



Energiebericht
2019

Gebäudemanagement
Freiburg

Energiebericht 2019

für den

Gebäudebestand des Gebäudemanagements Freiburg

Vorwort



Kommunen kommt beim Klimaschutz eine ganz besondere Verantwortung zu, deswegen hat die Stadt Freiburg die eigenen Klimaziele noch mal erweitert und im Jahr 2019 ein neues Klimakonzept vom Gemeinderat beschließen lassen. Der CO₂-Ausstoß soll bis 2030 um 60% statt bisher 50% reduziert werden. Zudem soll die Verwaltung bis 2050 klimaneutral werden.

Einen wichtigen Beitrag übernimmt hier das kommunale Energiemanagement, mit dem der eigene Gebäudebestand sowie sämtliche Planungen und Entwicklungsvorhaben einer ständigen Kontrolle und Optimierung unterliegen, um das Energieeinsparpotential zu erhöhen und Kosten zu reduzieren.

Es freut mich daher, Ihnen den Energiebericht 2019 vorstellen zu können. Dieser fasst die Daten, Fakten und Aktivitäten des Energiemanagements zusammen. So zeigt sich, dass die seit Jahren investierten Maßnahmen zu einer konsequenten energetischen Verbesserung der städtischen Gebäude geführt haben. Bisher konnten wir in den städtischen Gebäuden eine CO₂-Einsparung von 42 % erreichen. Werden die seit 2019 hinzugekommenen Gebäude und Flächen berücksichtigt, liegt die relative CO₂-Einsparung sogar bei 53 %. Das ist ein gutes Ergebnis, zumal es bei hohen Einsparungen immer anspruchsvoller wird diese auch zu halten und vor allem noch zu steigern, da wir uns bereits auf einem sehr niedrigen Niveau bewegen.

Offensichtlich stehen wir vor neuen großen Herausforderungen. Unsere Gebäude werden immer intensiver genutzt, auch in den Ferien. Wir erleben eine rasante Entwicklung neuer „strombasierter“ Techniken und Dienstleistungen wie die Digitalisierung. Diese werden in unseren Gebäuden zunehmend genutzt und erhöhen damit auch den Stromverbrauch.

Bei der Wärmeversorgung der Gebäude setzen wir seit Jahren auf Kraft-Wärme-Kopplung mittels Fernwärme und neuen eigenen Blockheizkraftwerken. Deren Anzahl ist in den letzten Jahren stark gestiegen und das Potenzial wird voll ausgeschöpft. Auch die Zahl an Photovoltaik-Anlagen steigt rasant an. Gebäude mit sehr gutem Wärmeschutz und einer vollflächigen PV-Anlage ermöglichen eine neue Strategie, auch bei der Wärmeversorgung. Dort kann eine effiziente Wärmepumpe weiteres CO₂-Einsparpotential erschließen.

Wie in den vergangenen Jahren wird unser Augenmerk auch weiter in der Reduzierung des Energieverbrauchs in unseren Gebäuden liegen müssen. Neben einer weiteren Senkung des Wärmebedarfs, wird die künftige Herausforderung aber darin liegen, den - trotz Einsatz neuester energiesparender Technologien - permanent steigenden Strombedarf zu begrenzen, denn nur dann wird es uns möglich sein, den Gesamtenergieverbrauch klimaneutral zu decken. Wegen der vielfältigen Anforderungen ist dies eine stadtweite Herausforderung, die ämterübergreifend gelöst werden muss.



Ihr
Prof. Dr. Martin Haag
(Bürgermeister)

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
2	Grundlagen	8
2.1	Gemeinderatsbeschlüsse	8
2.2	Bau- und Energieleitlinie	8
2.3	Datenlage	9
3	Auswertung Kosten, Verbrauch und CO ₂	11
3.1	Preisentwicklung	11
3.2	Bereinigung der Wärmeverbräuche	12
3.3	Flächenentwicklung	13
3.4	Versorgungsstruktur	13
3.5	Verbräuche Energie und Wasser	14
3.6	Kosten Energie und Wasser	17
3.7	Kennzahlentwicklung der Gebäude	17
3.8	CO ₂ -Entwicklung und Klimaschutz	17
4	Investive Maßnahmen	20
4.1	Förderungen	20
4.1.1	Förderungen des Bundes	20
4.1.2	Förderungen des Landes	22
5	Sanierungsmaßnahmen	23
5.1	Bauliche Sanierungsmaßnahmen	23
5.2	Heizanlagenanierungen	23
5.3	Contracting	26
6	Schulungen Hausmeister, Nutzerverhalten	27
7	Betriebsoptimierung	28
8	fifty-fifty - Energiesparpogramm an Freiburger Schulen	29
9	Projektdarstellung Neubau	31
9.1	Neubauten in Passivhaus-Bauweise	31
9.2	Das neue Rathaus im Stühlinger	31
9.3	Neubau der Staudinger Gesamtschule	33
10	Regenerative Energien, Kraft-Wärme-Kopplung und Ökostrom	36
10.1	PV-Anlagen	36
10.2	Solarkollektor-Anlagen	37

10.3	Holzenergie	38
10.4	Kraft-Wärme-Kopplung	39
10.5	Ökostrom	43
10.6	Biogas	44
11	Öffentlichkeitsarbeit	45
12	Ausblick	46
13	Anhang	47
13.1	Energetische Standards und Hinweise	47
13.2	Kennzahlen	49

1 Einleitung

Der Energiebericht 2019 des Gebäudemanagements Freiburg (GMF) analysiert die erhobenen Verbrauchs- und Kostendaten und bestimmt die CO₂-Emissionen des Gebäudebestandes. Für die Auswertungen im Energiebericht wird die Datenbasis 2018 des aktuellen Gebäudebestandes des GMF verwendet und insbesondere mit dem Basisjahr 1990, aber auch mit den Ergebnissen und Daten des letzten Energieberichtes 2013 verglichen. Er gibt einen Überblick über alle wesentlichen Projekte des GMF im Betrachtungszeitraum bis 2018 einschließlich eigener Projekte des Energiemanagements.

Die erhobenen spezifischen Kennwerte der städtischen Gebäude geben erste wichtige Hinweise zum energetischen Zustand. Sie sind eine notwendige Grundlage für akute Maßnahmen, Sanierungskonzepte, Förderanträge und Controlling-Aufgaben. Wegen der gewachsenen Zahl an städtischen Gebäuden werden die Verwaltungsgebäude in einer eigenen Kategorie dargestellt. Der Energiebericht umfasst die im Zuständigkeitsbereich des Gebäudemanagements liegenden nicht gewerblichen Immobilien. Dies sind insbesondere die Schulen, Kindergärten, Jugendeinrichtungen, Sporthallen, die Verwaltungsgebäude und Bürgerhäuser sowie die Museen, Archive und Feuerwehren.

Von der Berichterstattung sind im Berichtszeitraum die Wohnheime und die städtischen Wohnungen ausgenommen, ebenso die Gebäude der städtischen Gesellschaften und Eigenbetriebe. Bei der Darstellung des Energieeinkaufs sind auch die Mengen für Straßenbeleuchtung und Signalanlagen enthalten, für die das Gebäudemanagement die Energie mit beschafft.

2 Grundlagen

2.1 Gemeinderatsbeschlüsse

Aktuelle Gemeinderatsbeschlüsse der Stadt Freiburg für den Gebäudebestand des GMF

Der Arbeit des Gebäudemanagement (GMF) liegen folgende Beschlüsse zugrunde:

Drucksache G-03/222: "10 % Strom aus erneuerbaren Energiequellen", inkl. 10 % Stromersparung

Drucksache G-03/088.1: Öko-Bonus von 50 € je vermiedene Tonne CO₂ bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Heizanlagen, wenn eine Variante finanziell nicht mehr als 10 % über der Vergleichsvariante liegt

Drucksache G-07/120: Bau- und Energieleitlinie

Drucksache G-09/285: Freiburger Energieeffizienz-Strategie – Zustimmung zu den Klimaschutzziele des Gebäudemanagement; u.a. Neubauten Passivhausstandard, Sanierung mit Passivhauselementen, Ausbau BHKWs

Drucksache G-14/081: Nutzung der stadteigenen Dachflächen vorrangig für die Solarstromerzeugung zum Eigenstromverbrauch

Drucksache G-18/179: Aktuelles Klimaschutzkonzept der Stadt Freiburg von 2019, Fortschreibung von G-14/047 und der Klimaschutzziele der Stadt Freiburg, Verringerung der CO₂-Emissionen in Freiburg um mindestens 60% mit Leuchtturmprojekt „Klimaneutrale Verwaltung“ bis 2030 und langfristiger Klimaneutralität bis 2050.

2.2 Bau- und Energieleitlinie

Die vom Gemeinderat verabschiedete Energieleitlinie definiert die Anforderungen an energie-sparendes Bauen und an effiziente Technik für den Neubau, bei Sanierungen und für den Betrieb sowie für die Nutzung der Gebäude. Die vom GMF festgelegten Standards ergänzen bestehende Vorgaben und Gesetze und gehen deutlich über diese hinaus.

Die Bauleitlinien und die Energieleitlinie sind für alle städtischen Mitarbeiter*innen, aber auch für sämtliche externen Planer*innen und Dienstleister*innen bindend. Die Energieleitlinie gilt jedoch nicht nur für große Vorhaben, sondern insbesondere auch für die zahlreichen kleinen Sanierungs- und Unterhaltungsmaßnahmen, die dann in der Summe ebenfalls einen wichtigen Beitrag zur Energie- und Kosteneinsparung leisten.

Die Energieleitlinie hat sich in Verbindung mit den Baustandards in der Praxis bewährt. Sie wird vom Gebäudemanagement regelmäßig aktualisiert und fortgeschrieben.

Bei der Realisierung einer Maßnahme steht die Wirtschaftlichkeit an erster Stelle. Das GMF kann beim Variantenvergleich, z.B. von Energiesystemen, 50 € pro eingesparte Tonne CO₂ berücksichtigen. Bei umweltfreundlicheren Anlagen soll so erreicht werden, dass sie trotz oft höherer Investitionskosten und damit hoher Kapitalkosten umsetzbar bleiben. Entscheidend ist der Lebenszyklus eines Gebäudes. Diese umfassendere Betrachtung führt bei Sanierungen dazu, dass sich hohe Anforderungen an den Wärmeschutz sowie eine gute Effizienz der technischen Ausstattung durchsetzen können. Die Gebäude bieten gerade auch durch die hohen energetischen Anforderungen einen guten Komfort und hohe Behaglichkeit im Winter sowie

einen guten sommerlichen Wärmeschutz; häufig auch in Verbindung mit einer guten Frischluftqualität bei mechanischen Lüftungen.

Wichtigster Grundstandard bei Neubauten ist die Passivhausbauweise und bei Sanierungen der Einsatz von Passivhauselementen. Das GMF realisiert damit bereits schon heute einen adäquaten Standard, der absehbar auch vom Gesetzgeber angekündigt ist. Der Passivhaus-Standard ist bei Neubauten mittlerweile obligatorisch; mit dem Klassenbau am Theodor-Heuss-Gymnasium konnte sogar eine Sanierung in Passivhaus-Standard realisiert werden. Inzwischen strebt das Gebäudemanagement bei Neubauten den erweiterten Plusenergie-Standard an. Als erstes großes Bauprojekt wurde nunmehr das Verwaltungszentrum im Stühlinger – in Form eines Netto-Plusenergiehauses - realisiert. Die Definition der verschiedenen Standards ist im Anhang Kap. 12.1 dargestellt.

2.3 Datenlage

Der überwiegende Teil der Rechnungsdaten von Strom und Erdgas sowie die Daten von Wasser/Abwasser werden dem GMF seit 2014 über SAP mittels einer Schnittstelle direkt zur Verfügung gestellt. Die zunehmende Menge und Komplexität der zu verarbeitenden Daten, Energiesysteme, Auswertungen, aber auch die Anforderungen des Monitorings erfordern eine regelmäßige Anpassung der eingesetzten Software.

Aufgrund der Größe der Bezugsmengen zählt die Stadt Freiburg beim Energieversorger zu den Gewerbekunden. Das hat den Vorteil, dass für große Liegenschaften bzw. Verbraucher auch Lastgänge zur Verfügung gestellt werden.

Bei den Strom- und Erdgasdaten wird unterschieden zwischen RLM¹- und SLP²-Abnahmestellen. RLM-Abnahmestellen werden monatlich und SLP-Abnahmestellen jährlich abgerechnet. Bei RLM-Abnahmestellen muss der Energieversorger eine registrierte Leistungsmessung durchführen. Über spezielle Zähler erfolgt eine permanente viertelstündige Messung der aktuell bezogenen Leistung. Anhand dieser Daten kann der sogenannte Lastgang, eine Gesamtdarstellung der bezogenen Leistung und Summe der Arbeit, dargestellt werden. Die Lastgangdaten müssen bei RLM-Abnahmestellen dem Kunden zur Verfügung gestellt werden. Diese Lastgänge sind für ein vertieftes Energie-Controlling unerlässlich. Sie unterstützen u.a. auch eine genauere Auslegung in Planung befindlicher Anlagen. RLM-Abnahmestellen sind beim Strom ab 100.000 kWh sowie bei Erdgas ab 1.500.000 kWh vorgesehen.

Die SLP-Abnahmestellen werden hingegen jährlich abgelesen und abgerechnet. Aufgrund einer Vereinbarung mit dem Energieversorger wurden die Abrechnungen für 2018 möglichst im 1. Quartal 2019 bereitgestellt, so dass sie für Auswertungen und Berichte zeitnah zur Verfügung stehen.

Zusätzlich zu den o.g. Daten, die per Schnittstelle seitens des Energieversorgers bereitgestellt werden, müssen zahlreiche Datensätze zusätzlich manuell eingegeben werden. Dazu zählen insbesondere die monatlichen Abrechnungen der Fernwärmeabnahmestellen, die Kosten und Mengen von Flüssiggas, festen Brennstoffen wie Holzhackschnitzel und Holzpellets sowie die von Heizöl.

¹ RLM = Registrierte Leistungsmessung (genaue 1/4h Lastgangmessung mit monatlicher Abrechnung)

² SLP = Standardlastprofil (vereinfachtes Lastprofil mit jährlicher Abrechnung)

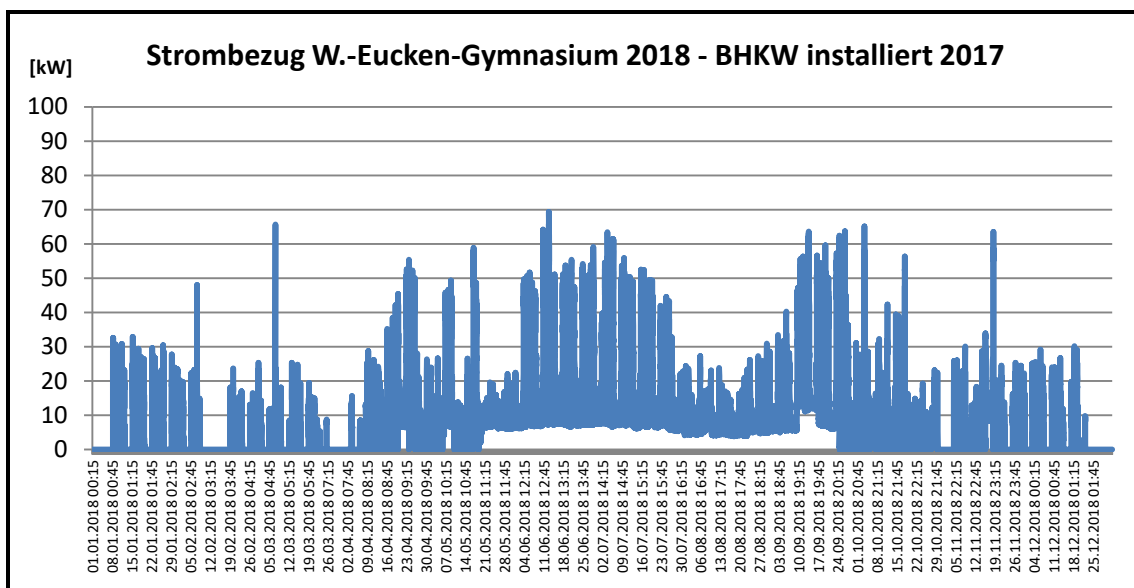
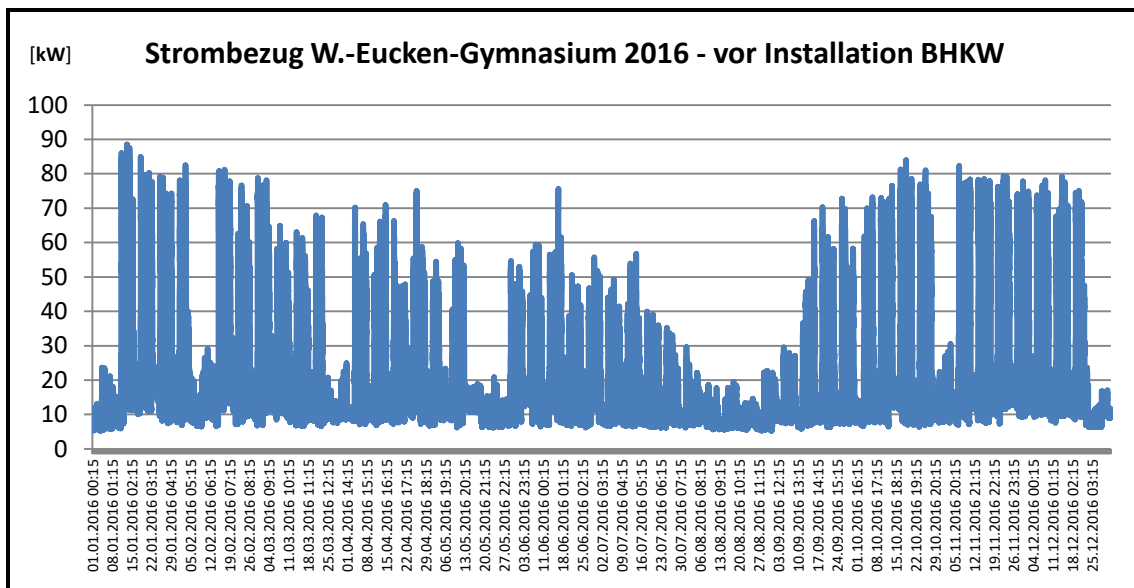


Abb.1 u. 2: Auswertung der RLM Abnahmestelle Walter-Eucken-Gymnasium (Lastgang vor u. nach der Installation des BHKWs)³

³ Die Auswertung zeigt, dass vor allem in den Wintermonaten (Heizperiode) durch die Eigennutzung des vom BHKW erzeugten Stroms deutlich weniger Strom vom Energielieferanten bezogen werden musste

3 Auswertung Kosten, Verbrauch und CO₂

3.1 Preisentwicklung

Im Vergleich zum Basisjahr 1990 (Index = 100) entwickelten sich die Preise wie folgt:

Preisindex 1990 = 100					
Jahr	1990	1999	2009	2013	2018
Fernwärme	100	147,3	288,1	280,3	276,2
Gas	100	121,7	344,8	270,3	209,9
Öl	100	131,6	253,1	409,4	346,3
Strom	100	92,0	109,5	119,4	122,3
Wasser	100	132,7	132,8	145,3	152,7

Tab. 1: Entwicklung der Preisindizes von 1990 bis 2019⁴

Die Preise für Fernwärme orientierten sich früher an den Öl-, inzwischen aber an den Erdgaspreisen sowie am Lohnindex und den Kosten für Maschinenerzeugnisse. Eine Fernwärmelieferung ist eine Dienstleistung. Die Wärme wird beim Lieferanten erzeugt. Dieser Sachverhalt wird über Preisgleitklauseln definiert und über anteilige Faktoren geregelt. Steigen beispielweise die Lohnkosten, steigt i.d.R. der Fernwärmepreis, auch wenn die Energiepreise zu Erzeugung der Wärme in diesem Zeitraum konstant geblieben sind. Dies hat den Vorteil, dass die Lieferverträge nicht jedes Jahr neu verhandelt, sondern längerfristig abgeschlossen werden können.

Das Gebäudemanagement kauft Erdgas und Strom seit 2012 beim Energieversorger nach einem neuen marktorientierten Tranchenmodell immer für die kommenden Jahre ein. Der Energieeinkauf umfasst neben den Gebäuden des Gebäudemanagements insbesondere auch den Stromeinkauf für die öffentliche Beleuchtung und die Lichtanlagen. In 2018 wurden bereits Erdgas und Strom für 2020 über drei bzw. vier Tranchen vollständig beschafft. Das Tranchenmodell bietet die Möglichkeit einer guten Risikoverteilung, insbesondere bei den volatilen Preisen, wie sie in den letzten Jahren auf dem Energiemarkt vorherrschen.

Der Gaseinkaufspreis sank von 2013 auf 2018 leicht und folgte dem bundesweiten Trend.

Der Ölpreis befand sich 2013 auf einem hohen Niveau. Im Jahr 2018 ging er wieder zurück und ist ebenfalls relativ volatil.

Beim Strom konnten gute Einkaufskonditionen den starken Anstieg des Gesamtstrompreises abmildern, aber nicht kompensieren. Den größten Anteil am Strompreis machen mittlerweile Steuern und Abgaben aus. Den größten Preisbestandteil bildet hierbei die EEG-Umlage⁵. Der Preisanteil, der über den Einkauf beeinflusst werden kann, beträgt etwa 40%.

⁴ In Anlehnung an das stat. Bundesamt. Beispiele: Anstieg Fernwärmepreis von 1990 bis 2019 um 176,2%, Anstieg Ölpreis um 246,3%

⁵ EEG-Umlage: Jährlich neu festgelegter und zu entrichtender Aufschlag je bezogene kWh, gemäß Erneuerbare-Energien-Gesetz für nicht privilegierte Letztverbraucher (2019 noch Prognose-Wert)

Kosten der EEG-Umlage Stromeinkauf		
Gesamtbezug rd. 29.900 MWh p.a., davon für GMF-Gebäude ca. 50%		
Jahr	EEG-Umlage netto	Kosten (brutto)
	ct/kWh	€/a
2013	5,28	1.696.464
2014	6,24	2.004.912
2015	6,17	2.195.348
2016	6,35	2.260.817
2017	6,88	2.447.973
2018	6,79	2.415.950

Tab. 2: Entwicklung und Kosten der EEG-Umlage von 2013 bis 2018, gesamter Stromeinkauf durch das Gebäudemanagement

Der Wasserpreis stieg wie gewohnt nur sehr moderat an. Garant hierfür ist, dass sich die Wasserbereitstellung und –preisbildung in kommunaler Zuständigkeit befindet und zur Daseinsfürsorge gehört.

3.2 Bereinigung der Wärmeverbräuche

Damit der Heizenergieverbrauch eines Gebäudes über verschiedene Jahre miteinander verglichen werden kann, ist eine Witterungsbereinigung erforderlich. Hierdurch wird der Einfluss der Witterung während der Heizzeit ausgeschlossen. Die im Energiebericht aufgeführten Wärmedaten wurden witterungsbereinigt aufgearbeitet.

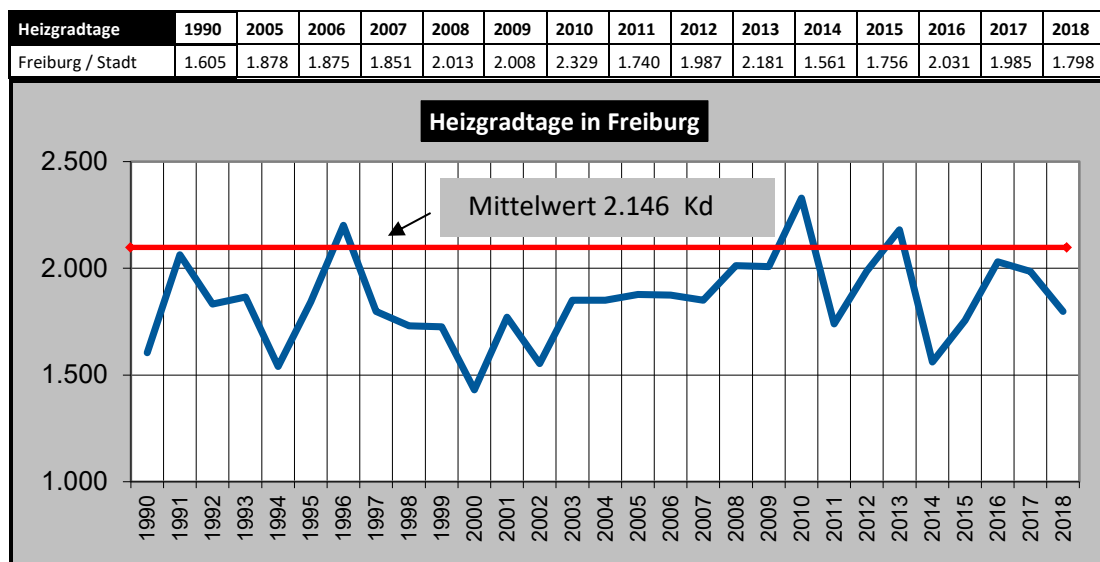


Abb.3: Jährliche Heizgradtage⁶ Stadt Freiburg i. Br. 1990 – 2018 mit langjährigem Mittel

⁶ Heizgradtage sind ein Hilfsmittel zur Witterungsbereinigung der Heizwärmeverbräuche, gem. VDI 3807

Abb. 3 zeigt, dass der langjährige Mittelwert durchweg unterschritten wurde, es gab insgesamt mehrheitlich wärmere Jahre. Ausnahmen bildeten das Jahr 1996, 2010 und 2013. Die Jahre von 2014 bis 2018 lagen unter dem langjährigen Mittel und waren damit während der Heizzeit ebenfalls wärmer.

3.3 Flächenentwicklung

Um die Entwicklung der Gesamtverbräuche der Gebäude richtig einordnen und abgleichen zu können, ist diese Entwicklung mit zu betrachten.

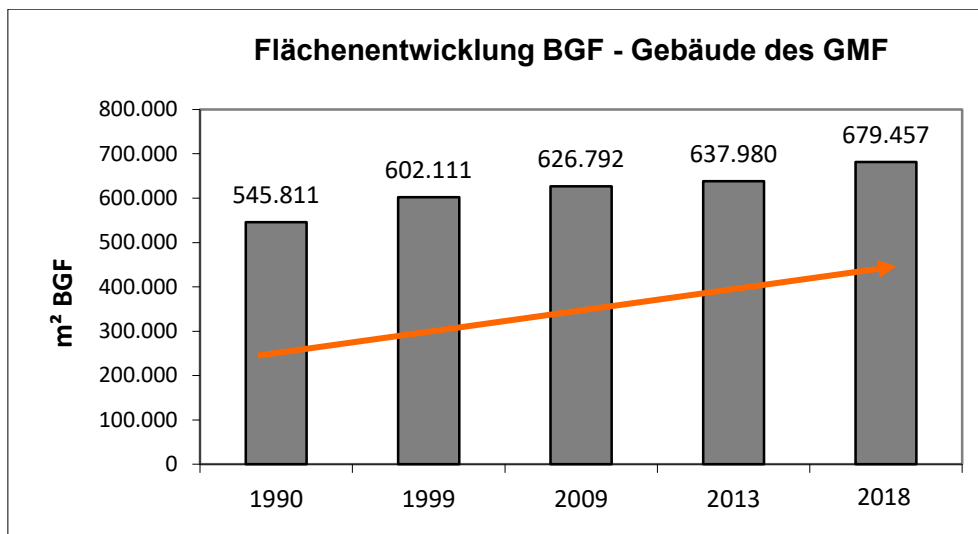


Abb. 4: Flächenentwicklung der Liegenschaften des GMF mit Trendlinie

Die Zunahme an Einwohnern lässt in der Regel auch den Bedarf an öffentlichen Einrichtungen, wie Schulen, Kindergärten und Verwaltungsgebäuden steigen. Die Gebäudefläche wuchs von 2013 bis 2019 um 41.477 m² und damit um 6,5%. Der Anstieg der Flächen war damit prozentual höher als in den Zeiträumen davor. Im Vergleich zu 1990 beträgt der Flächenzuwachs 24,5%.

3.4 Versorgungsstruktur

Folgend ist die Versorgungsstruktur der Gebäude des GMF dargestellt.

Der Anteil der Fernwärme an der Wärmeversorgung ist durch den Anschluss einzelner Gebäude leicht gestiegen.

Im Vergleich dazu stieg der Anteil des Erdgases stärker an. Dies ist vornehmlich der Umstellung von Heizöl auf Erdgas geschuldet, aber auch eine Folge der weiter steigenden Anzahl von BHKWs in städtischen Gebäuden.

Anteile an Wärmeversorgung					
Energieträger	1990	1999	2009	2013	2018
Fernwärme	11,5%	11,8%	20,1%	24,8%	25,3%
Erdgas	59,6%	59,6%	62,4%	64,5%	67,6%
Heizöl	28,8%	28,6%	16,4%	10,3%	6,5%
Holz	0,0%	0,0%	1,1%	0,4%	0,3%
Strom Wärmepumpe	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%

Tab. 3: Anteile an der Wärmeversorgung

Der Anteil von Heizöl sank weiter. Zug um Zug werden Heizanlagen erneuert oder umgebaut und so Heizöl durch andere Energieträger ersetzt. Zukünftig wird Heizöl nur noch als schnelle Reserve in besonders für den Notfall ausgelegten Gebäuden, vornehmlich der Hauptfeuerwache, vorgehalten werden. Kurzfristig soll das Ziel „Null Heizöleinsatz in den Gebäuden des GMF“ erreicht werden.

Holz kommt bislang als Energieträger nur in wenigen Gebäuden zum Einsatz. Der Anteil sank etwas, wird aber perspektivisch durch die zwischenzeitig abgeschlossene Sanierung der Holzhackschnitzelanlage in den Weiherhofschulen sowie durch die neue Holzpelletanlage in der Mooswaldschule wieder steigen (vgl. Kap. 9.3, S. 39 ff.).

Strom zu Heizzwecken ist in städtischen Gebäuden grundsätzlich untersagt, Ausnahme ist der Einsatz von Wärmepumpen mit hoher Effizienz, zusammen mit einer PV-Anlage, in gut wärme-geschützten Gebäuden. Wärmepumpen können aus Strom ein Mehrfaches⁷ an Heizenergie erzeugen. Die erste derart effiziente Wärmepumpe wurde im neuen Rathaus im Stühlinger (vgl. Kap. 8.2, S. 31 ff.) eingesetzt.

3.5 Verbräuche Energie und Wasser

In den Gebäuden des GMF kamen Heizenergie, Strom und Wasser wie folgt zum Einsatz:

		Jahre				Veränderung in %	
	Einheit	1990	2009	2013	2018	1990-2018	2013-2018
Heizenergie	[MWh]	74.379	48.594	44.245	47.353	-36,34	7,10
Strom	[MWh]	10.524	11.764	13.183	14.416	37,02	9,58
Wasser	[m³]	212.972	115.755	103.192	112.379	-47,23	8,90

Tab. 4: Energie- und Wasserverbrauch 1990, 2009, 2013 und 2018

⁷ Lt. EWärmeG (Erneuerbare-Wärme-Gesetz) des Landes Baden-Württemberg muss eine Jahresarbeitszahl von mindestens 3,5 erreicht und somit pro 1 kWh Strom mindestens 3,5 kWh Wärme gewonnen werden.

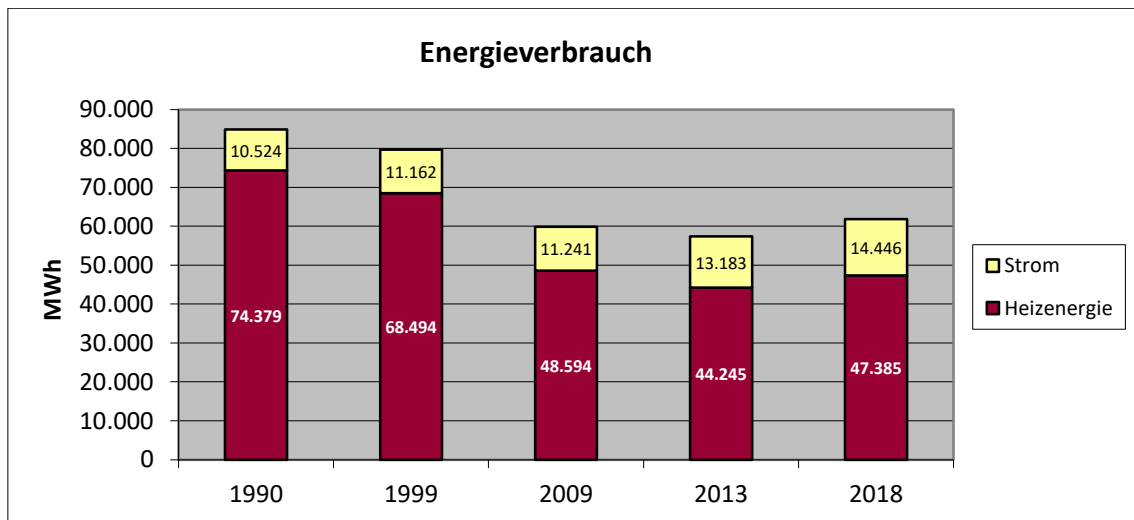


Abb. 5: Energieverbrauch Strom und Heizenergie 1990 bis 2018

Im Vergleich zum Basisjahr 1990 sank der absolute Heizenergiebedarf um 36,29%. Er vergrößerte sich jedoch von 2013 bis 2018 um 7,10%.

Der absolute Stromverbrauch stieg von 1990 bis 2018 um 37,27%, bzw. von 2013 bis 2018 um 9,58%.

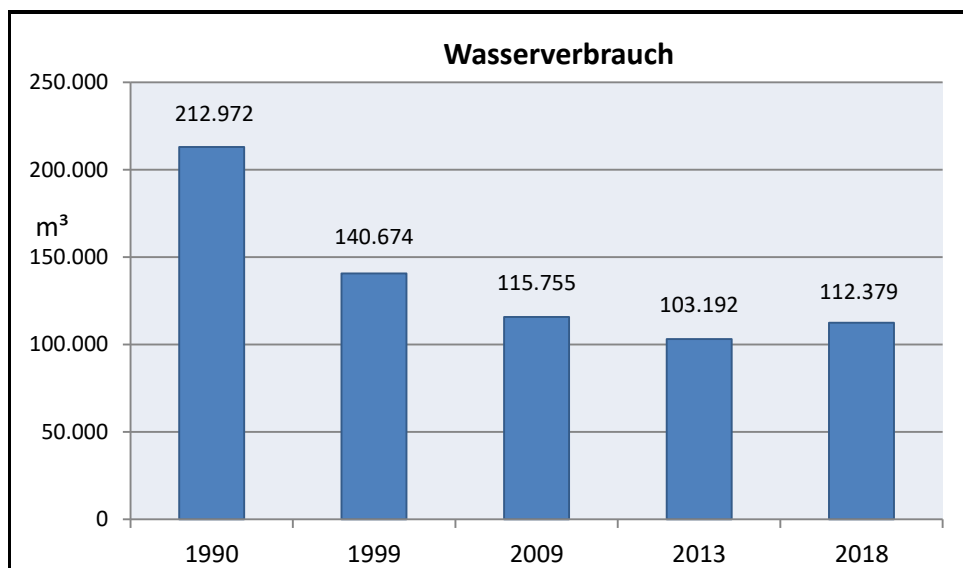


Abb. 6: Wasserverbrauch 1990 bis 2018

Der Wasserverbrauch sank von 1990 bis 2018 um 47,23% und stieg von 2013 bis 2018 um 8,90% an.

Da der Anstieg der Flächen häufig zu einer Erhöhung der Verbräuche führt, sind relative Verbrauchswerte mit zu erheben. Tabelle 5 zeigt als Ergebnis den Energie- und Wasserverbrauch bezogen auf die zu bewirtschaftende Fläche (BGF).

Flächenbezogene Verbrauchsentwicklung							
		Jahre				Veränderung	
	Einheit	1990	2009	2013	2018	1990-2018	2013-2018
Heizenergie	[kWh/m ²]	136,3	80,7	69,4	69,7	-48,82 %	0,56 %
Strom	[kWh/m ²]	19,3	18,7	19,3	21,3	10,27 %	2,89 %
Wasser	[l/m ²]	390,2	192,2	161,7	165,4	-57,61 %	2,25 %

Tab. 5: Flächenbezogene (relative) Verbrauchszahlen

Bei den flächenbezogenen Verbräuchen zeigt sich, dass der Heizenergieverbrauch von 1990 bis 2018 um 48,82% gesenkt werden konnte. Dagegen stieg er im Vergleich der Jahre 2013 bis 2018 um 0,56% leicht an. Eine wesentliche Ursache, warum der Wärmeverbrauch nicht weiter gesunken ist, liegt in der Änderung der Nutzungsbedarfe. Flure werden heute als erweiterter Schulraum genutzt, so dass die dort bisher abgesenkten Temperaturen auf den Stand der in Klassenräumen notwendigen Temperaturen angehoben werden müssen. Durch den Ganztagesbetrieb sind die Schulgebäude länger belegt und die Heizungen können nicht abgeregelt werden. Deutlich gestiegen ist auch die Nutzung in den Ferienzeiten. Die Heizanlage kann dann vielfach nicht mehr in den energiesparenden Absenkbetrieb gehen bzw. müssen ganze Stockwerke, häufig ganze Gebäude, auch in den Ferienzeiten voll beheizt werden.

Der Stromverbrauch stieg von 1990 bis 2018 um 10,27%. Im Vergleich 2013 zu 2018 um 2,89% leicht an. Beim Stromverbrauch sind die Nutzungsanforderungen deutlich gestiegen. Die ständig wachsende technische Ausstattung, führt zu einem stetigen Anstieg des Stromverbrauchs. Es sind dies vor allem IT-Anforderungen, E-Learning, W-LAN, vielfältige technische Systeme und E-Kleinantriebe, wie z.B. Türfeststeller, elektrischer Vereisungsschutz bei Dacheinläufen, die fortlaufende Vernetzung über Bussysteme mit drei und sogar vierstelliger Zahl an Datenpunkten z.B. aufgrund der Sicherheitstechnik beim Brandschutz oder bei der Beleuchtung. Hinzu kommen die bereits erwähnte intensivere Gebäudenutzung sowie die zunehmende Zahl von Angeboten, wie Mittagessen in Kindergärten und Schulen oder Ladesäulen für die E-Mobilität. Sanierungen mit LED-Leuchten oder der Einsatz sparsamer Pumpen und Motoren senken zwar den Stromverbrauch, der positive Effekt dieser Maßnahmen wird aber nicht sichtbar, da die neuen und zusätzlichen Bedarfe dies überlagern.

Der Wasserverbrauch konnte von 1990 bis 2018 um 57,61% gesenkt werden. Im Vergleich zu 2013 stieg er gering um 2,25% an. Dies ist in der Hauptsache auf den warmen Sommer 2018 zurückzuführen. Für Grünflächen, Schulgärten etc., wurde teilweise deutlich mehr Wasser benötigt. Auch die neuen Anforderungen der Trinkwasserverordnung, die eine vermehrte Spülung der Leitungsnetze in den Gebäuden vorgibt, führen zum Anstieg des Wasserverbrauches.

3.6 Kosten Energie und Wasser

	Kosten [Mio. €]				Veränderung	
	1990	2009	2013	2018	1990- 2018	2013-2018
Wärme	1,41	4,12	3,72	2,87	103,4%	-22,9%
Strom	1,91	2,19	2,62	2,65	38,5%	0,8%
Wasser	0,44	0,32	0,31	0,35	-19,6%	13,3%
Gesamt	3,77	6,63	6,65	5,87	55,6%	-11,8%

Tab. 6: Kostenentwicklung Energie- und Wassereinkauf

Im Vergleich zu 1990 haben sich die Kosten für Wärme verdoppelt. Zwischen 2013-2018 sanken die Kosten hingegen um rd. 23%. Die Preise für die Energieträger sind in dieser Zeit im Schnitt insgesamt gesunken (vgl. 3.1).

Die Stromkosten stiegen trotz des höheren Bedarfes nur moderat an. Im Zeitraum 2013 bis 2018 blieben die Kosten für Strom wegen des günstigen Strombezugspreises fast gleich. Zudem konnte die Strombezugsmenge durch den stetig wachsenden Anteil selbst erzeugten Stromes aus den BHKW- und PV-Anlagen reduziert werden. Beim selbst erzeugten Strom ist jedoch zu beachten, dass Betriebskosten an anderer Stelle anfallen.

Bei den Wasserkosten zeigt sich der Vorteil der kommunalen Trägerschaft. Der über die Jahre moderate Kostenanstieg beim Wasser führt in Verbindung mit deutlichen Einsparmaßnahmen und der notwendigen Bestandmodernisierung und -pflege insgesamt zu einer Kostensenkung.

3.7 Kennzahlentwicklung der Gebäude

Die aktuellen flächenbezogenen Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für die GMF-Gebäude befinden sich im Anhang. Die Kennwerte helfen den Energieverbrauch zu bewerten. Im Vergleich mit Objekten gleicher Nutzung lässt sich eine erste energiebezogene Einstufung vornehmen. Die Gebäude wurden hierbei in vier Kategorien unterteilt: Schulen, Kinder- und Jugendeinrichtungen, Verwaltungsgebäude und sonstige Gebäude. Der flächenbezogene Wärme-, Strom- oder Wasserverbrauchskennwert wird mit der Bruttogrundfläche (BGF) ermittelt.

3.8 CO₂-Entwicklung und Klimaschutz

Der Gemeinderat hat im Jahr 2019 die Klimaschutzziele der Stadt Freiburg mit der Drucksache G-14/047 fortgeschrieben. Statt bisher 50% sollen die CO₂-Emissionen bis 2030 um mindestens 60% verringert werden. Zudem soll als Leuchtturmprojekt eine „Klimaneutrale Verwaltung“ bis 2030 und bis 2050 insgesamt eine Klimaneutralität erreicht werden. Damit wurden die Ziele für den Gebäudebestand des GMF nochmals deutlich angehoben.

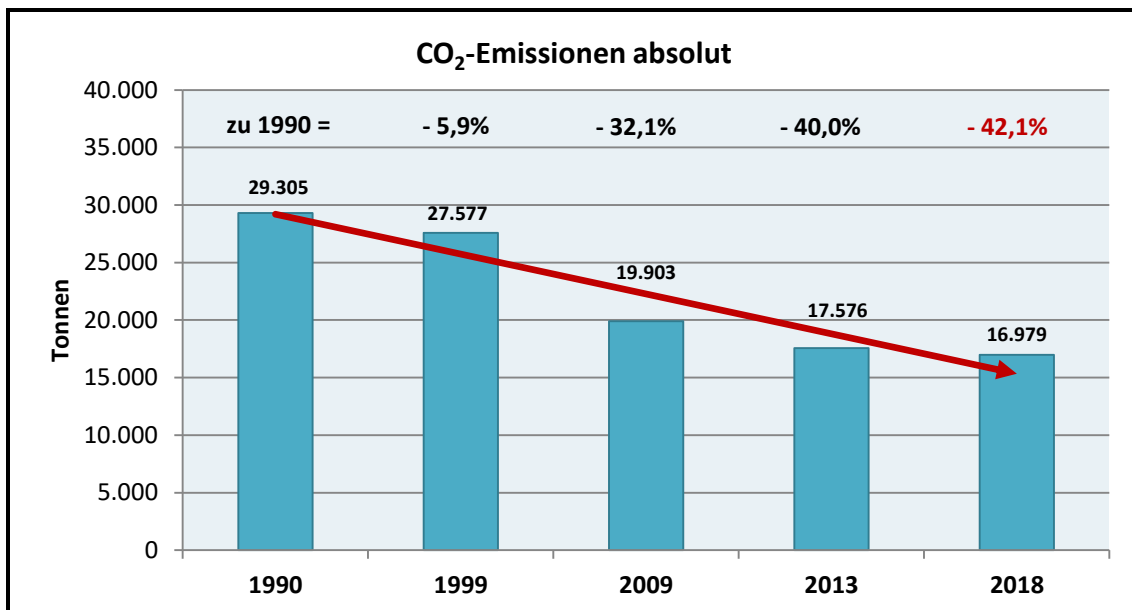


Abb. 7: Absolute CO₂-Emissionen Gebäude GMF 1990 bis 2018 mit Trendlinie

Die oben stehende Auswertung zeigt eine Verringerung der absoluten CO₂-Emissionen von 1990 bis 2018 um 42,1% bzw. eine Reduktion gegenüber 2013 um 2,1%.

In den Jahren 1990 bis 2018 sind die Gebäudeflächen um 24,5% gestiegen (vgl. S.13). Wird dieser Aspekt berücksichtigt, konnten die CO₂-Emissionen relativ um 53,5% und damit seit 2013 um 4,8% verringert werden. Die folgende Tabelle zeigt die Einsparung ohne und mit Flächenzuwachs.

Ergebnis CO ₂ -Einsparung					
Jahr [a]	1990	1999	2009	2013	2018
CO ₂ -Emission [t/a]	29.305	27.577	19.903	17.576	16.952
Einsparung absolut o. Flächenzuwachs [%]		5,9	32,1	40,0	42,1
Einsparung relativ m. Flächenzuwachs [%]		14,7	40,9	48,7	53,5

Tab. 7: CO₂-Einsparung in Tonnen pro Jahr flächenbezogen auf BGF⁸

Hinweise zur Emissionsbilanz

Grundlage der Emissionsberechnungen sind mit dem Umweltschutzamt abgestimmte spezifische Emissionen, die in Übereinstimmung mit den Berechnungsgrundlagen zum aktuellen Klimaschutzkonzept der Stadt Freiburg stehen. Gegenüber dem letzten Energiebericht 2014/15

⁸ BGF = Brutto-Grundfläche, Summe aller Grundflächen gem. DIN 277 über alle Grundrissebenen (i.d.R. Geschosse) eines Bauwerks

(Datenlage 2013) haben sich auch die zugrunde zu legenden spezifischen Emissionen insbesondere beim Strom von 0,617 kg/kWh auf 0,554 kg/kWh (bundesweiter aktueller Strommix) um rd. 10% reduziert. Diese Anpassung führt bei der Berechnung der Emissionen zu einer absolut betrachteten Verringerung der CO₂-Emissionen von rd. 4%.

Das Gebäudemanagement bezieht vom Energieversorger Ökostrom⁹. Dieser kann allerdings in der lokalen Betrachtung des Energieberichtes bei den städtischen Gebäuden nicht berücksichtigt werden, da er bereits in den Klimaschutzbilanzen der Herkunftsländer berücksichtigt wurde (vgl. Kap. 9.5, S.43 ff) und sich eine doppelte Anrechnung ausschließt.

Schlussfolgerungen

Die bisher erzielten CO₂-Einsparungen liegen auf einem hohen Niveau. Im Vergleich zum letzten Energiebericht konnten sie leicht verbessert werden. Allerdings wäre dies ohne die notwendige Anpassung des bundesdeutschen Strommixes nicht möglich gewesen. Insofern kann das Ergebnis, mit Blick auf die angestrebte hohe Zielsetzung im Klimaschutz, dann doch nicht voll zufriedenstellen.

In den vergangenen Jahren wurden hohe Reduktionen beispielsweise durch Einführung und konsequente Anwendung der Energieleitlinie erreicht. Auf der Grundlage fortschrittlicher, effektiver Energiestandards, wurden zahlreiche umfassende Sanierungen von Gebäuden mit umfassenden Wärmeschutzmaßnahmen, Einsatz von LED-Leuchten, effizienten Anlagen und effektiven Regelstrategien der Anlagen, in Verbindung mit einer effektiven Betriebsführung und einem Einsparprojekt für teilnehmende Schulen erreicht. Diese Erfolgsfaktoren haben ihre Wirkung zum guten Teil bereits erreicht. Herauszuheben ist, dass mit dem Neubau des Rathauses im Stühlinger ältere sanierungsbedürftige Gebäude mit schlechterem Wärmeschutz aufgegeben werden konnten.

Wesentliche Gründe, warum die CO₂-Emissionen nicht weiter gesunken sind, waren vor allem deutlich gestiegene Nutzungsanforderungen und der ausgeweitete Betrieb der Gebäude. Die Ursache für teilweise gestiegene Verbräuche wurde ausführlich unter Pkt. 2.7 beschrieben. Hohe Stromverbräuche zeigen sowohl neue, als auch sanierte Gebäude. Dies liegt vor allem an den beschriebenen neuen Anforderungen im Bereich IT, neue Medien, Digitalisierung und Sicherheitstechnik sowie an dem insgesamt vielfältigen Stromeinsatz in den Gebäuden.

Deutliche Grenzen setzt auch der Denkmalschutz. Zu den bereits unter Denkmalschutz stehenden historischen Gebäuden wurden in den letzten Jahren weitere Gebäude aus den 50er bis 70er Jahren gestellt. Die Vorgaben des Denkmalschutzes lassen wirksame Wärmeschutzmaßnahmen an der Außenfassade kaum zu. An der Innenfassade sind sie weniger wirksam und insgesamt deutlich kostenintensiver. Zudem werden PV-Anlagen auf Dachflächen, die gute Erträge liefern könnten, auch bei Gebäuden die außerhalb des historischen Stadtkerns liegen, nahezu ausgeschlossen.

Die bereits erzielten hohen CO₂-Reduktionen zu halten ist anspruchsvoll, eine weitere Verbesserung dennoch möglich. Soll das vom Gemeinderat beschlossene Ziel der Klimaneutralität erreicht werden, dann weist das Klimaschutzkonzept auf eine deutliche Steigerung der energiesparenden Projekte und Maßnahmen hin, was einhergehen muss mit entsprechender finanzieller, organisatorischer und personeller Ausstattung.

⁹ Ökostrombezug 100% für alle Liegenschaften der Stadt einschl. Straßenbeleuchtung etc.

4 Investive Maßnahmen

4.1 Förderungen

Fördermittel bieten eine wichtige Möglichkeit, Klimaschutzrelevante Projekte zu Senkung der CO₂-Emissionen und zur Minimierung des Energieverbrauchs auf den Weg zu bringen. Das Gebäudemanagement nutzt die Programme von Bund und Land. In den letzten Jahren hat es eine Verschiebung zu den Bundesprogrammen gegeben. Der Grund ist, dass Doppelförderungen und Förderungen des gleichen Fördertatbestands ausgeschlossen sind, oder nunmehr vom Bund angeboten werden. So ist die bis 2015 sehr gut ausgestattete Förderung von BHKWs durch das Land Baden-Württemberg (Programm Klimaschutz-Plus) ab 2016 nicht mehr möglich.

Eine Alternative zum Klimaschutz-Plus-Programm des Landes bietet die Kommunalrichtlinie des Bundes im Bereich Energieeffizienz. Erste Anträge für die Ausstattung mit effizienten LED-Leuchten konnten 2016 gestellt werden. Der organisatorische und zeitliche Aufwand für Antragstellung und Abwicklung war bei den Bundesprogrammen teilweise deutlich höher. Bei Förderanträgen muss üblicherweise mit der Vergabe der Bauleistungen abgewartet werden bis die Bewilligung der Förderung vorliegt. Das führte durchaus zu Problemen bei Zeitplan und Management der Bauausführung, da nur das Förderprogramm des Landes das Instrument der Unbedenklichkeitserklärung vorsah, wodurch ein vor der Förderzusage möglicher Baubeginn erfolgen konnte, was hinsichtlich des teilweise erheblichen Zeitraums bis zur Förderzusage hilfreich war.

Für Förderanträge zum Thema Klimaschutz und Energieeinsparung ist, mit Ausnahme der Förderung durch KfW und Sportförderung des Landes, das Energiemanagement zuständig.

4.1.1 Förderungen des Bundes

Förderung nach der Kommunalrichtlinie

Objekt	Maßnahme	Investition	gefördert	Einsparungen		
				CO ₂		Strom
		Betrag	Betrag	t/a	t/Laufzeit	kWh/a
2016						
Berufsschulzentrum - Werkstätten	LED Leuchten (Teil 1)	143.010 €	57.204 €	63,5	1.270	107.664
2017						
Berufsschulzentrum - Werkstätten	LED Leuchten (Teil 2)	144.185 €	57.674 €	62,2	1.243	105.339
2018						
Hebelschule-Klassen u. Bewegungshalle	LED Leuchten	203.678 €	81.471 €	46,1	921	78.067
Eisstadion	LED-Leuchten	182.277 €	72.911 €	22,7	453	38.390
	Summe:	673.150 €	269.260 €	194	3.887	329.460

Tab. 8: Förderanträge Kommunalrichtlinie (2015-2018)

<p>Sanierung (Teil 2) der Innenbeleuchtung des Berufsschulzentrums (BSZ)</p> <p>Bissierstr.17, Freiburg</p> <p>Förderkennzeichen: 03K07881</p> <p>Laufzeit: 01.02.2018 bis 31.01.2019</p> <p>Ziel und Inhalt des Vorhabens: Effiziente LED-Beleuchtung, für Flure und Werkstätten, Klimaschutz und Energieeinsparung</p>	<p>Einsparungen</p> <p>CO2-Einsparung jährlich: 62,4 Tonnen</p> <p>CO2-Einsparung über 20 Jahre: 1.248 Tonnen</p> <p>Stromeinsparung jährlich: 105.339 kWh</p> <p>Stromeinsparung durch Maßnahme gesamt: 105.794 kWh</p>
<p>Umrüstung der Innen- und Hallenbeleuchtung der Hebelschule auf hocheffiziente LED-Technik</p> <p>Engelbergerstr. 2, Freiburg</p> <p>Förderkennzeichen: 03K08755</p> <p>Laufzeit: 01.06.18 bis 31.05.2019</p> <p>Ziel und Inhalt des Vorhabens: Effiziente LED-Beleuchtung, für Klassenräume und Bewegungshalle, Klimaschutz und Energieeinsparung</p>	<p>Einsparungen</p> <p>CO2-Einsparung jährlich: 52,5 Tonnen</p> <p>CO2-Einsparung über 20 Jahre: 1.051 Tonnen</p> <p>Stromeinsparung jährlich: 89.017 kWh</p> <p>Stromeinsparung durch Maßnahme gesamt: 89.017 kWh</p>

Im Auftrag des:





Abb.8: Verpflichtende Darstellung einer Bundesförderung über PtJ auf der Homepage der Stadt Freiburg i.Br. (Stand: Juli 2019)¹⁰

Förderungen nach BAFA

Jahr	Objekt	Maßnahme	Förderung
2018	Turnseeschule	Pumpentausch	2.725 €
2018	Schauinslandschule	Pumpentausch	8.544 €
		Summe:	11.269 €

Tab. 9: Programm BAFA – Pumpenaustausch (vereinfachte Antragstellung)

Förderungen nach KfW

Förderungen aus dem Programm der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) kommen für Gebäude des Gebäudemanagements nur in besonderen Fällen in Betracht. Hintergrund ist, dass die Stadt Freiburg Investitionen grundsätzlich aus dem Vermögenshaushalt finanziert und nicht über die für die Inanspruchnahme notwendige Kreditaufnahme in Form eines Darlehens. Bei

¹⁰ Link aktuell PtJ geförderter Projekte Gebäudemanagement: <https://www.freiburg.de/pb/1279044.html>

den größten städtischen Neubauten, erster Bauabschnitt Rathaus im Stühlinger (RIS) und Staudinger Gesamtschule, konnten über die Gründung eines Finanzierungs-Eigenbetriebs eine Förderung als Tilgungszuschuss zu den aufgenommenen Darlehen beantragt werden.

4.1.2 Förderungen des Landes

Förderungen über das Klimaschutz-Plus Programm

Objekt	Maßnahme	Investition	gefördert	Einsparungen			
				CO ₂		Wärme	Strom
		Betrag	Betrag	t/a	t/Laufzeit	kWh/a	kWh/a
2015							
Droste-Hülshoff	BHKW	253.380 €	58.098 €	91,1	1.367	-	-
Stadtbibliothek	Beleuchtung	83.000 €	13.800 €	18,4	276	-	29.700
2016							
Hauptfeuerwache	Dämmung Gebäude B	148.869 €	19.845 €	12,6	378	77.300	-
	Summe:	485.249 €	91.743 €				

Tab. 10: Förderungen Klimaschutz-Plus

Bis 2016 wurden bei investiven Energiesparmaßnahmen Förderanträge beim Klimaschutz-Plus-Programm des Landes gestellt. Ab 2016 dann zunehmend bzw. beim Bundesförderprogramm.

Ebenfalls aus dem Förderprogramm Klimaschutz-Plus wurden rd. 3.000 € für das fifty-fifty Projekt an Schulen (vgl. S. 29 f) bereitgestellt.

5 Sanierungsmaßnahmen

5.1 Bauliche Sanierungsmaßnahmen

Die Durchführung von umfassenden Sanierungsmaßnahmen wird beim Gebäudebestand des GMF vorwiegend durch bauliche Mängel oder durch neue bzw. erweiterte Nutzungsbedarfe ausgelöst. Beispielsweise kann die Erweiterung auf Ganztagesbetrieb die Sanierung der Gebäudehülle auslösen. Je nach Sanierungsumfang werden versorgungstechnische Einrichtungen wie Heizzentrale, Heizsystem, Lüftungsanlagen usw. in die Gesamtüberlegungen einbezogen und ggf. mit saniert. Bei der Entscheidung, ob und wie weit bei den baulichen Sanierungsmaßnahmen auch wärmeschutztechnische Maßnahmen mit berücksichtigt werden, werden Kriterien wie Architektur, Denkmalschutz, Stand des Wärmeschutzes, Statik usw. mit berücksichtigt.

Größere Sanierungsprojekte erfolgen aktuell bei folgenden Liegenschaften:

- Sanierung Haus der Jugend
- Sanierung und Erweiterung Anne-Frank-Schule
- Sanierung und Erweiterung Adolf-Reichwein-Schule
- Sanierung Dreisamhalle
- Sanierung und Erweiterung Hauptfeuerwache
- Sanierung und Erweiterung Loretto-Schule
- Sanierung Berthold-Gymnasium
- Sanierung Kinderhort Sandfangweg

Darüber hinaus erfolgten im Rahmen der Bauunterhaltung zahlreiche kleinere Sanierungsmaßnahmen, wie z.B. Dachsanierungen oder Wärmeschutzfenster.

Exkurs: Das Berthold-Gymnasium wurde vor der anstehenden Fassadensanierung unter Denkmalschutz gestellt. Im Rahmen der ausgearbeiteten dreistufigen Sanierung kommen in Stufe 1 anstatt üblicher 3-fach verglasten Standardfenster, 2-fach verglaste Fenster in Sonderanfertigungen zum Einsatz. Anstelle einer Außendämmung soll in der 2. Stufe ggf. eine Innendämmung realisiert und in der 3. Stufe eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, jedoch permanenter Mindestlüftung realisiert werden. Trotz erheblich höherer Kosten wird die Energieeinsparung um ca. 50% niedriger liegen, als bei vergleichbaren Sanierungen ohne Denkmalschutz. Zur Optimierung der Energieversorgung und um eine weitere CO₂-Einsparung zu erreichen, wurde zwischenzeitlich ein BHKW von 50 kW_{el} realisiert. Eine PV-Anlage ist wegen des Denkmalschutzes ebenfalls ausgeschlossen, da die ertragreichen Seiten zur Hauptansichtsfläche zählen.

Das Beispiel zeigt deutlich, dass das Gebäudemanagement bei Sanierungen mit gegensätzlichen Zielsetzungen umgehen muss. Hier auf der einen Seite das Ziel des Denkmalschutzes zum Erhalt des ursprünglichen Erscheinungsbildes des Gebäudes und auf der anderen Seite das Ziel der Klimaneutralität und CO₂-Einsparung.

5.2 Heizanlagen-sanierungen

In den Jahren 2015 bis 2018 wurden erneut zahlreiche Heizanlagen saniert. Bei der Sanierung der städtischen Heizanlagen wird die Kesselleistung am aktuellen Verbrauch ausgerichtet. Die deutlich reduzierte Wärmeleistung von ca. 3.000 kW (vgl. Tab. 11) ist vergleichsweise so groß, dass sie ausreichen würde, um damit 5-6 mittelgroße Schulen komplett versorgen zu können.

Ist in den Heizzentralen oder Räumlichkeiten ausreichend Platz, steht der Planung eines BHKWs grundsätzlich nichts im Wege. Vorab ist zu klären, ob der vorhandene Heizkessel erneuert bzw. sinnvoll in das neue System eingebunden werden kann. Beim Einbau eines BHKWs wird der Heizkessel, egal ob neu oder alt, zum Spitzenlastkessel. Er kommt nur an

wenigen Tagen bei entsprechend niedrigen Außentemperaturen zum Einsatz. Grundsätzlich decken die neu installierten BHKWs etwa 70-80% des jährlichen Wärmebedarfs ab. Der Rest wird über Spitzenlastkessel geliefert, der auch die komplette Leistung bereitstellen kann. Diese Redundanz ist ggf. bei Störungen oder Sanierungsarbeiten beim BHKW wichtig.

Objekte	Maßnahme	Jahr	kW	alt	kW	neu	red. kW	Kosten
Dreisamhalle	Heizungssan. (BHKW 2019 gepl.)	2015	600	Öl	230	BW Gas		
Kiga Rotlaub	Heizungssanierung	2015	24	Gas	30	Gas	(+) 4	7.800 €
Schloßbuckhalle	Heizungssanier.. + Wechsel	2015	370	Öl	240	BW Gas	130	141.630 €
Abenteuerspielplatz Drachennest	Heizungstherme saniert	2016	21	BW Gas	21	BW Gas	0	7.500 €
Droste-Hülshoff- Gymnasium	BHKW nachgerüstet + Wechsel	2016	Kessel belassen	Öl	78 (BHKW)	Gas	-	428.584 €
Kiga Universität Zaubergarten	Heizungs- u. Solaranlagenanierung	2016	44	BW Gas	38	BW Gas	6	10.400 €
Walter-Eucken- Gymnasium	BHKW nachgerüstet + Wechsel	2017	Kessel belassen	Öl+Gas	101 (BHKW)	Gas	-	409.519 €
Wohnheim Obere Schneebergstr 51	Heizungssanierung	2017	83	Öl	70	Gas	13	18.607 €
Friedrich-Gymnasium	Heizzentrale (HZ) Schule BHKW nachgerüstet, Nahwärme mit Sporthalle (dort HZ eingespart)	2017	280	Gas	78 (BHKW) H.- zentrale Schule	Gas	280	335.000 €
Lessingschulen	BHKW nachgerüstet	2017	Kessel belassen	Gas	78 (BHKW)	Gas	-	233.471 €
Bauhof Kufsteiner Str 3	Heizungs- u. Abgasanlage san. + Wechsel	2018	80	Öl	120	BW Gas	(+) 40	44.910 €
Emil-Thoma-Schule	BHKW nachgerüstet (Ölkessel eingespart)	2018	400 480	Öl + Gas	78 (BHKW) 400	Gas	402	225.485 €
Deutsch-Franz.- Gymnasium	BHKW nachgerüstet	2018	Kessel belassen	Gas	101 (BHKW)	Gas	-	296.740 €
Karlschule	BHKW nachgerüstet + Wechsel	2018	Kessel belassen	Öl	51 (BHKW)	Gas	-	258.218 €
KITA Langemarckstr. 97/97A	Erneuerung Gaskessel mit Abgasanlage	2018	280	Öl+Gas	90	BW Gas	190	51.800 €
Lameystr.4 ehemali- ges Thermalbad	Heizungssanierung, BHKW neu, restl. Wechsel Energie	2018	1436 170	Öl+Gas	101(BHKW) 170	BHKW + BW- Gas	1.335	228.000 €
Mooswaldschule	Pelletheizung	2018	190 190	Öl	48 (Pellet) 140	Pellet + Gas	192	250.000 €
Turnseeschule	BHKW u. Spitzenlastkessel	2018	500 500	Öl	101 (BHKW) 285 285	BHKW + BW- Gas	329	611.954 €
Pestalozzi-Schule m. May-Bellinghausen-H, Sporth. u. Erweiterung	HZ Schule mit BHKW neu / Nah- wärme für Sporthalle u. May- Bellingh.-Halle (2 HZ eingespart)	2018	1065	Gas/Öl	960	BHKW + BW- Gas	105	751.070 €
Schlossbergr. 1	BW-Gaskessel u. Abgasanlage neu (Res.-kessel entfer.)	2018	160	BW Gas (+Öl)	120	Gas- BW	40	36.400 €
Schauinslandschule	Heizungssanierung, BHKW	2018	Kessel belassen	Gas	47 (BHKW)	Gas	-	356.654 €
							2.978	4.768.742 €

Tab. 11: Heizanlagenanierungen der Jahre 2015 bis 2018

Bei jeder Heizanlagenanierung müssen gemäß der Vorgabe des Gemeinderats verschiedene Varianten wie Kraft-Wärme-Kopplung (BHKW), Fernwärme, Holzpellets, ggf. auch Warmwas-

serkollektoren etc. näher untersucht werden. Voraussetzung für die vertiefte Prüfung einer Variante ist, dass sie sinnvoll umsetzbar ist. Wichtige Kriterien sind beispielsweise der notwendige Platzbedarf für den Brennstoff oder die Verfügbarkeit, z.B. von Fernwärme. Insbesondere Pellet- und vor allem Holzhackschnitzelanlagen benötigen ein geeignetes großes Lager. Andernfalls scheidet Varianten im Vorfeld aus.

Welche der als grundsätzlich geeignete „vorsortierten“ Varianten zum Zug kommt, wird dann über eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung entschieden. BHKW-Varianten wurden in den letzten Jahren bei größeren Liegenschaften umgesetzt. Bisher ging das GMF davon aus, dass BHKWs ab einem Wärmebedarf von rund 400.000 kWh und einem Strombedarf von 100.000 kWh sinnvoll umsetzbar sind. Die aktuelle Praxis zeigt, dass BHKWs auch bei knapp halb so großen Verbräuchen mit Erfolg in städtischen Liegenschaften realisierbar sind.

Wärmepumpen spielten in der Vergangenheit keine große Rolle. Aufgrund bisheriger umweltpolitischer Beurteilung waren Wärmepumpen keine wünschenswerte Variante bzw. Alternative. Der Grund lag in dem zusätzlich hohen Strombedarf in den Wintermonaten, den ein flächiger Einsatz nach sich ziehen würde. Zudem blieben oft prognostizierte Leistungswerte und die Effizienz von Wärmepumpenanlagen deutlich hinter den Erwartungen zurück, wie zahlreiche Untersuchungen zeigten. Dieser Sachverhalt hat sich geändert.



Abb. 9: Kontrolle einer der beiden Wärmepumpen im neuen Rathaus im Stühlinger (RIS)

Mit dem Bau des Rathauses im Stühlinger wurde im Gebäudebestand des GMF erstmalig eine Wärmepumpe Typ Wasser/Wasser für ein größeres Gebäude in Betrieb genommen. Über einen Saug- und Schluckbrunnen kann der Temperaturunterschied von entnommenen zu eingeleitetem Grundwasser für die Wärmeerzeugung, aber auch zur Vortemperierung der Zuluft in den Räumen des RIS, sehr effizient genutzt werden. Die Leistungsdaten werden über ein Monitoring permanent überwacht und ggf. nachjustiert.

Ölkessel sind bei Sanierungen als Variante nicht mehr zugelassen (vgl. Kap.2.6, S.14). Gut erhaltene Ölkessel wurden teilweise über einen Brennertausch zum Gaskessel umgebaut. Das spart Haushaltsmittel, denn diese können z.B. auch als Spitzenlastkessel bei BHKW-Anlagen weiterverwendet werden.

Nur in Einzelfällen werden alte Öl-Reservekessel für den Notfall vorgehalten, wenn sich der neue Wärmebedarf theoretisch nur schwer ermitteln ließ und um eine Überdimensionierung der neuen Heizanlagen zu vermeiden. Nach einiger Zeit, wenn sich der Verbrauch eingespielt hat und die Berechnungen zutreffen, werden Reservekessel entfernt. Der zunehmend bessere Wärmeschutz der städtischen Gebäude führt zudem dazu, dass die für die Beheizung der Gebäude notwendige Leistung stetig abnimmt und auch die Vorlauftemperaturen sinken können. Umfassende Wärmeschutzmaßnahmen sollten deshalb, auch im Sinne der Nachhaltigkeit, möglichst vor der Sanierung der Heizanlage durchgeführt werden.

Im Rahmen einer Heizanlagenanierung erfolgen in der Regel weitere Optimierungen, beispielsweise durch eine verbesserte Mess- Steuer- und Regelungstechnik (MSR) ggf. mit Aufschaltung auf ein Überwachungs-Monitoring, Hocheffizienzpumpen, Ergänzung und Optimierung der Dämmung der Heizleitungen, Optimierung der Warmwasserbereitung (Frischwasserstation). Ein wichtiger Schritt nach einer Sanierung ist die Kontrolle und ggf. Feinoptimierung der im Betrieb befindlichen Anlage. Um dies zu erreichen ist eine regelmäßige Schulung, der für den Betrieb und für die Konfiguration der Anlagen Zuständigen, unerlässlich (vgl. Kap.5, S. 27).

5.3 Contracting

Die Contracting Projekte laufen aus. Im Jahr 2018 ist der dritte von vier Pools und damit die vollständige Anlagenbetreuung in den Objekten wieder an das Gebäudemanagement übergegangen.

6 Schulungen Hausmeister, Nutzerverhalten

Die städtischen Hausmeister*innen sind die „Energiemanager*innen“ vor Ort. Für den verantwortungsvollen Betrieb der städtischen Anlagen ist ein ausreichender Wissensstand unerlässlich. Ob bei einem Gebäude mit oft vielfältigen technischen Anlagen das mögliche Einsparpotenzial ausgeschöpft wird, hängt wesentlich vom Betrieb insgesamt ab. Hier nehmen die Hausmeister*innen eine zentrale Stellung ein. Da sie meist aus unterschiedlichen Berufen kommen, ist ein solides Basiswissen z.B. über Heizungsanlagen und deren Bedienung und Betrieb unerlässlich. Nachdem eine Grundschulung für alle durchgeführt wurde, werden in den vergangenen Jahren die noch neu eingestellten Hausmeister*innen geschult. Die Schulung erfolgt neuerdings mit dem entsprechenden Fachbereich der Richard-Fehrenbach-Gewerbeschule. Die dortigen Werkstätten verfügen über verschiedene Heizungsexponate, so dass die Theorie praxisnah erlebt werden kann. Zudem erhalten alle Hausmeister*innen neben der Einweisung eine spezielle Einweisung und Schulungen an ihren Anlagen vor Ort.

Das Energiemanagement schult zusätzlich den Umgang mit Datenloggern. Diese helfen den Hausmeister*innen bei der technischen Fehlersuche, lassen Defekte erkennen und unterstützen beim Konfigurieren der Anlage und beim Einstellen der Heizkurve. Hausmeister*innen stehen in einem stetigen Spannungsfeld zwischen technischen Vorgaben und Wünschen der Nutzer*innen. Häufig gehen die Wünsche über die Vorgabe der einzuhaltenden Raumtemperatur z.B. von 20°C hinaus. Hinzu kommt, dass nicht immer richtig gelüftet wird oder Fenster länger als notwendig geöffnet bleiben. Eine langfristige Aufzeichnung der Raumtemperaturen kann verdeutlichen, ob z.B. die notwendigen Raumtemperaturen bei Schulbeginn in jedem Raum tatsächlich auch (nicht zu hoch, nicht zu niedrig) erreicht werden. Datenlogger sind nicht zuletzt eine Unterstützung bei der Kommunikation mit den Nutzer*Innen.



Abb. 10: Schulungsprogramm der städtischen Hausmeister

Neben den Temperaturverläufen kann das Energiemanagement bei Bedarf oder auf Anforderung weitere, vertiefte Messungen wie Feuchte oder CO₂-Konzentration¹¹ in den Räumen messen und kontrollieren. Anhand dieser zusätzlichen Messungen lassen sich auch bauphysikalische Aspekte beurteilen. Zudem kann beurteilt werden, ob das gewünschte Raumklima erreicht wird und z.B. die Lüftungsanlagen richtig eingestellt sind, bzw. die Lüftung von Hand durch die Nutzer*innen sinnvoll und effektiv erfolgt.

¹¹ Die Konzentration an CO₂ im Raum, die sich durch die Anwesenheit von Personen erhöht, soll den Wert von 1.500 ppm nicht überschreiten, um z.B. in Schulen ein angenehmes Lernklima zu erreichen.

7 Betrieboptimierung

Messen-Stuern-Regeln (MSR-Technik)

Ohne eine moderne Gebäudeautomation ist ein bestimmungsgemäßer Betrieb der technischen Anlagen sowie eine permanente Betriebsoptimierung nur mit Einschränkungen möglich. Eine moderne Automatisierung ist im Neubau und in den Bestandsanlagen unverzichtbar. Gerade im Bestand wurde ab 2013 das Tempo für den Aufbau deutlich erhöht. Die Umsetzung erfolgte zunächst vorwiegend bei größeren Liegenschaften oder bei Anlagen im Liegenschaftsverbund (Campus Anlagen).

Zeitgleich wurde 2013 begonnen, ein zentrales Monitoring aufzubauen, bei dem Daten zwischen den einzelnen Gebäudeautomatationen über ein stadteigenes Kupferdatenkabelnetz ausgetauscht werden. Heute schon greifen die zuständigen Mitarbeiter per Fernzugang mittels IP-Adresse über den Web-basierten Internetexplorer des Reglers direkt auf die MSR in den Liegenschaften des GMF zu. Die Anlagenparameter, wie z. B. die Wasser- und die Raumtemperaturen, werden in Verbindung mit der Nutzungszeit als Istwert erfasst, ggf. an den aktuellen Bedarf angepasst und anschließend permanent kontrolliert.

Über eine zentrale Visualisierung können bei den mit MSR-Technik ausgestatteten technischen Anlagen auch Störungen erkannt und z.B. per Fernauslösung behoben werden. Zudem lassen sich weitere Optimierungen erkennen, so dass der wirtschaftliche Betrieb der Anlagen steigt und zusätzliche Energieeinsparungen erschlossen werden können.

Bis dato sind 80% der Schulgebäude (ca. 30% des Gebäudegesamtbestandes) auf die GLT-Leitzentrale im RIS 1 aufgeschaltet. Es ist geplant, die Anzahl der Gebäude, die auf das Monitoring aufgeschaltet sind, weiter zu erhöhen und dies auch auf die Stromseite auszuweiten. Im Endstadium können über die zentrale GLT-Leitwache die technischen Anlagen zentral eingesehen und gemeinsam mit dem jeweiligen Verantwortungsbereich überwacht, parametrisiert und im möglichst optimalen Bereich energie- und kostensparend betrieben werden. Das Einsparpotenzial liegt etwa bei 10-15% der aufgeschalteten Liegenschaften.

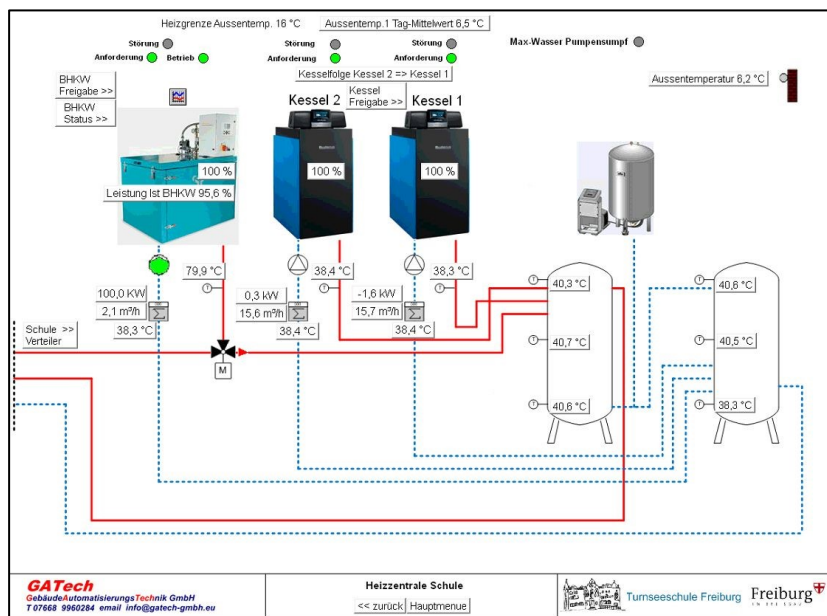


Abb. 11: BHKW-Anlage mit Spitzenlastkessel und Pufferspeicher, Turnseeschule

8 fifty-fifty - Energiesparprogramm an Freiburger Schulen

„Heute schon Energie und Kohlendioxid eingespart?“

Damit tun sich viele im täglichen Leben schwer. Das "Fifty-Fifty" Energiesparprogramm an Freiburger Schulen zeigt auf, wie es praktisch gehen kann. Nach wie vor ist das Thema aktuell.



Abb. 12: Materialien fifty/fifty

Das Ziel, einen bewussten Umgang mit Energie zu vermitteln und so CO₂ und Kosten einzusparen, begann mit Elan vor 20 Jahren. Zwischen 2013 und 2018 war es um das Projekt fifty-fifty ruhiger geworden.

Um wieder an damalige Energieeinsparungen anknüpfen zu können, wurde das Programm 2018/19 für eine neue Generation Schüler*innen neu aufgelegt. Nun haben alle Freiburger Schulen erneut die Möglichkeit, Hand in Hand mit der Stadt, den Klimaschutz voranzutreiben.

Ziele und Ideen

Im Vordergrund des Projektes stehen drei Ziele:

- Erlernen und Mitgestalten eines bewussten Umgangs mit Energie und Wasser
- Nichtinvestives Energiesparen, vorrangig durch ein verändertes Nutzungsverhalten
- Aktiver Beitrag der teilnehmenden Schulen zur CO₂-Reduktion und zum Klimaschutz.

Durch das Steigern des bewussten Umgangs mit dem Medium Energie bei Schülern*innen und Lehrer*innen, soll durch das fifty-fifty Programm nachhaltig eine Win-Win-Situation für die Schule, die Stadt und die Umwelt geschaffen werden.

Die Projektbeteiligten

Federführend für das Projekt ist das Gebäudemanagement. Es ermittelt den Energieverbrauch, die Kosten und die Einsparungen. Mit der Durchführung der Seminare in den Schulen wurde ein Ingenieurbüro beauftragt, das sich auf diese Aufgabe spezialisiert hat.

Von den 61 Freiburger Schulen nehmen 39 am Programm teil. Jede Schule bildet intern ein Energieteam, das aus mindestens 2 Schüler*innen, Lehrer*innen, Schulleitung, Hausmeister*in und Eltern besteht. Dieses Team erarbeitet vor Ort sinnvolle Maßnahmen, kümmert sich um ihre Umsetzung und nimmt regelmäßig an den Seminaren teil.

Die Ergebnisse

Ergebnisse aus dem neu gestarteten Programm liegen noch nicht vor. Aus den Erfahrungen der Vergangenheit wird von einem Energieeinsparpotential von etwa 5 % an allen teilnehmenden Schulen ausgegangen.

9 Projektdarstellung Neubau

9.1 Neubauten in Passivhaus-Bauweise

In den Jahren 2015 - 2018 wurden u.a. folgende Gebäude in Passivhausbauweise fertiggestellt:

- Hauptfeuerwache: Erweiterung / Neubau Technikzentrum
- Kita West (Anbau an Gerhard-Hauptmann-Schule)
- Feuerwehrgerätehaus Zähringen
- Erweiterung Adolf-Reichwein-Schule
- Kita am Eschholzpark

9.2 Das neue Rathaus im Stühlinger

Das Rathaus im Stühlinger bietet nach seinem stufenweisen Bezug ab Mitte 2017 rund 850 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern eine neue Arbeitsstätte. Neben den Büros sind weitere Nutzungen im Gebäude untergebracht: das Bürgerberatungszentrum sowie eine Kantine mit vollwertiger Küche im EG, das städtisches Rechenzentrum, die Zentralregistratur sowie ein Dusch- und Umkleidebereich für die Beschäftigten im UG.



Abb. 13: Vogelperspektive neues Rathaus im Stühlinger (RiS)

Das moderne Gebäude wurde als Netto-Plusenergiegebäude realisiert. Per Definition wird hierbei der Energiebedarf, der für die Grundnutzung des Gebäudes benötigt wird, zu Grunde gelegt und selbst erzeugt. Nicht enthalten sind der Anteil der nutzerspezifischen Verbräuche, wie für

Kantine, Rechenzentrum, PCs usw.. Die Heizwärme wird grundsätzlich über eine Wärmepumpe und einen Gaskessel für die Spitzenlast erzeugt. Zum effizienten Betrieb der Wärmepumpe wird Grundwasser eingesetzt, das im Sommer gleichzeitig auch zur Vortemperierung und somit Kühlung der Zuluft für die Nutzungsbereichen verwendet wird.

Um die Primärenergiebilanz ausgleichen zu können wurde eine PV-Anlage vollflächig auf dem Dach sowie an den verschattungsfreien Bereichen der Süd-, West- und Ost-Fassade installiert. Der Ertrag Dach- zu Fassadenanlage verhält sich etwa 4 zu 1.

Über ein differenziertes Monitoring steht ein Auswertungssystem zur Verfügung, mit dem die Energieströme bilanziert und die zahlreichen Anlagen des Gebäudes überprüft und ggf. auf den praktischen Betrieb nachoptimiert werden können. In der folgenden Auswertung werden die Energieverbräuche und Erträge des Rathauses im Stühlinger (ohne Kindergarten und ohne E-Mobilität) berücksichtigt, bei „netto“ abzüglich der Anteile gemäß der o.g. Definition für das Netto-Plusenergiegebäude.

Ergebnis 2018		Gesamt	Netto
Gesamtstromverbrauch	MWh/a	1.556,43	1.033,63
Stromerzeugung PV-Anlage	MWh/a	545,54	545,54
Eigenstromnutzung	%	82	82
Autarkiegrad (Strom)	%	28,88	43,49

Tab. 12: Daten Monitoring RIS für gesamtes Gebäude sowie nach Netto-Plus Definition (vgl. Anhang, S. 48)

Resümee

Die Energieverbräuche für Wärme und für Strom lagen in 2018 über den geplanten Werten, was damit auch für die flächenspezifischen Werte zutrifft. Begründet wird dies bei der Wärme mit einem höheren Temperaturbedarf im Gebäude selbst, um die gewünschte Behaglichkeit in den verschiedenen Nutzungszonen herstellen zu können.

Bereits im Jahr 2018 sind verschiedene Optimierungen durchgeführt worden, deren Auswirkungen sich in den folgenden Jahren positiv bemerkbar machen werden.

Anlagentechnisch wird 80 % des Gesamtwärmebedarfs über das Grundwasser in Kombination mit der Wärmepumpe generiert. Somit mussten lediglich 20 % über den fossilen Brennstoff Erdgas erzeugt werden.

Das Ziel Netto-Plusenergiegebäude wird gemäß Bilanz auf der Grundlage der Verbräuche im Jahr 2018 nicht erreicht. Insbesondere der Stromverbrauch lag 2018 deutlich über den erwarteten Werten. Im ersten Betriebsjahr stand die Inbetriebnahme des Gebäudes im Vordergrund. Verschiedene Optimierungen hatten da erst begonnen. Beispielhaft waren dies eine Dimmung der Beleuchtung im Bürgerservicezentrum, eine Anpassung der Luftmengen und Laufzeiten der Lüftung, eine Verbesserung der Grundaustauschleistung der Wärmepumpe, usw.. Eine abschließende Beurteilung steht noch aus. Es zeigt sich bereits, dass durch die laufenden Optimierungen Ein-

sparungen möglich sind. Aktuell werden auch die nutzungsspezifischen Verbräuche detaillierter erfasst, um Rückschlüsse auf weitere Einsparungen zu gewinnen.

Ein positives Ergebnis in diesem Zusammenhang ist, dass der Ertrag der PV-Anlage, mit aktuell -2%, nur knapp unter dem Planungswert liegt. Immerhin können durch den hohen Eigendeckungsanteil von 82% Stromkosten von rund 120.000 € pro Jahr eingespart werden.

9.3 Neubau der Staudinger Gesamtschule

Mit dem Neubau der Staudinger Gesamtschule wurde das derzeit größte Bauvorhaben des GMF auf den Weg gebracht.

Übersicht Fakten

BGF:	24.120 m ²
Bauabschnitte:	2
Gesamtkosten:	rd. 110 Mio.€ (Stand 2018)
Wärmeversorgung:	Fernwärme
Regenerative Energie:	PV-Anlage, vollflächig, geplant kW _{Peak} > 400
Energiestandard:	Passivhaus-Plus (angestrebt)

Das Energiekonzept

Ein Neubau, der einen Altbau ersetzen soll, muss hohen Ansprüchen für die zukünftige Nutzung genügen. Angestrebt wird der Passivhaus-Plus Standard, der zu Beginn der Konzeption bei einem vergleichbaren Gebäude bundesweit bislang noch nicht erreicht wurde. Um dies zu erreichen, erhält das Gebäude sowohl einen hervorragenden Wärmeschutz für den Winter als auch für den Sommer. Alle Gebäudebereiche wurden hierbei sorgfältig im Detail geplant und notwendige Funktionen über eine Simulation geprüft.

Die verschiedenen Nutzungsbereiche, wie Klassenräume, Versammlungsstätten, Mensa, Billardcafé, Atrium etc. machten eingehende Betrachtungen notwendig. Eine große Versammlungsstätte vor Überhitzung im Sommer zu schützen, stößt allerdings an Grenzen. Die Lösung ist die Nutzung des Grundwassers, das über einen Saugbrunnen gewonnen und über einen Schluckbrunnen wieder zugeführt wird. Hierdurch kann die Temperatur der Zuluft um etwa 5-6 Kelvin gesenkt werden, wodurch eine kühlere Raumtemperatur von etwa 3 Kelvin erreicht wird. Im Winter hingegen wird dem Grundwasser Wärme entzogen, um diese z.B. zur gleitenden Vortemperierung der Zuluft für die Versammlungsstätten zu nutzen. Da die Technik bereits vorgehalten werden muss, kann sie auch zur Vortemperierung der Zuluft für die Klassenräume eingesetzt werden. Diese Technik ist mit einer Klimatisierung dennoch nicht zu vergleichen. Sie sorgt zwar dafür, dass die Raumtemperaturen nicht unzulässig hoch werden, die erheblichen Nachteile, wie der enorme Energieverbrauch durch eine Klimatisierung, werden jedoch vermieden.

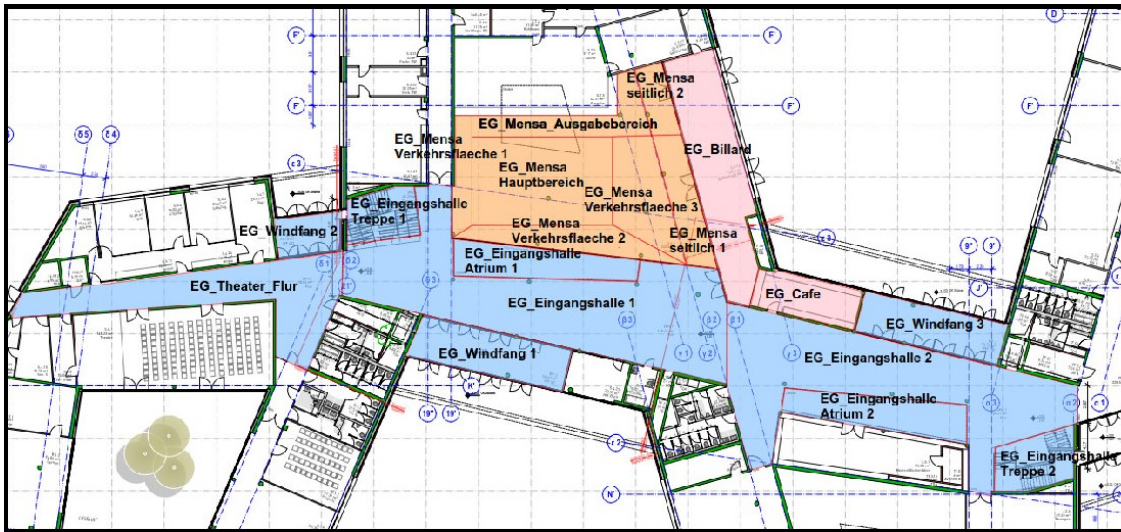


Abb.14: Simulierte Bereiche zur Sicherstellung sommerlicher Wärmeschutz (Auszug)

Ergebnisse/Grafiken: Auswertung nach DIN 4108-2

Übertemperaturgradstunden der operativen Temperatur - nach DIN 4108-2 (ganzes Jahr - normierte Nutzungszeit: Mo. bis Fr. von 07:00 bis 18:00)
(EG_Mensa Haupt_Ebene 2, EG_Eingangshalle 2_Ebene 2, EG_Billard_Ebene 2, 1.OG_Atrium 1_Verkehrsfl. 2_Ebene 2, 2.OG_Atrium 1_Verkehrsfl._Ebene 2)

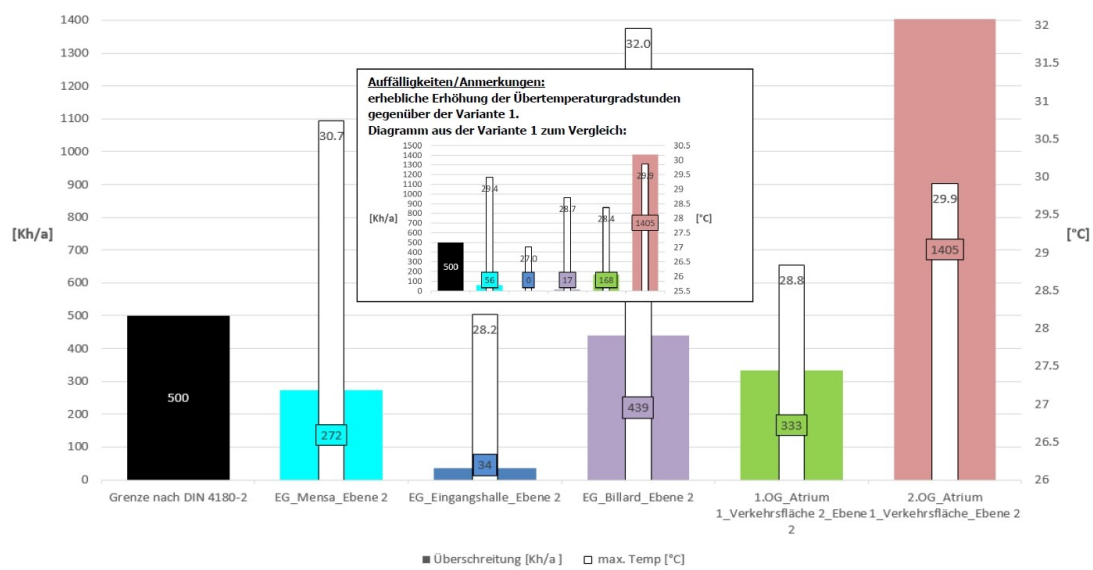


Abb.15: Überschreitungstemperaturen nach DIN 4108-2 (Im Beispiel ohne Vorkehrungen)

Die vorstehende Grafik zeigt, dass ohne entsprechende Maßnahmen mit deutlichen Temperaturüberschreitungen in den verschiedenen Nutzungsbereichen zu rechnen gewesen wäre.

Durch den Passivhaus-Standard erhält die Schule eine Lüftungsanlage, die dafür sorgt, dass fortwährend frische Luft in den Klassenzimmern zur Verfügung steht. Durch eine hocheffiziente Anlage mit Wärmerückgewinnung wird mehr Energie eingespart, als für die Lüftungsenergie aufgewendet werden muss. Da die Zuluft leicht vorgewärmt in die Räume eingeblasen wird, können kalte Zugluft oder Störungen durch Kaltluft im Winter vermieden werden.

Im Sommer wird bei entsprechender Innenraumtemperatur die Wärmerückgewinnung ausgeschaltet. Das kühle Grundwasser sorgt nun dafür, dass die Zuluft für Veranstaltungs- und Klassenräume ab einer Raumtemperatur von etwa 26°C leicht gekühlt eingeblasen werden kann. Dank einer gleitenden Auslegung und hocheffizienter Pumpen wird der notwendige Energieaufwand für die Sicherstellung des sommerlichen Wärmeschutzes vergleichsweise gering gehalten.

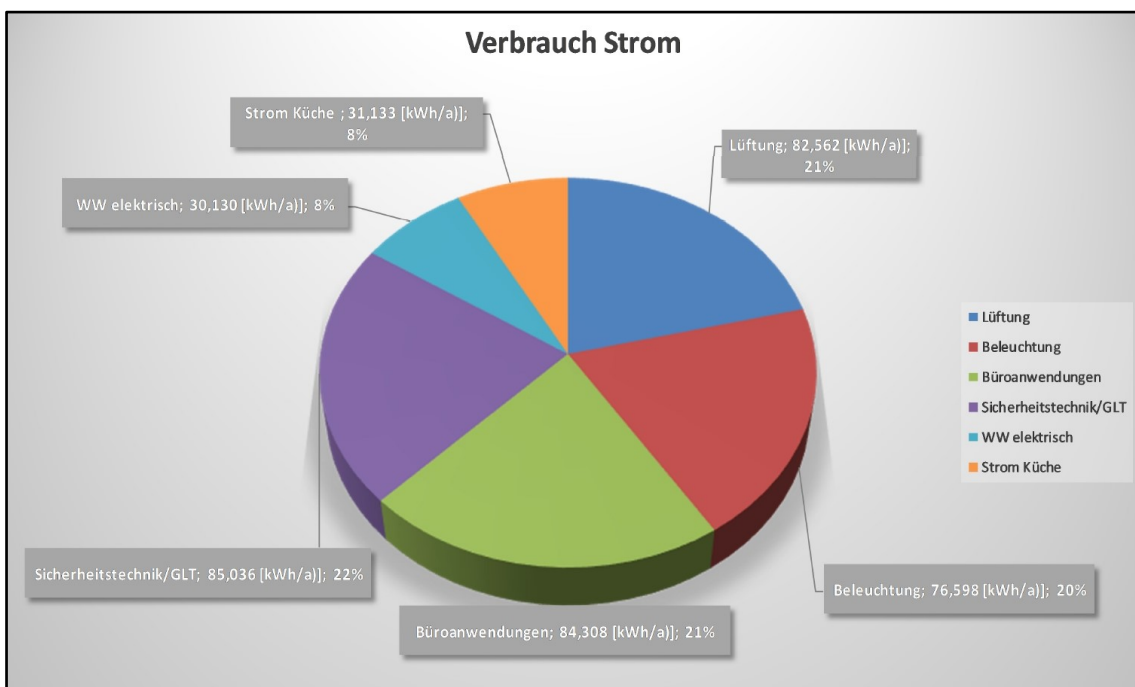


Abb.16: Zu erwartende Anteile am Stromverbrauch nach Verbrauchsgruppen

Das differenziert aufgestellte Energiekonzept brachte eine interessante Erkenntnis mit sich. Der größte Einzelverbrauch in neuen, hocheffizient ausgestatteten Schulgebäuden, wird nicht die Versorgungstechnik (Lüftung, Beleuchtung, Pumpen etc.) sein, sondern die Sicherheitstechnik und die Büroanwendung. Zu letzterer zählen die IT-Anwendungen sowie die neuen digitalen Ausstattungen und Medien. Da diese die Höhe des zukünftigen Stromverbrauches wesentlich bestimmen, wird ein möglichst niedriger Energieverbrauch als Auswahlkriterium bei der Anschaffung der Geräte notwendig. Dieser Punkt sollte bei der Ausstattung des Gebäudes berücksichtigt werden.

10 Regenerative Energien, Kraft-Wärme-Kopplung und Ökostrom

10.1 PV-Anlagen

Eigenstromanlagen auf stadteigenen Dachflächen

Analog der im Juni 2014 vom Gemeinderat zugestimmten Konzeption für stadteigene Dachflächen wurden bis Ende 2018 vier Anlagen sowie die Anlage RiS in Betrieb genommen. Systematisch wird bei jedem Bauprojekt geprüft, ob eine PV-Anlage zur Eigenstromnutzung realisierbar ist. Sieben weitere PV-Anlagen befinden sich in Planung (vgl. Pkt. 12, S. 46).

Objekt	kWp	in Betrieb seit
Theodor-Heuss-Gymnasium	47	Okt. 2016
RiS	682	Febr. 2017
Adolf-Reichwein-Schule	35	Dez. 2017
Pestalozzi-Schulen	70	Juli 2018
Edith-Stein -Schule	49	Dez. 2018
Summe	883	

Tab. 13: Eigene PV-Anlagen Gebäude GMF



Abb. 17: PV-Anlage Theodor-Heuss-Gymnasium

Fakten: 47 kW_p, Eigenstromanteil 68 %, Ausrichtung Süd
Leitthema: Hoher Eigenverbrauchsanteil bei maximaler Wirtschaftlichkeit



Abb. 18: Erweiterung Pestalozzi-Schulen

Fakten: 70 kW_p, Eigenstromanteil ~50% (Daten erstes 1/2 Jahr), Ausrichtung Süd
Leitthema: Dachintegration der PV-Anlage

Weiteres Leitthema PV-Anlagen: Integration von Gründach und PV-Anlage (s. Titelbild Energiebericht). Beispiel ist die Adolf-Reichwein-Schule. Die Ost/West ausgerichtete PV-Anlage hat eine Leistung von 35 kW_p. Der Eigenstromanteil liegt bei 97%.

Fremdstromanlagen

Bevor die Stadt Freiburg eigene PV-Anlagen errichtet hat, wurden die Dächer für Fremdanlagen freigegeben. Installiert sind Investitionsanlagen mit einer Leistung von 1.150 kW_p sowie Anlagen der Schulvereine mit weiteren 101 kW_p.

10.2 Solarkollektor-Anlagen

Die Anzahl der solarthermischen Anlagen hat sich in den Jahren 2013-2018 nur leicht verändert. Die installierte Solarkollektorfläche liegt bei rd. 400 m². Zur Warmwasserbereitung kommen als Alternative zunehmend PV-Anlagen in Frage.

10.3 Holzenergie

Sanierung Holzackschnitzelanlage Weiherhofschulen

Im März 2019 konnte die Holzackschnitzelanlage in den Weiherhofschulen wieder in den Volllastbetrieb gehen. Ein reibungsloser Betrieb der im Rahmen eines Anlagen-Contractings von der WärmePlus erstellten Holzackschnitzelanlage war in den vorangegangenen Jahren schwierig geworden. Das Gebäudemanagement hat mit Auslaufen des Anlagen-Contracting-Vertrages im Jahr 2017 zunächst ein umfassendes Konzept erarbeitet. Ziel war es, den störungsfreien Betrieb der Anlage wieder sicherzustellen.

Schwachpunkt der Anlage war das Zusammenspiel des für die Grundlast zuständigen Holzackschnitzelkessels mit dem für die Spitzenlast zuständigen Gaskessel. Nachdem der Wärmeverbrauch ab 2000 durch wirksame Wärmeschutzmaßnahmen (Dämmung der kompletten Außenhülle, Wärmeschutzfenster usw.) und hervorragender Betriebsoptimierung durch die städtischen Hausmeister Schritt für Schritt um rund 70% reduziert worden war, machte sich das Fehlen eines ausgleichenden Pufferspeichers durch häufige Betriebsstörungen immer stärker bemerkbar. Die Einsatzzeit des Holzackschnitzelkessels sank in den letzten Jahren stark.

Im Rahmen der Sanierung der Anlage wurde der langlebige Holzackschnitzelkessel 2018 neu ausschamottiert, die Ascheentsorgung automatisiert sowie ein Zyklonabscheider ergänzt, um die Abgaswerte auf den neusten Stand der Technik zu bringen. Nach dem Einbau zusätzlicher Pufferspeicher sowie einer Überarbeitung der kompletten Regelung wurde Anfang 2019 die Zuführung der Holzackschnitzel abschließend überarbeitet und teilerneuert. Das Vorzeigeprojekt in Sachen Holzackschnitzelnutzung in städtischen Gebäuden ging anschließend wieder in den Vollbetrieb.



Abb. 19 u. 20: Begutachtung Holzackschnitzel-Kessel und Schubboden Silo, Weiherhof-Schulen

Pelletheizung Mooswaldschule

Die bisher ölbetriebene Heizungsanlage in der Mooswaldschule war in die Jahre gekommen und der Brennstoff Öl stadtwert bereits ein „Auslaufmodell“. Beim Variantenvergleich lag die Pellet-Heizanlage vorn, die im Jahr 2018 mit einer Leistung von 140 kW realisiert wurde.



Abb. 21: Neue Holzpellet-Anlage (rot) mit Spitzenlastkessel (weiß) und Pufferspeicher (schwarz) in der Mooswaldschule

Ein Gasbrennwertkessel dient lediglich der Spitzenlastabdeckung und Versorgungssicherheit. Heizöl kommt nicht mehr zum Einsatz. Der Pelletkessel ist ausgelegt rund 90% des Wärmebedarfs zu liefern. Das erste Betriebsjahr verlief positiv.

10.4 Kraft-Wärme-Kopplung

Anteil Kraft-Wärme-Kopplung basierter Wärmebezug

Die Kraft-Wärme-Kopplung nimmt eine zunehmend zentrale Rolle bei der Energieversorgung der städtischen Gebäude ein. Neben dem starken Anteil an Fernwärme konnte durch den Ausbau eigener BHKWs in den städtischen Gebäuden der Anteil der auf Kraft-Wärme-Kopplung basierenden Gebäude ständig erhöht werden.

Der Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung (Fernwärme u. Wärmeanteil BHKWs) liegt insgesamt bei rd. 37%¹². Der Anteil, den die städtischen BHKWs beitragen, war 2018 bereits rd. 15%.

Exkurs: Auslöser für den Zuwachs an BHKWs in städtischen Gebäuden war ein Konzept des Klimabündnisses Freiburg (vgl. EB 2014, S. 41f.) und der Gemeinderatsbeschluss G-09/285

¹² Bei der Fernwärme wird angenommen, dass 80% aus KWK bereitgestellt wird, da differenzierte Werte vom Wärmelieferanten nicht vorliegen.

aus dem Jahr 2009. Dieser ermöglichte dem GMF einen zielstrebigem Ausbau. Die Finanzierung erfolgt vorwiegend aus städtischen Mitteln der Konzessionsabgabe für den Klimaschutz. Zunehmend werden einzelne Projekte auch aus Projektmitteln des GMF finanziert.



Abb. 22: Inbetriebnahme BHKW 50 kW_{el}, Deutsch-Französisches-Gymnasium (DFG)

Das Energiemanagement hat mit dem versorgungstechnischen Fachbereich eine Checkliste für die Umsetzung der BHKWs erarbeitet, die eine reibungslose Umsetzung ermöglicht. Trotzdem stellt jede Anlagenplanung ein eigenes Projekt dar, denn es gilt die BHKWs in die unterschiedlichen Heizzentralen bedarfsgerecht und passgenau zu integrieren.

Ein ausreichend großer und geeigneter Aufstellort für BHKW und Heizwarmwasserspeicher ist eine zwingende Voraussetzung. Neben der rohrseitigen Einbindung in das Heizsystem ist ein Anschluss an das Gasnetz sowie an die Abgasanlage erforderlich. Die spezifische Regelungstechnik für das BHKW muss in Abstimmung mit der Spitzenkesselanlage und den Speichern aufgebaut bzw. in eine bestehende Gebäudeleittechnik (GLT) integriert werden.

Heutige BHKWs arbeiten zwar relativ leise, trotzdem muss der Direkt- und Übertragungsschall in Grenzen gehalten werden. Der Aufstellort muss schalltechnisch geeignet sein oder ggf. er-tüchtigt werden, um die Nutzung der Gebäude nicht zu beeinträchtigen.

Der elektrische Anschluss an das Stromnetz, ggf. ein Zusammenschluss bisher separater Stromnetze einzelner Gebäude sowie der Aufbau einer Zählereinrichtung müssen realisiert werden und kann mitunter relativ aufwändig werden, wenn neben dem BHKW, auch eine PV-Anlage in das allgemeine Netz einspeisen soll.

Durch den Zusammenschluss einzelner Gebäude können eigene Nahwärmenetze aufgebaut werden. So versorgt am Friedrich-Gymnasium das BHKW in der Heizzentrale des Schulgebäu-des die Sporthalle gleich mit. Die separate alte Heizanlage der Sporthalle konnte aufgegeben werden. Die Heizzentrale „Altes Thermalbad Zähringen“ versorgt drei Gebäude (Jatz mit Kiga,

Bürgerhaus Zähringen, Sporthalle Nord), die BHKW-Anlage der Pestalozzi-Schule gleich vier Gebäude: das alte Schulgebäude, den Erweiterungsneubau, die Sporthalle und die May-Bellinghausen-Halle. Anstatt drei Heizzentralen ist im letzten Beispiel nur noch eine in Betrieb, wodurch auch der Unterhalt einfacher und wirtschaftlicher wurde.

Nachteilig beim Betrieb von BHKW's ist der relativ hohe administrative Aufwand, der für die verschiedenen Anmeldeverfahren beim Markstammdatenregister, bei der BAFA, beim Hauptzollamt sowie beim Netzbetreiber notwendig wird. Jährlich muss die Mineralölsteuerrückvergütung beantragt sowie u.a. die Abrechnungen mit dem Netzbetreiber erfolgen.



Abb. 23: BHKW Deutsch-Französischen-Gymnasium (Begutachtung BHKW-Aggregat, Heizwasserspeicher hinten)

Im Vergleich zum letzten Energiebericht konnte das GMF an 15 Standorten neue BHKWs realisieren. Die installierte elektrische Leistung wurde mehr als verdoppelt und stieg von 457 kW_{el} auf 955 kW_{el} an.

BHKW's eigene Realisierung GMF¹³				
Liegenschaft	Straße	Betrieb ab	Leistung [kW_{el}]	Hinweis
Max-Weber-Berufsschule	Fehrenbachallee 14	2005	11	2x5,5 Modul Dachs
Kunstdepot	Weißerlenstraße 5c	2012	20	Kraftwerk
Tunibergschule ¹⁴	Am Sportplatz 10	2013	40	Kraftwerk 2x20 W
Lycée-Turenne	Schützenallee 31	2013	34	Kraftwerk
Schneeburgschule / Theodor-Heuss-Gymnasium	Andreas-Hofer-Str.3	2014	34	Kraftwerk
Wohnheim	Hermann-Mitsch-Str.13	2015	20	Messerschmid
Droste-Hülshoff-Gymnasium	Brucknerstr. 2	2016	34	Kraftwerk
Lessingschulen	Lessingstr. 1	2017	34	Kraftwerk
Friedrich-Gymnasium	Jacobisstr. 22	2017	34	Kraftwerk
Bürgerhaus Zähringen / Sporthalle Nord, Jatz	Lameystr. 2-4	2017	50	Kraftwerk
Walter-Eucken-Gymnasium	Glümerstr. 50	2017	50	Kraftwerk
Deutsch-Franz.-Gymnasium	Runzstr. 83	2018	50	Kraftwerk
Turnseeschule	Turnseestr. 14	2018	50	Kraftwerk
Karlschule	Karlstr. 16	2018	22	Kraftwerk
Schauinslandschule	Moosmattenstr. 16	2018	20	Kraftwerk
Emil-Thoma-Schule	Schützenallee 32	2018	34	Kraftwerk
Rotteck-Gymnasium	Lessingstr. 16	2018	50	Kraftwerk
Pestalozzischulen./ May-Bellinghausen-Halle / Sporthalle	Staufener Str. 3	2018	50	Kraftwerk
Summe:			637	Gesamt: 955 kW_{el}

Tabelle 14: BHKW-Anlagen in städtischen Gebäuden durch eigene Realisierung GMF¹⁵

¹³ Vor der eigenen Realisierung GMF wurden an 7 Standorten BHKWs über Contracting, mit einer Gesamtleistung von 318 kW_{el}, realisiert.

¹⁴ BHKW Tunibergschule, erstes vollständig eigen errichtetes BHKW GMF, gem. GR-Beschluss (vgl.S. 8)

¹⁵ Stand Ende 12/2018



Abb. 24: Städtisches BHKW Nahwärmeprojekt Pestalozzischule (Schallschutz geöffnet)

10.5 Ökostrom

Der Stromeinkauf für alle städtischen Gebäude sowie für die Straßenbeleuchtung und Signalanlagen erfolgt zentral über das Energiemanagement des Gebäudemanagements. Vorbildliches Handeln ist auch beim Strombezug angezeigt, weshalb ab 2012 auf 100% Ökostrom umgestellt wurde. Die Stadt Freiburg bezieht ein mit der OK Power Zertifizierung ausgezeichnetes hochwertiges Produkt.



Abb. 25: Ausschnitt aus Zertifikat von EnergieVision e.V., Ökostrombezug städtische Gebäude

Die Zertifizierung garantiert wichtige Kriterien wie:

- 100% aus erneuerbaren Energien
- keine Beteiligung an Atom- und Braunkohlekraftwerken
- gemäß „Händlermodell“ wird zugunsten der Energiewende der Ausbau erneuerbarer Kraftwerke beschleunigt, wobei 1/3 der Strommengen in neu gebauten Kraftwerken erzeugt wird, die nicht älter als sechs Jahre sind.

Trotz dieser hochwertigen Kriterien bleibt der erworbene Ökostrom bei der CO₂-Bilanz der städtischen Gebäude unberücksichtigt (vgl. S. 19). Bislang kann nur lokal auf den Arealnetzen der Liegenschaften erzeugter Strom berücksichtigt werden. Damit sich die CO₂-Bilanz beim Strom weiter verbessert, muss neben dem Grundsatz der Einsparung und Vermeidung auch die Stromerzeugung weiter forciert werden. Eigene umweltschonende bzw. „anrechenbare“ Stromerzeugungskapazitäten können und werden in städtischen Gebäuden durch neue effiziente BHKWs und zukünftig verstärkt durch eigene PV-Anlagen aufgebaut.

10.6 Biogas

Biogas kommt bei den städtischen Gebäuden indirekt über die Fernwärme zum Einsatz. Der Energieversorger setzt Biogas in seinen vorwiegend EEG-geförderten KWK-Anlagen ein. Das Biogas kommt hauptsächlich aus eigener Produktion.

Exkurs: In letzter Zeit wurde häufiger die Frage gestellt, ob Biogas nicht auch in Heizanlagen zum Einsatz kommen könnte. Hierbei gilt es vornehmlich zwei Dinge zu beachten: Neben dem verhältnismäßig hohen Preis, dieser liegt bei 100% Biogas um ein Mehrfaches über dem von Erdgas, ist Biogas nur in relativ geringen Mengen verfügbar. Wenn überhaupt, stammt es nicht oder nur zu sehr geringen Anteilen aus nachhaltiger, sondern fast ausschließlich aus konventioneller Erzeugung bzw. Landwirtschaft. Nachhaltig zertifizierte Biogasprodukte sind auf dem Markt kaum erhältlich. Die geringen verfügbaren Mengen an Biogas insgesamt sollten aber nicht zur reinen Wärmegewinnung, sondern ausschließlich zum Einsatz in KWK geführten Fernwärmeanlagen, zur Gewinnung von Wärme und Strom, eingesetzt werden. Jedwedes Biogas lediglich in Heizanlagen zu verbrennen, hat im Sinn des städtischen Klimaschutzkonzeptes keine Vorbildfunktion.

11 Öffentlichkeitsarbeit

Das Energiemanagement unterstützt die Öffentlichkeitsarbeit des Gebäudemanagements in verschiedenen Bereichen:

- Themenbeiträge, Datenaufbereitung für Vorlagen sowie für Pressemeldungen in Zeitung und Rundfunk
- Fachliche Vorbereitung und Teilnahme an Pressegesprächen zu Fachthemen Energiemanagement
- Vorträge und Führungen bei besonderen Anlässen, für hochrangige Delegationen und Partnerstädte (alle übrigen Vorträge u. Führungen erfolgen über Dienstleister)
- Berufung in den Arbeitskreis „Kommunales Energiemanagement“ des Deutschen Städtetages (DST) seit bald 25 Jahren. Mitarbeit bei der Erarbeitung von Hinweisen¹⁶ zum kommunalen Energiemanagement, Vorstellung eigener städtischer Projekte im Arbeitskreis, Mitvorbereitung der Themen für den jährlichen Deutschen Energiekongress für kommunales Energiemanagement, intensiver fachlicher Austausch mit den Kolleg*innen aus dem Energiemanagement der beteiligten Städte.
- Deutscher Energiekongress für kommunales Energiemanagement. Beitrag in Form von Leitung eigener Workshops zu fachlichen Themen (u.a. 2017 Thema: Einsatz von LED-Leuchten).

Nicht zuletzt vertritt das Energiemanagement das Gebäudemanagement in Fragen des Klimaschutzes. Es leistet im Rahmen des gesamtstädtischen Klimaschutzkonzeptes einen erheblichen Beitrag in vielfältiger Form, wie z.B. durch fachliches Einbringen der Themen in das GMF, Beteiligung an Workshops des Umweltschutzamtes, liefern von Textbeiträge für Veröffentlichungen, Datenlieferung, fachlichen Austausch und Auswertung von Daten für Berichte sowie durch die tägliche Zusammenarbeit auf der Arbeitsebene mit den verschiedenen Ämtern.

¹⁶ <http://www.staedtetag.de/fachinformationen/energie/061541/index.html>

12 Ausblick

Der Neubau der Staudinger Gesamtschule wird als größtes bauliches Einzelprojekt von besonderer Bedeutung sein. Das Gebäudemanagement setzt derzeit alles daran, das Passivhaus Plus Ziel zu erreichen. Daneben wird der Neubau des 2. Bauabschnitts des Rathauses im Stühlinger (RIS II) das bestimmende Thema in den nächsten Jahren sein. Nach Inbetriebnahme des 1. Bauabschnittes wird das Monitoring des Gebäudes im Mittelpunkt des Interesses stehen und die Optimierung der Anlagen und Verbräuche eine wichtige Aufgabe bleiben.

Aktuell ist der 2. Bauabschnitt des RIS in Planung. Die Messlatte für die energetischen Ziele und die Erwartungen an das Projekt sind hoch. Was realistisch und machbar ist, wird auch in Verbindung mit den Ergebnissen des 1. Bauabschnittes zu betrachten sein. Da zwei große Schulzentren an das RIS angrenzen, wird derzeit vom GMF untersucht, ob und inwieweit ein zukunftsfähiges Gesamtversorgungskonzept („Energiecampus“) weitere Vorteile in Bezug auf Energieeinsparung und Klimaschutz bieten kann. Ein hohes Einsparpotenzial ist erkennbar, jedoch bedarf es einer eingehenden umsetzungsbezogenen Betrachtung und Vorbereitung aufgrund der Größe und Komplexität der Aufgabenstellung.

Die städtischen Liegenschaften werden von besonderer Bedeutung bei den Zielen „Klimaneutrale Verwaltung“ und „Klimaneutralität der Stadt bis 2050“ sein. In diesem Zusammenhang muss die Frage gelöst werden, wie die zunehmend energieintensiven Nutzungsanforderungen mit den klimapolitischen Zielen vereinbart werden können. Auch muss geklärt werden, wie mit den hohen Restriktionen des Denkmalschutzes umzugehen ist, da neben den historischen zunehmend jüngere Gebäude aus der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts in den Denkmalschutz fallen und nur noch eingeschränkt, bei deutlich höheren Kosten, energieoptimiert werden können. Verschiedene ertragsoptimale Dachflächen für PV-Anlagen werden so ebenfalls ausgeschlossen.

In den vergangenen Jahren wurde systematisch der Ausbau städtischer BHKWs und Nahwärmenetze in städtischen Liegenschaften forciert und damit der Ausbaugrad der Kraft-Wärme-Kopplung weiter vorangetrieben. Zukünftig wird sich der Ausbau- und Finanzierungsschwerpunkt in Richtung städtische PV-Anlagen verlagern. Eine Potenzialanalyse der PV-Flächen und Erträge ist in Bearbeitung. Eine besondere Bedeutung wird zukünftig die Campuslösung erlangen, die eine liegenschaftsübergreifende, energieeffiziente und möglichst CO₂ neutrale Versorgung gewährleisten soll. Ein erstes herausragendes Beispiel wird in diesem Zusammenhang die Entwicklung des Campusprojektes RIS II, in Verbindung mit dem Berufsschulzentrum und der Max-Weber-Schule darstellen.

13 Anhang

13.1 Energetische Standards und Hinweise

Den Überblick über die energetischen Standards zu behalten ist schwierig, zumal die Komplexität der einzelnen Verfahren erst bei vertiefter Betrachtung deutlich wird. Um Klarheit hierüber zu erlangen, werden die wichtigsten Standards für Neubauten kurz erläutert und auf die wesentlichsten Punkte eingegangen. Der festgelegte Standard bildet die Basis, nach der Gebäude geplant und realisiert werden, damit die Verbräuche und CO₂-Emissionen in der Praxis auch erzielbar sind und politisch beschlossene Ziele tatsächlich erreicht werden können.

Energetische Standards

a) EnEV sowie KfW 55 und KfW 40

Die bundesweit eingeführte Energieeinsparverordnung (EnEV) vergleicht den zukünftigen Neubau mit einem definierten Referenzgebäude. Der reine Standard nach EnEV genügt der kommunalen Vorbildfunktion nicht. Fachliche Kritik besteht in verschiedenen Punkten, beispielsweise dass als klimatischer Bezug der Standort Potsdam vorgegeben ist, oder die Qualität der Gebäudehülle reduziert werden kann, wenn z.B. die Energieversorgung regenerativ erfolgt. Das zugrundeliegende Referenzverfahren hat insgesamt den Nachteil, die Verbräuche der Neubauten nur relativ ungenau prognostizieren zu können. Die auf das EnEV-Verfahren aufbauenden Standards wie KfW 55 und besondere KfW 40¹⁷ stellen höhere und zeitgemäße Anforderungen, die auch im Hinblick auf die Vorbildfunktion kommunalen Handelns zu erbringen sind.

b) Passivhaus-Standard

Dem vom Passivhaus-Institut in Darmstadt begründeten Standard, der weltweite Verbreitung und Anerkennung findet, liegt die Annahme zugrunde, dass Neubauten schon heute so gebaut werden sollten, dass sie auch in der Zukunft noch als effiziente Gebäude mit geringem Energieeinsatz gelten. Bezogen auf den Lebenszyklus sind Passivhäuser wirtschaftlich nachweislich realisierbar. Über ein wirksames Planungswerkzeug und Berechnungsverfahren, dem Passivhausprojektierungspaket (PHPP) können Varianten technisch, wirtschaftlich und energetisch verglichen und zukünftige Verbräuche genauer im Voraus prognostiziert werden, als dies über übliche Berechnungsverfahren nach EnEV möglich ist. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Qualität der Wärmeversorgung nicht zu einer Minderung der baulichen Qualität führt. Das ist umso wichtiger, da der Wärmeschutz neuer Gebäude über viele Jahrzehnte unverändert bleibt.

Der Passivhaus-Standard Classic erfordert einen Heizwärmebedarf von 15 kWh je m² im Jahr sowie einen maximalen Primärenergiebedarf von 120 kWh/m²/a. Seit 2016 gibt es die erweiterten Standards Plus und Premium. Diese können z.B. mit einer regenerativen Energieversorgung und weiteren Optimierungen erreicht werden. Der klassische Passivhaus-Standard gilt seit 2009 für alle städtischen Neubauten als Basis.

Mit dem Neubau der Staudinger Gesamtschule soll erstmalig der höhere Standard Passivhaus Plus erreicht werden. Eingeschossige Gebäude weisen die im Verhältnis zu Geschosßbauten größte Dachfläche auf, was für eine Energieerzeugung mittels PV-Anlage grundsätzlich vorteilhaft ist. Mit jedem Geschoss sinkt der relativ auf die wachsende Grundfläche bezogene Dachflächenanteil. Der geringe Grundflächenbedarf macht mehrgeschossige Bauten in diesem Punkt nachhaltiger, gleichzeitig „verliert“ sich die Möglichkeit, ausreichend PV-Energie zu erzeugen, weil die für die Erzeugung wichtigste Fläche des Daches gleich bleibt. Dieser Aspekt wird beim Standard Passivhaus Plus u.a. mit bewertet.

¹⁷ Der nach der Kreditanstalt für Wiederaufbau benannte KfW 55 bzw. KfW 40 Standard ist so definiert, dass Neubauten nur noch 55% bzw. 40% der Primärenergie, im Vergleich zum Referenzgebäude der EnEV, benötigen.

c) Plusenergiehaus-, Nettoplusenergiehaus- und Nullenergiehaus-Standard

Bei diesen erweiterten Standards ist es das Ziel, gleich viel oder mehr regenerative Energie zu erzeugen wie verbraucht wird. Die Energie- bzw. CO₂-Bilanz ist entweder ausgeglichen (Null) oder, wenn mehr regenerative Energie erzeugt wird, positiv (Plus). Die Berechnung erfolgt auf der Basis der Primärenergie. Bezugsrahmen ist die Liegenschaft. Die Stromerzeugung durch PV-Anlagen auf der Liegenschaft ist von zentraler Bedeutung. Vom Energieversorger bezogener Ökostrom kann nicht angerechnet werden, weil er bereits in der Bilanz der Herkunftsländer, wie auch im bundesdeutschen Strommix, berücksichtigt wurde.

- Plusenergiehaus-Standard

Beim Plusenergiehaus werden alle Verbräuche bilanziert. Eine Definition erfolgte lt. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) 2007. Das Ziel, ein Plusenergiehaus zu erreichen, ist extrem anspruchsvoll. Der Standard beinhaltet immer ein differenziertes Energiekonzept. Gebäude mit energieintensiven Nutzungen wie Mensen, Rechenzentren, etc. können diesen Standard selbst heute kaum erreichen. Bei Gebäuden mit einfacher Nutzung und wenigen Geschossen ist das wesentlich einfacher. In der Planung kommt es deshalb von Beginn darauf an, über ein begleitendes Energiekonzept den zukünftigen kompletten Energiebedarf vollständig zu erfassen und konsequent durch effiziente Maßnahmen den Verbrauch aller energierelevanten Systeme zu reduzieren und zu optimieren. Die Passivhausbauweise bietet eine sinnvolle Voraussetzung. Ein zu lösendes Problem stellt der Umstand dar, dass die für den Solarertrag wichtigste Fläche, die Dachfläche eines Gebäudes, unabhängig von den Geschossen immer gleich bleibt (s. oben) und deshalb auch z.B. die Fassade zur regenerativen Energieerzeugung mit hinzugezogen werden muss.

- Netto-Plusenergiehaus-Standard

Der Unterschied zum Plusenergiehaus besteht darin, dass nur der für den „Betrieb“ des Gebäudes notwendige Teil an Energie bilanziert wird. Der Energieverbrauch für besondere Nutzungen wie Mensa, Rechenzentrum, Beleuchtung, IT u. PCs etc. werden in der „Netto“-Bilanz grundsätzlich nicht berücksichtigt. Schwierig ist die praktische Trennung und Erfassung der „Betriebsenergie“. Dieser Standard findet derzeit nur begrenzt Anwendung.

- Nullenergiehaus-Standard

Der Begriff stammt aus der Pionierzeit des ersten 1992 in Freiburg fertiggestellten Nullenergiehauses. Begrifflich wird heute der Plusenergiehaus-Standard verwendet, weil der wesentliche Unterschied darin besteht, dass gerade so viel erzeugt wie verbraucht wird, um die Bilanz auszugleichen. In der Praxis wird fast immer ein Überschuss oder eine Unterdeckung erzielt.

Hinweise

a) Erzeugung und Nutzung regenerativer Energie

Um erweiterte Standards wie Plusenergie zu realisieren, müssen bereits den Verbräuchen entsprechend hohe regenerative Erträge gegenüberstehen. Eine maximale Belegung der Dachflächen mit hocheffizienten Modulen ist deshalb Voraussetzung. Zur Wärmebereitstellung sind Wärmepumpen oder regenerative Energien zwingend erforderlich. Kritisch diskutiert wird der Aspekt, wie der „Überschussstrom“, also der Strom, der nicht im Gebäude selbst genutzt, sondern ins Stromnetz eingespeist wird, verwertet werden kann. Zukünftige Entwicklungen wie Projekte mit „Power-to-Gas“¹⁸ oder „Power-to-Heat“¹⁹ sowie industrielle große Speicheranlagen, Lageenergiespeicher usw. werden dies positiv beeinflussen. Beiträge können auch lokale, ge-

¹⁸ Power-to-Gas bedeutet Elektroenergie mittels Elektrolyse in Methangas umzuwandeln, welches dann z.B. in saisonalen Langzeitspeichern gespeichert wird und bei Bedarf z.B. mittels Brennstoffzelle genutzt werden kann.

¹⁹ Power-to-Heat bedeutet Elektroenergie in Wärme umzusetzen also praktisch aus PV-Strom Wärme zu gewinnen und diese dann zwischen zu speichern (z.B. im Heizungswasserspeicher)

bäudebezogene Speicher wie Stromspeicher liefern: Hierdurch wird der Anteil des im eigenen Gebäude verwendeten Stroms erhöht und der Anteil des ins öffentliche Netz eingespeisten Stroms gesenkt.

Die Zeitpunkte von hoher Stromerzeugung und hohem Stromverbrauch liegen zeitlich häufig auseinander. So erreichen PV-Anlagen im Sommer i.d.R. den höchsten Ertrag, während im Winter der höchste Strombedarf besteht. Bei der Berechnung von CO₂-Bilanzen bleibt der Zeitpunkt von Stromverbrauch und Stromerzeugung i.d.R. unberücksichtigt.

Fernwärme und Primärenergiefaktoren

Fernwärmelieferanten dürfen bislang gesetzlich geschützt ein eigenes Rechenverfahren zur Ermittlung der Primärenergie-Faktoren verwenden. Die Fernwärme kommt hierbei zu rechnerischen Vorteilen bei der klimaschutzseitigen Bewertung. In Diskussion ist eine Anpassung der Berechnungsgrundlage,. Im 2020 beschlossenen Gebäudeenergiegesetz (GEG) ist eine Anpassung jedoch noch nicht erfolgt.

Exkurs: Positiv ist in diesem Kontext, dass Fernwärmelieferanten bereits heute reagieren und den Anteil regenerativ erzeugter Energien in ihren Netzen erhöhen. Im vorliegenden Energiebericht werden die CO₂-Emissionen real betrachtet.

Graue Energie und Bilanzierung

Graue Energie wird bei den baulichen Standards, als auch bei der EnEV, nicht mit bilanziert. Das Verfahren ist und wäre in der Anwendung zu komplex. Zudem belegen einschlägige Untersuchungen, dass die Herstellungenergie von Dämmstoffen relativ gering ist und sich bei allen Systemen die aufgrund der besseren Dämmung erzielte Energieeinsparung bereits innerhalb weniger Monate amortisiert. Im Baubereich benötigt der heute ausschließlich aus Stahlbeton bestehende Rohbau die mit Abstand höchste Herstellungenergie.

Exkurs: Beim GMF wird eine ökologische Materialauswahl bei der Planung mit berücksichtigt.

13.2 Kennzahlen

Die nachfolgend dargestellten spezifischen Verbrauchskennzahlen wurden für Wärme, Strom und Wasser zu den Bereichen

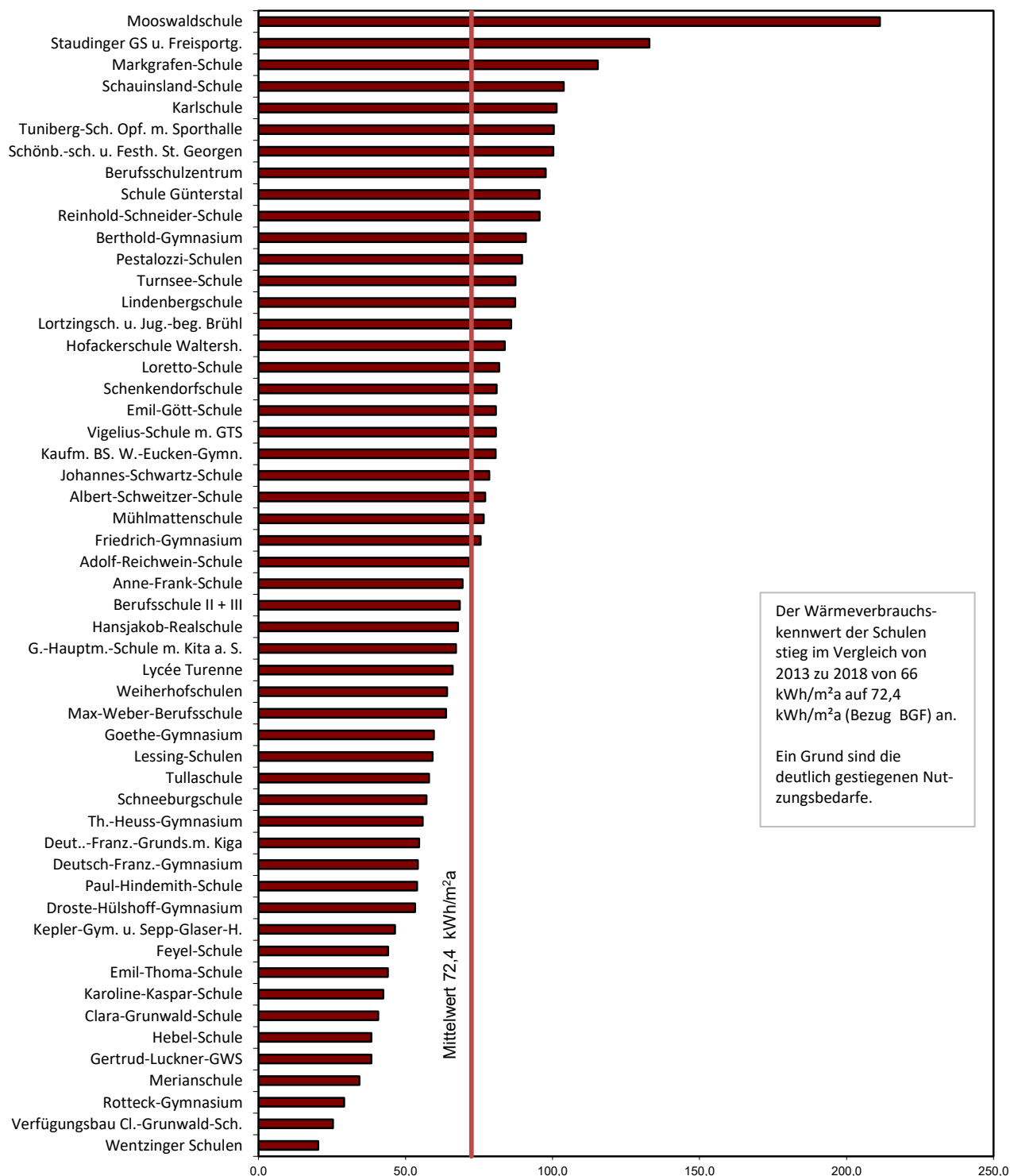
- Schulen
- Kinder u. Jugendeinrichtungen
- Verwaltung u. Sonstige

aus den jeweiligen Verbräuchen der Liegenschaften/Gebäude, im Verhältnis zur Fläche (Bruttogrundfläche gemäß DIN 277, kurz BGF) wie folgt gebildet.

Beispiel:

Wärmebedarf witterungsbereinigt „Rathaus im Stühlinger“	von	782.140 kWh
dividiert durch die Bruttogrundfläche	/	24.212 m ²
spezifischer Wärmeverbrauch	=	32,3 kWh/m²

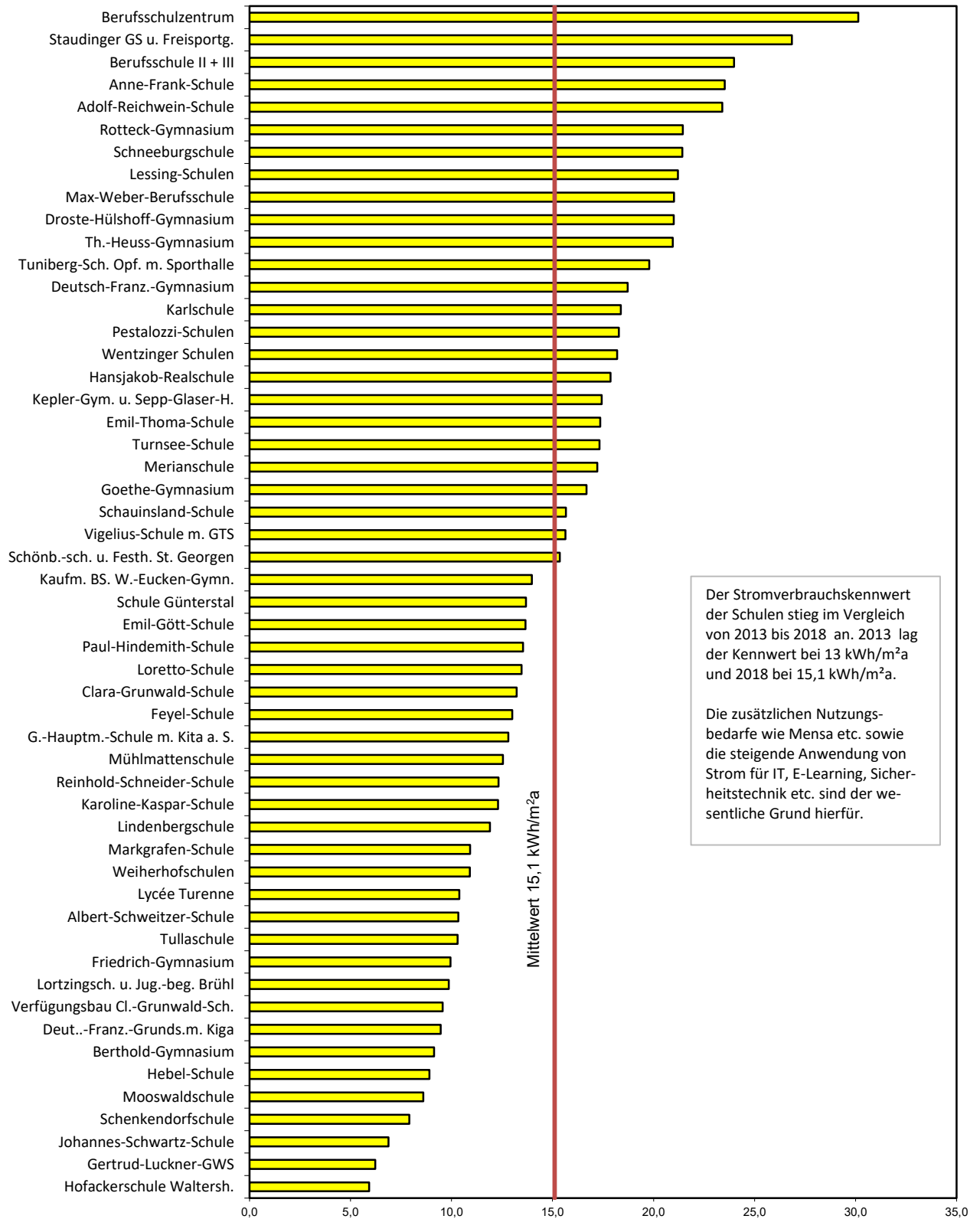
Wärmeverbrauchskennwert Schulen 2018 [kWh/(m²a)]



Der Wärmeverbrauchs-kennwert der Schulen stieg im Vergleich von 2013 zu 2018 von 66 kWh/m²a auf 72,4 kWh/m²a (Bezug BGF) an.

Ein Grund sind die deutlich gestiegenen Nutzungsbedarfe.

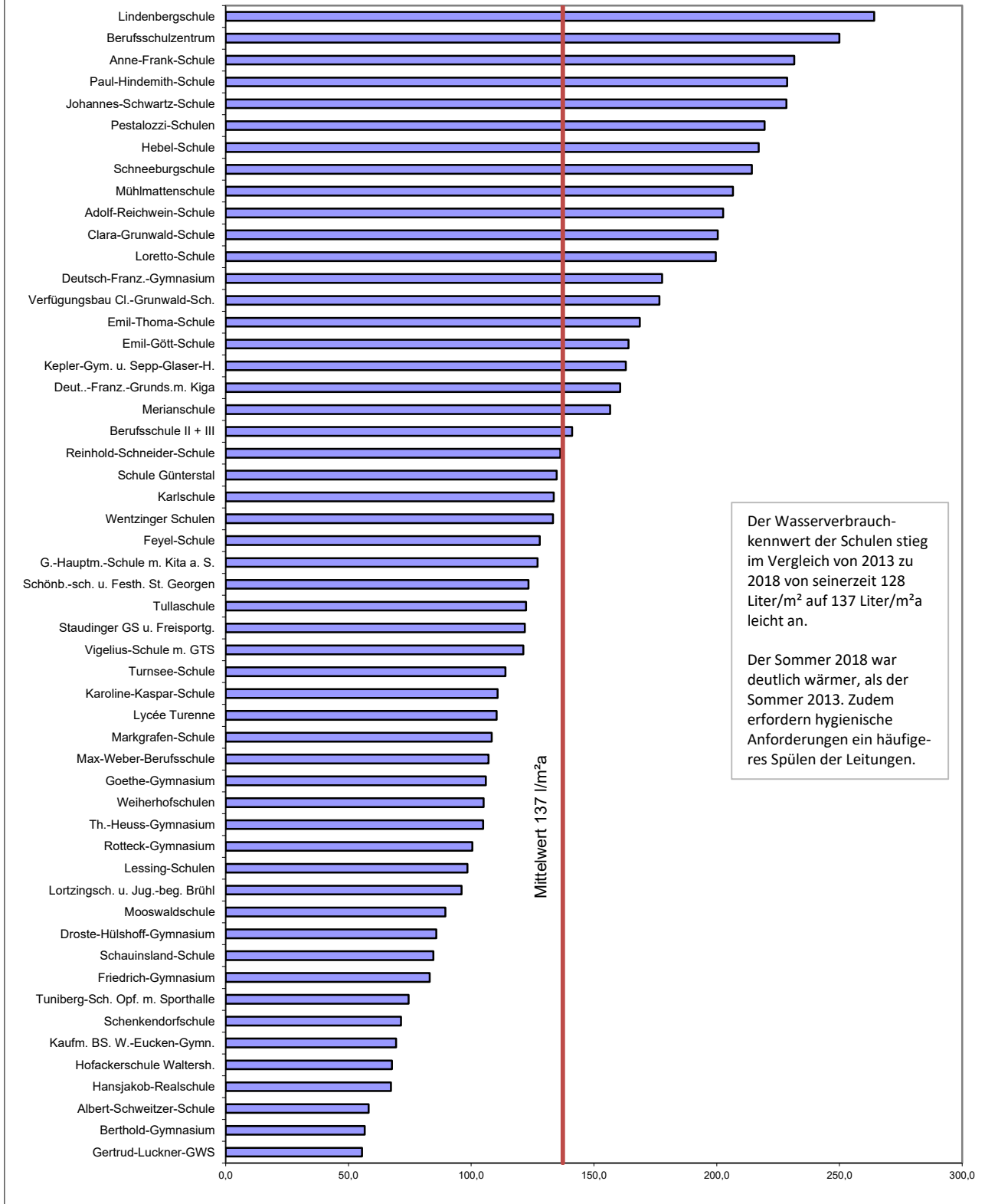
Stromverbrauchskennwert Schulen 2018 [kWh/(m²a)]



Der Stromverbrauchskennwert der Schulen stieg im Vergleich von 2013 bis 2018 an. 2013 lag der Kennwert bei 13 kWh/m²a und 2018 bei 15,1 kWh/m²a.

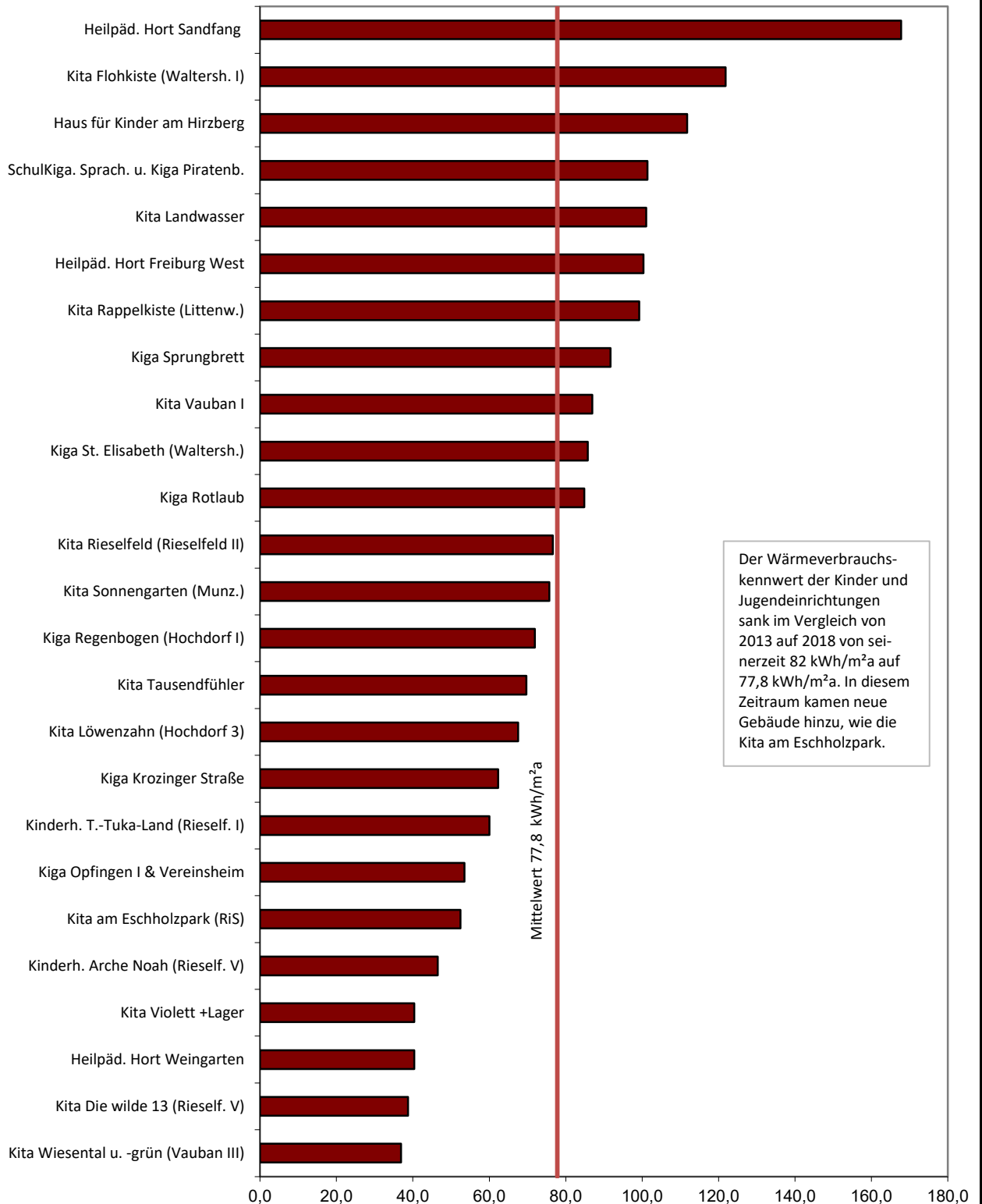
Die zusätzlichen Nutzungsbedarfe wie Mensa etc. sowie die steigende Anwendung von Strom für IT, E-Learning, Sicherheitstechnik etc. sind der wesentliche Grund hierfür.

Wasserverbrauchskennwert Schulen 2018 [Liter/m²]



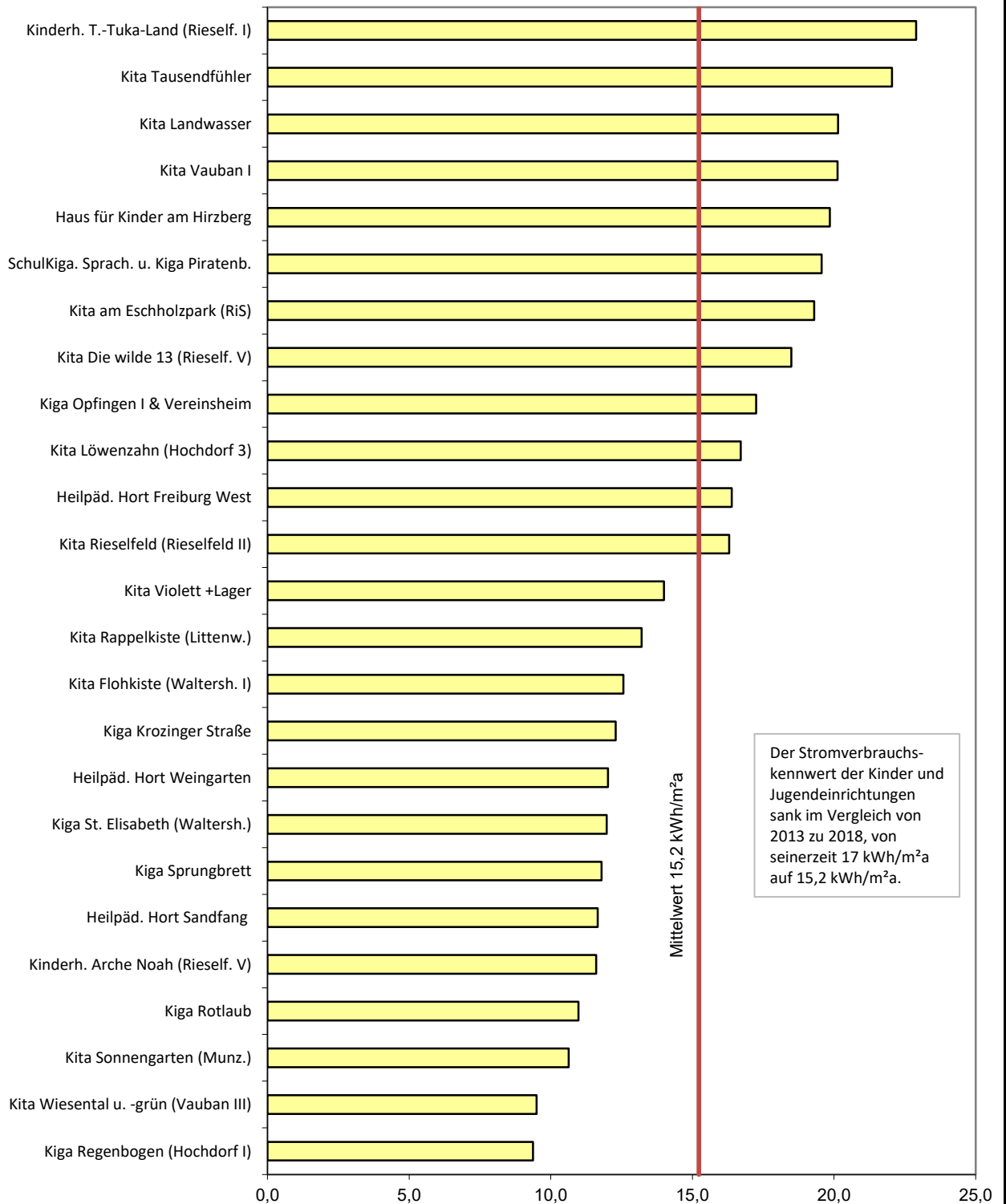
Der Wasserverbrauchskennwert der Schulen stieg im Vergleich von 2013 zu 2018 von seinerzeit 128 Liter/m² auf 137 Liter/m² leicht an.

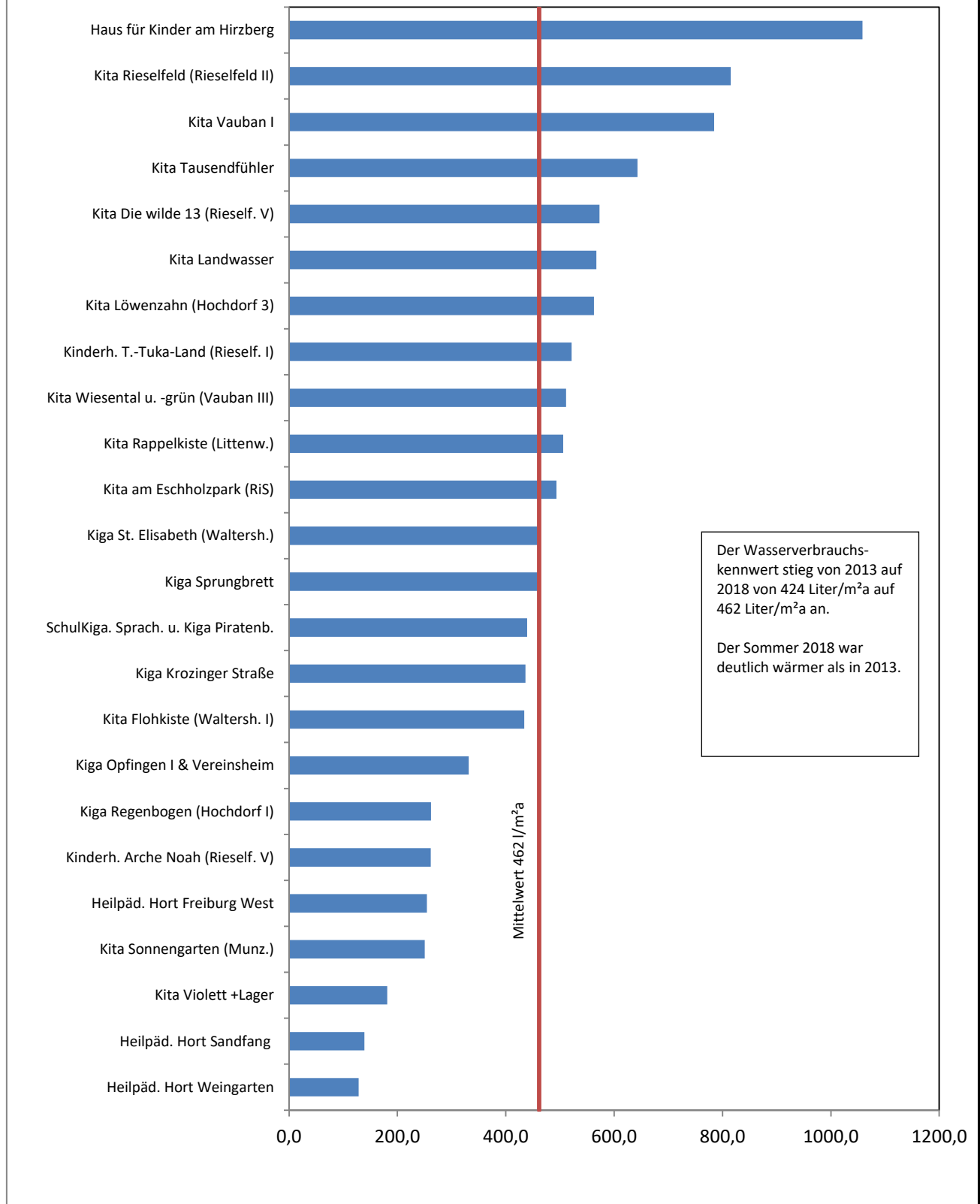
Der Sommer 2018 war deutlich wärmer, als der Sommer 2013. Zudem erfordern hygienische Anforderungen ein häufigeres Spülen der Leitungen.

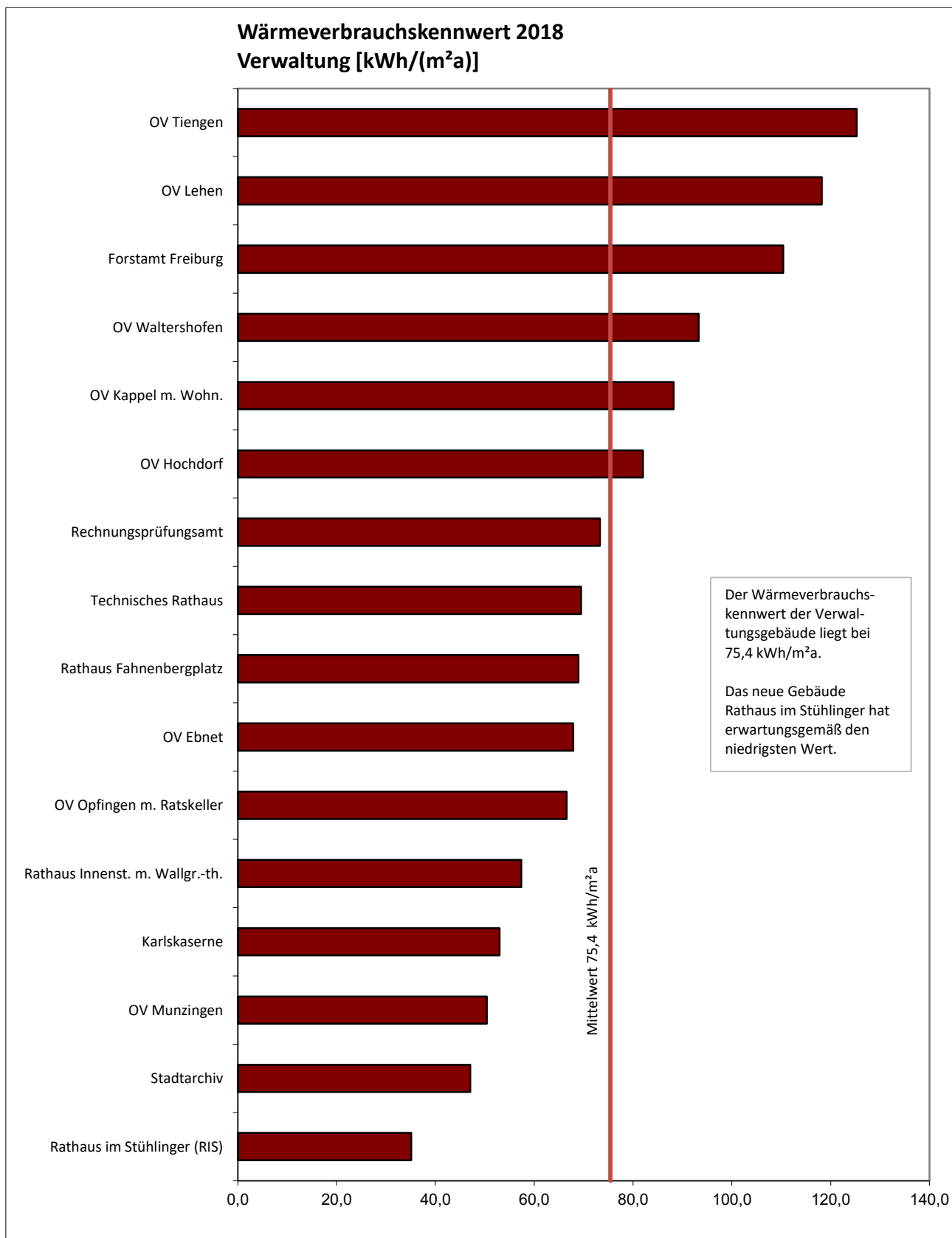
**Wärmeverbrauchs-kennwert 2018
 Kindergärten, Kitas u. -horte [kWh/(m²a)]**


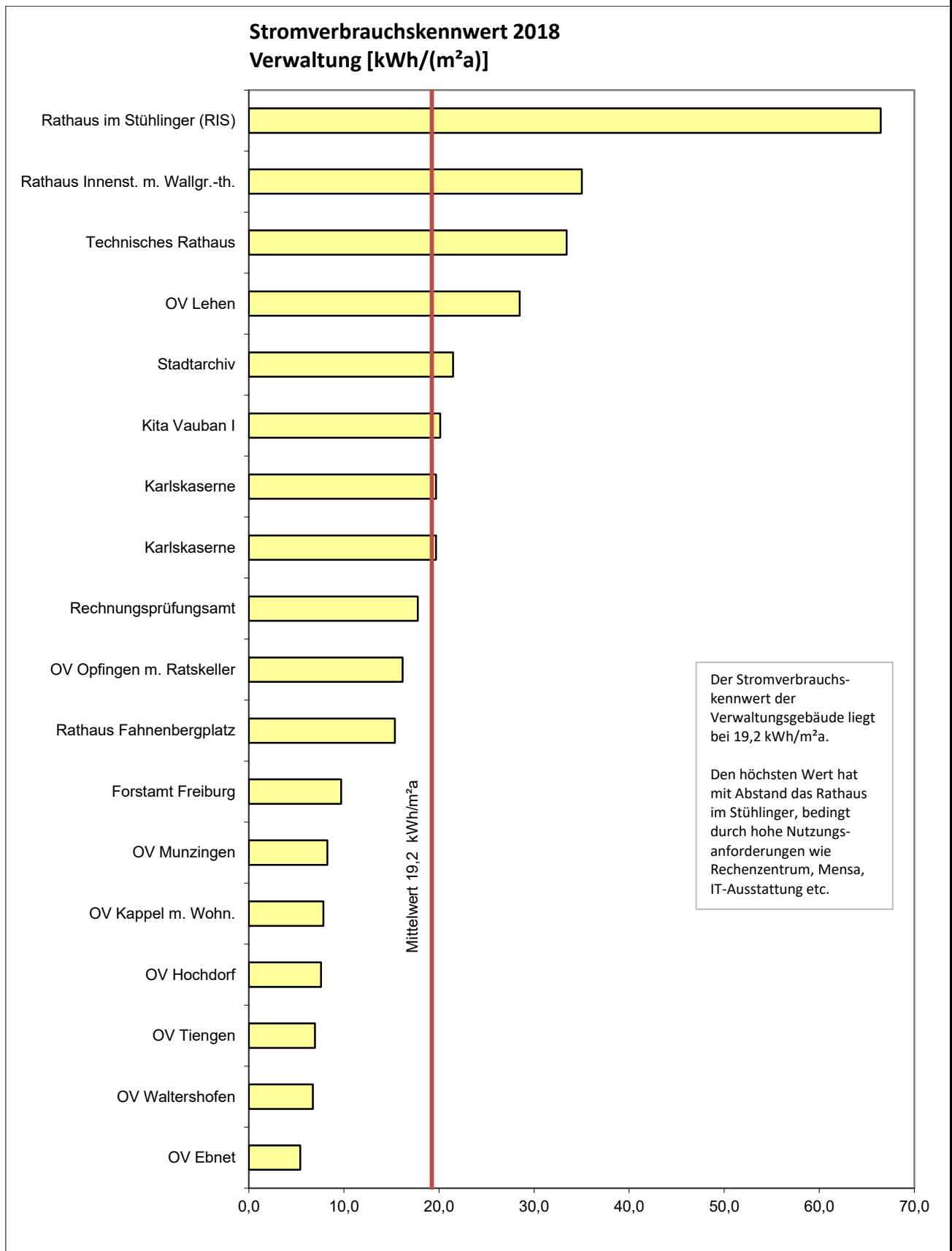
Der Wärmeverbrauchs-kennwert der Kinder und Jugendeinrichtungen sank im Vergleich von 2013 auf 2018 von seinerzeit 82 kWh/m²a auf 77,8 kWh/m²a. In diesem Zeitraum kamen neue Gebäude hinzu, wie die Kita am Eschholzpark.

**Stromverbrauchskennwert 2018
Kindergärten, Kitas u. -horte [kWh/(m²a)]**

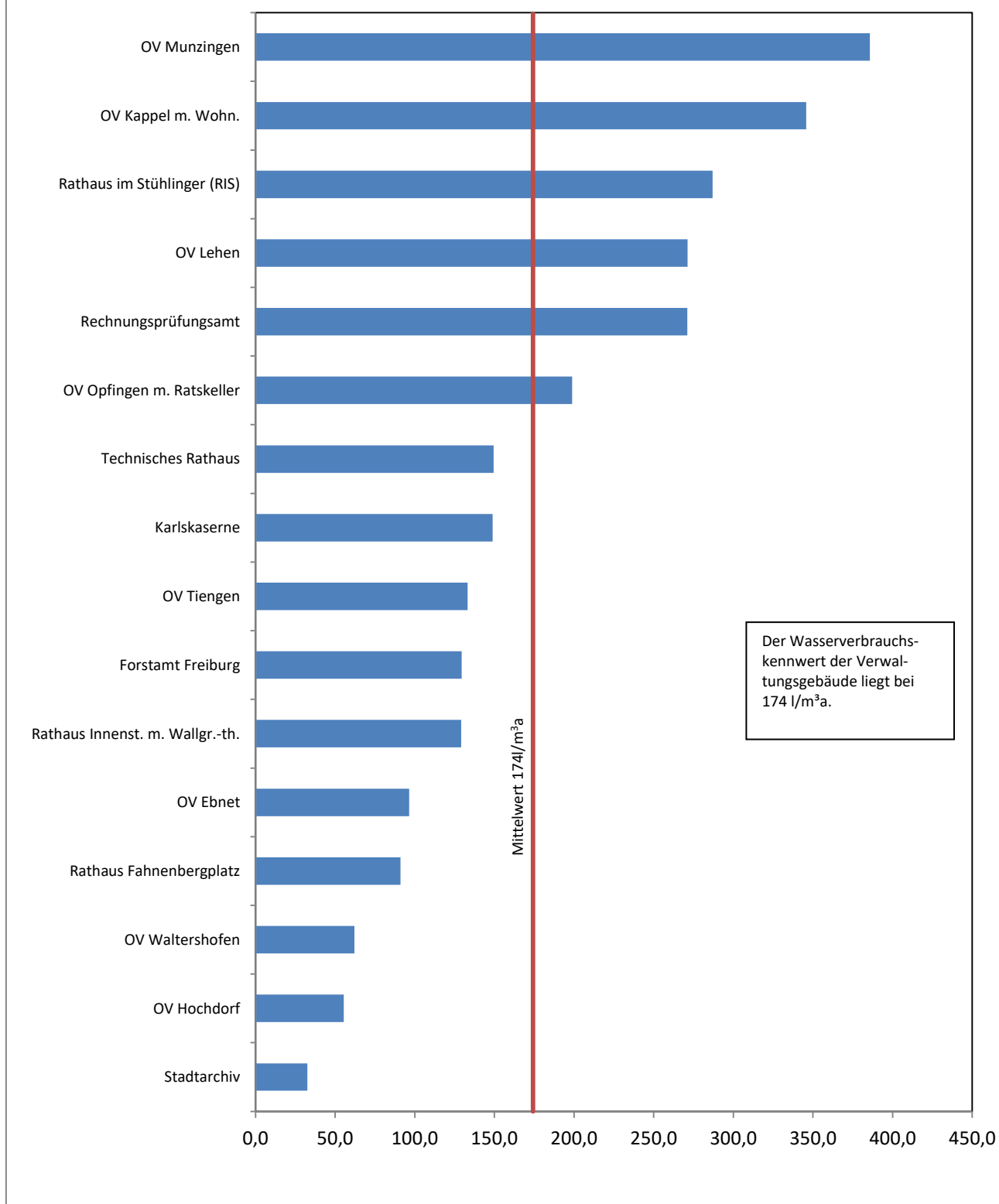


**Wasserverbrauchskennwert 2018
 Kindergärten, Kitas u. -horte [Liter/m²]**


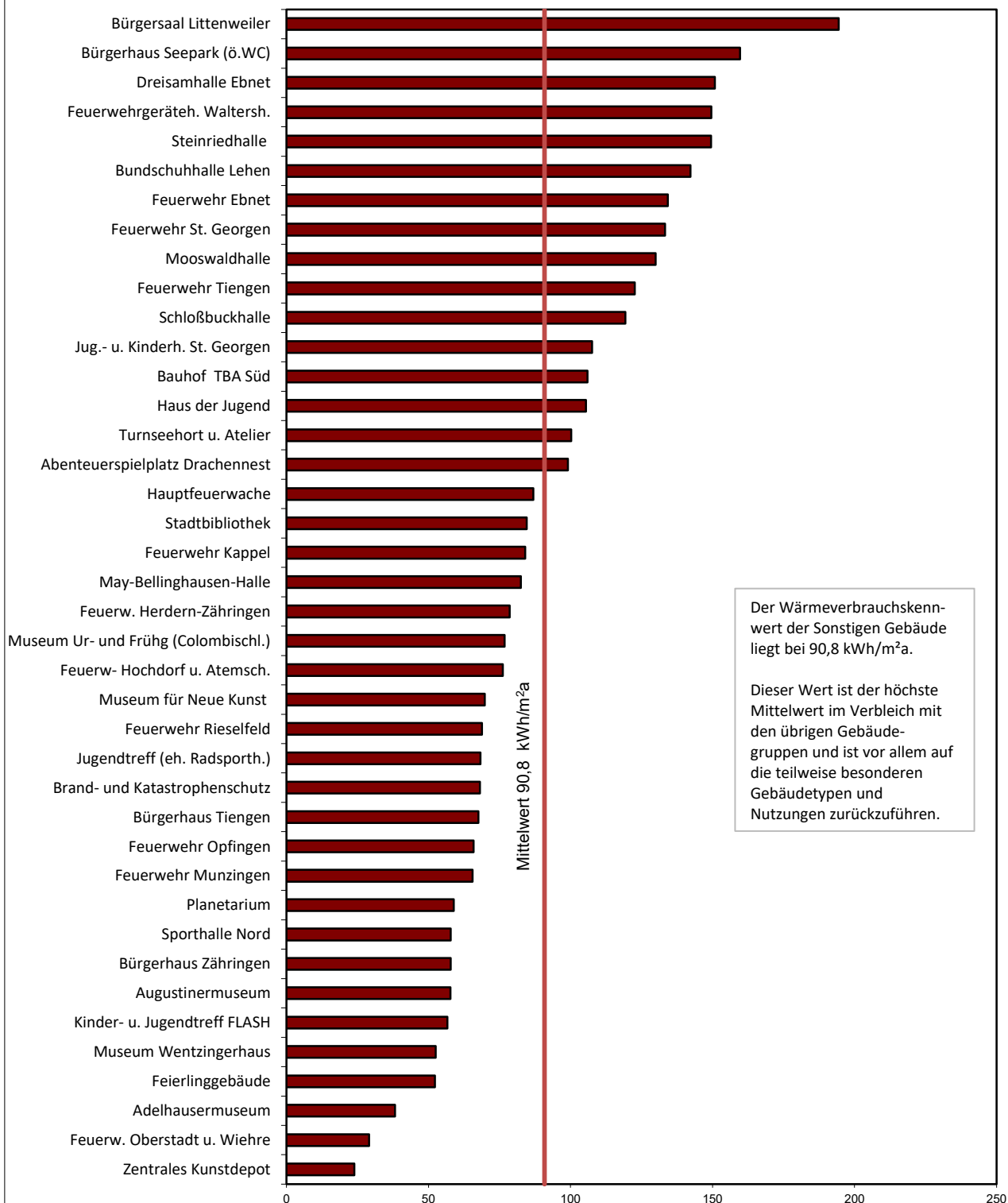




**Wasserverbrauchskennwert 2018
Verwaltung [Liter/(m²a)]**



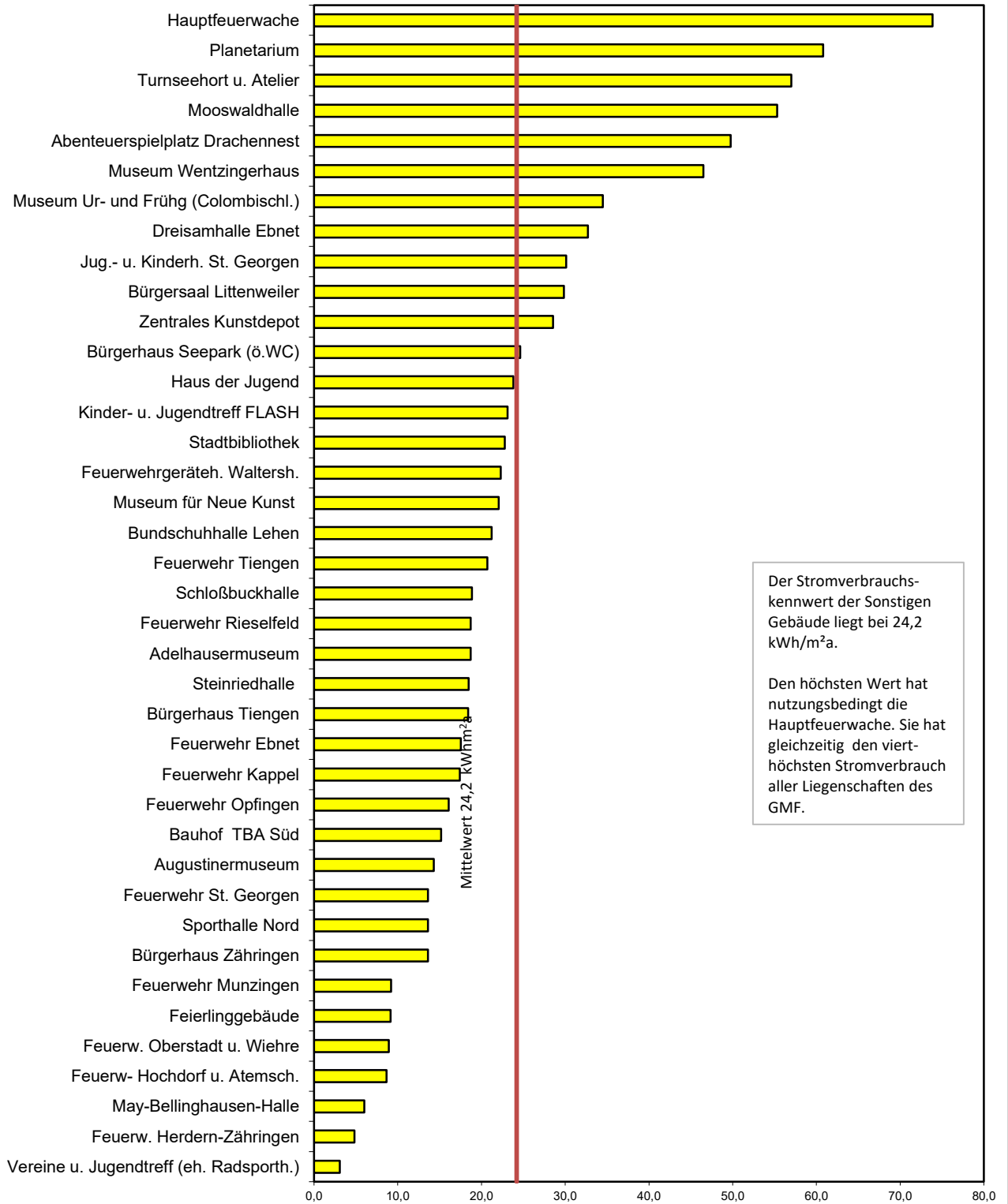
**Wärmeverbrauchskenwert 2018
Sonstige Gebäude [kWh/(m²a)]**



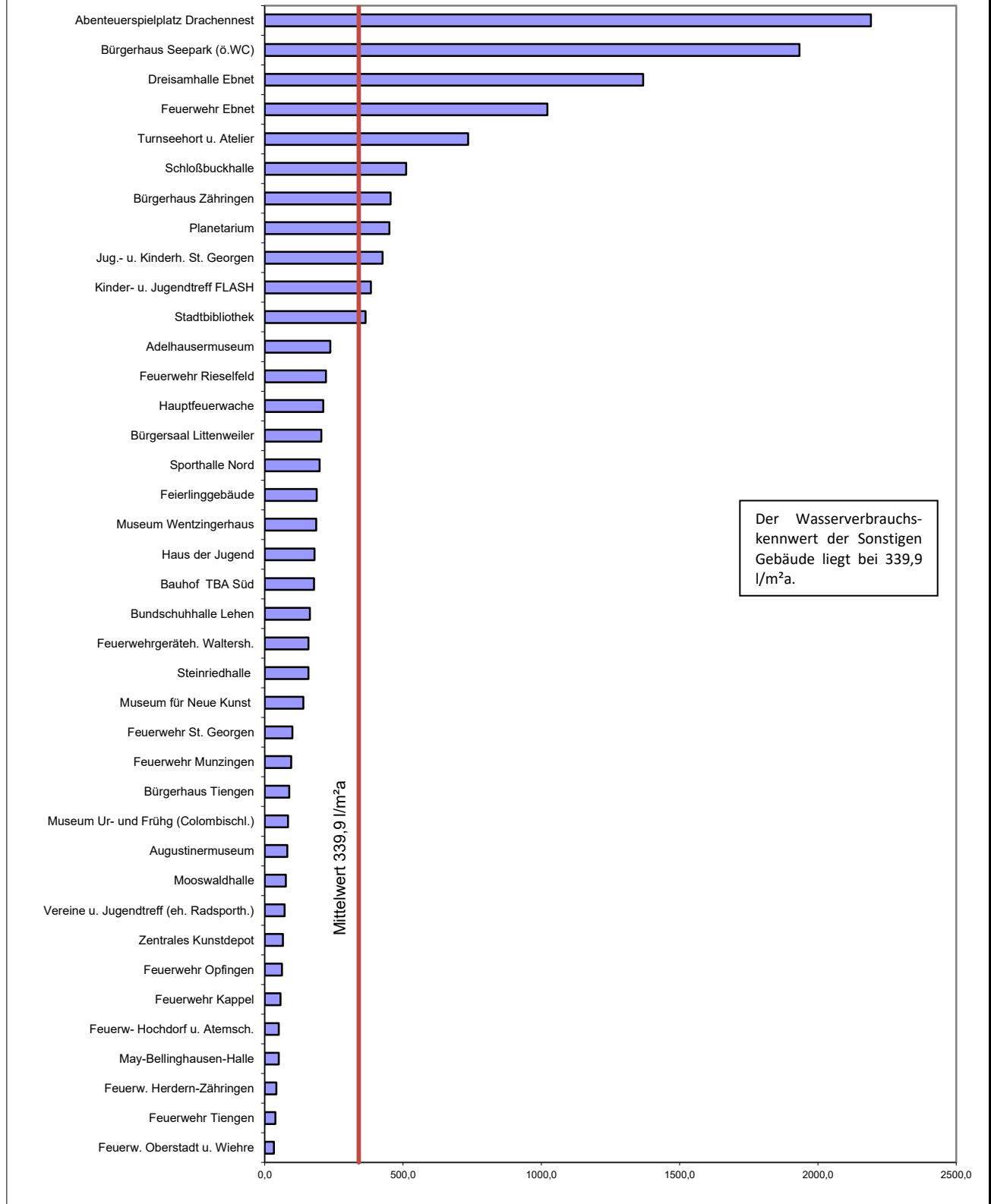
Der Wärmeverbrauchskenwert der Sonstigen Gebäude liegt bei 90,8 kWh/m²a.

Dieser Wert ist der höchste Mittelwert im Verbleich mit den übrigen Gebäudegruppen und ist vor allem auf die teilweise besonderen Gebäudetypen und Nutzungen zurückzuführen.

**Stromverbrauchskennwert 2018
Sonstige Gebäude [kWh/(m²a)]**



**Wasserverbrauchskennwert
Sonstige Gebäude 2018 [Liter/(m²a)]**



Der Wasserverbrauchskennwert der Sonstigen Gebäude liegt bei 339,9 l/m²a.

Einheiten:

a	Jahr (lat. annum)
A/V	Fläche zu Inhalt (m ² /m ³)
d	Tag (lat. dies)
°C	Grad Celsius, Einheit für Temperatur
h	Stunde (lat. hora)
K	Kelvin, Einheit für Temperatur (bei Temperaturdifferenzen: 1K = 1°C)
kg	Kilogramm, Einheit für Masse
kW	Kilowatt, Einheit für Leistung
kWp	max. Spitzenleistung (p = Peak) z.B. bei PV-Modulen
kWh	Kilowattstunde, Einheit für Energie (Arbeit), 10 kWh entsprechen etwa dem Energieinhalt von 1 l Heizöl
l	Liter
Lux	Einheit für die Beleuchtungsstärke
min	Minute
m	Meter, Einheit für Länge
m ²	Quadratmeter, Einheit für Fläche
m ³	Kubikmeter, Einheit für Volumen
Mio	Millionen
MW	Megawatt = 1.000 kW
MWh	Megawattstunde (1 MWh = 1.000 kWh)
s	Sekunde
t	Tonne = 1.000 kg

Chemische Kürzel:

CO ₂	Kohlendioxid, Hauptverursacher des Treibhauseffektes
-----------------	--

Sonstige Abkürzungen:

Abb	Abbildung
BGF	Bruttogrundfläche, mit Außenmaß bestimmte Fläche (hier nach DIN 277)
BHKW	Blockheizkraftwerk, Kombination aus Verbrennungsmotor, Generator und Spitzenlastkessel zur Erzeugung von Strom und Wärme (Kraft-Wärme-Kopplung)
BW	Brennwert (gesamte bei der Verbrennung eines Brennstoffes wie Erdgas, frei werdende Wärme)
BWW	Brauchwarmwasser
bzw	beziehungsweise
CAFM	Computer Aided Facility Management Software zur Unterstützung des FM
COP	„Coefficient of Performance“ Verhältnis Von Wärmeleistung (kW) und Stromverbrauch (kWh) einer Wärmepumpe
el	elektrisch
EM	Energiemanagement des GMF

EnEV	Energieeinsparverordnung DDC
ff	folgend
FM	Facility Management, umfassende Betreuung, Verwaltung und Controlling von Gebäuden vom Neubau bis zum Abbruch
FW	Fernwärme
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GLT	Gebäudeleittechnik
GMF	Gebäudemanagement der Stadt Freiburg
HK	Heizkreis
HVV	Heizkreis-Verteilung
Hzg	Heizung
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KW	Kennwert
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung, gleichzeitige Erzeugung von Wärme und Strom (s. BHKW)
MSR	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik
MZH	Mehrzweckhalle
NEH	Niedrigenergiehaus, energiesparende Gebäude mit einem Heizwärmebedarf unter 70 kWh/m ² *a
NGF	Nettogrundrissfläche, mit Innenmaß bestimmte Fläche (hier nach DIN 277)
NT	Niedertemperatur
OV	Ortsverwaltung
PH	Passivhaus, optimale Gebäude in Bezug auf Energiesparen, Komfort und Wirtschaftlichkeit (Lebenszyklus), Heizwärmebedarf ≤15 kWh/m ² a, hohe Anforderung an effizienten Stromeinsatz
PHPP	Passivhaus-Projektierung-Paket, validiertes, vielseitiges Nachweis- und Berechnungswerkzeug für Gebäudeplanungen
PtJ	Projektstelle Jülich (Bearbeitungsstelle Förderprogramme des Bundes)
PV	Photovoltaik, Stromerzeugung durch Sonnenenergie mittels Module
RIS	Rathaus im Stühlinger (Neubau)
s.	siehe
SAP	spezielle Software
SoJu	Sozial- und Jugendamt
Tab.	Tabelle
TH	Turnhalle
th	thermisch
UV	Unterverteilung
WL	Wärmeleistung Heizkessel
WDVS	Wärmedämmverbundsystem
WW	Warmwasser
Ziff.	Ziffer
z.T.	zum Teil

Impressum

Stadt Freiburg
Dezernat für Stadtentwicklung und Bauen, Tiefbau mit Verkehrsplanung, Stadtgrün,
Gebäudemanagement
Gebäudemanagement Freiburg
Fehrenbachallee 12
79106 Freiburg

Quellenangabe Abbildungen: Gebäudemanagement Stadt Freiburg

Titelbild:

PV-Anlage Erweiterung Adolf-Reichwein-Schule. Leitthema: Integration von Gründach und PV-Anlage. Ausrichtung der PV-Anlage Ost/West mit einer Leistung von 35 kWp und einem Eigenstromanteil von 97%.

Zum Schluss:

„Klar, mit einer Hochglanzbroschüre und einer Gestaltung durch einen Grafiker ließen sich diese Informationen noch besser darstellen: bunter und eleganter. Den notwendigen gut fünfstelligen Betrag investieren wir aber lieber in unsere Gebäude und hoffen auf Ihr Verständnis.“