschaften	65 %	90 %		65 %	65 %	65 %	65 %			
Umsetzung TK Mobilität	65 %	90 %								
Umsetzung TK Industrie-/Gewerbegebiete	65 %	90 %							65 %	
Anschlussvorhaben KSM	40 %	56 %		40 %	40 %	40 %	40 %		40 %	
Ausgewählte Maßnahme im Rahmen des KSM	50 %**	50 %		50 %	50 %	50 %	50 %		40 %	
Energiesparmodelle	65 %	90 %		65 %					30 %	
Starpaket für Energiesparmodelle	50 %	62 %		50 %						
Investitive Klimaschutzmaßnahmen										
LED-Außen-/Straßenbeleuchtung, Lichtsignalanlagen	20-30 %	25-37 %			20-30 %		20-30 %			20-30 %
LED-Innen-/Hallenbeleuchtung	30 %	37 %			30 %		30 %			30 %
Sanierung und Austausch von Lüftungsanlagen	25 %	31 %			25 %		25 %			25 %
Rechenzentren	40 %	50 %			40 %		40 %			40 %
Nachhaltige Mobilität	50 %	62 %		50 %***	50 %		50 %			
Klimaschutz bei stillgelegten Siedlungsfalldeponien	50 %	62 %								
Klimaschutzmaßnahmen in Kinertagesstätten, Schulen, Einrichtungen der Kinder- und Jugendhilfe sowie Sportstätten										
LED-Außenbeleuchtung	30 %	39 %		30 %			30 %			30 %
LED-Innen-/Hallenbeleuchtung, Austausch von Elektrogeräten	40 %	52 %		40 %			40 %			40 %
Sanierung und Austausch von Lüftungsanlagen	35 %	45 %		35 %			35 %			35 %
Rechenzentren	50 %	65 %		50 %			50 %			50 %
Weitere ausgewählte investive Maßnahmen	40 %	52 %		40 %			40 %			40 %

* Die Antragsberechtigung gilt nur für Kittas und Schulen, nicht für Einrichtungen der Kinder- und Jugendhilfe.
 ** Ausnahmen bilden Maßnahmen zur Sanierung des Klimaschutzkonzepts Industrie- und Gewerbegebiete mit einer maximalen Förderquote von 30 Prozent.
 *** Zuwendungsfähig ist ausschließlich die Einrichtung von Radabstellplätzen.
 Die Antragsberechtigten sind aus Gründen der besseren Lesbarkeit gekürzt dargestellt. Die örtlich gültige Bezeichnung entnehmen Sie bitte der Kommunalrichtlinie.
 Bei den angegebenen Förderquoten handelt es sich jeweils um die maximale förderfähige Zuwendung.