

Modernisierung zum Passivhaus im Bestand am Beispiel der Albrecht-Dürer-Schule

Da-Di-Werk, Eigenbetrieb Gebäudemanagement des Landkreises Darmstadt-Dieburg

Beate Langrock, Fachgebietsleiterin Energiemanagement





Landkreis Darmstadt-Dieburg

23 Städte und Gemeinden, Bevölkerung 297.701 (2020)

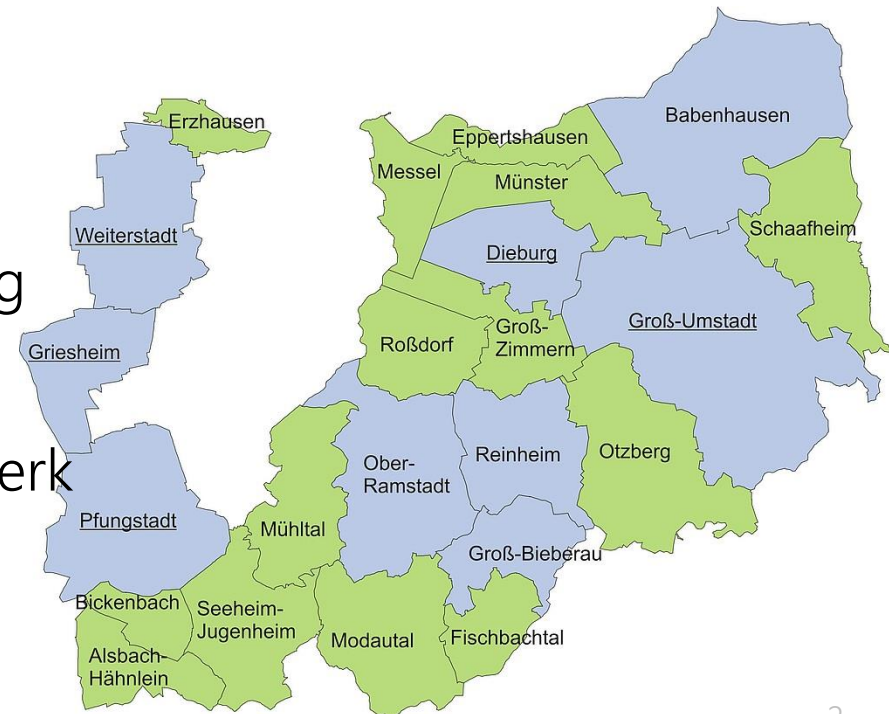
81 Schulen mit 475 Gebäuden für 31.547 Schülerinnen und Schüler

2008 Kreistagsbeschluss Schulbau- und Schulsanierungsprogramm

400 Mio. EUR bis 2018 für:

- energetische Sanierung,
- Erneuerung Brandschutz,
- Integration geänderte Anforderungen schulischer Alltag (Ganztagsbetreuung, Inklusion, Pädagogik)

Gründung Abteilung Gebäudemanagement im Da-Di-Werk





Albrecht-Dürer-Schule in Weiterstadt

kooperative Gesamtschule mit gymnasialer Oberstufe und Ganztagsangebot, ca. 1.330 Schülerinnen und Schüler, 100 Lehrkräfte

Hauptgebäude von 1970/1974, Dreifeld-Sporthalle, 4 weitere Gebäude aus den Jahren 1993 – 2007, Hausmeisterhaus

Anna-Freud-Schule, zwei Sporthallen der Stadt Weiterstadt

Gemeinsame Heizzentrale für alle Gebäude
Erneuerung 2012, 500 kW-Holzpelletkessel, zwei Gas-Spitzenlastkessel





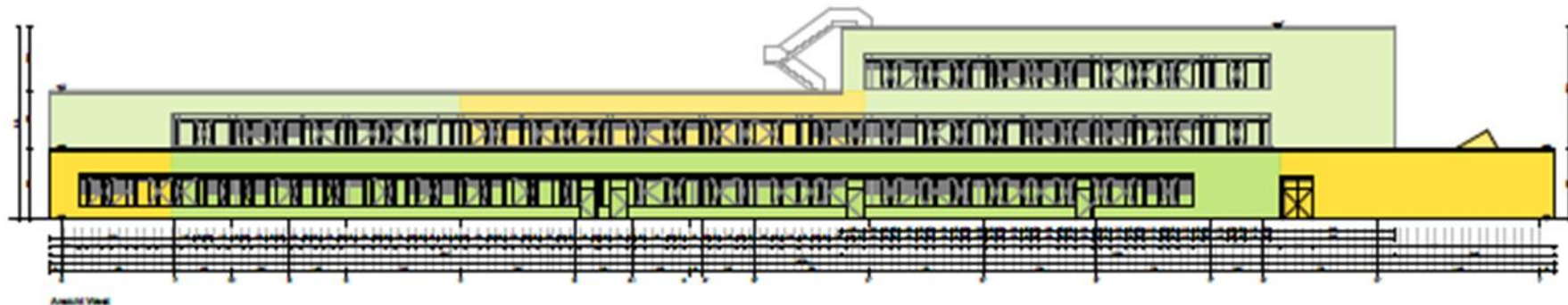


Sanierung des Hauptgebäudes notwendig:

- Brandschutzmängel
- Unzureichender Wärmeschutz
- Weiterer Raumbedarf
- Erneuerung des naturwissenschaftlichen Bereiches
- Erweiterung Mittagessensversorgung

Erweiterung durch Aufstockung von Teilbereichen und Errichtung von Anbauten

Die Bestandsgebäude wurden entkernt, die Stahlbetonkonstruktion ertüchtigt und ergänzt.





Zielwert und Förderung

Leitlinien zum nachhaltigen Bauen des Landkreises:

→ sehr guter Wärmeschutz bei energetischen Sanierungen

Anpassung der Planung auf den Standard Stufe 3 der Kommunalrichtlinie:

→ umfassende Modernisierung mit Passivhauskomponenten (Heizwärmebedarf maximal 25 kWh/m²a)

→ Förderhöhe: 70% der ermittelten zuwendungsfähigen Ausgaben (mittlerweile 85% als Klimakommune)





Projekt: Albrecht-Dürer-Schule		Ort: Weiterstadt					
1	2	3	4	5	6	7	8
Berechnung der pauschalierten zuwendungsfähigen Ausgaben für die energetische Modernisierung							
Nr.	Fördergegenstand	Faktor a (€/m²)	Fläche (m²)	Grundbetrag b (€)	Kostenrichtwert (€/m²)	zuw.-fähige Kosten (Sp. 5 x 7) od. (Sp. 4 x 5 + 6)	
Gruppe 1: Baulicher Wärmeschutz							
A	Wärmedämmung der Außenwände						
A 1.1	Außendämmung mit Wärmedämmverbundsystem auf Altputz		2.604,54		120,00		312.544,80
A 1.2	Außendämmung mit Wärmedämmverbundsystem unter Abschlagung Altputz/ Abnahme Vorhangfassade				130,00		0,00
A 2	Außendämmung mit Vorhangfassade				160,00		0,00
B	Wärmedämmung Dach/ Oberste Geschossdecke						
B 1.1	Dämmung zwischen/unter den Sparren von innen				60,00		0,00
B 1.2	Dämmung zwischen/auf den Sparren von außen				150,00		0,00
B 1.2.1	ggf. Zuschlag zu B 1.2 bei notw. Erneuerung Dachschalung				30,00		0,00
B 1.3	Wärmedämmung der obersten Geschossdecke				50,00		0,00
B 2	Flachdach		3.952,76		150,00		592.914,00
C	Wärmedämmung der Kellerdecke oder von Wänden zwischen beheizten und unbeheizten Räumen						
C 1	Dämmung der Kellerdecke von unten / Wände zwischen beheizten und unbeheizten Räumen		1.789,93		35,00		62.647,55
D	Ersatz der Fenster durch Wärmeschutzfenster						
D 1	Wärmeschutzfenster/-türen (Kunststoff - Standard)		116,29		300,00		34.887,00
D 2	Wärmeschutzfenster/-türen (Holz - Standard)		1.146,62		400,00		458.648,00
D 3	Wärmeschutzfenster/-türen (Metall - Standard)		441,94		450,00		198.873,00
E	Durchführung eines Luftdichtheitstests						
E 1	Durchführung des Luftdichtheitstests	2,5	7.598,00	250,00			19.245,00
	Zwischensumme 1 (Baulicher Wärmeschutz)						1.679.759,35
F 1	Planungskosten baulicher Wärmeschutz (Gruppe 1) (10% oder ggf. 6% der Zwischensumme 1)				10%		167.975,94
Gruppe 3: Sonstige Anlagentechnik							
H 1	Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG)		7.598,00		90 €/m²		683.820,00
H 2	Einbau/ Ersatz Sonnenschutzzeitr. mit Tageslichtfunktion		1.515,97		200 €/m²		303.194,00
H 3	Austausch Beleuchtung (energieoptimiert)	1.117			300 €/Stk.		335.100,00
	Zwischensumme 3 (Sonstige Anlagentechnik)						1.322.114,00
I 1	Planungskosten Anlagentechnik (Gruppen 2 und 3) (10% oder ggf. 6% der Zwischensummen 2 und 3)				10%		132.211,40
Berechnung der Förderhöhe (durch WI-Bank)							
					Fördersatz		
	Umfassende Modernisierung auf den energetischen Standard eines Neubaus				50%		0,00
	Umfassende Modernisierung auf den Standard eines energetisch optimierten Neubaus				60%		0,00
	Umfassende Modernisierung mit Passivhauskomponenten	x			70%		2.311.442,48
	Einzelmaßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz				30%		0,00
	ggf. abzügl. Betrag n. Richtlinien z. Förd. d. ländl. Entwicklung						0,00
	Förderbetrag						2.311.442,48



Zeitlicher Ablauf der Sanierungsmaßnahme

- 2011 Beginn der Grundlagenermittlung
- 2013 Beauftragung des Büros SHP Architekten aus Darmstadt
- 2013 Sommer, Aufstellung von Holzmodulcontainern, Auslagerung eines Teils der Schüler
- 2014 Sommer, Aufstellung weiterer Containeranlage, Auslagerung des gesamten Schulbetriebs
- 2014 August, Einreichung Förderantrag
- 2014 Oktober, Zuwendungsbescheid
- 2014 November, Beginn Schadstoffsanierung
- 2015 Dezember, Beginn Abbrucharbeiten
- 2016 Juni, Beginn Baumaßnahmen
- 2018 August, Beginn Schulbetrieb







Dämmung Flachdach

Entfernung der bestehenden 6 cm starken Dämmung,
U-Wert: 0,6 W/m²K

Polystyrol (WLG 035) leichtes Gefälle, im Mittel 26 cm
U-Wert: 0,13 W/m²K





Dämmung Außenwand

Bestand, Skelettkonstruktion mit Fenster- und Brüstungsbändern

12 cm Tragschale Beton

4-5 cm Wärmedämmung

Waschbeton-Vorsatzschale

U-Wert 1,0 W/m²K





Dämmung Außenwand

Aufbringen der 28 cm starken PS-Dämmung (WLG 035) auf die Vorsatzschale, Sanieranker

U-Wert 0,105 W/m²K





Ersatz der Fenster

Demontage der ungedämmten und undichten Aluminium-Schiebefenster

U-Wert: 4,3 W/m²K





Ersatz der Fenster

Einbau von Holz-Aluminium-Fenster in die Dämmebene

Holz-Alu-Fenster, Ug-Wert: 0,6 W/m²K, Uf-Wert: 1,14 W/m²K

Pfosten-Riegel-Fassade, Ug-Wert: 0,6 W/m²K, Uf-Wert: 1,3 W/m²K

im Mittel Uw-Wert 0,95 W/m²K





Ersatz der Fenster, Nachtlüftung

Pro Raum ein motorbetriebener Nachtlüftungsflügel installiert, Gitter dienen als Einbruch- und Insektenschutz;

Klemmschutz über Lichtschränke;

Steuerung über Gebäudeleittechnik, auch als Wetterschutz;





Luftdichtheit

Gute Luftdichtheit wichtig für niedrigen Heizenergieverbrauch und ordnungsgemäße Funktion der Lüftungsanlagen, Herausforderung im Bestand, da nicht alle Bauteile zugänglich sind

Dehnfugen im Tragwerk mussten nachgearbeitet werden

Erster exemplarischer Test in einem Raum lokalisierte nicht verschlossene Stoßfuge im Montageholz Fenster

Finaler Blower-Door-Test:

0,56 1/h Unterdruck

0,70 1/h Überdruck

Vorgabe: 1,0 1/h





Lüftungsanlagen

Installation von 4 Lüftungsanlagen:

- Anlage 1 + 2 für Unterrichtsräume, Verwaltung, WC-Anlagen, 14.000 m³+ 16.000 m³, 80% WRG
- Anlage 3 für Mensa, 6.000 m³, 83% WRG
- Anlage 4 für naturwissenschaftlichen Bereich, Abluftanlage 520 m³, Zuluft über Anlage 1+2 , 56% WRG
- Abluftanlagen für Digestorien





Sonnenschutzeinrichtung mit Tageslichtfunktion

Ersatz der nicht mehr funktionstüchtigen Jalousien durch neue Jalousien mit Tageslichtfunktion (zweiteilig kippbar) an den Fenstern nach Osten, Süden und Westen;

Durch Zweiteilung des Behanges, Verschattung möglich ohne Bedarf elektrischer Beleuchtung

Elektrisch betrieben, über Wetterstation gesteuert, manuelle Übersteuerung durch Nutzer möglich





Austausch Beleuchtung

Ersatz der Beleuchtung durch moderne LED-Leuchten mit Präsenzsteuerung

Unterrichtsräume und Büros im Verwaltungsbereich
quadratische Einbauleuchten in Kassetendecken

Flurbereiche, Aufenthalts- und Sanitärbereiche runde
Einbauleuchten





Förderprogramm Kommunalrichtlinie

Maßnahme	Förderfähige Kosten	Fördersumme
Dämmung Außenwand	296.884,40	207.819,08
Dämmung Kellerdecke	48.597,15	34.018,01
Dämmung Flachdach	618.562,50	432.993,75
Ersatz Fenster	660.686,00	462.480,20
Luftdichtheitstest	2.225,30	1.557,71
Planung baulicher Wärmeschutz	162.693,54	113.885,48
Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	473.306,40	331.314,48
Sonnenschutzeinrichtung mit Tageslichtfunktion	283.042,87	198.130,01
Austausch Beleuchtung	322.870,96	226.009,67
Planung Anlagentechnik	107.922,02	75.545,41
	2.976.771,14	2.083.739,80



Gesamtkosten der Maßnahmen

KG 300 (Baukonstruktion): 13,3 Mio. EUR

KG 400 (technische Anlagen): 5,6 Mio. EUR

KG 500 (Außenanlagen): 3,5 Mio. EUR

KG 700 (Baunebenkosten): 6,9 Mio. EUR

Gesamtkosten: 31,5 Mio. EUR (inkl. Interimsgebäude)

Förderung Land Hessen 2,084 Mio. EUR

Nettogrundfläche gesamt: 9.387 m²

Bruttogrundfläche 10.670 m², vorher 9.090 m²







EnerPHit-Projektierung: **ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME (Jahresverfahren)**

Klima: Frankfurt am Main Innentemperatur: 20,0 °C
 Objekt: Albrecht-Dürer-Schule Objekttyp: Schule
 Energiebezugsfläche A_{EB}: 8032,7 m²

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Temp.-faktor ζ	G _t kWh/a	pro m ² Energiebezugsfläche
Außenwand Außenluft	A	2654,8	0,118	1,00	77,9	24319
Außenwand Erdreich	B			0,13		
Dach/Decken Außenluft	A	6031,9	0,130	1,00	77,9	61125
Bodenplatte/Kellerdecke	B	5593,0	0,936	0,13	77,9	54185
	A			1,00		
	A			1,00		
	X			0,75		
Fenster	A	1896,7	0,948	1,00	77,9	140061
Außentür	A			1,00		
Wärmebrücken außen (Länge/m)	A	685,2	0,032	1,00	77,9	1714
Wärmebrücken Perimeter (Länge/m)	P			0,13		
Wärmebrücken Boden (Länge/m)	B	487,7	0,302	0,13	77,9	1525
Summe aller Hilfsflächen		16176,4				

Transmissionswärmeverluste Q_T Summe: 282928 kWh/a 35,2 kWh/(m²a)

Lüftungsanlage:

effektiver Wärmebereitstellungsgrad der Wärmerückgewinnung: 80%

Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichs/Arbeitsbertr.: 0%

energetisch wirksamer Luftwechsel n_L: 0,321 1/h

lichte Raumhöhe: 3,50 m

wirksames Luftvolumen V_L: 28114,4 m³

ϕ_{WRG}: 0,80

n_{L,Anlage}: 0,073 1/h

ϕ_{Luft}: 0,33 kWh/(m²K)

G_t: 77,9 kWh/a

Q_L: 99884 kWh/a

Q_T: 282928 kWh/a

Q_L + Q_T: 382811 kWh/a

Reduktionsfaktor Nacht-/Wochenend-absenkung: 1,0

Summe Wärmeverluste Q_V: 382811 kWh/a 47,7 kWh/(m²a)

Lüftungswärmeverluste Q_L 28114,4 m³ * 0,138 1/h * 0,33 kWh/(m²K) * 77,9 kWh/a = 99884 kWh/a 12,4 kWh/(m²a)

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S

Abminderungsfaktor vgl. Blatt Fenster: 0,39 (Nord), 0,38 (Ost), 0,35 (Süd), 0,30 (West), 0,46 (Horizontal)

g-Wert (senkr. Einstr.): 0,49 (Nord), 0,48 (Ost), 0,48 (Süd), 0,48 (West), 0,40 (Horizontal)

Fläche m²: 351,28 (Nord), 482,25 (Ost), 429,34 (Süd), 517,08 (West), 116,74 (Horizontal)

Globalstr. Heizzeit: 143 (Nord), 226 (Ost), 370 (Süd), 231 (West), 349 (Horizontal)

Q_S: 9741 (Nord), 20010 (Ost), 27214 (Süd), 17377 (West), 7559 (Horizontal)

Summe: 81900 kWh/a 10,2 kWh/(m²a)

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S Summe: 81900 kWh/a 10,2 kWh/(m²a)

Interne Wärmequellen Q_I

h_{vd}: 0,024 kWh/d

Länge Heizzeit d_h: 213 d/a

spezif. Leistung q_i: 2,80 kWh/m²

A_{EB}: 8032,7 m²

Q_I: 115199 kWh/a 14,3 kWh/(m²a)

Freie Wärme Q_F: 197099 kWh/a 24,5 kWh/(m²a)

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten: 0,51

Nutzungsgrad Wärmegevinne η_G: 98%

Wärmegevinne Q_G: 193574 kWh/a 24,1 kWh/(m²a)

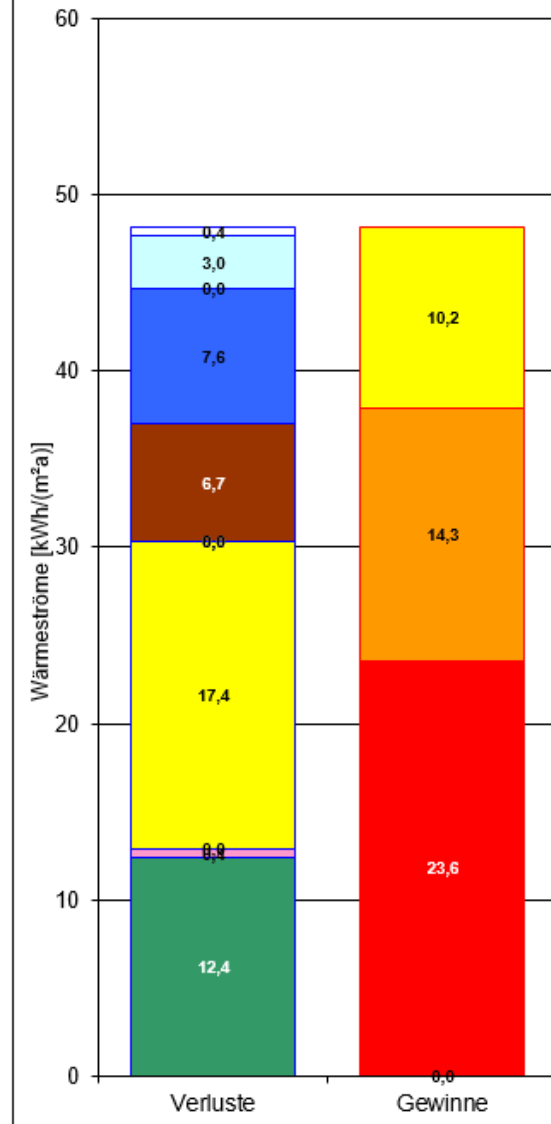
Interne Wärmequellen Q_I 0,024 kWh/d * 213 d/a * 2,80 kWh/m² * 8032,7 m² = 115199 kWh/a 14,3 kWh/(m²a)

Wärmegevinne Q_G η_G * Q_F = 0,98 * 197099 = 193574 kWh/a 24,1 kWh/(m²a)

Heizwärmebedarf Q_H Q_V - Q_G = 382811 - 193574 = 189238 kWh/a 23,6 kWh/(m²a)

Grenzwert: 25 kWh/(m²a) Anforderung erfüllt? ja

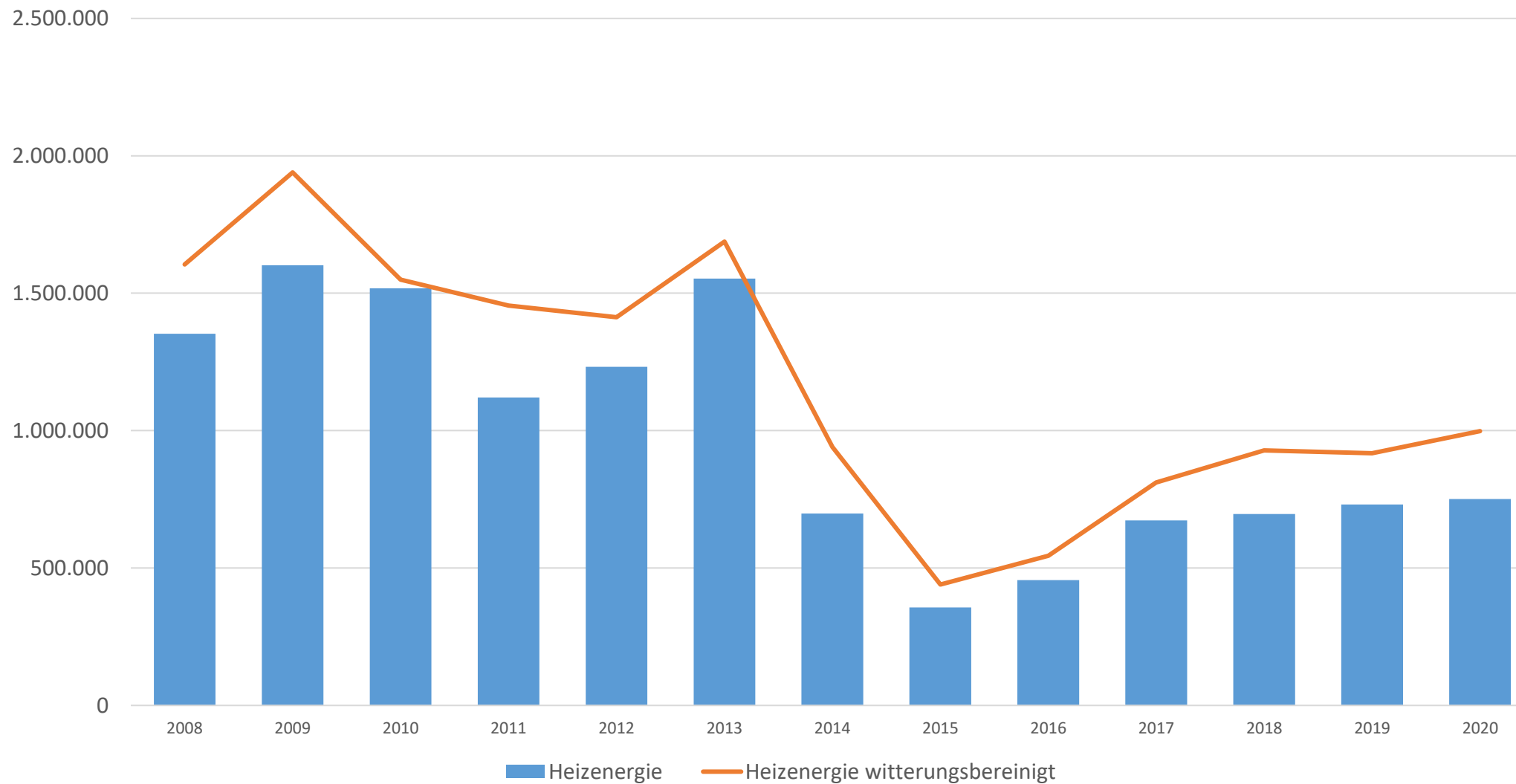
Energiebilanz Heizwärme (Jahresverfahren)



- nicht nutzbare Wärmegevinne
- Außenwand Außenluft
- Dach/Decken Außenluft
- Bodenplatte/Kellerdecke
- Fenster
- Wärmebrückenverlust
- Lüftung
- solare Gevinne
- interne Gevinne
- Heizwärmebedarf

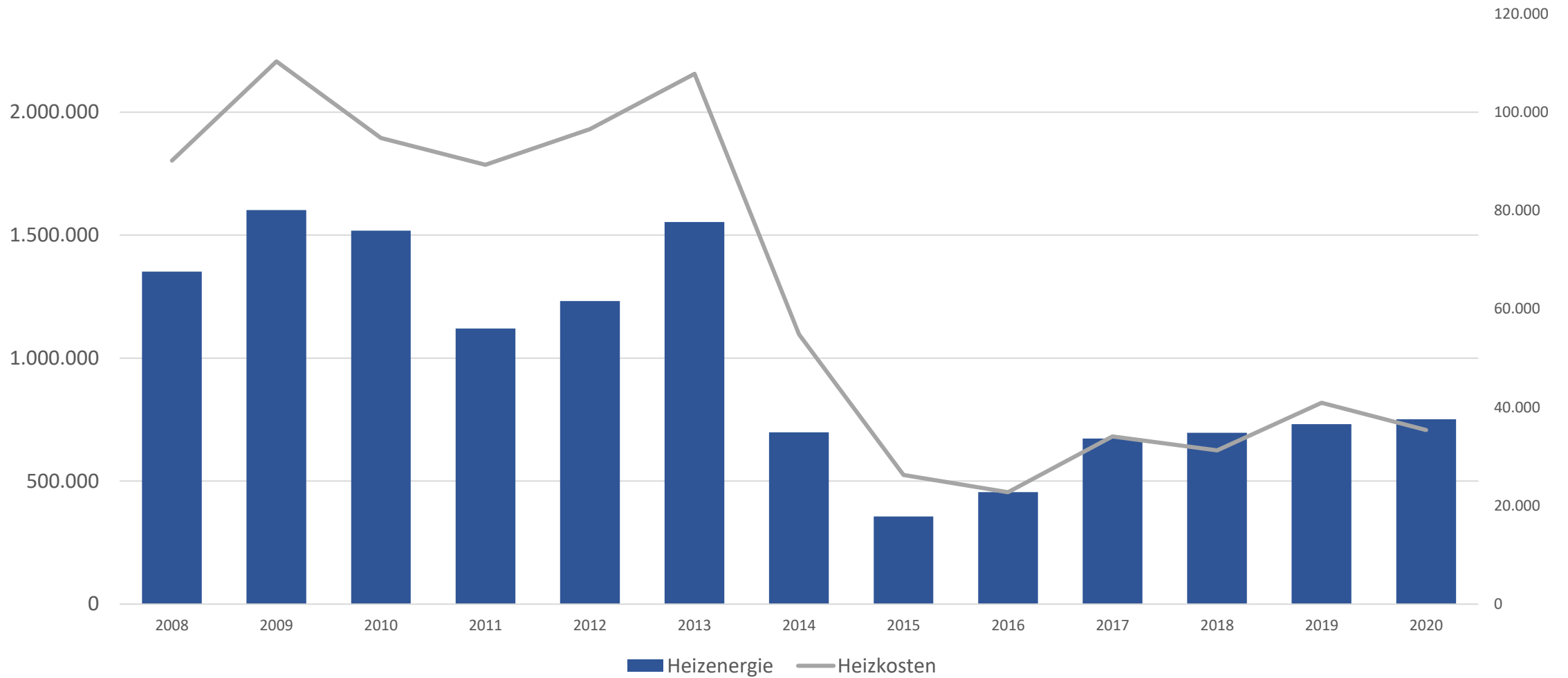


Heizenergie der gesamten Schule





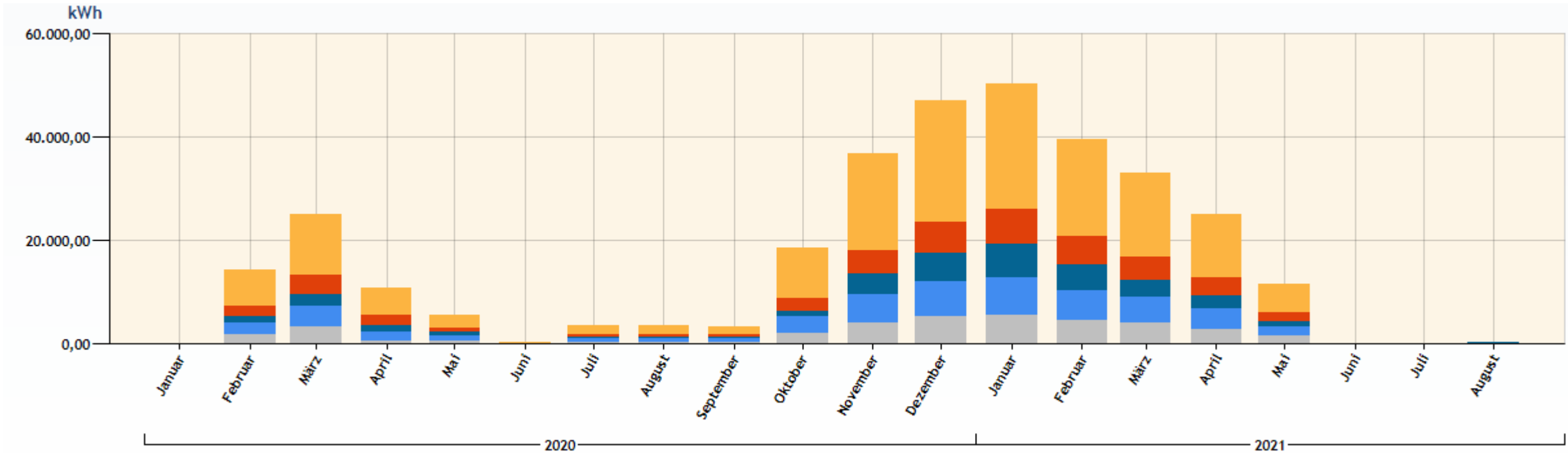
Heizkosten der gesamten Schule





Heizenergie des Hauptgebäudes

Wärmemengenzähler seit Mitte Februar 2020





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Gerne beantworte ich Ihre Fragen!