



# Gebäudeenergiebericht 2016

## Neunter Energiebericht über städtische Gebäude der Stadt Ludwigsburg:

- Entwicklung und Stand der Energieeinsparung, des Energieverbrauchs und der Energiekosten
- Umsetzung der städtischen Energieziele bei Sanierungen, Neubauten und energetischen Einzelmaßnahmen
- Technischer und gesetzlicher Ausblick



## Inhalt

<b>1. Einführung</b> .....	4
1.1 Vorwort.....	4
1.2 Gesetzliche und politische Rahmenbedingungen.....	5
1.3 Zusammenfassung energiewirtschaftlicher Ergebnisse .....	8
<b>2. Eingesparte Energiemengen und –kosten</b> .....	9
2.1 Heizenergie .....	10
2.2 Elektroenergie .....	11
2.3 Wasser .....	12
2.4 Entwicklung der eingesparten Energiekosten.....	13
<b>3. Entwicklung der Energieverbräuche</b> .....	14
3.1 Heizenergieverbrauch.....	14
3.2 Stromverbrauchsentwicklung .....	17
3.3 Wasserverbrauchsentwicklung.....	19
3.4 Energiepreisentwicklung.....	20
3.5 Energiekosten städtischer Gebäude .....	21
3.6 Primärenergieverbrauch und CO <sub>2</sub> -Emissionen.....	22
<b>4. Umsetzung Masterplan Energie in städtischen Gebäuden</b> .....	23
4.1 Fertiggestellte, beispielhafte Projekte.....	24
4.1.1 Gemeinschaftsschule Innenstadt.....	24
4.1.2 Energetische Sanierung Reithalle/Karlskaserne.....	26
4.1.3 Denkmalgerechte Sanierung Stadtmuseum .....	27
4.1.4 Kinder- und Familienzentrum Hartenecker Höhe.....	29
4.1.5 Neubau Mensa mit Kleinturnhalle (Gartenstraße 14).....	30
4.2 Beispielhafte Projekte in Planung .....	34
4.2.1 Goethe-Gymnasium.....	34
4.2.2 Erweiterung August-Lämmle-Schule.....	35
4.2.3 Kinder- und Familienzentrum Neckarweihingen .....	36
4.3 Energetisch beispielhafte Einzelprojekte.....	37
4.3.1 LED-Beleuchtung in städtischen Gebäuden, Beispiel Sporthalle Pflugfelden .....	37
4.3.2 Energetische Teilsanierung Charlottenkrippe.....	39
4.3.3 Fernwärmeanschluss städtischer Gebäude.....	40
4.3.4 Einsatz von BHKWs.....	42

4.3.5	Photovoltaikanlagen .....	43
4.3.6	Strom- und Gaslieferung .....	44
<b>5.</b>	<b>Ausblick .....</b>	<b>45</b>
5.1	Herausforderungen .....	45
5.2	Technische Weiterentwicklungen.....	45
5.3	Politische und gesetzliche Entwicklung.....	46
5.4	Bauprojekte .....	47

# 1. Einführung

## 1.1 Vorwort

Der vorliegende Bericht ist der neunte Energiebericht der Stadt Ludwigsburg.

Umwelt- und energiepolitische Zielsetzungen führen zu einer stetigen Verschärfung der Energieeinspargesetze und –Verordnungen. Die Forderungen einer immer stärkeren Reduzierung der Primärenergieverbräuche, der Schadstoffemissionen sowie einen verstärkten Einsatz von erneuerbaren Energieträgern treffen insbesondere auch die Kommunen, die hier eine Vorreiterrolle einnehmen sollen. Daher wird die dargestellte Entwicklung des städtischen Energieverbrauchs sowie der damit verbundenen Emissionen in diesem Bericht auch verglichen mit den Klimaschutzzielen der Bundesregierung.

Ein wichtiger und richtiger Weg hierzu ist einerseits die verstärkte Anstrengung zur Energieeinsparung und damit zur Reduzierung des Primärenergiebedarfs, und andererseits die Weiterentwicklung der Fernwärmebereitstellung mit erneuerbaren Energieträgern.

Die Möglichkeit der monatlichen Überwachung des Energieverbrauches ist in erster Linie der Mitarbeit und Mitwirkung der Hausmeister und des Bedienpersonals der techn. Anlagen zu verdanken. Diese Kolleginnen und Kollegen leisten neben ihren eigentlichen Tätigkeiten einen wichtigen Beitrag Defekte bei techn. Anlagen frühzeitig zu erkennen und Gegenmaßnahmen einzuleiten.

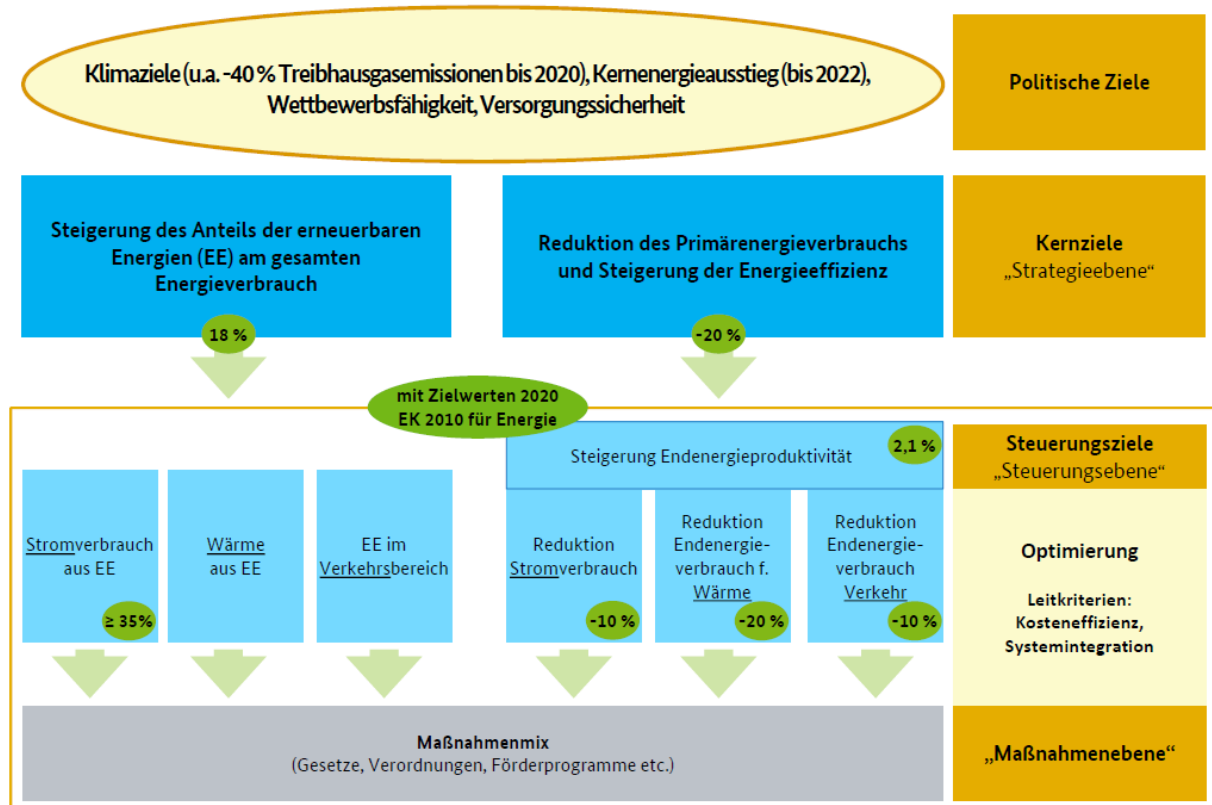
Der vorliegende Bericht zeigt die Einspar-, Verbrauchs- und Kostenentwicklung auf. Des Weiteren werden Erfolge in verschiedenen Einzelmaßnahmen erläutert bzw. dargestellt.

D III

Michael Ilk

## 1.2 Gesetzliche und politische Rahmenbedingungen

Die strategischen bundespolitischen Ziele zur Energiepolitik sind im Energiekonzept der Bundesregierung festgelegt und bilden den Kompass für die Energiewende. Bis 2050 sollen demnach die CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber 1990 um 80 bis 95% gesenkt werden bei gleichzeitiger Umsetzung einer zuverlässigen, bezahlbaren und umweltverträglichen Energieversorgung.



Strukturierung der Ziele d. Energiekonzeptes (<http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiewende/zielarchitektur.html>)

Die dargestellten Steuerungsziele sollen durch Maßnahmen wie die Einbindung in Gesetze, Verordnungen oder durch Förderprogramme erreicht werden. In der EnEV2014 §1 ist beispielsweise als Zweck der Verordnung aufgeführt, dass bis 2050 ein nahezu klimaneutraler Gebäudebestand bestehen soll. Die öffentliche Hand trägt bei der Umsetzung dieser Ziele eine besondere Verantwortung. Im Bereich städtischer Gebäude wird dies bereits in verschiedenen Gesetzen ersichtlich:

### § 1a Vorbildfunktion öffentlicher Gebäude

Öffentlichen Gebäuden kommt eine Vorbildfunktion im Rahmen des Zwecks und Ziels nach § 1 zu. Diese Vorbildfunktion kommt auch öffentlichen Gebäuden im Ausland zu, die sich im Eigentum der öffentlichen Hand befinden.

EEWärmeG des Bundes §1a

§ 7

*Vorbildfunktion der öffentlichen Hand*

(1) Der öffentlichen Hand kommt beim Klimaschutz in ihrem Organisationsbereich eine allgemeine Vorbildfunktion zu, insbesondere durch Energieeinsparung, effiziente Bereitstellung, Umwandlung, Nutzung und Speicherung von Energie sowie Nutzung erneuerbarer Energien. Dies gilt, sofern die Organisation der Aufgabenerledigung nicht abschließend durch Bundesrecht geregelt ist.

Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg §7

Artikel 9

**Niedrigstenergiegebäude**

- (1) Die Mitgliedstaaten gewährleisten, dass
- a) bis 31. Dezember 2020 alle neuen Gebäude Niedrigstenergiegebäude sind und
  - b) nach dem 31. Dezember 2018 neue Gebäude, die von Behörden als Eigentümer genutzt werden, Niedrigstenergiegebäude sind.

Die Mitgliedstaaten erstellen nationale Pläne zur Erhöhung der Zahl der Niedrigstenergiegebäude. Diese nationalen Pläne können nach Gebäudekategorien differenzierte Zielvorgaben enthalten.

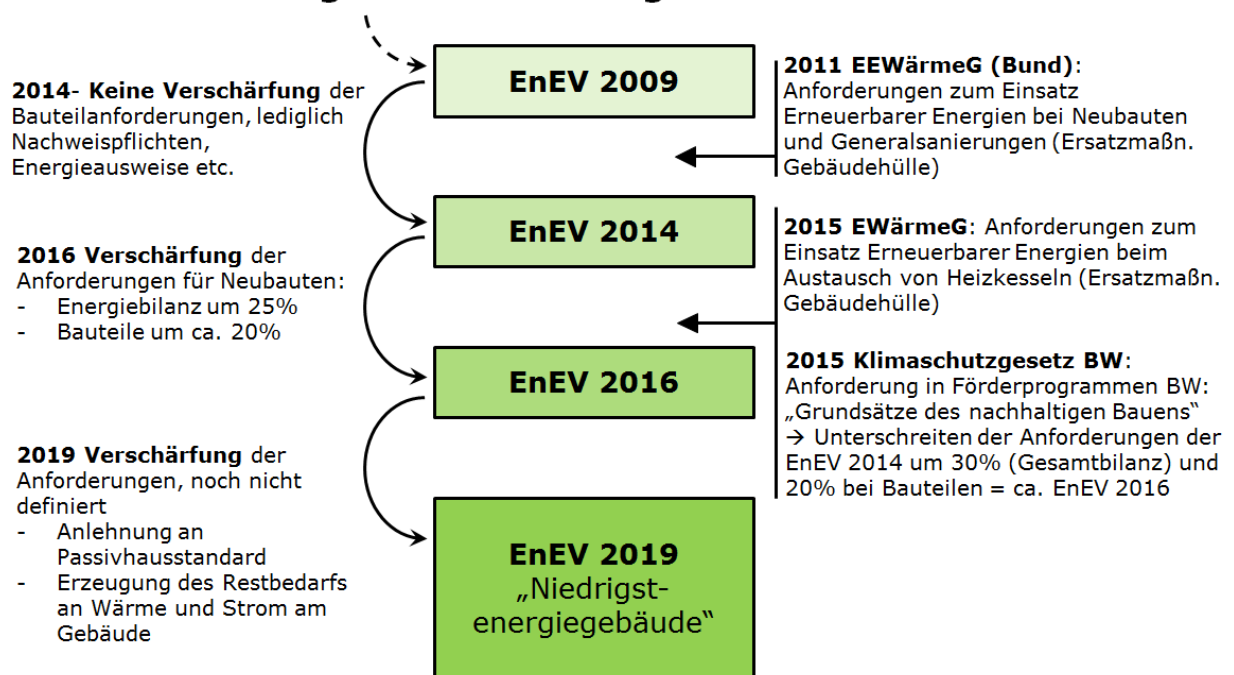
(2) Des Weiteren legen die Mitgliedstaaten unter Berücksichtigung der Vorreiterrolle der öffentlichen Hand Strategien fest und ergreifen Maßnahmen wie beispielsweise die Festlegung von Zielen, um Anreize für den Umbau von Gebäuden, die saniert werden, zu Niedrigstenergiegebäuden zu vermitteln; hierüber unterrichten sie die Kommission in den in Absatz 1 genannten nationalen Plänen.

EU-Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden

Zentrale Gesetze sind im Gebäudebereich auf Bundesebene die EnEV und das EEWärmeG, welche bei Sanierungen und Neubauten Anforderungen an die thermische Hülle und die Anlagentechnik stellen. Auf Landesebene stellt das EWärmeG Anforderungen bei anlagentechnischen Sanierungen. Das Klimaschutzgesetz BW verpflichtet zur Anwendung eines Nachhaltigkeitsbewertungssystem bei staatlich geförderten Neubaumaßnahmen (z.B. Schulbauförderung). Das System ist unter [www.nbbw.de](http://www.nbbw.de) abrufbar. Die EU-Energieeffizienz-Richtlinie beinhaltet Maßnahmen und Ziele zur Energieeinsparung und sieht ebenfalls in öffentlichen Einrichtungen eine Vorbildfunktion. Im nationalen Recht ist die Verordnung in dem Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (EDL-G) von 2015 verankert.

Die nachfolgende Abbildung stellt die rechtliche Entwicklung im Gebäudeeffizienzbereich dar. Angefangen mit der Wärmeschutzverordnung 1977 über mehrere Novellen wurde 2013 die EnEV2014 beschlossen. Die Novellierung beinhaltet keine maßgeblichen Verschärfungen bei Neubauten und Sanierungen, jedoch verschiedene Änderungen im Bereich der Nachweispflichten (Energieausweise), Anlagentechnik und Nachrüstpflichten. Erst in einer zweiten Stufe wurden 2016 die Anforderungen an Neubauten verschärft. Im Jahr 2017 ist von einer Novellierung der EnEV auszugehen, die auch eine Definition der Niedrigstenergiegebäude enthalten muss.

## Anforderungen an den Energiestandard



### 1.3 Zusammenfassung energiewirtschaftlicher Ergebnisse

Die Ergebnisse der energiewirtschaftlichen Tätigkeiten seit dem letzten Energiebericht ergeben ein uneinheitliches Bild:

Heizenergieverbräuche bzw. –einsparungen blieben trotz Flächenzuwachs auf nahezu konstantem Niveau, die jährlichen Einsparungen gingen von 12.000 auf rd. 10.000 MWh seit dem letzten Energiebericht zurück und betragen in 2015, nahezu 25% des Basisverbrauchs.

Demgegenüber gingen die Stromeinsparungen in den letzten 4 Jahren enorm zurück und ergaben in 2015 einen Mehrverbrauch von ca.100.000 kWh. Wesentliche Änderungen die hierzu geführt haben sind in Punkt 2.2 erläutert.

In Folge dieser Entwicklungen gingen die eingesparten Energiekosten um rd. 150 T€ gegenüber 2012 zurück und betragen 2015 knapp 640 T€.

Ein positives Ergebnis ist der Rückgang des Primärenergieeinsatzes und der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Dieses Ergebnis ist wesentlich durch die Fernwärmeerzeugung mittels erneuerbarer Energien (Holzheizkraftwerk) und durch den Ökostrombezug für die städtischen Gebäude und Anlagen begründet.

Durch diese Maßnahmen werden bereits heute die von der Bundesregierung angestrebten Klimaschutzziele erreicht.



## 2. Eingesparte Energiemengen und –kosten

### Vorbemerkung

Dieser Bericht gibt die Verbräuche und Kosten der im Fachbereich Hochbau und Gebäudewirtschaft betreuten und verantworteten bzw. genutzten Gebäude wieder. Anlagen- und Gebäudedaten zugehörend zu einem Eigenbetrieb (Tourismus und Event bzw. Stadtentwässerung) sind in diesem Bericht nicht mehr enthalten.

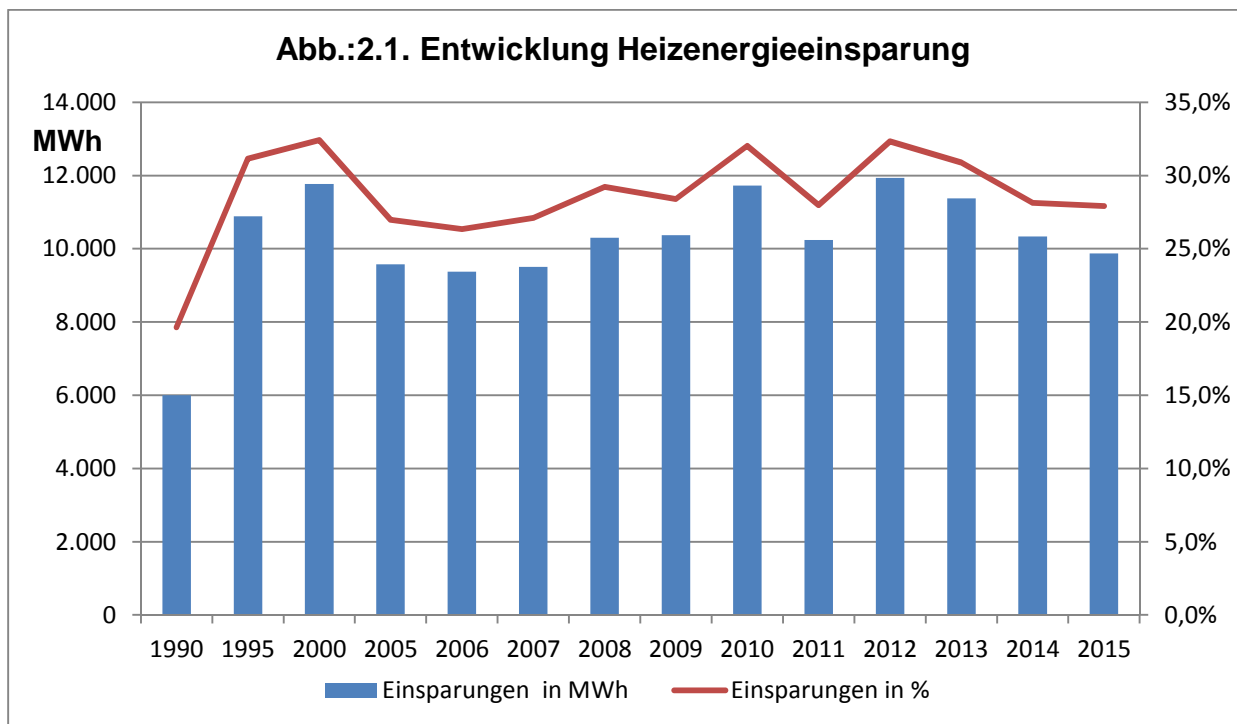
Betriebe, wie der Eigenbetrieb Tourismus und Event sind durch das Energiedienstleistungsgesetz seit März 2015 verpflichtet Energieaudits durchzuführen.

Zusätzliche Gebäude wie städt. Museum, Mensa Schloßlesfeld, Mehrgenerationenhaus Grünbühl-Sonnenberg (MGH) sowie die Einrichtung der Integrierten Leitstelle bei der Feuerwache und Gebäude die veräußert wurden, erhöhen bzw. reduzieren die betreute Fläche. Ebenso werden Gebäude die wg. Generalsanierungen über längere Zeit nicht betrieben werden, entsprechend berücksichtigt. Durch die neu hinzugekommenen Gebäude erhöht sich die bewirtschaftet Fläche um ca. 5.600 m<sup>2</sup>.

## 2.1 Heizenergie

Während der letzten 10 Jahre konnten die Einsparungen bei Heizenergie zwischen nahezu 25% und 30% eingehalten werden. Diese beziehen sich auf einen errechneten Verbrauch, der sich ohne energiesparende Tätigkeit ergeben würde, den gradtagbereinigten Basisverbrauch. Um Heizenergieeinsparungen bzw. –verbrauch über mehrere Jahre vergleichen zu können, müssen unterschiedlich kalte Winter über eine Gradtagzahl witterungsbereinigt normiert werden.

Die Abbildung 2.1. zeigt seit dem letzten Energiebericht 2011 rückgehende Einsparungen von 12.000 auf 10.000 MWh. Dieser Rückgang ist einerseits begründet durch intensivere Nutzungen (Ganztagsbetreuung), dem vermehrten Einsatz von Lüftungsanlagen (z.B. Bildungszentrum West) und andererseits durch den Wegfall von erzielten Einsparungen bei Generalsanierungen (Gemeinschaftsschule Innenstadt sowie Goethegymnasium).



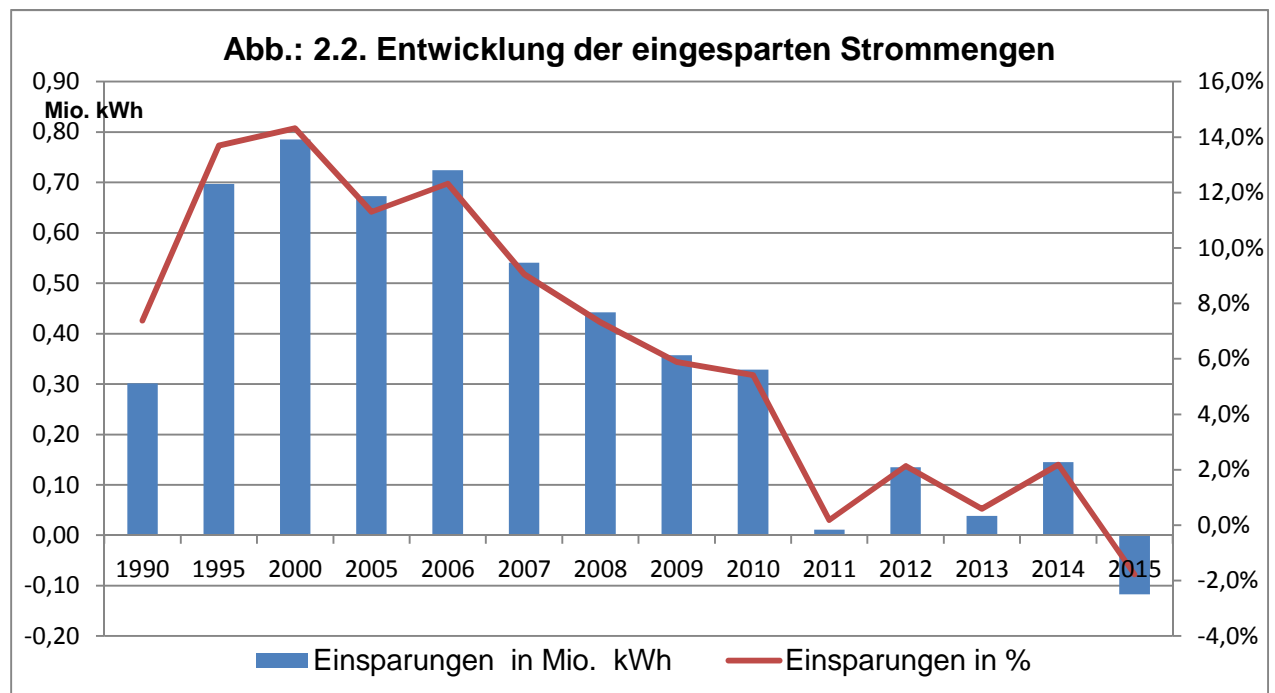
## 2.2 Elektroenergie

Der Zunahme des Stromverbrauchs seit 2010 um nahezu 1 Mio. kWh steht eine Erhöhung des Basisverbrauchs um ca. 650.000 kWh, der durch zusätzliche bzw. abgehende Gebäude resultiert, gegenüber. Objekte, die zu einem wesentlichen Anteil des Rückgangs der Einsparungen beitragen sind das BZW mit rd. 200.000 kWh durch die Wiederinbetriebsetzung der Lüftungsanlagen, die Integrierte Leitstelle allein hat einen Jahresstromverbrauch von ca. 130.000 kWh.

Weitere Gründe der negativen Einsparungen sind:

- Intensivere Gebäudenutzung durch Ganztageseinrichtungen in Kita's und Grundschulen mit Essensversorgung (Mensen) sowie technischer EDV - Ausstattungen wie PC und Beamer,
- Elektrobeheizung temporär genutzten Container-Ersatzgebäuden,
- Diversen Bautrocknungen aufgrund von Wasserschäden,
- Dezentrale Elektro-Warmwasserbereitung aufgrund hygienischer Anforderungen z.B. in den Ganztageseinrichtungen und Feuerwache,
- Ausbau der Infrastruktur für Datennetze und Kühlung von Serverräumen.

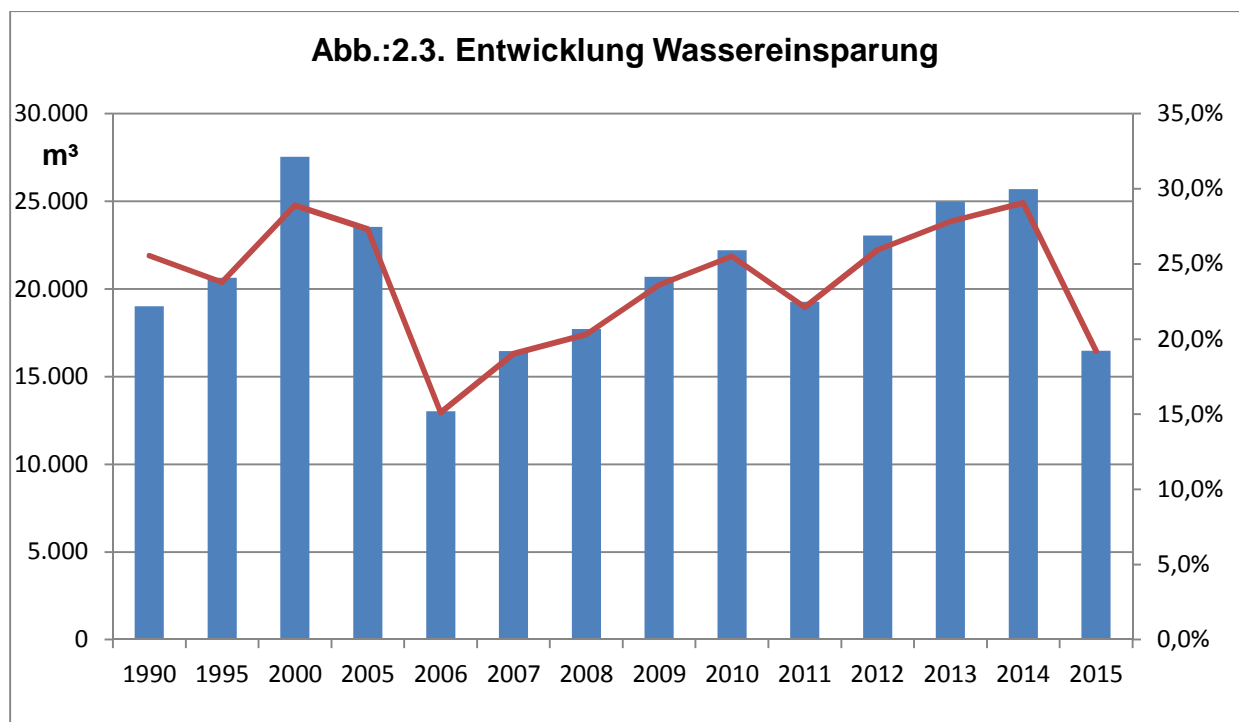
Positive Einsparungen können im Elektrobereich durch einen vermehrten Einsatz von LED-Beleuchtungen erzielt werden (s. hierzu die Ausführungen in Kap. 4.3.1).



## 2.3 Wasser

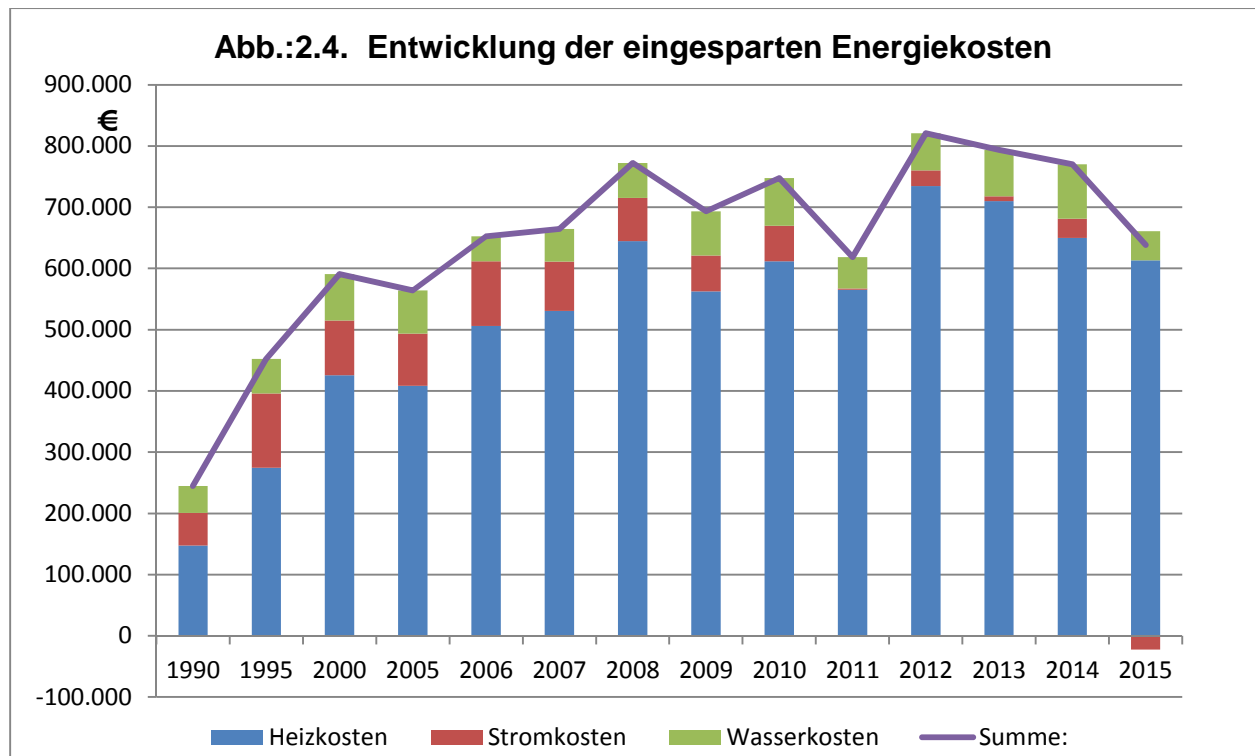
Die Einsparungen waren in den Jahren 2012 bis 2014 nahezu konstant bei rd. 25.000 m<sup>3</sup> gegenüber dem Basisverbrauch. In 2015 ging die Einsparung stark zurück, im Wesentlichen aufgrund der Hitzeperiode. Allein bei Objekten mit Außenbewässerung (Ludwig-Jahn-Stadion, BZW, TDL Gänsfußallee) betrug der Mehrverbrauch rd. 3.100 m<sup>3</sup>.

Ein weiterer Aspekt ist die Reduzierung des Basisverbrauchs in 2015 durch Gebäude die derzeit generalsaniert werden sowie abgehende Gebäude wie die SKV-Turnhalle und die Grundschule Friedrich-von-Keller.



## 2.4 Entwicklung der eingesparten Energiekosten

Eingesparte Energiekosten gingen seit 2012 kontinuierlich von 800 T€ auf nunmehr rd. 640 T€ zurück und werden nahezu nur noch bei Heizenergie erzielt. Diese Entwicklung spiegelt im Wesentlichen die Verbrauchseinsparungen wieder, die Entwicklung der Energiepreise verlief in dieser Berichtsperiode nahezu konstant.



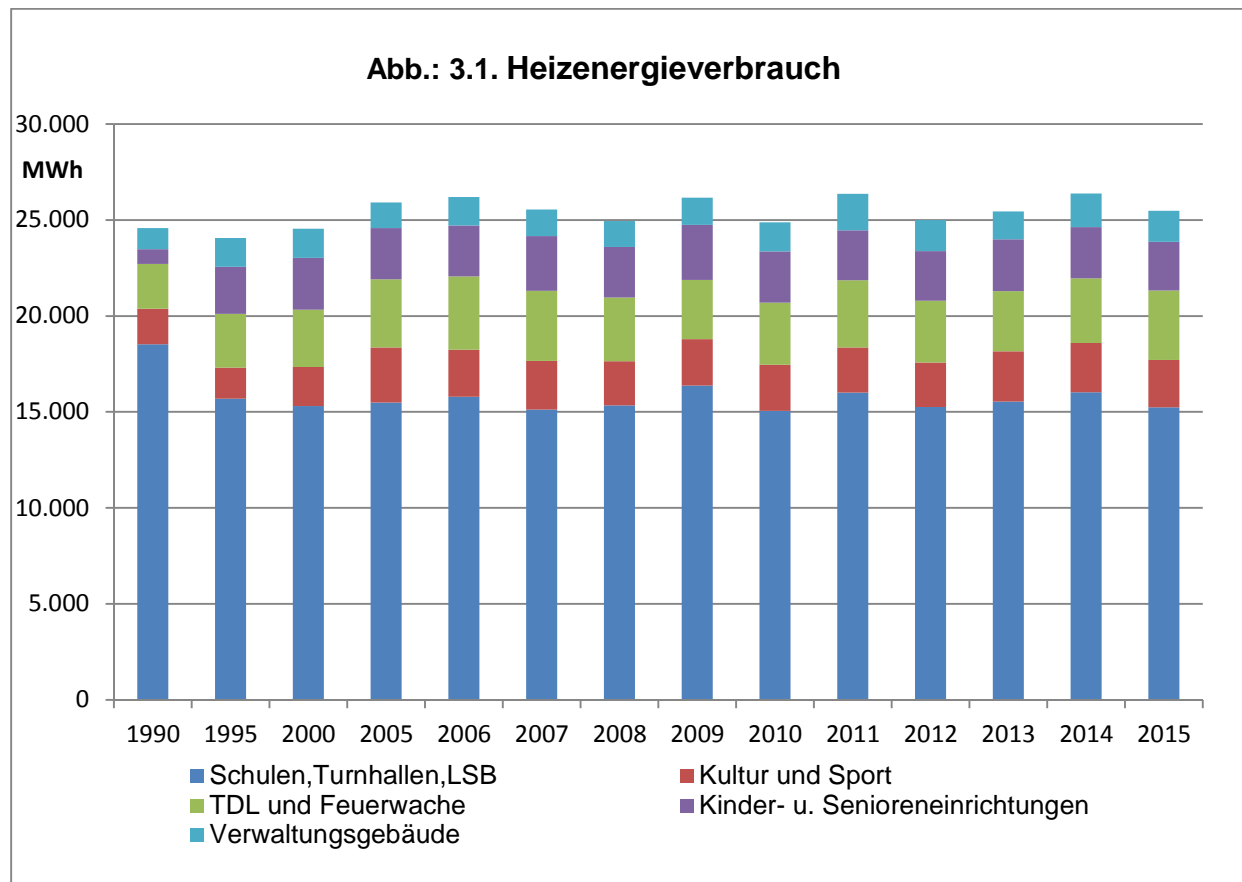
### 3. Entwicklung der Energieverbräuche

#### 3.1 Heizenergieverbrauch

Der gradtagbereinigte Heizenergieverbrauch bewegt sich seit nunmehr über 10 Jahre auf relativ konstantem Niveau und beträgt jährlich rd. 25.000 MWh. Über 60 % des Gesamtverbrauchs entfallen dabei auf Schulen Lehrschwimmbäder und Sporthallen.

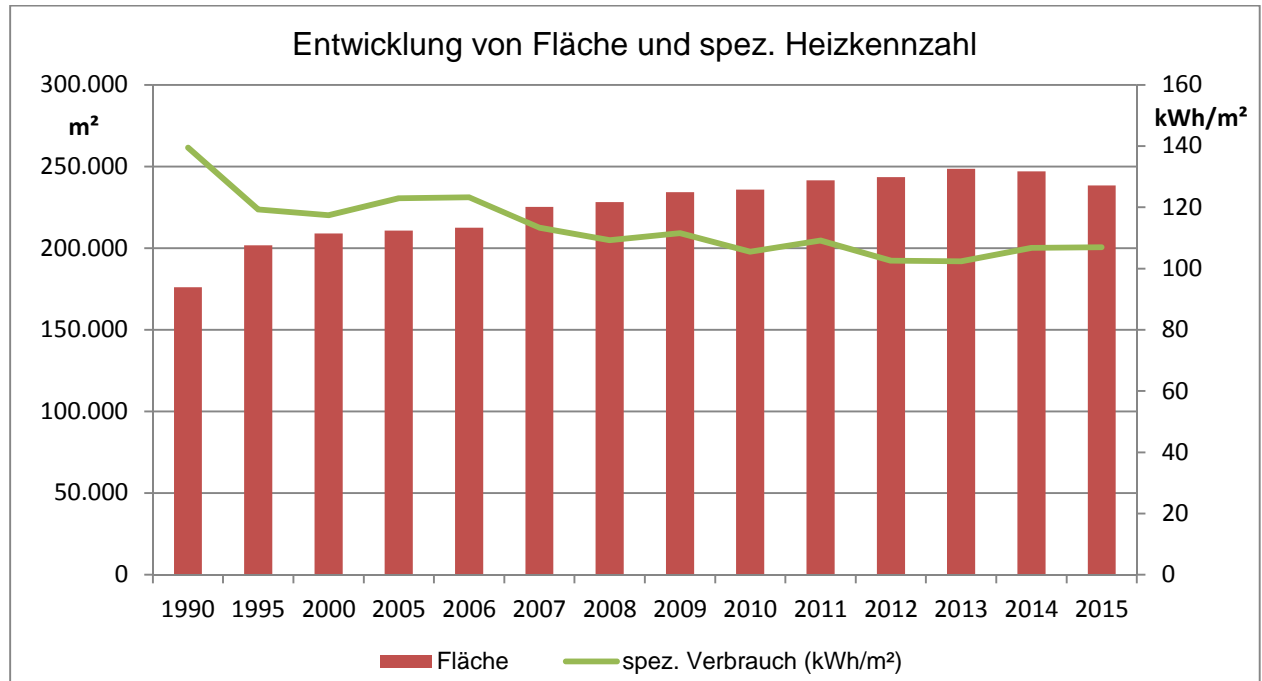
Der Anteil der Verwaltungsgebäude beträgt ca. 6 %, die Bereiche Kultur und Ludwig-Jahn Stadion sowie die Kinder- und Senioreneinrichtungen je 10 % des Gesamtverbrauchs. Für TDL, Feuerwache sowie sonstige Einrichtungen entfallen rd. 14 % des Gesamtverbrauchs.

Der Heizenergieverbrauch konnte trotz zusätzlicher Gebäude wie Kinder- und Familienzentrum Hartenecker Höhe, MIK, Mehrgenerationenhaus Grünbühl-Sonnenberg, und Mensa Schlösslesfeld nahezu konstant gehalten werden.



Die folgende Graphik zeigt Niveau und Entwicklung der Heizkennzahl. Die Flächenreduzierung in 2014 und 2015 erfolgte durch die Sanierung der Gemeinschaftsschule Innenstadt sowie ein Großteil des Goethe Gymnasiums.

Diese Heizkennzahl beträgt seit nahezu 10 Jahren knapp über 100 kWh/m<sup>2</sup>.



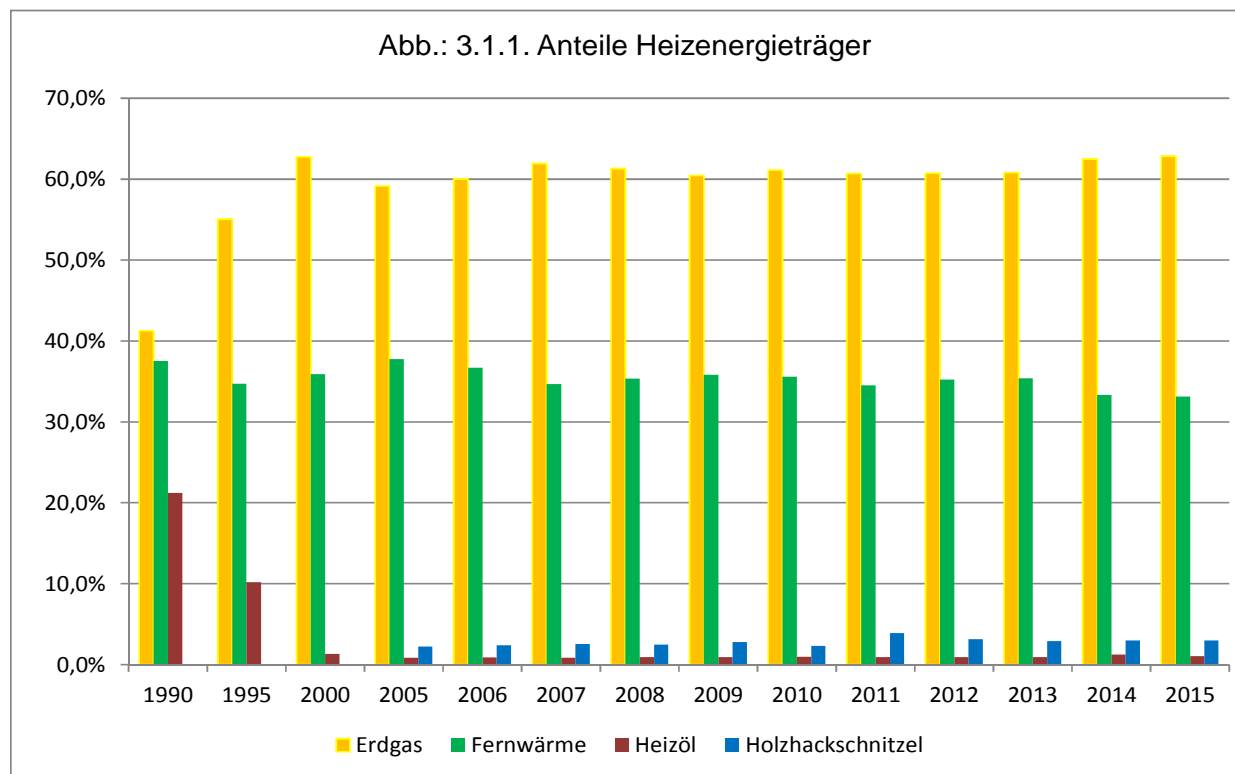
## Energieträgerstruktur

Die Beheizung sowie die Warmwassererwärmung für die städtischen Gebäude und Anlagen erfolgt seit nunmehr über 15 Jahren mit einem Fernwärmeanteil von ca. 35% aus dem Fernwärmenetzen der SWLB. Seit 2014 ist der Fernwärmeanteil geringfügig rückläufig aufgrund von Generalsanierungen wie Gemeinschaftsschule Innenstadt und Goethe Gymnasium.

Bei Erdgas gibt es einen geringfügigen Anstieg seit dem letzten Energiebericht.

Der marginale Heizölanteil resultiert aus dem Bedarf einer Sporthalle.

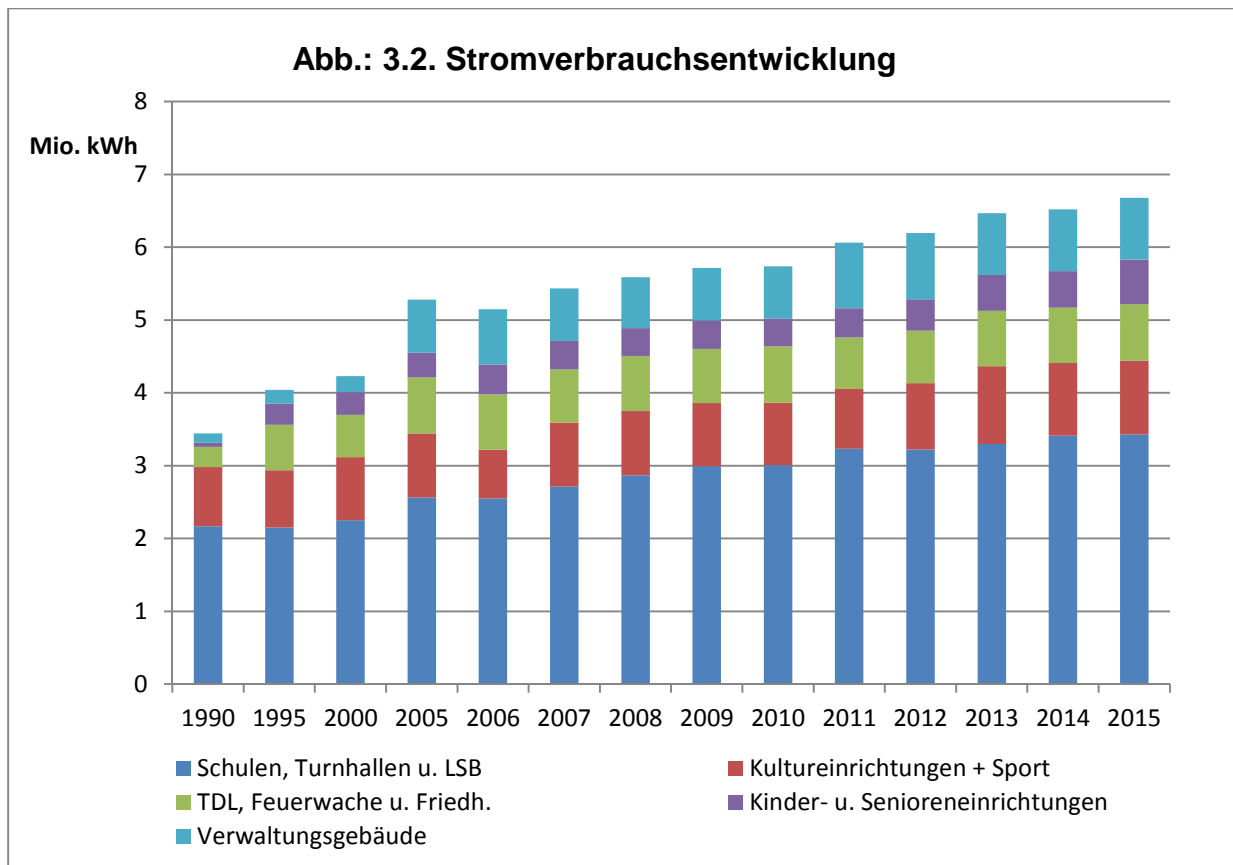
Der Energieträger Holzhackschnitzel mit einem Anteil von 2,5% entspricht dem Verbrauch der Schubartschule sowie dem Lehrschwimmbad und der Turnhalle Kreuzäcker.





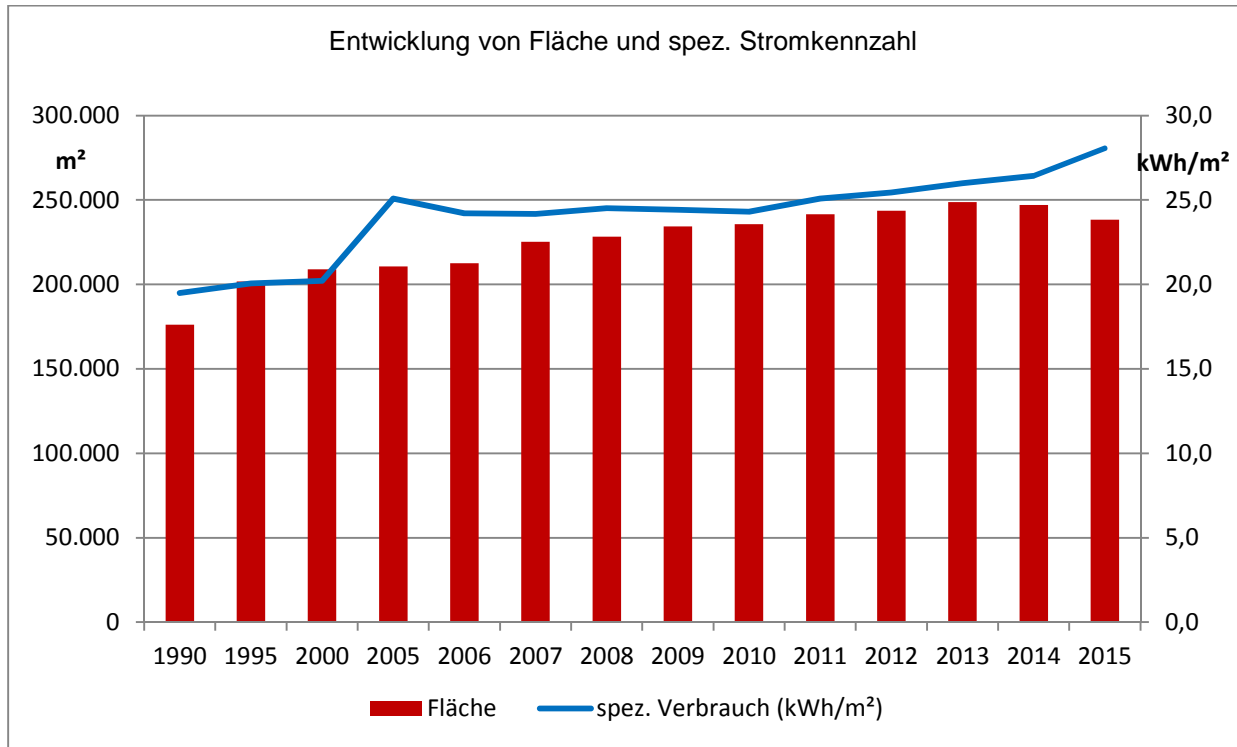
### 3.2 Stromverbrauchsentwicklung

Seit 2010 steigt der Stromverbrauch nahezu kontinuierlich an und erreicht in 2015 einen neuen Höchststand mit rd. 6,7 Mio. kWh. Gegenüber 2011 beträgt die Zunahme über 10 %. Die Ursache für diesen Anstieg ist in einer weitergehenden und umfassenden Ausstattung von PC-Geräten in Schulen, die Wiederinbetriebsetzung der Lüftungsanlagen im Bildungszentrum West und dem Einbau dezentraler elektrischer Warmwasserbereitungen, z.B. Feuerwache und Ganztagebetreuungen in Kita's und Schulen sowie die verstärkte Verwendung von Containern für schulische Nutzungen, begründet.



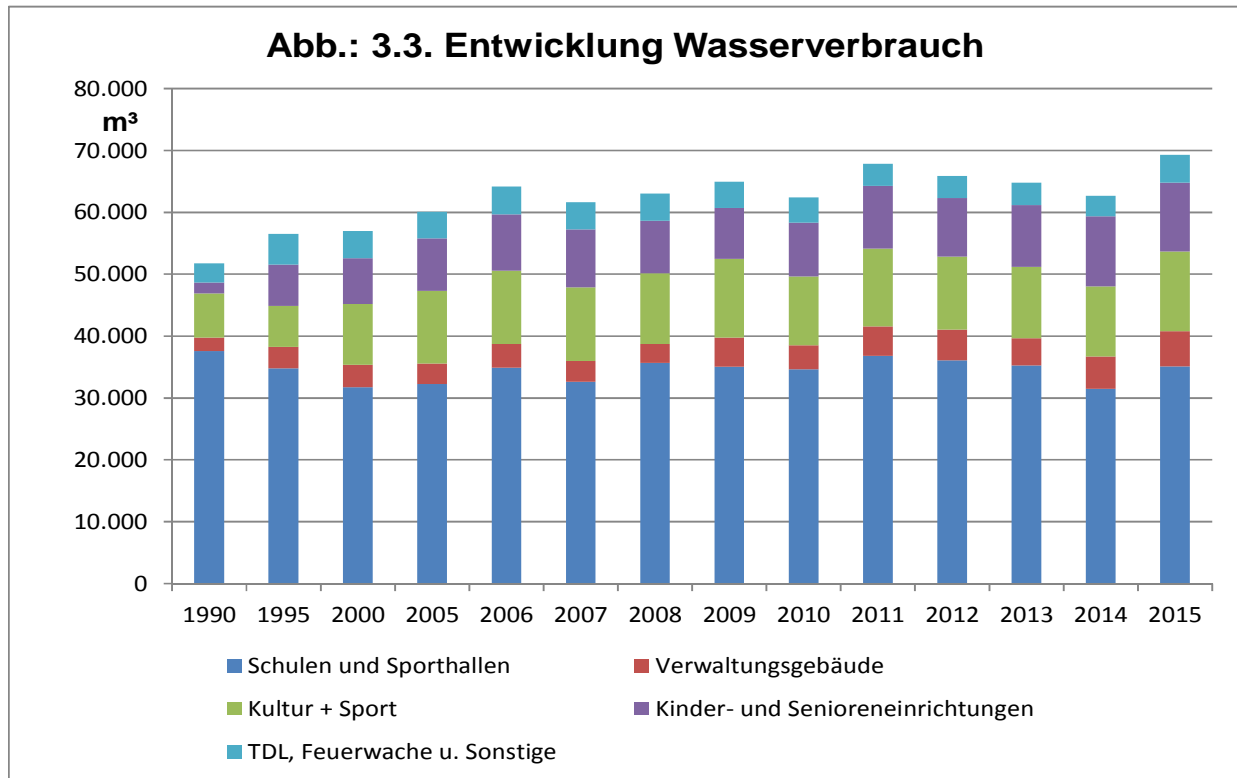
Die folgende Abbildung stellt die Entwicklung des Stromverbrauchs pro m<sup>2</sup> Nutzfläche dar. In den Jahren 2005 bis 2010 war dieser Kennwert nahezu konstant bei 25 kWh/m<sup>2</sup>, seit 2010 findet ein leichter aber beständiger Anstieg auf nunmehr 28 kWh/m<sup>2</sup> statt.

Die Ursachen hierfür sind in den vorigen Abschnitten beschrieben.



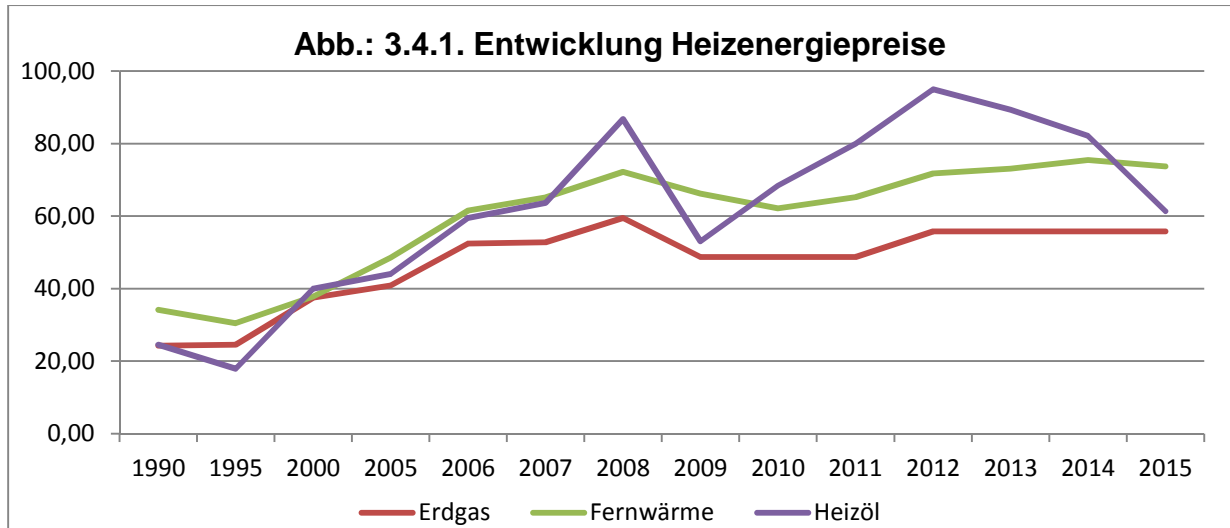
### 3.3 Wasserverbrauchsentwicklung

Der Wasserverbrauch erreicht in dieser Berichtsperiode mit nahezu 70.000 m<sup>3</sup> einen neuen Höchststand. Seit dem letzten Energiebericht 2011 ging der Verbrauch zunächst kontinuierlich auf einen Gesamtverbrauch von 62.700 m<sup>3</sup> in 2014 zurück. Die Hitzeperiode in den Sommermonaten 2015 verursacht die Erhöhung des Verbrauchs um über 6.000 m<sup>3</sup>.

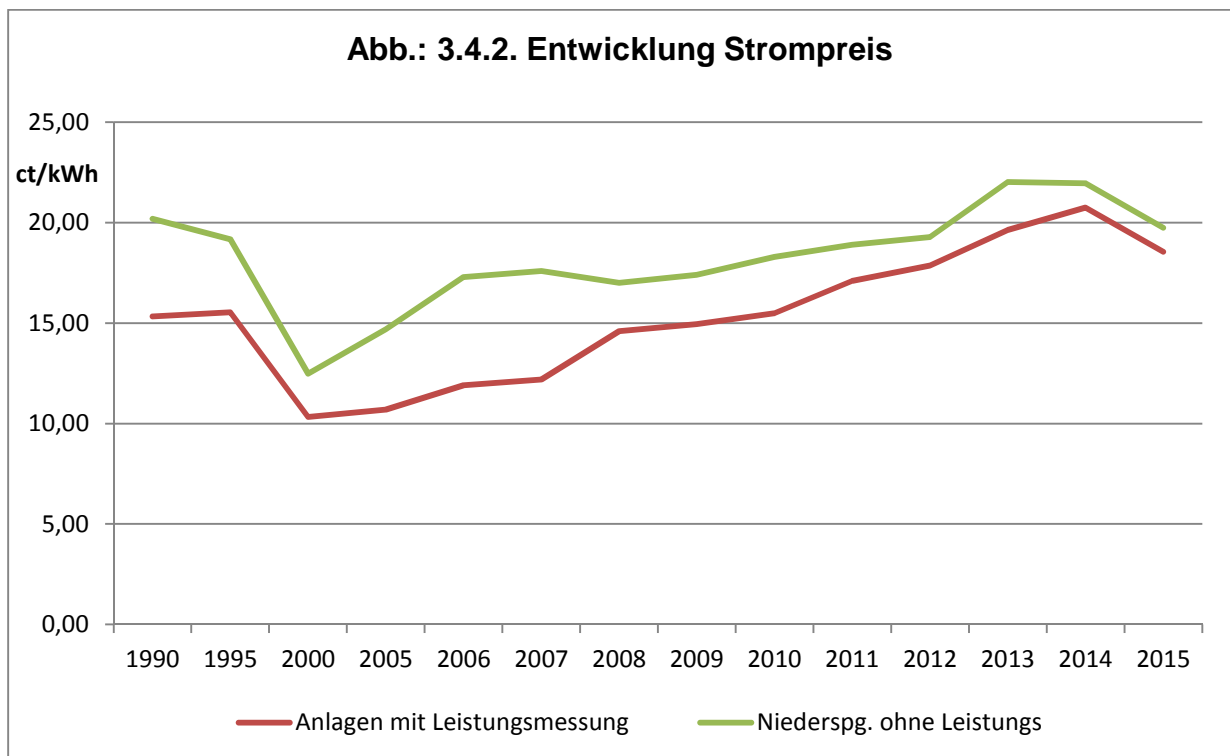


### 3.4 Energiepreisentwicklung

Seit dem Energiebericht 2011 gab es im Bereich Heizenergie nur einen marginalen Preisanstieg bei Erdgas in 2012 um 12%, bei Fernwärme 11 %. Derzeit betragen die Energiearbeitspreise für Erdgas 55 €/MWh, für Fernwärme bei 73 €/MWh. Der Erdgasarbeitspreis ist seit 2012 auch konstantem Niveau.



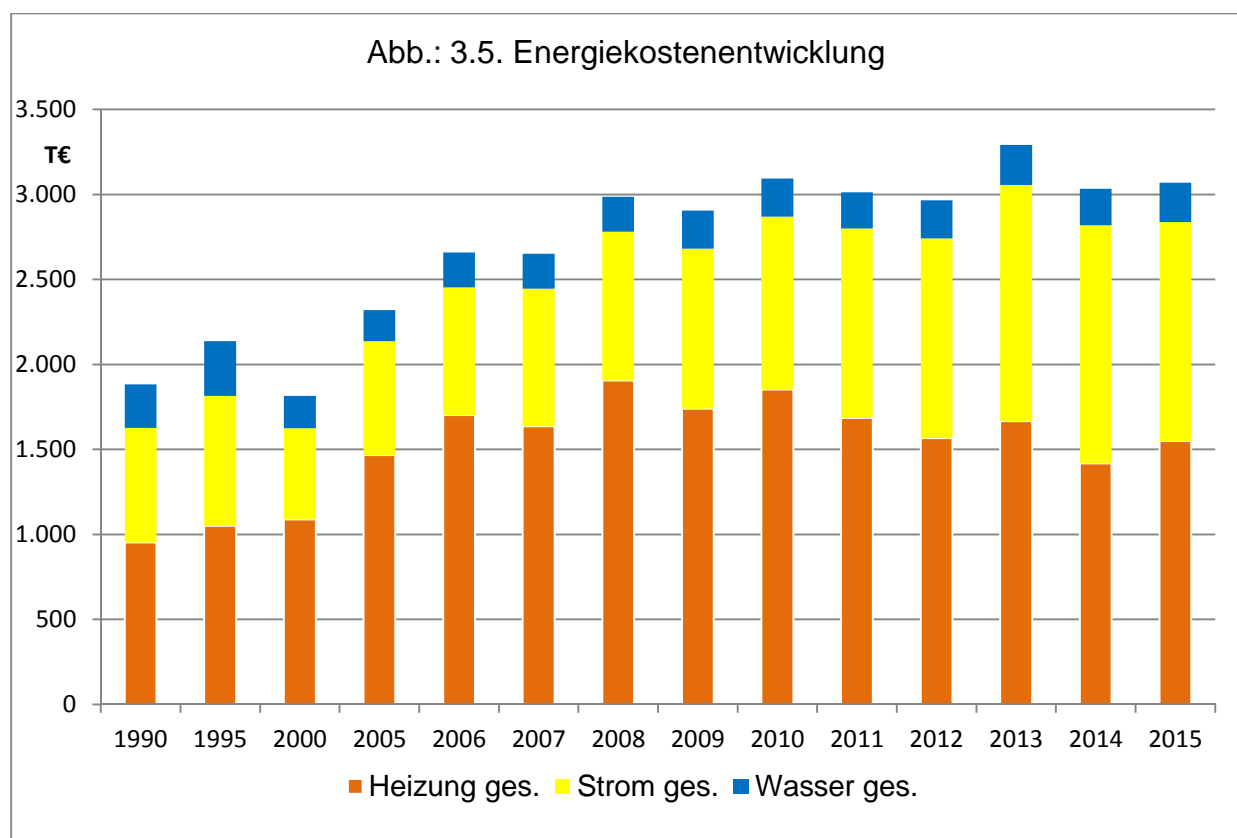
Die Strompreise sind in dieser Berichtsperiode auf einen neuen Höchststand gestiegen und seit Ende 2014 wieder leicht fallend. Seit der Ausschreibung des Strombedarfs im Jahre 2008 werden die Strompreise unterschieden in Anlagen mit Leistungsmessung und Anlagen ohne Leistungsmessung.



### 3.5 Energiekosten städtischer Gebäude

Die Gesamtenergiekosten hatten in 2013 einen neuen Höchststand mit rd. 3,3 Mio. € erreicht. 2014 und 2015 gingen die Kosten, im Wesentlichen durch geringere Heizkosten wieder geringfügig auf 3,1 Mio. € zurück. Die Heizkosten basieren in dieser Abbildung auf den tatsächlichen Wärmeverbräuchen der Objekte.

Gegenüber dem letzten Energiebericht 2011 erhöhten sich die Energiekosten in 2013 um 0,37 Mio. €. Eine Erhöhung, die einerseits durch gestiegene Stromverbräuche und andererseits durch geringfügig höhere Preise bei Fernwärme und Strom resultiert. In 2014 und 2015 gingen diese Kosten wieder auf rd. 3 Mio. € zurück durch geringeren Heizenergieverbrauch und geringeren Strompreis. Aktuell entfallen 54 % der Gesamtkosten auf Heizenergie und knapp 40 % auf Elektro.



#### Bewertung:

Die Energiekosten sind seit 2008 mit ca. 3 Mio. € pro Jahr nahezu konstant geblieben. Und das, obwohl die bewirtschaftete Fläche zugenommen hat, die Nutzungsdauer durch Ganztagsbetreuung an Kitas und Schulen erheblich ausgedehnt wurde und die technische Ausrüstung, insbesondere durch Mensabetrieb und EDV-Ausstattung stetig zunimmt. Seit ca. 10 Jahren konnte der Heizenergieverbrauch konstant gehalten werden. Dies ist auf erhöhte Anforderungen bei Dämm-Maßnahmen und vermehrter Einsatz energiesparender Techniken in diesem Bereich begründet. Die steigenden Stromverbräuche der letzten Jahre sind Ausdruck der vielseitig gestiegenen techn. Anforderungen (s. Pkt. 2.2).

### 3.6 Primärenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen

Tabelle 4 stellt einen aktuellen Vergleich des Primärenergieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen zum jeweiligen Basisjahr dar. Gemäß den Klimaschutzzielen der Bundesregierung sollen bis 2020 die Treibhausgasemissionen um 40 %, und der Primärenergieverbrauch um 20 % reduziert werden. Des Weiteren soll bis 2020 der Anteil erneuerbarer Energien auf 18 % ansteigen.

Mit den derzeit prozentualen Reduzierungen von Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emissionen erreichen wir bereits heute die geforderten Klimaziele für 2020.

Wesentlichen Anteil an diesen Ergebnissen haben die Fernwärmeerzeugung, die seit Ende 2009 überwiegend durch das Holzheizkraftwerk erfolgt und der Bezug von Ökostrom für alle städtischen Abnehmer.

Der Anteil erneuerbarer Energie einerseits durch den Bezug von Ökostrom und andererseits durch die Wärmeerzeugung mit Holzhackschnittel hat einen Anteil von derzeit rd. 29 % in Bezug auf den Primärenergiebedarf.

Tabelle 4: Entwicklung Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emissionen städt. Gebäude

	End-Energie (MWh)			Primär-Energie (MWh)		CO <sub>2</sub> -Emissionen (t) (Treibhausgas)	
	1990	2008	2015	2008	2015	1990	2015
Kesselanlagen:							
Erdgasbetrieb	9.448	14.907	15.764	16.398	17.340	2.362	3.941
Heizölbetrieb	4.859	223	260	245	286	1.701	91
Fernwärme ges.	8.598	8.595	8.315				
Anteil Erdgas	8.598	8.595		9.455		2.150	
Anteil FW-Verbundnetz	---		8.315	---	2.661		0
Holzhackschnittelheiz.	0	595	745	107	149		10
Strombezug	3.433	5.595		16.785		2.283	
Ökostrombezug	---		6.689		0		0
			Summen:	42.990	20.436	8.495	4.042
			Reduzierung (%)		52,5%		52,4%
Klimaschutzziele der Bundesregierung:			bis 2020	Reduz. um 20 %		Reduz. um 40 %	
			bis 2050	Reduz. um 50 %		Reduz. um 80 %	

## 4. Umsetzung Masterplan Energie in städtischen Gebäuden

Die Energiestrategie der Stadt Ludwigsburg ist im Masterplan 11- Energie verankert. Ein zentrales Element ist hierbei die Vorbildfunktion der Stadt (siehe Abbildung). Neben der im ersten Teil des Energieberichtes erläuterten Hauptmaßnahme der Energieverbrauchsreduzierung im Bestand sind auch die energetische Optimierung von Neubauten und Sanierungen sowie der Einsatz erneuerbarer und effizienter Energieerzeugungsanlagen bedeutend für die zukünftige Gebäudeeffizienz. Im folgenden Berichtsabschnitt werden Teilbereiche der Umsetzung des Masterplan Energie aufgeführt. Der Masterplan Energie ist unter <http://www.ksis-ludwigsburg.de/> abrufbar.

Detaillierte Informationen zu einzelnen Bauprojekten sind auch auf der Homepage der Stadt Ludwigsburg im Bereich „Öffentliche Bauprojekte“ aufgeführt: [http://www.ludwigsburg.de/,Lde/start/stadt\\_buerger/bauprojekte.html](http://www.ludwigsburg.de/,Lde/start/stadt_buerger/bauprojekte.html)

Suche...

Erledigte Maßnahmen und Aufgaben werden angezeigt

- Masterpläne
  - 09 Bildung und Betreuung
  - 11 Energie und Klima
    - 01 Leuchtturm- und Förderprojekte
    - 02 Förderprojekte EU
    - 03 Förderprojekte Bund
    - 04 Förderprojekte Land und Region
    - 02 Vorbildfunktion Stadt
      - 01 Nutzung erneuerbarer Energien / Maßnahmen zur Energieeffizienz
        - Bezug von Biogas für kommunale Gebäude
        - Photovoltaikanlagen auf kommunalen Gebäude
        - Bezug von Ökostrom für kommunale Gebäude
        - Einsatz von BHKWs in kommunalen Gebäuden
        - Fernwärmenutzung in kommunalen Gebäuden
      - 02 Energetische Standards und effiziente Betriebsführung
        - Energetische und ökologische Standards
          - Grundsatzbeschluss Energiestandards
          - Nachhaltiges Bauen Baden-Württemberg nbbw.de
          - CESBA-Tool
        - Energieeffiziente Betriebsführung
          - Energiecontrolling
          - Energiebericht 2016
        - Vorbildhafte Einzelmaßnahmen
          - LED- Beleuchtung
          - Dämmmaßnahmen
      - 03 Vorbildhafte Generalsanierungen und vorbildhafte Neubauten
        - Vorbildhafte Generalsanierung
          - Energiekonzept Goethe-Gymnasium (Hauptmasterplan + 07, 09)
          - Energiekonzept Scala
          - Energiekonzept MIK
          - Energiekonzept Reithalle, Karlskaserne
          - Energiekonzept Gemeinschaftsschule Innenstadt (Hauptmasterplan + 07, 09)
          - Energiekonzept Kinder- und Familienzentrum Hartenecker Höhe
        - Vorbildhafte Neubauten
          - Energiekonzept August-Lämmle-Schule (Hauptmasterplan + 07, 09)
          - Energiekonzept Bewegungsraum Gartenstr. 14 (Hauptmasterplan + 09)
          - Energiekonzept Kinder- und Familienzentrum Neckarweihingen (Hauptmasterplan + 07, 09)
          - Energiekonzept Kinder- und Familienzentrum Poppenweiler (Hauptmasterplan + 07, 09)

Auszug aus KSIS zu Maßnahmen im Masterplan Energie

## 4.1 Fertiggestellte, beispielhafte Projekte

### 4.1.1 Gemeinschaftsschule Innenstadt



Bauteil 1934 (Quelle: Dietmar Strauß)



Bauteil 1954 (Quelle: Dietmar Strauß)

Das bestehende Schulgebäude in der Alleenstraße setzt sich aus einem zweigeschossigen Altbau von 1934 mit Satteldach und einem Erweiterungsbau aus dem Jahr 1964 mit drei Geschossen und Flachdach zusammen.

Zur Verbesserung der thermischen Hülle wurden im Bauteil von 1954 Fenster ersetzt, die Außenfassade gedämmt, sowie Kellerdecke und Dach gedämmt. Im erhaltenswerten und energetisch bereits guten Altbau von 1934 konnte auf eine Fassadendämmung verzichtet werden. Hier wurden nur die Schwachstellen ertüchtigt: Dach, Kellerdecke und



Heizkörpernischen. Die ca. 12 Jahre alten Fenster sowie die Photovoltaikanlage auf dem Dach konnten erhalten werden.

Das Schulgebäude wird mit Fernwärme aus dem Holzheizkraftwerk versorgt. Eine Lüftungsanlage ist für die Einhaltung der Raumlufthygiene erforderlich (CO<sub>2</sub>-Konzentration). Die Räume sind mit einer energiesparenden Einzelraumregelung und tlw. Fensterkontakten ausgestattet. Hierdurch wird die Heizwärme und Zuluft nur dann bereitgestellt, wenn in einem Raum Bedarf besteht. Die Beleuchtungssteuerung erfolgt mit Präsenzmelden, wodurch unnötige Beleuchtungszeiten vermieden werden.

Die beiden Gebäudeteile entsprechen bilanziell dem Standard der EnEV2009. Eine Unterschreitung der EnEV2009 konnte nicht umgesetzt werden, da der Altbau bereits gute Energiekennwerte erzielt hatte und auch aufgrund der Erhaltenswertigkeit nicht gedämmt werden sollte. Die ausbleibende Dämmung des Altbaus musste jedoch im umfassend gedämmten Anbau energetisch ausgeglichen werden. Insgesamt können durch die Versorgung mit Fernwärme und Ökostrom 185t CO<sub>2</sub> pro Jahr vermieden werden. Über 50 Jahre summiert sich die CO<sub>2</sub>-Vermeidung auf 9.250t CO<sub>2</sub>.

#### 4.1.2 Energetische Sanierung Reithalle/Karlskaserne



Die denkmalgeschützte Reithalle auf dem Gelände der Karlskaserne dient als Veranstaltungsstätte. Für den langfristigen Erhalt des Gebäudes war die Sanierung der Klinkerfassade sowie des Daches erforderlich. Aufgrund der im Winter auftretenden unbehaglichen Kälteabstrahlung der Außenwand und des Daches nach innen wurde auch die anspruchsvolle, denkmalgerechte Ertüchtigung der thermischen Hülle umgesetzt. Der Wärmebedarf konnte hierdurch deutlich reduziert werden. Die CO<sub>2</sub>-Einsparung ohne Fernwärmeversorgung würde ca. 20t pro Jahr und ca. 1.000t über 50 Jahre betragen.

Im Rahmen des Projektes „Klimaneutrale Kommune“ des Landes Baden-Württemberg erhielt die Stadt Ludwigsburg einen Zuschuss von 150.000€ für die Umsetzung des vorbildhaften Projektes.

### 4.1.3 Denkmalgerechte Sanierung Stadtmuseum



Südansicht (Quelle: Roland Halbe)



Innenansichten (Quelle: Roland Halbe)

Das Haus wurde 1731 als Verwaltungsbau und Fruchtkasten vom Kirchenrat erbaut. Später diente es als Landvogtei, dann als Wohnhaus des Regierungspräsidenten. Von 1855 bis 1887 nutzten das Postamt und das Zollamt seine Räume. Ab 1890 beherbergte es das Oberamt und bis 1957 das Landratsamt.

Nach Plänen des Architekturbüros Lederer Ragnarsdóttir Oei wurde das Gebäude in siebenjähriger Planungs- und Bauzeit umgebaut und mit einem modernen Anbau erweitert. Am 22. November 2011 wurde das Richtfest gefeiert. Der Bau verfügt über 2.300 m<sup>2</sup> Nutzfläche und 1.270 m<sup>2</sup> öffentliche Räume. Die Kosten betragen rund 8,3 Millionen Euro.

Im Rahmen der Sanierung konnte auf eine Dämmung der Fassade verzichtet werden, da die Außenmauern bis zu einem Meter Durchmesser aufweisen. An der thermischen Hülle wurden die Fenster erneuert sowie das Dach gedämmt. Das historische Gebäude wurde im Zuge der Sanierung an die Fernwärme angeschlossen. Eine Wärmepumpe ergänzt mittels Erdsonden die Heizwärme- und Kälteerzeugung. Aufgrund der besonderen raumklimatischen Anforderungen an die Ausstellungsstücke ist die technische Ausstattung an Heizung, Lüftung und Kühlung entsprechend aufwändig.

Der Primärenergiebedarf des Neubaus unterschreitet das Anforderungsniveau der EnEV2009 um 60%. Im Bereich der thermischen Hülle werden die Bauteilanforderungen bei opaken Bauteilen um 30% ( $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) und bei transparenten Bauteilen um 19% ( $1,54 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) unterschritten.

Im Bestand konnte der Neubaustandard nach EnEV2007 realisiert werden. Der Primärenergiebedarf ist 40% geringer als das Anforderungsniveau. Die thermische Hülle ist um 10% besser als das Anforderungsniveau nach EnEV2007. Durch die Umrüstung auf Fernwärme in Kombination mit der energetischen Sanierung können in beiden Gebäudeteilen ca. 80t CO<sub>2</sub> pro Jahr und ca. 4.000t in 50 Jahren eingespart werden.

Für den Erhalt der Städtebauförderung mit einem Zuschuss in Höhe von 3.273.481,20 war die Umsetzung des energetischen Standards (Neubaustandard statt EnEV-Sanierungsstandard) eine zentrale Anforderung.

#### 4.1.4 Kinder- und Familienzentrum Hartenecker Höhe



Das neue Kinder- und Familienzentrum wurde als „Haus im Haus“ in der ehemaligen, denkmalgeschützten Turnhalle der Flakkaserne konzipiert. Im Inneren der Halle entstand ein großzügiger Freibereich, der nicht beheizt wird und als zusätzliche Bewegungsfläche zur Verfügung steht. Gleichzeitig entstand damit zum einen eine große Pufferzone, die sich positiv auf die Energieverluste des neuen Gebäudes auswirkt, zum anderen ist weiterhin die Holzkonstruktion des bestehenden Dachtragwerks sichtbar und der Erhalt der historischen Gebäudehülle gewährleistet.

Der bauliche Wärmeschutz wurde in der Hülle des eingestellten Neubaus realisiert. Um den Tageslichteinfall zu erhöhen, wurden in das Dach der Halle und in die Decke des Obergeschosses Oberlichter eingebaut. Das Gebäude ist an die Fernwärme der Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim angeschlossen. Der nach EnEV 2009 geforderte Wert für den Primärenergiebedarf wird um 56% unterschritten, dies entspricht einer Einsparung von ca. 56t CO<sub>2</sub> pro Jahr und 2.800t in 50 Jahren.

Im Rahmen der Realisierung konnten Fördergelder der EU in Höhe von 748.000 Euro für Personal und Investitionskosten akquiriert werden. Die Fördermittel wurden auch für die Umsetzung des Informationszentrum zum Thema Energie und Bauen verwendet: <http://wissenszentrum-energie.de/start>

#### 4.1.5 Neubau Mensa mit Kleinturnhalle (Gartenstraße 14)

2015 wurde die neue Mensa auf dem Grundschulcampus in Ludwigsburg eingeweiht. Das von der EU geförderte Projekt wurde in Anlehnung an die Passivhausbauweise umgesetzt. Die Anforderung an den Heizwärmebedarf von 15 kWh/m<sup>2</sup>a konnte erfüllt werden. Aufgrund der stromintensiven Küche konnte die Anforderung an den Primärenergiebedarf von 120 kWh/m<sup>2</sup>a nicht eingehalten werden.



Neubau Mensa mit Bewegungsraum: Spatenstich 10.10.2013



Einbringen der thermisch aktiven Bohrfähle (Kühlung) in den Erdboden



Baufortschritt



Fernwärmeleitungen



Photovoltaikanlage auf extensiv begrüntem Dach



Denkmalschutz trifft Energieeffizienz



Öffnung zum Schulhof und den historischen Gebäuden

Im Bereich der Schulgasse/Gartenstraße befindet sich der Grundschulcampus der Ludwigsburger Innenstadt. Die beiden Schulgebäude der ehemaligen Knaben- und Mädchenschule wurden bereits in den Jahren 2010 bis 2012 unter Beachtung der denkmalgeschützten und erhaltenswerten Bausubstanz saniert. Der Schulcampus wurde Ende 2014 durch den klimaneutralen Neubau einer Mensa mit Turnhalle auf Passivhausniveau vervollständigt (CO<sub>2</sub> Einsparung ggü. konventioneller Versorgung ca. 55t/a, 2750t/50a).

Der Neubau auf dem Grundschulcampus in der Innenstadt ist in dieser Hinsicht vorbildlich, denn er verbindet den Denkmalschutz des Gebäudeensembles mit Energieeffizienz. Ab 01.01.2019 sind alle EU-Mitgliedsstaaten verpflichtet, öffentliche Gebäude als Niedrigstenergiegebäude zu bauen. Das kompakte Mensagebäude hätte dieses Anforderungsniveau nach derzeitigem Stand erfüllt.

Die Europäische Union (EU) förderte den Neubau im Rahmen des CEC5-Projekts. Damit wurden in sieben europäischen Ländern Gebäude unter Beachtung der zukünftigen EU-Energiestandards realisiert. Neben der finanziellen Unterstützung in Höhe von 451.700 Euro profitierte die Stadt Ludwigsburg auch vom Erfahrungsaustausch der Projektpartner.

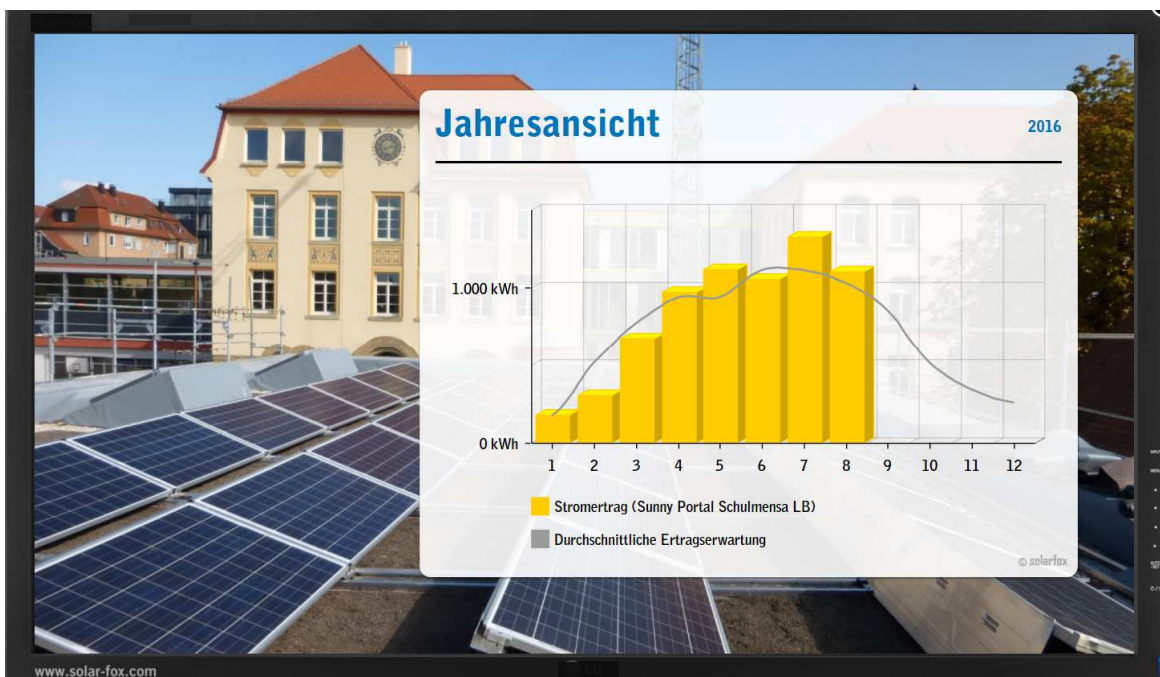
Das Energiekonzept zeichnet sich durch folgende Elemente aus:

- Kompaktes Gebäudevolumen
- Energieeffiziente Gebäudehülle (Dach, Fenster, Fassade, Bodenplatte, Wärmebrückenoptimierung)
- Optimales Verhältnis von Fenster- zu Fassadenflächen für die Nutzung solarer Gewinne im Winter und angemessener Raumtemperaturen im Sommer
- Lüftungsanlage mit >75% Wärmerückgewinnung
- Heizwärme- und Warmwasserversorgung über Fernwärme



- Wärmerückgewinnung aus der Küchenabluft und den Kühl- und Gefrierschränken aus der Küche; Nutzung zur Vorerwärmung Warmwasser
- Regenerative Kühlung über thermisch aktivierte Bohrpfähle (Lüftung Küche, Fußbodenheizung Mensa)
- Bedarfsorientierte Steuer- und Regelungstechnik über Luftqualitäts-, Feuchtefühler, Temperaturfühler und Fensterkontakte
- Querlüftungsmöglichkeit über Dachfenster
- Präsenz- und tageslichtabhängige Beleuchtungssteuerung
- Gebäudeautomation mit Fernzugriff
- Photovoltaikanlage (9,36 kWp)
- Nutzung von Erdgas statt Strom für die Konvektomaten zur Primärenergiebedarfsreduzierung
- Extensive Dachbegrünung
- Blower-Door-Test ( $n_{50} = 0,62 \text{ h}^{-1}$ ; Anforderung Passivhaus  $n_{50} = 0,60 \text{ h}^{-1}$ )

Energetische Kennzahlen	Gartenstraße 14	Gesetzlicher Standard (EnEV2009)	Unterschreitung
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile [W/(m <sup>2</sup> K)]	0,823	1,90	56,7%
Mittlerer U-Wert opake Bauteile [W/(m <sup>2</sup> K)]	0,086	0,35	75,4%
Primärenergiebedarf [kWh/m <sup>2</sup> a]	57,8	274,1	78,9%



Visualisierungsbildschirm Stromerzeugung PV-Anlage 2016 (Quelle: Solar Fox)

## 4.2 Beispielhafte Projekte in Planung

### 4.2.1 Goethe-Gymnasium



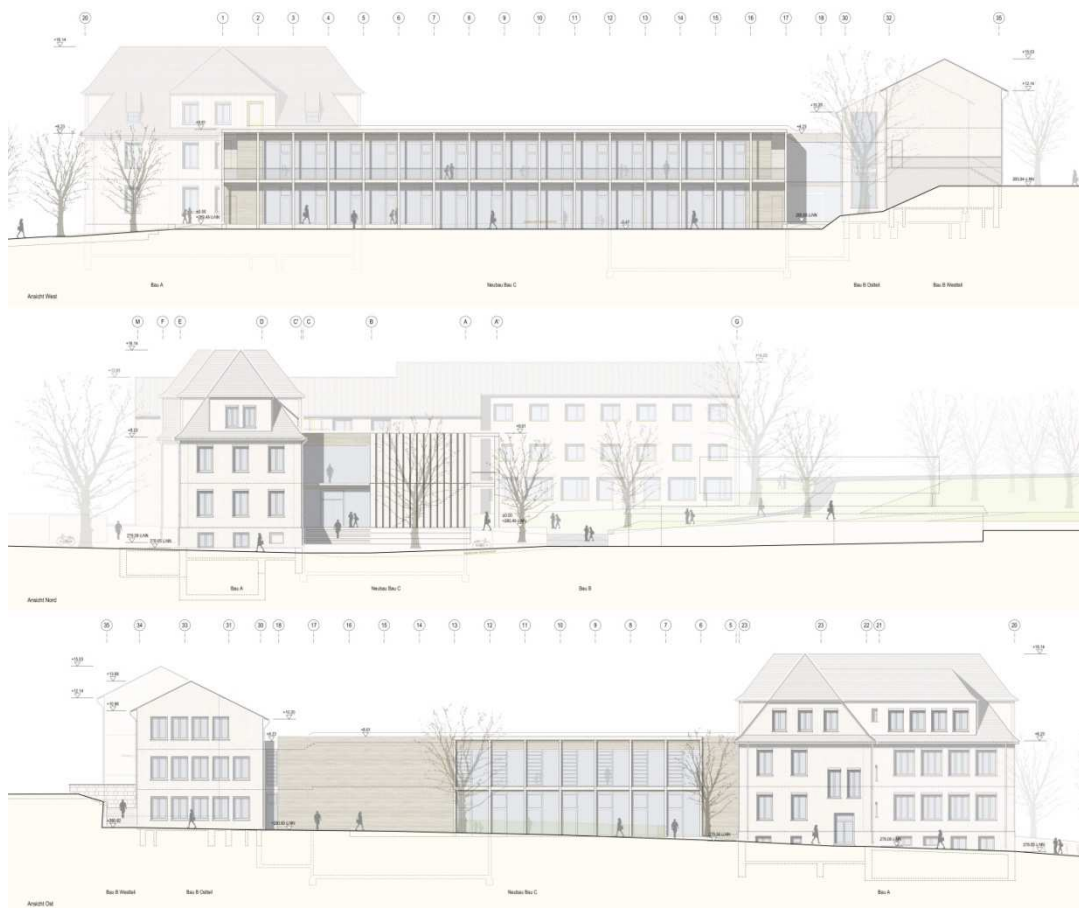
Flügel Seestraße 1951



Flügel Alleenstraße 1957

Das Goethe-Gymnasium wird derzeit generalsaniert. Auf eine Außenwanddämmung des 4-geschossigen Hauptbaukörpers aus dem Jahr 1951 wird aufgrund der erhaltenswerten Fassade verzichtet. An der thermischen Hülle werden das Dach und die Heizkörpernischen gedämmt sowie neue Fenster eingebaut. Der Zwischenbau aus dem Jahr 1957 erhält eine Wärmedämmung an der Fassade. Die Wärmeverbrauchswerte waren in der Vergangenheit deutlich schlechter als im älteren Gebäudeteil. Dies ist auch auf die deutlich dünneren Außenwände zurückzuführen. Im Zuge der Generalsanierung wird eine Lüftungsanlage eingebaut, um die CO<sub>2</sub>- und Feuchtemissionen der Nutzer abzulüften. Die Heizwärme und die Lüftung werden bei Bedarf, welcher über Sensoren ermittelt wird, bereitgestellt. Fensterkontakte vermeiden unnötige Energieverluste. Eine Gebäudeautomation mit Einzelraumregelung und Fernzugriff erlaubt eine energieoptimierte Betriebsführung. Um die Stromeffizienz zu erhöhen wird eine präsenzgesteuerte und tageslichtabhängig dimmbare LED-Beleuchtung eingesetzt. Das Gebäude wird auch nach der Sanierung an die Fernwärme angeschlossen bleiben.

## 4.2.2 Erweiterung August-Lämmle-Schule

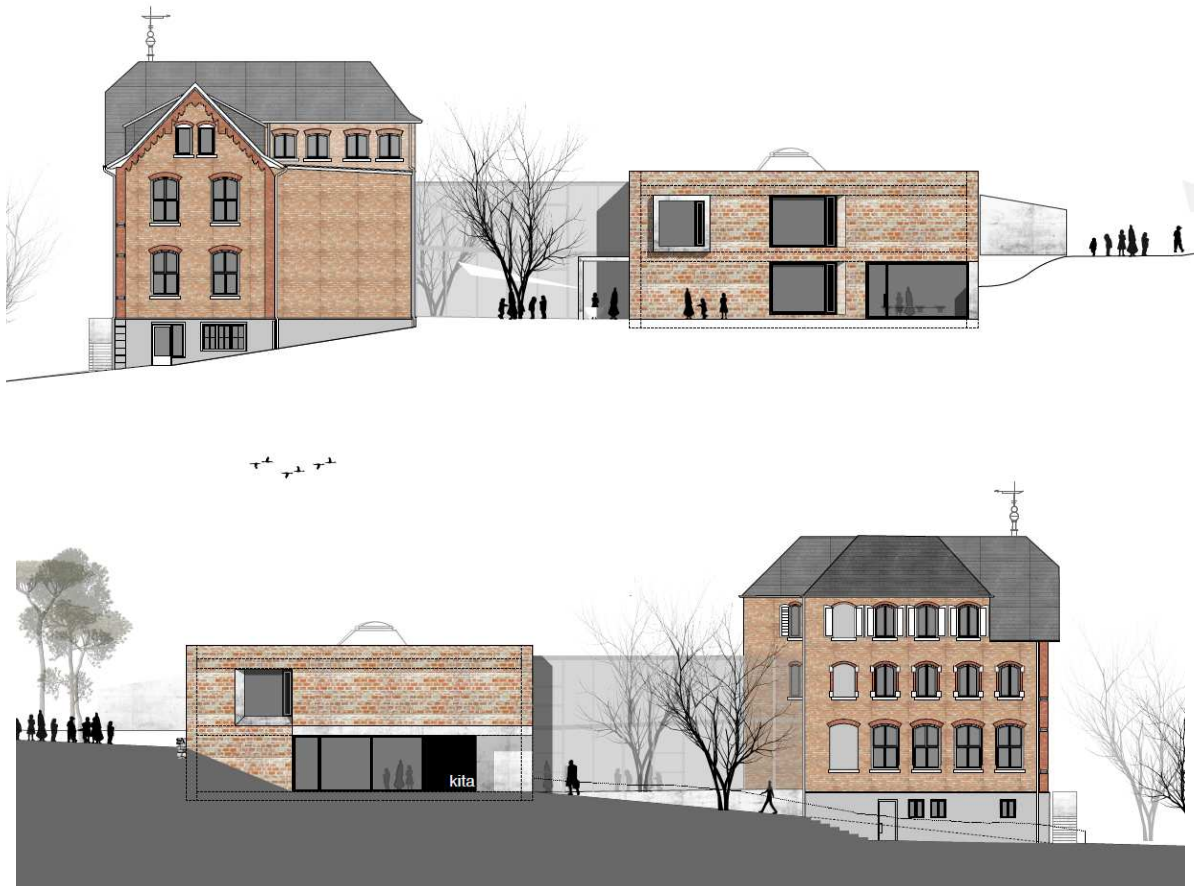


Die August-Lämmle-Schule besteht bisher aus zwei durch einen überdachten Verbindungsgang verbundenen Baukörper. Diese zwei Schulgebäude werden saniert und durch einen neuen Baukörper mit Mensa verbunden. Im alten Schulhaus aus dem Jahr 1909 wird zukünftig primär die Schulverwaltung mit Rektorat, Sekretariat, Lehrerzimmer, Lehrerarbeitszimmer und Betreuungspersonalraum angeordnet sein. Zusätzlich befinden sich noch 2 Klassenräume und ein Mehrzweckraum im Gebäude. In dem erhaltenen Gebäude werden nur die Schwachstellen der Gebäudehülle thermisch verbessert: Dach/oberste Geschosdecke, Fenster und Heizkörpernischen. Um die Bereitstellung von Heizwärme zu optimieren wird eine Zonenregelung eingebaut. Die effiziente LED-Beleuchtung erfolgt in allen Gebäuden tageslichtabhängig gedimmt mit Präsenzmeldern.

Der im rückwärtigen Teil zum Garten im Süden hin orientierte Bau B aus dem Baujahr 1953 beinhaltet 11 Klassenzimmer, 2 Kursräume und 1 Mehrzweckraum. Aufgrund der geringen Außenwanddicken wird das Gebäude neben dem Dach auch an der Fassade gedämmt, um die Wärmebrücke Fenster-Fassade bauphysikalisch zu verbessern.

Der Verbindungsbaukörper wird in Anlehnung an Passivhausbauweise ausgeführt. Eine Lüftungsanlage soll die erforderliche Raumlufthygiene sicherstellen. Um unnötigen Energieaufwand zu vermeiden erhält das Gebäude eine sensorgesteuerte Einzelraumregelung mit Fensterkontakten. Aufgrund sommerlicher Überhitzung ist für die Mensa und die Küche eine adiabate Kühlung vorgesehen. Auf dem extensiv begrünten Dach wird eine PV-Anlage mit 9,8 kWp vorgesehen, die zusammen mit dem BHKW einen Teil des Strombedarfs abdeckt.

### 4.2.3 Kinder- und Familienzentrum Neckarweihingen



Das ehemalige Schulgebäude in Neckarweihingen wurde 1901 errichtet. Die Fassaden sind durch verschiedenfarbige Backsteine und Hausteinelemente gestaltet. Derzeit wird das Gebäude in ein Kinder- und Familienzentrum umgebaut. Der denkmalgeschützte Bestandsbau wird hierzu durch einen transparenten Verbindungsgang mit einem Neubau erweitert. In diesem Projekt wird auch Wert auf die Kombination des Erhalts stadtbildprägender Bauten in Verbindung mit Energiezielen der Stadt Ludwigsburg gelegt.

Im Altbau werden nur die Schwachstellen der thermischen Hülle verbessert: Fenster, oberste Geschossdecke und Heizkörpernischen. Zudem wird die gesamte Versorgungsinfrastruktur erneuert und regelungstechnisch optimiert. Die LED-Beleuchtung erfolgt in allen Gebäuden tageslichtabhängig gedimmt mit Präsenzmeldern. Somit soll der Energieverbrauch optimal auf den Bedarf abgestimmt werden und unnötige Energiebereitstellung vermieden werden.

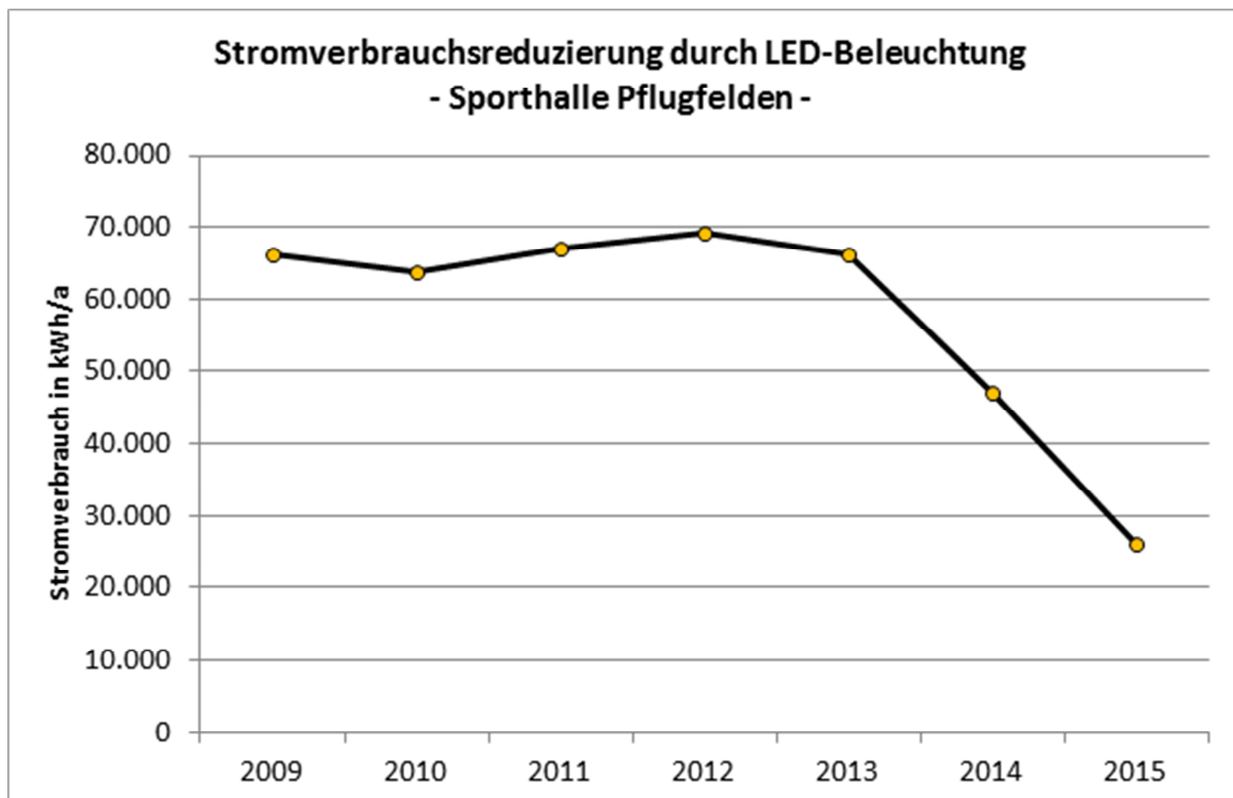
Der Neubau ist aufgrund seiner Kompaktheit effizient und wird in Anlehnung an Passivhausbauweise umgesetzt. Der Heizwärmebedarf erfüllt dabei die Passivhausanforderungen. Der Primärenergiebedarf ist aufgrund des Strombedarfs jedoch nicht einzuhalten. Zudem sind die Aufwendungen für die detaillierte Wärmebrückenoptimierung nicht wirtschaftlich darstellbar. Die Energieeffizienz wird daher neben der thermischen Hülle vor allem auch durch die intelligente, bedarfsorientierte Anlagentechnik erzielt. Ergänzt wird dies durch eine Photovoltaikanlage mit ca. 10kWp, die auf dem extensiven begrünten Dach aufgestellt wird. Die Anbindung an die Heizwärmeversorgung (BHKW) erfolgt über den Bestandsbau.

### 4.3 Energetisch beispielhafte Einzelprojekte

#### 4.3.1 LED-Beleuchtung in städtischen Gebäuden, Beispiel Sporthalle Pflugfelden



Im Jahr 2013/2014 wurde in der Sporthalle Pflugfelden eine neue Beleuchtung eingebaut. Die ineffizienten HQI-Leuchten wurden gegen moderne LED-Beleuchtung getauscht. Die Beleuchtungssteuerung hat zudem entscheidenden Einfluss auf die Energieeinsparung: Tageslichtabhängig dimmbar, Präsenzmelder und in Stufen schaltbar (Unterschiedliche Lux-Werte bei bspw. Schulsport vs. Handballturnier). Die Investition in Höhe von 67.000€ brutto wurde durch Fördermittel der Klimaschutzinitiative des Bundes (22.000€) finanziell unterstützt. Das Ergebnis ist energiewirtschaftlich beeindruckend: Durch den Austausch konnte der Stromverbrauch der gesamten Sporthalle um 60 Prozent reduziert werden! Bei konventioneller Stromerzeugung entspräche dies einer CO<sub>2</sub>-Emissionsreduzierung um 25t/a.



Aufgrund der Tatsache, dass die Kosten für die LED-Beleuchtung gesunken sind, wird die Technologie inzwischen bei allen Sanierungen und Neubauten eingesetzt. Die ansteigenden Stromverbräuche durch Ausweitung der Nutzungszeiten, Informationstechnologien, Küchennutzung etc. über alle städtischen Gebäude können hierdurch zumindest abgemildert werden.

### **LED-Beleuchtung in städtischen Gebäuden:**

#### **Einbau bei Neubauten und Generalsanierungen- Beispiele**

- Kinder- und Familienzentrum Neckarweihingen
- Sanierung und Erweiterungsbau August-Lämmle-Schule
- Goethe-Gymnasium
- KiTa Stammheimer Straße
- Altes Schulhaus Poppenweiler

#### **Einbau im Bestand- Beispiele**

- Wilhelmstraße 1-9, Ostflügel Flure (~2012)
- Ausländeramt Flure (~2012)
- Sporthalle Pflugfelden (2014)
- Kindergarten Leonberger Straße (2014)
- 2. Bauabschnitt Scala (2014)
- Stadtbibliothek (2015)
- Sporthalle Neckarweihingen (2015)
- Feuerwache: Einsatzzentrale, Treppenhäuser, Flure (2015/2016)
- Sanierung Beleuchtung Hirschbergschulen Flure (2015/2016)
- Kindergarten Brünner Straße (2016)
- Forum Toiletten (2016)

#### **Einbau in Büroräumen**

- Derzeit tlw. noch unwirtschaftlich wegen geringer Beleuchtungszeiträume
- Lichtfarbe muss getestet werden (derzeit Stadtbibliothek)

#### **Prüfung bei Maßnahmen:**

Nutzung von Förderprogrammen

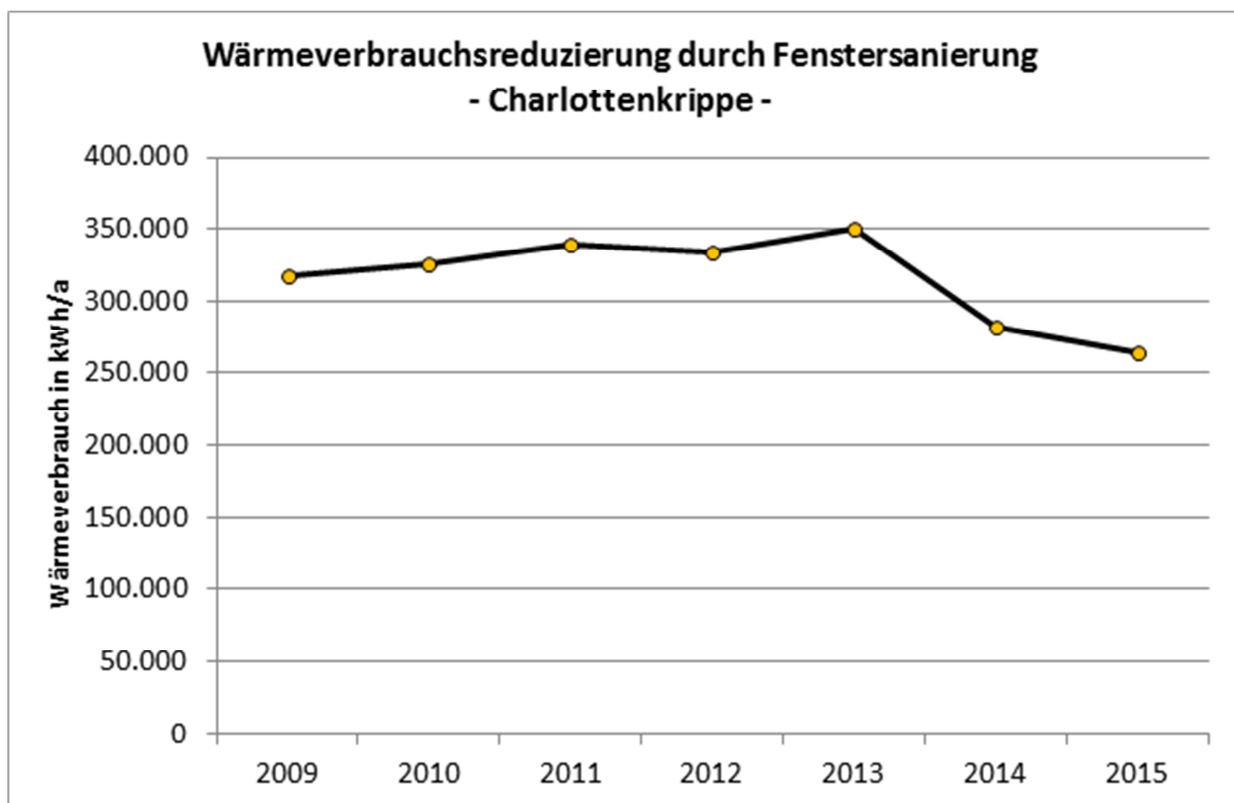
- Bundesförderprogramm der Klimaschutzinitiative (30-40% Förderung)
- Landesförderprogramm (20% Förderung)

### 4.3.2 Energetische Teilsanierung Charlottenkrippe



In den Jahren 2013 und 2014 wurden im Rahmen eines Förderprojektes der Klimaschutzinitiative des Bundes die Fenster der Charlottenkrippe in der Wilhelmstraße 46 ausgetauscht sowie ein Fernwärmeanschluss realisiert. Voraussetzung der hohen Förderung von 100.000€ (42% der Gesamtkosten) war eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen um mind. 80%. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen konnten durch den Fernwärmeanschluss um 100% reduziert werden (62t CO<sub>2</sub>/a).

Im Diagramm ist eine Verbrauchsreduzierung der Heizwärme um 15-20% festzustellen, bezogen auf alle Gebäude der Charlottenkrippe (Wilhelmstr. 44-48).



### 4.3.3 Fernwärmeanschluss städtischer Gebäude

Ein Ziel des Masterplan Energie im Bereich der „Vorbildfunktion Stadt“ ist die Maßnahme der Nutzung Erneuerbarer Energien mit der Aufgabe der Fernwärmenutzung.



Fernwärmenetz Ludwigsburg (Quelle verändert: Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim GmbH)

Eine hohe Bedeutung hat daher, in enger Zusammenarbeit mit der Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim GmbH, das Fernwärmenetz auszubauen und weitere städtische Gebäude an die Fernwärme anzuschließen. In den Jahren 2012 bis 2015 konnten folgende Gebäude zusätzlich an die Fernwärme angeschlossen werden:

- Mensa Grundschulcampus Gartenstraße 14; dabei wurde auch eine Leitung in den Grundschulcampus zum späteren Anschluss der Schulen gelegt.
- Charlottenkrippe Wilhelmstraße 44-48; Anschluss an FW; Gaskessel wird im Bauhof Kammererstr. weiter betrieben
- Schulkindbetreuung Wilhelmstr. 35: Anschluss an FW
- Kinder- und Familienzentrum Hartenecker Höhe, Anna-Neff-Straße 1: Anschluss an FW
- Verwaltung und Einzelhandel Obere Marktstraße 1-3: tlw. Anschluss an FW



- Kinderhaus Violetta, Schwarzwaldstraße 47/Neckarweihingen: Anschluss an das Biomethan-BHKW Neckarweihingen
- Anschluss der Sporthalle Neckarweihingen und Vorbereitung des Anschlusses für die Friedrich v. Keller Schule in der Schwarzwaldstraße 2 an das Biomethan-BHKW Neckarweihingen
- Mehrgenerationenhaus Grünbühl-Sonnenberg; Weichselstraße 14: Anschluss an Geothermie-Nahwärme

Zentrale Erweiterungen des Fernwärmenetzes stehen in den kommenden Jahren an:

- Bildungszentrum West: Die Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim ermitteln derzeit das Potenzial der Erweiterung des Verbundnetzes in Richtung Bildungszentrum West. Hier ergibt sich aufgrund der hohen Konzentration städtischer Gebäude mit sehr großen Flächen eine hohe Abnahmedichte. Eine Versorgung der städtischen Gebäude mit Fernwärme dient der Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen (EEWärmeG/EWärmeG) und fördert die effiziente, zentrale Erzeugungsstruktur.
- Muldenäcker: Derzeit wird das Potenzial zur Versorgung des Neubaugebietes Muldenäcker mit Fernwärme untersucht. Bei einer Leitungsverlegung in der Kammerer Straße könnte der Bauhof angeschlossen werden.
- Potenzialanalyse Nahwärmenetz Eglosheim mit Anschluss der Hirschbergsschulen
- Kindergarten Talstraße: Untersucht wird kurzfristig auch die Anbindung des Kindergartens Talstraße an das Fernwärmenetz
- Ggf. Erweiterung Grundschule Fuchshof und optional Anschluss der Wohnungsneubauten

#### 4.3.4 Einsatz von BHKWs

Zur Umsetzung des Masterplan Energie und aufgrund der gesetzlichen Anforderungen aus dem EEwärmeG und EWärmeG werden zunehmend BHKWs zur Wärmeversorgung eingesetzt.

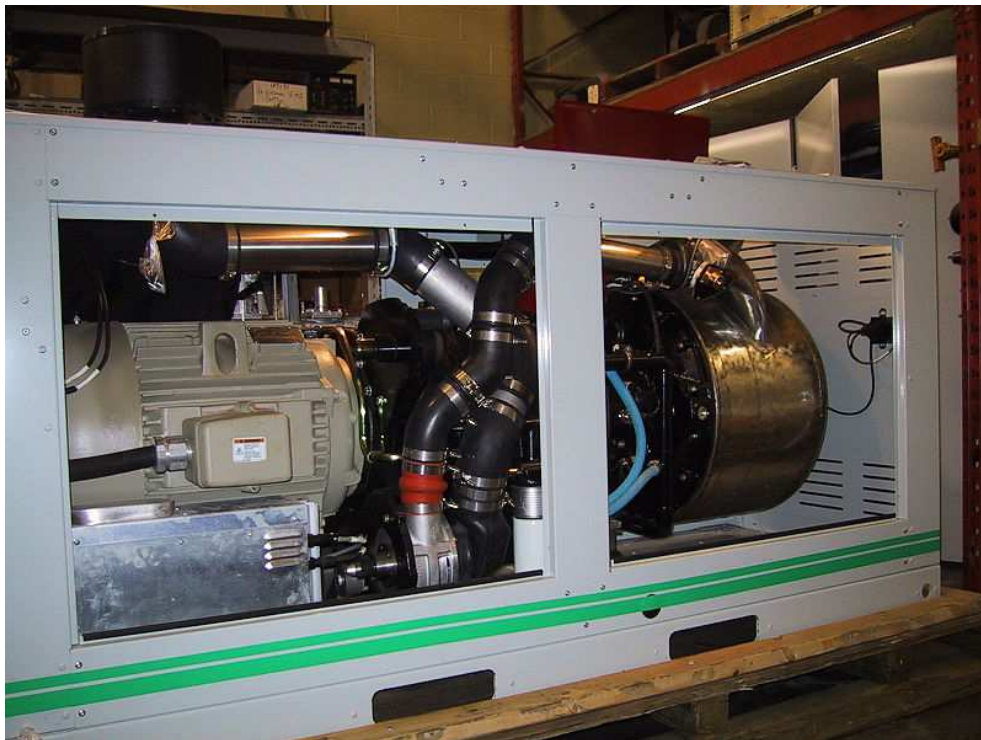
In folgenden Gebäuden konnte kein Fernwärmeanschluss realisiert werden. Deshalb wurden dezentrale KWK-Anlagen eingesetzt.

Bestand:

- Gemeindehalle und Lehrschwimmbecken Neckarweihingen
- Kindergarten Bäderwiesen, Oßweil
- Kindertagesstätte Kreuzäcker
- Kinder- und Familienzentrum Poppenweiler
- Klärwerk Hoheneck-SEL
- Klärwerk Poppenweiler

Planung:

- Kinder- und Familienzentrum Neckarweihingen
- Kindertagesstätte Stammheimer Straße
- August-Lämmle-Schule



Stirling-Generator

### 4.3.5 Photovoltaikanlagen

Städtische Dachflächen wurden bisher von den Stadtwerken Ludwigsburg-Kornwestheim und der Solarinitiative zur Stromerzeugung genutzt. Wenige Photovoltaikanlagen wurden bisher von der Stadt Ludwigsburg eigenfinanziert. Inzwischen führen zwei wesentliche Entwicklungen jedoch zunehmend zum Bau eigener Anlagen auf Dächern städtischer Gebäude. Die steigenden Preise für den Strombezug führen zu einer zunehmenden Attraktivität der Eigenverbrauchsnutzung des Stroms. Dagegen wird die Einspeisung ins Netz aufgrund der sinkenden Einspeisevergütung unattraktiver. Ein weiterer wichtiger Punkt sind die gesetzlichen Anforderungen. Das EWärmeG erlaubt als Erfüllungsoption den Einsatz von PV. Zudem müssen ab 1. Januar 2019 laut EU-Gebäudeenergieeffizienz-Richtlinie Neubauten als Niedrigstenergiegebäude gebaut werden. Laut bisheriger Definition sind dies Gebäude mit sehr geringem Energiebedarf, der durch dezentrale Anlagen direkt am Gebäude bilanziell gedeckt werden muss.

<b>Photovoltaikanlagen</b> eigene Anlagen	Adresse	Installierte Leistung (kW <sub>p</sub> )
Gymn. Bildungszentrum West - Demoanlage Schule	Kaiserstr. 10	1,0
Gymn. Bildungszentrum West	Kaiserstr. 10	10,5
Goethe-Gymn.	Seestraße 37	1,4
Elly-Heuss-Knapp Realschule	Karlstr. 33	28,8
Gemeinschaftsschule	Alleenstr. 21	12,0
Mörike Gymn.	Karlstr. 18	75
Klärwerk Hoheneck – SEL	Am Neckar 0	7,7
Mehrzweckhalle Eglosheim	Tammer Straße 20	56
Städt. Gebäude	Mathildenstr. 29/1	42,9
Feuerwache Ludwigsburg	Marienstr. 22- Containerhalle	28,8
MHPArena	Schwieberdinger Str. 30	127
Oststadtschule II	Danziger Str. 30	18,3
Friedensschule	Friedenstraße 10	30
Schlößlesfeldschule	Corneliusstraße 34	30
Grundschule Hoheneck	Ostertagstr. 7	18,7
Kindertagesstätte	Heinrich-Schweitzer-Str. 23	28,8
Grundschule Pflugfelden	Ditzinger Str. 19	28,1
Lembergschule	Erdmannhäuser Str. 1/2	27,3
Feuerwehr Neckarweihingen	Hauptstr. 45	14,0
Mensa GS – Areal	Gartenstr. 14	9,4
<b>Anlagen in Umsetzung</b>		
August-Lämmle-Schule	Westfalenstr. 54	9,8 kWp
Kifam Neckarweihingen	Neue Str. 62	9,8 kWp
Kulturzentrum	Wilhelmstr. 9/1	58 Wp

### 4.3.6 Strom- und Gaslieferung

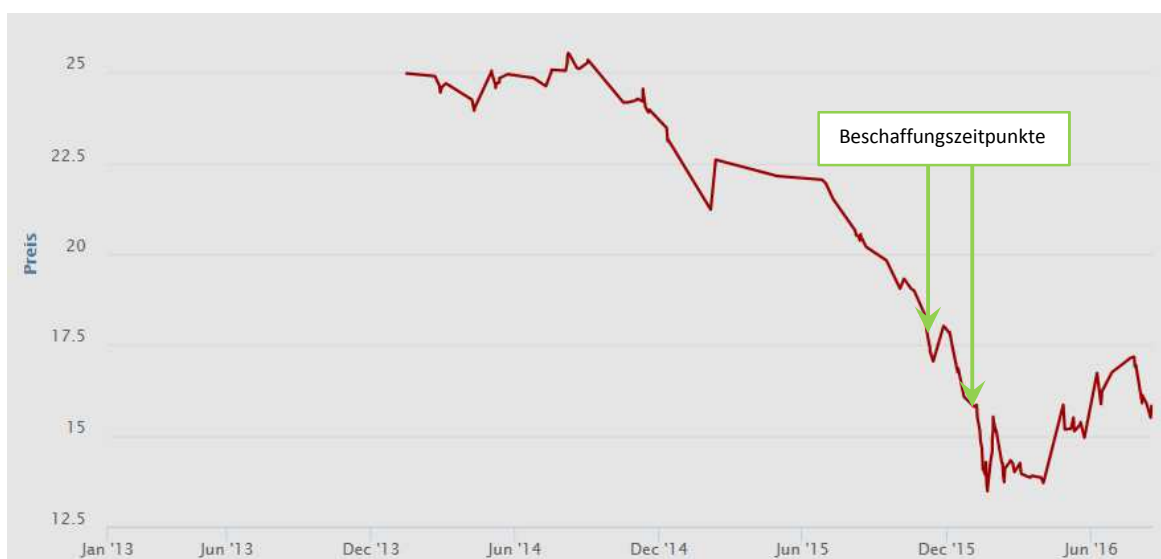
Im Jahr 2015 wurde für die Jahre 2016 und 2017 (mit Verlängerungsoption bis Ende 2020) eine EU-weite Ausschreibung für die Strom- und Gaslieferung städtischer Gebäude durchgeführt. Der Gemeinderat folgte dem Vorschlag des Energiemanagements, Ökostrom und einen 10%-Biogasanteil auszuschreiben. Dies ist ein wichtiger Beitrag zur Umsetzung der städtischen Energieziele und zur Wahrnehmung der gesetzlich verankerten Vorbildfunktion von Kommunen im Rahmen der Energiewende.

Für die Ausschreibung wurden spezielle Kriterien an die Strom- und Gaslieferung gefordert, wie bspw. an die Erzeugungsanlagen (z.B. Alter) und die Lieferung (Händlermodell).

Der städtische Haushalt profitierte für die Jahre 2016 und 2017 von den niedrigen Börsenpreisen für Strom und Gas im Jahr 2015.



Strom Grundlastpreis: EEX Phelix Base Year Future (Quelle: <https://www.eex.com/de/marktdaten/strom/futures/>)



Erdgas: EEX NCG Natural Gas Futures: (Quelle: <https://www.eex.com/de/marktdaten/erdgas/terminmarkt/>)

## 5. Ausblick

### 5.1 Herausforderungen

Das Einsparpotenzial durch energetische Maßnahmen an der Gebäudehülle ist beschränkt. Zahlreiche Einzelmaßnahmen wie Dämmung oberster Geschossdecken, Fenstererneuerung oder Kellerdeckendämmung wurden bereits umgesetzt. Umfangreiche Maßnahmen wie Fassadendämmungen sind allerdings aufgrund der bauphysikalischen Zusammenhänge oftmals nur bei Generalsanierungen und Neubauten sinnvoll. Zudem ist die Dämmdicke auf ein wirtschaftliches Maß zu beschränken und bei vielen erhaltenswerten Gebäuden in Ludwigsburg nicht empfehlenswert. Hinsichtlich des sommerlichen Wärmeschutzes führt ein hoher Glasflächenanteil zu einer höheren solaren Einstrahlung und im Sommer zu einer Verstärkung der sommerlichen Überhitzung. Sofern eine Kühlung für die betroffenen Räume vorgesehen ist, steigt hierdurch der Kühlenergieaufwand.

Im Bestand liegt vor allem in der kontinuierlichen Optimierung der Anlagentechnik ein Einsparpotenzial. Folgende Herausforderungen bestehen:

- Die Steigerung der anlagentechnischen Vielfalt und Komplexität führt zu einem steigenden Aufwand für die Gebäudeautomatisierung. Bei zunehmender Anlagendichte kann der Betrieb nur durch eine bedarfsgeführte Mess-, Steuer- und Regeltechnik energetisch optimiert und reduziert werden.
- Der zunehmende Stromverbrauch durch steigende Nutzungszeiten und die steigende Anzahl elektrischer Verbraucher ist eine Herausforderung. Große Anlagen (z.B. Lüftungsanlagen) können optimiert werden, für zahlreiche Kleingeräte im Bestand (z.B. Beamer/PCs, dezentrale Warmwasserbereitung, Haushaltsgeräte) ist dies jedoch nur unter erheblichem personellen und investivem Aufwand über einen mittelfristigen Zeitraum möglich.
- Die Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen, v.a. im Bereich der Anlagentechnik, erfordert den Einsatz effizienter und erneuerbarer Technologien. Städtische Gebäude sind demnach in Zukunft zunehmend mit BHKWs, Wärmepumpen oder weiteren Alternativen auszustatten.

### 5.2 Technische Weiterentwicklungen

Hinsichtlich der technischen Gebäudeausrüstung entwickeln sich die Technologien im Bereich der Energieeffizienz stets weiter. Diverse Richtlinien und Gesetze schreiben auch die Effizienzsteigerung sowie die Klassifizierung technischer Geräte vor. Ein Beispiel ist die EU-Effizienz-Richtlinie (EED), welche eine verpflichtende Energieeinsparung in Mitgliedsstaaten von durchschnittlich 1,5% pro Jahr zwischen 2014 und 2020 vorschreibt. Lüftungsanlagen, Heizungsanlagen und Ausstattungstechnik werden daher stets effizienter. In Kombination mit Technologien der Gebäudeautomation kann die Laufzeit der technischen Geräte auf den erforderlichen Bedarf abgestimmt werden (z.B. Präsenzmelder, Fensterkontakte, Fühler, etc.). Diese bedarfsorientierte Zurverfügungstellung von energieverbrauchenden Prozessen ist ein sehr bedeutender

Aspekt, um auch bei steigenden Nutzungszeiten und steigender Technisierung eine Verbrauchsreduzierung erzielen zu können. Dies ist jedoch nur bei Großverbrauchern möglich.

Im Bereich der Stromeffizienz ist vor allem die LED-Technologie hilfreich, die steigenden Stromverbräuche abzumildern. Die Preise werden hierfür in den kommenden Jahren voraussichtlich weiter sinken.

Die Stadt Ludwigsburg hat die energieoptimierte Betriebsführung seit der Einführung des Energiemanagements 1983 stets technisch weiterentwickelt. Ein zentraler Faktor ist dabei die Bedienung der Anlagentechnik über Gebäudeautomation. Durch zunehmende technische Fortschritte und die Netzwerktechnik hat das Energiemanagement Fernzugriff auf zahlreiche städtische Gebäude. Die zentrale Rolle für den energieoptimierten Betrieb nehmen vor Ort jedoch die Hausmeister ein. Bei technischen Fragestellungen, Anlagenausfällen oder in Gebäuden ohne Hausmeister besteht jedoch durch den Fernzugriff eine Eingriffsmöglichkeit.

Ein Ziel wird es in den kommenden Jahren sein, im Energiemanagement eine zentrale Gebäudeleittechnik aufzubauen. Durch diese Zusammenführung aller systemspezifischen Fabrikate in einer Zugriffsebene kann beispielsweise eine zentrale Störmeldungsalarmierung programmiert werden. Ebenso können Temperaturniveaus und die Eingabe von Nutzungs- und Ferienzeiten besser überwacht werden. Da die Schemata der Anlagentechnik sowie die Bedienfunktionen in allen Gebäuden gleich dargestellt werden, ist es für Hausmeister im Vertretungsfall deutlich einfacher, die technischen Anlagen zu bedienen. Eine zentrale Herausforderung wird es sein, für diesen langfristigen Prozess einen zuverlässigen und zeitlich ausreichend verfügbaren Systemanbieter zu wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu finden.

### 5.3 Politische und gesetzliche Entwicklung

Die aktuelle Entwicklung des Energiemanagements ist auch geprägt von steigenden Anforderungen aus dem politischen und gesetzlichen Bereich zur Umsetzung der Energiewende. Folgende Kernentwicklungen werden die Gebäudeenergieeffizienz von gesetzlicher/politischer Seite beeinflussen:

- **EnEV/EU-Gebäudeeffizienz-Richtlinie:** Im Jahr 2017 wird voraussichtlich eine novellierte EnEV in Kraft treten. Die EnEV2017 wird den Niedrigstenergiegebäudestandard technisch exakt definieren. Dieser tritt ab 01.01.2019 für öffentliche Neubauten in Kraft und wird die Anforderungen an die thermische Hülle und die Anlagentechnik deutlich erhöhen.
- **EEWärmeG:** Das EEWärmeG des Bundes soll in die EnEV integriert werden.
- **EWärmeG:** Das 2014 novellierte Landesgesetz führt dazu, dass zukünftig bei nahezu jeder Kesselerneuerung Erneuerbare Energien eingesetzt werden müssen.

- **Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg:** Die Nachhaltigkeitsanforderungen werden zukünftig nicht nur für staatlich geförderte Neubauten gelten. Derzeit wird ein Bewertungssystem für Bestandsgebäude entwickelt, welches voraussichtlich ab 2017 angewendet werden muss. Das Klimaschutzgesetz schreibt die Umsetzung von Nachhaltigkeitskriterien vor, die auch die Energieeffizienz erhöhen.
- **Ökologische Baustoffe:** In den kommenden Jahren ist mit einer stärkeren Gewichtung der ökobilanziellen Bewertung von öffentlichen Gebäuden auszugehen. Betrachtet wird dabei nicht nur der Energieverbrauch im Betrieb, sondern auch der Energieaufwand der gesamten Wertschöpfungskette (Herstellung, Entsorgung etc.).
- **EU-Effizienz-Richtlinie:** Die Richtlinie verschärft die Anforderungen an Verbraucher und Erzeuger von Nutzenergie (z.B. Beleuchtung, Kälte, Wärme, Motorleistung etc.) sowie an Gebäude. Öffentliche Einrichtungen haben eine Vorbildfunktion hinsichtlich der Energieeinsparung in ihren Gebäuden sowie ihrer Beschaffung zu erfüllen (Art. 5 und 6).

## 5.4 Bauprojekte

Folgende Bauprojekte befinden sich in Umsetzung oder Planung. Die energetische Konzeption ist dabei immer ein wichtiger Bestandteil der Bauaufgabe.

Große Bauprojekte in Umsetzung:

- Kinder- und Familienzentrum, Neckarweihingen
- Kindertagesstätte Stammheimer Straße, Pflugfelden
- Altes Schulhaus, Poppenweiler
- Goethe-Gymnasium, Innenstadt

Große Bauprojekte in Planung:

- August-Lämmle-Schule, Obweil
- Friedrich-von-Keller Schule, Neckarweihingen
- Turnhalle, Hoheneck
- Grundschule, Oststadt
- Mehrzweckhalle, Obweil
- Bildungszentrum West