



LUDWIGSBURG



Klima- und Energiebericht 2022

Fachbereich Hochbau und Gebäudewirtschaft



Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	4
2	Einleitung und Ziele	6
2.1	Aktuelle Informationen zum kommunalen Energiemanagement	6
2.2	Aktuelle energie- und klimapolitische Entwicklungen im Gebäudesektor	11
2.3	Ziele zur Energieeinsparung und Treibhausgasminderung	13
3	Entwicklung der Treibhausgasemissionen, Verbräuche und Kosten	15
3.1	Randbedingungen	15
3.2	Flächenentwicklung	19
3.3	Treibhausgasemissionen	20
3.4	Stromverbrauch	28
3.5	Wärmeverbrauch	32
3.6	Wasserverbrauch	38
3.7	Kosten	42
4	Best-Practice-Beispiele	43
4.1	Maßnahmen zur Reduktion der Verbräuche und der Treibhausgasemissionen	43
4.1.1	Ausbau der Photovoltaik auf städtischen Dachflächen	43
4.1.2	Umstellung auf erneuerbare Wärmeversorgung	45
4.1.3	Sonstige Maßnahmen	46
4.2	Ausgewählte Hochbauprojekte	49

1 Kurzfassung

Der Berichtsrahmen des vorliegenden Klima- und Energieberichts 2022 wurden gegenüber dem Vorjahresbericht erweitert. Grund hierfür sind gesetzliche Vorgaben zum Umfang der Energieverbrauchserfassungspflicht und der entsprechenden Berichterstattung für Kommunen, die aus dem KlimaG BW hervorgehen und Grundvoraussetzung für ein systematisches, kommunales Energiemanagement sind. Im Klima- und Energiebericht 2022 wird daher nicht nur über die Energieverbrauchsdaten und Treibhausgasemissionen der üblichen Kernbilanz des FACHBEREICH HOCHBAU UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT („Scope 1 und 2“) berichtet, sondern nachrichtlich auch über weitere städtische Emissionsquellen („Scope 3“) und Verbraucher. Darunter fallen z. B. die städtischen Eigenbetriebe TELB und SEL. Die neuen Vorgaben und Bilanzgrenzen werden in Abschnitt 2.1 ausführlich erläutert.

Die wesentlichen Ergebnisse der Kernbilanz für das Jahr 2022 sind:

Treibhausgasemissionen: Im Berichtsjahr 2022 belaufen sich die absoluten, nicht witterungsbereinigten Treibhausgasemissionen auf rund 5.700 Tonnen CO₂-Äquivalente. Hieraus resultieren für das Jahr 2022 gesellschaftliche Kosten durch Umweltbelastungen in Höhe von rund 1,35 Mio. €. Seit 2016 konnten die absoluten Treibhausgasemissionen der Kernbilanz **um 18,9 % bis zum Jahr 2022 reduziert werden**. Diese Minderungsrate entspricht dem Absenkpfad zur Erreichung der Treibhausgasneutralität 2035 aus dem städtischen Klimaneutralitätskonzept (KNK). 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 in den kommenden Jahren **wesentlich erhöht werden**. Dies beinhaltet sowohl die Umstellung der Energieversorgung der städtischen Gebäude auf erneuerbare Energien als auch die Reduktion des Gesamtenergiebedarfs.

Wärmeverbrauch: Der absolute, witterungsbereinigte Wärmeverbrauch im Berichtsjahr 2022 beträgt 25 Mio. kWh. Das sind 7,2 % mehr als 2016. Der flächenspezifische Kennwert ist seit 2016 rückläufig. Diesbezüglich lässt sich eine Reduktion um 8,4 % von 93,5 kWh/(m²a) auf 85,6 kWh/(m²a) beobachten. Diese Entwicklung lässt sich auf die durchgeführten Maßnahmen zur Steigerung der Wärmeeffizienz zurückführen.

Stromverbrauch: Der absolute Stromverbrauch **nimmt** in den letzten Jahren, abgesehen von den Corona Jahren 2020-2021, **kontinuierlich zu**. Im **Berichtsjahr 2022** verbrauchten die innerhalb der Kernbilanz betrachteten städtischen Gebäude etwa **6,9 Mio. kWh** Strom. Das sind rund 10 % mehr als im Vorjahr und etwa 22 % mehr als 2016. Die größten Stromverbraucher sind Schulen mit einem jährlichen Stromverbrauch von etwa 2,8 Mio. kWh. Im Durchschnitt verbraucht ein städtisches Gebäude pro m² im Jahr 2022 23,9 kWh Strom. Die Bemühungen der letzten Jahre, den Strombezug durch die stetige Umstellung auf effiziente LED-Beleuchtungstechnik, den Ausbau der Photovoltaik und durch Betriebsoptimierung zu reduzieren, sind leider nicht direkt sichtbar, weil die Mehrverbräuche die Einsparungen übertreffen („Rebound-Effekt“). Daher sollten Maßnahmen zur Einsparung von elektrischer Energie deutlich intensiviert werden.

Wasserverbrauch: Im **Berichtsjahr 2022** belaufen sich die Wasserverbräuche auf etwa **68.000 m³, also 68 Mio. Liter**. Der absolute Wasserverbrauch ist bezogen auf das Jahr 2016 um etwa 14 % angestiegen. Diese Entwicklung ist hauptsächlich auf neu von Energiemanagement erfasste Nutzungseinheiten wie Anschlussunterbringungen, Obdachlosenunterkünfte und Neubauten zurückzuführen. Im gleichen Zeitraum ist der flächenspezifische Kennwert von 0,23 m³/m², mit Ausnahme der Corona-Jahre, in etwa konstant geblieben.

2 Einleitung und Ziele

2.1 Aktuelle Informationen zum kommunalen Energiemanagement

Am 1. Februar 2023 hat der Landtag von Baden-Württemberg das Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW 2023) verabschiedet. Mit diesem Gesetz wird das Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg aus dem Jahr 2013, das in den Jahren 2020 und 2021 novelliert wurde, weiterentwickelt. Die Energieverbrauchserfassungspflicht für Kommunen, die über ein systematisches Energiemanagement verfügen, wird in KlimaG BW 2023 §18 (4) geregelt. In Tabelle 1 ist dargestellt, wie die Anforderungen an ein systematisches Energiemanagement gemäß KlimaG BW 2023 §2 (13) durch die Stadt Ludwigsburg aktuell erfüllt werden.

Tabelle 1: Anforderungen an ein systematisches Energiemanagement

Anforderung KlimaG BW 2023 §2 (13)		Erfüllungsansatz Stadt Ludwigsburg
1	Formulierung von Energieeinspar- und Treibhausgasminderungszielen	Treibhausgasneutralität bis 2035 gemäß Beschluss Vorl. Nr. 409/22. Konkretisierung eines Reduktionspfads im Maßnahmenfeld „Treibhausgasneutrale Verwaltung“ (KNV) noch ausstehend. Ansatz für städtische Liegenschaften: siehe Abschnitt 2.3
2	ämter- oder abteilungsübergreifende Koordinierung aller energierelevanten Aufgaben	Team Klima und Energie (Referat Stadtentwicklung, Klima und Internationales)
3	Benennung einer für das Energiemanagement zuständigen Person	Team Energiemanagement (Fachbereich Hochbau und Gebäudewirtschaft)
4	kontinuierliche Energieberichtswesen einschließlich der Erstellung eines Energieberichts mit mindestens jährlichem Turnus	Der Klima- und Energiebericht wird im jährlichen Turnus in einer öffentlichen Sitzung vorgestellt und im Internet veröffentlicht (siehe https://www.ludwigsburg.de/start/stadt+entwickeln/bauprojekte.html).
5	monatliches Energieverbrauchscontrolling	erfolgt mithilfe der Software IngSoft Interwatt und per entsprechender Smartphone-App
6	Erfassung von mindestens jeweils 80 % des Endenergieverbrauchs in den Kategorien der Energieverbraucher gemäß KlimaG BW 2023 § 18 Absatz 2 Nummer 1 bis 8	Anforderung wird durch Erfassung aller Großverbraucher erfüllt. Details: siehe Tabelle 2

Bei der Erfassung des Energieverbrauchs werden gemäß KlimaG BW 2023 § 18 Absatz 2 für die folgenden Kategorien von Energieverbrauchern Angaben verlangt, sofern die Kommune die jeweiligen Energiekosten (ggf. anteilig) trägt:

1. für Nichtwohngebäude die beheizbare Netto-Raumfläche sowie der Endenergieverbrauch und die Energieträger getrennt nach Strom und Wärme
2. für Wohn-, Alten- und Pflegeheime oder ähnliche Einrichtungen, die zum dauerhaften Wohnen bestimmt sind, die beheizbare Netto-Raumfläche sowie der Endenergieverbrauch und die Energieträger getrennt nach Strom und Wärme
3. für Krankenhäuser und Kliniken die beheizbare Netto-Raumfläche, die Bettenzahl sowie der Endenergieverbrauch und die Energieträger getrennt nach Strom und Wärme
4. für Sportplätze die Größe der Sportplatzfläche sowie der Endenergieverbrauch an Strom,
5. für Hallen- und Freibäder die beheizbare Netto-Raumfläche, die Flächen der Becken sowie der Endenergieverbrauch und die Energieträger getrennt nach Strom und Wärme
6. für Straßenbeleuchtungen die Länge der beleuchteten Straßenzüge sowie der Endenergieverbrauch an Strom
7. für Anlagen zur Wasserversorgung und Wasseraufbereitung die bereitgestellte Wassermenge in Kubikmetern, die Anzahl der versorgten Einwohnerinnen und Einwohner sowie der Endenergieverbrauch an Strom
8. für Kläranlagen Größenklasse und Einwohnerwert der Kläranlage, die Anzahl der versorgten Einwohnerinnen und Einwohner sowie der Endenergieverbrauch an Strom

Die Erfassung dieser Daten erfolgt mithilfe der Energiemanagementsoftware IngSoft Interwatt und entsprechender Smartphone-App. Die Übermittlung der Daten an das Land BW erfolgt Excel-basiert über die Online-Plattform Kom.EMS, siehe Abbildung 1.



Abbildung 1: Logo der Online-Plattform Kom.EMS, Quelle: <https://www.komems.de>

Die Umsetzung der Energieverbrauchserfassungspflicht gemäß §18 KlimaG BW 2023 stellt für die Kommunen in der Praxis eine Herausforderung dar. So ist oftmals nicht klar, ob über bestimmte Liegenschaften berichtet werden muss oder nicht. Im Rahmen der FAQs auf der Online-Plattform Kom.EMS sind Regeln für diese Sonderfälle beschrieben. Einen Überblick über die Sonderfälle und deren jeweilige Behandlung im Rahmen des kommunalen Energiemanagements der Stadt Ludwigsburg gibt Tabelle 2.

Tabelle 2: Regeln zur Berichterstattung von Sonderfällen gemäß §18 KlimaG BW 2023, Quelle: kom.EMS

Sonderfall	Regeln zur Berichterstattung gemäß FAQ § 18 KlimaG BW 2023	Bedeutung für das kommunale Energiemanagement der Stadt Ludwigsburg	Art der Umsetzung im Klima- und Energiebericht der Stadt Ludwigsburg
Ausgelagerte Verbraucher Eigenbetriebe, Gesellschaften	Wenn Verbraucher, die in die 8 Kategorien gemäß KlimaG § 18 fallen, ausgelagert wurden, muss dennoch über sie berichtet werden. Die gewählte Unternehmens- oder Vertragsform ist dabei egal – es fallen alle folgenden Formen darunter: Regiebetrieb, Eigenbetrieb, Eigengesellschaft, Zweckverband, Kommune und privates Unternehmen gründen eine gemeinsame Gesellschaft (in der Regel GmbH), sonstige	Über die Eigenbetriebe SEL, TELB sowie die Gesellschaften WBL und SWLB muss mitberichtet werden.	Über die Eigenbetriebe SEL und TELB sowie der Gesellschaften SWLB und WBL werden in „Scope 3 / weitere städtische Verbraucher“ berichtet.
Gesellschaften, die zwei oder mehreren Kommunen gehören.	Wenn zwei oder mehr Städte zu je 74,9 % und 25,1 % an einer Gesellschaft (z. B. Stadtwerke) beteiligt sind und beide berichterstattungspflichtig sind, muss Doppelberichterstattung vermieden werden. Es gilt daher Folgendes: Zunächst ist zu klären, welche der Verbräuche der 8 Kategorien für die einzelne Kommune bei den Stadtwerken liegen (z. B. Bäder, Parkhäuser). Für diese Liegenschaften fragt jede Stadt dann ihre Verbräuche an (siehe auch FAQ 3.7). Verwaltungsgebäude der Stadtwerke werden möglichst unter der 80 %-Regel weggelassen, ansonsten von der Kommune berichtet, auf deren Gemarkung sie stehen.	Sowohl die Stadt Ludwigsburg (74,9 %) als auch die Stadt Kornwestheim (25,1 %) müssen über die SWLB berichten.	Über die 8 Kategorien der Eigenbetriebe der SWLB wird anteilig in „Scope 3 / weitere städtische Verbraucher“ berichtet. Liegenschaften auf der Gemarkung Kornwestheim werden nicht berücksichtigt (u.a. Verwaltungsgebäude).
Minderheitsbeteiligungen	Solange die Sperrminorität überschritten wird, also die Kommune Anteile von mindestens 25,1 % besitzt, muss berichtet werden – bitte auch FAQ 3.7 beachten.	Über die 8 Kategorien der Blühendes Barock Gartenschau LB GmbH (BlüBa) muss berichtet werden (Beteiligung 50 %).	Bilanzierung des BlüBa in „Scope 3 / weitere städtische Verbraucher“

Sonderfall	Regeln zur Berichterstattung gemäß FAQ § 18 KlimaG BW 2023	Bedeutung für das kommunale Energiemanagement der Stadt Ludwigsburg	Art der Umsetzung im Klima- und Energiebericht der Stadt Ludwigsburg
Vermietete Gebäude	<p>Über vermietete Nichtwohngebäude, deren Rechnungen teilweise oder ganz direkt an Mieter gehen, muss nicht berichtet werden.</p> <p>Über Wohngebäude, die keine Wohnheime sind, muss nicht berichtet werden.</p> <p>Freiwillige Berichterstattung ist möglich, wenn alle Verbräuche der Liegenschaft bekannt sind.</p>	Über vermietete Nichtwohngebäude kann berichtet werden, muss aber nicht.	Vermietete Nichtwohngebäude, deren Energieverbräuche bereits erfasst werden und bei denen die Stadt indirekt (z. B. durch Zuschüsse für Kindertageseinrichtungen) die Energiekosten trägt, werden in „Scope 3 / weitere städtische Verbraucher“ bilanziert.
Angemietete Gebäude	<p>Über angemietete Gebäude muss berichtet werden, denn es fallen auch Energiekosten für diese an, die die Gemeinde trägt.</p> <p>Im Rahmen der 80 %-Regelung können diese Liegenschaften jedoch ggf. weggelassen werden.</p> <p>Wenn die Nebenkostenabrechnung des Vermieters zu spät erfolgt, sollte über Ablesewerte berichtet werden. Nur im Notfall sollten die Werte des Vorjahres berichtet werden (mit entsprechendem Abrechnungszeitraum).</p>	Es muss über Anschlussunterbringungen berichtet werden, die vorwiegend dem dauerhaften Wohnen (über 6 Monate) dienen UND die einen „wohnheimartigen“ Charakter haben – z. B. relative Größe, Gemeinschaftsräume. Separat angemietete Objekte (Wohnungen/ Wohnhäuser) zur Unterbringung von geflüchteten Familien werden nicht erfasst, da dies keine Wohnheime sind.	Über angemietete Gebäude wird in „Scope 3 / weitere städtische Verbraucher“ berichtet. Hierzu zählen nur die Anschlussunterbringungen mit Wohnheimcharakter. Energieverbräuche, die unter die 80 %-Regel fallen und nur aufwendig ermittelt werden können, werden nicht berücksichtigt (z. B. angemietete Verwaltungsgebäude).
Landeseigentum	Wenn eine Liegenschaft in Eigentum des Landes ist, aber die Kommune die Rechnungen bezahlt, muss nicht berichtet werden.	-	-
Rechnung nicht an Kommune	Wenn Rechnungen für eine Liegenschaft nicht direkt an die Kommune gehen, aber an ein Unternehmen, das der Kommune anteilig gehört, muss darüber berichtet und die Rechnungen angefragt werden. Nicht zu berichten sind Liegenschaften, bei denen die Kommune lediglich einen Kostenzuschuss an einen externen Betreiber bezahlt, an dem sie aber keine Anteile (bzw. weniger als 25,1 % Anteile) hält, z. B. Kindergarten eines Trägers.	Über die Energieverbräuche von an externe Betreiber vermietete Kindertagesstätten muss nicht berichtet werden.	Vermietete Nichtwohngebäude, deren Energieverbräuche bereits erfasst werden, werden in „Scope 3 / weitere städtische Verbraucher“ bilanziert.
Sonderbauten	Alle in der Liste „FAQ 12.12 Bauwerkstypen“ aufgeführten Bauwerkstypen, die im Erfassungstool ausgewählt werden können, gehören prinzipiell dazu und sollten berichtet werden.	Hierzu zählen auch Krematorien (FB67), Parkhäuser und Tiefgaragen (SWLB) und Gebäude zur Tierhaltung (BlüBa).	Die Sonderbauten werden in „Scope 3 / weitere städtische Verbraucher“.

Zusammengefasst gehören zum Aufgabenbereich des Energiemanagements des FACHBEREICH 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, Bereitstellung von Verbrauchsdaten (u.a. Kom.EMS, European Energy Award)
- Qualitätssicherung „Nachhaltigkeit“ bei städtischen Hochbauprojekten: Umsetzung der städtischen Klimaschutz- und Klimaanpassungsziele, Energiekonzeption, Bauphysik, Nachhaltiges Bauen Baden-Württemberg (NBBW), Klimaanpassung, Cradle to Cradle, Förderanträge klimafreundliches Bauen
- Ausbau der Erneuerbaren Energie: Photovoltaik, regenerative Heiztechniken (u. a. Fernwärme, Wärmepumpen)

Das Team „Energiemanagement“ des FACHBEREICH HOCHBAU UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT umfasst, Stand 2023, vier Mitarbeitende:

- Stefan Holtkämper, Leitung, M. Sc. Energietechnik (Austritt zum 30.09.2023)
- Björn Stalder, B. Eng. Wirtschaftsingenieurwesen
- Andreas Heuberger, M. Eng. Energiesysteme und Energiemanagement
- Thakur Lamsal, M. Eng. Wirtschaftsingenieurwesen (Energiesysteme und Energiewirtschaft)

Im Rahmen der Förderung des Wettbewerbs „Auf dem Weg zur Klimaneutralität“ ist die Schaffung einer zusätzlichen Stelle zum Ausbau von Photovoltaikanlagen auf städtischen Dachflächen geplant.

2.2 Aktuelle energie- und klimapolitische Entwicklungen im Gebäudesektor

Europäische Union:

Am 14. Juli 2021 hat die Europäische Kommission das „Fit for 55“-Programm verabschiedet, mit dem die bestehenden Klima- und Energievorschriften angepasst werden, um das EU-Ziel einer Reduzierung der Treibhausgasemissionen (THG) um mindestens 55 % bis 2030 zu erreichen. Zur Zielerreichung sieht das Programm u.a. eine Neufassung der bestehenden Energieeffizienz-Richtlinie (EED) vor. Nachdem die EED-Neufassung durch den Rat im Juli 2023 verabschiedet wurde, steht die Veröffentlichung kurz bevor. Darin enthalten sind u. a. folgende Anforderungen an den öffentlichen Sektor:

- der **Gesamtenergieverbrauch** aller öffentlichen Einrichtungen zusammen muss gegenüber dem Jahr 2021 jährlich **um mindestens 1,9 % gesenkt** werden
- jährlich **müssen mindestens 3 % der Gesamtfläche** beheizter und/oder gekühlter Gebäude (ab 250 m²), die sich im Eigentum öffentlicher Einrichtungen befinden, **renoviert werden**

Es ist davon auszugehen, dass Teile dieser Vorgaben bereits zeitnah im Energieeffizienzgesetz des Bundes (EnEFG) sowie in der geplanten Novellierung des Klimaschutzgesetzes des Landes (KlimaG BW) Einklang finden werden. Die Verabschiedung einer Neufassung der EU-Gebäuderichtlinie, die im letzten Klima- und Energiebericht als weitere Maßnahme aus dem „Fit for 55“-Programm vorgestellt wurde und in der neue Energieeffizienzstandards von Gebäuden festgelegt werden sollen, steht weiterhin aus.

Bund:

Im März 2022 hat die Regierungskoalition beschlossen, dass von 2024 an möglichst jede neu eingebaute Heizung zu 65 % mit Erneuerbaren Energien (EE) betrieben werden soll, um sich von einer Abhängigkeit von fossilen Energien im Gebäudebereich zu lösen und das Heizen schrittweise klimafreundlicher zu machen. Die Umsetzung dieser Anforderung wird im Gebäudeenergiegesetz (GEG) erfolgen, welches, nach Verabschiedung im Bundestag, vsl. zum 01.01.2024 in Kraft treten wird. Der Beschlussempfehlung des „Ausschuss für Klimaschutz und Energie“ vom Juli 2023 kann entnommen werden, dass die 65 %-EE-Pflicht mit entsprechenden Fristen eng an das Vorliegen einer kommunalen Wärmeplanung geknüpft sein wird.

Land Baden-Württemberg:

Die Anforderungen an das kommunale Energiemanagement, die aus §18 des am 01.02.2023 verabschiedeten Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW 2023) hervorgehen, werden in Abs. 2.1 näher beschrieben. § 3 KlimaG BW legt die sogenannte Klima-Rangfolge fest. Demnach soll bei dem Schutz des Klimas folgende Rangfolge in absteigender Reihe eingehalten werden:

1. Vermeiden von Treibhausgasemissionen,
2. Verringern von Treibhausgasemissionen und
3. Versenken nicht oder mit verhältnismäßigem Aufwand nicht zu vermeidender oder zu verringernder Treibhausgase.

Darüber hinaus wird in § 8 KlimaG BW 2023 zur Berücksichtigung gesellschaftlicher Kosten durch Umweltbelastungen der „CO₂-Schattenpreis“ eingeführt. Dieser soll zunächst nur bei der Planung von Baumaßnahmen betreffend Liegenschaften des Landes berücksichtigt werden. Es heißt *„[...] insbesondere bei dem Neubau und der Sanierung von Bauwerken im Eigentum des Landes, ist im Rahmen von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen ein rechnerischer Preis entsprechend des vom Umweltbundesamt wissenschaftlich ermittelten und empfohlenen Wertes für jede über den Lebenszyklus der Maßnahme entstehende Tonne Kohlenstoffdioxid zu veranschlagen (CO₂-Schattenpreis)“*. Den Gemeinden und Gemeindeverbänden wird in § 8 Satz 6 KlimaG BW 2023 empfohlen, für die Planung von Baumaßnahmen sowie die Beschaffung von Liefer- und Dienstleistungen in eigener Zuständigkeit einen CO₂-Schattenpreis einzuführen.

Eine erneute Novellierung des KlimaG BW ist bereits geplant.

Stadt Ludwigsburg

Am 15.12.2022 hat sich der Gemeinderat in der Beschluss-Vorl. Nr. 409/22 ausdrücklich zum Ziel der Klimaneutralität bis zum Jahr 2035 bekannt. Dieses Ziel gilt auch für die städtische Verwaltung mit ihren Liegenschaften, dem Fuhrpark und weiteren Treibhausgasemittenten. Der FACHBEREICH HOCHBAU UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT plant daher die Erstellung eines Aktionsplans für den klimafreundlichen Gebäudebetrieb bis 2035, in dem konkrete und realistische Klimaneutralitätspfade für die städtischen

Gebäude unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Kriterien aufgezeigt werden sollen. Die Erstellung dieses Fahrplans soll mithilfe von Fördergeldern aus dem Wettbewerb des Landes Baden-Württemberg „Auf dem Weg zur Klimaneutralität“ finanziert werden.

Als Vorabmaßnahme hat der FACHBEREICH HOCHBAU UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT bereits eine Liste mit Heizungsanlagen städtischer Gebäude erstellt, die mit fossilen Energieträgern beheizt werden und deren Wärmeversorgung auf erneuerbare Energien umgestellt werden muss. Darüber hinaus findet ein objektspezifisches CO₂-Monitoring sämtlicher städtischer Großverbraucher statt.

2.3 Ziele zur Energieeinsparung und Treibhausgasminderung

Abbildung 2 stellt einen „1,5 °C-kompatiblen“ Zielpfad zur Erreichung der Klimaneutralität in Ludwigsburg bezogen auf die nicht-witterungsbereinigten Treibhausgasemissionen der Gesamtstadt unter Berücksichtigung der Sektoren „Private Haushalte“, „Gewerbe und sonstiges“, „Verarbeitendes Gewerbe“, „Verkehr“ und „Kommunale Liegenschaften“ dar. (Quelle: Klimaneutralitätskonzept 2035, Stadt Ludwigsburg, Oktober 2022).



Abbildung 2: Zielpfad der Treibhausgasminderung bis 2035 für Ludwigsburg (Gesamtstadt)

Zur Zielerreichung ist es notwendig, die Treibhausgasemissionen stadtweit durchschnittlich um etwa 22 % pro Jahr zu reduzieren.

Der Stadtverwaltung muss hierzu, insbesondere durch die Reduktion der Emissionen aus dem städtischen Gebäudebetrieb, einen Beitrag leisten. Tabelle 3 stellt in Anlehnung an den in Abbildung 2 beschriebenen Zielpfad Orientierungswerte für notwendige Minderungsraten für die städtischen Treibhausgasemissionen (THG-Minderungsrate) dar.

Tabelle 3: THG-Minderungsrate (Orientierungswerte)

Zeitraum	THG-Minderungsrate pro Jahr	Gesamtreduktion
2016-2023	3 %	19 %
2023-2025	23 %	41 %
2025-2030	22 %	72 %
2030-2035	37 %	90 %

Da der Reduktionspfad ab 2023 ff. eine massive Erhöhung der Minderungsraten vorsieht, muss in Abstimmung mit der Zielerreichung einer klimaneutralen Kommunalverwaltung (KNV) die Umsetzung von Energie- und CO₂-Einsparmaßnahmen mithilfe der Bereitstellung entsprechender Kapazitäten stark ausgeweitet werden.

Zu den Energie- und CO₂-Einsparmaßnahmen zählen:

- Umstellung der Wärmeversorgung von fossilen auf erneuerbare Energieträger unter Berücksichtigung der kommunalen Wärmeplanung
- Sanierungsmaßnahmen zur Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz
- Ausbau der Photovoltaik
- Energiemanagement-Maßnahmen z. B. Betriebsoptimierung

Geplant ist die Erstellung eines Aktionsplans „Klimafreundlicher Gebäudebetrieb 2035“, der unter Berücksichtigung von ökonomischen und ökologischen Kriterien ein möglichst realistisches Umsetzungsszenario von Sanierungsmaßnahmen zur Zielerreichung aufzeigen soll.

3 Entwicklung der Treibhausgasemissionen, Verbräuche und Kosten

In diesem Kapitel werden die Entwicklungen der endenergiebedingten Treibhausgasemissionen sowie der Energie- und Wasserverbräuche und der entsprechenden Kosten dargestellt.

3.1 Randbedingungen

Folgende **Randbedingungen** liegen den 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-App) oder durch installierte Datenlogger an die Energiemanagementsoftware ermittelt werden.

Datenverarbeitung: IngSoft InterWatt, Version 21.3.2.00

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 ist in diesem Berichtsjahr erstmalig berücksichtigt. Die Raumbeheizung mittels elektrischer Wärmepumpe wird aktuell nicht, wie vorgesehen, im Energiebereich „Wärme“, sondern im Energiebereich „Strom“ bilanziert. Eine Entkopplung des Wärmeverbrauchs für die Trinkwassererwärmung von der Witterungsbereinigung muss noch umgesetzt werden.

Bilanzierte Gebäude: Die Bilanzierungsgrenze orientiert sich an den Vorgaben des KlimaG BW (siehe Abs. 2.1) und des Greenhouse-Gas-Protokolls (GHG), ein anerkannter und weltweit etablierter Standard zur Bilanzierung von Treibhausgasemissionen. Das GHG differenziert hinsichtlich der Art der Emissionen zwischen sogenannten „Scopes“. Von Relevanz für den städtischen Gebäudebetrieb sind insbesondere die Scope 1 und 2 Emissionen, die in der sogenannten „**Kernbilanz**“ betrachtet werden:

- Scope 1 Emissionen: Wärmebedingte Emissionen aus Erdgas, Heizöl und Biomasse, die durch den Gebäudebetrieb direkt im Gebäude freigesetzt werden
- Scope 2 Emissionen: Energiebedingte Emissionen aus Fernwärme und Strom, die durch den Gebäudebetrieb nicht direkt an einem Gebäude, sondern an einem anderen Ort freigesetzt werden

Zusätzlich zu den Scope 1 und 2 Emissionen werden Scope 3 Emissionen unterschieden. Hierbei handelt es sich um Emissionen aus vor- und nachgelagerten Aktivitäten (z. B. „graue Energie“ in Baustoffen) oder Aktivitäten, auf die der FACHBEREICH HOCHBAU UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT keine direkten Einfluss hat (z. B. angemietete Gebäude).

Anzahl der vom Energiemanagement innerhalb der **Kernbilanz** betrachteten Gebäude in 2022:

~ 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.

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 witterungsunabhängiger Wärmeverbrauchsanteile für die Warmwasserbereitung z. B. durch Sockelverbrauch, der von der Witterungsbereinigung ausgenommen werden muss, erfolgt

aktuell noch nicht. Abbildung 3 zeigt die Entwicklung der „Gradtagszahlen“ sowie die Gradtagszahl des langjährigen Mittels ($K_d \approx 3.500$) der Wetterstation Stuttgart-Schnarrenberg.

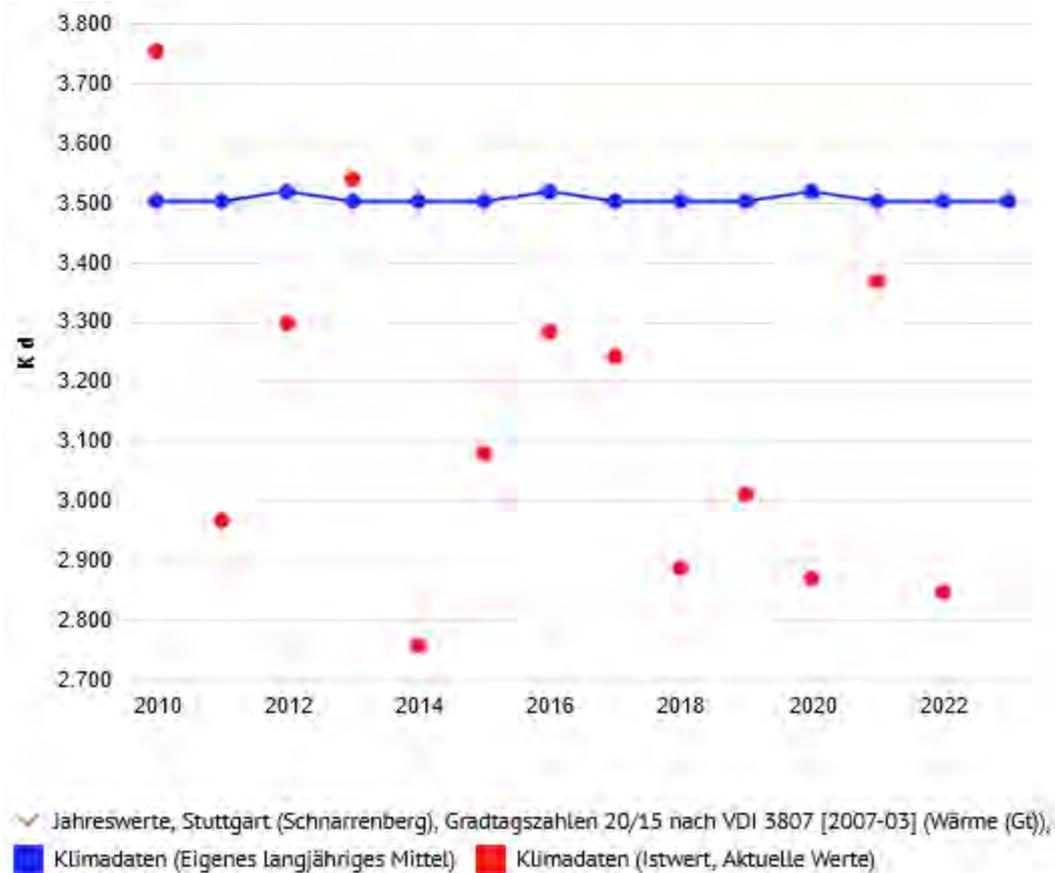


Abbildung 3: Gradtagszahlen Wetterstation Stuttgart Schnarrenberg

Demnach lagen die jahresspezifischen Gradtagszahlen des vergangenen Jahrzehnts nur zwei Mal oberhalb der Gradtagszahl des langjährigen Mittels. Die letzten Jahre waren somit vergleichsweise warm. Die Gradtagszahl von 2845,7 für das Jahr 2022 bestätigt diesen Trend.

Treibhausgasemissionen: Es werden direkte und indirekte Treibhausgasemissionen, sowie die Emission weiterer Treibhausgase wie Methan und Lachgas in CO_2 -Äquivalenten berücksichtigt (in Anlehnung an die Berechnungsmethodik zur Ökobilanzierung von Kommunen „bico2BW“ mit Daten gemäß GEMIS und IFEU). Die Berechnung der Treibhausgasemissionen erfolgt i. d. R. ohne Witterungsbereinigung.

Emissionsfaktoren: Zur Berechnung der Treibhausgasemissionen eingesetzter Fernwärme werden aktuell die von den Stadtwerken Ludwigsburg-Kornwestheim (SWLB) veröffentlichten netzspezifischen Emissionsfaktoren verwendet. Diese werden Gebäudeenergiegesetz (GEG) konform gemäß AGFW-Regelwerk FW 309 nach der sogenannten Strom-Gutschriftmethode berechnet. Nach dieser Berechnungsmethode ist es möglich, dass sich Emissionsfaktoren von „0“ ergeben, obgleich ein Einsatz von fossilen Energieträgern zur Wärmeerzeugung erfolgt. Dieser Berechnungsmethode steht die sogenannte „Carnot-Methode“ gegenüber, bei der keine Stromgutschrift möglich ist und die Emissionsfaktoren somit ungünstiger ausfallen. Gemäß GEG § 22 (5) ist möglicherweise eine gesetzliche Regelung zur Umstellung des Berechnungsverfahrens ab dem Jahr 2030 vorgesehen. In den Regeln zur Bilanzierung von Treibhausgasemissionen von Kommunen und Kommunalverwaltung („BISKO Bilanzierungs-Systematik Kommunal“) ist nur die Carnot-Methode zur Berechnung von Emissionsfaktoren für Fernwärmenetze zulässig. Bis auf Weiteres werden im Klima- und Energiebericht die Emissionsfaktoren nach der gemäß aktuellem GEG gültigen Stromgutschriftmethode verwendet. **Eine Umstellung in den kommenden Jahren ist nicht auszuschließen.**

Seit dem Berichtsjahr 2021 wird die Vorgabe umgesetzt, dass sowohl für zertifizierten Ökostrom als auch anteiliges Biogas die Emissionsfaktoren für den jeweiligen Energiemix in der BRD berücksichtigt werden. Diese berücksichtigen die o. g. Treibhausgase (vgl. Tools zur Ökobilanzierung von kommunalen Prozessen EEA und bico2BW).

Energiebilanzierung Gas: Unter Berücksichtigung der Zustandszahl werden Heizwert-bezogene Energiemengen bilanziert. Seit 2016 bezieht die Stadt Ludwigsburg per Beschluss durch den Gemeinderat 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 dem im Gebäude durch Blockheizkraftwerke oder Photovoltaik erzeugten und eigenverbrauchten Strom zusammensetzt. Seit 2013 bezieht die Stadt Ludwigsburg per Beschluss durch den Gemeinderat für städtische Abnahmestellen 100 % zertifizierten Ökostrom.

3.2 Flächenentwicklung

Abbildung 4 stellt die Entwicklung der vom FACHBEREICH HOCHBAU UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT bewirtschafteten Nettoraumfläche in m² dar.

Die bewirtschaftete Nettoraumfläche hat seit 2018 um 8,7 % auf ca. 405.272 m² im Jahr 2022 zugenommen.

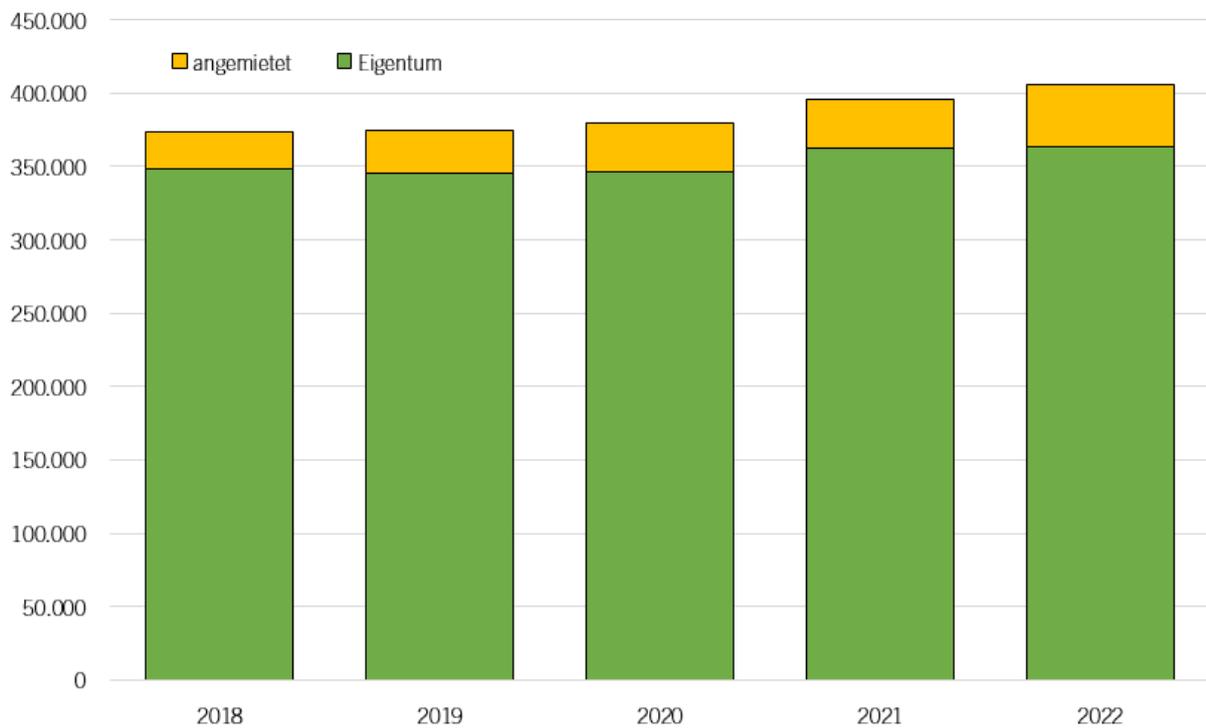


Abbildung 4: Bewirtschaftete Nettoraumfläche 2018-2022

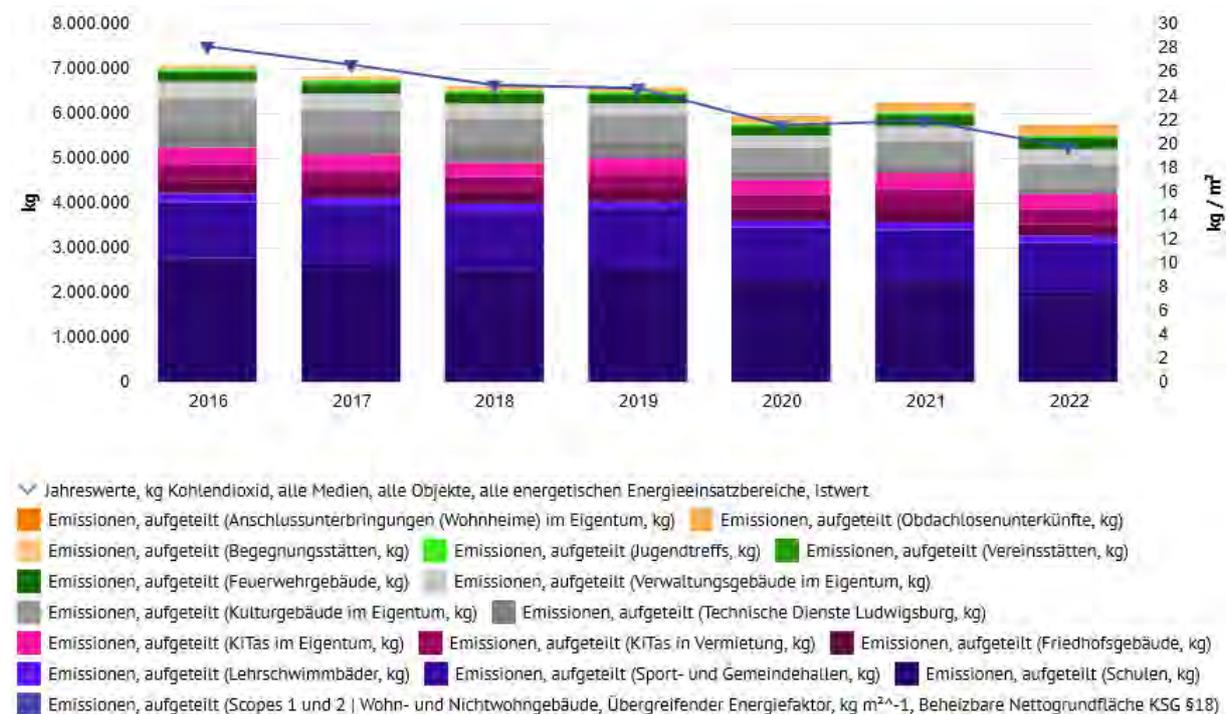
Hinweis: Das Energiemanagement erfasst nur die Energieverbräuche von den für die Bilanzierung relevanten Gebäuden. Die bewirtschaftete Nettoraumfläche entspricht daher nicht der Energiebezugsfläche zur Berechnung von Verbrauchskennzahlen in Abs. 3.3 ff.

3.3 Treibhausgasemissionen

Im Klima- und Energiebericht wird unterschieden zwischen der „Kernbilanz“ (Scopes 1 und 2, siehe Abs. 3.1: Städtische Gebäude im Eigentum inkl. Vermietung mit Energiekostenbeteiligung) und „weiteren städtischen Emissionsquellen (Scope 3)“, unter die neben angemieteten Gebäuden auch städtische Organisationseinheiten und Beteiligungsunternehmen ohne direkten Bezug zum FACHBEREICH HOCHBAU UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT fallen.

3.3.1 Kernbilanz (Scopes 1 und 2)

Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der absoluten (Balken) und flächenspezifischen (Linie) Treibhausgasemissionen des städtischen Gebäudebetriebs in CO₂-Äquivalenten für die unterschiedlichen Nutzungseinheiten von 2016 bis 2022 ohne Witterungsberichtigung:



Im Berichtsjahr 2022 belaufen sich die absoluten, nicht witterungsbereinigten Treibhausgasemissionen auf rund 5.700 t CO₂-Äquivalente. Hieraus resultieren gesellschaftliche Kosten durch Umweltbelastungen für das Jahr 2022 in Höhe von rund 1,35 Mio. € (Quelle: Empfehlung Umweltbundesamt zu den Klimakosten, 2023; für 2022: 237 €/t CO₂-Äquivalente).

Die Treibhausgasemissionen sind im **Jahr 2022** wie folgt auf die unterschiedlichen Nutzungseinheiten zurückzuführen:

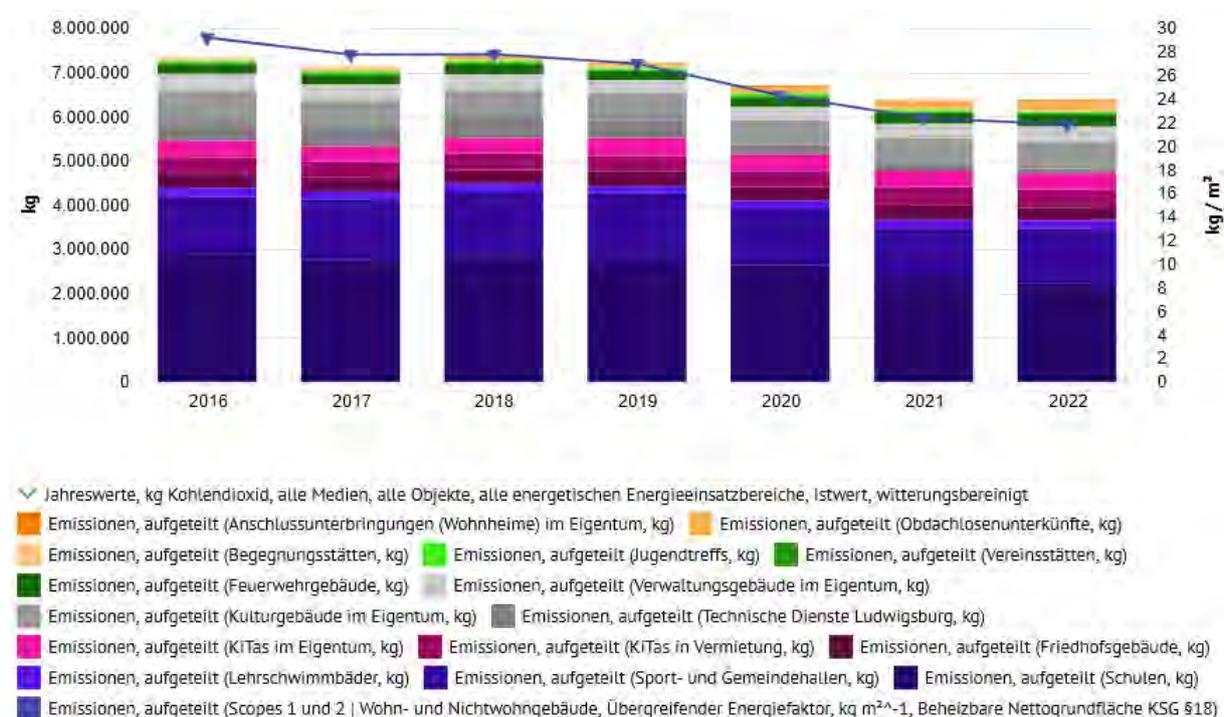
- Schulen 35,3 %
- Sport- und Gemeindehallen 18,9 %
- Kulturgebäude 10,1 %
- Kindertageseinrichtung in Vermietung 6,0 %
- Verwaltungsgebäude 5,8 %
- Kindertageseinrichtung im Eigentum 5,7 %
- Feuerwehr- und Friedhofsgebäude jeweils 4,3 %
- Obdachlosenunterkünfte 3,1 %
- Lehrschwimmbäder 2,9 %
- Technische Dienste 1,6 %
- Jugendtreffs 0,7 %
- Anschlussunterbringungen (Wohnheime) im Eigentum 0,6 %
- Vereins- und Begegnungsstätten jeweils 0,4 %

Seit 2016 konnten die absoluten Treibhausgasemissionen in diesen Nutzungseinheiten **um 18,9 %** bis zum **Jahr 2022 reduziert werden**. Somit ist die Vorgabe hinsichtlich einer THG-Minderungsrate für den Zeitraum 2016-2023 des in Abschnitt 2.3 Tabelle 3 erläuterten Zielpfads zur Erreichung der Klimaneutralität 2035 für die Kernbilanz realistisch erreichbar.

Die **flächenspezifischen Treibhausgasemissionen** konnten seit 2016 von etwa 28 kg CO₂-Äquivalente/m²a um 30,1 % auf rund 20 kg CO₂-Äquivalente/m²a im Jahr 2022 **reduziert** werden.

Bemerkung: Die Lehrschwimmbäder bleiben in der Ermittlung des flächenspezifischen Kennwerts unberücksichtigt.

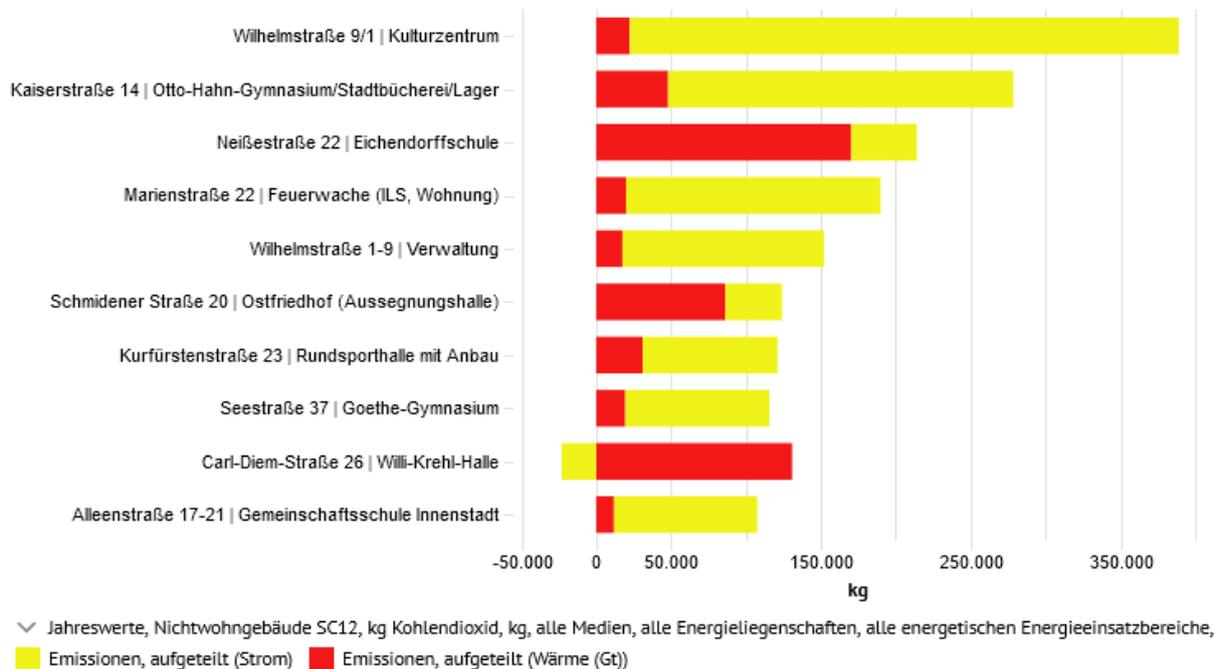
Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der absoluten (Balken) und flächenspezifischen (Linie) Treibhausgasemissionen des städtischen Gebäudebetriebs in CO₂-Äquivalenten von 2016 bis 2022 mit Witterungsbereinigung.



Im Berichtsjahr 2022 belaufen sich die absoluten, witterungsbereinigten Treibhausgasemissionen auf rund 6.400 Tonnen CO₂-Äquivalente. Demnach konnten die absoluten, witterungsbereinigten Treibhausgasemissionen seit 2016 um 13,2 % bis zum Jahr 2022 reduziert werden.

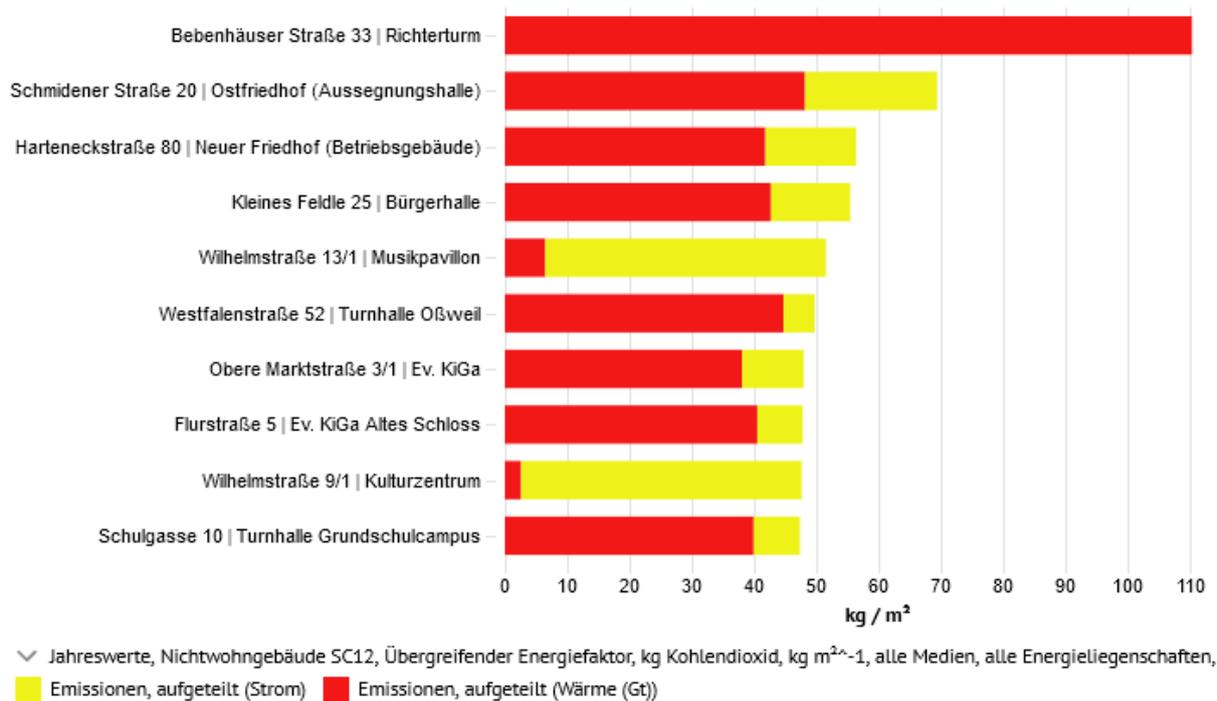
Im Vergleich zur THG-Minderungsrate, die sich aus der Berechnung ohne Witterungsbereinigung ergibt, wird klar, dass die relativ warmen Winter der vergangenen Jahre die THG-Reduktion begünstigt haben. Darüber hinaus ist die positive Entwicklung trotz Flächenzuwachs das Resultat der durchgeführten Maßnahmen zur Anbindung der städtischen Gebäude an die Fernwärme sowie zur Reduktion des Wärme- und Strombedarfs. Um das Ziel der Klimaneutralität 2035 zu erreichen und die Folgen des Klimawandels zu beschränken, muss die Anzahl und Qualität der energetischen Sanierungen von treibhausgasintensiven Gebäuden in den kommenden Jahren **wesentlich erhöht werden**. Dies beinhaltet sowohl die Umstellung der Energieversorgung der städtischen Gebäude auf erneuerbare Energien als auch die Reduktion des Gesamtenergiebedarfs.

Die Nichtwohngebäude (ohne Lehrschwimmbäder) mit den größten, absoluten Treibhausgasemissionen bedingt durch den Energieverbrauch im Jahr 2022 sind (ohne Witterungsbereinigung):

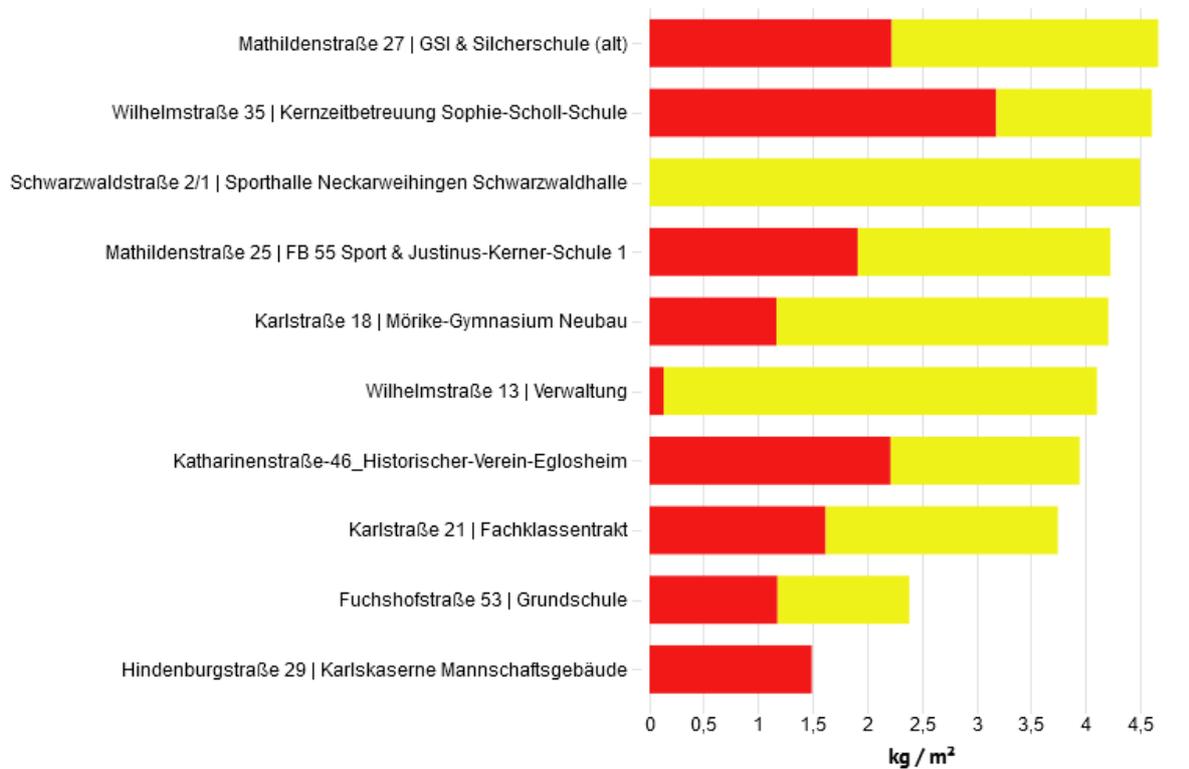


Bemerkung: In der Carl-Diem-Straße 26 befinden sich zwei Blockheizkraftwerke (BHKWs), die neben Wärme auch Strom erzeugen. Im Jahr 2022 haben diese mehr Strom produziert, als im Gebäude verbraucht worden ist. Dies führt zu einem positiven Fußabdruck in der Treibhausgasbilanz dieses Gebäudes.

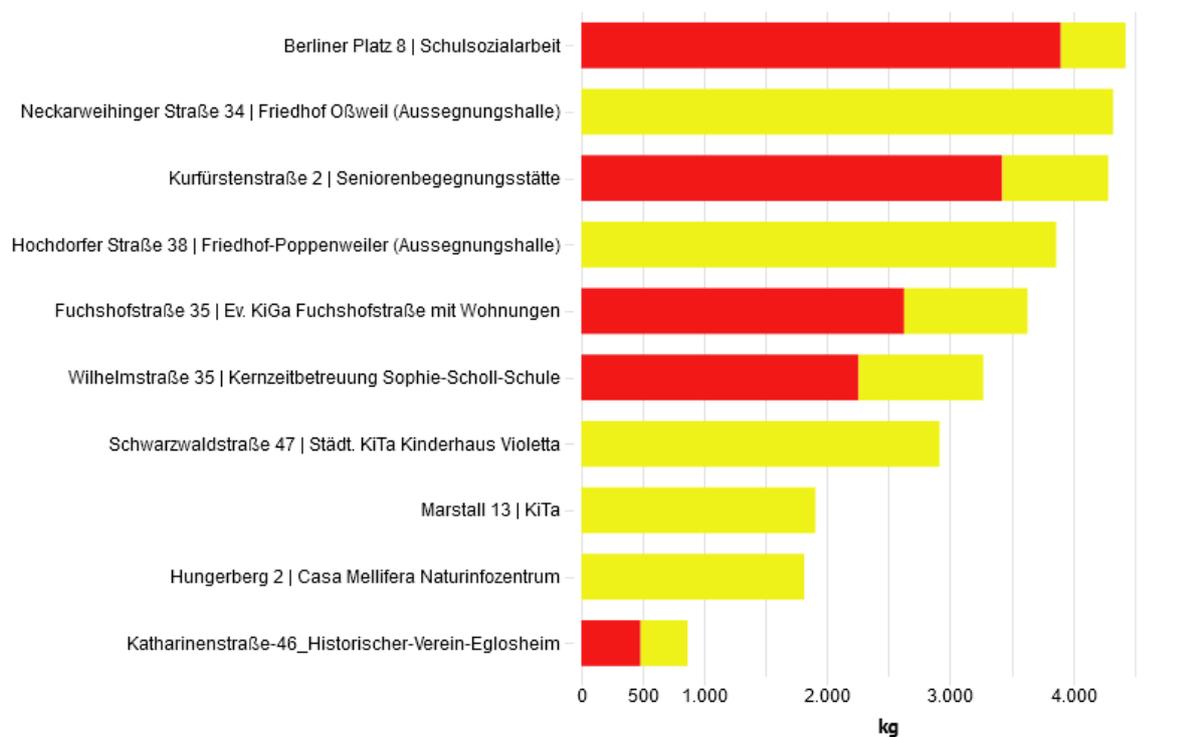
Die Nichtwohngebäude (ohne Lehrschwimmbäder) mit den **größten, flächenspezifischen Treibhausgasemissionen 2022** bedingt durch den Energieverbrauch sind (ohne Witterungsbereinigung):



Die Nichtwohngebäude (ohne Lehrschwimmbäder) mit dem geringsten, flächenspezifischen und absoluten Treibhausgasemissionen im Jahr 2022 bedingt durch den Energieverbrauch sind:



▼ Jahreswerte, Nichtwohngebäude SC12, Übergreifender Energiefaktor, kg Kohlendioxid, kg m²-1, alle Medien, alle Energieliegenschaften, Emissionen, aufgeteilt (Strom) Emissionen, aufgeteilt (Wärme (Gt))



▼ Jahreswerte, Nichtwohngebäude SC12, kg Kohlendioxid, kg, alle Medien, alle Energieliegenschaften, alle energetischen Energieeinsatzbereiche, Emissionen, aufgeteilt (Strom) Emissionen, aufgeteilt (Wärme (Gt))

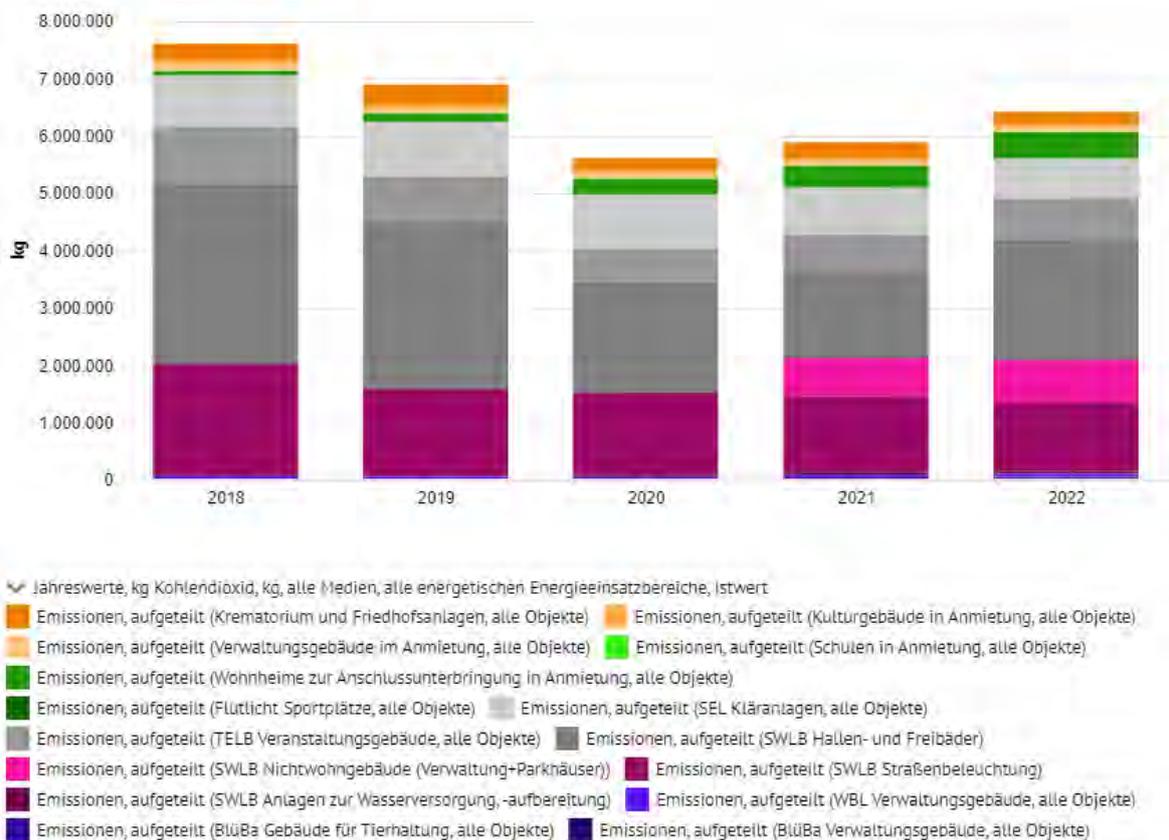
Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass sich die absoluten Treibhausgasemissionen der städtischen Gebäude um den Faktor 350 - 400 unterscheiden. Bei den flächenspezifischen Treibhausgasemissionen liegt ein Faktor von etwa 150 zwischen den größten und niedrigsten Werten.

Bemerkung: Die Grundschule in der Fuchshofstraße 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, flächenspezifischen Treibhausgasemissionen wieder.

3.3.2 Weitere städtische Emissionsquellen (Scope 3)

Unter „Weitere städtische Emissionsquellen (Scope 3)“ fallen neben angemieteten Gebäuden auch Gebäude städtischer Organisationseinheiten und Beteiligungsunternehmen ohne direkten Bezug zum FACHBEREICH HOCHBAU UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT. Auch über diese Gebäude und deren energetischen Daten muss gemäß der Definition des KlimaG BW im Rahmen eines systematischen Energiemanagements **nachrichtlich berichtet werden**. Außerdem erfolgt seit 2021 eine Übermittlung dieser Daten per Kom.EMS an das Land Baden-Württemberg. Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der **absoluten, nicht witterungsbereinigten Treibhausgasemissionen 2018-2022**.

Hinweis: Seit 2021 wurden aufgrund der Erfassungspflicht neue Verbrauchskategorien erfasst. Die Datenschärfe nimmt seit 2021 daher zu. Für mit Fernwärme versorgte Gebäude wurde der Emissionsfaktor des Fernwärme-Verbundnetzes der SWLB angenommen.



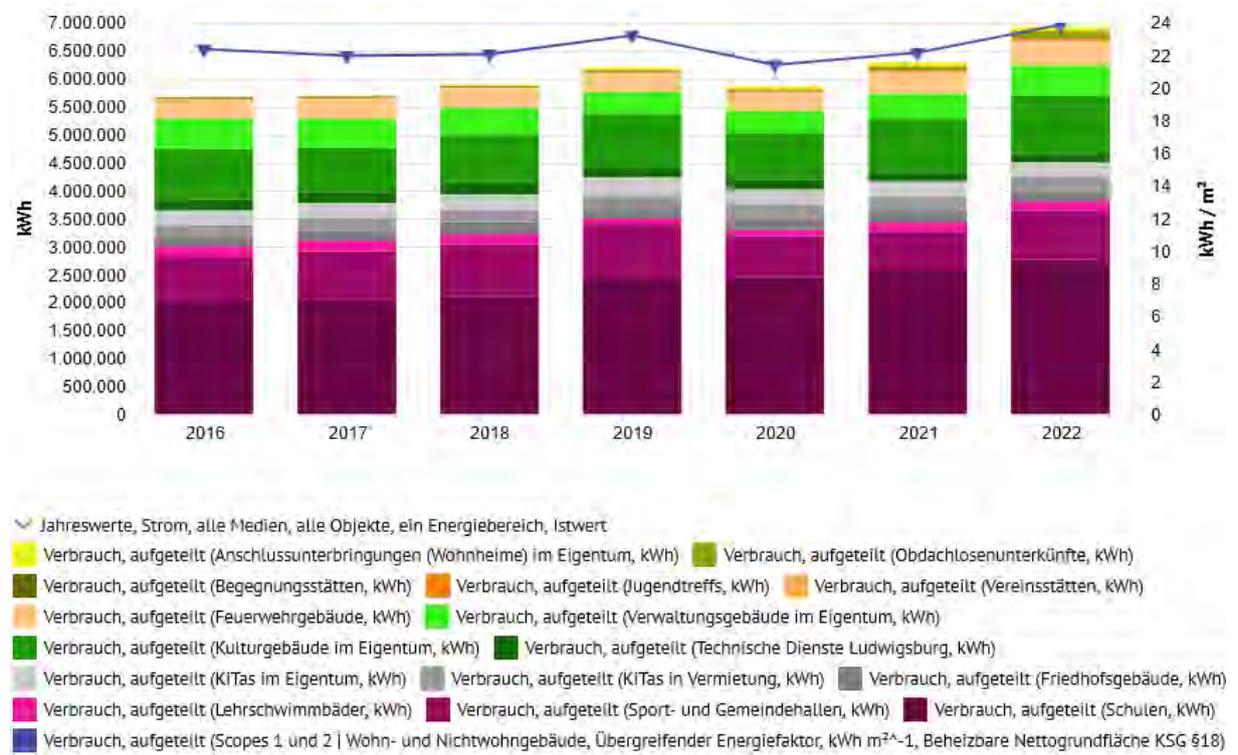
Die in dieser Bilanz erfassten Verbrauchskategorien induzieren im Jahr 2022 energiebedingte, nicht witterungsbereinigte Treibhausgasemissionen von rund **6422 t CO₂-Äquivalente**. Die größten Emittenten sind in absteigender Reihenfolge die SWLB-Hallen- und Freibäder (32,6 %), die Straßenbeleuchtung (18,7 %), SWLB-Verwaltungsgebäude und -Parkhäuser (11,6 %), TELB-Veranstaltungsgebäude (11,4 %) und die SEL-Kläranlagen (10,7 %).

3.4 Stromverbrauch

Im Klima- und Energiebericht wird unterschieden zwischen der „Kernbilanz“ (siehe Abs. 3.1: Städtische Gebäude im Eigentum inkl. Vermietung mit Energiekostenbeteiligung) und „Weiteren städtischen Stromverbrauchern“, unter die neben angemieteten Gebäuden auch städtische Organisationseinheiten und Beteiligungsunternehmen ohne direkten Bezug zum FACHBEREICH UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT fallen.

3.4.1 Kernbilanz

Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung des absoluten (Balken) und flächenspezifischen (Linie) Stromverbrauchs von 2016 bis 2022. Der durch KWK-Anlagen und Photovoltaik erzeugte und selbst verbrauchte Strom ist darin nicht enthalten.



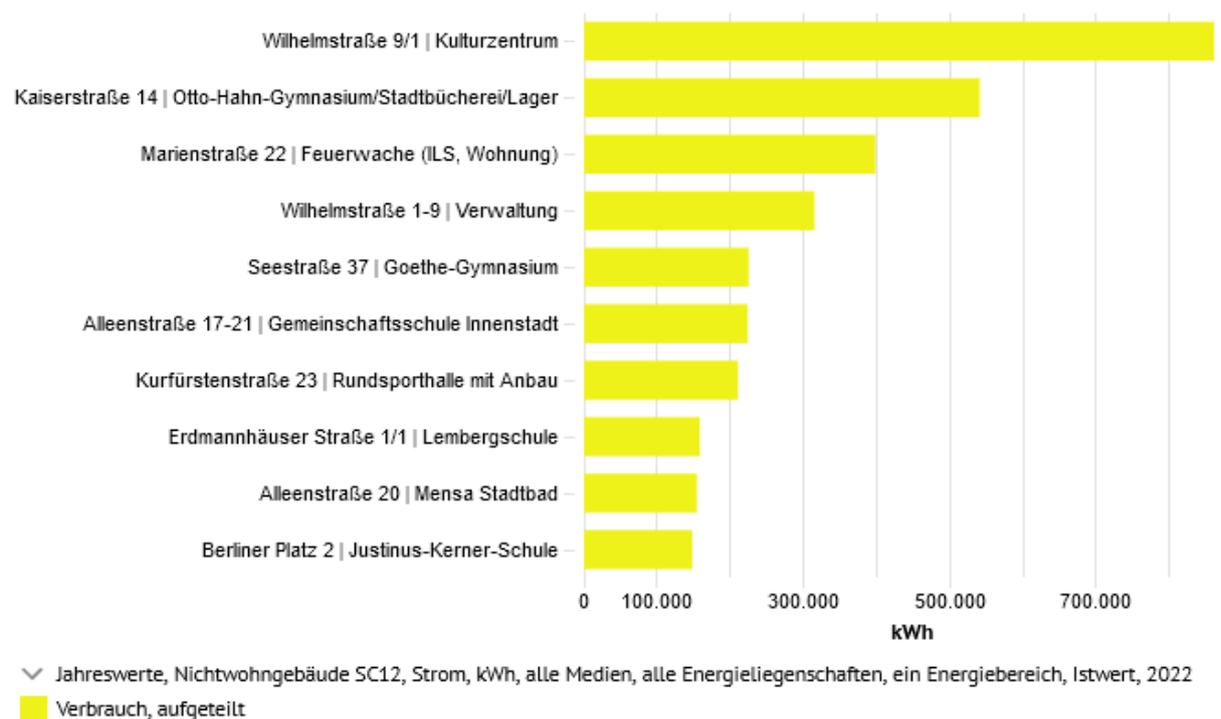
Der absolute Stromverbrauch der erfassten städtischen Gebäude nimmt in den letzten Jahren, abgesehen von den Corona Jahren 2020-2021, kontinuierlich zu.

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.

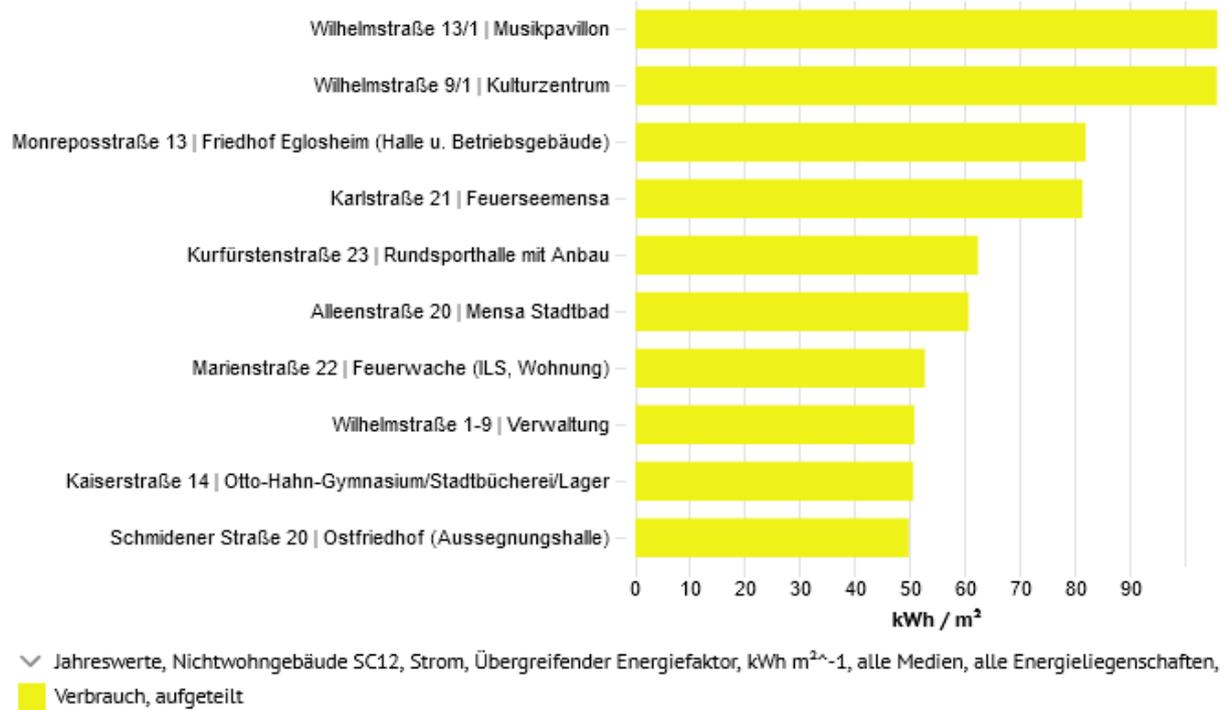
Im Jahr 2022 verbrauchten die städtischen Gebäude etwa 6,9 Mio. kWh Strom. Das sind rund 10 % mehr als im Vorjahr und etwa 22 % mehr als 2016. Der größte Stromverbraucher sind die Schulen mit einem jährlichen Stromverbrauch von etwa 2,76 Mio. kWh im Jahr 2022.

Im Durchschnitt verbraucht ein städtisches Gebäude im Jahr 2022 23,9 kWh/m² Strom. Dieser flächenspezifische Stromverbrauch ist im Zeitraum 2016-2022 um etwa 6,6 % gestiegen. Die Bemühungen in diesem Zeitraum, den Strombezug durch die stetige Umstellung auf effiziente LED-Beleuchtungstechnik, den Ausbau der Photovoltaik und durch Betriebsoptimierung zu reduzieren, sind leider nicht direkt sichtbar („Rebound-Effekt“). Bemerkung: Lehrschwimmbäder bleiben in der Berechnung des flächenspezifischen Kennwerts unberücksichtigt.

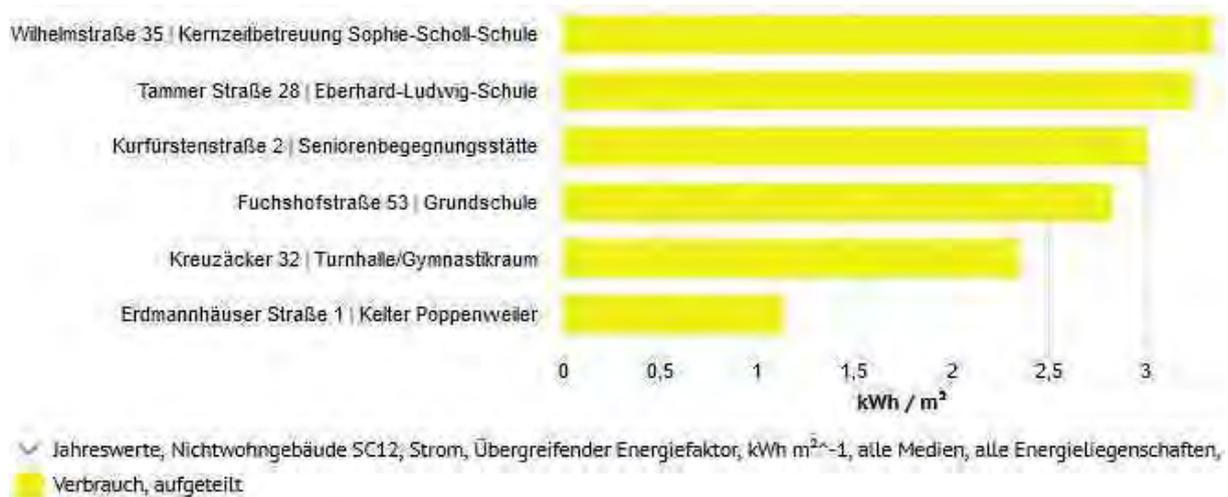
Die Nichtwohngebäude (ohne Lehrschwimmbäder) mit dem **größten, absoluten Stromverbrauch 2022** sind:



Die Nichtwohngebäude (ohne Lehrschwimmbäder) mit dem **größten, flächenspezifischen Stromverbrauch 2022** sind:



Die Nichtwohngebäude (ohne Lehrschwimmbäder) mit dem **geringsten, flächenspezifischen Stromverbrauch 2022** sind:

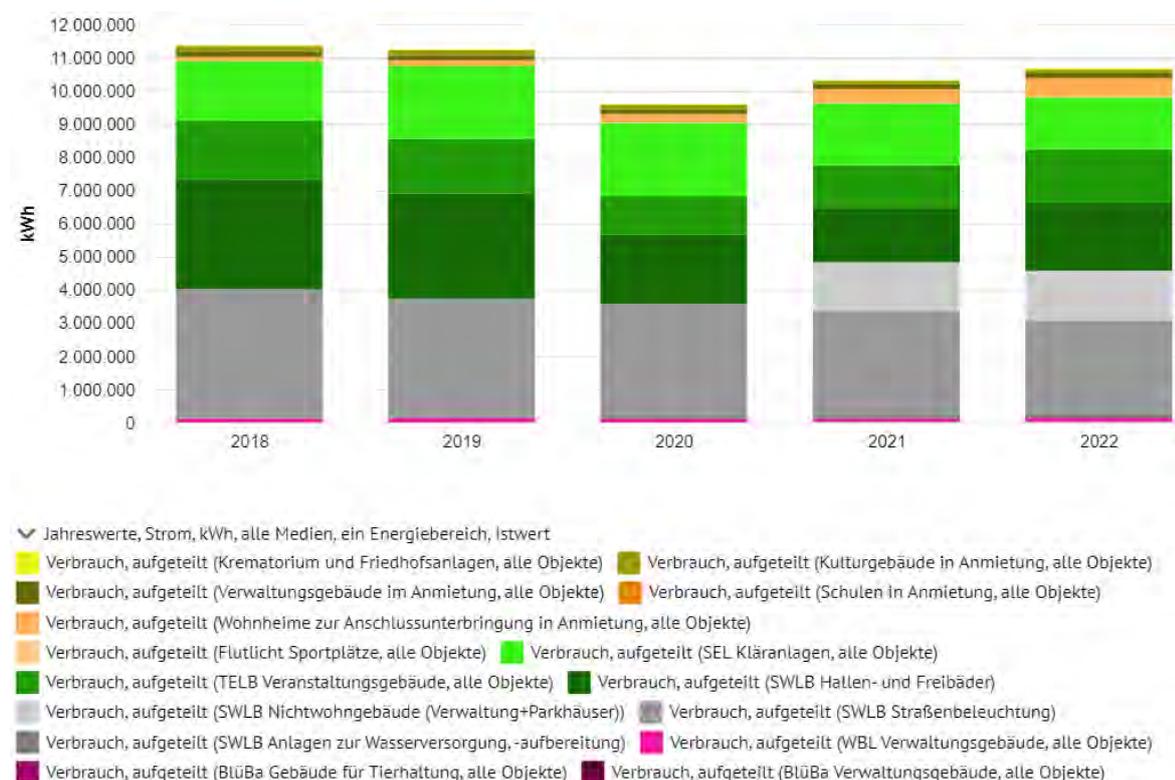


In der Carl-Diem-Straße 26 befinden sich zwei Blockheizkraftwerke (BHKWs), die neben Wärme auch Strom erzeugen. Im Jahr 2021 haben diese mehr Strom produziert, als im Gebäude verbraucht worden ist, sodass ein negativer Stromverbrauch (Stromproduktion mit Überschusseinspeisung) entsteht, der daher in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

3.4.2 Weitere städtische Stromverbraucher

Unter „**Weitere städtische Stromverbraucher**“ fallen neben angemieteten Gebäuden auch städtische Organisationseinheiten und Beteiligungsunternehmen ohne direkten Bezug zum FACHBEREICH UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT. Über diese muss gemäß der Definition des KlimaG BW im Rahmen eines systematischen Energiemanagements nachrichtlich berichtet werden. Die folgende Abbildung stellt die Entwicklung des absoluten Stromverbrauchs 2018-2022 der Verbrauchskategorien dar, über die seit 2021 per Kom.EMS an das Land Baden-Württemberg berichtet werden muss.

Hinweis: Seit 2021 wurden aufgrund der Erfassungspflicht neue Verbrauchskategorien (z. B. SWLB Nichtwohngebäude) erfasst. Die Datenschärfe nimmt seit 2021 daher zu. Der durch KWK-Anlagen und Photovoltaik erzeugte und selbst verbrauchte Strom ist darin nicht enthalten.



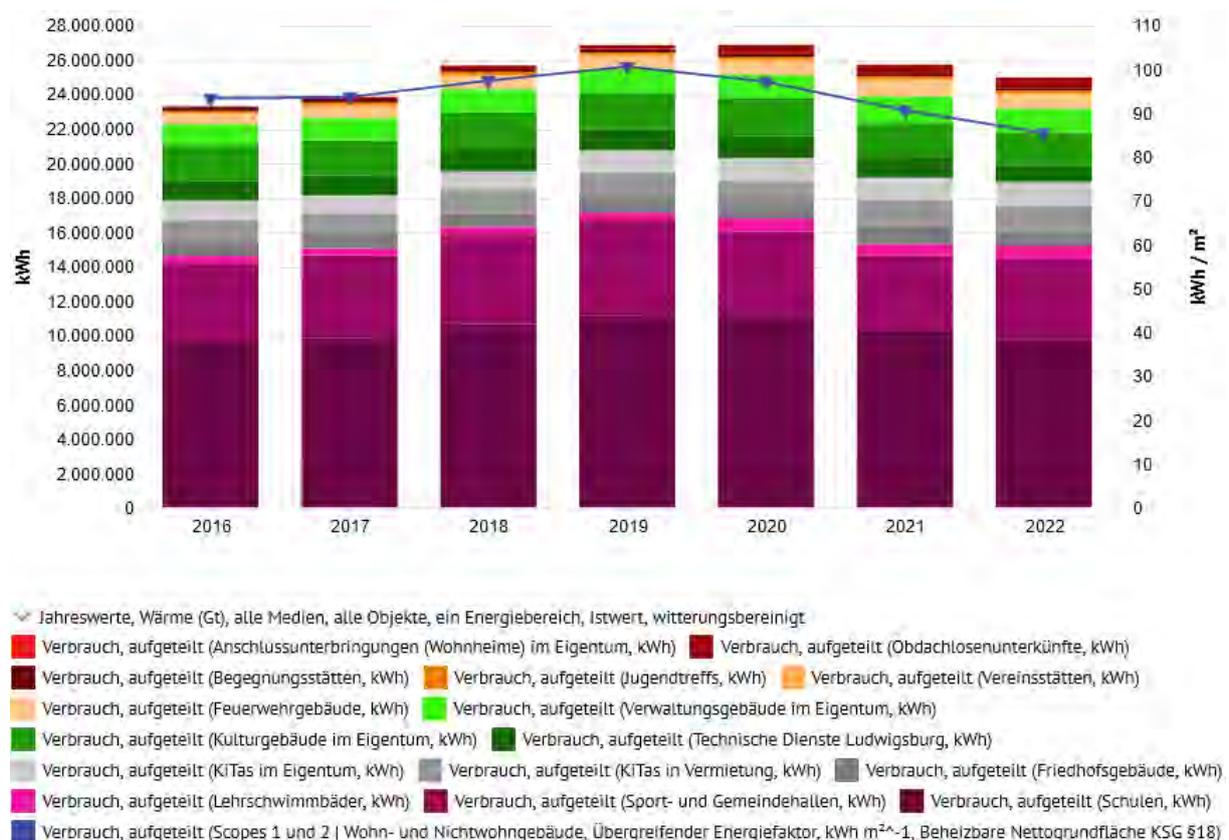
Der Stromverbrauch der in dieser Bilanz erfassten Verbrauchskategorien beträgt im Jahr 2022 rund 10,7 Mio. kWh. Die größten Verbraucher sind in absteigender Reihenfolge die Straßenbeleuchtung (26,5 %), die SWLB-Hallen- und Freibäder (19,2 %), TELB-Veranstaltungsgebäude (15,0 %) und die SEL-Kläranlagen (14,6 %). Der Stromverbrauch der Straßenbeleuchtung konnte durch die fortlaufende Umstellung auf LED seit 2018 um 27,5 % reduziert werden. Im Jahr 2022 sind 64 % der Beleuchtungspunkte der Straßenbeleuchtung mit LED-Technik ausgerüstet.

3.5 Wärmeverbrauch

Im Klima- und Energiebericht wird unterschieden zwischen der „Kernbilanz“ (siehe Abs. 3.1: Städtische Gebäude im Eigentum inkl. Vermietung mit Energiekostenbeteiligung) und „Weiteren städtischen Wärmeverbrauchern“, unter die neben angemieteten Gebäuden auch städtische Organisationseinheiten und Beteiligungsunternehmen ohne direkten Bezug zum FACHBEREICH UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT fallen.

3.5.1 Kernbilanz

Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der absoluten (Balken) und flächenspezifischen (Linie), witterungsbereinigten Wärmeverbräuche von 2016 bis 2022.



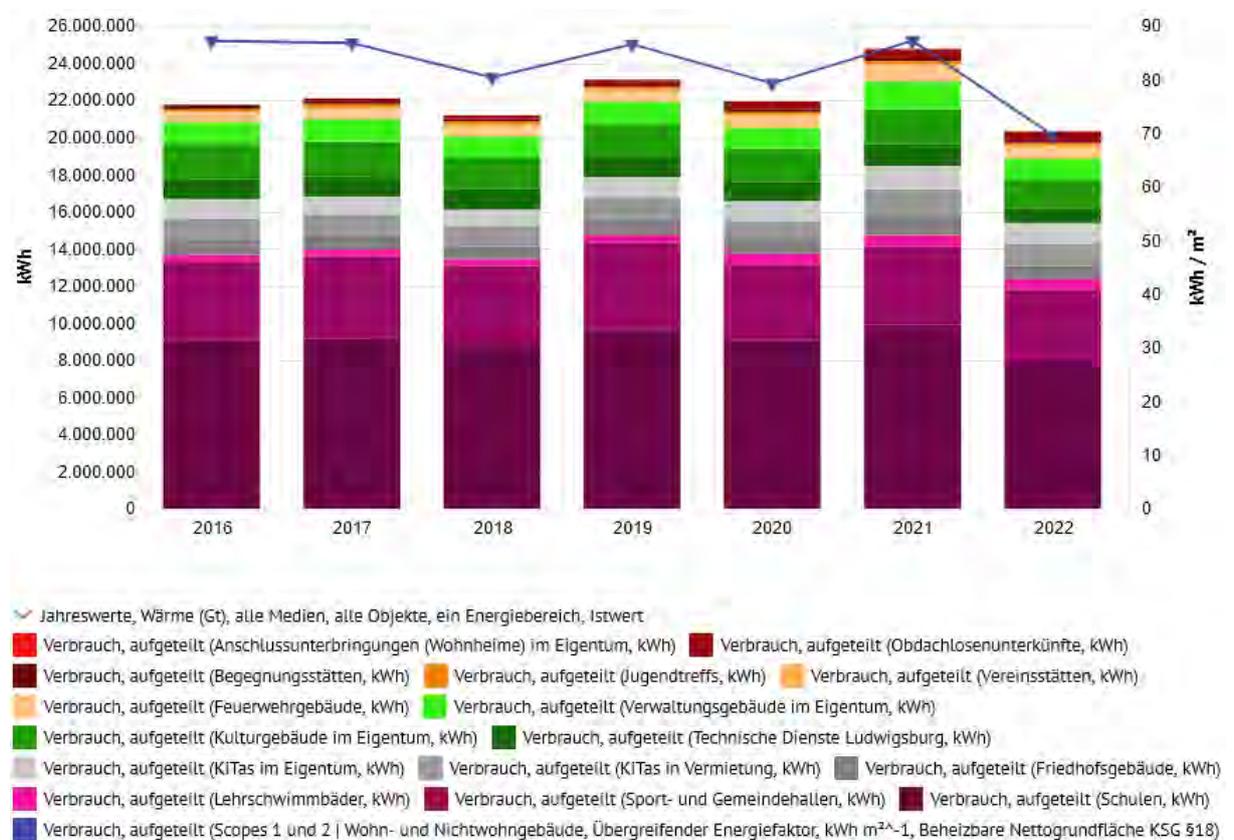
Im Berichtsjahr 2022 beträgt der absolute, witterungsbereinigte Wärmeverbrauch **rund 25 Mio. kWh**. Dies entspricht **7,2 % mehr als** im Jahr 2016. Diese Entwicklung ist auf eine steigende Intensität der Gebäudenutzung (z. B. Ganztagsbetreuung und Nutzung von Schulgebäuden in den Ferien) sowie auf

zusätzlich erfasste und beheizte Flächen zurückzuführen wie z. B. Unterkünfte im Eigentum der Stadt.

Gegenüber 2020 verzeichnet der Wärmeverbrauch 2022 einen **Rückgang von 1,9 Mio. kWh**.

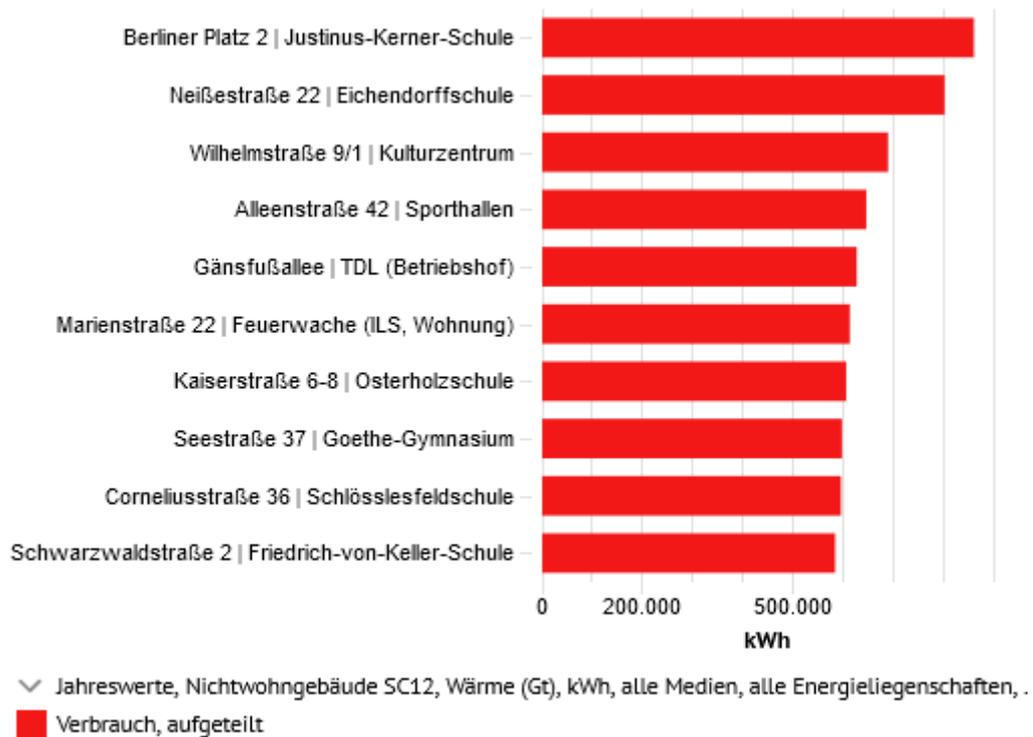
Der **flächenspezifische Kennwert** ist **rückläufig**. Seit 2016 lässt sich eine Reduktion von 93,5 kWh/(m²a) auf 85,6 kWh/(m²a) beobachten. Dies entspricht einer **Minderung um 8,4 %**. Diese Entwicklung spiegelt die Bemühungen wider, den Wärmeverbrauch durch Maßnahmen wie die Betriebsoptimierung und technische Effizienzsteigerungen zu reduzieren.

Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der **absoluten (Balken) und flächenspezifischen (Linie) Wärmeverbräuche ohne Witterungsberreinigung von 2016 bis 2022**.



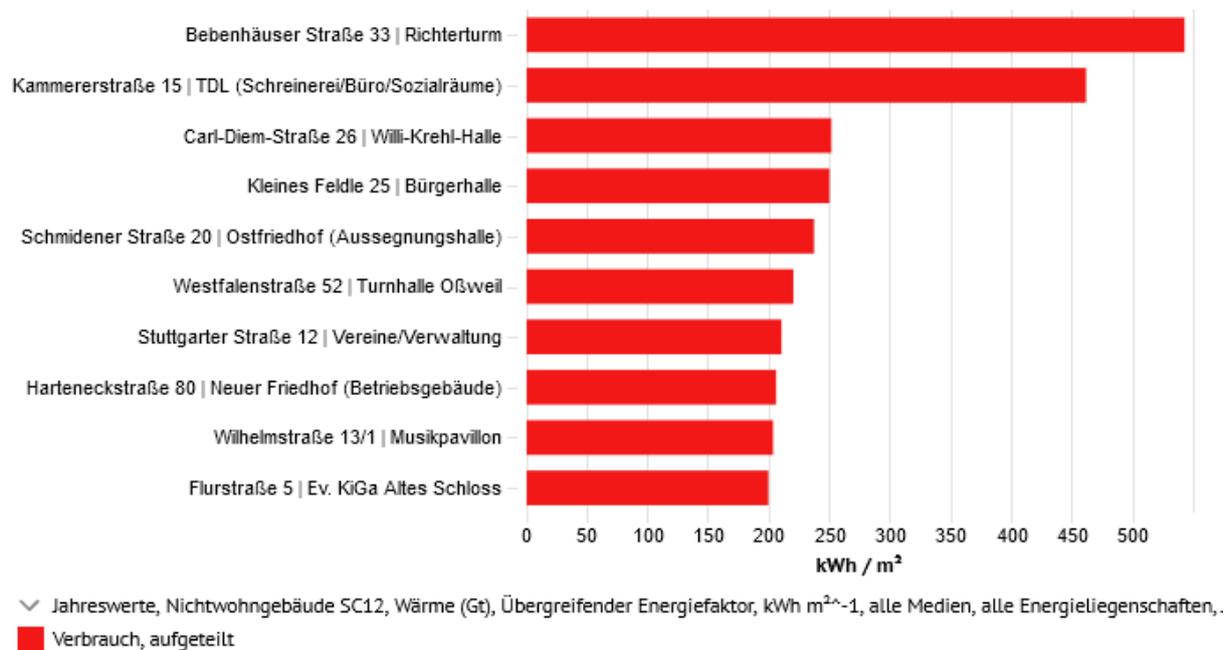
Wärmeverbräuche, die nicht witterungsbereinigt sind, weisen eine große Abhängigkeit von der Witterung auf. Das heißt, in diesen Daten wird nicht berücksichtigt, ob die Winter im Betrachtungszeitraum warm oder relativ kalt sind. Dies hat zur Folge, dass Einspareffekte nicht so gut sichtbar gemacht werden können und dass ein Vergleich der Wärmeverbräuche der unterschiedlichen Jahre untereinander zum Zweck des Energiecontrollings wenig aussagekräftig ist. Mithilfe von Gradtagszahlen lässt sich eine Aussage darüber treffen, ob im Betrachtungsjahr vergleichsweise kalt (wie z. B. in 2021) oder warm (wie in 2022) war (siehe Klimadaten in Abs. 3.1). Somit lässt sich erklären, warum im Jahr 2022 im Vergleich zum Vorjahr wenig Wärme verbraucht worden ist.

Die Nichtwohngebäude (ohne Lehrschwimmbäder) mit dem **größten, absoluten Wärmeverbrauch** 2022 sind (witterungsbereinigt):



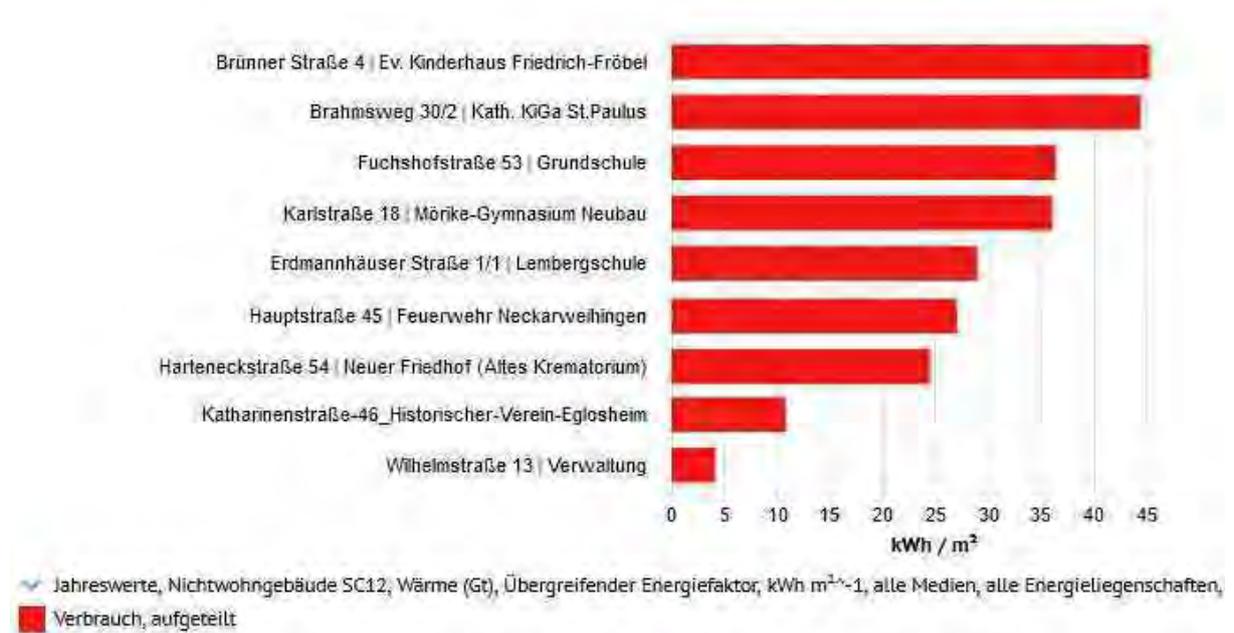
Größter Wärmeverbraucher im Jahr 2022 ist die Justus-Kerner-Schule mit rund 860.000 kWh Fernwärme gefolgt von der Eichendorffschule mit Turnhalle (rund 800.000 kWh). Gemäß Beschluss Vorl. Nr. 128/23 soll die Eichendorffschule mit Turnhalle energetisch saniert werden, sodass in den kommenden Jahren eine Reduktion der Wärmeverbräuche einhergehend mit Energiekosteneinsparungen zu erwarten ist.

Die Nichtwohngebäude (ohne Lehrschwimmbäder) mit dem **größten, flächenspezifischen Wärmeverbrauch 2022** sind (witterungsbereinigt):



Zur Erreichung des Ziels einer klimaneutralen Verwaltung sollen städtische Gebäude nach einer energetischen Sanierung gemäß Land BW 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 2022 um ein Vielfaches. Der Richterturm in der Bebenhäuser Straße führt die Rangliste wie auch im Jahr 2021 an. Das Bauwerk ist nicht für die aktuelle Dauernutzung durch Vereinsbüros vorgesehen.

Die Nichtwohngebäude (ohne Lehrschwimmbäder) mit dem geringsten, flächenspezifischen Wärmeverbrauch 2022 sind (witterungsbereinigt):

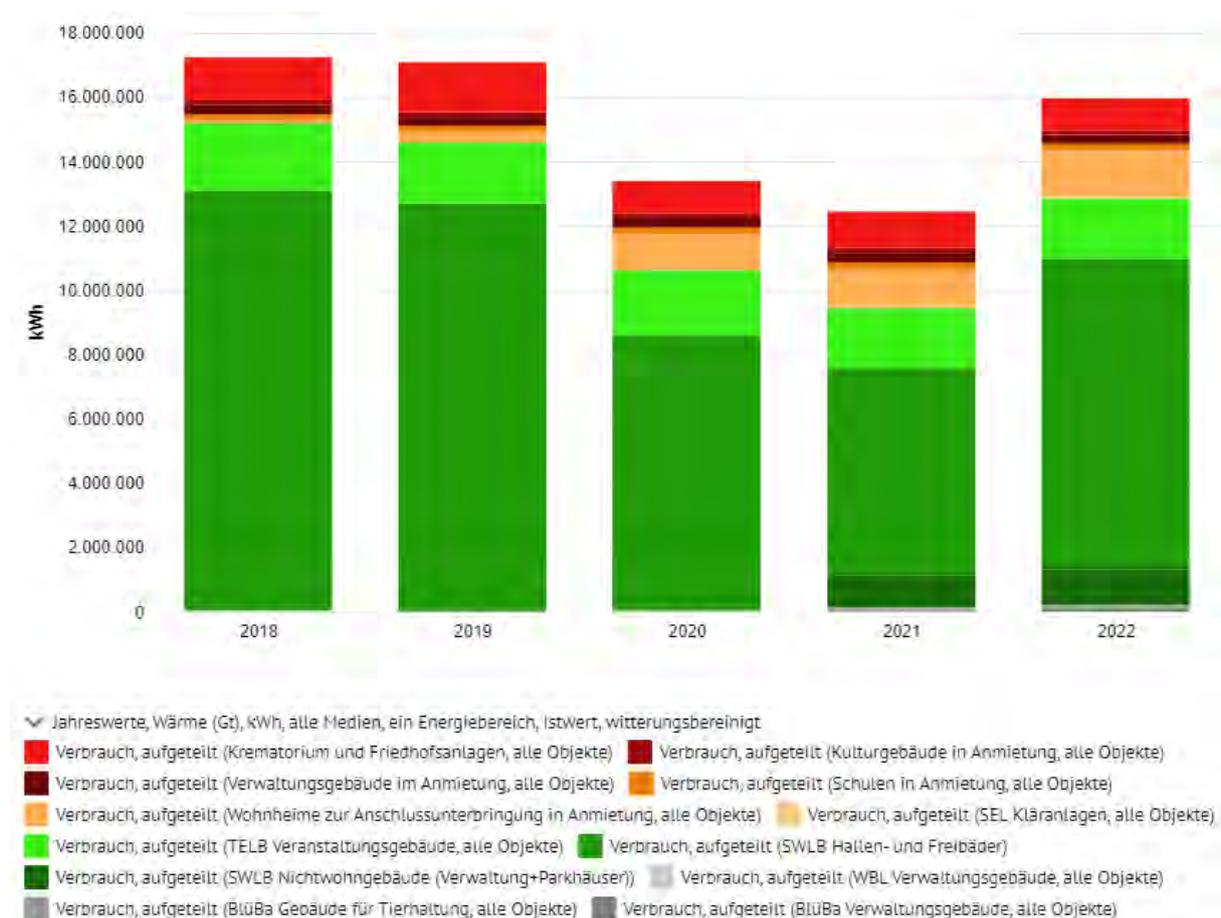


In dieser Rangliste befindet sich in diesem Jahr auch die Kindertageseinrichtung im Brahmsweg sowie die Grundschule in der Fuchshofstraße, welche in den vergangenen Jahren in energiesparender Holzbauweise errichtet worden ist.

3.5.2 Weitere städtische Wärmeverbraucher

Unter „Weitere städtische Wärmeverbraucher“ fallen neben angemieteten Gebäuden auch städtische Organisationseinheiten und Beteiligungsunternehmen ohne direkten Bezug zum FACHBEREICH UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT. Über diese muss gemäß der Definition des KlimaG BW im Rahmen eines systematischen Energiemanagements nachrichtlich berichtet werden. Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung des absoluten, witterungsbereinigten Wärmeverbrauchs 2018-2022 der Verbrauchskategorien, über die seit 2021 per Kom.EMS an das Land Baden-Württemberg berichtet werden muss.

Hinweis: Seit 2021 wurden aufgrund der Erfassungspflicht neue Verbrauchskategorien erfasst. Die Datenschärfe nimmt seit 2021 daher zu.



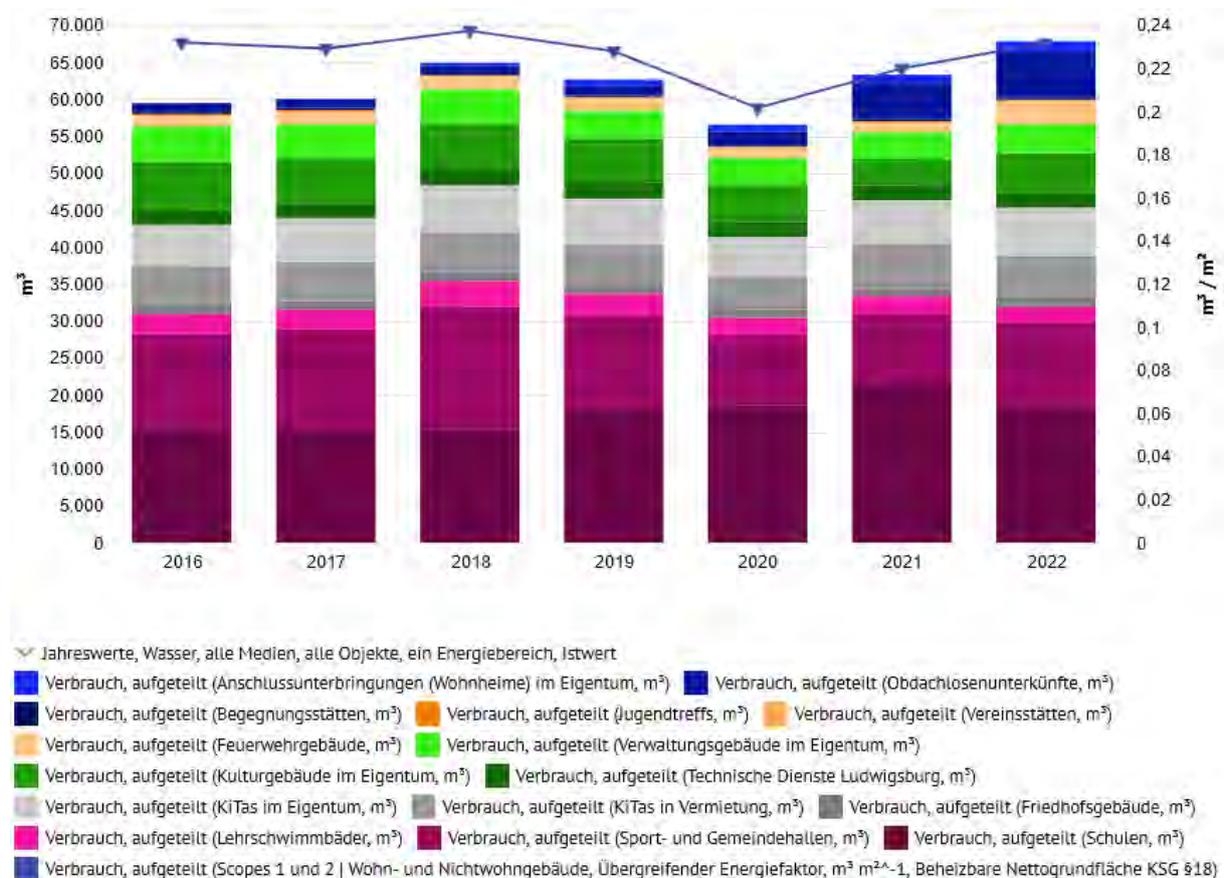
Der absolute, witterungsbereinigte Wärmeverbrauch der in dieser Bilanz erfassten Verbrauchskategorien beträgt im Jahr 2022 rund 16 Mio. kWh. Die größten Verbraucher sind in absteigender Reihenfolge die SWLB-Hallen- und Freibäder (60,5 %), TELB-Veranstaltungsgebäude (11,7 %) und die angemieteten Anschlussunterbringungen mit „Wohnheim-Charakter“ (8,9 %).

3.6 Wasserverbrauch

Im Klima- und Energiebericht wird unterschieden zwischen der „Kernbilanz“ (siehe Abs. 3.1: Städtische Gebäude im Eigentum inkl. Vermietung mit Energiekostenbeteiligung) und „weiteren städtischen Wasserverbrauchern“ unter die neben angemieteten Gebäuden auch städtische Organisationseinheiten und Beteiligungsunternehmen ohne direkten Bezug zum FACHBEREICH UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT fallen.

3.6.1 Kernbilanz

Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der absoluten (Balken) und flächenspezifischen (Linie) Wasserverbräuche von 2016 bis 2022.

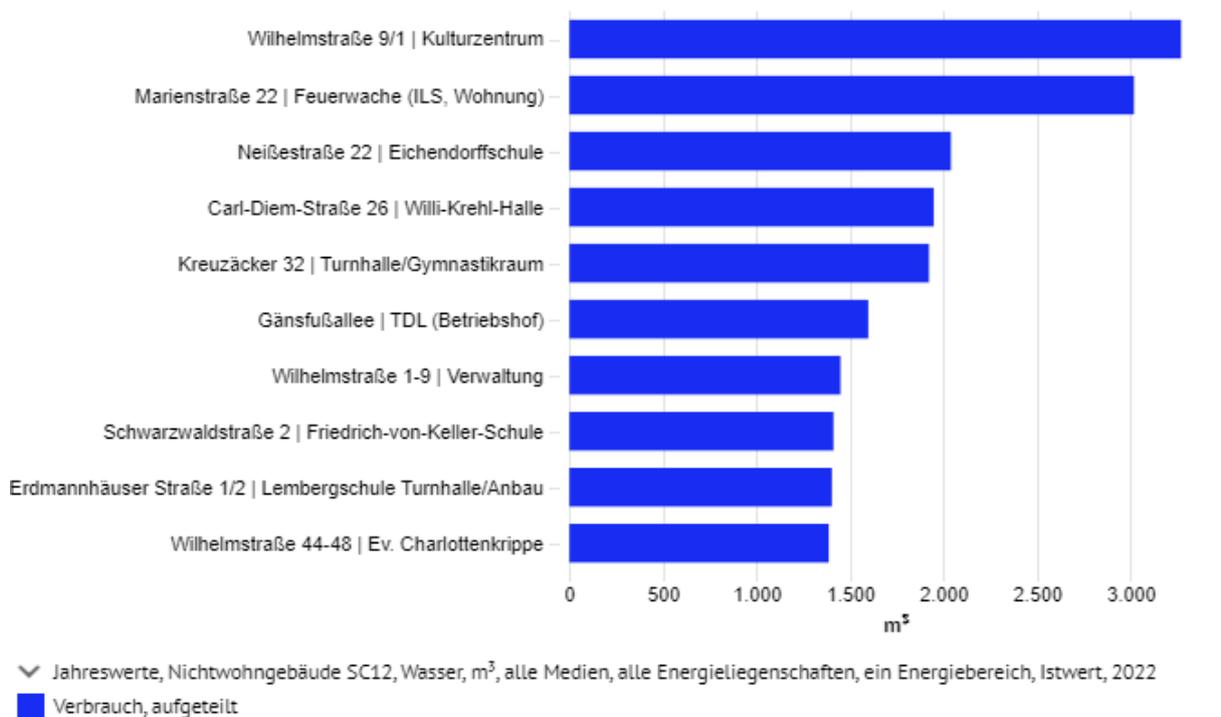


Im Berichtsjahr 2022 belaufen sich die Wasserverbräuche der vom Energiemanagement erfassten Gebäude auf etwa 68.000 m³, also 68 Mio. Liter. Die größten Verbraucher sind Schulen, Anschlussunterbringungen, Kindertageseinrichtungen und Sport- und Gemeindehallen.

Der absolute Wasserverbrauch ist bezogen auf das Jahr 2016 um etwa 14 % angestiegen. Diese Entwicklung ist hauptsächlich auf neu von Energiemanagement erfasste Nutzungseinheiten wie Anschlussunterbringungen, Obdachlosenunterkünfte und Neubauten zurückzuführen.

Im gleichen Zeitraum ist der flächenspezifische Kennwert von 0,23 m³/m², mit Ausnahme der Corona-Jahre, in etwa konstant geblieben. Eine Zunahme der Wassereffizienz in den betrachteten Gebäuden lässt sich nicht beobachten, da der Fokus von Aktivitäten zur Effizienzsteigerung aktuell im Energiebereich liegt. In Planung durch den FACHBEREICH UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT ist aktuell eine Potenzialanalyse zum Einsatz wassersparender Armaturen in Sporthallen.

Die Nichtwohngebäude mit dem **größten, absoluten Wasserverbrauch 2022** sind:



Wie bereits im Klima- und Energiebericht 2021 erwähnt, konnte aufgrund des Verbrauchscontrollings eine Leckage in der Zuleitung von der Gottlieb-Daimler-Realschule und dem Otto-Hahn-Gymnasiums zur Rundsporthalle eingedämmt, sodass in der Folge Mehrverbräuche in Höhe von 5.000 bis 6.000 m³ Wasser pro Jahr vermieden werden konnten. Die Gottlieb-Daimler-Realschule und das Otto-Hahn-Gymnasium sind daher in der Rangliste 2022 nicht mehr unter den Spitzenverbrauchern. Angeführt wird die Rangliste im Berichtsjahr vom Kulturzentrum mit der Kantine und Großküche.

Die Nichtwohngebäude mit dem größten, flächenspezifischen Wasserverbrauch 2022 sind:

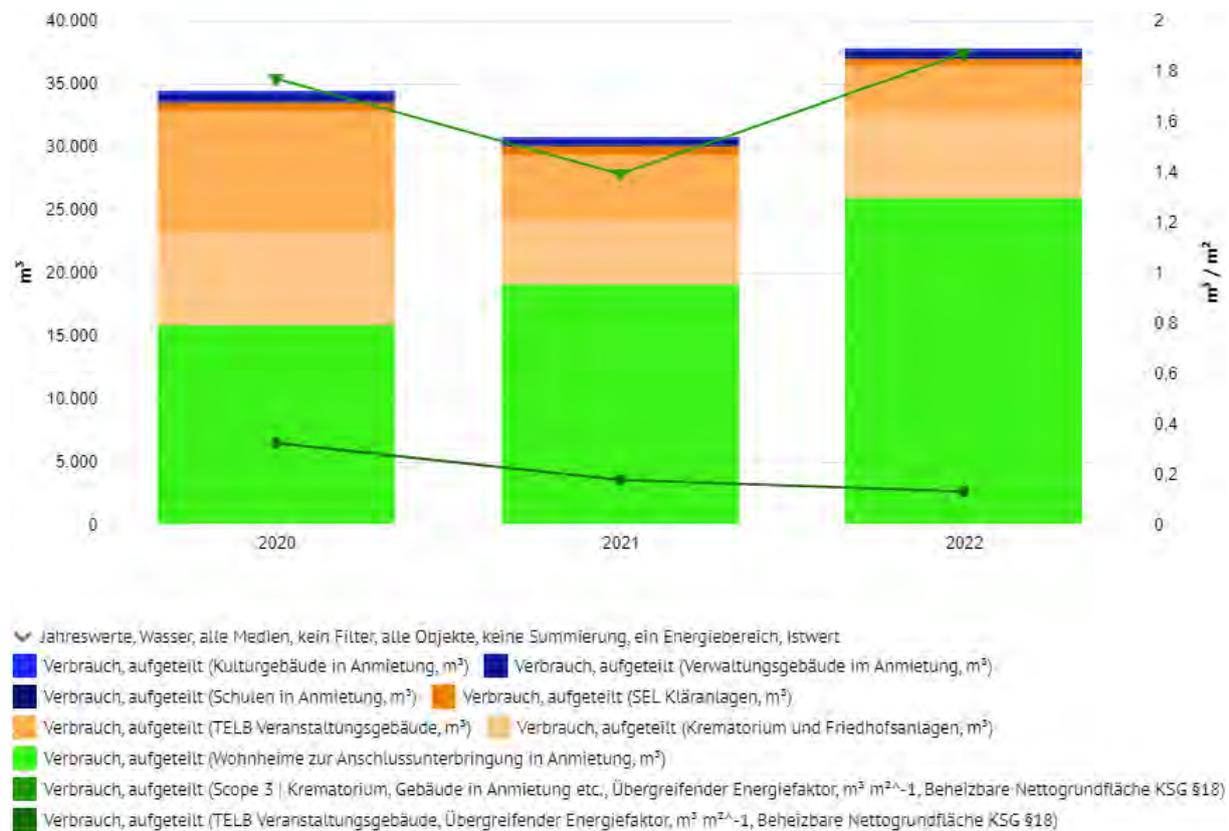


Die Nichtwohngebäude mit dem geringsten, flächenspezifischen Wasserverbrauch 2022 sind:



3.6.2 Weitere städtische Wasserverbraucher

Unter „**Weitere städtische Wasserverbraucher**“ fallen neben angemieteten Gebäuden auch die Eigenbetriebe Stadtentwässerung Ludwigsburg (SEL) und Tourismus und Events Ludwigsburg (TELB) ohne direkten Bezug zum FACHBEREICH UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT. Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der absoluten (Balken) und flächenspezifischen (Linie) Wasserverbräuche 2020-2022.



Der absolute Wasserverbrauch der in dieser Bilanz erfassten Verbrauchskategorien beträgt im Jahr 2022 rund 37.800 m³, also 37,8 Mio. Liter. Die größten Verbraucher sind in absteigender Reihenfolge die angemieteten Anschlussunterbringungen mit „Wohnheim-Charakter“ (68,6 %), das Krematorium und Friedhofsanlagen (17,3 %) und die TELB-Veranstaltungsgebäude (10,4 %). Die grüne Linie beschreibt die flächenspezifischen Wasserverbräuche der TELB-Veranstaltungsgebäude, die blaue Linie die flächenspezifischen Wasserverbräuche der angemieteten Anschlussunterbringungen mit „Wohnheim-Charakter“. Angemietete Einzelwohnungen zur Anschlussunterbringungen werden in dieser Bilanz nicht betrachtet.

3.7 Kosten

Die folgende Tabelle 4 stellt die Entwicklung der vom FACHBEREICH UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT gebuchten Energie- und Wasserkosten in Euro brutto der städtischen Gebäude von 2018 bis 2022 aufgeteilt nach Energieträgern dar. Hierunter fallen auch die Energiekosten von Gebäuden, die sich nicht im Eigentum der Stadt Ludwigsburg finden und angemietet wurden (z. B. Anschlussunterbringungen in Anmietung):

Tabelle 4: Entwicklung der gebuchten Energie- und Wasserkosten

	2018	2019	2020	2021	2022
Strom	1.378.884	1.692.623	2.062.017	1.746.371	2.112.000
Gas	665.897	763.796	757.892	701.653	795.000
Fernwärme	1.077.626	1.111.127	1.226.837	1.070.655	1.057.000
Heizöl	14.544	30.022	11.397	23.659	44.846
Wasser	230.414	336.181	353.454	284.992	372.342

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

- steigende Energiepreise in Folge des russischen Angriffskriegs auf die Ukraine
- Zunahme absoluter Wärme- und Stromverbräuche durch Flächenzuwachs (insbesondere an Anmietungen), Zunahme der Intensität der Gebäudenutzungen (z. B. längere Nutzungszeiten) und zusätzliche technische Ausrüstung
- Umstellung der Energieträger

Für 2023 ist eine weitere Energiekostensteigerung zu erwarten, die im Wesentlichen auf steigende Energiemarktpreise in Folge des russischen Angriffskriegs auf die Ukraine zurückzuführen ist. Nach aktuellen Prognosen ist für 2024 ff. gegenüber 2023 mit einem Rückgang der Beschaffungskosten für Strom und Gas zu rechnen.

4 Best-Practice-Beispiele

Im Folgenden sind ausgewählte investive, konsumtive und organisatorische Maßnahmen beschrieben, die im Zeitraum 2022/23 durchgeführt worden sind, um den steigenden Energieverbräuchen und -kosten entgegenzuwirken und um die Treibhausgasemissionen des Gebäudebetriebs zu reduzieren.

4.1 Maßnahmen zur Reduktion der Verbräuche und der Treibhausgasemissionen

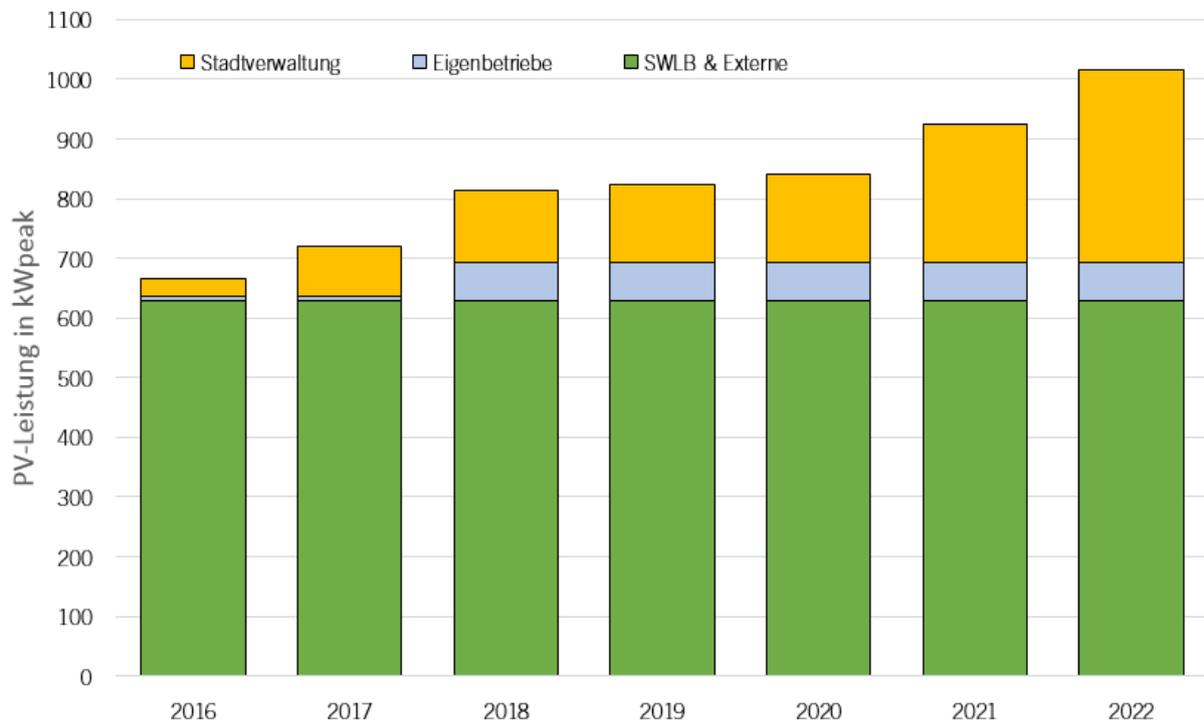
Zur Durchführung von investiven Maßnahmen zur Reduktion der Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen stehen dem FACHBEREICH HOCHBAU UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT ab 2023 jährlich 1 Mio. € im Haushalt zur Verfügung. In den Vorjahren belief sich dieser Betrag noch auf 200.000 bis 300.000 €. Die wesentlichen Maßnahmen, die seit dem letzten Klima- und Energiebericht durchgeführt worden sind, werden im Folgenden genauer beschrieben.

4.1.1 Ausbau der Photovoltaik auf städtischen Dachflächen

Die installierte **Photovoltaik-Leistung** ist seit 2016 um 52 % auf rund **1.015 kW_p** im Jahr 2022 **gestiegen**. Die Gesamtleistung setzt sich wie folgt zusammen:

- Rund 323 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 der SWLB und Externen (Privat, Solarinitiative etc.).

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

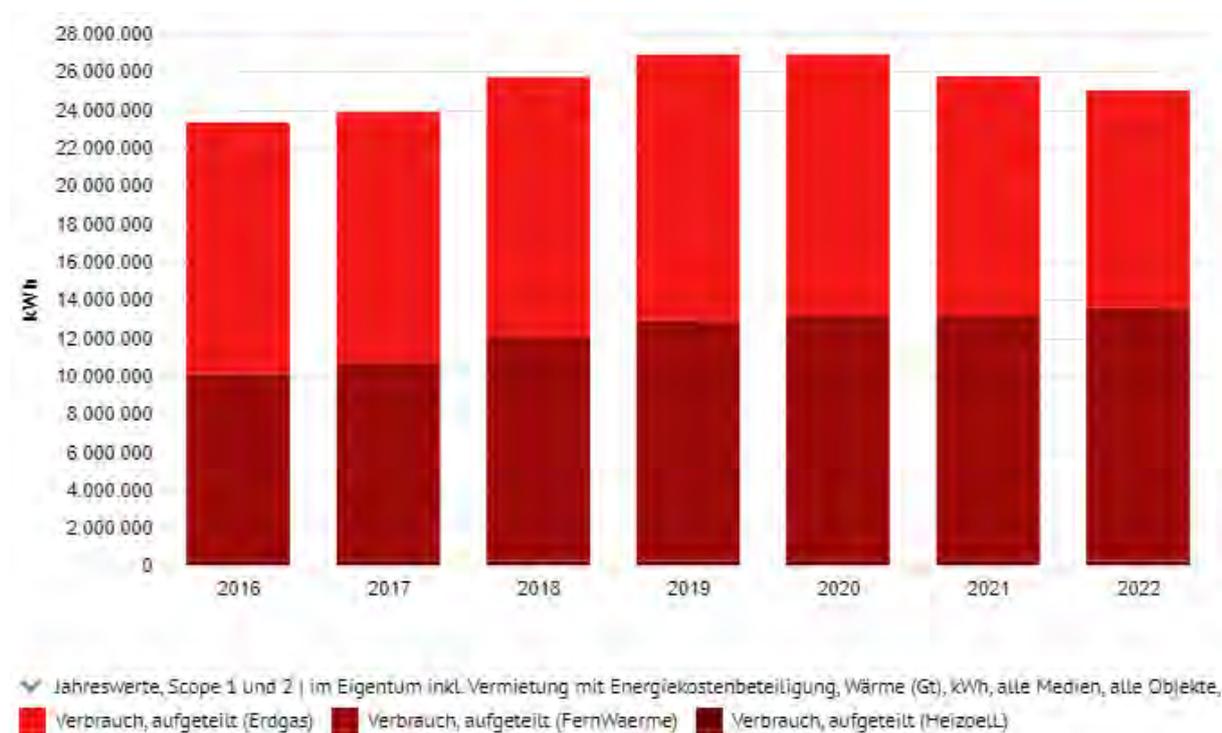


Im Rahmen einer vom Energiemanagement des FACHBEREICH HOCHBAU UND GEBÄUDEWIRTSCHAFT erstellten Analyse wurde das Potenzial zum Ausbau der Photovoltaik auf 324 untersuchten städtischen Dachflächen ermittelt. Am 23.09.2021 und 10.03.2022 wurden die Ergebnisse der Analyse zum Photovoltaik-Potential in Ludwigsburg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

Insgesamt können Dachflächen von rund 30.000 m² für Photovoltaikanlagen, vorbehaltlich der statischen Eignung, genutzt werden. Dies entspricht einer möglichen Gesamtleistung von etwa 5.150 kW_P. Zur Zielerreichung hinsichtlich Nutzung von Photovoltaik-Potenzialen gemäß der Definition „Klimaneutrale Verwaltung“ müssen neben den städtischen Dachflächen noch weitere Flächen wie z. B. Freiflächen und Fassaden zur Photovoltaiknutzung aktiviert werden.

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 städtischer Gebäude an die Fernwärme der Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim. Die folgende Grafik zeigt die Entwicklung der witterungsbereinigten Wärmeverbräuche 2016-2022 der Kernbilanz aufgeteilt nach Energieträgern.



Im Vergleich zum Jahr 2016 konnte der Anteil der mit Fernwärme versorgten städtischen Gebäude bis zum Berichtsjahr 2022 **von 42,4 % auf 53,1 %** erhöht werden. Im gleichen Zeitraum ging der fossile Anteil an der Wärmeversorgung städtischer Gebäude von 57,7 % auf 46,9 % zurück.

Bis Ende 2023 werden die Kindertageseinrichtung in der Oberen Marktstraße, die Rundsporthalle und die Hirschbergschulen an die Fernwärme angebunden. 2024 kommen die Mehrzweckhalle Eglosheim und die Kindertageseinrichtung in der Heinrich-Schweitzer-Straße hinzu. Darüber hinaus sind alternative, regenerative Wärmeversorgungs-lösungen für die Grundschule Hoheneck und die Kugelberghalle geplant.

4.1.3 Sonstige Maßnahmen

Energiesparmodelle 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 der eigenen Klimawirkung 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. Den gegründeten Energieteams steht hierzu der Zugang zur der vom Energiemanagement verwendeten Software „Interwatt“ zur Verfügung. Das Projekt wird gefördert durch die Kommunalrichtlinie des Bundes.

Online-Schulung zum Energiesparen für Verwaltungsmitarbeitende (2022)

Ausgelöst durch Corona kam im Laufe des Jahres 2022 die Idee auf, in Kooperation mit der Ludwigsburger Energieagentur (LEA) eine Schulung zum Energiesparen im Online-Format zu entwickeln. Zielgruppe sollten Verwaltungsmitarbeitende sein. Im Herbst 2022 konnte das Vorhaben umgesetzt werden. Die Schulung mit dem Titel „Energiesparen am Arbeitsplatz und Zuhause“ ist für Mitarbeitende der Stadtverwaltung seither im Intranet jederzeit verfügbar. Gemeinsam mit der LEA ist vorgesehen, eine vergleichbare Schulung für die Zielgruppe „Mitarbeitende von Kindertageseinrichtungen“ ins Leben zu rufen.

Bundesförderung energieeffiziente Gebäude (seit 2022)

Über die Bundesförderung für energieeffiziente Gebäude (BEG) werden neben Neubauten und Generalsanierungen auch Einzelmaßnahmen zur energetischen Optimierung von Gebäuden gefördert. Für 2023 ist die Anbindung des Schulzentrums Eglosheim sowie der Kindertageseinrichtung in der Oberen Marktstraße vorgesehen. Beide Bauvorhaben werden in Summe mit ca. 30.000 € bezuschusst.

Einbau LED-Beleuchtung MHP-Arena (2022)

Die Bestandsbeleuchtung im Innenraum der MHP-Arena wurde im Sommer 2022 durch eine hocheffiziente LED-Beleuchtung ersetzt. Vor der Maßnahme wurde der Innenraum durch etwa 400 Halogen- und Entladungslampen mit einer Gesamtleistung von über 220 kW beleuchtet. Je nach Betriebszustand waren die Scheinwerfer bis zu 12 Stunden pro Tag aktiviert, in der Hauptsaison drei bis vier Mal in der Woche. Die Beleuchtung erfolgte immer mit voller Helligkeit und damit voller Leistung, da eine Dimmfunktion nicht existierte. Durch die Umstellung auf LED-Technik kommt es zu einer Reduktion des Stromverbrauchs für die Beleuchtung um etwa 300.000 kWh pro Jahr (ca. 73 %). Etwa 60.000 € Stromkosten pro Jahr können somit eingespart werden. Hinsichtlich der Treibhausgasemissionen ergibt sich über die Lebensdauer des Leuchtensystems eine Minderung um kalkulierte 2.626 t CO₂-Äquivalente. Das Projekt wurde im Rahmen der nationalen Klimaschutzinitiative (Kommunalrichtlinie des Bundes) mit einer Zuwendung in Höhe von 35 % gefördert.

Mitglied in der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e. V. (DGNB) (seit 2023)

Seit Anfang 2023 ist die Stadt Ludwigsburg Mitglied bei der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e. V. (DGNB). Die DGNB ist ein unabhängiger Non-Profit-Verein, der im Jahr 2007 gegründet wurde und als Europas größtes Netzwerk für nachhaltiges Bauen gilt. Um die reale Nachhaltigkeit in Bauprojekten zu erhöhen, gibt es neben der Wissensvermittlung rund um das nachhaltige Bauen das DGNB-Zertifizierungssystem, welches als Planungs- und Optimierungstool zur Bewertung nachhaltiger Gebäude, Innenräume und Quartiere angewandt werden kann. Eine DGNB-Zertifizierung bietet bei Neubau-Vorhaben die Voraussetzung zum Erhalt eines „Qualitätssiegels Nachhaltiges Gebäude“ (QNG) des Bundes. Neubauten, die über ein QNG-Siegel verfügen, bekommen eine erhöhte Förderquote im Rahmen der Bundesförderung für energieeffiziente Gebäude.

Reduktion der Fernwärme-Hausanschlussleistung (seit 2023)

Aufgrund von Preissteigerungen mussten die Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim (SWLB) zum 01.01.2023 die Preise für die Ludwigsburger Fernwärme anpassen. Die Preisanpassungen hatten u. a. zur Folge, dass sich der Jahresgrundpreis für das Ludwigsburger Verbundnetz pro kW Anschlusswert deutlich erhöht (nicht die Verbrauchskosten pro kWh). Um der Steigerung von Fernwärme-Jahresgrundpreisen für den städtischen Gebäudebetrieb entgegenzuwirken, hat das Energiemanagement begonnen, die Anschlusswerte der städtischen Großverbraucher zu überprüfen. Oftmals können diese reduziert werden, sofern energetische Sanierungsmaßnahmen (z. B. Fenstertausch) oder weitere Maßnahmen zur Reduktion des Wärmebedarfs (z. B. Stilllegung, Umnutzung) in der Vergangenheit durchgeführt worden sind. Durch die bereits durchgeführte Leistungsreduzierung von zwei Objekten konnten somit bereits Kosten i. H. v. rund 50.000 €/Jahr eingespart werden. Weitere Anschlusswerte sollen im Laufe der Jahre 2023/2024 überprüft werden. Neben dem Kostenvorteil bietet diese Maßnahme der SWLB die Möglichkeit, Fernwärme-Kapazitäten zur Anbindung weiterer Abnehmende freizugeben.

4.2 Ausgewählte Hochbauprojekte

Sanierung und Erweiterung Friedrich-von-Keller-Schule

Im Zeitraum August 2018 bis April 2022 wurde die Friedrich-von-Keller-Schule aus den 1960er-Jahren saniert. Im Rahmen des Umbaus zu einer 3,5-zügigen Grundschule mit Ganztagesbetrieb und Mensa erfolgte außerdem der Neubau eines zweigeschossigen Erweiterungsbaus.

Durch die Erneuerung der Fensterflächen und der Dachdämmung wurde die Gebäudehülle des Bestandsgebäudes energetisch ertüchtigt und die technischen Anlagen erneuert. Bei der Auslegung der thermischen Hülle des Erweiterungsbaus wurden die Anforderungen an die mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten gemäß Nachhaltiges Bauen Baden-Württemberg Version 2017 erfüllt. In Kombination mit einem Anschluss an das Fernwärmenetz beträgt der Jahresprimärenergiebedarf für den Erweiterungsbau $39,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ (Referenzgebäude gemäß EnEV2007: $137,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$). Außerdem wurde auf der Dachfläche eine Photovoltaik-Anlage mit $15,2 \text{ kW}_p$ zur Eigenstromversorgung realisiert.

Eine Besonderheit stellt das hybride Lüftungskonzept dar. Durch das Bestreben, Gebäudefugen in immer stärkerem Maße gegen Zugscheinungen und Lüftungswärmeverluste abzudichten, ist nach der Sanierung als auch bei Neubauten ein natürlicher Luftaustausch nahezu ausgeschlossen. In Gebäuden mit einer hohen Konzentration an Personen, wie z. B. in Schulen, ist eine ausreichende Erneuerung der Raumluft durch Außenluft aus hygienischen und bauphysikalischen Gründen zwingend erforderlich. In Schulen hat die Raumluftqualität in Klassenzimmern erheblichen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit und Konzentration der Schüler und Lehrer. Ein Lüftungskonzept mit einer reinen Fensterlüftung im Winter ist nicht ausreichend, denn viele Untersuchungen und Erfahrungen zeigen, dass die Fenster an kalten Tagen während des Unterrichts geschlossen bleiben.

Aufgrund baulicher Gegebenheiten mit den gestaffelten Geschossen und den hohen Deckenträgern wäre eine Integration einer zentralen Lüftungsanlage im Bestandsgebäude nur schwer ausführbar gewesen. Damit einhergehend hätte solch ein Eingriff in die Bausubstanz eine enorme Kostensteigerung zur Folge gehabt. Unter Berücksichtigung der komplexen baulichen Gegebenheiten und Abwägung der Wirtschaftlichkeits- und Nachhaltigkeitsaspekte, wurde daher ein hybrides Lüftungskonzept mittels mechanisch unterstützter natürlicher Be- und Entlüftung mit Abluftventilatoren umgesetzt. Die Abluftventilatoren dienen der Entlüftung der Klassen- und Lehrerzimmer durch konstante Absaugung der

Innenluft. Gesteuert werden die Abluftventilatoren über ein vorgegebenes Zeitprogramm entsprechend den Unterrichtszeiten. Sobald eine Mindest-Druckdifferenz vorhanden ist, strömt frische Außenluft über Fensterelemente in die Klassenzimmer nach. So kann ein Lufteintritt bei abgeschalteten Abluftventilatoren verhindert werden.

Durch dieses hybride Lüftungskonzept wird eine Fensterlüftung nicht unabdingbar. Lediglich die Anzahl der Stoßlüftungsintervalle kann minimiert werden. Um die Nutzenden beim Lüftungsverhalten zu sensibilisieren, wird mithilfe einer CO₂-Ampel auf die vorhandene Luftqualität hingewiesen. Da der Neubau als Anbau ausgeführt und somit nicht als eigenständige Gebäudeeinheit betrachtet werden kann, wurde das hybride Lüftungskonzept sowohl im sanierten Bestandsgebäude als auch im Erweiterungsbau umgesetzt. An Hitzetagen kann durch das hybride Lüftungskonzept außerdem eine Nachtauskühlung des Gebäudes umgesetzt werden.



Neubau Grundschule Fuchshofstraße

Anfang 2023 hat die Stadt Ludwigsburg in der Ludwigsburger Oststadt die neue 5,5-zügige Fuchshof Grundschule fertiggestellt. Der Neubau wurde als dauerhafte Konstruktion in klimafreundlicher Holzelementbauweise erstellt und erfüllt die Anforderungen an ein Effizienzhaus 55.



Foto: Zooney Braun, 2022

Mithilfe einer erweiterbaren Photovoltaik-Anlage (ca. 52 kW_p) kann ein Teil des Strombedarfs der Grundschule gedeckt werden. Über die Anbindung an das Fernwärme-Verbundnetz wird der Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung und die Gebäudebeheizung überwiegend regenerativ bereitgestellt. Ein hoher Wärmerückgewinnungsgrad der Lüftungsanlage reduziert den Wärmebedarf weiter.

Für die Zielerreichung, ein möglichst schadstoffreies und nachhaltiges Gebäude zu errichten, hat sich das Planungsteam an den Kriterien des Cradle to Cradle Konzepts und des Nachhaltigen Bauens Baden-Württemberg (NBBW) orientiert. Mit einer Innenraumluftmessung gemäß DIN EN ISO 16000 konnte gezeigt werden, dass die strengen Vorgaben hinsichtlich VOC- (Messwert < 500 µg/m³) und Formaldehyd-Emissionen (Messwert < 5 µg/m³) eingehalten werden können, sofern eine entsprechende Materialauswahl und eine Lüftungsanlage in der Ausführung berücksichtigt werden.



Foto: Zoey Braun, 2022

Durch den umfassenden Einsatz des Baustoffes Holz konnte bei diesem Bauvorhaben der CO₂-Fußabdruck gegenüber Neubauprojekten in Stahlbetonbauweise deutlich reduziert werden. Die CO₂-Emissionsreduktion durch die klimafreundliche Bauweise bezogen auf einen Gebäudelebenszyklus von 50 Jahren beträgt 6.833 t CO₂-Äquivalent, davon 2.230 t CO₂-Äquivalent durch den Einsatz klimafreundlicher Baustoffe wie Holz (Quelle: gemäß Berechnungsformular des Holzbau-Innovativ-Programm). Mit dem NBBW-Planungstool konnte nachgewiesen, dass diese Werte plausibel sind: Demnach ergeben sich hinsichtlich der Konstruktion durch die klimafreundliche Bauweise bezogen auf einen Gebäudelebenszyklus von 50 Jahren CO₂-Einsparungen i. H. v. 2.525 t CO₂-Äquivalent (entspricht 2,88 kg CO₂-Äquivalent/(m²a)). Dies entspricht eingesparten Umweltfolgekosten i. H. v. rund 0,6 Mio. €.

Das Vorhaben wurde mit Mitteln der Schulbauförderung, des Holzbau Innovativ Programms und des Bundes (KfW Effizienzhaus 55) gefördert.

Impressum

STADT LUDWIGSBURG

Dezernat IV – Planen, Bauen, Liegenschaften

Fachbereich Hochbau und Gebäudewirtschaft

Abteilung Hochbau, Team Energiemanagement

Mathildenstraße 21

71638 Ludwigsburg

Titelseite: Grundschule Oßweil, Fotografie: Dietmar Strauß, Besigheim.

Projektbearbeitung: Stefan Holtkämper

Fassung: September 2023