

Energiebericht

für städtische Gebäude und Einrichtungen

2021



Impressum

Energiebericht für städtische Gebäude und Einrichtungen 2021

Herausgeber

Stadt Erlangen, Amt für Gebäudemanagement

Schuhstraße 40

91052 Erlangen

Tel. 09131 86-2831

E-Mail: thomas.drechsler@stadt.erlangen.de

Titelbild

Auf den städtischen Gebäuden werden sukzessive PV-Anlagen installiert. Das Bild zeigt die Arbeiten an der sich im Bau befindlichen Gerd-Lohwasser-Halle.

Fotonachweis

Wenn nicht anders vermerkt, Stadt Erlangen.

Juli 2022

Vorwort

Der Klimawandel und der Krieg in der Ukraine zwingen uns mehr denn je, mehr Erneuerbare Energien zu nutzen, die Energieeffizienz zu steigern und Gebäude energetisch zu optimieren. Die lokale Ebene ist dabei besonders gefordert. Die Stadt Erlangen stellt sich dieser Aufgabe nach Kräften – nicht zuletzt auch mit dem begonnenen, sehr ambitionierten Fahrplan Klima-Aufbruch.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen in den städtischen Gebäuden seit 1999. Durch bauliche Maßnahmen lassen sich große Einsparungen erreichen, dazu kommt aber noch der „menschliche Faktor“: Wir alle! Durch unser Nutzerverhalten tragen wir entscheidend zum Erreichen des großen Ziels bei.

Seit mehr als 20 Jahren werden bei Sanierungen städtischer Gebäude die gesetzlichen Vorgaben zum Energieverbrauch deutlich unterschritten. Diese Bemühungen werden im Rahmen des Klimaaufbruchs weiter verstärkt. Stand in der Vergangenheit der Austausch von Ölheizungen im Fokus, so ist inzwischen auch Gas als fossile Energiequelle nicht mehr zeitgemäß.

Durch Energieeinsparung und Umstellung auf CO₂-ärmere Energieträger konnte die CO₂-Bilanz in den zurückliegenden Jahren deutlich verbessert werden. Das stadtweite Ziel der Klimaneutralität kann jedoch nur erreicht werden, wenn es gelingt, die Energieversorgung komplett auf CO₂-neutrale Energiequellen umzustellen. Das bedingt den Austausch von Heizkesseln. Ferner ist auch der Einsatz von Wärmepumpen in Verbindung mit Photovoltaik zum Beheizen der Liegenschaften zu untersuchen.

Ein weiterer wichtiger Baustein auf dem Weg zur Klimaneutralität ist der forcierte Ausbau von Photovoltaik. Schrittweise wird das Flächenpotential für PV-Anlagen auf städtischen Gebäuden erschlossen. Bei Neubaumaßnahmen und Generalsanierungen wird der Einsatz von PV-Anlagen grundsätzlich eingeplant.

Wie wenig planbar der Energie- und Wasserverbrauch mitunter sein kann, zeigt sich an den Entwicklungen während der Corona-Pandemie. Um das Risiko einer Ansteckung in den Räumen zu reduzieren, wurde unter anderem verstärkt gelüftet. Die dadurch höheren Wärmeverluste durch die vermehrte Lüftung zeigen sich in den im Vergleich zu den Vorjahren gestiegenen Verbrauchskennwerten.

Am gesamten Energieverbrauch in Erlangen hat die Stadtverwaltung einen Anteil von „nur“ zwei Prozent. Das soll uns aber nicht vom Engagement in Sachen Klimaneutralität abhalten. Im Gegenteil, das Motto zum Klimaaufbruch lautet: „Wer, wenn nicht wir!“



Dr. Florian Janik
Oberbürgermeister



Josef Weber
Referent für Planen und Bauen

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Zusammenfassung	1
2. Einleitung	3
3. Statistik	3
3.1 Wärme	3
3.1.1 Verbrauchsentwicklung	3
3.1.2 Verbrauch 2021	5
3.1.3 Kostenentwicklung	6
3.2 Strom	7
3.2.1 Verbrauchsentwicklung	7
3.2.2 Verbrauch 2021	8
3.2.3 Kostenentwicklung	9
3.3 Wasser	10
3.3.1 Verbrauchsentwicklung	10
3.3.2 Verbrauch 2021	11
3.3.3 Kostenentwicklung	12
3.4 Umwelteinfluss	13
3.5 Gebäudeflächen	17
4. Energieeffizientes Bauen – aktuelles Beispiel	18
4.1 Neubau Stadtteilzentrum mit Stadtteilbibliothek Büchenbach	18
5. Nutzung von Solaranlagen auf städtischen Gebäuden	23
6. Arbeitsschwerpunkte des städtischen Energiemanagements	24
Anhang	25

1. Zusammenfassung

Der Energiebericht der Stadt Erlangen bietet einen Überblick über den Energie- und Wasserverbrauch und die Verbrauchskosten der städtischen Gebäude seit dem Jahr 1999.

Verbrauchsstatistik

Wärme: Das Jahr 2021 war deutlich kälter als das Vorjahr. Dementsprechend erhöhte sich der jährliche Wärmeverbrauch um 17,3 % von 24,55 Mio. kWh auf 28,81 Mio. kWh. Witterungs- und flächenbereinigt ergibt sich ein rechnerischer Mehrverbrauch von 0,7 %.

Strom: Im Vergleich zum Vorjahr stieg der Stromverbrauch durch einen Zuwachs an Gebäudeflächen von 6,58 Mio. kWh auf 6,70 Mio. kWh um 1,8 %. Flächenbereinigt bewegt sich der Stromverbrauch 2021 auf dem Niveau des Vorjahres.

Wasser: Der Wasserverbrauch ist 2021 gegenüber dem Vorjahr absolut um 4,3 % von 77,11 Tsd. m³ auf 69,02 Tsd. m³ gesunken. Auf die Gebäudeflächen bezogen beträgt der Rückgang 5,3 %.

Verbrauchskosten

Im Vergleich zum Vorjahr erhöhten sich 2021 die jährlichen Kosten für Wärme um 11,9 % und für Strom um 5,4 %. Die Wasserkosten reduzierten sich um 1,5 %. Insgesamt stiegen die Ausgaben für Energie und Wasser 2021 gegenüber dem Vorjahr um 8,9 % von 4,399 Mio. Euro auf 4,790 Mio. Euro.

Umwelteinfluss

Mit dem Energieverbrauch in den städtischen Gebäuden sind auch der Verbrauch an nichterneuerbarer Primärenergie und die Emission des klimaverändernden CO₂ verbunden. In Bezug auf das Jahr 1999 konnte beides deutlich reduziert werden. Der Verbrauch an Primärenergie sank in diesem Zeitraum absolut um rund 38 %. Die energiebedingten CO₂-Emissionen reduzierten sich im gleichen Zeitraum um rund 36 %, bei Berücksichtigung der Kompensation durch den Bezug von zertifiziertem Grünstrom, um 58 %.

Energieeffizientes Bauen

Das Gebäudemanagement der Stadt Erlangen hat bereits seit Jahren beim Wärmeschutz für Neubauten und Sanierungen im Bestand Energiestandards gesetzt, die deutlich über die gesetzlichen Anforderungen hinausgingen. Aktuell gilt für Neubauten der Energiestandard Effizienzgebäude 40. Beispielhaft hierfür wird im vorliegenden Bericht das Neubauprojekt „Stadtteilzentrum mit Stadtteilbibliothek Büchenbach“ vorgestellt.

Arbeitsschwerpunkte des Energiemanagements

Zu den Aufgaben des Energiemanagements gehören folgende Aktivitäten:

- Energiecontrolling,
- Information und Schulung der Gebäudenutzer und –betreiber,
- Betreuung von Energieeinsparprojekten,
- Bauphysikalische Planung und Beratung bei Sanierungs- und Neubaumaßnahmen,
- Öffentlichkeitsarbeit.

Energie- und Wasserverbrauch in den städtischen Gebäuden und Einrichtungen

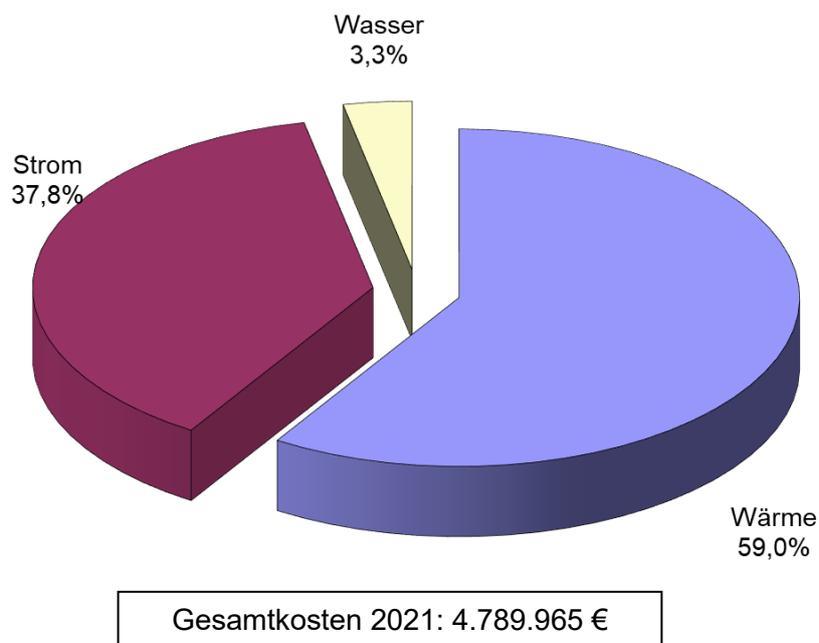
Verbrauch

Jahr		2019	2020	2021	Veränderung 2021 zu Vorjahr in %	
					absolut	bereinigt*
Wärme	[Mio. kWh]	24,84	24,55	28,81	+ 17,3 %	+ 0,7 %
Strom	[Mio. kWh]	7,08	6,58	6,70	+ 1,8 %	- 0,2 %
Wasser	[Tsd. m ³]	75,94	72,11	69,02	- 4,3 %	- 5,3 %

Kosten

Jahr		2019	2020	2021	Veränderung 2021 zu Vorjahr in %
Wärme	[Tsd. €]	2.508	2.525	2.824	+ 11,9 %
Strom	[Tsd. €]	1.812	1.716	1.810	+ 5,4 %
Wasser	[Tsd. €]	165	158	156	- 1,5 %
gesamt	[Tsd. €]	4.484	4.399	4.790	+ 8,9 %

* Strom- und Wasserverbrauch flächenbereinigt, Wärmeverbrauch flächen- und witterungsbereinigt



Aufteilung der Energie- und Wasserkosten der städtischen Gebäude und Einrichtungen für das Jahr 2021. Bei den Wasserkosten sind die Kanalgebühren für Abwasser nicht enthalten.

2. Einleitung

Das Amt für Gebäudemanagement der Stadt Erlangen veröffentlicht seit dem Jahr 2001 in regelmäßigen Abständen einen Energiebericht für städtische Gebäude und Einrichtungen. In dem vorliegenden Bericht für das Verbrauchsjahr 2021 werden die Entwicklung des Energie- und Wasserverbrauchs und die dazugehörigen Kosten seit dem Jahr 1999 bilanziert und fortgeschrieben, sowie die aus dem Energieverbrauch resultierenden CO₂-Emissionen aufgezeigt. Darüber hinaus gibt er einen kurzen Überblick über die Arbeitsschwerpunkte des städtischen Energiemanagements und stellt ein aktuelles Bauprojekt des Gebäudemanagements vor.

Grundlage für den Energiebericht ist eine Auswertung der im Amt für Gebäudemanagement erfassten Energie- und Wasserverbrauchsabrechnungen der städtischen Gebäude und Einrichtungen. Bei angemieteten Objekten werden die Verbrauchsdaten und –kosten aus Nebenkostenabrechnungen nicht erfasst, da diese Daten zum Zeitpunkt der Erstellung des Energieberichts in der Regel nicht zur Verfügung stehen. Nicht enthalten sind die Daten der Erlanger Bäder und der kommunalen Eigenbetriebe und Eigengesellschaften.

3. Statistik

3.1 Wärme

3.1.1 Verbrauchsentwicklung

2021 erhöhte sich der jährliche Wärmeverbrauch gegenüber dem Vorjahr aufgrund einer kühleren Witterung um 17,3 % von 24,55 Mio. kWh auf 28,81 Mio. kWh. Witterungs- und flächenbereinigt ergibt sich ein rechnerischer Mehrverbrauch von 0,7 %.

Die Stadt Erlangen ist bestrebt, den Wärmeverbrauch in den städtischen Gebäuden zu senken. Neben den normalen Bauunterhaltsmaßnahmen investiert die Kommune kontinuierlich in die Sanierung ihrer Liegenschaften. Hervorzuheben ist hier insbesondere das seit dem Jahr 2007 laufende Schulsanierungsprogramm, welches, neben der Beseitigung von baulichen und technischen Mängeln, auch die energetische Sanierung zum Ziel hat. Im Rahmen des Schulsanierungsprogramms konnten so bereits zehn Schulen umfassend saniert werden. Zuletzt wurden die Sanierungsmaßnahmen der Schulgebäude am Albert-Schweitzer-Gymnasium und am Ohmgymnasium abgeschlossen. Durch die Sanierung konnte bei beiden Schulen eine Einsparung beim Wärmeverbrauch von rund 40% realisiert werden.

Die Entwicklung des Wärmeverbrauchs in den städtischen Gebäuden in dem Zeitraum von 1999 bis 2021 ist in Abbildung 1 zu sehen. Der Wärmeverbrauch unterliegt witterungsbedingten Schwankungen. Auch haben sich in dem betrachteten Zeitraum die Gebäudeflächen verändert. Deshalb werden zur Beurteilung des Wärmeverbrauchs in der Abbildung neben dem Gesamtverbrauch auch der witterungsbereinigte und flächenbezogene Wärmeverbrauch (Verbrauchskennwerte) dargestellt. Erläuterungen zur Witterungsbereinigung und der Bildung von Verbrauchskennwerten finden sich im Anhang. Unberücksichtigt im bereinigten Wärmeverbrauch bleibt die zunehmende Erweiterung von Nutzungszeiten, wie beispielsweise durch den Ausbau der Ganztagsbetreuung im Schulbereich, der den Wärmeverbrauch ebenfalls beeinflusst. Auch hat die Art der Witterungsbereinigung einen Einfluss auf die Höhe des Verbrauchskennwerts. In Jahren mit warmen Heizperioden werden in den Übergangszeiten mit relativ hohen Außentemperaturen durch die Witterungsbereinigung die Bereitschaftsverluste der Heizungsanlagen überproportional betont, was zu einem rechnerischen Mehrverbrauch gegenüber deutlich kälteren Heizperioden führen kann.

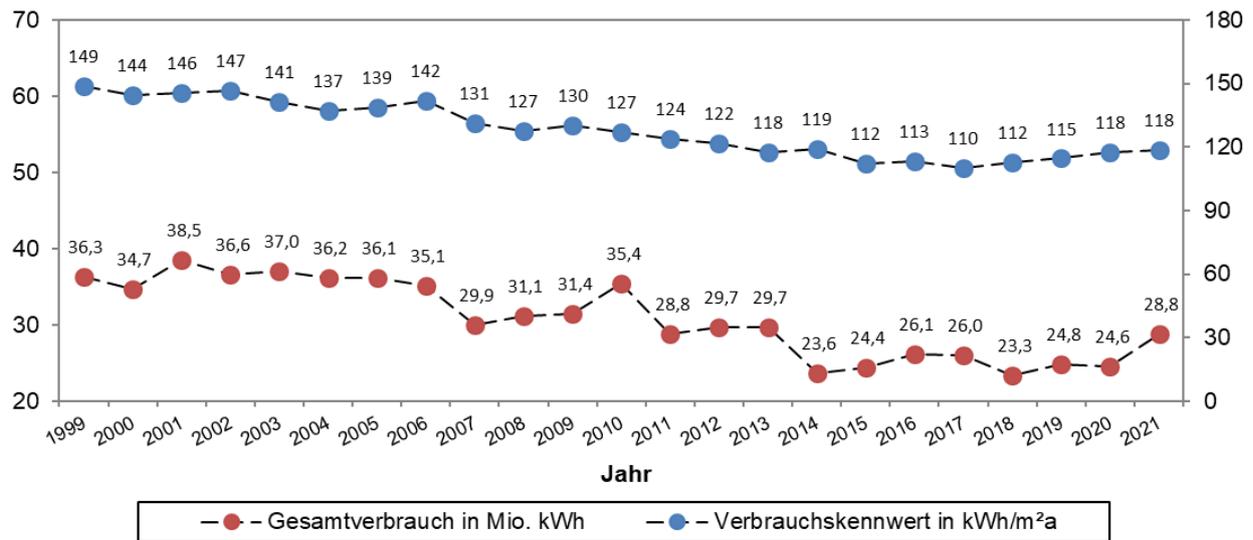


Abb. 1: Entwicklung des Wärmeverbrauchs in den städtischen Gebäuden von 1999 bis 2021.

Ein Maß für die Witterung sind die Jahresgradtagzahlen, angegeben in Kelvintagen (Kd). Je größer die Gradtagzahl eines Jahres ist, desto kälter war die Witterung. Abbildung 2 zeigt den Verlauf der Jahresgradtagzahlen für Erlangen seit 1999.

Mit 3.332 Kd war das Jahr 2021 deutlich kälter als die vorangegangenen Jahre. Dementsprechend stieg der Wärmeverbrauch in den städtischen Gebäuden im Vergleich zum Vorjahr um 17,3 % von 24,6 Mio. kWh auf 28,8 Mio. kWh. Witterungs- und flächenbereinigt blieb der Wärmeverbrauch in den Jahren 2020 und 2021 in etwa konstant bei 118 kWh/m²a. Die beiden Jahre waren geprägt von der Corona-Pandemie. Um das Risiko einer Ansteckung in den Räumen zu reduzieren, wurde u.a. verstärkt gelüftet. Die dadurch höheren Wärmeverluste durch die vermehrte Lüftung zeigen sich in den im Vergleich zu den Vorjahren gestiegenen Verbrauchskennwerten. Gegenüber dem Ausgangsjahr 1999 ist aktuell dennoch ein Rückgang des bereinigten Wärmeverbrauchs um rund 21 % (149 kWh/m²a => 118 kWh/m²a) festzustellen.

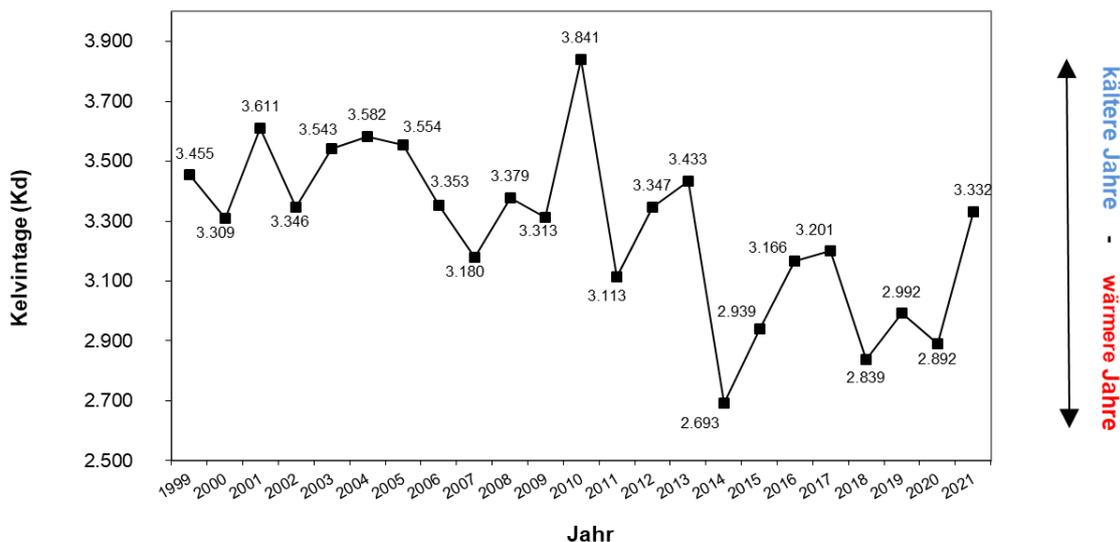


Abb. 2: Jahresgradtagzahlen für Erlangen von 1999 bis 2021 (Quelle: EStW).

3.1.2 Verbrauch 2021

Die vielfältigen Aufgaben einer Kommune spiegeln sich auch in der Art der Nutzung der städtischen Gebäude wider. Neben seinem baulichen und anlagentechnischen Zustand ist der Wärmeverbrauch eines Gebäudes auch stark von seiner Nutzung abhängig (Raumtemperatur, Nutzungszeiten, Luftwechsel). Deshalb werden Gebäude mit ähnlicher Nutzung in Kategorien zusammengefasst. Beispielsweise sind die Kindergärten und Kinderhorte der Nutzungskategorie „Kinder“ zugeordnet.

Im Jahr 2021 wurden in den städtischen Gebäuden und Einrichtungen insgesamt rund 28,81 Millionen Kilowattstunden an Wärme verbraucht. Abbildung 3 zeigt die Aufteilung des Verbrauchs auf die verschiedenen Nutzungskategorien. Rund 69 % der Wärmeenergie wird für die Beheizung der Schulgebäude benötigt, auf die auch rund zwei Drittel der städtischen Gebäudeflächen entfallen. Verbrauchskennwerte für die einzelnen Schulen finden sich im Anhang.

Abbildung 4 zeigt den flächenbezogenen und witterungsbereinigten Wärmeverbrauch nach Nutzungskategorien für die letzten drei Jahre. Die Zahlenwerte beziehen sich auf das Jahr 2021.

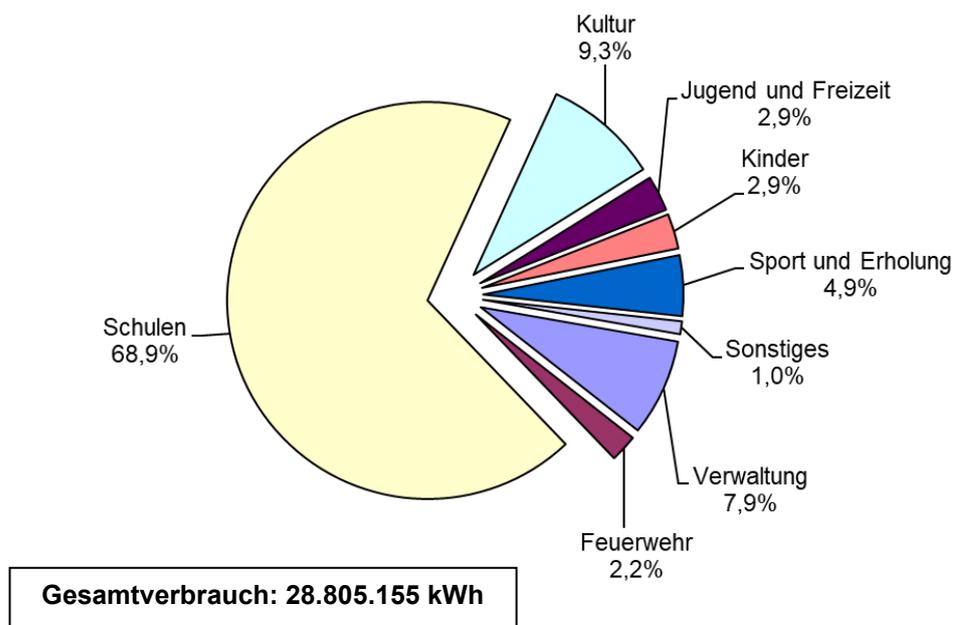


Abb. 3: Prozentuale Aufteilung des Wärmeverbrauchs 2021 in den städtischen Gebäuden nach Nutzungskategorien.

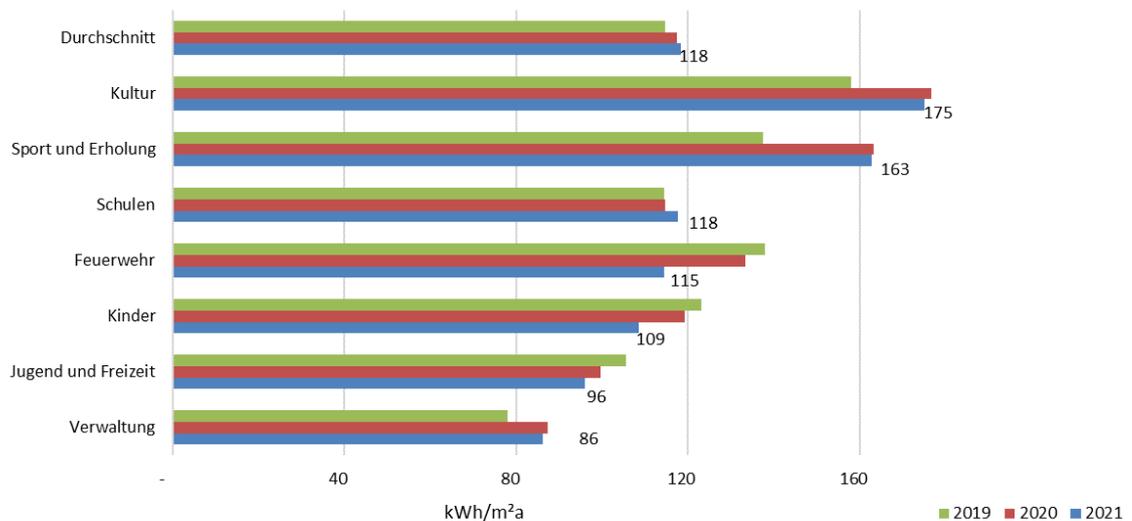


Abb. 4: Flächenbezogener und witterungsbereinigter Wärmeverbrauch nach Nutzungskategorien für die Jahre 2019, 2020 und 2021.

3.1.3 Kostenentwicklung

Abbildung 5 zeigt die Preisentwicklung von verschiedenen Energieträgern ab dem Jahr 1999. Dargestellt sind die durchschnittlichen Preise, die sich aus den jährlich verbrauchten Mengen und den Kosten für den jeweiligen Energieträger ergeben. Nah- und Fernwärme haben einen relativ hohen verbrauchsunabhängigen Grundpreisanteil, da darin die Kosten für die Wärmeerzeugung bereits enthalten sind. Das hat zur Folge, dass bei einem Mehrverbrauch an Wärme der durchschnittliche Energiepreis bei Fern- und Nahwärme tendenziell sinkt, wie in Abbildung 5 für das Jahr 2021 zu beobachten ist. Der Anteil von Nah- und Fernwärme am jährlichen Wärmeverbrauch beträgt aktuell rund 74 %, der Anteil an den Wärmekosten rund 81%.

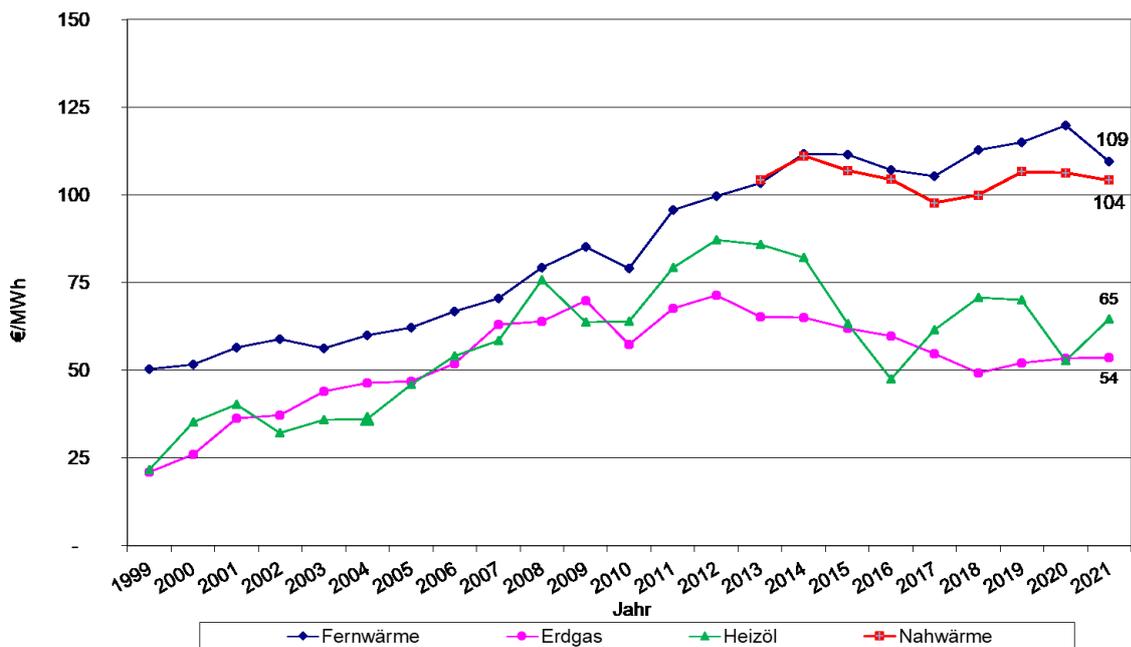


Abb. 5: Preisentwicklung verschiedener Energieträger seit 1999.

Die Entwicklung der Wärmekosten seit dem Jahr 1999 zeigt Abbildung 6. Dargestellt sind die jährlichen Gesamtkosten für Wärme in Euro und der jeweilige Durchschnittspreis für die insgesamt verbrauchte Wärmemenge in Euro pro MWh. Aufgrund des gestiegenen Wärmeverbrauchs stiegen 2021 auch die Ausgaben für Wärme im Vergleich zum Vorjahr um rund 11,9 % von 2,525 Mio. Euro auf 2,824 Mio. Euro.

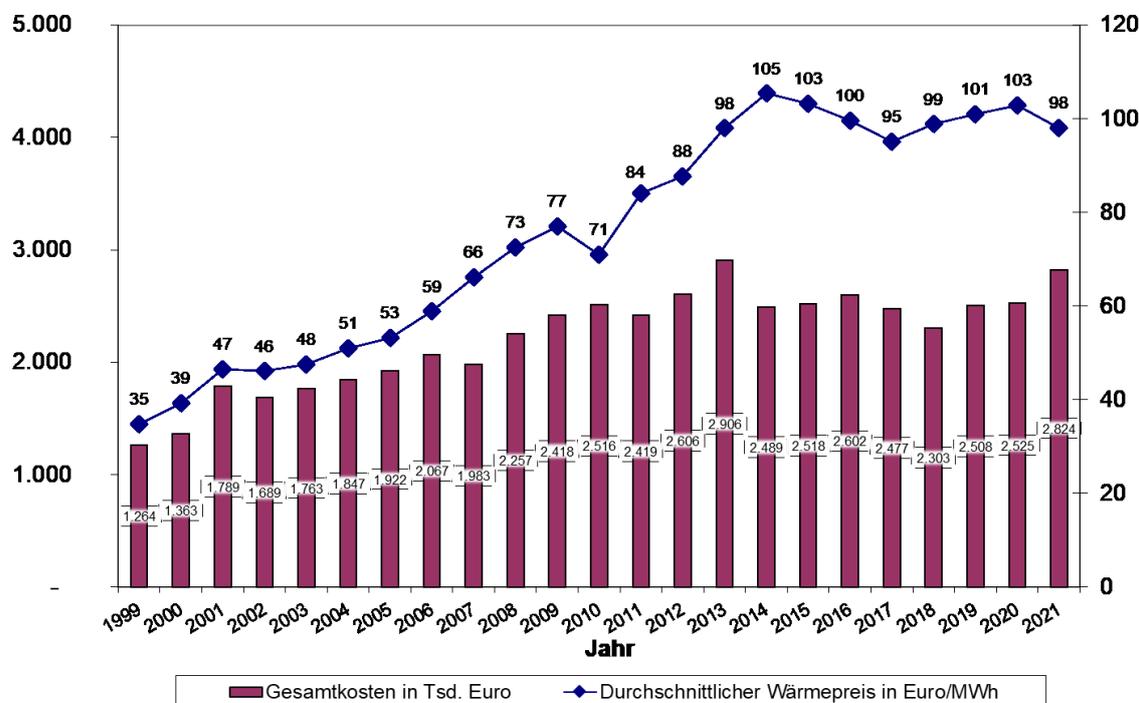


Abb. 6: Entwicklung der Wärmekosten für den Zeitraum 1999 bis 2021.

3.2 Strom

3.2.1 Verbrauchsentwicklung

Im Vergleich zum Vorjahr erhöhte sich 2021 der Stromverbrauch um 1,8 % von 6,58 Mio. kWh auf 6,70 Mio. kWh. Durch einen gleichzeitigen Zuwachs bei den Gebäudeflächen blieb der flächenbezogene Verbrauchskennwert im Wesentlichen konstant bei 21,8 kWh/m²a.

Abbildung 7 zeigt die Entwicklung des Gesamtstromverbrauchs und des flächenspezifischen Stromverbrauchs (Verbrauchskennwert) für die städtischen Gebäude seit 1999. Der zum geringen Anteil noch vorhandene Heizstrom ist in der Bilanz des Stromverbrauchs in der Regel nicht enthalten, sondern wird beim Wärmeverbrauch erfasst.

Während im Betrachtungszeitraum gegenüber dem Ausgangsjahr 1999 der bereinigte Wärmeverbrauch um 21 % zurück ging, erhöhte sich im gleichen Zeitraum der flächenbezogene Stromverbrauch um rund 10 % von 19,9 kWh/m²a auf 21,8 kWh/m²a.

Diese Entwicklung lässt sich durch eine Zunahme der Technikausstattung in den Gebäuden und Verlängerung von Nutzungszeiten erklären, was mit einem vermehrten Strombedarf verbunden ist. So wurde und wird z.B. im Schulbereich die Ganztagsbetreuung ausgebaut und Mensen eingerichtet, die über Koch- und Kühlfunktionen einen hohen Strombedarf aufweisen.

Allgemein sind beim Stromverbrauch seit einigen Jahren keine größeren Schwankungen zu beobachten. Der Rückgang im Stromverbrauch 2020 und 2021 ist hauptsächlich auf Nutzungseinschränkungen bei den öffentlichen Gebäuden durch die Corona-Pandemie zurückzuführen.

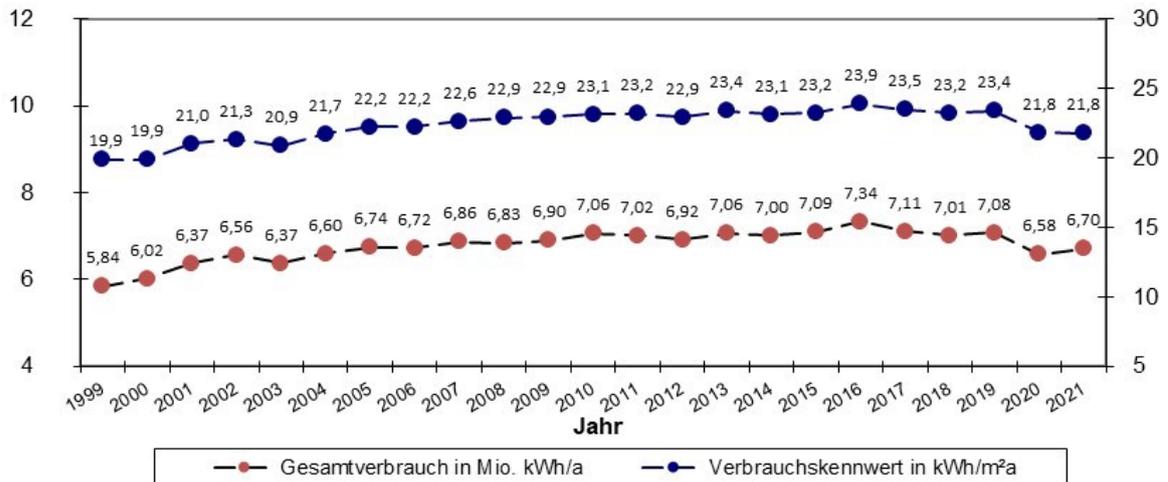


Abb. 7: Entwicklung des Stromverbrauchs in den städtischen Gebäuden von 1999 bis 2021.

3.2.2 Verbrauch 2021

Abbildung 8 zeigt den prozentualen Anteil der verschiedenen Nutzungskategorien am Stromverbrauch, Abbildung 9 den jeweiligen flächenbezogenen Verbrauchskennwert. Analog zum Wärmeverbrauch haben den größten Anteil am Gesamtstromverbrauch mit 49,1 % die Schulen.

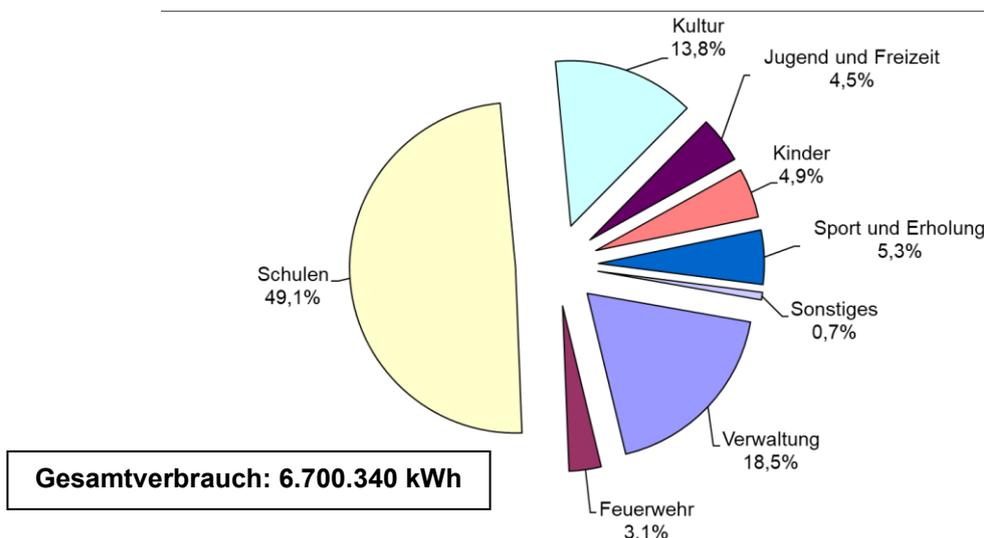


Abb. 8: Prozentuale Aufteilung des Stromverbrauchs 2021 in den städtischen Gebäuden nach Nutzungskategorien.

Der Stromverbrauchskennwert wird stark von der Technikausstattung und der Nutzungsdauer eines Gebäudes beeinflusst. Hohe Verbrauchswerte haben beispielsweise die mit PC-Arbeitsplätzen ausgestatteten Verwaltungsgebäude (Nutzungskategorie „Verwaltung“), die intensiv genutzten Sporthallen (Nutzungskategorie „Sport und Erholung“) und in der Nutzungskategorie „Kultur“ das Markgrafentheater und das Palais Stutterheim, die mit aufwändiger Haustechnik betrieben werden.

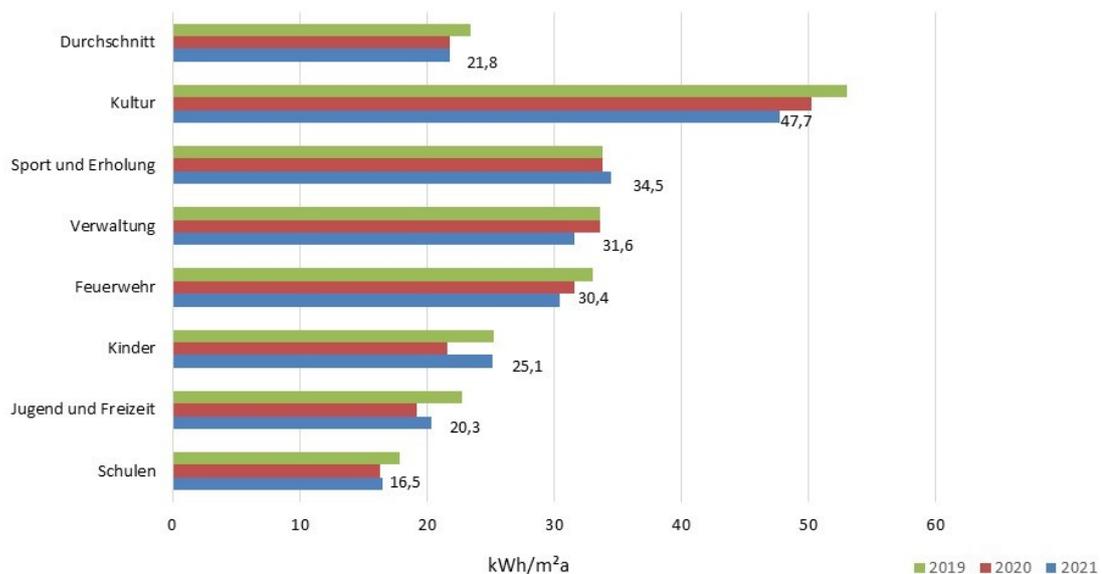


Abb. 9: Flächenbezogener Stromverbrauch, aufgeteilt nach Nutzungskategorien für die Jahre 2019, 2020 und 2021.

3.2.3 Kostenentwicklung

Abbildung 10 zeigt die Entwicklung der durchschnittlichen Strompreise pro Kilowattstunde (ct/kWh) sowie die Gesamtkosten für Strom für die städtischen Gebäude seit dem Jahr 1999. Deutlich zu sehen ist in diesem Zeitraum die Korrelation zwischen dem durchschnittlichen Strompreis und den Gesamtkosten.

Über die Jahre verteuerte sich der Strom massiv. Entsprechend stiegen auch die Gesamtausgaben für Strom. Im Jahr 2021 kostete die kWh Strom im Durchschnitt 27 Cent. Die Gesamtkosten für Strom betragen rund 1,81 Mio. Euro. Gegenüber dem Vorjahr entspricht das einer Steigerung von 5,4 %. Strom hat damit aktuell an den Ausgaben für Energie und Wasser einen Anteil von 37,8 %.

Eine Strategie des Gebäudemanagements zur Reduzierung der Stromkosten ist die Nutzung von selbst erzeugtem Strom durch Photovoltaikanlagen. Bei Neubauten und Sanierungen ist grundsätzlich die Installation von solchen Anlagen vorgesehen. Aber auch bei Bestandsgebäuden werden PV-Anlagen nachgerüstet bzw. erweitert, beispielsweise 2021 am Rathaus und dem Verwaltungsgebäude Schuhstraße 40.

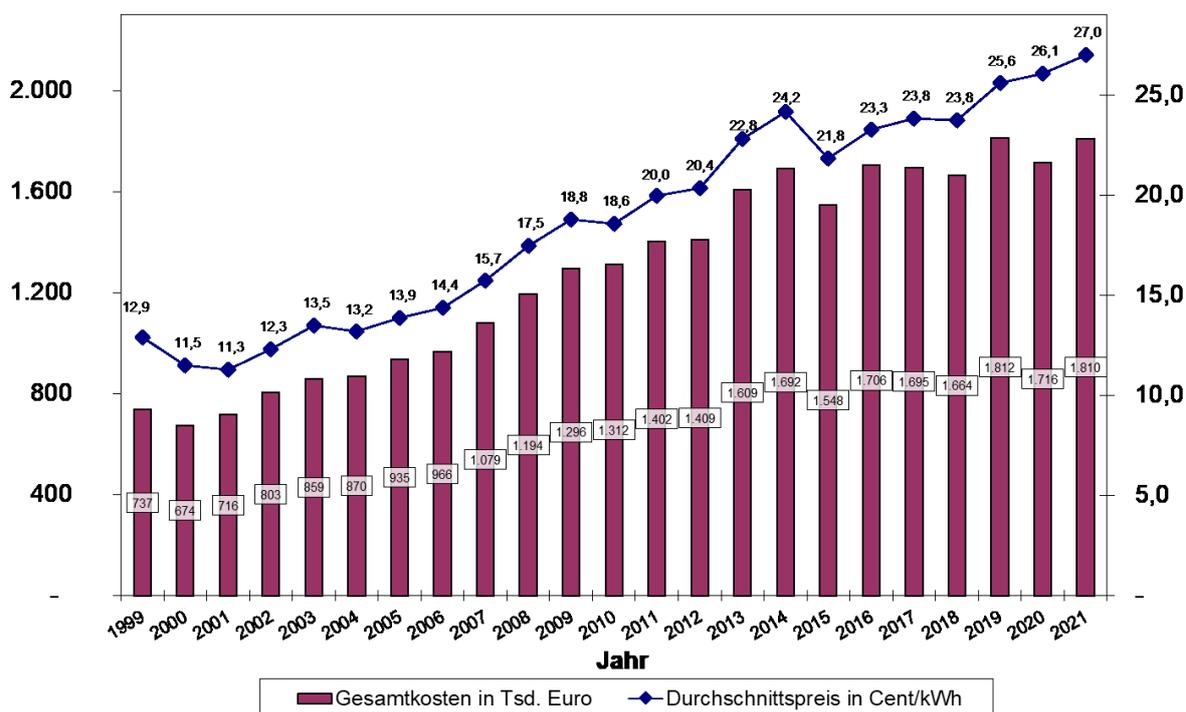


Abb. 10: Entwicklung der Gesamtkosten und der Kosten pro kWh für Strom von 1999 bis 2021.

3.3 Wasser

3.3.1 Verbrauchsentwicklung

Der Wasserverbrauch ist 2021 gegenüber dem Vorjahr um 4,3% von 72,1 Tsd. m³ auf 69,0 Tsd. m³ zurückgegangen.

Abbildung 11 zeigt den jährlichen Wasserverbrauch in den städtischen Gebäuden und Einrichtungen für die Jahre 1999 bis 2021. Die Entwicklung des Wasserverbrauchs über die Jahre lässt keine klare Tendenz erkennen. Bei der Erfassung des Wasserverbrauchs ist es oft nicht möglich, zwischen dem Verbrauch im Gebäude und der Bewässerung der Außenanlagen zu differenzieren. Deshalb sind auch in warmen und trockenen Jahren Verbrauchsspitzen zu beobachten, wie beispielsweise 2012 und 2015. Der Anstieg im Wasserverbrauch 2016 war zum Teil auf technische (Defekte an Wasserversorgungsanlagen) und nutzungsbedingte (Notunterkünfte für Flüchtlinge) Ursachen zurückzuführen. Seit 2017 ist der Wasserverbrauch wieder rückläufig. Der Rückgang in den Jahren 2020 und 2021 ist im Zusammenhang mit der Corona-Pandemie zu sehen.

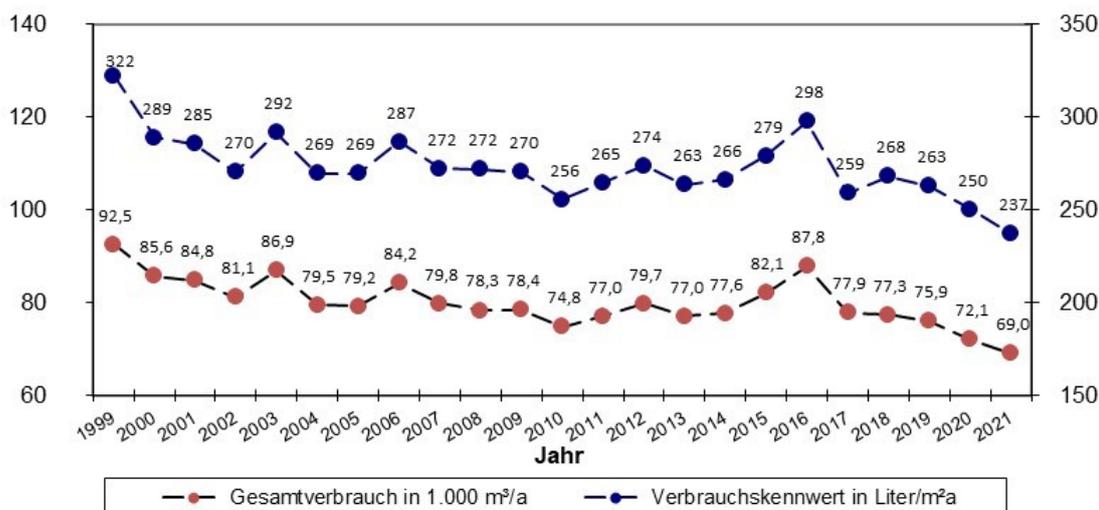


Abb. 11: Entwicklung des Wasserverbrauchs in den städtischen Gebäuden von 1999 bis 2021.

3.3.2 Verbrauch 2021

Abbildung 12 zeigt den prozentualen Anteil der verschiedenen Nutzungskategorien am Wasserverbrauch 2021. Wie beim Wärme- und Stromverbrauch fällt der größte Anteil des Wasserverbrauchs auf die Schulen.

In Abbildung 13 ist der flächenbezogene Wasserverbrauch nach Nutzungskategorien dargestellt. Kinder- und Freizeiteinrichtungen haben in der Regel, im Vergleich zu den Gebäudeflächen, einen hohen Anteil an Grünflächen. Deswegen weisen die Nutzungskategorien „Kinder“ und „Jugend und Freizeit“ auch die größten Wasserverbrauchskennwerte auf. Der Mehrverbrauch in der Nutzungskategorie „Sport und Erholung“ beruht teilweise auf die Nutzung von Sporthallen für den Schulunterricht.

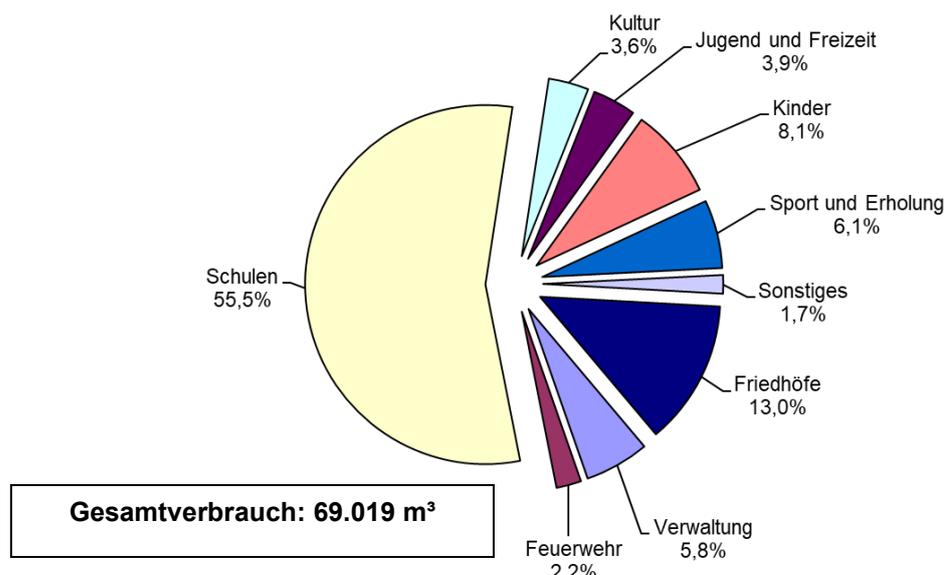


Abb. 12: Prozentuale Aufteilung des Wasserverbrauchs 2021 in den städtischen Gebäuden nach Nutzungskategorien.

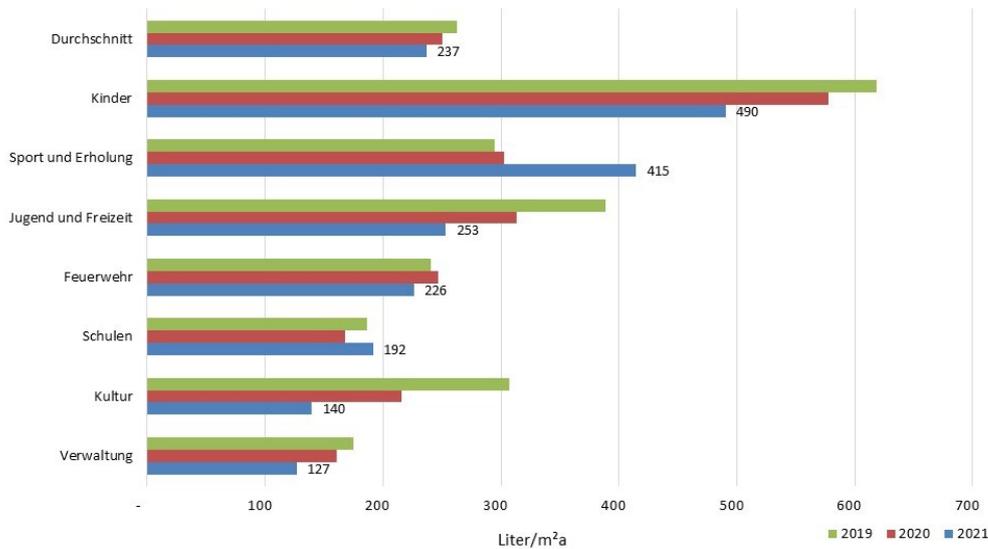


Abb. 13: Flächenbezogener Wasserverbrauch nach Nutzungskategorien für die Jahre 2019, 2020 und 2021.

3.3.3 Kostenentwicklung

Abbildung 14 zeigt die Entwicklung der Wasserkosten seit 1999. Angegeben sind jeweils die Gesamtkosten sowie der Durchschnittspreis pro m³ Wasser. In den Kosten sind sowohl der Arbeitspreis als auch der Grundpreis enthalten. Nicht enthalten sind die Kanalgebühren.

Nachdem der durchschnittliche Wasserpreis bis vor einigen Jahren im Wesentlichen konstant war, ist seit 2020 wieder ein Anstieg festzustellen. Aktuell kostet im Durchschnitt ein m³ Wasser 2,26 Euro. Im Vergleich zum Vorjahr reduzierten sich 2021 trotz des Preisanstiegs die Kosten für Wasser aufgrund eines geringeren Verbrauchs um 1,5 % von 158 Tsd. Euro auf 156 Tsd. Euro. An den Ausgaben für Wärme, Strom und Wasser haben die Wasserkosten mit aktuell 3,3 % den geringsten Anteil.

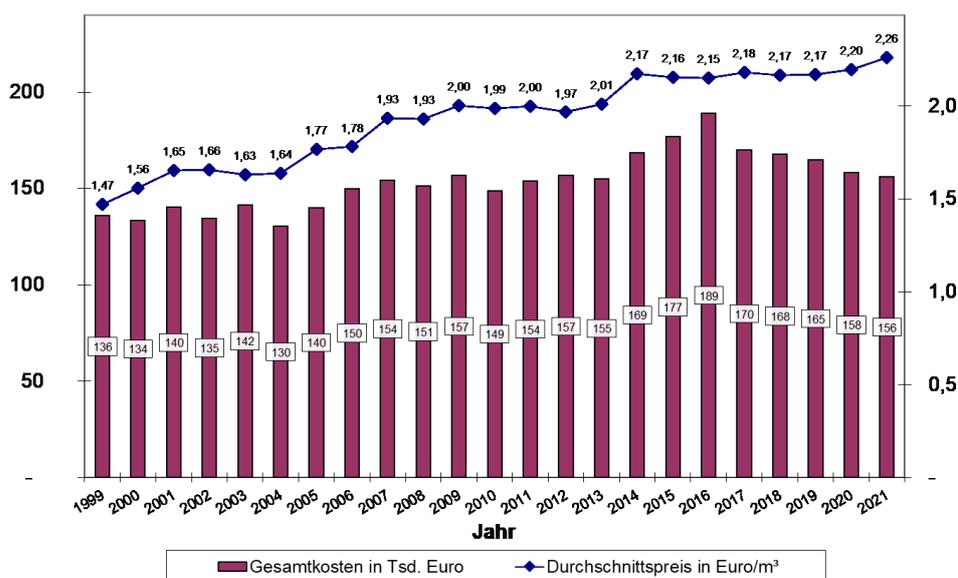


Abb. 14: Entwicklung der Gesamtkosten und der durchschnittlichen Kosten pro m³ Wasser seit 1999.

3.4 Umwelteinfluss

Nachhaltiges Wirtschaften setzt den sorgsam Einsatz von fossilen Primärenergieträgern voraus. Die Verbrennung von fossilen Energieträgern verursacht die Emission von Schadstoffen und des klimabeeinflussenden Kohlendioxids (CO₂). Die Stadt Erlangen engagiert sich bereits seit Jahren im Bereich des Klimaschutzes und der Energiewende.

Im Jahr 2019 wurde vom Erlanger Stadtrat als erste Kommune in Bayern für das Stadtgebiet der Klimanotstand ausgerufen. Im November 2020 wurde der Fahrplan „Klima-Aufbruch“ beschlossen, in dem Maßnahmen definiert wurden mit der Zielsetzung, noch vor 2030 auf städtischer Ebene die Klimaneutralität zu erreichen.

Zwar ist der Anteil der kommunalen Einrichtungen an dem Energieverbrauch und den lokalen CO₂-Emissionen in Erlangen mit rund 2 % eher gering. Dennoch hat die Kommune eine Vorbildfunktion. In den vergangenen Jahren konnten bereits der Primärenergieverbrauch und die energiebedingten CO₂-Emissionen durch den Energieverbrauch in den städtischen Einrichtungen durch verschiedene Maßnahmen deutlich reduziert werden. Beispielsweise wird bereits seit 2012 für alle städtischen Gebäude und Einrichtungen das Grünstrom-Angebot der Erlanger Stadtwerke wahrgenommen. Nachfolgend werden die Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen für die städtischen Gebäude und Einrichtungen seit dem Jahr 1999 aufgezeigt.

End- und Primärenergieverbrauch

Seit 1999 ging der Verbrauch an nichterneuerbarer Primärenergie in städtischen Gebäuden um rund 38 % zurück.

Als Primärenergieträger werden Energiequellen bezeichnet, die direkt in der Natur vorkommen wie beispielsweise Kohle und Erdöl. Die im Energiebericht als Wärme und Strom bilanzierte Energie wird als Endenergie bezeichnet – beispielsweise Fernwärme oder Heizöl. Für die Umweltbelastung relevant ist der nicht erneuerbare Anteil der Primärenergie. Dieser wird mit Hilfe von Faktoren aus der Endenergie ermittelt (siehe Anhang, Punkt IX).

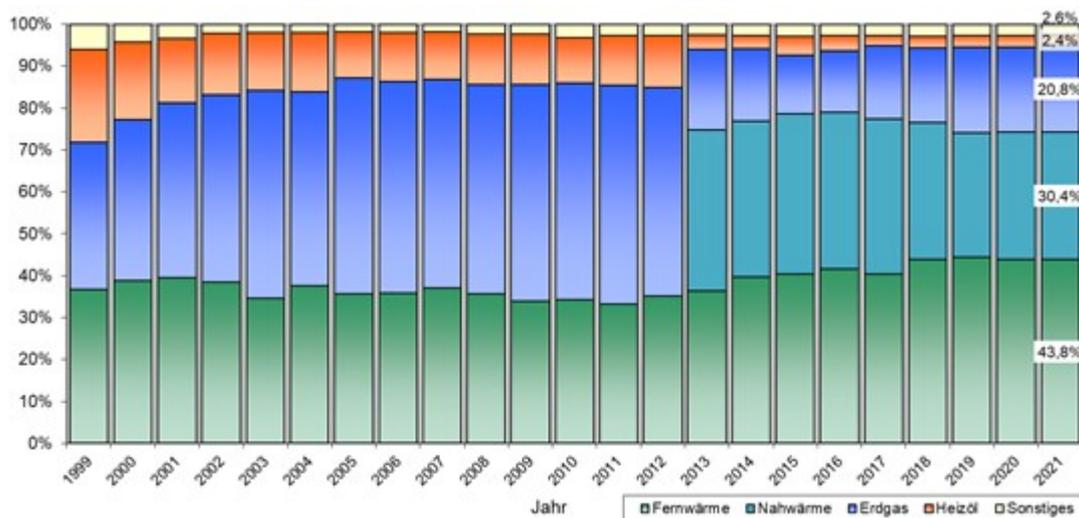


Abb. 15: Entwicklung des prozentualen Anteils der verschiedenen Energieträger am Endenergieverbrauch für Wärme seit 1999.

Die verbrauchte Menge an Primärenergie ist abhängig von der Menge und Art des eingesetzten Energieträgers. Abbildung 15 zeigt die Entwicklung der verschiedenen Energieträger am Endenergieverbrauch seit dem Jahr 1999. Hauptsächlich wurde in den vergangenen Jahren für die Beheizung der Gebäude Fern- und Nahwärme eingesetzt. Im Jahr 2021 hatten diese Energieträger am Wärmeverbrauch einen Anteil von 43,8 % bzw. 30,4 %.

Die Fernwärme wird zentral im Heizkraftwerk der Erlanger Stadtwerke (ESTW), die Nahwärme lokal in den Liegenschaften erzeugt. Seit 2013 betreiben die ESTW im Rahmen eines Energieliefer-Contractings bei verschiedenen städtischen Liegenschaften die Wärmeerzeugungsanlagen. Das Contracting umfasst auch die Verbesserung der Wärmeerzeugung. So wurden in den letzten Jahren bereits einige Heizzentralen saniert und die Wärmeversorgung optimiert. Ein Anteil von 20,8 % des Wärmeverbrauchs wird aktuell durch den direkten Bezug von Erdgas gedeckt. Heizöl und die unter „Sonstiges“ zusammengefassten Energieträger Flüssiggas, Holzpellets und Strom haben jeweils einen Anteil von 2,4 % bzw. 2,6 % am Wärmeverbrauch. Direkt mit Strom beheizt werden in der Regel nur kleine oder temporär genutzte Gebäude. Die einzige größere Liegenschaft, die bis jetzt noch mit Strom beheizt wurde ist die Fachschule für Techniker. Zurzeit wird die Wärmeversorgung dieser Schule auf Fernwärme umgestellt. Aktuell entwickelt das Gebäudemanagement ein Konzept, die Wärmeerzeugung für die Gebäude mittelfristig, soweit möglich, von fossilen Energieträgern auf erneuerbare Energien umzustellen. Eine Tabelle zu den Mengenangaben der einzelnen Energiearten ist im Anhang zu finden.

Die Entwicklung des Endenergie- und Primärenergieverbrauchs für Wärme und Strom seit 1999 zeigt Abbildung 16. In Anlehnung an die Bilanzierungssystematik kommunal (BISKO) wird, abweichend von früheren Veröffentlichungen, der Wärmeverbrauch in den nachfolgenden Bilanzen nicht mehr witterungsbereinigt.

Beim Endenergieverbrauch ist in dem betrachteten Zeitraum ein signifikanter Rückgang erst ab dem Jahr 2007 zu sehen. In den Jahren zuvor wurden erzielte Einsparungen im Wärmebereich durch einen gleichzeitigen Anstieg im Stromverbrauch wieder aufgehoben. Der Anstieg im Jahr 2010 ist auf ein besonders kaltes Jahr zurückzuführen (siehe auch Abb. 2). Insgesamt reduzierte sich der bilanzierte Endenergieverbrauch im Jahr 2021 in Bezug auf 1999 um rund 16 % von 42,2 Mio. kWh auf 35,5 Mio. kWh. Beim Primärenergieverbrauch gab es bereits ein Jahr zuvor einen signifikanten Rückgang, da sich die primärenergetische Bewertung der Fernwärme durch die Inbetriebnahme einer Gas- und Dampfturbinenanlage im Heizkraftwerk der Erlanger Stadtwerke deutlich verbesserte. Aufgrund des zunehmenden Anteils von erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung in Deutschland wurde auch der Primärenergiefaktor für Strom in den letzten Jahren mehrmals gesenkt, zuletzt im Jahr 2016 im Rahmen der Novellierung der Energieeinsparverordnung. Zusammen mit den erzielten Energieeinsparungen verringerte sich dadurch der Primärenergieverbrauch im Jahr 2021 in Bezug auf das Ausgangsjahr 1999 um rund 38 %.

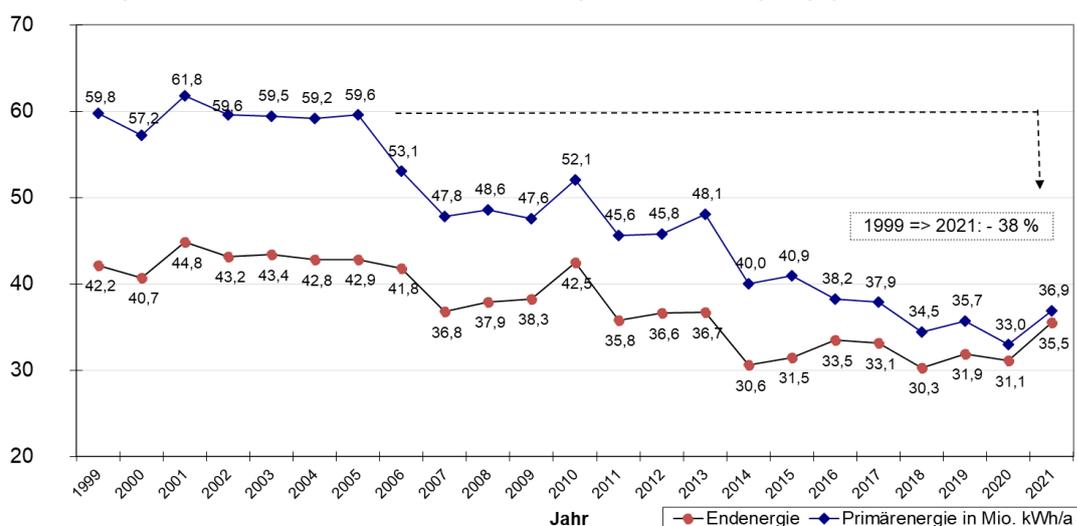


Abb. 16: Entwicklung des End- und Primärenergieverbrauchs (Wärme und Strom) in städtischen Gebäuden seit 1999.

CO₂-Emissionen

In Bezug auf das Jahr 1999 konnte durch Einsparungen im Energieverbrauch und Umstellung auf CO₂-ärmere Brennstoffe die energiebedingte CO₂-Emission um 36 % reduziert werden. Bei Berücksichtigung des CO₂-freien Strombezugs in der Bilanzierung ergibt sich eine Reduzierung um 58 %.

Die Höhe der energiebedingten CO₂-Emission ist abhängig von der verbrauchten Wärme- und Strommenge und dem für die Energieerzeugung eingesetzten Energieträger. Beispielsweise setzt der Energieträger Heizöl bei der Verbrennung aufgrund seines höheren Kohlenstoffanteils mehr CO₂ frei als Erdgas. Durch Multiplikation des Energieverbrauchs mit dem CO₂-Emissionsfaktor des Energieträgers werden die Treibhausgasemissionen ermittelt.

Für Erlangen wird seit einigen Jahren eine gesamtstädtische Energie- und Treibhausgasbilanz erstellt. Diese Bilanz erfolgt nach der standardisierten Bilanzierungssystematik kommunal (BISKO). In Anlehnung an die Bilanzierungssystematik BISKO werden im aktuellen Energiebericht Emissionsfaktoren verwendet, die neben den reinen CO₂-Emissionen weitere Treibhausgase und Vorketten (Emissionen, die bei der Gewinnung, Umwandlung und Transport des Energieträgers entstehen) berücksichtigen.

Im Gegensatz zu Heizöl oder Erdgas ist bei Fernwärme, Nahwärme und Strom der Emissionsfaktor abhängig von der Art der Erzeugung und dem eingesetzten Energieträger. Für Fernwärme wird ein mit dem Bilanzierungstool Klimaschutz-Planer ermittelter lokaler Emissionsfaktor verwendet. In früheren Veröffentlichungen wurden für die Fernwärme noch ein von den ESTW berechneter Emissionsfaktor benutzt. Durch die Anpassung der Emissionsfaktoren an den BISKO-Standard kommt es zu Abweichungen in der CO₂-Bilanz gegenüber früheren Veröffentlichungen. Eine Übersicht der verwendeten Emissionsfaktoren für die verschiedenen Energieträger findet sich im Anhang.

Abbildung 17 zeigt die Entwicklung der CO₂-Bilanz für die städtischen Gebäude und Einrichtungen seit 1999. Durch Energieeinsparung und Umstellung auf CO₂-ärmere Energieträger konnte die Bilanz in den zurückliegenden Jahren bereits deutlich verbessert werden. Das stadtweite Ziel der Klimaneutralität kann jedoch nur erreicht werden, wenn es gelingt, die Energieversorgung komplett auf CO₂-neutrale Energiequellen umzustellen.

Rund zwei Drittel der jährlichen CO₂-Emissionen werden aktuell durch den Energieverbrauch für die Beheizung der Gebäude verursacht (Abbildung. 18), ein Drittel durch den sonstigen Stromverbrauch in den Gebäuden.

Seit 2012 wird der gesamte Strombedarf der städtischen Gebäude und Einrichtungen durch den Bezug von CO₂-neutralem Strom aus erneuerbaren Energiequellen gedeckt (Grünstrom-Produkt der ESTW). In der CO₂-Bilanz wird für den Stromverbrauch jedoch gemäß dem BISKO-Standard der Emissionsfaktor des deutschen Strommixes angesetzt. Um dennoch den Einfluss der Stromerzeugung auf die CO₂-Bilanz zu verdeutlichen, werden in der Abbildung 17 für das aktuelle Jahr jeweils zwei Werte angegeben: Einmal mit und einmal ohne Berücksichtigung eines CO₂-neutralen Strombezugs.

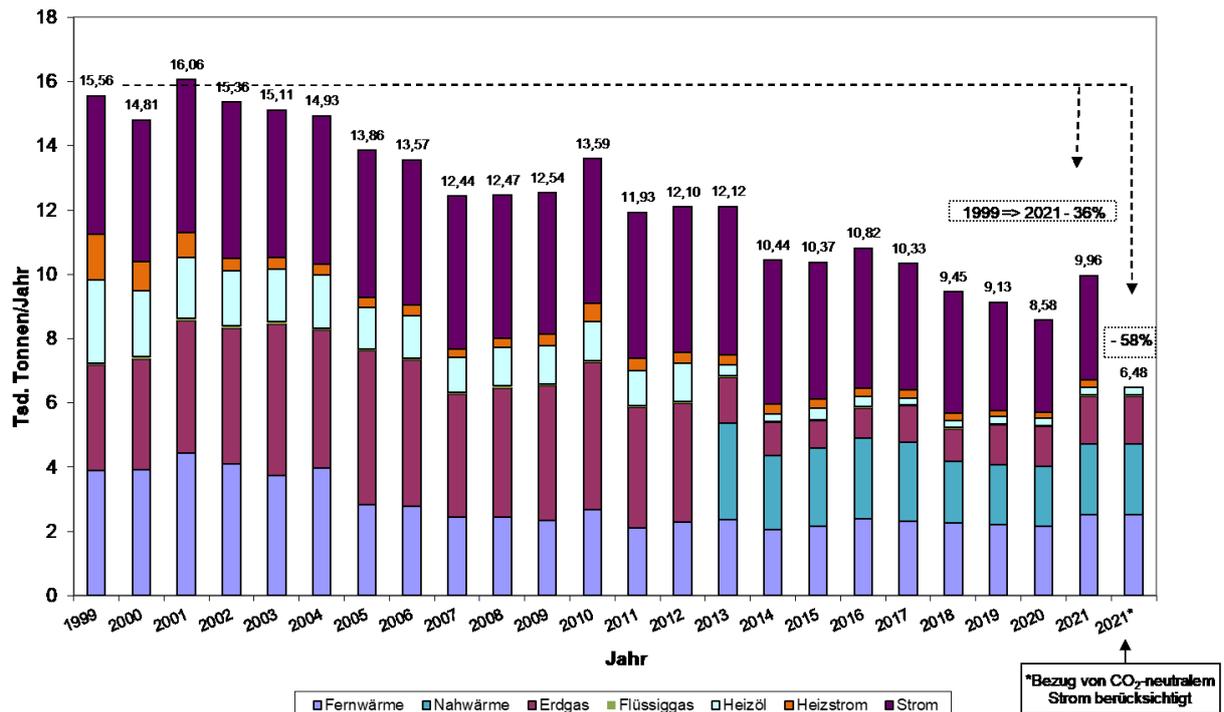


Abb. 17: Entwicklung der CO₂-Bilanz der städtischen Gebäude für den Zeitraum 1999 bis 2021. Für 2021 sind zwei Werte angegeben (Erläuterung siehe Text).

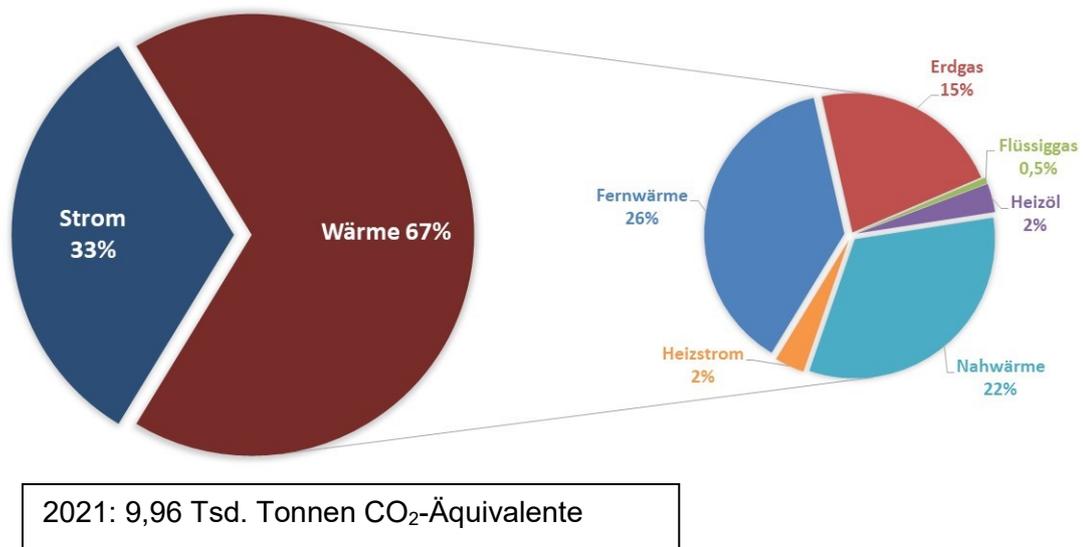


Abb. 18: Aufteilung der CO₂-Emissionen für das Jahr 2021: 67% der Emissionen werden durch die Beheizung der Gebäude verursacht, 33 % durch sonstige Stromnutzung im Gebäude bei Berücksichtigung des deutschen Strommixes.

3.5 Gebäudeflächen

Die städtischen Gebäude werden auf unterschiedliche Art und Weise genutzt. So gibt es z.B. Schulgebäude, Verwaltungsgebäude oder Gebäude für kulturelle Nutzungen, wie das Theater oder das Museum. Abbildung 19 zeigt die Aufteilung der Nettoraumflächen der im Energiebericht erfassten Gebäude nach Nutzungskategorien für das Jahr 2021. Rund zwei Drittel der Flächen entfallen auf die 32 Erlanger Schulen. Bei den Nettoraumflächen sind unbeheizte Flächen wie beispielsweise Dachböden oder Kellerräume nicht enthalten.

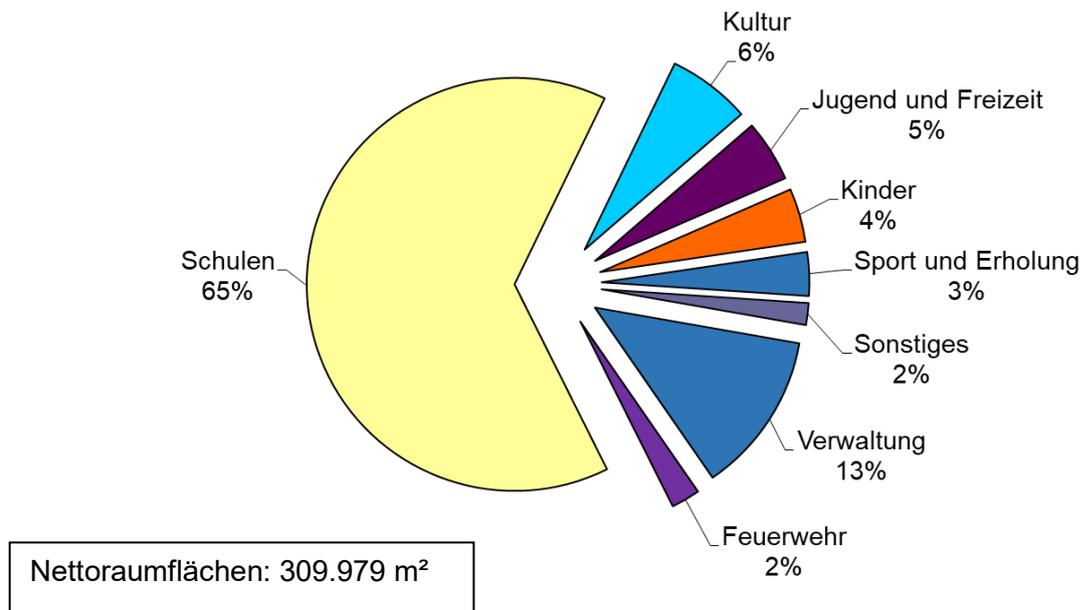


Abb. 19: Aufteilung der Gebäudeflächen nach Nutzungskategorien.

4 Energieeffizientes Bauen – aktuelles Beispiel

Der Gebäudebestand in Deutschland soll bis 2050 nahezu klimaneutral werden. Um dieses Ziel zu erreichen werden vom Gesetzgeber die energetischen Anforderungen an Gebäude schrittweise weiterentwickelt, zuletzt Ende 2020 mit der Einführung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG). Ab 2023 soll der Energiestandard Effizienzgebäude 55 (EG55) für alle Neubauten verpflichtend eingeführt werden.

Das Gebäudemanagement der Stadt Erlangen hat bereits seit Jahren beim Wärmeschutz für Neubauten und Sanierungen im Bestand Energiestandards gesetzt, die deutlich über die gesetzlichen Anforderungen hinausgehen.

So wurde der EG55-Standard bei früheren Neubauprojekten bereits realisiert. Bei aktuell laufenden Neubauprojekten wird konsequent der verbesserte Energiestandard Effizienzgebäude 40 (EG40) umgesetzt. Nachfolgend wird hierfür beispielhaft das Neubauprojekt Stadtteilzentrum Büchenbach kurz vorgestellt.

4.1 Neubau Stadtteilzentrum mit Stadtteilbibliothek Büchenbach

Im Erlanger Westen im Stadtteil Büchenbach ist ein innovatives Stadtteilzentrum mit Stadtteilbibliothek geplant. Das Stadtteilzentrum soll zum lebendigen Begegnungsort für das gesamte Stadtviertel werden, welches in den vergangenen Jahren durch mehrere Neubaugebiete stark gewachsen ist.

Gebäudebeschreibung

Das Gebäude ist freistehend, 3-geschossig und teilunterkellert. Die Zugänge erfolgen hauptsächlich im Norden. Zusätzliche Eingänge befinden sich im Süden und Osten. Im Zentrum des Gebäudes befindet sich ein 3-geschossiges, ovales Atrium mit geschwungener Treppe und ovaler Schrägdachverglasung. Zwei abgetrennte Treppenhäuser beinhalten die notwendigen Treppen mit den inneren Fluchtwegen. Im Erdgeschoss sind der Werkstattbereich, ein Bistrobereich mit gastronomischem Angebot und der Kinderbereich der Bibliothek sowie Ausleihe und eine teiloffene Gruppennische untergebracht. In den beiden Obergeschossen befinden sich u. a. zwei separat nutzbare Veranstaltungsräume mit Foyer und Teeküche, verschiedene Gruppen- und Kursräume, ein Bewegungs- und Gymnastikraum mit Umkleiden, ein Atelierbereich, Maker-Space und den jeweiligen Nutzungsbereichen zugeordnete Bibliotheksangebote.

Konstruktion

Das Tragwerk ist als Stahlbetonskelett mit Stützen, aussteifendem Kern und Betonflachdecken konzipiert. Die Innenwände sind als nichttragende Bauteile aus Holz, Metall, Glas und Trockenbau vorgesehen. Die Fassade besteht aus elementierten Holztafeln und raumhohen Fensterelementen in einer Pfosten-Riegel-Konstruktion. In allen Geschossen befinden sich schmale Umgänge für Wartungs- und Reinigungsarbeiten, die sich in Teilbereichen zu nutzbaren Balkonen und Loggien aufweiten und an denen fassadenseitig Sonnenschutzelemente angebracht werden. Das Dach und Teile der Fassade werden begrünt. Das Konzept des Gebäudes gewährleistet eine maximale Flexibilität, um einen zukünftigen Bedarf für heute noch nicht absehbare Änderungen in der Nutzung berücksichtigen zu können.

Aktuell ist die Entwurfsplanung des Stadtteilzentrums abgeschlossen. Abbildung 20 zeigt die Ansichten des Gebäudes zum jetzigen Planungsstand. Der Zeitplan des Bauprojekts sieht einen Baubeginn im 2./3. Quartal 2023 vor. Die Fertigstellung ist im 2./3. Quartal 2025 geplant.



Nordansicht



Ostansicht



Südansicht



Westansicht

Abb. 20: Ansichten des geplanten Stadtteilzentrums mit Stadtteilbibliothek Büchenbach
(Quelle: Architekten Rößner + Waldmann, Erlangen)

Gebäudegeometrie

Nettoraumfläche:	3.365 m ²
Nettovolumen:	12.177 m ³
Geschosse: 3 Vollgeschosse und ein Kellergeschoss	

Bauteile der Gebäudehülle

Bauteil	Beschreibung	U-Wert	U-Wert GEG-Standard
Bodenplatte EG	Estrich 3 cm Dämmung (WLG 040) Betondecke 16 cm Perimeterdämmung (WLG 040)	0,20 W/m ² K	0,35 W/m ² K
Bodenplatte UG	Betondecke 18 cm Perimeterdämmung (WLG 040)	0,21 W/m ² K	0,35 W/m ² K
Decke gegen Außenluft	Betondecke 20 cm Dämmung	0,20 W/m ² K	0,28 W/m ² K
Flachdach (Gründach)	Betondecke 24 cm Dämmung (WLG 035) extensive Dachbegrünung	0,14 W/m ² K	0,20 W/m ² K
Außenwände gegen Außenluft	Betonaußenwand 20 Dämmung (WLG 035) Hinterlüftung Fassadenbekleidung	0,20 W/m ² K	0,28 W/m ² K
Außenwände gegen Erdreich	Betonaußenwand 18 cm Perimeterdämmung (WLG 040)	0,21 W/m ² K	0,35 W/m ² K
Pfosten-Riegel-Fassade/ Fenster	3-Scheiben Wärmeschutzverglasung	0,9 W/m ² K	1,3 W/m ² K
Dachflächenfenster / Dachoberlichter		1,2 W/m ² K	2,7 W/m ² K
Außentüren		1,6 W/m ² K	1,8 W/m ² K

Bewertung	Ist-Wert	Anforderung GEG	% vom Sollwert
Bauteilgruppen			
Mittlerer U-Wert opak	0,17 W/m ² K	0,28 W/m ² K	61 %
Mittlerer U-Wert transparent	0,97 W/m ² K	1,5 W/m ² K	65 %
Glasdächer, Lichtkuppeln, -bänder	1,2 W/m ² K	2,5 W/m ² K	48 %

Die Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes an die Bauteilgruppen der Gebäudehülle werden in einem Korridor von 35 % bis 52 % unterschritten.

Wärmeversorgung und passive Kühlung

Die Grundbeheizung des Gebäudes erfolgt über eine Sole/Wasser-Wärmepumpe, deren Steuerung für die Nutzung von Eigenstrom aus der Photovoltaikanlage optimiert wird. Wird zusätzlich Wärme benötigt erfolgt eine Nachheizung über den Anschluss an eine Nahwärmeversorgung der Erlanger Stadtwerke.

Die Wärme wird hauptsächlich über die Betonkernaktivierung dem Gebäude zugeführt. Um kurzfristig auf Temperaturschwankungen reagieren zu können, werden zur Optimierung der Raumtemperatur zusätzlich Heiz- und Kühlsegel installiert. Durch die Erdsonden und die bivalente Wärmepumpe besteht die Möglichkeit einer passiven Kühlung zur Unterstützung des sommerlichen Wärmeschutzes.

Lüftung

Das Gebäude erhält eine mechanische Grundlüftung mit gering ausgelegtem Luftwechsel. Bei höherem Bedarf erfolgt eine zusätzliche natürliche Lüftung über mechanisch öffnbare Oberlichtfenster (hybride Lüftung). Die Veranstaltungsräume im ersten Obergeschoss sind aus Schallschutzgründen rein mechanisch belüftet. Alle Lüftungsgeräte sind mit einer hocheffizienten Wärmerückgewinnung ausgestattet.

Beleuchtung

Für die Beleuchtung der Räume und Verkehrsflächen werden ausschließlich energieeffiziente LED-Leuchten eingesetzt. Die Steuerung der Beleuchtung erfolgt zum Teil über tageslichtabhängig gedimmte Systeme und Präsenzmelder.

Sommerlicher Wärmeschutz

Zur Gewährleistung des sommerlichen Wärmeschutzes werden als Verschattungselemente Raffstores und, in Teilbereichen der Balkone, vorgesetzte bewegliche Holzlamellen eingesetzt. Durch eine automatische Steuerung der Oberlichter in Kombination mit einer Bauteilaktivierung kann im Sommer in den Nachtstunden eine Nachtkühlung für das Gebäude genutzt werden.

Einsatz erneuerbarer Energien

Ein Teil der für die Beheizung des Gebäudes benötigten Wärme wird durch die Wärmepumpe in Form von Umweltwärme zur Verfügung gestellt. Auf dem Dach des Gebäudes wird eine nach Ost/West ausgerichtete Photovoltaikanlage als Eigenstromanlage mit einer Leistung von 99 kW_{Peak} installiert.

Energiebilanz

Das Bewertungskriterium des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) für Gebäude ist der Primärenergiebedarf. Dieser wird gemäß der DIN V 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“ berechnet und in einem Energieausweis dokumentiert. Abbildung 21 zeigt einen Auszug aus dem vorläufigen Energieausweis für den Neubau.

Angegeben ist der ermittelte Primärenergiebedarf für das Gebäude sowie als Vergleichswerte die GEG-Anforderungswerte an einen Neubau bzw. modernisierten Altbau.

Das GEG gibt Grenzwerte für den Primärenergiebedarf sowie für den Wärmeschutz der Gebäudehülle (mittlere U-Werte opak / transparent) vor. Bei der geplanten Bauausführung werden alle Grenzwerte deutlich unterschritten. Das Energiekonzept des Gebäudes erfüllt die Kriterien eines Effizienzgebäude 40-Standards (EG40) gemäß der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) in der Erneuerbaren-Energien-Klasse EE.

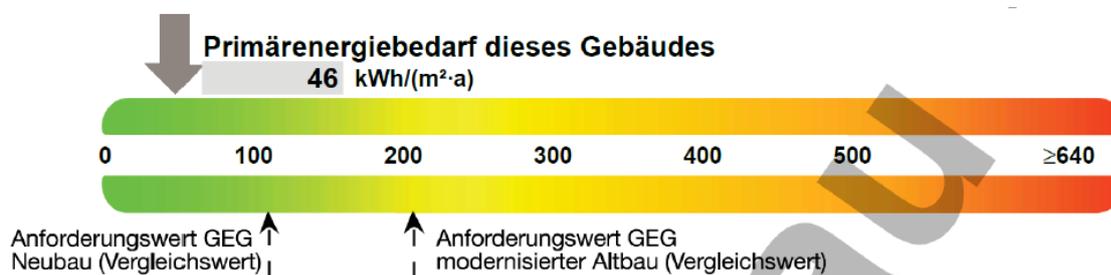


Abb. 21: Auszug aus der Vorschau des vorläufigen Energieausweises für den Neubau des Stadtteilzentrums mit Stadtteilbibliothek in Büchenbach.
(Quelle: Ingenieurbüro Seidel, Teublitz)

Mit einem Primärenergiebedarf von 46 kWh/m²a wird der Anforderungswert des Gebäudeenergiegesetzes von 113 kWh/m²a) deutlich um rund 59 % unterschritten. Der geplante Neubau erfüllt die Anforderung des Energieeffizienzgebäude 40-Standards.

Erweiterte CO₂-Bilanz

Um die Auswirkung von Bau und Betrieb des Gebäudes auf das Klima zu erfassen, wurde eine CO₂-Bilanz erstellt. Grundsätzliches Ziel ist die Minimierung der CO₂-Emissionen. Die Stadt Erlangen verfolgt dieses Ziel bei ihren Bauprojekten in den folgenden priorisierten Schritten:

- Vermeidung/Begrenzung: Nur unabdingbar notwendige Gebäudeflächen sind zu errichten.
- Effizienz/Optimierung: Eine auf energetische Belange optimierte Bauweise und Ausgleich der CO₂-Emissionen vor Ort (z.B. Stromerzeugung durch PV-Anlagen).
- Kompensation: Ausgleich der CO₂-Emissionen, auch an anderer Stelle (z.B. Bezug von CO₂-neutralem Strom).

Grundlage für die CO₂-Bilanz ist der Energiebedarf des Gebäudes inklusiv aller Verbraucher im Gebäude, sowie dem realen Nutzungsprofil (Anzahl Personen, Nutzungszeiten). Abweichend davon wird im GEG-Nachweis nur der Energiebedarf für Heizung, Kühlung, Lüftung und Beleuchtung erfasst. Auch wird im GEG-Nachweis ein Standard-Nutzungsprofil der Berechnung zugrunde gelegt, das von der realen Nutzung deutlich abweichen kann.

Das Ergebnisse der CO₂-Bilanz sind in Abbildung 22 dargestellt. Die beiden Grafiken zeigen die beim Bau und Betrieb verursachten CO₂-Emissionen, sowie die eingesparte Menge an CO₂ („CO₂-Ertrag“) durch den am Gebäude erzeugten PV-Strom. Wie aus den Grafiken ersichtlich ist kann für das geplante Stadtteilzentrum nur unter Berücksichtigung eines CO₂-neutralen Strombezugs (Kompensation) eine CO₂-Neutralität nachgewiesen werden.

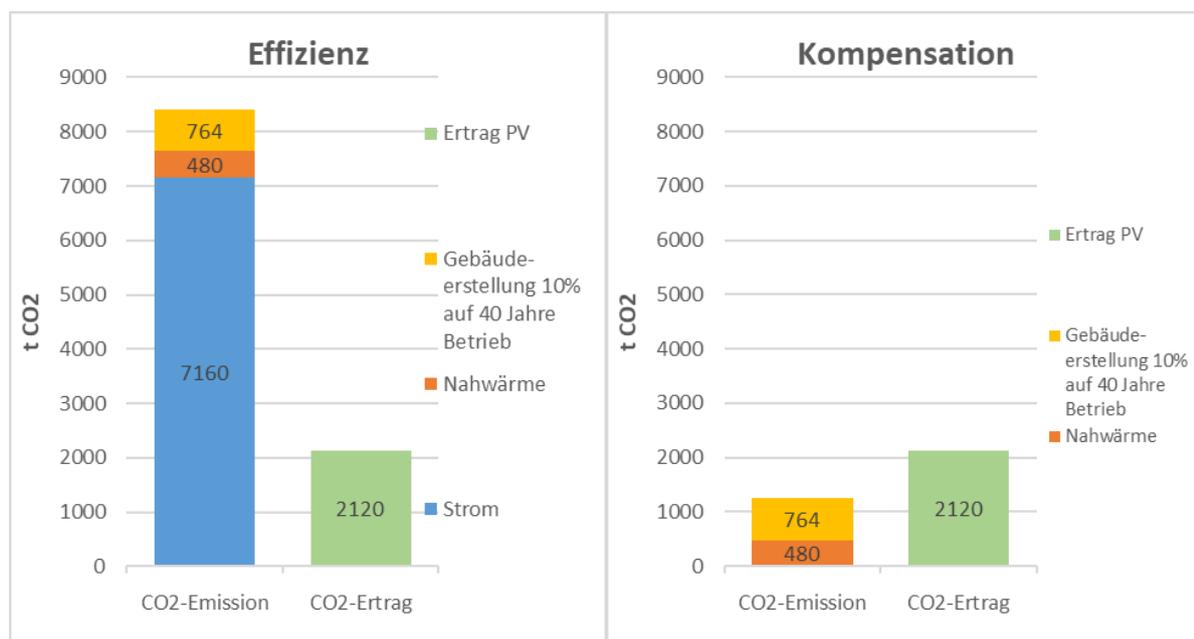


Abb. 22: CO₂-Bilanz für das Stadtteilzentrum Büchenbach über einen Zeitraum von 40 Jahren. In der rechten Grafik wird bei der Bilanz von einem CO₂-neutraler Strombezug ausgegangen (Kompensation).

5 Nutzung von Solaranlagen auf städtischen Gebäuden

Photovoltaik

Mitte der 1990er Jahre entstanden die ersten kleinen Photovoltaikanlagen auf städtischen Gebäuden. Diese Anlagen dienten hauptsächlich pädagogischen Zwecken. Mit Inkrafttreten des Erneuerbaren Energien Gesetzes im Jahr 2000 verbesserten sich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für PV-Anlagen durch die Festlegung einer hohen Einspeisevergütung erheblich und wurden so auch für private Investoren interessant. Zur Förderung von Solarenergie stellte die Stadt Erlangen privaten Betreibern geeignete Dachflächen zur Verfügung. Die erste private Anlage auf einem städtischen Dach mit einer Leistung von 2 kW_{Peak} entstand im Jahr 2000. Weitere Photovoltaikanlagen mit bedeutend höherer Leistung folgten.

Abbildung 23 zeigt die Entwicklung der PV-Anlagen seit 1995. Dargestellt ist die Spitzenleistung der installierten Photovoltaikmodule (kW_{Peak}) der privaten Betreiber sowie der städtischen Anlagen. Abgebildet sind hier nur PV-Anlagen auf Dachflächen von Gebäuden, die vom Gebäudemanagement betreut werden. Nicht erfasst sind die PV-Anlagen auf den Dachflächen von städtischen Eigenbetrieben.

Um den Klimawandel einzudämmen und um eine CO₂-Neutralität des städtischen Gebäudebestandes zu erreichen, ist neben weiteren Maßnahmen der forcierte Ausbau von PV-Anlagen auf städtischen Liegenschaften notwendig. Bei Neubaumaßnahmen und Generalsanierungen wird der Einsatz von PV-Anlagen grundsätzlich eingeplant. Darüber hinaus werden die Flächenpotentiale der städtischen Dachflächen zur Nachrüstung oder zur Erweiterung von PV-Anlagen untersucht. Bei baulicher und technischer Eignung werden schrittweise, abhängig von personellen und finanziellen Ressourcen, der Ausbau von PV-Anlagen auf den Bestandsgebäuden umgesetzt. So konnten im Jahr 2021 zusätzlich eine PV-Leistung von 133 kW_{Peak} in Betrieb genommen werden. Aktuell umfasst die Gesamtanschlussleistung der installierten PV-Anlagen rund 874 kW_{Peak}. Eine detaillierte Übersicht der PV-Anlagen auf den städtischen Gebäuden findet sich im Anhang.

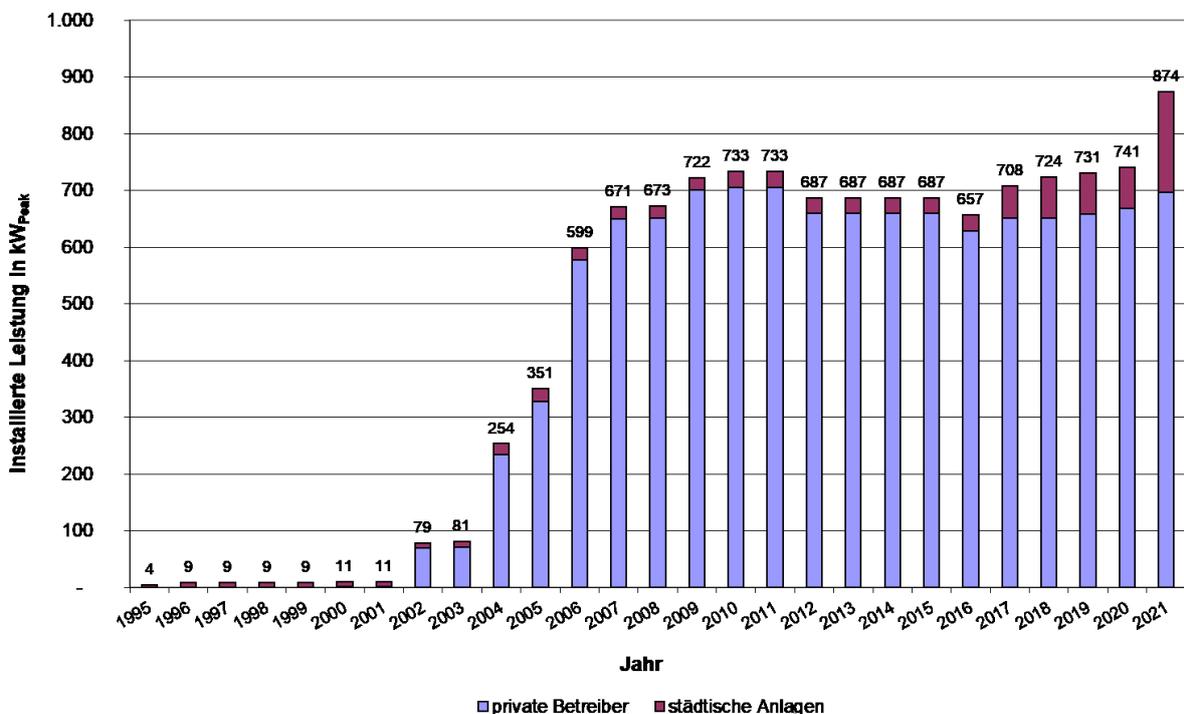


Abb. 23: Entwicklung der Gesamtanschlussleistung von Photovoltaikanlagen auf städtischen Gebäuden von 1995 bis 2021.

Der Ausbau von Photovoltaik auf städtischen Gebäuden ist ein aktiver Beitrag zum Klimaschutz. Bei einer geschätzten Stromproduktion von 900 kWh pro 1 kW_{Peak} werden durch die bereits vorhandenen PV-Anlagen jährlich rund 786.000 kWh Strom klimaneutral erzeugt. Das entspricht etwa 11 % des jährlichen Stromverbrauchs (rund 7 Mio. kWh) in den städtischen Gebäuden. Ausgehend von einer Emission von 485 Gramm CO₂ pro Kilowattstunde Strom bei konventioneller Erzeugung beträgt die jährlich eingesparte Menge an CO₂ durch die solare Stromerzeugung rund 315 Tonnen.

Solarthermie

Bei energetischen Gebäudesanierungen und bei Neubauten prüft das Gebäudemanagement, ob der Einsatz von thermischen Solaranlagen möglich ist. Bei geeigneten Dachflächen ist eine thermische Solaranlage auch immer in Konkurrenz zu einer Photovoltaik-Anlage zu sehen.

Eine solare Warmwasserbereitung setzt eine zentrale Warmwasserversorgung voraus, die aber bei vielen städtischen Gebäuden aufgrund des geringen Warmwasserbedarfs aus wirtschaftlichen Gründen (Leitungsverluste, Legionellenproblematik) nicht sinnvoll ist. Wenn Solarthermie für die Warmwasserbereitung eingesetzt wird, erfolgt dies in der Regel in Kombination mit einer solaren Heizungsunterstützung. Beispiel hierfür sind die Schulturnhallen der Hermann-Hedenus-Schule und der Schule Tennenlohe.

6 Arbeitsschwerpunkte des Energiemanagements

Das Energiemanagement ist ein wesentlicher Aufgabenbereich der Stabsstelle Energie und Umwelt im Amt für Gebäudemanagement der Stadt Erlangen. Nachfolgend werden die Arbeitsschwerpunkte des Energiemanagements stichpunktartig aufgeführt:

- **Energiecontrolling**

Ein wichtiges Instrument des Energiemanagements ist die Verbrauchskontrolle. Mit Hilfe von Verbrauchskennwerten wird der Energie- und Wasserverbrauch analysiert. Um eine zeitnahe Verbrauchskontrolle zu erreichen, werden bei einem Großteil der Gebäude zusätzlich die Stände der Energie- und Wasserverbrauchszähler monatlich erfasst und ausgewertet. Durch das Energiecontrolling wird eine zielgerichtete Vorgehensweise bei der Erschließung von Energieeinsparpotentialen ermöglicht.

- **Information**

Ein weiteres Mittel zur Reduzierung des Energie- und Wasserverbrauchs ist die regelmäßige Weitergabe von Informationen an die Gebäudenutzer zu energiebewusstem Verhalten. Sanierungen und Neubauten führen zu einer dichten Gebäudehülle. Dieser gewünschte Effekt macht ein verändertes Nutzerverhalten notwendig. Gemeinsam begleiten die am Bau beteiligten Architekten, Ingenieure und Techniker die Nutzer bei der Einweisung und bei Lüftungsplänen.

- **Energieeinsparprojekte**

Das Energiemanagement betreut seit Jahren das Energieeinsparprojekt „50/50“. Für die Reduzierung an Strom, Heizenergie und Wasser bekommen städtische Einrichtungen eine Prämie. Mittlerweile sind in Erlangen 18 Schulen beteiligt, dazu kommen noch einige Kindertageseinrichtungen und Sportanlagen.

- **Bauphysikalische Planung und Beratung**

Das Energiemanagement ist interner Ansprechpartner für bauphysikalische Fragestellungen. Energetische Standards werden festgelegt und bei sich verändernden Rahmenbedingungen fortgeschrieben.

- **Öffentlichkeitsarbeit und sonstige Aktivitäten**

Die Stabsstelle Energie und Umwelt beteiligt sich bei Veranstaltungen der Stadtverwaltung und veröffentlicht in regelmäßigen Abständen einen Energiebericht. Des Weiteren ist die Stabsstelle interner und externer Ansprechpartner für die Nutzung von städtischen Dachflächen für Photovoltaikanlagen.

Energiebericht für städtische Gebäude und Einrichtungen 2021

Anhang

I.	Klimabereinigung von Verbrauchswerten - Gradtagzahlen	26
II.	Wärmeverbrauch in städtischen Gebäuden nach Heizenergiearten	27
III.	Heizenergieverbrauch in städtischen Gebäuden	28
IV.	Stromverbrauch in städtischen Gebäuden	28
V.	Wasserverbrauch in städtischen Gebäuden	29
VI.	Bildung von Verbrauchskennwerten – Bezugsflächen	29
VII.	Energie- und Wasserverbrauchskennwerte	30
VII.a	Schulen	30
VII.b	Verwaltungsgebäude	33
VIII.	Liste der Photovoltaikanlagen auf städtischen Gebäuden	34
IV.	Übersicht der Primärenergie- und CO ₂ -Emissionsfaktoren	36

I. Klimabereinigung von Verbrauchswerten – Gradtagzahlen

Um den Witterungseinfluss beim Heizenergieverbrauch zu berücksichtigen wird die Gradtagzahl definiert. Gebildet wird die Gradtagzahl aus der Summe der täglichen Differenz der gemessenen mittleren Außentemperatur zur Raumsolltemperatur von 20° Celsius für alle Heiztage eines Kalenderjahres. Ein Kalendertag zählt als Heiztag, wenn seine mittlere Tagestemperatur 15° Celsius nicht übersteigt.

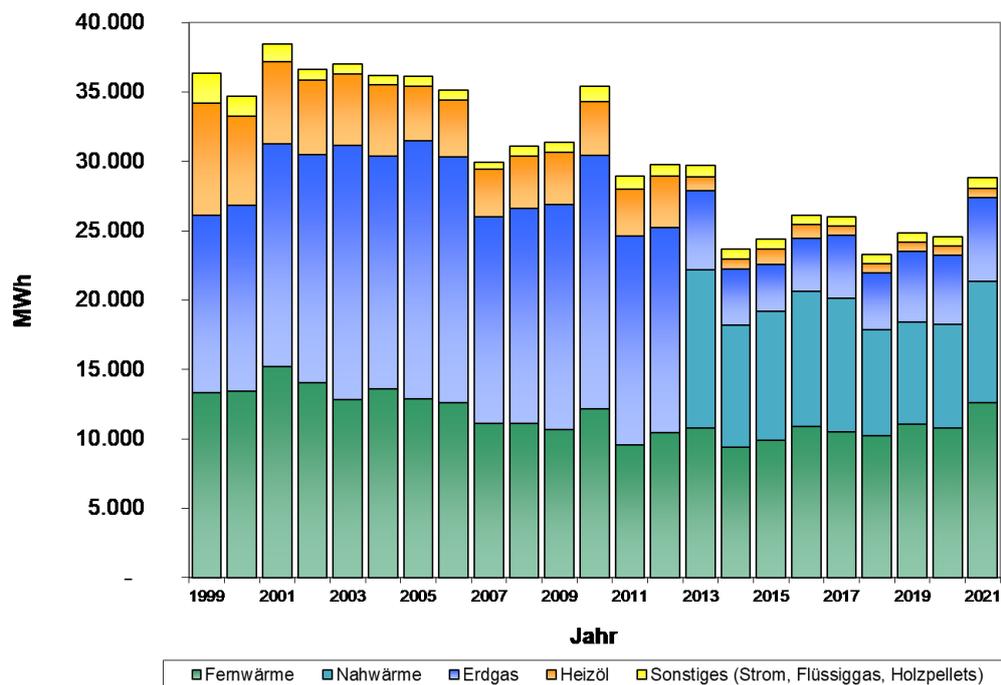
Mit Hilfe der Gradtagzahl des betrachteten Zeitraums und des langjährigen Mittels der Gradtagzahlen können Heizenergieverbräuche verschiedener Zeiträume witterungsbereinigt und somit vergleichbar gemacht werden. Die Gradtagzahlen für Erlangen werden von den Erlanger Stadtwerken aufgezeichnet und sind in nachfolgender Tabelle dargestellt. Für die Witterungsbereinigung im Energiebericht wird das langjährige Mittel der Jahresgradtagzahlen für Nürnberg (3.983 Kd, Quelle: DIN V 4108-6:1995) verwendet.

Der Abrechnungszeitraum der Jahres-Verbrauchsrechnungen ist nicht immer das Kalenderjahr, sondern geht beispielsweise von Oktober bis September des Folgejahrs. Im Energiebericht werden die unterschiedlichen Abrechnungszeiträume einem Kalenderjahr zugeordnet. Bei der Witterungsbereinigung des Wärmeverbrauchs werden die unterschiedlichen Abrechnungszeiträume jedoch entsprechend der tatsächlichen Witterung berücksichtigt.

Jahr	Jahresgradtagzahlen für Erlangen
1999	3.455 Kd
2000	3.309 Kd
2001	3.632 Kd
2002	3.346 Kd
2003	3.543 Kd
2004	3.582 Kd
2005	3.554 Kd
2006	3.353 Kd
2007	3.180 Kd
2008	3.379 Kd
2009	3.313 Kd
2010	3.841 Kd
2011	3.113 Kd
2012	3.347 Kd
2013	3.433 Kd
2014	2.693 Kd
2015	2.939 Kd
2016	3.166 Kd
2017	3.201 Kd
2018	2.839 Kd
2019	2.992 Kd
2020	2.892 Kd
2021	3.332 Kd

Quelle: Erlanger Stadtwerke

II. Wärmeverbrauch städtischer Gebäude nach Heizenergiearten



Jahr	Energieträger						
	Fernwärme	Nahwärme	Erdgas	Heizöl	*)Flüssiggas	Heizstrom	*)Holzpellets
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
1999	13.335.920		12.762.581	8.070.606	243.890	1.922.821	
2000	13.448.030		13.382.041	6.403.110	251.190	1.220.757	
2001	15.225.700		16.020.140	5.939.840	258.593	1.019.626	
2002	14.063.750		16.428.122	5.360.050	239.679	537.704	
2003	12.829.603		18.342.814	5.137.280	226.882	483.994	
2004	13.590.910		16.767.279	5.138.360	209.831	498.266	
2005	12.895.210		18.568.063	3.976.980	195.546	480.183	
2006	12.612.230		17.697.651	4.091.320	208.663	511.510	
2007	11.106.859		14.905.188	3.397.460	175.413	362.485	
2008	11.124.496		15.511.365	3.742.690	278.526	454.173	
2009	10.674.823		16.206.352	3.747.440	179.098	576.706	
2010	12.158.459		18.296.597	3.826.800	222.554	892.935	
2011	9.569.281		15.047.298	3.398.190	198.836	586.375	109.616
2012	10.441.964		14.791.413	3.695.010	189.690	536.525	107.616
2013	10.785.603	11.383.173	5.713.492	1.014.340	181.731	499.399	107.424
2014	9.386.282	8.786.135	4.052.947	739.740	112.466	479.282	115.296
2015	9.867.925	9.298.959	3.414.790	1.100.780	147.882	483.010	88.704
2016	10.873.371	9.765.307	3.833.960	957.220	161.611	447.807	97.824
2017	10.508.784	9.633.696	4.547.796	640.830	163.822	440.439	92.184
2018	10.233.193	7.618.473	4.119.725	676.780	142.335	434.499	81.600
2019	11.046.862	7.364.550	5.078.207	670.560	141.075	419.959	118.368
2020	10.782.755	7.455.372	4.981.335	682.960	139.943	399.305	109.248
2021	12.616.131	8.760.781	5.987.229	703.180	164.827	474.222	98.784

*) Eingekaufte Mengen.

III. Wärmeverbrauch in städtischen Gebäuden

Jahr	Nettoraumfläche ¹⁾ (NRF) in m ²	Verbrauch in kWh	klimabereinigter flächenspezifischer Verbrauch in kWh/m ² a (NRF)	Kosten in Euro
1999	281.295	36.335.818	148,9	1.263.791
2000	289.385	34.705.128	144,4	1.362.952
2001	291.044	38.463.899	145,8	1.788.686
2002	297.057	36.629.305	146,8	1.689.356
2003	294.644	37.020.576	141,3	1.763.270
2004	293.922	36.204.646	136,0	1.847.046
2005	292.080	36.115.982	138,6	1.921.672
2006	294.206	35.121.374	141,8	2.067.247
2007	293.704	29.947.405	131,4	1.977.684
2008	287.715	31.111.250	127,5	2.258.237
2009	289.171	31.384.419	130,1	2.418.248
2010	292.875	35.403.105	127,0	2.518.381
2011	291.270	28.799.981	124,1	2.419.321
2012	291.364	29.721.939	121,8	2.606.069
2013	290.953	29.667.569	117,6	2.906.229
2014	291.134	23.619.783	119,0	2.489.449
2015	293.632	24.389.737	112,4	2.518.200
2016	295.285	26.125.124	113,4	2.601.916
2017	295.285	26.027.550	110,2	2.476.795
2018	289.234	23.306.604	112,5	2.303.161
2019	289.386	24.839.582	114,6	2.507.519
2020	288.545	24.550.918	117,5	2.524.784
2021	291.884	28.805.155	118,3	2.824.253

IV. Stromverbrauch in städtischen Gebäuden

Jahr	Nettoraumfläche ¹⁾ (NRF) in m ²	Verbrauch in kWh	flächenspezifischer Verbrauch in kWh/m ² a (NRF)	Kosten in Euro
1999	293.984	5.836.764	19,9	736.756
2000	302.943	6.015.355	19,9	674.240
2001	303.106	6.371.190	21,0	715.821
2002	307.622	6.562.362	21,3	803.313
2003	304.894	6.365.179	20,9	859.013
2004	303.908	6.598.611	21,7	869.626
2005	303.449	6.742.786	22,2	935.320
2006	302.442	6.715.721	22,2	965.527
2007	303.552	6.863.719	22,6	1.079.075
2008	299.067	6.834.750	22,9	1.194.079
2009	300.672	6.899.239	22,9	1.296.435
2010	305.429	7.060.691	23,1	1.312.034
2011	302.563	7.015.131	23,2	1.402.321
2012	301.850	6.920.982	22,9	1.408.910
2013	301.702	7.058.184	23,4	1.608.789
2014	303.132	7.004.656	23,1	1.692.346
2015	305.344	7.088.949	23,2	1.547.655
2016	307.488	7.335.278	23,9	1.706.116
2017	306.747	7.111.740	23,5	1.694.568
2018	301.755	7.008.087	23,2	1.664.490
2019	302.735	7.081.574	23,4	1.811.971
2020	301.895	6.582.361	21,8	1.716.277
2021	307.828	6.700.340	21,8	1.737.640

V. Wasserverbrauch in städtischen Gebäuden

Jahr	Nettoraumfläche ¹⁾ (NRF) in m ²	Verbrauch in m ³	flächenspezifischer Verbrauch in Liter/m ² a (NRF)	Kosten in Euro ²⁾
1999	287.222	92.486	322	136.068
2000	296.646	85.634	289	133.510
2001	297.325	84.812	285	140.164
2002	300.289	81.109	270	134.551
2003	297.888	86.857	292	141.586
2004	295.208	79.512	269	130.326
2005	294.022	79.218	269	140.131
2006	293.777	84.190	287	149.927
2007	293.401	79.823	272	154.330
2008	288.025	78.318	272	151.328
2009	289.921	78.360	270	156.850
2010	292.863	74.844	256	148.879
2011	291.024	77.009	265	153.893
2012	291.368	79.747	274	156.854
2013	292.402	76.998	263	154.893
2014	291.973	77.639	266	168.681
2015	294.352	82.407	279	177.930
2016	295.069	87.815	298	189.060
2017	295.216	77.862	259	169.930
2018	288.693	77.336	268	167.647
2019	288.927	75.938	263	164.789
2020	288.297	72.111	250	158.363
2021	291.426	69.019	237	155.989

- 1) Die angegebenen Gebäudeflächen für den Wärme-, Strom- und Wasserverbrauch unterscheiden sich, da bei angemieteten Flächen in der Regel nur der Stromverbrauch direkt über eine ESTW-Abrechnung erfasst wird. Wenn der Stromverbrauch überwiegend zur Beheizung benutzt wird, wird der Verbrauch und die Nettoraumfläche unter Wärmeverbrauch erfasst.
- 2) Ohne Kanalgebühren.

VI. Bildung von Verbrauchskennwerten – Bezugsflächen

Für die Bildung von Verbrauchskennwerten ist die Bezugsfläche eine wichtige Größe. Ein eindeutiger Flächenbezug ist von maßgeblicher Bedeutung für die praktische Anwendung des Kennwertverfahrens, da unterschiedliche Flächen zu teilweise erheblich unterschiedlichen Verbrauchskennwerten führen. Deshalb ist es bei der Ausweisung von Verbrauchskennwerten wichtig, die Flächenbezüge anzugeben. In der Praxis werden folgende Flächen verwendet:

- **Bruttogrundfläche (BGF)**

Sie ergibt sich aus den Grundflächen aller Grundrissebenen eines Gebäudes. Da sie einfach zu erheben ist und die tatsächliche Gebäudefläche häufig nicht bekannt ist, wird sie oft verwendet. Die BGF ist je nach Bauweise und Gebäudeart um ca. 15 % bis 20 % größer als die NRF.

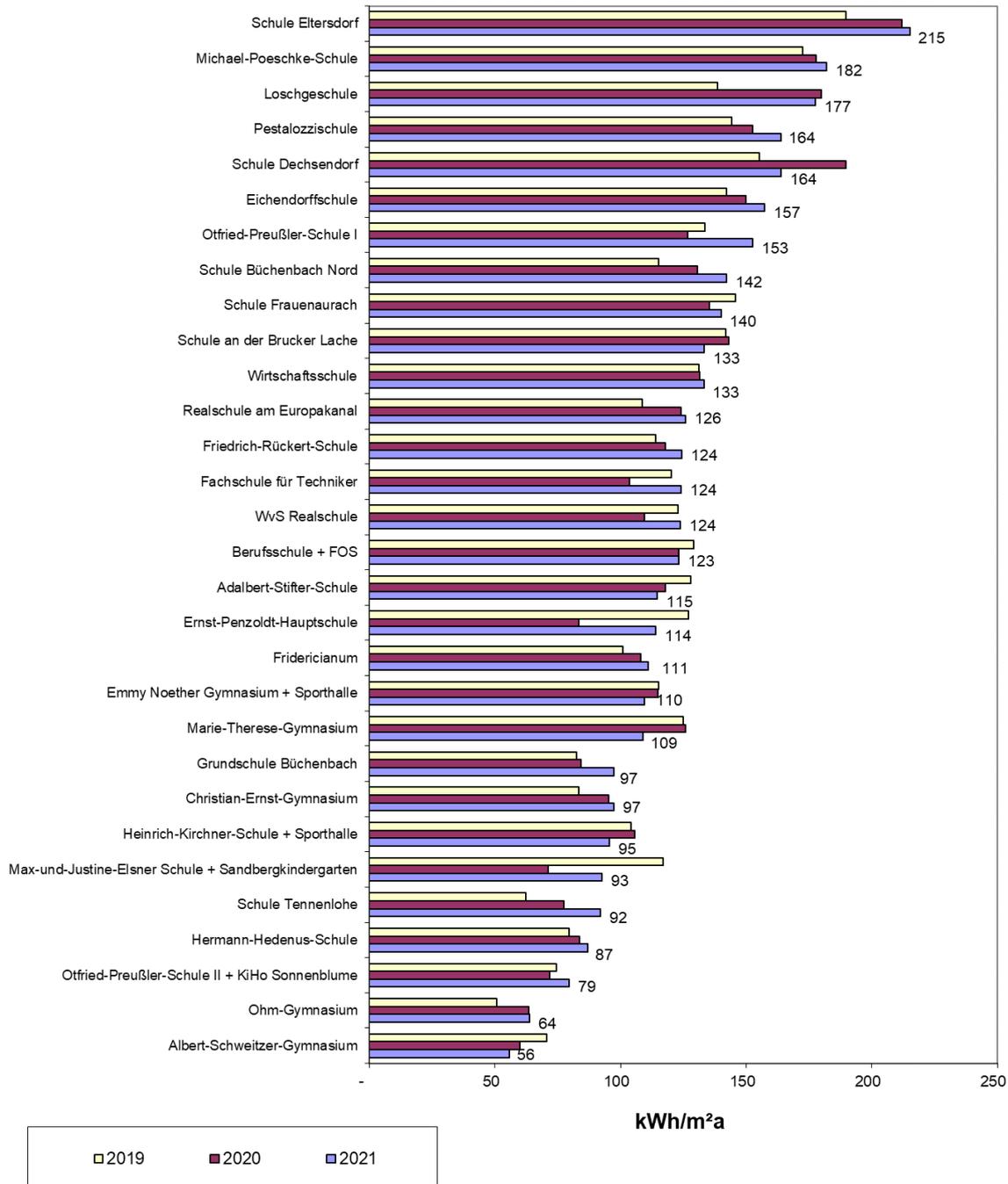
- **Nettoraumfläche (NRF)**

Sie ist die tatsächlich benutzbare Fläche eines Gebäudes (BGF ohne Konstruktionsgrundflächen) und deshalb zur Beurteilung eines Verbrauchs sinnvoller als die BGF. Bis 2016 wurde für die Nettoraumfläche die Bezeichnung Nettogrundfläche (NGF) verwendet. Im Energiebericht wird bei allen Kennwerten als Bezugsfläche die beheizte NRF verwendet. Für den Energiebericht 2019 wurde die NRF aller erfassten Gebäude auf ihre Relevanz für den Energieverbrauch überprüft und korrigiert. Unbeheizte Flächen, wie beispielsweise Kellerräume, wurden nicht mehr berücksichtigt. Dadurch kommt es zu Abweichungen gegenüber den Flächen und flächenbezogenen Verbrauchswerten in früher publizierten Energieberichten.

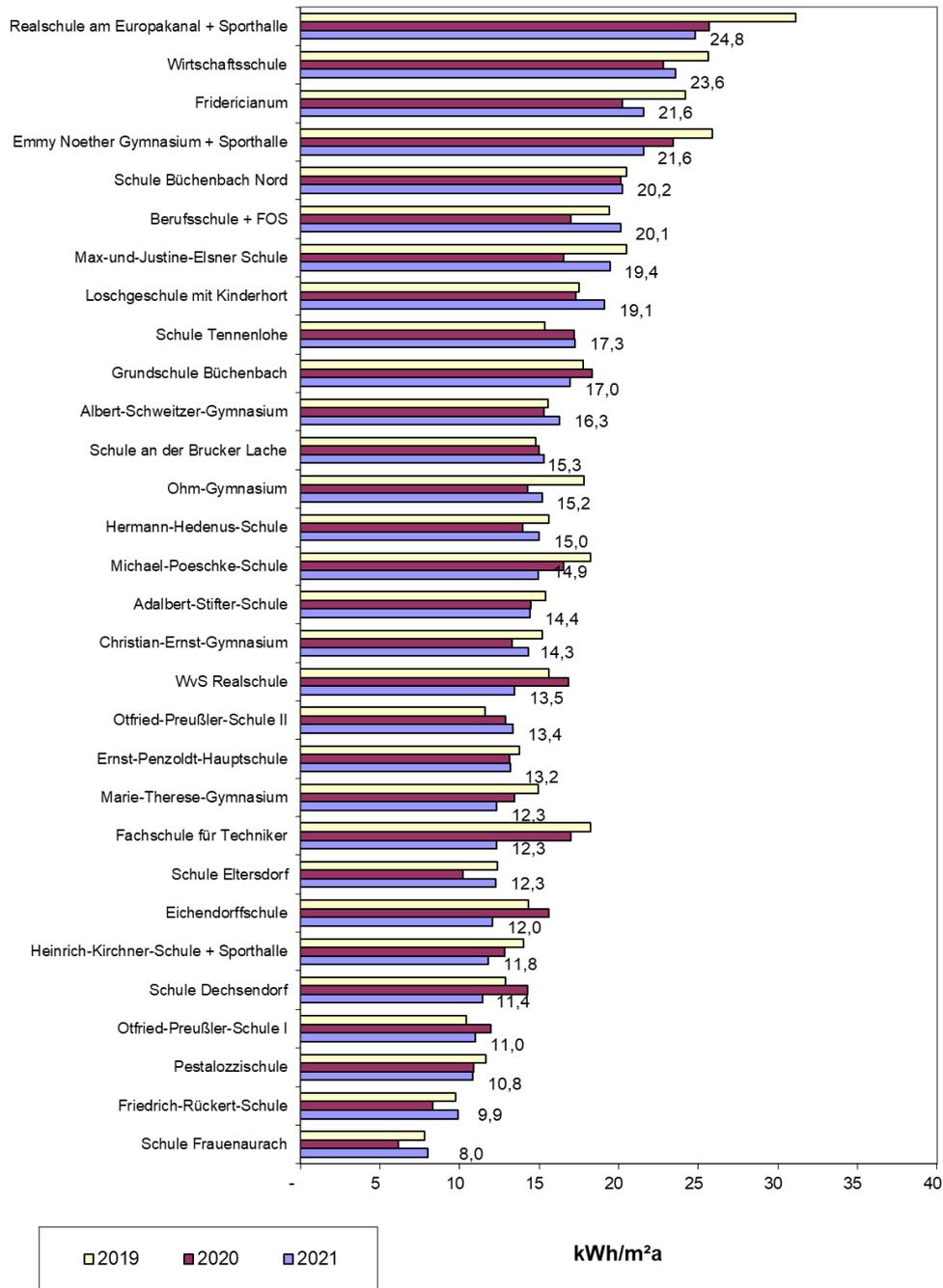
VII. Energie- und Wasserverbrauchskennwerte

VII.a Schulen

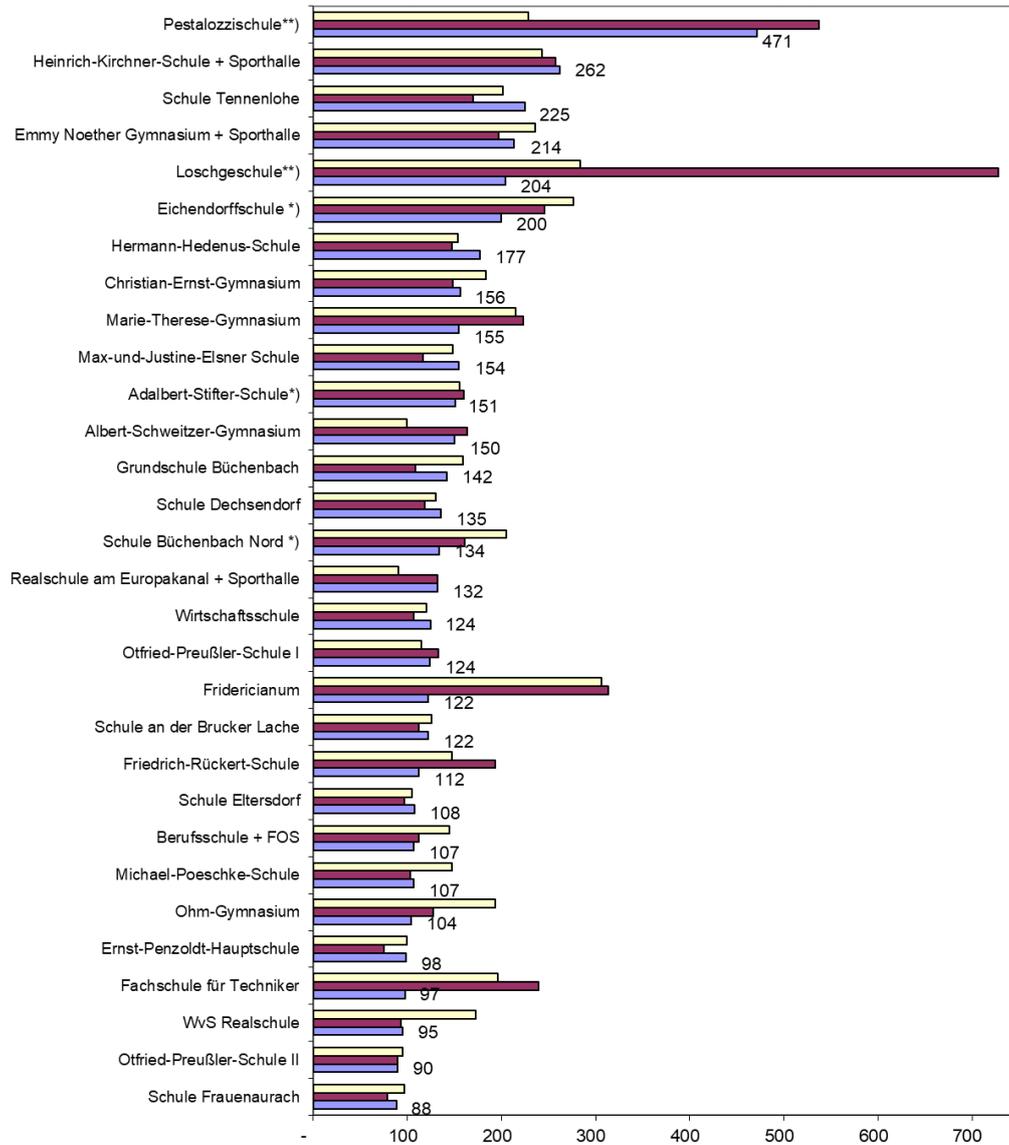
Wärmeverbrauchskennwerte Schulen, klimabereinigt



Stromverbrauchskennwerte Schulen



Wasserverbrauchskennwerte Schulen



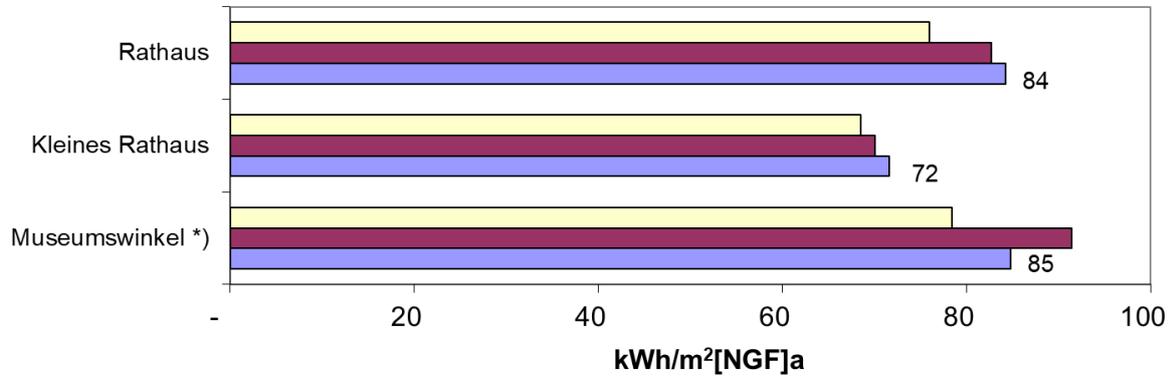
*) Verbrauch ohne Außenanlagen
**) Wasserrohrbruch



Liter/m²a

VII.b Verwaltungsgebäude (Auswahl)

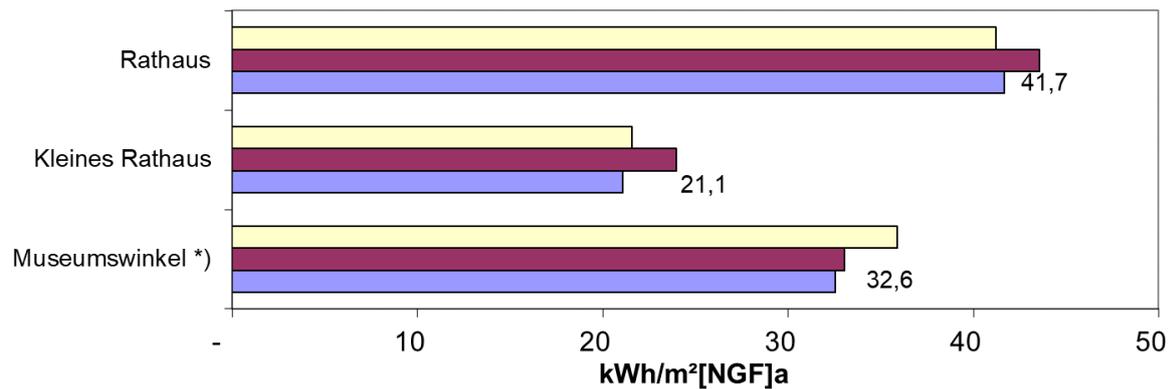
Wärmeverbrauchskenwerte Verwaltungsgebäude, klimabereinigt



*) Nutzung: Verwaltung, Museum, Archiv.

□ 2019 ■ 2020 ■ 2021

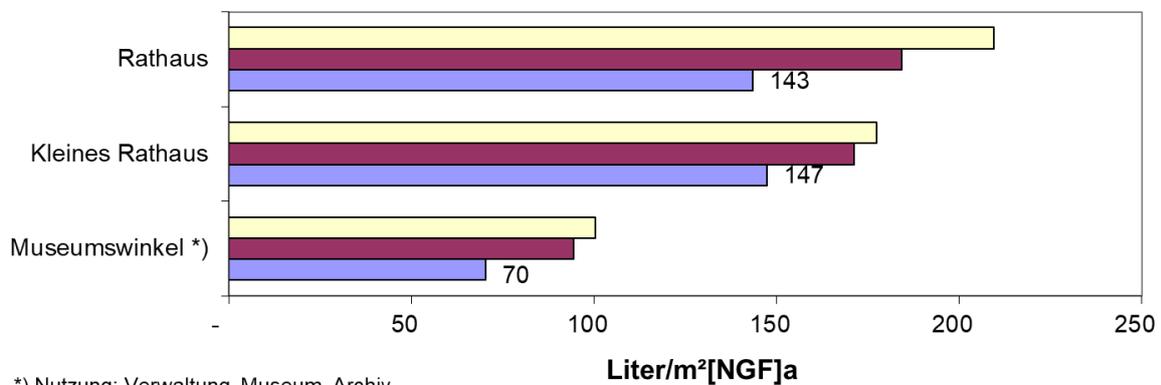
Stromverbrauchskennwerte Verwaltungsgebäude



*) Nutzung: Verwaltung, Museum, Archiv.

□ 2019 ■ 2020 ■ 2021

Wasserverbrauchskennwerte Verwaltungsgebäude



*) Nutzung: Verwaltung, Museum, Archiv.

□ 2019 ■ 2020 ■ 2021

VIII. Aktuelle Photovoltaikanlagen auf Gebäuden im Zuständigkeitsbereich des Gebäudemanagements (Stand 2021)

Standort	Leistung (kW _{Peak})	in Betrieb seit
Berufsschule	1	1995
Emmy-Noether-Gymnasium	0,7	1995
Rathaus	4,8	1996
Albert-Schweitzer-Gymnasium	38	2002
Städt. Wirtschaftsschule	30	2002
Realschule am Europakanal	2	2003
Fachschule für Techniker	1	2004
Albert-Schweitzer-Gymnasium	30	2004
Gymnasium Fridericianum	35	2004
Otfried-Preußler-Schule I	30	2004
Realschule am Europakanal	11	2004
Schule Büchenbach-Nord	58,7	2004
Eichendorffschule	1	2004
Schule Tennenlohe	1	2004
Fachoberschule	1	2004
Werner-von-Siemens-Realschule	1	2004
Adalbert-Stifter-Schule	1	2004
Max-und-Justine-Elsner-Schule	1	2004
Schule Eltersdorf	1	2004
Schule Büchenbach-Dorf	1	2005
Ohm-Gymnasium	1	2005
Gymnasium Fridericianum	35	2005
Heinrich-Kirchner-Sporthalle	30	2005
Pestalozzi-Schule	30	2005
Werner-von-Siemens-Realschule	80	2006
Eichendorff-Schule	27,15	2006
Ernst-Penzoldt-Hauptschule	45,8	2006
Hermann-Hedenus-Schule	1	2006
Otfried-Preußler-Schule II	2	2006
Loschgeschule	1	2006
Schule Brucker Lache	1	2006
Schule Frauenaarach	1	2006
Emmy-Noether-Gymnasium	51	2007
Gymnasium Fridericianum	17,6	2007
Friderich-Rückert-Schule	1	2007
Schule Dechsendorf	1	2007
Michael-Poeschke-Schule	1,6	2007
Herman-Hedenus-Grundschule	1	2008
Christian-Ernst-Gymnasium	1	2008

Fortsetzung der Tabelle auf der nächsten Seite

Fortsetzung der Tabelle

Hauptfeuerwache	50	2009
Otfried-Preußler-Schule II	13,44	2010
Albert-Schweitzer-Gymnasium	4	2010
Kleines Rathaus	7,6	2010
Ohm-Gymnasium	28,7	2017
Sporthalle Marie-Therese-Gymnasium	16,12	2018
Adalbert-Stifter-Schule	7,82	2019
Otfried-Preußler-Schule II	22	2019
Albert-Schweitzer-Gymnasium	10	2020
Heinrich-Kirchner-Schule	4,49	2021
Pestalozzischule	37,48	2021
Haus für Kinder BüNo 19	20	2021
Kulturpunkt Bruck	5,3	2021
Bürgerhaus Kriegenbrunn	9,9	2021
Rathaus (Erweiterung)	40	2021
Kleines Rathaus (Erweiterung)	17,5	2021
Summe	873,7 kW_{Peak}	

IX. Übersicht der im Energiebericht verwendeten Primärenergie- und CO₂-Emissionsfaktoren für die verschiedenen Energieträger

Energieträger		Primärenergiefaktor [-]	CO ₂ -Emissionsfaktor [kg/kWh] 1)
Erdgas		1,1	0,247
Flüssiggas		1,1	0,276
Holz-Pellets		0,2	0,025
Heizöl		1,1	0,318
Nahwärme		1,3	0,251
Strommix	1999	3,0	0,739
	2000	3,0	0,736
	2001	3,0	0,748
	2002	3,0	0,740
	2003	3,0	0,722
	2004	3,0	0,698
	2005	3,0	0,678
	2006	3,0	0,672
	2007	2,7	0,693
	2008	2,7	0,650
	2009	2,6	0,636
	2010	2,6	0,636
	2011	2,6	0,647
	2012	2,6	0,653
	2013	2,6	0,654
	2014	2,4	0,639
	Fernwärme	bis 2004	0,97
2005 ff		0,97	⁴⁾ 0,220
2006		0,57	⁴⁾ 0,220
2007		0,72	⁴⁾ 0,220
2008		0,67	⁴⁾ 0,220
2009ff		0,56	⁴⁾ 0,220
2019		0,56	0,201
2020ff		0,40	⁶⁾ 0,201

Quellen: Umweltbundesamt, Erlanger Stadtwerke, DIN V 18599, Umweltamt Stadt Erlangen, ifeu, eigene Berechnung.
Hinweis zum CO₂-Emissionsfaktor Strommix: Die Emissionsfaktoren werden vom Umweltbundesamt jährlich fortgeschrieben und aktualisiert.

¹⁾ Inkl. CO₂-Äquivalente und vorgelagerte Prozessketten; ²⁾ vorläufige Angabe; ³⁾ geschätzter Wert; ⁴⁾ Wert aus 2020; ⁶⁾ Wert aus 2019.