

LUDWIGSBURG



Klima- und Energiebericht 2021

Fachbereich Hochbau und Gebäudewirtschaft



Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	3
2	Einleitung	5
2.1	Aktuelle Informationen zum kommunalen Energiemanagement	5
2.2	Aktuelle energie- und klimapolitische Entwicklungen im Gebäudesektor	7
3	Entwicklung der Treibhausgasemissionen, Verbräuche und Kosten 2017-2021	11
3.1	Randbedingungen	11
3.2	Flächenentwicklung	15
3.3	Treibhausgasemissionen	16
3.4	Stromverbrauch	22
3.5	Wärmeverbrauch	26
3.6	Wasserverbrauch	31
3.7	Kosten	34
4	Best-Practice-Beispiele	35
4.1	Maßnahmen zur Reduktion der Verbräuche und der Treibhausgasemissionen	35
4.1.1	Ausbau der Photovoltaik auf städtischen Dächern	35
4.1.2	Umstellung auf erneuerbare Wärmeversorgung	37
4.1.3	Sonstige Maßnahmen	38
4.2	Ausgewählte Hochbauprojekte	41

1 Kurzfassung

Der vorliegende Klima- und Energiebericht 2021 ist ab diesem Jahr **in einer angepassten, gekürzten Form** verfasst. Das bedeutet, dass das umfangreiche Kennzahlensystem, welches im vergangenen Bericht zum besseren Verständnis des Energie- und Treibhausgascontrollings präsentiert wurde, der Übersicht halber nicht mehr Teil des alljährlichen Klima- und Energieberichts ist. Stattdessen liegt der Fokus rein auf der Veranschaulichung der **Entwicklung der absoluten und flächenspezifischen Treibhausgasemissionen** und Energieverbräuche der städtischen Liegenschaften der Jahre 2016-2021. Weiterhin gibt der vorliegende Bericht einen Überblick über die **Aktivitäten des Energiemanagements** des FACHBEREICHS HOCHBAU UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT, die im Zusammenhang mit dem städtischen Bestreben stehen, die Verbräuche, deren bedingte Kosten sowie die Treibhausgasemissionen zu reduzieren.

Im Mai 2022 hat das Land Baden-Württemberg neue, für Kommunen allgemein gültige Regeln zur Bilanzierung von Treibhausgasemissionen veröffentlicht, die in diesem Bericht bereits Berücksichtigung gefunden haben. Dies bedeutet zum Beispiel, dass das **Treibhausgasprotokoll GHG** („greenhouse gas protocol“) als Standard zur Bilanzierung der Treibhausgase der städtischen Liegenschaften umgesetzt wird. Der GHG-Standard sieht vor, dass die Treibhausgasemissionen unterschiedlichen Bereichen, sogenannten „**Scopes**“, zugeordnet werden. Eine weitere, wesentliche Neuerung besteht darin, dass der Bezug von zertifiziertem Ökostrom und Biogas nicht mehr, wie in der Vergangenheit üblich, als „emissionsfrei“ angerechnet werden kann.

Die wesentlichen Ergebnisse für das Jahr 2021 sind:

Treibhausgasemissionen: Im **Berichtsjahr 2021** belaufen sich die absoluten Treibhausgasemissionen der vom Energiemanagement erfassten städtischen Gebäude auf rund **6.950 Tonnen CO₂-Äquivalente**. Hieraus resultieren gesellschaftliche Kosten durch **Umweltbelastungen in Höhe von 1.396.950 €** (Quelle: Empfehlung Umweltbundesamt zu den Klimakosten 2020; für 2021: 201 €/t). Der Anteil wärmebedingter Emissionen an den Gesamtemissionen beträgt 59 %, der strombedingte Anteil beläuft sich auf 41 %. Die **flächenspezifischen Treibhausgasemissionen** konnten seit 2015 von 26,5 kg CO₂-Äquivalente/m²a um rund 20 % auf 21,1 kg CO₂-Äquivalente/m²a im Jahr 2021 **reduziert** werden.

Im gleichen Zeitraum lässt sich hinsichtlich der absoluten Treibhausgasemissionen eine Konstanz beobachten. Um das Ziel der Treibhausgasneutralität zu erreichen und die Folgen des Klimawandels zu beschränken, **muss** die **Anzahl und Qualität** der **energetischen Sanierungen** von treibhausgasintensiven Gebäuden **wesentlich erhöht werden**. Dies beinhaltet sowohl die Umstellung der Energieversorgung der städtischen Gebäude auf erneuerbare Energien als auch die Reduktion des Gesamtendenergiebedarfs.

Wärmeverbrauch: Der absolute, witterungsbereinigte Wärmeverbrauch der vom Energiemanagement erfassten städtischen Gebäude beträgt im Jahr 2021 **28,96 Mio. kWh**. Das sind **12,7 % mehr als 2017**, aber 2,2 % weniger als im Vorjahr. Der **flächenspezifische Kennwert** ist **seit 2019 rückläufig**. In diesem Zeitraum lässt sich eine Reduktion von 99,9 kWh/m²a auf 90,1 kWh/m²a beobachten. Dies entspricht einer Minderung um 9,8 %.

Stromverbrauch: Der absolute Stromverbrauch der erfassten städtischen Gebäude **nimmt** in den letzten Jahren **kontinuierlich zu**. Im Jahr 2021 verbrauchten die städtischen Gebäude etwa 6,7 Mio. kWh Strom. Das sind rund 5 % mehr als im Vorjahr und etwa 10 % mehr als 2017. Die **größten Stromverbraucher** sind die **Schulen** mit einem jährlichen Stromverbrauch von etwa 2,5 Mio. kWh. Im Durchschnitt verbraucht ein städtisches Gebäude pro m² im Jahr 2021 21,6 kWh Strom. Dieser **flächenspezifische Stromverbrauch** konnte im **Zeitraum 2017-2021** um **etwa 5,8 % reduziert** werden. Dieses Ergebnis spiegelt die Bemühungen wider, den Strombezug durch die stetige Umstellung auf effiziente LED-Beleuchtungstechnik, den Ausbau der Photovoltaik und durch Betriebsoptimierung zu reduzieren.

Wasserverbrauch: Im Berichtsjahr 2021 belaufen sich die Wasserverbräuche der vom Energiemanagement erfassten Gebäude auf etwa **85.000 m³, also 85 Mio. Liter**. Der absolute Wasserverbrauch ist bezogen auf das Jahr 2017 um etwa 28,8 % angestiegen. Diese Entwicklung ist hauptsächlich auf die zunehmende Anzahl an verwalteten Anschlussunterbringungen, sowie Inbetriebnahmen von Gebäuden und einer gestiegenen Nutzungsintensität zurückzuführen.

2 Einleitung

2.1 Aktuelle Informationen zum kommunalen Energiemanagement

Erstmalig 2021 wurden die Kommunen in Baden-Württemberg dazu verpflichtet, Ihre Energieverbräuche des Vorjahres in einer vom Land Baden-Württemberg zur Verfügung gestellten Datenbank („kom.EMS“) zu erfassen. Ausschlaggebend für die Einführung der Rechtsvorschrift § 7b des Landesklimaschutzgesetzes ist die Problematik, dass Kommunen, wie auch die Stadt Ludwigsburg, noch weit davon entfernt sind, Klimaneutralität in der Kommunalverwaltung, insbesondere im kommunalen Gebäudebestand, zu erreichen.

Im Mai 2022 hat das Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH (IFEU) im Auftrag des Landesumweltministeriums einen Handlungsleitfaden für Kommunen zur Erlangung der Klimaneutralität in der Verwaltung bis 2040 veröffentlicht. Darin wird auch ein einheitlicher Rahmen zur Bilanzierung der Treibhausgasemissionen festgelegt: Die Bilanzierungsgrenze orientiert sich an den Vorgaben des Greenhouse-Gas-Protokolls (GHG), ein anerkannter und weltweit etablierter Standard. Das GHG differenziert hinsichtlich der Art der Emissionen zwischen sogenannten „Scopes“.

Scope 1 Emissionen sind direkte Emissionen, die im Gebäudebetrieb direkt (stationär) anfallen wie z. B. das Verbrennen von Erdgas oder Heizöl in Kesselanlagen.

Scope 2 Emissionen sind indirekte Emissionen, die durch den Bezug von Energie verursacht werden, aber an einem anderen Ort anfallen wie z. B. Strom aus dem öffentlichen Netz oder Fernwärme aus mit Erdgas oder Biomethan befeuerten Wärmeerzeugern in Heizzentralen der Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim (SWLB).

Scope 3 Emissionen sind Emissionen aus vor- und nachgelagerten Aktivitäten, wie z. B. die „graue Energie“ zur Herstellung von Baumaterialien. Von Relevanz für den städtischen Gebäudebetrieb sind die Scope 1 und 2 Emissionen wie folgt:

- Scope 1: Wärmebedingte Emissionen im Gebäudebetrieb aus Erdgas, Heizöl und Biomasse
- Scope 2: Energiebedingte Emissionen im Gebäudebetrieb aus Fernwärme und Strom

Im Juli 2022 hat der FACHBEREICH HOCHBAU UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT im Bauausschuss den Weg zu einem klimaneutralen Gebäudebestand präsentiert. Neben den aktuellen und zukünftigen klimapolitischen Anforderungen an Bestandsgebäude und an Neubauten, wurde die Dringlichkeit und Notwendigkeit zur Umsetzung einer strategischen Sanierungsplanung im Zusammenhang mit dem Ziel einer klimaneutralen Kommunalverwaltung aufgezeigt. Im Fokus hierbei sind die unterschiedlichen Handlungsfelder einer strategischen Sanierungsplanung als auch die Betrachtung der Lebenszykluskosten bei Bauprojekten. Darüber hinaus wurde dem Bauausschuss ein erstes Paket zur energetischen Sanierung vorgeschlagen, welches Bestandsgebäude mit einem vergleichsweise hohem Wärmeverbrauch, relativ hohen Treibhausgasemissionen und einem allgemeinem Sanierungsbedarf umfasst.

Zusammengefasst gehören zum Aufgabenbereich des Energiemanagements des FACHBEREICHS HOCHBAU UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT folgende Tätigkeiten:

- Controlling der Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen: Erfassung und Monitoring von Verbrauchsdaten städtischer Gebäude, Umsetzung von Einsparmaßnahmen, Energierecht, Energiewirtschaft, Erstellung Klima- und Energiebericht, Abgabe Verbrauchsdaten an das Land BW (kom.EMS)
- Qualitätssicherung: Umsetzung der städtischen Klimaschutz- und Klimaanpassungsziele bei städtischen Hochbauprojekten, Energiekonzeption, Bauphysik
- Ausbau der Erneuerbaren Energie: Photovoltaik, Fernwärme, Wärmepumpen und Innovation
- Nachhaltiges Bauen: Nachhaltiges Bauen Baden-Württemberg (NBBW), Klimaanpassung, Cradle to Cradle, Förderanträge

Das Team „Energiemanagement“ des FACHBEREICHS HOCHBAU UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT umfasst aktuell drei Mitarbeitende:

- Stefan Holtkämper, Leitung, M. Sc. Energietechnik
- Björn Stalder, B. Eng. Wirtschaftsingenieurwesen
- Andreas Heuberger, M. Eng. Energiesysteme und Energiemanagement (ab dem 01.09.2022)

Um den Photovoltaik-Ausbau voranzutreiben, wurde eine weitere Stelle geschaffen, die zeitnah (zunächst befristet für 2 Jahre) besetzt werden soll.

2.2 Aktuelle energie- und klimapolitische Entwicklungen im Gebäudesektor

Europäische Union:

Die EU-Kommission hat am 15.12.2021 im Rahmen des "Fit for 55"-Programms einen Entwurf für eine Neufassung der EU-Gebäuderichtlinie (EPBD) vorgelegt. Ziel der novellierten Richtlinie ist es, den Gebäudebestand in der EU bis 2050 zu dekarbonisieren. War in der „alten“ Richtlinie noch der Niedrigstenergiestandard für Gebäude („nearly-zero-energy-buildings“) gefordert, so ist es im Entwurf der „neuen“ Richtlinie das Null-Emissions-Gebäude („zero emission building“). Die beiden wesentlichen Punkte des Entwurfs sind:

- Alle neuen Gebäude müssen ab 2030 **emissionsfrei** sein, **öffentliche Neubauten** bereits **ab 2027**
- **Renovierungspflicht** für Gebäude: Zur Erfüllung von neu eingeführten **Mindestenergiestandards für bestehende Gebäude** („MEPS“) müssen Nichtwohngebäude bis 2027 mindestens die Energieeffizienzklasse F und bis 2030 die Klasse E erreichen.
- Einführung eines Renovierungspasses evtl. vergleichbar mit einem Sanierungsfahrplan

Bund:

Der Gebäudesektor hat seine zulässige Jahresemissionsmenge von 115 Mt CO_{2,äqu} für 2021 überschritten. Wie im Bundesklimaschutzgesetz für diesen Fall vorgesehen, haben die zuständigen Ministerien für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und für Bauen (BMWSB) am 13. Juli 2022 ein gefordertes Sofortprogramm präsentiert. Das Sofortprogramm enthält u.a. folgende Maßnahmen:

- Novelle des **Gebäudeenergiegesetzes** (GEG)
In mehreren Schritten sollen die Regelungen und Vorgaben im GEG angepasst werden. Bereits zum jetzigen Zeitpunkt steht fest, dass ab dem 01.01.2023 die Anforderungen, den Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes um 45 %-Punkte zu unterschreiten, „KfW55“ gilt. Im nächsten Schritt ab dem 01.01.2024 soll nahezu jede neu eingebaute Heizung zu 65 Prozent mit erneuerbaren Energien betrieben werden. Darüber hinaus soll in einer umfassenden Novelle des GEG im nächsten Jahr die Anforderungssystematik „auf die Einsparung von Treibhausgasen“ umgestellt und die Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus geprüft werden.

- Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) und **Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude** (QNG):

Das Bundeswirtschaftsministerium hat die BEG-Förderung mehrfach einschneidend geändert. Eine Förderung für Neubauten im KfW55-Standard ist nicht möglich. Aktuell werden kommunale Neubauten nur mit BEG-Mitteln gefördert, wenn Sie die Anforderungen an den KfW40-Standard und an das Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG) erfüllen. Neubauten, die bestimmte Nachhaltigkeitsstandards erreichen z. B. hinsichtlich Ihres CO₂-Fußabdrucks, können das QNG-Siegel erhalten. Als Nachweis dienen derzeit bereits am Markt gängige Nachhaltigkeitszertifizierungen wie „DGNB“ oder „BNB“. Die Erfüllung der Kriterien des Nachhaltigen Bauens Baden-Württemberg (NBBW) ist aktuell nicht als gleichwertig anerkannt. Mit dem Fokus auf das QNG, die Lebenszyklusbetrachtung und umfassende Sanierungsmaßnahmen soll das Förderprogramm ab 2023 neu aufgesetzt werden.

- **Öffentliche Gebäude**

Die Sanierungsrate von öffentlichen Gebäuden soll erhöht werden. Die Anforderungen an den Energiestandard bei Neubau- und Sanierungsprojekten sollen sich am Ambitionsniveau für Bundesbauten orientieren. Der Bund hat 2021 für seine eigenen Gebäude festgeschrieben, dass Neubauten dem Standard „Effizienzgebäude 40“ und sanierte Bauten dem Standard „Effizienzgebäude 55“ entsprechen müssen. Im Jahr 2022 soll zu möglichen energetischen Zusatzerfordernungen an öffentliche Gebäude mit Kommunen und Ländern beraten werden.

- **Förderprogramm** „Sanierung kommunaler Einrichtungen in den Bereichen Sport, Jugend und Kultur“

Mit dem Förderprogramm „Sanierung kommunaler Einrichtungen in den Bereichen Sport, Jugend und Kultur“ des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen sollen künftig kommunale Einrichtungen in den Bereichen Sport, Jugend und Kultur mit hoher Qualität im Hinblick auf ihre energetischen Wirkungen und Anpassungsleistungen an den Klimawandel gefördert werden.

- **Neues Energieeffizienzgesetz (EnEfG)**

Mit dem Energieeffizienzgesetz soll erstmals ein sektorübergreifender rechtlicher Rahmen zur Steigerung der Energieeffizienz geschaffen und das Ambitionsniveau des Klimaschutzgesetzes für die Energieeffizienz festgeschrieben werden: Öffentliche Einrichtungen von Bund, Ländern und Kommunen sowie sonstige öffentliche Stellen sollen verpflichtet werden, ab einem bestimmten Energieverbrauch Energie- oder Umweltmanagementsysteme einzuführen. Hierbei sind Energieeffizienzmaßnahmen umzusetzen, die zu 1,7 Prozent Einsparung pro Jahr führen.

Am 28.07.2022 wurde im Bundesgesetzblatt das „**Gesetz zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor**“ veröffentlicht. Darin enthalten ist auch eine Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG). Demnach fällt die EEG-Umlage vollständig weg und es gelten ab dem 29.07.2022 neue Vergütungssätze für Photovoltaikanlagen. Für Anlagen zur Volleinspeisung werden die Vergütungssätze je nach Leistungsgröße etwa verdoppelt. Für Anlagen mit Überschusseinspeisung ergeben sich je nach Leistungsgröße erhöhte Vergütungssätze von bis zu 30 %. Darüber hinaus müssen Betreiber von neuen Photovoltaikanlagen kleiner 25 kW_p und ohne Funkrundsteuerempfänger die Leistung nicht mehr auf 70 % beschränken. Balkonanlagen können weiter sanktionsfrei betrieben werden.

Land Baden-Württemberg:

Ab dem 01.01.2023 greift die Pflicht zur Errichtung von Photovoltaikanlagen bei grundlegenden Dachsanierungen. Bereits seit dem 01.01.2022 gilt die Photovoltaikpflicht beim Neubau von Nichtwohngebäuden bzw. ab dem 01.05.2022 beim Neubau von Wohngebäuden. Den gesetzlichen Rahmen für die Klimaschutzpolitik des Landes bildet das im Oktober 2021 novellierte Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg (KSG BW). Gemäß KSG BW soll der Treibhausgasausstoß des Landes Baden-Württemberg bis 2030 im Vergleich zu den Gesamtemissionen des Jahres 1990 um mindestens 65 % sinken und bis 2040 Netto-Treibhausgasneutralität erreicht werden. Aktuell ist bereits eine neue Novelle des Landesklimaschutzgesetzes in Planung.

Stadt Ludwigsburg

Mitte 2022 hat die Beauftragte für eine klimaneutrale Kommunalverwaltung Ihre Arbeit aufgenommen. Der zeitliche Korridor bis zum Erreichen der Treibhausgasneutralität städtischer Einrichtungen soll bis Jahreswechsel festgelegt werden. Der FACHBEREICH HOCHBAU UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT plant im Anschluss die Erstellung und Verabschiedung einer Energieleitlinie, in der Zielvorgaben zu den Treibhausgasemissionen des städtischen Gebäudebetriebs als auch bei städtischen Bauvorhaben festgelegt werden. Es ist angedacht, einen konkreten Einsparpfad mit jährlichen Einsparraten festzulegen.

3 Entwicklung der Treibhausgasemissionen, Verbräuche und Kosten 2017-2021

Im Folgenden wird die Entwicklung der energiebedingten Treibhausgasemissionen, der Energie- und Wasserverbräuche sowie der entsprechenden Kosten dargestellt.

3.1 Randbedingungen

Folgende **Randbedingungen** liegen den hier präsentierten Verbrauchsdaten zugrunde, sofern nicht anders beschrieben.

Datenquelle: Die Ergebnisse basieren auf Verbrauchsdaten, die mithilfe der digitalen, überwiegend monatlichen Übermittlung von Zählerständen durch die Gebäudebetreuung (per Online-Eingabe oder Smartphone) oder durch installierte Datenlogger an die Energiemanagementsoftware ermittelt werden.

Datenverarbeitung: IngSoft InterWatt, Version 21.1.16.00

Berechnungsfehler und Datengüte: Etwaige Berechnungs- und Interpolationsfehler auf Basis defekter Zähler, fehlender Zählerstände, neu in das Energiecontrolling aufgenommener Gebäude etc. sind möglich. Die Datengüte wird durch ein kontinuierlich durchgeführtes Screening in den folgenden Klima- und Energieberichten weiter optimiert.

Verbrauchsverzerrende Einflüsse: Die Berücksichtigung verbrauchsverzerrender Einflüsse erfolgt auf Basis etablierter Berechnungsmethoden, sofern vorhanden und nicht anders beschrieben (z. B. Witterungsbereinigung). Die Bereinigung von gebäudespezifischen Stromverbräuchen aufgrund von mit Gebäudestrom versorgter E-Ladesäulen erfolgt aktuell (noch) nicht. Die Raumbeheizung mittels elektrischer Wärmepumpe wird aktuell nicht im Energiebereich „Wärme“, sondern im Energiebereich „Strom“ bilanziert.

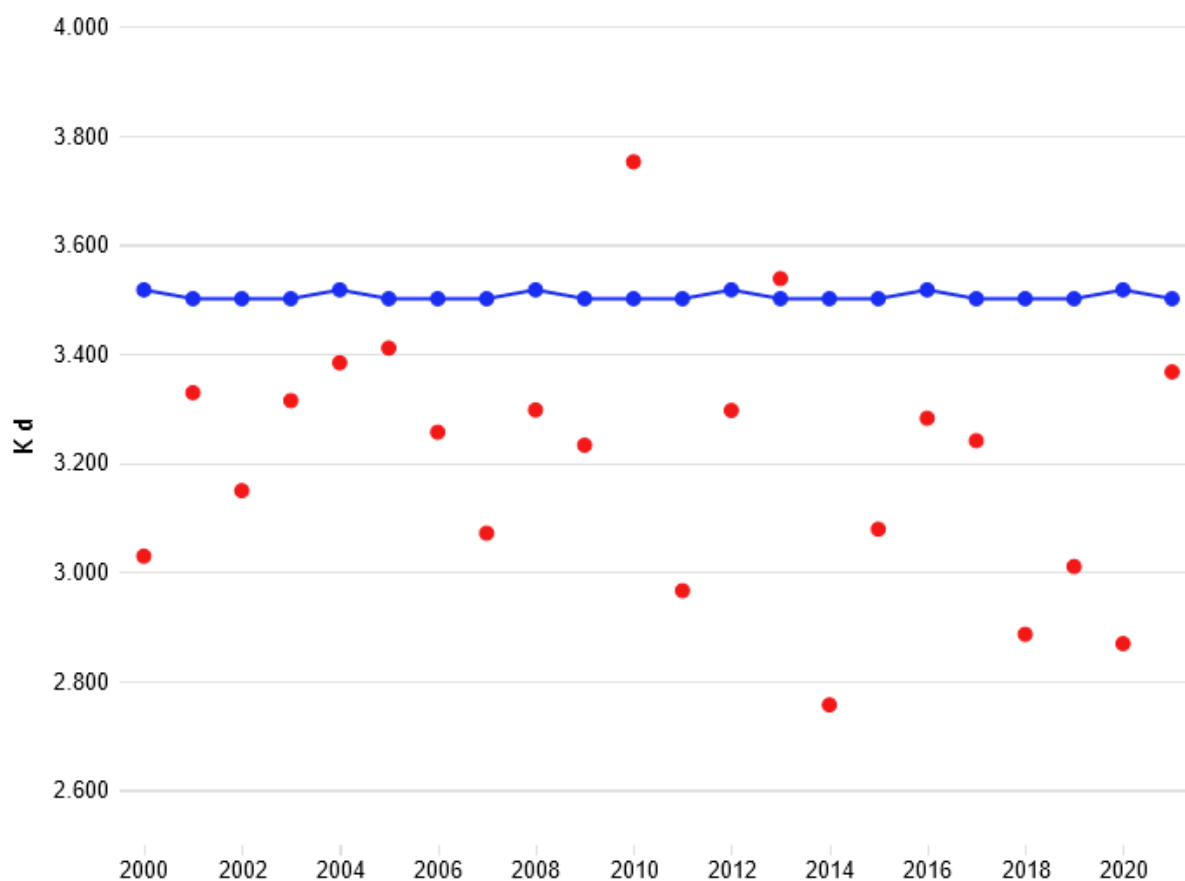
Bilanzierte Gebäude: In Anlehnung an die Vorgaben des KSG BW wird in dem vorliegenden Klima- und Energiebericht unterschieden zwischen den Gebäudekategorien Nichtwohngebäude, Wohngebäude und Lehrschwimmbäder. Berücksichtigt werden im Wesentlichen Gebäude, deren Verbrauchskosten die Stadt Ludwigsburg trägt. Hierunter fallen hauptsächlich Gebäude im städtischen Eigentum. Für städtische Zwecke angemietete Gebäude werden nur dann berücksichtigt, sofern deren Energieverbräuche Einfluss auf den Gesamtenergieverbrauch haben (z. B. Anschlussunterbringungen). Vereinzelt werden auch Gebäude im städtischen Eigentum betrachtet, die durch einen nicht-städtischen Betreiber genutzt werden (z. B. Kindertagesstätten) und für deren Verbrauchskosten die Stadt Ludwigsburg nicht oder nur indirekt aufkommt. Gebäude, die von den städtischen Einheiten Tourismus und Events Ludwigsburg (TELB) sowie Stadtentwässerung Ludwigsburg (SEL) genutzt und betrieben werden, sind nicht in der Bilanz enthalten. Nicht gebäudebezogene Stromverbräuche der Stadt Ludwigsburg, wie z. B. Verkehrssignalanlagen (VSA), werden in dem vorliegenden Klima- und Energiebericht ebenfalls nicht betrachtet.

Anzahl der vom Energiemanagement betrachteten Gebäude in 2021: ~156 Objekte mit ca. 294.234 m²_{NRF}.

Flächenbereinigung: Um Verbrauchsdaten von Gebäuden für eine Bewertung besser vergleichbar zu machen, ist es im Energiecontrolling eine gängige Methode, Verbrauchsdaten flächenspezifisch darzustellen. Daher kommt diese Methode in diesem Klima- und Energiebericht zum Einsatz. Hierbei wurde die Nettoraumfläche (NRF) aus der DIN 277, die nach DIN V 18599 die Energiebezugsfläche darstellt, verwendet. Im Vergleich zum vorherigen Klima- und Energiebericht umfassen die in diesem Bericht dargestellten Energieverbrauchskennwerte nur die Nichtwohngebäude, bei denen der Wärmeverbrauch ausschließlich auf den Heizwärmebedarf für die Raumheizung und Warmwasserbereitung zurückzuführen ist. Folgende Gebäudekategorien sind darin nicht enthalten: Friedhofsanlagen (Krematorium), Lehrschwimmbäder, Wohngebäude (z. B. Anschlussunterbringungen).

Witterungsbereinigung: Die Wärmeverbräuche werden mithilfe von sogenannten Gradtagszahlen gemäß VDI 2067 auf einen „Norm-Winter“ umgerechnet und somit von der Temperaturabhängigkeit entkoppelt. Für die Berechnungen wird in diesem Bericht die Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in Stuttgart-Schnarrenberg sowie das langjährige Mittel der Jahre 1970-2010 herangezogen. Die Berücksichtigung von witterungsunabhängigen Wärmeverbrauchsanteilen (Warmwasserbereitung) durch einen Sockelverbrauch, der von der Bereinigung ausgenommen werden muss, erfolgt aktuell noch nicht.

Das folgende Diagramm zeigt die Entwicklung der „Gradtagszahlen“ sowie die Gradtagszahl des langjährigen Mittels (Kd ≈ 3.500) der Wetterstation Stuttgart-Schnarrenberg.



▼ Jahreswerte, Stuttgart (Schnarrenberg), Gradtagszahlen 20/15 nach VDI 3807 [2007-03] (Wärme (Gt)), Klimawert
 ■ Klimadaten (Eigenes langjähriges Mittel) ■ Klimadaten (Istwert, Aktuelle Werte)

Demnach liegen die jahresspezifischen Gradtagszahlen der vergangenen zwei Jahrzehnte nur zwei Mal oberhalb der Gradtagszahl des langjährigen Mittels. Dies bedeutet, dass die letzten Jahre relativ warm waren. Mit einer Gradtagszahl von 3366,8 ist das Jahr 2021 im Vergleich zu den Vorjahren aber als ein eher kaltes Jahr anzusehen.

Treibhausgasemissionen: Es werden direkte und indirekte Treibhausgasemissionen, sowie die Emission weiterer Treibhausgase wie Methan und Lachgas in CO₂-Äquivalenten berücksichtigt (in Anlehnung an die Berechnungsmethodik zur Ökobilanzierung von Kommunen „bico2BW“ mit Daten gemäß GEMIS und IFEU). Die Berechnung der Treibhausgasemissionen erfolgt ohne Witterungsbereinigung.

Emissionsfaktoren: Es werden die spezifischen Emissionsfaktoren, die für die aktuell bezogenen Produkte der Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim (SWLB) gültig sind, verwendet. Diese berücksichtigen die o.g. Treibhausgase (vgl. Tools zur Ökobilanzierung von kommunalen Prozessen EEA und bico2BW). Erstmals wird im Klima- und Energiebericht 2021 die Vorgabe umgesetzt, dass sowohl zertifizierter Ökostrom als auch anteiliges Biogas nicht als annähernd emissionsfrei angenommen werden darf. Stattdessen werden die Emissionsfaktoren für den jeweiligen Energiemix in der BRD berücksichtigt.

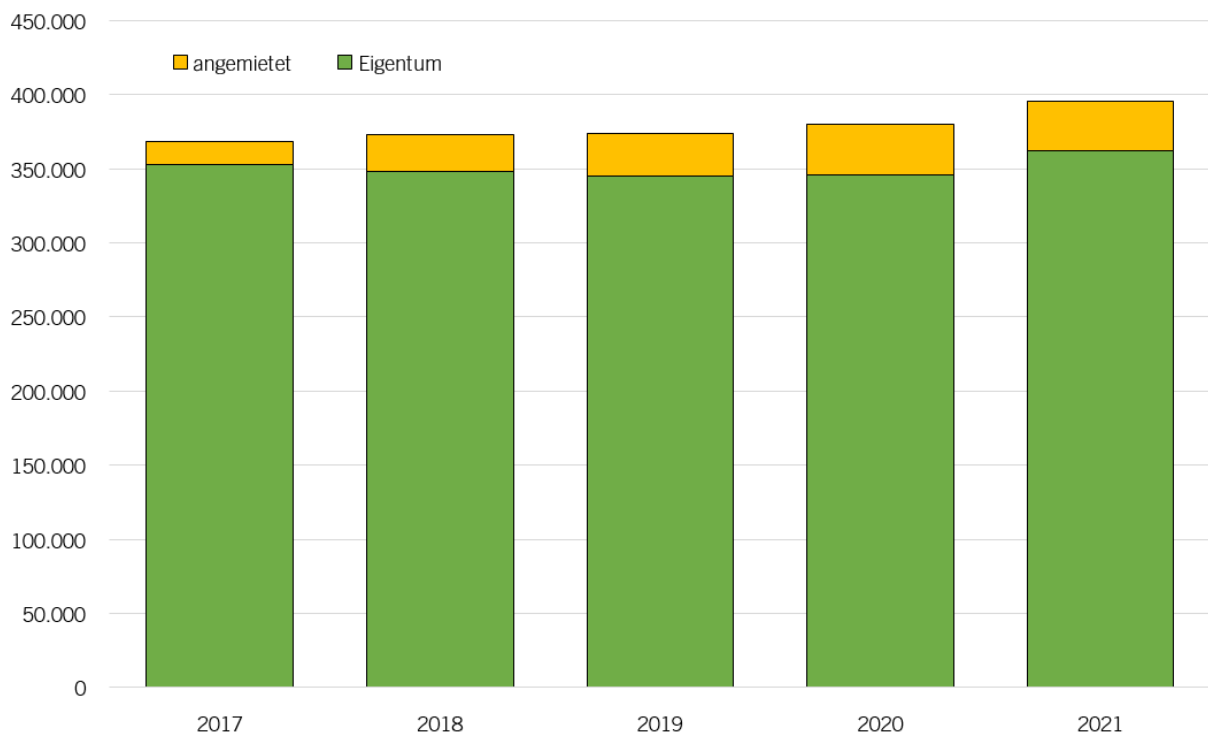
Energiebilanzierung Gas: Unter Berücksichtigung der Zustandszahl werden Heizwert-bezogene Energiemengen bilanziert. Seit 2016 bezieht die Stadt Ludwigsburg Gas mit den Anteilen 90 % Erdgas und 10 % zertifiziertes Biomethan.

Energiebilanzierung Strom: Hier wird der Strombezug betrachtet, nicht der tatsächliche Stromverbrauch, der sich aus dem Strombezug und den im Gebäude durch Blockheizkraftwerke oder Photovoltaik erzeugten und selbst-verbrauchten Strom zusammensetzt. Seit 2013 bezieht die Stadt Ludwigsburg für städtische Abnahmestellen zu 100 % zertifizierten Ökostrom.

3.2 Flächenentwicklung

Die folgende Grafik zeigt die Entwicklung der vom FACHBEREICH HOCHBAU UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT bewirtschafteten Nettoraumfläche in m².

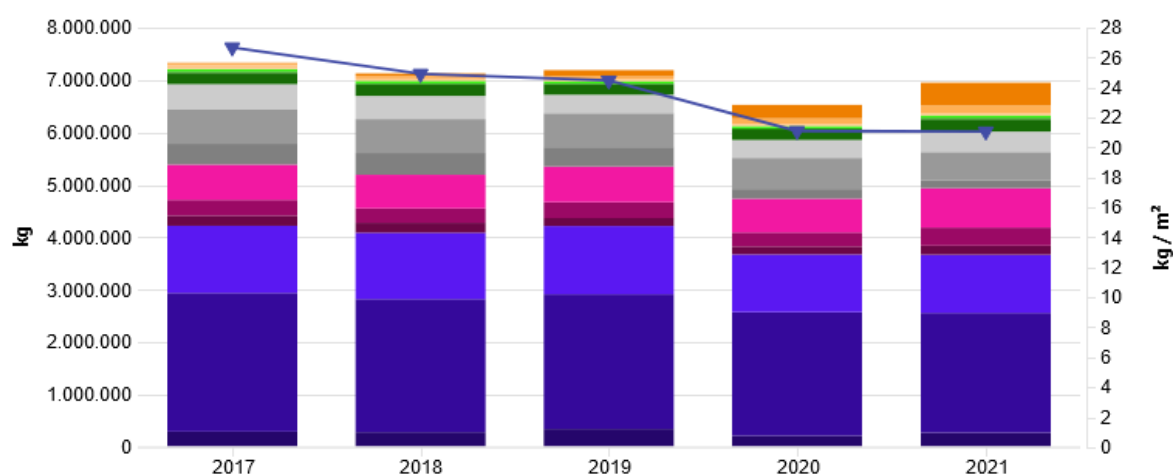
Die bewirtschaftete Nettoraumfläche hat seit 2017 um 7,3 % auf ca. 395.604 m² in 2021 zugenommen.



3.3 Treibhausgasemissionen

Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der **absoluten (Balken) und flächenspezifischen (Linie)** Treibhausgasemissionen in CO₂-Äquivalenten des städtischen Gebäudebetriebs von 2017 bis 2021.

Bemerkung: Wohngebäude und Nichtwohngebäude mit Sondernutzungen, deren Wärmeverbrauch nicht überwiegend auf die Bereitstellung von Wärme zur Raumheizung und Warmwasserbereitung zurückzuführen sind, bleiben in der Ermittlung des flächenspezifischen Kennwerts unberücksichtigt (u.a. Krematorium, Lehrschwimmbäder, Anschlussunterbringungen).



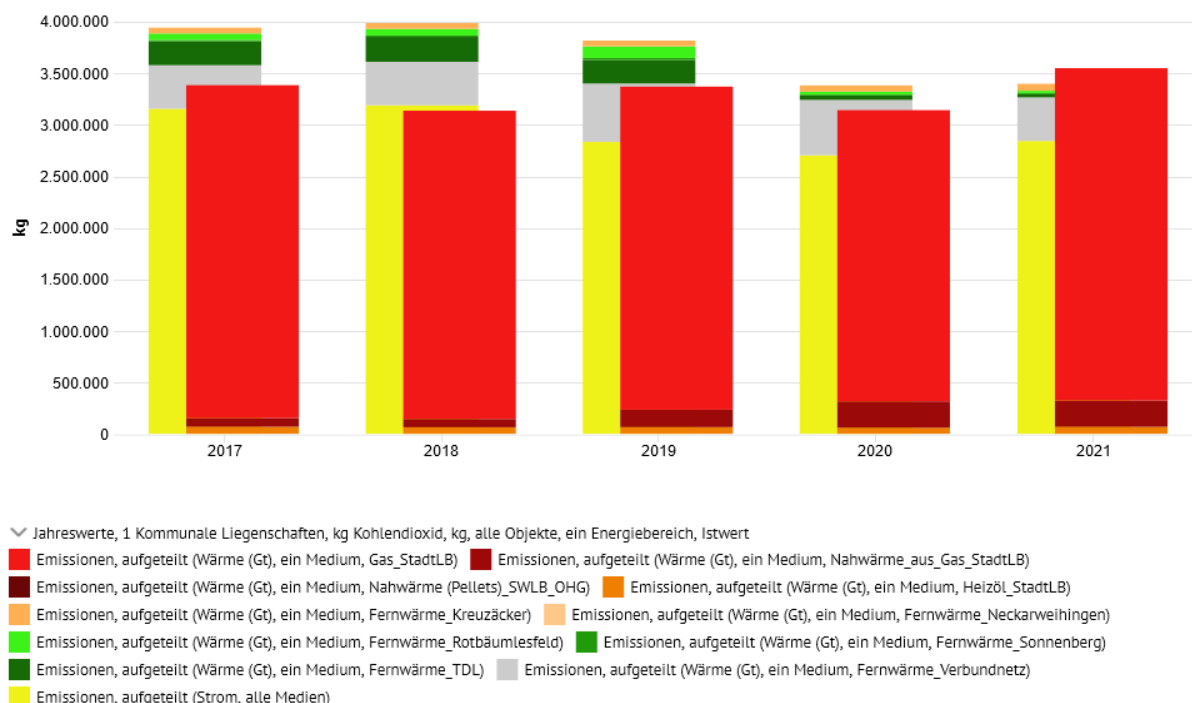
- ▼ Jahreswerte, kg Kohlendioxid, alle Medien, alle Objekte, alle energetischen Energieeinsatzbereiche, Istwert
- Emissionen, aufgeteilt (Anschlussunterbringungen, kg)
- Emissionen, aufgeteilt (Obdachlosenunterkünfte, kg)
- Emissionen, aufgeteilt (Begegnungsstätten, kg)
- Emissionen, aufgeteilt (Jugendtreffs, kg)
- Emissionen, aufgeteilt (Vereinsstätten, kg)
- Emissionen, aufgeteilt (Feuerwehrgebäude, kg)
- Emissionen, aufgeteilt (Verwaltungsgebäude, kg)
- Emissionen, aufgeteilt (Kulturgebäude, kg)
- Emissionen, aufgeteilt (Technische Dienste Ludwigsburg, kg)
- Emissionen, aufgeteilt (Kindertageseinrichtungen, kg)
- Emissionen, aufgeteilt (Friedhofsgebäude, kg)
- Emissionen, aufgeteilt (3 Hallen- und Lehrschwimmbäder, kg)
- Emissionen, aufgeteilt (Sport- und Gemeindehallen, kg)
- Emissionen, aufgeteilt (Schulen, kg)
- Emissionen, aufgeteilt (Krematorium und Friedhofsanlagen, kg)

Im **Berichtsjahr 2021** belaufen sich die absoluten Treibhausgasemissionen der vom Energiemanagement erfassten städtischen Gebäude auf rund **6.950 Tonnen CO₂-Äquivalente**. Hieraus resultieren gesellschaftliche Kosten durch **Umweltbelastungen in Höhe von 1.396.950 €** (Quelle: Empfehlung Umweltbundesamt zu den Klimakosten 2020; für 2021: 201 €/t). Die **flächenspezifischen Treibhausgasemissionen** konnten seit 2015 von 26,5 kg CO₂-Äquivalente/m²a um rund 20 % auf 21,1 kg CO₂-Äquivalente/m²a im Jahr 2021 **reduziert** werden. Diese positive Entwicklung trotz

Flächenzuwachs ist das Resultat der durchgeführten investiven Maßnahmen zur Anbindung der städtischen Gebäude an die Fernwärme sowie zur Reduktion des Wärmebedarfs.

Im gleichen Zeitraum lässt sich hinsichtlich der absoluten Treibhausgasemissionen eine Konstanz beobachten. Um das Ziel der Treibhausgasneutralität zu erreichen und die Folgen des Klimawandels zu beschränken, **muss die Anzahl und Qualität der energetischen Sanierungen von treibhausgasintensiven Gebäuden wesentlich erhöht werden**. Dies beinhaltet sowohl die Umstellung der Energieversorgung der städtischen Gebäude auf erneuerbare Energien als auch die Reduktion des Gesamtenergiebedarfs.

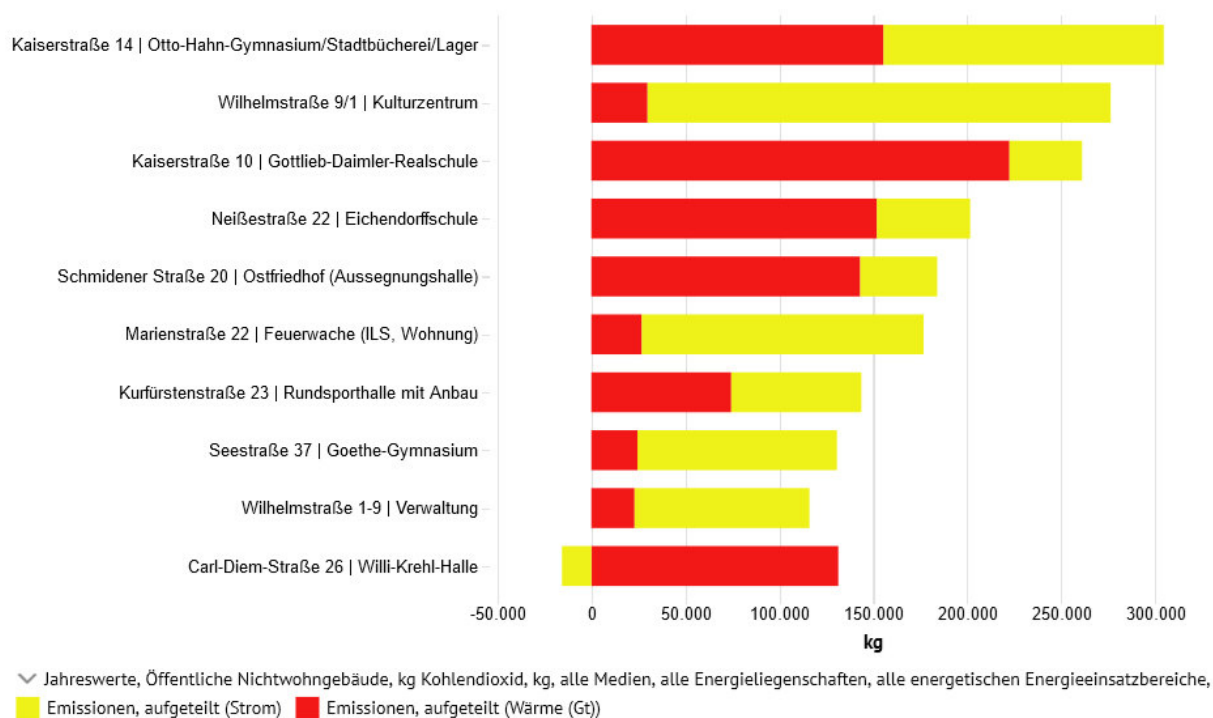
Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der absoluten Treibhausgasemissionen in CO₂-Äquivalenten des Gebäudebetriebs von 2017 bis 2021 sortiert nach „Scopes“. Das Treibhausgasprotokoll GHG differenziert zwischen **Scope 1 Emissionen** (siehe roter Balken), die im Gebäudebetrieb direkt (stationär) anfallen wie z. B. das Verbrennen von Erdgas in Kesselanlagen und **Scope 2 Emissionen** (siehe u.a. gelber Balken), die durch den Bezug von Energie verursacht werden, aber an einem anderen Ort anfallen wie z. B. Strom aus dem öffentlichen Netz oder Fernwärme.



Das Verhältnis der Scope 1 und 2 Emissionen liegt im Jahr 2021 bei ungefähr 1:1. 2017 waren die Scope 1 Emissionen noch u. ca. 14,5 % größer als die Scope 2 Emissionen.

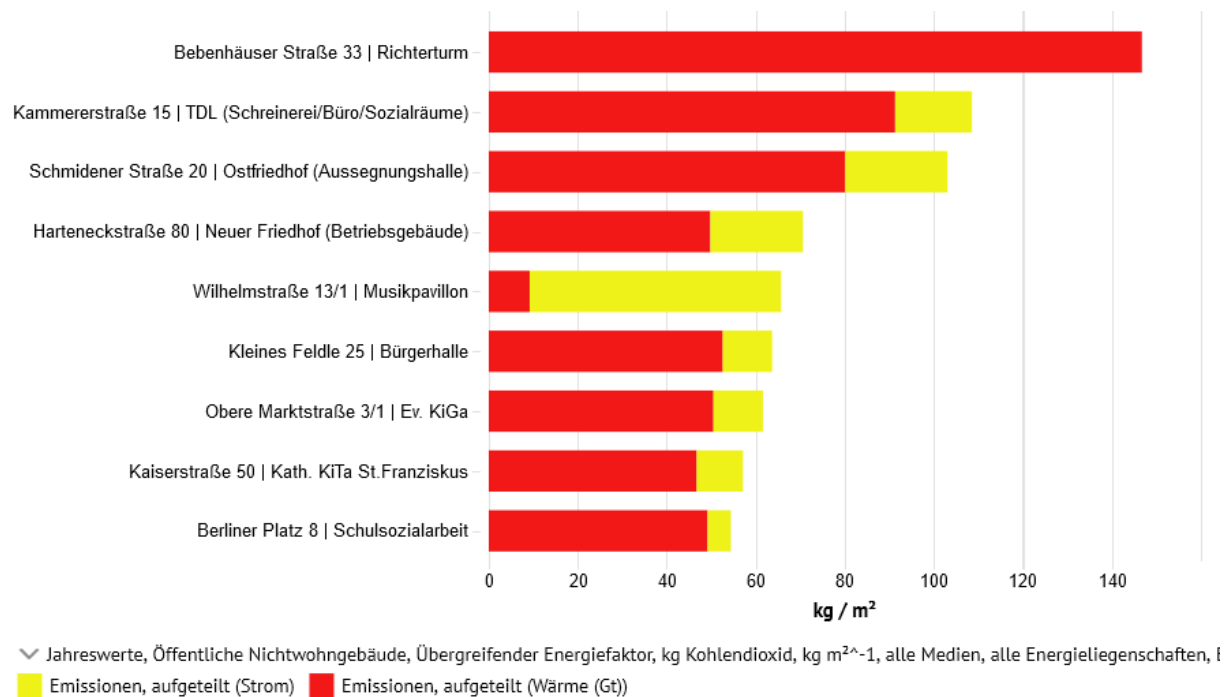
Insgesamt beträgt der Anteil wärmebedingter Emissionen an den Gesamtemissionen 59 %, der strombedingte Anteil beläuft sich auf 41 %.

Die Nichtwohngebäude (ohne Sondernutzungen) mit dem **größten, absoluten Treibhausgasemissionen** bedingt durch den Energieverbrauch in **2021** sind:



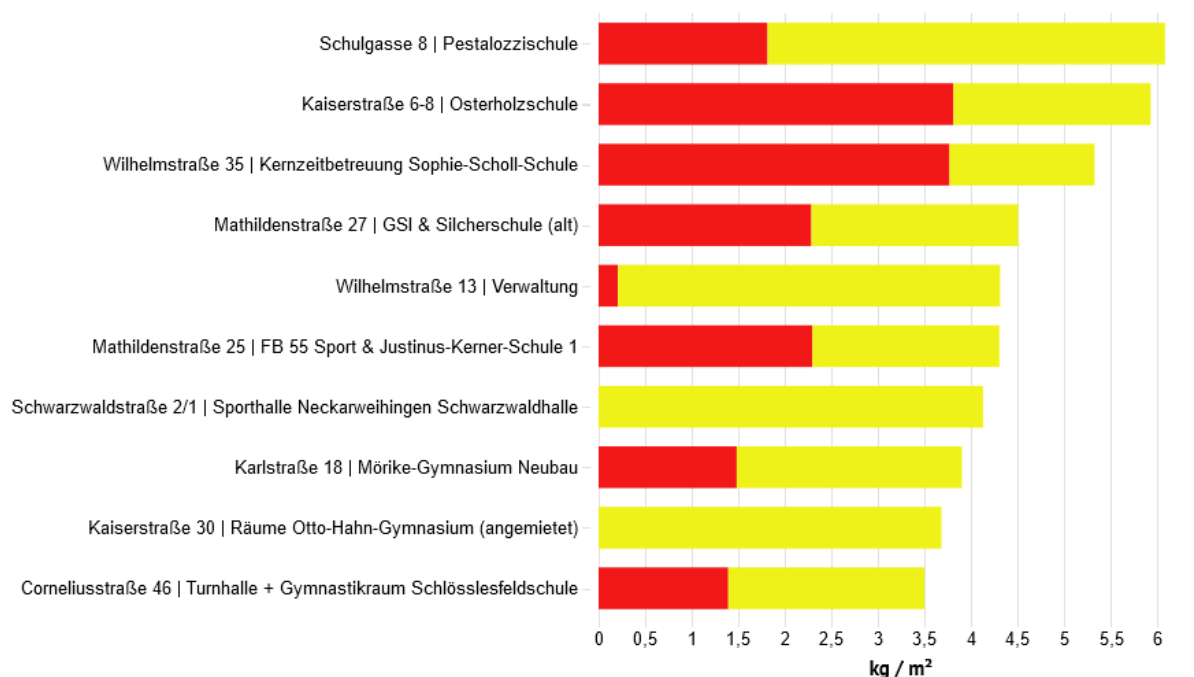
Bemerkung: Wohngebäude und Nichtwohngebäude mit Sondernutzungen, deren Wärmeverbrauch nicht überwiegend auf die Bereitstellung von Wärme zur Raumheizung und Warmwasserbereitung zurückzuführen sind, bleiben in dieser Bewertung unberücksichtigt (u.a. Krematorium, Lehrschwimmbäder, Anschlussunterbringungen). In der Carl-Diem-Straße 26 befinden sich zwei Blockheizkraftwerke (BHKWs), die neben Wärme auch Strom erzeugen. Im Jahr 2021 haben diese mehr Strom produziert, als im Gebäude verbraucht worden ist. Dies führt zu einem positiven Fußabdruck in der Treibhausgasbilanz des Gebäudebetriebs.

Die Nichtwohngebäude (ohne Sondernutzungen) mit den **größten, flächenspezifischen Treibhausgasemissionen 2021** bedingt durch den Energieverbrauch sind:

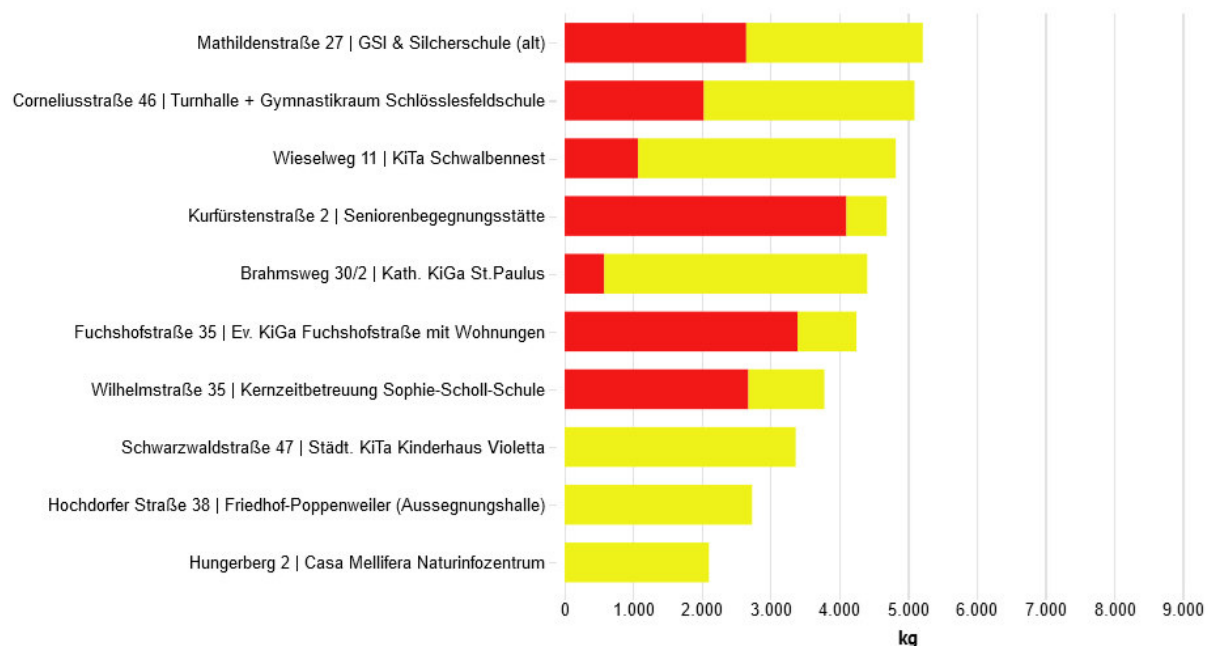


Bemerkung: Wohngebäude und Nichtwohngebäude mit Sondernutzungen, deren Wärmeverbrauch nicht überwiegend auf die Bereitstellung von Wärme zur Raumheizung und Warmwasserbereitung zurückzuführen sind, bleiben in dieser Bewertung unberücksichtigt (u.a. Krematorium, Lehrschwimmbäder, Anschlussunterbringungen).

Die Nichtwohngebäude (ohne Sondernutzungen) mit dem **geringsten, flächenspezifischen und absoluten Treibhausgasemissionen 2021** bedingt durch den Energieverbrauch sind:



∨ Jahreswerte, Öffentliche Nichtwohngebäude, Übergreifender Energiefaktor, kg Kohlendioxid, kg m²-1, alle Medien, alle Energieliegenschaften, Emissionen, aufgeteilt (Strom) Emissionen, aufgeteilt (Wärme (Gt))



∨ Jahreswerte, Öffentliche Nichtwohngebäude, kg Kohlendioxid, kg, alle Medien, alle Energieliegenschaften, alle energetischen Energieeinsatzbereiche, Emissionen, aufgeteilt (Strom) Emissionen, aufgeteilt (Wärme (Gt))

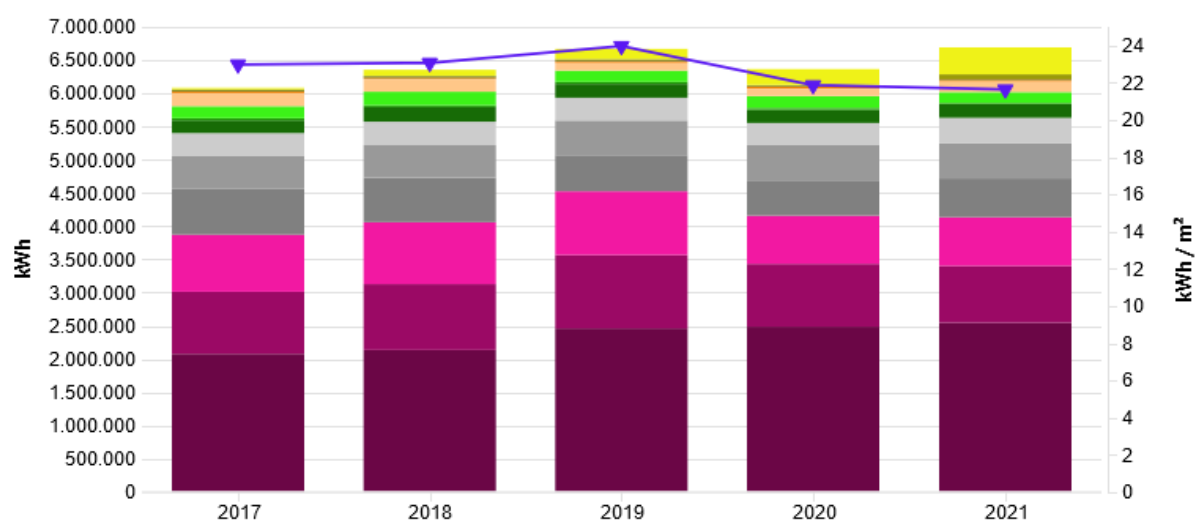
Bemerkung: Wohngebäude und Nichtwohngebäude mit Sondernutzungen, deren Wärmeverbrauch nicht überwiegend auf die Bereitstellung von Wärme zur Raumheizung und Warmwasserbereitung zurückzuführen sind, bleiben in dieser Bewertung unberücksichtigt (u.a. Krematorium, Lehrschwimmbäder, Anschlussunterbringungen).

Der Neubau der KiTa Brahmweg wurde in der Planung so konzipiert, dass ein nahezu treibhausgasneutraler Gebäudebetrieb ermöglicht wird. Daher findet sich dieses Gebäude in der oben gezeigten Darstellung der Gebäude mit dem geringsten, absoluten Treibhausgasemissionen wieder.

3.4 Stromverbrauch

Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung des **absoluten (Balken) und flächenspezifischen (Linie) Stromverbrauchs** von 2017 bis 2021. Der durch KWK-Anlagen und Photovoltaik erzeugte und selbst verbrauchte Strom ist darin nicht enthalten.

Bemerkung: Wohngebäude und Nichtwohngebäude mit Sondernutzungen, bleiben in der Berechnung des flächenspezifischen Kennwerts unberücksichtigt (u.a. Krematorium, Lehrschwimmbäder, Anschlussunterbringungen).



- ▼ Jahreswerte, Strom, alle Medien, alle Objekte, ein Energiebereich, Istwert
- Verbrauch, aufgeteilt (Anschlussunterbringungen, kWh)
- Verbrauch, aufgeteilt (Obdachlosenunterkünfte, kWh)
- Verbrauch, aufgeteilt (Begegnungsstätten, kWh)
- Verbrauch, aufgeteilt (Jugendtreffs, kWh)
- Verbrauch, aufgeteilt (Vereinsstätten, kWh)
- Verbrauch, aufgeteilt (Lehrschwimmbäder, kWh)
- Verbrauch, aufgeteilt (Technische Dienste Ludwigsburg, kWh)
- Verbrauch, aufgeteilt (Krematorium und Friedhofsanlagen, kWh)
- Verbrauch, aufgeteilt (Friedhofsgebäude, kWh)
- Verbrauch, aufgeteilt (Feuerwehrgebäude, kWh)
- Verbrauch, aufgeteilt (Kindertageseinrichtungen, kWh)
- Verbrauch, aufgeteilt (Verwaltungsgebäude, kWh)
- Verbrauch, aufgeteilt (Sport- und Gemeindehallen, kWh)
- Verbrauch, aufgeteilt (Kulturgebäude, kWh)
- Verbrauch, aufgeteilt (Schulen, kWh)

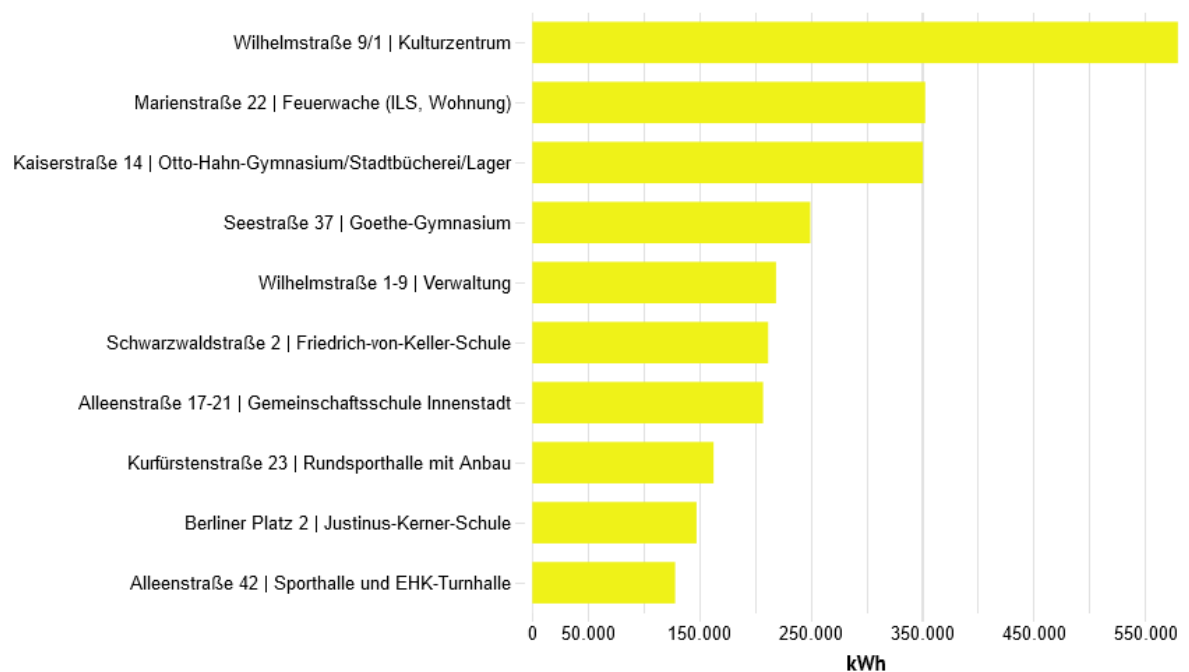
Der absolute Stromverbrauch der erfassten städtischen Gebäude nimmt in den letzten Jahren kontinuierlich zu.

Diese Tatsache ist zurückzuführen auf die zunehmende Elektrifizierung, eine steigende Intensität der Gebäudenutzung z. B. in den Ferien sowie auf neu hinzugekommene Stromverbraucher wie z. B. Lüftungsanlagen, Küchen, Whiteboards, EDV u.a. insbesondere im schulischen Bereich.

Im Jahr 2021 verbrauchten die städtischen Gebäude etwa 6,7 Mio. kWh Strom. Das sind rund 5 % mehr als im Vorjahr und etwa 10 % mehr als 2017. Der größte Stromverbraucher sind die Schulen mit einem jährlichen Stromverbrauch von etwa 2,5 Mio. kWh.

Im Durchschnitt verbraucht ein städtisches Gebäude im Jahr 2021 21,6 kWh/m² Strom. Dieser flächenspezifische Stromverbrauch konnte im Zeitraum 2017-2021 um etwa 5,8 % reduziert werden. Dieses Ergebnis spiegelt die Bemühungen wider, den Strombezug durch die stetige Umstellung auf effiziente LED-Beleuchtungstechnik, den Ausbau der Photovoltaik und durch Betriebsoptimierung zu reduzieren.

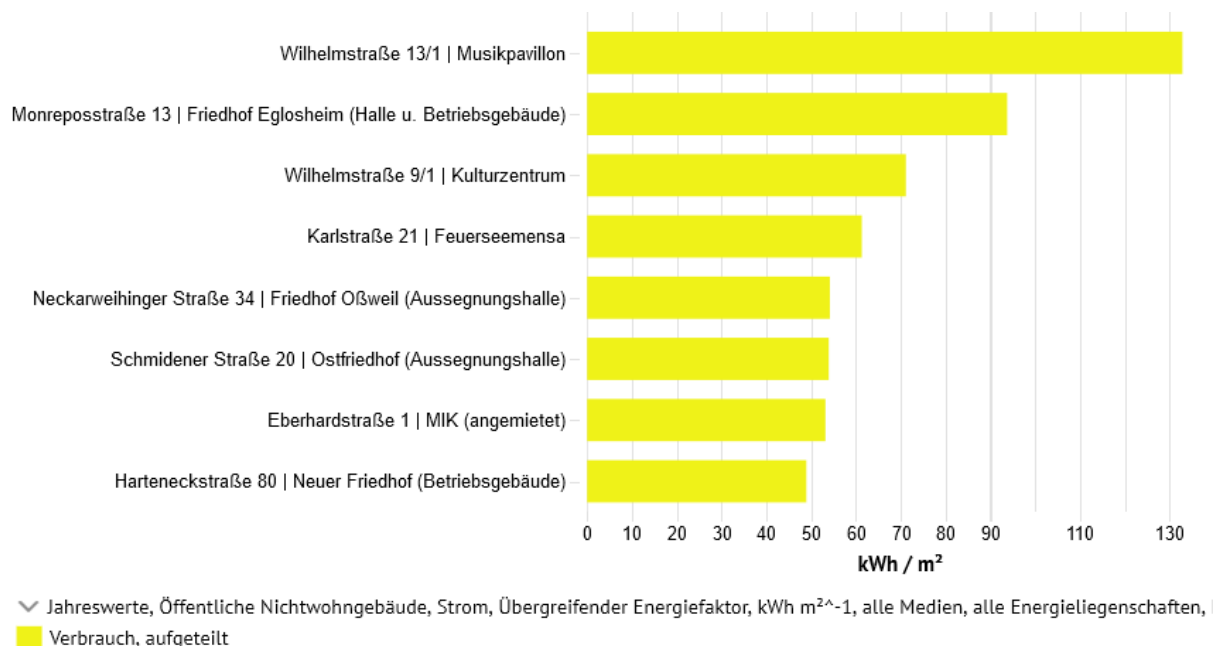
Die Nichtwohngebäude (ohne Sondernutzungen) mit dem **größten, absoluten Stromverbrauch 2021** sind:



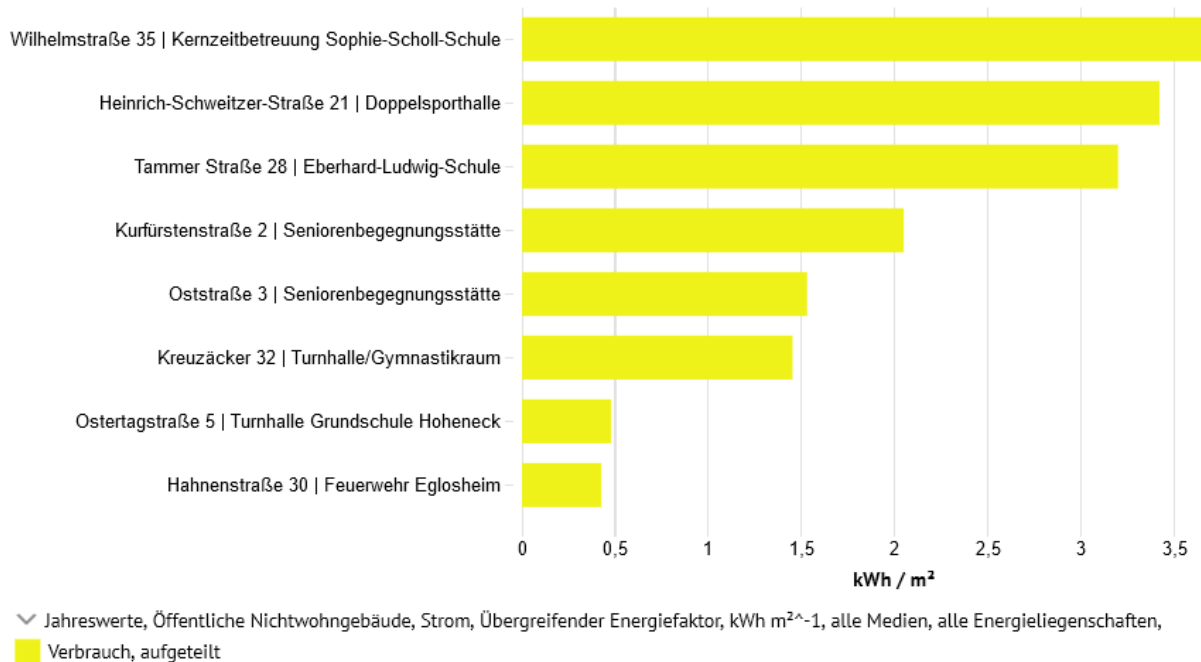
▼ Jahreswerte, Öffentliche Nichtwohngebäude, Strom, kWh, alle Medien, alle Energieliegenschaften, ein Energiebereich, Istwert, 2021
 ■ Verbrauch, aufgeteilt

Bemerkung: Wohngebäude und Nichtwohngebäude mit Sondernutzungen, bleiben in dieser Bewertung unberücksichtigt (u.a. Krematorium, Lehrschwimmbäder, Anschlussunterbringungen).

Die Nichtwohngebäude (ohne Sondernutzungen) mit dem **größten, flächenspezifischen Stromverbrauch 2021** sind:



Die Nichtwohngebäude (ohne Sondernutzungen) mit dem **geringsten, flächenspezifischen Stromverbrauch 2021** sind:



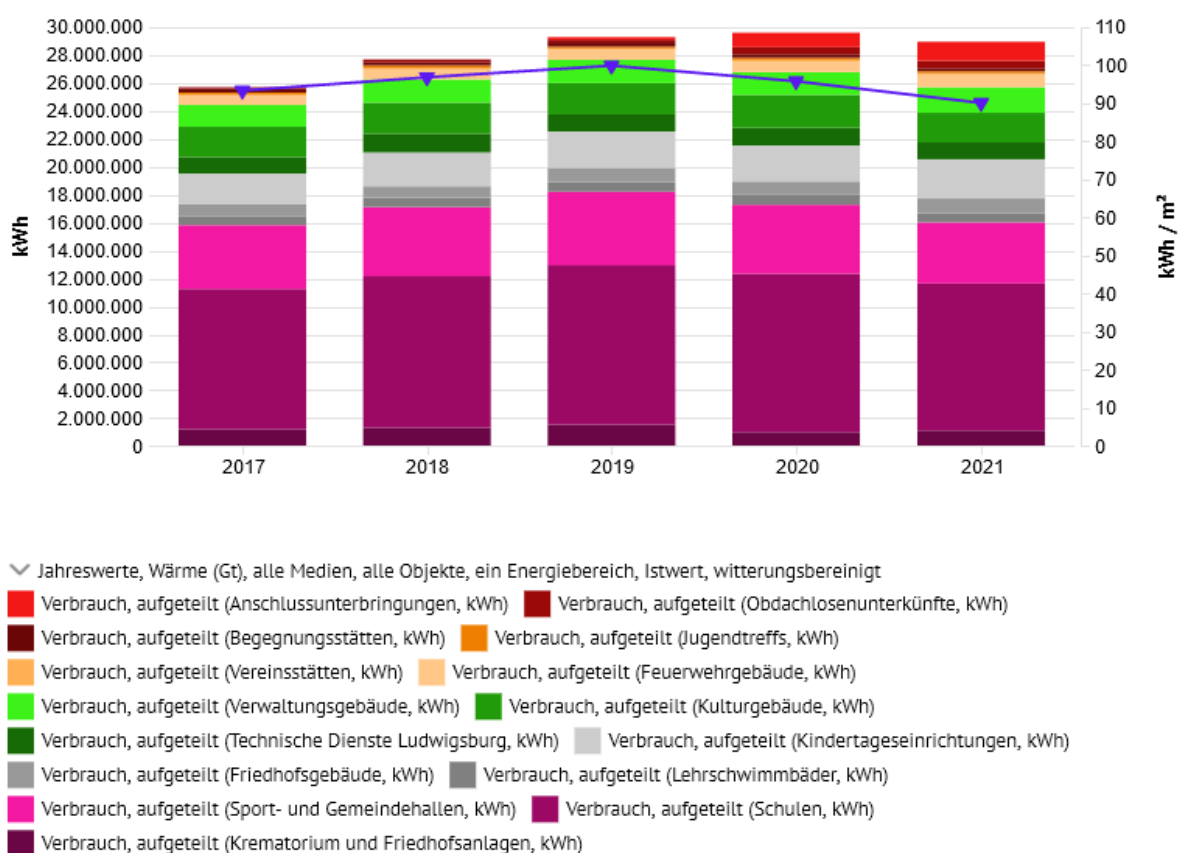
Bemerkung: Wohngebäude und Nichtwohngebäude mit Sondernutzungen, bleiben in dieser Bewertung unberücksichtigt (u.a. Krematorium, Lehrschwimmbäder, Anschlussunterbringungen).

In der Carl-Diem-Straße 26 befinden sich zwei Blockheizkraftwerke (BHKWs), die neben Wärme auch Strom erzeugen. Im Jahr 2021 haben diese mehr Strom produziert, als im Gebäude verbraucht worden ist, sodass ein negativer Stromverbrauch (Stromproduktion mit Überschusseinspeisung) entsteht, der daher in der o.g. Grafik nicht enthalten ist.

3.5 Wärmeverbrauch

Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der **absoluten (Balken) und flächenspezifischen (Linie), witterungsbereinigten Wärmeverbräuche** von 2017 bis 2021.

Bemerkung: Wohngebäude und Nichtwohngebäude mit Sondernutzungen, deren Wärmeverbrauch nicht überwiegend auf die Bereitstellung von Wärme zur Raumheizung und Warmwasserbereitung zurückzuführen sind, bleiben bei der Berechnung des flächenspezifischen Kennwerts unberücksichtigt (u.a. Krematorium, Lehrschwimmbäder, Anschlussunterbringungen).

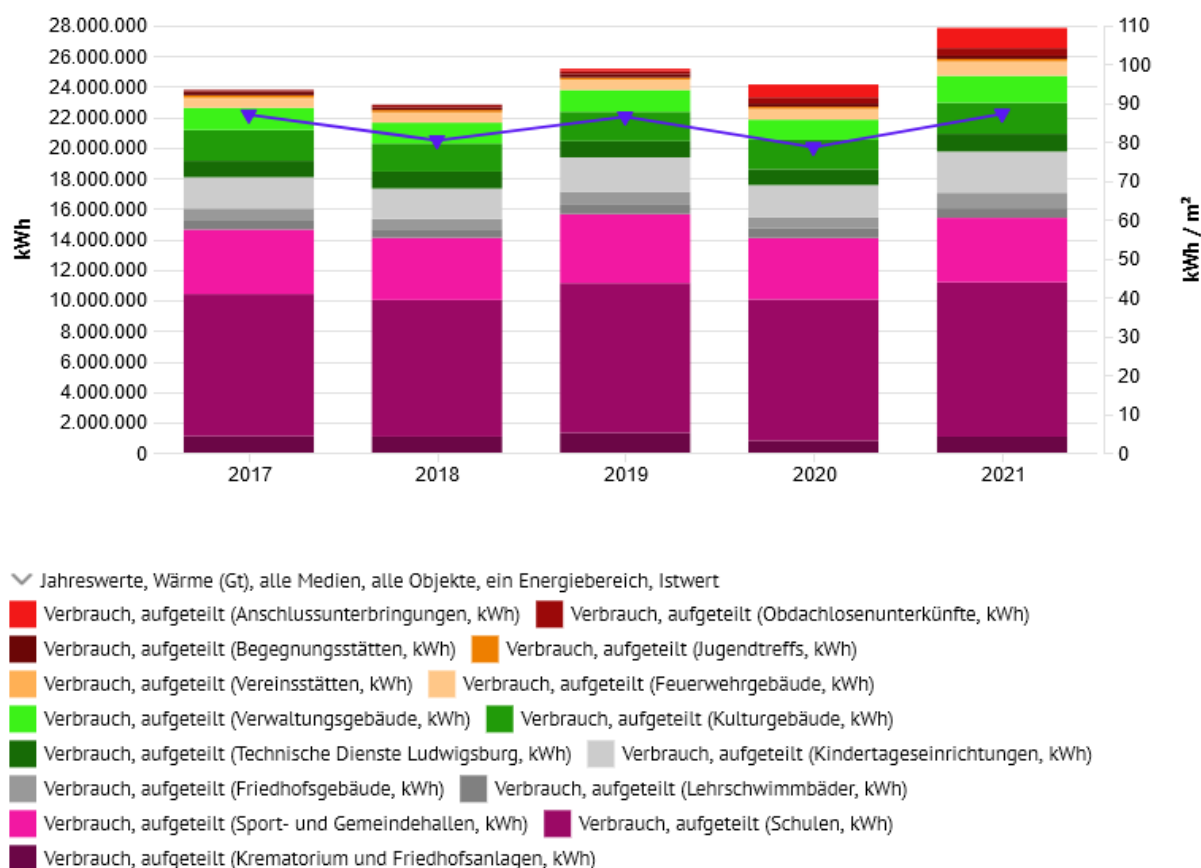


Der absolute, witterungsbereinigte Wärmeverbrauch der vom Energiemanagement erfassten städtischen Gebäude beträgt im Jahr 2021 **28,96 Mio. kWh**. Die sind **12,7 % mehr als 2017**, aber 2,2 % weniger als im Vorjahr. Diese Tatsache ist zurückzuführen auf eine steigende Intensität der Gebäudenutzung (z. B. Ganztagsbetreuung und Nutzung von Schulgebäuden in den Ferien) sowie zusätzlich erfasste und beheizte Flächen wie z. B. Anschlussunterbringungen.

Der **flächenspezifische Kennwert** ist **seit 2019 rückläufig**. In diesem Zeitraum lässt sich eine Reduktion von 99,9 kWh/m²a auf 90,1 kWh/m²a beobachten. Dies entspricht einer Minderung um 9,8 %. Dieses

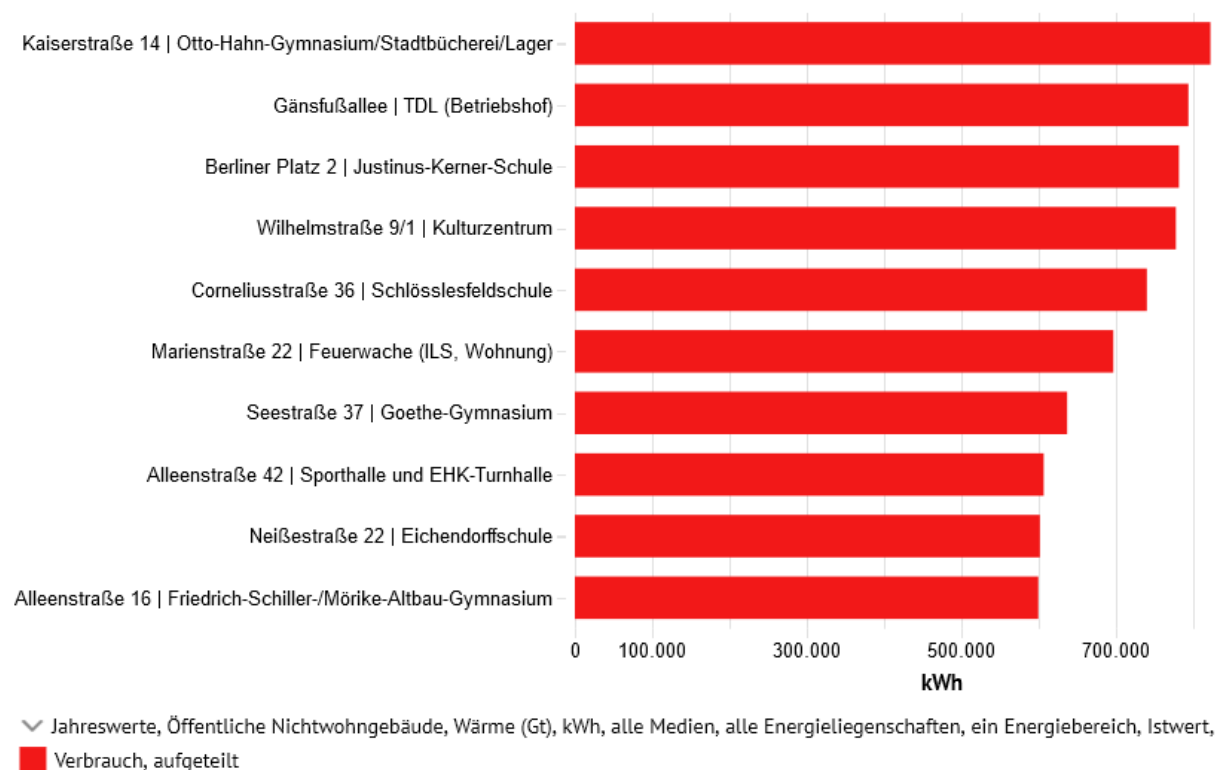
Ergebnis spiegelt die Bemühungen wider, den Wärmeverbrauch durch Maßnahmen wie die Betriebsoptimierung und technische Effizienzsteigerungen zu reduzieren.

Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der **absoluten (Balken) und flächenspezifischen (Linie) Wärmeverbräuche ohne Witterungsberreinigung** von 2017 bis 2021.



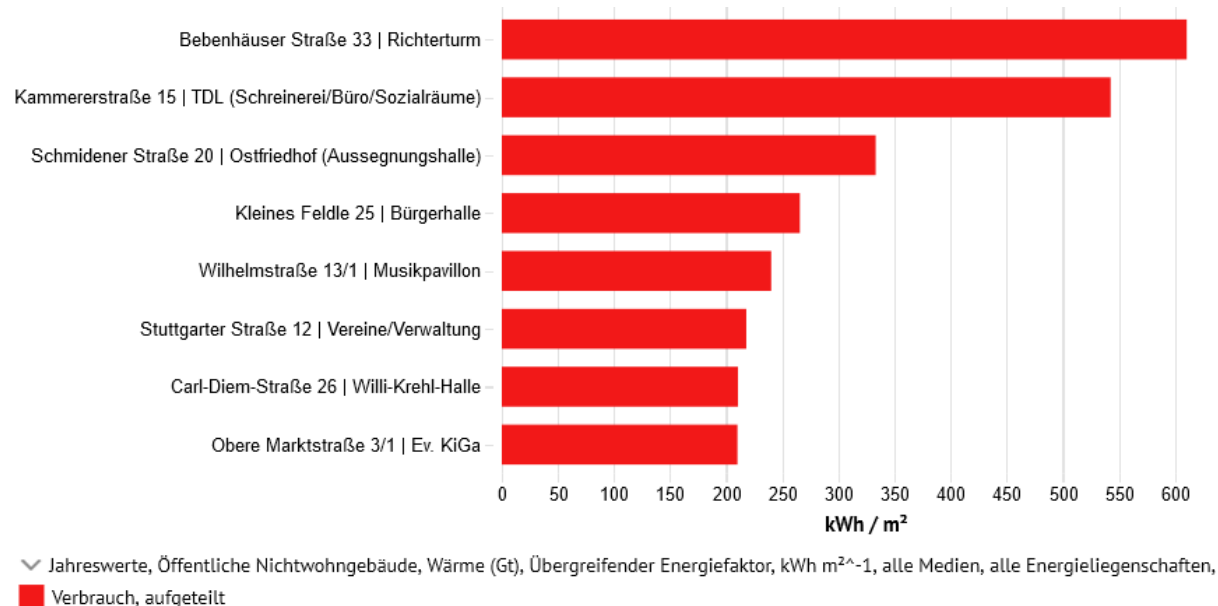
Wärmeverbräuche, die nicht witterungsberreinigung sind, weisen eine große Abhängigkeit von der Witterung auf. Das heißt, diese Daten berücksichtigen nicht, ob die Winter im Betrachtungszeitraum warm oder relativ kalt sind. Dies hat zur Folge, dass Einspareffekte nicht so gut sichtbar gemacht werden können und dass ein Vergleich der Wärmeverbräuche der unterschiedlichen Jahre untereinander zum Zweck des Energiecontrollings wenig aussagekräftig ist.

Die Nichtwohngebäude (ohne Sondernutzungen) mit dem **größten, absoluten Wärmeverbrauch 2021** sind:



Da die Eichendorffschule sowohl in der Rangliste der größten, absoluten Wärmeverbraucher als auch in der Rangliste der größten, absoluten Treibhausgasemittenten unter den ersten zehn Nichtwohngebäuden zu finden ist, wurde dieses Objekt im Rahmen des mündlichen Berichts zur strategischen Sanierungsplanung im Juli 2022 für eine energetische Sanierung vorgeschlagen.

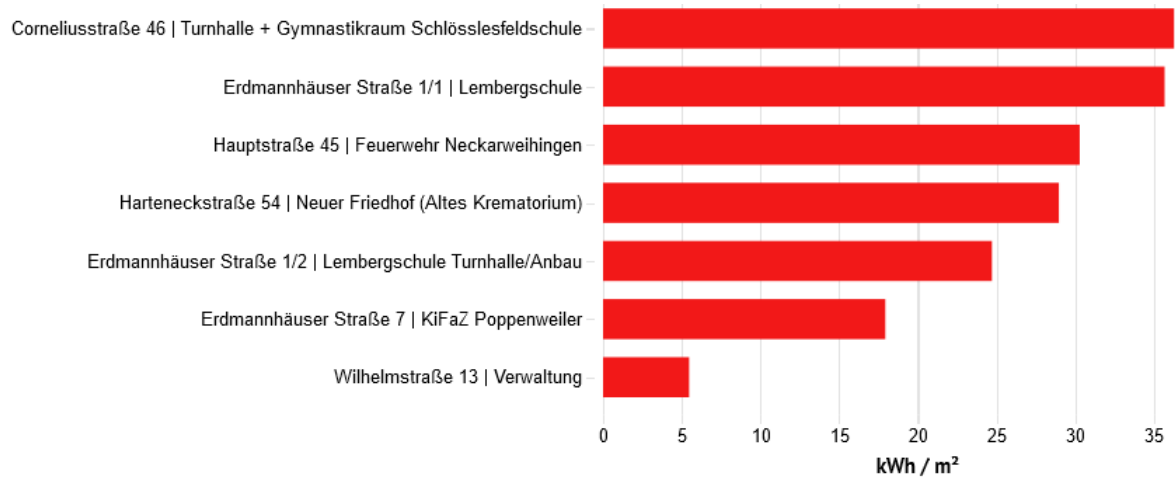
Die Nichtwohngebäude (ohne Sondernutzungen) mit dem **größten, flächenspezifischen Wärmeverbrauch 2021** sind:



Zur Erreichung des Ziels einer klimaneutralen Verwaltung dürfen städtische Gebäude nach einer energetischen Sanierung nur noch einen Wärmebedarf von < 50 kWh/m² pro Jahr aufweisen. Dieser Zielwert wird aktuell von den wenigsten städtischen Gebäuden eingehalten. Die meisten Gebäude überschreiten diesen Wert im Jahr 2021 um ein Vielfaches, darunter die Goethe-Turnhalle im Dragonergässle mit 108 kWh/m², die Verwaltung Obere Marktstraße 1-3 mit 152 kWh/m², die Doppelsporthalle in der Heinrich-Schweitzer-Straße mit 131 kWh/m² oder auch die Eichendorffschule mit 109 kWh/m². Der Richterturm in der Bebenhäuser Straße führt die Rangliste (siehe oben) an. Das Bauwerk ist nicht für die jetzige Dauernutzung durch Vereine vorgesehen.

Die Nichtwohngebäude (ohne Sondernutzungen) mit dem **geringsten, flächenspezifischen**

Wärmeverbrauch 2021 sind:



▼ Jahreswerte, Öffentliche Nichtwohngebäude, Wärme (Gt), Übergreifender Energiefaktor, kWh m²⁻¹, alle Medien, alle Energieliegenschaften, Verbrauch, aufgeteilt

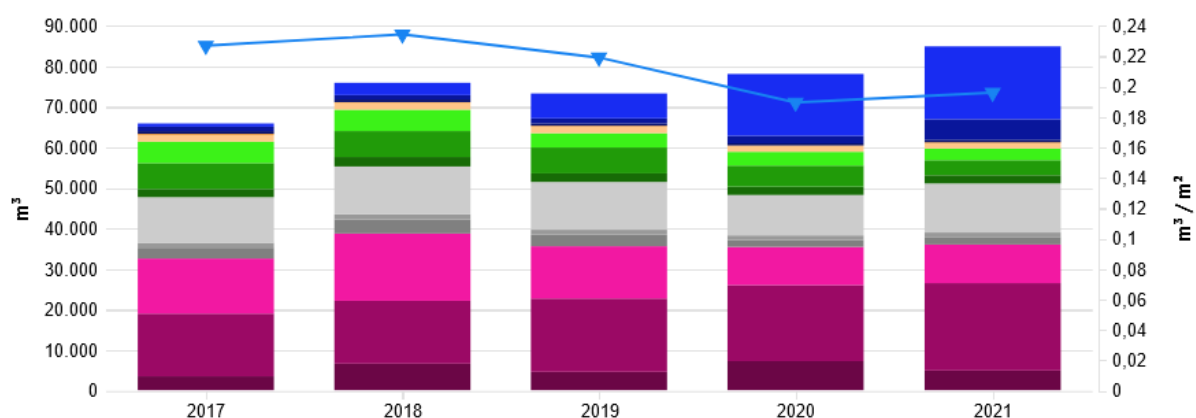
In dieser Rangliste befindet sich in diesem Jahr auch das Kinder- und Familienzentrum Poppenweiler mit einem Wärmebedarf von < 20 kWh/m², welches 2015 in energiesparender Holzbauweise errichtet worden ist.

Bemerkung: Wohngebäude und Nichtwohngebäude mit Sondernutzungen, deren Wärmeverbrauch nicht überwiegend auf die Bereitstellung von Wärme zur Raumheizung und Warmwasserbereitung zurückzuführen sind, bleiben in dieser Bewertung unberücksichtigt (u.a. Krematorium, Lehrschwimmbäder, Anschlussunterbringungen).

3.6 Wasserverbrauch

Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der **absoluten (Balken) und flächenspezifischen (Linie) Wasserverbräuche** von 2017 bis 2021.

Bemerkung: Wohngebäude und Nichtwohngebäude mit Sondernutzungen, bleiben in der Berechnung des flächenspezifischen Kennwerts unberücksichtigt (u.a. Krematorium, Lehrschwimmbäder, Anschlussunterbringungen).

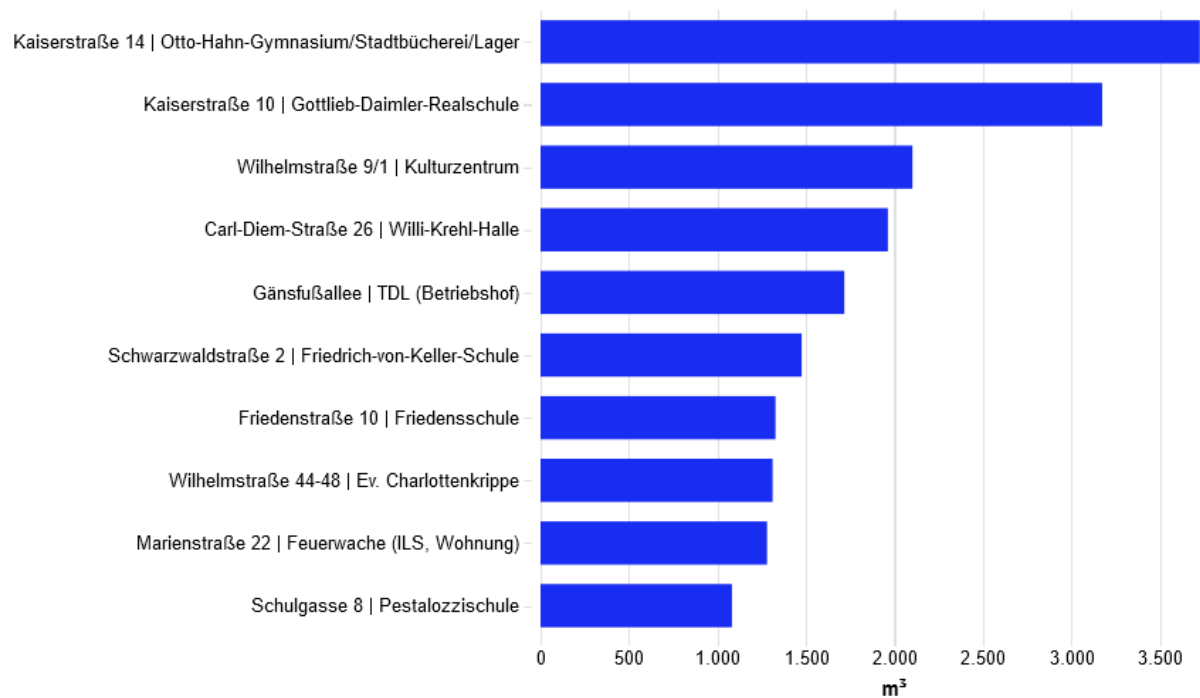


- ▼ Jahreswerte, Wasser, alle Medien, alle Objekte, ein Energiebereich, Istwert
- Verbrauch, aufgeteilt (Anschlussunterbringungen, m³)
 - Verbrauch, aufgeteilt (Obdachlosenunterkünfte, m³)
 - Verbrauch, aufgeteilt (Begegnungsstätten, m³)
 - Verbrauch, aufgeteilt (Jugendtreffs, m³)
 - Verbrauch, aufgeteilt (Vereinsstätten, m³)
 - Verbrauch, aufgeteilt (Feuerwehrgebäude, m³)
 - Verbrauch, aufgeteilt (Verwaltungsgebäude, m³)
 - Verbrauch, aufgeteilt (Kulturgebäude, m³)
 - Verbrauch, aufgeteilt (Technische Dienste Ludwigsburg, m³)
 - Verbrauch, aufgeteilt (Kindertageseinrichtungen, m³)
 - Verbrauch, aufgeteilt (Friedhofsgebäude, m³)
 - Verbrauch, aufgeteilt (Lehrschwimmbäder, m³)
 - Verbrauch, aufgeteilt (Sport- und Gemeindehallen, m³)
 - Verbrauch, aufgeteilt (Schulen, m³)
 - Verbrauch, aufgeteilt (Krematorium und Friedhofsanlagen, m³)

Im Berichtsjahr 2021 belaufen sich die Wasserverbräuche der vom Energiemanagement erfassten Gebäude auf etwa. **85.000 m³, also 85 Mio. Liter**. Der absolute Wasserverbrauch ist bezogen auf das Jahr 2017 um etwa 28,8 % angestiegen. Diese Entwicklung ist hauptsächlich zurückzuführen auf die zunehmende Anzahl an verwalteten Anschlussunterbringungen, sowie Inbetriebnahmen von Gebäuden und einer gestiegenen Nutzungsintensität.

Im gleichen Zeitraum hat der flächenspezifische Kennwert von 0,23 auf 0,20 m³/m² abgenommen. Die Wassereffizienz in Nichtwohngebäuden ohne Sondernutzungen hat im Betrachtungszeitraum also zugenommen.

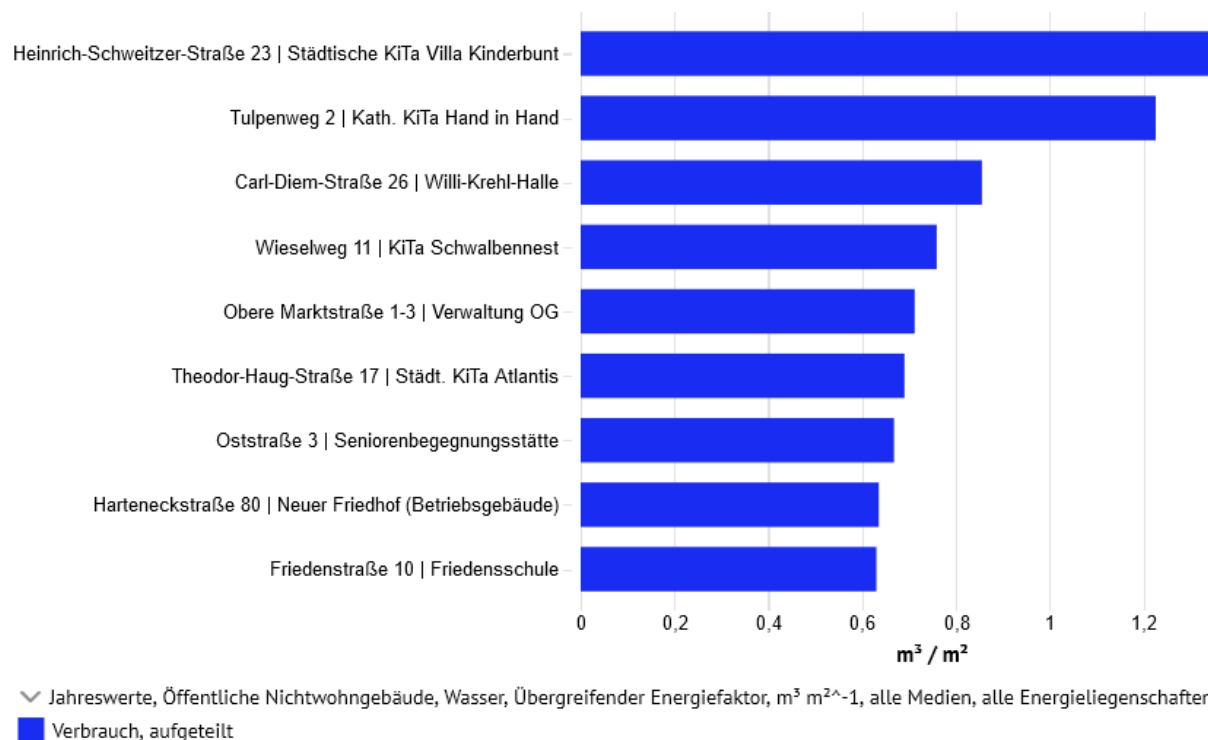
Die Nichtwohngebäude (ohne Sondernutzungen) mit dem **größten, absoluten Wasserverbrauch 2021** sind:



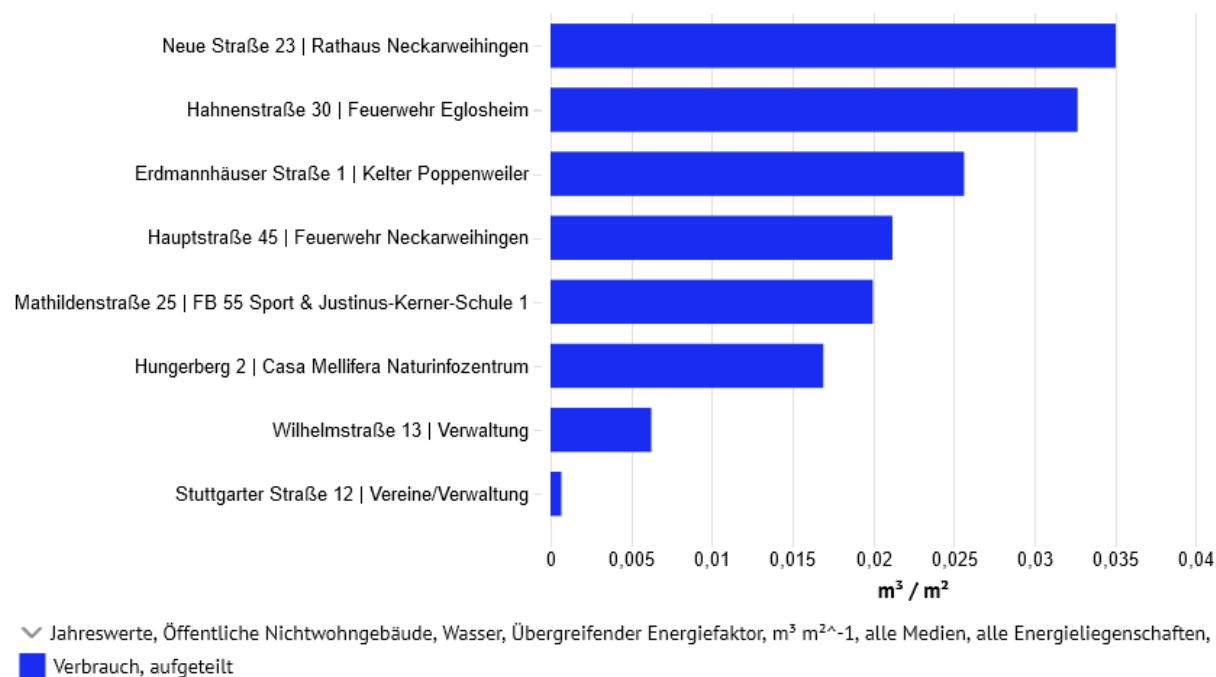
▼ Jahreswerte, Öffentliche Nichtwohngebäude, Wasser, m³, alle Medien, alle Energieliegenschaften, ein Energiebereich, Istwert, 2021
 ■ Verbrauch, aufgeteilt

Auffallend hoch im Jahr 2021 sind die Wasserverbrauchswerte der Gottlieb-Daimler-Realschule und des Otto-Hahn-Gymnasiums. Die Ursache (Leckage Zuleitung Rundsporthalle) konnte durch das Energiemanagement bereits ausfindig gemacht werden. In der Folge können Mehrverbräuche in Höhe von 5000-6000 m³ Wasser pro Jahr vermieden werden.

Die Nichtwohngebäude (ohne Sondernutzungen) mit dem **größten, flächenspezifischen Wasserverbrauch 2021** sind:



Die Nichtwohngebäude (ohne Sondernutzungen) mit dem **geringsten, flächenspezifischen Wasserverbrauch 2020** sind:



Bemerkung: Wohngebäude und Nichtwohngebäude mit Sondernutzungen, bleiben in dieser Bewertung unberücksichtigt (u.a. Krematorium, Lehrschwimmbäder, Anschlussunterbringungen).

3.7 Kosten

Die folgende Tabelle zeigt die Entwicklung der **gebuchten** Energie- und Wasserkosten in Euro der städtischen Gebäude von 2018 bis 2021 aufgeteilt nach Energieträgern.

	2018	2019	2020	2021
Strom	1.378.884	1.692.623	2.062.017	1.746.371
Gas	665.897	763.796	757.892	701.653
Fernwärme	1.077.626	1.111.127	1.226.837	1.070.655
Heizöl	14.544	30.022	11.397	23.659
Wasser	230.414	336.181	353.454	284.992

Hinsichtlich der Energiekostenentwicklung lässt sich im Betrachtungszeitraum eine deutliche Zunahme erkennen. Dies ist zurückzuführen auf:

- Steigende Energiepreise
- Zunahme absoluter Wärme- und Stromverbräuche durch Flächenzuwachs, Ausweitung der Gebäudenutzungszeiten und „neue“ Verbraucher wie z. B. E-Mobilität
- Umstellung der Energieträger

Die gebuchten Kosten für das Jahr 2021 fielen wider Erwarten vergleichsweise gering aus. Ursache hierfür können z. B. Auswirkungen der Corona-Pandemie sein oder auch buchhaltungstechnische Gründe (Unsicherheit in der jahresscharfen Zuordnung von angefallenen Verbrauchskosten).

Energiekostenprognose 2023: Die zum Redaktionsschluss vorliegenden Faktoren der Energiepreissteigerung auf Basis prognostizierter Verbrauchs- und Preisentwicklungen sind wie folgt:

- Strom: 1,5
- Gas: 2,4
- Fernwärme: 1,4

Die zu erwartenden, massiven Kostensteigerungen sind im Wesentlichen mit den Auswirkungen der Gasmangellage in Folge des Ukraine-Kriegs und den damit einhergehenden steigenden Beschaffungspreisen für Strom und Gas zu begründen.

4 Best-Practice-Beispiele

Im Folgenden sind ausgewählte investive, konsumtive und organisatorische Maßnahmen beschrieben, die im Zeitraum 2021/22 durchgeführt worden sind, um den steigenden Energieverbräuchen und -kosten entgegenzuwirken sowie die Treibhausgasemissionen des Gebäudebetriebs zu reduzieren.

4.1 Maßnahmen zur Reduktion der Verbräuche und der Treibhausgasemissionen

Zur Durchführung von investiven Maßnahmen zur Reduktion der Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen stehen dem FACHBEREICH HOCHBAU UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT jährlich ca. 225.000-330.000 € im Haushalt zur Verfügung. Die wesentlichen Maßnahmen, die seit dem letzten Energiebericht durchgeführt worden sind, werden im Folgenden genauer beschrieben.

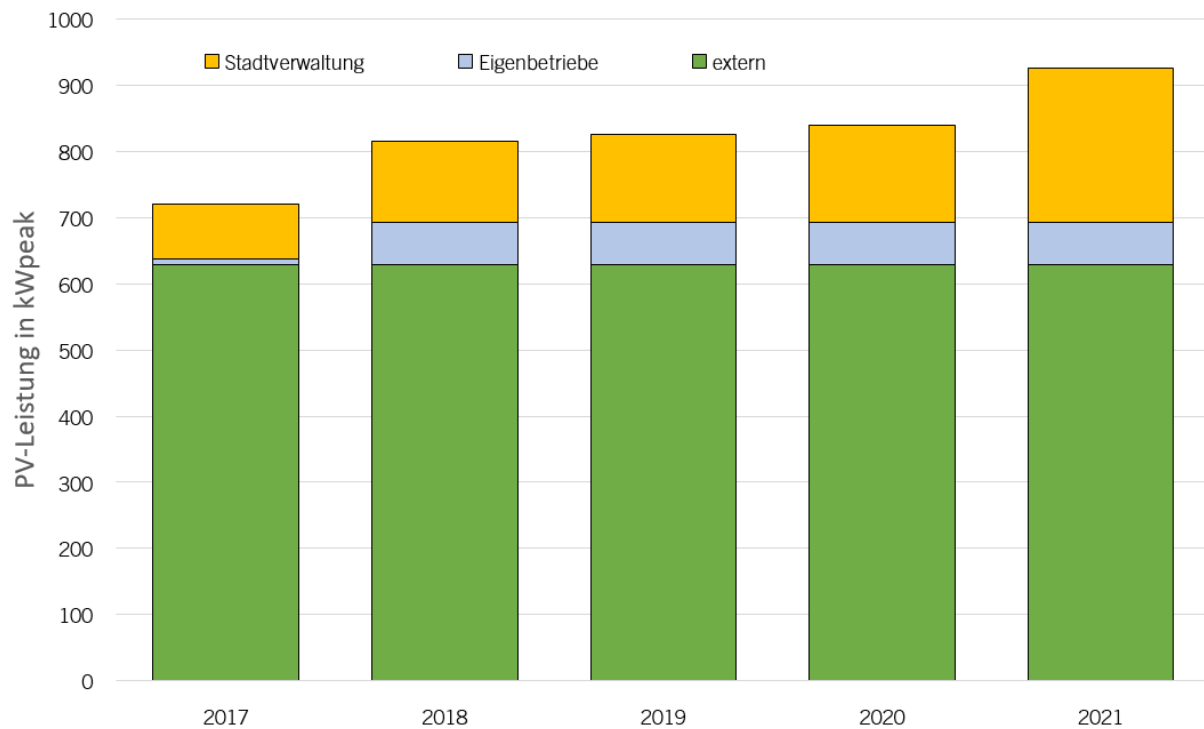
4.1.1 Ausbau der Photovoltaik auf städtischen Dächern

Die installierte Photovoltaik-Leistung ist seit 2017 um 28 % auf 925 kW_P im Jahr 2021 gestiegen. Die Gesamtleistung setzt sich wie folgt zusammen:

- Rund 233 kW_P sind im Besitz der Stadtverwaltung,
- 62 kW_P sind im Besitz der Eigenbetriebe und
- die restlichen rund 630 kW_P sind im Besitz von Externen (Privat, Solarinitiative etc.).

Gemäß Definition einer klimaneutralen Kommunalverwaltung gilt ein Mindestzielwert von 1 kW_P Photovoltaikleistung pro 10 m² überbaute Grundfläche bezogen auf alle Liegenschaften. Die überbaute Grundfläche wurde für die Stadt ermittelt und beträgt ca. 140.561 m². Für die Stadt Ludwigsburg ergibt sich somit ein **Zielwert** von etwa **14.000 kW_P**. Für 2021 liegt der **Zielerreichungsgrad** bei **6,58 %**.

In der folgenden Abbildung ist die Entwicklung der auf städtischen Gebäuden installierten Leistung an Photovoltaik-Anlagen in kW_P dargestellt.



Im Rahmen einer vom Energiemanagement des FACHBEREICHS HOCHBAU UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT erstellten Analyse, wurde das Potenzial zum Ausbau der Photovoltaik auf 324 untersuchten städtischen Gebäuden ermittelt. Am 23.09.2021 und 10.03.2022 wurden die Ergebnisse der Analyse zum Photovoltaik-Potential in Ludwigsburg im Bauausschuss vorgestellt:

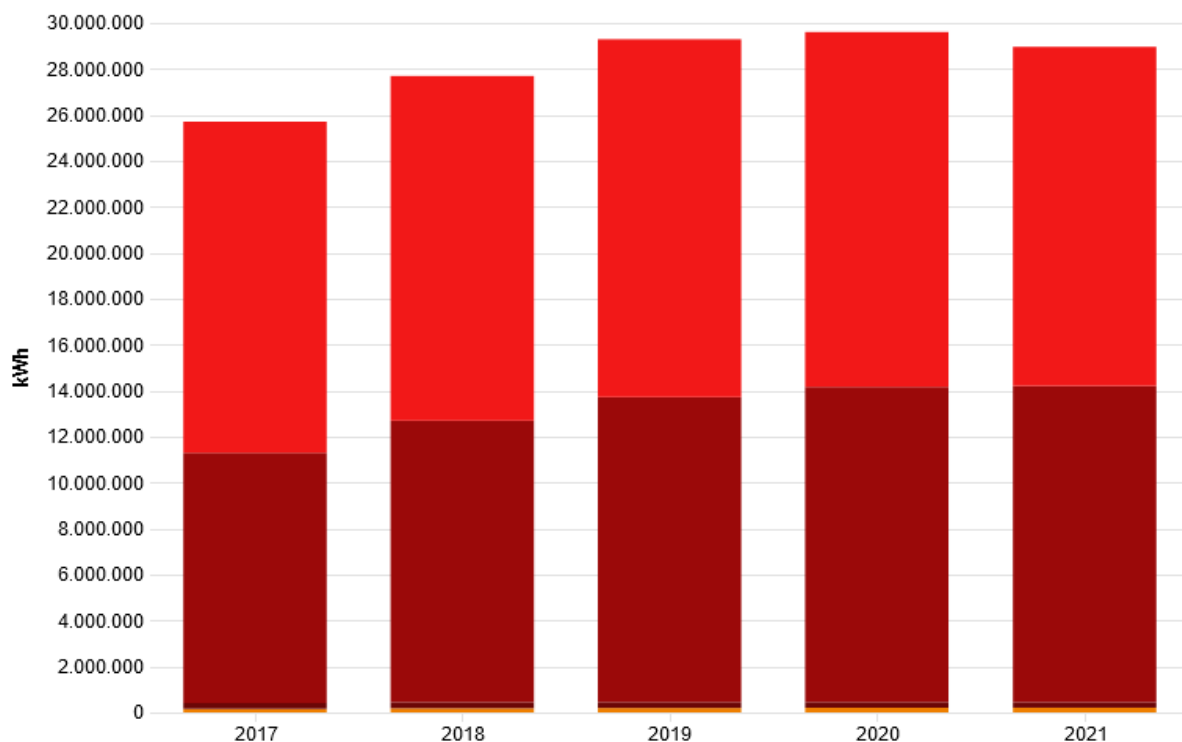
- 60 Dachflächen weisen eine sehr gute Eignung für die Photovoltaik aus (große, zusammenhängende Dachflächen, nahezu verschattungsfrei, Eigenverbrauch gegeben).
- 21 Dachflächen sind geeignet für die Nutzung von PV (relativ kleine Dachflächen, Teil-Verschattung, geringer Eigenverbrauch).
- 71 Gebäude sind nach §2 DSchG BW als Kulturdenkmal gelistet und eine Bestückung mit PV-Anlagen kann nur in Absprache mit der Denkmalbehörde erfolgen. Diese Gebäude wurden hinsichtlich einer PV-Eignung nicht näher untersucht. Es ist davon auszugehen, dass ein Teil der Dachflächen der Kulturdenkmäler sich für eine PV-Nutzung eignen (Einzelfallprüfung).
- 172 Dachflächen sind nicht für die PV-Nutzung geeignet, da entweder Photovoltaikanlagen bereits vorhanden sind (aktuell: 30 Anlagen) oder bauliche Gegebenheiten (wie z. B. zu geringe Fläche < 100 m², Dachausrichtung, Schatten, Nutzung) entgegenstehen.

Insgesamt können Dachflächen von rund 30.000 m² für PV-Anlagen genutzt werden. Dies entspricht

einer möglichen Gesamtleistung von etwa 5.150 kWp. Das gesamte Potenzial ist nicht sofort nutzbar, da einige Dachflächen zunächst saniert werden müssen. Sofern das gesamte Potenzial genutzt wird, ergibt sich daraus ein Zielerreichungsgrad von ca. 58 % gemäß der Definition „Klimaneutrale Verwaltung“ Stand April 2022. D.h. weitere Flächen wie z. B. Freiflächen, Fassaden etc. müssen zur PV-Nutzung aktiviert werden, um diesem Ziel zu entsprechen.

4.1.2 Umstellung auf erneuerbare Wärmeversorgung

Der FACHBEREICH HOCHBAU UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT treibt die Umstellung der Wärmeversorgung städtischer Gebäude von fossilen auf regenerative Energieträger voran. Hierzu zählt insbesondere die Anbindung an die Fernwärme der Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim.



▼ Jahreswerte, 1 Kommunale Liegenschaften, Wärme (Gt), kWh, alle Medien, alle Objekte, ein Energiebereich, Istwert, witterungsbereinigt
■ Verbrauch, aufgeteilt (Erdgas) ■ Verbrauch, aufgeteilt (Fernwärme) ■ Verbrauch, aufgeteilt (Heizöl)
■ Verbrauch, aufgeteilt (Biomasse)

Im Vergleich zum Jahr 2017 konnte der Anteil der mit Fernwärme versorgten städtischen Gebäude von 42 % auf 48 % im Jahr 2021 erhöht werden. Der fossile Anteil an der Wärmeversorgung städtischer Gebäude beläuft sich im Jahr 2021 auf 52 %.

Für 2022 und 2023 ist geplant, weitere städtische Gebäude an die Fernwärme anzubinden. Darüber hinaus ist in der Zukunft auch die Umsetzung alternativer, regenerativer Wärmeversorgungs-lösungen für städtische Gebäude angedacht.

4.1.3 Sonstige Maßnahmen

Energieeinsparmodelle an Schulen (ab 2021 bis 2025)

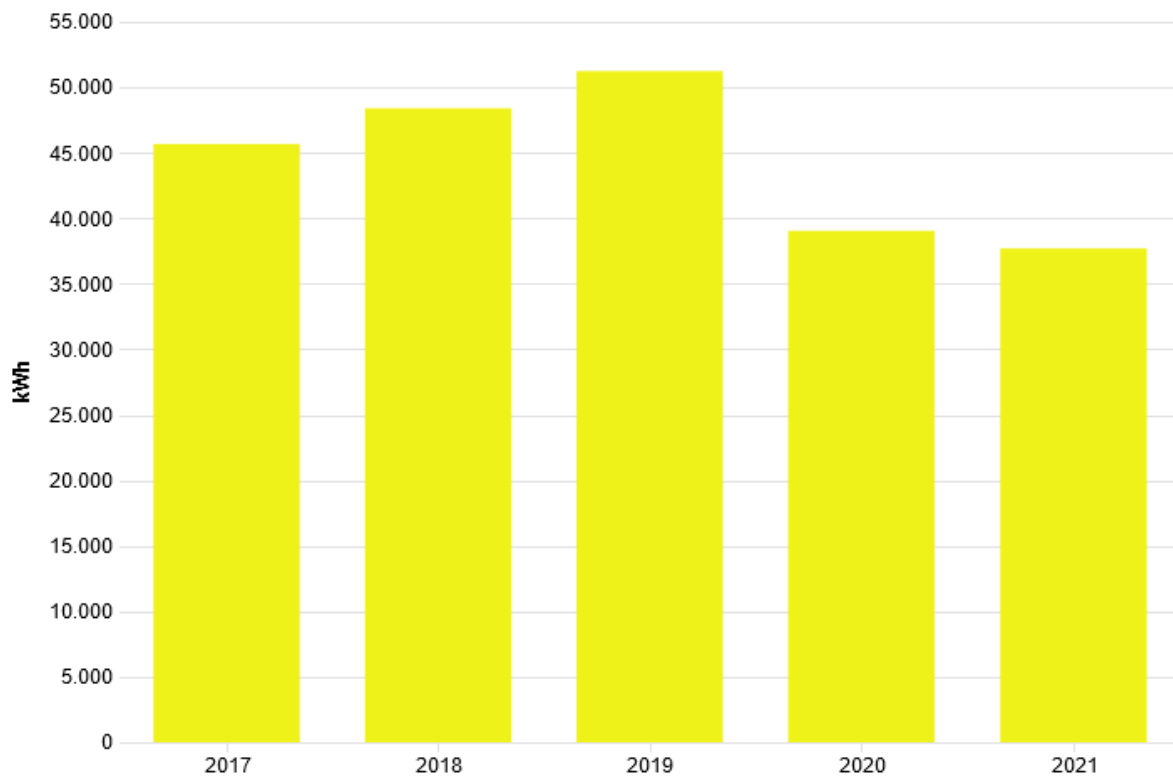
Das Projekt „Energiesparmodelle Landkreis Ludwigsburg“ fußt auf der Zusammenarbeit von Schulleitung, Lehrkräften, Schülerinnen und Schülern sowie der Gebäudebetreuung. Gemeinsam setzen sich die Akteure über die Projektlaufzeit von vier Jahren mit Klimaschutz, Energieeinsparpotentialen und dem eigenen Klimaverhalten im Schulalltag auseinander. Im Zuge von Gebäudebegehungen und Hausmeisterschulungen werden die Energieverbräuche in den Schulen analysiert und Einsparpotentiale ermittelt. Unterstützung bekommen die Schulen vom Landkreis Ludwigsburg und der Stadt Ludwigsburg. Als Anreiz und Motivation zur Umsetzung von Energieeinsparaktivitäten erhalten die Teilnehmer und Teilnehmerinnen eine Prämie. Diese wird jedes Jahr für die Bemühungen an die Schulen ausgeschüttet. Das Projekt wird gefördert durch die Kommunalrichtlinie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. Im Jahr 2022 sollen erstmalig Energiekennwerte ermittelt werden, die Einsparungen durch das Projekt sichtbar machen. Den gegründeten Energieteams wurde hierzu der Zugang zur der vom Energiemanagement verwendeten Software zur Verfügung gestellt.

Energieeffizienz-Schulungen des Betriebspersonals

Coronabedingt konnten im Jahr 2021 leider keine Schulungen stattfinden. Für 2022 ff. sind Schulungen geplant, u.a. für das technische Betriebspersonal, Mitarbeitende der Verwaltung und Mitarbeitende von Kindertagesstätten.

Einbau LED-Beleuchtung Hirschbergschule (2020)

Die Bestandsbeleuchtung der Hirschbergschule war kostenintensiv, unflexibel und musste ausgetauscht werden. Sie wurde in den Sommerferien 2020 durch eine hocheffiziente LED-Beleuchtung, inklusive einer bewegungs- und tageslichtabhängigen Steuerung, ersetzt. Rechnerisch lässt sich durch diese Maßnahme eine Stromverbrauchsreduktion für die Beleuchtung von ca. 82 % erreichen, sodass Stromkosten und die Emission von Treibhausgasen vermindert werden kann. Die Maßnahme wurde im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative des Bundesumweltministeriums mit einer Förderquote von 25 % gefördert. Die Auswirkungen auf den gesamten Stromverbrauch sind in folgendem Diagramm zu erkennen:



▼ Jahreswerte, HZ_Strom_Hirschbergschule1, alle Medien, Istwert

■ Verbrauch bzw. Wert

Teilnahme am Netzwerk Cradle to Cradle Regionen für Kommunen

Die Stadt Ludwigsburg ist Mitglied im neu gegründeten Netzwerk „Cradle to Cradle Regionen“. Das Netzwerk wurde von der Cradle to Cradle Non-Profit-Organisation (NGO) initiiert. Hier treffen Kommunal- und Stadtverwaltungen auf innovative Unternehmen, Forschungsinstitute und zivilgesellschaftliche Organisationen mit dem Ziel, Methoden auszutauschen, um das Cradle to Cradle Konzept als Ansatz für eine zirkuläre Kreislaufwirtschaft und dem Aspekt der Klimapositivität in kommunalen Nachhaltigkeitsstrategien zu verfolgen. Netzwerkteilnehmer/innen wie die Stadt Ludwigsburg profitieren z. B. von Veranstaltungen und Workshops mit anderen Städten und Kommunen wie z. B. die Stadt Aachen, die Hansestadt Lüneburg und die Gemeinde Straubenhardt aus Baden-Württemberg.

Modernisierung und Erweiterung der Gebäudeleittechnik (seit 2018)

Initiiert vom Energiemanagement wurde 2018 damit begonnen, die Gebäudeleittechnik grundlegend zu modernisieren. Seit 2020 ist im FACHBEREICH HOCHBAU UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT für die Gebäudeleittechnik und die Mess-, Steuer- und Regelungstechnik der Heizungs- und Lüftungsanlagen ein Mitarbeiter im Team Technik beschäftigt, der den Anlagenbetrieb überwacht und hinsichtlich Energieeinsparungen optimiert.

4.2 Ausgewählte Hochbauprojekte

Photovoltaikanlage Fachklassentrakt Innenstadtcampus

Auf dem Dach des Fachklassentrakts auf dem Innenstadt-Schulcampus wurde von November 2021 bis März 2022 die aktuell leistungsstärkste stadteigene Photovoltaik-Anlage errichtet. Ende März 2022 wurde sie in Betrieb genommen. Bestehend aus 224 Modulen, die in Ost/West- und Süd-Ausrichtung aufgestellt sind, beläuft sich die Gesamtleistung auf rund 82 Kilowatt-Peak. Die Anlage wandelt Sonnenlicht in rund 82.000 Kilowattstunden Strom pro Jahr um, was einem Stromverbrauch von 20 Vier-Personen-Haushalten entspricht. Sie ist zur Eigenstromnutzung vorgesehen, so dass die erzeugte Strommenge vollständig im Fachklassentrakt und in den umliegenden Schulgebäuden verbraucht wird.

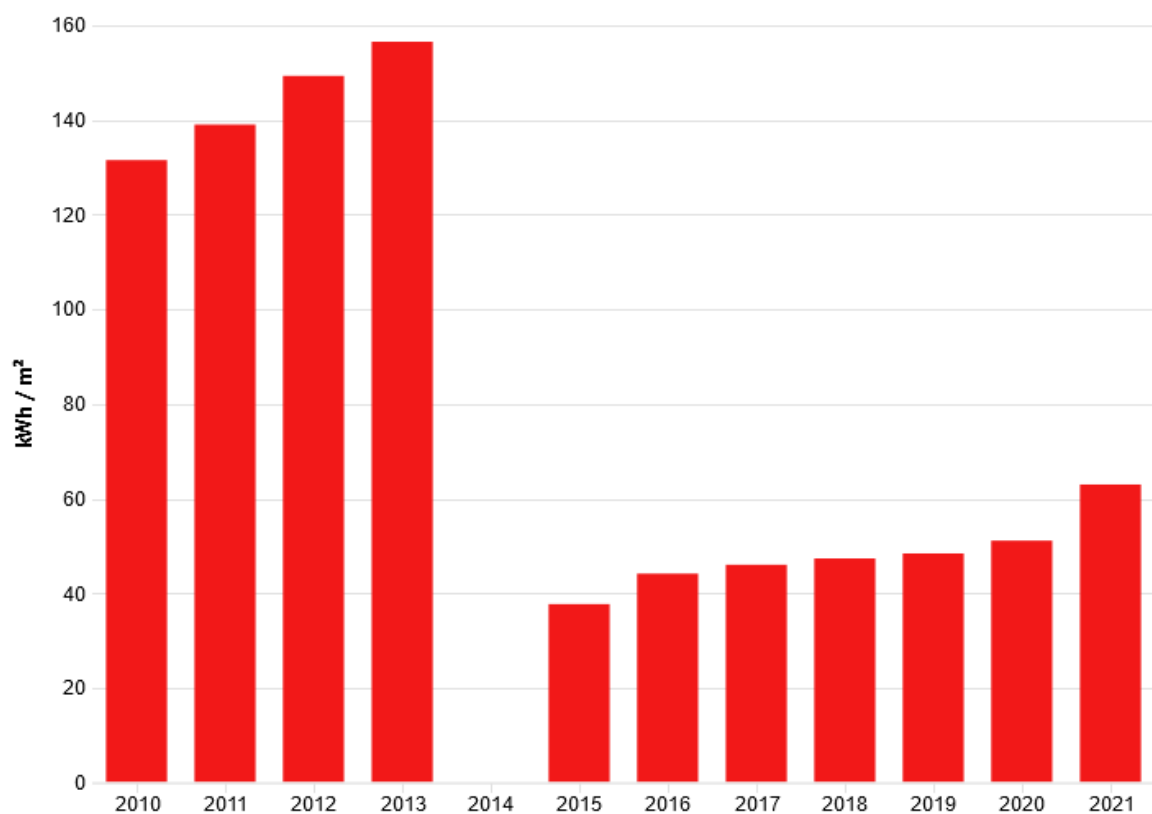
Die Stromkosteneinsparungen aufgrund reduzierter Strombezugsmengen betragen für die Stadt rund 16.000 Euro pro Jahr. Somit wird sich die Anlage in weniger als zehn Jahren amortisieren. Bei einer Nutzungszeit von 30 Jahren soll die Anlage insgesamt rund 2.400.000 Kilowattstunden nahezu treibhausgasneutralen und wartungsfreien „grünen“ Strom erzeugen.



Die extensive Dachbegrünung des Fachklassentrakts konnte trotz Photovoltaik-Anlage erhalten bleiben, da die Anlage eine selbsttragende, grümdachverträgliche Unterkonstruktion aufweist. Die Module wurden hierbei höher aufgeständert als bei konventionellen Lösungen. Dies ermöglicht auch eine fachgerechte Gründachpflege, so dass die Module nicht verschattet werden.

Evaluierung Gemeinschaftsschule Innenstadt Generalsanierung

Das Schulgebäude in der Alleenstraße, bestehend aus einem zweigeschossigen Altbau von 1934 mit Satteldach und einem Erweiterungsbau aus dem Jahr 1964 mit drei Geschossen und Flachdach, wurde von August 2013 bis September 2015 generalsaniert. Das folgende Diagramm zeigt die spezifischen Wärmeverbräuche der Jahre 2010-2021.



✓ Jahreswerte, Alleenstraße 17-21 | Gemeinschaftsschule Innenstadt, Wärme (Gt), Übergreifender Energiefaktor, kWh m²-1, alle L..
■ Verbrauch, aufgeteilt

Mit der Generalsanierung des Gebäudes entstanden 18 Klassenräume, drei naturwissenschaftliche Fachräume, sowie Räumlichkeiten für die Bereiche Arbeit, Wirtschaft, Technik und den musischen Bereich. Die ehemalige Hausmeisterwohnung im Erdgeschoss wurde zum Ganztagesbereich umgenutzt. Für das umfangreiche neue Raumprogramm und zur Optimierung der Organisation innerhalb der Schule wurden Veränderungen innerhalb der Geschosse geplant. Der Zwischenbau wurde als zentrales Eingangselement aufgewertet und mit einem Aufzug versehen.

Zur energetischen Verbesserung der Außenhaut wurden die Fenster (Isolierverglasung) und Flachdächer (stärkere Dämmung) erneuert, sowie ein Vollwärmeschutz auf die Fassade aufgebracht. Die Deckenkonstruktionen wurden entsprechend der brandschutztechnischen Anforderungen ertüchtigt. Das 3. OG wurde um einen zweiten unabhängigen Fluchtweg erweitert. Sämtliche Beläge und Oberflächen im Innenbereich wurden erneuert bzw. überarbeitet. Ebenso wurde die gesamte Haustechnik erneuert, Heizkörper-Nischen ertüchtigt, die Kellerdecke und oberste Geschossdecken wurden gedämmt und die Klassenräume mit einer mechanischen Lüftungsanlage ausgerüstet. Der Stromverbrauch hat sich aufgrund des Einbaus und Betriebs der mechanischen Lüftungsanlage in den Klassenzimmern erhöht. Aufgrund der energetischen Ertüchtigung der Fassade sowie der Erneuerung der Haustechnik konnten allerdings hohe Wärme-Einsparungen erzielt werden.

Grundschule Oßweil Erweiterungsbau

Die Grundschule Oßweil bestand aus zwei Schulgebäuden mit unterschiedlichen Baujahren (altes Schulhaus 1909, Erweiterungsbau 1954), die mit einer offenen und überdachten Pausenhalle miteinander verbunden waren. Die Schule wurde von Juni 2017 bis Herbst 2020 um einen Ganztagesbereich mit Mensa und Ausgabeküche erweitert, der anstelle der Pausenhalle errichtet wurde und alle Gebäude zu einer Einheit zusammenfügt.

Der Neubau wurde entsprechend der EnEV 2016 energetisch und technisch ausgelegt. Ein hoher Dämmstandard der Gebäudehülle in Anlehnung an den Passivhausstandard und eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung wurden eingebaut. Das Gebäude ist mit einer adiabaten Abluftkühlung konzipiert, um ganzjährig angenehme Innenraumtemperaturen als Maßnahme zur Klimaanpassung zu gewährleisten.

Auf dem Flachdach ist eine Photovoltaikanlage mit 42 Kilowatt-Peak Leistung angeordnet, die zusammen mit einem Blockheizkraftwerk der Eigenstromnutzung dient. An den Bestandsbauten wurde der Brandschutz ertüchtigt, energetische Einzelmaßnahmen durchgeführt, die Haustechnik erneuert und die Oberflächen saniert.



Impressum

STADT LUDWIGSBURG

Dezernat IV – Stadtentwicklung, Hochbau und Liegenschaften

Fachbereich Hochbau und Gebäudewirtschaft

Abteilung Hochbau, Team Energiemanagement

Projektbearbeitung: Stefan Holtkämper, Björn Stalder

Mathildenstraße 21

71638 Ludwigsburg