

# ENERGIE- UND KLIMASCHUTZBERICHT

Fortschreibung  
für das Jahr 2019





# Vorwort



Peter Pätzold  
Bürgermeister

Dr. Hans-Wolf Zirkwitz  
Stadtdirektor

Die Veränderungen durch die Coronakrise zeigt sich nicht nur in unserem täglichen Leben, sondern auch im Energieverbrauch und beim Klimaschutz. Ein verankertes Verbraucher- und Mobilitätsverhalten tragen dazu bei die Einsparziele zu erreichen. Dies darf nicht nur eine Momentaufnahme bleiben, sondern muss Ansporn sein, unserer Verhalten generell zu überdenken. Braucht es ein Arbeitstreffen - wo auch immer auf der Welt - oder kann es auch eine Videokonferenz sein, ohne aufwändige An- und Abreise, ohne Treibstoffenergieverbrauch und ohne negative Auswirkung auf das Klima.

Die Stadt Stuttgart hat sich mit dem Beschluss des Gemeinderats im Dezember 2019 klar zu den Klimaschutzzielen von Paris und dem 1,5 Grad-Ziel bekannt. Sie handelt danach und hat sich bereits davor auf den Weg gemacht, Maßnahmen zur Energieeinsparung zu ergreifen und umzusetzen. Wichtige Meilensteine zur Zielerreichung sind schon beschlossen: für städtischen Neubauvorhaben gilt der Plusenergiestandard. Auch Sanierungen werden mit dem Ziel angegangen, dass unsere bestehenden Gebäude klimaneutral werden. Ein weiteres Highlight ist der Stuttgarter CO<sub>2</sub>-Preis. Für alle städtischen Wirtschaftlichkeitsberechnungen setzen wir seit 2020 50 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub> an, wobei der Betrag jährlich um 15 Euro erhöht wird, sodass er aktuell bereits bei 65 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub> liegt. Damit berücksichtigen unsere Berechnungen zukünftig den Einfluss unserer Entscheidungen auf das Klima und zwar nochmal deutlicher, als es der Bund macht. Auch sollen städtische Gebäude zukünftig nach Möglichkeit in Holzbauweise errichtet werden.

Weiter konnten wir unser größtes Förderprogramm in Stuttgart, das Energiesparprogramm, stark ausbauen. Mit dem Programm fördern wir bereits seit 1998 energieeffiziente Maßnahmen in privaten Bestandsgebäuden. Das Programm wurde im Rahmen des Aktionsprogramms bis 2024 auf insgesamt 75 Millionen Euro erhöht. Die Richtlinien wurden vereinfacht, die Zuschüsse erhöht und das Programm mieterfreundlich ausgestaltet. Kombiniert man die Zuschüsse noch mit den Förderungen von Bund und Land bietet sich eine einmalige Chance, ambitionierte Energiestandards zu einem attraktiven Preis zu erhalten. Zusätzlich wurde das Ölkessel- und Kühltischkühlerprogramm verlängert. Weiterhin wurde ein Wärmepumpen- und Solarförderprogramm auf den Weg gebracht. Hiermit sollen die Bürgerinnen und Bürger in Stuttgart bei der Umsetzung der Energiewende von der Stadt maßgeblich unterstützt werden.

Der jetzt vorliegende Energie- und Klimaschutzbericht 2019 ist allerdings ein Blick zurück und fasst die Entwicklungen im Bereich Energieeinsparung und erneuerbare Energien im Jahr 2019 zusammen. Darüber hinaus zeigt er auf, dass sich Stuttgart schon früh auf den Weg in Richtung Klimaschutz gemacht hat. Das Ziel 2020 gegenüber 1990 20 % CO<sub>2</sub> einzusparen haben wir mit einer 33 %-igen Einsparung bei der Wärmeerzeugung 2019 vor allem durch Wärmedämmmaßnahmen deutlich erreicht. Gegenüber 1990 wurde der CO<sub>2</sub>-Ausstoß insgesamt um 67 % reduziert. Allerdings müssen wir diese Einsparungen weiterhin konsequent steigern, um unser Ziel der Klimaneutralität zu erreichen.

2019 wurde das Energie- und Klimaschutzkonzept der Landeshauptstadt Stuttgart weiter vorangetrieben. Alle für 2020 gesteckten Ziele wurden bereits jetzt erreicht. Der gesamte Primärenergiebedarf für Strom und Wärme sinkt 2019 um 20 % gegenüber 1990, der Anteil der erneuerbaren Energien steigt auf 20,5 % und der CO<sub>2</sub>-Ausstoß fällt um 41 % gegenüber 1990. Damit ist Stuttgart im Jahr 2019 unterhalb der nach dem Entwicklungspfad für das 1,5 Gradziel zulässigen Wertes und damit wieder ein Schritt näher an der Zielvision „100 % klimaneutral“.

Die Stadtverwaltung mit ihren öffentlichen Gebäuden ist ein wichtiger Akteur bei der Umsetzung der Energiewende. Zwar haben die städtischen Liegenschaften lediglich einen Anteil am gesamtstädtischen Primärenergiebedarf von 4 %, dennoch kommt ihr eine Vorbildfunktion zu. Die Ämter, Referate und Eigenbetriebe der Landeshauptstadt machen es vor und gehen mit gutem Beispiel voran. Seit mehreren Jahrzehnten setzt sich die Stadtverwaltung nachhaltig für Energieeinsparung, -effizienz und die Verwendung erneuerbarer Energieträger ein. Mit dem Beschluss des Gemeinderats im Jahr 2020 zur Fortschreibung der Energierichtlinie besteht eine politische Selbstverpflichtung zum energiesparenden Bauen und Energieeffizienz. Dabei werden bei der Umsetzung der Maßnahmen die ökologischen und ökonomischen Aspekte gleichrangig bewertet und berücksichtigt.

Ein großer Erfolg des kommunalen Energiemanagements ist die Verringerung des Heizenergiebezugs um 50 %, seit Beginn des Energiemanagements im Jahr 1977 in der Stadtverwaltung. Dies entspricht dem jährlichen Heizenergiebedarf von 20.383 Vier-Personen-Haushalten. Gegenüber 1990 wurde 2019 über 27 % weniger Heizenergie verbraucht. Im gleichen Zeitraum stieg der Stromverbrauch jedoch um 21 %. Unter Berücksichtigung des 100 %-Ökostrombezugs der Stadtverwaltung reduzieren sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen um dennoch 67 %.

Seit Beginn des Energiemanagements 1977 wurde in den städtischen Liegenschaften die Energie- und Wassereinsparung in Summe auf über 722 Mio. Euro gesteigert. Dies verdeutlicht den ökonomischen und ökologischen Nutzen der umgesetzten Maßnahmen und unseres Handelns. Wollen wir jedoch unsere langfristigen Ziele einer klimaneutralen Stadt erreichen sind weitere Anstrengungen notwendig.

Wir hoffen und wünschen, dass dieser Bericht die Leserinnen und Leser motiviert und anregt, sich an der Umsetzung der „Urbanisierung der Energiewende in Stuttgart“ zu beteiligen. Nur gemeinsam können wir unsere Ziele erreichen und eine lebenswerte Umwelt für zukünftige Generationen sichern.

Stuttgart, im Mai 2021

Peter Pätzold  
Bürgermeister  
Referat Städtebau, Wohnen und Umwelt

Dr. Hans-Wolf Zirkwitz  
Stadtdirektor  
Amtsleiter, Amt für Umweltschutz



# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b>	8
<b>1 Energiekonzept Gesamtstadt</b>	11
1.1 Energiebilanz	11
1.2 Akteursbeteiligung	16
1.3 Energieleitplanung	18
1.4 Förderprogramme	20
1.5 Entwicklung Aktionsprogramm Klimaschutz	23
<b>2 Energie- und Wasserbilanz der städtischen Anlagen</b>	25
2.1 Entwicklung des Energie- und Wasserverbrauchs	25
2.2 Entwicklung des Energie- und Wasserbezugs sowie deren Kosten	28
2.3 Verbrauchsentwicklung der städtischen Ämter und Eigenbetriebe	31
2.4 Kostenentwicklung der Ämter und Eigenbetriebe	33
2.5 Emissionen der städtischen Liegenschaften	33
2.6 Investitionen	35
2.7 Heizenergieeinsparung	37
2.8 Stromeinsparung	40
2.9 Wassereinsparung	43
2.10 Kosteneinsparung	45
<b>3 Tätigkeiten der Energieabteilung</b>	49
3.1 Energiedienst Heizung	49
3.2 Energiedienst Strom	59
3.3 Energiedienst Wasser	67
3.4 Tarifwesen und Energiebeschaffung	70
3.5 Energiepreisvergleiche	70
3.6 Straßenbeleuchtung	78
3.7 Lukratives Energiesparen in Stuttgarter Schulen (LESS)	87
3.8 Forschungsprojekte	90
3.9 Fördermittel	96
<b>4 Statistik zu Verbrauch und Kosten städtischer Liegenschaften</b>	101
4.1 Gesamtentwicklung	101
4.2 Entwicklung der Energieträger- und Wasserpreise	105
4.3 Liegenschaften- und Bedarfsstellen	110
<b>5 Glossar</b>	113
<b>Schriftenreihe</b>	117

# Zusammenfassung

Der vorgestellte Bericht fasst die im vergangenen Jahr erzielten Entwicklungen im Energiebereich der Landeshauptstadt Stuttgart zusammen und beschreibt die Energie- und Wassereinsparungen der letzten Jahre. Zur Erreichung der gesamtstädtischen Energieziele wurde 2016 das Energiekonzept „Urbanisierung der Energiewende“ vom Gemeinderat zur Umsetzung beschlossen. Dieser sieht die Umgestaltung der heutigen Energienutzung in drei Schritten vor: Energieverbrauchsreduktion, Steigerung der Energieeffizienz und Bau von weiteren Anlagen auf Basis von erneuerbaren Energien.

2019 wurde der Weg zu einer klimaneutralen Stadt u. a. durch den Masterplan 100 % Klimaschutz weiter konkretisiert. Dazu wurde das entwickelte Energie- und Klimaschutzkonzept verfeinert und konkretisiert. Im Rahmen der Beteiligung wurden die Akteure aus den relevanten Sektoren eingebunden. Mit ihnen wurde im Rahmen von mehreren Treffen, die einzelnen Maßnahmen diskutiert und reflektiert haben, die Ansätze des Konzepts weiterentwickelt und konkretisiert. Damit ist Ende 2019 auch der Beschluss im Gemeinderat mit dem CO<sub>2</sub>-Absenkpfad zur Erreichung der Pariser Klimaschutzziele für Stuttgart entstanden.

Die gesamtstädtische Energiebilanz weist für das Jahr 2019 einen witterungsbereinigten Primärenergieverbrauch von 15.118 Gigawattstunden (GWh/a) aus. Damit ist der Primärenergieverbrauch im Vergleich zum Jahr 2018 um 6,7 % gesunken. Gegenüber 1990 beträgt die Reduktion 33 %. Der witterungsbereinigte Endenergieverbrauch 2019 beträgt 12.882 GWh/a (10 % unter 1990) und reduzierte sich gegenüber dem Vorjahr um 3,1 %. Die Treibhausgasemissionen für die Gesamtstadt sind 2019 im Vergleich zum Vorjahr um 11 % gesunken. Gegenüber 1990 gibt es einen Rückgang beim CO<sub>2</sub>-Ausstoß um 41 %. 2019 wurden 3.819.800 tCO<sub>2</sub>/a emittiert.

Den städtischen Liegenschaften kommt eine wichtige Rolle zu, da die Stadt eine Vorbildfunktion innehat. Die langfristigen Einsparergebnisse bei den bei Heizenergie, Strom und Wasser zeugen von den Erfolgen, den Bedarf an Energie und Wasser zu verringern und damit negative Auswirkungen auf die Umwelt zu vermindern. 2019 verringerte sich der Gesamtstrombezug um 2,7 %. Der absolute Heizenergiebezug blieb gegenüber dem Vorjahr annähernd konstant. Witterungsbereinigt zeigt sich das gleiche Bild. Die jährliche Energiekosteneinsparung der Heiz-, Strom- und Wasserkosten, zusätzlich der tariflichen Einsparungen und Vergütungen beträgt gegenüber 2018 4,4 Mio. Euro/a. Über die vergangenen 43 Jahre lag das durchschnittliche Verhältnis der Energiekosteneinsparung zu den Kostenaufwendungen (Investition-, Personal-, EDV-, Ingenieurkosten) bei 5,5. Dieses Ergebnis führt zu einer städtischen Nettoeinsparung von jährlich 40,6 Mio. Euro im Jahr 2019 gegenüber dem Basisjahr 1976.

Aufgrund der umgesetzten Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Einsparung wurden die CO<sub>2</sub>-Emissionen 2019 um 67 % gegenüber dem Basisjahr 1990 reduziert. Dies entspricht seit Entwicklung des Energiemanagements im Jahr 1977 einer rechnerischen CO<sub>2</sub>-Reduktion von 143.906 tCO<sub>2</sub>. Der Stromanteil an der CO<sub>2</sub>-Einsparung beträgt 110.309 tCO<sub>2</sub> und der Wärmeanteil 33.597 tCO<sub>2</sub>. Die Beschaffung und Versorgung mit 100 % Ökostrom hat hierbei einen wesentlichen Anteil. Gegenüber 2018 blieben die CO<sub>2</sub>-Emissionen 2019 nahezu konstant.

In 2019 wurden weitere Anlagen auf Basis von erneuerbaren Energien errichtet, sodass deren Anteil im Wärmebereich 12,5 % beträgt. Die erneuerbaren Energien im Strombereich erhöhten sich gegenüber dem Vorjahr auf 8,8 %. Insgesamt wurden 2019 innerhalb der Stadtverwaltung 140 Anlagen betrieben, die eine thermische Energie von 37.439 MWh/a und eine elektrische Energie von 17.971 MWh/a erzeugten. Um das

angestrebte Ziel von 20 % zu erreichen, ist der Bau weiterer Anlagen auf Basis von erneuerbaren Energien dringend erforderlich.

Um die Verbrauchsreduktion und die Versorgung auf Basis von erneuerbaren Energien zu steigern, wird das stadtinterne Contracting auch 2019 eingesetzt. Damit ist es unter anderem möglich, die Schulsanierungen mit zusätzlichen energetischen Maßnahmen zu ergänzen. Parallel wurde damit begonnen, die geplanten Sanierungen im Bereich der Schulen und die im Zusammenhang mit der Erstellung der Energieausweise für jedes Gebäude entwickelten Sanierungsvorschläge abzugleichen. Daraus entwickelt sich die Liste der noch offenen energetischen Maßnahmen für den Schulbereich.

Für die kommenden Jahre gilt es, diese angedachten Maßnahmen im Bereich der Gebäudesanierung umzusetzen. Die Sanierung der Schulen, aber auch der anderen Gebäude, steht weiterhin im Vordergrund, um den Wärme- und Stromverbrauch und die damit verbundenen Energiekosten kontinuierlich zu reduzieren. Weiterhin ist geplant das Betriebscontrolling der Verbrauchswerte in den städtischen Liegenschaften über das Energiemanagement weiter auszubauen.

Der folgende Energie- und Klimaschutzbericht ist in fünf Kapitel unterteilt. Kapitel 1 enthält einen Überblick über das Energiekonzept und die Energiebilanz der gesamten Stadt. In Kapitel 2 werden die Energie- und Wasserbilanzen der städtischen Liegenschaften mit den damit verbundenen Kosten und Emissionen erläutert. Kapitel 3 beschreibt anhand ausgewählter Beispiele die Erfahrungen der Abteilung Energiewirtschaft. Eine statistische Zusammenstellung zur Verbrauchs- und Kostenentwicklung der städtischen Liegenschaften findet sich in Kapitel 4 wieder und in Kapitel 5 ist ein Glossar mit wichtigen Begriffen beigelegt. Im Anhang befindet sich eine chronologische Auflistung der vom Amt für Umweltschutz veröffentlichter Schriftenreihen.

Hinsichtlich der Witterungs- bzw. Gradtagszahlbereinigung werden aus den vom Wetteramt bereitgestellten Tagesmitteltemperaturen die Gradtagszahlen errechnet. Der tatsächliche Heizenergieverbrauch eines Jahres wird mit der Gradtagszahl desselben Jahres auf ein Normjahr umgerechnet und ist damit unabhängig von der Witterung. Dieser Normverbrauch wird durch die Bezugsfläche dividiert und ergibt einen Kennwert für den flächenspezifischen Verbrauch. Auf Basis dieser ermittelten Kennwerte (Strom, Wärme, Wasser) wird die zeitliche Entwicklung des Energieverbrauchs einer Liegenschaft bewertet und Gebäuden gleicher Nutzung gegenübergestellt.

Um die Veränderungen der Energieverbräuche durch das Energiemanagement darzustellen, wird als Bezugsjahr für das Energiemanagement das Jahr gewählt, das dem Beginn des Energiemanagements in der jeweiligen Energieart vorausging. Das Bezugsjahr ist bei Heizenergie das Jahr 1977, bei Strom das Jahr 1982 und bei Wasser das Jahr 1991. Wurde ein Gebäude später errichtet, ist das erste Betriebsjahr das Bezugsjahr. Gemäß den Richtlinien der VDI 3807, Teil 1 bleiben für Vergleichsrechnungen die Bezugsjahre jeweils konstant. Bei der Betrachtung von Emissionen ist als Bezugsjahr das Jahr 1973 definiert. Dieses Bezugsjahr wurde zu Beginn des städtischen Energiemanagements für die Bewertung der Emissionen festgelegt und seitdem beibehalten. Da bei bundesweiten bzw. internationalen Berechnungen das Bezugsjahr 1990 gewählt wird, ist, um die Vergleichbarkeit mit der Entwicklung der städtischen Liegenschaften und bei der Bilanzierung im Energiekonzept der Gesamtstadt zu erhalten, zusätzlich das Bezugsjahr 1990 ausgewiesen.



# 1 Energiekonzept Gesamtstadt

Das Energiekonzept „Urbanisierung der Energiewende in Stuttgart“ (GRDRs 1056/2015) wurde am 28. Januar 2016 vom Gemeinderat beschlossen. Mit der Verabschiedung des Energiekonzepts und der damit einhergehenden Bereitstellung von Haushalts- und Personalmitteln wurde mit der Umsetzung von Maßnahmen des Energiekonzepts begonnen. Mit den Sachstandsberichten (GRDRs 295/2016, 485/2017) wurde über die Entwicklung berichtet.

Ziel des Energiekonzepts ist die Umsetzung der Energiewende in Stuttgart. Es wurde ein Maßnahmenkatalog erarbeitet, der u. a. im Rahmen des Masterplans 100 % Klimaschutz fortgeschrieben wird, um die anvisierten Ziele der Stadt zu erreichen. Bis zum Jahr 2020 soll der Primärenergieverbrauch um 20 % gegenüber 1990 reduziert und der Anteil der erneuerbaren Energien auf 20 % erhöht werden. Die Umsetzung des Energiekonzepts soll gemeinsam mit allen Einwohnerinnen und Einwohnern sowie allen relevanten Akteuren aus Industrie, Handwerk, Wohnungsbau und Forschung erfolgen. Die Federführung für das Energiekonzept hat die Abteilung Energiewirtschaft im Amt für Umweltschutz.

## 1.1 Energiebilanz

Die gesamtstädtische Energiebilanz wurde bis 2012 im Zwei-Jahres-Rhythmus erstellt und wird zur detaillierteren Analyse ab 2013 jährlich erarbeitet. Sie basiert auf Energiedaten der Netz- und Kraftwerksbetreiber, statistischen Größen sowie Berechnungsansätzen. Im Ausgangsjahr 1990 betrug der Primärenergieverbrauch in Stuttgart rund 22.400 GWh/a. Dieser Wert dient als Referenz zur Berechnung der angestrebten Verbrauchsreduktion um 20 % bis zum Jahr 2020.

### Energieverbräuche in Stuttgart

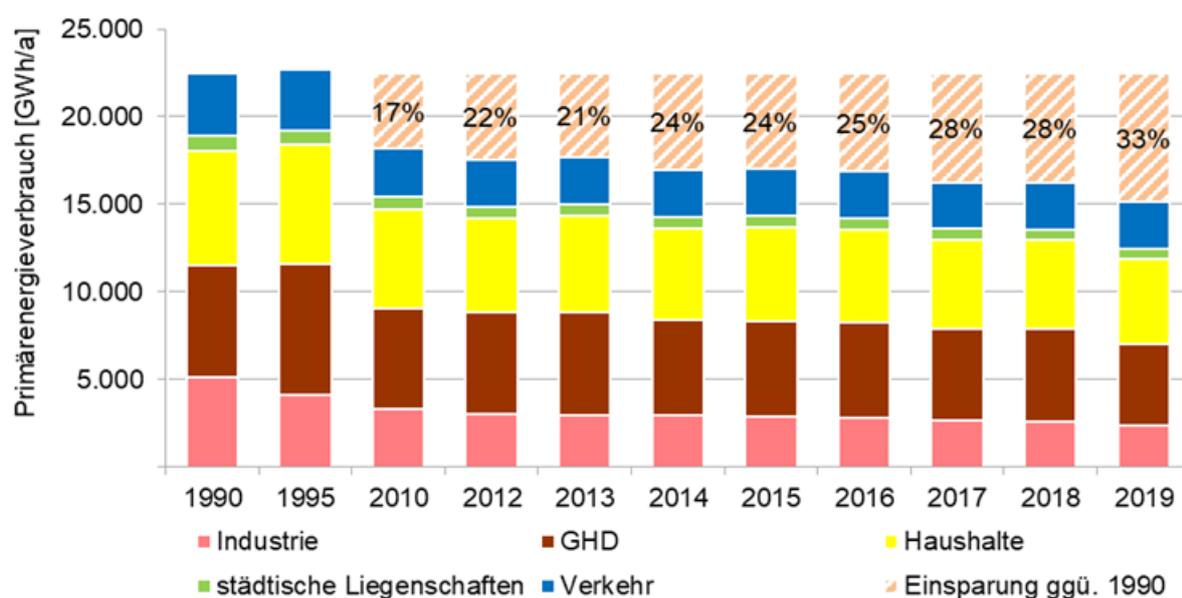
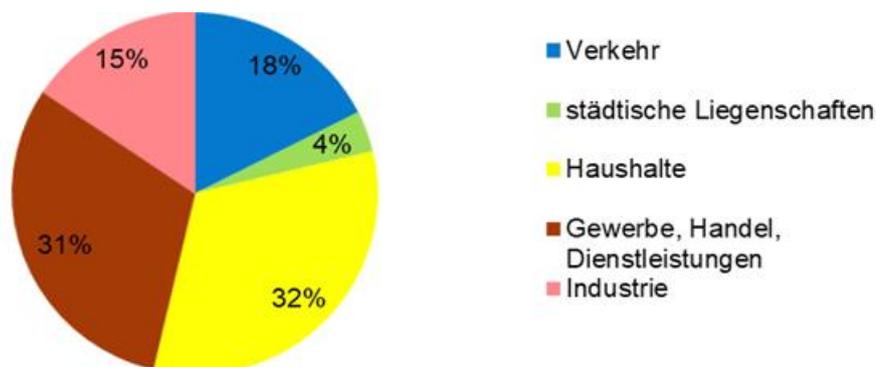


Bild 1 Entwicklung des witterungsbereinigten Primärenergieverbrauchs in Stuttgart bis 2019

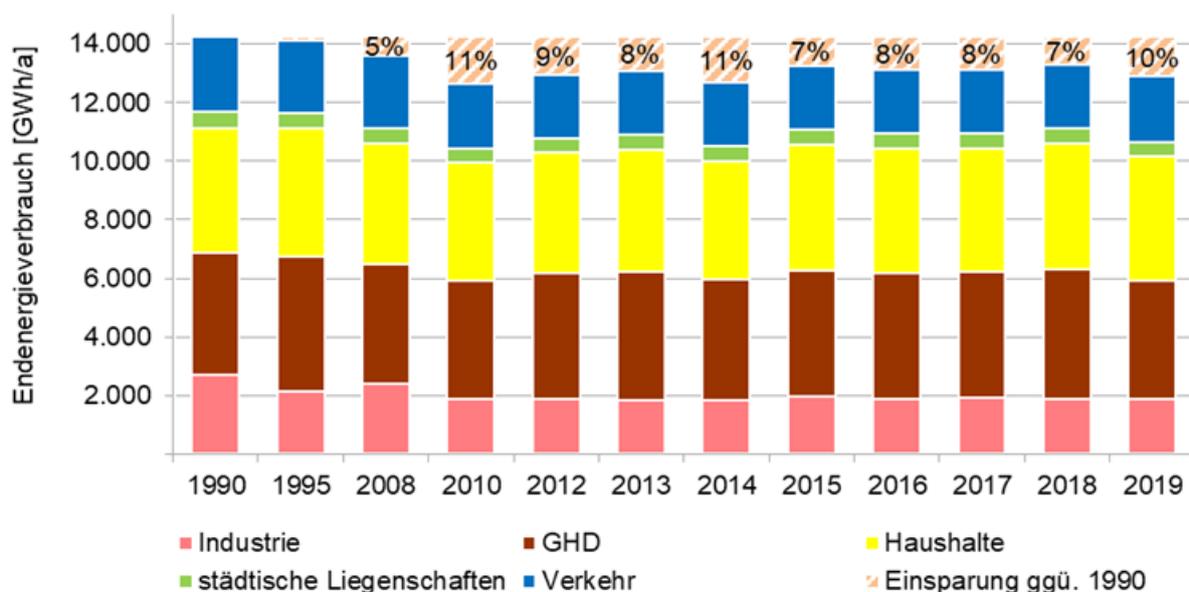
Für das Jahr 2019 ergibt sich ein witterungsbereinigter Primärenergieeinsatz im Stadtgebiet von 15.118 GWh/a. Damit ist der Primärenergieverbrauch im Vergleich zum Jahr 2018 um 6,7 % gesunken. Die größten Einsparungen wurde im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen um 11,7 % und bei der Industrie um 9,7 % erreicht. Bei den städtischen Liegenschaften wurde der Verbrauch um 7,8 % und in den Haushalten um 3,8 % reduziert. Dagegen stieg der Primärenergieverbrauch beim Verkehr um 0,7 %.

Gegenüber 1990 wurden 2019 in Stuttgart 7.315 GWh/a weniger Primärenergie verbraucht (witterungsbereinigt). Dies entspricht einer Reduktion um 33 % (Bild 1). Damit wurde der Primärenergieverbrauch in den letzten Jahren deutlich reduziert und eines der beiden Ziele für 2020 (Senkung des Primärenergieverbrauchs um 20 % gegenüber 1990) bereits deutlich übertroffen.



**Bild 2** Primärenergieverbrauch 2019 nach Handlungsfeldern

Rund die Hälfte der Energie wird in den Sektoren Industrie und GHD verbraucht, gefolgt von den Stuttgarter Haushalten. Auf die städtischen Liegenschaften entfällt ein Anteil von 4 % am Gesamtenergieverbrauch im Stadtgebiet (Bild 2).



**Bild 3** Endenergieverbrauch in Stuttgart, witterungsbereinigt

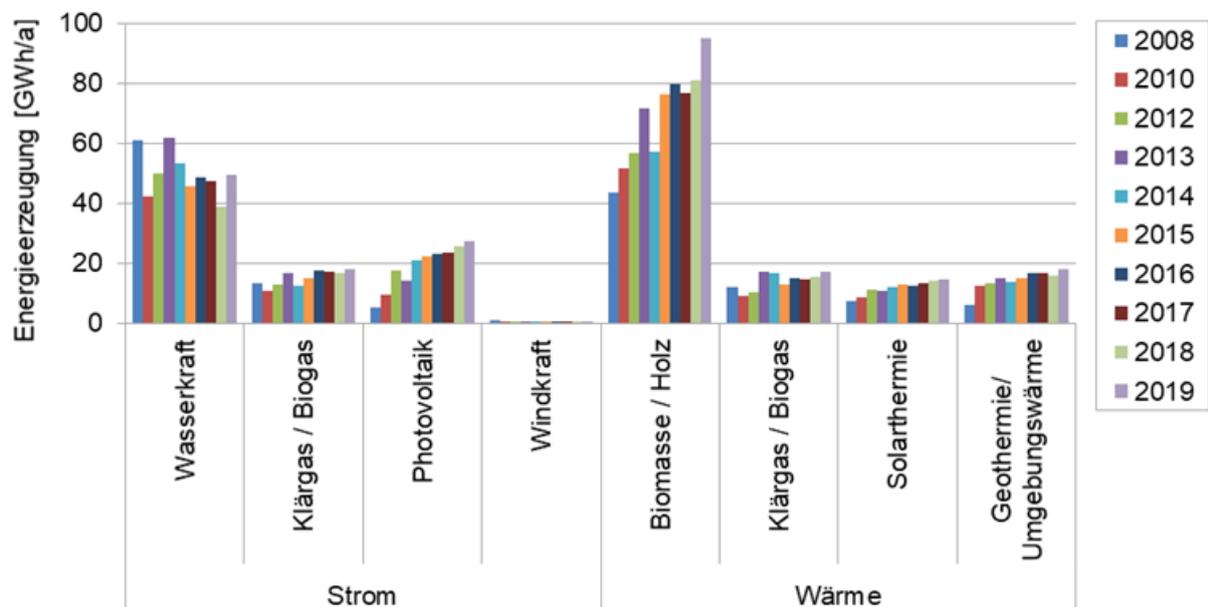
Der Endenergieverbrauch ist in den vergangenen Jahren dagegen nur leicht gesunken. 2019 konnte gegenüber 1990 eine Reduktion von 10 % erreicht werden. Bild 3 zeigt den witterungsbereinigten Endenergieverbrauch mit den Einsparungen gegenüber 1990.

### Erneuerbare Energien in Stuttgart

Der Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch in Stuttgart beträgt 20,5 % und setzt sich aus den folgenden Bereichen zusammen:

- Strom- und Wärmeerzeugung innerhalb der Gemarkung Stuttgarts (10 %)
- Anteil erneuerbarer Energien an der Fernwärmeerzeugung (8 %)
- Ökostrombezug von städtischen Liegenschaften (8 %)
- Ökostrombezug anderer öffentlicher Einrichtungen sowie Vertrieb der Stadtwerke (13 %)
- Beteiligung der Stadt über die Stadtwerke an regenerativen Erzeugungskapazitäten außerhalb der Gemarkung Stuttgarts (6 %)
- Anteil erneuerbarer Energien am sonstigen Strombezug auf Basis des Strommix Deutschlands (50 %)
- Anteil erneuerbarer Energien an den Kraftstoffen (5 %)

Auf der Gemarkung Stuttgart wurden 2019 rund 240 GWh/a Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien erzeugt. Dies entspricht 2 % des Gesamtenergieverbrauchs. Davon entfallen 95 GWh/a auf die regenerative Stromerzeugung aus Wasserkraftwerken, Photovoltaikanlagen, Klärgas-/Biogas-Blockheizkraftwerken und Windkraft. Die restlichen 145 GWh/a werden als Wärme, durch Nutzung von Biomasse, Klär- und Biogas sowie Geo- und Solarthermie bereitgestellt. Die Entwicklung der auf der Gemarkung Stuttgart erzeugten erneuerbaren Energie ist in Bild 4 dargestellt.



**Bild 4** Entwicklung der in Stuttgart erzeugten erneuerbaren Energien bis 2019

Im Strombereich produzieren Wasserkraftanlagen mehr als die Hälfte der lokalen erneuerbaren Energie. Der verbleibende Anteil setzt sich im Wesentlichen aus Klärgas- / Biogas-Blockheizkraftwerken und Photovoltaikanlagen (PV) zusammen. Gegenüber dem Vorjahr hat die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien um

17 % zugenommen. Bei den Wasserkraftanlagen schwankt je nach Abflussmenge und Revisionen der jährliche Ertrag.

Zwei Drittel der lokal erzeugten regenerativen Wärme wird durch die Verbrennung von Biomasse und Holz bereitgestellt. Die restliche Wärmemenge resultiert zu etwa gleichen Teilen aus dem Einsatz von Klär- und Biogas in Blockheizkraftwerken, der Nutzung von Solarthermie sowie der Nutzung Geothermie und Umgebungswärme mit Wärmepumpen.

Der Anteil der erneuerbaren Energien in der Fernwärme betrug 17 %. Dieser resultiert vor allem aus dem biogenen Anteil des Restmülls. Bei einem jährlichen Gesamtfernwärmeverbrauch von 1.197 GWh/a entspricht dies einer regenerativen Energiemenge von 203 GWh/a.

Innerhalb der Stadtverwaltung wurde die Zahl der Anlagen mit erneuerbaren Energien im Bilanzjahr 2019 auf 158 erhöht. Darin sind 87 Photovoltaikanlagen, 21 Anlagen für Solarthermie, 19 Anlagen für holzartige Brennstoffe, 5 Biogasanlagen und 9 Anlagen mit Umweltwärme enthalten. Zusammen werden 18 GWh/a Strom (8,8 % des Stromverbrauchs) sowie 25,3 GWh/a Wärme (8,8 % des Heizenergieverbrauchs) aus lokalen erneuerbaren Energien erzeugt. Die PV-Erzeugung konnte im Vergleich zum Vorjahr um 8 % gesteigert werden. Zusätzlich zu den stadteigenen Anlagen sind im Bilanzjahr auf 39 Dächern von städtischen Gebäuden Photovoltaikanlagen mit einer installierten Leistung von insgesamt 3.383 kWp installiert, die von privaten Bauherren oder den Stadtwerken betrieben werden.

Einen weiteren Beitrag leisten die Stadtwerke Stuttgart mit der Beteiligung an regenerativen Erzeugungskapazitäten außerhalb des Stadtgebiets. Der erste Windpark mit Beteiligung der Stadtwerke ging Ende 2013 ans Netz. Im Bilanzjahr 2019 produzierten die sechs Windparks in Alpirsbach, Bad Hersfeld, Everswinkel, Dinkelsbühl, Lieskau und Schwanfeld insgesamt 156 GWh regenerativen Strom, die in die Bilanzierung der erneuerbaren Energien einfließen.

Rund 200 GWh/a erneuerbare Energie resultieren aus dem vollständigen Ökostrombezug der städtischen Liegenschaften. In Summe werden weitere 321 GWh/a Ökostrom von anderen öffentlichen Einrichtungen verbraucht oder durch die Stadtwerke vertrieben. Der sonstige Strombezug wird mit dem Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch des Strommix Deutschland bewertet. Um eine Doppelzählung des Energieverbrauchs aus erneuerbaren Energien zu vermeiden, werden die bereits separat bilanzierten Energiemengen der Stromerzeugung im Stadtgebiet, des Ökostrombezugs und der Beteiligungen der Stadtwerke aus den Strommengen herausgerechnet, da diese mit dem Anteil der erneuerbaren Energie aus dem Strommix Deutschland bewertet sind. Aus dem sonstigen Strombezug resultiert für Stuttgart ein Stromverbrauch aus erneuerbaren Energien von 1.275 GWh/a (dies entspricht 10,4 % des gesamten Endenergieverbrauchs und 50,6 % der erneuerbaren Energien in Stuttgart).

Durch den regenerativen Anteil in den Kraftstoffen von 5,6 % werden im Bereich Verkehr in Stuttgart weitere 116 GWh/a erneuerbare Energien genutzt.

Insgesamt betrug die im Jahr 2019 genutzte Energiemenge aus erneuerbaren Energien in Stuttgart 2.519 GWh/a und damit 226 GWh mehr als im Vorjahr. Der Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch erhöhte sich gegenüber dem Vorjahr um 2 Prozentpunkte auf 20,5 % (Bild 5).

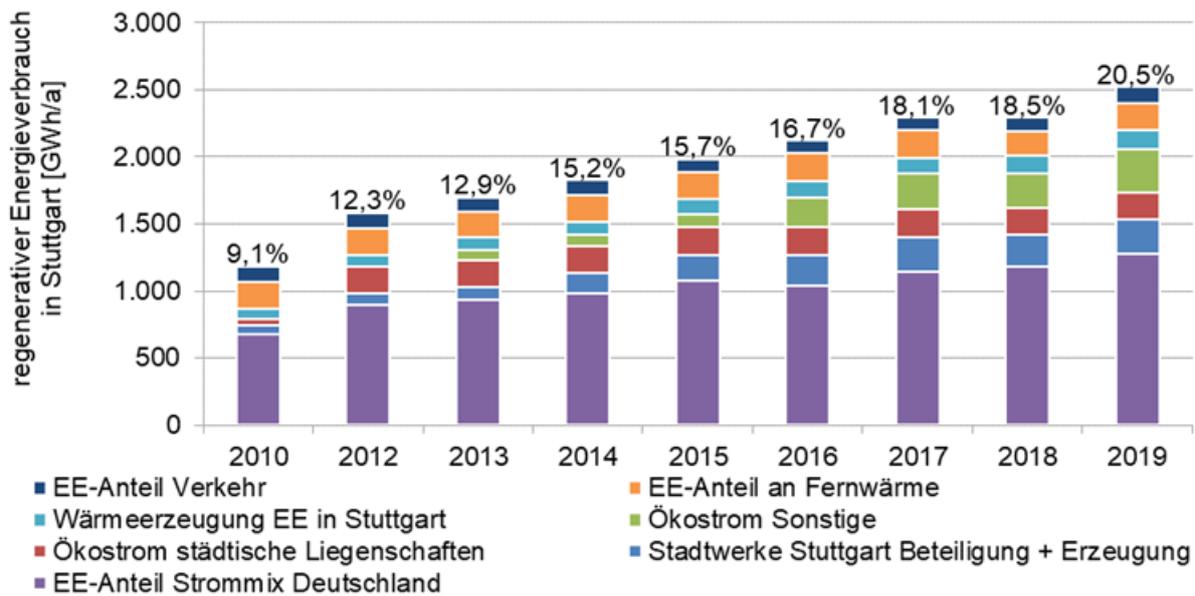


Bild 5 Regenerativer Endenergieverbrauch und der Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch

### Treibhausgasemissionen in Stuttgart

Aus der Endenergiebilanz wird für Stuttgart eine Klimabilanz ermittelt. Mittels Treibhausgasfaktoren werden die durch den Energieverbrauch entstehenden Emissionen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten berechnet. Zur besseren Lesbarkeit wird nachfolgend verkürzt CO<sub>2</sub> geschrieben, obwohl CO<sub>2</sub>-Äquivalente gemeint sind. Die Zunahme der Nutzung erneuerbarer Energien sowie die Reduktion der Primärenergie führen zu einer Abnahme der Treibhausgasemissionen um 11 % gegenüber 2018 (ohne Witterungsberichtigung). Im Jahr 2019 lagen die Emissionen ca. 41 % niedriger als im Bezugsjahr 1990 (Bild 6).

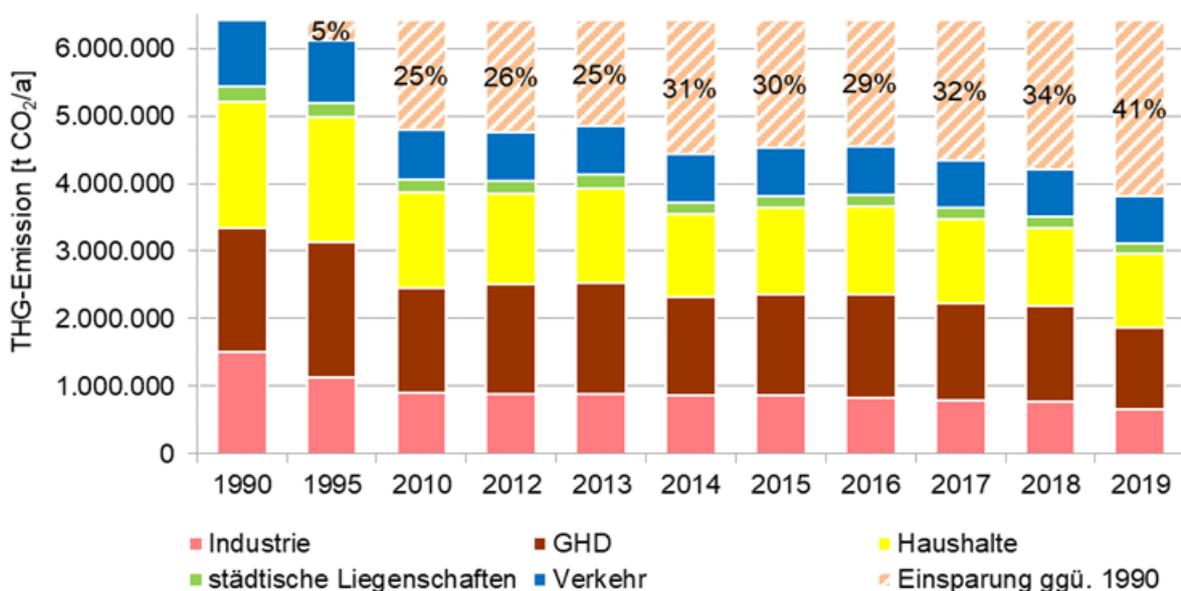
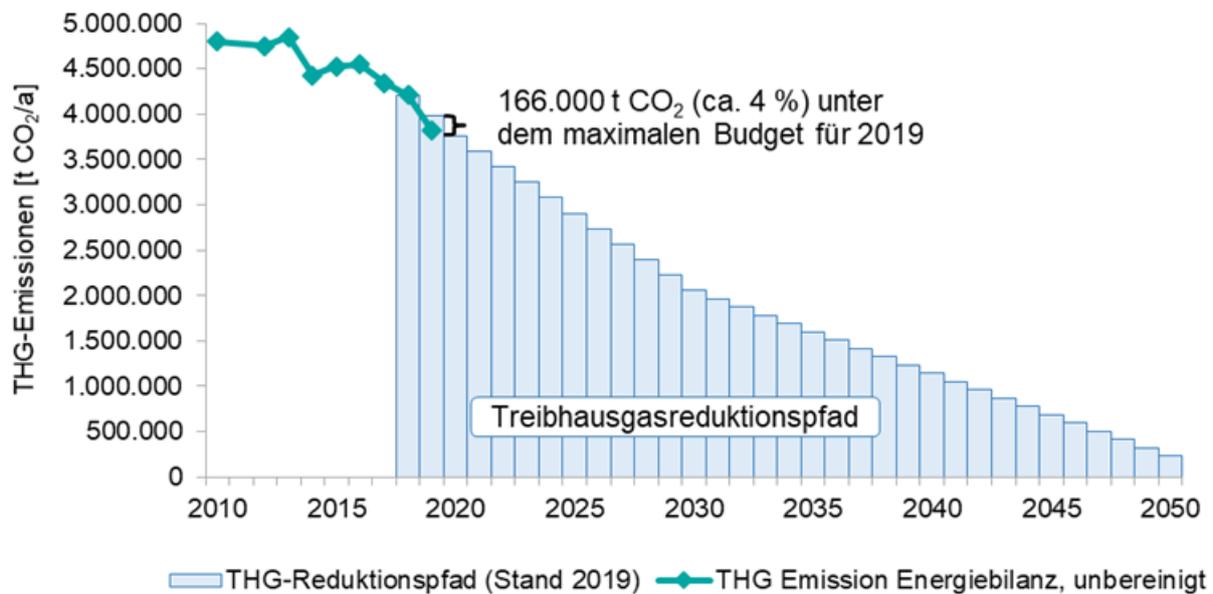


Bild 6 Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Stuttgart bis 2019, nicht witterungsbereinigt

Der starke Rückgang gegenüber 2018 ist zum größten Teil auf die deutliche Verbesserung des Treibhausgas-Emissionsfaktors des Bundesstrommix durch die zunehmende Nutzung erneuerbarer Energien zurückzuführen. Darüber hinaus ist seit 2019 das neue Kraftwerk in Gaisburg in Betrieb. Hier wird bei der Produktion der Stuttgarter Fernwärme keine Kohle, sondern nur noch Gas eingesetzt. Somit konnten auch die Emissionen durch die Fernwärmenutzung deutlich reduziert werden.



**Bild 7** Für Stuttgart ermittelter Treibhausgasreduktionspfad und die Treibhausgasemissionen bis 2019, nicht witterungsbereinigt

Stuttgart möchte spätestens 2050 klimaneutral sein. Um die Ziele von Paris einzuhalten, wurde unter Berücksichtigung der Bevölkerung und struktureller Rahmendbedingungen ein Stuttgart ab 2018 noch zur Verfügung stehendes CO<sub>2</sub>-Budget ermittelt. Als Zwischenziele soll die Treibhausgasemission bis 2030 um mindestens 65 % und bis 2040 um mindestens 80 % gegenüber 1990 reduziert werden. Der aus diesen Zielen abgeleitete Pfad von 2018 bis 2050 ist in Bild 7 dargestellt. Das Diagramm zeigt außerdem die Treibhausgasemissionen der vergangenen Jahre. Während 2018 ca. 4.000 tCO<sub>2</sub> zu viel emittiert wurden, konnte 2019 eine Unterschreitung des Ziels um rund 166.000 tCO<sub>2</sub> erreicht werden, das entspricht ca. 4 %.

## 1.2 Akteursbeteiligung

Auch 2019 wurden im Rahmen der Umsetzung des Energiekonzepts wieder zahlreiche Formate zur Akteurseinbindung und Netzwerkarbeit umgesetzt. Schwerpunkt war in diesem Jahr die Zusammenarbeit mit den Stuttgarter Unternehmen, aber auch Bürgerinnen und Bürger wurden im Rahmen zahlreicher Einwohnerversammlungen für Energie und Klimaschutz sensibilisiert.

### Business-Frühstück

2019 wurde das beliebte Format „Business-Frühstück“ in Feuerbach fortgeführt. Am 22. März hat das Amt für Umweltschutz gemeinsam mit dem Audi Zentrum Stuttgart Unternehmen aus dem Gewerbegebiet Feuerbach-Ost eingeladen. Die Vernetzungsveranstaltung stand unter dem Motto „Energie in Feuerbach-Ost“.

Das Gewerbegebiet steht exemplarisch für die Vielfalt der Stuttgarter Wirtschaft. Man findet Handwerksbetriebe genauso wie Firmen aus den Bereichen Dienstleistung, Handel und Maschinenbau. So verschieden die Unternehmen auch sind, eines haben sie gemeinsam: Sie benötigen Energie; Wärme, aber vor allem Strom. Und davon nicht zu wenig. Die Energiebilanz für die Stadt Stuttgart zeigt, dass die Bereiche Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie für knapp 50 % des Energieverbrauchs der Gesamtstadt verantwortlich sind. Dies deutet natürlich auf eine funktionierende Wirtschaft hin von der die Gesamtstadt profitiert, aber es zeigt auch, dass es ohne die Wirtschaft nicht gelingen wird, die Energiewende umzusetzen. Die Zahl verdeutlicht, dass eine Energiewende nur möglich ist, wenn es gelingt eine positive Wirtschaftsentwicklung vom Energieverbrauch zu entkoppeln.

Im Rahmen der Veranstaltung wurde vorgestellt, wie man diesen Energieverbrauch gemeinsam senken will und die Förderungen der Stadt und der Bundesregierung wurden dargestellt, um die Energieeffizienz im Betrieb zu steigern. Um zu zeigen, was in der Praxis möglich ist, präsentierte Mark Geißendörfer vom Audi Zentrum Stuttgart was am Standort bereits umgesetzt wurde und was noch geplant ist, um Energie zu sparen. Nach den kurzen Vorträgen blieb noch viel Zeit um sich „unter Nachbarn“ über das Thema Energie, eigene Energieeffizienzmaßnahmen, die neueste firmeneigene PV-Anlage oder ähnliches auszutauschen. Das Format „Business-Frühstück“ hatte im September 2018 einen gelungenen Auftakt im Gewerbegebiet Degerloch-Tränke und soll in Zukunft auch in weiteren Gewerbegebieten angeboten werden.

### Solar-Dinner

Beim Solar-Dinner handelte es sich um ein Format zur Vernetzung mit den Stuttgarter Unternehmen, bei dem der volle Fokus auf dem Austausch zum Thema Stromerzeugung durch Solarenergie lag. Auf Einladung von Bürgermeister Peter Pätzold besuchten im September 2019 ca. 30 Unternehmen die Veranstaltung. Hier stellten Vertreter der Unternehmen Daimler AG, Vector Informatik GmbH, U.I. Lapp GmbH, Alfred Kiess GmbH und Stadtwerke Stuttgart GmbH ihre Photovoltaikanlagen vor und zeigten, warum sich diese in vielerlei Hinsicht lohnen und was bei der Installation einer PV-Anlage zu beachten ist. Im Fokus stand vor allem der Austausch zu diesem und ähnlichen Themen der Energiewende. Das Amt für Umweltschutz und die Stadtwerke Stuttgart standen vor Ort für Fragen und Rückmeldungen zur Verfügung. Die Veranstaltung stieß auf sehr gutes Feedback bei den Unternehmen, da viele Interessenten sich direkt und praxisnah Tipps und Infos bei Kollegen abholen konnten, die im Bereich der Solarstromerzeugung bereits erfolgreich unterwegs sind.

### Präsenz auf Einwohnerversammlungen

Das Team der Energieabteilung des Amtes für Umweltschutz war 2019 auf insgesamt 3 Einwohnerversammlungen mit Tipps und Infos rund um das Thema Energie und Klimaschutz präsent (Bild 8). Die Einwohnerversammlungen fanden in Stuttgart-West, Möhringen und Sillenbuch statt und zogen viele interessierte Bürgerinnen und Bürger aus den jeweiligen Stadtbezirken an.

1

2

3

4

5



**Bild 8** Informationsstand zum Energiekonzept bei einer Einwohnerversammlung

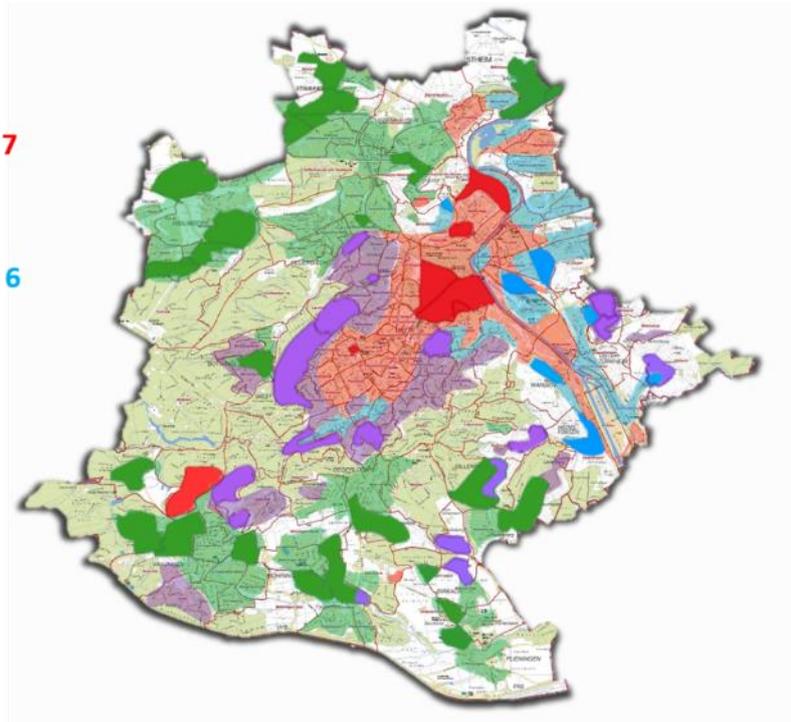
Die Besucher konnten sich im Vorfeld der eigentlichen Einwohnerversammlungen auf Infoplakaten am Stand der Energieabteilung über die energetischen Besonderheiten in ihrem Stadtbezirk informieren. Die städtischen Mitarbeitenden beantworteten viele aufgeschlossene und interessierte Fragen der Bürgerinnen und Bürger. Diese freuten sich wiederum über Informationsträger und Angebote des Stuttgarter Energiekonzepts. Auch kritische und kontroverse Fragen, beispielsweise zum Thema Elektromobilität wurden gestellt und diskutiert.

### 1.3 Energieleitplanung

Zur Umsetzung des Stuttgarter Energiekonzepts ist die Energieleitplanung fundamental, da sie das Rückgrat für das strategische Vorgehen zur Erarbeitung und Umsetzung energetischer Quartierskonzepte mit dem Ziel den Energiebedarf zu senken und eine nachhaltige Energieversorgung für die Gesamtstadt sicherzustellen bildet. Durch diese ganzheitliche Betrachtung können vorhandene Energiepotenziale und bestehende Energiesenken vernetzt werden und dadurch ineffiziente Parallelentwicklungen in Quartieren vermieden werden.

Unter Zuhilfenahme des im Jahr 2016 entwickelten, GIS-basierten Energiekatasters wurde eine Strategie für die Gesamtstadt entwickelt und es wurden 56 Fokusgebiete identifiziert (Bild 9).

-  **Verdichtung Fernwärme: 7**
-  **Erweiterung Fernwärme: 6**
-  **Einzellösungen und Erschließung kleiner Wärmenetze: 15**
-  **Erschließung großer Wärmenetze: 28**



**Bild 9** Fokusgebiete der Energieleitplanung

Das optimale Vorgehen, um in diesen Fokusgebieten einen Wandel herbeizuführen, muss anhand der jeweiligen Randbedingungen entwickelt werden. In Bestandsgebieten, die eine sehr homogene Struktur bezüglich Baualter und vorhandener Energieversorgung aufweisen, entwickelt die Energieabteilung Handlungskonzepte zur Energieeinsparung und Nutzung erneuerbarer Energien, die kurzfristig umgesetzt werden. In Gebieten mit einem hohen spezifischen Heizwärmebedarf werden die Bürgerinnen und Bürger durch die „Aktion Gebäudesanierung“ zur Sanierung motiviert, um die Sanierungsquote zu steigern. Diese wird auch gezielt in Gebieten mit einem großen Anteil an Ölheizungen durchgeführt. Hierbei wird mit den Bürgerinnen und Bürgern auch die Realisierung von Nahwärmekonzepten diskutiert.

Für Bestandsquartiere mit einer Vielzahl energetischer Potenziale (z. B. Möglichkeit zur Realisierung eines Nahwärmenetzes, Nutzung von Abwasserwärme, Sanierungsbedarf, Vernetzung von Gewerbe- und Wohngebiet) bietet sich die Erstellung eines ganzheitlichen energetischen Quartierskonzepts an. Kommunen werden bei der Entwicklung und Umsetzung solcher Konzepte von der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) finanziell unterstützt, sodass von der Energieabteilung im Amt für Umweltschutz entsprechende Anträge eingereicht werden. Im Jahr 2019 war ein gefördertes KfW-Quartierskonzept in Bearbeitung, zwei weitere wurden neu bewilligt und bei einem Fokusgebiet wurden die Vorbereitungen für die nächste Phase, das Sanierungsmanagement, getroffen und der dazugehörige Förderantrag gestellt.

Im Vorjahr konnte für das Untersuchungsgebiet Degerloch Hoffeld / Tränke die Erstellung eines energetischen Quartierskonzepts abgeschlossen werden. Es folgte die Vorbereitung, um das entwickelte energetische Quartierskonzept in die Umsetzung zu überführen. Dazu wurde bei der KfW ein Förderantrag für die Phase B (Sanierungsmanagement) gestellt, der Anfang 2020 bewilligt wurde.

Das Untersuchungsgebiet Weilimdorf Süd liegt im südöstlichen Teil der bebauten Fläche des gleichnamigen Stuttgarter Stadtteils. Die Erstellung eines energetischen Quartierskonzepts wurde Ende des Jahres 2019

zum Abschluss gebracht. Auch dieses Untersuchungsgebiet wurde im Anschluss in die Phase B des Sanierungsmanagements überführt.

Das Fokusgebiet Heumaden liegt im Stadtbezirk Sillenbuch. Es erstreckt sich vom Zentrum bis zum südlichen Teil der bebauten Fläche des Stadtteils Heumaden. Das Gebiet zeichnet sich durch eine Vielzahl aktueller Bau- und Sanierungsvorhaben aus. Darunter finden sich Vorhaben im Bereich des Wohnungsbaus, der Sanierung öffentlicher Gebäude sowie gewerbliche Bauvorhaben. Für dieses Gebiet wurde 2019 erfolgreich ein Förderantrag bei der KfW gestellt.

Das Untersuchungsgebiet Mühlhausen befindet sich im östlichen Teil des Stadtteils Mühlhausen und umfasst unter anderem das Hauptklärwerk der Landeshauptstadt Stuttgart. Aufgrund der Eigentümerstruktur, der Gebäudegröße und dem durchschnittlichen Baualter bietet sich das Quartier für eine planvolle Herangehensweise an das Thema Gebäudeenergieeffizienz an. Durch die Potenziale im Hauptklärwerk sowie die geplante Neubebauung im Bereich Schafhaus bieten sich darüber hinaus sehr gute Voraussetzungen für die Ausarbeitung einer Nahwärmelösung für das gesamte Untersuchungsgebiet. Der gestellte Antrag zur Förderung eines energetischen Quartierskonzepts wurde von der KfW ebenfalls bewilligt.

Die Energieleitplanung ist auch ein wichtiges Instrument bei der Entwicklung neuer Stadtquartiere. Insbesondere, wenn die Stadt die Grundstücke vermarktet, kann sie durch Vorgaben in den Kaufverträgen gezielt Einfluss auf die Energieversorgung und den Energiestandard der Gebäude nehmen. Beispiele für die Entwicklung und Umsetzung von Nahwärmelösungen auf Quartiersebene sind u.a. das Olga-Areal, welches im Herbst 2019 bezogen wurde. In Umsetzung ist die Nahwärmelösungen für das Quartier am Wiener Platz (ehemaliges Schoch-Areal). Für die Entwicklung und Umsetzung der Nahwärmelösungen für den Neckarpark, das Bürgerhospital-Areal und das Rosensteinqartier laufen Forschungsvorhaben, auf die in Abschnitt 3 in diesem Energie- und Klimaschutzbericht genauer eingegangen werden.

## 1.4 Förderprogramme

### Kühlschranksaustauschprogramm

Eine Umfrage im Zuge des Projekts SEE (Stadt mit Energie-Effizienz) bei über 700 Stuttgarter Haushalten ergab, dass sich hochgerechnet in Stuttgart ca. 354.000 Kühlschränke oder Kühl-Gefrierkombinationen befinden. Rund 26 % dieser Geräte sind älter als 15 Jahre. Bei einer mittleren Einsparung von rund 250 kWh/a pro Gerät ergibt sich durch deren Austausch ein Einsparpotenzial von insgesamt 23 GWh/a für die Gesamtstadt. Um dieses Potenzial zu heben, wurden am 24. Juli 2019 vom Verwaltungsausschuss unter dem Motto „Kick den alten Raus“ die Förderrichtlinien des Kühlschranksaustauschprogramms beschlossen (Bild 10 zeigt den Flyer des Austauschprogramms).

Bereits im Startjahr 2019 wurden 843 Anträge gestellt und rund 115.000 Euro Zuschüsse bewilligt. Durch die deutlich effizienteren Geräte wurden hierdurch etwa 150 MWh/a Endenergie eingespart und Emissionen von rund 63 tCO<sub>2</sub>/a vermieden. Wesentliches Ziel des Förderprogramms ist es die Bürgerinnen und Bürger im Bereich Stromverbrauch zu sensibilisieren und zur Umsetzung weiterer Energieeinsparmaßnahmen zu motivieren.



Bild 10 Flyer des Kühlschranksaustauschprogramms

### Energiesparprogramm (ESP)

Mit dem kommunalen Energiesparprogramm (ESP) fördert die Landeshauptstadt Stuttgart seit 1998 ohne Unterbrechungen Energie einsparende Maßnahmen in privaten Bestandsgebäuden. Bis zum 31. Dezember 2019 wurden mit städtischen Investitionszuschüssen von rund 37 Mio. Euro über 21.400 Wohnungen gefördert. Durch die seit 1998 umgesetzten Sanierungsmaßnahmen werden jährlich Emissionen von rund 24.000 tCO<sub>2</sub>/a vermieden. Insgesamt gibt es drei Rahmenmöglichkeiten der Förderung:

1. Komplettsanierung (Regelförderung)
2. Einzelmaßnahmen (Pauschalförderung)
3. Kombination von Einzelmaßnahmen (Kombinationsförderung)

Am 17. Oktober 2019 wurde vom Gemeinderat eine Neufassung der Förderrichtlinien des kommunalen Energiesparprogramms beschlossen. Durch die Neufassung der Richtlinien wurden die förderfähigen Baukosten je Wohnung bei einer Komplettsanierung erhöht. Damit wurde den stetig steigenden, hohen Investitionskosten Rechnung getragen und somit die Attraktivität einer umfassenden energetischen Sanierung gesteigert. Des Weiteren wurde im Bereich der Einzelmaßnahmen eine Förderpauschale für die erstmalige Einbindung von Solarthermie oder den erstmaligen Einsatz von Umweltwärme, Nah-/Fernwärme oder Holzpellets eingeführt und damit der Anreiz für die Umstellung auf eine klimafreundliche Heizung gesteigert. Um in Zukunft auch weiterhin alle Antragsteller mit städtischen Zuschüssen fördern zu können, wurden die jährlich zur Verfügung stehenden Mittel von 2,5 Mio. Euro auf 3,5 Mio. Euro erhöht.

Insgesamt wurden 2019 im ESP 471 Anträge gestellt und Fördermittel in Höhe von über 2,4 Mio. Euro bewilligt. Nach Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen bewirken diese jährlich eine Emissionseinsparung von rund 1.100 tCO<sub>2</sub>/a.



**Bild 11** Sanierung im Rahmen des ESP (Quelle: Mader Architekten)

### Ölaustauschprogramm (ÖAP)

Noch immer heizen rund 16 % der Stuttgarter Haushalte mit Öl. Um dem entgegenzuwirken, wird seit Januar 2018 der Heizungsaustausch von Öl-Kesselanlagen oder Kohleöfen gegen emissionsfreundlichere Energieträger, wie Umwelt- und Fernwärme, Gas und Holzpellets gefördert. Seit Einführung des Programms wurden mit städtischen Investitionszuschüssen von rund 2,7 Mio. Euro rund 320 Heizungen getauscht. Dadurch werden jährlich Emissionen von rund 2.700 tCO<sub>2</sub>/a vermieden.

Die Auswertung des Förderprogramms ein Jahr nach dessen Einführung hat gezeigt, dass 95 % der Anträge für einen Umstieg von Öl auf Gas gestellt wurden. Um das Ziel der Klimaneutralität bis zum Jahr 2050 zu erreichen, kann Erdgas jedoch nur als Brückentechnologie gesehen werden und es muss verstärkt auf erneuerbare Energien gesetzt werden. Aus diesem Grund wurde am 17. Oktober 2019 vom Gemeinderat eine Neufassung der Förderrichtlinien des Ölaustauschprogramms beschlossen. Mit der Neufassung der Richtlinien wurden attraktive, pauschale Zuschüsse für Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Umstieg auf eine klimafreundliche Heizung eingeführt. Des Weiteren wurde das zunächst bis zum 31.12.2020 beschränkte Programm dauerhaft in die städtische Förderkulisse übernommen.

Im Jahr 2019 wurden 177 Anträge gestellt und über 1,4 Mio. Euro Zuschüsse bewilligt. Durch die ausgelösten Investitionen in emissionsfreundliche Wärmeerzeugungsanlagen werden jährlich Emissionen von über 1.200 tCO<sub>2</sub>/a eingespart.



**Bild 12** Öl-Kessel aus dem Jahre 1958 (Quelle: EBZ)

## 1.5 Entwicklung Aktionsprogramm Klimaschutz

Im Jahr 2019 wurde unter Hochdruck am Aktionsprogramm Klimaschutz gearbeitet. Das Handlungsprogramm speist sich aus einem Klimaschutzfonds in Höhe von 200 Millionen Euro, der mit den Haushaltsüberschüssen des Jahres 2018 finanziert wurde. Zur zentralen Koordination wurde beim Referat Strategische Planung und Nachhaltige Mobilität des Oberbürgermeisters die Stabstelle Klimaschutz eingerichtet.

### Intensive Abstimmungsarbeit

Basis vieler Maßnahmen im Handlungsprogramm sind die Ergebnisse des Akteursbeteiligungsprozesses, den die Energieabteilung des Amtes für Umweltschutz bereits seit 2015 federführend bearbeitet. Hier wurden zahlreiche Maßnahmen in fünf verschiedenen Arbeitsgruppen abgestimmt und priorisiert. Das Aktionsprogramm wurde dann im Rahmen von mehreren Gemeinderatssitzungen intensiv mit dem Ausschuss für Klima und Umwelt (AKU) diskutiert und ergänzt. Aufgrund dieser intensiven Abstimmungen mit der gesamten Stadtgesellschaft sowie der Kommunalpolitik gelang es am 20. Dezember 2019, das Programm mit seinen ambitionierten Maßnahmen in den Bereichen Gebäude, Stadtverwaltung, Mobilität und grünblaue Infrastruktur mit breiter Mehrheit des Gemeinderats zu beschließen.

### Energiewende im Baubereich

Ziel des Klimapakets ist es, die Stuttgarter Aktivitäten im Klimaschutz weiter zu steigern und bis spätestens 2050 klimaneutral zu sein. Das geschieht durch eine schnelle Umsetzung der bereits eingeläuteten Energie- und Verkehrswende. Zugleich soll das Programm für mehr Grün und für mehr Wasser in der Stadt sorgen und für nachhaltiges Nutzerverhalten werben. Für zukünftige Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Stadtverwaltung wurde eine CO<sub>2</sub>-Bepreisung von 50 Euro/tCO<sub>2</sub> vorgesehen, die im Folgejahr beschlossen und umgesetzt wurde. Dieser Stuttgarter CO<sub>2</sub>-Preis wird jedes Jahr um 15 Euro pro Tonne angehoben.

Auch hat die Stadt im Gebäudebereich 2020 auf Grundlage des Aktionsprogramms neue Vorgaben erlassen: Ihre eigenen Neubauten sollen den Plusenergie-Standard haben, Sanierungen sollen klimaneutral sein, Solarenergie soll genutzt und Neubauten – je nach Geschosshöhe – möglichst in Holz- oder Holz-Hybridbauweise erstellt werden. Das städtische Förderprogramm zur energetischen Modernisierung von Wohngebäuden, das Energiesparprogramm, wurde auf 75 Millionen Euro erweitert und die Zuschüsse massiv aufgestockt. Ein weiterer Meilenstein ist die Erweiterung des Förderprogramms auf Wohnungsunternehmen und –baugesellschaften. Damit soll die mieterfreundliche Steigerung der Sanierungsrate erreicht werden. Zusätzlich wird auch der Ausbau der Wärmenetze weiter vorangetrieben, zum Beispiel durch Umsetzung energetischer Quartierskonzepte oder durch die Förderung von Anschlüssen an das Fernwärmenetz der EnBW oder andere Nahwärmenetze.

### Beschleunigung der Verkehrswende

Die SSB erhielt einen Zuschuss von knapp 13 Millionen Euro. Damit werden u. a. emissionsfreie Fahrzeuge beschafft und neue Buslinien mit eigenen Busspuren geschaffen. Außerdem sollen Gleisbette begrünt werden. Die Infrastruktur für die E-Mobilität wird erweitert, zum Beispiel durch einen Ausbau der Ladeinfrastruktur auf dem Killesberg mit 190.000 Euro. Das Budget für zwei „Autofreie Sonntage“ wurde auf 1,1 Millionen Euro verdoppelt.

### Viele weitere Maßnahmen im Bereich Nachhaltigkeit

Weiterhin sieht das Paket vor, dass der Gemeinderat bei allen relevanten Beschlüssen die Auswirkungen auf das Klima berücksichtigt. Dienstreisen sollen klimaneutral abgewickelt und der Fuhrpark weiter in diesem Sinne umgebaut werden. In ihren Kantinen will die Stadt noch mehr Bioprodukte und regionale und saisonale Lebensmittel anbieten. So soll auch in Schulen und Kitas der Anteil daran in den nächsten vier Jahren auf 50 Prozent verdoppelt werden.

Die Stadt setzt den Ausbau der „Grünen Infrastruktur“ fort. So sollen je Doppelhaushalt 1.000 weitere Bäume und 25 km Hecken gepflanzt sowie 10 Hektar blühende Wiesen geschaffen werden. Neben der Grünen soll auch die „Blaue Infrastruktur“ ausgebaut werden, so sieht die Stadt in dem vorgeschlagenen Aktionsprogramm neue Brunnen und Trinkwasserspender auf öffentlichen Plätzen und Spielplätzen vor. Die 20 stadtklimatologischen „Hotspots“ der Innenstadt sollen begrünt werden, um so zur Abkühlung beizutragen.

## 2 Energie- und Wasserbilanz der städtischen Anlagen

Dieses Kapitel beschreibt die Energie- und Wasserbilanz der städtischen Liegenschaften und deren Entwicklung bis 2019.

### 2.1 Entwicklung des Energie- und Wasserverbrauchs

In Tabelle 1 ist der Strom-, Heizenergie- und Wasserverbrauch der städtischen Liegenschaften dargestellt. Der Verbrauch setzt sich aus dem Bezug der Energie- und Wassermenge, die von dem Versorgungsunternehmen bereitgestellt werden und der erzeugten Energiemenge der eigenen Anlagen zusammen. Der Wasserverbrauch entspricht dem Wasserbezug. 2019 reduzierte sich der Heizenergieverbrauch gegenüber dem Vorjahr um 0,1 %, der Stromverbrauch reduzierte sich um 1,7 % und der Wasserbezug reduzierte sich um 8,6 %. Bezugswerte sind absolute und nicht witterungsbereinigte Werte, da zur Ableitung der Kosten aus den Verbrauchswerten nicht witterungsbereinigte Werte erforderlich sind. Die witterungsbereinigte Entwicklung der Verbrauchswerte ist im Abschnitt 2.7 (Seite 37) dargestellt.

Energie- und Wasserverbrauch	2019	Veränderung zum Vorjahr
Strombezug	164.394 MWh/a	-6,5 %
Strom Eigenproduktion (Klärgas und Klärschlamm)	17.314 MWh/a	10,4 %
Strom Eigenproduktion (Erdgas-BHKW Eigenverbrauch)	16.763 MWh/a	60,2 %
Strom Eigenproduktion (Photovoltaik Eigenverbrauch)	656 MWh/a	8,6 %
Strom Netzeinspeisung (Photovoltaik und BHKW)	1.136 MWh/a	16,0 %
<b>Strom gesamt</b>	<b>199.127 MWh/a</b>	<b>-1,7 %</b>
Heizenergiebezug	263.284 MWh/a	0,6 %
Wärme aus Klärgas	16.069 MWh/a	13,5 %
Wärme aus Holzhackschnitzelanlagen	2.010 MWh/a	-56,4 %
Wärme aus Pelletanlagen	2.792 MWh/a	-2,4 %
Umweltwärme aus Wärmepumpen	2.840 MWh/a	-26,6 %
Thermische Solarenergie	1.542 MWh/a	-12,3 %
<b>Heizenergie gesamt</b>	<b>288.537 MWh/a</b>	<b>-0,1 %</b>
<b>Wasserbezug</b>	<b>1.984.848 m³/a</b>	<b>-8,6 %</b>

Tabelle 1 Energie- und Wasserverbrauch 2019

Der Anteil des erzeugten Stroms und der Heizenergie aus Klärgas, Klärschlamm, Solarenergie und Umweltwärme muss nicht von einem Versorgungsunternehmen eingekauft werden und verursacht daher keine Energiekosten. Separat ausgewiesen ist die Heizenergie aus Biomasseanlagen (Holzhackschnitzel- und Pelletanlagen). Nachrichtlich ist die Strommenge angegeben, die bei der Eigenproduktion von Photovoltaikanlagen und Blockheizkraftwerken (BHKWs) ins öffentliche Stromnetz eingespeist wird.

In der Landeshauptstadt Stuttgart wurde das Energiemanagement der städtischen Liegenschaften in unterschiedlichen Jahren eingeführt. Bei der Heizenergie begann das Energiemanagement in 1977, bei Strom in

1982 und bei Wasser in 1991. Werden der Flächen- und Gebäudezuwachs berücksichtigt wurden 2019 bei der Heizenergie bezogen auf das Jahr 1977 305.752 MWh, bei Strom bezogen auf das Jahr 1982 76.893 MWh und bei Wasser bezogen auf das Jahr 1991 1.144.321 m<sup>3</sup> Wasser eingespart (Tabelle 2). Die Heizenergieeinsparung entspricht einem Heizöläquivalent von 30,6 Mio. Liter mit einem Heizenergieverbrauch von 20.383 Vier-Personen-Haushalten. Die Stromeinsparung entspricht dem Jahresstromverbrauch von 21.695 Vier-Personen-Haushalten und die Wassereinsparung dem Jahreswasserverbrauch von 6.166 Vier-Personen-Haushalten. Die Einsparergebnisse sind auf Betriebsoptimierungen, Sanierungen und Umrüstung auf energieeffiziente Anlagen zurückzuführen.

Energie- und Wasserkosteneinsparung	2019	1977 - 2019
Heizenergieeinsparung (entspricht 1 Heizöl)	305.752 MWh/a 30.575.155 l/a	9.355.374 MWh 935.537.395 l
Stromeinsparungen	76.893 MWh/a	1.173.799 MWh (seit 1982)
Anzahl von 4-Personenhaushalten, die damit versorgt werden könnten	21.969	335.371
Wassereinsparung	1.144.321 m <sup>3</sup> /a	25.976.234 m <sup>3</sup> (seit 1991)
Ausgaben für Personal-, Datenver- arbeitungs- und Ingenieurkosten	1.197 T€/a	27.736 T€
Abschreibung und Verzinsung von Investitionen	4.827 T€/a	78.537 T€ (der letzten 20 Jahre)
Gesamtausgaben	6.024 T€/a	106.273 T€
Bruttokosteneinsparungen	46.648 T€/a	784.238 T€
Nettoeinsparungen	40.625 T€/a	722.240 T€

**Tabelle 2** Energie- und Wassereinsparung 2019 seit Einführung des Energiemanagements

Die Zahl der Anlagen mit erneuerbaren Energien hat sich von 2018 auf 2019 innerhalb der Stadtverwaltung von 112 Anlagen auf 140 erhöht. 2019 hat die Stadt 86 Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen), 21 Anlagen für Solarthermie, 19 Anlagen für holzartige Brennstoffe, 5 Biogasanlagen und 9 Anlagen mit Umweltwärme betrieben. Der Deckungsanteil der regenerativen Energien beim Heizenergieverbrauch liegt bei 12,5 % und beim Stromverbrauch 8,8 % (Tabelle 3). Der regenerative Anteil der Fernwärme für die städtischen Anlagen beträgt 12.186 MWh/a.

Zusätzlich zu den von der Stadt betriebenen 86 PV-Anlagen sind im Jahr 2019 auf 39 städtischen Dächern PV-Anlagen installiert, die von privaten Investoren oder durch die Stadtwerke Stuttgart errichtet und betrieben werden. Die Fläche dieser Anlagen beträgt insgesamt 27.392 m<sup>2</sup> und deren rechnerisch ermittelter jährlicher Ertrag liegt 2019 bei ca. 3.336 MWh/a.

Regenerative Energien	2019	Veränderung zum Vorjahr
Wärme aus Klärgas	16.069 MWh/a	13,5 %
Wärme aus Holzhackschnitzelanlagen	2.010 MWh/a	-56,4 %
Wärme aus Pelletanlagen	2.792 MWh/a	-2,4 %
<b>Summe Holz</b>	<b>4.802 MWh/a</b>	<b>-35,7 %</b>
Umweltwärme aus Wärmepumpen	2.840 MWh/a	-26,6 %
Thermische Solarenergie	1.542 MWh/a	-12,3 %
Anteil reg. Energien aus der Fernwärme	12.186 MWh/a	5,0 %
<b>Summe thermisch regenerativ erzeugt</b>	<b>37.439 MWh/a</b>	<b>-3,7 %</b>
Heizenergieanteil reg. Energien	12,5%	-1,2 % Punkte
Strom Eigenproduktion (aus Klärgas und Klärschlamm)	17.314 MWh/a	10,4 %
Photovoltaik (Eigenverbrauch)	656 MWh/a	8,6 %
Photovoltaik (eingespeist ins öffentliche Netz)	655 MWh/a	19,1 %
<b>Summe Strom regenerativ erzeugt (Eigenverbrauch)</b>	<b>17.971 MWh/a</b>	<b>10,3 %</b>
Stromanteil regenerative Energien (Eigenverbrauch)	8,8%	1,0 % Punkte

Tabelle 3 Regenerative Energien 2019

Um den Anteil der regenerativen Energien bis 2020 auf mindestens 20 % und bis 2030 auf 100 % zu erhöhen, ist ein verstärkter Ausbau erforderlich. Im Wärmebereich zählt dazu z. B. der Bau weiterer Holzhackschnitzel- und Pelletanlagen. Auch der regenerative Anteil bei der Fernwärme sollte erhöht werden. Im Strombereich ist es durch die Reduzierung der Einspeisevergütung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) sinnvoll, den in den Photovoltaikanlagen erzeugte Strom möglichst im jeweiligen Gebäude selbst zu nutzen.

Die Stadt strebt als weiteres Klimaschutzziel an, den Primärenergieverbrauch der städtischen Gebäude bis 2020 gegenüber 1990 um 20 % zu reduzieren. Der Primärenergieverbrauch leitet sich mit Hilfe der Primärenergiefaktoren aus dem Endenergieverbrauch ab. Ausgangspunkt der Berechnung ist der an der Gebäudengrenze anfallende Verbrauch an Heizenergie und elektrischer Energie unter Berücksichtigung der für den Transport benötigten Hilfsenergien und der vorgelagerten Prozessketten bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung. Die eingesetzten Brennstoffe bzw. Energieträger werden mit unterschiedlichen Primärenergiefaktoren berücksichtigt. D. h., je geringer der Endenergieverbrauch und die vorgelagerten Verteilverluste sowie je effizienter die Erneuerung und Umwandlung, desto geringer der Primärenergieverbrauch.

Der Primärenergiebezug ist der Primärenergieverbrauch aller eingekaufter Energiearten, d. h. ohne z. B. Solarenergie. Die Entwicklung des Primärenergiebezugs ist in Bild 13 dargestellt. Als Vergleichsmaßstab für die städtische Entwicklung des Primärenergiebezugs wurde in Anlehnung an die Entwicklung der Emissionen das gleiche Referenzjahr 1973 gewählt. 2019 hat sich der witterungsbereinigte Primärenergieverbrauch gegenüber 1973 um 58,9 % und gegenüber 1990 - dem international vereinbarten Jahr zur Darstellung der Klimaschutzziele - um 63,3 % reduziert. Der witterungsbereinigte Heizprimärenergiebezug ging gegenüber 1973 um 33,9 % und gegenüber 1990 um 21,5 % zurück. Der Stromprimärenergiebezug reduzierte sich gegenüber 1973 um 99,1 % und gegenüber 1990 um 99,4 %. Der starke Rückgang beim Stromprimärenergiebezug ist auf den Bezug der städtischen Liegenschaften mit Ökostrom zurückzuführen. Gleichzeitig erhöhte sich der Strombezug seit 1990 um 21 %. Dieser Anstieg ist durch eine generell höhere technische Ausstattung an elektrischen Geräten, das erweiterte Nutzungsangebot (EDV, Mensen, Betreuungsangebote, Abendschulen, usw.), sowie einen Flächenzuwachs von 15,4 % seit 1990 begründet.

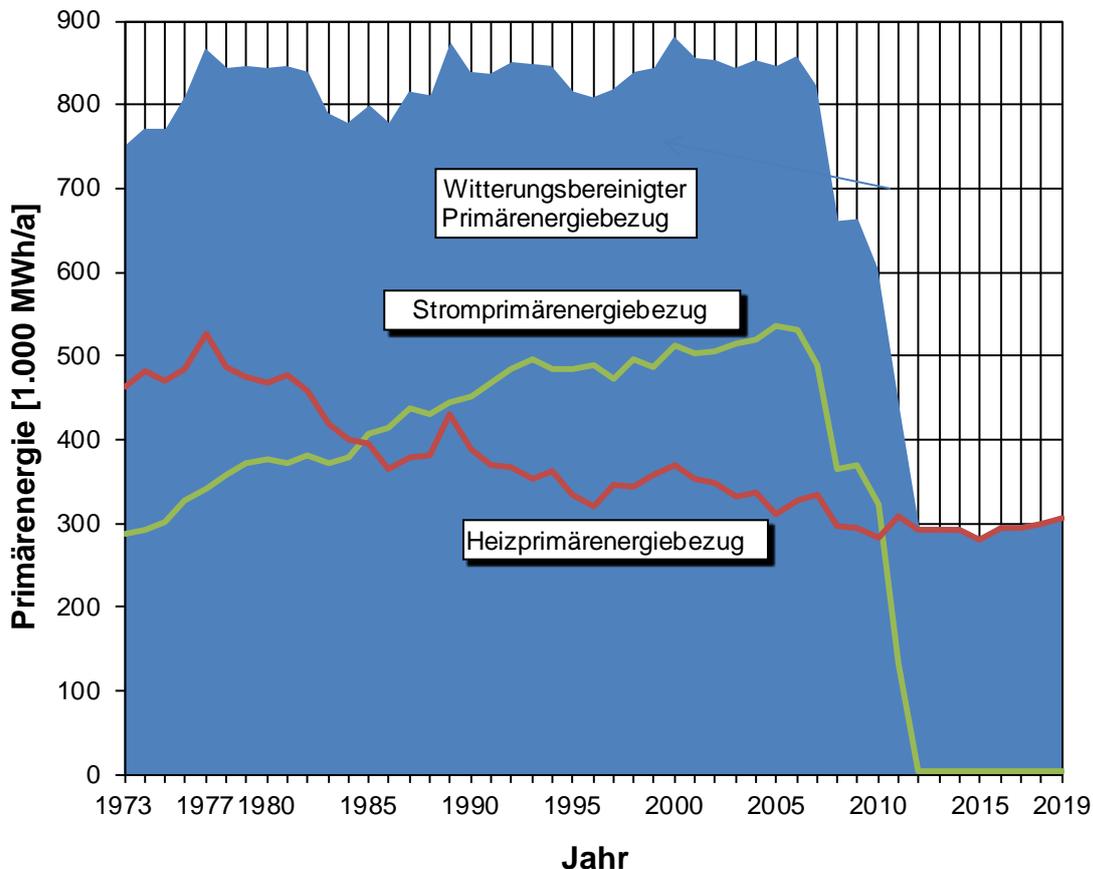


Bild 13 Entwicklung des Primärenergiebezugs von 1973 bis 2019

## 2.2 Entwicklung des Energie- und Wasserbezugs sowie deren Kosten

Der Energie- und Wasserbezug der städtischen Liegenschaften, die jährlichen Bezugskosten und die durchschnittlichen Preise in 2019 sind in Tabelle 4 dargestellt. Der Energiebezug fällt gegenüber dem Energieverbrauch etwas geringer aus, da im Bezug die Strom- und Wärmeerzeugung der Anlagen, die Klärgas, Klärschlamm, Solarenergie und Umgebungswärme nutzen, nicht enthalten sind.

Der Strombezug und die Stromkosten sind nach Verwendungsart und Eigenproduktion (aus erdgasbefeuerten BHKWs) unterteilt. Strom, der zu Heizzwecken (Heizstrom) eingesetzt wird, ist bei der Heizenergie erfasst. Der Heizenergiebezug und die Heizkosten sind nach Energieträger differenziert. Wasser wird unterschieden zwischen Frischwasser, Abwasser und Niederschlagswasser. Die energetischen Bezugsmengen sind in der Bezugseinheit und in MWh/a dargestellt. Deren prozentualen Anteile sind sowohl bei der Gesamtenergiemenge als auch innerhalb des Strom- und Heizenergiebedarfs angegeben. Die Kosten sind als Gesamtenergiekosten einschließlich der Wasserkosten ausgewiesen.

Aus den Jahreskosten und dem Jahresbezug errechnen sich die über das Jahr gemittelten Preise. In 2019 blieben die Preise für den Bezug von Erdgas und Heizöl nahezu konstant. Der Fernwärmepreis stieg um 7,6 %. Der durchschnittliche Preis des Heizenergiebezuges stieg gegenüber dem Vorjahr um 4,0 %. Diese

Preiszunahme und die gleichzeitige Erhöhung der bezogenen Heizenergiemenge um 0,6 % erhöhten die Heizenergiekosten um 4,7 %. Aufgrund des erhöhten spezifischen Strompreises (+1,4 %) und des geringeren Bezugs von 2,7 % reduzierten sich die Stromkosten um 1,4 %. Insgesamt lagen die Gesamtenergie- und Wasserkosten der Ämter und Eigenbetriebe mit 63,8 Mio. Euro um 0,1 % minimal unter den Kosten des Vorjahrs. In Bild 14 ist die Entwicklung der Energie- und Wasserkosten seit 1973 dargestellt.

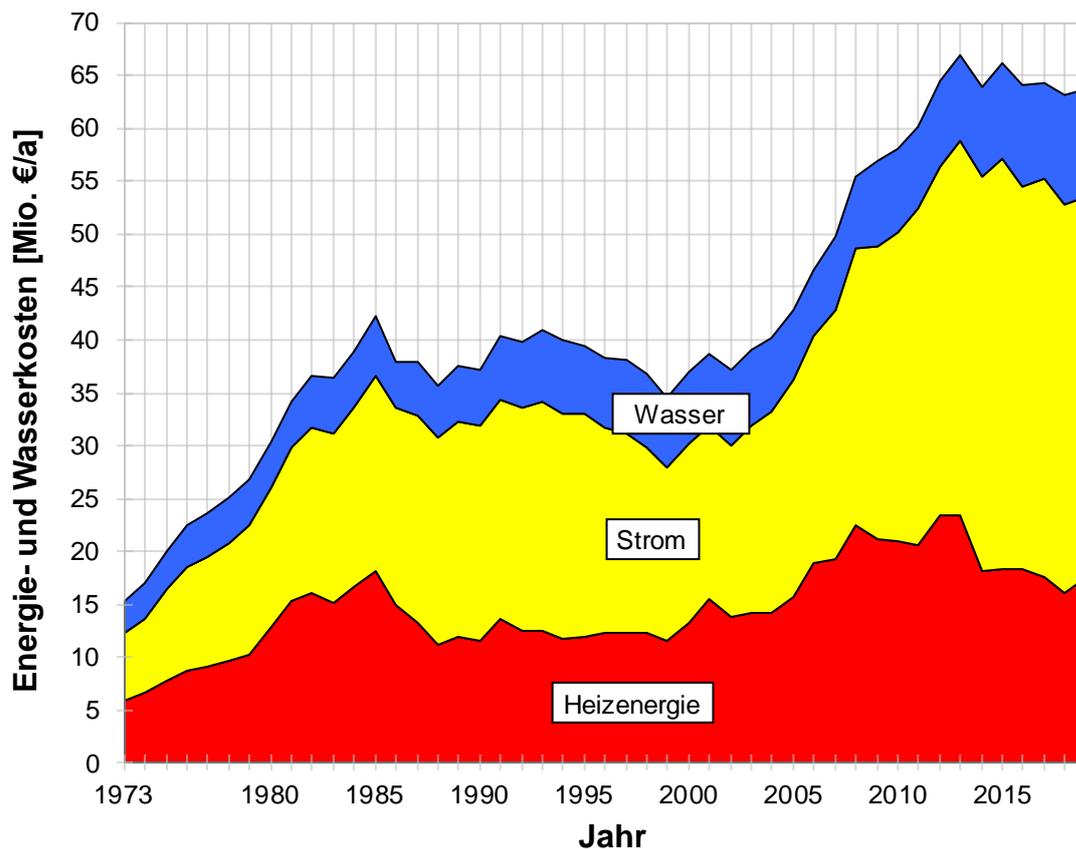


Bild 14 Entwicklung der Energie- und Wasserkosten bis 2019

LANDESHAUPTSTADT STUTTGART ENERGIESTATISTIK 2019	BEZUG					KOSTEN					PREIS			
	EIN- HEIT	BEZUGS- MENGE	MWh/a	GESAMT- ENERGIE	STROM HEIZENER. Z. VORJ.	VERÄND. Z. VORJ.	€/a	GESAMT- KOSTEN	ENERGIE- KOSTEN	STROM HEIZENER. Z. VORJ.	VERÄND. Z. VORJ.	€/MWh	€/m³/€/m² Z. VORJ.	VERÄND.
Licht- und Kraftstrom	kWh	140.547.816	140.548	31,6 %	77,6 %	-6,8 %	30.364.239	47,6 %	56,6 %	84,1 %	-2,3 %	216,04		4,8 %
Straßenbel./Verkehrssignalanlage	kWh	23.845.746	23.846	5,4 %	13,2 %	-4,5 %	4.881.456	7,7 %	9,1 %	13,5 %	-2,8 %	204,71		1,9 %
Eigenproduktion	kWh	16.763.089	16.763	3,8 %	9,3 %	60,2 %	858.309	1,3 %	1,6 %	2,4 %	64,7 %	51,20		2,8 %
<b>STROM GESAMT</b>	<b>kWh</b>	<b>181.156.651</b>	<b>181.157</b>	<b>40,8 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>-2,7 %</b>	<b>36.104.003</b>	<b>56,6 %</b>	<b>67,3 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>-1,4 %</b>	<b>199,30</b>		<b>1,4 %</b>
Heizöl	l	1.059.225	10.592	2,4 %	4,0 %	8,2 %	708.721	1,1 %	1,3 %	4,0 %	8,0 %	66,91		-0,1 %
Flüssiggas	l	30.137	198	0,0 %	0,1 %	-43,5 %	16.881	0,0 %	0,0 %	0,1 %	-42,2 %	85,26		2,2 %
Biomasse	kWh	4.802.330	4.802	1,1 %	1,8 %	-35,7 %	147.547	0,2 %	0,3 %	0,8 %	1,1 %	30,72		57,3 %
Femwärme	kWh	71.681.495	71.681	16,1 %	27,2 %	0,7 %	7.614.043	11,9 %	14,2 %	43,4 %	8,4 %	106,22		7,6 %
Erdgas	kWh <sub>Ho</sub>	213.437.590	192.734	43,4 %	73,2 %	5,2 %	9.823.989	15,4 %	18,3 %	56,0 %	5,3 %	50,97		0,1 %
dav. für Strompro. Eigen. Einspeisung	kWh <sub>Ho</sub>	19.154.155	17.296	3,9 %	6,6 %	58,4 %	886.167	1,4 %	1,7 %	5,1 %	63,4 %	51,23		3,1 %
<b>ERDGAS</b>			<b>175.438</b>	<b>39,5 %</b>	<b>66,6 %</b>	<b>1,8 %</b>	<b>8.937.821</b>	<b>14,0 %</b>	<b>16,7 %</b>	<b>50,9 %</b>	<b>1,7 %</b>	<b>50,95</b>		<b>-0,1 %</b>
Heizstrom	kWh	571.948	572	0,1 %	0,2 %	0,1 %	117.860	0,2 %	0,2 %	0,7 %	1,3 %	206,07		1,2 %
<b>Heizenergiebezug GESAMT</b>			<b>263.284</b>	<b>59,2 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>0,6 %</b>	<b>17.542.873</b>	<b>27,5 %</b>	<b>32,7 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>4,7 %</b>	<b>66,63</b>		<b>4,0 %</b>
<b>GESAMTENERGIE</b>			<b>444.441</b>	<b>100,0 %</b>		<b>-0,8 %</b>	<b>53.646.876</b>	<b>84,2 %</b>	<b>100,0 %</b>			<b>120,71</b>		<b>1,3 %</b>
Fischwasser	m³	1.984.848				-8,6 %	5.286.060	8,3 %			-3,7 %	2,66		5,4 %
Schmutzwasser	m³	1.849.428				-5,9 %	3.070.050	4,8 %			-5,9 %	1,66		0,0 %
Versiegelte Fläche	m²	2.460.555				2,8 %	1.746.994	2,7 %			2,8 %	0,71		0,0 %
<b>WASSER GESAMT</b>							<b>10.103.104</b>	<b>15,8 %</b>			<b>-3,3 %</b>	<b>5,09</b>		<b>5,8 %</b>
<b>ENERGIE-/WASSERKOSTEN</b>							<b>63.749.980</b>	<b>100,0 %</b>			<b>-0,1 %</b>			

Tabelle 4 Energiebezug und Energiekosten der städtischen Liegenschaften 2019

## 2.3 Verbrauchsentwicklung der städtischen Ämter und Eigenbetriebe

Ein Vergleich unterschiedlicher Heiz-, Strom- und Wasserkennwerte in verschiedenen genutzten Gebäuden ist in Tabelle 5 dargestellt. Die Kennwerte stellen die auf die beheizte Nettogrundfläche bezogenen durchschnittlichen Verbrauchswerte in den Gebäuden dar. Die Ausnahme bilden die Kennwerte der Hallenbäder, bei denen die Verbrauchswerte nicht auf die beheizte Nettogrundfläche, sondern auf die Beckenoberfläche bezogen sind.

Gebäudeart	Verbrauchsgröße	EnEV Referenzwert [kWh/m²a / l/m²a]	2016	2017		2018		2019	
			Kennwert	Kennwert	Veränder. z. Vorj. [%]	Kennwert	Veränder. z. Vorj. [%]	Kennwert	Veränder. z. Vorj. [%]
Verwaltungsgebäude	Heizung	120	100,8	108,1	7,2	112,5	4,1	107,3	-4,6
	Strom	90	45,3	48,2	6,4	43,0	-10,8	44,7	4,0
	Wasser		341,5	288,9	-15,4	365,0	26,3	329,3	-9,8
Schulgebäude	Heizung	75	86,7	84,5	-2,5	89,4	5,8	87,2	-2,5
	Strom	7	27,2	26,8	-1,5	27,4	2,2	27,5	0,4
	Wasser		215,6	182,8	-15,2	181,4	-0,8	211,5	16,6
Schulgebäude mit Turnhalle	Heizung	90	96,8	102,2	5,6	104,9	2,6	103,4	-1,4
	Strom	22	20,6	20,7	0,5	21,3	2,9	20,6	-3,3
	Wasser		183,9	181,8	-1,1	195,2	7,4	192,5	-1,4
Hallenbad	Heizung		2.850,9	3.124,4	9,6	3.013,4	-3,6	2.870,2	-4,8
	Strom		856,5	868,1	1,4	888,4	2,3	851,5	-4,2
	Wasser		28.799,1	30.850,4	7,1	33.346,0	8,1	34.456,4	3,3
Krankenhaus	Heizung	185	185,4	182,4	-1,6	183,6	0,7	185,2	0,9
	Strom	90	122,2	119,3	-2,4	120,3	0,8	118,6	-1,4
	Wasser		1.094,2	1.032,3	-5,7	1.121,6	8,7	1.072,8	-4,4
Altenheim	Heizung	100	116,8	116,3	-0,4	136,0	16,9	119,9	-11,8
	Strom	37	43,7	41,8	-4,3	38,9	-6,9	39,5	1,5
	Wasser	-	826,7	803,3	-2,8	816,1	1,6	693,0	-15,1

**Tabelle 5** Energiekennwertevergleich der Jahre 2016 bis 2019

Als Vergleichskennwerte für die Heiz- und Stromverbräuche der ausgewählten Gebäudearten sind die Verbrauchskennwerte der Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) angeführt. In der EnEV sind nur Energie- und keine Wasserkennwerte angegeben, sodass sich Lücken bei den Vergleichswerten ergeben. Darüber hinaus sind die Vergleichswerte von Hallenbädern in der EnEV auf die Nettogrundfläche und nicht wie bei den städtischen Bädern auf die Wasserbeckenoberfläche bezogen.

Aus dem Kennwertevergleich kann abgelesen werden, dass der Energieverbrauch der städtischen Liegenschaften zum Teil deutlich unter den Vergleichswerten der EnEV liegen. Einzige Ausnahme ist der Stromverbrauch der städtischen Schulen, der mit durchschnittlich 27,5 kWh/m²a im Vergleich zum Referenzwert von 7 kWh/m²a über diesem liegt. Der Unterschied kommt durch die hohe elektrische Ausstattung der städtischen Schulen mit z. B. Whiteboard, Aufzügen und Küchen bzw. Mensen im Vergleich zum Bundesmixin zustande und hat sich in den letzten Jahren erhöht.

In Bild 15 und Bild 16 ist der Verlauf der Heiz- und Stromkennwerte für Verwaltungsgebäude, Schulen, Altenheime und Krankenhäuser dargestellt. Die überwiegend positive d. h. fallende Entwicklung der Heizkennwerte (Schulen, Krankenhäuser, Verwaltungsgebäude und Altenheime) hat sich 2019 im Schnitt der letzten Jahre nicht fortgesetzt. Die Veränderung im Bereich der Krankenhäuser liegt an der anhaltenden Umstrukturierung.

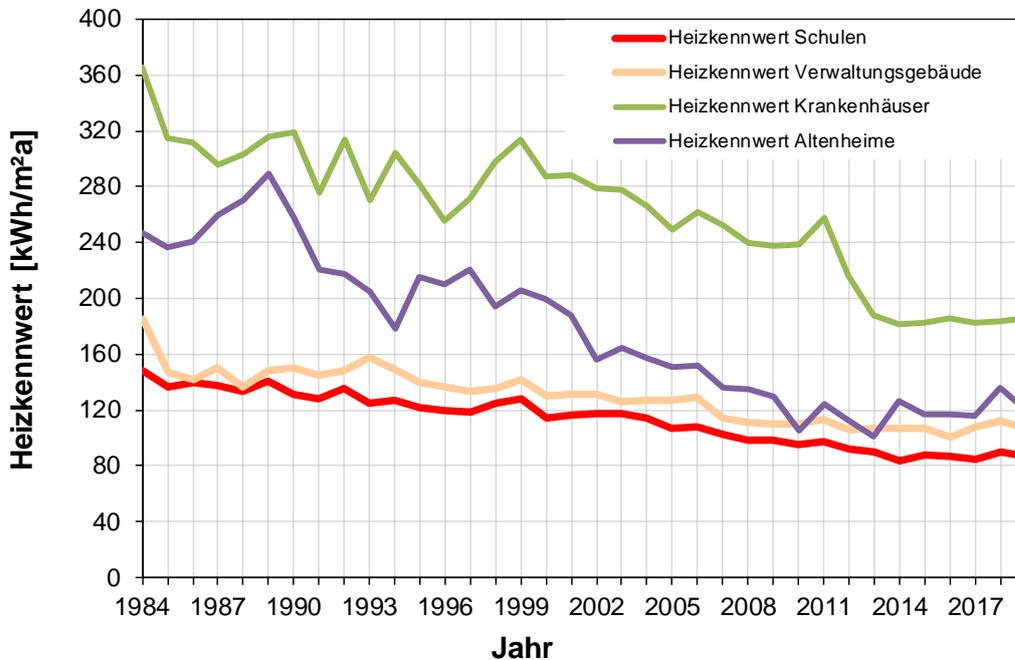


Bild 15 Entwicklung der Heizkennwerte in ausgewählten städtischen Liegenschaften

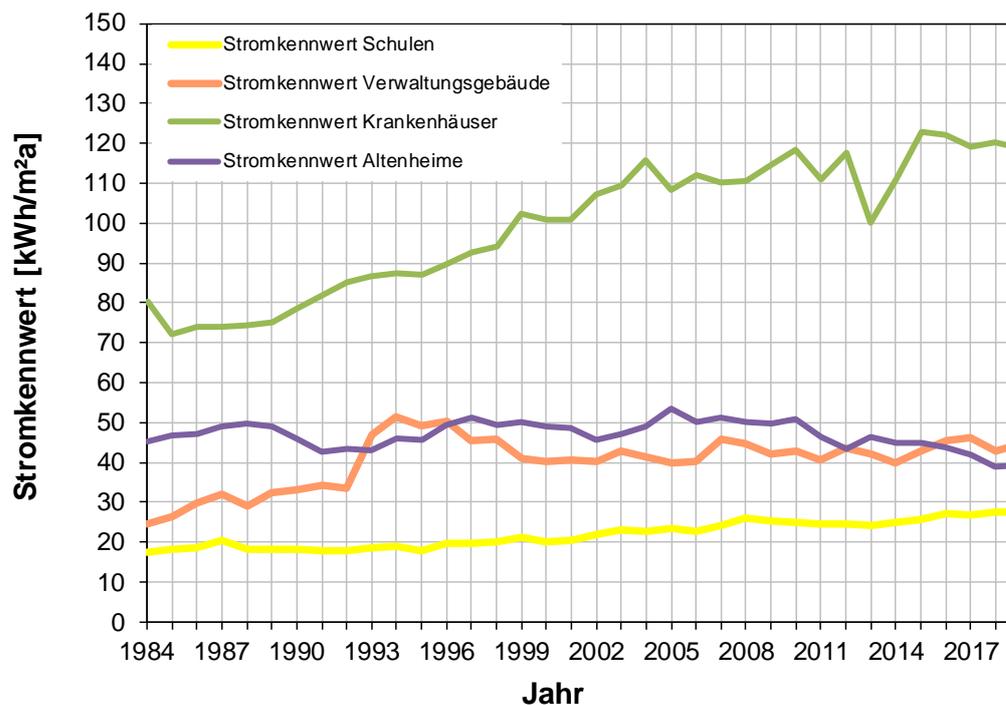


Bild 16 Entwicklung der Stromkennwerte in ausgewählten städtischen Liegenschaften

## 2.4 Kostenentwicklung der Ämter und Eigenbetriebe

Wie in den Jahren zuvor, entfällt der größte Teil der Energiekosten mit einem Anteil von 19,6 % (12,5 Mio. Euro) auf das Schulverwaltungsamt mit 180 schulische Liegenschaften (Tabelle 6), gefolgt vom Klinikum Stuttgart mit einem Anteil von 14,6 % (9,4 Mio. Euro) und dem Tiefbauamt mit einem Anteil von 10,6 % (6,8 Mio. Euro).

	2016	2017			2018			2019		
	Mio. €	Mio. €	Ver- änder. z.Vorj. in %	Kosten- anteil in %	Mio. €	Ver- änder. z.Vorj. in %	Kosten- anteil in %	Mio. €	Ver- änder. z.Vorj. in %	Kosten- anteil in %
Schulverwaltungsamt	12,4	11,9	-4,2	18,6	11,8	-0,9	18,5	12,5	6,3	19,6
Krankenhäuser	9,5	9,5	0,2	14,8	9,9	4,3	15,5	9,4	-5,4	14,6
Tiefbauamt	6,7	6,9	3,1	10,9	6,9	-0,7	10,8	6,8	-1,9	10,6
SES	6,2	6,5	4,7	10,1	6,5	0,2	10,2	6,5	-0,1	10,1
BBS	4,3	4,0	-7,8	6,2	4,1	3,0	6,4	4,3	5,4	6,7
Sozialamt	5,4	5,3	-3,1	8,2	6,1	16,1	9,5	5,4	-10,9	8,5
Amt für Liegenschaften und Wohnen	2,8	3,1	11,1	4,9	3,2	1,7	5,0	3,5	8,7	5,4
VMS/VMS KG	2,3	2,7	17,3	4,3	2,9	6,5	4,5	2,9	-0,7	4,5
Jugendamt	1,9	2,0	7,3	3,2	1,9	-6,4	3,0	1,9	1,7	3,0
Garten-, Friedhofs- und Forstamt	1,5	1,5	-4,0	2,3	1,6	9,6	2,5	1,7	5,0	2,6
ELW	1,4	1,4	-4,1	2,1	1,4	3,6	2,2	1,3	1,3	2,0
Hauptamt mit Bezirksämtern	1,2	1,2	-1,2	1,9	1,2	-1,0	1,9	1,4	14,0	2,1
Stadion Neckarpark	1,5	1,5	3,2	2,4	---	---	---	---	---	---
Amt für Sport und Bewegung	0,9	0,8	-14,6	1,2	0,8	4,7	1,3	0,7	-12,7	1,1
AWS	0,7	0,7	6,7	1,2	0,8	6,8	1,3	0,9	6,7	1,3
Kulturamt	0,8	1,0	13,7	1,5	1,1	14,7	1,7	1,1	-4,5	1,6
Branddirektion	0,8	0,8	4,0	1,3	0,9	7,2	1,4	0,9	-1,9	1,4
Sonstige Ämter	1,8	1,3	-25,0	2,1	1,2	-9,2	1,9	1,3	8,6	2,0
Kosten für versiegelte Flächen	1,7	1,7	1,7	2,7	1,7	-2,5	2,7	1,7	2,7	2,7
<b>Gesamt</b>	<b>64,0</b>	<b>64,0</b>	<b>0,0</b>	<b>100,0</b>	<b>63,9</b>	<b>-0,2</b>	<b>100,0</b>	<b>64,1</b>	<b>0,3</b>	<b>100,0</b>

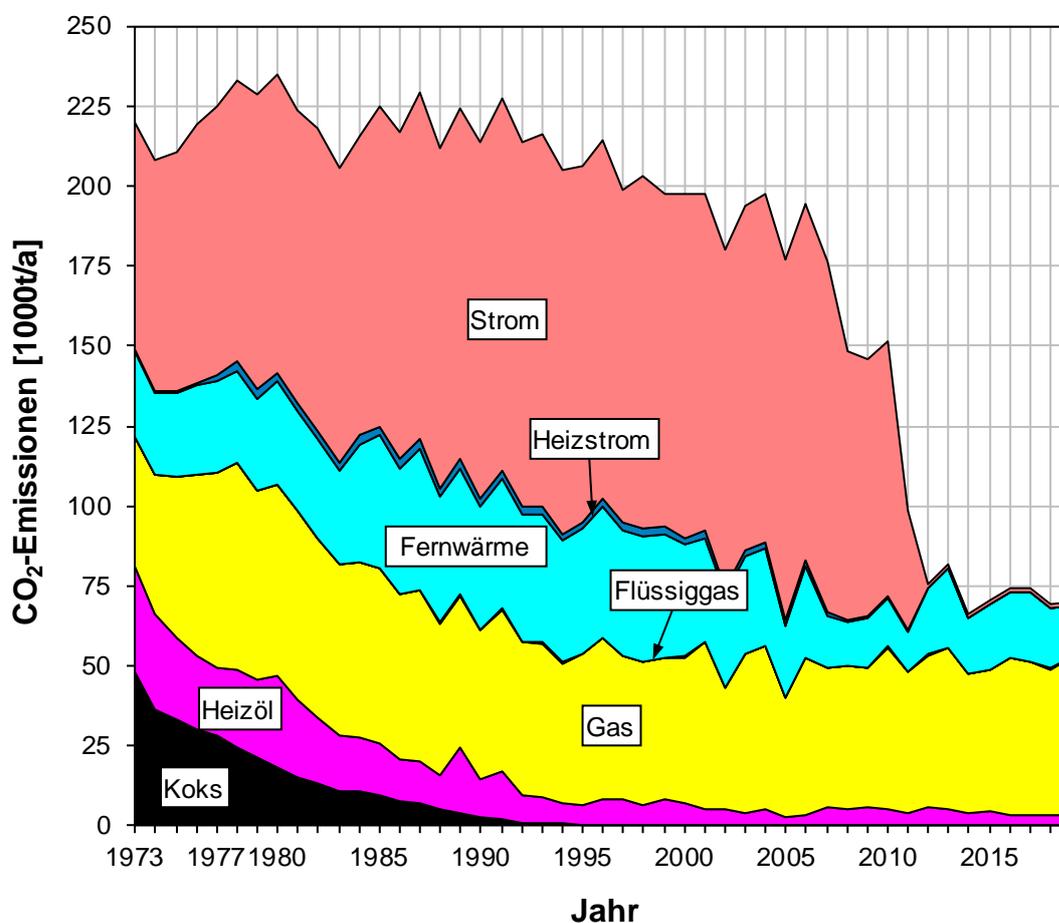
Tabelle 6 Energie- und Wasserkostenentwicklung einzelner Ämter und Eigenbetriebe

## 2.5 Emissionen der städtischen Liegenschaften

Nachfolgend sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen bilanziert, die durch Verbrennungsvorgänge in den städtischen Feuerungsanlagen der Gas-, Heizöl-, und Biomassefeuerungen entstehen und die Emissionen, die aus der Energieversorgung der städtischen Liegenschaften resultieren. Als Referenzjahre ist das Jahr 1973 und das im

internationalen Vergleich der Klimaschutzziele festgelegte Jahr 1990 angegeben. Das Referenzjahr 1973 wurde zu Beginn des städtischen Energiemanagements für die Bewertung der Emissionen festgelegt und seitdem beibehalten.

Neben den CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Kohle-, Heizöl- und Gasfeuerungsanlagen verursacht die Nutzung der übrigen Energieträger, wie Fernwärme und Strom, ebenfalls CO<sub>2</sub>-Emissionen. In Bild 17 sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen als CO<sub>2</sub>-Äquivalente der gesamten städtischen Liegenschaften für alle Energiearten seit 1973 dargestellt. Die spezifischen Treibhausgas-Emissionsfaktoren der Fernwärme werden aus den in den Stuttgarter Kraftwerken eingesetzten Energieträgern berechnet. Für Strom wird mit der Datenbank Ecoinvent der spezifische Treibhausgasfaktor des Ökostrombezugs der städtischen Liegenschaften ermittelt. In den Emissionsfaktoren sind die Emissionen vorausgegangener Umwandlungen und Vorketten berücksichtigt.



**Bild 17** Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den städtischen Liegenschaften

1990 lag der Ausstoß an CO<sub>2</sub>-Emissionen der Brennstoffe, die zur städtischen Wärmeversorgung beitragen, bei 102.237 t/a. In 2019 reduzierte sich dieser Ausstoß gegenüber 1990 um ca. 32,9 % (33.597 t/a) auf insgesamt 68.640 t/a. Bis 2010 ist der Strombereich bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen dominierend. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß stieg in den Jahren 2001 bis 2005 kräftig an. In den Jahren 2008 bis 2010 wurde durch die Beschaffung von 25 % Ökostrom eine erste Reduktion erreicht. Die Erhöhung des Ökostromanteils auf 67 % im Jahr 2011 und auf 100 % ab dem Jahr 2012 brachte noch einmal eine starke Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes mit sich. 2019 erhöhte sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß gegenüber 2018 minimal um 0,1 %.

Bei dem angestrebten Reduktionsziel der CO<sub>2</sub>-Emissionen von 40 % bis 2020 orientiert sich die Landeshauptstadt Stuttgart an den bundespolitischen Zielen und geht über die Verpflichtungen aus dem Konvent der Bürgermeister hinaus (CO<sub>2</sub>-Einsparung um mindestens 20 %). Die Anstrengung zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes zeigt Erfolg. So sanken durch Energieeinsparungen, den vermehrten Einsatz regenerativer Energien und vor allem durch den erhöhten Bezug von Ökostrom die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen von 213.681 tCO<sub>2</sub> (1990) auf 69.774 tCO<sub>2</sub> in 2019. Dies entspricht einer Reduzierung um 67,3 %. Damit wurde das Einsparziel für 2020 bereits erreicht. Da langfristig eine Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes von 100 % angestrebt wird, müssen vor allem im Wärmebereich zusätzliche CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale gefunden und genutzt werden.

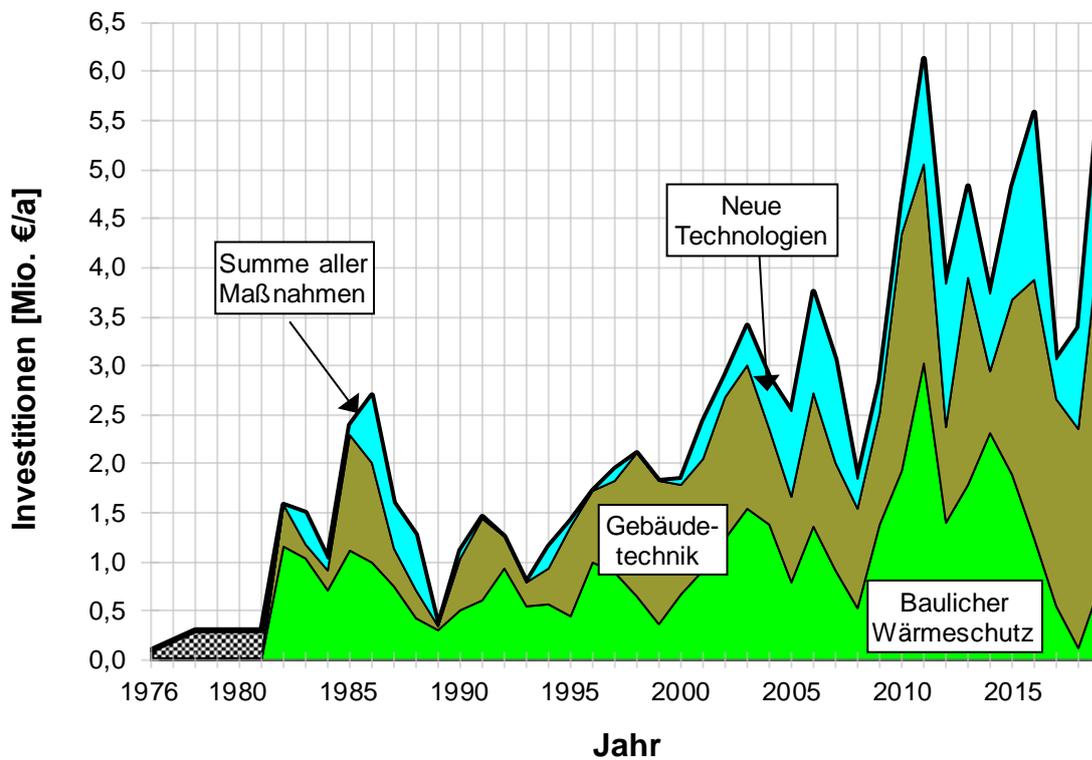
## 2.6 Investitionen

Die Investitionen für zusätzliche energiesparende Maßnahmen im Rahmen von Sanierungsarbeiten basieren auf einer Umfrage bei den städtischen Ämtern und Eigenbetrieben (Tabelle 7). Die einzelnen Maßnahmen werden in drei Kategorien zusammengefasst: Baulicher Wärmeschutz (Wärmedämmung, Fenstererneuerung), Gebäudetechnik (Wärmeerzeugung, -rückgewinnung, Regelanlagen, Wassereinsparung, Elektrotechnik) und neue Technologien (regenerative Energien, Blockheizkraftwerke / Wärmepumpen (BHKW/WP), Sonstiges).

Maßnahme	2016		2017		2018		2019	
	Mio.€/a	%	Mio.€/a	%	Mio.€/a	%	Mio.€/a	%
Wärmedämmung	1,124	21,7	0,298	20,1	0,101	9,7	0,612	10,0
Fenstererneuerung	0,117	17,3	0,245	2,1	0,023	8,0	0,223	3,6
Baulicher Wärmeschutz	1,242	38,9	0,543	22,3	0,124	17,7	0,835	13,6
Wärmeerzeug./Rückgew.	0,652	16,0	0,197	11,7	0,228	6,4	0,667	10,9
Regelanlagen	0,272	8,9	0,083	4,9	0,258	2,7	0,135	2,2
Wassereinsparung	0,737	0,3	0,916	13,2	0,000	29,9	0,213	3,5
Elektrotechnik	0,964	12,0	0,910	17,3	1,752	29,7	2,692	43,9
Gebäudetechnik	2,625	37,2	2,106	47,0	2,239	68,8	3,706	60,5
Regenerative Energien	0,448	3,7	0,120	8,0	0,408	3,9	0,132	2,2
BHKW/WP	0,226	19,9	0,290	4,0	0,640	9,5	1,255	20,5
Sonstiges	1,039	0,3	0,000	18,6	0,004	0,0	0,198	3,2
<b>Neue Technologien</b>	<b>1,713</b>	<b>23,9</b>	<b>0,411</b>	<b>30,7</b>	<b>1,052</b>	<b>13,4</b>	<b>1,585</b>	<b>25,9</b>
<b>Gesamt</b>	<b>5,581</b>	<b>100,0</b>	<b>3,060</b>	<b>100,0</b>	<b>3,414</b>	<b>100,0</b>	<b>6,127</b>	<b>100,0</b>

**Tabelle 7** Investitionen für Energiesparmaßnahmen

Die Investitionen im Neubaubereich, die über die gesetzlichen Vorgaben hinausgehen, werden in dieser Darstellung nicht berücksichtigt. Die investiven Maßnahmen werden in der Regel vom Hoch- bzw. Tiefbauamt geplant und umgesetzt. Ein Teil dieser Investitionen ist über das stadtinterne Contracting finanziert. Im Jahr 2019 wurden insgesamt 6,127 Mio. Euro in energiesparende Maßnahmen investiert. Bei den Investitionen wird zwischen den Kosten für den baulichen Wärmeschutz, der Gebäudetechnik und für neue Technologien unterschieden. In Bild 18 ist die Entwicklung der Investitionen von 1976, dem Jahr vor Einführung des städtischen Energiemanagements, bis 2019 dargestellt.



**Bild 18** Investitionen für energiesparende Maßnahmen

Beim baulichen Wärmeschutz erhöhten sich im Vergleich zum Jahr 2018 die Investitionen um 0,292 Mio. Euro. Im Bereich neue Technologien erhöhten sich die Investitionen um 1,174 Mio. Euro, ebenso erhöhten sich die Investitionen in die Gebäudetechnik um 1,600 Mio. Euro.

Gew erk	2018	2019	Veränderungen ggü. 2018
Baulicher Wärmeschutz	0,543 Mio. Euro	0,835 Mio. Euro	53,8%
Gebäudetechnik	2,106 Mio. Euro	3,706 Mio. Euro	76,0%
Neue Technologien	0,411 Mio. Euro	1,585 Mio. Euro	285,6%
Gesamt	3,060 Mio. Euro	6,126 Mio. Euro	100,2%

**Tabelle 8** Aufteilung der Investitionskosten auf einzelne Gewerke

## 2.7 Heizenergieeinsparung

Um den Heizenergieverbrauch unterschiedlich kalter Jahre miteinander vergleichen zu können, wird der tatsächliche Heizenergieverbrauch auf ein festgelegtes durchschnittlich kaltes Jahr (Normaljahr) mit Hilfe der Gradtagszahl normiert. Dieser Wert wird als witterungsbereinigter Heizenergieverbrauch bezeichnet. Dadurch kann der Heizenergieverbrauch jeweils mit den Vorjahren verglichen werden. Die Erzeugung von Brauchwarmwasser und für Prozesswärme ist unabhängig von der Außentemperatur und wird nicht witterungsbereinigt. Die Gradtagszahl wird gebildet, indem bei Tagen mit einer Tagesmitteltemperatur von unter 15 °C der Wert der Tagesmitteltemperatur von einer festgelegten Raumtemperatur von 20 °C abgezogen und über einen bestimmten Zeitraum (z. B. ein Jahr) aufsummiert wird. Je höher dieser Wert ausfällt, desto kälter war das Jahr. Die Normgradtagszahl für Stuttgart beträgt 3.555 Kd/a.

In Tabelle 9 ist der Heizenergiebezug, die Heizenergieeinsparung und die Heizkosteneinsparung seit Einführung des Energiemanagements Heizung in 1977 dargestellt. Der Heizenergiebezug setzt sich aus dem witterungsbereinigten Heizenergieverbrauch der Anlagen zusammen, die über Dritte (Energieversorgungsunternehmen und Energielieferanten) mit Brennstoffen versorgt werden. Der Wärmeverbrauch der Anlagen, die keine Kosten für die Brennstoffe verursachen, wie bei der Klärgasverbrennung, den thermischen Solaranlagen und bei der Nutzung der Umweltwärme bei Wärmepumpen, sind im Heizenergiebezug nicht berücksichtigt.

Der Heizenergiebezug beläuft sich unter Berücksichtigung der im Zeitraum 1977 bis 2019 neu hinzugekommener, veräußerter bzw. stillgelegter Liegenschaften in 2019 auf 311.326 MWh/a. Gegenüber dem Vorjahr ist der Heizenergiebezug um 0,59 % bzw. um 1.836 MWh/a gestiegen.

Ohne Berücksichtigung der seit Einführung des Energiemanagements Heizung umgesetzten Energiesparmaßnahmen würde sich der Heizenergiebezug in 2019 auf insgesamt 617.078 MWh/a belaufen. Die jährliche Einsparung an Heizenergie beträgt 305.752 MWh/a und die seit Beginn des Energiemanagements auf die Jahre kumulierte Einsparung 9.355.374 MWh/a. Mit diesen Einsparungen am Heizenergiebezug sind Einsparungen an Betriebskosten von jährlich 20,4 Mio. Euro/a und auf die Jahre kumuliert von insgesamt 483 Mio. Euro verbunden.

1

2

3

4

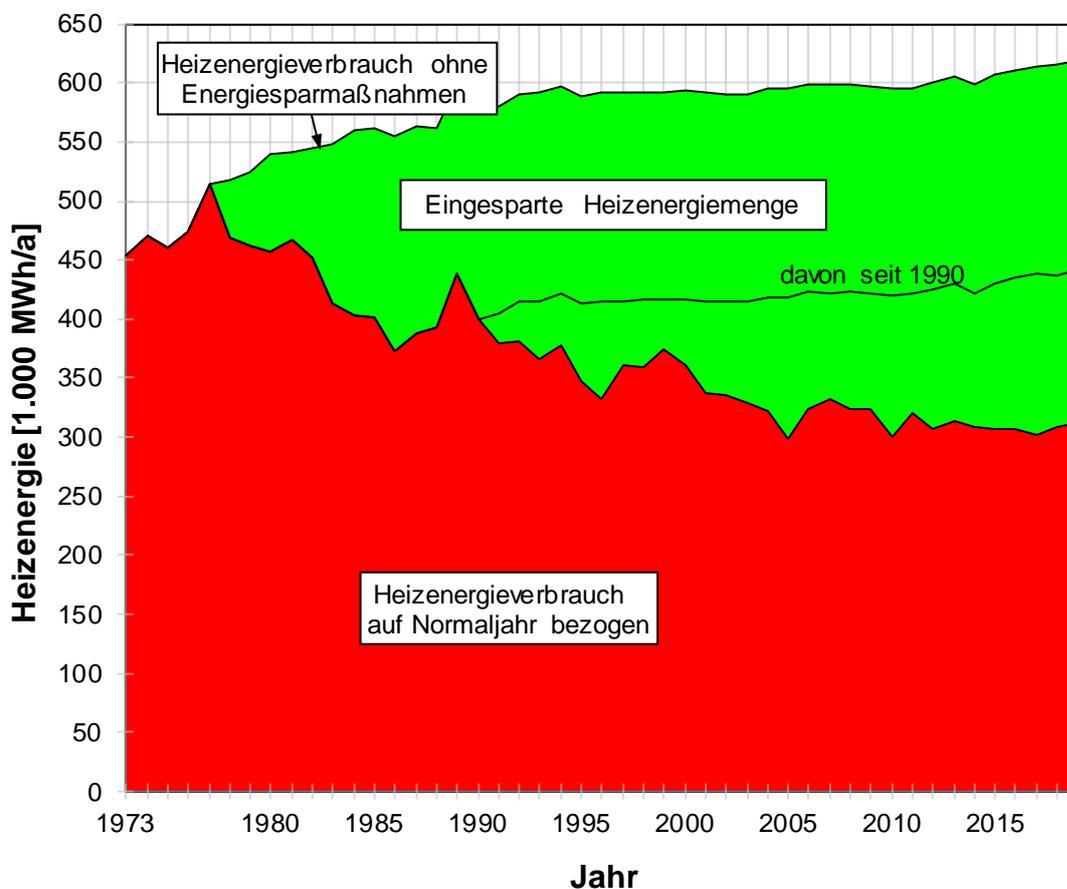
5

Jahr	Grad- tag zahl	Heizenergieverbrauch 1)				Heizenergieeinsparung			Heizkosteneinsparung		
		tatsächlicher Verbrauch	bereinigter Verbrauch	davon Neu- anlagen	ohne Ein- sparung	jährliche Einsparung	Anteil am Ges.- ver- brauch	kumulierte Einsparung	Preis	jährliche Kosten	kumulierte Kosten
	Kd	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	%	MWh	€/MWh	€/a	€
1977	3.202	463.814	514.947		514.947						
1978	3.643	481.133	469.511	2.215	517.162	47.651	9,2	47.651	19,91	949	949
1979	3.492	453.529	461.711	8.161	525.323	63.612	12,1	111.263	22,54	1.434	2.383
1980	3.691	474.823	457.327	14.415	539.738	82.411	15,3	193.673	27,25	2.246	4.628
1981	3.402	446.981	467.083	1.609	541.347	74.264	13,7	267.937	34,23	2.542	7.171
1982	3.302	419.337	451.467	2.801	544.148	92.681	17,0	360.618	38,46	3.565	10.736
1983	3.342	388.790	413.569	3.214	547.362	133.793	24,4	494.411	38,96	5.213	15.948
1984	3.694	418.080	402.348	13.379	560.741	158.393	28,2	652.804	39,74	6.294	22.242
1985	3.808	429.280	400.759	1.590	562.331	161.572	28,7	814.376	42,25	6.826	29.068
1986	3.778	395.349	372.013	-6.664	555.667	183.654	33,1	998.030	37,87	6.955	36.024
1987	3.842	420.088	388.707	7.735	563.402	174.695	31,0	1.172.724	31,42	5.489	41.512
1988	3.327	367.473	392.656	-2.196	561.206	168.550	30,0	1.341.274	30,21	5.091	46.604
1989	3.218	397.477	439.102	38.363	599.569	160.467	26,8	1.501.741	30,14	4.836	51.440
1990	3.192	359.135	399.976	-23.570	575.999	176.023	30,6	1.677.764	32,46	5.714	57.154
1991	3.652	389.674	379.324	4.216	580.215	200.891	34,6	1.878.655	35,09	7.049	64.203
1992	3.307	355.050	381.676	10.106	590.321	208.645	35,3	2.087.300	35,36	7.378	71.581
1993	3.451	354.895	365.643	1.052	591.373	225.730	38,2	2.313.030	35,18	7.942	79.522
1994	3.056	324.840	377.893	5.779	597.152	219.259	36,7	2.532.288	36,13	7.923	87.445
1995	3.496	341.688	347.415	-7.662	589.490	242.075	41,1	2.774.363	34,82	8.429	95.874
1996	3.942	368.236	332.060	1.857	591.347	259.287	43,8	3.033.650	33,58	8.706	104.580
1997	3.344	339.779	361.262	124	591.471	230.210	38,9	3.263.860	36,48	8.398	112.978
1998	3.308	334.216	359.203	1.105	592.577	233.374	39,4	3.497.234	36,69	8.562	121.540
1999	3.189	335.625	374.133	-231	592.346	218.213	36,8	3.715.446	34,45	7.518	129.057
2000	3.033	324.139	361.344	667	593.013	231.669	39,1	3.947.116	40,78	9.447	138.504
2001	3.329	333.650	337.969	-1.443	591.570	253.601	42,9	4.200.717	46,44	11.777	150.281
2002	3.149	308.343	336.383	-686	590.884	254.500	43,1	4.455.217	44,97	11.444	161.725
2003	3.314	311.255	329.414	-227	590.656	261.242	44,2	4.716.459	45,44	11.872	173.597
2004	3.383	322.321	322.605	4.398	595.054	272.449	45,8	4.988.908	44,10	12.016	185.613
2005	3.411	303.553	298.021	-241	594.813	296.793	49,9	5.285.701	52,03	15.443	201.056
2006	3.256	303.590	324.553	4.357	599.170	274.617	45,8	5.560.318	62,06	17.043	218.099
2007	3.076	292.697	332.369	-880	598.290	265.921	44,4	5.826.239	65,66	17.461	235.560
2008	3.297	303.692	323.053	1.225	599.515	276.462	46,1	6.102.701	74,25	20.526	256.086
2009	3.232	292.287	323.334	-1.810	597.705	274.371	45,9	6.377.072	72,56	19.908	275.994
2010	3.752	314.615	299.858	-1.615	596.090	296.232	49,7	6.673.304	66,78	19.782	295.777
2011	2.966	267.924	320.442	1.045	597.135	276.694	46,3	6.949.997	76,90	21.278	317.055
2012	3.296	297.961	306.689	3.285	600.421	293.732	48,9	7.243.729	81,78	24.021	341.076
2013	3.538	319.724	313.417	5.746	606.166	292.749	48,3	7.536.478	74,85	21.912	362.988
2014	2.757	263.254	309.057	-7.769	598.397	289.340	48,4	7.825.818	71,40	20.659	383.647
2015	3.079	273.820	306.200	8.423	606.820	300.621	49,5	8.126.439	67,12	20.178	403.825
2016	3.282	287.481	306.570	4.399	611.220	304.650	49,8	8.431.089	63,73	19.415	423.240
2017	3.231	280.591	302.739	3.047	614.267	311.528	50,7	8.742.617	62,82	19.570	442.810
2018	2.880	261.755	309.490	2.229	616.496	307.006	49,8	9.049.622	64,04	19.661	462.471
2019	3.005	263.282	311.326	582	617.078	305.752	49,5	9.355.374	66,63	20.372	482.843

1) ohne Nutzung von Klärgas, Solarthermie und Umweltwärme

Tabelle 9 Heizenergiebezug, Heizenergieeinsparung und Heizkosteneinsparung

In Bild 19 ist die Entwicklung des Heizenergiebezugs und der Heizenergieeinsparung der städtischen Liegenschaften von 1973 bis 2019 dargestellt. Die rote Fläche stellt den Heizenergiebezug dar, der über die Energieversorgungsunternehmen abgerechnet ist. Darin unberücksichtigt ist der Verbrauch der Anlagen, die Klärgas, Solarthermie und Umweltwärme nutzen, da diese kostenfrei bezogen werden. Die grüne Fläche gibt die eingesparte Heizenergie wieder. Die Einsparung an Heizenergie ergibt sich seit Etablierung des Energiemanagements Heizung im Jahr 1977 und versteht sich als Differenz aus dem Heizenergiebezug ohne Einrechnung der Energiesparmaßnahmen und dem tatsächlichen Heizenergiebezug. Um eine einheitliche Vergleichbarkeit zu ermöglichen, ist in der Grafik das beim Weltklimagipfel 1997 in Kyoto beschlossene Basisjahr 1990 dargestellt. Die ab 1990 kumulierte Einsparung an Heizenergie beträgt in 2019 insgesamt 2.574.671 MWh.



**Bild 19** Entwicklung des Heizenergiebezugs und der Heizenergieeinsparung

In Bild 20 ist die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aufgeführt, die aus dem Brennstoffbezug der städtischen Heizungsanlagen (Feuerungsanlagen und Fernwärme) für die Wärmeversorgung resultieren. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sind nach Brennstoffen dargestellt. Seit 1973 haben sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Wärmeerzeugung für die städtischen Anlagen von 149,0 tCO<sub>2</sub>/a um 54 % auf 68,8 tCO<sub>2</sub>/a vermindert. Das meiste CO<sub>2</sub> wird in 2019 bei der Verbrennung von Erdgas verursacht. Dies ist allerdings nicht auf eine mangelnde Anlageneffizienz, sondern auf die große Anzahl der erdgasgefeuerten Heizungsanlagen zurückzuführen.

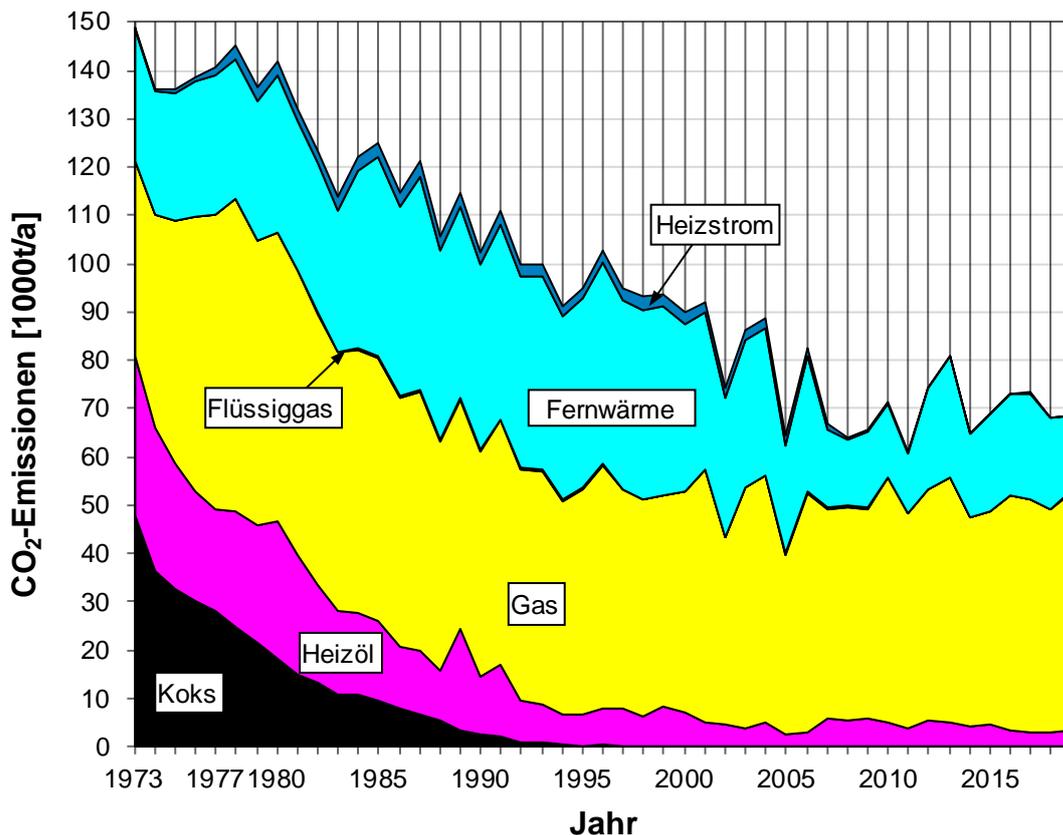


Bild 20 CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Wärmeversorgung der städtischen Liegenschaften

## 2.8 Stromeinsparung

In Tabelle 10 ist der Strombezug aller städtischen Gebäude und Einrichtungen, die Stromeinsparung und die Stromkosteneinsparung seit Einführung des Energiemanagements Strom in 1982 bis 2019 zusammengestellt. Der Strombezug umfasst den Stromverbrauch der Anlagen, der über die Energieversorgungsunternehmen abgerechnet ist. Der Stromverbrauch der Klärgas- und Klärschlammverbrennung sowie der Photovoltaikanlagen ist darin nicht berücksichtigt, da diese Anlagen keine Stromkosten verursachen. Zudem ist der Heizstrom in der Darstellung unberücksichtigt, da dieser in die Betrachtung des Heizenergieverbrauchs mit einfließt. Der allgemeine Zuwachs berücksichtigt den zusätzlichen Stromverbrauch von kleineren elektrischen Geräten (z. B. PC) mit Einführung und Umstellung auf die elektronische Datenverarbeitung bis einschließlich 1996.

Jahr	Stromverbrauch 1) 2)				Stromeinsparung			Stromkosteneinsparung		
	tatsächlicher Verbrauch	allgem. Zuwachs	von Neuanlagen	ohne Einsparung	jährliche Einsparung	Anteil am Ges.-verbrauch	kumulierte Einsparung	Preis 1)	jährliche Kosten	kumulierte Kosten
	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	%	MWh	€/MWh	T€/a	T€
1982	126.997	-	-	126.997	-	-	-	-	-	-
1983	123.907	1.270	975	129.242	5.335	4,1	5.335	129,82	693	693
1984	126.287	1.292	3.407	133.941	7.654	5,7	12.989	134,26	1.028	1.720
1985	135.176	1.339	8.900	144.180	9.004	6,2	21.993	136,61	1.230	2.950
1986	137.840	1.442	859	146.481	8.641	5,9	30.634	134,51	1.162	4.113
1987	145.565	1.465	3.470	151.416	5.851	3,9	36.485	135,36	792	4.905
1988	143.379	1.514	-616	152.314	8.935	5,9	45.420	136,69	1.221	6.126
1989	148.268	1.523	7.247	161.084	12.816	8,0	58.236	137,06	1.757	7.882
1990	150.016	1.611	3.302	165.997	15.981	9,6	74.217	134,57	2.151	10.033
1991	156.100	1.660	5.529	173.186	17.086	9,9	91.303	132,59	2.265	12.298
1992	161.092	1.732	5.783	180.701	19.609	10,9	110.912	130,80	2.565	14.863
1993	165.269	1.807	4.971	187.479	22.210	11,8	133.122	131,15	2.913	17.776
1994	161.252	937	1.052	189.468	28.217	14,9	161.339	132,46	3.738	21.514
1995	160.960	947	-858	189.558	28.598	15,1	189.937	130,95	3.745	25.259
1996	163.197	948	2.525	193.031	29.834	15,5	219.770	118,67	3.540	28.799
1997	157.528	0	122	193.153	35.624	18,4	255.395	118,92	4.236	33.035
1998	165.232	0	509	193.662	28.430	14,7	283.825	106,89	3.039	36.074
1999	162.207	0	375	194.037	31.830	16,4	315.655	101,21	3.221	39.296
2000	170.960	0	851	194.888	23.928	12,3	339.583	99,92	2.391	41.686
2001	168.710	0	4.524	199.412	30.702	15,4	370.284	97,11	2.981	44.668
2002	170.834	0	4.177	203.589	32.755	16,1	403.039	99,00	3.243	47.910
2003	174.039	0	4.160	207.749	33.710	16,2	436.749	102,19	3.445	51.355
2004	175.671	0	2.765	210.514	34.843	16,6	471.592	108,32	3.774	55.129
2005	181.766	0	5.114	215.628	33.862	15,7	505.454	112,96	3.825	58.954
2006	180.608	0	3.549	219.177	38.569	17,6	544.023	119,69	4.616	63.571
2007	185.473	0	2.380	221.556	36.084	16,3	580.107	121,42	4.381	67.952
2008	184.643	0	1.661	223.217	38.574	17,3	618.681	141,40	5.454	73.407
2009	186.839	0	768	223.985	37.146	16,6	655.827	148,06	5.500	78.906
2010	192.841	0	265	224.250	31.409	14,0	687.236	150,75	4.735	83.641
2011	188.284	0	1.647	225.898	37.614	16,7	724.850	169,34	6.370	90.011
2012	188.544	0	2.354	228.252	39.708	17,4	764.558	174,85	6.943	96.954
2013	184.867	0	5.875	234.127	49.260	21,0	813.818	191,66	9.441	106.395
2014	189.431	0	4.474	238.602	49.171	20,6	862.989	196,95	9.684	116.079
2015	193.107	0	4.137	242.739	49.632	20,4	912.621	200,41	9.947	126.026
2016	193.507	0	5.455	248.194	54.686	22,0	967.307	188,67	10.318	136.344
2017	195.163	0	4.825	253.019	57.856	22,9	1.025.163	193,09	11.171	147.515
2018	186.229	0	4.953	257.972	71.743	27,8	1.096.906	196,59	14.104	161.619
2019	181.157	0	78	258.050	76.893	29,8	1.173.799	199,30	15.325	176.944

1) ohne Heizstrom 2) ohne Nutzung von Klärgas, Klärschlamm, Solarenergie

Tabelle 10 Strombezug, Stromeinsparung und Stromkosteneinsparung

Der Strombezug der städtischen Gebäude und Einrichtungen hat sich in 2019 durch Neu-, Um- und Erweiterungsanlagen gegenüber dem Vorjahr um 5.072 MWh (2,7 %) auf 181.157 MWh/a reduziert. Im Bereich Straßenbeleuchtung und Verkehrssignalanlagen konnten 1.136 MWh gegenüber 2018 eingespart werden.

Ohne Berücksichtigung der Stromeinsparmaßnahmen würde sich der Strombezug in 2019 auf insgesamt 258.050 MWh/a belaufen. Die jährliche Stromeinsparung in 2019 hat sich gegenüber 2018 um 5.150 MWh auf 76.893 MWh/a erhöht. Der tatsächliche Stromverbrauch nahm seit 1982 um 43 % zu. In der kumulierten Betrachtung ergibt sich eine Stromeinsparung von 1.173.799 MWh seit Einführung des Energiemanagements Strom in 1982 und von 618.618 MWh/a seit 1990.

In Bild 21 ist die Entwicklung des Strombezugs ab 1977, einschließlich der eingesparten Strommengen seit Aufnahme des Energiemanagements Strom in 1982, abgebildet. Der Anteil des Stroms aus Photovoltaikanlagen ist darin nicht berücksichtigt, da dieser unentgeltlich, d. h. ohne zusätzliche Brennstoffkosten erzeugt wird. Aufgrund von Neubauten und den allgemein zu verzeichnenden ansteigenden Trend zur Nutzung bzw. Ausstattung von elektrischen Geräten (z. B. Whiteboards in Schulen) steigt der Stromverbrauch kontinuierlich an. Seit 1977 hat sich der Strombezug der städtischen Liegenschaften um 55 % erhöht. 2019 hat sich die vom Energieversorger gelieferte Strommenge deutlich reduziert.

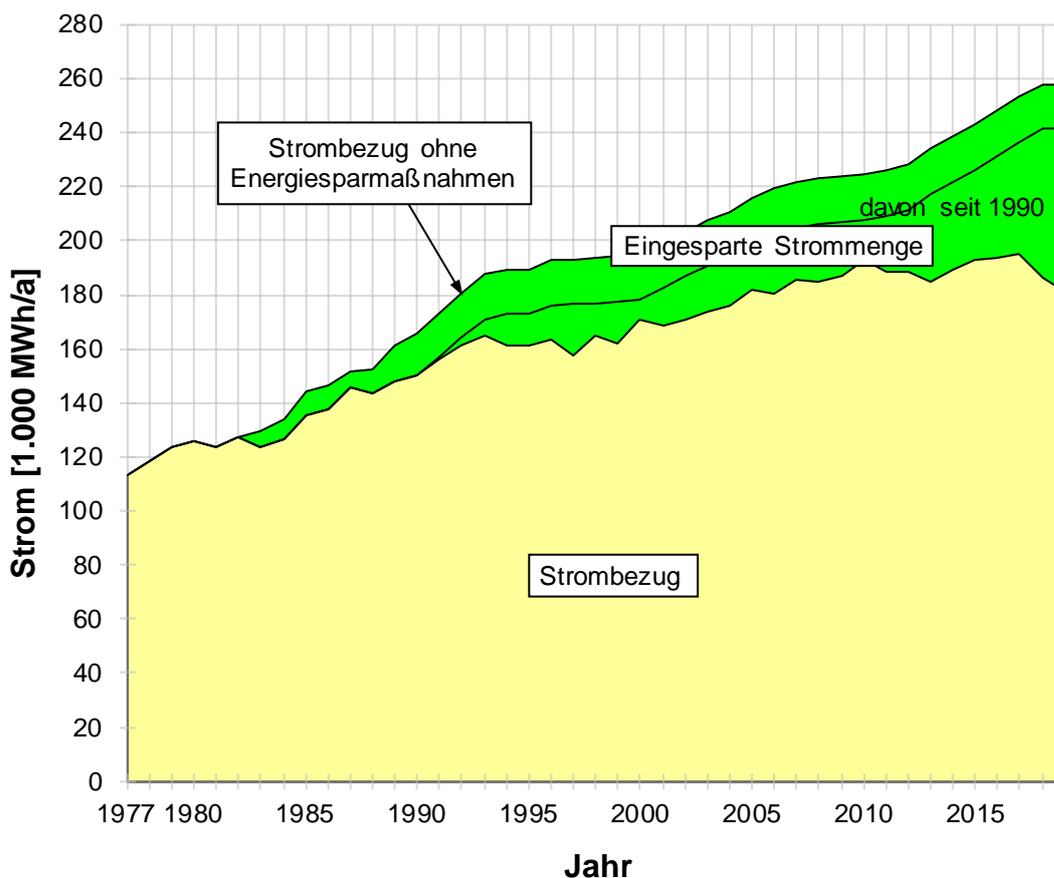


Bild 21 Entwicklung des Strombezugs und der Stromeinsparung

In Bild 22 ist die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen dargestellt, die für die Stromversorgung der städtischen Liegenschaften durch die Brennstoffe bei der Stromerzeugung verursacht werden. Ab 2008 wurde mit der Beschaffung von Ökostrom begonnen. In 2012 betrug der Ökostromanteil 100 %. Die verbleibenden restlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen ab 2012 sind auf Umwandlung- und Verteilverluste zurückzuführen.

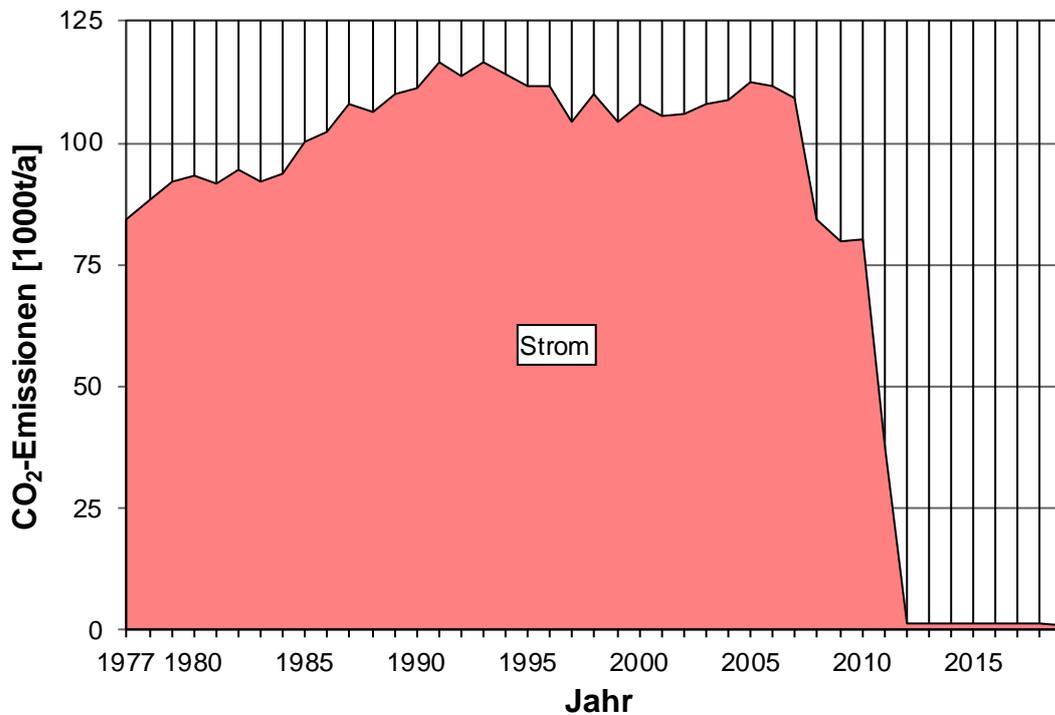


Bild 22 CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Stromversorgung der städtischen Liegenschaften

## 2.9 Wassereinsparung

Der Wasserverbrauch entspricht dem Wasserbezug. Im Jahr 2019 reduzierte sich der Wasserbezug aller städtisch genutzten Liegenschaften von 1.171.381 m<sup>3</sup> (2018) um 8,6 % (186.533 m<sup>3</sup>) auf 1.984.848 m<sup>3</sup>. Der Wasserbezug aus dem Jahr 1991 (Beginn Energiemanagement Wasser) würde ohne Berücksichtigung der bis heute durchgeführten Wassereinsparmaßnahmen in 2019 insgesamt 3.129.169 m<sup>3</sup>/a betragen (Tabelle 11). Hierin beinhaltet ist der Wasserbedarf sämtlicher während des Zeitraums zwischen 1991 und 2019 neu hinzugekommener und abgegangene Liegenschaftsgebäude. Die Wassereinsparung beträgt 2019 1.144.321 m<sup>3</sup>/a (36,6 %). Seit 1991 beläuft sich die kumulierte Einsparung auf insgesamt 26 Mio. m<sup>3</sup>.

Bild 23 stellt die Entwicklung des Wasserbezugs und der Wassereinsparung seit 1987 dar. Die blaue Fläche kennzeichnet den Wasserbezug, respektive den Verbrauch und die grüne Fläche die eingesparte Wassermenge.

Jahr	Wasserverbrauch			Wassereinsparung			Wasserkosteneinsparung		
	tatsächlicher	von Neuanlagen	ohne Einsparung		Anteil am Ges.-verbrauch	Summe	Preis		Summe
	m³/a	m³/a	m³/a	m³/a	%	m³	€/m³	T€/a	T€
1	2	3	4=4 <sub>(Vj)</sub> +3	5=4-2	6=5/4	7 = $\Sigma$ 5	8	9=5x8	10 = $\Sigma$ 9
1991	2.758.066		2.758.066						
1992	2.637.498	18.398	2.776.464	138.966	5,0	148.150	2,32	322	322
1993	2.630.194	28.060	2.804.524	174.330	6,2	322.480	2,56	447	768
1994	2.470.834	14.596	2.819.120	348.286	12,4	670.766	2,79	971	1.739
1995	2.158.679	-27.381	2.791.739	633.060	22,7	1.303.826	2,96	1.874	3.613
1996	2.067.626	4.859	2.796.598	728.972	26,1	2.032.798	3,15	2.296	5.909
1997	2.118.558	9.788	2.806.386	687.828	24,5	2.720.626	3,28	2.254	8.163
1998	2.021.643	16.134	2.822.520	800.877	28,4	3.521.503	3,37	2.696	10.859
1999	1.950.924	-2.876	2.819.644	868.720	30,8	4.390.223	3,37	2.926	13.785
2000	1.991.315	11.652	2.831.296	839.981	29,7	5.230.204	3,37	2.834	16.619
2001	1.991.015	-6.182	2.825.114	834.099	29,5	6.064.303	3,38	2.821	19.441
2002	2.097.700	90.425	2.915.539	817.839	28,1	6.882.142	3,38	2.764	22.205
2003	2.041.276	-13.842	2.901.697	860.421	29,7	7.742.563	3,47	2.986	25.191
2004	1.993.011	-2.167	2.899.530	906.519	31,3	8.649.082	3,52	3.191	28.382
2005	1.856.621	11.477	2.911.007	1.054.386	36,2	9.703.468	3,50	3.690	32.072
2006	1.748.049	43.621	2.954.628	1.206.579	40,8	10.910.047	3,47	4.187	36.259
2007	1.900.374	-11.066	2.943.562	1.043.188	35,4	11.953.235	3,72	3.881	40.139
2008	1.767.821	-17.121	2.926.441	1.158.620	39,6	13.111.855	3,87	4.484	44.623
2009	1.811.966	-9.971	2.916.470	1.104.504	37,9	14.216.359	3,53	3.899	48.522
2010	1.764.794	-20.920	2.895.550	1.130.756	39,1	15.347.115	4,52	5.111	53.633
2011	1.685.487	-14.263	2.881.287	1.195.800	41,5	16.542.915	4,54	5.429	59.062
2012	1.729.010	76.755	2.958.042	1.229.032	41,5	17.771.947	4,70	5.776	64.839
2013	1.644.076	17.078	2.975.120	1.331.044	44,7	19.102.991	4,93	6.562	71.401
2014	1.689.002	17.840	2.992.960	1.303.958	43,6	20.406.949	4,96	6.468	77.868
2015	1.884.727	25.728	3.018.688	1.133.961	37,6	21.540.910	4,84	5.488	83.357
2016	1.964.657	54.160	3.072.848	1.108.191	36,1	22.649.101	4,89	5.419	88.776
2017	1.876.541	27.128	3.099.976	1.223.435	39,5	23.872.536	4,79	5.860	94.636
2018	2.170.996	30.397	3.130.373	959.377	30,6	24.831.913	4,81	4.615	99.251
2019	1.984.848	-1.204	3.129.169	1.144.321	36,6	25.976.234	5,09	5.825	105.075

Tabelle 11 Wasserbezug, Wassereinsparung und Wasserkosteneinsparung

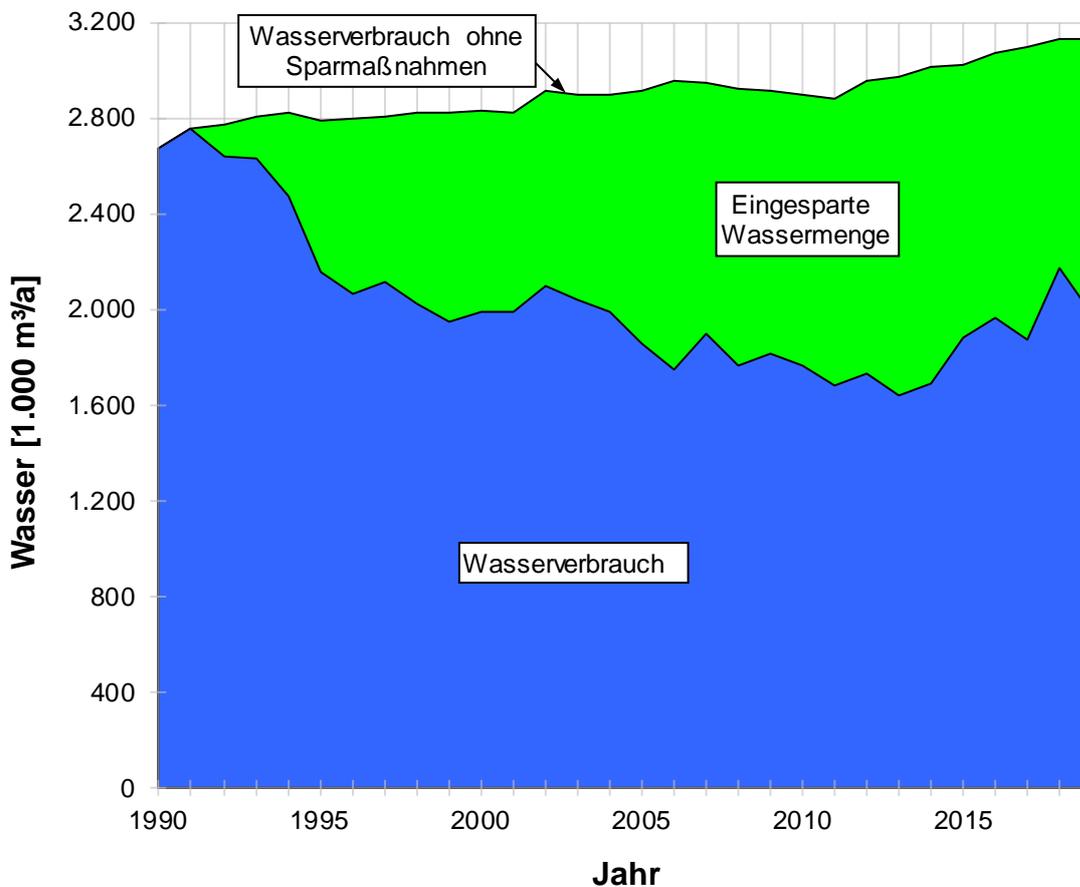


Bild 23 Entwicklung des Wasserbezugs und der Wassereinsparung von 1987 bis 2019

## 2.10 Kosteneinsparung

In Tabelle 12 sind die jährlichen Kosteneinsparungen und in Tabelle 13 die jährlichen Kostenaufwendungen seit 1976 zusammengetragen. Die jährlichen Kosteneinsparungen resultieren aus den Maßnahmen zur Heizenergie-, Strom- und Wassereinsparung sowie durch tarifliche Anpassungen (z. B. Leistungsanpassung der Fernwärmeversorgung) und z. B. KWK-Vergütungen bei Blockheizkraftwerken. Die Einsparungen belaufen sich 2019 auf insgesamt 46,7 Mio. Euro und kumuliert seit 1976 auf 784,2 Mio. Euro. Die Kostenaufwendungen stellen die Investitionskosten für energiesparende Maßnahmen, deren Abschreibungen und Verzinsungen und die Personal-, Datenverarbeitungs- und Ingenieurkosten des Energiedienstes dar. Diese betragen 2019 insgesamt 6,0 Mio. Euro/a und bei einer kumulierten Betrachtung seit 1976 13,2 Mio. Euro.

Die Nettoeinsparung (Tabelle 12) ergibt sich aus der jährlichen Kosteneinsparung abzüglich der jährlichen Aufwendungen. Diese beträgt 2019 insgesamt 40,6 Mio. Euro und bei einer kumulierten Betrachtung seit 1976 722,2 Mio. Euro. Das Verhältnis der jährlich eingesparten Energiekosten zu dem Kostenaufwand liegt 2019 bei 6,7 und bezogen auf die kumulierten Kosten beträgt das Verhältnis 5,5. Der Anteil der jährlichen Kostenaufwendungen an den jährlichen Kosteneinsparungen beläuft sich 2019 auf 14,8 % und bezogen auf die kumulierten Kosten 19,1 %.

Jahr	EINSPARUNGEN IN [T€]						Nettoeinsparung		Verhältnis		Prozentualer	
	Energiekosteneinsparung					jährlich			kumuliert	Energie-		Anteil des
	Heiz-	Strom-	Wasser-	Tarife und	jährlich		kumuliert	kosten-		Aufwands		
						kosten		kosten	kosten	Vergüt-	jährlich	kumuliert
kosten	kosten	kosten	ungen			[-]	[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	
1976	0	0	0	43	43	43	-48	-48	-0,5	-0,5	-192,2	-192,2
1977	0	0	0	65	65	108	-75	-122	-0,5	-0,5	-186,8	-188,9
1978	949	0	0	183	1.132	1.240	969	847	6,0	2,1	16,8	46,5
1979	1.434	0	0	191	1.625	2.865	1.389	2.236	5,9	3,6	17,0	28,2
1980	2.249	0	0	231	2.480	5.346	2.234	4.471	9,1	5,1	11,0	19,6
1981	2.542	0	0	314	2.857	8.202	2.551	7.022	8,4	5,9	12,0	16,8
1982	3.591	0	0	363	3.954	12.156	3.484	10.505	7,4	6,4	13,5	15,7
1983	5.213	693	0	458	6.363	18.520	5.671	16.176	8,2	6,9	12,2	14,5
1984	6.294	1.028	0	714	8.036	26.556	7.202	23.377	8,6	7,4	11,6	13,6
1985	6.826	1.230	0	965	9.021	35.577	7.977	31.355	7,6	7,4	13,1	13,5
1986	6.955	1.162	0	1.502	9.619	45.196	8.345	39.699	6,5	7,2	15,3	13,8
1987	5.489	792	0	1.477	7.757	52.953	6.208	45.908	4,0	6,5	25,0	15,3
1988	5.091	1.221	0	1.568	7.880	60.834	6.190	52.097	3,7	6,0	27,3	16,8
1989	4.836	1.757	0	1.675	8.268	69.101	6.658	58.756	4,1	5,7	24,2	17,6
1990	5.715	2.151	0	1.607	7.865	76.966	7.784	66.540	4,6	5,5	21,7	18,1
1991	7.049	2.265	0	1.780	9.315	86.281	9.315	75.855	5,2	5,5	19,1	18,2
1992	7.378	2.565	322	1.871	10.265	96.546	10.084	85.939	4,9	5,4	20,3	18,5
1993	7.942	2.913	447	1.869	11.301	107.847	10.893	96.832	4,8	5,3	20,9	18,7
1994	7.923	3.738	971	1.887	12.631	127.751	12.201	109.033	5,3	5,3	19,0	18,8
1995	8.429	3.745	1.874	1.904	14.048	141.829	13.436	122.469	5,3	5,3	18,7	18,8
1996	8.706	3.540	2.296	1.550	14.543	156.372	13.450	135.919	5,1	5,3	19,6	18,8
1997	8.398	4.236	2.254	1.713	14.888	171.260	13.698	149.617	4,7	5,2	21,2	19,1
1998	8.562	3.039	2.696	1.680	14.296	185.556	13.073	162.690	4,4	5,2	22,7	19,3
1999	7.518	3.221	2.926	1.415	13.665	199.221	12.071	174.761	3,9	5,1	25,5	19,8
2000	9.447	2.391	2.834	1.882	14.672	213.893	13.184	187.945	3,9	5,0	25,6	20,2
2001	11.177	2.981	2.821	1.944	16.980	241.655	15.976	203.921	4,5	4,9	22,2	20,3
2002	11.444	3.243	2.764	1.942	19.394	261.049	15.616	219.536	4,1	4,9	24,2	20,6
2003	11.872	3.445	2.986	1.746	20.049	261.704	16.271	235.807	4,1	4,8	24,2	20,9
2004	12.016	3.774	3.191	1.834	20.815	282.519	16.765	252.572	4,1	4,7	24,2	21,1
2005	15.443	3.825	3.690	1.821	24.779	307.298	20.822	273.394	5,3	4,8	19,0	20,9
2006	17.043	4.616	4.187	1.703	27.549	334.847	27.549	300.943	6,6	4,9	15,1	20,4
2007	17.461	4.381	3.881	1.766	27.489	362.336	23.255	324.198	5,5	4,9	18,2	20,2
2008	20.526	5.454	4.484	1.132	31.596	393.932	27.353	351.551	6,4	5,0	15,5	19,9
2009	19.908	5.500	3.899	1.831	31.138	425.070	26.639	378.190	5,9	5,1	16,9	19,7
2010	19.782	4.735	5.111	972	30.600	455.670	25.707	403.897	5,3	5,1	19,0	19,6
2011	21.278	6.370	5.429	1.056	34.133	489.802	29.062	432.960	5,7	5,1	17,4	19,5
2012	24.021	6.943	5.776	1.039	37.779	527.582	32.535	465.495	6,2	5,2	16,1	19,2
2013	21.912	9.441	6.562	4.840	42.755	570.337	37.247	502.741	6,8	5,3	14,8	18,9
2014	20.659	9.684	6.468	4.977	41.788	612.125	36.218	538.959	6,5	5,4	15,4	18,7
2015	20.178	9.947	5.488	4.478	40.091	652.217	34.349	573.308	6,0	5,4	16,7	18,5
2016	19.415	10.318	5.419	5.770	40.922	693.139	35.056	608.364	6,0	5,4	16,7	18,5
2017	19.570	11.171	5.860	6.528	43.130	695.347	37.126	645.490	6,2	5,5	16,2	18,3
2018	19.661	14.104	4.615	3.864	42.243	737.590	36.125	681.615	6,1	5,5	16,9	18,3
2019	20.372	15.325	4.615	6.337	46.648	784.238	40.625	722.240	6,7	5,5	14,8	19,1

Tabelle 12 Zusammenstellung der jährlichen Kosteneinsparungen

Jahr	Aufwendungen in [T€]											
	Investitionen		Abschreibung			weitere Kosten					Gesamt	
	jährlich	Summe der letzten 20 Jahre	Annui- tät 1)	jährlich 2)	Summe der letzten 20 Jahre	Personal- kosten	EDV- Kosten	Ingenieur- Kosten	jährlich	kumuliert	jährlich	kumuliert
1976	51	51	5	5	5	86	0	0	86	86	91	91
1977	102	153	9	14	19	126	0	0	126	212	140	231
1978	153	307	14	28	47	135	0	0	135	347	163	394
1979	153	460	14	42	89	192	0	2	194	541	236	630
1980	153	614	14	56	144	183	0	8	190	731	246	875
1981	153	767	14	70	214	207	0	29	236	967	305	1.181
1982	1.586	2.353	144	214	428	250	6	1	257	1.224	471	1.652
1983	1.495	3.847	136	349	777	306	37	0	344	1.568	693	2.345
1984	1.023	4.871	93	442	1.219	357	32	3	392	1.960	834	3.179
1985	2.388	7.259	217	659	1.878	373	10	2	385	2.345	1.044	4.223
1986	2.692	9.951	244	904	2.782	333	29	9	371	2.715	1.274	5.497
1987	1.606	11.557	146	1.049	3.831	387	32	81	500	3.216	1.549	7.047
1988	1.271	12.828	115	1.165	4.996	331	33	161	526	3.741	1.690	8.737
1989	335	13.163	30	1.195	6.191	271	48	95	415	4.156	1.610	10.347
1990	1.121	14.283	102	1.297	7.488	262	124	6	392	4.548	1.689	12.036
1991	1.459	15.743	132	1.429	8.917	267	80	2	349	4.897	1.778	13.814
1992	1.252	16.994	114	1.543	10.461	463	40	5	508	5.404	2.051	15.865
1993	785	17.780	71	1.614	12.075	570	90	3	662	6.067	2.277	18.142
1994	1.158	18.938	105	1.719	13.794	541	56	0	597	6.663	2.316	20.458
1995	1.413	20.351	128	1.848	15.642	619	40	9	667	7.330	2.515	22.973
1996	1.730	22.030	157	2.005	17.647	554	76	8	638	7.968	2.643	25.615
1997	1.939	23.816	176	2.181	19.828	611	103	8	722	8.690	2.903	28.518
1998	2.114	25.827	192	2.373	22.201	502	86	0	588	9.278	2.961	31.479
1999	1.820	27.494	165	2.538	24.739	444	88	8	540	9.817	3.078	34.557
2000	1.854	29.195	168	2.707	27.446	489	151	24	664	10.481	3.370	37.927
2001	2.428	31.470	220	2.927	30.373	481	119	20	620	11.101	3.547	41.474
2002	2.909	32.792	264	3.047	33.420	631	73	26	731	11.832	3.778	45.252
2003	3.407	34.704	285	3.127	35.770	718	85	6	809	12.641	3.936	49.189
2004	2.887	36.568	242	3.276	38.604	663	73	39	774	13.416	4.050	53.239
2005	2.532	36.712	212	3.271	41.216	607	62	18	687	14.103	3.957	57.196
2006	3.752	37.772	314	3.340	43.652	658	110	37	806	14.909	4.146	61.343
2007	3.061	39.227	256	3.451	46.054	609	153	21	783	15.692	4.234	65.577
2008	1.839	39.795	154	3.489	48.378	592	136	25	753	16.445	4.242	69.819
2009	2.847	42.307	238	3.697	50.880	655	128	19	802	17.247	4.499	74.318
2010	4.654	45.840	335	3.930	53.514	728	213	21	962	18.209	4.893	79.211
2011	6.131	50.512	441	4.239	56.324	696	113	22	831	19.040	5.070	84.281
2012	3.836	53.096	211	4.337	59.118	691	178	39	908	19.948	5.245	89.526
2013	4.834	57.145	266	4.531	62.034	817	139	22	978	20.925	5.509	95.035
2014	3.734	59.721	170	4.596	64.911	818	136	19	974	21.899	5.570	100.605
2015	4.824	63.131	220	4.688	67.819	881	146	28	1.054	22.953	5.742	106.347
2016	5.581	66.982	254	4.785	71.768	891	182	8	1.081	24.034	5.866	112.214
2017	3.060	68.103	140	4.749	72.852	1.081	160	14	1.255	25.290	6.004	118.218
2018	3.414	69.404	156	4.713	74.116	1.081	168	0	1.249	26.539	5.962	124.180
2019	6.127	73.710	279	4.827	78.537	1.063	133	1	1.197	27.736	6.024	130.204

Tabelle 13 Zusammenstellung der jährlichen Kostenaufwendungen

In Bild 24 ist die Kostenentwicklung seit 1977 aufgetragen. Die Kosteneinsparungen 2019 verteilen sich auf Einsparungen im Bereich Heizenergie von 20,3 Mio. Euro, bei Strom von 15,3 Mio. Euro, bei Wasser von 4,6 Mio. Euro und im Bereich Tarifwesen/Vergütungen von 6,3 Mio. Euro. Diesen Kosteneinsparungen stehen Zins- und Abschreibungskosten in Höhe von 4,8 Mio. Euro sowie Kosten für Personal, Datenverarbeitung und Ingenieurleistungen in Höhe von 1,2 Mio. Euro gegenüber.

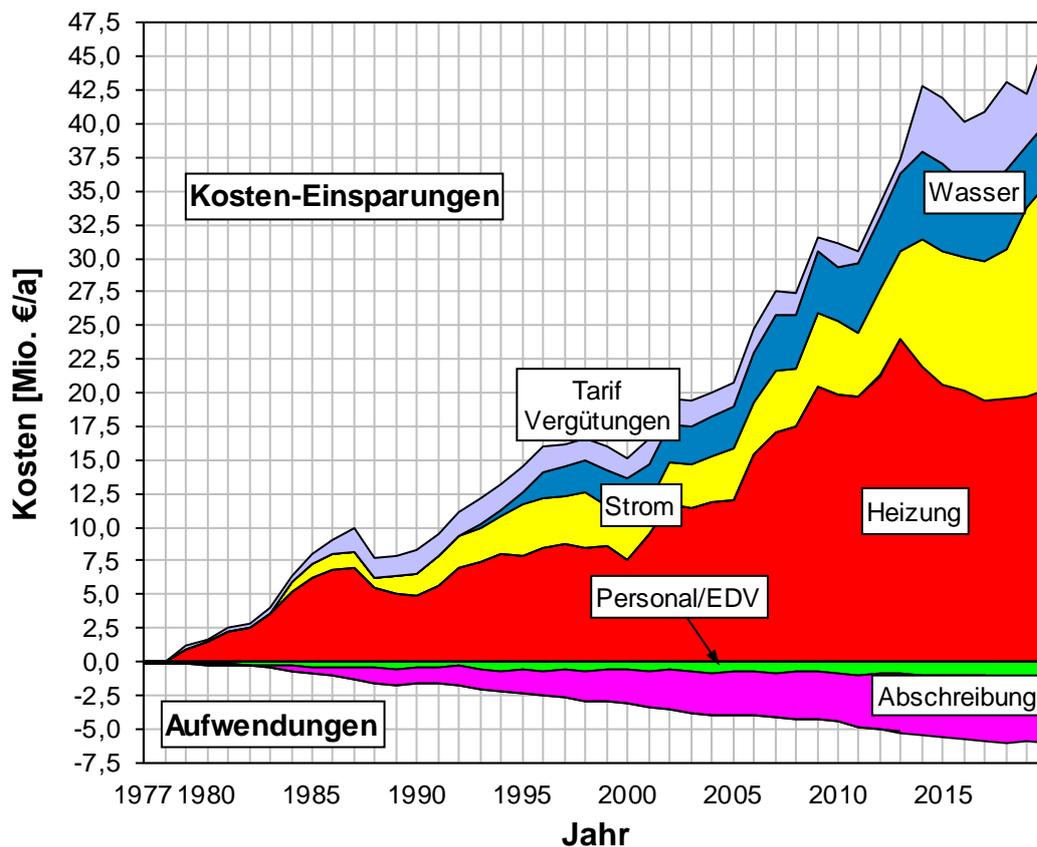


Bild 24 Entwicklung des jährlichen finanziellen Aufwands und der Kosteneinsparung

# 3 Tätigkeiten der Energieabteilung

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die Tätigkeiten der Energieabteilung im Amt für Umweltschutz wieder und legt seinen Fokus auf die Energie-, Wasser- und Kosteneinsparungen in den städtischen Liegenschaften. Als Energiedienst wird die Betreuung der städtischen Liegenschaften durch das Personal aus dem Amt für Umweltschutz bezeichnet, mit dem Ziel in den Liegenschaften die Ausgaben an Energie, Wasser und Betriebskosten zu optimieren. An der erfolgreichen Erschließung von energie- und wassereinsparenden Maßnahmen sind neben dem Amt für Umweltschutz die beteiligten Fachämter, die Gebäude verwaltenden und nutzenden Ämter sowie die Eigenbetriebe maßgeblich beteiligt. Nach einer kurzen Zusammenfassung über die erwirtschafteten Einsparungen in den Energiediensten (Heizung, Strom und Wasser) sind in diesem Kapitel exemplarisch Maßnahmen aufgezeigt, die im Rahmen des Energiedienstes und bei Forschungsvorhaben durchgeführt wurden.

## 3.1 Energiedienst Heizung

2019 wurden 230 Anlagen im Energiedienst Heizung zur Verbrauchsüberwachung und Betriebsoptimierung betreut. Gegenüber dem Vorjahr konnte die Anzahl der betreuten Liegenschaften um 9 Objekte erhöht werden.

ENERGIEDIENST HEIZUNG	Jahr 2018		Jahr 2019	
Gesamte Beheizte Fläche m <sup>2</sup>	2.389.752	100,0 %	2.376.848	100,0 %
Beheizte Fläche im Energiedienst m <sup>2</sup>	1.452.064	60,8 %	1.414.065	59,5 %
Heizenergieverb. im Energiedienst MWh	179.082	68,4 %	178.022	67,6 %
Anzahl der betreuten Anlagen	221		230	
Heizenergieeinsparung [MWh]	129.241	38,2 %	124.607	38,5 %
Kosteneinsparung [€]	8.281.777		8.086.367	

Tabelle 14 Energiedienst Heizung der Jahre 2018 und 2019

Die beheizte Fläche, der im Energiedienst betreuten Gebäude, beträgt 1.414.065 m<sup>2</sup> und liegt mit einem Anteil von 59,5 % über der Hälfte der insgesamt zu beheizenden Fläche aller städtischen Liegenschaften (2.376.848 m<sup>2</sup>). Insgesamt wurden 178.022 MWh/a witterungsbereinigte Heizenergie zur Deckung des Raumwärme- und Warmwasserbedarfs für die im Energiedienst erfassten Gebäude benötigt. Dies entspricht einem Anteil von 67,6 % des Heizenergieverbrauchs aller städtischen Liegenschaften (Tabelle 14).

Insgesamt ging die Heizenergieeinsparung der im Energiedienst betreuten Liegenschaften gegenüber 2018 um 3,6 % von 129.241 MWh (2018) auf 124.607 MWh (2019) zurück. Der Rückgang der Energieeinsparung ist auf eine veränderte Betriebsweise der Heizungsanlagen zurückzuführen, um dem allgemeinen Anstieg der außerschulischen Gebäudenutzung z. B. in Turn-/Sporthallen und dem Ganztagesbetrieb in den Schulen gerecht zu werden. Die durch die Heizenergieeinsparung resultierende Kosteneinsparung verringerte sich gegenüber 2018 um 2,4 % auf 8,1 Mio. Euro.

In Tabelle 15 ist die Anzahl der betreuten Liegenschaften absolut und bezogen auf die Gesamtfläche sowie die witterungsbereinigte Heizenergieeinsparung inklusive der Kosteneinsparung von 2018 und 2019 nach den gebäudenutzenden Ämtern und Eigenbetriebe zusammengestellt.

Gebäude nutzendes Amt	Anzahl und Flächenanteil betreuter Liegenschaften		Einsparung 2018			Einsparung 2019		
	2018	2019	Energie		Kosten €/a	Energie		Kosten €/a
			MWh/a	%		MWh/a	%	
Hauptamt	1 96 %	1 83 %	1.262	33,7	125.542	1.146	30,6	119.038
Bezirksämter	4 19 %	4 10 %	633	39,6	32.948	585	57,8	30.134
Amt f. Liegenschaften und Wohnen	7 41 %	9 32 %	2.478	30,0	252.661	2.416	29,3	261.297
Amt f. öffentl.Ordnung	1 26 %	1 14 %	610	60,2	31.785	609	60,1	31.662
Amt f. Umweltschutz	1 100 %	1 100 %	207	38,1	20.427	153	28,1	16.227
Branddirektion	4 53 %	4 24 %	661	13,8	39.963	1.213	27,2	91.577
Schulverwaltungsamt	143 86 %	143 82 %	67.711	43,3	4.649.100	62.505	42,8	4.511.708
Kulturamt	5 74 %	5 67 %	348	11,3	18.500	99	4,5	5.564
Sozialamt	-- --	2 1 %	--	--	--	0	0,0	0
Jugendamt	13 14 %	17 14 %	1.401	39,8	74.855	1.411	39,8	79.254
Amt für Sport und Bewegung	6 85 %	5 60 %	1.145	23,7	65.813	1.169	29,1	57.558
Gesundheitsamt	1 100 %	1 100 %	1.684	63,3	189.153	1.838	69,1	208.472
Krankenhäuser	3 94 %	3 94 %	12.390	20,7	619.556	12.235	20,4	620.282
Tiefbauamt	4 62 %	2 25 %	1.131	50,0	97.273	605	53,6	84.212
Garten-, Friedhofs- und Forstamt	5 61 %	4 56 %	1.348	21,5	41.800	592	10,3	36.745
Eigenb. Abfallwirtschaft	2 67 %	3 70 %	2.149	40,4	184.034	2.262	41,0	198.530
Bäderbetriebe Stuttgart	15 90 %	16 92 %	28.155	45,5	1.482.148	27.300	47,6	1.266.471
Eigenb. Leben und Wohnen	6 73 %	9 87 %	5.927	47,1	356.221	8.468	51,7	467.638
<b>G E S A M T</b>	<b>221</b>	<b>230</b>	<b>129.241</b>	<b>38,2</b>	<b>8.281.777</b>	<b>124.607</b>	<b>38,5</b>	<b>8.086.367</b>

**Tabelle 15** Einsparungen im Energiedienst Heizung nach Ämtern und Eigenbetriebe

Die Energieeinsparung einer Liegenschaft ergibt sich aus der Differenz des aktuellen Jahresverbrauchs zu dem Verbrauch der Liegenschaft im jeweiligen Bezugsjahr. Das Bezugsjahr einer Liegenschaft ist das Jahr vor Aufnahme in den städtischen Energiedienst. Wie bereits in den zurückliegenden Jahren, wurde die höchste Einsparung an Heizenergie in den Liegenschaften des Schulverwaltungsamts erreicht.

Die nachfolgenden Praxisberichte stellen beispielhaft die Arbeiten im Energiedienst Heizung dar.

### Einfluss des Nutzerverhaltens und von baulichen Mängel auf den Heizkennwert

Das Fanny-Leicht-Gymnasium befindet sich im Stuttgarter Stadtteil Vaihingen und besteht aus fünf zusammenhängenden Gebäudeteilen sowie einer Mensa und einer Turnhalle. Gegründet wurde die Schule in einer Jugendstilvilla, bedingt durch Raummangel folgten am Schulstandort 1958; 1964 und 1970 Erweiterungsbauten. Momentan besuchen jährlich ca. 800 Schüler\*innen das Gymnasium.



**Bild 25** Fanny-Leicht-Gymnasium, Haupt- und Westbau

Die Beheizung der Schule erfolgt über einen Gas-Brennwertkessel mit einem Abgaswärmetauscher und über einen Gas-Niedertemperaturkessel mit insgesamt 980 kW Leistung. Im Herbst 2018 kam es zu Beschwerden von den Lehrer\*innen wegen zu hoher und niedriger Raumtemperaturen in den Klassenräumen. Daraufhin wurden in den problematischen Räumen Langzeitmessungen mit Datenloggern durchgeführt. Anhand der Aufzeichnungen wurde eine Anpassung an der Heizungsregelung vorgenommen. Der Aufheizzeitpunkt wurde nach vorne verschoben, d.h. der reguläre Heizbetrieb beginnt früher, um die vorgegebene Raumtemperatur von 19°C bei Unterrichtsbeginn zu erreichen. Bei manchen Heizkreisen mussten auch die Reglerparameter korrigiert werden.

Bei einem Vororttermin mit dem Technischen Gebäudemanagement des Schulverwaltungsamts wurde festgestellt, dass die Funktionalität einzelner Thermostatventile einschließlich der Fühler nicht mehr gegeben war. Auch ist aufgefallen, dass diverse Gegenstände aus dem Schulunterricht auf den Heizkörperabdeckungen gelagert wurden. Manche Heizkörper waren zugestellt bzw. teilweise mit Holz verkleidet, so dass die Wärmeabgabe an den Raum eingeschränkt war.

Die folgende Grafik (Bild 26) zeigt die negative Entwicklung des Heizkennwerts im Jahr 2019 gegenüber 2018. Der bereinigte Heizenergieverbrauch stieg 2019 gegenüber 2018 um 21.660 kWh/a und die Heizenergiekosten um 2.800 Euro/a an.

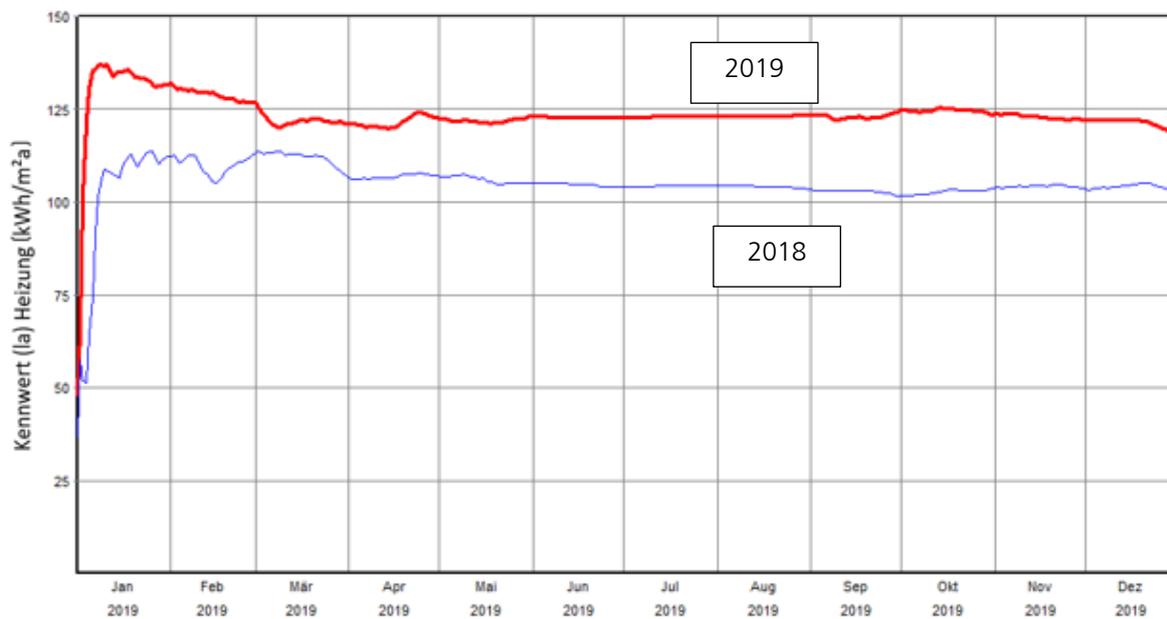
1

2

3

4

5



**Bild 26** Entwicklung des Heizkennwerts in den Jahren 2018 und 2019

Um diesen unnötigen Heizenergieverlust zu vermeiden, sind folgende Abhilfemaßnahmen vorgeschlagen:

- Entfernen der Holzverkleidungen und Gegenstände an den Heizkörpern Erneuerung der Thermostatventile und Raumtemperaturfühler. Dabei müssen die Fühler frei montiert werden und dürfen nicht verdeckt sein, um einen Hitzestau zu vermeiden
- Sanierung der restlichen Gebäudehülle mit Austausch der z. T. undichten alten Fenster gegen Fenster mit 3-facher Isolierverglasung, sowie Anbringen eines Wärmedämmverbundsystems an den Außenwänden und Dämmen der Dächer nach Vorgabe der Stuttgarter Energierichtlinie.

Sind die Maßnahmen durchgeführt, können die Parameter der Heizungsregelung wieder nach unten korrigiert werden, sodass ein entsprechender Einspareffekt beim Heizenergieverbrauch, bei den Energiekosten und bei der CO<sub>2</sub>-Emission erzielt wird.

### Auswirkung des Heizenergieverbrauchs durch Nutzungsänderung am Beispiel der ehemaligen Hedwig-Dohm-Schule.

Der Altbau Hedwig-Dohm-Schule (Berufsschule für Ernährung, Hauswirtschaft und Sozialwesen) in der Ludwigstraße in Stuttgart West ist eine Schule mit fast 5.900 m<sup>2</sup> Unterrichtsfläche (Bild 27). Durch ansteigende Schülerzahlen wurde die Schulfläche zu klein und es wurde nach Lösungen gesucht, um den Schulbetrieb aufrecht zu erhalten. Im Jahr 2014 zog die Schule in einen größeren Neubau in den Stuttgarter Norden um.



**Bild 27** Ehemalige Hedwig-Dohm-Schule

Nach dem Umzug der Schule wurde das Areal der ehemaligen Hedwig-Dohm-Schule zur Unterbringung von Flüchtlingen benutzt. Die Heizzeiten wurden geändert und an die veränderte Nutzung mit längeren Betriebszeiten angepasst. Durch die Änderung der Nutzung erhöhte sich der Heizkennwert auf  $80 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  (Bild 28). Dies entspricht einer Steigerung beim Verbrauch um  $120.000 \text{ kWh/a}$  und bei den Betriebskosten  $18.000 \text{ Euro/a}$ . Dadurch erhöht sich der  $\text{CO}_2$ -Ausstoß um ca.  $32 \text{ tCO}_2/\text{a}$ .

Nachdem für die Flüchtlinge Ersatzunterkünfte gefunden wurden, benutzte das Eberhard-Ludwigs-Gymnasium das Gebäude als Außenstelle für ihre Schüler/innen. Die Heizkurven und Betriebszeiten wurden dem Schulbetrieb angepasst. Der ursprüngliche spezifische Kennwert von  $60 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  wurde wieder erreicht und auch der  $\text{CO}_2$ -Ausstoß und die Heizkosten verringerten sich und erreichten den Ausgangswert bei der Schulnutzung.

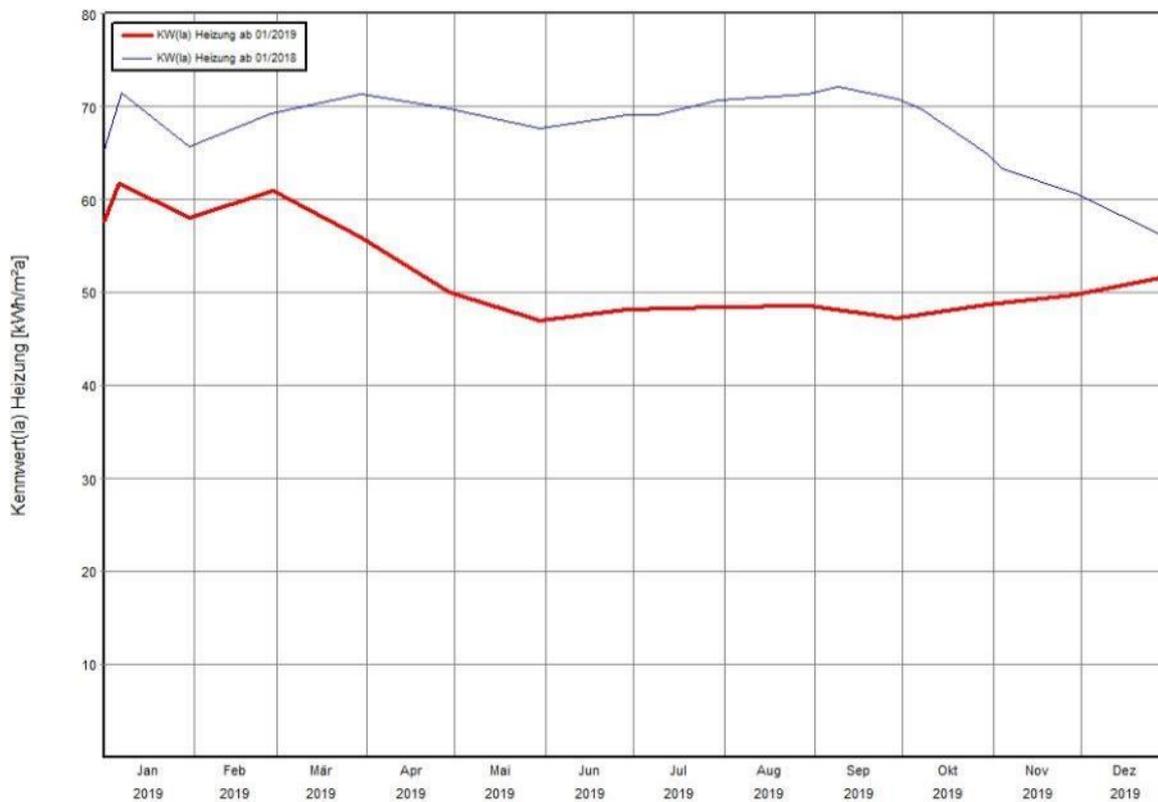
1

2

3

4

5



**Bild 28** Energieverbrauch der ehemaligen Hedwig-Dohm-Schule 2018 und 2019

### Einbau eines Blockheizkraftwerks im Klinikum Bad Cannstatt

Das Krankenhaus Bad Cannstatt (KBC) im Prißnitzweg ist einer der beiden Standorte des Klinikums Stuttgart und hat eine Versorgungskapazität von 22.000 Patienten (Bild 29).

In 2019 wurden für den Betrieb des Krankenhauses rund 15.600 MWh/a Wärme und 7.400 MWh/a Strom benötigt. Diese Liegenschaft ist damit, nach dem Klinikumstandort Mitte und dem Hauptklärwerk, der drittgrößte Wärme- und Stromverbraucher der Landeshauptstadt Stuttgart.

Für Liegenschaften mit hohem ganzjährigem gleichzeitigen Strom- und Wärmebedarf können Blockheizkraftwerke (BHKW) wirtschaftlich betrieben werden. BHKWs sind in der Regel Gasmotoren, die einen Generator zur Stromerzeugung antreiben und deren Abwärme für die Beheizung der Liegenschaft eingesetzt wird.

Die Energiezentrale des Krankenhauses lag bis 2015 im Zuge eines privaten Contractingvertrags in der Verantwortung der EnBW. Dies erklärt, wieso der gesamte Wärmeverbrauch durch zwei Gas-Heizwasserkessel und zwei Gas-Dampfkessel gedeckt wurde. Der am Standort benötigte Strom wurde vollständig eingekauft. Nachdem dieser Vertrag auslief, wurde der Betrieb der Energiezentrale wieder an das Klinikum übertragen. Im Rahmen einer anschließenden Neuordnung wurde für die Energieversorgung des Krankenhauses ein BHKW konzipiert.



**Bild 29** Luftbildaufnahme des Krankenhaus Bad Cannstatt 2019

Für den wirtschaftlichen Betrieb eines BHKWs sind möglichst hohe Betriebsstunden zu erreichen. Um dies zu gewährleisten, muss zur Auslegung des BHKWs die Strom- und Wärmegrundlast des Krankenhauses analysiert werden. Die Grundlast des Stroms beträgt  $650 \text{ kW}_{\text{el}}$  und die der Wärme ca.  $700\text{-}1.000 \text{ kW}_{\text{th}}$ .

Bei dem Großteil des Wärmebedarfs handelt es sich um Warmwasserbedarf und um Prozessdampf, beispielsweise für Sterilisatoren. Aufgrund des hohen Dampfbedarfs wurde für das KBC ein BHKW mit Dampfkopplung geplant.

Ende 2018 wurde das BHKW eingebaut. In Bild 30 ist die Anlieferung des BHKW-Moduls zu sehen, das mit einem Schwerlastkran vom LKW zum Einbringschacht der Energiezentrale gehoben wird.

1

2

3

4

5



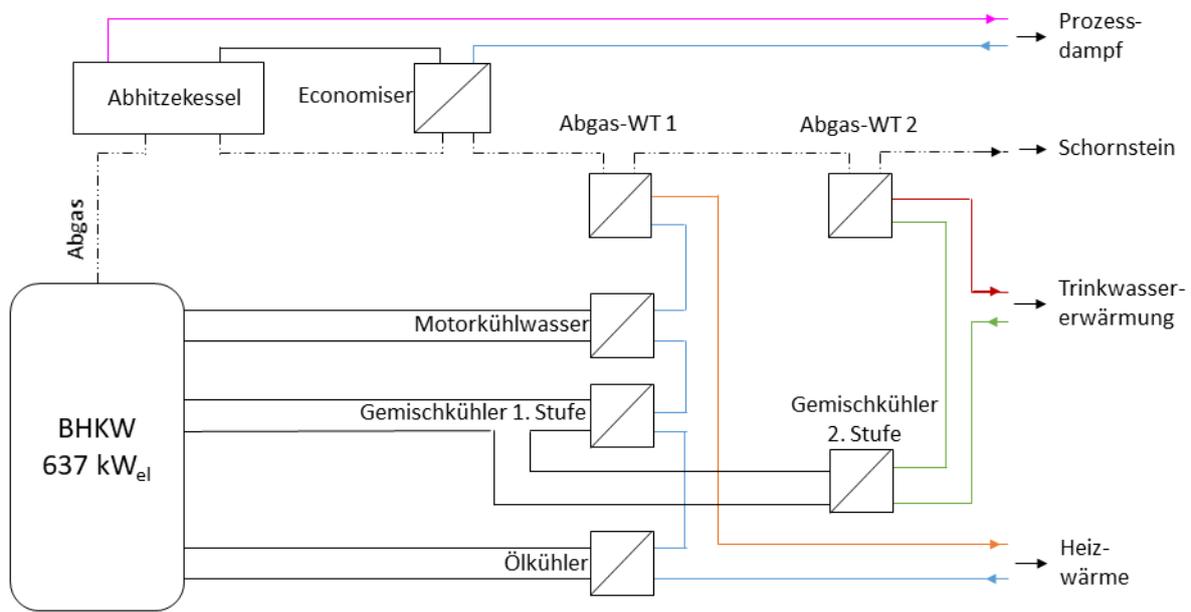
**Bild 30** Einbringung des BHKW-Moduls

Die elektrische Leistung des BHKWs von 637 kW entspricht knapp der ganzjährigen Grundlast der Liegenschaft. Eine Stromrückspesung ins öffentliche Netz findet im Regelbetrieb nicht statt. Der Anlagenbetrieb des BHKWs ist schematisch in Bild 31 dargestellt.

Die Wärmenutzung für das Heizungsnetz umfasst neben der Wärme aus dem „Abgas-WT 1“, den Wärmetauscher aus dem Ölkühler (80 kW), dem „Gemischkühler 1. Stufe“ (130 kW) und die Abwärme aus dem Motorkühlwasser (210 kW) und beträgt zusammen 475 kW.

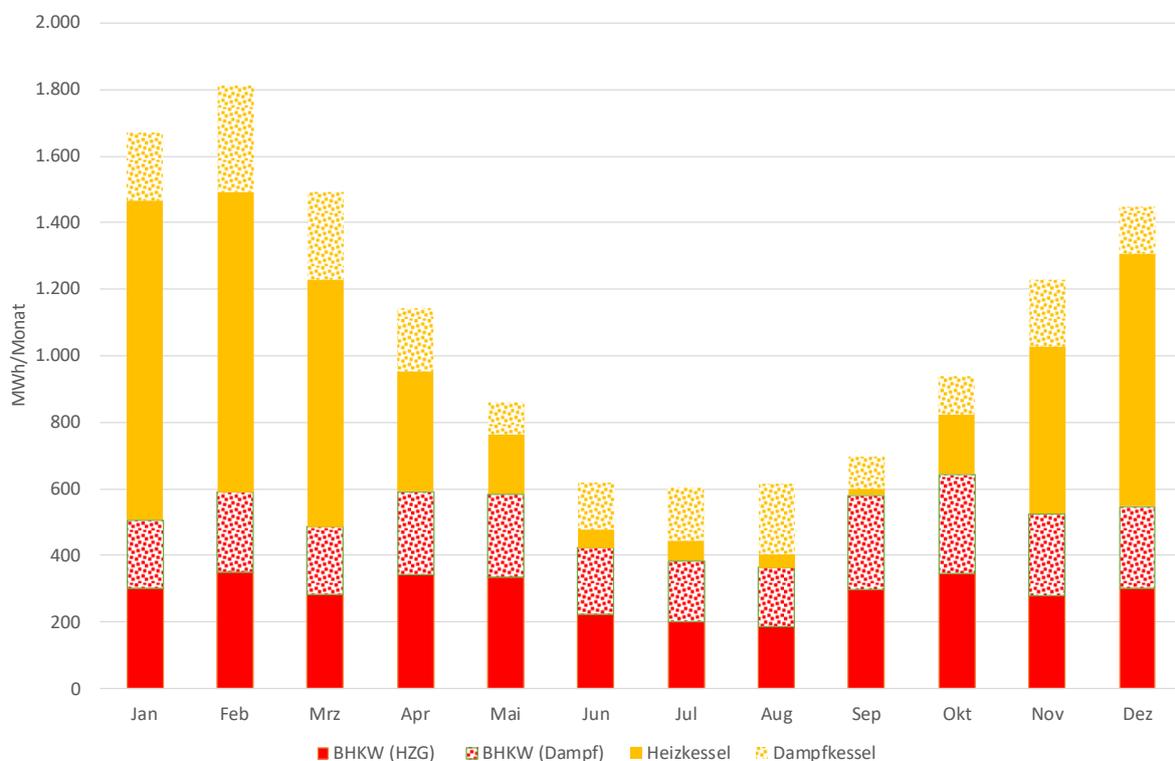
Das Kühlwasser aus dem Gemischkühlkreis hat nach dem Heizwasser-Wärmetauscher „Gemischkühler 1. Stufe“ noch einen hohen Wärmeanteil, der für die Trinkwassererwärmung genutzt werden kann. Dafür wird der Gemischkühler „2. Stufe“ (50 kW) eingesetzt.

Das BHKW war 2019 mit ca. 7.000 Vollbenutzungsstunden in Betrieb und erzeugte aus einem Einsatz von rund 13.500 MWh/a Erdgas 4.500 MWh Strom/a, 3.400 MWh Heizwärme und 2.800 MWh/a Prozessdampf. Das entspricht einem Jahresnutzungsgrad von 88 %. Bild 32 zeigt den monatlichen Anteil der Wärme- und Dampferzeugung des BHKWs.



**Bild 31** Schematische Darstellung der Abwärmenutzung

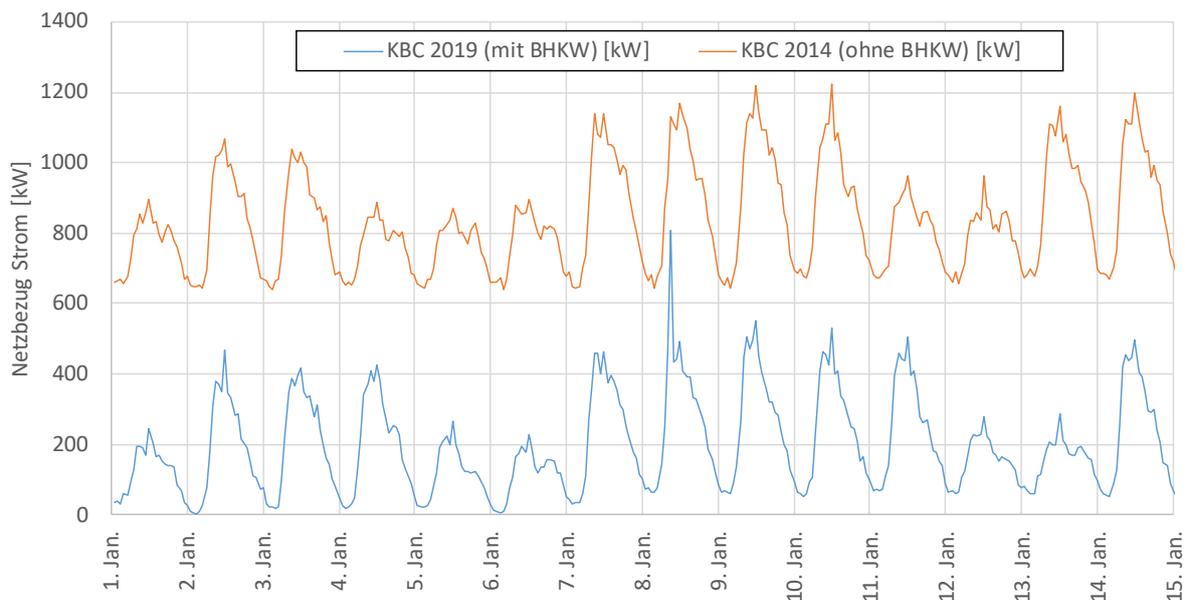
Das Besondere an der installierten BHKW-Anlage ist die komplexe Abwärmenutzung, die maßgeblich für eine hohe Effizienz und lange jährliche Laufzeit beiträgt. Beim BHKW wird zur Prozessdampferzeugung das heiße Abgas über einen Abhitzedampfkessel (280 kW) mit anschließendem Economiser (30 kW) geführt.



**Bild 32** Monatliche Heizwärme- und Dampferzeugung aus BHKW und Gaskesseln

Das BHKW deckt den kompletten Dampfbedarf des Krankenhauses ab. Nach dem Economiser wird die Wärme aus dem Abgas in einem zweiten Schritt über den Abgaswärmetauscher „Abgas-WT 1“ an das Heizungsnetz abgegeben (55 kW). Der verbleibende Wärmeanteil des Abgases trägt über den Wärmetauscher „Abgas-WT 2“ zur Trinkwassererwärmung bei (100 kW), bevor das Abgas über den Schornstein abgeführt wird.

Der Strombezug aus dem öffentlichen Netz wird durch die Stromerzeugung des BHKWs um mehr als 60 % reduziert. Veranschaulicht werden kann dies durch einen Vergleich der Lastgänge vor und nach dem Einbau des BHKW (Bild 33).



**Bild 33** Lastgang Strombezug vor und nach dem Einbau des BHKWs

Das jährlich eingesetzte Erdgas hat einen Gegenwert von rund 600.000 Euro/a. Durch den Betrieb des BHKWs wurden 2019 Energiebezugskosten in Höhe von rund 1,2 Mio. Euro/a ersetzt, d. h. eine Einsparung von 600.000 Euro/a realisiert.

Das Projekt ist kostenmäßig noch nicht schlussgerechnet. Es werden Investitionskosten in Höhe von 1,4 Mio. Euro erwartet, sodass sich eine Kapitalrückflusszeit von 2,3 Jahren ergibt.

Da die Landeshauptstadt Stuttgart ohnehin Ökostrom bezieht, ist mit der Maßnahme aus stadtteigener Sicht keine Treibhausgasminde rung verbunden. Technisch betrachtet ersetzt die Stromproduktion des BHKW aber die Stromproduktion aus dem deutschen Kraftwerkspark. Die Atmosphäre wird damit jährlich um 513 t/a CO<sub>2</sub>-Äquivalente entlastet.

### 3.2 Energiedienst Strom

Schwerpunktmäßig werden im Energiedienst Strom Liegenschaften mit hohem Stromverbrauch und mit Eigenerzeugungsanlagen überwacht und energetisch weiterentwickelt. Im Jahr 2019 wurden mit 121 überwachten Liegenschaften 25 % bzw. 24 Liegenschaften mehr als im Vorjahr betreut. Die Steigerung ist auf eine Restrukturierung der bestehenden Kapazität zurückzuführen. Das ebenfalls im Energiedienst Strom überwachte Hauptklärwerk Mühlhausen ist in den beiden folgenden Tabellen aufgrund des unverhältnismäßig hohen Verbrauchs als einzelne Liegenschaft nicht enthalten, da betriebsbedingte Verbrauchsschwankungen der Hauptkläranlage die Ergebnisdarstellung im Energiedienst überlagern könnten.

Tabelle 16 zeigt die im Energiedienst Strom befindlichen Liegenschaften mit ihren prozentualen und absoluten Einsparergebnissen. Die Fläche der im Energiedienst überwachten Liegenschaften nahm gegenüber dem Vorjahr um 212.027 m<sup>2</sup> bzw. 28,6 % zu. Die Stromverbrauchseinsparung lag 2019 im Vergleich zu 2018 um 1.112 MWh bzw. 9,5 % höher. Die Kosten konnten somit gegenüber dem Bezugsjahr, dem Jahr vor Aufnahme in den Energiedienst, durch den Energiedienst Strom um 2.705.890 Euro gesenkt werden.

Die im Energiedienst befindlichen Gebäude haben einen Flächenanteil von 40,4 % der Gesamtfläche aller städtischen Liegenschaften.

ENERGIEDIENST STROM	Jahr 2018		Jahr 2019	
Fläche im Energiedienst [m <sup>2</sup> ]	741.204	31,4 %	953.231	40,4 %
Gesamte Fläche [m <sup>2</sup> ]	2.360.459	100,0 %	2.358.540	100,0 %
Anzahl der betreuten Anlagen	97		121	
Stromverbrauchseinsparung [MWh]	11.708,457	14,5 %	12.820,275	14,1 %
Kosteneinsparung [€]	2.364.492		2.705.890	

**Tabelle 16** Energiedienst Strom der Jahre 2018 und 2019

In Tabelle 17 sind die Einsparungen im Energiedienst Strom der einzelnen Ämter und Eigenbetriebe dargestellt.

Gebäude nutzendes Amt	Anzahl und Flächenanteil betreuter Liegenschaften		Einsparung 2018			Einsparung 2019		
	2018	2019	Energie MWh/a	Energie %	Kosten €/a	Energie MWh/a	Energie %	Kosten €/a
Hauptamt	0 0 %	1 46 %	0,0	0,0	0	350,5	26,6	72.098
Bezirksämter	0 0 %	2 4 %	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
Amt für Liegenschaften und Wohnen	1 3 %	8 26 %	36,4	14,5	7.843	754,7	15,0	154.334
Amt für öffentliche Ordnung	2 18 %	1 15 %	191,0	83,4	42.406	53,5	29,0	11.993
Branddirektion	0	1 7 %	---	---	---	0,0	0,0	0
Schulverwaltungsamt	48 34 %	59 47 %	1.154,9	12,4	182.221	1.106,3	8,4	194.824
Kulturamt	4 58 %	3 56 %	554,5	19,6	116.537	263,0	9,9	56.035
Jugendamt	4 4 %	8 4 %	109,2	72,8	15.158	118,3	65,7	7.673
Amt für Sport und Bewegung	3 51 %	5 60 %	608,8	28,2	128.380	740,5	31,2	166.046
Krankenhäuser	3 92 %	2 98 %	1.514,0	4,1	283.232	1.488,2	4,0	296.511
Garten-, Friedhofs- und Forstamt	4 16 %	3 19 %	308,9	27,6	65.690	215,4	20,6	44.438
Eigenb. Abfallwirtschaft	3 13 %	2 9 %	29,7	21,7	7.671	9,6	9,0	2.397
Eigenb. Leben und Wohnen	5 58 %	8 74 %	468,7	17,0	100.065	711,8	20,4	157.951
Bäderbetriebe Stuttgart	16 87 %	15 85 %	3.379,0	24,5	693.402	3.238,8	24,3	688.283
Stadtentwässerung Stuttgart	3 *)	3 *)	3.238,0	29,6	697.969	3.769,5	34,5	853.306
<b>GESAMT</b>	<b>97</b>	<b>121</b>	<b>11.708,5</b>	<b>14,5</b>	<b>2.364.492</b>	<b>12.820,3</b>	<b>14,1</b>	<b>2.705.890</b>

\*) bei Klärwerken ist eine Flächenverteilung nicht sinnvoll

**Tabelle 17** Energiedienst Strom – Zusammenstellung nach Ämtern und Eigenbetrieben

Die folgenden Praxisberichte zeigen beispielhaft die Arbeit im Energiedienst Strom. Die gewählten Beispiele sind die Indach-Photovoltaikanlage auf dem Rathaus-Altbau, die LED-Strategie 2030 und die Belüftungs- und Beleuchtungssanierung im Hallenbad Vaihingen.

### Indach-Photovoltaikanlage auf dem Rathaus-Altbau

Auf dem Gebäudekomplex des Stuttgarter Rathauses am Marktplatz wurde bereits im Jahr 2011 eine erste Photovoltaik(PV)-Anlage mit 17,6 kWp installierter Leistung errichtet. Diese befindet sich auf dem Bürogebäude Rathauspassage 2, auf dem neben klimafreundlicher Solarstromerzeugung auch Dachbegrünung, Dachdämmung und Rathausbienen ihren Platz finden.

Nach Vorabstimmungen und Prüfungen fiel im November 2018 mit dem Auftrag an die Energiedienste der Landeshauptstadt Stuttgart (EDS), einer Tochtergesellschaft der Stadtwerke Stuttgart, der Startschuss zur Errichtung einer deutlich größeren PV-Anlage auf dem Altbauflügel des Stuttgarter Rathauses (Bild 34). Aus Gründen der Statik und der Optik wurde die Anlage mit einem Indach-Montagesystem realisiert.



**Bild 34** Arbeitsbeginn auf dem Altbauflügel des Stuttgarter Rathauses

Zunächst wurden die Dachziegel auf der südöstlichen und auf der südwestlichen Dachfläche entfernt. Da es bereits eine intakte Unterspannbahn gab, brauchte diese nicht zusätzlich eingebracht werden, sondern es konnte direkt die Dachziegellattung um die zur Befestigung der PV-Module notwendigen Holzlatten ergänzt werden. Danach mussten die Module eingemessen werden.

Jetzt konnten die Leistungsoptimierer positioniert und angebracht werden. Die Leistungsoptimierer verhindern zum einen, dass die im Tagesverlauf durch den Marktplatzflügel verschattete Module die Leistung unverschatteter Module beeinflussen und so den Gesamtertrag der Photovoltaikanlage reduzieren. Zum anderen wird im Störfall die elektrische Spannung auf der Gleichstromseite am Wechselrichter auf eine ungefährliche Kleinspannung reduziert (ohne Optimierer rund 900 V).

Parallel zu diesen Arbeiten wurde die Leitungsverlegung durch den Dachstuhl und die Fassade des Innenhofes durchgeführt. Es folgte die Modulmontage und zum Abschluss der Arbeiten auf dem Dach die Einfassung der Modulfelder, zur Abdichtung und Sturmsicherung der Randziegel. Bei der Baumaßnahme wurde auch an die Tierwelt gedacht, denn es wurden während der Standzeit des Gerüsts Nistkästen für Mauersegler angebracht, um dieser bedrohten Art Brutmöglichkeiten zu bieten.

1

2

3

4

5



**Bild 35** Fertige Indach-Photovoltaikanlage auf dem Rathaus-Altbau

Im April 2019 war es dann soweit und die PV-Anlage auf dem Stuttgarter Rathausdach konnte vor der anwesenden Presse eingeweiht werden. Damit konnte die hundertste PV-Anlage auf einem Gebäude der Stadtverwaltung in Betrieb gehen. Mit einer installierten Leistung von 84,6 kWp auf einer Modulfläche von 471 m<sup>2</sup>, werden pro Jahr ca. 80.000 kWh/a Strom erzeugt und jährlich 547 kgCO<sub>2</sub>/a eingespart. Die Kapitalrückflusszeit beträgt 18 Jahre bei einer technischen Nutzungsdauer von 25 Jahren. Die Stromerzeugung der Anlage wird zu rund 90 Prozent direkt im Rathaus verbraucht. Bild 35 zeigt die fertiggestellte Anlage aus der Vogelperspektive.

Neben den oben beschriebenen PV-Anlagen auf dem Gebäude Rathauspassage 2 und dem Rathaus-Altbau wurde in 2019 im Zuge des Neubaus des Gebäudes „Rathausgarage“ in der Eichstr. 7 eine weitere PV-Anlage mit einer installierten Leistung von 16,2 kWp installiert. Die installierte Leistung der nunmehr drei PV-Anlagen auf dem Rathaus-Komplex beträgt somit in Summe 118,4 kWp. Auf Bild 36 sind die Anlagen im Luftbild zu sehen.

Insgesamt wurden im Jahr 2019 auf städtischen Gebäuden 30 PV-Anlagen errichtet. Bezogen auf den Zubau der Gesamtstadt von 275 PV-Anlagen entspricht dieser Zubau einem Anteil von 11 %. Mit einer zugebauten installierten Leistung von 910 kWp machen die städtischen Anlagen 2019 einen Anteil von 26 % der zugebauten Nettonennleistung der Gesamtstadt von 3.455 kWp aus. Dies erklärt sich durch die im Mittel erheblich überdurchschnittliche Anlagenleistung. Von den 30 realisierten PV-Anlagen wurden 20 zusammen mit der EDS (Stadtwerke Stuttgart) umgesetzt, mit der die Zusammenarbeit weiter intensiviert wurde. Gemeinsam mit der EDS sind bereits über 100 weitere PV-Anlagen auf und an städtischen Liegenschaften für die kommenden Jahre in Planung.



**Bild 36** Luftbild des Rathauskomplexes mit den drei städtischen PV-Anlagen (Quelle: Thomas Hörner)

### Belüftungs- und Beleuchtungssanierung im Hallenbad Vaihingen

Das Hallenbad in Stuttgart-Vaihingen wurde 1975 im Rosentalsee erbaut und ist mit einem großen Mehrzweckbecken und einem Nichtschwimmerbecken ausgestattet. Direkt angrenzend befindet sich das Freibad Rosental. Bild 37 zeigt das Freibad und das Hallenbad im Luftbild.



**Bild 37** Freibad (links) und Hallenbad (rechts) in Stuttgart-Vaihingen (Quelle: LHS Stuttgart, Stadtmesungsamt)

1

2

3

4

5

Die Badelandschaft besteht aus

- Mehrzweckbecken 25 m x 12,5 m, Wassertiefe 1,25 m – 4 m
- 1 m-Sprungbrett, 3 m-Plattform
- Nichtschwimmerbecken 12,5 m x 9 m, Wassertiefe 0,75 m - 1,25 m
- Wasserspeier
- Freiluft-Terrasse

Das Hallenbad Vaihingen wurde im Jahr 2019 teilsaniert mit dem Ziel einer Entlastung der Dachtraglast. Zur Nutzung von Energieeinsparpotenzialen wurde in der Schließzeit zusätzlich eine Modernisierung der größtenteils seit 1975 betriebenen technischen Ausstattung im Bereich Lüftungs- und Beleuchtungstechnik umgesetzt. Weiterhin konnte die bisher fremdbetriebene Photovoltaikanlage durch die Stadtverwaltung erworben und weiterverwendet werden. Zur Erreichung der Klimaneutralität ist zudem mittelfristig ein Nahwärmenetz mit einer verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien vorgesehen.

Die Effizienz der Raumluftechnik wurde durch die Erneuerung der Lüftungsanlagen sowie teilweise der Kanalführung verbessert. Hierdurch wird zukünftig eine Strom- und Wärmeeinsparung von jeweils ca. 30 % erzielt. Dies entspricht einer jährlichen Kostenreduzierung in Höhe von 16.800 Euro/a. Über eine mindestens 20-jährige Nutzungsdauer werden 1.240 Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart.

Wesentliche Effizienzverbesserungen wurden in folgenden Bereichen erzielt:

- Hocheffiziente, stufenlos betriebene Ventilatoren (bisher 2-stufiger Betrieb)
- Erhöhung des Wärmerückgewinnungsgrads, Einsatz von Kreuzstromwärmetauschern (bisher Rotations- und Kreuzstromwärmetauscher)
- Reduzierung des Nennluftvolumenstroms in den Nebenräumen von 16.000 m<sup>3</sup>/h auf 7.800 m<sup>3</sup>/h
- Erneuerung der Mess-, Steuer- und Regeltechnik: Ermöglichen eines energieoptimierten bedarfsorientierten Betriebs, z. B. feuchtegeführte Volumenstromregelung, nächtliche Feuchteanhebung, feuchtegeführter Betrieb im Duschbereich

Über das stadtinterne Contracting finanzierte das Amt für Umweltschutz an der Sanierungsmaßnahme der Raumluftechnik 336.000 Euro von den Gesamtkosten i. H. v. ca. 400.000 Euro. Über das Förderprogramm Klimaschutz Plus des Landes Baden-Württemberg konnten 57.135 Euro an Fördermitteln akquiriert werden. In Tabelle 18 sind die mit der Maßnahme erzielten Einsparungen dargestellt.

	vor Sanierung	nach Sanierung	Einsparung
<b>Wärmeverbrauch</b>	457.000 kWh/a	320.000 kWh/a	137.000 kWh (30 %)
<b>Heizkosten</b>	27.400 Euro/a	19.200 Euro/a	8.200 Euro/a (30 %)
<b>Stromverbrauch</b>	155.000 kWh/a	108.000 kWh/a	47.000 kWh (30 %)
<b>Stromkosten</b>	28.500 Euro/a	19.900 Euro/a	8.600 Euro/a (30 %)
<b>CO<sub>2</sub>-Emission</b>	208 t/a	145 t/a	62 t/a (30 %)
<b>Vermiedene CO<sub>2</sub>-Kosten</b>			4.030 Euro/a

**Tabelle 18** Übersicht über die Verbrauchs-, Kosten- und Emissionsreduzierung Raumluftechnik

Die Beleuchtungstechnik von 1975 wurde im Jahr 2019 vollständig erneuert. Neben dem Einbau von LED-Leuchten in allen Bereichen kann nun auch über Präsenzmelder und eine tageslichtabhängige Steuerung

eine Stromverbrauchsreduzierung erzielt werden. Insbesondere in Schwimmhallen mit hohem Fensterflächenanteil und folglich hohem Tageslichtanteil ist die tageslichtabhängige Steuerung unverzichtbar.

Der Zustand der entleerten Schwimmbecken wurde zusätzlich genutzt, um auch die Unterwasserscheinwerfer auszutauschen. Aufgrund der hohen Betriebszeiten der Unterwasserscheinwerfer kann bei deren Austausch eine rasche Amortisation von 2,5 Jahren erzielt werden. Die Bäderbetriebe Stuttgart haben eine eigene, kostengünstige und flexible Lösung zum Umbau der Unterwasserscheinwerfer entwickelt, so dass hier bereits sukzessive ein Großteil der Unterwasserscheinwerfer in Stuttgarter Bädern ausgetauscht werden. Durch den Eigenbau konnten die Investitionskosten je Scheinwerfer von ca. 3.200 Euro auf 400 Euro gesenkt werden. Die elektrische Leistung reduziert sich von 400 Watt auf 160 Watt.

	vor Sanierung	nach Sanierung	Einsparung
<b>Stromverbrauch</b>	72.220 kWh/a	23.360 kWh/a	48.860 kWh (68 %)
<b>Stromkosten</b>	13.300 Euro/a	4.300 Euro/a	9.000 Euro/a (68 %)
<b>CO<sub>2</sub>-Emission</b>	41,6 t/a	13,5 t/a	28,1 t/a (68 %)
<b>Vermiedene CO<sub>2</sub>-Kosten</b>			1.830 Euro/a

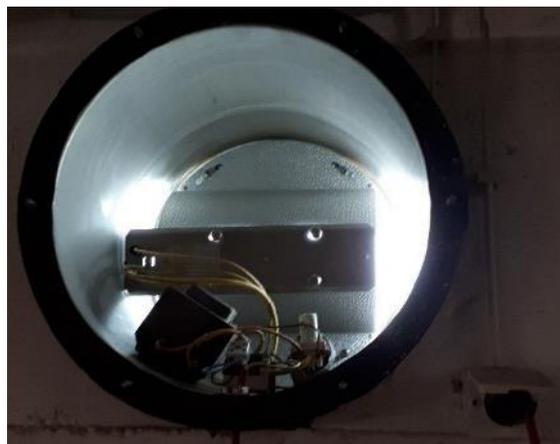
**Tabelle 19** Übersicht über die Verbrauchs-, Kosten- und Emissionsreduzierung Beleuchtungstechnik

Die Maßnahme im Bereich der Beleuchtung führt zu einer Reduzierung des Stromverbrauchs der Beleuchtung um 68 %. Dies zeigt deutlich auf, dass Sanierungsmaßnahmen im Bereich der Beleuchtung wesentlich zur Effizienz und zum wirtschaftlichen Betrieb beitragen.

Über das stadtinterne Contracting finanzierte das Amt für Umweltschutz 180.000 Euro dieser Maßnahme bei einem Gesamtfinanzbedarf von 290.000 Euro. Dies entspricht einer Teilfinanzierung von 62 %, die sich aufgrund einer jährlichen Stromkosteneinsparung von 9.000 Euro innerhalb der Nutzungsdauer von 20 a refinanziert. Die Bilder Bild 38 bis Bild 41 zeigen die Unterwasserscheinwerfer im alten und neuen Zustand.



**Bild 38** Abdeckung Unterwasserscheinwerfer



**Bild 39** Unterwasserscheinwerfer alter Zustand

1

2

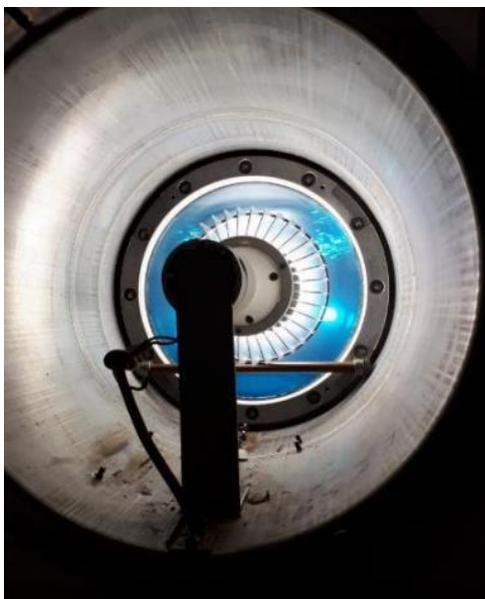
3

4

5



**Bild 40** Unterwasserscheinwerfer alter Zustand- 400 W HQI Leuchtmittel



**Bild 41** Unterwasserscheinwerfer neuer Zustand- 170 W LED-Leuchtmittel

Die statischen Untersuchungen des Gebäudes hatten im Jahr 2016 zur Folge, dass die Photovoltaikanlage aus dem Jahr 2007 abgebaut und zwischengelagert werden musste. Die bisher durch Externe betriebene Anlage wurde durch die Stadtverwaltung erworben und zwischengelagert. Im Jahr 2020 wird die Anlage erneut montiert und zukünftig durch die Stadtverwaltung betrieben. Bis zum Ablauf des Vergütungsanspruchs aus dem Erneuerbare-Energien-Gesetz wird die Anlage als Volleinspeiseanlage betrieben. Ab 2027 kann die Anlage als Überschusseinspeiseanlage weiterbetrieben werden. Dies bedeutet, dass nur der Stromanteil, der nicht im Hallen- und Freibad Vaihingen verbraucht wird, eingespeist wird.

Die Photovoltaikanlage hat eine installierte Leistung von 29,9 kWp und eine Modulfläche von 312 m<sup>2</sup>. Für die Maßnahme mit Investitionskosten von 127.000 Euro stellte das Amt für Umweltschutz eine Vollfinanzierung aus dem stadtinternen Contracting bereit. Aufgrund der hohen EEG-Vergütung von 49,06 ct/kWh bis zu ihrem Auslaufen liegt die statische Kapitalrückflusszeit bei 8 Jahren.

Zur Umsetzung einer energieoptimierten Betriebsführung ist ein Monitoring der Anlagentechnik von grundlegender Bedeutung. Aus diesem Grund wird im Jahr 2020 eine neue Stromverteilung eingebaut, welche

eine separate Erfassung verschiedener technischer Anlagenbereiche (z. B. Lüftung, Badewassertechnik, Heizung) ermöglicht. Das Amt für Umweltschutz kann über die SEKS-Station somit zukünftig in Echtzeit über M-Bus die Zählerdaten abrufen und auswerten. Die Optimierung der technischen Anlagen nach der Inbetriebnahme der Anlagen ist Voraussetzung für die Erzielung hoher Energieeinsparungen im Betrieb.

Mittelfristig ist ein Umbau der Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung im Hallenbad sowie im angrenzenden Freibad geplant. Erneuerbare Energien werden zukünftig in ein gemeinsames Nahwärmenetz beider Bäder einspeisen. Im Zuge anstehender Dachsanierungen im Freibad Rosental werden weitere Photovoltaikpotenziale genutzt. Der Einsatz von Geothermie und Kleinwindkraftanlagen sind weitere zu prüfende Optionen. Zur Erreichung der Klimaneutralität der städtischen Gebäude bis 2030 soll der Verbrauch weiter gesenkt und der Anteil erneuerbaren Energien bei diesen Sanierungsmaßnahmen deutlich erhöht werden.

### 3.3 Energiedienst Wasser

In 2019 wurden in 25 städtischen Liegenschaften der Wasserverbrauch vom Energiedienst überwacht. Mit Hilfe des Stuttgarter-Energie-Kontroll-Systems (SEKS) werden einige dieser Wasseranlagen ständig überwacht, dadurch werden verbrauchsrelevante Defekte an Leitungen und der Technik schnell erkannt. Wie in den letzten Jahren lagen die Schwerpunkte für den Energiedienst Wasser auch 2019 bei den Anlagen der Bäderbetriebe Stuttgart, des Schulverwaltungsamts und des Garten-, Friedhofs- und Forstamts.

Tabelle 20 zeigt die Aufteilung der im Energiedienst Wasser betreuten Anlagen nach prozentualen Einsparergebnissen und das absolute Gesamtergebnis.

ENERGIEDIENST WASSER	Jahr 2018		Jahr 2019	
	ANZAHL	%	ANZAHL	%
Anzahl der betreuten Anlagen	25	100,0	25	100,0
Wasserverbrauchseinsparung [m³]	138.177	30,6 %	122.183	27,1 %
Kosteneinsparung [€]	535.031		483.531	

**Tabelle 20** Ergebnisse Energiedienst Wasser der Jahre 2018 und 2019

Bei zehn Anlagen war im Jahr 2019 keine Reduzierung des Wasserverbrauchs möglich, wogegen bei vier Einrichtungen über 40 % Wasser eingespart wurde. Die gesamte Einsparung reduzierte sich 2019 gegenüber dem Vorjahr um 15.944 m³ auf 122.183 m³. Entsprechend hat sich auch die prozentuale Einsparung gegenüber dem Wasserverbrauch im Bezugsjahr auf 27,1 % reduziert. Die Kosteneinsparung mit dem Energiedienst Wasser lag 2019 bei 483.531 Euro/a.

In Tabelle 21 ist die Verteilung der Anlagen auf die einzelnen Ämter und Eigenbetriebe wiedergegeben. Wie im Vorjahr haben die Bäderbetriebe Stuttgart mit 347.447 Euro/a das beste Wassereinsparergebnis.

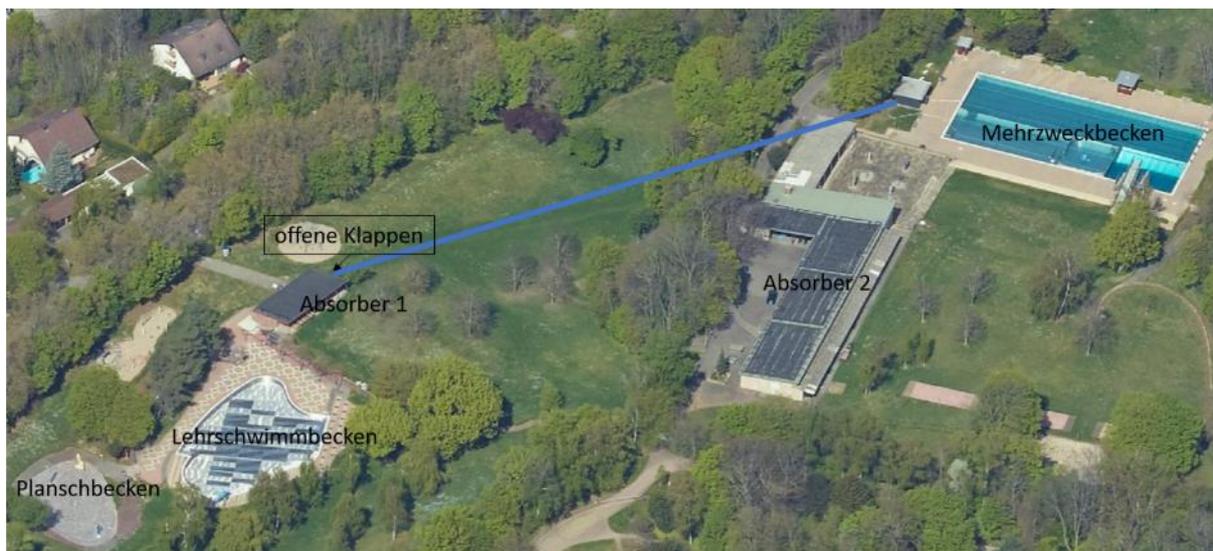
GEBÄUDE- NUTZENDES AMT	ANZAHL DER BETREUTEN LIEGEN- SCHAFTEN 2018/2019	EINSPARUNG 2018			EINSPARUNG 2019		
		Wasser m <sup>3</sup> /a	Wasser %	Kosten €/a	Wasser m <sup>3</sup> /a	Wasser %	Kosten €/a
Schulverwaltungsamt	6 / 6	796	4,8	3.569	1.468	4,8	6.430
Kulturamt	1 / 1	1.329	53,2	5.476	0	0,0	0
Jugendamt	1 / 1	0	0,0	0	0	0,0	0
Amt für Sport und Bewegung	2 / 2	0	0,0	0	1.935	21,6	5.552
Behandlungszentrum Mitte	1 / 1	1.084	22,9	4.757	710	15,0	3.154
Garten-, Friedhofs- und Forstamt	3 / 3	25.477	25,3	102.632	24.966	24,8	90.275
Bäderbetriebe Stuttgart	9 / 9	102.295	42,8	389.093	85.749	35,9	347.447
Eigenb. Leben und Wohnen	1 / 1	7.196	46,5	29.504	7.355	47,5	30.672
Veranstaltungsgesellschaft Stuttgart	1 / 1	0	0,0	0	0	0,0	0
<b>GESAMT</b>	<b>25 / 25</b>	<b>138.177</b>	<b>30,6</b>	<b>535.031</b>	<b>122.183</b>	<b>30,6</b>	<b>483.531</b>

**Tabelle 21** Energiedienst Wasser – Zusammenstellung nach Ämtern und Eigenbetrieben

Der folgende Praxisbericht zeigen beispielhaft die Arbeit im Energiedienst Wasser.

### Wasserverlust im Höhenfreibad

Das Höhenfreibad Killesberg wurde 1939 eröffnet. Nach dem Krieg musste es wiederaufgebaut werden und wurde im Laufe der Jahre mehrfach aus- und umgebaut. Heute steht den Badegästen ein Lehrschwimmbecken, ein Planschbecken und ein Mehrzweckbecken zur Verfügung (Bild 42).

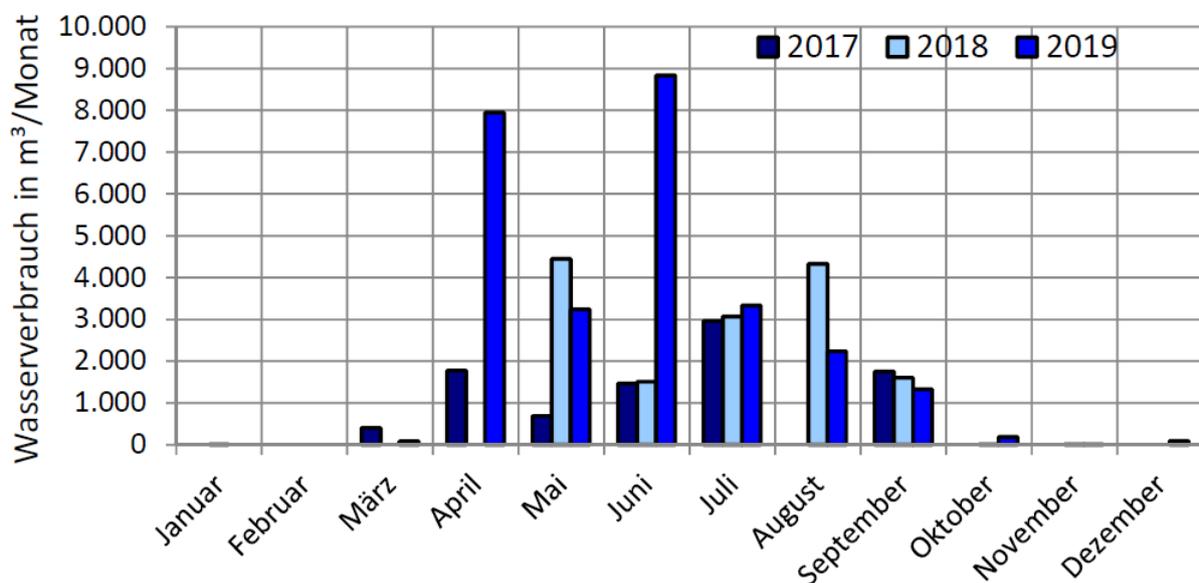


**Bild 42** Luftbildaufnahme des Höhenfreibads Killesberg

Das 50 m Mehrzweckbecken mit einem Schwimmer- und Nichtschwimmerbereich wurde zuletzt 2013/2014 saniert. Im Jahr 1991 wurde unter anderem eine neue Heizungsanlage installiert, die einen Erdgaskessel mit einem Solarabsorber von 160 m<sup>2</sup> Fläche (Absorber 1) kombiniert. 2006 wurde ein zweiter Absorber mit einer Fläche von etwa 650 m<sup>2</sup> (Absorber 2) installiert.

Mit dem Absorber 1 wird das Nichtschwimmerbecken und das Planschbecken mit Wärme versorgt. Dabei hat das Planschbecken Vorrang bei der Wärmeversorgung. Der zweite Absorber erwärmt vorrangig das Mehrzweckbecken. Bei Wärmeüberschüssen werden Nichtschwimmerbecken und Planschbecken über eine hydraulische Verbindung (siehe Bild 42 blaue Linie) mitversorgt. Bei Unterschreitung der Stütztemperatur (Mindesttemperatur) im Mehrzweckbecken wird mit dem Gaskessel nachgeheizt.

Bei der Überprüfung der Verbrauchswerte (Bild 43) fiel im Rahmen der energetischen Betreuung durch das Amt für Umweltschutz 2019 auf, dass der Wasserverbrauch deutlich über dem Niveau der Vorjahre lag.



**Bild 43** Wasserverbrauch der Jahre 2017 bis 2019

Gleichzeitig war ein Rückgang beim Stromverbrauch und eine Erhöhung beim Wärmeverbrauch festzustellen. Da der höhere Wasserverbrauch nur sporadisch auftrat, wurden in enger Zusammenarbeit mit den Bäderbetrieben Detailmessungen vor Ort durchgeführt. Diese brachten die Erkenntnis, dass der Wasserverlust in der Technik des Mehrzweckbeckens, wie auch in der Technik der Kinderbecken auftrat. Zusätzlich konnte ein Zusammenhang zwischen dem Wasserverlust und der Inbetriebnahme des Absorber 2 zur Wärmeversorgung des Mehrzweckbeckens festgestellt werden. Durch weitere Untersuchungen zeigte sich, dass durch den geologischen Höhenunterschied am Standort in der Technik der Kinderbecken (unteres Höhenniveau) zwei Klappen der hydraulischen Verbindung (in Bild 42 als blauer Strich gekennzeichnet) nicht vollständig schlossen. Durch den statischen Druck entleerte sich der Schwallwasserbehälter des Mehrzweckbeckens über die hydraulische Verbindung in den Beckenkreislauf der Kinderbecken und erzeugte damit eine ungewollte Nachspeisung. Durch den Überlaufschutz im Schwallwasserbehälter wurde das über die Nachspeisung zufließende Wasser direkt in den Kanal geleitet.

Dieser unnötige Wasserverlust war nur über die Messung an der Wasseruhr feststellbar. Zusätzlich wurde ein geringerer Stromverbrauch festgestellt, der sich auf die verbesserte Wasserqualität durch die ungewollte Nachspeisung zurückführen lässt (bessere Wasserqualität = weniger Energieaufwand zur Aufbereitung). Der

erhöhte Wärmeverbrauch wurde zum größten Teil über die Absorber kompensiert und musste nur zu einem kleinen Anteil über den Gaskessel gedeckt werden.

Im Vergleich zu den Vorjahren erhöhte sich im Höhenfreibad Killesberg der Wärmeverbrauch um 21 %. Der Stromverbrauch reduzierte sich um 14 % und der Wasserverbrauch erhöhte sich um 55 %. Dadurch haben sich die Betriebskosten bei Wärme um 5.000 Euro/a erhöht, die Kosten für Strom reduzierten sich um 6.000 Euro/a und bei Wasser gab es eine Erhöhung um 55.000 Euro/a.

Auf Grund der Erkenntnisse konnten der Wasserverlust auf reglungstechnische Probleme zurückgeführt werden. Die Regelung wurde im Anschluss überprüft und dementsprechend angepasst.

### 3.4 Tarifwesen und Energiebeschaffung

Der Heizölverbrauch der Stadt Stuttgart einschließlich der Eigenbetriebe belief sich 2019 auf 1.059.225 Liter. Der Mehrverbrauch im Vergleich zu 2018 beträgt 79.872 Liter Heizöl (8,2 %). Durch den um 0,1 % gesunkenen Preis und dem gestiegenen Verbrauch beliefen sich die Gesamtkosten für Heizöl 2019 auf 708.721 Euro und damit um 8,0% mehr als 2018.

Der Verbrauch von Erdgas erhöhte sich um 1,8 % auf 175.438 MWh. Trotz des um 0,1 % geringeren Arbeitspreis beim Erdgas erhöhten sich die Verbrauchskosten um 1,7 %.

Bei einem Verbrauch von 71.181 MWh Fernwärme und Kosten von 7,6 Mio. Euro ergibt sich für 2019 ein Preis von 106,22 Euro/MWh; dies ist eine Steigerung um 7,6 % gegenüber dem Vorjahr.

Im Jahr 2019 benötigten die mit Flüssiggas betriebenen Anlagen 198.000 kWh, dies entspricht einer Verbrauchsreduzierung von 43,5 % gegenüber dem Vorjahr. Der Flüssiggaspreis erhöhte sich 2019 um 2,2 % und mit dem geringeren Verbrauch reduzierten sich die Kosten um 42,2 %. Die Biomasseanlagen lieferten 2019 mit 4.802 MWh 36 % weniger Energie als im Vorjahr. Dieser Rückgang kam durch die Wartung und Modernisierung der Holzhackschnitzelanlagen zustande. Durch das Garten-, Friedhofs- und Forstamt wurden im Jahr 2019 insgesamt 3.350 m<sup>3</sup> Holzhackschnitzel für die Befuerung stadteigener Anlagen selbst erzeugt. Der Brennstoff für Pelletanlagen kann nicht selbst erzeugt werden und wird extern beschafft.

Der Strombezug in 2019 lag mit einem Jahresverbrauch von 181.157 MWh/a um 2,7 % niedriger als im Vorjahr. Die Stromverbrauchskosten reduzierten sich um 1,4 %.

### 3.5 Energiepreisvergleiche

Die Landeshauptstadt Stuttgart führt Preisvergleiche für die bei der Stadt eingesetzten Energiearten durch. Dabei werden die Preise der unterschiedlichen Heizenergiearten mit den Energiepreisen deutscher Großstädte verglichen. Als Stichtag wird der 1. April verwendet.

#### Stuttgarter Energie- und Wärmepreisvergleich

In Tabelle 22 ist das Ergebnis des Wärmepreisvergleichs für 2020 wiedergegeben. Die Jahresnutzungsgrade verschiedener Wärmeerzeuger sind nach den Angaben der VDI 2067 berücksichtigt. Damit die Wärmepreise verschiedener Heizenergiearten direkt vergleichbar sind, wird ein Referenzobjekt mit 200 kW und 1.500 Vollbenutzungsstunden zugrunde gelegt. Wie in der Vergangenheit dient für den prozentualen Vergleich der Fernwärmepreis als Bezugsgröße

PREISSTAND 01.04.2020		FERNHEIZ- WASSER	ERD- GAS	FLÜSSIG- GAS	HEIZ- STROM	HEIZÖL
TARIF		FNMP_90K	Pofi Fix Midi	Tankzug	SBJGOVWHE	(4)
EINHEIT	E	MWh	MWh(Hs)	100 l	MWh	100 l
HEIZWERT	MWh/E	1,000	0,903	0,717	1,000	1,000
NUTZUNGSGRAD (2)	%	98	88	88	94	86
ENERGIEPREIS	€/E	115,71	36,68	41,73	179,61	44,62
SPEZ.EN.PRS (3)	€/MWh	115,71	40,62	58,20	179,61	44,62
WÄRMEPREIS	€/MWh	118,08	46,16	66,14	191,07	51,88
PROZ.VERGLEICH	%	100,0	39,1	56,0	161,8	43,9
(1): Berechnungsgrundlage 1.500 Vollbenutzungsstunden bei 200 kW (2): Nach VDI-Richtlinie 2067 für Heizkessel von 120-300 kW ab Baujahr 1979 (3): Spezifischer Energiepreis bezogen auf den Heizwert (Hi) (4): Bei einer Bestellmenge von 30.000 l Preise einschließlich Mehrwertsteuer						

**Tabelle 22** Stuttgarter Wärmepreisvergleich 2020 (Preisstand 1. April 2020)

Im Gegensatz zu dem konstanten Preisniveau in den neunziger Jahren gab es danach größere Preisänderungen mit zum Teil erheblichen Schwankungen (Bild 44). Die Preise in den Jahren 2000 bis 2012 stiegen mit kurzen Unterbrechungen an. Diese Tendenz setzte sich bei Fernwärme (Fernheizwasser) mit Schwankungen bis 2020 fort. Starke Preiserhöhungen sieht man in den Jahren 2018 und 2019.

Bei Erdgas und Heizöl gab es 2013 bis 2018 erhebliche Preisreduzierungen, 2018 reduzierten sich der Öl- und Gaspreis. In den Jahren 2012 bis 2018 reduzierten sich der Erdgaspreis um 52,9 %, der Heizölpreis um 52,2 % und der Fernheizwasserpreis um 1,9 %. 2019 stieg der Heizölpreis kurzzeitig stark an, der Erdgaspreis blieb nahezu konstant.

Bei Fernwärme glichen die Preiserhöhungen bis 2007 den Preisrückgang in den Jahren 2003 und 2004 mehr als aus. 2010 sank der Fernwärmepreis, stieg aber danach wieder an. In 2013, 2014 und 2017 reduzierte sich der Preis, dazwischen stieg der Preis immer wieder an und ab 2018 stieg der Preis kontinuierlich an. Bezogen auf 2004 erhöhte er sich insgesamt um ca. 100 %. 2020 erreicht der Fernwärmepreis den bisher höchsten Wert ein.

Der Heizölpreis erhöhte sich seit dem Jahr 1999 kontinuierlich, reduzierte sich im Jahr 2009, stieg bis 2012 wieder stark an und blieb 2013 nahezu konstant. 2014 bis 2016 gab es eine starke Preisreduktion, 2017 stieg er leicht an und reduzierte sich 2018 wieder. 2019 erhöhte sich der Preis kurzfristig. Der Erdgaspreis zeigt einen ähnlichen Preisverlauf wie Heizöl. Durch eine Vertragsanpassung beim Erdgas im Jahr 2013 reduzierte sich der Preis in 2014 und entsprach einer stärkeren Preisreduzierung als beim Heizöl. Ab 2015 reduzierte sich der Heizölpreis und war 2016 wieder günstiger als Erdgas. 2017 und 2018 sind die Preise ungefähr gleich. Der Erdgaspreis erhöhte sich 2019 minimal, der Ölpreis erhöhte sich stark. 2020 sind die beiden Energiearten auf dem gleichen Niveau.

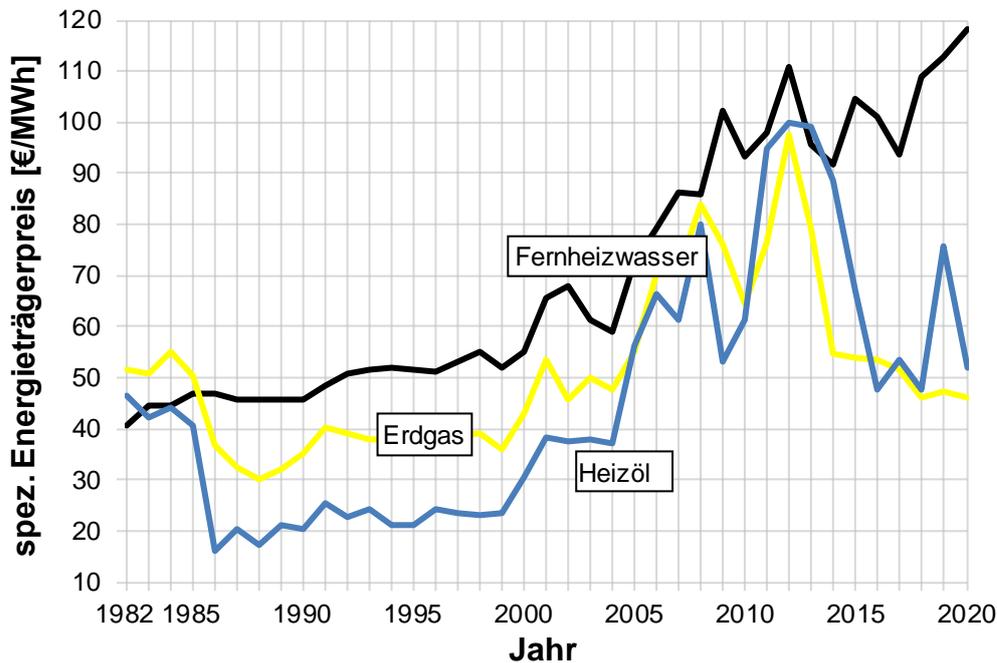


Bild 44 Entwicklung der Wärmepreise

### Kommunaler Energie- und Wasserpreisvergleich

Die Landeshauptstadt Stuttgart führt im Auftrag des Arbeitskreises Energiemanagement des Deutschen Städtetags jedes Jahr einen Energie- und Wasserpreisvergleich durch, um den Kommunen in Deutschland die Einordnung ihrer Energiepreise zu erleichtern. 2020 haben sich von den 32 angeschriebenen Städten 21 beteiligt.

In Tabelle 23 ist das Ergebnis des Preisvergleichs zusammengestellt. Dargestellt sind jeweils die höchsten, niedrigsten und mittleren Energie- und Wasserpreise sowie die Preise aus Stuttgart in der Entwicklung von 2017 bis 2020. Als Energiepreise liegen die Strom-, Erdgas-, Fernwärme-, Heizöl-, Pellets-, und Hackschnitzelpreise vor. Zudem sind die Wasser-, Frischwasser- und Abwasserpreis angegeben.

Damit trotz der unterschiedlichen Vertragsstrukturen in den Kommunen ein Vergleich möglich ist, wurde ein für ein kommunales Gebäude typisches Abnahmeverhältnis definiert. Zugrunde gelegt wird ein Verwaltungsgebäude mit 7.000 m<sup>2</sup> Nutzfläche, einem Heizkennwert von 150 kWh/m<sup>2</sup>a und 1.500 Vollbenutzungsstunden sowie einem Stromkennwert von 20 kWh/m<sup>2</sup>a mit 1.400 Vollbenutzungsstunden. Seit dem Jahr 2007 werden auch die Preise für Holzpellets und Holz hackschnitzel abgefragt, da die regenerativen Energien an Bedeutung zunehmen. In den Kosten sind sämtliche Steuern und Abgaben enthalten.

Der durchschnittliche Strompreis steigt seit dem Jahr 2001 (Bild 45) an. Durch eine interne Anpassung der Tarifstruktur stieg der Strompreis in Stuttgart für den betrachteten Gebäudetyp. Im Jahr 2007 entsprach das Preisniveau dem Mittelwert. Nach einer europaweiten Ausschreibung des städtischen Strombedarfs reduzierte sich ab 2008 der Arbeitspreis für Strom. Durch den Anstieg der gesetzlichen Abgaben erhöhte er

sich 2009 bis 2015 wieder. 2014 wurde 100 % Ökostrom bezogen und der Preis lag minimal über dem Mittelwert. Ein Anstieg gesetzlicher Abgaben und Umlagen führte jedoch zu weiteren Preissteigerungen im Strombereich. 2020 lag der Strompreis in Stuttgart knapp unter dem Durchschnittspreis

Beim Heizöl blieb der mittlere Preis über fünf Jahre bis zum Jahr 2004 weitgehend konstant. In den Jahren 2005 und 2006 ist ein deutlicher Anstieg der Heizölpreise festzustellen. 2007 fand eine leichte Reduzierung des Preises statt, die aber durch die Erhöhung 2008 kompensiert wurde. Durch den Preisrückgang 2009 reduzierte sich der mittlere Preis. Die Preissteigerungen 2010 bis 2012 (höchster mittlerer Preis) und die Preisreduktion 2013 bis 2016 bewirkten, dass der mittlere Preis im Jahr 2016 um ca. 51 % niedriger liegt als 2012. Von 2017 bis 2019 erhöhte sich der Ölpreis. 2018 und 2019 ist Öl teurer als Erdgas, 2020 sind die beiden Preise wieder annähernd konstant. Die Preisspanne zwischen den Städten ist weitaus geringer als bei leitungsgebundenen Energien.

In den neunziger Jahren war der mittlere Gaspreis weitgehend konstant. Nach einem Preisanstieg im Jahr 2001 ging er 2002 etwas zurück und blieb bis 2004 nahezu unverändert. In den Jahren 2005 und 2006 nahm er um 50,7 % zu. Gegenüber dem Anstieg des Heizölpreises war diese Steigerung geringer, sodass sich der Preisunterschied 2005 aufhob. In den Jahren 2006, 2007 und 2009 nahm der Preisunterschied zu Gunsten des Heizöls wieder zu. 2008, 2010 bis 2015 lag der mittlere Gaspreis unter dem Heizölpreis. Durch den unterschiedlich starken Preisanstieg bzw. die unterschiedliche Preisreduzierung des Heizöl- und Gaspreises im Jahr 2016 ist der mittlere Gaspreis höher als der mittlere Heizölpreis. 2018 und 2019 ist der mittlere Gaspreis geringer als der mittlere Ölpreis.

Der mittlere Fernwärmepreis erhöhte sich in den Jahren 2004 bis 2013 – mit Ausnahme des Jahres 2010 – kontinuierlich, reduzierte sich aber 2014 bis 2017. 2018 bis 2020 erhöhte er sich auf 9,49 ct/kWh. Der Fernwärmepreis unterliegt keinen so hohen Schwankungen wie der Heizölpreis, da er aufgrund der jeweiligen Erzeugung von der Preisentwicklung von zum Teil mehreren Energieträgern abhängt.

Der mittlere Pelletpreis pendelt sich in den letzten Jahren bei ca. 4,4 ct/kWh ein.

Der durchschnittliche Holzhackschnitzelpreis beträgt in den letzten Jahren ca. 3,7 ct/kWh. Der günstige Holzhackschnitzelpreis der Stadt Stuttgart ist darauf zurückzuführen, dass dieses Material aus dem Stadtgebiet Stuttgart stammt, das Material auf den zwei Sammelstellen des Garten-Friedhof- und Forstamtes gesammelt und aufbereitet wird. Die 4 Holzhackschnitzelfeuerungen der Landeshauptstadt Stuttgart werden mit Material aus dem Stadtgebiet Stuttgart versorgt.

1

2

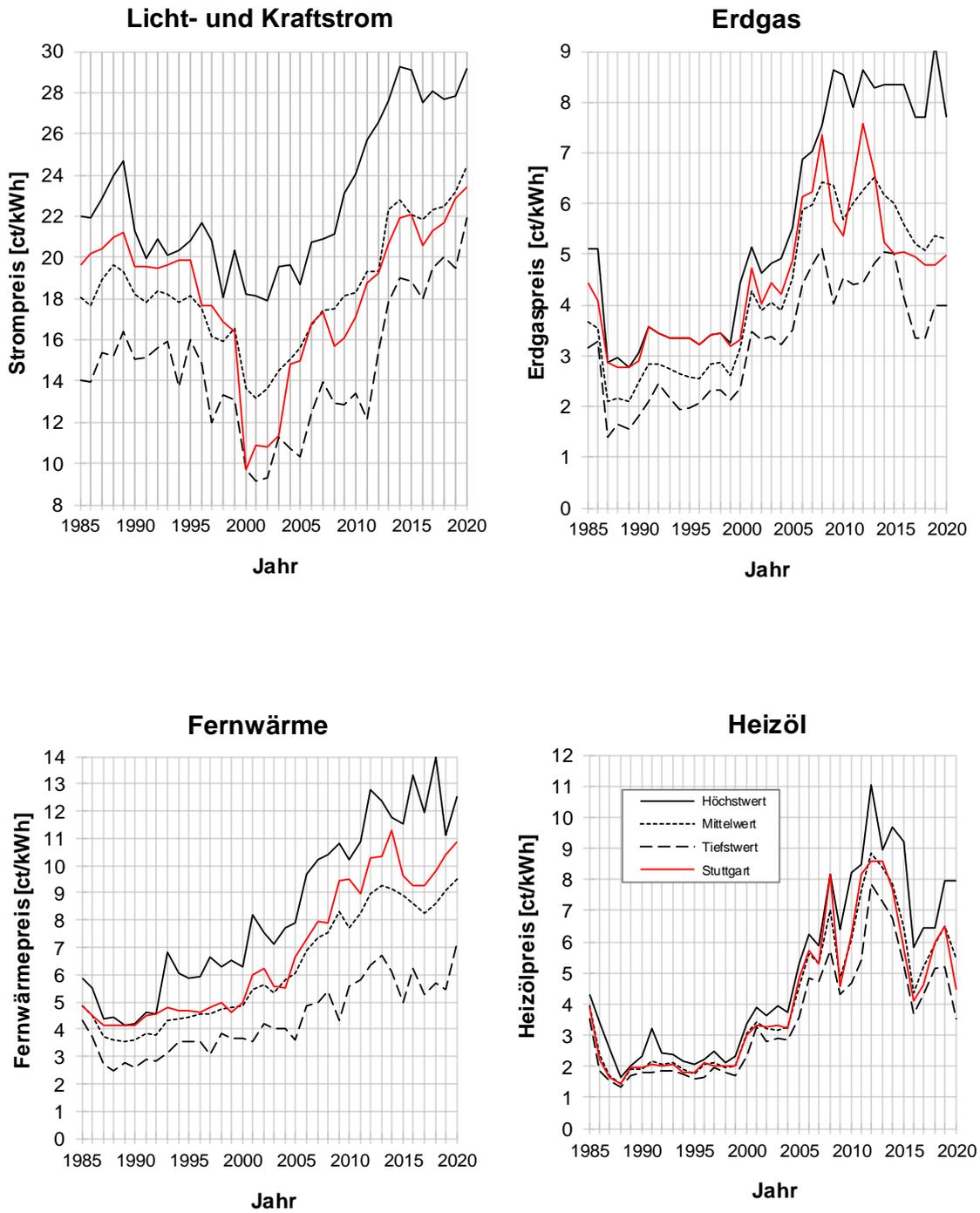
3

4

5

JAHRESENTWICKLUNG		2017	2018		2019			2020			
		Preis ct/kWh	Preis ct/kWh	Veränd. z. Vorj.	Diff. z. Mittelwert	Preis ct/kWh	Veränd. z. Vorj.	Diff. z. Mittelwert	Preis ct/kWh	Veränd. z. Vorj.	Diff. z. Mittelwert
<b>Strom</b>	Höchstwert	28,09	27,68	-1,5 %	23,2 %	27,87	0,7 %	20,4 %	29,18	4,7 %	19,5 %
	Tiefstwert	19,48	20,02	2,8 %	-10,9 %	19,50	-2,6 %	-15,8 %	21,86	12,1 %	-10,5 %
	Mittelwert	22,29	22,47	0,8 %		23,15	3,0 %		24,42	5,5 %	
	Stuttgart	21,30	21,68	1,8 %	-3,5 %	22,85	5,4 %	-1,3 %	23,43	2,5 %	-4,1 %
<b>Erdgas</b>	Höchstwert	7,69	7,69	0,0 %	51,4 %	9,13	18,7 %	69,7 %	7,70	-15,7 %	45,0 %
	Tiefstwert	3,35	3,34	-0,3 %	-34,3 %	3,98	19,2 %	-26,0 %	4,00	0,5 %	-24,7 %
	Mittelwert	5,21	5,08	-2,5 %		5,38	5,9 %		5,31	-1,3 %	
	Stuttgart	4,95	4,80	-3,0 %	-5,5 %	4,94	2,9 %	-8,2 %	4,98	0,8 %	-6,2 %
<b>Fernwärme</b>	Höchstwert	11,94	13,96	16,9 %	61,8 %	11,10	-20,5 %	21,8 %	12,52	12,8 %	31,9 %
	Tiefstwert	5,30	5,68	7,2 %	-34,2 %	5,44	-4,2 %	-40,3 %	7,15	31,4 %	-24,7 %
	Mittelwert	8,24	8,63	4,7 %		9,11	5,6 %		9,49	4,2 %	
	Stuttgart	9,26	9,26	0,0 %	7,3 %	10,39	12,2 %	14,1 %	10,90	4,9 %	14,9 %
<b>Heizöl</b>	Höchstwert	6,44	6,43	-0,2 %	9,0 %	7,97	24,0 %	23,0 %	7,95	-0,3 %	46,4 %
	Tiefstwert	4,31	5,15	19,5 %	-12,7 %	5,19	0,8 %	-19,9 %	3,54	-31,8 %	-34,8 %
	Mittelwert	5,21	5,90	13,2 %		6,48	9,8 %		5,43	-16,2 %	
	Stuttgart	4,60	6,00	30,4 %	1,7 %	6,51	8,5 %	0,5 %	4,46	-31,5 %	-17,9 %
<b>Pellets</b>	Höchstwert	6,66	5,15	-22,7 %	17,8 %	4,92	-4,5 %	11,6 %	5,50	11,8 %	23,3 %
	Tiefstwert	3,64	3,73	2,5 %	-14,6 %	3,83	2,7 %	-13,2 %	3,83	0,0 %	-14,1 %
	Mittelwert	4,34	4,37	0,7 %		4,41	0,9 %		4,46	1,1 %	
	Stuttgart	3,67	3,73	1,6 %	-14,6 %	4,82	29,2 %	9,3 %	4,03	-16,4 %	-9,6 %
<b>Hackschnitzel</b>	Höchstwert	5,14	5,03	-2,1 %	35,9 %	5,03	0,0 %	34,5 %	5,03	0,0 %	35,6 %
	Tiefstwert	1,07	1,15	7,5 %	-68,9 %	1,20	4,3 %	-67,9 %	1,27	5,8 %	-65,8 %
	Mittelwert	3,89	3,70	-4,9 %		3,74	1,1 %		3,71	-0,8 %	
	Stuttgart	1,07	1,15	7,5 %	-68,9 %	1,20	4,3 %	-67,9 %	1,27	5,8 %	-65,8 %
		€/m³	€/m³			€/m³			€/m³		
<b>Wasser</b>	Höchstwert	7,29	7,40	1,5 %	38,6 %	7,41	0,1 %	38,2 %	7,46	0,7 %	32,0 %
	Tiefstwert	3,38	3,09	-8,6 %	-42,1 %	3,61	16,8 %	-32,6 %	3,61	0,0 %	-36,1 %
	Mittelwert	5,40	5,34	-1,1 %		5,36	0,4 %		5,65	5,4 %	
	Stuttgart	5,81	5,89	1,4 %	10,3 %	5,93	0,7 %	10,6 %	6,10	2,9 %	8,0 %
<b>Frischwasser</b>	Höchstwert	3,74	3,74	0,0 %	76,4 %	3,74	0,0 %	69,2 %	4,17	11,5 %	76,7 %
	Tiefstwert	1,49	1,49	0,0 %	-29,7 %	1,53	2,7 %	-30,8 %	1,71	11,8 %	-27,5 %
	Mittelwert	2,11	2,12	0,5 %		2,21	4,2 %		2,36	6,8 %	
	Stuttgart	2,73	3,78	38,5 %	78,3 %	2,87	-24,1 %	29,9 %	2,95	2,8 %	25,0 %
<b>Abwasser</b>	Höchstwert	5,15	5,36	4,1 %	64,4 %	5,17	-3,5 %	64,6 %	5,36	3,7 %	58,1 %
	Tiefstwert	1,49	1,27	-14,8 %	-61,0 %	1,61	26,8 %	-48,7 %	1,61	0,0 %	-52,5 %
	Mittelwert	3,29	3,26	-0,9 %		3,14	-3,7 %		3,39	8,0 %	
	Stuttgart	3,08	3,08	0,0 %	-5,5 %	3,06	-0,6 %	-2,5 %	3,15	2,9 %	-7,1 %
<b>Bruttopreise ermittelt an der Abnahmestruktur eines Referenzgebäudes</b>											
<b>Heizenergie: 1.050.000 kWh/a und 700 kW</b>											
<b>Strom: 140.000 kWh/a und 100 kW</b>											
<b>Wasser: 500 m³/a und 1000 m² versiegelte Fläche</b>											

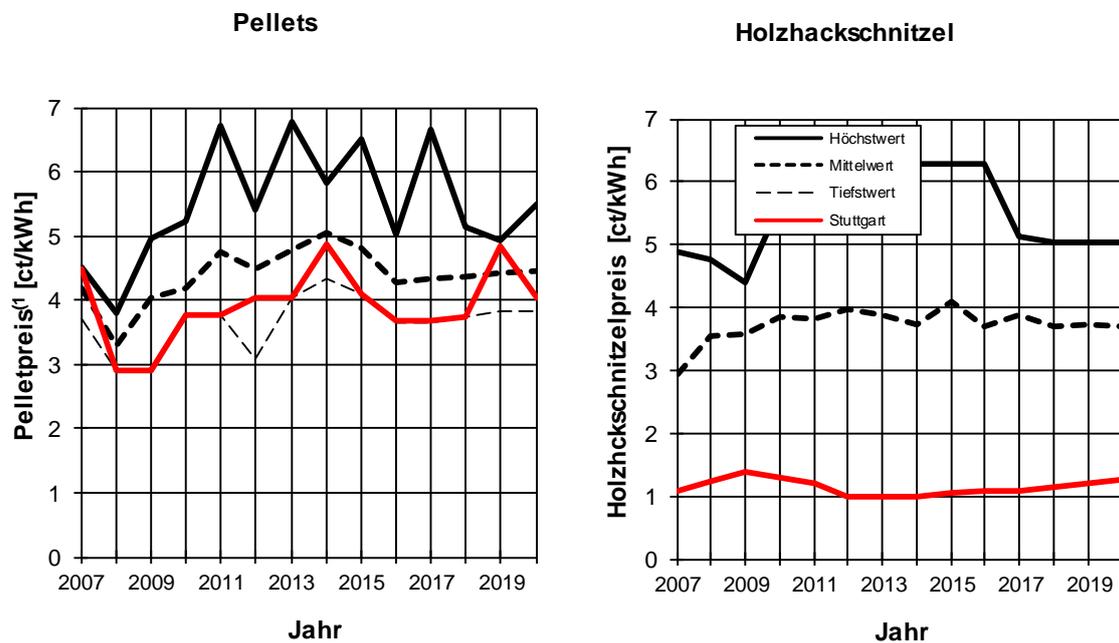
Tabelle 23 Kommunalen Energie- und Wasserpreisvergleich



Bruttopreis ermittelt an der Abnahmestruktur eines Referenzgebäudes  
 Heizenergie: 1.050.000 kWh/a und 700 kW  
 Strom: 140.000 kWh/a (80% HT/20% NT) und 100 kW

Bild 45 Kommunalen Energiepreisvergleich für Licht- /Kraftstrom, Erdgas, Fernwärme und Heizöl

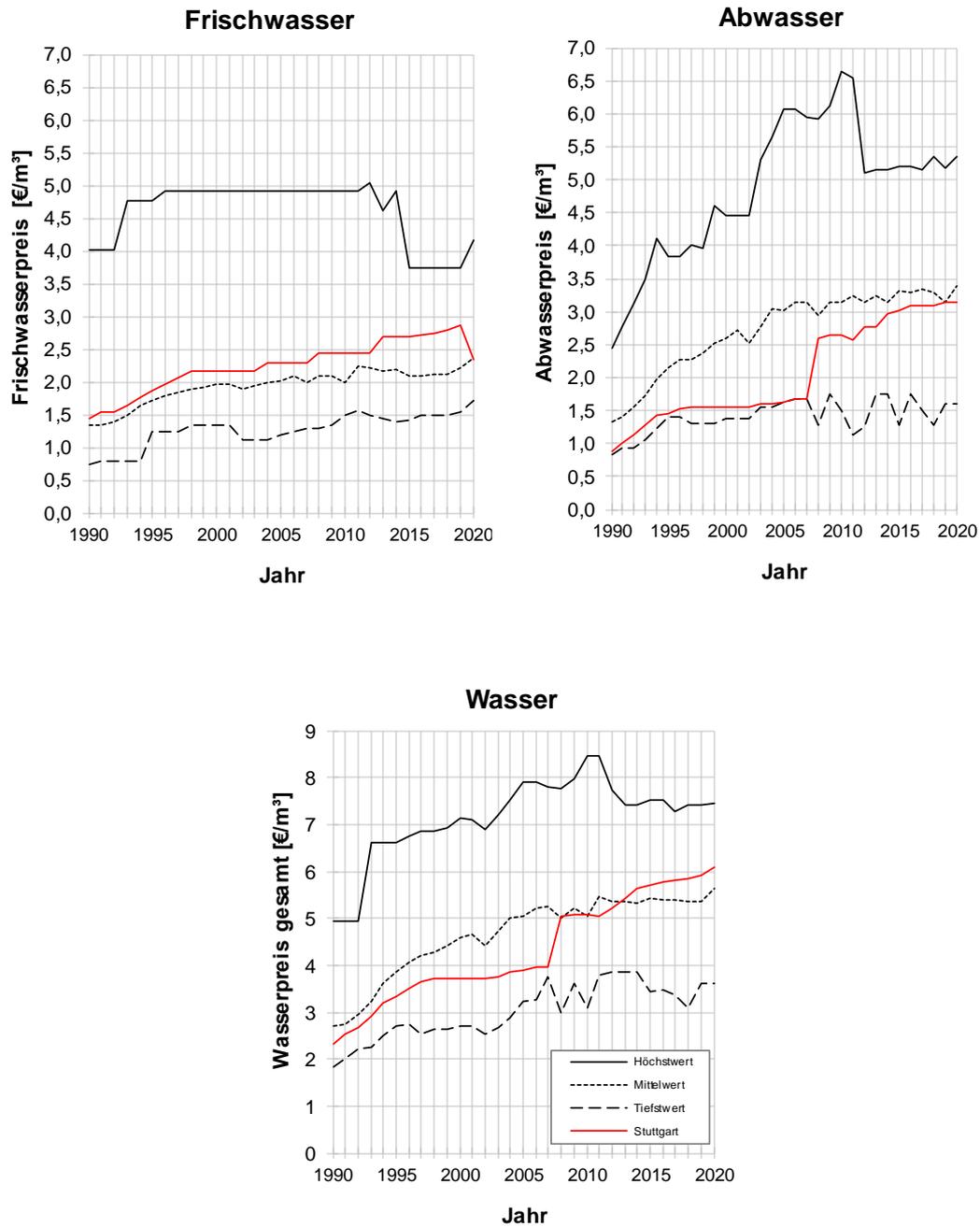




1) Pellets in Preisen zu 15 t

**Bild 46** Kommunalen Energiepreisvergleich für Pellet und Hackschnitzel

Die Preisentwicklung bei Frischwasser, Abwasser und Wasser (gesamt) zeigt bis auf einzelne Unterbrechungen eine kontinuierlich steigende Tendenz ohne große Preisschwankungen auf. In Bild 47 ist die Umstellung und Erhöhung der Abwassergebühr in Stuttgart Anfang 2008 sowie die Preiserhöhung beim Frischwasser in 2012 deutlich zu erkennen. Die zum Teil erheblichen Schwankungen bei den Höchst- und Tiefstwerten sind auch auf die unterschiedliche Beteiligung der Städte am Energiepreisvergleich zurückzuführen.



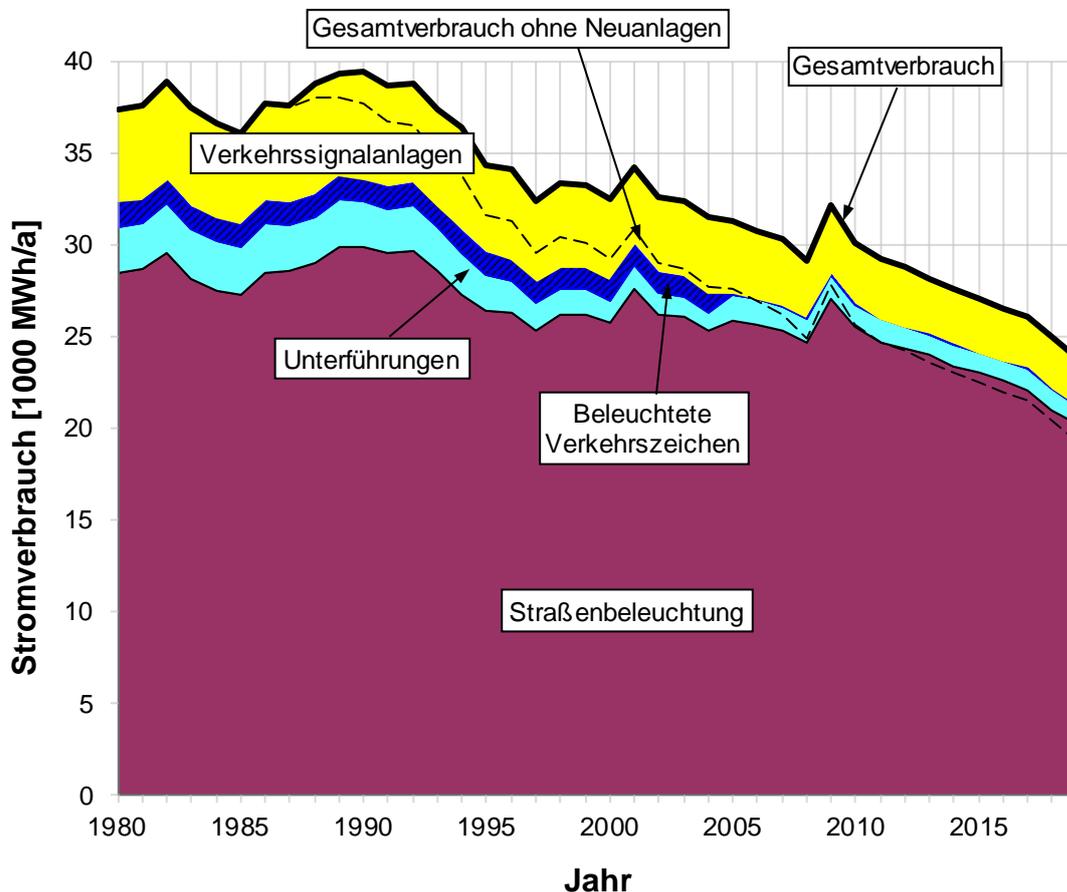
Bruttopreis ermittelt an der Abnahmestruktur eines Referenzgebäudes  
 Wasser: 500 m³/a Wasser und 1.000 m² versiegelte Fläche

Bild 47 Kommunalen Preisvergleich für Frischwasser, Abwasser und Gesamtwasser



### 3.6 Straßenbeleuchtung

Der Stromverbrauch der Straßenbeleuchtung, Unterführungen und Verkehrssignalanlagen konnte auch im Jahr 2019 gegenüber dem Vorjahr (24.982 MWh/a) um weitere 4,5 % (1.136 MWh/a) auf 23.846 MWh/a gesenkt werden.

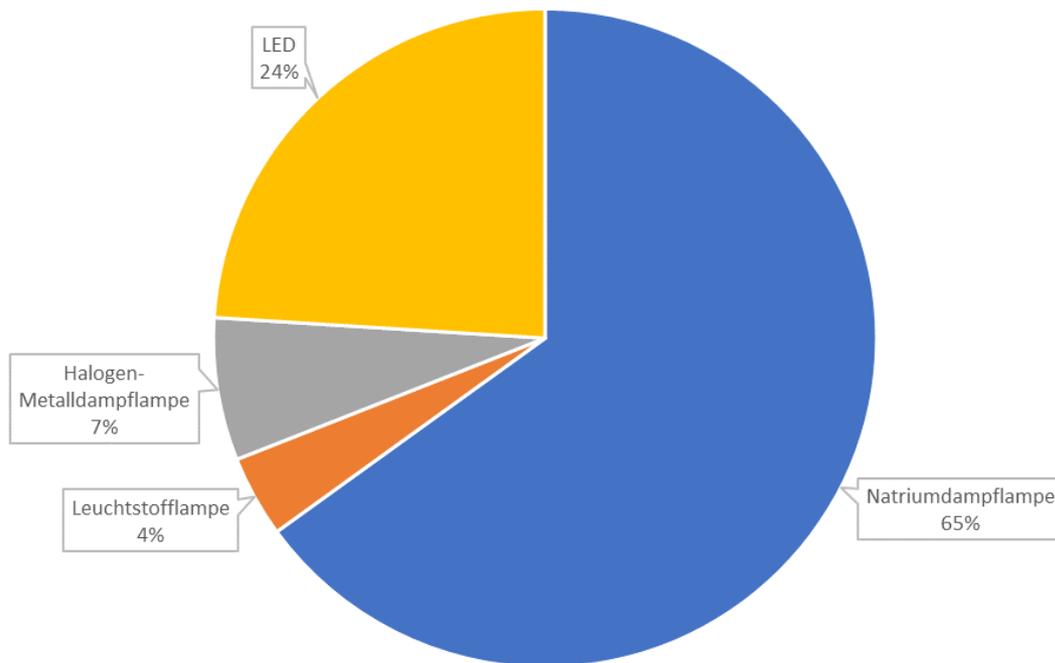


**Bild 48** Stromverbrauch von Straßenbeleuchtung, Unterführungen und Verkehrssignalanlagen

Der Arbeitskreis Stadtbeleuchtung, mit Vertretern aus Tiefbauamt, Amt für Stadtplanung und Wohnen, Garten-, Friedhofs- und Forstamt, der Stabstelle Sicherheitspartnerschaft in der kommunalen Kriminalprävention, der Stuttgart Netze GmbH und dem Amt für Umweltschutz beschäftigt sich umfassend mit dem Thema Straßenbeleuchtung. Bei Um- und Neubauten sowie mit Blick auf den Altbestand stehen dabei u.a. die Themen Umweltschutz und Energieeinsparung im Fokus.

Im Jahr 2019 wurden 2.289 Leuchten im Altbestand durch neue hocheffiziente LED-Leuchten ersetzt. Bei der Leuchten-Erneuerung konnte in 2019 damit das Ziel von 2.000 zu erneuernden Leuchten durch bereitgestellte Contracting-Mittel in Höhe von 1,282 Mio. Euro übertroffen werden. Allein durch die in 2019 umgesetzten Contractingprojekte werden künftig pro Jahr rund 224.000 kWh/a eingespart, unter anderem durch die Erneuerung von Hängeleuchten im Stuttgarter Osten, den Ersatz von Leuchten in Untertürkheim und Möhringen und von Mastleuchten in Stuttgart Nord.

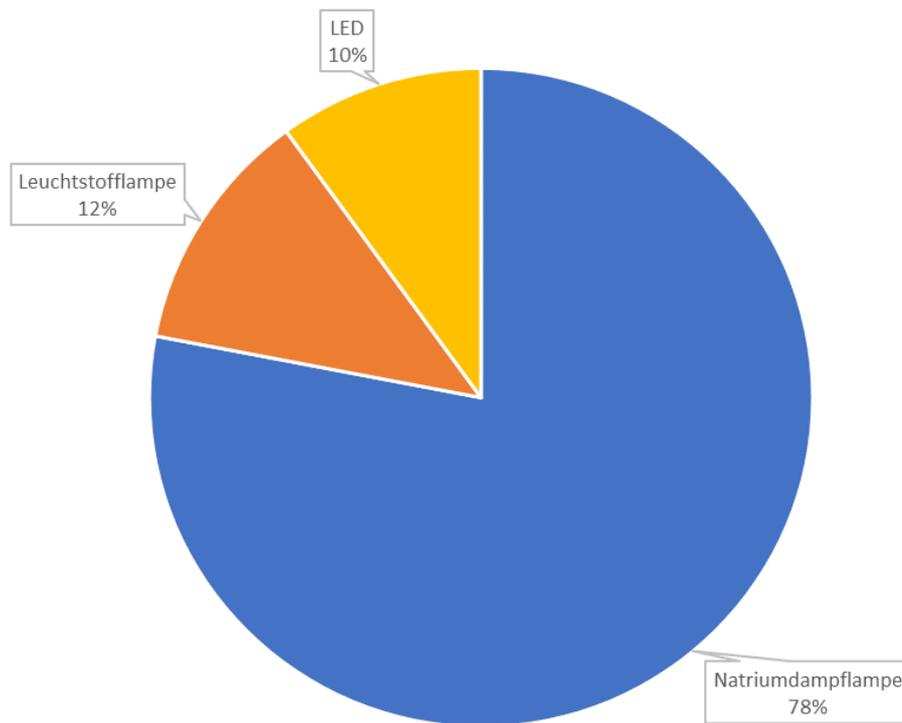
Stand Ende 2019 sind 100 % aller Straßenleuchten in Stuttgart mit effizienten Natriumdampf-, Halogenmetaldampf-, Leuchtstofflampen oder LED ausgestattet. Der Anteil an LED-Leuchten ist in 2019 auf 24 % angewachsen (Steigerung um 4 Prozentpunkte im Vergleich zum Vorjahr). Der Anteil der Natriumdampflampen ist entsprechend um 4 Prozentpunkte gesunken.



**Bild 49** Anteil verschiedener Lampentypen am Bestand der Straßenleuchten in Stuttgart zum 31.12.2019

Der Anteil an LED-Leuchten im Tunnelbereich ist in 2019 nahezu konstant geblieben. Eine Umrüstung der Tunnelbeleuchtung wird aufgrund des hohen Einsparpotenzials derzeit weiter forciert. Tunnelsanierungsprojekte, die in den nächsten Jahren mit der Abteilung Stadtbahn, Brücken und Tunnelbau umgesetzt werden sollen, sind der Schwanenplatz-Tunnel (Leuchten und Beleuchtungszentrale in 2020), der Berger-Tunnel (Leuchten und Zentrale), der Wagenburg-Tunnel mit der Beleuchtung aus dem Jahr 1985 mit ca. 255 Leuchten sowie der mit Natriumdampf-Niederdruckleuchten ausgestattete Neugereut-Tunnel Baujahr 1984 mit seinen 122 Leuchten. Darüber hinaus soll auch noch der historische Schwabtunnel beleuchtungstechnisch ertüchtigt werden.

Es wird beabsichtigt, bis 2030 in allen Tunneln eine Beleuchtungssanierung umzusetzen.



**Bild 50** Anteil verschiedener Lampentypen am Bestand der Tunnelbeleuchtung in Stuttgart zum 31.12.2018

## LED-Strategie 2030

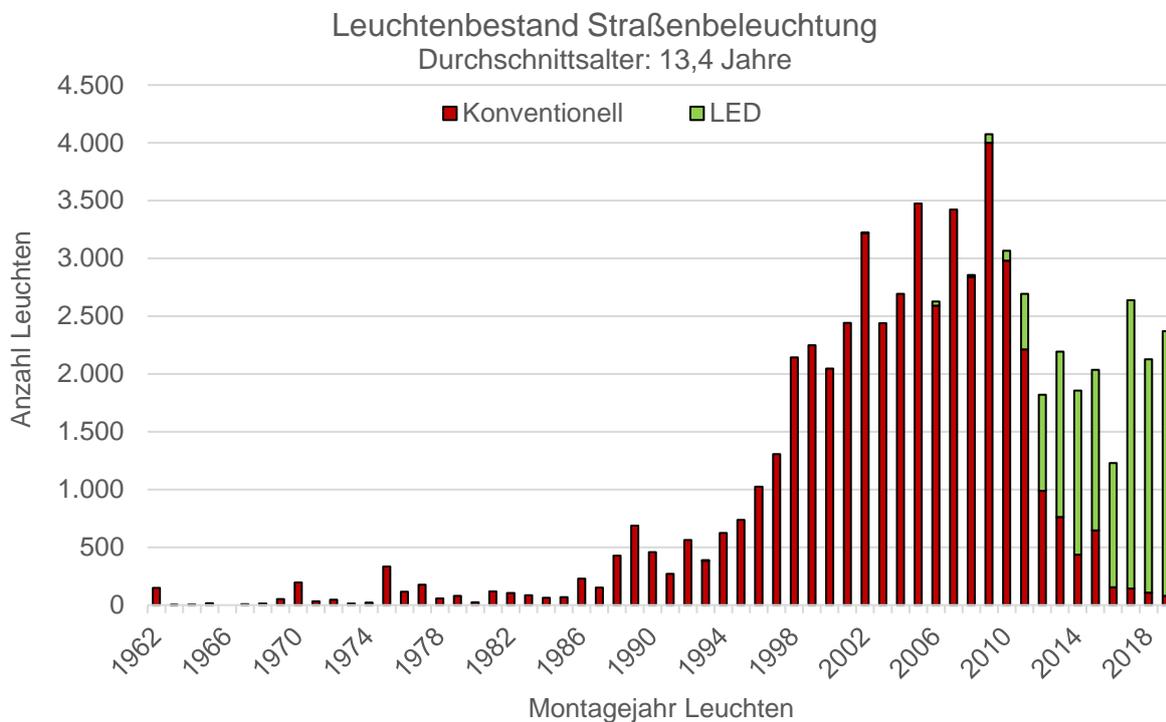
### Entwicklung und Zielsetzung

Die Entwicklung von massentauglichen LED-Straßenleuchten Anfang der 2010er Jahre war auch für die Steigerung der Energieeffizienz in der Stadtbeleuchtung von großer Bedeutung. In Stuttgart wurden zunächst erste kleine Versuchsstraßen durch die Stadtverwaltung eingerichtet, um Erfahrungen mit der neuen Licht- und Leuchtentechnologie im Feldeinsatz zu gewinnen. Der Anteil eingesetzter LED-Leuchten stieg ab 2011 stetig an. In den Anfangsjahren konnten mit LED-Technik noch nicht alle Beleuchtungsaufgaben zufriedenstellend gelöst werden. Dies änderte sich jedoch schnell, sodass inzwischen LED-Leuchten konventionelle Leuchten in allen Bereichen ersetzen.

Seit 2014 haben erste LED-Serienleuchtenmodelle den Einzug in den Stuttgarter Leuchtenkatalog genommen. Seit 2015 gibt es für alle Lichtpunkthöhen-Kategorien (4 m, 6 m, 8 m, >10 m) eine technische LED-Leuchte im Leuchtenkatalog und seit Anfang 2019 werden im Stadtgebiet auch bei störungsbedingten Erneuerungen oder Kleinmaßnahmen ausschließlich LED-Leuchten verbaut.

Ende 2019 umfasste der Bestand im Bereich der städtischen Straßenbeleuchtung 64.375 Leuchten. Bild 51 zeigt hierfür das Montagejahr und die eingesetzte Technologie. In grün erkennbar ist der Anteil von LED-Leuchten, deren Gesamtanteil Ende 2019 bei 24 % lag. Die Abbildung verdeutlicht auch, dass bereits vor Aufkommen der LED zahlreiche Leuchten getauscht wurden. Dies erfolgte insbesondere in Natriumdampf-

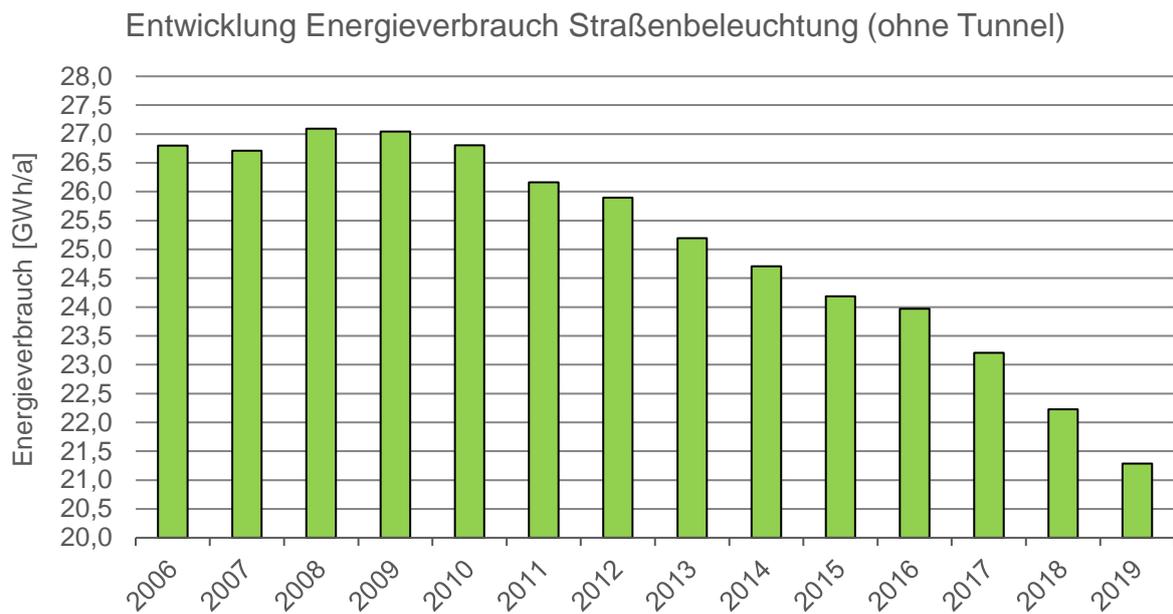
Hochdruck-Technologie als damaligem Stand der Technik mit bereits einigen Effizienzverbesserungen und ist der Grund für das vergleichsweise geringe Durchschnittsalter der Straßenleuchten von 13,4 Jahren.



**Bild 51** Montagejahr und eingesetzte Technologie der Stuttgarter Straßenbeleuchtung

Neben anderen positiven Eigenschaften weist die LED-Technologie insbesondere eine höhere Energieeffizienz als konventionelle Leuchten auf. Wie deutlich die Auswirkungen sind, verdeutlicht die in Bild 52 dargestellte Energieverbrauchsstatistik der Straßenbeleuchtung. Während bis 2010 der Energieverbrauch auf hohem Niveau stagnierte, konnte mit Aufkommen der LED ab 2011 der Energieverbrauch jedes Jahr merklich reduziert werden. Von 26,8 GWh/a in 2010 konnte der Strombedarf der Straßenbeleuchtung um 21 % auf 21,3 GWh/a in 2019 gesenkt werden. Dies entspricht einer mittleren jährlichen Einsparung von 2,5 %. Für das Jahr 2019 lag die Einsparung bei 4,2 % im Vergleich zum Vorjahr.

Mit Blick auf das Ziel einer klimaneutralen Stadtverwaltung soll das Einsparpotenzial durch LED-Leuchten noch stärker genutzt und ihr Ausbau weiter forciert werden. Hierzu wurden im Jahr 2019 durch das Amt für Umweltschutz, das Tiefbauamt und die Stuttgart Netze GmbH Analysen durchgeführt, wie der verbleibende konventionelle Bestand der Leuchten (ca. 49.000 allein im Bereich Straßenbeleuchtung) bis zum Jahr 2030 in LED-Technologie umgerüstet und somit der Energiebedarf der Stadtbeleuchtung auf ein Minimum reduziert werden kann.



**Bild 52** Entwicklung des Energieverbrauchs der Straßenbeleuchtung

### Randbedingungen

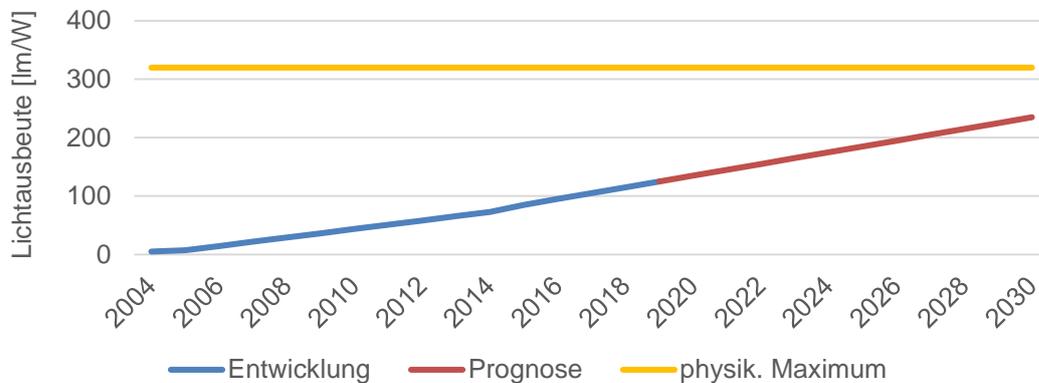
Bei der Entwicklung der LED-Strategie 2030 wurden organisatorische, technische, wirtschaftliche und ökologische Rahmenbedingungen einbezogen, auf die im Folgenden eingegangen wird.

Im Jahr 2019 wurden im Bereich Straßenbeleuchtung 2.051 konventionelle Leuchten gegen LED getauscht. Zusätzlich wurden 238 neue Leuchten als LED ausgeführt. Bei dieser Sanierungsrate würde eine vollständige Erneuerung des Leuchtenbestands bis 2043 dauern. Um eine vollständige LED-Umrüstung bis 2030 zu erreichen, ist eine Steigerung der jährlich getauschten Leuchte auf durchschnittlich 4.450 erforderlich.

Eine solche Steigerung der Erneuerungszahlen kann nicht von einem Jahr auf das andere umgesetzt werden und erfordert einen Hochlauf der Kapazitäten im Bereich Bauausführung, da der deutlich erhöhte Tausch- bzw. Montageaufwand pro Jahr personell abgedeckt werden muss. Dabei ist es von Vorteil, dass LED-Leuchten in der Regel wartungsärmer sind als konventionelle Leuchten. Dies liegt insbesondere am wegfallenden turnusmäßigen Lampentausch aufgrund der deutlich längeren Leuchtdauern der LED. Es wird eine zunehmende Verschiebung der Budgets und Kapazitäten aus dem Bereich Instandhaltung in den Bereich Erneuerung und Montage erwartet. Bereits in der Vergangenheit gab es, bedingt durch Verbesserungen in der Qualität und im Betrieb der Straßenbeleuchtungsanlage, sowie durch Innovationen bei Betriebskonzepten, eine Verschiebung in diese Richtung. Hierdurch konnten die Leuchtentauschzahlen bereits geringfügig angehoben werden.

Weiterhin spielen Effizienzsteigerungen bzw. Entwicklungen der LED eine Rolle. Mit Hilfe des photometrischen Strahlungsäquivalentes und in Abhängigkeit des verwendeten Spektrums zur Erzeugung weißen Lichts lässt sich die theoretische, physikalische Grenze der Lichtausbeute einer phosphorkonvertierten LED zu 320 lm/W berechnen. Da hierbei von einer verlustfreien Wandlung von elektrischer Energie in Strahlung ausgegangen wird, ist ein tatsächlich geringeres Maximum zu erwarten. Darüber hinaus sind hierbei noch keine weiteren Verluste im gesamten Leuchtensystem berücksichtigt. Bild 53 zeigt die bisherige Entwicklung

der Effizienz marktüblicher LED-Systeme in blau, sowie die linear prognostizierte Entwicklung der Effizienz bis zum Jahr 2030 in Rot. Sowohl die zu erwartende stetige Zunahme der Effizienz als auch der mögliche Zugriff auf noch nicht vorhersagbare Effizienz- oder Technologiesprünge sprechen für eine kontinuierliche Erneuerung bis 2030 und nicht für eine sprunghafte Erneuerung zu Beginn der 2020er Jahre.



**Bild 53** Entwicklung der Effizienz von light emitting diodes (LED)

Eine weitere relevante Randbedingung ist die nachhaltige Erneuerung und Betrachtung von Energierücklaufzeiten. Bestehende Studien (u.a. Osram 2009<sup>1</sup>, Thäkämö 2015<sup>2</sup>) kommen zu dem Ergebnis, dass die benötigte Betriebsenergie den Gesamtenergiebedarf über den Lebenszyklus einer Leuchte dominiert und der Energiebedarf der Produktion nur einen sehr geringen Anteil ausmacht (laut Osram-Studie 2 %). Dies gilt für LED-Leuchten genauso wie für konventionelle Leuchten. Da LED-Leuchten in der Regel einen deutlich geringeren Energieverbrauch aufweisen, ergeben sich somit energetische Vorteile über den gesamten Lebenszyklus. Laut Thäkämö-Studie weisen LED-Leuchten eine um über 40 % bessere Gesamtenergiebilanz im Vergleich zu Natriumhochdrucklampen aus.

### Konzept und Umsetzung

Die Analyse des Bestands konventioneller Leuchten in der Straßenbeleuchtung zeigt, dass es ca. 24.500 technischen Leuchten mit einem durchschnittlichen Leuchtenalter von 19 Jahren gibt. Damit wird dieser Teil der Leuchten in den Jahren bis 2030 sein geplantes Leuchtenalter erreichen und damit ohnehin in der gewünschten Zeitspanne gegen LED-Leuchten ausgetauscht.

Weitere 16.600 technische Leuchten sind zwar noch nicht am Ende ihrer geplanten Lebensdauer (Durchschnittsalter 10,7 Jahre), verfügen jedoch auf Grund Ihrer technischen Auslegung und Beschaffenheit über ein deutlich größeres Energieeinsparpotenzial als der vorgenannte Anteil. Dies erklärt sich dadurch, dass marktübliche Natriumdampf-Hochdruck(NAV)-Leuchtmittel in der Vergangenheit erst ab einer Mindestleistung von 50 W erhältlich waren, sodass Straßen, die eigentlich nur eine geringere Beleuchtungsstärke erfordert hätten, aufgrund der Verfügbarkeit der Leuchtmittel heller beleuchtet wurden. Dieser Unterschied

<sup>1</sup> Osram 2009: Osram Opto Semiconductors GmbH, „Life Cycle Assessment of Illuminants - A Comparison of LightBulbs, Compact Fluorescent Lamps and LED Lamps,“ Regensburg, 2009.

<sup>2</sup> Thäkämö 2015: L. H. Leena Thäkämö, „Comparison of light emitting diode and high pressure sodium technologies,“ Journal of Cleaner Production, pp. 234-241, Januar 2015.

kann durch die individuelle Einstellbarkeit und breite Verfügbarkeit an Standards bei LED-Leuchten bereinigt werden. Zusätzlich bewirkt die allgemeine Einsparung durch die Umrüstung der Lampentechnologie eine weitere Reduzierung des Energieverbrauchs.

Aus finanzieller Sicht zeigt eine Gegenrechnung von Investitions-, Montage-, Abschreibungs- und Verbrauchskosten, dass bei aktuellen Marktprodukten (vgl. Tabelle 24) ab einem Leuchtenalter einer durchschnittlichen konventionellen Leuchte von 14 Jahren ein Ersatz wirtschaftlich ist. Trotz der höheren Investitionskosten für den Wechsel auf LED-Technologie wird über den geringeren Stromverbrauch sowohl die zusätzliche Investition, als auch der Verlust durch die Verschrottung der konventionellen Leuchte kompensiert. Wird die Leuchte früher ersetzt, reichen die Einsparungen während ihrer Lebensdauer aktuell in der Regel nicht aus, die Gesamtinvestition inklusive der vorzeitigen Abschreibung der konventionellen Leuchte zu kompensieren. Es ist daher naheliegend, im Zuge einer beschleunigten Umrüstung auf LED-Leuchtmittel auch unabhängig von technischer Effizienz oder Erreichen der geplanten Nutzungsdauer einen Austausch entsprechend alter Leuchten vorzusehen, wenn diese im Rahmen von Arbeiten de- und wiedermontiert werden. Zudem ist davon auszugehen, dass sich der oben genannte Break-Even-Punkt bei einem Leuchtenalter von 14 Jahren sich durch Kosten- und Effizienzverbesserungen der LED-Technologie noch weiter nach unten verschieben wird.

	konventionell	LED
<b>durchschnittlicher Leuchtenpreis</b>	289 Euro	418 Euro
<b>durchschnittliche Anschlussleistung</b>	100 W	37 W
<b>Lebensdauer</b>	30 a	20 a
<b>Leuchtentauschkosten</b>	60 Euro	60 Euro

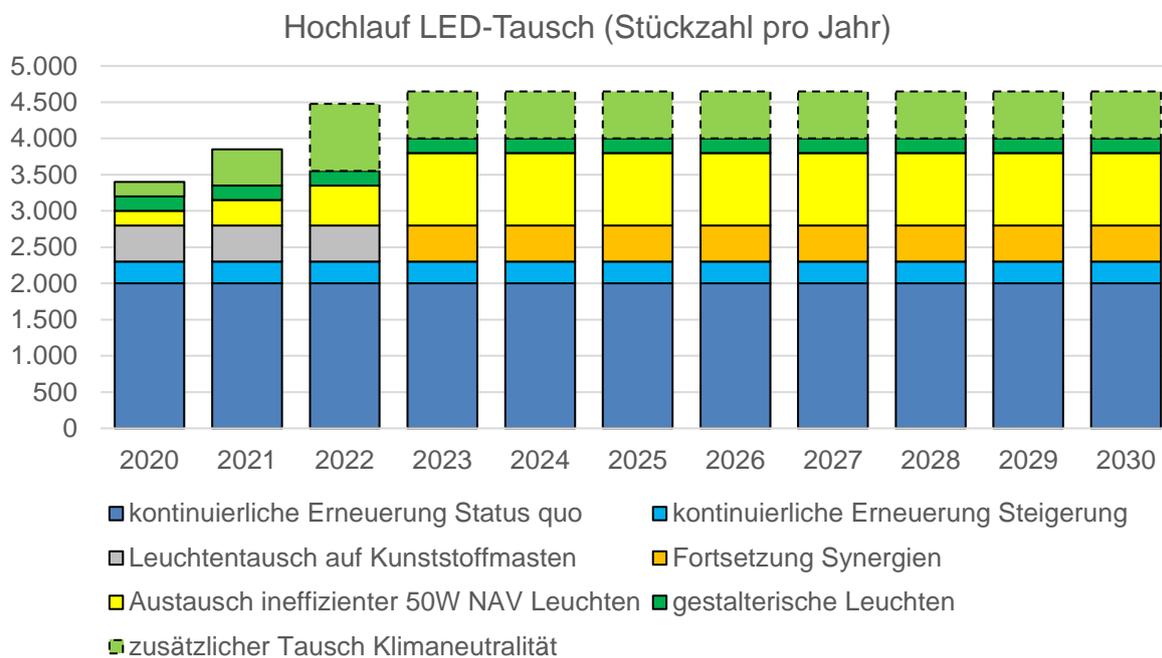
**Tabelle 24** Grundannahmen für durchschnittliche Preise und Leistungen von Leuchten; Konventionell: Saphir, Iridium 452, Iridium 453; LED: Minilridium, Piano Mini, Speedstar

Aus dem unter oben genannten Aspekten untersuchten derzeitigen Leuchtenbestand ergeben sich folgende Überlegungen für unterschiedliche Leuchtengruppierungen:

- Im Bereich der technischen Leuchten können bei einer Projektlaufzeit von 10 Jahren rund 2.300 Leuchten pro Jahr auf Grund Ihres Leuchtenalters getauscht werden. Dies entspricht einer Steigerung von ca. 300 Leuchten pro Jahr gegenüber dem bisherigen Vorgehen.
- Darüber hinaus können weitere 1.600 Leuchten pro Jahr auf Grund Ihrer Effizienz vorzeitig ersetzt werden. Kunststoffmasten sind zu 90 % mit Leuchten aus diesem Bereich bestückt und werden nachzeitigem Plan bis 2023 vollständig ausgetauscht, sodass hier zunächst die Synergien des Kunststoffmastentauschs genutzt werden können. Über die dadurch festgelegten Leuchten findet ein langsamer Hochlauf der Tauschzahlen bis 2024 statt.
- Um auch bei gestalterischen Leuchten, also Leuchten bei deren Auswahl das äußere Erscheinungsbild ein höheres Gewicht als Lichttechnik und Effizienz hat, langfristig von Einsparungen beim Energieverbrauch zu profitieren, sollen auch hier rund 200 Leuchten pro Jahr und damit eine Gesamtsumme von 2.000 Leuchten bis 2030 erneuert werden.
- Es verbleiben ca. 7.300 konventionelle Leuchten, die individuell zu betrachten sind. Hierbei handelt es u.a. um weitere gestalterische Leuchten mit hohem Tausch Aufwand, um Leuchten mit Lampenleistung größer als 150 W, bei denen bei aktuell marktverfügbaren LED-Leuchten kein Einsparpotenzial im Vergleich zu NAV-Lampen besteht, oder um Anstrahlungen, die auf Grund der kürzeren Betriebszeiten ein geringeres Einsparpotenzial aufweisen. Um im Zuge der geplanten Klimaneutralität 2030 eine maximale Energieeinsparung zu erzielen, wird der LED-Tausch dieses Leuchtenbestands individuell geprüft. Für die Jahre 2020 und 2021 wurden bereits weitere 200 bzw.

500 Leuchten aus diesem Bestand für die Sanierung vorgesehen. Die weitere Auswahl erfolgt auf Basis zyklischer Analysen unter Berücksichtigung neuer technischer Entwicklungen.

Der resultierende Hochlauf gemäß LED-Strategie 2030 ist in Bild 54 dargestellt. Auf Grund der Unsicherheiten in Bezug auf die technische Entwicklung erfolgt in regelmäßigen Abständen von drei Jahren eine Überprüfung der Grundannahmen dieser Konzeption. Entsprechend wird dann festgelegt, welche der in Bild 54 hellgrünen und ab 2022 mit gestricheltem Rahmen dargestellten Leuchten mit welchem Zeitablauf getauscht werden. Dies erfolgt beispielsweise nur, wenn durch den LED-Tausch auch eine tatsächliche Energieeinsparung realisiert werden kann. Mit Umsetzung der Tauschraten gemäß Bild 54 wird bis zum Jahr 2030 ein Leuchtenbestand der Straßenbeleuchtung mit 100 % LED erreicht – je nach technischer Entwicklung ggf. mit einem geringfügigen Restbestand gleichwertig effizienter NAV-Leuchten im Bereich der Leistungsklasse >150 W.

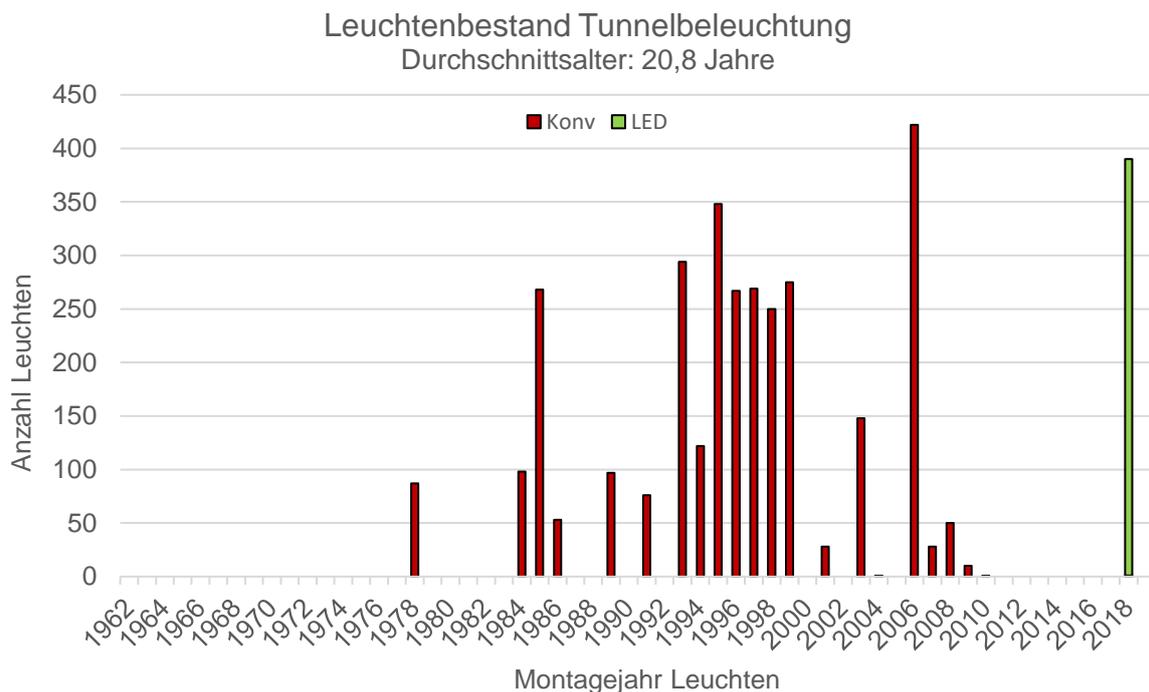


**Bild 54** Hochlauf der kontinuierlichen Erneuerung im Rahmen der LED-Strategie 2030

### LED-Strategie im Tunnelbereich

Neben dem detailliert ausgeführten Bereich Straßenbeleuchtung ist insbesondere auch der Bereich Tunnel Teil der LED-Strategie 2030. Hierzu wurden entsprechende Analysen durch die Abteilung Stadtbahn, Brücken und Tunnelbau des Tiefbauamts, das Amt für Umweltschutz und die Stuttgart Netze GmbH durchgeführt.

Im Bereich der Tunnelbeleuchtung gab es Ende 2019 3.582 Leuchten, von denen bislang 10 % auf LED umgerüstet wurden. Die bestehenden knapp 400 LED-Leuchten resultieren aus der Beleuchtungssanierung des Heschlacher Tunnels (B14), über die im Energiebericht 2018 berichtet wurde. In Bild 55 ist das Montagejahr und die eingesetzte Technologie der Tunnelleuchten dargestellt.



**Bild 55** Montagejahr und eingesetzte Technologie der Stuttgarter Tunnelbeleuchtung

Aufgrund des überwiegend sehr hohen Anlagenalters sollen immer ganze Leuchten getauscht und kein Retrofit durchgeführt werden. Dies hat zur Folge, dass Kabel und Steuerungen mitgetauscht werden. Somit kann ebenfalls eine Nachtabenkung mit zusätzlichen Einspareffekten steuerungstechnisch umgesetzt werden. Außerdem sollen modular aufgebaute Leuchten eingesetzt werden. Dies bedeutet, LED und Treiber können im Gehäuse, wie bei einem klassischen „Lampentausch“ getauscht werden. Das Gehäuse bleibt erhalten. Mit diesen Leuchten ist ein Tausch von LED und Treiber ohne Demontage des Gehäuses möglich. Dies ist wichtig, da die Tunnelbeleuchtung im Gegensatz zur Straßenbeleuchtung rund um die Uhr im Betrieb ist und somit der LED- bzw. Treiber-Tausch nach 10-12 Jahren notwendig ist und nicht wie in der Straßenbeleuchtung nach 20-25 Jahren.

Es wird beabsichtigt, bis 2030 eine LED-Beleuchtungssanierung in allen Tunneln umzusetzen. Dazu sind für die kommenden Jahre folgende Projekte angedacht und sollen umgesetzt werden:

- 2020 Schwanenplatz Tunnel
- 2020 Schwab Tunnel
- Ab 2021-2024 Leuze und Berger Tunnel
- 2022 Neugereut Tunnel
- 2024 Wagenburg Tunnel
- Ab 2024 Ostumfahrung Vaihingen
- Ab 2024 Planetentunnel
- 2025 Feuerbach
- 2026 Pragsatteltunnel.

### Erwartete Investitionen und Einspareffekte

Mit Umsetzung der LED-Strategie 2030 kann ein sehr hohes Energiesparpotenzial realisiert werden. Für den Bereich der Straßenbeleuchtung wird erwartet, dass der Stromverbrauch von 21,3 GWh/a in 2019 um insgesamt 10,91 GWh/a bzw. 51 % auf 10,39 GWh/a in 2030 gesenkt werden kann. Von der Einsparung entfallen 10,58 GWh/a auf die LED-Umrüstung und 0,33 GWh auf die mit den Beleuchtungsanierungen verbundene Möglichkeit zur steuerungstechnischen Umsetzung der Nachtabsenkung im Bereich der Hauptstraßen. Um diese Einsparungen zu erzielen, liegen die zusätzlichen Investitionskosten im Vergleich zu den aufgrund des Erreichens der Lebensdauer oder aufgrund technischer Störungen ohnehin notwendigen Erneuerungen bei ca. 14,8 Millionen Euro. Dem gegenüber stehen jährliche Stromkosteneinsparungen in Höhe von ca. 2,2 Millionen Euro/a durch die Gesamtheit der Sanierungsmaßnahmen im Bereich Straßenbeleuchtung.

Für den Bereich Tunnel und Unterführungen ist der Stromverbrauch für die Beleuchtung nicht exakt bekannt, da die Lüftungsanlagen in belüfteten Tunnelbauwerken ebenfalls einen erheblichen Teil des Stromverbrauchs verursachen (im Fall des Heschlacher Tunnels ca. 84 %), der derzeit nicht getrennt erfasst wird. Es kann jedoch abgeschätzt werden, dass der Stromverbrauch für Tunnelbeleuchtung von ca. 1,12 GWh/a in 2019 durch die LED-Umrüstung um ca. 0,47 GWh/a bzw. 42 % auf ca. 0,65 GWh/a reduziert werden kann. Die Investitionskosten (ohne Kabel und Steuerung) werden hier mit 1,9 Millionen Euro abgeschätzt bei einer jährlichen Stromkosteneinsparung von 0,1 Millionen Euro/a.

Insgesamt ergibt sich durch die Umsetzung der LED-Strategie 2030 in den Bereichen Straßenbeleuchtung und Tunnel eine realisierbare Energieeinsparung von 11,38 GWh/a. Bei Bewertung mit dem CO<sub>2</sub>-Faktor für den Bundesmix 2019 entspricht dies einer jährlichen Treibhausgaseinsparung von 4.840 tCO<sub>2</sub>/a.

### 3.7 Lukratives Energiesparen in Stuttgarter Schulen (LESS)

Im Schuljahr 2018/2019 beschäftigten sich 25 Schulen im Zuge des LESS-Projekts mit dem Energie- und Wasserverbrauch in ihren Schulen. Davon sparten insgesamt 14 Schulen Energie ein. Die jährliche Betriebskosteneinsparung liegt bei 67.500 Euro/a und die Verbrauchskennwerte wurden um bis zu 15 % reduziert. Bei der Auswertung werden die Einsparungen gegenüber den Basiswerten verglichen. Diese Basiswerte bemessen sich aus dem Mittelwert von drei Verbrauchsjahren einer Schule vor der Projektteilnahme unter Berücksichtigung von nicht durch die Schulgemeinschaft beeinflussbaren Veränderungen.

Folgende Schulen haben zur Energiekosteneinsparung beigetragen: Die Birken-Realschule, das Geschwister-Scholl-Gymnasium, die Helene-Fernau-Horn-Schule, die Maria-Montessori-Schule, das Neues Gymnasium Leibnitz, die Rilke Realschule, die Robert-Mayer-Schule, die Wilhelmsschule Untertürkheim und das Wirtschaftsgymnasium West. Den folgenden Schulen gelang es über 10 % Energie einzusparen und somit den maximal möglichen Bonus von 1.000 Euro zu erhalten: Albschule, Ferdinand-Porsche-Gymnasium, Königin Olga-Stift, Robert-Bosch-Schule und Wolfbuschschule. Der mittlere Bonus im Jahr 2019 liegt bei 589 Euro.

Auch die Schulen, die ihre Energiekosten nicht reduzieren konnten, wurden für ihre Aktivitäten über das pädagogische Bonusmodell belohnt. Alle Teilnehmerschulen gaben anhand eines Fragebogens Auskunft über Organisationsstrukturen und Aktivitäten zum Energiesparen. Insgesamt bekamen 9 Schulen über die Bewertung von Aktivitäten die maximal mögliche Punktzahl und somit 350 Euro. Im Durchschnitt wurden die Aktivitäten der Schulen mit 282 Euro belohnt.

1

2

3

4

5

Bei der Jahresveranstaltung im Stuttgarter Rathaus (Bild 56) stellten die drei Sonderpreisträger ihre Projekte vor. Die Maria-Montessori-Schule, die Birkenrealschule und die Realschule Feuerbach teilten sich einen Preis und das Ferdinand-Porsche-Gymnasium.



**Bild 56** Teilnehmer\*innen der Jahresveranstaltung LESS 2019

In der Maria-Montessori-Schule Grundschule Hausen ist das Projekt LESS umfassend in den Schulalltag eingebettet. Dies schließt auch die Nachmittagsbetreuung mit ein. Hier wurden Solar- und Salzwasserfahrzeuge nicht nur erklärt, sondern auch gebastelt und künstlerisch aufgewertet.

Die Birken-Realschule und die Realschule Feuerbach teilen sich einen Sonderpreis: in beiden Schulen wurde eine Messkampagne durchgeführt. Dabei wurden Messungen an elektrischen Geräten bzw. Raumtemperaturmessungen vorgenommen, die Ergebnisse diskutiert (Bild 57) und Handlungsempfehlungen für die Zukunft abgeleitet.

Das Ferdinand-Porsche-Gymnasium Zuffenhausen hat neben dem kontinuierlichen Engagement durch die Klima AG, und dem Verleih der Klimaausstellung (Bild 58) in diesem Schuljahr eine Klima-Podiumsdiskussion mit Politiker nahezu aller Parteien in der Schule abgehalten. So konnten sich die Schülerinnen und Schüler im gewohnten Umfeld für die Gemeinderatswahl am 26.05.2019 informieren. Für viele der 16 bis 19-jährigen Schüler\*innen war dies die erste Wahl ihres Lebens.



Bild 57 Schülerinnen und Schüler der Realschule Feuerbach berichten von Ihrer Messkampagne



Bild 58 Schüler des Ferdinand-Porsche-Gymnasiums stellen die Klimaausstellung vor

1

2

3

4

5

Halbjährlich findet ein Erfahrungsaustausch mit Vertreter\*innen der Schulen im Amt für Umweltschutz statt. Dort werden neben den Themen, die die Lehrkräfte anregen, neue Materialien und Projekte, sowie Kooperationspartner vorgestellt. Im Jahr 2019 befassten sich die Treffen mit vielfältigen Themen, u.a.:

- Wie steht die Schule zu Fridays-for-Future und wie wird mit dem Streik der Schüler\*innen umgegangen?
- Ideen für schulspezifische „Energierregeln“, die innerhalb der Schulgemeinschaft festgelegt werden
- Welchen Änderungsbedarf sehen die Teilnehmer\*innen im LESS-Projekt
- Mülltrennung an Stuttgarter Schulen
- „Weltklima in Not“ – Aktionsprogramm Klimaschutz der Stadt Stuttgart

Das „Lukrative Energiesparen in Stuttgarter Schulen“ existiert bereits seit elf Jahren. In diesem Zeitraum wurde an den beteiligten Schulen der Heizenergieverbrauch um 5 % und der Stromverbrauch um 4 % reduziert. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß wurde um 1.468 t CO<sub>2</sub>/a reduziert. Dies entspricht einem jährlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß von über 280 Einfamilienhäusern.

### 3.8 Forschungsprojekte

Im folgenden Kapitel sind Forschungsvorhaben beispielhaft kurz dargestellt, mit denen sich die Energieabteilung befasst.

#### Das Forschungsprojekt „EnOB: Plusenergieschule Stuttgart - Monitoring und Betriebsoptimierung der Plusenergieschule in Stuttgart“

Die Uhlandschule in Stuttgart-Rot (Bild 59) wurde als erste Schule in Europa zur Plusenergieschule saniert. Die Schule erzeugt jetzt während eines Jahrs mehr Energie als sie verbraucht. Die Planungen für das Projekt begannen im Jahr 2009, die Sanierung erfolgte von 2013 bis 2016 und wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen der Energieforschung gefördert (Förderkennzeichen: 0327430J).



**Bild 59** Südseite der sanierten Uhlandschule (Bildrechte: Saint-Gobain, Fotograf: Olaf Rohl)

Zur Validierung der umgesetzten Maßnahmen und zur Nutzerakzeptanz wird seit Oktober 2019 ein zweijähriges Monitoring sowie eine Betriebsoptimierung durchgeführt. Es wird weiterhin die Effizienz der umgesetzten Maßnahmen bewertet. Darüber hinaus sind weitere Detailuntersuchungen vorgesehen. Erkenntnisse aus den Detailuntersuchungen und dem Monitoring werden für die Betriebsoptimierung und Anpassung der Gebäudeleittechnik genutzt.

Um detaillierte Aussagen über den Energieverbrauch einzelner Bereiche in der Uhlandschule treffen zu können, wurde diese feinmaschig mit Elektro- und Wärmemengenzählern ausgestattet. Ebenso wurden zur Steuerung der Heizung Temperatursensoren, zur Steuerung der Belüftung CO<sub>2</sub>-Sensoren sowie zur Steuerung der Beleuchtung und der Jalousien Beleuchtungssensoren und Präsenzmelder verbaut. Da sowohl die Zähler als auch die Sensoren eine Vielzahl an Messdaten generieren, war es für das Forschungsprojekt zunächst notwendig, alle Messdaten über die Gebäudeleittechnik zu erfassen und in einer Datenbank zu speichern. Aus den so gewonnenen Messdaten werden anschließend im Laufe des Projekts die bei der Sanierung der Uhlandschule umgesetzten Maßnahmen analysiert, um daraus Verbesserungsvorschläge abzuleiten. Zudem wurde vor Ort kontrolliert, ob die Zählerstände identisch zu den Messdaten sind, die von den Elektro- und Wärmemengenzählern an die Gebäudeleittechnik übermittelt werden. Zum Überprüfen der Behaglichkeit in den Räumen und der Messdaten der verbauten Sensoren wurde ein Messbaum in drei Klassenzimmern platziert. An diesem sind Sensoren angebracht, die Kennwerte zur Bestimmung der Behaglichkeit messen, bspw. Temperatur, CO<sub>2</sub>-Konzentration und Luftfeuchtigkeit. Gleichzeitig wurde eine Umfrage durchgeführt, um die ermittelte Behaglichkeit mit dem persönlichen Empfinden der Nutzer abzugleichen.

Die Messungen zeigten, dass sich die betrachteten Räume aus wissenschaftlicher Sicht im behaglichen Bereich befinden, d.h. sowohl die Raumtemperatur als auch die Luftqualität in einem Bereich liegen, in dem sich der Nutzer wohlfühlt. Daraus lässt sich schließen, dass sich Räume mit ähnlicher Nutzung und Geometrie in der Uhlandschule ebenso verhalten. Auch die Befragung der Nutzer zeigt, dass diese die gemessenen Räume thermisch als „gut“ bewerteten. Die Luftqualität hingegen ist mit „eher gut“ bewertet worden. Dies stimmt jedoch nicht mit den vor Ort gemessenen CO<sub>2</sub>-Werten überein. Diese lagen im betrachteten Zeitraum in den gemessenen Klassenzimmern grundsätzlich unter dem Grenzwert von 1500 ppm.

Im weiteren Verlauf des Forschungsprojekts stehen noch detaillierte Untersuchungen zur Luftqualität in den Klassenzimmern an. Hierzu werden der Einsatz der dezentralen Lüftungsgeräte im Winter und der Einfluss der Lüftungsampeln auf die Fensterlüftung im Sommer näher betrachtet. Da die Beleuchtung in den Klassenzimmern automatisch gesteuert wird, wird untersucht, ob diese nach den Vorgaben umgesetzt wurde und wie hoch der Energieaufwand ist. Zuletzt findet eine Optimierung der sommerlichen Nachtlüftung statt, die mittels automatischer Fenster und Lüftungsflügel zwischen Klassenräumen und Flur für eine Entwärmung der Schule in den warmen Monaten sorgt.

Das Monitoring wird im Rahmen des Forschungsprojekts „EnOB: Plusenergieschule Stuttgart - Monitoring und Betriebsoptimierung der Plusenergieschule in Stuttgart“ (Forschungskennzeichen: 03ET1602A) im Zeitraum vom 01.10.2019 bis 31.10.2021 zusammen mit dem Institut für Akustik und Bauphysik (IABP) der Universität Stuttgart durchgeführt. Angesiedelt ist es im 6. Energieforschungsprogramm des BMWi im Förderschwerpunkt Energieoptimiertes Bauen (EnOB), das den Fokus auf energieoptimierte, nachhaltige, funktionale, behagliche und architektonisch wertvolle Gebäude zu vertretbaren Investitions- und Betriebskosten setzt. Die Höhe der Fördergelder betragen 199.742 Euro.

1

2

3

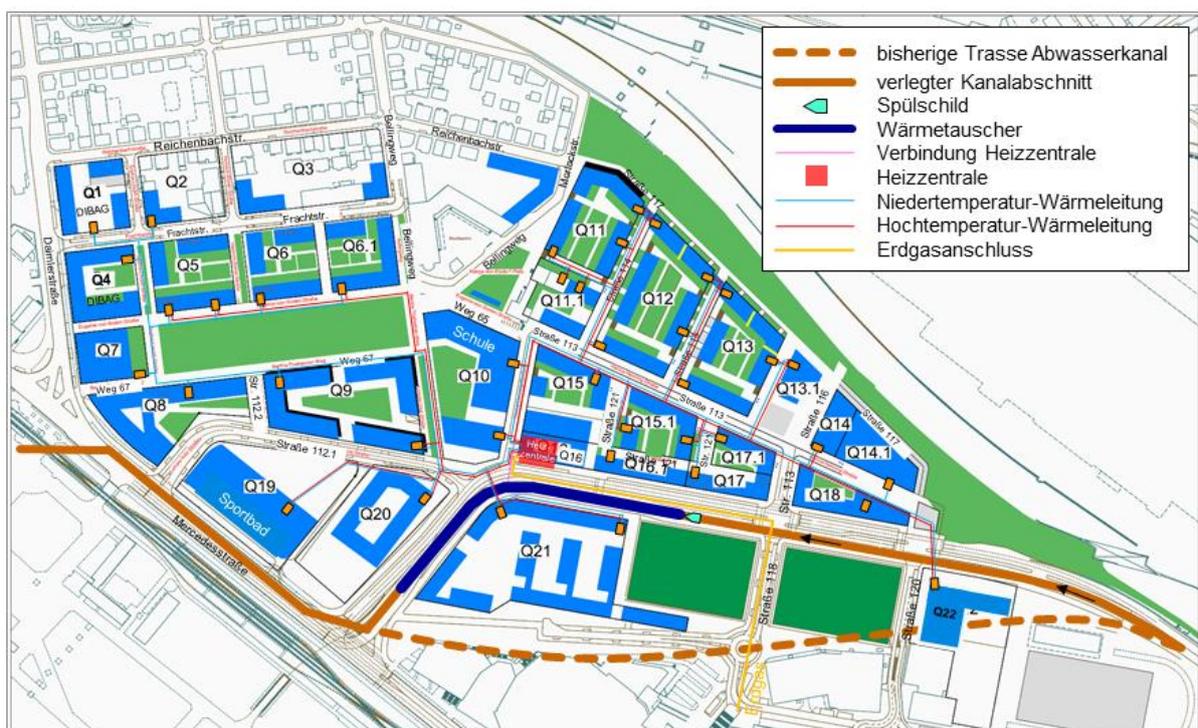
4

5

## Neckarpark

Das Forschungsvorhaben „EnEff:Wärme – Nahwärme und -kälte aus Abwasser zur Versorgung eines Niedrigenergiestadtquartiers, modellhafte Umsetzung im Neckarpark, Stuttgart“ mit dem Förderkennzeichen: 03ET1156A wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert und hat eine Laufzeit vom 01.05.2013 bis zum 30.06.2021. Dabei konnten Bundesmittel in Höhe von 3.788.497 Euro akquiriert werden.

Für das neue Stadtquartier „Neckarpark“ auf dem ehemaligen Güterbahnhof in Bad Cannstatt (Gelände-fläche: 22 Hektar) setzt das Amt für Umweltschutz ein Konzept zur nachhaltigen Wärmeversorgung um. Dabei wird Abwasser als Hauptwärmequelle genutzt. Die benötigte Wärme wird einem nahegelegenen Abwasserkanal entzogen, in dem Wärmetauscher eingebaut werden.



**Bild 60** Neckarpark Stuttgart: Versorgung mit Wärme aus Abwasser

Für die Bebauung des Neckarparks werden die Bauherren verpflichtet Wohngebäude als KfW-Effizienzhäuser 55 zu errichten. Für Nicht-Wohngebäude wird in den Verträgen zur Vergabe der städtischen Grundstücke die Anforderung fixiert, im Hinblick auf das GEG, die Gebäude auf einen mindestens 20 % niedrigeren Primärenergiebedarf (GEG-20 %) auszulegen und mit einem mindestens 30 % höheren baulichen Wärmeschutz auszustatten. Dadurch wird der Neckarpark mit Gebäuden realisiert, die aufgrund einer hochwertigen Auslegung der Gebäudehülle und der technischen Ausrüstung einen geringen Energiebedarf aufweisen.

Zum Jahreswechsel 2018/19 wurde mit dem Bau des Quartiersparkhauses auf dem Quartier Q16 begonnen. Im Parkhaus wird die Energiezentrale integriert. Im September 2019 wurden in offener Bauweise die beiden Wärmepufferspeicher in die Energiezentrale eingehoben (Bild 61 und Bild 62).

Danach wurde die Gebäudehülle der Energiezentrale geschlossen und der Bau des Quartiersparkhauses mit den oberirdischen Geschossen fortgesetzt.



**Bild 61** Einbringung Pufferspeicher



**Bild 62** Energiezentrale mit Pufferspeicher

Im Herbst 2019 wurden die Nahwärmeleitungen des östlichen und des westlichen Nahwärmenetzes unmittelbar vor der Energiezentrale verlegt und an das Gebäude angeschlossen (Bild 63).

1

2

3

4

5



**Bild 63** Anschluss der Nahwärmeleitungen

Danach erfolgte der Anschluss der Glykol-Verbindungsleitungen von dem Abwasserwärmetauscher an die Energiezentrale (Bild 64).



**Bild 64** Anschluss der Glykol-Verbindungsleitungen

Im Dezember 2019 begann der technische Innenausbau der Energiezentrale. Die Fertigstellung der ersten Wärmeerzeugungsanlagen und der Beginn des Probebetriebs der Energiezentrale erfolgte im Juni 2020. Ab

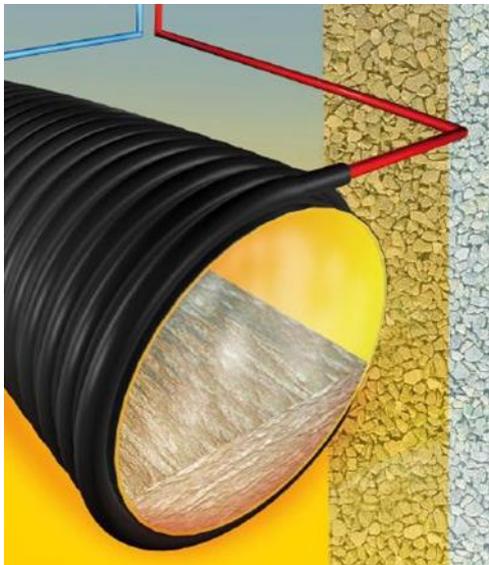
der Teil-Inbetriebnahme kann dann die Wärmeversorgung über die Energiezentrale erfolgen und die Interimsheizzentrale zurückgebaut werden.

Im Jahr 2019 wurde mit dem Quartier Q1 ein weiteres Gebäude an die Wärmeversorgung angeschlossen. Somit beziehen nun zusammen mit den Quartieren Q4 und Q7 insgesamt drei Gebäude Wärme über die Nahwärmeversorgung des Neckarparks

### IWAES

Das Projekt „IWAES“ mit dem Förderkennzeichen: 033W106B wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und hat eine Laufzeit vom 1. April 2019 bis zum 31. März 2022. Dabei konnten Bundesmittel in Höhe von 122.128 Euro akquiriert werden.

Das Forschungsvorhaben IWAES steht für „Integrative Betrachtung einer nachhaltigen Wärmebewirtschaftung von Stadtquartieren im Stadtentwicklungsprozess“. Hierbei wird untersucht, wie benötigte sowie abzugebende Wärme und Kälte innerhalb eines Quartiers umverteilt und somit ausgeglichen werden können. Eine Besonderheit hierbei ist die Nutzung der ohnehin benötigten Infrastruktur durch thermisch aktivierte Abwasserkanäle. Die Kanäle sind mit einem flüssigkeitsführenden Rohr umwickelt, das Wärme sowohl aus dem Abwasser, als auch aus dem umgebenden Erdreich aufnimmt (Bild 65). Anwendung finden die Forschungsergebnisse in einem Teil des neuen Rosensteinquartiers. Zudem werden die Ergebnisse in einem Leitfaden aufbereitet, welcher für zukünftige Quartiere in Stuttgart angewandt werden kann. (Weitere Informationen unter: [www.iwaes.de](http://www.iwaes.de))



**Bild 65** PKS-Thermpipe der Firma Frank (Quelle: <https://www.frank-gmbh.de/de/Produktgruppen/Abwasser-Umwelt/PKS-Thermpipe>)

1

2

3

4

5

### Stadtquartier 2050

Das Projekt „Stadtquartier 2050“ mit dem Förderkennzeichen: 03SBE116A wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und hat eine Laufzeit vom 01.03.2018 bis zum 28.02.2023. Dabei konnten Bundesmittel in Höhe von 1.221.673 Euro akquiriert werden.

Der Wohnungssektor steht immer stärker in der Pflicht, seinen Teil zur Einsparung von Treibhausgasen (THG) zu erbringen. An diesem Ziel orientieren sich in der Stadt Stuttgart mehrere Projekte auf Quartiersebene. Auf dem Areal des ehemaligen Bürgerhospitals soll im Rahmen des Projekts beispielhaft gezeigt werden, wie schon heute ein ganzes Quartier mit mehr als 600 Wohnungen klimaneutral umgestaltet werden kann. Dabei sind neben den energetischen Zielen auch stadtplanerische sowie weitere Herausforderungen durch den hohen Anteil an gefördertem Wohnungsbau und die dichte Bebauung zu bewältigen. Im Projekt leisten auch sozialwissenschaftliche Fragestellungen und die geplante Einbindung der Mieter einen wichtigen Beitrag zum Ziel der Klimaneutralität. Das Projekt gliedert sich in zwei Städte, Überlingen und Stuttgart, sowie weitere Partner aus Forschungseinrichtungen (Uni Stuttgart, Fraunhofer Institute) und der Wirtschaft.

Im Jahr 2019 wurden Potenzialanalysen zu unterschiedlichen Energiegewinnungsarten sowie Berechnungen zum zukünftigen Energieverbrauch im Quartier durchgeführt, um daraus mehrere Varianten für ein Energiekonzept für das Gesamtareal zu entwickeln und zu bewerten.

### 3.9 Fördermittel

Die Umsetzung von energie- und emissionsreduzierenden Maßnahmen wurde in den zurückliegenden Jahren von mehreren nationalen und internationalen Förderprogrammen unterstützt. Mit Hilfe dieser Förderprogramme konnten angedachte Umbaumaßnahmen in der Stadt schneller umgesetzt und das Haushaltsbudget investiv als auch hinsichtlich der laufenden Betriebskosten entlastet werden.

Die meisten Förderanträge wurden in der Vergangenheit beim CO<sub>2</sub>-Minderungsprogramm des Klimaschutz-Plus-Förderprogramms beim Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg (UM BW) eingereicht. Das Förderprogramm orientiert sich an der Höhe der nachzuweisenden Minderung der Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>-Äquivalente) und fördert pro vermiedener Tonne CO<sub>2</sub> bis zu 50 Euro. Der Zuschuss gewährte eine Anteilsfinanzierung ist auf maximal 200.000 Euro pro Antrag und auf 30 % der zuwendungsfähigen Ausgaben begrenzt. Das Förderminimum liegt bei 3.000 Euro.

Das Förderprogramm unterstützt eine energetische Sanierung sowie den Einsatz regenerativer Energien zur Wärmeversorgung. Unter energetische Sanierung fallen verschiedene Maßnahmen, wie z. B. die Erneuerung von Heizungsanlagen und die Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes. Ferner die Sanierung von Beleuchtungs- und Lüftungsanlagen soweit diese nicht über die Kommunalrichtlinie des Bundes gefördert werden. Die Förderung für den Einsatz regenerativer Energien ist nur in Kombination mit der Erneuerung von Heizungsanlagen oder der Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes möglich. Gefördert werden zudem Holzpellet- und Holz hackschnitzelheizungen sowie Wärmepumpen und solarthermische Anlagen.

Die Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten im kommunalen Umfeld (Kommunalrichtlinie) vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) verfolgt einen ähnlichen Ansatz und gewährt einen Zuschuss von 50 Euro pro vermiedener Tonne CO<sub>2</sub>-Äquivalent bei investiven Maßnahmen ab 20.000 Euro. Der Förderschwerpunkt liegt hierbei auf der Erneuerung und Sanierung der Beleuchtungstechnik und auf raumlufttechnische Anlagen.

In dem Förderprogramm „Heizen mit Erneuerbaren Energien“ des Bundesamts für Wirtschaft und Ausführung (BAFA) werden Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt gefördert. In Neubauten werden Solarkollektoranlagen mit 30 % und Biomasse- sowie Wärmepumpenanlagen mit 35 % der förderfähigen Kosten gefördert. In Bestandsgebäuden werden Solarthermie-, Biomasse- und Wärmepumpenanlagen, sowie Gas-Hybridheizungen gefördert. Die Förderung beträgt 20 % bis 35 % der förderfähigen Kosten. Zudem werden für den Austausch für Ölheizungen Prämien gewährt. Falls eine Ölheizung durch eine förderfähige Hybridheizung, Biomasseanlage oder Wärmepumpenanlage ersetzt wird, erhöht sich der gewährte Fördersatz um 10 Prozentpunkte.

2019 wurden gemeinsam mit den beteiligten Ämtern (Hochbauamt, Schulverwaltungsamt, Amt für Sport und Bewegung, Liegenschaftsamt) Zuschüsse von etwa 135.000 Euro bei den Förderprogrammen beantragt. Die Mittel sind für bauliche Maßnahmen wie der Dämmung einer Außenfassade, dem Fensteraustausch und den Austausch von Umwälzpumpen in städtischen Liegenschaften vorgesehen. Von den beantragten Fördermitteln sind bereits alle bewilligt worden.

Mit den beschriebenen Förderprogrammen für Einzelmaßnahmen wurden seit 2003 Energieeinsparmaßnahmen in den Ämtern und Eigenbetriebe der Landeshauptstadt Stuttgart mit etwas mehr als 4 Mio. Euro gefördert. Bis 2019 konnten damit in insgesamt 103 bewilligten Anträgen, Maßnahmen umgesetzt werden, mit denen die CO<sub>2</sub>-Belastung jährlich um ca. 12.500 tCO<sub>2</sub>/a reduziert wurde.

In Bild 66 sind die Förderzuschüsse und der Bearbeitungsstand der Förderanträge in der Entwicklung bis 2019 dargestellt. Der Bearbeitungsstand unterteilt sich in die vom Fördergeber abgelehnten, in Prüfung befindlichen, bewilligten und ausbezahlten Anträge. Die fehlenden Zuschüsse in 2005 sind darauf zurückzuführen, dass sich die Ausrichtung des Förderprogramms gegenüber 2004 verändert hatte. Die damalige Anpassung der Förderquote hatte zur Folge, dass bestimmte Maßnahmen von der Förderung ausgeschlossen wurden. Dadurch lagen 2005 keine für das CO<sub>2</sub>-Minderungsprogramm förderfähigen Maßnahmen vor.

Das KfW-Programm „Energetische Stadtsanierung“ fördert mit dem Programmteil 432 integrierte energetische Quartierskonzepte (Phase A) und Sanierungsmanagement (Phase B). Das Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI) stellt die Fördermittel für den energetischen Sanierungsprozess aus dem Energie- und Klimafonds (EKF) bereit. Zentrales Ziel der „Energetischen Stadtsanierung“ ist es, Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz der Gebäude und der Infrastruktur im Quartier anzustoßen. Mit den durch das Programm geförderten integrierten Quartierskonzepten lassen sich Anforderungen an energetische Gebäudesanierung, effiziente Energieversorgungssysteme und den Ausbau erneuerbarer Energien mit demografischen, ökonomischen, städtebaulichen und wohnungswirtschaftlichen Aspekten verknüpfen. Die vor Ort angestoßenen Prozesse sollen dazu beitragen, neben den fachlichen Ansprüchen auch die Interessen der handelnden Akteure miteinander in Einklang zu bringen. Damit können integrierte, energetische effiziente Lösungen entwickelt werden.

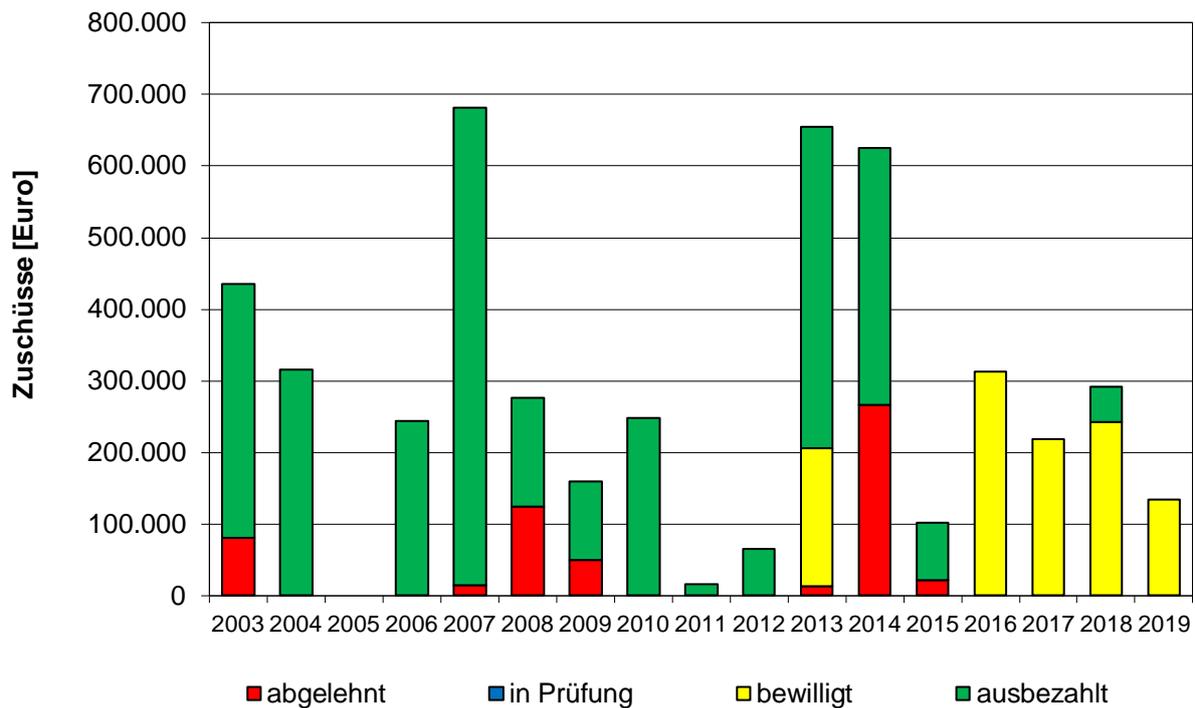
1

2

3

4

5



**Bild 66** Entwicklung der beantragten Zuschüsse aus den Förderprogrammen

Die Untersuchungsgebiete für die „Energetische Stadtsanierung“ lagen in Stuttgart in 2019 in Degerloch Hoffeld / Tränke und Weilimdorf Süd mit einer Förderhöhe von über 64.000 Euro. Zudem wurde für das Gebiet Mühlhausen Ende 2019 ein Förderantrag seitens des Bundesministeriums genehmigt (vgl. Abschnitt 1.3 Energieleitplanung, Seite 18).

Neben den dargestellten Fördermitteln für Einzelmaßnahmen und Stadtsanierungen stehen weitere Finanzmittel für Einzelförderungen und Forschungsvorhaben von Bund und EU zur Verfügung. Bis 2019 wurden durch Bund und EU in insgesamt 47 Vorhaben Maßnahmen im Umfang von 25,3 Mio. Euro gefördert, wobei der EU-Anteil bei etwa 1,9 Mio. Euro und der Bundesanteil bei 23,4 Mio. Euro liegt.

Zusammen mit den vorgenannten Förderprogrammen summiert sich der Ertrag aller eingeworbenen Fördermittel bis 2019 auf 28 Mio. Euro. Prozentual liegen die vom Bund geförderten Mittel mit einem Anteil von 79 % am höchsten. Vom Land Baden-Württemberg werden 14 % und von der EU 7 % der Maßnahmen gefördert.

Bild 67 stellt die Entwicklung der Fördermittel nach Landes-, Bundes- und EU-Mittel differenziert bis 2019 dar. Die vor dem Jahr 2004 eingeworbenen Mittel sind in der Grafik zusammengefasst dargestellt. Der große Anstieg der Zuschüsse in 2014 resultiert vor allem durch die Auszahlung der Förderrate von 2,3 Mio. Euro bei der Sanierung der Uhlandschule zur Plusenergieschule.

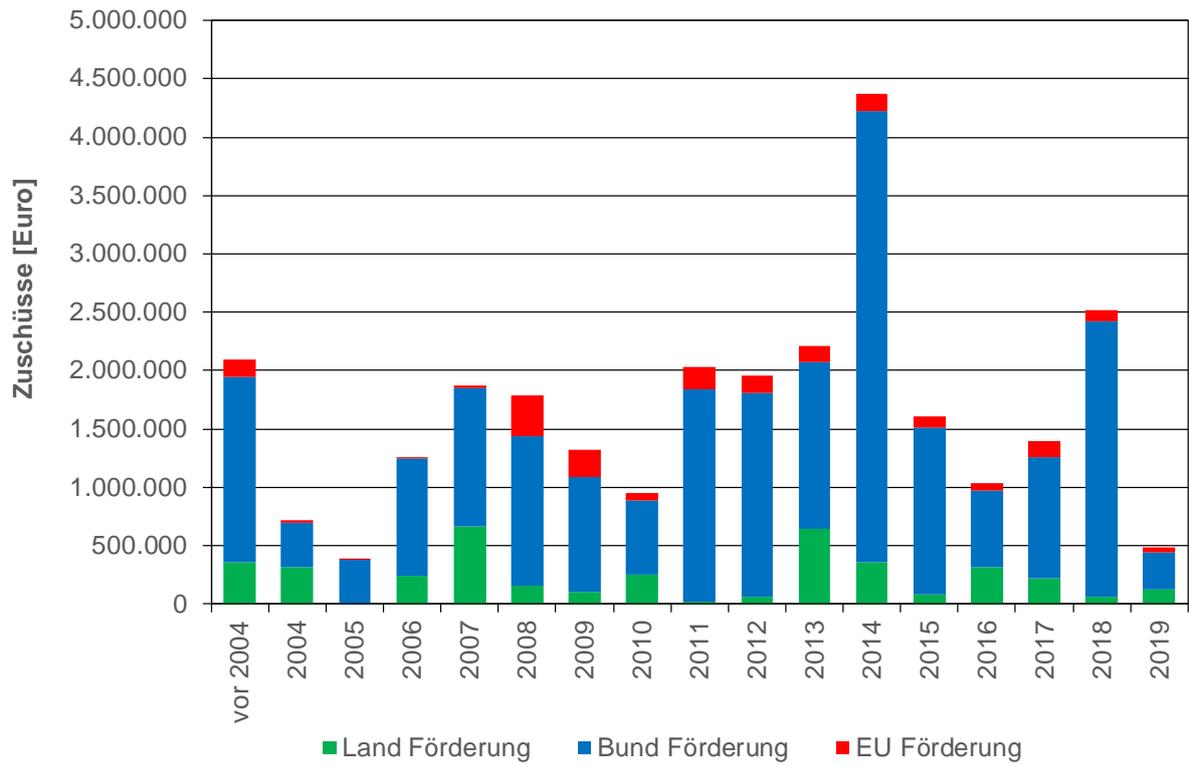


Bild 67 Gesamtentwicklung der ausbezahlten Zuschüsse





# 4 Statistik zu Verbrauch und Kosten städtischer Liegenschaften

Anhand von Grafiken und Tabellen sind auf den nachfolgenden Seiten die Entwicklung des Energiebezugs, der Energie- und Wasserkosten sowie der jährlichen Anteile der Energiekosten der städtischen Liegenschaften dargestellt. Zudem ist auch die Entwicklung der Energieträger- und Wasserpreise zusammengestellt. Energiebezüge sind grundsätzlich nicht witterungsbereinigt. Das Kapitel endet mit einer Übersicht über die Flächen der Gebäude- und Bedarfsstellen mit definierter sowie der sonstigen Bedarfsstellen mit undefinierter Fläche.

## 4.1 Gesamtentwicklung

Dieser Abschnitt stellt die Entwicklung des Energiebezugs von Heizenergie und Strom, deren prozentuale Aufteilung sowie deren Kosten und die Wasserkosten dar.

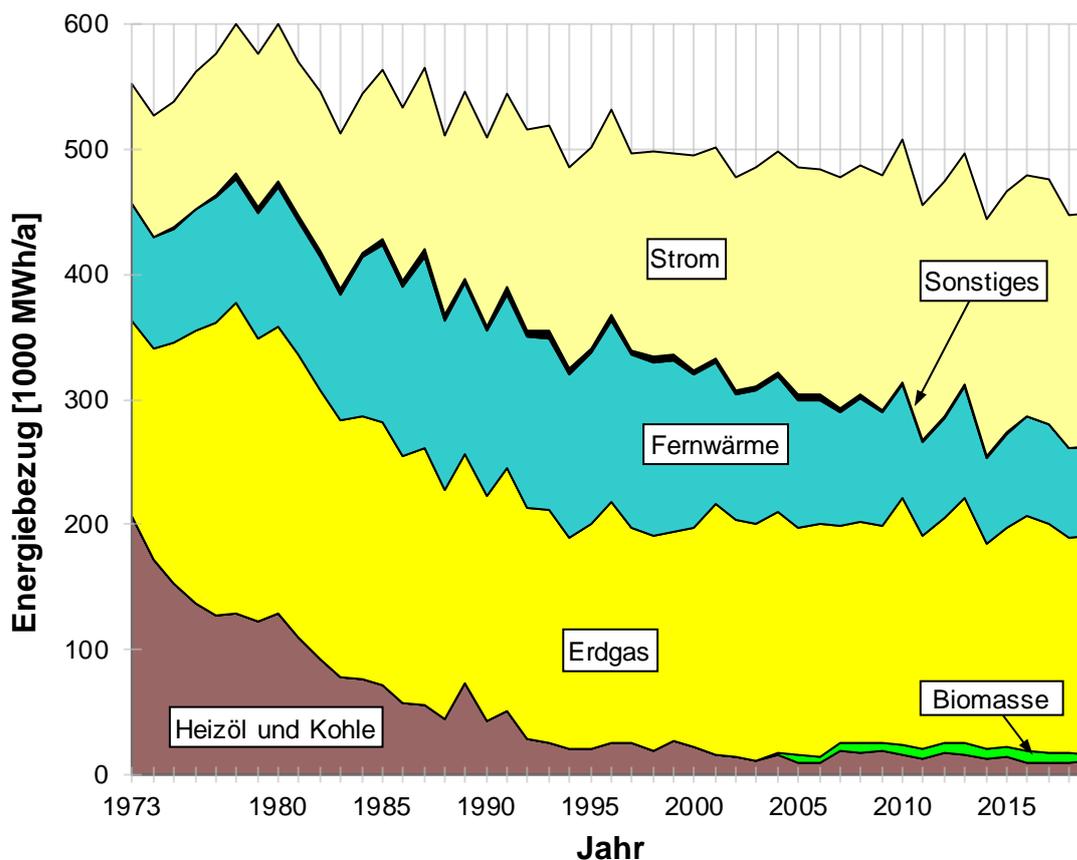


Bild 68 Entwicklung des Energiebezugs von 1973 bis 2019

Energiebezug	2018		2019		Veränderungen in %
Erdgas	172.372	MWh/a	175.438	MWh/a	1,8
Fernwärme	71.198	MWh/a	71.681	MWh/a	0,7
Heizöl	9.794	MWh/a	10.592	MWh/a	8,2
Flüssiggas/Heizstrom	921	MWh/a	921	MWh/a	-16,4
Biomasse	7.470	MWh/a	4.802	MWh/a	-35,7
Energiebezug	2018		2019		Veränderungen in %
<b>Summe</b>	<b>261.755</b>	<b>MWh/a</b>	<b>263.284</b>	<b>MWh/a</b>	<b>0,6</b>
Strombezug	186.229	MWh/a	181.157	MWh/a	-2,7
<b>Gesamtenergiebezug</b>	<b>447.984</b>	<b>MWh/a</b>	<b>444.441</b>	<b>MWh/a</b>	<b>-0,8</b>
<b>Bereinigter Bezug</b>	<b>509.288</b>	<b>MWh/a</b>	<b>509.288</b>	<b>MWh/a</b>	<b>-3,3</b>

Tabelle 25 Energiebezug in 2018 und 2019

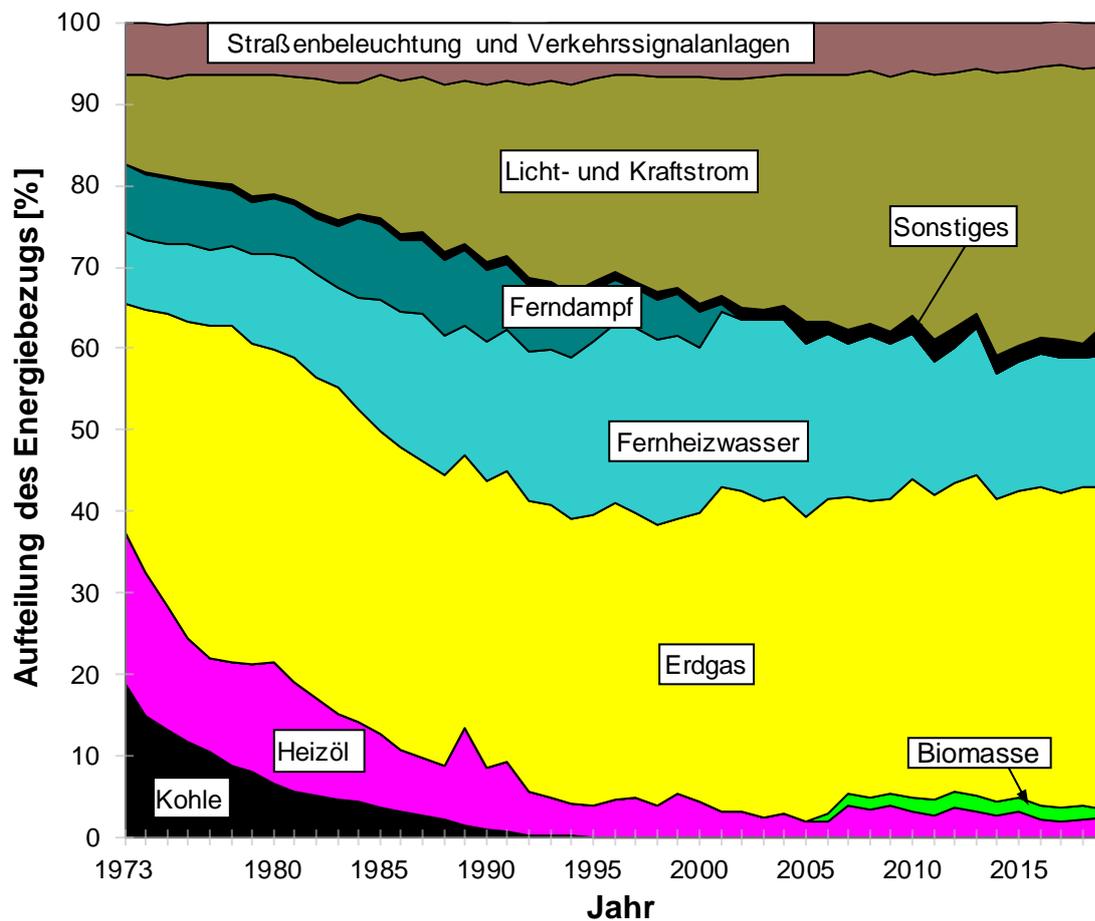


Bild 69 Prozentuale Aufteilung des Energiebezugs in der Entwicklung von 1973 bis 2019

Heizenergiebezug	2018	2019
Erdgas	40,0 %	39,5 %
Fernwärme	15,9 %	16,1 %
Heizöl	2,2 %	2,4 %
Biomasse	1,7 %	1,1 %
Flüssiggas	0,1 %	0,1 %
Kohle ist seit 1995 vernachlässigbar		
<b>Anteil Heizenergiebezug am Gesamtenergiebezug</b>	<b>58,4 %</b>	<b>59,2 %</b>

Tabelle 26 Prozentuale Aufteilung des Heizenergiebezugs in 2018 und 2019

Strombezug	2018	2019
Licht und Kraftstoff	33,7 %	31,6 %
Straßenbeleuchtung / Verkehrssignalanlagen	5,6 %	5,4 %
Eigenproduktion	2,3 %	3,8 %
<b>Anteil Strombezug am Gesamtenergiebezug</b>	<b>41,6 %</b>	<b>40,8 %</b>

Tabelle 27 Prozentuale Aufteilung des Strombezugs in 2018 und 2019

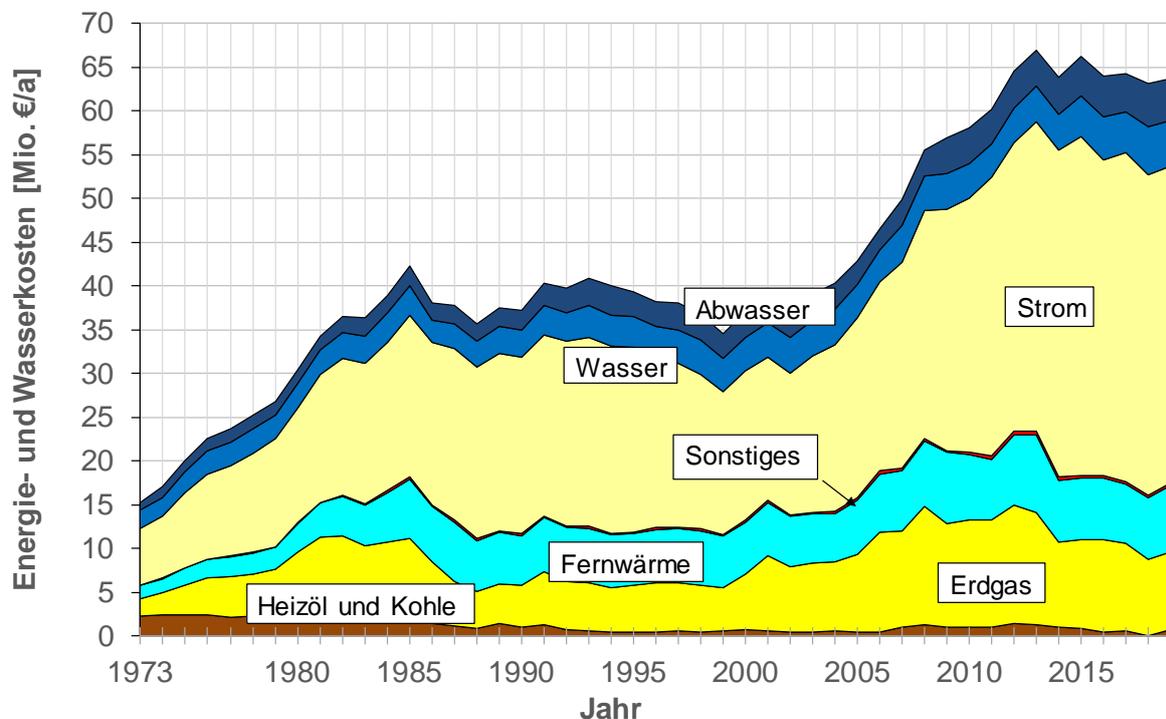


Bild 70 Energie- und Wasserkosten in der Entwicklung von 1973 bis 2019

2019	Gesamtkosten	Veränderungen ggü. 2018
Strom	36.104.003 Euro	-1,4 %
Heizenergie	17.542.873 Euro	4,7 %
Wasser, gesamt	10.103.104 Euro	-3,3 %
<b>Gesamt</b>	<b>63.749.980 Euro</b>	<b>-0,1 %</b>

Tabelle 28 Energie- und Wasserkosten in 2019 gegenüber 2018

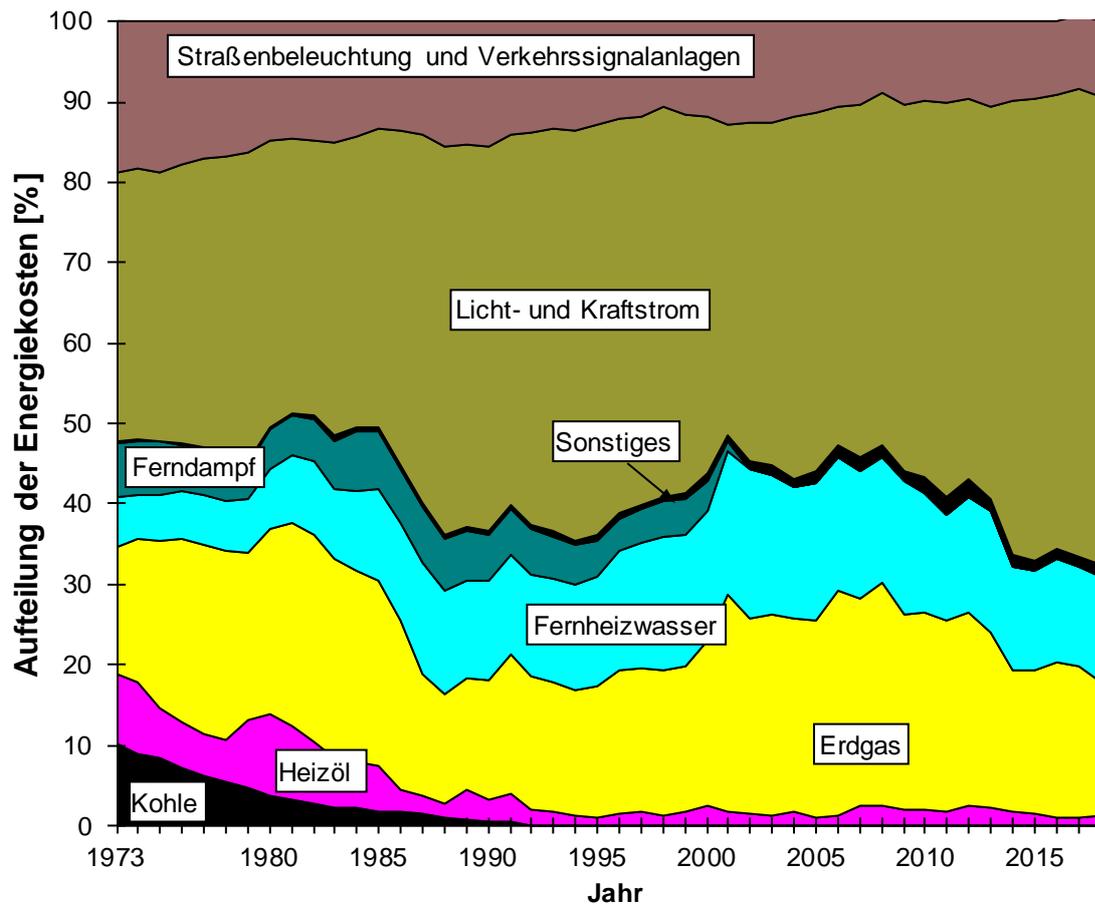


Bild 71 Prozentuale Aufteilung der Energiekosten in der Entwicklung von 1973 bis 2019

Heizenergiekosten	2018	2019
Erdgas	16,5 %	16,7 %
Fernwärme	13,2 %	14,2 %
Heizöl	1,2 %	1,3 %
Biomasse (in der Grafik nicht sichtbar)	0,3 %	0,3 %
Kohle ist seit 1995 vernachlässigbar		
<b>Gesamte Heizenergiekosten</b>	<b>31,4 %</b>	<b>32,7 %</b>

Tabelle 29 Prozentuale Aufteilung der Heizenergiekosten 2018 und 2019

Stromkosten	2018	2019
Licht und Kraftstrom	58,2 %	56,6 %
Straßenbeleuchtung / Verkehrssignalanlagen	9,4 %	9,1 %
Eigenproduktion	1,0 %	1,6 %
<b>Gesamte Stromkosten</b>	<b>68,5 %</b>	<b>67,3 %</b>

**Tabelle 30** Prozentuale Aufteilung der Stromkosten 2018 und 2019

## 4.2 Entwicklung der Energieträger- und Wasserpreise

Die Preisentwicklung der fossilen Brennstoffe (Erdgas, Heizöl), Biomasse, Fernwärme sowie der durchschnittlichen Heizenergie, des Allgemeinstroms und des Heizstroms sowie des Wasserbezugs sind in diesem Abschnitt beschrieben und Veränderungen zum Vorjahr dargestellt.

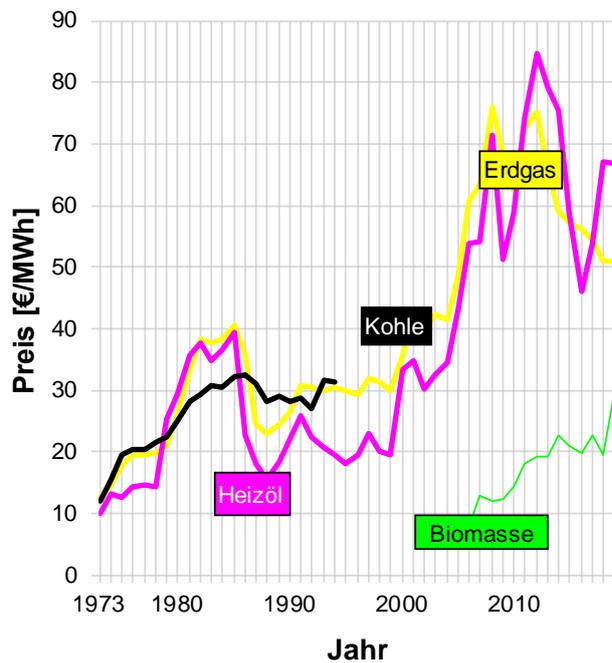
1

2

3

4

5

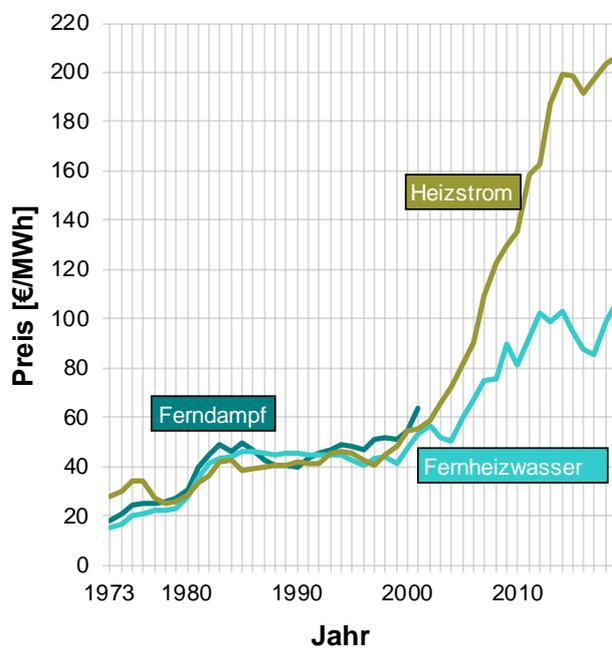


Spezifische Preise und deren Veränderungen zum Vorjahr:

Erdgas	50,97 Euro/MWh	0,1 %
Heizöl	66,91 Euro/MWh	-0,1 %
Biomasse	30,72 Euro/MWh	57,3 %

Heizöl war um 15,94 Euro/MWh (15,9 %) teurer als Erdgas.

Bild 72 Preisentwicklung fossiler Brennstoffe und der Biomasse



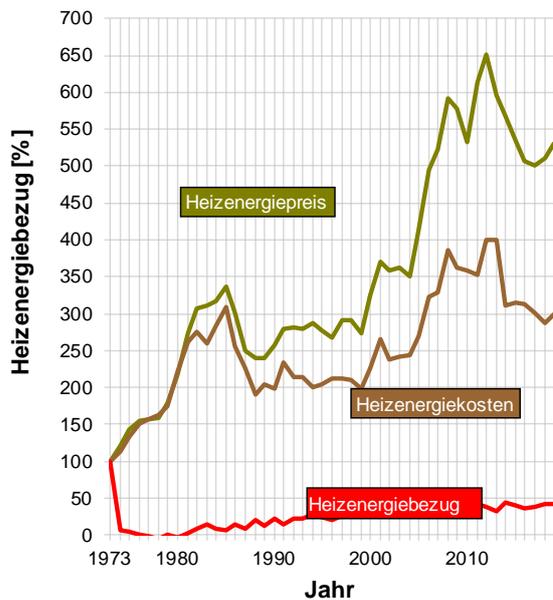
Spezifische Preise und deren Veränderungen zum Vorjahr:

Fernwärme	106,22 Euro/MWh	7,5 %
Heizstrom	206,07 Euro/MWh	1,2 %

Fernwärme war um 99,9 Euro/MWh (51,6 %) günstiger als Heizstrom und um 55,3 Euro/MWh (108,5 %) teurer als Erdgas.

Seit 2002 erfolgt die Fernwärmeversorgung nur noch mit Fernheizwasser; die Versorgung mit Ferndampf wurde im Jahr 2001 eingestellt.

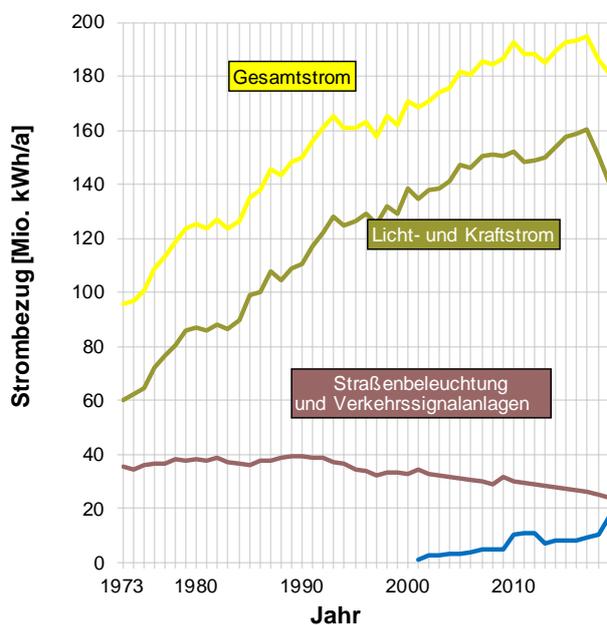
Bild 73 Preisentwicklung bei Fernwärme und Heizstrom



Veränderungen 2019:

Heizenergiepreis	4,0 %
Heizenergiekosten	4,7 %
Heizenergiebezug	0,6 %
Heizenergiepreis 1973-2019	+430,8 %
Heizenergiekosten 1973-2019	+99,9 %
Heizenergiebezug 1973-2019	-42,5 %
Jährliche Preissteigerung seit 1973	+3,7 %
Jährliche Preissteigerung seit 2001	+2,0 %

Bild 74 Prozentuale Veränderung beim Heizenergiebezug

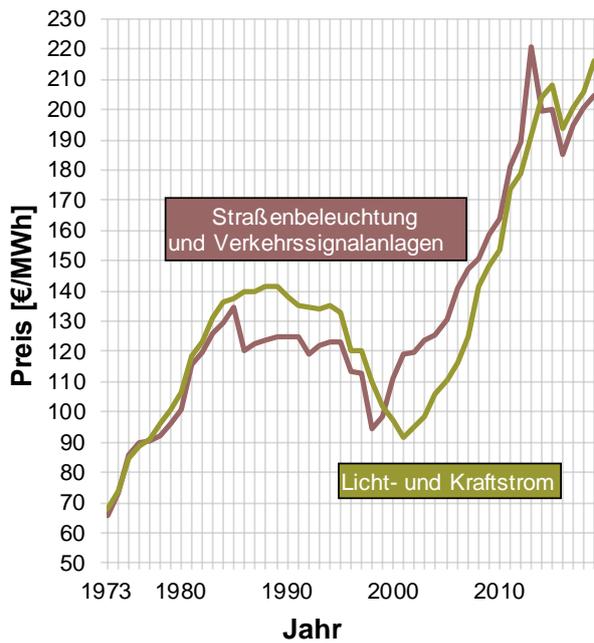


Strombezug und deren Veränderungen zum Vorjahr:

Licht- und Kraftstrom	140.548 MWh	-4,6 %
Straßenbeleuchtung und Verkehrssignalanlagen	23.846 MWh	-4,5 %
Eigenproduktion	16.763 MWh	+60,2 %
Gesamt	181.157 MWh	-2,7 %

Bild 75 Strombezugsentwicklung seit 1977 (ohne Heizstrom)



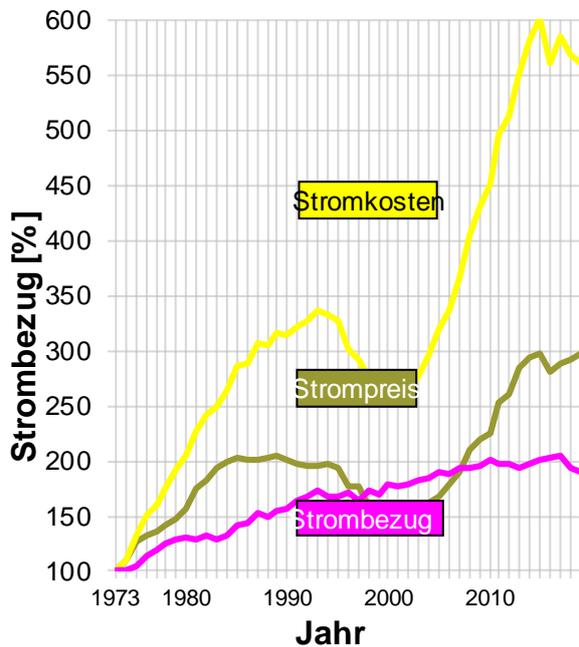


Spezifische Preise und deren Veränderungen zum Vorjahr:

Licht- und Kraftstrom 216,04 Euro/MWh 4,8 %

Straßenbeleuchtung und Verkehrssignalanlagen 204,71 Euro/MWh + 1,9 %

Bild 76 Preisentwicklung Strom



Veränderungen 2019:

Strompreis + 1,4 %

Stromkosten - 1,4 %

Strombezug - 2,7 %

Strompreis 1973 - 2019 +196,9 %

Stromkosten 1973 - 2019 +462,0 %

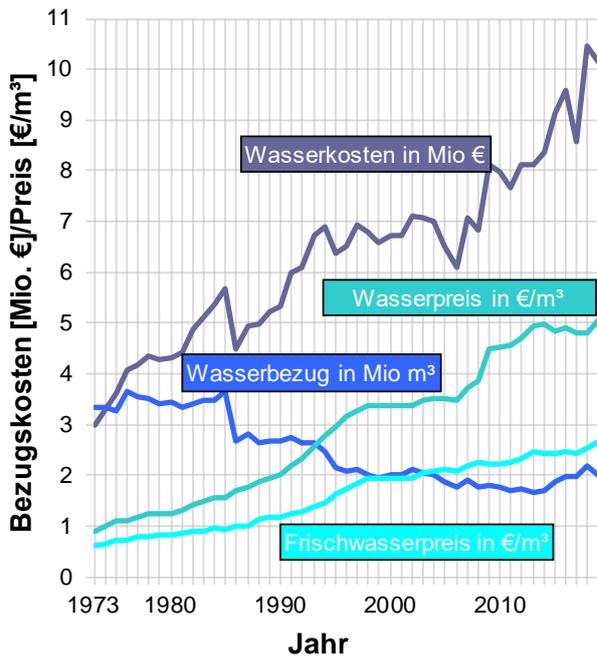
Strombezug 1973 - 2019 + 89,3,6 %

Jährliche Preissteigerung seit 1973 +2,4 %

Jährliche Preissteigerung seit 2001 +4,3 %

(2001 war der niedrigste Wert nach der Liberalisierung des Strommarkts)

Bild 77 Prozentuale Veränderung beim Strombezug

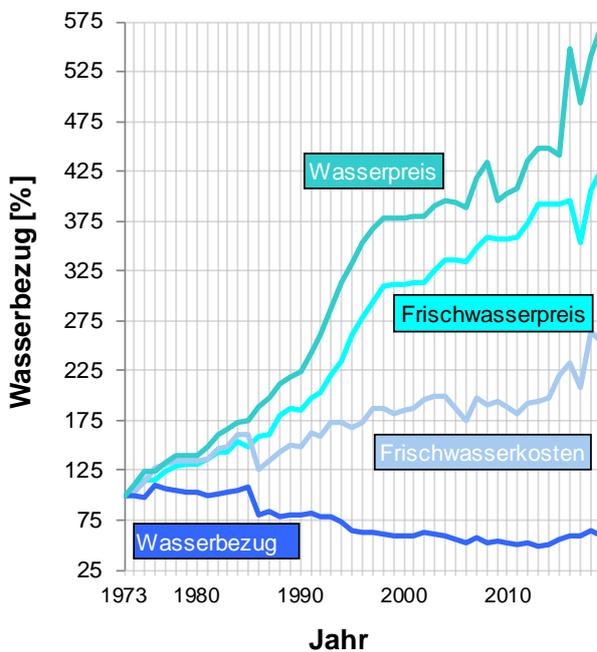


Spezifische Preise und deren Veränderungen zum Vorjahr:

Wasserpreis	5,09 Euro/m <sup>3</sup>	5,8 %
Wasserkosten	10.103.104 Euro	-3,3 %
Wasserverbrauch	1.984.848 m <sup>3</sup>	-8,6 %

Im Wasserpreis und in den Wasserkosten sind die Abwassergebühren sowie die Gebühren für das Niederschlagswasser enthalten.

Bild 78 Verbrauchs-, Kosten-, und Preisentwicklung bei Wasser



Gesamtbetrachtung Wasser

Wasserverbrauch 1973–2019	-40 %
Frischwasserpreis 1973–2019	+326 %
Frischwasserkosten 1973–2018	+154 %
Wasserpreis (einschließlich Abwasser und versiegelter Fläche)	+471 %
Jährliche Preissteigerung Frischwasser seit 1973	+3,2 %
Wasser gesamt (einschließlich Abwasser und versiegelter Fläche) seit 1973	+3,9 %

Der starke Rückgang des Wasserbezugs von 1985 auf 1986 ergab sich durch die Übergabe von Wohngebäuden an die Stuttgarter Wohnungs- und Städtebaugesellschaft (SWS) GmbH.

Bild 79 Prozentuale Veränderung beim Wasserbezug



### 4.3 Liegenschaften- und Bedarfsstellen

In Tabelle 31 ist die Anzahl der Liegenschaften und Bedarfsstellen und deren Bezugsflächen ausgewiesen. Die Bezugsfläche ist bei den Liegenschaften und Bedarfsstellen in der Regel die beheizte Nettogrundfläche. Die Ausnahme bilden die Bäder, bei denen die Bezugsfläche nicht die beheizte Nettogrundfläche, sondern die Beckenoberfläche ist. Durch Veränderungen im Bestand der Liegenschaften, z. B. durch Neubau, Abbruch, Verkauf, Anmietung oder Aufgabe eines Mietverhältnisses sank die Anzahl der Liegenschaften gegenüber 2018 um 36 auf 1.345 Liegenschaften und die Nettogrundfläche um 34.847 m<sup>2</sup> auf 2.358.540 m<sup>2</sup>. Die Wasserfläche blieb bei 18.306 m<sup>2</sup> konstant.

LIEGENSCHAFTSSTATISTIK 2019					
Gebäudeart	Anzahl	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Gebäudeart	Anzahl	Fläche [m <sup>2</sup> ]
Altenheim/Pflegeheim	11	77.378	Lagergebäude	13	28.201
Bürogeb./Beratungs-/Baubüro	25	25.528	Männer-/Frauenwohnheim	5	10.694
Begegnungsstätte	29	20.819	Mineralbad	3	3.770 <sup>(1)</sup>
Betriebsgebäude	46	17.834	Schulgebäude	79	308.434
Bibliotheksgebäude	13	35.060	Schulgebäude mit TH	92	583.401
Feuerwehrgebäude	28	25.850	Schulgebäude mit LSB	1	4.594
Freibad	5	10.419 <sup>(1)</sup>	Schulgebäude mit TH und LSB	8	59.674
Friedhofsgebäude	47	14.935	Schutzbunker	29	35.645
Garage	2	2.379	Sportgebäude	48	77.007
Geschäfts- u. Verw. gebäude	18	92.460	Toilettengebäude	72	1.667
Geschäftshaus	12	7.216	Veranstaltungsgebäude	31	116.117
Gewächshaus/Tierhaus	3	11.722	Verwaltungsgebäude	72	122.650
Hallenbad	10	4.117 <sup>(1)</sup>	Verw.- u. Betriebsgebäude	6	21.318
Heim	9	7.191	Wohncontainer	11	19.859
Kindergarten	80	25.533	Wohn- u. Betriebsgebäude	21	25.490
Kindertagheim	109	80.577	Wohn- u. Geschäftshaus	56	31.775
Kiosk	3	112	Wohn- u. Verwaltungsgebäude	24	30.989
Krankenhaus	5	313.467	Wohnhaus	319	122.964
Σ Gebäude =		1.345	Σ Nettogrundfläche =		2.358.540 m <sup>2</sup>
<sup>(1)</sup> Wasserfläche			Σ Wasserfläche =		18.306 m <sup>2</sup>

Tabelle 31 Liegenschaftsstatistik 2019 für Liegenschaften mit definierter Fläche

In Tabelle 32 ist die Anzahl der sonstigen Bedarfsstellen ohne definierter Fläche (z. B. Straßenbeleuchtung, Verkehrssignalanlagen) zusammengestellt. Gegenüber 2018 nahm die Anzahl der sonstigen Bedarfsstellen um 7 auf insgesamt 2.250 zu.

<b>LIEGENSCHAFTSSTATISTIK 2019</b>			
<b>Sonstige Bedarfsstellen</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Sonstige Bedarfsstellen</b>	<b>Anzahl</b>
Anstrahlung	9	Platz/Marktplatz/Betriebsgelände	50
Aussichtsturm	2	Regenrückhalte-/Regenüberlaufbecken	96
Brunnen	168	Rolltreppe	5
Friedhof	12	Sportfläche	4
Grünanlage	93	Standrohr	12
Kläranlagengebäude	4	Straße/Wegebeleuchtung/Signalanlage	3
Maschinen-/Pumpstation	50	Tunnel/Unterführung	42
Mess-/Radarstation	11	Straßenbeleuchtung	834
Parkhaus	9	Unterführungen (Beleuchtung)	54
Parkplatz/Parkscheinautomat/Schranke	16	Verkehrssignalanlage	776
$\Sigma$ Bedarfsstellen = 2.250			

**Tabelle 32** Abnahmestellenstatistik 2019 für Liegenschaftsarten mit nicht definierter Fläche

1

2

3

4

5



## 5 Glossar

Adaptionsbeleuchtung	Leuchten an Ein- und Ausfahrt von Tunnelbauwerken, die eine langsame Anpassung der Augen an die geänderten Lichtverhältnisse ermöglichen
Amortisationszeit	Wirtschaftlichkeitsberechnung; die Amortisationszeit ist die Zeit, in der das eingesetzte Kapital wieder erwirtschaftet wird. Die dynamische Amortisationszeit berücksichtigt auch Zins- und Preissteigerung
Außentemperaturbereinigung	Wird auch als Witterungsbereinigung bezeichnet und stellt ein Rechenverfahren dar, in dem mit Hilfe der Tagesmitteltemperatur der Energieverbrauch jedes Jahr auf ein Normjahr zurückgerechnet wird um den Einfluss der Witterung aus dem Verbrauch zu rechnen (siehe auch Gradtagszahl)
baulicher Wärmeschutz	Alle Maßnahmen an der Gebäudehülle zur Senkung der Transmissions- und Lüftungswärmeverluste
Bezugsfläche	Fläche, die für die Berechnung der Energiekennwerte zugrunde gelegt wird. In Stuttgart ist dies für alle Energiearten die beheizte Nettogrundfläche
Blockheizkraftwerk (BHKW)	Anlage, in der die bei der Stromerzeugung erzeugte Abwärme zur Deckung des Wärmebedarfs genutzt wird. Ein BHKW beinhaltet eine Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Durch die gleichzeitige Erzeugung und Nutzung von Strom und Wärme wird der zugeführte Brennstoff besonders effizient genutzt. Der Gesamtwirkungsgrad (Nutzen durch Aufwand) von BHKWs beträgt ca. 90 %
Contracting (extern)	Finanzierungsform, bei der Maßnahmen zur Energieeinsparung von einem Dritten (z. B. Firma) vorfinanziert und durch die eingesparten Energiekosten der Maßnahmen abbezahlt werden
Contracting (intern)	Stadtinternes Contracting „Stuttgarter Modell“. Die Vorfinanzierung der Maßnahme erfolgt stadintern über das Amt für Umweltschutz, Abteilung Energiewirtschaft in Abstimmung mit der Stadtkämmerei
Emission	An die Umwelt abgegebene Schadstoffe, Verunreinigungen, Geräusche, Wärme etc.
Emissionsfaktoren	Kennwerte, die den Schadstoffausstoß bezogen auf die eingesetzte Brennstoffmenge (in g/MWh) bewerten
Endenergie	Energie, die an der Schnittstelle zur Gebäudehülle an den Nutzer übergeben wird (Strom, Gas, Fernwärme)
Energiedienst	Teil des Energiemanagements, der den Energie- und Wasserverbrauch einer Liegenschaft überwacht und sich mit dem Hausmeister und/oder technischen Dienst über die Umsetzung von energieeinsparenden Maßnahmen abstimmt und teilweise umsetzt

1

2

3

4

5

Energiedienstleistung	Vom Verbraucher gewünschter Nutzen der Energieanwendung (z. B. warmer Raum, heller Raum)
Energieeinsparverordnung (EnEV)	Verordnung, die Grenzwerte zum Primärenergieverbrauch von Neubauten festlegt und Anforderungen an den Gebäudebestand stellt
Energiekennwert	Auf die Gebäudefläche bezogener, zeit- und witterungsbereinigter Energieverbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
Energiekosten	Energiepreis x Verbrauch
Energiepreis	Kosten, die für eine Einheit Energie in kWh zu bezahlen sind in Euro/kWh
Energiemanagement	Kontrolle und Steuerung des Energie- und Wasserverbrauchs sowie der damit verbundenen Kosten
Fernwärme	Heizenergie, die zentral in einem Kraftwerk erzeugt und in Form von heißem Wasser oder Dampf in Rohrleitungen an den Nutzer geliefert wird. Fernwärme wird häufig in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen, zu denen auch Blockheizkraftwerke zählen, zusammen mit Strom erzeugt
Frequenzumrichter	Elektronisches Gerät, das eine Drehzahlregelung von Dreh- und Wechselstrommotoren ermöglicht
Geothermie	Wird auch als Erdwärme bezeichnet und stellt die gespeicherte Wärme im zugänglichen Teil der Erdkruste dar. Sie zählt zu den regenerativen / erneuerbaren Energien
Gradtagszahl	Für alle Tage mit einer Tagesmitteltemperatur kleiner als 15 °C wird die Gradtagszahl berechnet. Dazu wird die jeweilige Tagesmitteltemperatur von der fiktiven Raumtemperatur von 20 °C abgezogen und über einen bestimmten Zeitraum (z. B. ein Jahr) aufsummiert
Heizkennwert	Auf die Gebäudefläche bezogener zeit- und witterungsbereinigter Heizenergieverbrauch in kWh/m <sup>2</sup> a
Immission	Einwirkung von Luftverschmutzung, Geräuschen, Strahlen etc. auf den Menschen. Messgröße ist z. B. die Konzentration eines Schadstoffs in der Luft
Kapitalrückflusszeit	Statische Wirtschaftlichkeitsberechnung; die Kapitalrückflusszeit ist der Quotient aus Investitionskosten und jährlicher Energiekosteneinsparung
Kapitalwert	Überschuss in Euro, den eine Investition im Laufe ihrer (rechnerischen) Lebensdauer erwirtschaftet
KfW-Effizienzhaus 40 (55)	Dieses Effizienzhaus benötigt höchstens 40 % (55 %) des Jahresprimärenergiebedarfs und dessen spezifischer Transmissionswärmeverlust liegt bei höchstens 55 % (70 %) des entsprechenden Referenzgebäudes nach EnEV. Der Begriff KfW-Effizienzhaus ist ein Qualitätszeichen, das die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) im Rahmen ihrer Förderprogramme als technischen Standard nutzt.

leitungsgebundene Energie	Energiearten, die durch ein Rohr oder Kabel transportiert werden (Strom, Erdgas, Fernwärme)
Leuchtstofflampe	Gasgefüllte, beschichtete Röhre, die durch eine Gasentladung zum Leuchten gebracht wird
Lüftungswärmeverluste	Wärmeverluste, verursacht durch Luftaustausch zwischen dem Gebäude und der Umgebung
MWh	Megawattstunde (1.000 kWh). Eine MWh Wärme entspricht dem Energieinhalt von ca. 100 l Heizöl; der Jahresstromverbrauch eines durchschnittlichen Vier-Personen-Haushalts beträgt 3.600 kWh oder 3,6 MWh
Photovoltaik	Direkte Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie mittels Solarzellen
Primärenergie	Energiemenge, die zusätzlich zur Endenergie auch die Energiemengen einbezieht, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb des Gebäudes bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Brennstoffe entstehen
Sankey-Diagramm	Graphische Darstellung von Mengenflüssen, die durch mengenproportional dicke Pfeile dargestellt werden. Sankey-Diagramme sind wichtige Hilfsmittel zur Visualisierung von Energie- und Materialflüssen sowie von Ineffizienzen und Einsparpotenzialen im Umgang mit Ressourcen
SEKS	Stuttgarter-Energie-Kontroll-System
Stromkennwert	Auf die Gebäudefläche bezogener, zeitbereinigter Stromverbrauch in kWh/m <sup>2</sup> a
Tagesmitteltemperatur	Vom Deutschen Wetterdienst ermittelte mittlere Temperatur des jeweiligen Tages
Transmissionsverluste	Wärmeverluste, verursacht durch Wärmeleitung durch die Hüllflächen des Gebäudes sowie Wärmestrahlung durch Fenster
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient. Sie gibt an, welche Wärmeleistung erforderlich ist, um eine Temperaturdifferenz von 1 Grad für 1 m <sup>2</sup> großes Bauteil aufrechtzuerhalten. Um z. B. bei 0 °C Außentemperatur eine Innentemperatur von 20 °C einzuhalten, sind bei einem Dach mit 1.000 m <sup>2</sup> und einem U-Wert von 0,2 W/m <sup>2</sup> K 4.000 W zum Heizen erforderlich
Wärmerückgewinnung	Anlage zur Nutzung von Wärme aus Abluft oder Abwasser um die Frischluft oder Frischwasser damit zu erwärmen
Wasserkennwert	Auf die Gebäudefläche bezogener, zeitbereinigter Wasserverbrauch in l/m <sup>2</sup> a
Witterungsbereinigung	Siehe Außentemperaturbereinigung



# Schriftenreihe

In der Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz sind bisher erschienen:

Jahresbericht 1992, Chemisches Institut	Heft 1/1993 - vergriffen -
Energiesparendes Bauen	Heft 2/1993
Stadtklimatologische Stadtrundfahrt in Stuttgart	Heft 3/1993
Luftschadstoffbelastung an ausgewählten Straßen in Stuttgart	Heft 4/1993
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 1992	Heft 5/1993 - vergriffen -
Jahresbericht 1993, Chemisches Institut	Heft 1/1994
Das Mineral- und Heilwasser von Stuttgart	Heft 2/1994
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 1993	Heft 3/1994
Unser Beitrag zur V. Internationalen Gartenbaustellung IGA '93 in Stuttgart	Heft 4/1994
Jahresbericht 1994, Chemisches Institut	Heft 1/1995
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 1994	Heft 2/1995
Die Böden Stuttgarts - Erläuterungen zur Bodenkarte	Heft 3/1995
Energiekonzept Viesenhäuser Hof	Heft 4/1995
Der Steinkrebs im Elsenbach	Heft 5/1995
Jahresbericht 1995, Chemisches Institut	Heft 1/1996
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 1995	Heft 2/1996
Altlastenverdachtsflächen in Stuttgart	Heft 3/1996 - vergriffen -
Altlastenverdachtsflächen in Stuttgart - Kurzfassung	Heft 3/1996 - vergriffen -
Stuttgarter Biotopatlas - Methodik, Beispiele und Anwendung	Heft 4/1996 - vergriffen -
Jahresbericht 1996, Chemisches Institut	Heft 1/1997
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 1996	Heft 2/1997
Klimaschutzkonzept Stuttgart (KLIKS)	Heft 3/1997 – vergriffen -
Das Stuttgarter Mineralwasser - Herkunft und Genese	Heft 1/1998 - vergriffen -
Jahresbericht 1997, Chemisches Institut	Heft 2/1998
Schallimmissionsplan Stuttgart - Vaihingen	Heft 3/1998
Stuttgarter Flusskrebse - Verbreitung, Gefährdung und Schutz	Heft 4/1998 - vergriffen -
Stuttgarter Flusskrebse - Verbreitung, Gefährdung und Schutz - vereinfachter Nachdruck -	Heft 4/1998

Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 1997	Heft 5/1998
Verkehrslärmkartierung Stuttgart 1998	Heft 6/1998
Sprengbomben und andere Kampfmittelaltlasten 1945 - 1998	Heft 7/1998
Pflege- und Entwicklungsplan Vördere	Heft 8/1998
Kalibrierung regionaler Grundwasserströmungsmodelle	Heft 1/1999
Jahresbericht 1998, Chemisches Institut	Heft 2/1999
Lärminderungsplan Stuttgart - Vaihingen, Runder Tisch	Heft 3/1999
Altlastenerkundung Neckartalaue, Abschlussbericht	Heft 4/1999
Die Wildbienen Stuttgarts - Verbreitung, Gefährdung und Schutz	Heft 5/1999
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 1998	Heft 6/1999 - vergriffen -
Pilotprojekt Lärminderungsplan Stuttgart - Vaihingen	Heft 1/2000 - vergriffen -
Stuttgarter Biotopatlas - Methodik, Beispiele und Anwendung - überarbeitete Neuauflage -	Heft 2/2000 - vergriffen -
Stuttgarter Biotopatlas - Methodik, Beispiele und Anwendung - 2. überarbeitete Neuauflage -	Heft 2/2000
Kombinierte Markierungsversuche im Mineralwasseraquifer Oberer Muschelkalk, Stadtgebiet Stuttgart	Heft 1/2001
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 1999/2000	Heft 2/2001
ISAS - Informationssystem Altlasten Stuttgart	Heft 3/2001
Die Amphibien und Reptilien in Stuttgart - Verbreitung, Gefährdung und Schutz	Heft 1/2002 - vergriffen -
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 2001	Heft 2/2002
Das Grundwasser in Stuttgart	Heft 1/2003 - vergriffen -
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 2002	Heft 2/2003
Lärminderungsplan Stuttgart – Zuffenhausen	Heft 1/2004
Gewässerbericht 2003	Heft 2/2004 – vergriffen -
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 2003	Heft 3/2004
Technischer Heilquellenschutz in Stuttgart	Heft 4/2004
Nutzung der Geothermie in Stuttgart	Heft 1/2005 – vergriffen -
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 2004	Heft 2/2005
Die Heuschrecken Stuttgarts - Verbreitung, Gefährdung und Schutz	Heft 3/2005 – vergriffen -
Biotopverbundplanung in Stuttgart - Ziele, Vorgehen und Umsetzung	Heft 1/2006
Energiebericht - Fortschreibung für das Jahr 2005	Heft 2/2006
Hydrogeologie des Stuttgarter Mineralwassersystems	Heft 3/2006
Bodenschutzkonzept Stuttgart (BOKS)	Heft 4/2006
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 2006	Heft 1/2007

Gaswerke in Stuttgart - Auswirkungen auf Boden und Grundwasser	Heft 2/2007
Umweltaspekte in der räumlichen Planung in Stuttgart	Heft 1/2008
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 2007	Heft 2/2008
Öffentlichkeitsbeteiligung für den Lärmaktionsplan Stuttgart	Heft 3/2008
Environmental aspects in spatial planning in Stuttgart	Heft 1/2009
Untersuchungen an der Alten Inselquelle	Heft 2/2009
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 2008	Heft 3/2009
Integrale Grundwasseruntersuchung in Stuttgart-Feuerbach	Heft 4/2009
Lärmaktionsplan der Landeshauptstadt Stuttgart 2009	Heft 1/2010
Energiebericht - Fortschreibung für das Jahr 2009	Heft 2/2010
Der Klimawandel - Herausforderung der Stadtklimatologie (mit englischer Übersetzung)	Heft 3/2010
Energiebericht - Fortschreibung für das Jahr 2010	Heft 1/2011
Energiebericht - Fortschreibung für das Jahr 2011	Heft 1/2012
Klimawandel - Anpassungskonzept Stuttgart KLIMAKS	Heft 1/2013
Energiebericht - Fortschreibung für das Jahr 2012	Heft 2/2013
25 Jahre Amt für Umweltschutz Landeshauptstadt Stuttgart	Heft 3/2013
Energiebericht – Fortschreibung für das Jahr 2013	Heft 1/2014
Energiebericht – Fortschreibung für das Jahr 2014	Heft 1/2015
Energiebericht – Fortschreibung für das Jahr 2015	Heft 1/2016
Lärmaktionsplan – Fortschreibung	(Heft 1/2017)
Tiefengrundwässer Albvorland	(Heft 1/2018)
Energiebericht – Fortschreibung für das Jahr 2016	(Heft 2/2018)
Energiebericht – Fortschreibung für das Jahr 2017	(Heft 1/2020)
Energiebericht – Fortschreibung für das Jahr 2018	(Heft 2/2020)
Technischer Heilquellenschutz in Stuttgart – Fortschreibung 2021	(Heft 1/2021)
Energie- und Klimaschutzbericht – Fortschreibung für das Jahr 2019	(Heft 2/2021)

Die Ausgaben der Schriftenreihe erscheinen in begrenzter Auflage. Sie sind gegen eine Schutzgebühr, zusätzlich 3,00 Euro für den Postversand erhältlich, bei: Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Gaisburgstraße 4, 70182 Stuttgart.

Stand: April 2021