

Energie- und Klimaschutzbericht 2020



Fortschreibung für das Jahr 2020
Schriftenreihe des Amts für
Umweltschutz – Heft 1/2022

ENERGIE- UND KLIMASCHUTZBERICHT

Fortschreibung
für das Jahr 2020

Impressum

Herausgeberin Landeshauptstadt Stuttgart
Amt für Umweltschutz, Energieabteilung in Verbindung
mit der Abteilung Kommunikation (Team Öffentlichkeit)

Foto Titelbild Foto links oben: Mineralbad Berg, Quelle: Stadtwerke Stuttgart,
Foto links unten: Beleuchtungsmasten auf der Königstraße,
Quelle: Stuttgart Netze, Foto rechts oben: Neckarpark, Quelle:
Landeshauptstadt Stuttgart, Foto rechts unten: Sporthalle Waldau,
Quelle: Landeshauptstadt Stuttgart

Schutzgebühr 10,00 Euro

Datum Stuttgart, Juni 2022

ISSN 1438-3918

CO₂-neutraler Druck auf 100 % Recyclingpapier



Vorwort



Peter Pätzold
Bürgermeister

Dr. Hans-Wolf Zirkwitz
Stadtdirektor

Die Veränderungen durch die Coronakrise wirken sich beim Energieverbrauch und beim Klimaschutz aus. Das veränderte Verbraucher- und Mobilitätsverhalten tragen dazu bei, dass der Endenergieverbrauch für Strom und Wärme signifikant sinken. Dies darf nicht nur auf die Coronakrise beschränkt bleiben, sondern muss zu einer generellen und langfristigen Veränderung führen. Jegliche Möglichkeit zur Einsparung von Energie und die Nutzung von erneuerbarer Energie muss ergriffen und schnell realisiert werden. Dies wird nicht nur unter Klimaschutzgründen, sondern auch aufgrund der hohen Importabhängigkeit im Energiebereich notwendig.

Die Stadt Stuttgart hat sich mit dem Beschluss des Gemeinderats im Dezember 2019 klar zu den Klimaschutzziele 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 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 CO₂-Preis. Seit 2020 setzen wir für alle städtischen Wirtschaftlichkeitsberechnungen 50 Euro pro Tonne CO₂ an, wobei der Betrag jährlich um 15 Euro erhöht wird. Aktuell liegt er bereits bei 80 Euro pro Tonne CO₂. Damit verkürzen sich die Amortisationszeiten und wir berücksichtigen die Wirkung unserer Entscheidungen auf das Klima stärker, als es der Bund macht. Auch sollen städtische Gebäude zukünftig nach Möglichkeit in Holzbauweise errichtet werden.

Weiter konnten wir durch unser Stuttgarter Klimaschutzprogramm „Weltklima in Not“ unser größtes Förderprogramm in Stuttgart, das Energiesparprogramm, stark ausbauen. Mit dem Programm fördern wir bereits seit 1998 energieeinsparende Maßnahmen in privaten Bestandsgebäuden. Das auf insgesamt 75 Millionen Euro aufgestockte Programm wurde 2020 überarbeitet, aktualisiert und für weitere Institutionen wie Wohnbauunternehmen geöffnet. Dabei wurden die Richtlinien 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. 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 2020 ist allerdings ein Blick zurück und fasst die Entwicklungen im Bereich Energieeinsparung und erneuerbare Energien im Jahr 2020 zusammen. Darüber hinaus belegt er, dass sich Stuttgart schon früh auf den Weg in Richtung Klimaschutz gemacht hat. 2020 wurde das Energie- und Klimaschutzkonzept der Landeshauptstadt Stuttgart weiter vorangetrieben. Alle für 2020 gesteckten gesamtstädtischen Ziele wurden erreicht! Der gesamte Primärenergiebedarf für Strom und Wärme sinkt 2020 um 37 % gegenüber 1990 (Zielvorgabe lag bei 20 %), der Anteil der erneuerbaren

Energien steigt auf 21,9 % (Zielvorgabe 20 %) und der CO₂-Ausstoß fällt um 48 % gegenüber 1990 (Zielvorgabe 40 %). Damit liegt Stuttgart auch im Jahr 2020 unterhalb der nach dem Entwicklungspfad für das 1,5 Gradziel zulässigen Werts 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 hat die Stadtverwaltung eine Vorbildfunktion. 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 die 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 der Stadtverwaltung um 51 %, seit Beginn des Energiemanagements im Jahr 1977. Dies entspricht dem jährlichen Heizenergiebedarf von 20.995 Vier-Personen-Haushalten. Gegenüber 1990 wurde 2020 über 31 % weniger Heizenergie verbraucht. Im gleichen Zeitraum stieg der Stromverbrauch jedoch um 6 %. Unter Berücksichtigung des 100 %-Ökostrombezugs der Stadtverwaltung reduzieren sich die CO₂-Emissionen um dennoch 70 %.

Seit Beginn des Energiemanagements 1977 wurde in den städtischen Liegenschaften die Energie- und Wassereinsparung in Summe auf über 771 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 Juli 2022

Peter Pätzold
Bürgermeister
Referat Städtebau, Wohnen und Umwelt

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

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	6
1 Energie- und Treibhausgasbilanz Gesamtstadt	8
1.1 Energie- und Treibhausgasbilanz	8
1.2 Erneuerbare Energien in Stuttgart	11
1.3 Treibhausgasemissionen in Stuttgart	13
2 Energie- und Wasserbilanz der städtischen Anlagen	16
2.1 Entwicklung des Energie- und Wasserverbrauchs	16
2.2 Entwicklung des Energie- und Wasserbezugs sowie deren Kosten	19
2.3 Verbrauchsentwicklung der städtischen Ämter und Eigenbetriebe	22
2.4 Kostenentwicklung der Ämter und Eigenbetriebe	24
2.5 Emissionen der städtischen Liegenschaften	25
2.6 Investitionen	27
2.7 Heizenergieeinsparung	28
2.8 Stromeinsparung	32
2.9 Wassereinsparung	35
2.10 Kosteneinsparung	37
3 Energie- und Klimaschutzkonzepte	41
3.1 Aktivitäten für die Gesamtstadt	41
3.2 Klimaneutralität der städtischen Liegenschaften	49
3.3 Energiedienst Heizung	55
3.4 Energiedienst Strom	66
3.5 Energiedienst Wasser	76
3.6 Tarifwesen und Energiebeschaffung	77
3.7 Energiepreisvergleiche	78
3.8 Straßenbeleuchtung	85
3.9 Lukratives Energiesparen in Stuttgarter Schulen (LESS)	86
3.10 Forschungsprojekte	89
3.11 Fördermittel	101
4 Statistik zu Verbrauch und Kosten städtischer Liegenschaften	104
4.1 Gesamtentwicklung	104
4.2 Entwicklung der Energieträger- und Wasserpreise	108
4.3 Liegenschaften- und Bedarfsstellen	113
5 Glossar	115
Schriftenreihe	118

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.

2020 wurde der Weg zu einer klimaneutralen Stadt im Rahmen des „Masterplans 100 % Klimaschutz“ weiter konkretisiert. Dazu wurde das entwickelte Energie- und Klimaschutzkonzept verfeinert und weiter umgesetzt. Im Rahmen der Beteiligung wurden die Akteure aus den relevanten Sektoren eingebunden. In mehreren Arbeitsgruppen wurden einzelne Maßnahmen diskutiert und reflektiert, sowie die Ansätze des Konzepts weiterentwickelt.

Die gesamtstädtische Energiebilanz weist für das Jahr 2020 einen witterungsbereinigten Primärenergieverbrauch von 14.094 Gigawattstunden (GWh/a) aus. Damit ist der Primärenergieverbrauch im Vergleich zum Jahr 2019 um 4 % gesunken. Gegenüber 1990 beträgt die Reduktion 37 %. Der witterungsbereinigte Endenergieverbrauch 2020 beträgt 11.994 GWh/a (16 % unter 1990) und reduzierte sich gegenüber dem Vorjahr um 6 %. Die Treibhausgasemissionen für die Gesamtstadt sind 2020 im Vergleich zum Vorjahr um 12 % gesunken. Gegenüber 1990 gibt es einen Rückgang beim CO₂-Ausstoß um 48 %. 2020 wurden 3.336.209 tCO₂/a emittiert.

Den städtischen Liegenschaften kommt eine wichtige Rolle zu, da die Stadt eine Vorbildfunktion innehat. Die langfristigen Einsparergebnisse 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. 2020 verringerte sich der Gesamtstrombezug um 9,3 %. Der absolute Heizenergiebezug verringerte sich gegenüber dem Vorjahr um 7,4 %. Witterungsbereinigt reduzierte sich der Verbrauch um 2,8 %. Die jährliche Energiekosteneinsparung der Heiz-, Strom- und Wasserkosten, zusätzlich der tariflichen Einsparungen und Vergütungen erhöhte sich gegenüber 2019 um 5,6 Mio. Euro/a. Über die vergangenen 44 Jahre lag das durchschnittliche Verhältnis der Energiekosteneinsparung zu den Kostenaufwendungen (Investitions-, Personal-, EDV-, Ingenieurkosten) bei 5,7. Dieses Ergebnis führt zu einer städtischen Nettoeinsparung von jährlich 47,4 Mio. Euro im Jahr 2020 gegenüber dem Basisjahr 1976.

Aufgrund der umgesetzten Maßnahmen zur CO₂-Einsparung wurden die CO₂-Emissionen 2020 um 70 % gegenüber dem Basisjahr 1990 reduziert. Dies entspricht seit Entwicklung des Energiemanagements im Jahr 1977 einer rechnerischen CO₂-Reduktion von 161.267 tCO₂. Der Stromanteil an der CO₂-Einsparung beträgt bezogen auf 1990 110.417 tCO₂ und der Wärmeanteil 39.451 tCO₂. Die Beschaffung und Versorgung mit 100 % Ökostrom hat hierbei einen wesentlichen Anteil. Gegenüber 2019 reduzierten sich die gesamten CO₂-Emissionen 2020 um 8 %.

In 2020 wurden weitere Anlagen auf Basis von erneuerbaren Energien errichtet. Deren Anteil im Wärmebereich beträgt 11,9 %. Die erneuerbaren Energien im Strombereich erhöhten sich gegenüber dem Vorjahr auf 9,7 %. Insgesamt wurden 2020 innerhalb der Stadtverwaltung 165 Anlagen betrieben, die eine thermische Energie von 31.579 MWh/a und eine elektrische Energie von 17.590 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 2020 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 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 Energie- und Treibhausgasbilanz Gesamtstadt

Die „Urbanisierung der Energiewende in Stuttgart“ (GRDRs 1056/2015) wurde am 28. Januar 2016 vom Gemeinderat beschlossen. Mit der Verabschiedung des Energie- und Klimaschutzkonzepts und der damit einhergehenden Bereitstellung von Haushalts- und Personalmitteln wurde mit der Umsetzung der Maßnahmen begonnen.

Ziel des Energie- und Klimaschutzkonzepts ist die Umsetzung der Energiewende in Stuttgart. Es wurde ein Maßnahmenkatalog erarbeitet, der u. a. im Rahmen des Masterplans 100 % Klimaschutz fortgeschrieben wurde, um die anvisierten Ziele der Stadt zu erreichen. Die im Energie- und Klimaschutzkonzept festgelegten Ziele bis zum Jahr 2020 – die Senkung des Primärenergieverbrauchs um 20 % gegenüber 1990 und die Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien auf 20 % – wurden bereits erreicht. Die Umsetzung des Energie- und Klimaschutzkonzepts soll gemeinsam mit allen Einwohnerinnen und Einwohnern sowie allen relevanten Akteuren aus Industrie, Handwerk, Wohnungsbau und Forschung erfolgen. Die Federführung für das Energie- und Klimaschutzkonzept hat die Energieabteilung im Amt für Umweltschutz.

Mit dem Aktionsprogramm Klimaschutz „Weltklima in Not“ wurden am 20. Dezember 2019 die Zwischenziele für die Treibhausgasemissionen für 2030 (-65 % gegenüber 1990) und 2040 (-80 % gegenüber 1990) zum Erreichen der Klimaneutralität der Landeshauptstadt spätestens im Jahr 2050 beschlossen. Die im Rahmen des Programms zur Verfügung stehenden 200 Millionen Euro sollen in den Jahren 2020 bis 2023 eine schnellere Umsetzung der Energiewende bewirken.

1.1 Energie- und Treibhausgasbilanz

Die gesamtstädtische Energie- und CO₂-Bilanz wurde bis 2012 im Zwei-Jahres-Rhythmus erstellt und wird zur detaillierteren Analyse seit 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.

Im Folgenden werden die Ergebnisse des Bilanzjahres 2020 vorgestellt. Aufgrund der weltweiten Corona-Pandemie kam es auch in Stuttgart zeitweise zu erheblichen Einschränkungen und Schließungen von Einrichtungen. Daraus folgten ein Rückgang des Energieverbrauchs sowie Verschiebungen zwischen den Sektoren.

Energieverbräuche in Stuttgart

Für das Jahr 2020 ergibt sich ein witterungsbereinigter Primärenergieeinsatz im Stadtgebiet von 14.094 GWh/a. Gegenüber 1990 wurden 2020 in Stuttgart 8.339 GWh/a weniger Primärenergie verbraucht (witterungsbereinigt). Dies entspricht einer Reduktion um 37 % (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) deutlich übertroffen.

Die größten Einsparungen gegenüber 2019 wurden im Sektor Industrie mit 17,1 % und im Verkehr mit 13,3 % erreicht. Bei den städtischen Liegenschaften wurde der Verbrauch um 5,8 % und im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen um 5,4 % reduziert. Dagegen stieg der Primärenergieverbrauch in den Haushalten um 1,5 %.

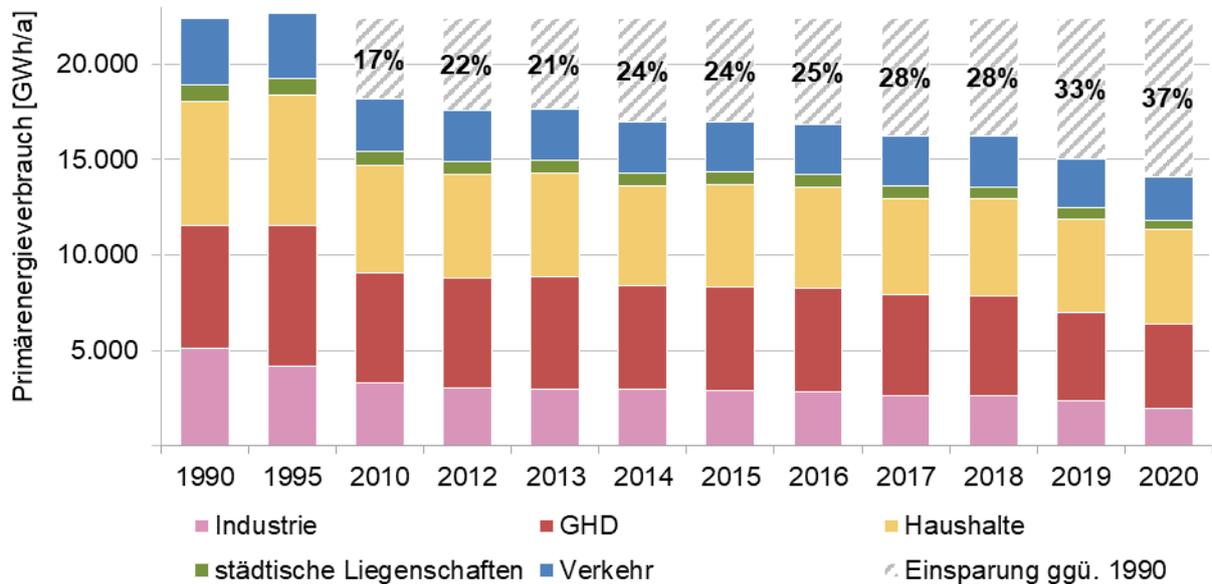


Bild 1 Entwicklung des witterungsbereinigten Primärenergieverbrauchs in Stuttgart bis 2020

Nach einem Rückgang um 5 % von 2018 auf 2019 sank der Primärenergiebedarf von 2019 auf 2020 erneut um 4 % gegenüber 1990. Die Ursache hierfür ist neben pandemiebedingten Verbrauchsrückgängen in 2020 vor allem die deutliche Verbesserung des Primärenergiefaktors des Bundesstrommix durch die hohen Anteile erneuerbaren Stroms in beiden Jahren.

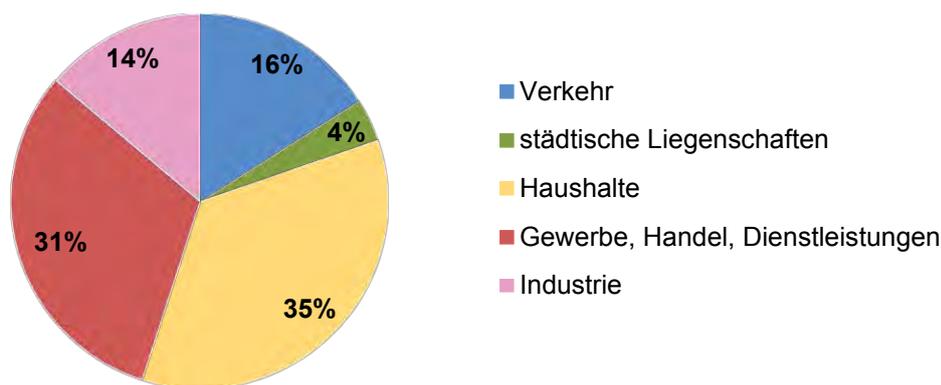


Bild 2 Primärenergieverbrauch 2020 nach Handlungsfeldern

Der Anteil des 2020 durch die Sektoren Industrie und GHD verbrauchten Energie hat sich von rund 50 % in den Vorjahren auf 45 % reduziert. Der Anteil der Stuttgarter Haushalte ist auf 35 % leicht gestiegen. Auf die städtischen Liegenschaften entfällt ein Anteil von 4 % am Gesamtenergieverbrauch im Stadtgebiet (Bild 2).

Der Endenergieverbrauch war in den vorangegangenen Jahren nur leicht gesunken. 2020 konnte jedoch gegenüber 1990 eine deutliche Reduktion von 16 % ermittelt werden. Bild 3 zeigt den witterungsbereinigten Endenergieverbrauch mit den Einsparungen gegenüber 1990. Im Vergleich zum Vorjahr 2019 wurden 832 GWh weniger verbraucht, vor allem durch den Rückgang in den Sektoren Industrie (15 %), im Verkehr (14 %) und GHD (10 %). Dagegen wurden in den Haushalten ca. 4 % mehr Energie verbraucht. Ursache hierfür sind die zeitweise harten Maßnahmen während der Corona-Pandemie, die zu einer Zunahme von Heimarbeit führten und die Menschen zum zuhause bleiben aufriefen sowie die Einschränkungen bei der produzierenden Industrie.

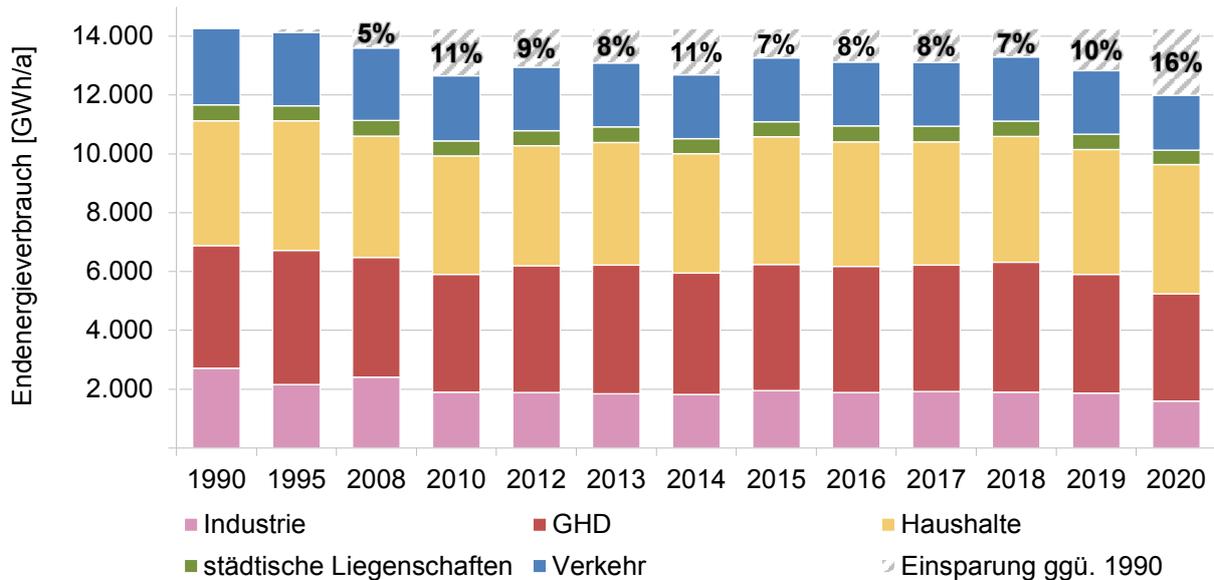


Bild 3 Endenergieverbrauch in Stuttgart 2020, witterungsbereinigt

Durch die umfassende Energiebilanzierung für Stuttgart ist es möglich, alle Energieflüsse innerhalb der Stadt darzustellen. Bild 4 zeigt in Form eines Sankey-Diagramms für die Energiebilanz von 2020 die Herkunft der Primärenergieträger, die Umwandlungsprozesse innerhalb der Stadtgrenzen sowie die Nutzung der Endenergie in den jeweiligen Verbrauchssektoren.

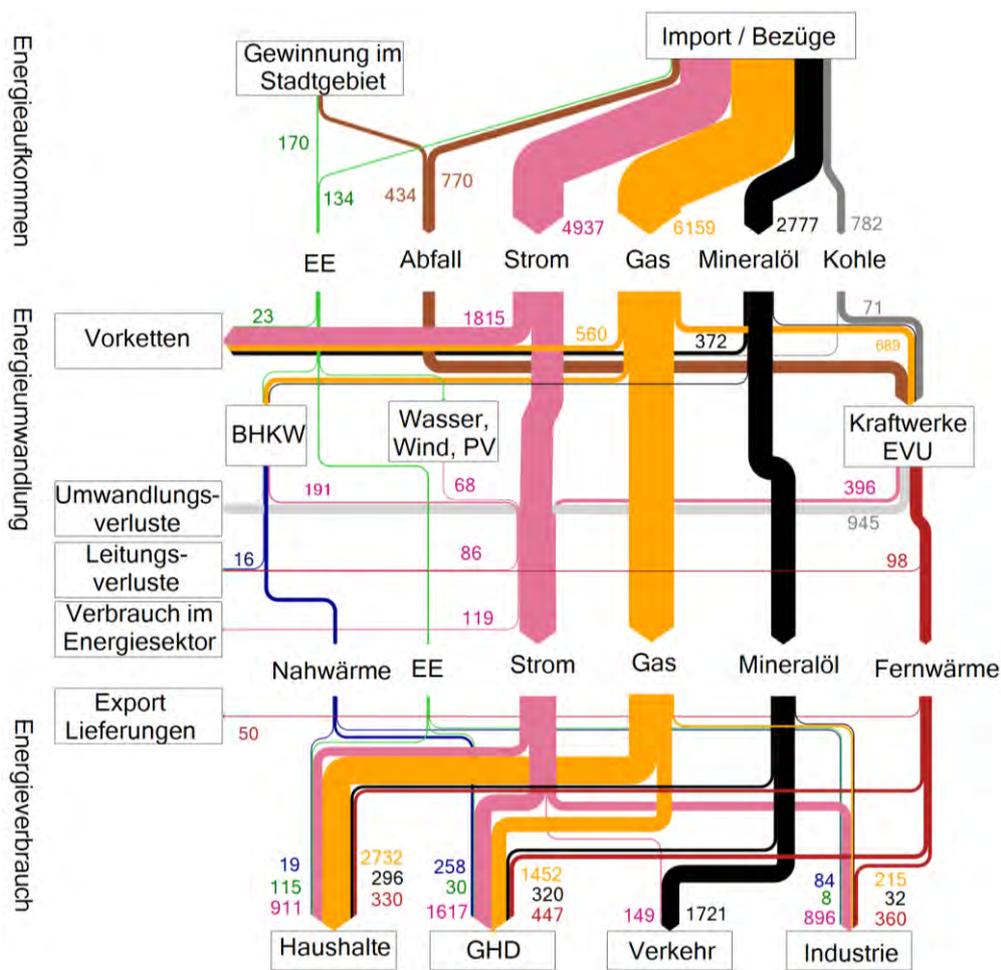


Bild 4 Energieflussdiagramm (witterungsbereinigt) der Energiebilanz Stuttgart für 2020

1.2 Erneuerbare Energien in Stuttgart

Der Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch betrug 2020 in Stuttgart 21,9 % und setzt sich anteilig aus den folgenden Bereichen zusammen:

- Wärmeerzeugung innerhalb der Gemarkung Stuttgarts (6 %)
- Anteil erneuerbarer Energien an der Fernwärmeerzeugung (7 %)
- Ökostrombezug von städtischen Liegenschaften (8 %)
- Ökostrombezug anderer öffentlicher Einrichtungen sowie Vertrieb der Stadtwerke (12 %)
- Stromerzeugung in Stuttgart und Beteiligung der Stadt über die Stadtwerke an regenerativen Erzeugungskapazitäten außerhalb der Gemarkung Stuttgarts (10 %)
- Anteil erneuerbarer Energien am sonstigen Strombezug auf Basis des Strommix Deutschlands (52 %) (zur Vermeidung von Doppelzählung werden der oben genannte Ökostrombezug und die Erzeugung hier herausgerechnet)
- Anteil erneuerbarer Energien an den Kraftstoffen (5 %)

Auf der Gemarkung Stuttgart wurden 2020 rund 228 GWh/a Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien erzeugt. Dies entspricht 2 % des Gesamtenergieverbrauchs. Davon entfallen 86 GWh/a auf die regenerative

Stromerzeugung aus Wasserkraftwerken, Photovoltaikanlagen, Klärgas-/Biogas-Blockheizkraftwerken und Windkraft. Die restlichen 143 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 5 dargestellt.

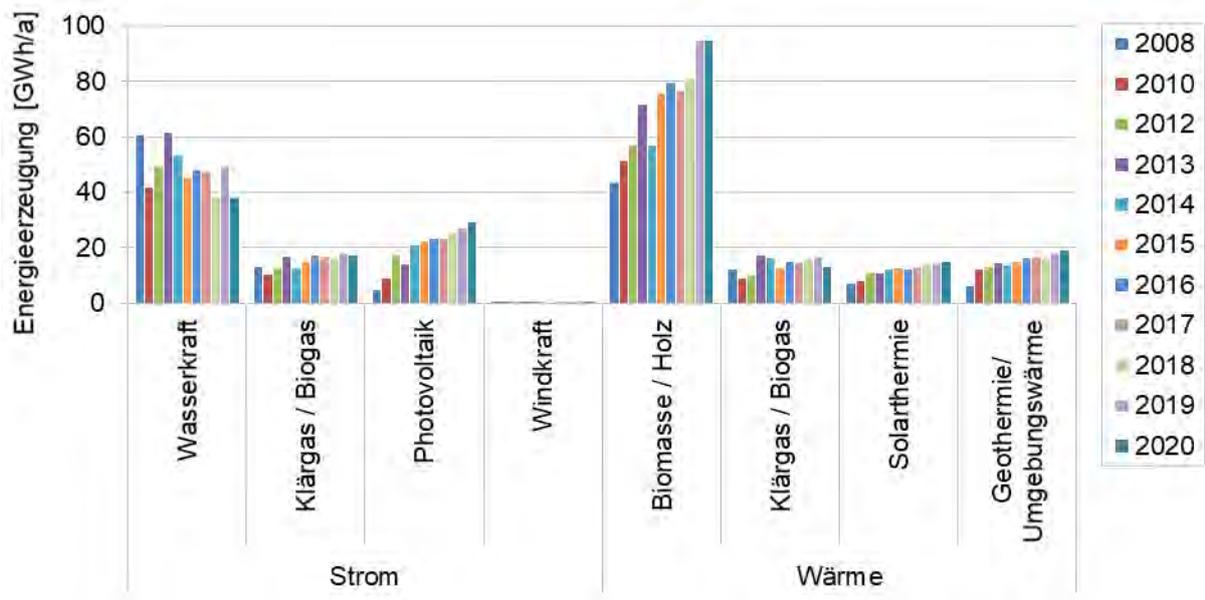


Bild 5 Entwicklung der in Stuttgart erzeugten erneuerbaren Energien bis 2020

Im Strombereich produzierten 2020 die Wasserkraftanlagen knapp 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 10 % abgenommen. Bei den Wasserkraftanlagen schwankt der jährliche Ertrag je nach Abflussmenge und Revisionen der Anlagen.

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 18,0 %. Dieser resultiert vor allem aus dem biogenen Anteil des im Kraftwerk Münster verbrannten Restmülls. Bei einem Fernwärmeverbrauch von 1.010 GWh/a entspricht dies einer regenerativen Energiemenge von 182 GWh/a im Jahr 2020.

Innerhalb der Stadtverwaltung wurde die Zahl der Anlagen mit erneuerbaren Energien im Bilanzjahr 2020 auf 171 erhöht (vgl. Kapitel 2.1). 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 2020 produzierten die sechs Windparks in Alpirsbach, Bad Hersfeld, Everswinkel, Dinkelsbühl, Lieskau und Schwanfeld insgesamt 157 GWh/a regenerativen Strom, der in die Bilanzierung der erneuerbaren Energien einfließt.

183 GWh/a erneuerbare Energie resultieren aus dem vollständigen Ökostrombezug der städtischen Liegenschaften. In Summe werden weitere 290 GWh/a Ökostrom von anderen öffentlichen Einrichtungen ver-

braucht 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 1.273 GWh/a (dies entspricht 11,3 % des gesamten Endenergieverbrauchs und 52 % der erneuerbaren Energien in Stuttgart).

Durch den regenerativen Anteil in den Kraftstoffen von 7,5 % werden im Bereich Verkehr in Stuttgart weitere 129 GWh/a erneuerbare Energien genutzt.

Insgesamt betrug die im Jahr 2020 genutzte Energiemenge aus erneuerbaren Energien in Stuttgart 2.449 GWh/a und damit 62 GWh weniger als im Vorjahr. Der Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch erhöhte sich aufgrund des geringeren Endenergieverbrauchs dennoch gegenüber dem Vorjahr um 1,3 Prozentpunkte auf 21,9 % (Bild 6).

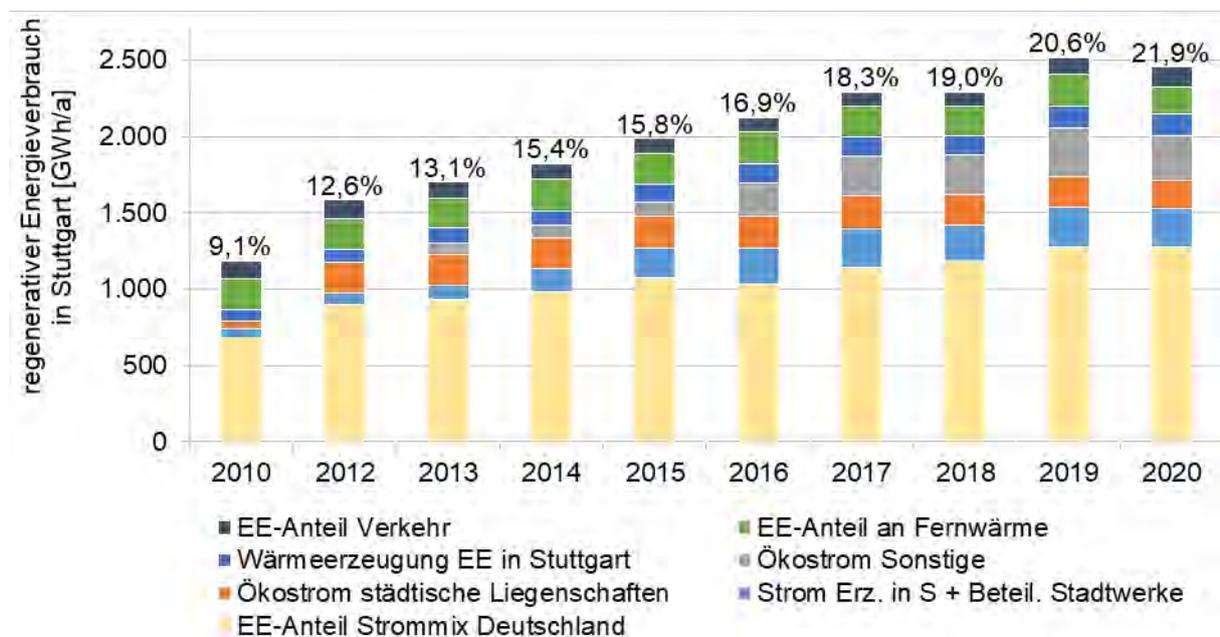


Bild 6 Regenerativer Endenergieverbrauch und der Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch

1.3 Treibhausgasemissionen in Stuttgart

Aus der Endenergiebilanz wird für Stuttgart eine Klimabilanz ermittelt. Mittels Treibhausgasfaktoren werden die durch den Energieverbrauch entstehenden Emissionen in CO₂-Äquivalenten berechnet. Zur besseren Lesbarkeit wird nachfolgend verkürzt CO₂ geschrieben, obwohl CO₂-Äquivalente gemeint sind. Die Zunahme der Nutzung erneuerbarer Energien sowie die Reduktion der Primärenergie führen 2020 zu einer Abnahme der Treibhausgasemissionen um 12 % gegenüber 2019 (ohne Witterungsreinigung). Im Jahr 2020 lagen die Emissionen ca. 48 % niedriger als im Bezugsjahr 1990 (Bild 7).

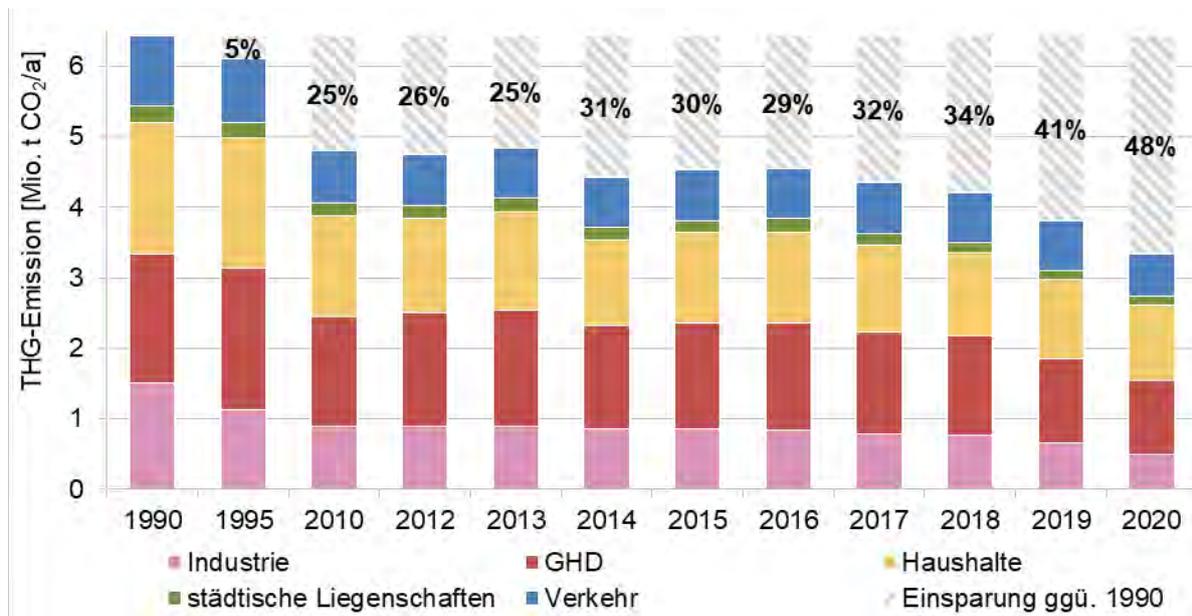


Bild 7 Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Stuttgart bis 2020, nicht witterungsbereinigt

Der starke Rückgang gegenüber 2019 ist zum einen auf die pandemiebedingte Reduktion des Endenergieverbrauchs und zum anderen auf den sehr hohen Anteil erneuerbar erzeugten Stroms im Bundesstrommix 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. Die Emissionen konnten hier 2020 weiter reduziert werden.

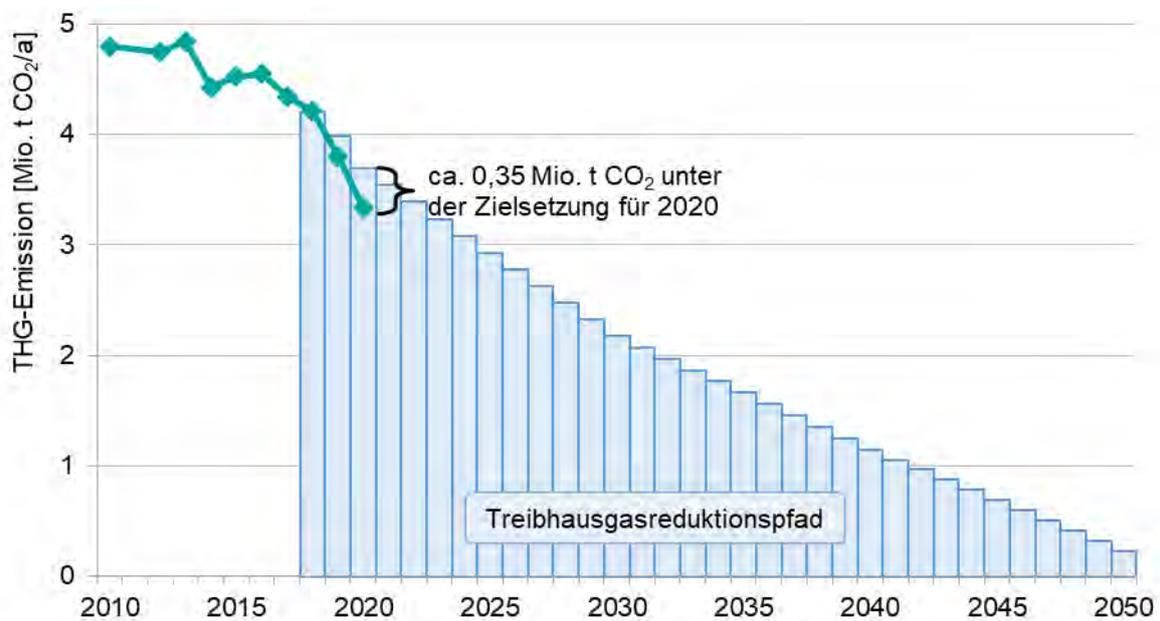


Bild 8 Treibhausgasreduktionspfad und die Treibhausgasemissionen bis 2020, nicht witterungsbereinigt

Stuttgart möchte spätestens 2050 klimaneutral sein. Um die Ziele von Paris einzuhalten, wurde unter Berücksichtigung der Bevölkerung und struktureller Rahmenbedingungen für Stuttgart ein ab 2018 einzuhaltender Reduktionspfad 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 8 dargestellt. Das Diagramm zeigt außerdem die Treibhausgasemissionen der vergangenen Jahre. Nach der Unterschreitung in 2019 um ca. 170.000 tCO₂ konnte die Zielsetzung für 2020 sogar um rund 350.000 tCO₂ unterschritten werden.

1

2

3

4

5

2 Energie- und Wasserbilanz der städtischen Anlagen

Dieses Kapitel beschreibt die Energie- und Wasserbilanz der städtischen Liegenschaften und deren Entwicklung bis 2020.

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. 2020 reduzierte sich der Heizenergieverbrauch gegenüber dem Vorjahr um 8,4 %, der Stromverbrauch reduzierte sich um 8,5 % und der Wasserbezug reduzierte sich um 15,2 %. 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 28) dargestellt.

Energie- und Wasserverbrauch	2020	Veränderung zum Vorjahr
Strombezug	148.821 MWh/a	-9,5 %
Strom Eigenproduktion (Klärgas und Klärschlamm)	16.899 MWh/a	-2,4 %
Strom Eigenproduktion (Erdgas-BHKW Eigenverbrauch)	15.847 MWh/a	-5,5 %
Strom Eigenproduktion (Photovoltaik Eigenverbrauch)	691 MWh/a	5,4 %
Strom Netzeinspeisung (Photovoltaik und BHKW)	653 MWh/a	-42,5 %
Strom gesamt	182.259 MWh/a	-8,5 %
Heizenergiebezug	243.904 MWh/a	-7,4 %
Wärme aus Klärgas	12.618 MWh/a	-21,5 %
Wärme aus Holzhackschnitzelanlagen	2.397 MWh/a	19,3 %
Wärme aus Pelletanlagen	2.528 MWh/a	-9,5 %
Umweltwärme aus Wärmepumpen	1.498 MWh/a	-47,3 %
Thermische Solarenergie	1.391 MWh/a	-9,8 %
Heizenergie gesamt	264.337 MWh/a	-8,4 %
Wasserbezug	1.683.507 m³/a	-15,2 %

Tabelle 1 Energie- und Wasserverbrauch 2020

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 2020 bei der Heizenergie bezogen auf das Jahr 1977 314.330 MWh, bei Strom bezogen auf das Jahr 1982 92.637 MWh und bei Wasser bezogen auf das Jahr 1991 1.462.981 m³ Wasser eingespart (Tabelle 2). Die Heizenergieeinsparung entspricht einem Heizöläquivalent von 31,4 Mio. Liter mit einem Heizenergieverbrauch von 20.955 Vier-Personen-Haushalten. Die Stromeinsparung entspricht dem Jahresstromverbrauch von 26.468 Vier-Personen-Haushalten und die Wassereinsparung dem Jahreswasserverbrauch von 7.882 Vier-Personen-Haushalten. Die Einsparergebnisse sind auf Betriebsoptimierungen, Sanierungen und Umrüstung auf energieeffiziente Anlagen zurückzuführen.

Energie- und Wasserkosteneinsparung	2020	1977 - 2020
Heizenergieeinsparung (entspricht I Heizöl)	314.330 MWh/a 31.432.971 l/a	9.669.704 MWh 966.970.387 l
Stromeinsparungen	92.637 MWh/a	1.266.435 MWh (seit 1982)
Anzahl von 4-Personenhaushalten, die damit versorgt werden könnten	6.176	84.429
Wassereinsparung	1.462.981 m ³ /a	27.439.215 m ³ (seit 1991)
Ausgaben für Personal-, Datenver- arbeitungs- und Ingenieurkosten	1.418 T€/a	29.153 T€
Abschreibung und Verzinsung von Investitionen	4.800 T€/a	79.771 T€ (der letzten 20 Jahre)
Gesamtausgaben	6.218 T€/a	108.925 T€
Bruttokosteneinsparungen	53.641 T€/a	902.990 T€
Nettoeinsparungen	47.423 T€/a	770.873 T€

Tabelle 2 Energie- und Wassereinsparung 2020 seit Einführung des Energiemanagements

Die Zahl der Anlagen mit erneuerbaren Energien hat sich von 2019 auf 2020 innerhalb der Stadtverwaltung von 140 Anlagen auf 171 erhöht. 2020 hat die Stadt 116 Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen), 21 Anlagen für Solarthermie, 20 Anlagen für holzartige Brennstoffe, 5 Biogasanlagen und 9 Anlagen mit Umweltwärme betrieben. Der Deckungsanteil der regenerativen Energien beim Heizenergieverbrauch liegt bei 11,9 % und beim Stromverbrauch 9,7 % (Tabelle 3). Der regenerative Anteil der Fernwärme für die städtischen Anlagen beträgt 11.146 MWh/a.

Zusätzlich zu den von der Stadt betriebenen 116 PV-Anlagen sind im Jahr 2020 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 m² und deren rechnerisch ermittelter jährlicher Ertrag liegt 2020 bei ca. 3.336 MWh/a.

Regenerative Energien	2020	Veränderung zum Vorjahr
Wärme aus Holzhackschnitzelanlagen	2.397 MWh/a	19,3 %
Wärme aus Pelletanlagen	2.528 MWh/a	-9,5 %
Summe Holz	4.925 MWh/a	2,6 %
Wärme aus Klärgas	12.618 MWh/a	-21,5 %
Umweltwärme aus Wärmepumpen	1.498 MWh/a	-47,3 %
Thermische Solarenergie	1.391 MWh/a	-9,8 %
Anteil reg. Energien aus der Fernwärme	11.146 MWh/a	-8,5 %
Summe thermisch regenerativ erzeugt	31.579 MWh/a	-15,7 %
Heizenergieanteil reg. Energien	11,9%	-1,0 % Punkte
Strom Eigenproduktion (aus Klärgas und Klärschlamm)	16.899 MWh/a	-2,4 %
Strom Eigenproduktion (Photovoltaik Eigenverbrauch)	691 MWh/a	5,4 %
Photovoltaik (eingespeist ins öffentliche Netz)	649 MWh/a	-0,9 %
Summe Strom regenerativ erzeugt (Eigenverbrauch)	17.590 MWh/a	-2,1 %
Stromanteil regenerative Energien (Eigenverbrauch)	9,7%	0,6 % Punkte

Tabelle 3 Regenerative Energien 2020

Um den Anteil der regenerativen Energien auf 100 % zu erhöhen, ist ein verstärkter Ausbau erforderlich. Im Wärmebereich zählt dazu z. B. der Bau weiterer Holzhackschnitzel- und Pelletanlagen, auch bei Gas sollte der regenerative Anteil dringend erhöht werden. Auch der regenerative Anteil bei der Fernwärme sollte gesteigert 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 9 dargestellt. Als Vergleichsmaßstab für die städtische Entwicklung des Primärenergiebezugs wurde in Anlehnung an die Entwicklung der Emissionen das gleiche Referenzjahr 1973 gewählt. 2020 hat sich der witterungsbereinigte Primärenergieverbrauch gegenüber 1973 um 59,2 % und gegenüber 1990 - dem international vereinbarten Jahr zur Darstellung der Klimaschutzziele - um 63,5 % reduziert. Der witterungsbereinigte Heizprimärenergiebezug ging gegenüber 1973 um 34,1 % und gegenüber 1990 um 21,5 % zurück. Der Stromprimärenergiebezug reduzierte sich gegenüber 1973 um 99,2 % und gegenüber 1990 um 99,5 %. Der starke Rückgang beim Stromprimärenergiebezug ist auf den Bezug der städtischen Liegenschaften mit Ökostrom zurückzuführen. Gleichzeitig erhöhte sich der Strombezug seit 1990 um 10 %. Dieser Anstieg ist durch eine generell höhere technische Ausstattung an elektrischen Geräten, das erweiterte Nutzungsangebot (EDV, Mensen, Betreuungsangebote, Abendschulen, usw.), sowie einen Flächenzuwachs von 15,6 % seit 1990 begründet.

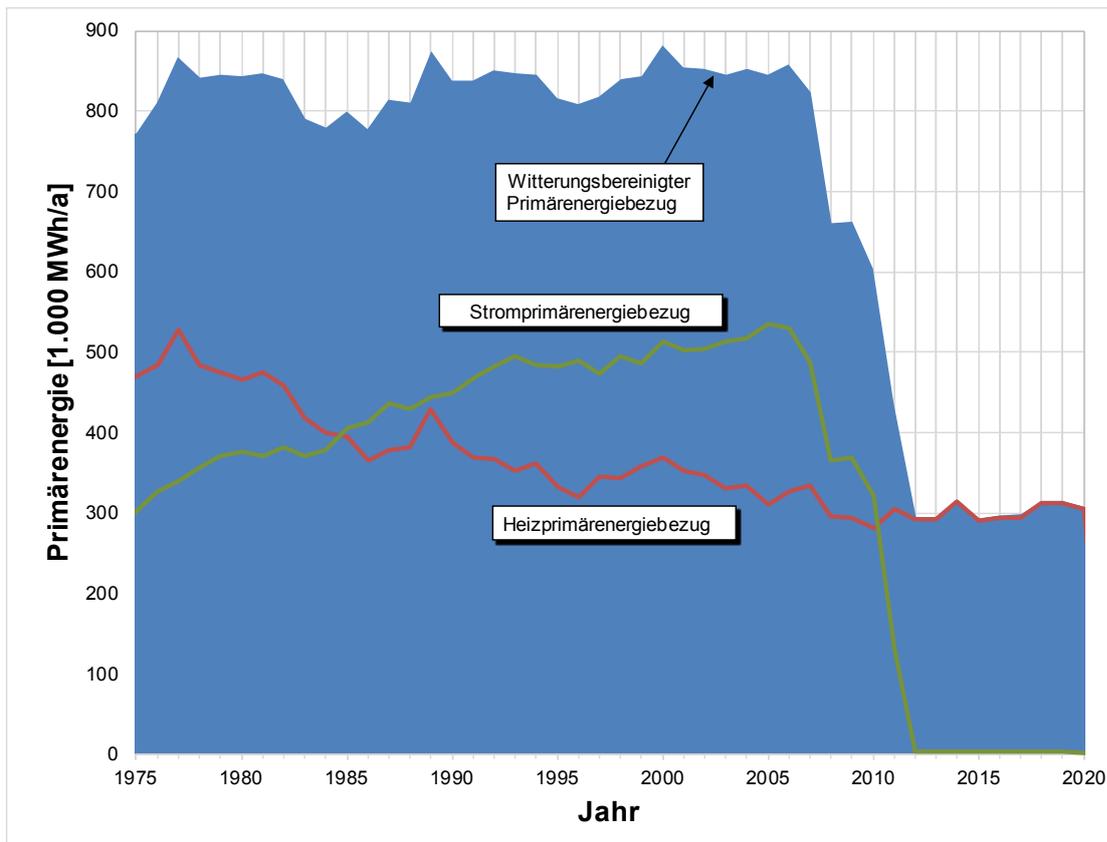


Bild 9 Entwicklung des Primärenergiebezugs von 1973 bis 2020

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 2020 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. 2020 reduzierte sich der Strom- und Heizenergiebezug durch coronabedingte Einschränkungen.

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 2020 blieben die Preise für den Bezug von Erdgas nahezu konstant der Preis für Heizöl verringerte sich um 29%. Der Fernwärmepreis stieg um 4,5 %. Der durchschnittliche Preis des Heizenergiebezuges blieb gegenüber dem Vorjahr nahezu konstant und stieg um 0,7 %. Aufgrund des erhöhten spezifischen Strompreises (+2,1 %) und des geringeren Bezugs (u.a. bedingt durch die Coronakrise) von 9,1 % reduzierten sich die

Stromkosten um 7,2 %. Insgesamt lagen die Gesamtenergie- und Wasserkosten der Ämter und Eigenbetriebe mit 58,7 Mio. Euro um 7,3 % unter den Kosten des Vorjahrs. In Bild 10 ist die Entwicklung der Energie- und Wasserkosten seit 1973 dargestellt.

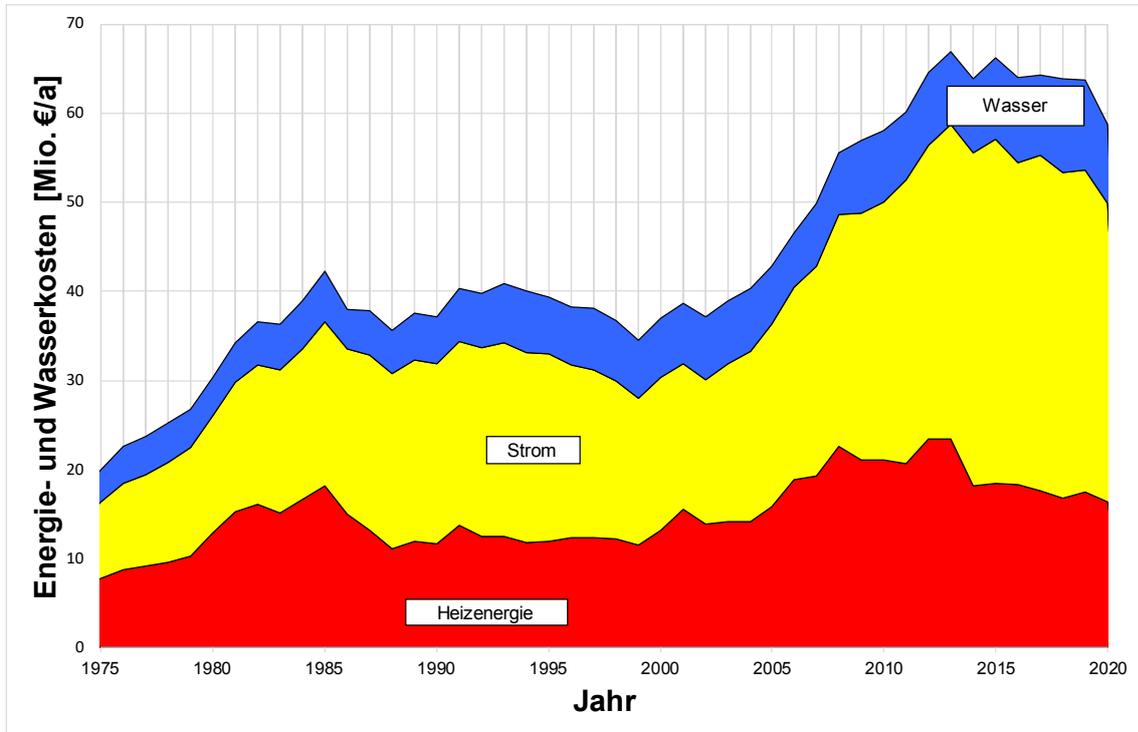


Bild 10 Entwicklung der Energie- und Wasserkosten bis 2020

LANDESHAUPTSTADT STUTTGART ENERGIESTATISTIK 2020	BEZUG						KOSTEN						PREIS	
	EIN- HEIT	BEZUGS- MENGE	MWh/a	GESAMT- ENERGIE	STROM HEIZENER.	VERÄND. Z. VORJ.	€a	GESAMT- KOSTEN	ENERGIE- KOSTEN	STROM HEIZENER.	VERÄND. Z. VORJ.	€/MWh	VERÄND. Z. VORJ.	
														€/m³/€m²
Licht- und Kraftstrom	kWh	125.663.036	125.663	30,8 %	76,3 %	-10,6 %	27.687.868	47,2 %	55,5 %	82,7 %	-8,8 %	220,33	2,0 %	
Straßenbel./V.erkehrssignalanlag	kWh	23.158.415	23.158	5,7 %	14,1 %	-2,9 %	4.964.734	8,5 %	10,0 %	14,8 %	1,7 %	214,38	4,7 %	
Eigenproduktion	kWh	15.846.998	15.847	3,9 %	9,6 %	-5,5 %	841.924	1,4 %	1,7 %	2,5 %	-1,9 %	53,13	3,8 %	
STROM GESAMT	kWh	164.668.449	164.668	40,3 %	100,0 %	-9,1 %	33.494.526	57,1 %	67,2 %	100,0 %	-7,2 %	203,41	2,1 %	
Heizöl	l	1.253.977	12.540	3,1 %	5,1 %	18,4 %	595.794	1,0 %	1,2 %	3,6 %	-15,9 %	47,51	-29,0 %	
Flüssiggas	l	34.124	224	0,1 %	0,1 %	13,2 %	16.639	0,0 %	0,0 %	0,1 %	-1,4 %	74,22	-13,0 %	
Biomasse	kWh	4.925.347	4.925	1,2 %	2,0 %	2,6 %	125.394	0,2 %	0,3 %	0,8 %	-15,0 %	25,46	-17,1 %	
Fernwärme	kWh	65.890.783	65.891	16,1 %	27,0 %	-8,1 %	7.316.442	12,5 %	14,7 %	44,7 %	-3,9 %	111,04	4,5 %	
Erdgas	kWh _{HD}	195.360.825	176.411	43,2 %	72,3 %	-8,5 %	9.093.088	15,5 %	18,2 %	55,5 %	-7,4 %	51,54	1,1 %	
dav. für Strompro.Eigen, Einspeis	kWh _{HD}	18.317.162	16.540	4,0 %	6,8 %	-4,4 %	889.595	1,5 %	1,8 %	5,4 %	0,4 %	53,78	5,0 %	
ERDGAS			159.870	39,1 %	65,5 %	-8,9 %	8.203.493	14,0 %	16,5 %	50,1 %	-8,2 %	51,31	0,7 %	
Heizstrom	kWh	528.336	528	0,1 %	0,2 %	-7,6 %	112.558	0,2 %	0,2 %	0,7 %	-4,5 %	213,04	3,4 %	
Heizenergiebezug GESAMT			243.979	59,7 %	100,0 %	-7,3 %	16.370.320	27,9 %	32,8 %	100,0 %	-6,7 %	67,10	0,7 %	
GESAMTENERGIE			408.647	100,0 %		-8,1 %	49.864.846	84,9 %	100,0 %		-7,0 %	122,02	1,1 %	
Frischwasser	m³	1.683.507				-15,2 %	4.571.958	7,8 %			-13,5 %	2,72	2,0 %	
Schmutzwasser	m³	1.514.112				-18,1 %	2.513.426	4,3 %			-18,1 %	1,66	0,0 %	
Versiegelte Fläche	m²	2.475.314				0,6 %	1.757.473	3,0 %			0,6 %	0,71	0,0 %	
WASSER GESAMT							8.842.857	15,1 %			-12,5 %	5,25	3,2 %	
ENERGIE-/WASSERKOSTEN							58.707.703	100,0 %			-7,9 %			

Tabelle 4 Energiebezug und Energiekosten der städtischen Liegenschaften 2020

1

2

3

4

5

2.3 Verbrauchsentwicklung der städtischen Ämter und Eigenbetriebe

Bedingt durch die Pandemie gibt es bei einzelnen Gebäudearten starke Schwankungen. Besonders bei den Hallenbädern ist der Minderverbrauch zu erkennen. Bei den Schulen und Verwaltungsgebäuden ist ein Abfall der Stromkennwerte zu erkennen.

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/m ² a / l/m ² a]	2017	2018		2019		2020	
			Kennwert	Kennwert	Veränder. z. Vorj. [%]	Kennwert	Veränder. z. Vorj. [%]	Kennwert	Veränder. z. Vorj. [%]
Verwaltungsgebäude	Heizung	120	108,1	112,5	4,1	107,3	-4,6	110,1	2,6
	Strom	90	48,2	43,0	-10,8	44,7	4,0	38,9	-13,0
	Wasser		288,9	365,0	26,3	329,3	-9,8	357,9	8,7
Schulgebäude	Heizung	75	84,5	89,4	5,8	87,2	-2,5	86,8	-0,5
	Strom	7	26,8	27,4	2,2	27,5	0,4	25,3	-8,0
	Wasser		182,8	181,4	-0,8	211,5	16,6	148,9	-29,6
Schulgebäude mit Turnhalle	Heizung	90	102,2	104,9	2,6	103,4	-1,4	104,1	0,7
	Strom	22	20,7	21,3	2,9	20,6	-3,3	17,9	-13,1
	Wasser		181,8	195,2	7,4	192,5	-1,4	175,0	-9,1
Hallenbad	Heizung		3.124,4	3.013,4	-3,6	2.870,2	-4,8	1.959,4	-31,7
	Strom		868,1	888,4	2,3	851,5	-4,2	592,8	-30,4
	Wasser		30.850,4	33.346,0	8,1	34.456,4	3,3	15.817,0	-54,1
Krankenhaus	Heizung	185	182,4	183,6	0,7	185,2	0,9	175,1	-5,5
	Strom	90	119,3	120,3	0,8	118,6	-1,4	114,7	-3,3
	Wasser		1.032,3	1.121,6	8,7	1.072,8	-4,4	948,1	-11,6
Altenheim	Heizung	100	116,3	136,0	16,9	119,9	-11,8	121,3	1,2
	Strom	37	41,8	38,9	-6,9	39,5	1,5	38,3	-3,0
	Wasser	-	803,3	816,1	1,6	693,0	-15,1	785,8	13,4

Tabelle 5 Energiekennwertevergleich der Jahre 2017 bis 2020

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 25,2 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 Bundesmix zustande und hat sich in den letzten Jahren erhöht.

In Bild 11 und Bild 12 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 2020 im Schnitt der letzten Jahre nicht fortgesetzt. Die Veränderung im Bereich der Krankenhäuser liegt an der anhaltenden Umstrukturierung.

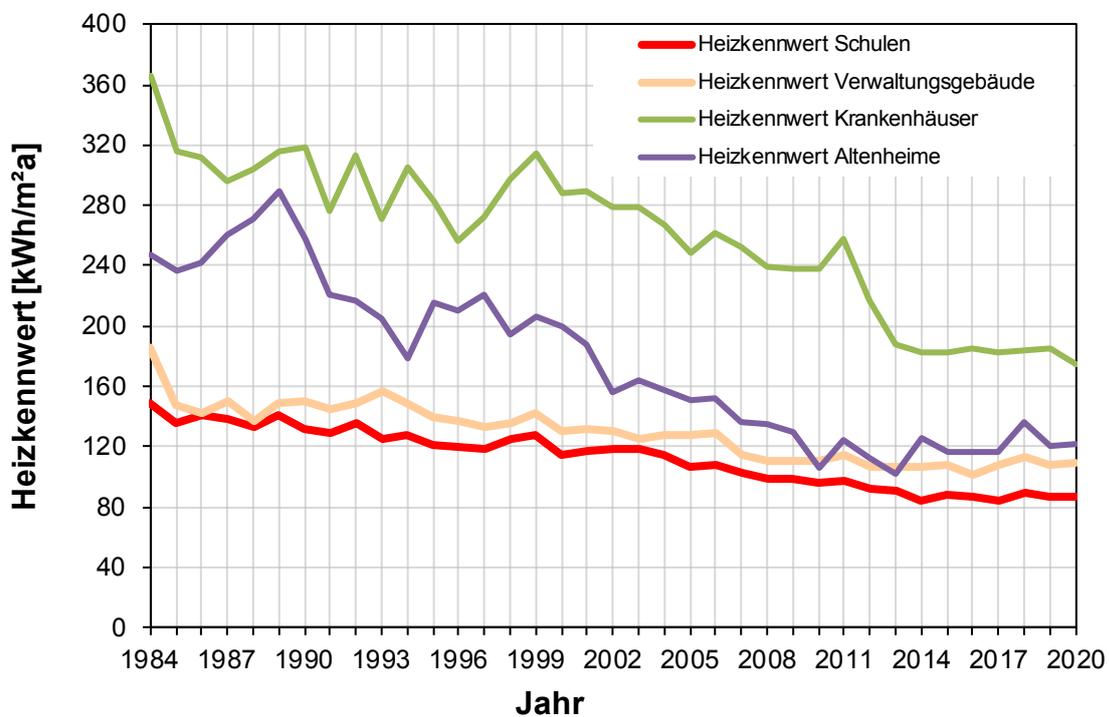


Bild 11 Entwicklung der Heizkennwerte in ausgewählten städtischen Liegenschaften

Die Reduzierung des Stromkennwerts bei Schulen und Verwaltungsgebäuden ist auf die Corona-Pandemie zurückzuführen.

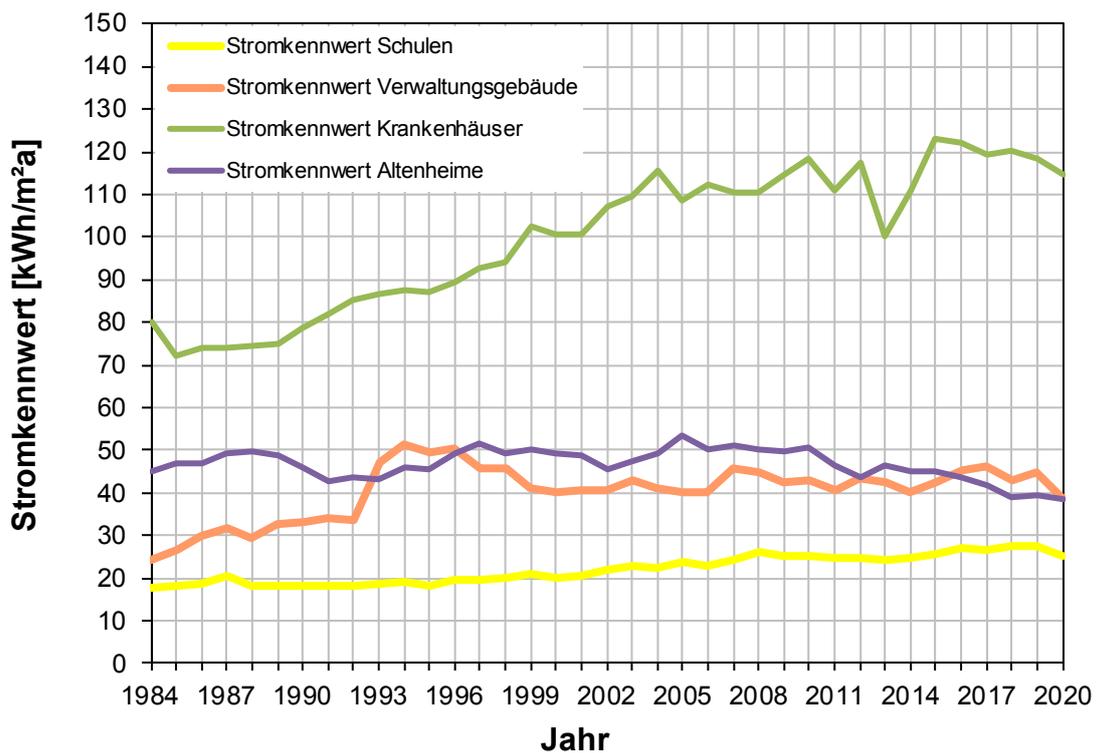


Bild 12 Entwicklung der Stromkennwerte in ausgewählten städtischen Liegenschaften

2.4 Kostenentwicklung der Ämter und Eigenbetriebe

Wie in den Jahren zuvor, entfällt der größte Teil der Energiekosten mit einem Anteil von 19,9 % (11,7 Mio. Euro) auf das Schulverwaltungsamt (Tabelle 6), gefolgt vom Klinikum Stuttgart mit einem Anteil von 14,6 % (8,7 Mio. Euro) und dem Tiefbauamt mit einem Anteil von 11,6 % (6,8 Mio. Euro).

Die zum Teil sehr hohe Reduzierung der Energiekosten ist auf die Corona-Pandemie zurückzuführen. Deutlich ist dies bei dem Eigenbetrieb STB (2019 5,4 Mio. Euro, 2020 3,0 Mio. Euro), deren Bäder geschlossen werden mussten und bei den Veranstaltungsgesellschaften (2019 2,9 Mio. Euro, 2020 1,9 Mio. Euro), deren Veranstaltungen aufgrund von Corona-Auflagen nicht realisiert werden konnten.

	2017	2018			2019			2020		
	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	11,9	11,8	-0,9	18,5	12,5	6,3	19,6	11,7	-6,4	19,9
Krankenhäuser	9,5	9,9	4,3	15,5	9,4	-5,4	14,6	8,7	-7,6	14,6
Tiefbauamt	6,9	6,9	-0,7	10,8	6,8	-1,9	10,6	6,8	0,9	11,6
SES	6,5	6,5	0,2	10,2	6,5	-0,1	10,1	6,4	-1,7	10,8
STB	4,0	4,1	3,0	6,4	4,3	5,4	6,7	3,0	-30,8	5,1
Sozialamt	5,3	6,1	16,1	9,5	5,4	-10,9	8,5	4,8	-12,3	8,1
Liegenschaftsamt	3,1	3,2	1,7	5,0	3,5	8,7	5,4	3,4	-1,5	5,8
VMS/VMS KG	2,7	2,9	6,5	4,5	2,9	-0,7	4,5	1,9	-33,9	3,2
Jugendamt	2,0	1,9	-6,4	3,0	1,9	1,7	3,0	1,8	-4,3	3,1
Garten-, Friedhofs- und Forstamt	1,5	1,6	9,6	2,5	1,7	5,0	2,6	1,5	-9,0	2,6
ELW	1,4	1,4	3,6	2,2	1,3	-7,5	2,0	1,3	1,3	2,3
Hauptamt mit Bezirksamtern	1,2	1,2	-1,0	1,9	1,4	14,0	2,1	1,3	-4,5	2,2
Amt für Sport und Bewegung	0,8	0,8	4,7	1,3	0,7	-12,7	1,1	0,6	-11,8	1,0
AWS	0,7	0,8	6,8	1,3	0,9	6,7	1,3	0,9	-0,3	1,4
Kulturamt	1,0	1,1	14,7	1,7	1,1	-4,5	1,6	1,1	1,0	1,8
Branddirektion	0,8	0,9	7,2	1,4	0,9	-1,9	1,4	0,9	-2,2	1,5
Sonstige Ämter	1,3	1,2	-9,2	1,9	1,3	8,6	2,0	1,3	-3,7	2,1
Kosten für versiegelte Flächen	1,7	1,7	-2,5	2,7	1,7	2,7	2,7	1,8	0,7	3,0
Gesamt	64,0	63,9	-0,2	100,0	64,1	0,3	100,0	59,1	-7,8	100,0

Tabelle 6 Energie- und Wasserkostenentwicklung einzelner Ämter und Eigenbetriebe

2.5 Emissionen der städtischen Liegenschaften

Nachfolgend sind die CO₂-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 CO₂-Emissionen aus Kohle-, Heizöl- und Gasfeuerungsanlagen verursacht die Nutzung der übrigen Energieträger, wie Fernwärme und Strom, ebenfalls CO₂-Emissionen. In Bild 13 sind die CO₂-Emissionen als CO₂-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.

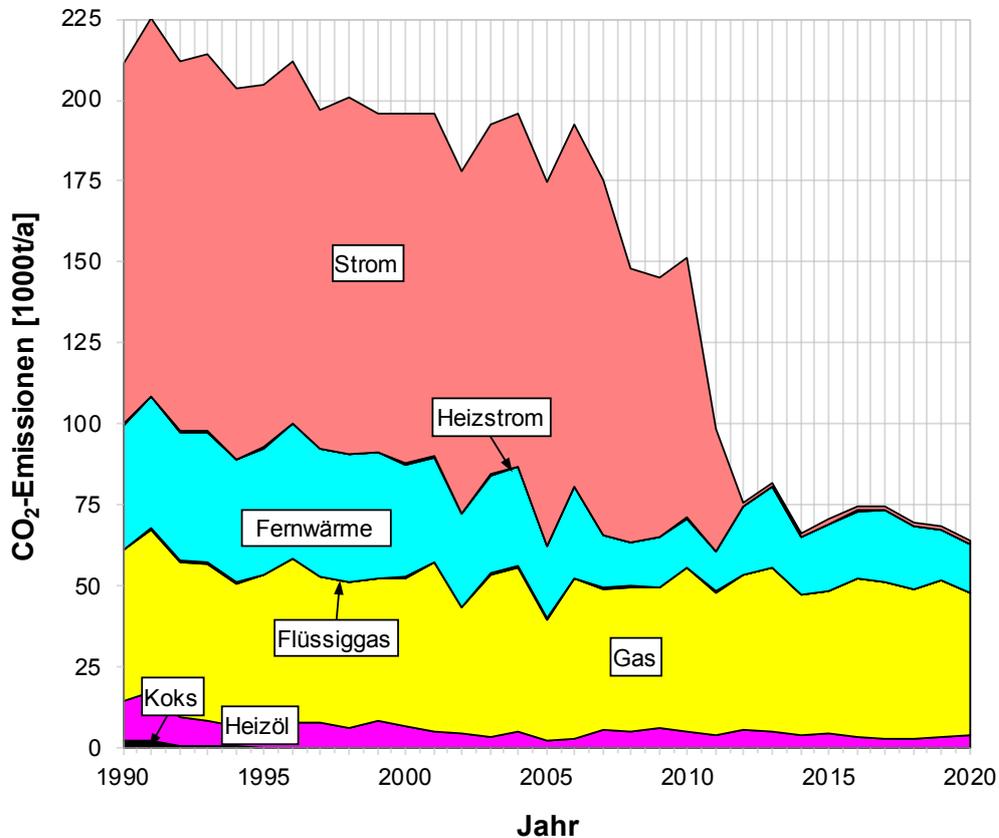


Bild 13 Entwicklung der CO₂-Emissionen in den städtischen Liegenschaften

1990 lag der Ausstoß an CO₂-Emissionen der Brennstoffe, die zur städtischen Wärmeversorgung beitragen, bei 102.237 t/a. In 2020 reduzierte sich dieser Ausstoß gegenüber 1990 um ca. 39,5 % (39.380 t/a) auf insgesamt 62.786 t/a. Bis 2010 ist der Strombereich bei den CO₂-Emissionen dominierend. Der CO₂-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 CO₂-Ausstoßes mit sich. 2020 reduzierte sich der CO₂-Ausstoß gegenüber 2019 um 8 %.

Bei dem angestrebten Reduktionsziel der CO₂-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 (CO₂-Einsparung um mindestens 20 %). Die Anstrengung zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes zeigt Erfolg. So sanken durch Energieeinsparungen, den vermehrten Einsatz regenerativer Energien und vor allem durch den erhöhten Bezug von Ökostrom die gesamten CO₂-Emissionen von 213.681 tCO₂ (1990) auf 63.813 tCO₂ in 2020. Dies entspricht einer Reduzierung um 70 %. Damit wurde das Einsparziel für 2020 deutlich übertroffen. Da langfristig eine Reduzierung des CO₂-Ausstoßes von 100 % angestrebt wird, müssen vor allem im Wärmebereich zusätzliche CO₂-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	2017		2018		2019		2020	
	Mio.€/a	%	Mio.€/a	%	Mio.€/a	%	Mio.€/a	%
Wärmedämmung	0,298	20,1	0,101	9,7	0,612	10,0	0,268	8,6
Fenstererneuerung	0,245	2,1	0,023	8,0	0,223	3,6	0,123	4,0
Baulicher Wärmeschutz	0,543	22,3	0,124	17,7	0,835	13,6	0,392	12,6
Wärmeerzeug./Rückgew.	0,197	11,7	0,228	6,4	0,667	10,9	0,129	4,1
Regelanlagen	0,083	4,9	0,258	2,7	0,135	2,2	0,048	1,5
Wassereinsparung	0,916	13,2	0,000	29,9	0,213	3,5	0,108	3,5
Elektrotechnik	0,910	17,3	1,752	29,7	2,692	43,9	1,123	36,1
Gebäudetechnik	2,106	47,0	2,239	68,8	3,706	60,5	1,407	45,2
Regenerative Energien	0,120	8,0	0,408	3,9	0,132	2,2	0,196	6,3
BHKW/WP	0,290	4,0	0,640	9,5	1,255	20,5	1,120	35,9
Sonstiges	0,000	18,6	0,004	0,0	0,198	3,2	0,000	0,0
Neue Technologien	0,411	30,7	1,052	13,4	1,585	25,9	1,316	42,3
Gesamt	3,060	100,0	3,414	100,0	6,127	100,0	3,115	100,0

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 2020 wurden insgesamt 3,115 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 14 ist die Entwicklung der Investitionen von 1976, dem Jahr vor Einführung des städtischen Energiemanagements, bis 2020 dargestellt.

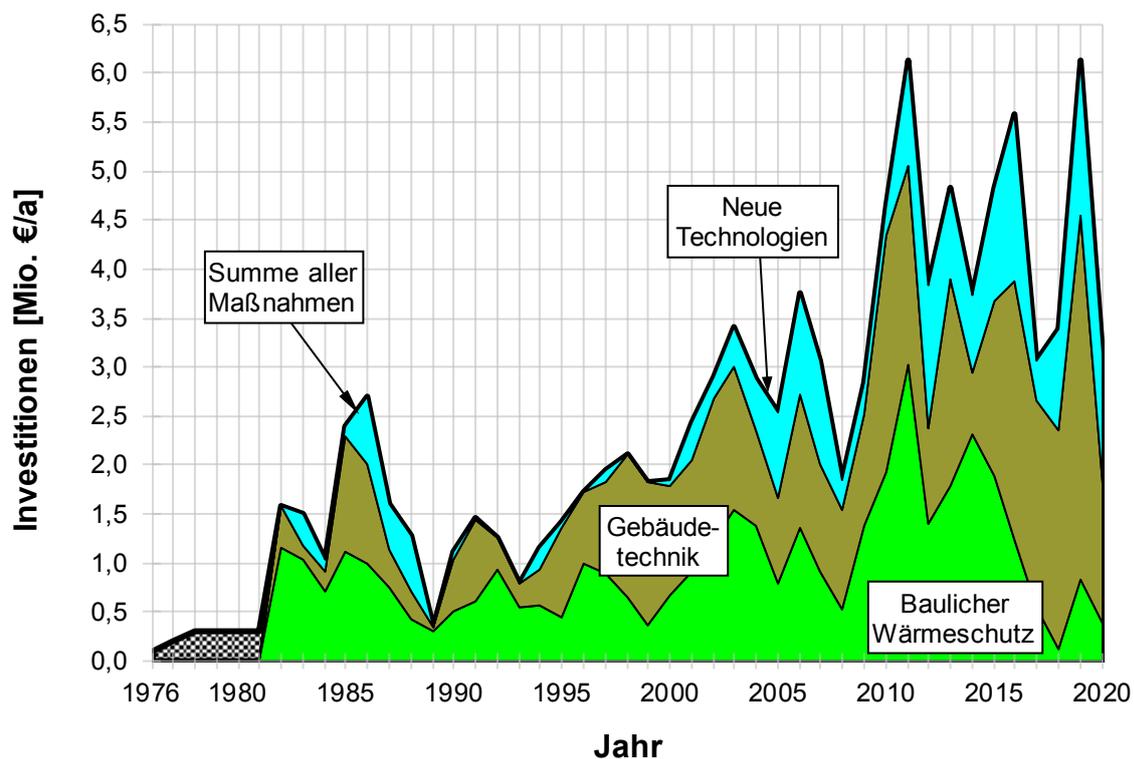


Bild 14 Investitionen für energiesparende Maßnahmen

Beim baulichen Wärmeschutz reduzierten sich im Vergleich zum Jahr 2019 die Investitionen um 0,440 Mio. Euro. Im Bereich neue Technologien reduzierten sich die Investitionen um 0,269 Mio. Euro, ebenso reduzierten sich die Investitionen in die Gebäudetechnik um 2,299 Mio. Euro.

Gewerk	2019	2020	Veränderungen ggü. 2019
Baulicher Wärmeschutz	0,835 Mio. Euro	0,392 Mio. Euro	-53,1%
Gebäudetechnik	3,706 Mio. Euro	1,407 Mio. Euro	-62,0%
Neue Technologien	1,585 Mio. Euro	1,316 Mio. Euro	-17,0%
Gesamt	6,126 Mio. Euro	3,115 Mio. Euro	-49,2%

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 bereinigte Heizenergiebezug beläuft sich unter Berücksichtigung der im Zeitraum 1977 bis 2020 neu hinzugekommener, veräußerter bzw. stillgelegter Liegenschaften in 2020 auf 303.554 MWh/a. Gegenüber dem Vorjahr ist der Heizenergiebezug um 2,5% bzw. um 7.772 MWh/a gesunken. Diese Reduzierung ist u. a. auch auf die Coronakrise zurückzuführen.

Ohne Berücksichtigung der seit Einführung des Energiemanagements Heizung umgesetzten Energiesparmaßnahmen würde sich der Heizenergiebezug in 2020 auf insgesamt 617.884 MWh/a belaufen. Die jährliche Einsparung an Heizenergie beträgt 314.330 MWh/a und die seit Beginn des Energiemanagements auf die Jahre kumulierte Einsparung 9.669.704 MWh/a. Mit diesen Einsparungen am Heizenergiebezug sind Einsparungen an Betriebskosten von jährlich 21,1 Mio. Euro/a und auf die Jahre kumuliert von insgesamt 504 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	T€/a	T€
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	1.172.725	31,42	5.489	41.512
1988	3.327	367.473	392.656	-2.196	561.206	168.550	30,0	1.341.275	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	3.715.447	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	4.988.909	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	6.949.998	76,90	21.278	317.055
2012	3.296	297.961	306.689	3.285	600.421	293.732	48,9	7.243.730	81,78	24.021	341.076
2013	3.538	319.724	313.417	5.746	606.166	292.749	48,3	7.536.479	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	9.049.623	64,04	19.661	462.471
2019	3.005	263.284	311.326	582	617.078	305.752	49,5	9.355.374	66,63	20.372	482.843
2020	2.857	243.979	303.554	806	617.884	314.330	50,9	9.669.704	67,10	21.091	503.934

1) ohne Nutzung von Klärgas, Solarthermie und Umweltwärme

Tabelle 9 Heizenergiebezug, Heizenergieeinsparung und Heizkosteneinsparung

In Bild 15 ist die Entwicklung des Heizenergiebezugs und der Heizenergieeinsparung der städtischen Liegenschaften von 1973 bis 2020 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 2020 insgesamt 2.711.264 MWh.

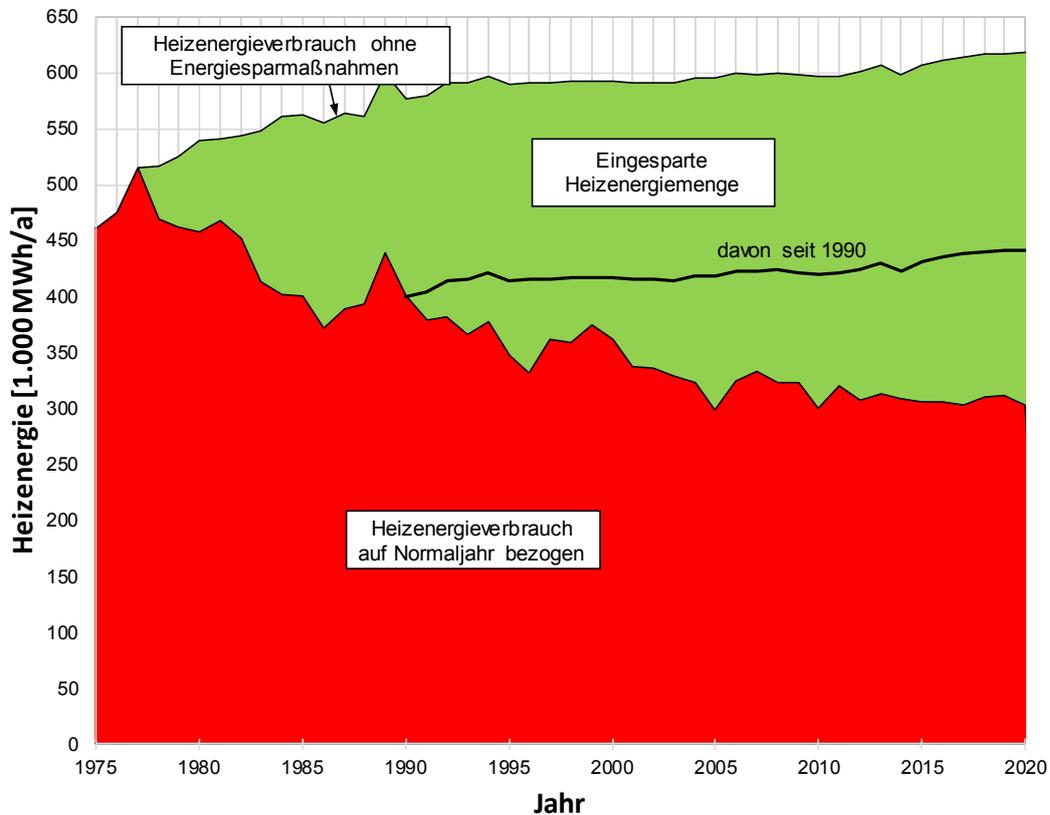


Bild 15 Entwicklung des Heizenergiebezugs und der Heizenergieeinsparung

In Bild 16 ist die Entwicklung der CO₂-Emissionen aufgeführt, die aus dem Brennstoffbezug der städtischen Heizungsanlagen (Feuerungsanlagen und Fernwärme) für die Wärmeversorgung resultieren. Die CO₂-Emissionen sind nach Brennstoffen dargestellt. Seit 1975 haben sich die CO₂-Emissionen der Wärmeerzeugung für die städtischen Anlagen von 135.962 tCO₂/a um 54 % auf 62.786 tCO₂/a vermindert. Das meiste CO₂ wird in 2020 bei der Verbrennung von Erdgas verursacht. Dies ist allerdings nicht auf eine mangelnde Anlageneffizienz, sondern auf die große Anzahl der erdgasgefeuerten Heizungsanlagen zurückzuführen.

1

2

3

4

5

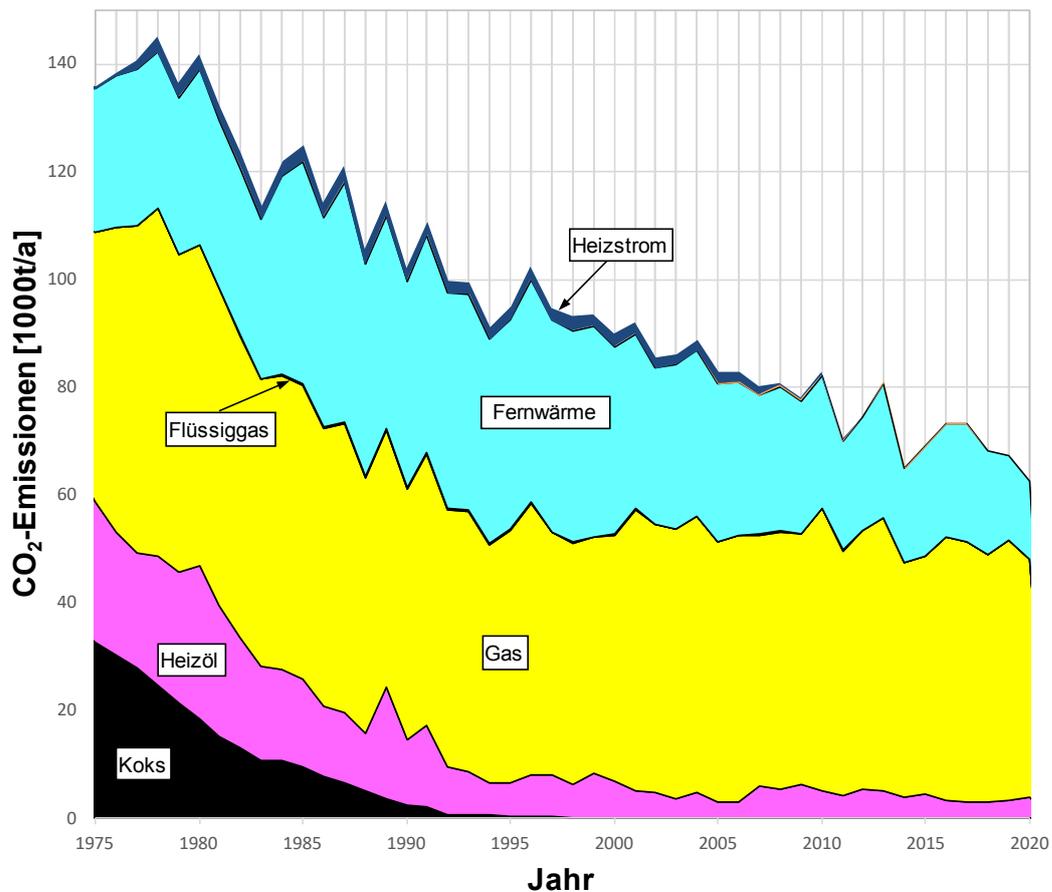


Bild 16 CO₂-Emissionen bei der Wärmeversorgung der städtischen Liegenschaften

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 2020 zusammengestellt. Der Strombezug umfasst den Stromverbrauch der Anlagen, der über die Energieversorgungsunternehmen abgerechnet ist. Der Stromverbrauch der Klärgas- und Klärschlammverbrennung sowie der Photovoltaikanlagen ist deshalb 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	davon Neuanlagen	ohne Einsparung	jährliche Einsparung	Anteil am Ges.-verbrauch	kumulierte Einsparung	Preis	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	176.943
2020	164.668	0	-744	257.305	92.637	36,0	1.266.435	203,41	18.843	195.786

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 2020 durch Neu-, Um- und Erweiterungsanlagen gegenüber dem Vorjahr um 16.448 MWh (9,1 %) auf 164.668 MWh/a reduziert. Bei dieser Reduzierung wirkt sich maßgeblich die Coronakrise aus. Im Bereich Straßenbeleuchtung und Verkehrssignalanlagen konnten 687 MWh gegenüber 2019 eingespart werden, diese Einsparungen sind nicht auf die Coronakrise zurückzuführen.

Ohne Berücksichtigung der Stromeinsparmaßnahmen würde sich der Strombezug in 2019 auf insgesamt 257.305 MWh/a belaufen. Die jährliche Stromeinsparung in 2020 hat sich gegenüber 2019 um 5.150 MWh

auf 92.637MWh/a erhöht. Der tatsächliche Stromverbrauch nahm seit 1982 um 30 % zu. In der kumulierten Betrachtung ergibt sich eine Stromeinsparung von 1.266.435MWh seit Einführung des Energiemanagements Strom in 1982 und von 712.788MWh/a seit 1990.

In Bild 17 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 ohne 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 1982 hat sich der Strombezug der städtischen Liegenschaften um 30 % erhöht. 2020 hat sich die vom Energieversorger gelieferte Strommenge coronabedingt deutlich reduziert.

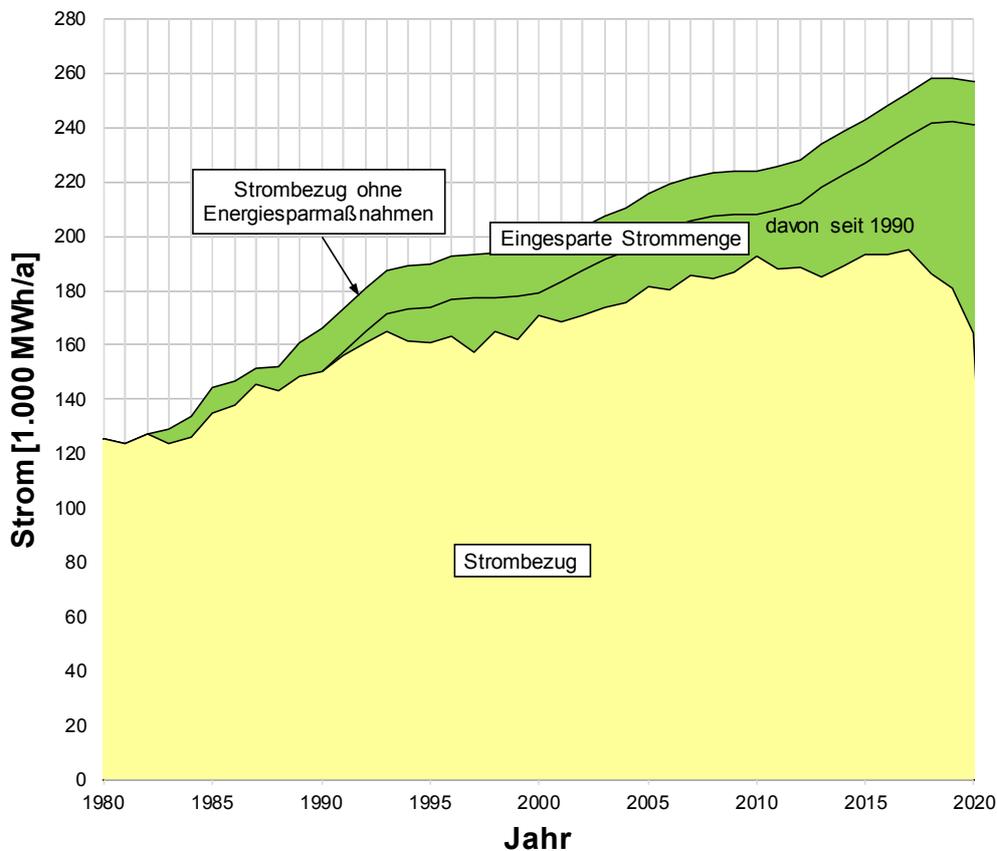


Bild 17 Entwicklung des Strombezugs und der Stromeinsparung

In Bild 18 ist die Entwicklung der CO₂-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 CO₂-Emissionen ab 2012 sind auf Umwandlung- und Verteilverluste zurückzuführen.

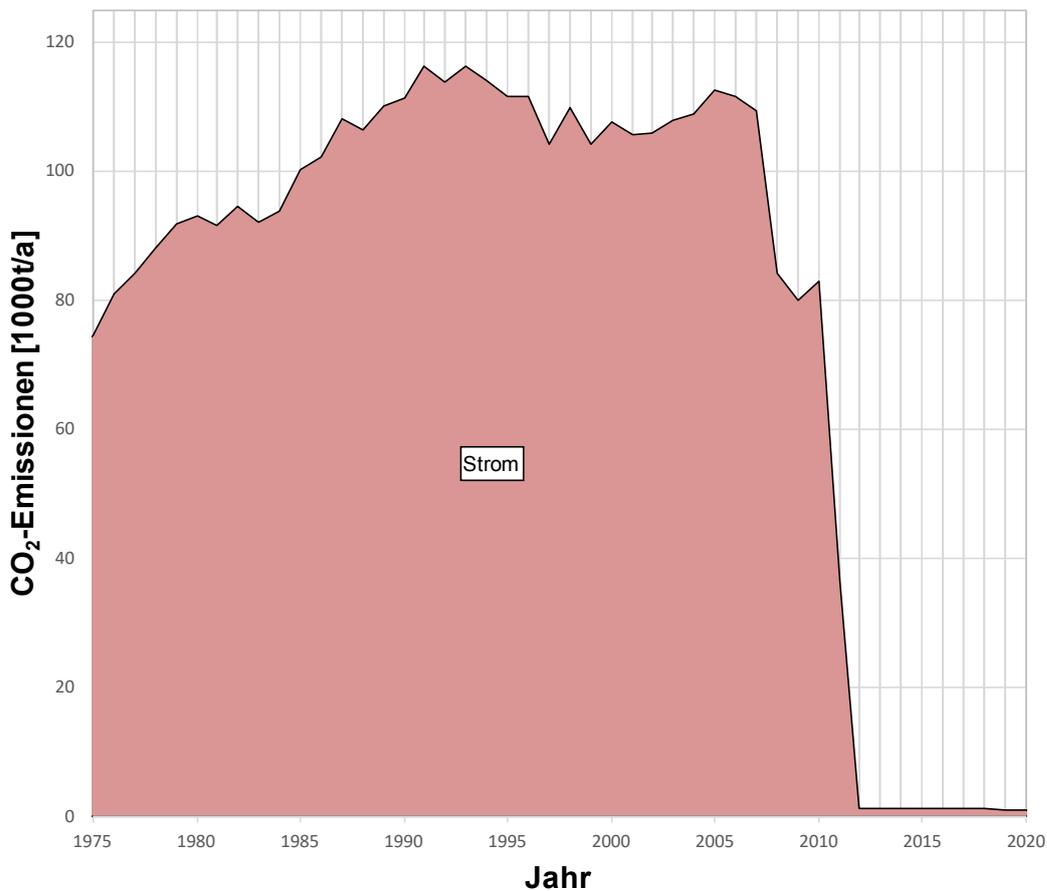


Bild 18 CO₂-Emissionen bei der Stromversorgung der städtischen Liegenschaften

2.9 Wassereinsparung

Der Wasserverbrauch entspricht dem Wasserbezug. Im Jahr 2020 reduzierte sich der Wasserbezug aller städtisch genutzten Liegenschaften von 1.984.848 m³ (2019) um -15,2 % (301.341 m³) auf 1.683.507 m³. Der Wasserbezug aus dem Jahr 1991 (Beginn Energiemanagement Wasser) würde ohne Berücksichtigung der bis heute durchgeführten Wassereinsparmaßnahmen in 2020 insgesamt 3.148.488 m³/a betragen (Tabelle 11). Hierin beinhaltet ist der Wasserbedarf sämtlicher während des Zeitraums zwischen 1991 und 2020 neu hinzugekommener und abgegangene Liegenschaftsgebäude. Die Wassereinsparung beträgt 2020 1.462.981 m³/a (46,5 %). Seit 1991 beläuft sich die kumulierte Einsparung auf insgesamt 27 Mio. m³.

Jahr	Wasserverbrauch			Wassereinsparung			Wasserkosteneinsparung		
	tatsächlicher Verbrauch	von Neuanlagen	ohne Einsparung	jährliche Einsparung	Anteil am Ges.-verbrauch	Summe	Preis	jährliche Kosten	kumulierte Kosten
	m³/a	m³/a	m³/a	m³/a	%	m³	€/m³	T€/a	T€
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
2020	1.683.507	17.319	3.146.488	1.462.981	46,5	27.439.215	5,25	7.685	112.760

Tabelle 11 Wasserbezug, Wassereinsparung und Wasserkosteneinsparung

Bild 19 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.

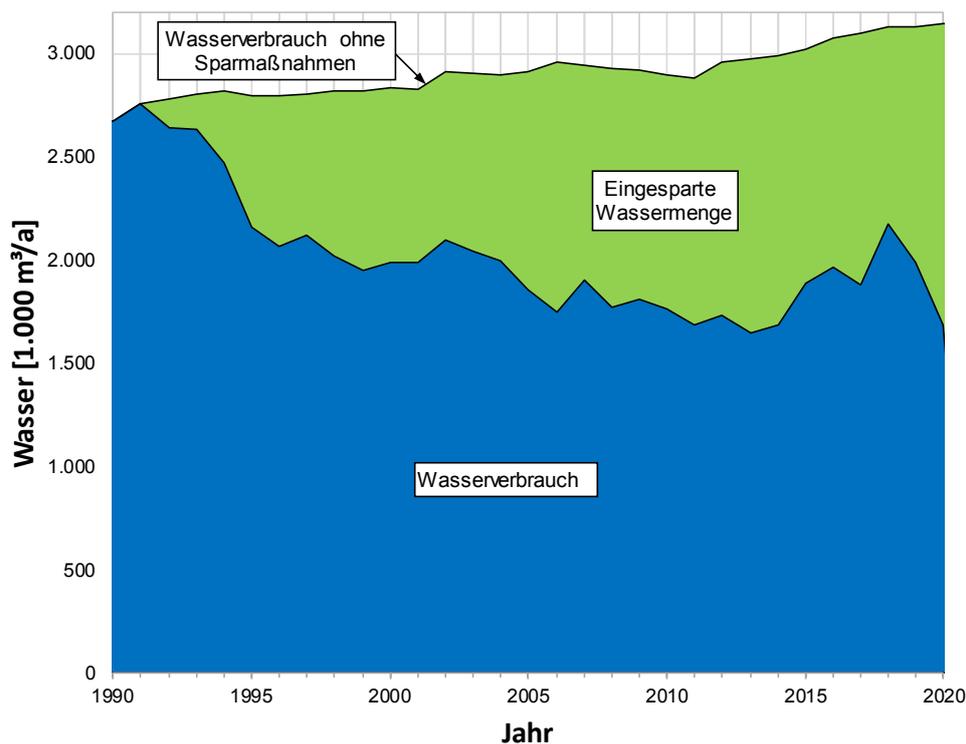


Bild 19 Entwicklung des Wasserbezugs und der Wassereinsparung von 1987 bis 2020

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 2020 auf insgesamt 53,6 Mio. Euro und kumuliert seit 1976 auf 770,9 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 2020 insgesamt 6,2 Mio. Euro/a und bei einer kumulierten Betrachtung seit 1976 136,4 Mio. Euro.

Die Nettoeinsparung (Tabelle 12) ergibt sich aus der jährlichen Kosteneinsparung abzüglich der jährlichen Aufwendungen. Diese beträgt 2020 insgesamt 47,3 Mio. Euro und bei einer kumulierten Betrachtung seit 1976 770,9 Mio. Euro. Das Verhältnis der jährlich eingesparten Energiekosten zu dem Kostenaufwand liegt 2020 bei 7,6 und bezogen auf die kumulierten Kosten beträgt das Verhältnis 5,7. Der Anteil der jährlichen Kostenaufwendungen an den jährlichen Kosteneinsparungen beläuft sich 2020 auf 13,1 % und bezogen auf die kumulierten Kosten 20,1 %.

Jahr	EINSPARUNGEN IN [T€]							Verhältnis Energiekosten- einsparung zu Aufwand		Prozentualer Anteil des Aufwands an den Einsparungen		
	Energiekosteneinsparung					Nettoeinsparung		jährlich [-]	kumuliert [-]	jährlich [%]	kumuliert [%]	
	Heizkosten	Stromkosten	Wasserkosten	Tarife und Vergütungen	jährlich	kumuliert	jährlich					kumuliert
1976	0	0	0	43	43	43	-48	-48	-0,5	-0,5	-190,6	-190,6
1977	0	0	0	65	65	108	-75	-123	-0,5	-0,5	-186,8	-188,3
1978	949	0	0	183	1.132	1.240	969	846	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	2.246	0	0	231	2.477	5.342	2.231	4.467	9,1	5,1	11,0	19,6
1981	2.542	0	0	314	2.857	8.199	2.551	7.018	8,4	5,9	12,0	16,8
1982	3.565	0	0	363	3.928	12.127	3.457	10.475	7,3	6,3	13,6	15,8
1983	5.213	693	0	458	6.363	18.490	5.670	16.146	8,2	6,9	12,2	14,5
1984	6.294	1.028	0	714	8.036	26.526	7.202	23.347	8,6	7,3	11,6	13,6
1985	6.826	1.230	0	965	9.021	35.547	7.977	31.324	7,6	7,4	13,1	13,5
1986	6.955	1.162	0	1.502	9.619	45.166	8.345	39.669	6,5	7,2	15,3	13,9
1987	5.489	792	0	1.477	7.757	52.924	6.208	45.877	4,0	6,5	25,0	15,4
1988	5.091	1.221	0	1.568	7.880	60.804	6.190	52.067	3,7	6,0	27,3	16,8
1989	4.836	1.757	0	1.675	8.268	69.072	6.658	58.725	4,1	5,7	24,2	17,6
1990	5.714	2.151	0	1.607	9.472	78.543	7.783	66.507	4,6	5,5	21,7	18,1
1991	7.049	2.265	0	1.780	11.095	89.638	9.317	75.824	5,2	5,5	19,1	18,2
1992	7.378	2.565	322	1.871	12.135	101.774	10.085	85.909	4,9	5,4	20,3	18,5
1993	7.942	2.913	447	1.869	13.170	114.943	10.893	96.802	4,8	5,3	20,9	18,7
1994	7.923	3.738	971	1.887	14.518	129.461	12.202	109.003	5,3	5,3	19,0	18,8
1995	8.429	3.745	1.874	1.904	15.951	145.412	13.436	122.440	5,3	5,3	18,7	18,8
1996	8.706	3.540	2.296	1.550	16.093	161.505	13.450	135.890	5,1	5,3	19,6	18,8
1997	8.398	4.236	2.254	1.713	16.602	178.107	13.699	149.588	4,7	5,2	21,2	19,1
1998	8.562	3.039	2.696	1.680	15.976	194.083	13.015	162.604	4,4	5,2	22,8	19,4
1999	7.518	3.221	2.926	1.415	15.080	209.163	12.002	174.606	3,9	5,1	25,6	19,8
2000	9.447	2.391	2.834	1.882	16.554	225.717	13.184	187.790	3,9	5,0	25,6	20,2
2001	11.777	2.981	2.821	1.944	19.523	245.240	15.976	203.766	4,5	4,9	22,2	20,4
2002	11.444	3.243	2.764	1.942	19.393	264.633	15.615	219.381	4,1	4,8	24,2	20,6
2003	11.872	3.445	2.986	1.746	20.048	284.682	16.112	235.493	4,1	4,8	24,4	20,9
2004	12.016	3.774	3.191	1.834	20.815	305.497	16.765	252.258	4,1	4,7	24,2	21,1
2005	15.443	3.825	3.690	1.821	24.779	330.276	20.822	273.080	5,3	4,8	19,0	20,9
2006	17.043	4.616	4.187	1.703	27.549	357.825	23.403	296.483	5,6	4,8	17,7	20,7
2007	17.461	4.381	3.881	1.766	27.489	385.314	23.254	319.737	5,5	4,9	18,2	20,5
2008	20.526	5.454	4.484	1.132	31.597	416.911	27.354	347.091	6,4	5,0	15,5	20,1
2009	19.908	5.500	3.899	1.831	31.138	448.049	26.639	373.731	5,9	5,0	16,9	19,9
2010	19.782	4.735	5.111	972	30.600	478.649	25.707	399.438	5,3	5,0	19,0	19,8
2011	21.278	6.370	5.429	1.056	34.132	512.781	29.062	428.500	5,7	5,1	17,4	19,7
2012	24.021	6.943	5.776	1.039	37.780	550.561	32.536	461.035	6,2	5,1	16,1	19,4
2013	21.912	9.441	6.562	4.840	42.756	593.317	37.247	498.282	6,8	5,2	14,8	19,1
2014	20.659	9.684	6.468	4.977	41.788	635.104	36.218	534.500	6,5	5,3	15,4	18,8
2015	20.178	9.947	5.488	4.478	40.091	675.196	34.349	573.308	6,0	5,4	16,7	18,5
2016	19.415	10.318	5.419	5.770	40.922	716.118	35.056	608.364	6,0	5,4	16,7	18,5
2017	19.570	11.171	5.860	6.528	43.130	759.248	37.126	645.490	6,2	5,5	16,2	18,3
2018	19.661	14.104	4.615	3.864	42.243	801.491	36.281	681.615	6,1	5,5	16,4	18,3
2019	20.372	15.325	5.825	6.337	47.858	849.349	41.834	723.450	6,9	5,6	14,4	19,1
2020	21.091	18.843	7.685	6.023	53.641	902.990	47.423	770.873	7,6	5,7	13,1	20,1

Tabelle 12 Zusammenstellung der jährlichen Kosteneinsparungen

Jahr	Aufwendungen in [T€]											
	Investitionen		Abschreibung			weitere Kosten					Gesamt	
	jährlich	Summe der letzten 20 Jahre	Annuität	jährlich	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	1081	160	14	1.255	25.290	6.004	118.218
2018	3.414	69.404	156	4.713	74.116	1081	168	0	1.249	26.539	5.962	124.180
2019	6.127	73.710	279	4.827	78.537	1063	133	1	1.197	27.736	6.024	130.204
2020	3.115	74.971	142	4.800	79.771	1226	172	20	1.418	29.153	6.218	136.422

Tabelle 13 Zusammenstellung der jährlichen Kostenaufwendungen

In Bild 20 ist die Kostenentwicklung seit 1977 aufgetragen. Die Kosteneinsparungen 2020 verteilen sich auf Einsparungen im Bereich Heizenergie von 21,1 Mio. Euro, bei Strom von 18,8 Mio. Euro, bei Wasser von 7,9 Mio. Euro und im Bereich Tarifwesen/Vergütungen von 6,0 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 1,4 Mio. Euro gegenüber.

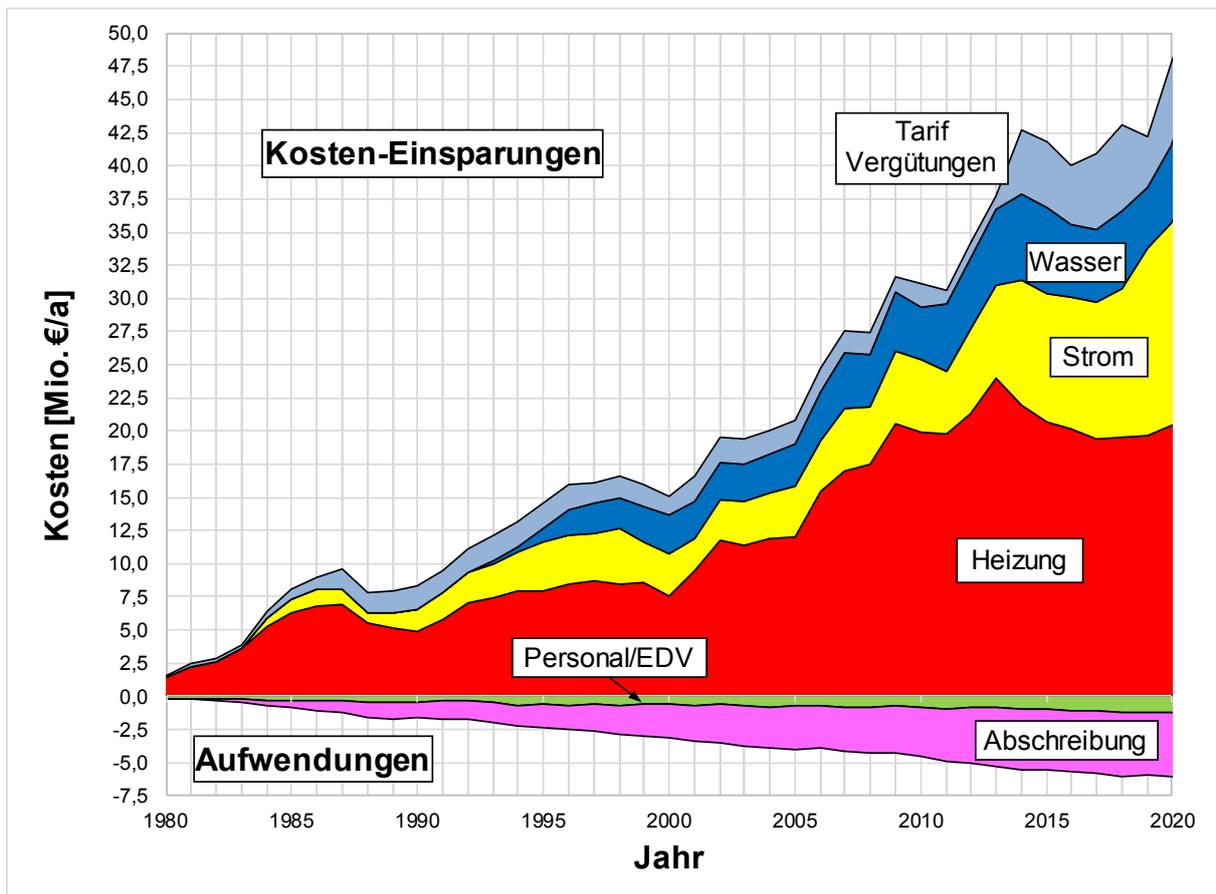


Bild 20 Entwicklung des jährlichen finanziellen Aufwands und der Kosteneinsparung

3 Energie- und Klimaschutzkonzepte

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 Aktivitäten für die Gesamtstadt

Das Energie- und Klimaschutzkonzept (GRDRs 1056/2015) wurde am 28. Januar 2016 vom Gemeinderat beschlossen. Mit der Verabschiedung und der damit einhergehenden Bereitstellung von Haushalts- und Personalmitteln wurde mit der Umsetzung von Maßnahmen begonnen. Seitdem wurden mehrfach weitere Finanz- und Personalmittel für die Fortführung der bestehenden und der Einführung zusätzlicher Maßnahmen beschlossen.

Ziel des Energie- und Klimaschutzkonzepts ist die Umsetzung der Energiewende in Stuttgart. Es wurde ein Maßnahmenkatalog erarbeitet, der mehrfach fortgeschrieben wurde, u.a. im Rahmen des „Masterplans 100 % Klimaschutz“, um die anvisierten Ziele der Stadt zu erreichen. Bis zum Jahr 2020 sollte der Primärenergieverbrauch um 20 % gegenüber 1990 reduziert und der Anteil der erneuerbaren Energien auf 20 % erhöht werden. Diese Ziele wurden bereits erreicht und durch den Zielpfad zur Klimaneutralität abgelöst (siehe Kapitel 1.3). Um diese herausfordernde Aufgabe zu bewältigen, werden Maßnahmen in allen Handlungsfeldern umgesetzt. Dazu zählen Stadtverwaltung, Gebäude und Wohnen, GHD und Industrie, Energieleitplanung und Energieversorgung sowie Öffentlichkeitsarbeit und Beteiligung. So werden zum Beispiel diverse Förderprogramme im Energiebereich angeboten, Bürgerinnen und Bürger werden zu energiesparendem Verhalten und zur Gebäudesanierung beraten, es werden stadtweit energetische Quartierskonzepte entwickelt und mit den Stadtwerken Stuttgart umgesetzt und es wird ein umfassendes Beteiligungskonzept und entsprechende Öffentlichkeitsarbeit durchgeführt.

Die Umsetzung des Energie- und Klimaschutzkonzepts erfolgt gemeinsam mit allen Bürger*innen sowie allen relevanten Akteuren aus Industrie, Handwerk, Wohnungsbau und Forschung. Die Federführung für das Energie- und Klimaschutzkonzept hat die Energieabteilung im Amt für Umweltschutz.

Akteursbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit

Die COVID-19-Pandemie stellte die Maßnahmenumsetzung im Bereich der Akteursbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit vor große Herausforderungen. Viele der geplanten Aktivitäten konnten nicht oder nur eingeschränkt durchgeführt werden. Gleichzeitig zeigte sich im zunehmenden Umsetzen von Veranstaltungen

1

2

3

4

5

per Videokonferenz, dass dies auch eine Chance sein kann und teilweise neue Zielgruppen erschlossen werden konnten. Einige Highlights werden nun im Folgenden vorgestellt:

Eine Maßnahme im Aktionsprogramm Klimaschutz (GRDRs 975/2019) sieht die Entwicklung einer CO₂-Klima-App für Stuttgart vor. Zur Ideenfindung hat Stuttgart am bundesweiten digitalen Ideenmarathon Climathon 2020 teilgenommen und die Vorgaben des Aktionsprogramms im Rahmen einer Challenge formuliert. Die Aktion verlief sehr erfolgreich, das Team „Stuttgarter Klimahelden“ wurde als Bundessieger des Climathons ausgezeichnet. Die Ideen zur Klima-App wurden 2021 dem AKU vorgestellt und bilden nun die Grundlage für die App-Entwicklung.



Bild 21 Beteiligung am Climathon

Das Klimaschutzbuch ist Ratgeber und Gutscheinebuch zugleich und macht mit alltagstauglichen Klimatipps Lust auf einen nachhaltigen Lebensstil in Stuttgart. 2020 wurde die insgesamt dritte Auflage des Büchleins für Stuttgart aufgelegt. Das Klimaschutzbuch enthält auch Gutscheine zu den Themenbereichen Ernährung, Konsum, Mobilität, Wohnen und Bauen. Knapp 10.000 Klimaschutzbücher konnten im Jahr 2020 trotz Pandemie verteilt werden. Dabei setzte das Amt für Umweltschutz verstärkt auf eine dezentrale Verteilung in den Bürgerbüros und die Möglichkeit, das Klimaschutzbuch direkt beim Amt digital anzufordern. Aktuell ist die bereits vierte Auflage in Form des Klimaschutzbuch 2022 erschienen.

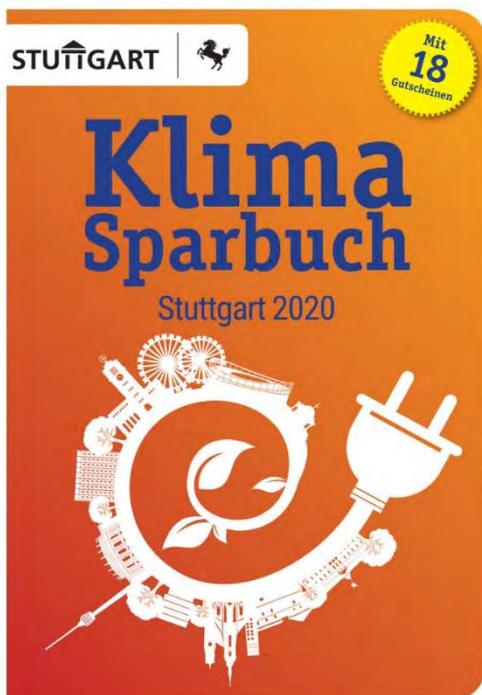


Bild 22 Beteiligung am Klimasparbuch

Die aktuelle Ausgabe ist bestellbar unter www.stuttgart.de/klimasparbuch - solange der Vorrat reicht!

Mit etwas Anlaufzeit gelang es, das Stuttgarter Beteiligungskonzept digital fortzuführen. So wurde der Fachbeirat und die AG Städtische Ämter und Eigenbetriebe bereits pilotmäßig online durchgeführt. Im Jahr 2021 konnten die Arbeitsgruppensitzungen dann im digitalen Format komplett weitergeführt werden.

Energieleitplanung

Im Rahmen des Stuttgarter Energie- und Klimaschutzkonzepts bildet die Energieleitplanung fundamental ein wichtiges Element für Quartierskonzepte. Ziel ist es, den Energiebedarf zu senken und eine nachhaltige Energieversorgung für die Gesamtstadt sicherzustellen. Durch diese ganzheitliche Betrachtung können vorhandene Energiepotenziale und bestehende Energiesenken vernetzt werden und dadurch ineffiziente Parallelentwicklungen in Quartieren vermieden werden.

Unter Zuhilfenahme des GIS-basierten Energiekatasters wurde eine Strategie für die Gesamtstadt entwickelt. Derzeit werden 56 Fokusgebiete bearbeitet (Bild 23).

1

2

3

4

5

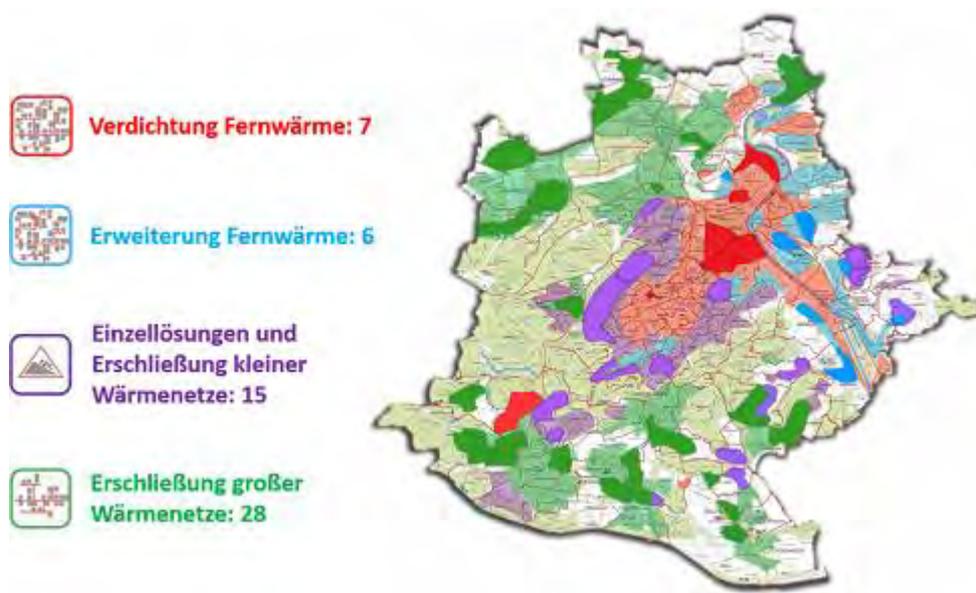


Bild 23 Fokusgebiete der Energieleitplanung

Das optimale Vorgehen, um in diesen Fokusgebieten einen Wandel herbeizuführen, muss anhand der jeweiligen Randbedingungen entwickelt werden. In Bestandsgebieten mit oft homogener Struktur bezüglich Baualter und Energieversorgung 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. Zu Beginn des Jahres 2020 waren vier geförderte KfW-Quartierskonzepte in der Bearbeitung, ein weiteres wurde neu bewilligt und bei zwei Fokusgebieten liefen die Vorbereitungen für die Antragstellung einer Förderung durch die KfW.

Für das Untersuchungsgebiet Degerloch Hoffeld / Tränke konnte die Erstellung eines energetischen Quartierskonzepts bereits 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 im Vorjahr zum Abschluss gebracht. Auch dieses Untersuchungsgebiet wurde im Anschluss in die Phase B des Sanierungsmanagements überführt. Ende 2020 erfolgte die Bewilligung des Förderantrags seitens der KfW.

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 im Vorjahr erfolgreich ein Förderantrag bei der KfW gestellt. Die Bearbeitung erfolgte im Jahr 2020.

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 im Jahr 2019 gestellte Antrag zur Förderung eines energetischen Quartierskonzepts wurde von der KfW ebenfalls bewilligt.

Das Untersuchungsgebiet Winterhalde umfasst den besiedelten Teil des gleichnamigen Stadtteils im Stadtbezirk Bad Cannstatt. Es zeichnet sich durch einen Mix aus Eigentümshäusern und Gebäuden von Wohnungsbauunternehmen aus. Zudem weist dieses Gebiet einen hohen spezifischen Heizwärmebedarf durch die vielen meist älteren Ein- und Zweifamilienhäuser im Nordwesten des Stadtteils auf. Durch die Mitwirkungsbereitschaft eines betroffenen Wohnungsbauunternehmens kann eine große Anzahl Wohneinheiten „aus einer Hand“ energetisch und städtebaulich modernisiert und instandgesetzt werden. Für dieses Gebiet wurde gemeinsam ein Förderantrag für die Phase A bei der KfW gestellt, der im Herbst 2020 bewilligt wurde.

Das Untersuchungsgebiet Möhringen-Ost / Sternhäule liegt in den Stadtteilen Möhringen-Ost und Sternhäule im Stadtbezirk Möhringen. Es zeichnet sich durch eine Vielzahl an Ein-, Zwei- und kleinen Mehrfamilienhäusern aus, die teilweise einen hohen spezifischen Heizwärmebedarf aufweisen. Ein weiterer Aspekt ist darüber hinaus die Untersuchung möglicher energetischer Vernetzungsoptionen des Wohngebiets Möhringen-Ost und den angrenzenden Gewerbebauten im Stadtteil Sternhäule. Dazu wurde bei der KfW ein Förderantrag für die Phase A gestellt, der Anfang 2021 bewilligt wurde.

Das Fokusgebiet Birkenäcker erstreckt sich über weite Teile der Stadtteile Birkenäcker, Altenburg und Pragsstraße im nordwestlichen Bereich des Stadtbezirks Bad Cannstatt. Das Untersuchungsgebiet zeichnet sich durch einen Mix aus Genossenschaftswohnungen und Eigentümshäusern aus sowie vor allem in Altenburg viele meist ältere Ein- und Zweifamilienhäuser mit einem hohen spezifischen Heizwärmebedarf. Durch die Mitwirkungsbereitschaft eines betroffenen Wohnungsbauunternehmens wurde gemeinsam mit einem Ingenieurbüro die Antragsstellung einer KfW-Förderung vorbereitet. Anfang des Jahres 2021 wurde der Antrag bei der KfW eingereicht und durch diese auch bewilligt. Während der Erstellung des energetischen Quartierskonzepts soll eine Nahwärmelösung und somit eine Zentralisierung der Wärmeversorgung untersucht werden.

Die Energieleitplanung ist auch ein wichtiges Instrument bei der Entwicklung neuer Stadtquartiere. Insbesondere, wenn die Stadt die Grundstücke selbst vermarktet, kann sie durch Vorgaben in den Kaufverträgen gezielt Einfluss auf die Energieversorgung und den Energiestandard der Gebäude nehmen. Ein Beispiel für die erfolgreiche Umsetzung einer Nahwärmelösung auf Quartiersebene ist das Olga-Areal, das im Herbst 2019 bezogen wurde. In Umsetzung ist die Nahwärmelösung für das Quartier am Wiener Platz (ehemaliges Schoch-Areal).

Städtische Förderprogramme im Bereich Energie- und Klimaschutz

Das Amt für Umweltschutz hat unterschiedliche Förderprogramme entwickelt, um dem Ziel einer klimaneutralen Stadt näher zu kommen. Diese Förderprogramme werden nachfolgend dargestellt.

1

2

3

4

5

Solaroffensive

Am 13. November 2020 wurde vom Ausschuss für Klima und Umwelt die „Solaroffensive“ beschlossen. Mit dem Förderprogramm unterstützt die Landeshauptstadt Stuttgart Gebäudeeigentümer, Mieter, Pächter und Anlagenbetreiber beim Ausbau der Stromerzeugung durch Solarenergie (Photovoltaik). Das umfangreiche städtische Angebot ist ein Baustein des Aktionsprogramms „Weltklima in Not – Stuttgart handelt“, durch das Klimaschutz-Sofortmaßnahmen in Höhe von 200 Millionen Euro in Stuttgart umgesetzt werden. Die Solaroffensive ist eine wichtige Maßnahme auf dem Weg zur klimaneutralen Stadt.

Beim Bau von PV-Anlagen auf oder an Gebäuden werden begleitende Maßnahmen, wie die Ertüchtigung der elektrischen Installationen, die Einrichtung des Zählerplatzes, das Stellen eines Baugerüsts oder Statikarbeiten gefördert. Da diese Positionen oft sehr kostenintensiv sind, soll die Förderung über die Schwelle zur Umsetzung helfen. Dies gilt insbesondere auch für Mieterstromanlagen, bei denen häufig ein höherer finanzieller Aufwand entsteht, um das notwendige Messkonzept umzusetzen. Der Fördersatz ist dabei abhängig von der Größe der Anlage. Je Kilowatt-Peak (kWp) an installierter Leistung, beträgt der maximale Fördersatz 350 Euro. Wird Photovoltaik über einer Dachbegrünung oder an der Gebäudefassade installiert, erhöht sich der Fördersatz auf bis zu 450 Euro je kWp.



Bild 24 Photovoltaikanlage auf dem Rathaus (Bild: Karl Semle)

Auch die Errichtung von Stromspeichern sowie die Installation von vorgelagerter Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge, jeweils in Verbindung mit PV-Ausbau, wird finanziell unterstützt. Hierbei werden bis zu 1.000 Euro netto je neu errichteter E-Ladeeinrichtung gefördert, die durch die vorgelagerte Ladeinfrastruktur versorgt wird. Für Mieterinnen und Mieter wird zudem die Errichtung von steckerfertigen PV-Anlagen, sogenannten Balkonmodulen, gefördert. Hier wird ein pauschaler Zuschuss zu den Anschlusskosten von 100 Euro je Anlage gewährt. Die Förderung ist mit geltenden und zukünftigen Förderprogrammen des Bundes oder des Landes (BAFA, KfW, L-Bank) kombinierbar, sofern diese das zulassen.

Wärmepumpenprogramm

Gleichzeitig mit der Solaroffensive wurde am 13. November 2020 das „Wärmepumpenprogramm“ vom Ausschuss für Klima und Umwelt beschlossen. Mit dem Förderprogramm unterstützt die Landeshauptstadt Stuttgart Gebäudeeigentümer bei der Anschaffung einer Wärmepumpe.

Eine Wärmepumpe bezieht rund drei Viertel der Energie zum Heizen aus der Umwelt, beispielweise aus dem Erdreich. So können die in hochverdichteten Städten oft begrenzten Potenziale an erneuerbaren Energien besonders effizient gehoben werden. Die Höhe der Förderung ist abhängig von der Nennleistung der anzuschaffenden Wärmepumpe. Je höher die Leistung, desto höher ist der zu erhaltende pauschale Zuschuss. Wärmepumpen können als Energiequelle Geothermie, Abwärme, Abwasserwärme oder Außenluft nutzen. Abhängig von der Art der Wärmequelle gibt es eine Zusatzförderung. Auch der Umstieg auf eine Fußbodenheizung oder eine andere Art von Flächenheizung wird durch einen pauschalen Zuschuss gefördert. Hintergrund ist, dass durch eine Flächenheizung die Vorlauftemperaturen des Heizkreises abgesenkt und somit ein effizienterer Betrieb der Wärmepumpe erreicht werden kann.



Bild 25 Geothermie-Wärmepumpe in Wohngebäude (Bild: KangeStudio@istockphoto.com, bearbeitet: LHS)

Kühlschranksaustauschprogramm

Seit 2019 fördert die Stadt Stuttgart unter dem Motto „Kick den alten Raus“ den Austausch von Kühl- und Gefriergeräten, die älter als 15 Jahre sind. Voraussetzung ist, dass das Neugerät die höchste am Markt verfügbare Energieeffizienzklasse vorweist.

1

2

3

4

5

Insgesamt wurden 2020 im Kühlschranksaustauschprogramm 978 Anträge gestellt und Fördermittel in Höhe von über 137.000 Euro bewilligt. Durch die mit dem Austausch verbundenen Stromeinsparungen werden jährlich rund 74 tCO₂/a vermieden. Unter Annahme einer Lebensdauer eines Gerätes von 30 Jahren, können mit den in 2020 getauschten Geräten somit insgesamt 2.220 tCO₂ eingespart werden und der finanzielle Aufwand beträgt hierbei ca. 60 Euro/tCO₂.

Darüber hinaus soll das Förderprogramm die Bürgerinnen und Bürger im Bereich Stromverbrauch sensibilisieren und zur Umsetzung weiterer Energieeinsparmaßnahmen motivieren.



Bild 26 Flyer des Kühlschranksaustauschprogramms

Energiesparprogramm

Mit dem kommunalen Energiesparprogramm (ESP) fördert die Landeshauptstadt Stuttgart seit 1998 ohne Unterbrechungen Energie einsparende Maßnahmen in privaten Bestandsgebäuden. Bis zum 31. Dezember 2020 wurden mit städtischen Investitionszuschüssen von rund 43,2 Mio. Euro über 22.850 Wohnungen gefördert. Durch die bisher seit 1998 umgesetzten Sanierungsmaßnahmen werden jährlich Emissionen von rund 27.000 tCO₂/a vermieden. Insgesamt gibt es drei Rahmenmöglichkeiten der Förderung:

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

Am 29. Juli 2020 wurde vom Gemeinderat eine Neufassung der Förderrichtlinien des kommunalen Energiesparprogramms beschlossen. Seit der Neufassung der Richtlinien können nun auch Wohnungsbaugesellschaften gefördert werden. Des Weiteren wurden die Fördersätze angehoben und eine Bonusförderung für ökologische Baustoffe eingeführt. Darüber hinaus wurde eine mieterfreundliche Sozialkomponente eingeführt, die bei Inanspruchnahme der Förderung Vermieter dazu verpflichtet, die monatliche Miete innerhalb von sechs Jahren nicht um mehr als 2 Euro je Quadratmeter Wohnfläche zu erhöhen.

Insgesamt wurden 2020 im ESP 535 Anträge gestellt und Fördermittel in Höhe von über 5,5 Mio. Euro bewilligt. Nach Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen bewirken diese jährlich eine Emissionseinsparung von rund 2.600 tCO₂/a.

Ölaustauschprogramm

Im Ölaustauschprogramm wird der Heizungsaustausch von Öl-Kesselanlagen oder Kohleöfen gegen emissionsfreundlichere Energieträger, wie Umwelt- und Fernwärme, Gas und Holzpellets gefördert. Seit Einführung des Ölaustauschprogramms in 2018 ist der Anteil der Haushalte, die noch mit Öl heizen, von 16 % auf 13 % gesunken. Insgesamt wurden mit städtischen Investitionszuschüssen von rund 5,1 Mio. Euro rund 620 Heizungen getauscht. Dadurch werden jährlich Emissionen von rund 4.600 tCO₂/a vermieden.

Im ersten Förderjahr wurden im Ölaustauschprogramm 95 % der Anträge für einen Umstieg von Öl auf Gas gestellt. 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. Mit Erfolg! Im Jahr 2020 lag der Anteil von geförderten Heizungen auf Basis von erneuerbaren Energien bei rund 20 % (19 Pelletheizungen und 28 Wärmepumpen).

Im Jahr 2020 wurden 289 Anträge gestellt und über 2,4 Mio. Euro Zuschüsse bewilligt. Durch die ausgelösten Investitionen in emissionsfreundliche Wärmeerzeugungsanlagen werden jährlich Emissionen von über 1.900 tCO₂/a eingespart.

3.2 Klimaneutralität der städtischen Liegenschaften

Wie im Aktionsprogramm Klimaschutz „Weltklima in Not – Stuttgart handelt“ vorgesehen, wurden 2020 durch die Energieabteilung im Amt für Umweltschutz ausführliche Untersuchungen durchgeführt, wie die städtischen Liegenschaften bis zum Jahr 2030 klimaneutral werden.

In 2018, dem Basisjahr der Analyse, hatten die 1.321 Liegenschaften und 2.334 weiteren Abnahmestellen (z.B. Straßenbeleuchtung) der LHS einen Gesamtstromverbrauch von 202,5 GWh/a und einen Heizenergieverbrauch von 288,9 GWh/a. Die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen lagen bei 70.104 tCO₂/a. Die 3 erforderlichen Schritte, um aus dieser Situation heraus die Transformation zur Klimaneutralität der städtischen Liegenschaften bis 2030 zu erreichen, sind schematisch in Bild 27 dargestellt.

1

2

3

4

5

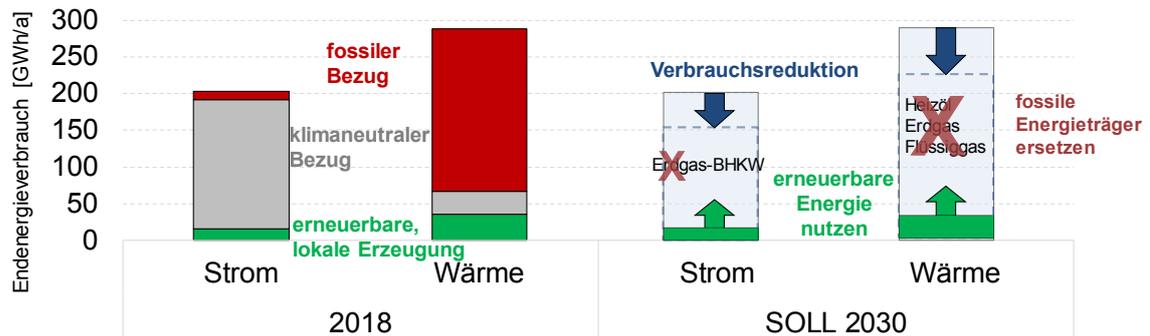


Bild 27 Schematische Darstellung der Transformation zur Klimaneutralität 2030

Dabei handelt es sich um folgende Schritte:

1. Maximale Reduktion des Energieverbrauchs durch
 - a. Sanierungsmaßnahmen (Dämmung, Fenstertausch),
 - b. Effizienzsteigerung (Komponententausch),
 - c. Betriebsoptimierung und Nutzersensibilisierung.
2. Maximale Ausnutzung lokaler erneuerbarer Energien
 - d. im Wärmebereich durch Umgebungswärme, Biomasse, grüne Fernwärme und Solarthermie,
 - e. im Strombereich durch Photovoltaik, Kleinwind und Klärgas-Verstromung.
3. Deckung des Restverbrauchsbezugs mit Ökostrom und biogenem Gas
 - f. einschließlich dem kompletten Austausch von Heizöl und Flüssiggas, auch im Mietbereich
 - g. sowie der Umstellung des verbleibenden Gasbezugs auf 100 % erneuerbare Quellen.

Für die Analyse wurden bei 110 Liegenschaften, die durch die Energieabteilung energetisch betreut werden, alle notwendigen energetischen Maßnahmen abgeleitet. Von diesen Liegenschaften, die 55 % des Endenergieverbrauchs (491,4 GWh/a in 2018) repräsentieren, wurde auf die Gesamtheit aller Liegenschaften hochgerechnet. Tabelle 14 zeigt die erfassten Liegenschaften in den einzelnen Nutzungssegmenten.

Nutzungsart	Endenergieverbrauch 2018 [GWh/a]	Anteil	Erfasste Liegenschaften	Anteil
Schulen	103,8	21 %	32 von 182	18 %
Krankenhäuser	90,9	18 %	3 von 3	100 %
Kläranlagen	65,9	15 %	4 von 4	100 %
Bäder	46,2	9 %	15 von 18	83 %
Wohngebäude	35,5	7 %	5 von 479	1 %
Verwaltungsgebäude	31,5	6 %	12 von 185	6 %
Veranstaltungsgebäude	23,7	5 %	6 von 33	21 %
Stadtbeleuchtung	24,9	5 %	alle erfasst	100 %
Altenpflegeheime	14,3	3 %	6 von 24	25 %
restl. Liegenschaften	54,8	11 %	27 von 616	4 %
Summe	491,4	100 %	110 + 1.718 = 1.828 von 3.655*	

* davon 11 % angemietete Liegenschaften

Tabelle 14 Endenergieverbrauch und erfasste Liegenschaften nach Nutzungsart

Als erstes Beispiel einer betrachteten Liegenschaft zeigt Bild 28 die Rilke Realschule im Stadtbezirk Zuffenhausen.



Bild 28 Luftbild der Rilke Realschule (Bild: GEOLiNE.pro)

Als wesentliche Maßnahmen wurden hier ermittelt:

- Die Verbesserung der U-Werte der Fenster von 2,7 auf 0,9 W/m²K und der Wände von 1 auf 0,2 W/m²K,
- der Tausch des Gaskessels mit 620 kW_{th} durch einen Pelletkessel mit 302 kW_{th},
- die Installation einer PV-Anlage mit 156 kWp, davon 125 kWp auf dem Dach und 31 kWp an der Fassade, mit 80 % Überschusseinspeisung.

Die für die Kita Hausenring 32E (Bild 29) in Stuttgart-Weilimdorf ermittelten wesentlichen Maßnahmen im Zuge eines Ersatzneubaus sind:

- Der Tausch des 40 kW_{th} Gaskessels durch eine 20 kW_{th} Luft-Wasser-Wärmepumpe,
- sowie die Installation einer 40 kWp PV-Anlage mit 59 % Überschusseinspeisung.



Bild 29 Luftbild der Kita Hausenring 32E (Bild: GEOLiNE.pro)

Für das Hallenbad Sonnenberg (Bild 30) wurden folgende Maßnahmen identifiziert:



Bild 30 Hallenbad Sonnenberg (Bild: STB)

- Die Senkung der U-Werte für die Fenster von 2,7 auf 0,9 W/m²K und der Wände von 1 auf 0,2 W/m²K,
- der Tausch des Gaskessels mit 2.800 kW_{th} durch eine Geothermie-Wärmepumpe mit 700 kW_{th} sowie
- die Installation einer Kleinwindanlage mit 6 kW_e und einer PV-Anlage mit 156 kWp, davon 150 kWp auf dem Dach und 6 kWp an der Fassade, mit 20 % Überschusseinspeisung.

Für das Hauptklärwerk Mühlhausen (Bild 31) als besonders große und komplexe Liegenschaft fließen eine Vielzahl an Maßnahmen in die Betrachtung ein.



Bild 31 Hauptklärwerk Mühlhausen

Die wichtigsten Maßnahmen sind dabei:

- Die Sanierung der Biologie Süd mit einer Einsparung von ca. 4.300 MWh_{el}/a,
- die Installation des 3. Klärgas-BHKW und die Erneuerung des Wirbelschichtofens mit einer resultierenden Gesamtleistung der Klärgas-Verstromung von 5.050 kW_{el} sowie
- ein Solarfaltdach mit 2.040 kWp und eine Kleinwindanlage mit 30 kW_{el}.

Für die Betriebsstelle Wangen des Tiefbauamts (Bild 32) wurden berücksichtigt:



Bild 32 Luftbild der Betriebsstelle Wangen (Bild: GEOLiNE.pro)

- Die Verringerung der U-Werte der Fenster von 1,8 auf 0,9 W/m²K und der Wände von 1,2 auf 0,2 W/m²K,
- die Umstellung auf grüne Fernwärme sowie

1

2

3

4

5

- die Installation einer 119 kWp PV-Anlage, mit 98 kWp auf dem Dach und 21 kWp an der Fassade, mit 95 % Überschusseinspeisung.

Für den Bereich Straßenbeleuchtung zeigt Bild 33 beispielhaft die Umrüstung von konventionellen Leuchtmitteln auf LED-Beleuchtung.



Bild 33 Umrüstung von konventionellen Leuchtmitteln auf LED in der Straßenbeleuchtung

Die hier betrachteten Maßnahmen sind:

- Die Umsetzung des LED-Konzepts 2030 mit komplettem Tausch der Stadtbeleuchtung in LED-Technologie sowie
- die Umsetzung der Halbnachtschaltung im Bereich der Hauptstraßen.

In Bezug auf den Endenergieverbrauch ergibt sich die in Bild 34 dargestellte Situation.

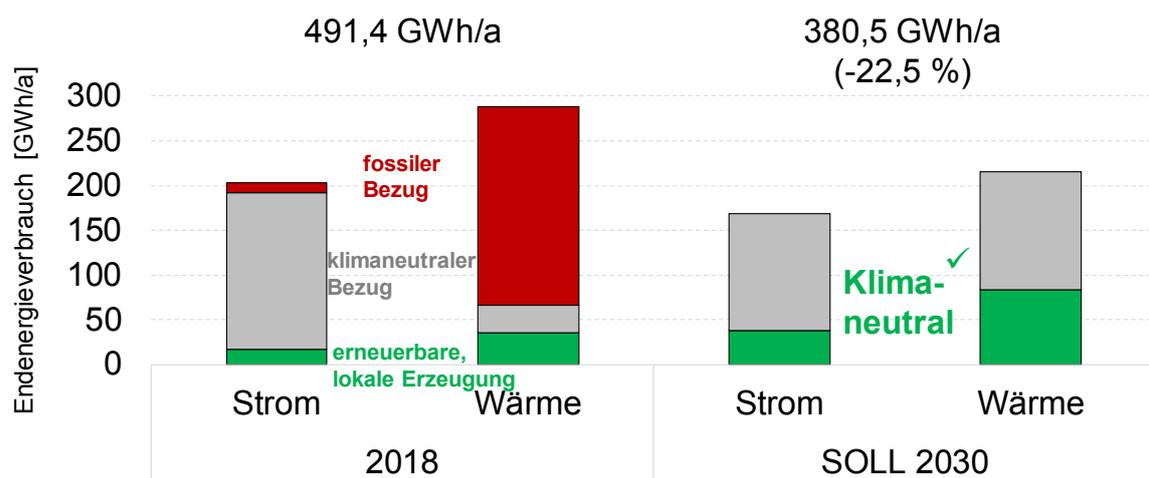


Bild 34 Gesamtergebnis Endenergie

Demnach ist eine Reduktion des Endenergieverbrauchs um 110,9 GWh/a bzw. 22,5 % erreichbar. Dieser kann ausschließlich aus lokalen erneuerbaren Quellen (Anteil ca. 35 %) und klimaneutralem Energiebezug gedeckt werden. Der Einsatz fossiler Energieträger ist nicht mehr erforderlich. Tabelle 15 zeigt in der Übersicht, welche Energiequellen diesen Kategorien zugeordnet sind und hier zum Tragen kommen.

	Strom	Wärme
lokal erneuerbar	Photovoltaik, BHKW (Klärgas), Kleinwind	Umweltwärme, Holzhackschnitzel, BHKW (Klärgas), Solarthermie
klimaneutraler Bezug	Ökostrombezug (außer Wärmepumpen), BHKW (biogener Gasbezug)	Holzpellets, biogenes Gas, BHKW (biogener Gasbezug), Fernwärme (klimaneutraler Bezug), Ökostrombezug für Wärmepumpen
fossil	BHKW (Erdgas)	Erdgas, BHKW (Erdgas), Heizöl, Flüssiggas, Fernwärme (fossil)

Tabelle 15 Übersicht der Zuordnung der betrachteten Energiequellen

Im Ergebnis einschließlich der Hochrechnung auf alle Liegenschaften kann eine Einsparung von 95 % der Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 und eine vollständige Substitution fossiler Energieträger bis 2030 erreicht werden. Hierfür wurden – unter Annahme von Kosten von 2020 – Investitionskosten von ca. 590 Mio. Euro bei jährlichen Energie- und CO₂-Kosten-Einsparungen von zusammen 23,5 Mio. Euro/a ermittelt.

Die durchgeführte Analyse dient der strategischen Analyse und Planung im Zuge einer Gesamtbetrachtung der städtischen Liegenschaften. Sie ersetzt nicht die bei jeder umzusetzenden Sanierung detailliert notwendige und fachgerechte Planung unter Einbeziehung der Nutzer, die im Einzelfall zu erheblich abweichenden Ergebnissen kommen kann. Das Vorgehen und die Inhalte der Analyse wurden in der Arbeitsgruppe städtische Ämter und Eigebetriebe vorgestellt und abgestimmt. Anschließend erfolgte die Präsentation und Diskussion der Ergebnisse im Ausschuss für Klima und Umwelt.

Investitionskosten Klimaneutralität:	589.153.000 Euro*
Jährliche Energie-Kosteneinsparung:	19.596.000 Euro/a
Jährliche CO₂-Kosteneinsparung (65 € pro t CO₂)	3.919.000 Euro/a

* Mehrkosten aufgrund von energetischen Maßnahmen

Tabelle 16 Ergebnisse der Hochrechnung

Die grundlegenden Ergebnisse der Analyse wurden in die darauffolgenden Beratungen zum Doppelhaushalt 2022/23 einbezogen, wobei entsprechende Finanzmittel für die klimaneutrale Sanierung für die Jahre bis 2030 beschlossen wurden.

3.3 Energiedienst Heizung

Im Energiedienst Heizung wurde 2020 insgesamt 237 Anlagen in der Verbrauchsüberwachung und Betriebsoptimierung betreut. Gegenüber dem Vorjahr konnte die Anzahl der betreuten Liegenschaften um 7 Objekte gesteigert werden.

Die beheizte Fläche der im Energiedienst betreuten Gebäude beträgt 1.433.496 m² und liegt mit einem Anteil von 60,2 % über der Hälfte der insgesamt zu beheizenden Fläche aller städtischen Liegenschaften (2.382.535 m²). Insgesamt wurden 172.045 MWh/a witterungsbereinigte Heizenergie zur Deckung des Raumwärme- und Warmwasserbedarfs für die im Energiedienst erfassten Gebäude benötigt. Dies entspricht einem Anteil von 70,5 % des Heizenergieverbrauchs aller städtischen Liegenschaften (Tabelle 17).

ENERGIEDIENST HEIZUNG	Jahr 2019		Jahr 2020	
Gesamte Beheizte Fläche m ²	2.376.848	100,0 %	2.382.535	100,0 %
Beheizte Fläche im Energiedienst m ²	1.414.065	59,5 %	1.433.496	60,2 %
Heizenergieverb. im Energiedienst MWh	178.022	67,6 %	172.045	70,5 %
Anzahl der betreuten Anlagen	230		237	
Heizenergieeinsparung [MWh]	124.607	38,5 %	116.937	37,7 %
Kosteneinsparung [€]	8.086.367		8.132.344	

Tabelle 17 Energiedienst Heizung der Jahre 2019 und 2020

Die Heizenergieeinsparung der im Energiedienst betreuten Liegenschaften verringerte sich gegenüber 2019 leicht von 124.607 MWh (2019) um 0,8 % auf 116.937 MWh (2020). Der Rückgang der Energieeinsparung ist v.a. auf das vermehrte Lüftungsverhalten als Infektionsschutzvorkehrung während der Corona-Pandemie zurückzuführen. Während der Heizperiode mussten die Arbeitsräume nach dem Intervalllüften nachgeheizt werden. Die durch die Heizenergieeinsparung resultierende Kosteneinsparung erhöhte sich durch ansteigende Energiepreise gegenüber 2019 um 0,6 % auf 8,132 Mio. Euro.

In Tabelle 18 ist die Anzahl der betreuten Liegenschaften absolut und bezogen auf die Gesamtfläche sowie die witterungsbereinigte Heizenergieeinsparung inklusive der Kosteneinsparung von 2019 und 2020 nach den gebäudenutzenden Ämtern und Eigenbetriebe zusammengestellt.

Gebäude nutzendes Amt	Anzahl und Flächenanteil betreuter Liegenschaften		Einsparung 2019			Einsparung 2020		
	2019	2020	Energie		Kosten €/a	Energie		Kosten €/a
			MWh/a	%		MWh/a	%	
Hauptamt	1 83 %	1 83 %	1.146	30,6	119.038	871.355	23,3	87.632
Bezirksämter	4 10 %	5 15 %	585	57,8	30.134	537.529	39,2	28.389
Liegenschaftsamt	9 32 %	8 26 %	2.416	29,3	261.297	2.495.474	31,4	271.340
Amt für öffentl.Ordnung	1 14 %	2 48 %	609	60,1	31.662	601.683	31,0	31.986
Amt für Umweltschutz	1 100 %	1 100 %	153	28,1	16.227	93.930	17,3	10.448
Branddirektion	4 24 %	5 26 %	1.213	27,2	91.577	941.160	20,8	71.338
Schulverwaltungsamt	143 82 %	145 83 %	62.505	42,8	4.511.708	61.659.340	41,7	4.378.397
Kulturamt	5 67 %	5 67 %	99	4,5	5.564	210.437	8,1	16.921
Sozialamt	2 1 %	2 1 %	0	0,0	0	0	0,0	0
Jugendamt	17 14 %	18 14 %	1.411	39,8	79.254	1.645.523	43,1	94.542
Amt für Sport und Bewegung	5 60 %	5 53 %	1.169	29,1	57.558	1.798.511	44,2	110.565
Gesundheitsamt	1 100 %	1 98 %	1.838	69,1	208.472	1.812.895	68,1	210.296
Krankenhäuser	3 94 %	3 92 %	12.235	20,4	620.282	12.411.051	21,1	625.165
Tiefbauamt	2 25 %	2 24 %	605	53,6	84.212	538.618	47,7	82.031
Garten-, Friedhofs- und Forstamt	4 56 %	5 51 %	592	10,3	36.745	889.767	15,3	57.612
Eigenb. Abfallwirtschaft	3 70 %	3 63 %	2.262	41,0	198.530	2.399.437	43,4	210.301
Eigenb. STB	16 92 %	16 80 %	27.300	47,6	1.266.471	19.627.497	48,0	1.271.135
Eigenb. Leben und Wohnen	9 87 %	9 86 %	8.468	51,7	467.638	8.402.616	51,3	574.247
Stuttgarter Jugendhaus gGmbH	0 0 %	1 11 %	---	---	---	0	0,0	0
G E S A M T	230	237	124.607	38,5	8.086.367	116.936.823	37,7	8.132.344

Tabelle 18 Einsparungen im Energiedienst Heizung nach Ämtern und Eigenbetrieben

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 absolute Einsparung an Heizenergie in den Liegenschaften des Schulverwaltungsamts erreicht und ist durch die hohe Anzahl von insgesamt 160 Schulliegenschaften mit über 800 Gebäuden bedingt.

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

Auswirkungen der Corona-Pandemie auf den Wärmeverbrauch

Das Jahr 2020 war geprägt von Maßnahmen, die eine Ausbreitung der Corona-Pandemie verhindern sollten. Als eine der ersten Maßnahmen wurde am 18.03.2020 die Schließung der Schulen angeordnet. Weitere Maßnahmen waren u.a. die Absage von Großveranstaltungen und das Arbeiten der Mitarbeitenden von Zuhause aus.

Die angeordneten Maßnahmen haben Auswirkungen auf den Wärmeverbrauch der betroffenen Liegenschaften. Besonders hohe Verbrauchsrückgänge waren aufgrund des Lockdowns bei den Bädern, Veranstaltungsgebäude und Sportstätten zu verzeichnen. Die Schließzeiten im Frühjahr 2020, sowie der reduzierte Betrieb im Dezember wirkten sich mit Einsparungen von bis zu 40 % gegenüber dem Vorjahr aus.

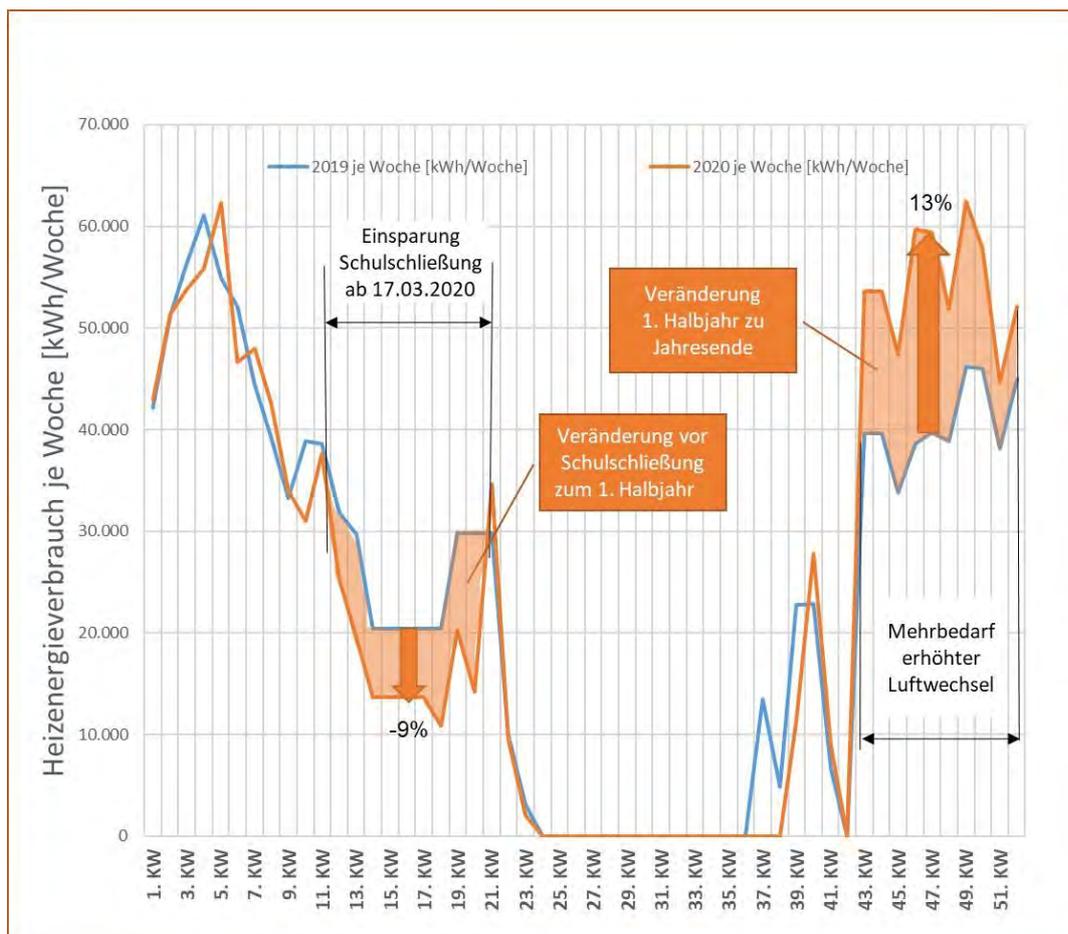


Bild 35 Witterungsbereinigter Wärmeverbrauch einer Schule in 2020

Bei Schulen konnte, trotz der Schließzeiten kein nennenswerter Verbrauchsrückgang festgestellt werden. Eine nähere Verbrauchsanalyse zeigt, dass die Wärmeeinsparung im Frühjahr durch den Mehrverbrauch an Heizwärme im Winter durch verstärktes Lüften über offene Fenster in etwa aufgehoben wird (Bild 35).

Typische Heizenergieverbrauchsverläufe von insgesamt 24 Schulen zeigt Bild 36. Die Einsparungen im Wärmeverbrauch im Frühjahr liegen zwischen -2 % und -22 %, wohingegen der Mehrverbrauch im Winter zwischen +2 % und +20 % liegt. In Summe heben sich die Einflüsse auf.

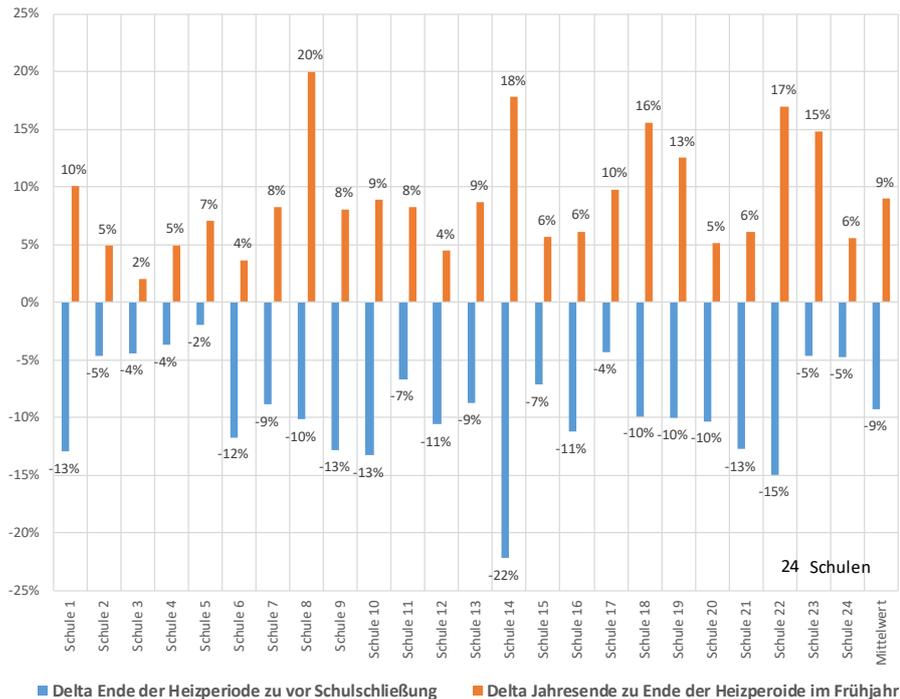


Bild 36 Einfluss der Coronamaßnahmen auf den Heizenergieverlauf in Schulen

In einzelnen Schulen kam es auch während der Schließzeit im Frühjahr nur zu geringen Verbrauchsrückgängen im Vergleich zum Vorjahr. Meist wurde der Notbetrieb für Kinder, deren Eltern in systemrelevanten Berufen arbeiten, als Begründung angeführt. Dabei hielten sich oft nur einige Personen in den Schulgebäuden auf. Aufgrund des Anspruchs auf ein abwechslungsreiches Angebot wurden teilweise mehrere Bereiche in der Schule (Turnhalle, Aula, Klassentrakt und Mensa) beheizt. Zudem stellte sich die eingeschränkte Regelbarkeit einzelner Schulbereiche als Problem heraus. Häufig musste aufgrund der geringen Anzahl von Heizgruppen bei der Wärmeverteilung oder verbauter Thermostatventile, die als Behördenmodelle ausgeführt sind, größere Schulflächen beheizt werden. Behördenmodelle sind spezielle Thermostatventile, die robust gegen Vandalismus gebaut sind und können nicht über eine Solltemperatur von 20-22 °C aufgedreht werden. Diese Modelle haben für Nutzer*innen bewusst den Nachteil, dass sie ohne Spezialwerkzeug nicht verstellt werden können. Die Behördenmodelle wurden im Winterbetrieb zum Hindernis von energiebewussten Nutzern*innen, die die Heizung bei geöffneten Fenster abdrehen wollten, da dies bei den Behördenmodellen nicht möglich ist.

Als die Schulen im Herbst im „Normalbetrieb unter Corona“ wieder öffneten, war eine der wichtigsten Hygieneregeln das Stoßlüften in einem Zeitintervall von 20 Minuten für eine Dauer von 5 Minuten. In der Praxis führt das aktive Fensterlüften zu Störungen des Lehrbetriebs sowie zu massiven Zugerscheinungen

insbesondere bei den Personen, die sich an der Fensterreihe aufhalten. Zudem wurde festgestellt, dass einige Schulen über nicht genügend öffnensfähige Fensterquerschnitte verfügen.

Da eine Schulgemeinschaft sehr verunsichert war, ob die bauliche Situation einen hygienischen Luftwechsel ermöglicht, wurde sie vom Amt für Umweltschutz mit einer Messkampagne unterstützt. Bei der Messkampagne sollten die Lehrkräfte das Lüftungsgeschehen während des Unterrichts notieren. Wie viele Fenster wurden in welchem Zeitraum geöffnet? Wurde die Klassenzimmertür und mögliche Außenfenster im Flur während der Lüftung geöffnet? Gleichzeitig wurde die Raumlufttemperatur und die CO₂-Konzentration der Klassenzimmer gemessen. Für die Infektionsgefahr sind die Aerosole in der Luft maßgeblich, die aber nur sehr aufwändig gemessen werden können, daher wird der CO₂-Anteil der Luft oft als Maß für die Lufthygiene herangezogen. Bild 37 zeigt die CO₂-Konzentration und Raumlufttemperatur eines Schultags. Rot eingefärbt ist das „Toleranzfeld T“ des Behaglichkeitsfelds für die Raumtemperatur entsprechend den Vorgaben der Lüftungsnorm nach der DIN 1946. Das „Toleranzfeld CO₂“ zeigt in Gelb die mittlere Kategorie der CO₂-Konzentration der Luft nach der Arbeitsstättenrichtlinie. Diese fordert, dass in einem Konzentrationsbereich zwischen 1.000 und 2.000 ppm das Lüftungsverhalten geprüft und verbessert werden muss, sowie die Verantwortlichkeit für einen Lüftungsplan zu klären ist.

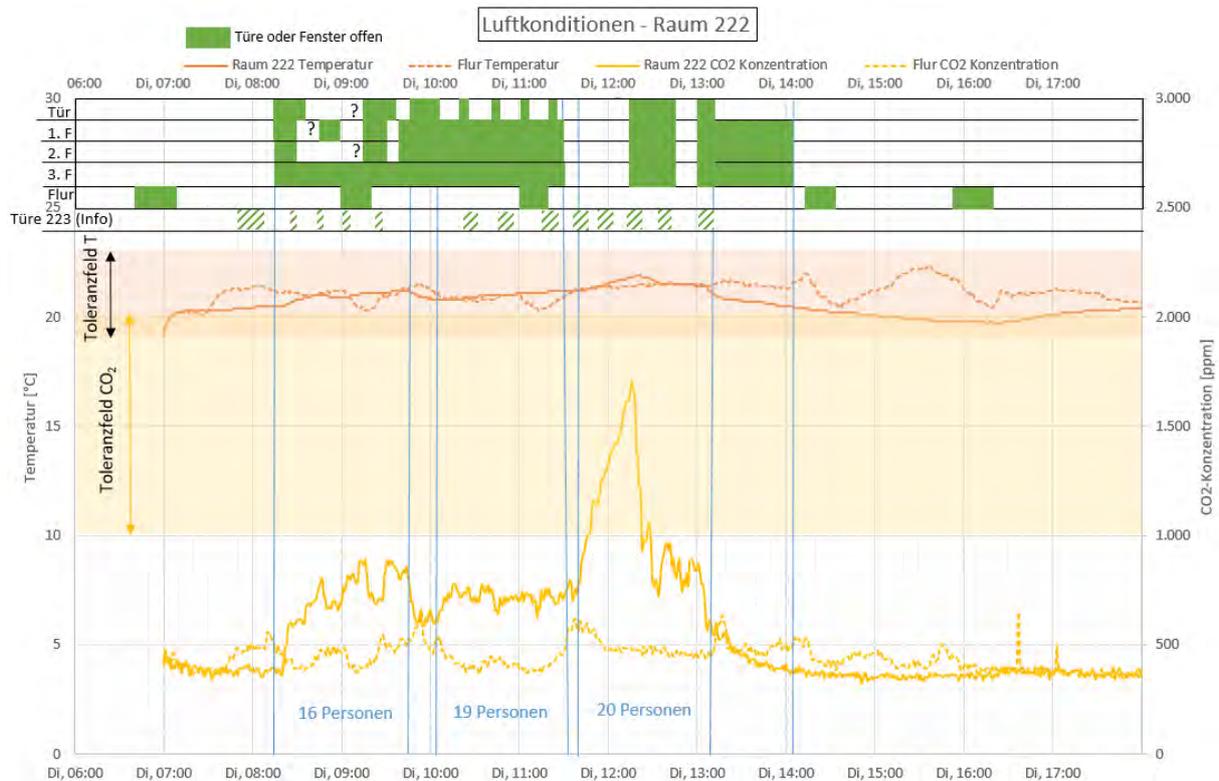


Bild 37 CO₂-Konzentration und Raumlufttemperatur mit Lüftungsverhalten

Beim zyklischen Lüften (in der Zeit von 8.00 bis 9.30 Uhr) wird während des Lüftungsvorgangs ein Fenster geöffnet. Dabei wurden CO₂-Konzentrationen von 700 ppm gemessen. Im Vergleich dazu, ist beim Dauerlüften (von 10.00 bis 11.30 Uhr) ein Fenster ständig geöffnet. Dieser Lüftungsvorgang zeigte keine nennenswerten Verbesserungen der CO₂-Konzentration gegenüber dem zyklischen Lüftungsverhalten. In der Zeit von 11.40 bis 12.20 Uhr wurde der Raum nicht gelüftet. Hier zeigt der Messverlauf, dass die CO₂-Konzentration schnell auf bis 1.700 ppm ansteigt. Nach 10 Minuten Lüften konnte die CO₂-Konzentration auf unter 1.000 ppm reduziert werden. Die Messung zeigt, dass das Lüften über geöffnete Fenster auch in dieser konkreten baulichen Situation möglich ist, aber auch die große Verunsicherung der Lehrkräfte. In

der Regel werden die Klassenzimmer eher länger gelüftet als empfohlen. Dieses Verhalten zeigt sich auch in der Auswertung der 24 Schulen (Bild 37), bei denen Mehrverbräuche der Raumwärme von bis zu 20 % festgestellt wurden, die durch das längere Lüften bedingt sind.

Das Lüftungsverhalten wirkt sich stark auf den Energieverbrauch aus. Um die Schulen in einem effizienten Lüftungsverhalten zu unterstützen, hat die Landesregierung Mittel zur Beschaffung u.a. von CO₂-Ampeln zur Verfügung gestellt. Lüften sollte so häufig wie nötig erfolgen, allerdings sind unnötige Auskühlungen zu vermeiden. Dauerhaft geöffnete Fenster sind zu unterbinden. Das Lüften in der Pause führt häufig dazu, dass Fenster in Klassenzimmern, die keine Folgenutzung haben über Stunden geöffnet bleiben. Es sind folgende Empfehlungen zu beachten, wobei im Zweifelsfall die Gesundheit der betroffenen Personen stets Vorrang hat gegenüber dem Energiesparen.

- Lüften soll möglichst mit weit geöffneten Fenstern und, falls möglich, mit geöffneten Türen erfolgen
- Lüften soll zu Beginn und zum Ende einer Unterrichtsstunde durchgeführt werden
- Lüften soll nach spätestens 20 Minuten erfolgen. Im Bedarfsfall sind CO₂-Ampeln einzusetzen
- die Lüftungsdauer beträgt ca. 5 Minuten. Je kälter die Außenluft, desto schneller ist die Raumluft ausgetauscht
- Fenster sind zu schließen, falls eine Folgenutzung des Klassenzimmers unbekannt ist
- während des Lüftens sollte das Thermostatventil unterhalb des entsprechenden Fenster abgedreht oder im Falle von Behördenmodellen vor Kaltluft geschützt werden.

Abwärmennutzung in der Eiswelt und Neubau der Plusenergiesporthalle Waldau

Das Eissportzentrum auf der Waldau wurde 1961 durch den TEC Waldau als Freiluftbahn gebaut und am 6. Dezember 1962 von der Stadt Stuttgart übernommen. Im Jahr 1977 wurde sie überdacht und 2011 umfangreich saniert. Sie fasst seit der Sanierung 3.000 Zuschauer*innen. Neben der Eiswelt wurde 2020 die Sporthalle Waldau errichtet, eine moderne Dreifeld-Sporthalle in Holzbauweise mit Funktionsbereichen, Büros und einer Indoor-Kletterlandschaft. Beide Gebäude sind im Bild 38 zu erkennen.



Bild 38 Luftbild Eiswelt (links) und Rohbau Sporthalle (rechts)

Für die Eiswelt mit den beiden Eisflächen liegt der jährliche Erdgasverbrauch bei rund 1.500 MWh/a. Die Wärmeerzeugung für die Hallen- und Gebäudeheizung sowie die Warmwasserbereitung erfolgt über Solarthermie, ein erdgasbefeuertes Blockheizkraftwerk (BHKW) und einen Gaskessel.

Der Stromverbrauch wurde infolge von Optimierungen im Rahmen der Umbaumaßnahmen von 2011 und der Beleuchtungssanierungen von 1.627 MWh/a auf 1.100 MWh/a (2019) reduziert. Rund die Hälfte des Stromverbrauchs wird für die Kälteerzeugung durch vier Kältemaschinen zur Kühlung der beiden Eisflächen

aufgewandt. Die dabei anfallende Abwärme (1.400 MWh/a) wurde bis 2019 nahezu komplett über zwei Kühltürme auf dem Dach an die Umgebungsluft abgegeben.

Die Kühltürme entsprachen nicht länger dem Stand der Technik und mussten ersetzt werden. Während der Planung der neuen Kühltürme wurde auf der gegenüberliegenden Straßenseite die Konzeption der neuen Sporthalle Waldau begonnen. Das Amt für Umweltschutz entwickelte zusammen mit dem Sportamt und den Planungsteams der beiden Projekte ein Energiekonzept für beide Gebäude. Hauptziel war, beide Gebäude mit der Abwärme aus der Eisbereitung zu beheizen und für den Sporthallenneubau einen klimaneutralen Betrieb zu ermöglichen. Im Ergebnis wurde ein Energieverbund realisiert, wie er in Bild 39 schematisch dargestellt ist.

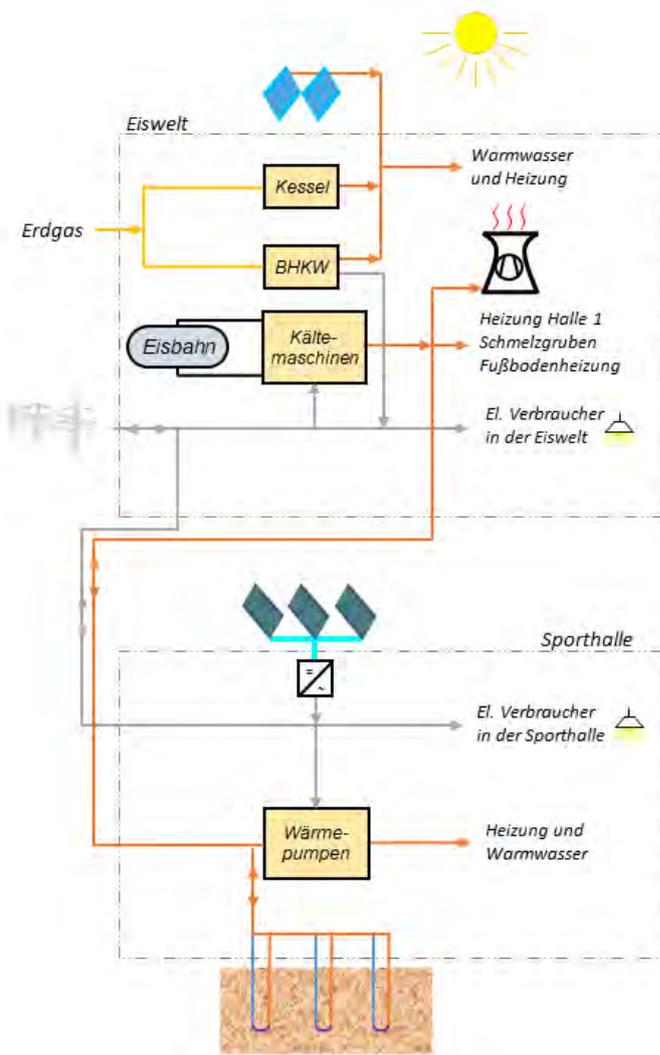


Bild 39 Energieflussschema Energieverbund Eiswelt und Sporthalle (orange: Wärme, grau: Strom)

In der Eiswelt werden zur Wärmeerzeugung für Trinkwarmwasser und Raumwärme Solarthermie (Fläche 25 m²), Gaskessel (Wärmeleistung 1,2 MW) und BHKW (elektrische Leistung 70 kW_{el}, thermische Leistung 115 kW_{th}) eingesetzt. Die Abwärme aus den Kältemaschinen, die bislang lediglich für die Schmelzgruben eingesetzt wurde, versorgt nun an ein separates Wärmenetz. Angeschlossen an dieses Abwärmenetz sind

- die Beheizung der Halle 1 über die dortige Lüftungsanlage,

1

2

3

4

5

- die Schmelzgruben zum Abschmelzen des abgehobelten Eises,
- die Fußbodenheizung in den Funktionsbereichen und
- die Wärmeleitung zur Sporthalle.

Überschüssige Abwärme wird über das neue Rückkühlwerk auf dem Dach der Eiswaelt an die Umgebung abgegeben. Die Anlieferung des Rückkühlwerks ist in Bild 40 zu sehen.



Bild 40 Anlieferung des neuen Rückkühlwerks

Für die Warmwasserbereitung und diejenigen Heizkreise, die höhere Temperaturen benötigen, wird weiterhin die Wärmeversorgung aus Solarthermie, BHKW und Gaskessel eingesetzt. Langfristig sollen weitere Wärmeverbraucher an das Abwärmenetz angeschlossen werden, u.a. die Lüftungsanlage der Halle 2.

Der Strombedarf der Kältemaschinen und der sonstigen elektrischen Verbraucher in der Eiswaelt wird gedeckt aus

- dem BHKW in der Eiswaelt,
- der PV-Anlage auf dem Dach der Sporthalle (179 kWp) über das Erdkabel des Stromverbunds und
- aus dem öffentlichen Netz. Dorthin werden auch eventuelle Überschüsse bei der Stromproduktion aus BHKW und PV-Anlage eingespeist.

Sowohl das Erdkabel des Stromverbunds als auch die Nahwärmeleitung zwischen den beiden Gebäuden (Bild 41) können in beide Richtungen genutzt werden. Das bedeutet im Strombereich, dass bei geringer PV-Stromproduktion auf der Sporthalle der dortige Strombedarf aus dem BHKW und dem Hausanschluss der Eiswaelt gedeckt wird. Im Wärmebereich kann überschüssige Abwärme über die Erdsonden ins Erdreich eingespeichert und bei Bedarf von dort wieder entzogen werden.



Bild 41 Nahwärmeleitung und Erdkabel zwischen Eiswelt (rechts) und Baustelle der Sporthalle Waldau (links)



Bild 42 Bohrung der ersten Erdwärmesonde auf dem Baufeld der Sporthalle Waldau

Die Wärmeversorgung der Sporthalle erfolgt über zwei Wärmepumpen mit jeweils 76 kW Heizleistung. Sie werden, je nach Verfügbarkeit, mit Abwärme aus der Eiswelt oder mit Erdwärme aus den 14 Erdwärmesonden unter der Tiefgarage der Sporthalle betrieben. Die Bohrung für die erste Erdwärmesonde ist auf Bild 42 zu sehen.

Die Regeneration der Erdsonden im Sommer erfolgt durch die Abwärme der Eiswelt und dadurch, dass im Sommer Wärme aus dem Gebäude ins Erdreich geleitet und das Gebäude damit konditioniert wird.

1

2

3

4

5

Warmwasserbereitung in der Sporthalle

Für die Warmwasserbereitung der Sporthalle wurde ein Konzept realisiert, das es in dieser Form bei den Gebäuden der Landeshauptstadt Stuttgart bislang nicht gab. In der Regel wird Warmwasser in den Heizzentralen der Gebäude erwärmt und in Warmwasserspeichern bis zur Entnahme gespeichert. Eine Zirkulationsleitung mit Pumpe sorgt dafür, dass an jeder Zapfstelle zu jedem Zeitpunkt warmes Wasser bereitsteht. Um einer Verkeimung mit Bakterien im Wasser vorzubeugen, muss das gespeicherte und das zirkulierende Wasser dauerhaft auf 60 °C gehalten werden, obwohl für die Nutzung, zum Beispiel in Duschen, eine Temperatur von etwa 45 °C ausreicht. Die für die hohen Warmwassertemperaturen erforderlichen dauerhaft hohen Vorlauftemperaturen der Wärmepumpen senken deren Effizienz.

In der Sporthalle wird das Warmwasser daher nur bei Anforderung und direkt im Bereich der Verbraucher erzeugt. Dafür sind in den Duschbereichen Frischwasserstationen installiert. Dabei handelt es sich um Wärmetauscher, die einseitig mit Heizungswasser durchströmt werden und damit kaltes Trinkwasser auf die benötigte Temperatur erwärmen. Die Leitungslänge zwischen Frischwasserstation und Warmwasserverbraucher ist dabei so kurz, dass das Warmwasser auch ohne Zirkulation zeitnah verfügbar ist. Damit auch die Heizungsleitungen nur dann betrieben werden, wenn tatsächlich Warmwasser benötigt wird, gibt es in allen Duschbereichen Bedarfstaster. Diese müssen etwa eine Minute vor der Nutzung betätigt werden.

Durch den Wärme- und Stromverbund ergeben sich folgende Vorteile:

- An feuchtheißen Tagen funktioniert die Rückkühlung der Kältemaschinen über die Kühltürme nur unter großem elektrischen Energieeinsatz. Diese Leistungsspitzen können teilweise ins Erdreich geleitet werden, wodurch die Kühltürme entlastet werden.
- Der Stromverbund sorgt dafür, dass die für eine Sporthalle relativ große PV-Anlage wirtschaftlich effizient betrieben werden kann. Hintergrund hierfür ist, dass die PV-Stromerzeugung zum Großteil in der Eisswelt verbraucht wird, wodurch sich der Netzstrombezug verringert.
- Die Abwärme fällt auf einem Temperaturniveau von etwa 25 bis 30 °C an. Gegenüber einer sonst üblichen Wärmequelle wie Erdwärme oder Außenluftwärme ist dies ein hoher Wert. Dadurch arbeiten die Wärmepumpen in der Sporthalle besonders effizient.

Das neue Rückkühlwerk und die Abwärmenutzung in der Eisswelt sind seit Sommer 2019 in Betrieb. Coronabedingt gibt es noch keine komplette Betriebssaison um deren Energieverbräuche mit früheren Jahren abzugleichen. Um die wirtschaftlichen und ökologischen Ergebnisse abzuschätzen, wird für die Maßnahmen in der Eisswelt der Zeitraum vom 1. September 2019 bis zum Jahresende mit dem gleichen Zeitraum des Vorjahres verglichen und auf ein Witterungs-Normjahr umgerechnet. Damit ergibt sich eine jährliche Einsparung von 815.000 kWh/a Gasbezug, 77.000 kWh/a Strombezug und eine Treibhausgasemissionsminderung von rund 204 tCO₂/a. Das bedeutet eine finanzielle Einsparung von ca. 59.000 Euro/a jährlich. Die Investitionskosten von ca. 745.000 Euro wurden über das Förderprogramm „Klimaschutz-Plus“ des Landes-Umweltministeriums mit rund 139.000 Euro bezuschusst. Die für die Stadt verbleibenden Investitionskosten von 606.000 Euro amortisieren sich in 10,3 Jahren.

Die Sporthalle wird seit dem Winter 2020/2021 nur unter Coronabedingungen genutzt. Es existieren daher keine Verbrauchsmessungen, die für einen regulären Betrieb repräsentativ sind. Im Zuge der Konzeption für die Plusenergie-Sporthalle wurde berechnet, dass das gewählte Energiekonzept gegenüber einer Vergleichsvariante aus Luft-Wasser-Wärmepumpe und Gasspitzenlastkessel 1,3 Mio. Euro Mehrinvestitionskosten für die klimaneutrale Energieversorgung verursacht. Dies entspricht einem Anteil von etwa 9,5 % der gesamten Investitionskosten für die Sporthalle.

Austausch der Fernwärmetauscher im Königin-Katharina-Stift

Das Königin-Katharina-Stift Gymnasium wurde 2016 aufgrund der Personalaufstockung im Energiemanagement in den Energiedienst Heizung aufgenommen. Das Königin-Katharina-Stift Gymnasium wurde 1818 errichtet, besteht aus zwei Gebäudeteilen und wird von 600 Schülern besucht. Die Schule wird mit Fernwärme versorgt. Bild 43 stellt das Hauptgebäude des Königin-Katharina-Stifts und Bild 44 den Heizkreisverteiler im Heizungskeller der Schule dar.



Bild 43 Königin-Katharina-Stift mit Blick auf das Hauptgebäude **Bild 44** Heizkreisverteiler zur Wärmeverteilung

Bereits im April 2010 begannen umfangreiche Umbauarbeiten, wie der Einbau einer mechanischen Be- und Entlüftungsanlage, der Austausch der Fenster sowie der Einrichtung einer Mensa. Im Dezember 2019 musste der alte Rohrbündelwärmetauscher der Fernwärme aufgrund starker Verschlammung im Inneren ausgetauscht werden. Es wurde ein platzsparender Plattenwärmetauscher eingebaut. Im Zuge dieser Arbeiten wurde auch die Heizungsregelung modernisiert. Dies führte dazu, dass der Heizkennwert ab Januar 2020 (Bild 45) von 75,7 kWh/m²a auf 69 kWh/m²a zurückging. Der durchschnittliche Wärmeverbrauch (Bild 46) betrug vor dem Umbau 440.000 kWh/a und konnte durch die Umbaumaßnahme ergänzt mit zusätzlicher Betriebsoptimierung auf 418.000 kWh/a gesenkt werden.

Durch die Optimierung konnte ein Minderverbrauch von ca. 22.000 kWh/a und eine Kosteneinsparung von ca. 1.800 Euro/a erreicht werden. Der CO₂-Ausstoß wurde dabei um 3.520 kg/a reduziert.

1

2

3

4

5

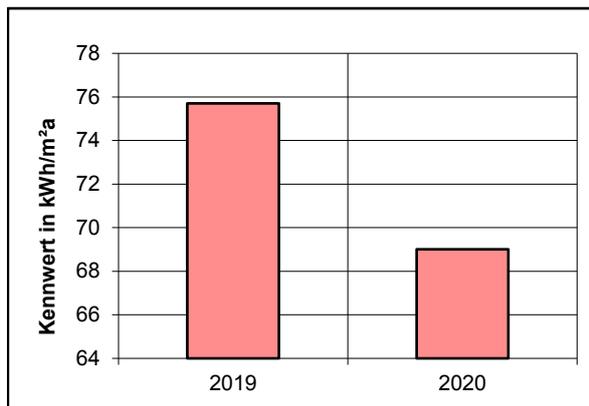


Bild 45 Heizkennwert von 2019 und 2020

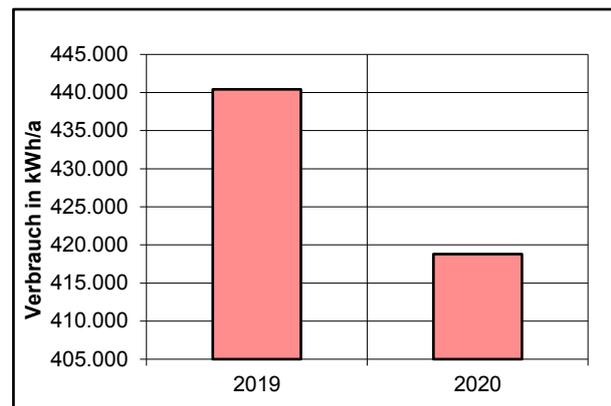


Bild 46 Wärmeverbrauch in 2019 und 2020

3.4 Energiedienst Strom

Im Energiedienst Strom werden schwerpunktmäßig Liegenschaften mit hohem Stromverbrauch und mit Eigenerzeugungsanlagen überwacht und energetisch weiterentwickelt. Im Jahr 2020 wurde mit 122 überwachten Liegenschaften eine Liegenschaft mehr als im Vorjahr betreut. Das ebenfalls im Energiedienst Strom überwachte Hauptklärwerk Mühlhausen ist in Tabelle 19 und Tabelle 20 aufgrund des unverhältnismäßig hohen Verbrauchs als einzelne Liegenschaft nicht enthalten, da betriebsbedingte Verbrauchsschwankungen der Hauptkläranlage die Ergebnisdarstellung im Energiedienst überlagern könnten.

Tabelle 19 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 26.966 m² bzw. 2,8 % ab. Die Stromverbrauchseinsparung lag 2020 im Vergleich zu 2019 um 714 MWh bzw. 5,6 % niedriger. Die durch die Stromeinsparung resultierende Kosteneinsparung lag 2020 bei 1,993 Mio. Euro. Die im Energiedienst befindlichen Gebäude haben einen Flächenanteil von 38,9 % der Gesamtfläche aller städtischen Liegenschaften.

ENERGIEDIENST STROM	Jahr 2019		Jahr 2020	
	Fläche im Energiedienst [m²]	953.231	40,4 %	926.265
Gesamte Fläche [m²]	2.358.540	100,0 %	2.382.635	100,0 %
Anzahl der betreuten Anlagen	121		122	
Stromverbrauchseinsparung [MWh]	12.820,275	14,1 %	12.106,181	14,4 %
Kosteneinsparung [€]	2.705.890		1.992.919	

Tabelle 19 Energiedienst Strom der Jahre 2019 und 2020

In Tabelle 20 sind die Einsparungen im Energiedienst Strom der einzelnen Ämter und Eigenbetriebe dargestellt.

Gebäude nutzendes Amt	Anzahl und Flächenanteil betreuter Liegenschaften		Einsparung 2019			Einsparung 2020		
	2019	2020	Energie MWh/a	Energie %	Kosten €/a	Energie MWh/a	Energie %	Kosten €/a
Hauptamt	1 46 %	1 46 %	350,5	26,6	72.098	80,5	6,1	17.171
Bezirksämter	2 4 %	2 4 %	0,0	0,0	0	4,5	3,1	1.203
Liegenschaftsamt	8 26 %	8 24 %	754,7	15,0	154.334	649,3	14,6	138.274
Amt für öffentliche Ordnung	1 15 %	1 15 %	53,5	29,0	11.993	34,2	18,6	7.816
Branddirektion	1 7 %	1 14 %	0,0	0,0	0	135,1	9,4	28.375
Schulverwaltung	59 47 %	59 43 %	1.106,3	8,4	194.824	989,6	8,9	151.409
Kulturamt	3 56 %	3 56 %	263,0	9,9	56.035	400,6	15,1	85.492
Jugendamt	8 4 %	8 9 %	118,3	65,7	7.673	110,7	60,6	5.668
Amt für Sport und Bewegung	5 60 %	5 48 %	740,5	31,2	166.046	520,9	30,6	119.763
Tiefbauamt	0 0 %	1 *)	----	---	---	0,0	0,0	0
Krankenhäuser	2 98 %	2 100 %	1.488,2	4,0	296.511	2.346,4	6,3	291.642
Garten-, Friedhofs- und Forstamt	3 19 %	3 19 %	215,4	20,6	44.438	236,5	22,6	48.908
Eigenb. Abfallwirtschaft	2 9 %	2 10 %	9,6	9,0	2.397	9,4	8,9	2.472
Eigenb. Leben und Wohnen	8 58 %	8 80 %	711,8	20,4	157.951	631,8	18,1	145.787
Eigenb. STB	15 85 %	15 85 %	3.238,8	24,3	688.283	1.966,2	24,1	452.504
Stadtentwässerung Stuttgart	3 *)	3 *)	3.769,5	34,5	853.306	3.990,4	36,5	496.435
GESAMT	121	122	12.820,3	14,1	2.705.890	12.106,2	14,4	1.992.919

*) Flächenangabe bei Tunnelgebäuden und Klärwerken nicht verbrauchsrelevant

Tabelle 20 Energiedienst Strom – Zusammenstellung nach Ämtern und Eigenbetrieben

Die folgenden Praxisberichte zeigen beispielhaft die Arbeit im Energiedienst Strom. Die gewählten Beispiele sind die Auswirkungen der Corona-Pandemie auf den Stromverbrauch, die Beleuchtungssanierung in der Königstraße, die Erzeugungsanlagen im Mineralbad Berg sowie die Sanierung von Flutlicht auf LED-Beleuchtung.

Auswirkungen der Corona-Pandemie auf den Stromverbrauch

Die Corona-Pandemie hatte im Jahr 2020 gravierende Auswirkungen auf das öffentliche Leben. Beginnend mit dem 1. Lockdown ab 16.03.2020 wurden dabei auch zahlreiche städtische Einrichtungen wie Schulen, Kitas und Bäder zeitweise geschlossen oder deutlich in ihrer Nutzung verändert. Dies hatte entsprechende Auswirkungen auf den Stromverbrauch der städtischen Liegenschaften. 2020 (182.259 MWh/a) reduzierte sich der Stromverbrauch gegenüber 2019 (199.127 MWh/a) um 8,5 %. In Bild 47 sind die Unterschiede in den verschiedenen Gebäudetypen dargestellt.

1

2

3

4

5

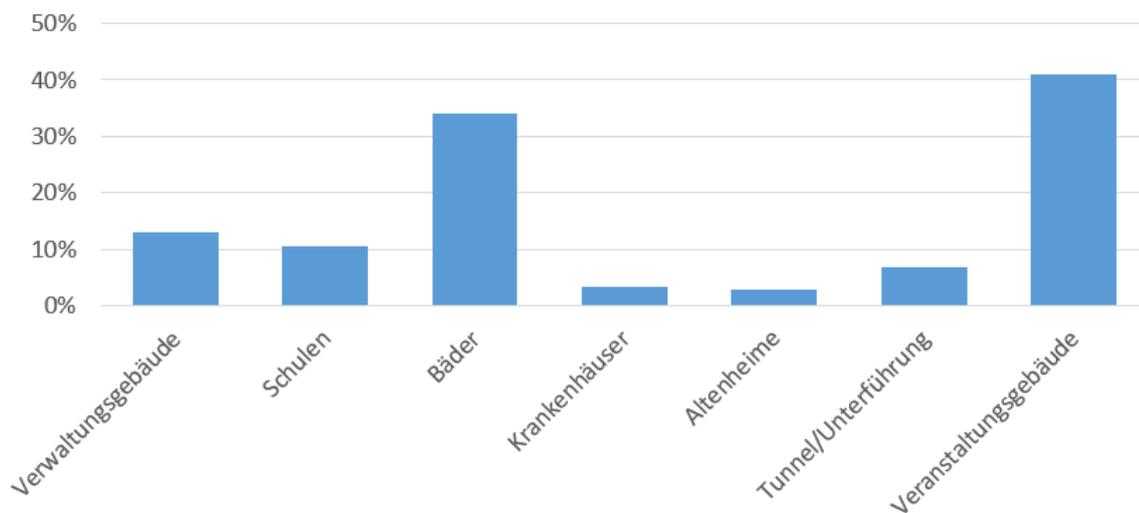


Bild 47 Reduktion des Stromverbrauchs 2020 gegenüber 2019 nach Gebäudetyp

Die Minderverbräuche der städtischen Liegenschaften hängen stark von den Nutzungen bzw. der Publikumsrelevanz oder der Schließung während des Lockdowns ab. Beeinflussend hierbei ist zum Beispiel, ob eine Notbetreuung in einer Kita oder Schule angeboten wurde. Oft gab es keine Veränderung im Nutzungsverhalten eines Gebäudes, wie zum Beispiel bei einer Feuerwache oder einem Krankenhaus. Auch Umnutzungen zu Impf- oder Testzentren beeinflussen den Stromverbrauch von z. B. Turn- oder Veranstaltungshallen.

Das Beispiel des Verwaltungsgebäudes Gaisburgstr. 4 (Bild 48) zeigt eine unwesentliche Änderung des Stromverbrauchs zwischen 2020 und 2019.

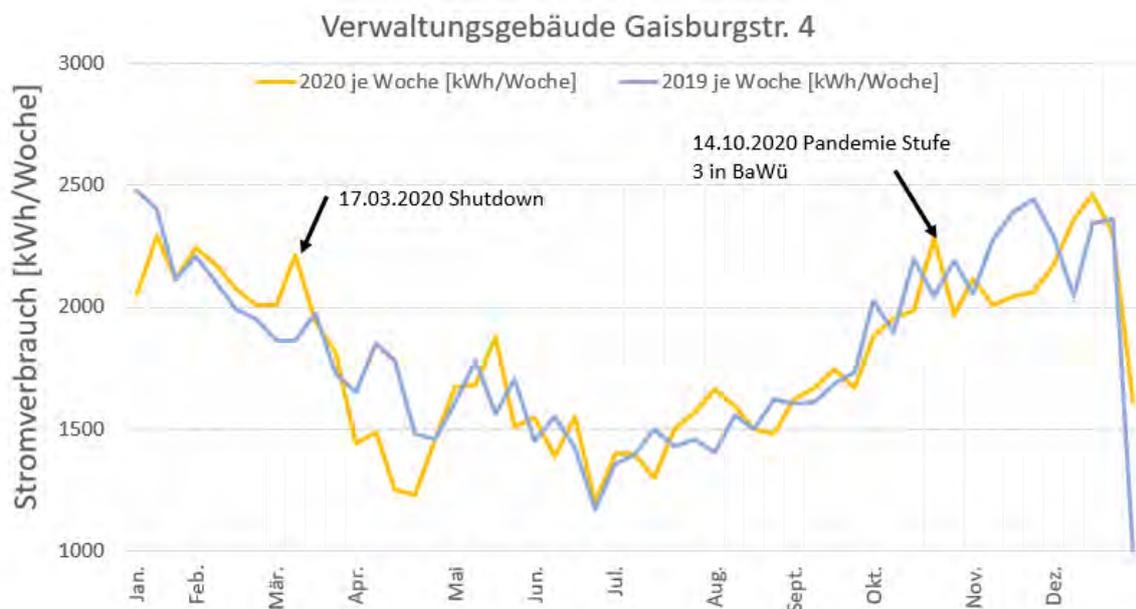


Bild 48 Stromverbrauch eines Verwaltungsgebäudes in den Jahren 2019 und 2020

Dies liegt an dem Umstand, dass während des Lockdowns zwar reduziert, aber nach wie vor in Präsenz gearbeitet wurde. Die Büros waren mit einer A/B-Gruppe zu 50% belegt und entsprechend überwiegend

besetzt. Der leicht reduzierte Verbrauch im April und November ist daher auf geringere Büronutzung zurückzuführen (PC, Monitor, Drucker). Bei anderen Verwaltungsgebäuden wurden höhere Einsparungen erreicht, insbesondere wenn der Publikumsverkehr eingeschränkt war. Das Wagenburg-Gymnasium in der Wagenburgstr. 30 weist durch die Schulschließung mit Homeschooling ab dem Frühjahr einen deutlichen Minderverbrauch aus (Bild 49).



Bild 49 Stromverbrauch einer Schule in den Jahren 2019 und 2020

Bis zum Beginn des Schuljahrs 2020/2021 im Herbst ist der Stromverbrauch auf das Niveau der Ferien herabgesenkt. Mit dem Start des neuen Schuljahrs mit Rückkehr zum Präsenzunterricht liegt der Stromverbrauch wieder auf Vorjahresniveau. Das Leo-Vetter-Bad in der Landhausstr. 192 zeigt im Bild 50 einen ausgeprägten Minderverbrauch durch dessen mehrmonatige Schließung ab dem Frühjahr 2020.

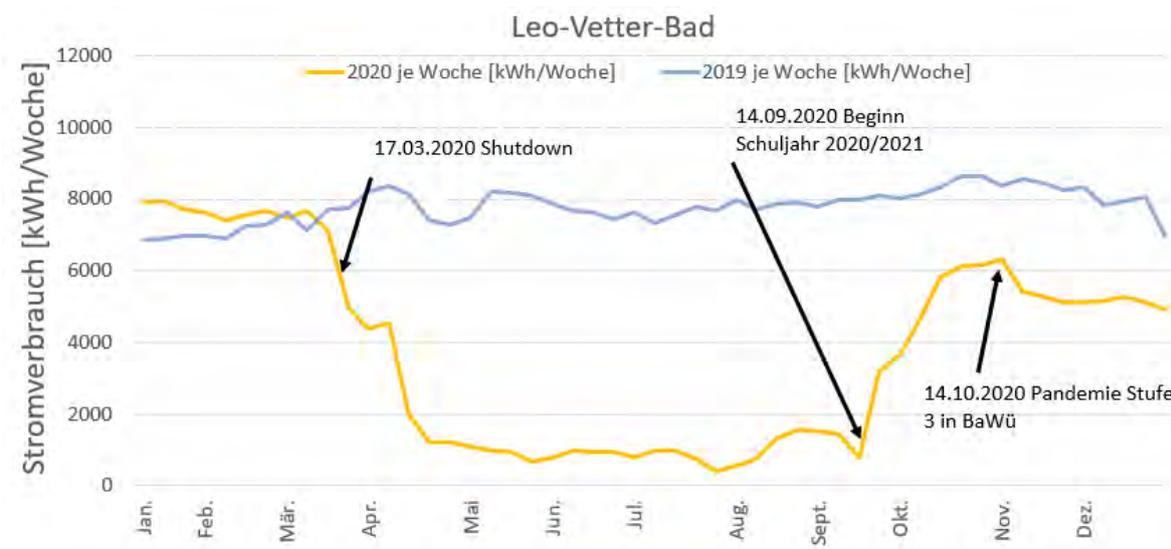


Bild 50 Stromverbrauch eines Hallenbads in den Jahren 2019 und 2020

Mit der Wiedereröffnung am 05.10.2020 ist ein deutlicher Verbrauchsanstieg erkennbar. Aufgrund weiterhin geringerer Besucherzahlen verbleibt der Stromverbrauch jedoch auch im restlichen Jahr 2020 deutlich unterhalb des Vorjahresniveaus. Ursächlich hierfür ist die besucherzahlabhängige Beckenumwälzung und Lüftung, eingeschränkte Öffnungszeiten sowie der eingeschränkte Schulschwimmbetrieb.

Der Stromverbrauch des 2,3 km langen Heselacher Tunnels in Stuttgart-Süd ist 2020 gegenüber 2019 gesunken (vgl. Bild 51).

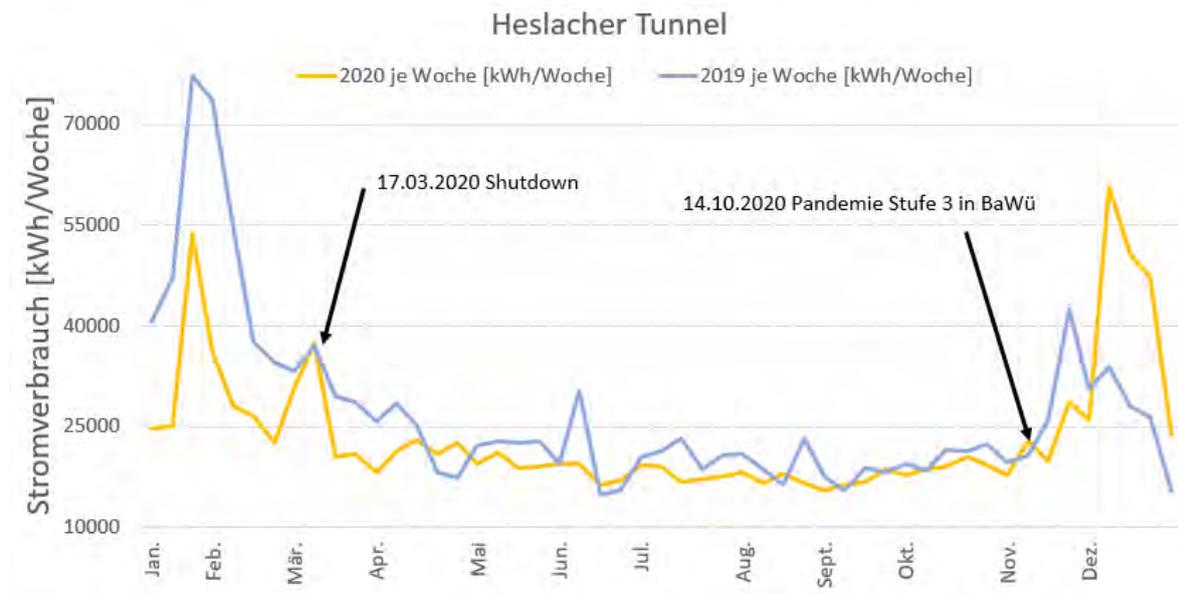


Bild 51 Stromverbrauch eines belüfteten Tunnels in den Jahren 2019 und 2020

Diese Beobachtung ist ebenso auf die anderen größeren belüfteten Tunnel in Stuttgart übertragbar und hat ihre Ursache im gesunkenen Verkehrsaufkommen während des Lockdowns. Durch das geringere Verkehrsaufkommen ist ein geringerer Lüftungsbedarf notwendig. Die Belüftung stellt neben der Beleuchtung den Hauptenergieverbrauch in einem Tunnel dar. Die Peaks im Frühjahr 2019 bzw. Winter 2020 sind nach aktuellem Erkenntnisstand auf saisonal bedingte Streusalzeinsätze oder Straßenverschmutzungen durch Baustellen zurückzuführen.

Das Kultur- und Kongresszentrum Liederhalle, Berliner Platz 1-3, verzeichnete wie die anderen Veranstaltungsgebäude in 2020 eine drastische Reduktion im Stromverbrauch durch ausgefallene Veranstaltungen (vgl. Bild 52).

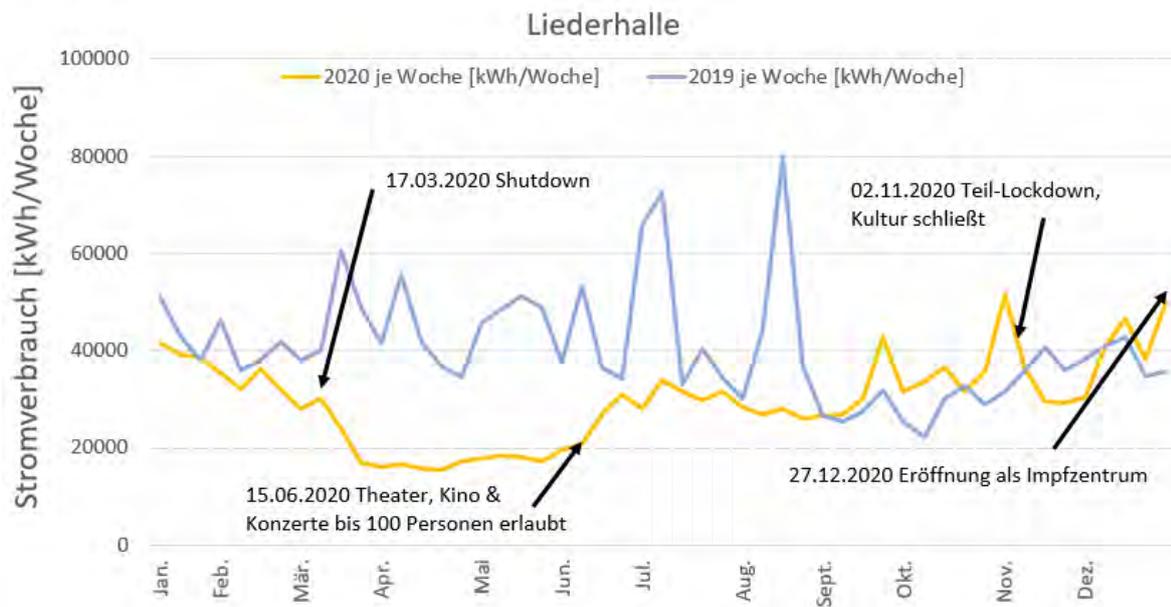


Bild 52 Stromverbrauch eines Veranstaltungsgebäudes in den Jahren 2019 und 2020

Nach der Komplettschließung ab dem 17.03.2020 wurden ab 15.06.2020 wieder Konzerte und andere Kulturveranstaltungen bis 100 Personen erlaubt, was sich unmittelbar wieder erhöhend auf den Stromverbrauch auswirkte. In der Liederhalle lässt der Umbau zu einem Impfzentrum im Spätjahr 2020 den Stromverbrauch wieder auf das Vor-Corona-Niveau ansteigen.

Beleuchtungssanierung Königstraße

Mit der neuen LED-Strategie soll das Stadtgebiet bis zum Jahr 2030 ausschließlich durch moderne und effiziente LED-Straßenleuchten ausgestattet werden. Um diesem Ziel einen Schritt näher zu kommen, wurden im Februar und März 2020 die 241 Leuchten der Königstraße auf LED-Technik umgerüstet. Neben der Energieeinsparung lag der Schwerpunkt aufgrund der exponierten Lage insbesondere auf dem gestalterischen Aspekt, aber auch in Bezug auf Betrieb und Insektenschutz konnten wichtige Verbesserungen erzielt werden.

Die bisherigen konventionellen Leuchtmittel wurden durch speziell für Stuttgart entwickelte LED-Leuchten ausgetauscht. Die charakteristische ringförmige Fassung der bisherigen Leuchten bleibt dabei erhalten. Auch die Masten werden weiterverwendet.

Durch die LED-Technik reduziert sich die installierte Leistung der Leuchten von 19,3 kW auf 5,3 kW insgesamt um rund 14 kW. Dies entspricht einer jährlichen Einsparung von 59.000 kWh und damit 73 % des bisherigen Stromverbrauchs für die Beleuchtung der Königstraße.

Ein weiterer Vorteil besteht in der geringeren Lichtverschmutzung. Unerwünschte Lichtstreuungen, wie sie bei den alten, kugelförmigen Modellen vorkamen, entfallen. Die neuen Leuchten strahlen nur die gewünschten Bereiche an, mit entsprechenden Vorteilen für Effizienz und Insektenschutz. Zudem wurden die LED-Module so gewählt, dass sie eine möglichst geringe Blendwirkung haben.

Beim Design wurde bewusst auf die bisherigen Kunststoffschalen oben und unten an der Leuchte verzichtet. Dadurch entspricht die Leuchte dem gewünschten modernen Erscheinungsbild der „flachen“ LED-Leuchte. Als weitere Vorteile hat sich dadurch einerseits die Durchfahrthöhe für den Lieferverkehr erhöht, sodass

sich die Schadenshäufigkeit an den Beleuchtungsmasten auf der Königstraße bisher mehr als halbiert hat. Andererseits entfällt mit den Kunststoffschalen der hohe Reinigungsaufwand und eine Fallenwirkung für Insekten.

Von den Investitionskosten von insgesamt 370.000 Euro wurden 220.000 Euro (59 %) durch das stadinterne Contracting des Amts für Umweltschutz finanziert. Bei einer jährlichen Stromkosteneinsparung von 11.700 Euro/a ergibt sich eine Kapitalrückflusszeit von 32 Jahren bezogen auf die Gesamtinvestition bzw. 19 Jahren bezogen auf die vom Amt für Umweltschutz gewährte Teilfinanzierung.

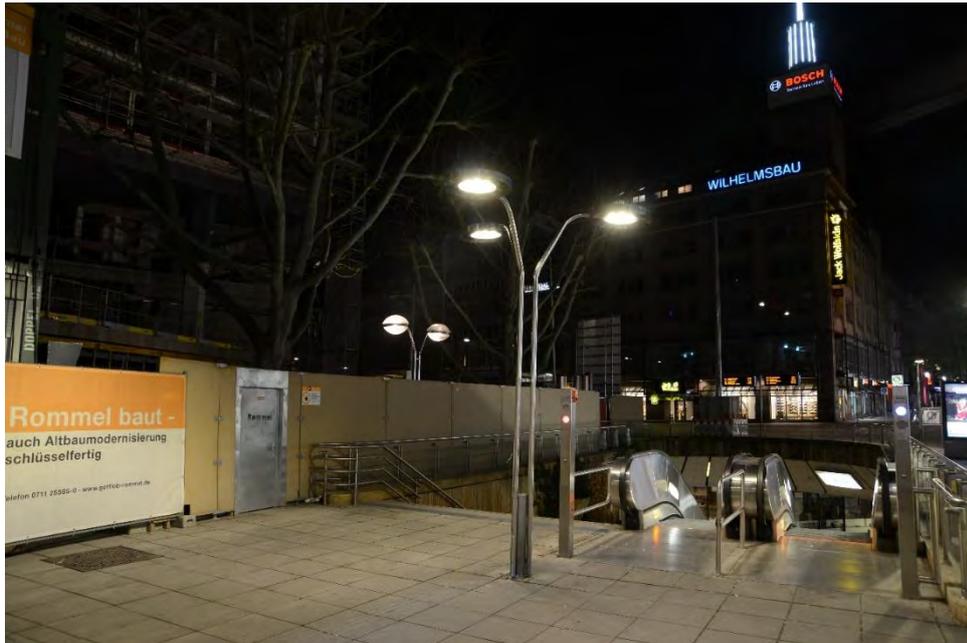


Bild 53 Umrüstungsphase - vorne sind bereits die neuen LED-Leuchten, im Hintergrund noch die alten Kugelleuchten zu sehen (Foto: Stuttgart Netze)

Eigenerzeugungsanlagen Mineralbad Berg

Das in Stuttgart-Ost gelegene Mineralbad Berg ist eines der drei Thermalbäder in Stuttgart, der Stadt mit dem größten Mineralwasservorkommen in Westeuropa. Die Besucherzahlen lagen vor der Sanierung bei ca. 130.000 Besuchern pro Jahr (2013). Bereits im Jahr 1856 legte der damalige königliche Hofgärtner Friedrich Neuner den Grundstein für das Mineralbad Berg. Nach der Zerstörung der ursprünglichen Badeanstalt im zweiten Weltkrieg wurde das Mineralbad im Jahr 1959 wiedereröffnet. Zwischen 2016 und 2020 erfolgte eine Generalsanierung. Ein wichtiges Ziel bei der Sanierung war die Erhaltung der Grundstruktur und des Charmes des Bads mit dem prägenden Charakter der 1950er Jahre. Neben der sehenswerten Neugestaltung zeichnet sich das am 05. Oktober 2020 feierlich wiedereröffnete Mineralbad auch durch ein ambitioniertes energetisches Konzept aus.

Durch den Einsatz hocheffizienter Anlagentechnik in Verbindung mit intelligenter Mess-, Steuer- und Regeltechnik erfolgt eine Reduzierung des Strom- und Wärmebedarfs. Um den Strombedarf des Mineralbads von ca. 1.970.000 kWh/a zu möglichst hohen Anteilen aus lokalen Erzeugungsanlagen zu decken, werden Photovoltaikanlagen und ein Blockheizkraftwerk (BHKW) eingesetzt. Der verbleibende Strombezug wird durch Ökostrom gedeckt.

Auf dem Satteldach des bedeutenden und exponierten Gebäudes wurden großflächig Photovoltaikanlagen installiert. Diese wurden optisch passend als Indachanlagen ausgeführt. Zum Eingliedern in das Gesamtbild wurden schwarze Module mit schwarzem Rahmen verbaut. Die Photovoltaikanlagen auf dem Südost- und Südwestdach mit einer Gesamtleistung von 99 kWp sind 2019 in Betrieb gegangen. Zusätzlich wird auf dem Nordost- und Nordwestdach 2021 eine weitere PV-Anlage mit einer Gesamtleistung von 99,8 kWp installiert. Diese konnte aufgrund des geringen Dachneigungswinkels und dem hohen Eigenverbrauch ebenfalls wirtschaftlich errichtet werden.

In Summe besteht somit eine installierte PV-Leistung von 198,8 kWp mit einer zu erwartenden jährlichen Stromerzeugung von ca. 172.000 kWh/a. Von dieser Strommenge können etwa 85 % im Bad verbraucht werden. Die Investitionskosten für die PV-Anlagen von insgesamt 430.000 Euro wurden über das stadtinterne Contracting durch das Amt für Umweltschutz vollfinanziert. Bei einer jährlichen Energiekosteneinsparung von 29.000 Euro/a ergibt sich eine statische Kapitalrückflusszeit der Gesamtinvestition von 15 Jahren.

Bild 54 und Bild 55 zeigen Luftbildaufnahmen des Innenbereichs und des weithin einsichtigen Außenbereichs des neu sanierten Mineralbads mit den in die Gestaltung eingebundenen PV-Anlagen.



Bild 54 Innenansicht Mineralbad Berg, Südwest und Südost (Bild: Stadtwerke Stuttgart)

1

2

3

4

5



Bild 55 Außenansicht Mineralbad Berg, Nordost und Nordwest (Bild: Stadtwerke Stuttgart)

Im August ging zusätzlich zur PV-Anlage auch das Blockheizkraftwerk in Betrieb. Nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung kommt hierbei ein mit Gas betriebener Verbrennungsmotor zum Einsatz, der über einen angeschlossenen Generator Strom erzeugt. Neben der Stromproduktion wird aber auch die Abwärme des Motors für Heizzwecke genutzt, was zu einer effizienten Ausnutzung des eingesetzten Brennstoffs führt.

Seit Inbetriebnahme im August 2020 hat das BHKW im MB Berg bis Ende des Jahres 2020 bereits 31,6 MWh_{el} Strom erzeugt und es konnten rund 63,5 kWh_{th} Abwärme genutzt werden. Damit konnte die im eingesetzten Gas enthaltene Energie zu 95 % verwertet werden. Die elektrische Leistung des BHKW beträgt 20 kW_{el}, die thermische 38,7 kW_{th}. Die jährliche Stromerzeugung von ca. 160.000 kWh_{el}/a und die jährliche Wärmeerzeugung von ca. 310.000 kWh_{th}/a ist so bemessen, dass sie voraussichtlich vollständig im Bad verbraucht wird.

Neben den Einsparungen beim Stromeinkauf profitiert das BHKW für 30.000 Vollbenutzungsstunden von einem Bonus nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz. Zudem kann für BHKW auf Antrag die Energiesteuer, die auf Erdgas gezahlt wird, zurückerstattet werden.

Zur Verbrauchsoptimierung wird eine zukünftige Installation eines Stromspeichers geprüft. Dabei wird die Dimensionierung anhand der Verbrauchsdaten im Realbetrieb vorgenommen. Zudem soll der fossile Anteil beim Gasbezug für das BHKW immer weiter reduziert werden. 2020 lag der Anteil von biogenem Gas bei den großen städtischen Liegenschaften wie dem Mineralbad Berg bei 10 %. Dieser steigt zum 01.01.2022 auf 35 % für alle städtischen Liegenschaften.

Sanierung von Flutlicht auf LED-Beleuchtung

Die Bezirkssportanlage Waldau (Georgiiweg 10a) ist ein Fußball- und Leichtathletikstadion im Bezirk Degerloch, das über einen Rasen- und Kunstrasenplatz, eine 400-Meter-Laufbahn, einen Werferplatz, eine Hoch-

sprung- und Weitsprunganlage, eine Sommerstockbahn sowie ein Kleinspielfeld verfügt. Der Kunstrasenplatz wird vorwiegend von Sportvereinen, z. B. für Fußball, sowie von verschiedenen Organisationen und Schulen genutzt.

Für diesen Platz wurde die Sanierung der alten Flutlichtanlage dringend erforderlich. Die Spielfeldbeleuchtung wurde mit Halogen-Metaldampf-Strahlern auf 6 Masten in jeweils 16 m Höhe mit einer elektrischen Gesamtanschlussleistung von 22 kW betrieben. Sie konnte nur ein- oder ausgeschaltet und nicht individuell an die Nutzeranforderungen angepasst werden. Demzufolge war der Energieverbrauch der Anlage auch sehr hoch. Zusätzlich erzeugte die Lichtstreuung der Strahler eine unerwünschte Anlockwirkung auf die Insekten der Umgebung.

Im Herbst 2020 wurde gemeinsam mit dem Sportamt die Entscheidung getroffen, diese durch eine moderne LED-Flutlichtanlage zu ersetzen. Die alten Strahler wurden durch 18 asymmetrische LED-Planflächenstrahler mit hoher Effizienz ersetzt (vgl. Bild 56). Das erzeugte Licht wird nun zielgerichtet auf das Spielfeld gelenkt und unerwünschte Lichtimmissionen werden so minimiert. Durch die dadurch gewonnene Lichtqualität auf dem Spielfeld konnte die elektrische Leistung der Leuchten kleiner gewählt und die Anschlussleistung auf 15,8 kW begrenzt werden. Aus Kostengründen wurden die sechs Flutlichtmasten und die Leitungsführungen im Bestand weiterverwendet.



Bild 56 Flutlichtstrahler vor und nach der Sanierung

Anzahl und Anordnung der Leuchten wurden so angepasst, dass bei einer gleichmäßigen Flächenausleuchtung drei verschiedene Beleuchtungsszenarien für eine individuelle Nutzung der Sportanlage möglich sind (vgl. Bild 57). Für den Trainingsbetrieb sind Beleuchtungsstärken von 85 oder 125 lx und für den Wettkampfbetrieb 200 lx wählbar. Da die Nutzung der Flutlichtanlage vorwiegend im Trainingsbetrieb stattfindet, reduziert sich der Energieverbrauch um 50 % gegenüber der Altanlage und spart somit innerhalb der zu erwartenden Lebensdauer mehr als 500.000 kWh Strom ein.

Die Investitionskosten von 64.500 Euro wurden vom Amt für Umweltschutz über das stadtinterne Contracting vollständig finanziert. Die jährliche Stromeinsparung beträgt 6.100 kWh/a und generiert jährliche Energiekosteneinsparungen von 1.850 Euro/a. Dadurch ergibt sich eine Kapitalrückflusszeit von 35 Jahren.



Bild 57 Flutlichtanlage in der Planung und im Betrieb

Die Beleuchtungssanierung ergab eine bessere Spielfeldausleuchtung bei verringertem Energieverbrauch und deutlich geringerer Insektenanlockung, verbunden mit einer guten Nutzerresonanz. Weitere Sanierungen sind nach diesem Beispiel vorgesehen.

3.5 Energiedienst Wasser

In 2020 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 2020 bei den Anlagen des Eigenbetriebs Stuttgarter Bäder, des Schulverwaltungsamts und des Garten-, Friedhofs- und Forstamts.

Tabelle 21 zeigt die Aufteilung der im Energiedienst Wasser betreuten Anlagen nach prozentualen Einsparergebnissen und das absolute Gesamtergebnis.

ENERGIEDIENST WASSER	Jahr 2019		Jahr 2020	
	ANZAHL	%	ANZAHL	%
Anzahl der betreuten Anlagen	25	100,0	25	100,0
Wasserverbrauchseinsparung [m³]	122.183	27,1 %	62.513	25,2 %
Kosteneinsparung [€]	483.531		250.941	

Tabelle 21 Ergebnisse Energiedienst Wasser der Jahre 2019 und 2020

Bedingt durch die Corona-Pandemie, und den dadurch reduzierten Wasserverbrauch reduzierte sich die absolute Wassereinsparung. Bei sieben Anlagen war im Jahr 2020 keine Reduzierung des Wasserverbrauchs möglich, wogegen bei vier Einrichtungen über 40 % Wasser eingespart wurde. Die gesamte Einsparung reduzierte sich 2020 gegenüber dem Vorjahr pandemiebedingt um 59.670 m³ auf 65.941 m³. Durch den

geringeren Wasserverbrauch reduzierte sich die prozentuale Einsparung nicht so stark wie die absolute Einsparung und zwar auf 25,2 % reduziert. Die Kosteneinsparung mit dem Energiedienst Wasser lag 2020 bei 250.941 Euro/a.

In Tabelle 22 ist die Verteilung der Anlagen auf die einzelnen Ämter und Eigenbetriebe wiedergegeben.

GEBÄUDE- NUTZENDES AMT	ANZAHL DER BETREUTEN LIEGEN- SCHAFTEN 2019/2020	EINSPARUNG 2019			EINSPARUNG 2020		
		Wasser m³/a	Wasser %	Kosten €/a	Wasser m³/a	Wasser %	Kosten €/a
Schulverwaltungsamt	6 / 6	1.468	4,8	6.430	574	4,6	2.495
Kulturamt	1 / 1	0	0,0	0	1	0,1	4
Jugendamt	1 / 1	0	0,0	0	0	0,0	0
Amt für Sport und Bewegung	2 / 2	1.935	21,6	5.552	3.070	23,1	9.647
Behandlungszentrum Mitte	1 / 1	710	15,0	3.154	513	10,8	2.309
Garten-, Friedhofs- und Forstamt	3 / 3	24.966	24,8	90.275	18.141	25,1	68.269
Eigenb. STB	9 / 9	85.749	35,9	347.447	32.612	27,7	136.060
Eigenb. Leben und Wohnen	1 / 1	7.355	47,5	30.672	7.602	49,1	32.157
Veranstaltungsgesellschaft Stuttgart	1 / 1	0	0,0	0	0	0,0	0
GESAMT	25 / 25	122.183	30,6	483.531	62.513	25,2	250.941

Tabelle 22 Energiedienst Wasser – Zusammenstellung nach Ämtern und Eigenbetrieben

3.6 Tarifwesen und Energiebeschaffung

Der Heizölverbrauch der Stadt Stuttgart einschließlich der Eigenbetriebe belief sich 2020 auf 1.253.977 Liter. Der Mehrverbrauch im Vergleich zu 2019 beträgt 191.752 Liter Heizöl (18,4 %). Durch den um 29,0% gesunkenen Preis und den gestiegenen Verbrauch beliefen sich die Gesamtkosten für Heizöl 2020 auf 595.794 Euro und damit 15,9% weniger als 2019.

Der Verbrauch von Erdgas reduzierte sich pandemiebedingt um 8,9 % auf 159.870 MWh. Trotz des um 0,8 % gestiegenen Preis beim Erdgas reduzierten sich die Verbrauchskosten um 8,2 %.

Bei einem Verbrauch von 65.891 MWh Fernwärme und Kosten von 7,3 Mio. Euro ergibt sich für 2020 ein Preis von 111,04 Euro/MWh; dies ist eine Steigerung um 4,5 % gegenüber dem Vorjahr.

Im Jahr 2020 benötigten die mit Flüssiggas betriebenen Anlagen 224.000 kWh, dies entspricht einer Verbrauchssteigerung von 13,2 % gegenüber dem Vorjahr. Der Flüssiggaspreis reduzierte sich 2020 um 13,0 % und mit dem erhöhten Verbrauch reduzierten sich die Kosten um 1,4 %. Die Biomasseanlagen lieferten 2020 mit 4.925 MWh 13 % mehr Energie als im Vorjahr. Durch das Garten-, Friedhofs- und Forstamt wurden im Jahr 2020 insgesamt 3.379 m³ Holzhackschnitzel für die Befuerung stadteigener Anlagen zur Verfügung gestellt. 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 %.

3.7 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 23 ist das Ergebnis des Wärmepreisvergleichs für 2021 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 01.04.2021		FERNHEIZ- WASSER	ERD- GAS	FLÜSSIG- GAS	HEIZ- STROM	HEIZÖL
TARIF		FNMP_90K	Pofi Fix Midi	Tankzug	SBJGOVWHE	(4)
EINHEIT	E	MWh	MWh(Hs)	100 kg	MWh	100 l
HEIZWERT	MWh/E	1,000	0,903	1,280	1,000	1,000
NUTZUNGSGRAD (2)	%	98	88	88	94	86
ENERGIEPREIS	€/E	101,59	51,92	50,50	176,53	60,10
SPEZ.EN.PRS (3)	€/MWh	101,59	57,50	39,45	176,53	60,10
WÄRMEPREIS	€/MWh	103,66	65,34	44,83	187,80	69,88
PROZ.VERGLEICH	%	100,0	63,0	43,2	181,2	67,4
(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 23 Stuttgarter Wärmepreisvergleich 2021 (Preisstand 1. April 2021)

Im Gegensatz zu dem konstanten Preisniveau in den neunziger Jahren gab es danach größere Preisänderungen mit zum Teil erheblichen Schwankungen (Bild 58). Die Preise in den Jahren 2000 bis 2012 stiegen mit kurzen Unterbrechungen an. Diese Tendenz setzte sich bei Fernwärme (Fernheizwasser) mit Schwankungen bis 2021 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 %. 2021 stieg der Heizöl- und Erdgaspreis stark an.

Bei Fernwärme glichen die Preiserhöhungen bis 2007 den Preisrückgang der Jahre 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 erhöhte sich der Preis kontinuierlich. Bezogen auf 2004 erhöhte er sich insgesamt um ca. 100 %. 2020 erreicht der Fernwärmepreis den bisher höchsten Wert ein, worauf er 2021 abfiel.

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. 2021 stieg der Erdgaspreis stärker als der Gaspreis.

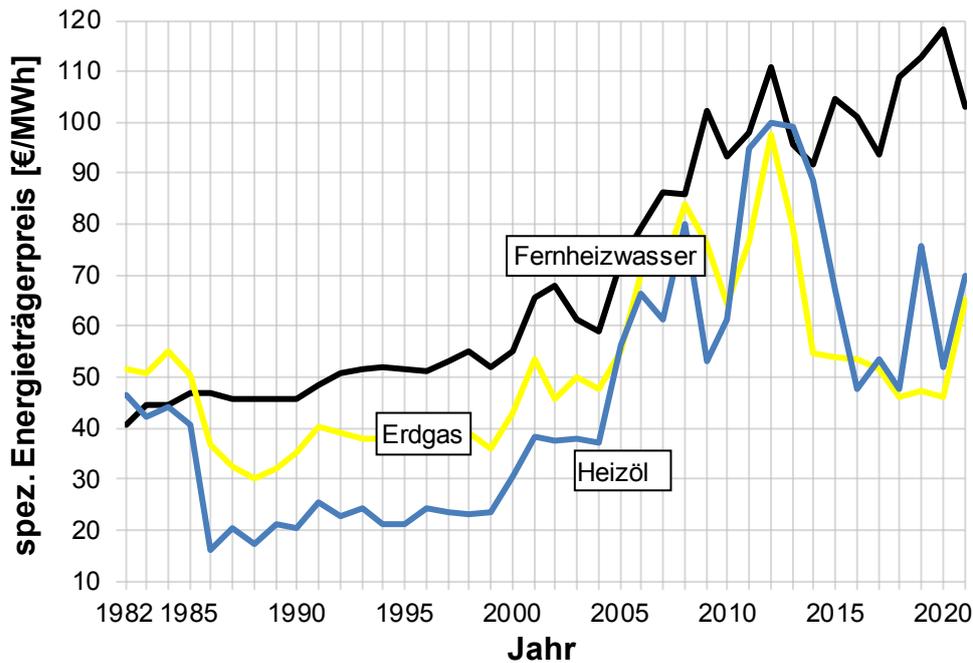


Bild 58 Entwicklung der Wärmepreise

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. 2021 haben sich von den 34 angeschriebenen Städten 22 beteiligt.

In Tabelle 24 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 2018 bis 2021. 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 m² Nutzfläche, einem Heizkennwert von 150 kWh/m²a und 1.500 Vollbenutzungsstunden sowie einem Stromkennwert von 20 kWh/m²a 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 59) 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. 2021 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, 2021 ist Öl teurer als Erdgas. 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, 2019 und 2021 ist der mittlere Gaspreis geringer als der mittlere Ölpreis.

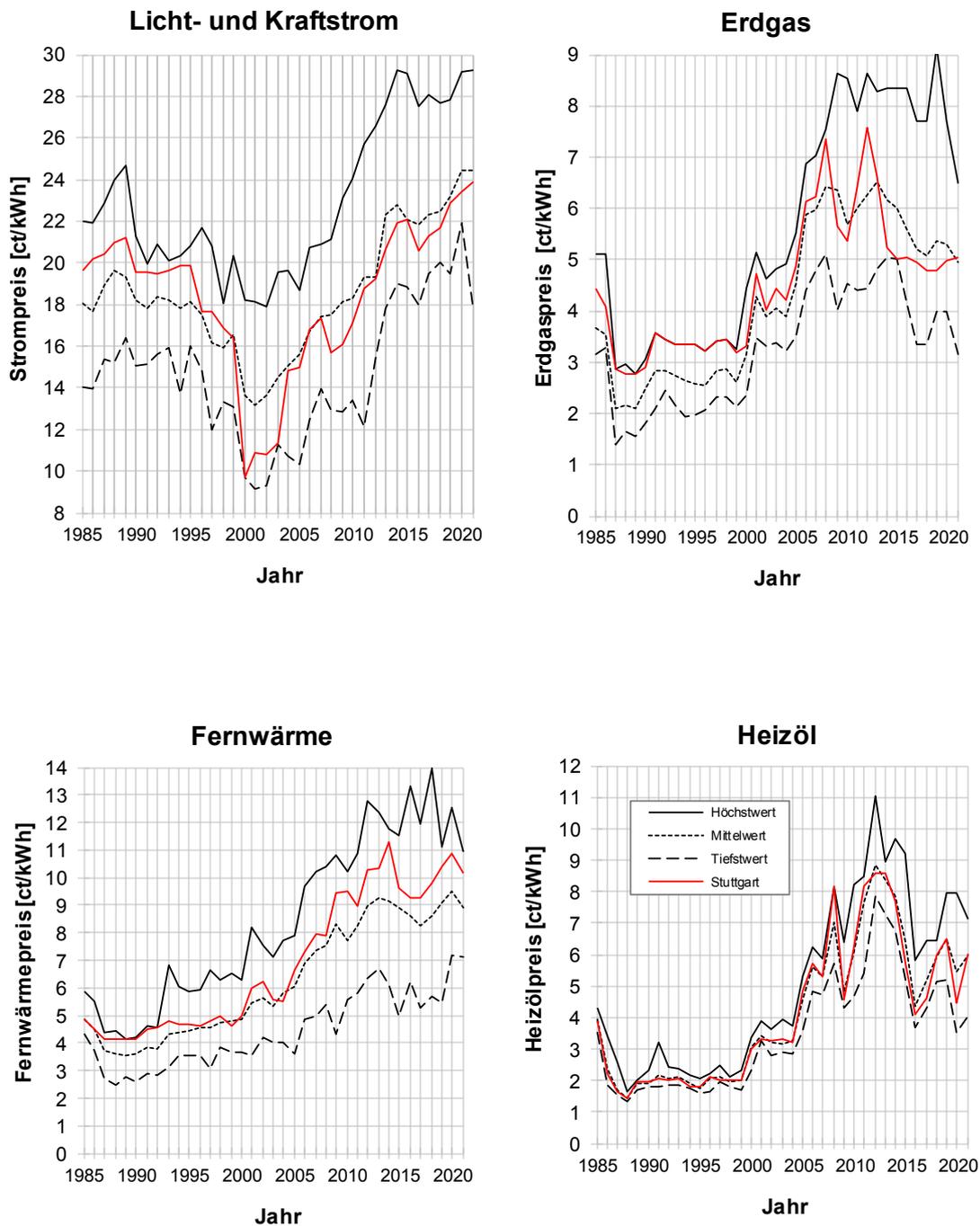
Der mittlere Fernwärmepreis erhöhte sich in den Jahren 2004 bis 2013 – mit Ausnahme des Jahres 2010 – kontinuierlich, reduzierte sich aber 2014 bis 2017. 2018 bis 2020 erhöhte er sich und reduzierte sich 2021 auf 8,89 ct/kWh. Der Fernwärmepreis unterliegt keinen so hohen Schwankungen wie der Heizölpreis, da aufgrund der jeweiligen Erzeugung die Preisentwicklung von mehreren Energieträgern abhängt.

Der mittlere Pelletpreis reduzierte sich 2021 auf 4,1 ct/kWh.

Der durchschnittliche Holzhackschnitzelpreis beträgt in den letzten Jahren ca. 3,6 bis 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.

JAHRESENTWICKLUNG		2018	2019			2020			2021		
		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
Strom	Höchstwert	27,68	27,87	0,7 %	20,4 %	29,18	4,7 %	19,5 %	29,29	0,4 %	19,9 %
	Tiefstwert	20,02	19,50	-2,6 %	-15,8 %	21,86	12,1 %	-10,5 %	17,17	-21,5 %	-29,7 %
	Mittelwert	22,47	23,15	3,0 %		24,42	5,5 %		24,42	0,0 %	
	Stuttgart	21,68	22,85	5,4 %	-1,3 %	23,43	2,5 %	-4,1 %	23,92	2,1 %	-2,0 %
Erdgas	Höchstwert	7,69	9,13	18,7 %	69,7 %	7,70	-15,7 %	45,0 %	6,50	-15,6 %	31,3 %
	Tiefstwert	3,34	3,98	19,2 %	-26,0 %	4,00	0,5 %	-24,7 %	3,16	-21,0 %	-36,2 %
	Mittelwert	5,08	5,38	5,9 %		5,31	-1,3 %		4,95	-6,8 %	
	Stuttgart	4,80	4,94	2,9 %	-8,2 %	4,98	0,8 %	-6,2 %	5,06	1,6 %	2,2 %
Fernwärme	Höchstwert	13,96	11,10	-20,5 %	21,8 %	12,52	12,8 %	31,9 %	10,93	-12,7 %	22,9 %
	Tiefstwert	5,68	5,44	-4,2 %	-40,3 %	7,15	31,4 %	-24,7 %	7,09	-0,8 %	-20,2 %
	Mittelwert	8,63	9,11	5,6 %		9,49	4,2 %		8,89	-6,3 %	
	Stuttgart	9,26	10,39	12,2 %	14,1 %	10,90	4,9 %	14,9 %	10,16	-6,8 %	14,3 %
Heizöl	Höchstwert	6,43	7,97	24,0 %	23,0 %	7,95	-0,3 %	46,4 %	7,14	-10,2 %	19,4 %
	Tiefstwert	5,15	5,19	0,8 %	-19,9 %	3,54	-31,8 %	-34,8 %	4,06	14,7 %	-32,1 %
	Mittelwert	5,90	6,48	9,8 %		5,43	-16,2 %		5,98	10,1 %	
	Stuttgart	6,00	6,51	8,5 %	0,5 %	4,46	-31,5 %	-17,9 %	6,01	34,8 %	0,5 %
Pellets	Höchstwert	5,15	4,92	-4,5 %	11,6 %	5,50	11,8 %	23,3 %	4,69	-14,7 %	14,1 %
	Tiefstwert	3,73	3,83	2,7 %	-13,2 %	3,83	0,0 %	-14,1 %	3,61	-5,7 %	-12,2 %
	Mittelwert	4,37	4,41	0,9 %		4,46	1,1 %		4,11	-7,8 %	
	Stuttgart	3,73	4,82	29,2 %	9,3 %	4,03	-16,4 %	-9,6 %	3,70	-8,2 %	-10,0 %
Hackschnitzel	Höchstwert	5,03	5,03	0,0 %	34,5 %	5,03	0,0 %	35,6 %	4,72	-6,2 %	30,4 %
	Tiefstwert	1,15	1,20	4,3 %	-67,9 %	1,27	5,8 %	-65,8 %	1,20	-5,5 %	-66,9 %
	Mittelwert	3,70	3,74	1,1 %		3,71	-0,8 %		3,62	-2,4 %	
	Stuttgart	1,15	1,20	4,3 %	-67,9 %	1,27	5,8 %	-65,8 %	1,20	-5,5 %	-66,9 %
		€/m³	€/m³			€/m³			€/m³		
Wasser	Höchstwert	7,40	7,41	0,1 %	38,2 %	7,46	0,7 %	32,0 %	7,72	3,5 %	37,9 %
	Tiefstwert	3,09	3,61	16,8 %	-32,6 %	3,61	0,0 %	-36,1 %	3,61	0,0 %	-35,5 %
	Mittelwert	5,34	5,36	0,4 %		5,65	5,4 %		5,60	-0,9 %	
	Stuttgart	5,89	5,93	0,7 %	10,6 %	6,10	2,9 %	8,0 %	6,15	0,8 %	9,8 %
Frischwasser	Höchstwert	3,74	3,74	0,0 %	69,2 %	4,17	11,5 %	76,7 %	4,38	5,0 %	85,6 %
	Tiefstwert	1,49	1,53	2,7 %	-30,8 %	1,71	11,8 %	-27,5 %	1,77	3,5 %	-25,1 %
	Mittelwert	2,12	2,21	4,2 %		2,36	6,8 %		2,36	0,0 %	
	Stuttgart	3,78	2,87	-24,1 %	29,9 %	2,95	2,8 %	25,0 %	3,00	1,7 %	27,1 %
Abwasser	Höchstwert	5,36	5,17	-3,5 %	64,6 %	5,36	3,7 %	58,1 %	5,37	0,2 %	66,0 %
	Tiefstwert	1,27	1,61	26,8 %	-48,7 %	1,61	0,0 %	-52,5 %	1,61	0,0 %	-50,2 %
	Mittelwert	3,26	3,14	-3,7 %		3,39	8,0 %		3,23	-4,7 %	
	Stuttgart	3,08	3,06	-0,6 %	-2,5 %	3,15	2,9 %	-7,1 %	3,15	0,0 %	-2,5 %
Bruttopreise ermittelt an der Abnahmestruktur eines Referenzgebäudes Heizenergie: 1.050.000 kWh/a und 700 kW Strom: 140.000 kWh/a und 100 kW Wasser: 500 m³/a und 1000 m² versiegelte Fläche											

Tabelle 24 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 59 Kommunalen Energiepreisvergleich für Licht- /Kraftstrom, Erdgas, Fernwärme und Heizöl

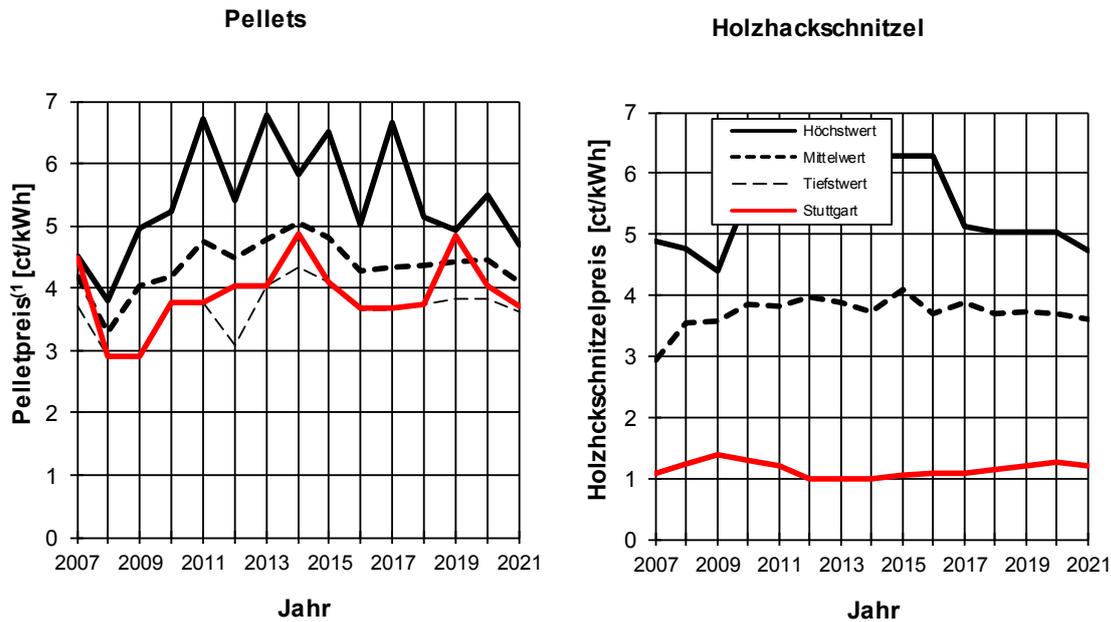


Bild 60 Kommunalen Energiepreisvergleich für Pellet und Hackschnitzel

Die Preisentwicklung bei Frischwasser, Abwasser und Wasser (gesamt) zeigt bis auf einzelne Unterbrechungen eine kontinuierlich steigende Tendenz ohne große Preisschwankungen auf. In Bild 61 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.

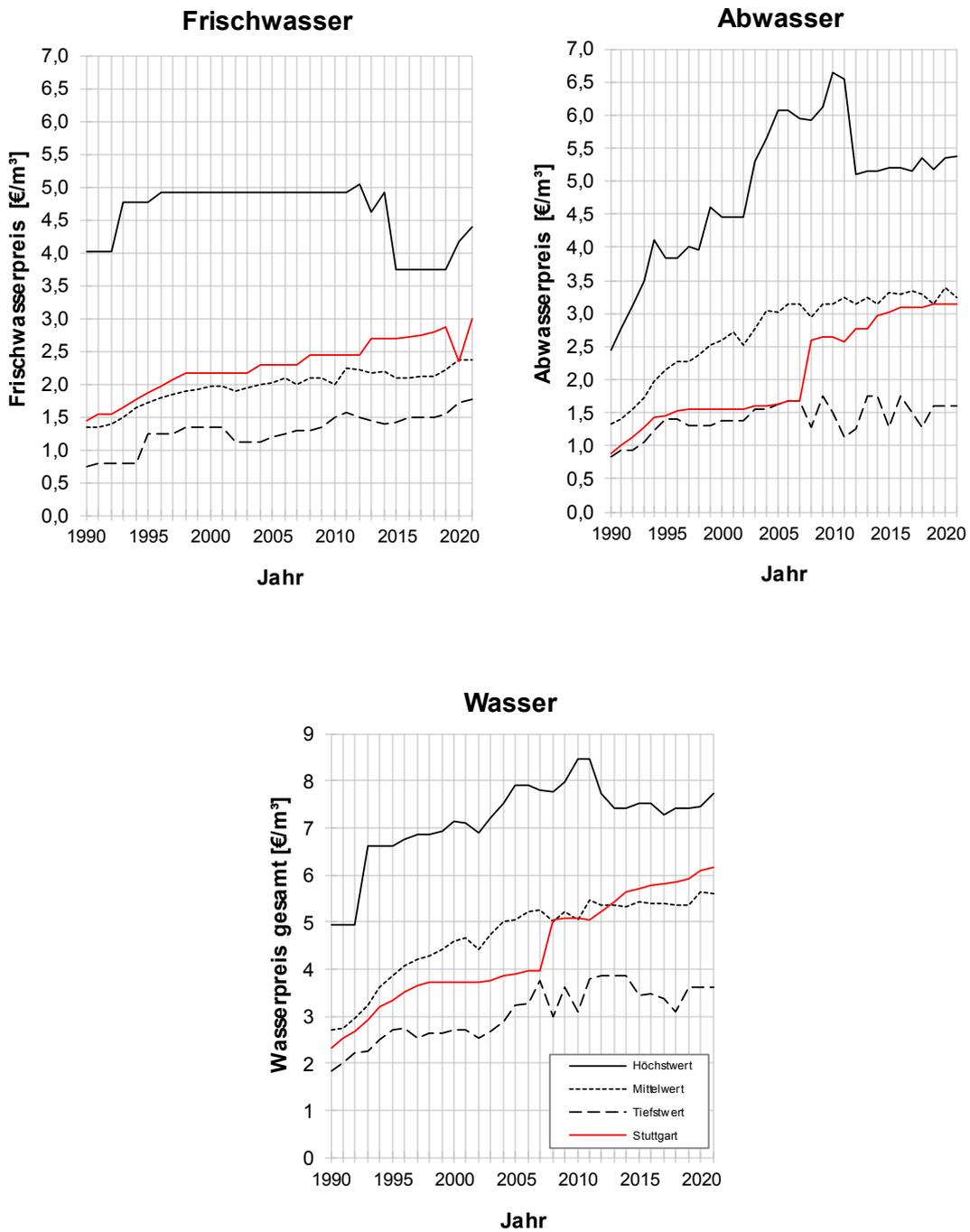
1

2

3

4

5



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

Bild 61 Kommunaler Preisvergleich für Frischwasser, Abwasser und Gesamtwasser

3.8 Straßenbeleuchtung

Der Stromverbrauch der Straßenbeleuchtung, Unterführungen und Verkehrssignalanlagen konnte auch im Jahr 2020 gegenüber dem Vorjahr um weitere 2,88 % (686 MWh/a) gegenüber dem Vorjahr auf 23.158 MWh/a gesenkt werden. (Vorjahreswert = 23.844 MWh/a)

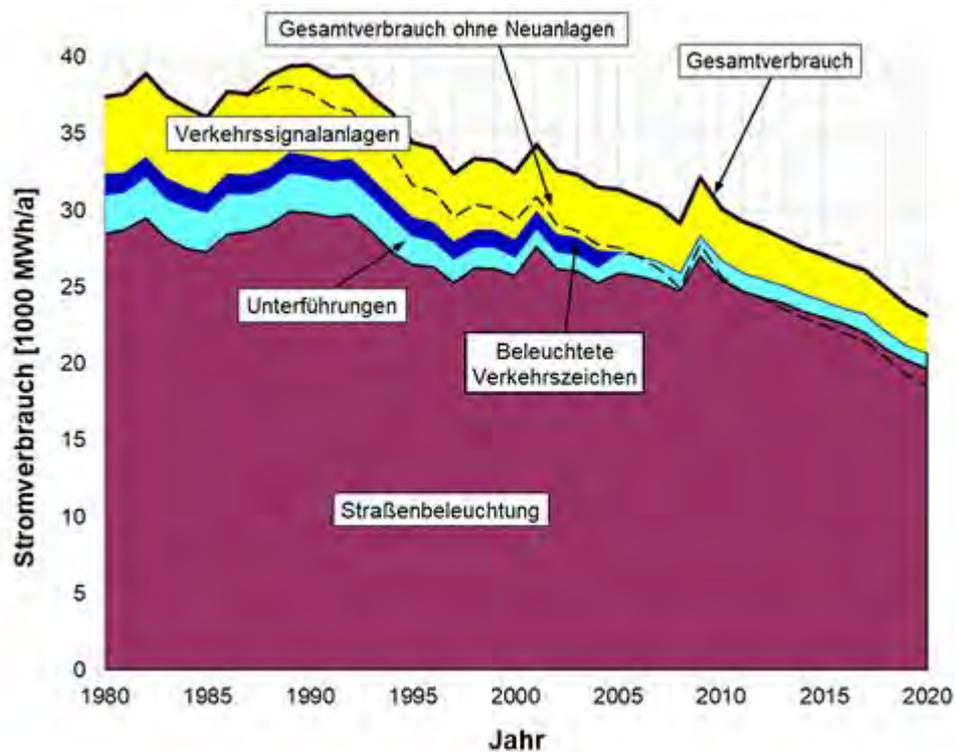


Bild 62 Stromverbrauch von Straßenbeleuchtung, Unterführungen und Verkehrssignalanlagen

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 die Themen Umweltschutz und Energieeinsparung im Fokus. Mit der letzten Änderung des Landesnaturschutzgesetzes wurde - neben neuen Anforderungen für Beleuchtungen im Außenbereich und an Fassaden öffentlicher Gebäude - festgelegt, dass bis spätestens 2030 alle Straßen, Wege und Plätze mit einer insektenfreundlichen Beleuchtung gemäß dem Stand der Technik nachzurüsten sind.

Im Jahr 2020 wurden 3.762 Leuchten im Altbestand durch neue hocheffiziente LED-Leuchten ersetzt. Damit konnte das Ziel von 3.400 zu erneuernden Leuchten dank der bereitgestellten Contractingmittel in Höhe von 419.000 Euro übertroffen werden.

Stand Ende 2020 sind 100 % aller Straßenleuchten in Stuttgart mit effizienten Natriumdampf-, Halogenmetalllampen oder LED ausgestattet. Der Anteil an LED-Leuchten ist in 2020 auf 30 % angewachsen (Steigerung um 6 Prozentpunkte im Vergleich zum Vorjahr).

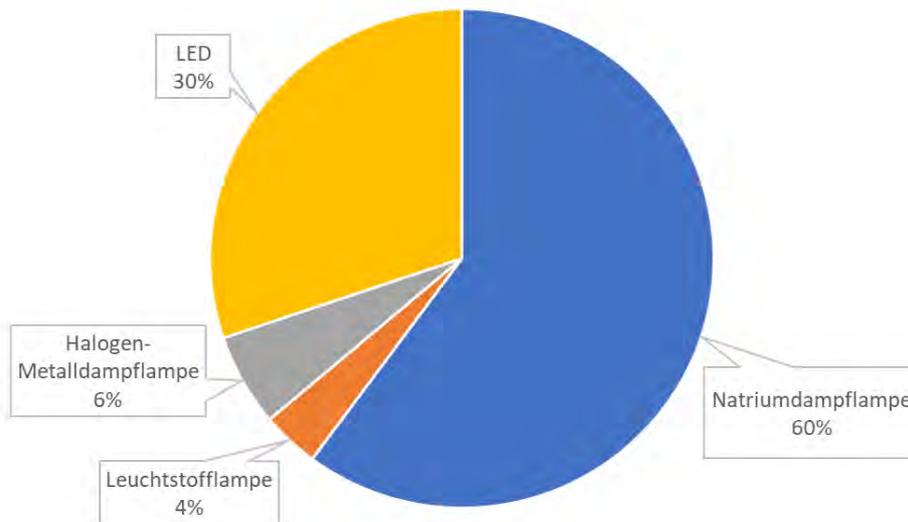


Bild 63 Anteil verschiedener Lampentypen am Bestand der Straßenleuchten in Stuttgart zum 31.12.2020

Der Anteil an LED-Leuchten im Tunnelbereich ist in 2020 von 10 % auf 13 % gestiegen. Eine Umrüstung der Tunnelbeleuchtung wird aufgrund des hohen Einsparpotenzials derzeit weiter forciert. Es wird beabsichtigt, bis 2030 eine Beleuchtungssanierung in allen Tunneln umzusetzen.

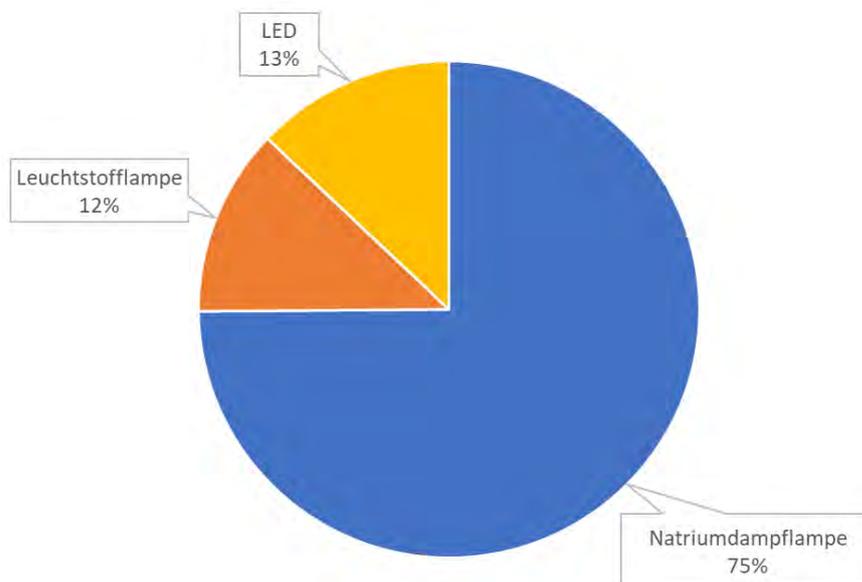


Bild 64 Anteil verschiedener Lampentypen am Bestand der Tunnelbeleuchtung in Stuttgart zum 31.12.2020

3.9 Lukratives Energiesparen in Stuttgarter Schulen (LESS)

Im Schuljahr 2019/2020 beschäftigten sich 26 Schulen im Zuge des LESS-Projekts mit dem Energie- und Wasserverbrauch in ihren Schulen. 16 Schulen konnten aktiv Energie einsparen und damit die Ausgaben

von insgesamt ca. 73.900 Euro/a reduzieren. Bei der Auswertung der Verbrauchswerte werden die Einsparungen gegenüber den Basiswerten ermittelt. Diese bemessen sich aus dem Mittelwert von drei Verbrauchsjahren einer Schule vor der Projektteilnahme unter Berücksichtigung von nicht durch die Schulgemeinschaft beeinflussbaren Veränderungen. Hierbei wurde der Verbrauchskennwert um bis zu 13 % reduziert. Folgende Schulen sind an der Energiekosteneinsparung anteilig mit bis zu 1.000 Euro beteiligt worden: Die Albschule, die Birken-Realschule, das Fanny-Leicht-Gymnasium, das Ferdinand-Porsche-Gymnasium, die Gemeinschaftsschule Weilimdorf, das Geschwister-Scholl-Gymnasium, die Kerschensteinerschule, das Königin-Olga-Stift, die Maria-Montessori-Schule, das Neues Gymnasium Leibnitz, die Rilke Realschule, die Robert-Bosch-Schule, die Robert-Mayer-Schule, die Wilhelmsschule Untertürkheim, das Wirtschaftsgymnasium West und die Wolfbuschschule. Der mittlere ausbezahlte Bonus liegt bei 516 Euro. Auch die Schulen, die ihre Energiekosten nicht senken konnten, wurden für ihre Aktivitäten über das pädagogische Bonusmodell belohnt. Alle Teilnehmerschulen mussten anhand eines Fragebogens über Organisationsstrukturen und Aktivitäten zum Energiesparen Auskunft erteilen. 11 der Schulen bekamen hierfür die maximal mögliche Punktzahl und somit 350 Euro. Im Durchschnitt wurden die Aktivitäten der Schulen mit 292 Euro belohnt.

Eine Jahresveranstaltung im Stuttgarter Rathaus konnte 2020 coronabedingt nicht durchgeführt werden.

Drei Projekte wurden mit dem Sonderpreis ausgezeichnet. Die Gemeinschaftsschule Weilimdorf mit dem Bau von Modellen zur Nutzung erneuerbaren Energien, die Realschule Feuerbach mit einem Projekt zu den Fridays-for-Future Kundgebungen und das Hegelgymnasium mit der Einführung von Umweltsprechern.

In der Gemeinschaftsschule Weilimdorf entschieden sich im Rahmen der Umwelt-AG die teilnehmenden 12 Schüler*innen zum Bau unterschiedlicher Modelle zur Nutzung regenerativer Energieträger. Diese umfassten ein Solarauto mit Elektromotor, eine Windkraftanlage nach Vorlage des "Grünen Heiner", ein Passivhaus mit Photovoltaikanlage (Bild 65) und Sonnenkollektor sowie ein Wasserkraftwerk mit einer Pelton turbine. Zu den Modellen wurden Informationstafeln im Schulhaus aufgestellt.



Bild 65 Model eines Passivhauses mit Informationstafel (Bild: GSS Weilimdorf)

In der Realschule Feuerbach nahmen im Rahmen der Projektstage Schüler*innen der 7., 8. und 9. Klasse am Projekt Fridays-for-Future teil. Zwei Aktivistinnen der Fridays-for-Future Bewegung Stuttgart wurden einge-

1

2

3

4

5

laden, um über Themen wie dem Umweltschutz, Maßnahmen zu einem nachhaltigeren Leben, der Ressourcenverschwendung und Fakten zum Klimawandel zu informieren. In der anschließenden Diskussion wurde kontrovers diskutiert. Daraus entstanden Plakate für eine Informationstafel (Bild 66), die im Schulhaus aufgestellt wurden sowie eine Müllsammelaktion.

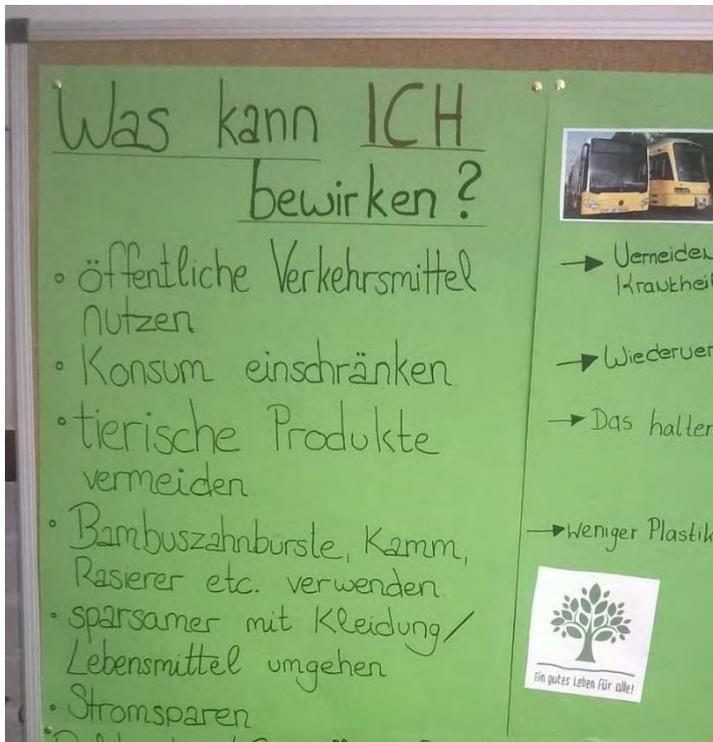


Bild 66 Plakat zur Reflexion des eigenen Handelns gegen den Klimawandel (Bild: RS Feuerbach)

Das Hegelgymnasium führte ein Umweltsprechersystem ein. Dazu konnte jede Klasse einen Umweltsprecher wählen, der für konkrete Fragen des Ressourcenschutzes und zur Energieeinsparung zuständig ist. Insgesamt wurden 25 solche Sprecher gewählt. Des Weiteren sollte aus dem Kreis der Umweltsprecher ein konkretes Projekt vorgeschlagen und umgesetzt werden. Dies musste allerdings aufgrund der Corona-Pandemie verschoben werden.

Halbjährlich findet ein Erfahrungsaustausch mit Vertreter*innen der Schulen im Amt für Umweltschutz statt. Dort werden neben den Anregungen der Lehrkräfte, neue Materialien und Projekte, sowie Kooperationspartner vorgestellt. Im Jahr 2020 konnten diese nicht wie sonst in Präsenz durchgeführt werden, sodass der Erfahrungsaustausch im ersten Halbjahr kurzfristig abgesagt werden musste und die Unterlagen stattdessen elektronisch verteilt wurden. Im zweiten Halbjahr fand der Erfahrungsaustausch als Videokonferenz statt.

Die Erfahrungsaustausche befassten sich mit vielfältigen Themen, wie z. B.

- Mülltrennung an Stuttgarter Schulen.
- „Weltklima in Not“ – Aktionsprogramm Klimaschutz der Stadt Stuttgart
- Auswertung der Energiedaten und der Aktivitäten des Jahres 2019
- Ausbau von Photovoltaikanlagen auf den Dächern der Stuttgarter Schulen
- Lüftungsregeln in Schulen

Das „Lukrative Energiesparen in Stuttgarter Schulen“ existiert bereits seit zwölf Jahren. In diesem Zeitraum wurde an den beteiligten Einrichtungen ca. 5% des Heizenergieverbrauchs und 4% des Stromverbrauchs eingespart werden. Der CO₂-Ausstoß konnte um 1.499 tCO₂/a reduziert werden. Dies entspricht einem jährlichen CO₂-Ausstoß von über 255 Einfamilienhäusern.

3.10 Forschungsprojekte

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

Plusenergieschule Stuttgart - Monitoring und Betriebsoptimierung der Uhlandschule

Die Uhlandschule in Stuttgart-Rot 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).

Zur Validierung der umgesetzten Maßnahmen und zur Nutzerakzeptanz wird seit Oktober 2019 ein zwei-jähriges 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. Da über einen Großteil des Jahres 2020 coronabedingt kein geregelter Schulbetrieb stattgefunden hat, wurde die energetische Auswertung der Uhlandschule auf Grundlage der Mittelwerte für die Jahre 2018 und 2019 durchgeführt. Eine Auswertung für das Jahr 2020 hätte keine aussagekräftigen Ergebnisse zur Folge. Um die Energieflüsse im Gebäude besser nachvollziehen zu können, sind diese in einem Energieflussdiagramm (Bild 67) dargestellt. In diesem sind Stromflüsse gelb eingefärbt, Wärme rot und Umweltwärme aus den Geothermiebohrungen grün.

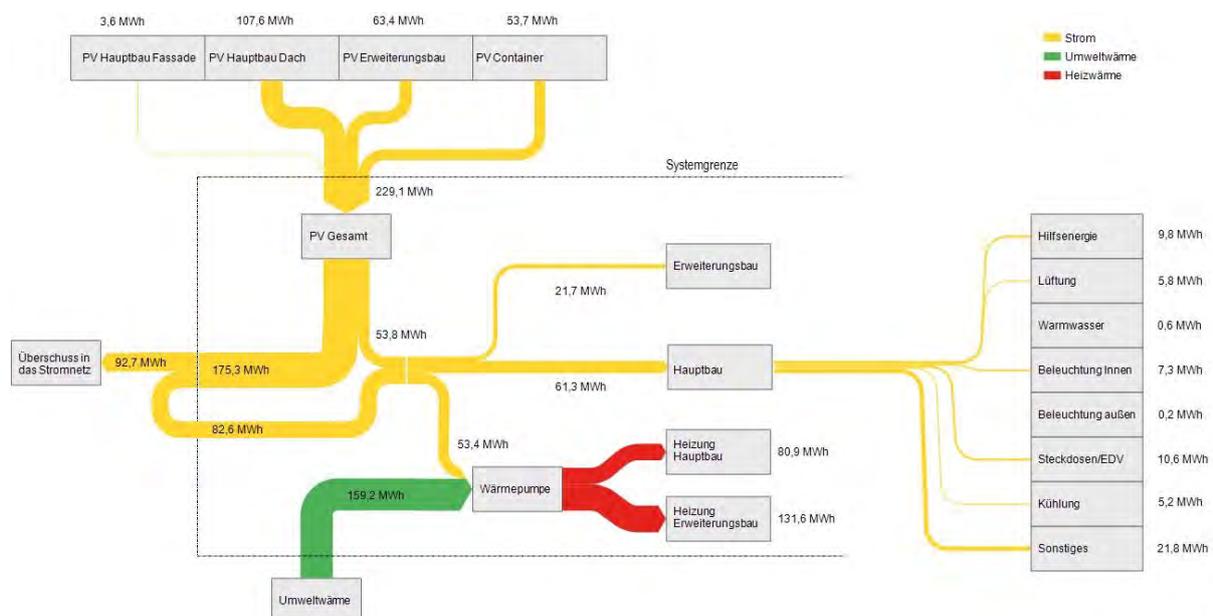


Bild 67 Übersicht der Energieflüsse der Uhlandschule

Der Gesamtenergieverbrauch der Uhlandschule betrug im Betrachtungszeitraum im Schnitt 136,4 MWh/a. Dies entspricht ebenfalls dem Gesamtstromverbrauch der Schule, da in beiden Gebäuden die Wärme über Wärmepumpen bereitgestellt wird. Dem gegenüber steht eine solare Stromerzeugung von 229,1 MWh/a. Dies ergibt einen Stromüberschuss von 92,7 MWh/a und bestätigt damit den Plusenergiestandard der Schule. Vom solar erzeugten Strom wurden 53,8 MWh/a direkt verbraucht und 175,3 MWh/a in das Stromnetz eingespeist. Aus dem Stromnetz wieder entnommen wurden 82,6 MWh/a. Der Wärmeverbrauch betrug für die beiden Gebäude im Betrachtungszeitraum insgesamt 212,6 MWh/a. Der Wärmeverbrauch wird vollständig über die Sole-Wasser-Wärmepumpen gedeckt. Diese stellen aus 53,4 MWh/a Strom und 159,2 MWh/a Geothermie die benötigte Wärme bereit. Daraus ergibt sich für die Uhlandschule mit einer beheizten Gesamtfläche von 5.492 m² ein Stromkennwert von 15,1 kWh/m²a, bei dem der Stromverbrauch für die Wärmepumpen nicht berücksichtigt wurde, und ein Heizkennwert von 38,7 kWh/m²a. Die Verbräuche sowie die Heiz- und Stromkennwerte für den kernsanierten Hauptbau und den Erweiterungsbau sind Tabelle 25 zu entnehmen.

	Gesamt	Hauptbau	Erweiterungsbau
Fläche [m ²]	5.492	3.453	2.038
Stromverbrauch ohne Wärmepumpen [MWh/a]	83	61,3	21,7
Stromkennwert [kWh/m ² a]	15,1	18,3	10,6
Wärmeverbrauch [MWh/a]	53,4	80,9	131,6
Heizkennwert [kWh/m ² a]	38,7	24,2	64,6

Tabelle 25 Verbräuche sowie Heiz- und Stromkennwerte der Uhlandschule

Sommerliche Nachtlüftung

In den Sommermonaten sorgt eine sommerliche Nachtlüftung für eine Entwärmung der Uhlandschule, indem automatisch Fenster und Lüftungsflügel zwischen Flur und Klassenzimmern geöffnet werden. Ziel einer sommerlichen Nachtlüftung ist es, die durch interne und solare Wärmeeinträge tagsüber aufgeheizten Bauteile eines Gebäudes mittels kühler Nachtluft wieder abzuführen, um einen allmählichen Temperaturanstieg über den Behaglichkeitsbereich am Folgetag zu vermeiden. Die Nachtlüftung erfolgt von 22 – 6 Uhr, sofern die Außentemperatur unter der Innentemperatur liegt. Bei Regen und zu hohen Windgeschwindigkeiten werden die Fenster geschlossen. Die Luftführung durch das Gebäude sowie einen Unterrichtsraum ist in Bild 68 dargestellt.

Aufgrund von Funktionsstörungen bei der Automatik der Nachtlüftungsfenster wurde die sommerliche Nachtlüftung im Sommer 2019 außer Betrieb genommen. Grund dafür war, dass einige der Nachtlüftungsfenster nicht geöffnet werden konnten, andere konnten nicht oder nur teilweise geschlossen werden. Ende Juni 2020 erfolgte eine Reparatur und die Nachtlüftungsfenster wurden wieder aktiviert. Daher konnte die sommerliche Nachtlüftung lediglich für den Zeitraum von Anfang Juli bis Ende August 2020 untersucht werden.

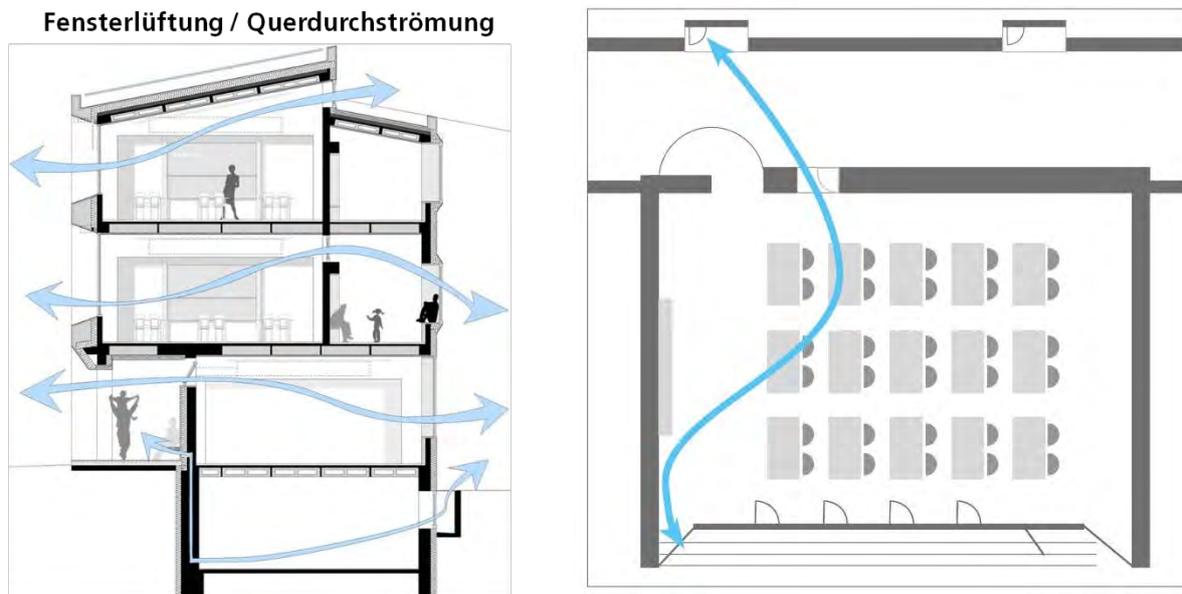


Bild 68 Luftführung der sommerlichen Nachtlüftung durch das Gebäude (links) sowie durch einen Unterrichtsraum (rechts)

Die Ergebnisse zeigen, dass die sommerliche Nachtlüftung eine geringe Abkühlung der Räume zur Folge hat, im Mittel ca. 0,5 °C für Unterrichtsräume und ca. 1,2 °C für Büroräume. Gründe dafür sind, dass die Lüftungsart der Nachtlüftung in der Uhlandschule einer freien Lüftung entspricht und daher die Luftwechselrate und die Zulufttemperatur stark von den meteorologischen Bedingungen abhängig sind. Die Luftwechselrate gibt dabei an, wie oft die Luft in einem Raum pro Stunde ausgetauscht wird. Um eine signifikante Abkühlung über eine Nachtlüftung zu erreichen, wird eine Luftwechselrate von 3 empfohlen und eine Temperaturdifferenz von Innen- zu Außentemperatur von mindestens 2 °C. Ebenfalls erfolgt die Luftführung unkontrolliert durch den Raum. Vor vielen Raumwandflächen stehen Möbel und Tafeln, die eine effektive Abkühlung der Raumflächen verhindern. Als zusätzliches Hemmnis ist die verbaute Akustikdecke anzuführen, die das Abführen der Wärme aus der Betondecke erschwert. Der Hauptgrund für die geringe Abkühlung dürfte jedoch der geringe Lüftungsquerschnitt der Fenster im Vergleich zur Raumgröße sein. Dies führt zu einer geringen Luftwechselrate, die neben der Temperaturdifferenz von Innen- und Außentemperatur mitentscheidend für die Effektivität der sommerlichen Nachtlüftung ist. Dies kann jedoch nur vermutet werden, da die Luftwechselrate mit den integrierten Sensoren in den Räumen nicht gemessen werden kann. Unterstützt wird die Annahme jedoch dadurch, dass die Temperaturabnahme in den kleineren Büroräumen deutlich höher ist als in den größeren Unterrichtsräumen.

Es kann festgehalten werden, dass im Messzeitraum die Raumlufttemperaturen zu den Nutzungszeiten nie über 27 °C angestiegen ist. Dies ist nach Norm DIN 4108-2 der Grenzwert für die Region Stuttgart, in der ein Raum im Sommer als thermisch behaglich gilt.

Nutzerakzeptanz

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, CO₂-Konzentration und Luftfeuchtigkeit. Gleichzeitig wurde eine Umfrage durchgeführt, um die ermittelte Behaglichkeit mit dem persönlichen Empfinden der Nutzer abzugleichen.

1

2

3

4

5

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 CO₂-Werten überein. Diese lagen im betrachteten Zeitraum in den gemessenen Klassenzimmern grundsätzlich unter dem Grenzwert von 1.500 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 Lüftungssampeln 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.

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.

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. 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 gemeinsam mit den Stadtwerken Stuttgart und dem Tiefbauamt 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.

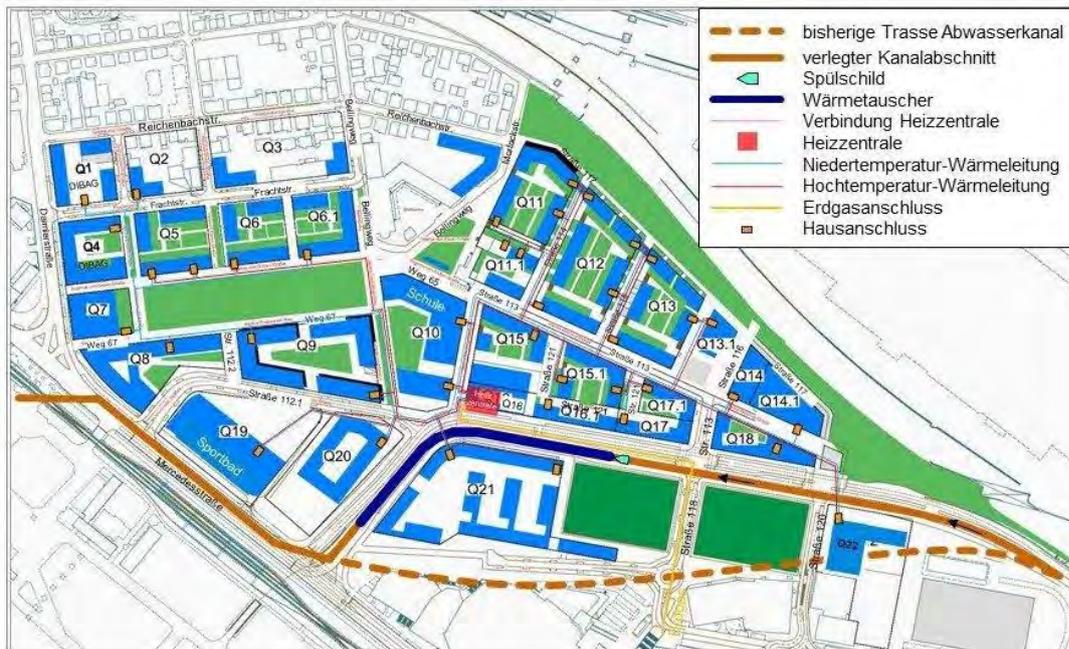


Bild 69 Neckarpark Stuttgart: Versorgung mit Wärme aus Abwasser

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.

Im Jahr 2020 wurden die Arbeiten zum Bau des Quartiersparkhauses mit der integrierten Energiezentrale fortgesetzt. Zu Jahresbeginn erfolgte die Lieferung und Montage vieler Komponenten für die Energiezentrale (u.a. Redundanz-Kesselanlage, Druckhaltung, Pumpen, Armaturen, Rohrleitungen). Im Frühjahr begannen die Installation der Regelungstechnik und weitere Elektroinstallationsarbeiten. Die bereits im Vorjahr gelieferten Pufferspeicher sowie weitere Aggregate, Rohrleitungen und Armaturen wurden mit einer Wärmedämmung versehen. Seitens der Netzbetreiber wurden die Anschlüsse der Energiezentrale für Strom und Gas hergestellt.

Der Probetrieb der Energiezentrale startete im Juni 2020. Seit August 2020 hat die Energiezentrale den regulären Betrieb des Nahwärmenetzes übernommen und versorgt seitdem die bislang angeschlossenen Gebäude mit Wärme. Die Interimsheizzentrale wurde daraufhin zurückgebaut. Im Mai 2020 wurden die Schornsteine für die Blockheizkraftwerke und Gas-Spitzenlastkessel angeliefert und montiert (Bild 70 und Bild 71).

1

2

3

4

5



Bild 70 Anlieferung Schornsteine



Bild 71 Einbringung Schornstein

Im Jahr 2020 wurde das Energiekonzept weiterentwickelt und verfeinert. Es basiert auf der vorrangigen Nutzung lokaler erneuerbarer Energien wie Geothermie, Abwasserwärme, Solarthermie und Photovoltaik. Aufgrund der schwankenden Bedarfe und Erzeugung dieser Energieträger ist ein Nahwärmenetz mit Speicher elementar. Daher wurde im Jahr 2020 die Potentialanalyse des vorhandenen Geothermie- und Abwasserwärmepotentials, die Grobdimensionierung der Anlagentechnik samt Kostenschätzung und Wirtschaftlichkeitsanalyse sowie die Standortauswahl für den Speicher und die Energiezentrale der Interims- und finalen Versorgung vorangetrieben. Dabei zeigte sich, dass insbesondere im Strombereich erhebliche Maßnahmen zur Maximierung der genutzten Dach- und Fassadenflächen erforderlich sind, um eine Vollversorgung mit lokalem Ökostrom zu erreichen.

Nach dem städtebaulichen Wettbewerb für das Gesamtareal im Jahr 2017 fanden 2020 Vorabstimmungen zum Architekturwettbewerb für den Bauabschnitt IIa statt. Dieser soll die Planungen weiter detaillieren und beinhaltet z. B. ein Raumprogramm, die Fassadengestaltung, die Gestaltung der Außenanlagen und Spielflächen.

Aufgrund der Abschätzung, dass der Bauabschnitt 1 (Bau 2) einen hohen Anteil von ca. 30 % am gesamten Energieverbrauch des Areals haben wird, haben Energieeinsparmaßnahmen, die hier geplant werden, große Auswirkungen auf die Klimaneutralität des Gesamtquartiers. Zu den ausgeschriebenen Optimierungsmaßnahmen, die zusammen mit der SWSG als Bauherrn abgestimmt wurden, gehören neben wohnungsweisen Frischwasserstationen auch der Umstieg auf eine Fußbodenheizung.



Bild 73 Innenansicht des entkernten Baus 2, Stand 06/2020

Im Bau 2 wurde die Entkernung und der Abbruch der Fassade weitestgehend abgeschlossen. Parallel erfolgen innen im Gebäude Rohbauarbeiten, die Fenster werden eingesetzt und der Innenputz wird angebracht. Außerdem ist die Ausschreibung für Elektrik und HLS-Technik erfolgt.



Bild 74 Neue Wände im Bau 2, Stand 08/2020

In Überlingen wurden im ersten Bauabschnitt im Rahmen des Innenausbaus die Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung installiert, sodass im Oktober 2020 die ersten Wohnungen bezogen werden konnten. Der 2. Bauabschnitt befindet sich in der Rohbauphase. Darüber hinaus wurden das Dreileiter-Nahwärmenetz im ersten Bauabschnitt fertig gestellt sowie die planerischen und baulichen Grundvoraussetzungen für das innovative Messkonzept umgesetzt, mit dem die im Projekt geförderten Technologien im Anschluss validiert werden sollen. Außerdem konnte die Planung der Solarthermieanlage und der Mieterstrom-PV-Anlage beginnen.



Bild 75 Baufortschritt im Demonstrationsquartier Überlingen Stand 11/2020 (Bild: Baugenossenschaft Überlingen)

1

2

3

4

5

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

Klimabib – Nachhaltige Energieversorgung im Spitalhof Möhringen

Das Projekt „Nachhaltige Energieversorgung im Spitalhof Möhringen“ (kurz: KLIMABIB) mit dem Förderkennzeichen: 03KP0002M wurde vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) gefördert und hatte eine Laufzeit vom 1. Januar 2019 bis zum 30. Dezember 2020. Dabei konnten Bundesmittel in Höhe von 108.081 Euro akquiriert werden.

In Möhringen auf den Fildern steht in zentraler Lage der „Spitalhof“, ein altes Fachwerkgebäude, in dem die Stadtteilbibliothek und das Heimatmuseum untergebracht sind. Die Energieversorgung des Spitalhofs wurde im Jahre 2020 über Fördergelder des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) komplett nachhaltig umgestaltet. Dabei wurden folgende Maßnahmen von der Stadtverwaltung durchgeführt:

Die Beheizung des Spitalhofs erfolgte bisher durch zwei Gaskessel aus dem Jahr 1988 mit jeweils 75 kW Heizleistung. Die Gaskessel wurden nun durch eine nachhaltige Energieversorgung mittels eines Holzpelletkessels mit einer Nennwärmeleistung von 135 kW ersetzt. Ein ehemaliger Kohlebunker, der sich im Erdreich neben dem Heizraum befindet, wurde saniert und zum Pelletlager umfunktioniert. Eine Photovoltaikanlage mit 86 PV-Modulen und knapp 30 kWp installierter Leistung wurde auf dem Süddach des Gebäudes installiert. Die PV-Anlage erzeugt so jährlich 28.000 Kilowattstunden (kWh) an Ökostrom.

Die Treibhausgasemission der Wärmeversorgung des Gebäudes lag bislang bei 45 tCO₂/a. Durch die Umstellung der Wärmeversorgung auf Pellets werden zukünftig lediglich 5,4 tCO₂/a anfallen. Durch die Errichtung der PV-Anlage ergibt sich eine weitere Emissionsminderung von 10,2 tCO₂/a. Rechnerisch ergibt sich damit ein klimaneutraler Betrieb des Gebäudes. Durch die Errichtung der PV-Anlage werden 11,2 MWh/a ins öffentliche Stromnetz eingespeist und es werden weitere 16,9 MWh/a an erzeugtem PV-Strom direkt am Gebäude verbraucht. Insgesamt führt die Maßnahme zu einer Minderung von 50 tCO₂/a.



Bild 76 Beim Spitalhof Möhringen handelt es sich um ein altes Fachwerkgebäude, bei dem die Energieversorgung komplett umgekrempelt wurde



Bild 77 Insgesamt 86 Solarmodule wurden auf das Dach des Spitalhofs montiert

1

2

3

4

5



Bild 78 Die erste Pelletlieferung



Bild 79 Blick in das Pelletlager, das ursprünglich ein Kohlebunker war

3.11 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.

In der Vergangenheit reichte die Energieabteilung des Amts für Umweltschutz die meisten Förderanträge beim CO₂-Minderungsprogramm des Klimaschutz-Plus-Förderprogramms beim Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg (UM BW) ein. Das Förderprogramm orientiert sich an der Höhe der nachzuweisenden Minderung der Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalente) und fördert pro vermiedener Tonne CO₂ bis zu 50 Euro. Der Zuschuss gewährt 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 Holzhackschnitzelheizungen 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 CO₂-Äquivalent bei investiven Maßnahmen ab 20.000 Euro. Der Förderschwerpunkt liegt hierbei auf der Erneuerung und Sanierung der Beleuchtungstechnik und auf raumluftechnische Anlagen.

In dem Förderprogramm „Heizen mit Erneuerbaren Energien“ des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (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.

2020 wurden gemeinsam mit den beteiligten Ämtern (Hochbauamt, Amt für Sport und Bewegung) und dem Eigenbetrieb Leben und Wohnen für den Austausch alter Umwälzpumpen Zuschüsse von 3.400 Euro bei den Förderprogrammen beantragt. Die beantragten Fördermittel sind bereits bewilligt und ausbezahlt worden.

Mit den beschriebenen Förderprogrammen für Einzelmaßnahmen wurden seit 2003 Energieeinsparmaßnahmen in den Ämtern und Eigenbetriebe der Landeshauptstadt Stuttgart mit etwas mehr als 4,2 Mio. Euro gefördert. Bis 2020 konnten damit Maßnahmen umgesetzt werden, mit denen die CO₂-Belastung jährlich um mehr als 12.500 tCO₂/a reduziert wird.

In Bild 80 sind die Förderzuschüsse und der Bearbeitungsstand der Förderanträge in der Entwicklung bis 2020 dargestellt. Der Bearbeitungsstand unterteilt sich in die vom Fördergeber abgelehnten, in Prüfung

1

2

3

4

5

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 CO₂-Minderungsprogramm förderfähigen Maßnahmen vor.

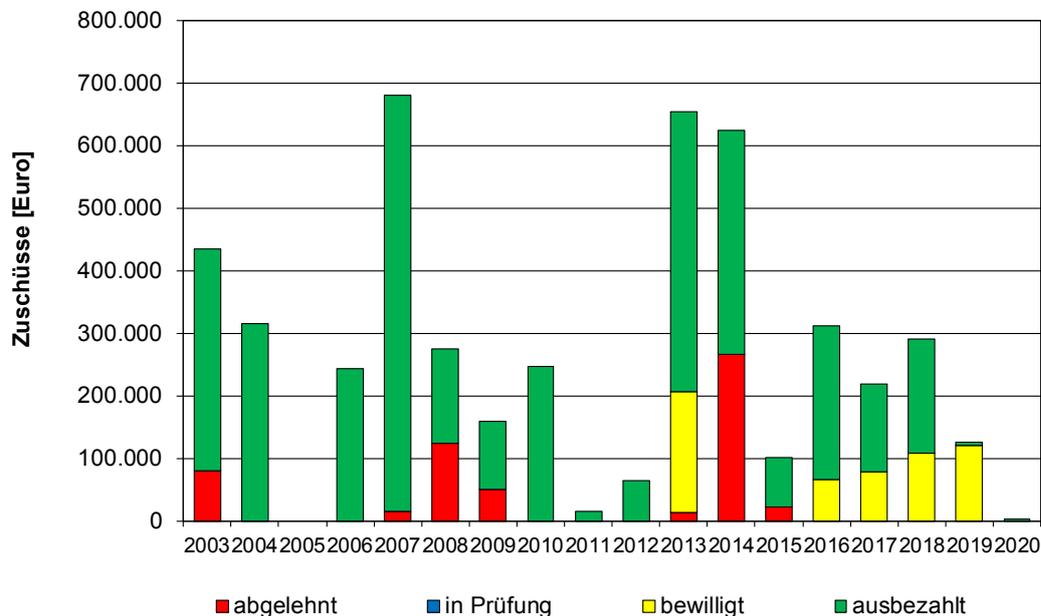


Bild 80 Entwicklung der beantragten Zuschüsse aus den Förderprogrammen

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. Die Untersuchungsgebiete für die „Energetische Stadtsanierung“ lagen in Stuttgart 2020 in Degerloch, Weilimdorf, Heumaden und Mühlhausen mit einer Förderhöhe von jeweils über 71.000 Euro.

Neben den dargestellten Fördermitteln für Einzelmaßnahmen und Stadtsanierungen stehen weitere Finanzmittel für Einzelförderungen und Forschungsvorhaben von Bund und EU zur Verfügung. Bis 2020 wurden durch Bund und EU in insgesamt 48 Vorhaben Maßnahmen im Umfang von etwas über 26 Mio. Euro gefördert, wobei der EU-Anteil bei etwa 1,9 Mio. Euro und der Bundesanteil bei etwa 24,1 Mio. Euro liegt.

Zusammen mit den vorgenannten Förderprogrammen summiert sich der Ertrag aller eingeworbenen Fördermittel in 2020 auf etwa 27 Mio. Euro. Prozentual liegen die vom Bund geförderten Mittel mit einem Anteil von 78 % am höchsten. Vom Land Baden-Württemberg werden 15 % und von der EU 7 % der Maßnahmen gefördert.

Bild 81 stellt die Entwicklung der Fördermittel nach Landes-, Bundes- und EU-Mittel differenziert bis 2025 dar. Die vor dem Jahr 2004 eingeworbenen Mittel sind in der Grafik zusammengefasst dargestellt. Die Fördermittel, die über 2020 hinausgehen, stellen die bewilligten Mittel aus Förderprojekten von Bund und EU nach derzeitiger Planung dar. 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.

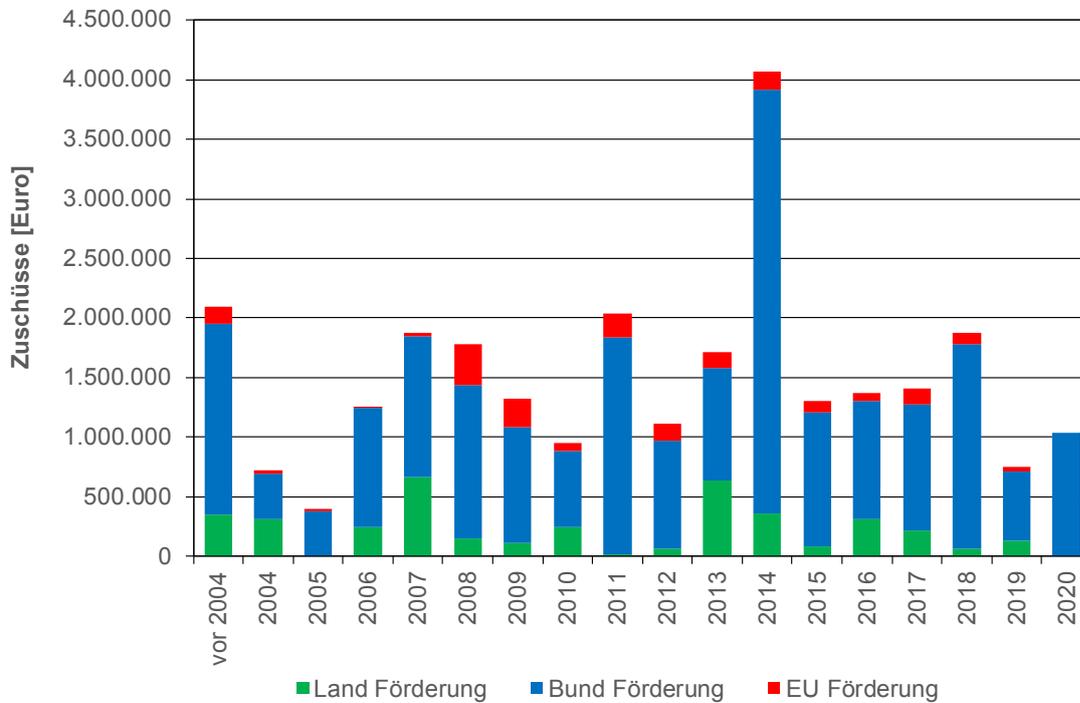


Bild 81 Gesamtentwicklung der beantragten Zuschüsse

1

2

3

4

5

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.

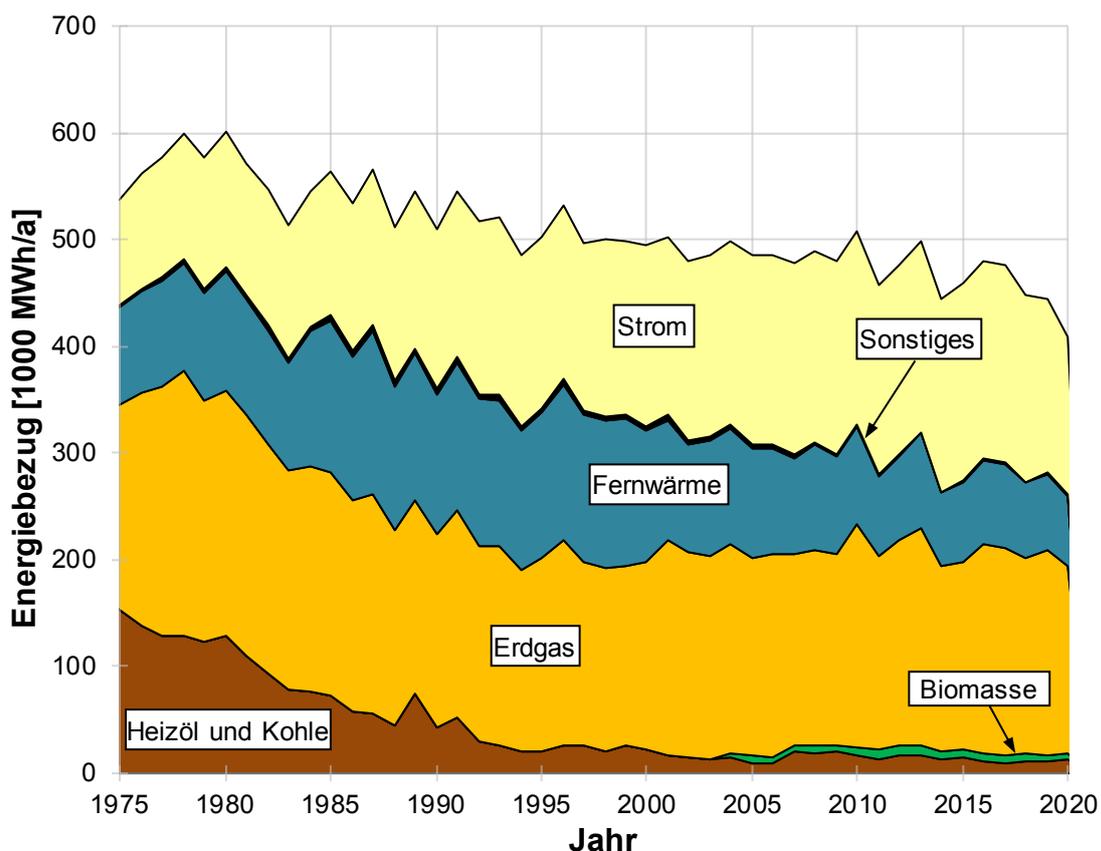


Bild 82 Entwicklung des Energiebezugs von 1973 bis 2020

Energiebezug	2019	2020	Veränderungen in %
Erdgas	192.734 MWh/a	176.411 MWh/a	-9,3%
Fernwärme	71.681 MWh/a	65.567 MWh/a	-9,3%
Heizöl	10.592 MWh/a	12.540 MWh/a	15,5%
Flüssiggas / Heizstrom	770 MWh/a	753 MWh/a	-2,3%
Biomasse	4.802 MWh/a	4.925 MWh/a	2,5%
Energiebezug	2019	2020	Veränderungen in %
Summe	280.579 MWh/a	260.195 MWh/a	-7,8%
Strombezug	164.394 MWh/a	148.821 MWh/a	-10,5%
Gesamtenergiebezug	444.973 MWh/a	409.017 MWh/a	-8,8%
Bereinigter Bezug	475.720 MWh/a	452.375 MWh/a	-5,2%

Tabelle 26 Energiebezug in 2019 und 2020

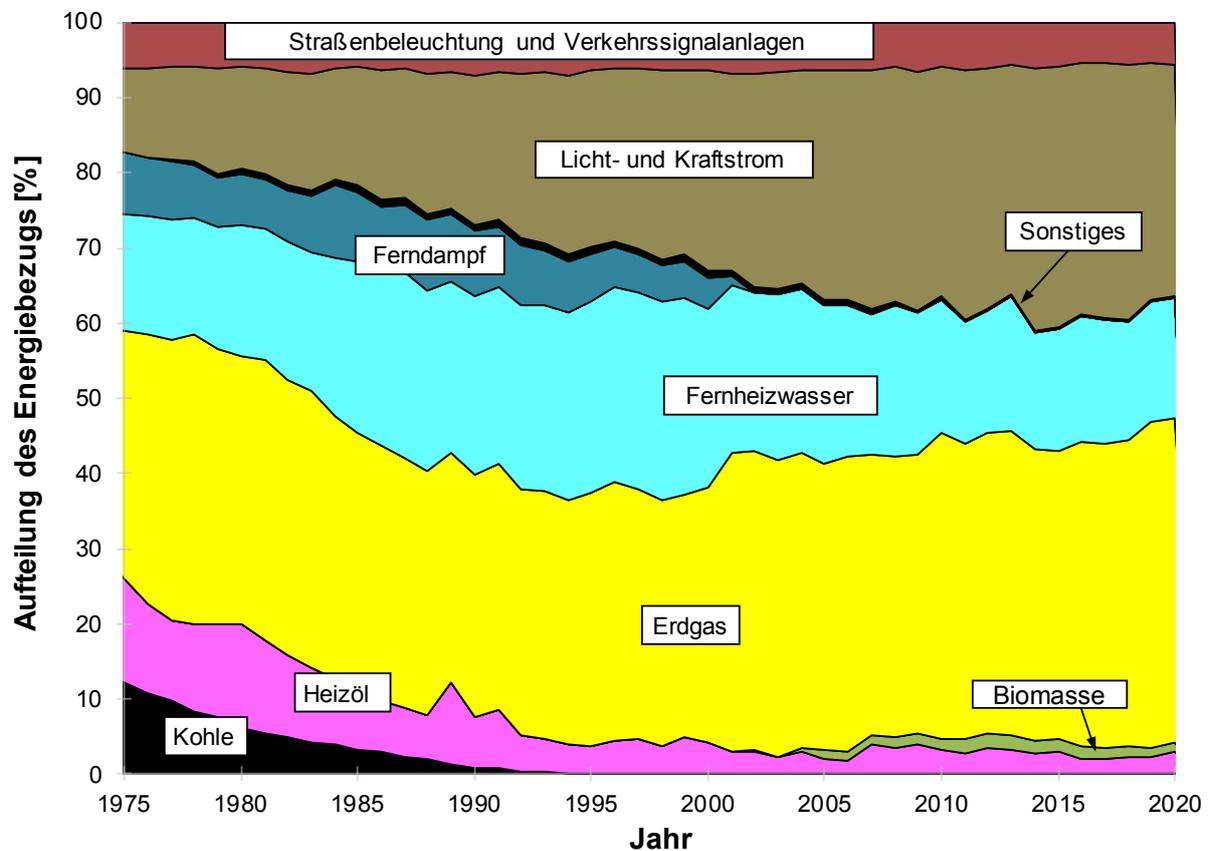


Bild 83 Prozentuale Aufteilung des Energiebezugs in der Entwicklung von 1973 bis 2020

Energiebezug	2019	2020
Erdgas	43,3%	43,1%
Fernwärme	16,1%	16,0%
Heizöl	2,4%	3,1%
Biomasse	0,2%	0,2%
Flüssiggas	1,1%	1,2%
Kohle ist seit 1995 vernachlässigbar		
Anteil Heizenergiebezug am Gesamtenergiebezug	63,1%	63,6%

Tabelle 27 Prozentuale Aufteilung des Heizenergiebezugs in 2019 und 2020

Strombezug	2019	2020
Licht und Kraftstoff	31,6%	30,7%
Straßenbeleuchtung / Verkehrssignalanlagen	5,4%	5,7%
Eigenproduktion	3,8%	3,9%
Anteil Strombezug am Gesamtenergiebezug	41%	40%

Tabelle 28 Prozentuale Aufteilung des Strombezugs in 2019 und 2020

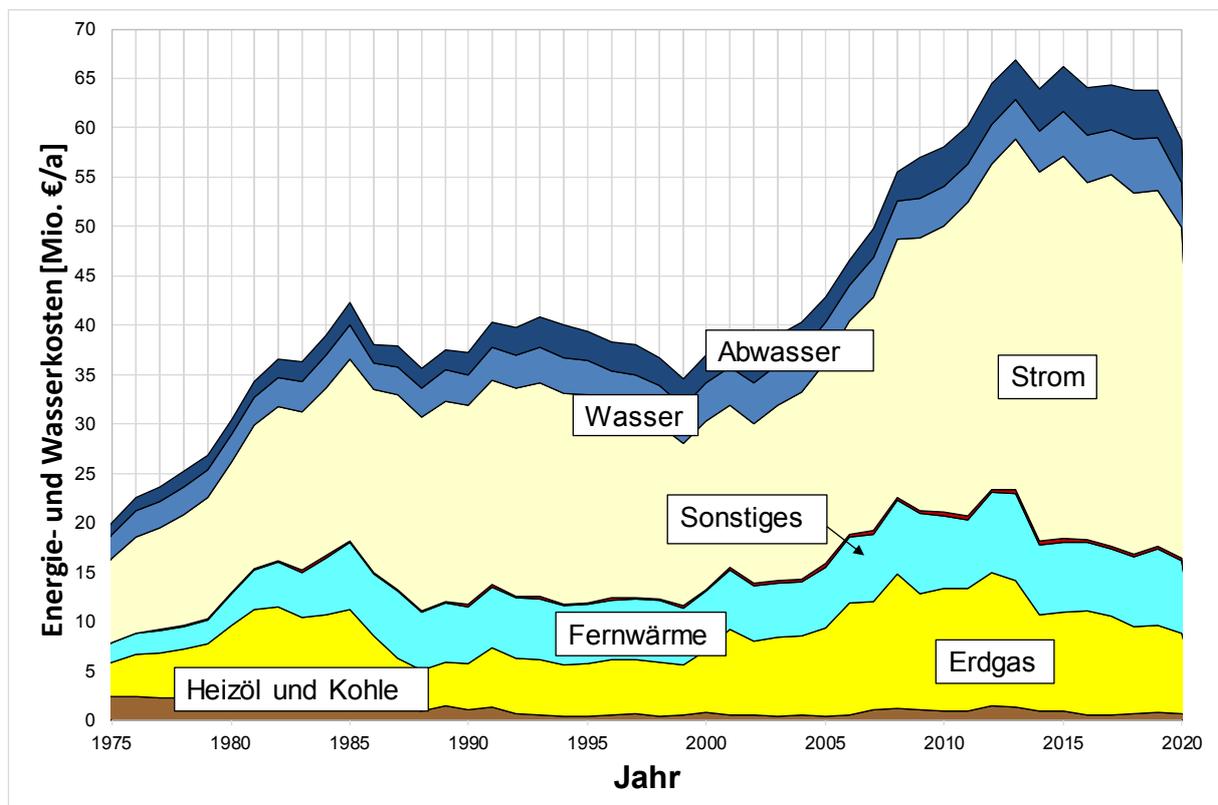


Bild 84 Energie- und Wasserkosten in der Entwicklung von 1973 bis 2020

2020	Gesamtkosten	Veränderungen ggü. 2019
Strom	33.494.526 €	-7,2%
Heizenergie	16.370.320 €	-6,7%
Wasser, gesamt	8.842.857 €	-12,5%
Gesamt	58.707.703 €	-7,9%

Tabelle 29 Energie- und Wasserkosten in 2020 gegenüber 2019

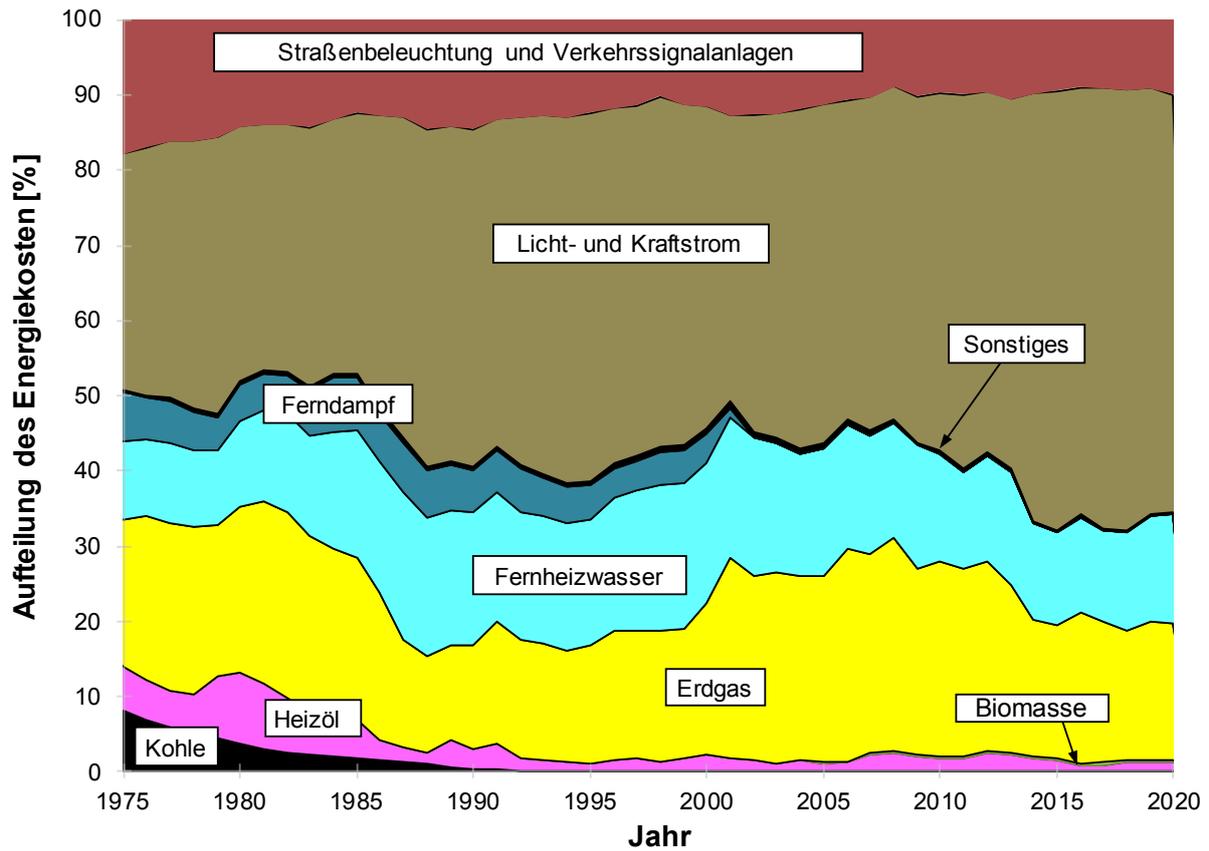


Bild 85 Prozentuale Aufteilung der Energiekosten in der Entwicklung von 1973 bis 2020

Energiebezug	2019	2020
Erdgas	18,2%	18,3%
Fernwärme	14,7%	14,2%
Heizöl	1,2%	1,3%
Biomasse	0,3%	0,3%
Flüssiggas	0,0%	0,0%
Kohle ist seit 1995 vernachlässigbar		
Anteil Heizenergiebezug am Gesamtenergiebezug	34,4%	34,1%

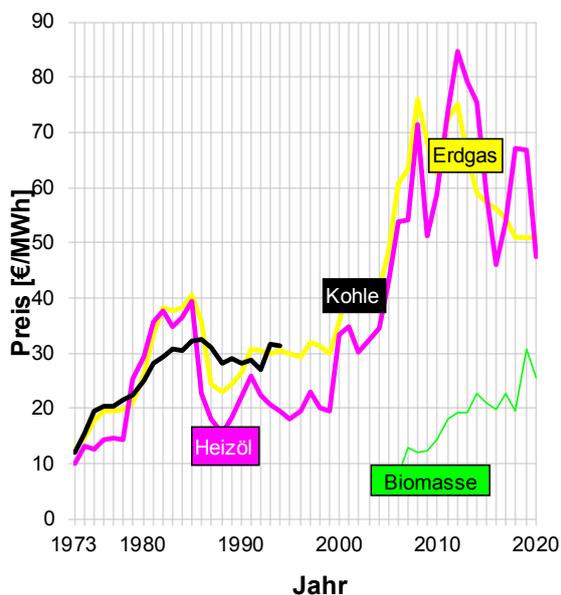
Tabelle 30 Prozentuale Aufteilung der Heizenergiekosten 2019 und 2020

Strombezug	2019	2020
Licht und Kraftstoff	56,6%	55,5%
Straßenbeleuchtung / Verkehrssignalanlagen	9,1%	10,0%
Eigenproduktion	1,6%	1,7%
Anteil Strombezug am Gesamtenergiebezug	67,3%	67,2%

Tabelle 31 Prozentuale Aufteilung der Stromkosten 2019 und 2020

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.



Spezifische Preise und deren Veränderungen zum Vorjahr:

Erdgas	51,54 Euro/MWh	1,1 %
Heizöl	47,51 Euro/MWh	-29,0 %
Biomasse	25,46 Euro/MWh	-17,1 %

Heizöl war um 3,14 Euro/MWh (7,2 %) günstiger als Erdgas.

Bild 86 Preisentwicklung fossiler Brennstoffe und der Biomasse

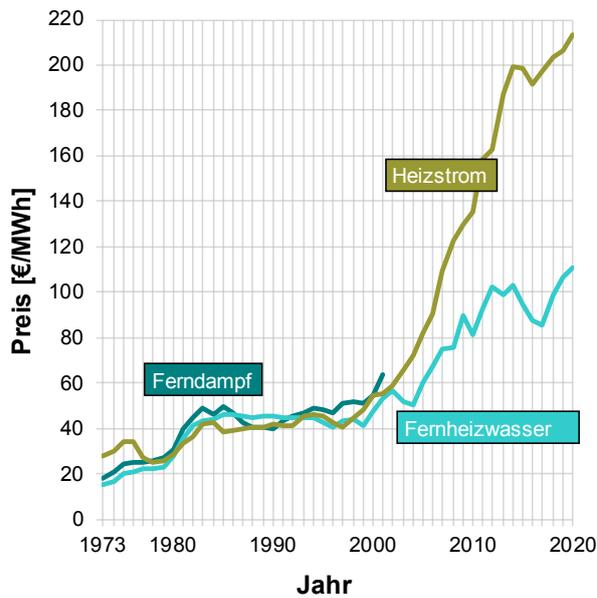


Bild 87 Preisentwicklung bei Fernwärme und Heizstrom

Spezifische Preise und deren Veränderungen zum Vorjahr:

Fernwärme	111,04 Euro/MWh	4,5 %
Heizstrom	213,04 Euro/MWh	3,4 %

Fernwärme war um 102,4 Euro/MWh (47,89 %) günstiger als Heizstrom und um 59,5 Euro/MWh (53,8 %) teurer als Erdgas.

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

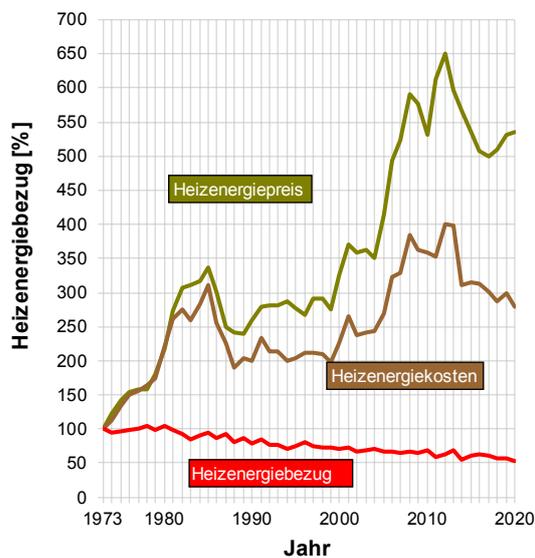


Bild 88 Prozentuale Veränderung beim Heizenergiebezug

Veränderungen 2020:

Heizenergiepreis	0,7 %
Heizenergiekosten	-6,7 %
Heizenergiebezug	-7,3 %
Heizenergiepreis 1973-2020	+434,7 %
Heizenergiekosten 1973-2020	179,8 %
Heizenergiebezug 1973-2019	-46,7 %
Jährliche Preissteigerung seit 1973	+3,6 %
Jährliche Preissteigerung seit 2001	+2,0 %

1

2

3

4

5

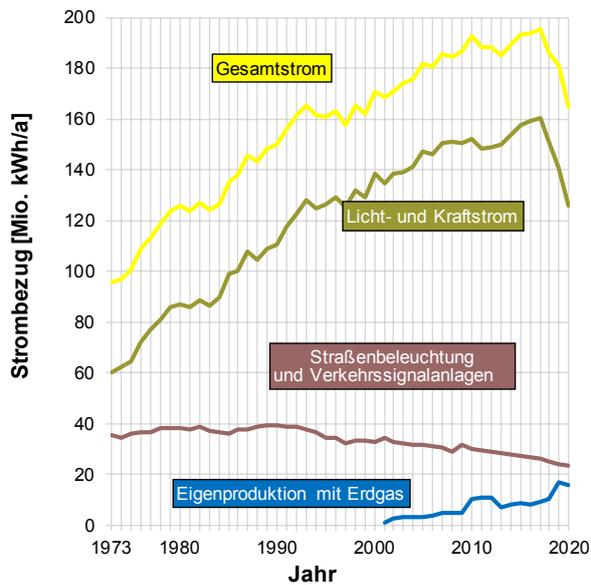


Bild 89 Strombezugsentwicklung seit 1977 (ohne Heizstrom)

Strombezug und deren Veränderungen zum Vorjahr:

Licht- und Kraftstrom	125.663 MWh	-10,8 %
Straßenbeleuchtung und Verkehrs-signalanlagen	23.158 MWh	-2,9 %
Eigenproduktion	15.847 MWh	-5,5 %
Gesamt	164.668 MWh	-9,1 %

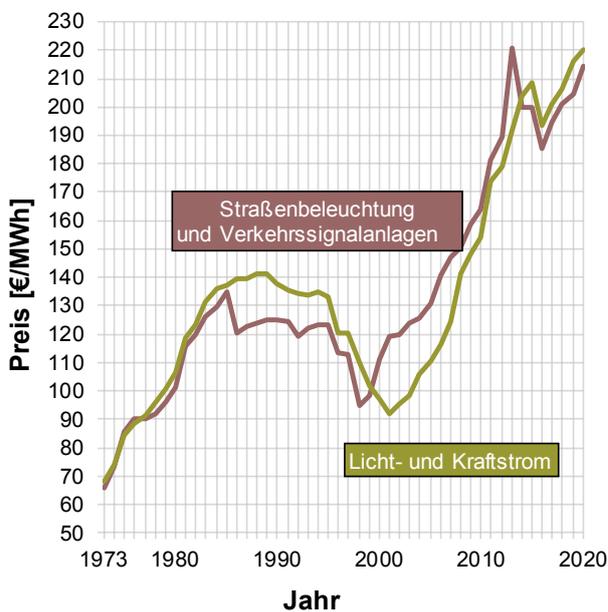
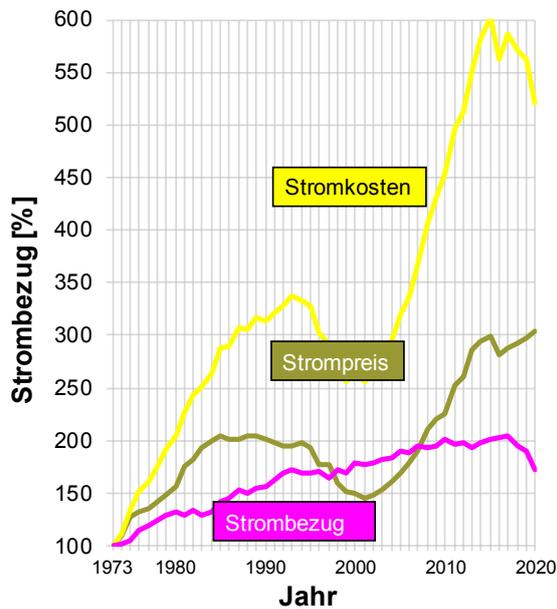


Bild 90 Preisentwicklung Strom

Spezifische Preise und deren Veränderungen zum Vorjahr:

Licht- und Kraftstrom	220,33 Euro/MWh	+ 2,0 %
Straßenbeleuchtung und Verkehrs-signalanlagen	214,38 Euro/MWh	+ 4,7 %

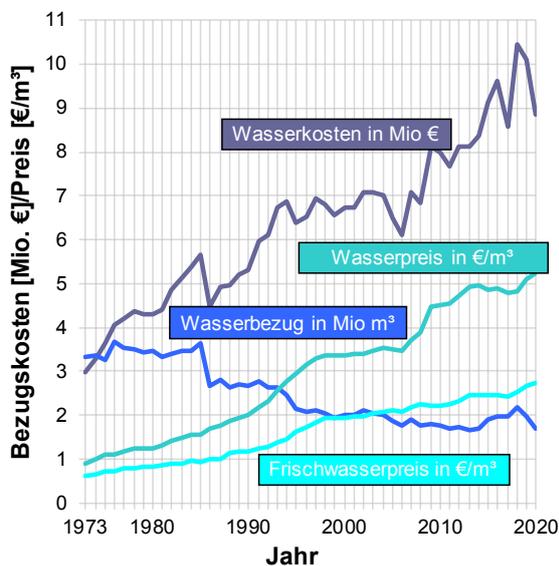


Veränderungen 2020:

Strompreis	+ 2,1 %
Stromkosten	- 7,2 %
Strombezug	- 9,1 %
Strompreis 1973 - 2020	+303,0 %
Stromkosten 1973 – 2019	+521,0 %
Strombezug 1973 – 2019	+ 172,1 %
Jährliche Preissteigerung seit 1973	+2,4 %
Jährliche Preissteigerung seit 2001	+4,0 %

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

Bild 91 Prozentuale Veränderung beim Strombezug



Spezifische Preise und deren Veränderungen zum Vorjahr:

Wasserpreis	5,25 Euro/m ³	3,2 %
Wasserkosten	8.842.857 Euro	-12,5 %
Wasserverbrauch	1.683.507 m ³	-15,2 %

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

Bild 92 Verbrauchs-, Kosten-, und Preisentwicklung bei Wasser

1

2

3

4

5

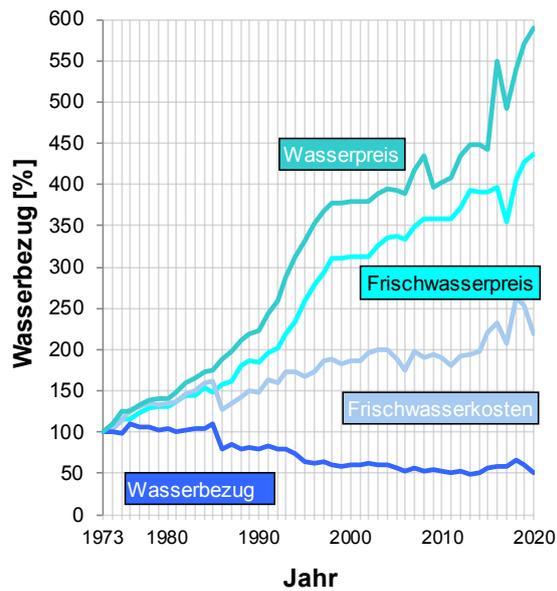


Bild 93 Prozentuale Veränderung beim Wasserbezug

Gesamtbetrachtung Wasser

Wasserverbrauch 1973–2020	-50 %
Frischwasserpreis 1973–2020	+436 %
Frischwasserkosten 1973–2018	+219 %
Wasserpreis (einschließlich Abwasser und versiegelter Fläche)	+589 %
Jährliche Preissteigerung Frischwasser seit 1973	+3,2 %
Wasser gesamt (einschließlich Abwasser und versiegelter Fläche) seit 1973	+3,8 %

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

4.3 Liegenschaften- und Bedarfsstellen

In Tabelle 32 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 2019 um 12 auf 1.333 Liegenschaften und die Nettogrundfläche um 23.995 m² auf 2.382.535 m². Die Wasserfläche blieb bei 18.306 m² konstant.

LIEGENSCHAFTSSTATISTIK 2020							
Gebäudeart	BWZ	Anzahl	Fläche [m ²]	Gebäudeart	BWZ	Anzahl	Fläche [m ²]
Altenheim/Pflegeheim	6400	11	77.378	Lagergebäude	7000	13	29.710
Bürogeb./Beratungs-/Baubüro	1300	25	28.855	Männer-/Frauenwohnheim	6300	4	5.767
Begegnungsstätte	9150	27	19.463	Mineralbad	5200	3	3.770 ⁽¹⁾
Betriebsgebäude	7300	46	18.601	Schulgebäude	4000	79	308.434
Bibliotheksgebäude	9130	13	35.060	Schulgebäude mit TH	4000	92	584.045
Feuerwehrgebäude	7760	28	25.850	Schulgebäude mit LSB	4000	1	4.594
Freibad	5500	5	10.419 ⁽¹⁾	Schulgebäude mit TH und LSB	4000	8	59.674
Friedhofsgebäude	7300	47	14.935	Schutzbunker	7500	28	34.192
Garage	7600	2	2.379	Sportgebäude	5000	49	82.329
Geschäfts- u. Verw.gebäude	1320	17	106.394	Toilettengebäude	8000	72	1.667
Geschäftshaus	1320	13	9.890	Veranstaltungsgebäude	9140	31	116.117
Gewächshaus/Tierhaus	5100	3	11.722	Verwaltungsgebäude	1300	71	127.015
Hallenbad	5200	10	4.117 ⁽¹⁾	Verw.- u. Betriebsgebäude	1300	7	21.372
Heim	6300	10	8.763	Wohncontainer	6300	10	15.419
Kindergarten	4400	82	29.893	Wohn- u. Betriebsgebäude	1300	20	24.472
Kindertagheim	4400	109	81.357	Wohn- u. Geschäftshaus	1320	58	33.480
Kiosk	7200	3	112	Wohn- u. Verwaltungsgebäude	1320	23	30.899
Krankenhaus	3200	5	313.467	Wohnhaus	6300	308	119.230
Σ Gebäude = ⁽¹⁾ Wasserfläche		1.333		Σ Nettogrundfläche = Σ Wasserfläche =		2.382.535 m ² 18.306 m ²	

Tabelle 32 Liegenschaftsstatistik 2019 für Liegenschaften mit definierter Fläche

In Tabelle 33 ist die Anzahl der sonstigen Bedarfsstellen ohne definierter Fläche (z. B. Straßenbeleuchtung, Verkehrssignalanlagen) zusammengestellt. Gegenüber 2019 nahm die Anzahl der sonstigen Bedarfsstellen um 16 auf insgesamt 2.266 zu.

LIEGENSCHAFTSSTATISTIK 2020			
Sonstige Bedarfsstellen	Anzahl	Sonstige Bedarfsstellen	Anzahl
Anstrahlung	10	Platz/Marktplatz/Betriebsgelände	50
Aussichtsturm	2	Regenrückhalte-/Regenüberlaufbecken	97
Brunnen	171	Rolltreppe	5
Friedhof	12	Sportfläche	4
Grünanlage	97	Standrohr	10
Kläranlagengebäude	4	Straße/Wegebeleuchtung/Signalanlage	3
Maschinen-/Pumpstation	48	Tunnel/Unterführung	43
Mess-/Radarstation	11	Straßenbeleuchtung	834
Parkhaus	8	Unterführungen (Beleuchtung)	55
Parkplatz/Parkscheinautomat/Schranke	18	Verkehrssignalanlage	784
Σ Bedarfsstellen = 2.266			

Tabelle 33 Abnahmestellenstatistik 2019 für Liegenschaftsarten mit nicht definierter Fläche

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 ² 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 ² 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 ² 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 ² großes Bauteil aufrechtzuerhalten. Um z. B. bei 0 °C Außentemperatur eine Innentemperatur von 20 °C einzuhalten, sind bei einem Dach mit 1.000 m ² und einem U-Wert von 0,2 W/m ² 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 ² 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)
Tiefengrundwasser 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)
Energie- und Klimaschutzbericht – Fortschreibung für das Jahr 2020	(Heft 1/2022)

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: Februar 2022

