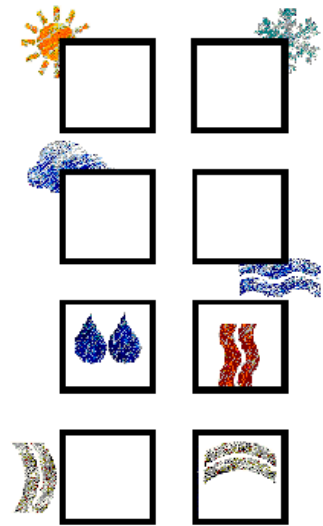


## Energiebericht 2020

## Liegenschaften der Stadt Marbach am Neckar



### **Bauphysik 5**

Ingenieurbüro  
für Wärme-, Feuchte-,  
Schallschutz und Akustik

Fritz Bareiß  
Beratender Ingenieur  
Steffen Blessing  
Diplom-Ingenieur (FH)  
Verena Brühmann  
Bachelor of Engineering  
Wolfgang Dürrich  
Beratender Ingenieur  
Marco Leissner  
Beratender Ingenieur  
Joachim Seyfried  
Beratender Ingenieur  
Florian Titze  
Beratender Ingenieur

Blumenstraße 22  
71522 Backnang  
Telefon 07191 49503-00  
Telefax 07191 49503-27

E-Mail  
Mail@Bauphysik5.de

80989-E22

11.10.2021

Projekt: Energieberatung  
Liegenschaften der Stadt Marbach a. N.

Auftraggeber: Stadt Marbach am Neckar  
Marbach am Neckar

Sachbearbeiter: M. Leissner, Beratender Ingenieur

**Inhaltsverzeichnis**

1.	Aufgabenstellung .....	1
2.	Grundlagen des Berichts.....	1
3.	Grundlagen zum Energieverbrauch und dessen Kennwerte.....	2
3.1.	Allgemeines.....	2
3.2.	Energieverbrauchskennwerte .....	2
3.3.	Energieverbrauchvergleichswerte.....	3
4.	Energieverbrauchsdaten .....	3
4.1.	Energieverbrauchsdaten im Jahr 2020 .....	4
5.	Zusammenfassung .....	11

Anlage 1-35: Energieverbrauchsdaten, Energiekosten und die Entwicklung des Energieverbrauchs für die einzelnen Liegenschaften der Stadt Marbach am Neckar

**1. Aufgabenstellung**

Im Rahmen der Energieberatung für die Liegenschaften der Stadt Marbach am Neckar wurden die Energieverbrauchsdaten und deren Kosten für den Zeitraum 1999 bis 2020 von der Stadt Marbach am Neckar erfasst. Die Verbrauchsdaten und die Kosten für das Jahr 2020 sind in diesem Energiebericht dargestellt. Die Erstellung der Energieberichte begann im Jahr 1999.

Die Pandemie verändert die Nutzungsbedingungen der städtischen Liegenschaften teilweise erheblich. So wurden beispielsweise Sporthallen und Gebäude für kulturelle Zwecke im Jahr 2020 nicht bzw. deutlich weniger genutzt. Um dem Infektionsgeschehen vorzubeugen, wurde insbesondere in Schulen und Kindergärten eine intensive Fensterlüftung durchgeführt. Die Auswirkungen auf den Heizenergie- und Stromverbrauch sind in diesem Bericht deutlich zu erkennen.

**2. Grundlagen des Berichts**

Folgende Grundlagen wurden zur Erstellung dieses Berichts herangezogen:

- VDI 3807 "Energieverbrauchskenndaten für Gebäude "  
Blatt 1 Grundlagen, Ausgabe Juni 1994, 18 Seiten  
Blatt 2 Heizenergie- und Stromverbrauchskennwerte, Ausgabe Juni 1998, 39 Seiten  
Blatt 3 Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude und Grundstücke, Ausgabe Februar 1999, 20 Seiten
- "Energie- und Wasserverbrauchskennwerte von Gebäuden in der Bundesrepublik Deutschland", Ausgabe November 1996 und Ausgabe 1999, ages GmbH
- "Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand" vom 30. Juli 2009 und vom 07. April 2015
- Energieverbrauchsdaten und Flächenangaben der kommunalen Liegenschaften für die Jahre 1999 bis 2020

### **3. Grundlagen zum Energieverbrauch und dessen Kennwerte**

#### **3.1. Allgemeines**

Energie wird in Gebäuden zur Beheizung meist in Form von fossilen Brennstoffen und zum Betrieb elektrischer Anlagen und Gerätschaften verbraucht.

Der Heizenergieverbrauch eines Gebäudes ist von folgenden Faktoren maßgeblich abhängig:

- Standort, Lage und Orientierung des Gebäudes und damit den außenklimatischen Verhältnissen (Außentemperatur, Sonneneinstrahlung und Windverhältnisse während der Heizperiode)
- wärmetechnische Qualität der wärmeübertragenden Gebäudehülle (Wärmedämmeigenschaften der Außenbauteile, Geometrie des Gebäudes, Luftdichtheit der Gebäudehülle)
- Anlagen zur Raumluftkonditionierung und Heizungsanlagentechnik (Regelung und Steuerung der Heizungsanlage, Wirkungsgrad des Heizkessels, Stillstandsverluste, Verluste bei der Wärmeverteilung, etc.)
- Nutzerverhalten (Beheizung der Räume, Lüftungsverhalten, Warmwasserverbrauch)

Der Verbrauch von elektrischer Energie ist von der technischen Ausstattung der Gebäude mit elektrischen Gerätschaften und Anlagen, vom Beleuchtungssystem und vom Nutzerverhalten abhängig.

#### **3.2. Energieverbrauchskennwerte**

Die Erfassung des jährlichen Energieverbrauchs ist Grundlage für eine rationelle und effiziente Energienutzung. Unter dem Energieverbrauch wird der gemessene Jahresendenergieeinsatz verstanden, der sich aus den gemessenen Einheiten des Energieträgers (Holzhackschnitzel, Heizöl, Erdgas, Strom etc.) multipliziert mit dessen Heizwert (Energieinhalt) ergibt.

Da der Energieverbrauch eines Gebäudes von dessen Größe abhängig ist, werden Energieverbrauchskennwerte gebildet. In den Energieberichten bis einschließlich 2012 erfolgte die Kennwertbildung nach VDI 3807 "Energieverbrauchskennwerte für Gebäude - Grundlagen". Um Konformität mit den nach der Energieeinsparverordnung erstellten Energieverbrauchsausweisen zu erreichen, erfolgt seit 2013 die Kennwertbildung nach der "Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte in Nichtwohngebäudebestand".

Im Unterschied zur früheren Kennwertbildung nach VDI 3807 wird ab dem Energiebericht für 2013 der spezifische Jahresenergieverbrauch nicht auf die beheizte Bruttogrundfläche BGF des Gebäudes, sondern auf die beheizte Nettogrundfläche NGF des Gebäudes bezogen. Da die Nettogrundfläche ca. 10 % kleiner als die Bruttogrundflächen sind, erhöhen sich die Energieverbrauchskennwerte der Gebäude bedingt durch die geänderte Auswertung ebenfalls um ca. 10 %. Die Umrechnung der Bruttogrundfläche auf die Nettogrundfläche erfolgt pauschal über Umrechnungsfaktoren für unterschiedliche Gebäudekategorien.

Die Ermittlung von Energieverbrauchskennwerten erlaubt auch bei Veränderungen der Nettogrundfläche

- eine Beurteilung des Energieverbrauchs von Gebäuden
- den Vergleich von Gebäuden gleicher Art und Nutzung
- die Überwachung des Energieverbrauchs der Gebäude
- die Kontrolle des Erfolgs durchgeführter Energiesparmaßnahmen

##### **3.2.1. Heizenergieverbrauchskennwert**

Die Witterung hat einen wesentlichen Einfluss auf den Heizenergieverbrauch eines Gebäudes. Um den Jahresheizenergieverbrauch eines Gebäudes für verschiedene Jahre unterschiedlicher Witterung vergleichbar zu machen, ist eine Witterungsbereinigung notwendig. Der Jahresheizenergieverbrauch wird dabei auf ein Durchschnittsjahr des Standortes Würzburg bezogen, um einen Vergleich von Gebäuden in Deutschland unterschiedlichen Standorts zu ermöglichen. Die Wetterdaten für das Jahr 2020 stammen von der Wetterstation Stuttgart-Schnarrenberg des Deutschen Wetterdienstes.

Der Heizenergieverbrauchskennwert ergibt sich aus dem gesamten Heizenergieverbrauch für die Wärmeversorgung einschließlich der Warmwasserbereitung, bezogen auf die Nettogrundfläche. Der Anteil des Heizenergieverbrauchs für die Wärmeversorgung wird dabei witterungsbereinigt. Der Anteil des Heizenergieverbrauchs für die Warmwasserbereitung ist für die kommunalen Liegenschaften nicht separat erfasst und wurde bei der Ermittlung des Heizenergieverbrauchskennwertes ebenfalls witterungsbereinigt.

##### **3.2.2. Stromverbrauchskennwert**

Der Stromverbrauchskennwert stellt den auf die Nettogrundfläche bezogenen Stromverbrauch eines Jahres dar. Wird Strom zur Beheizung von Gebäuden verwendet, so ist für diesen Anteil der Heizenergieverbrauchskennwert zu bilden.

### 3.3. Energieverbrauchsvergleichswerte

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung veröffentlichte Energieverbrauchsdaten die im Rahmen der Erstellung von Energieausweisen nach der Energieeinsparverordnung als Vergleichswerte herangezogen werden. Dabei sind die Vergleichswerte der EnEV 2007 als Mittelwert des Bestandes der jeweiligen Gebäudekategorie zu verstehen. Die Vergleichswerte der EnEV 2009 sind Zielwerte für ein energetisch modernisiertes Bestandsgebäude und wurden unverändert in der aktuell gültigen EnEV 2014 übernommen.

Die Vergleichswerte sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt:

Gebäudenutzung	Heizenergieverbrauchs-kennwert in kWh/m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub>		Stromverbrauchskennwert in kWh/m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub>	
	EnEV 2007	EnEV 2009 bzw. EnEV 2014	EnEV 2007	EnEV 2009 bzw. EnEV 2014
<b>Verwaltungsgebäude</b>				
- Rathäuser	120	85	45	30
<b>Schulen und Kindergärten</b>				
- Allgemeinbildende Schulen < 3500 m <sup>2</sup>	150	105	15	10
- Allgemeinbildende Schulen > 3500 m <sup>2</sup>	125	90	15	10
- Berufsbildende Schulen	115	80	25	20
- Kindergarten/Kindertagesstätten	160	110	25	20
- Mensa	170	120	105	75
<b>Gebäude für kulturelle Zwecke</b>				
- Gemeinschaftshäuser	195	135	45	30
- Veranstaltungsgebäude	155	110	60	40
<b>Sportbauten</b>				
- Sporthallen	170	120	40	30
- Schwimmhallen	775	425	220	155
<b>Gebäude für öffentliche Bereitschaftsdienste</b>				
- Bauhof, Feuerwehren	145	100	25	20

### 4. Energieverbrauchsdaten

Die Energieverbrauchsdaten für den Zeitraum 1999 bis 2020 liegen für die nachfolgenden Liegenschaften vor.

Liegenschaft	Straße	Ort	Nettogrundfläche NGF
Jugendhaus	Am Leiselstein 7	Marbach a. N.	527
Stadthalle	Schillerhöhe 12	Marbach a. N.	1823
Feuerwache	Washingtonstraße 1	Marbach a. N.	1741
Feuerwehrgerätehaus	Paul-Gerhardt-Straße 17	Rielingshausen	299
Städtischer Bauhof	Rielingshauser Straße 28	Marbach a. N.	1055
Bildungszentrum mit Container	Schulstraße 33	Marbach a. N.	10328
Ev. Kindergarten	Kindergartenstraße 3	Rielingshausen	475
Ev. Kindergarten (Hörnle)	Pestalozziplatz 10	Hörnle	702
Grundschule (Paul-Gerh.-Str. 5)	Paul-Gerhardt-Straße 5	Rielingshausen	541
Grundschule (Paul-Gerh.-Str. 12)	Paul-Gerhardt-Straße 12	Rielingshausen	476
Grundschule Hauptgebäude	Kernerstraße 36	Marbach a. N.	2882
Grundschule Nebengebäude	Kernerstraße 36/2	Marbach a. N.	1452
Gymnasium mit Neubau LW	Schulstraße 34	Marbach a. N.	12549
Kindergarten (Ahornweg)	Ahornweg 15	Marbach a. N.	317
Kindergarten (Kernerstraße 38)	Kernerstraße 38	Marbach a. N.	317
Kindergarten (Kernerstraße 40)	Kernerstraße 40	Marbach a. N.	316
Kindergarten im Gäßle	Karlstraße 10	Rielingshausen	446
Kindergarten Südster	Jenaweg 12	Marbach a. N.	498
Kindergarten Veilchenweg	Veilchenweg	Marbach a. N.	294
Kindertagesstätte "Sonnenschein"	Kerner Straße 44	Marbach a. N.	690
Mensa	Schulstr. 27	Marbach a. N.	1031
Uhlandschule mit Erweiterung	König-Wilhelm-Platz 9	Marbach a. N.	2084
Uhlandschule Neubau	König-Wilhelm-Platz 9	Marbach a. N.	614
Gemeindehalle	Backnanger Str. 8	Rielingshausen	2115
Gymnasium Turnhalle	Schulstraße 32	Marbach a. N.	1161
Haffnerhalle	König-Wilhelm-Platz 14	Marbach a. N.	474
Hermann-Zanker-Bad	Schillerhöhe 19	Marbach a. N.	1138
Karl-Nusser-Halle	Kernerstraße 36/1	Marbach a. N.	1844
Sporthalle Lauerbäumle	Kernerstraße 44/1	Marbach a. N.	2.469
Stadionhalle	Am Leiselstein 4	Marbach a. N.	2000
Rathaus (Hauptgebäude)	Marktstraße 23	Marbach a. N.	1025
Rathaus (Nebengebäude)	Marktstraße 25	Marbach a. N.	468
Rathaus Rielingshausen	Rathausplatz 2	Rielingshausen	163
Stadtbauamt	Marktstraße 32	Marbach a. N.	404

Bei der Auswertung der Tabellen und Diagrammen im Energiebericht sind die genannten Liegenschaften berücksichtigt.

Die meisten Gebäude besitzen die notwendigen Zählereinrichtungen (Wärmemengenzähler, Gaszähler, Öluhren), um den Heizenergieverbrauch erfassen zu können. Einige Gebäude sind jedoch ohne Unterzähler an gemeinsamen Wärmeerzeugungsanlagen angeschlossen. Für diese Gebäude ist eine genaue Aufteilung des Heizenergieverbrauchs nicht möglich. Folgende Gebäude sind betroffen:

- Das Grundschulhauptgebäude und das Grundschulnebengebäude besitzen einen gemeinsamen Wärmemengenzähler
- Das Wohnhaus Schulstraße 31 besitzt keinen Wärmemengenzähler

Die folgenden Gebäude besitzen keine separaten Stromzähler:

- Das Grundschulhauptgebäude und das Grundschulnebengebäude besitzen einen gemeinsamen Stromzähler
- Die beiden Grundschulgebäude in Rielingshausen besitzen einen gemeinsamen Stromzähler

Die Verbrauchserfassung für diejenigen Liegenschaften, die keinen separaten Strom- oder Wärmemengenzähler aufweisen erfolgt entsprechend ihrem Nettogrundflächenverhältnis.

Der Kindergarten Gäßle in Rielingshausen wurde erweitert. Die Erweiterung wurde 2020 in Betrieb genommen. Im Rahmen der Kindergartenerweiterung wurde die Ölheizkesselanlage durch eine elektrisch angetriebene Luft-Wasser-Wärmepumpe ausgetauscht. Der Stromverbrauch der Wärmepumpe lässt sich noch nicht separat erfassen. Für die Wärmepumpe soll noch ein Stromunterzähler nachgerüstet werden.

#### 4.1. Energieverbrauchsdaten im Jahr 2020

Energieverbrauch, CO<sub>2</sub>-Emissionen und Energiekosten der erfassten Gebäude:

Stadt Marbach a. N.	Verbrauch		CO <sub>2</sub> -Emissionen		Kosten		
	Verbrauch in MWh/a	Abweichung zum Vorjahr in %	CO <sub>2</sub> in Tonnen	Anteil an gesamten CO <sub>2</sub> -Emissionen in %	Kosten in 1000 €	Anteil an gesamten Energiekosten in %	Abweichung zum Vorjahr in %
<b>Energiestatistik Jahr 2020</b>							
Gesamter Erdgasverbrauch	2601,61	5,4%	642,60	40,6%	135,28	30,7%	0,6%
Gesamter Heizölverbrauch	277,29	3,0%	88,46	5,6%	17,86	4,1%	0,0%
Gesamter Stromverbrauch (Heizwärme)	21,90	2,7%	12,38	0,8%	4,32	1,0%	7,6%
Holz hackschnitzel	2073,82	-12,0%	47,70	3,0%	46,78	10,6%	-10,9%
<b>Wärme insgesamt</b>	<b>4974,62</b>	<b>-2,7%</b>	<b>791,13</b>	<b>50,0%</b>	<b>204,23</b>	<b>46,4%</b>	<b>-2,2%</b>
(witterungsbereinigt+ Würzburgbezug)	6884,00	2,7%	1028,77	65,0%			
Heizenergieverbrauchs-kennwert (NGF-Bezug)	124,9 kWh/m <sup>2</sup>	2,7%					
<b>Gesamter Stromverbrauch</b>	<b>978,67</b>	<b>-10,8%</b>	<b>552,95</b>	<b>35,0%</b>	<b>236,16</b>	<b>53,6%</b>	<b>-4,9%</b>
Stromverbrauchs-kennwert (NGF-Bezug)	17,8 kWh/m <sup>2</sup>	-10,8%					
<b>Gesamtenergieeinsatz</b>	<b>5953,29</b>	<b>-4,2%</b>	<b>1581,72</b>	<b>100,0%</b>	<b>440,39</b>	<b>100,0%</b>	<b>-3,7%</b>
<b>Stromerzeugung</b>							
<b>Städtische PV-Anlagen und BHKW</b>	<b>492,65</b>	<b>-8,6%</b>	<b>-278,35</b>	<b>-17,6%</b>	<b>-118,79</b>		
<b>Solarpark Königs-bronn, Anteil Stadt</b>	<b>3524,33</b>				<b>-334,81</b>		

Der Heizenergieverbrauch ist gegenüber dem Jahr 2019 um 2,7 % gesunken. Unter Berücksichtigung der mildereren Witterung im Jahr 2020 ist der witterungsbereinigte Heizenergieverbrauch um 2,7 % gegenüber dem Vorjahr angestiegen, was einer Verbrauchssteigerung von 183 MWh entspricht. Der Strombezug in Summe aller Liegenschaften ist gegenüber dem Vorjahr um 10,8 % gesunken, was einer Verbrauchssenkung von 118,8 MWh entspricht.

Veränderungen gegenüber dem Vorjahr mit Auswirkungen auf den Energieverbrauch:

- Corona-Pandemie  
Die Pandemie hat den Energieverbrauch in Schulen, Kindergärten, Sportbauten und in Gebäuden für kulturelle Zwecke erheblich beeinflusst. Mitte März 2020 wurden die genannten Einrichtungen mit Ausnahme der Notbetreuung geschlossen. Der Strombedarf dieser Gebäude sank aufgrund der geringen Nutzung deutlich. Mitte Mai wurde der Regelbetrieb in Kindergärten und in der 4 Klasse der Grundschule wieder aufgenommen. Nach den Pfingstferien Mitte Juni öffneten alle Schulen im Wechselunterricht. Da die Lüftung geschlossener Räume einen erheblichen Einfluss auf das Infektionsgeschehen hat, sahen die Hygienekonzepte der Schulen und Kindergärten eine sehr intensive Fensterlüftung vor. Mindestens alle 20 Minuten wurden die Fenster geöffnet, teilweise blieben die Fenster in Dauerlüftungsstellung. Der Lüftungswärmeverlust und damit der Heizenergieverbrauch der Schulen und Kindergärten stieg damit um ca. 21 % an.
- Aufgrund der Pandemie wurde das Hallenbad im Frühjahr 2020 geschlossen. Der Wärmebedarf des Gebäudes sank in der Folge. Das Blockheizkraftwerk ist auf größere Lasten ausgelegt und verursachte zunehmend Störungen. Um diesen Störungen entgegenzuwirken wurde die Leistung des BHKW von 150 kW auf ca. 100 kW gedrosselt. Die Drosselung hatte zur Folge, dass das BHKW im Jahr 2020 weniger (ca. 62 MWh) Strom erzeugt hat als im Vorjahr. Trotzdem sank der Stromverbrauch des Hallenbades aufgrund der Schließung um ca. 43 % ab, was einer Reduktion von ca. 24 MWh entspricht.
- Kindergarten Gäßle  
Der Kindergarten Gäßle in Rielingshausen wurde erweitert. Die Erweiterung wurde 2020 in Betrieb genommen. Im Rahmen der Kindergartenerweiterung wurde die Ölheizkesselanlage durch eine elektrisch angetriebene Luft-Wasser-Wärmepumpe ausgetauscht. Der Stromverbrauch der Wärmepumpe lässt sich noch nicht separat erfassen. Der Stromverbrauch des Gebäudes ist daher deutlich angestiegen. Für die Wärmepumpe soll noch ein Stromunterzähler nachgerüstet werden.

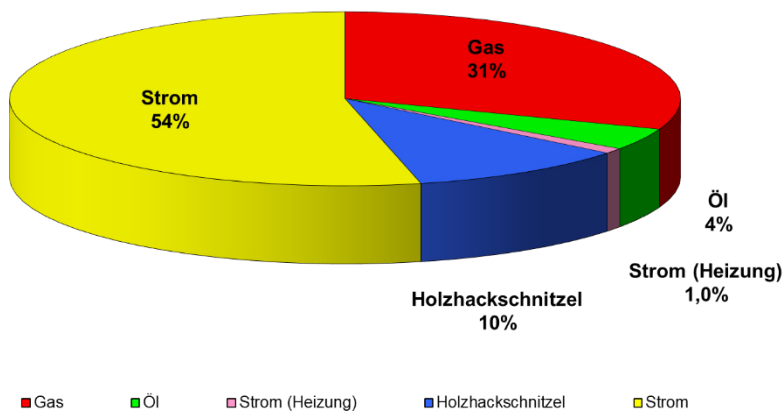
Der Deckungsanteil der Holzhackschnitzelanlage am Heizenergieverbrauch des Schulzentrums ist gegenüber dem Jahr 2019 von 81 % auf 68 % gesunken, was sich ungünstig auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen und die Heizenergiekosten auswirkt. Zum einen traten einige Störungen auf, zum anderen stieg der Energiebedarf im Schulzentrum aufgrund der intensiven Lüftung deutlich an, was zu einer Reduzierung des möglichen Deckungsgrades durch die Holzhackschnitzelkesselanlage führt.

Aufgrund des geringeren Stromverbrauchs im Jahr 2020 sanken die Energiekosten um ca. 17.000 € auf ca. 440.400 €.

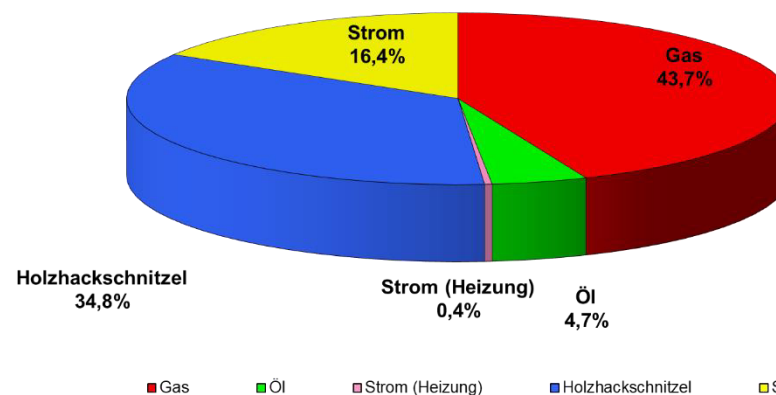
Das Blockheizkraftwerk im Hallenbad, die städtischen Photovoltaikanlagen sowie die Anlagen des Solarvereins erzeugten im Jahr 2020 ca. 492 MWh Strom, was etwa 50 % des gesamten Stromverbrauchs der städtischen Liegenschaften entspricht. Die Vergütung des eingespeisten Solarstroms aus den städtischen PV-Anlagen sowie des eingespeisten BHKW-Stroms betrug ca. 118.800 €.

Der Solarpark Königsbronn (Anteil der Stadt) erzeugte im Jahr 2020 ca. 3.524,3 MWh Strom, die Einspeisevergütung betrug 334.800 €.

Prozentuale Aufteilung der Energiekosten auf die Energieträger im Jahr 2020:

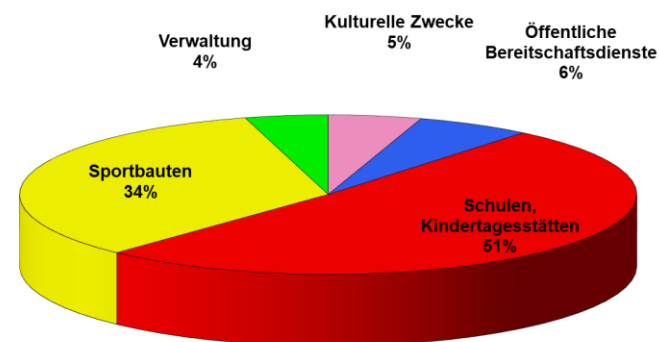
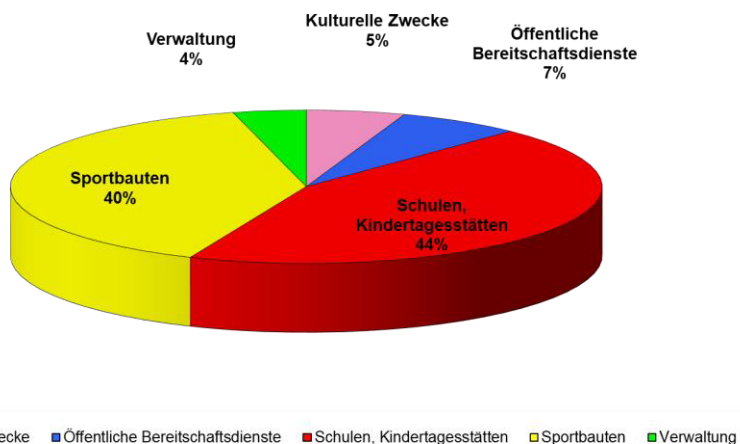


Prozentuale Aufteilung des Gesamtenergieverbrauchs auf die eingesetzten Energieträger im Jahr 2020:



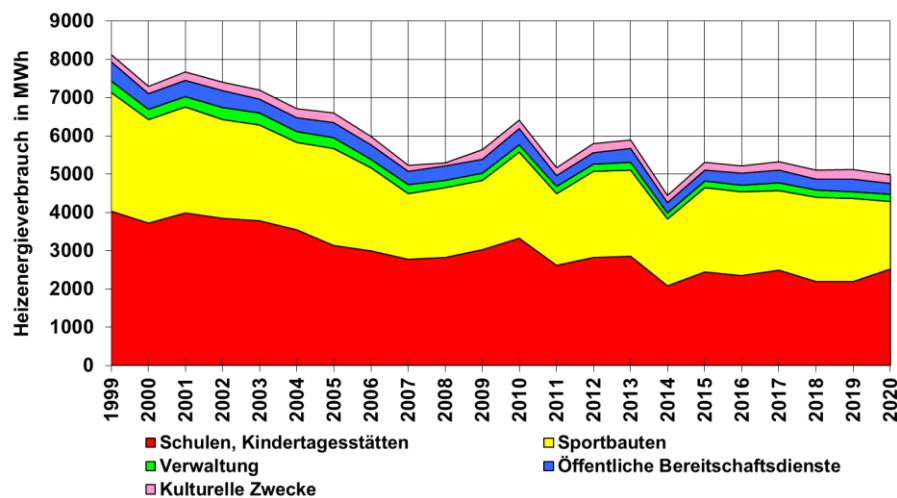
Der Stromverbrauch der Liegenschaften verursacht mehr als die Hälfte der Energiekosten.

Die Liegenschaften werden in Gebäudegruppen, wie Verwaltungsgebäude, Schulen und Kindergärten, Sportbauten etc. zugeordnet. Der Anteil der einzelnen Gebäudegruppen am Energieverbrauch der Stadt Marbach am Neckar ist für das Jahr 2020 dargestellt.



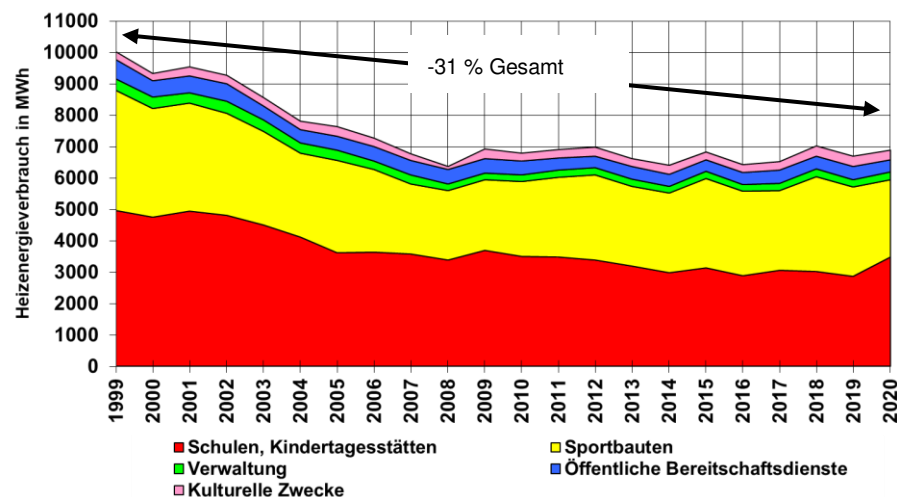
Gegenüber dem Vorjahr stieg der Anteil der Schulen und Kindergärten von 44 % auf 51 %. Der Anteil der Sportbauten sank dagegen von 40 % auf 34 %.

Entwicklung des Heizenergieverbrauchs aller Liegenschaften von 1999 bis 2020, aufgeteilt nach Gebäudegruppen. Der Heizenergieverbrauch wird in Megawattstunden (MWh) angegeben, wobei eine MWh dem Heizwert von 100 Liter Heizöl oder 100 m³ Erdgas entspricht.



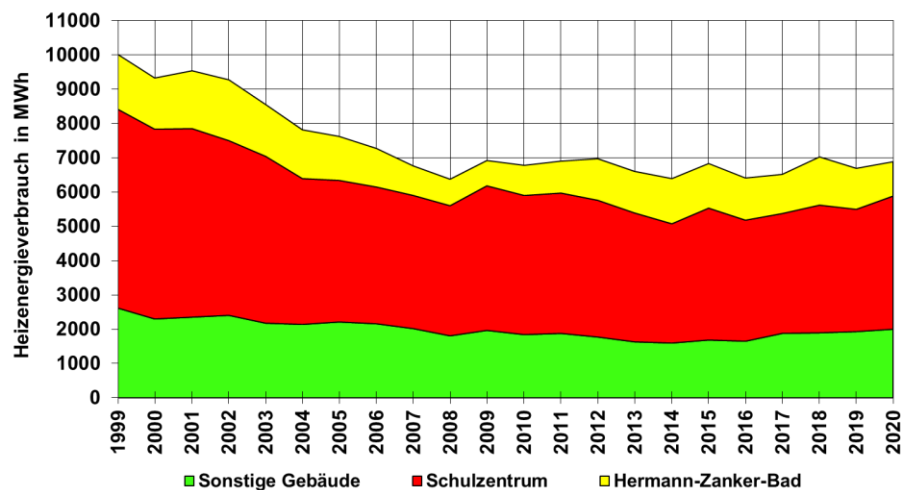
Der witterungsbereinigte Heizenergieverbrauch der Liegenschaften hat sich seit 1999 um 31 % reduziert, was auf durchgeführte energiesparende Maßnahmen zurückzuführen ist, die sich positiv auswirken. Der Anstieg des Heizenergieverbrauchs im Jahr 2009 bzw. im Jahr 2010 gegenüber dem Jahr 2008 ist auf den Nutzflächenanstieg von ca. 12 % infolge der Gebäudeerweiterungen zurückzuführen. 2009 und 2010 kamen die sanierte Stadthalle, das Rathausnebengebäude mit Stadtinfo, das Kinderhaus "Sonnenschein", die Mensaerweiterung sowie die Erweiterung des Gymnasiums und der Lehrerzimmeranbau hinzu. Im Jahr 2011 kam der Neubau der Uhlandschule hinzu. Nach der Generalsanierung der Gemeindehalle Rielingshausen erfolgte die ganzjährige Nutzung im Jahr 2015. Der Anstieg im Jahr 2015 ist auch auf den Ausfall der Gebäudeleittechnik im Schulzentrum zwischen Oktober 2015 und März 2016 zurückzuführen. Der witterungsbereinigte Heizenergieverbrauch des Wärmeverbundnetzes Schulzentrum stieg 2015 um 10 % gegenüber 2014 an. Im Jahr 2016 konnte der Heizenergieverbrauch im Schulzentrum wieder deutlich reduziert werden. Im Jahr 2018 kamen die Sporthalle Lauerbäumle sowie die Erweiterungen der Mensa und des Kindergartens Sonnenschein hinzu. Im Jahr 2019 wurde der Bauhof erweitert. Im Jahr 2020 stieg der Heizenergieverbrauch in Schulen und Kindergärten aufgrund der intensiven Lüftung während der Corona-Pandemie an.

Entwicklung des witterungsbereinigten Heizenergieverbrauches aller Liegenschaften von 1999 bis 2019, aufgeteilt nach Gebäudegruppen. Der Heizenergieverbrauch ist auf den Standort Würzburg bezogen.



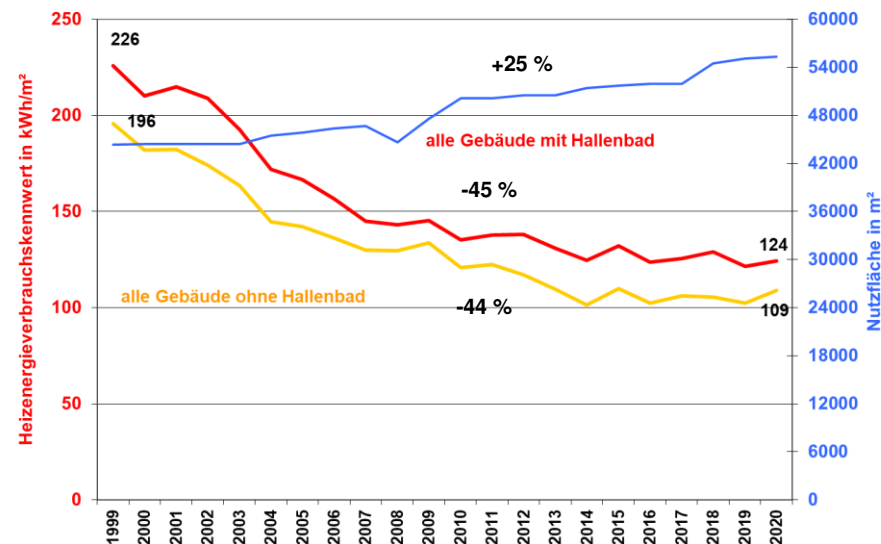


Die nachfolgende Grafik zeigt nochmals den Verlauf des witterungsbereinigten Heizenergieverbrauches von 1999 bis 2020, jedoch in einer anderen Aufteilung (Schulzentrum, Hallenbad und übrige Gebäude). Der Heizenergieverbrauch ist wiederum auf den Standort Würzburg bezogen.



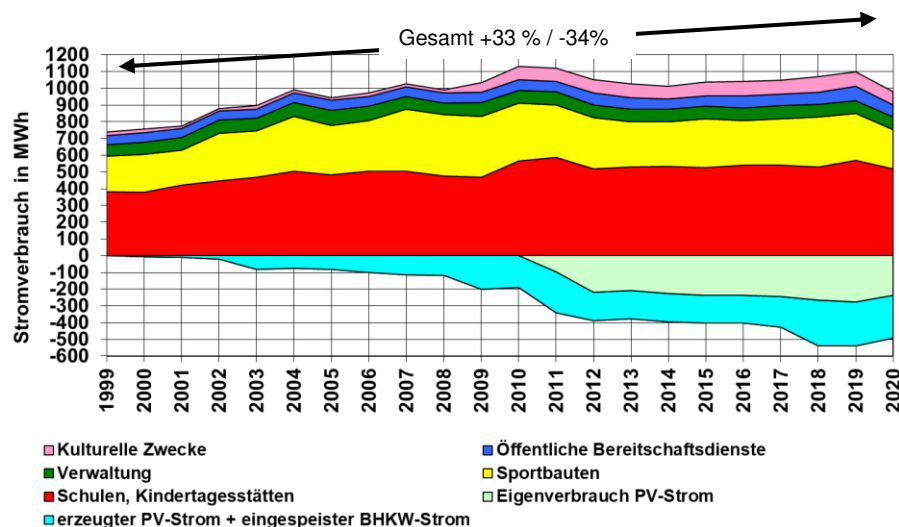
Das Hallenbad mit dem Blockheizkraftwerk hat einen erheblichen Einfluss auf den gesamten Heizenergieverbrauch. Im Jahr 2020 betrug der Anteil des Hallenbades 14 % des gesamten Heizenergieverbrauchs der städtischen Liegenschaften. Der Anteil des Schulzentrums betrug im Jahr 2020 etwa 56 %.

Da der Heizenergieverbrauch aufgrund hinzukommender Gebäude der erreichten Heizenergieeinsparung entgegenwirkt, wird in der nachfolgenden Grafik der gesamte witterungsbereinigte Heizenergieverbrauch aller städtischen Liegenschaften auf die beheizte Nettogrundfläche dieser Liegenschaften bezogen.



Die beheizte Nettogrundfläche der Gebäude sind seit dem Jahr 1999 durch Neubauten und Erweiterungen um 25 % gestiegen. Der mittlere Heizenergieverbrauchskennwert der Gebäude sank von 226 kWh/m² im Jahr 1999 auf 124 kWh/m² im Jahr 2020, was einer Reduktion von ca. 45 % entspricht. Ohne Berücksichtigung des Hallenbades (unterschiedliche Betriebsstunden des BHKW verfälschen etwas die statistische Auswertung) sank der mittlere Heizenergieverbrauchskennwert von 196 kWh/m² im Jahr 1999 auf 109 kWh/m² im Jahr 2020 und damit um ca. 44 %.

Entwicklung des Stromverbrauchs aller Liegenschaften von 1999 bis 2020, aufgeteilt nach Gebäudegruppen.

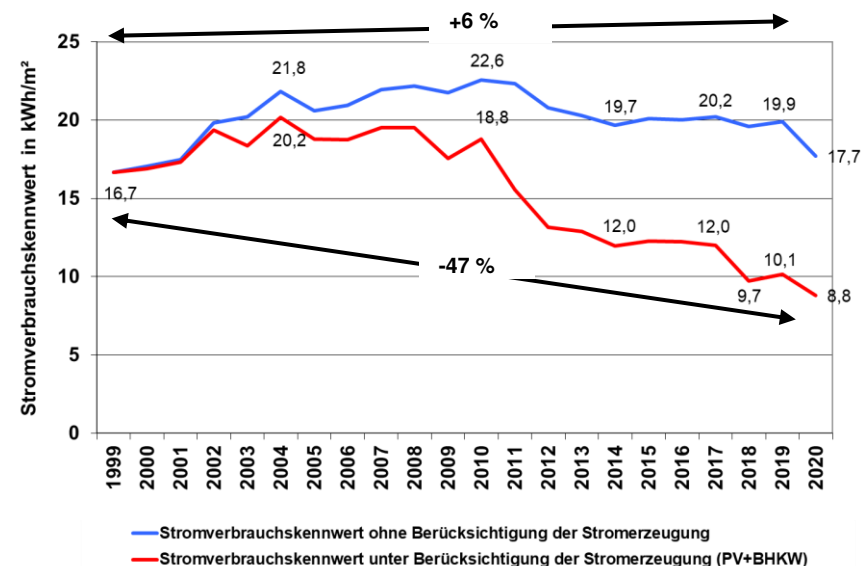


Der gesamte Stromverbrauch der städtischen Liegenschaften erhöhte sich seit 1999 um ca. 33 %. Der Anstieg des Stromverbrauches von 2003 auf 2004 ist größtenteils durch die Umstellung der Warmwasserbereitung (Duschwasser) im Sommer verursacht. Um die Kesselanlagen im Wärmeverbundnetz im Sommer abschalten zu können, wurde das Warmwasser der Sporthallen mit Elektrodurchlauferhitzer bzw. Elektroheizstab bereitet. Durch den Defekt des Blockheizkraftwerks im September 2006 ist der Strombezug des Hallenbads stark angestiegen. Der Anstieg des Stromverbrauchs im Jahr 2009 und 2010 ist auf den Nutzflächenanstieg von ca. 12 % infolge der Gebäudeerweiterungen zurückzuführen. 2009 und 2010 kamen die sanierte Stadthalle, das Rathausnebengebäude mit Stadtinfo, das Kinderhaus "Sonnenschein" sowie die Erweiterung des Gymnasiums und der Lehrerzimmeranbau hinzu. Der Anstieg im Jahr 2015 ist auf die Vollnutzung der Gemeindehalle Rielingshausen nach der Generalsanierung sowie den erhöhten Stromverbrauch der Stadionhalle infolge des Reglerdefekts zurückzuführen. Im Jahr 2018 kamen die Sporthalle Lauerbäumle sowie die Erweiterungen der Mensa und des Kindergartens Sonnenschein hinzu. Im Jahr 2019 wurde der Bauhof erweitert. Im Jahr 2020 reduzierte sich der Stromverbrauch aufgrund der geringeren Nutzung der Schulen, Kindergärten und Sportbauten während der Corona-Pandemie an.

Neben dem Strombezug ist im Diagramm auch die Entwicklung der solaren Stromerzeugung auf den Dächern der kommunalen Gebäude (berücksichtigt sind die Anlagen der Stadt bzw. des Solarvereins) sowie die Netzeinspeisung des BHKW im Hallenbad dargestellt. Dieser betrug im Jahr 2020 ca. 493 MWh. Ein Anteil von ca. 48 % des erzeugten PV-Stroms wird physikalisch betrachtet in den Gebäuden selbst verbraucht. Unter Berücksichtigung der solaren Stromerzeugung und der Stromspeisung durch das BHKW ist der Stromverbrauch um 34 % gegenüber 1999 gesunken.

Die Stadt Marbach hat sich im Jahr 2014 am Solarpark in Königsbronn beteiligt. Der im Jahr 2020 ins öffentliche Stromnetz eingespeiste PV-Strom des städtischen Anteils beträgt 3.524 MWh. Der erzeugte Strom im Solarpark ist im nachfolgenden Diagramm nicht dargestellt.

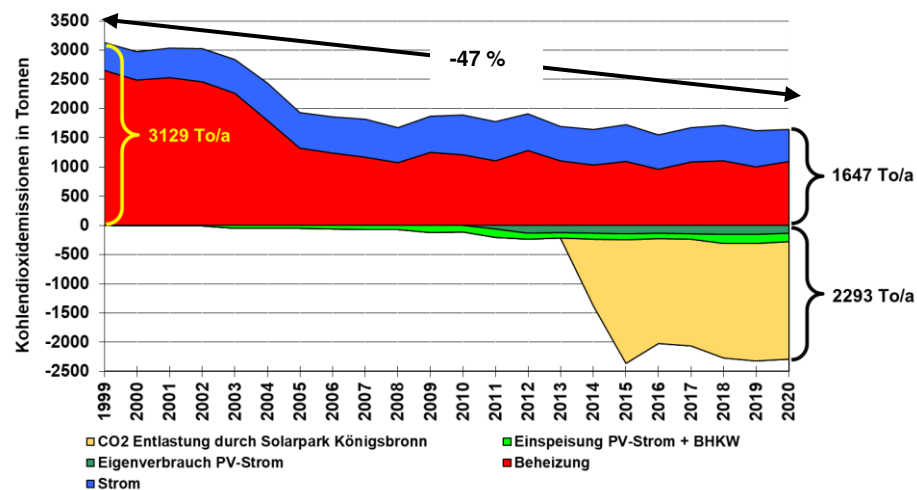
In der nachfolgenden Grafik wurde der gesamte Stromverbrauch aller Liegenschaften auf die Nettogrundfläche der Gebäude bezogen.



Der mittlere Stromverbrauchskennwert stieg von 16,7 kWh/m² im Jahr 1999 auf 17,7 kWh/m² im Jahr 2020 an, was einer Erhöhung um 6 % entspricht. Dieser Anstieg ist auf die zunehmende technische Ausstattung von Schulen und der öffentlichen Bereitschaftsdienste sowie auf die intensivere Nutzung der Gebäude zurückzuführen.

Wird der Solarstrom (ohne Solarpark Königsbronn) sowie der eingespeiste BHKW-Strom im Stromverbrauchskennwert berücksichtigt, so sank dieser um 47 % gegenüber dem Jahr 1999.

In der nachfolgenden Grafik ist der Ausstoß an Kohlendioxidemissionen CO<sub>2</sub> für die Jahre 1999 bis 2020 dargestellt. Der Heizenergieverbrauch wurde dabei witterungsbereinigt und auf Würzburg bezogen. Zusätzlich ist auf der negativen Ordinate die CO<sub>2</sub>-Entlastung infolge der solaren Stromerzeugung durch die Photovoltaikanlagen der Stadt und des Solarvereins auf den Dächern der kommunalen Gebäude und dem Solarpark Königsbronn sowie die Stromeinspeisung durch das BHKW im Hallenbad dargestellt.

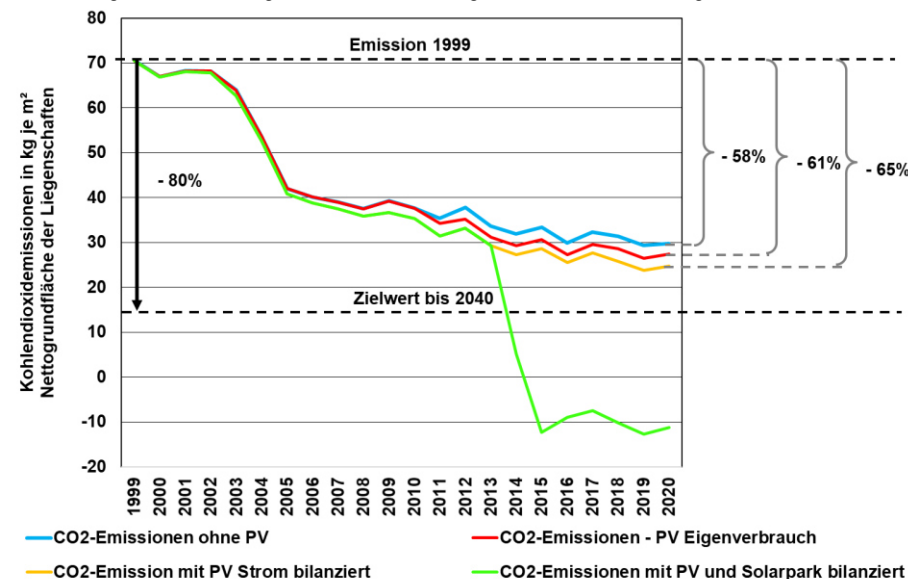


Die CO<sub>2</sub>-Emissionen infolge des Stromverbrauchs und der Beheizung der Gebäude betrug im Jahr 2020 ca. 1.647 Tonnen CO<sub>2</sub>. Durch Energiesparmaßnahmen und der Umstellung des Energieträgers (Holzhackschnitzelanlage im Wärmeverbundnetz Schulzentrum, Holzpellet in der Gemeindehalle) konnten die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 47 % gegenüber dem Jahr 1999 reduziert werden. Die PV-Anlagen auf städtischen Gebäuden führen zu einer CO<sub>2</sub>-Entlastung von 278 Tonnen CO<sub>2</sub>. Wird die CO<sub>2</sub>-Entlastung des öffentlichen Stromnetzes durch den erzeugten Solarstrom und den eingespeisten BHKW-Strom mitbilanziert, so sank die CO<sub>2</sub>-Emission um 56 % gegenüber dem Jahr 1999.

Die Stadt Marbach hat sich im Jahr 2014 am Solarpark in Königsbronn beteiligt. Der ins öffentliche Stromnetz eingespeiste PV-Strom des städtischen Anteils entlastete das Stromnetz im Jahr 2020 mit ca. 1991 Tonnen CO<sub>2</sub>. Die CO<sub>2</sub>-Entlastung des öffentlichen Stromnetzes durch die städtischen PV-Anlagen und den Solarpark Königsbronn überschreitet die CO<sub>2</sub>-Emissionen der städtischen Liegenschaften um ca. 646 Tonnen CO<sub>2</sub>.

Die Stadt Marbach hat sich zum Ziel gesetzt, die CO<sub>2</sub>-Emissionen der städtischen Liegenschaften bis im Jahr 2040 um 80 % gegenüber dem Basisjahr von 1999 zu reduzieren.

Die nachfolgende Grafik zeigt, in welchem Umfang dieses Ziel bereits umgesetzt wurde:



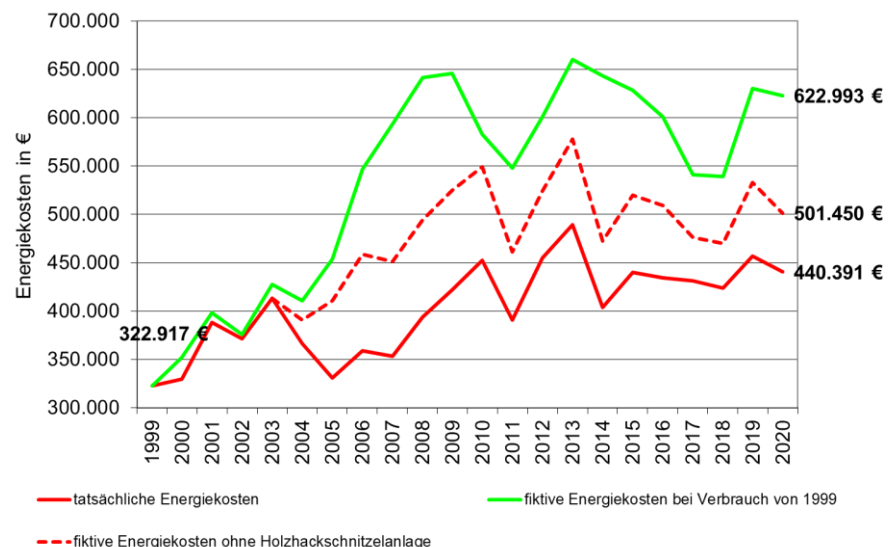
Ohne Berücksichtigung des PV-Stroms, welcher auf den Dächern der städtischen Liegenschaften erzeugt wird, ist die nettogrundflächenbezogene CO<sub>2</sub>-Emission um 58 % gegenüber 1999 gesunken. Der erzeugte PV-Strom wird teilweise in den Gebäuden selbst verbraucht und reduziert damit den aus dem Netz bezogenen Strombedarf. Unter Berücksichtigung dieses Eigenverbrauchs reduziert sich die CO<sub>2</sub>-Emission um 61 %.

Wird auch die CO<sub>2</sub>-Entlastung des öffentlichen Stromnetzes durch eingespeisten PV-Strom berücksichtigt, ist die nettogrundflächenbezogene CO<sub>2</sub>-Emission um 65 % gegenüber dem Jahr 1999 gesunken.

Wenn die CO<sub>2</sub>-Entlastung des Solarparks Königsbronn in der Bilanzierung berücksichtigt wird, ist das Ziel der Stadt Marbach bereits erfüllt.

Das CO<sub>2</sub>-Einsparpotential des Sanierungsfahrplans (im Energiebericht 2019 vorgestellt) lässt das Erreichen des Emissionsziels für 2030 erwarten.

In der nachfolgenden Grafik ist die Entwicklung der Gesamtenergiekosten (Beheizung und Strom) für die Jahre 1999 bis 2020 dargestellt. Die rote Kurve stellt dabei die tatsächlich angefallenen Energiekosten dar. Die rote gestrichelte Kurve beschreibt die Energiekosten, die ohne den Bau der Holzhackschnitzelanlage im Oktober 2004 angefallen wären.



Die Energieträgerkosten für Gas, Öl und Strom haben sich im Mittel seit 1999 etwa verdoppelt. Ohne die gegenüber dem Jahr 1999 erreichten Energieverbrauchseinsparungen und ohne den Bau der Holzhackschnitzelanlage wären die Energiekosten deutlich höher gelegen. Die grüne Kurve der Grafik beschreibt diese fiktiven Energiekosten, die dann angefallen wären.

Ohne die gegenüber dem Jahr 1999 erreichten Energieverbrauchseinsparungen und ohne den Bau der Holzhackschnitzelanlage hätten die Energiekosten beispielsweise im Jahr 2020 nicht 440.391 €, sondern 622.993 € betragen. Die fiktive Energiekosteneinsparung im Jahr 2020 beträgt damit ca. 182.602 €, obwohl die Nutzfläche um ca. 25 % gegenüber 1999 angestiegen ist. Aufsummiert über die Jahre 1999 – 2020 beträgt diese fiktive Energiekosteneinsparung ca. 2,90 Mio. €. Der Bau der Hackschnitzelkesselanlage im Schulzentrum ersparte seit der Erstellung davon ca. 1,28 Mio. € ein.

## 5. Zusammenfassung

Die Corona-Pandemie hat den Energieverbrauch in Schulen, Kindergärten, Sportbauten und in Gebäuden für kulturelle Zwecke erheblich beeinflusst. Mitte März 2020 wurden die genannten Einrichtungen mit Ausnahme einer Notbetreuung geschlossen. Der Strombezug der städtischen Liegenschaften sank aufgrund der geringen Nutzung der Schulen, Kindergärten und Sportbauten im Mittel um ca. 11 % gegenüber dem Vorjahr.

Mitte Mai wurde der Regelbetrieb in Kindergärten und in der 4 Klasse der Grundschule wieder aufgenommen. Nach den Pfingstferien Mitte Juni öffneten alle Schulen im Wechselunterricht. Da die Lüftung geschlossener Räume einen erheblichen Einfluss auf das Infektionsgeschehen hat, sahen die Hygienekonzepte der Schulen und Kindergärten eine sehr intensive Fensterlüftung vor. Mindestens alle 20 Minuten wurden die Fenster geöffnet, teilweise blieben die Fenster in Dauerlüftungsstellung. Der Lüftungswärmeverlust und damit der Heizenergieverbrauch der Schulen und Kindergärten stieg um über 21 % gegenüber dem Vorjahr an. Der witterungsbereinigte Heizenergieverbrauch der übrigen Gebäude sank dagegen um 11 %, was jedoch den Mehrverbrauch in den Schulen und Kindergärten nicht vollständig kompensieren konnte. Witterungsbereinigt stieg der Heizenergieverbrauch der städtischen Liegenschaften im Mittel um 2,7 % an.

Gegenüber dem Jahr 1999 (erster Energiebericht) beträgt die witterungsbereinigte Heizenergieeinsparung trotz der Nutzflächenerhöhung ca. 31 %. Die Heizenergieeinsparung ist auf energiesparende Maßnahmen, die in den vergangenen Jahren umgesetzt wurden, zurückzuführen. Unter Berücksichtigung der Nutzflächenerhöhung von 25 % gegenüber dem Jahr 1999 hat sich der witterungsbereinigte Heizenergieverbrauch um 45 % reduziert.

Gegenüber dem Jahr 1999 beträgt der Strombezugsanstieg 33 %. Unter Berücksichtigung der Nutzflächenerhöhung von 25 % hat sich der Strombezug um 6 % erhöht. Wird die Stromerzeugung durch die städtischen PV-Anlagen und das BHKW berücksichtigt, so ist der Stromverbrauch um 47 % gegenüber dem Jahr 1999 gesunken.

Unter Berücksichtigung aller Energieträger haben sich die Kohlendioxid-Emissionen um 47 % gegenüber dem Jahr 1999 reduziert. Wird die CO<sub>2</sub>-Entlastung des öffentlichen Stromnetzes infolge des erzeugten Solarstroms und des eingespeisten BHKW-Stroms mitbilanziert, so beträgt die Reduktion gegenüber 1999 ca. 56 %.

Ohne die seit dem Jahr 1999 erreichten Einsparungen sowie ohne den Bau der Holzhackschnitzelanlage wären die Energiekosten im Jahr 2020 ca. 182.600 € höher gewesen. Kumuliert von 1999 bis 2020 konnten durch den Bau der Holzhackschnitzelanlage Energiekosten von 1,28 Mio. € und durch Energiesparmaßnahmen an den Gebäuden weitere 1,62 Mio. € Energiekosten vermieden werden. In der Summe beträgt damit die Energiekosteneinsparung ca. 2,90 Mio. €.

Backnang, den 11.10.2021



M. Leissner, Beratender Ingenieur

Zusammenstellung des Energieverbrauches sowie der Energiekosten aller Liegenschaften mit den Abweichungen zum Vorjahr und den Abweichungen der Verbrauchskennwerte gegenüber den Vergleichswerten von Liegenschaften ähnlicher Nutzung

Nr.	Gebäude	Baujahr	BGF <sub>E</sub>	Energieträger	Energieverbrauchskennwerte in kWh/m <sup>2</sup>						Brennstoffverbrauch und -kosten				Stromverbrauch und -kosten				
					Heizenergie				Strom		Brennstoff-				Strom-				
					Ist	bereinigt	Vergleichswerte		Ist	Vergleichswerte	Verbrauch		Kosten		Verbrauch		Kosten		
							Mittelwert	Abw. in %			MWh	Abw. witterungs bereinigt zum Vorjahr %	€ x 1000	€/m <sup>2</sup>	MWh	Abw. zum Vorjahr %	€ x 1000	€/m <sup>2</sup>	
1	Jugendhaus	1997	527	Holz	60,1	83,2	195	-57%	16,3	45	-64%	31,7	-57,5%	0,6	1,2	8,6	-11,6%	1,9	3,7
2	Stadthalle	1956	1823	Gas	100,1	138,5	155	-11%	37,3	60	-38%	182,5	13,7%	9,9	5,4	68,0	-9,4%	19,4	10,6
3	Feuerwache	1997	1741	Gas	71,4	98,8	145	-32%	22,7	25	-9%	124,3	-10,1%	4,9	2,8	39,5	-0,1%	10,2	5,9
4	Feuerwahrergerätehaus	1972	299	Öl	196,9	272,5	145	88%	15,3	25	-39%	58,9	11,7%	3,5	11,6	4,6	-15,1%	1,3	4,5
5	Städtischer Bauhof	1978	1383	Gas	72,7	100,7	145	-31%	22,1	25	-12%	100,6	-17,8%	5,5	3,9	30,5	-25,9%	9,2	6,7
6	Bildungszentrum mit Container	1971	10328	Gas, Öl, Holz	68,0	94,1	125	-25%	12,7	15	-15%	702,6	24,5%	27,9	2,7	131,4	-11,5%	28,1	2,7
7	Ev. Kindergarten	1981	475	Öl	102,2	141,4	160	-12%	15,0	25	-40%	48,6	-21,2%	4,5	9,4	7,1	-23,4%	2,0	4,3
8	Ev. Kindergarten (Hörnle)	1959	702	Gas	66,1	91,5	160	-43%	12,9	25	-48%	46,4	-2,0%	2,3	3,3	9,1	-32,4%	2,7	3,8
9	Grundschule (Paul-Gerh.-Str 5)	1832	541	Öl	114,6	158,6	150	6%	7,6	15	-50%	62,0	-11,2%	3,7	6,8	4,1	-8,2%	1,1	2,0
10	Grundschule (Paul-Gerh.-Str. 12)	1988	476	Öl	119,7	165,7	150	10%	7,9	15	-47%	57,0	17,4%	3,4	7,1	3,8	-8,2%	1,0	2,1
11	Grundschule Hauptgebäude	1955	2882	Holz	166,7	230,7	150	54%	11,4	15	-24%	480,5	38,7%	9,8	3,4	32,8	-3,9%	7,3	2,5
12	Grundschule Nebengebäude	1960	1452	Holz	49,7	68,7	150	-54%	10,6	15	-29%	72,1	38,7%	1,5	1,0	15,4	-3,9%	3,4	2,4
13	Gymnasium	1968	12549	Gas, Öl, Holz	40,6	56,2	125	-55%	16,8	15	12%	509,7	24,7%	19,3	1,5	210,5	-5,8%	47,0	3,7
14	Kindergarten (Ahornweg)	1973	317	Gas	94,9	131,3	160	-18%	6,9	25	-73%	30,1	-2,0%	1,3	4,1	2,2	-43,4%	0,8	2,4
15	Kindergarten (Kernerstraße Altbau)	1971	317	Holz	138,5	191,6	160	20%	21,7	25	-13%	43,9	49,3%	0,9	2,8	6,9	-6,8%	1,5	4,9
16	Kindergarten (Kernerstraße Neubau)	1997	316	Holz	84,1	116,4	160	-27%	27,3	25	9%	26,6	40,2%	0,5	1,7	8,6	20,1%	2,0	6,2
17	Kindergarten im Gäßle	1996	446	Öl, Strom	40,1	55,5	160	-65%	16,8	25	-33%	17,9	-19,4%	1,5	3,4	7,5	75,6%	2,1	4,7
18	Kindergarten Südsterne	1996	498	Gas	65,7	90,9	160	-43%	15,0	25	-40%	32,7	0,3%	1,7	3,4	7,5	-16,7%	2,1	4,2
19	Kindergarten Veilchenweg	2007	294	Gas	50,3	69,6	160	-57%	22,9	25	-8%	14,8	11,6%	0,8	2,6	6,7	-13,0%	2,0	6,7
20	Kindertagesstätte "Sonnenschein"	2010	970	Holz	40,8	56,5	160	-65%	14,5	25	-42%	39,6	18,9%	0,8	0,8	14,1	-51,1%	3,2	3,3
21	Mensa	2006	1031	Holz	42,6	58,9	150	-61%	21,1	30	-30%	43,9	-13,9%	0,9	0,9	21,7	74,6%	4,8	4,7
22	Uhlandsschule mit Erweiterung	1912	2084	Gas	127,4	176,3	150	18%	7,4	20	-63%	265,5	17,3%	11,2	5,4	15,4	-14,0%	4,2	2,0
23	Uhlandsschule Neubau	2012	614	Gas	42,9	59,4	150	-60%	25,5	20	28%	26,3	12,8%	1,1	1,8	15,7	-15,4%	2,7	4,4
24	Gemeindehalle	1967	2115	Holz	71,8	99,3	170	-42%	10,0	40	-75%	151,8	12,5%	7,8	3,7	21,2	-36,7%	6,9	3,3
25	Gymnasium Turnhalle	1970	1161	Holz	118,7	164,3	170	-3%	16,9	40	-58%	137,9	1,4%	2,8	2,4	19,6	-7,5%	4,6	4,0
26	Haffnerhalle	1903	474	Gas	94,0	130,1	170	-23%	14,6	40	-64%	44,6	-11,5%	1,9	4,1	6,9	-27,3%	2,1	4,5
27	Hermann-Zanker-Bad	1965	1138	Gas	630,0	871,8	775	12%	28,6	220	-87%	716,9	-17,4%	38,8	34,1	32,5	-42,8%	9,2	8,1
28	Karl-Nusser-Halle	1988	1844	Holz	101,1	139,9	170	-18%	10,2	40	-75%	186,4	2,0%	3,8	2,1	18,8	1%	4,2	2,3
29	Sporthalle Lauerbäume	2018	2469	Holz	20,3	28,1	170	-83%	17,5	40	-56%	50,1	5,5%	1,0	0,4	43,1	0,0%	10,0	4,0
30	Stadionhalle	1973	2000	Gas, Öl, Holz	242,8	336,0	200	68%	44,7	40	12%	485,7	-23,3%	19,5	9,8	89,44	-7,0%	18,5	9,3
31	Rathaus (Hauptgebäude)	1763	1025	Gas	115,7	160,2	120	33%	44,3	45	-2%	118,6	15,1%	5,6	5,4	45,4	-1,4%	12,0	11,7
32	Rathaus (Nebengebäude)	2009	468	Gas	35,3	48,9	120	-59%	26,9	45	-40%	16,5	15,8%	0,8	1,7	12,6	-9,1%	3,5	7,6
33	Rathaus Fielingshausen	1753	163	Strom	121,3	167,9	120	40%	17,3	45	-61%	19,8	-2,1%	3,7	22,8	2,8	-21,6%	0,9	5,3
34	Stadtbauamt	1732	404	Gas	69,9	96,7	120	-19%	36,6	45	-19%	28,2	23,1%	1,3	3,2	14,8	6,5%	4,0	10,0