

Energiebericht Gebäude 2018

Bericht über die Energie- und Wasserverbräuche sowie die Energie- und Wasserkosten der bezirklich verwalteten Gebäude im Jahr 2018 und deren Entwicklungen seit 2010

März 2021

Verfasser: Till Nadolny (Energiemanager)

Inhalt

Inhalt	2
Einleitung	3
Zusammenfassung	3
Ausgangssituation	4
Methodik	4
Gebäudebestand	6
Endenergie und Primärenergie	10
Energieträger	14
CO ₂ -Emissionen	17
Erneuerbare Energien und KWK	20
Photovoltaik	20
Solarthermie	22
Kraft-Wärme-Kopplung (KWK).....	22
Energie im Detail	23
Gesamtverbrauch Wärme und Strom.....	23
Gesamtkosten Wärme und Strom.....	26
Wärme	28
Ursachen der Verbrauchsentwicklungen	29
Liegenschaften und Gebäude	33
Strom.....	41
Ursachen der Verbrauchsentwicklungen	41
Liegenschaften und Gebäude	43
Wasser	52
Ursachen der Verbrauchsentwicklung.....	54
Liegenschaften und Gebäude	58
Sanierungsmaßnahmen (Beispiele)	65
Abbildungsverzeichnis	68
Tabellenverzeichnis	69
Fotoverzeichnis.....	70

Einleitung

Mit diesem Energiebericht bietet die Serviceeinheit Facility Management des Bezirksamtes Lichtenberg einen transparenten Einblick in die Situation und Entwicklung der Energieverbräuche und Energiekosten der bezirklich verwalteten Gebäude. Dieser Bericht umfasst die Analyse und Bewertung des Verbrauchs von Wärme, Strom und Wasser. Ergänzend werden ausgewählte realisierte Sanierungsmaßnahmen des Bezirks vorgestellt. Die Ermittlung von konkreten Einsparpotenzialen und die Beschreibung möglicher Sanierungsmaßnahmen sind nicht Bestandteil dieses Berichts. Für Informationen zu diesen Themen wird auf den bezirklichen Sanierungsfahrplan verwiesen.

Dieser Energiebericht ist Bestandteil des bezirklichen Energiemanagements. Die zugrundeliegenden Daten werden im Rahmen des Energiecontrollings des Bezirks erfasst und ausgewertet.

Zusammenfassung

Der Bezirk Lichtenberg verfügt im Jahr 2018 über 225 bezirklich verwaltete Gebäude, verteilt auf 156 Liegenschaften. Die Gebäude haben insgesamt eine Netto-Grundfläche von 482.016 m². Rund 75% der Gebäude sind Schulen oder Sporthallen. Sie verursachen rund 83% des Energieverbrauchs und rund 69% des Wasserverbrauchs aller Gebäude. Der abgerechnete Gesamtenergieverbrauch für alle Gebäude beträgt 52.324 MWh bzw. witterungsbereinigt 56.571 MWh. Das sind 2% weniger als im Vorjahr und 8% weniger gegenüber 2010. Der Energieverbrauch setzt sich zusammen aus 84% Wärmeverbrauch und 16% Stromverbrauch. Der witterungsbereinigte Wärmeverbrauch sowie der Stromverbrauch haben gegenüber 2017 um 2% abgenommen. Bezogen auf 2010 ist der Wärmeverbrauch um 10% zurückgegangen, während der Stromverbrauch um 8% zugenommen hat. Die Kosten für den Gesamtenergiebezug betragen 5.069.828 Euro. Das sind 5% weniger als im Vorjahr und 11% weniger als 2010.

Der Gesamtwasserverbrauch beträgt 137.100 m³ und verursacht Kosten in Höhe von 1.060.202 Euro – einschließlich der Niederschlagswasserentgelte. Der Wasserverbrauch ist gegenüber dem Vorjahr um rund 10% und seit 2010 um 19% gestiegen. Die Kosten sind gegenüber dem Vorjahr jedoch nur um rund 4% gestiegen während sie seit 2010 um rund 10% gefallen sind.

Durch energetische Sanierungsmaßnahmen werden erhebliche Reduzierungen des Energieverbrauchs erzielt. Beispielsweise wurde der Wärmeverbrauch der Karlshorster Grundschule in der Lisztstraße 6 um rund 48% reduziert und in der Sporthalle in der Hagenstraße 26 um rund 37%. Trotz Umstellung auf LED-Beleuchtung sind die Stromverbräuche in beiden Objekten aufgrund gesteigener technischer Ausstattungen um 14% bzw. 6% gestiegen. Dies spiegelt den langfristigen Trend sinkender Wärmeverbräuche und steigender Stromverbräuche im Gebäudebestand wieder.

Die Verbrauchsmengen von Liegenschaften mit mehreren Gebäuden werden in der Regel zentral und nicht gebäudescharf gemessen. Eine Zuordnung von Verbrauchsmengen zu einzelnen Gebäuden erfolgt daher nur als Schätzung auf Grundlage der anteiligen Flächen. Folglich bieten berechnete flächenbezogenen Verbrauchsmengen (z.B. kWh/m²) bei Liegenschaften mit mehreren Gebäuden unterschiedlicher Nutzung und unterschiedlichen Raumhöhen nur eine grobe Orientierung zur

Einschätzung der Energieeffizienz der einzelnen Gebäude. Nur eine Installation von Verbrauchszählern pro Gebäude würde bei solchen Konstellationen die Ermittlung von aussagekräftigen und belastbaren Energiekennzahlen ermöglichen.

Erneuerbare Energien haben nur einen symbolischen, sehr geringen Anteil an der Energieversorgung der bezirklich verwalteten Gebäude im Jahr 2018. Die Realisierung von weiteren Photovoltaikanlagen ist ein bezirkliches Vorhaben für die kommenden Jahre.

Ausgangssituation

Bei den bezirklichen Bestandsgebäuden gibt es in der Regel eine zentrale Versorgung und Verbrauchsmessung von Heizenergie, Strom und Wasser für alle Gebäude einer Liegenschaft. Somit ist eine gebäudegenaue Erfassung der Verbrauchsmengen in den meisten Fällen nicht gegeben. Das Bezirksamt Lichtenberg hat sich zum Ziel gesetzt, im Zuge von Sanierungsarbeiten jedes Gebäude mit separaten Zählern für Heizenergie, Strom und Wasser auszustatten. Bei Neubauten werden grundsätzlich Zähler für alle Verbrauchsmedien in jedem Gebäude installiert.

Die Abrechnungen der Energielieferanten erfolgen auf Basis der Messwerte der Hauptzähler. Der Großteil der Hauptzähler wird von den Lieferanten fernausgelesen. Ergänzend werden sowohl die Messwerte der Hauptzähler als auch der Unterzähler manuell durch das Bezirksamt erfasst.

Die Beschaffung von Strom, Erdgas und Fernwärme wird seit dem Jahr 2000 von der Energiewirtschaftsstelle (EWS) des Landes Berlin gebündelt organisiert. Der Bezirk Lichtenberg nutzt seitdem diese wirtschaftlich vorteilhafte Möglichkeit für den Bezug dieser Energieträger. Die weiteren genutzten Energieträger Heizöl und Flüssiggas sowie Wasser bezieht der Bezirk direkt bei den Lieferanten.

Methodik

Für diesen Bericht wurden ausschließlich die von den Lieferanten abgerechneten Verbrauchsmengen und Kosten herangezogen. Für eine vergleichende Bewertung der Verbräuche werden Verbrauchskennwerte errechnet. Die Bezugsgröße zur Ermittlung der Kennwerte für Verbrauch und Kosten für Heizenergie, Strom und Wasser ist die Netto-Grundfläche¹ (NGF) der Gebäude, für Wasser werden ergänzend die Schülerzahlen herangezogen. Die Energieverbräuche für Heizung und Warmwasser werden dabei in einem gemeinsamen Verbrauchskennwert für Wärme angegeben. Falls eine dezentrale Warmwasserbereitung (z.B. elektrische Durchlauferhitzer) installiert ist, so ist dieser Verbrauch im Stromkennwert enthalten.

Um die Energieverbräuche unabhängig von den klimatischen Bedingungen vergleichen zu können, sind alle in diesem Bericht enthaltenen Heizenergieverbräuche auf Basis der von der Senatsverwaltung für

¹ Netto-Grundfläche ist die Summe aller nutzbaren Flächen aller Geschosse in Nichtwohngebäuden. Seit der Novellierung der zugrundeliegenden DIN 277 im Jahr 2016 wird sie als Netto-Raumfläche (NRF) bezeichnet. Die beiden Begriffe werden synonym verwendet.

Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (SenUVK) zur Verfügung gestellten Klimadaten witterungsbereinigt. Für eine Gegenüberstellung mit den Vergleichswerten aus der Energieeinsparverordnung (EnEV) sind die Heizenergieverbräuche mit den Klimafaktoren des DWD witterungsbereinigt. Die angegebenen Energiekosten für Wärme sind die tatsächlichen Energiekosten, wenn nicht anders beschrieben.

Zunächst werden in einer Gesamtbetrachtung sämtliche Energie- und Wasserverbräuche sowie Energie- und Wasserkosten der bezirklich verwalteten Gebäude dargestellt. Im Rahmen der detaillierten Bewertung von Wärme-, Strom- und Wasserverbräuchen ab Seite 28 werden aus Gründen der Verhältnismäßigkeit von Aufwand und Nutzen nur Gebäude mit mehr als 250 m² NGF berücksichtigt. Diese Gebäudegruppe verursacht seit 2010 durchschnittlich rund 95% des Gesamtenergieverbrauchs sowie rund 92% des Gesamtwasserverbrauchs aller bezirklich verwalteten Gebäude. Durch die Konzentration der Bewertung auf diese Gebäudegruppe werden somit die wesentlichen Energie- und Wasserverbräuche berücksichtigt.

Im Falle von zentralen Verbrauchszählungen für mehrere Gebäude und nicht vorhandenen Gebäudeunterzählern wird der Gesamtverbrauch der Liegenschaft flächenbezogen auf die einzelnen Gebäude umgelegt. Die so errechneten Verbrauchsmengen pro Gebäude geben in diesen Fällen nicht den tatsächlichen Verbrauch des jeweiligen Gebäudes wieder und können nur als Schätzung betrachtet werden. Auch die Zuordnung der Verbrauchswerte je nach Gebäudenutzung – z.B. Schule oder Sporthalle – ist daher in den meisten Fällen verzerrt.

Es wird auch ermittelt, welche Gebäude besondere Aufmerksamkeit hinsichtlich ihres Energieverbrauchs erfordern. Hierzu werden die absoluten Energieverbräuche und die relativen Energieverbräuche pro Liegenschaft ermittelt und gegenübergestellt. Dabei werden nur Gebäude berücksichtigt, die in 2018 uneingeschränkt genutzt wurden.

Die CO₂-Emissionen werden sowohl auf Basis der von den Lieferanten angegebenen tatsächlichen Emissionsfaktoren als auch auf Basis der von SenUVK vorgegebenen statistischen Emissionsfaktoren berechnet.

Gebäudebestand

Im Jahr 2018 gibt es im Bezirk Lichtenberg 225 bezirklich verwaltete Gebäude mit Energieverbrauch. Davon haben 198 Gebäude mehr als 250 m² Netto-Grundfläche (NGF).

Gebäudeflächen

Die NGF aller 225 Gebäude beträgt insgesamt 482.016 m². Gebäude mit einer NGF von 250 bis 2.499 m² sind mit einem Anteil von 60% am Gebäudebestand die größte Gebäudegruppe, gefolgt von Gebäuden mit einer NGF von 2.500 bis 4.999 m² und einem Anteil von 25%. Demnach haben 91% aller Gebäude eine NGF von weniger als 5.000 m² (Tabelle 1 und Abbildung 1).

Tabelle 1: Flächenverteilung des Gebäudebestands 2018

Netto-Grundfläche (NGF) in m ²	Anzahl Gebäude	Anteil
1 bis 249	14	6%
250 bis 2.499	136	60%
2.500 bis 4.999	55	25%
5.000 bis 7.499	11	5%
7.500 bis 9.999	5	2%
10.000 bis 12.499	3	1%
12.500 bis 14.999	1	0,4%
Gesamt	225	

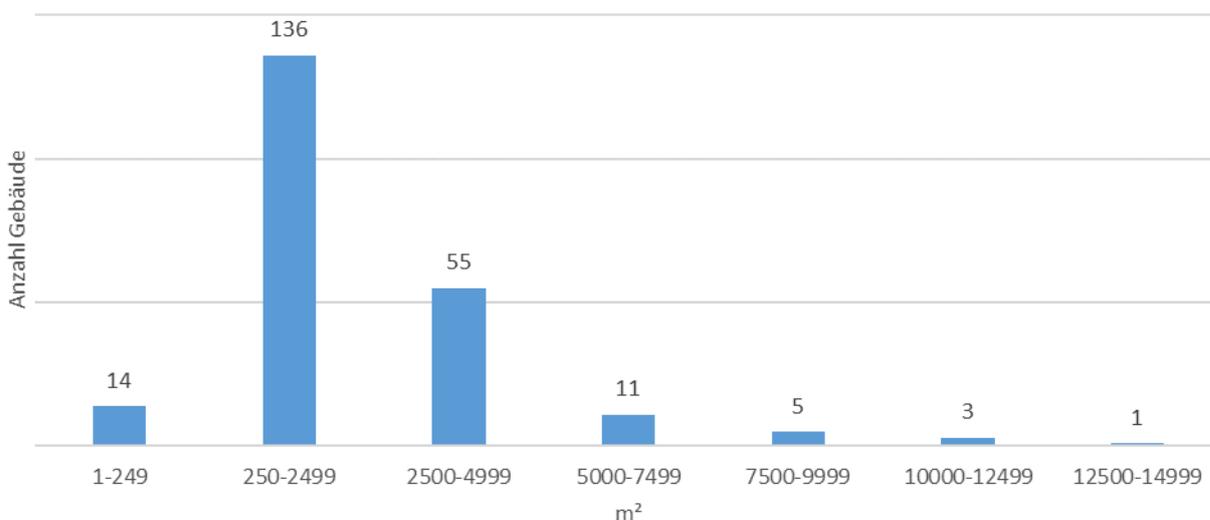


Abbildung 1: Häufigkeitsverteilung der Gebäudegrößen

Gebäudealter

Das älteste Gebäude ist die Friedhofskapelle in der **Gärtnerstr. 7** (Baujahr 1886). Das jüngste Gebäude ist die 2018 fertiggestellte Jugendfreizeiteinrichtung *BetonOase* in der **Dolgenseestr. 60 A**. Rund die Hälfte aller Gebäude wurde nach 1978 errichtet und ein Drittel aller Gebäude nach 1990 (Abbildung 2). Bei 18 Gebäuden handelt es sich um Baudenkmale, fünf Gebäude unterliegen einem Ensembleschutz.

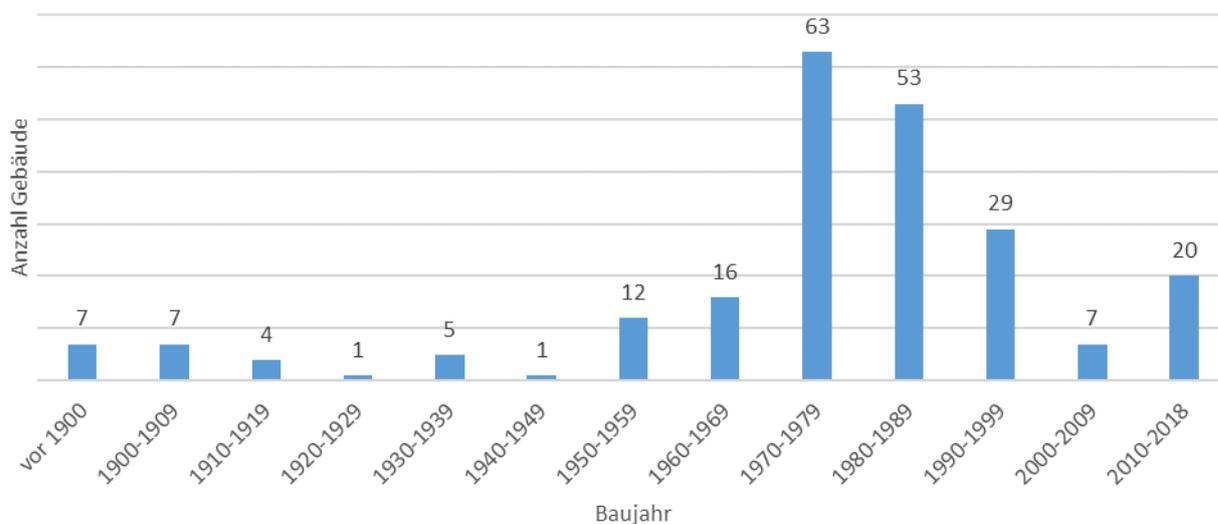


Abbildung 2: Häufigkeitsverteilung der Baujahre

Gebäudesanierungen

An nahezu allen älteren Gebäuden wurden bereits Sanierungen zwecks Erhalt der Bausubstanz, Gewährleistung von Sicherheit und Funktion der Gebäude oder Erhöhung der Energieeffizienz durchgeführt. Tabelle 2 ist zu entnehmen, wie viele und welche Sanierungsmaßnahmen in welchen Geltungszeiträumen der jeweiligen Energieeffizienznorm durchgeführt wurden. Seit Geltungsbeginn der 1. Wärmeschutzverordnung (WSVO) wurden bauteilbezogen insgesamt 379 energetische Sanierungsmaßnahmen umgesetzt (Tabelle 2). Diese Maßnahmen wurden teils einzeln und teils als Maßnahmenpaket durchgeführt. Seit 2010 gab es Grundinstandsetzungen von insgesamt 35 Gebäuden.

Entsprechend der aktuell geltenden Energieeinsparverordnung (EnEV 2014/2016) wurden 49 Fassadensanierungen, 60 Fenstersanierungen und 60 Dachsanierungen (oder oberste Geschossdecke) realisiert.

Im Jahr 2018 wurden bei 12 Gebäuden energetische Sanierungen fertiggestellt. Eine aussagekräftige Bewertung der energetischen Wirksamkeit dieser Gebäudesanierungen kann erst mit den Energieverbrauchsdaten des Folgejahres erfolgen (mehr dazu im Abschnitt ab Seite 65).

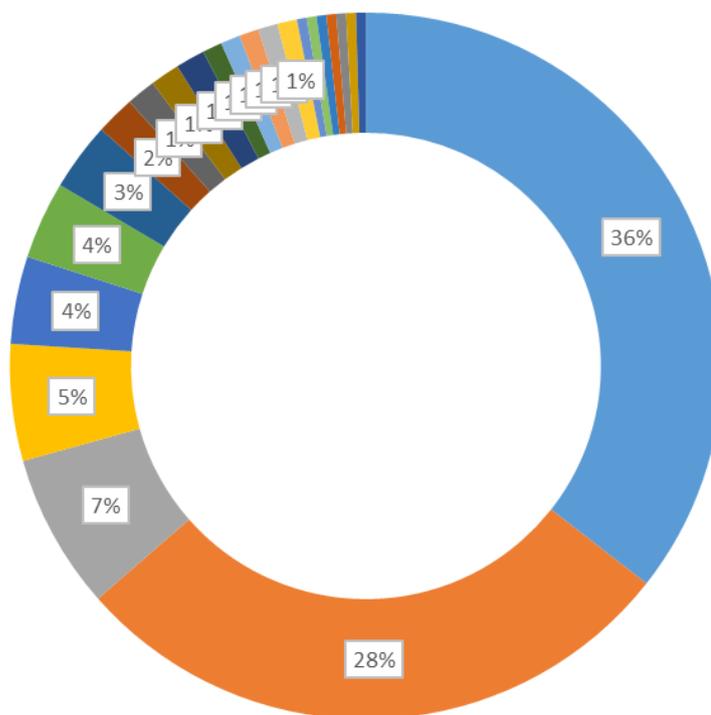
Tabelle 2: Energetische Gebäudesanierungen nach Zeiträumen und Bauteilen

Zeitraum (Norm)	Fassade	Fenster	Dach	Gesamt
1977 bis 1981 (1.WSVO)	1	0	1	2
1982 bis 1994 (2.WSVO)	3	3	4	10
1995 - 2001 (3.WSVO)	10	19	14	43
Feb. 2002 - Nov. 2004 (EnEV 2002)	7	11	13	31
Dez. 2004 - Sep. 2007 (EnEV 2004)	7	10	8	25
Okt. 2007 - Sep. 2009 (EnEV 2007)	6	11	10	27
Okt. 2009 - Apr. 2014 (EnEV 2009)	23	28	21	72
ab Mai 2014 (EnEV 2014/16)	49	60	60	169
Gesamt	106	142	131	379

Gebäudekategorien

Die Gebäude werden zwecks Vergleichbarkeit entsprechend ihrer Nutzung in Gebäudekategorien eingeteilt². Von den 225 bezirklichen Gebäuden gehören 80 zur Kategorie der Allgemeinbildenden Schulen, 63 zu Sporthallen („Hallen ohne Schwimmhallen“) und sieben zu Sonderschulen. Fasst man diese 150 Gebäude zu einer Gruppe „Schulen“ zusammen, handelt es sich um rund 67% aller bezirklichen Gebäude (Abbildung 3).

² Die verwendeten Gebäudekategorien entsprechen den Angaben in der EnEV 2014/2016, in der die Gebäudekategorien dem Bauwerkszuordnungskatalog (BWZK) entsprechend klassifiziert sind. Der BWZK wird von der Bauministerkonferenz herausgegeben und ist bei der Ausstellung von Energieausweisen zu verwenden.



- Allgemeinbildende Schulen
- Gebäude für Sportplatz- und Freibadeanlagen
- Verwaltungsgebäude, norm. Techn. Ausstattung
- Sonderschulen
- Mensen
- Gebäude für Lagerung
- Garagengebäude
- Veranstaltungsgebäude
- Bibliotheksgebäude
- Bauwerke für Versorgung mit elektrischer Energie,
- Sakralbauten
- Betriebs- und Werkstätten
- Hallen (ohne Schwimmhallen)
- Betreuungseinrichtungen
- Gebäude für Produktion, Werkstätten, Lagergebäude
- Bauwerke für Lenkung, Steuerung, Überwachung und Na
- Weiterbildungseinrichtungen
- Bauwerke für technische Zwecke
- Gebäude für Wartung und Pflege
- Verkaufsstätten
- Gebäude des Gesundheitswesens
- Friedhofsanlagen
- Gemeinschaftsunterkünfte

Abbildung 3: Anteile der Gebäudekategorien am Gebäudebestand

Verbrauchszähler

Die abgerechneten Energie- und Wasserverbräuche der 225 bezirklich verwalteten Gebäude werden mit 427 Verbrauchszählern erfasst. Davon sind 132 Wärmezähler, 163 Stromzähler und 132 Wasserzähler.

Endenergie und Primärenergie

Im Jahr 2018 beträgt der gesamte tatsächliche Endenergieverbrauch³ 52.324 MWh gegenüber 55.763 MWh im Jahr 2017. Dies entspricht einer Reduzierung von rund 6%. Unter Berücksichtigung der Witterung ergibt sich in 2018 ein Verbrauch von 56.571 MWh und damit rund 2% weniger als 2017. Bezogen auf die Primärenergie⁴ sind die Änderungen etwas geringer (Tabelle 3).

Tabelle 3: Gesamte absolute Energieverbräuche 2018 im Vergleich

	2010	2017	2018	Änderung 2010 - 2018	Änderung 2017 - 2018
	MWh	MWh	MWh		
Endenergie (abgerechnet)	69.505	55.763	52.324	-25%	-6%
Endenergie (witterungsbereinigt)	61.164	57.503	56.571	-8%	-2%
Primärenergie (berechnet)	66.084	41.071	39.039	-41%	-5%
Primärenergie (witterungsbereinigt)	59.787	42.037	41.403	-31%	-2%

Der Verbrauch an Primärenergie ist niedriger als der Verbrauch an Endenergie. Dies weist darauf hin, dass ein erheblicher Teil der von den Lieferanten bereitgestellten Endenergie mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) respektive erneuerbaren Energien erzeugt wird. Seit 2010 hat dieser Anteil deutlich zugenommen, wie am langfristig deutlich gesunkenen Primärenergieverbrauch zu erkennen ist (Abbildung 4).

³ Endenergie ist die Energie, die am Grundstück, Gebäude oder Gerät in Form eines Trägermediums – z.B. Warmwasser oder Strom – zur Verfügung steht und deren Verbrauch mit einem Zähler gemessen werden kann.

⁴ Primärenergie ist die Energie, die den Energiequellen entnommen wird, um den Verbrauchern Endenergie bereit zu stellen. Sie beinhaltet demnach alle Verluste, die von der Quelle bis zum Verbraucher auftreten. Diese Verluste sind in der abgerechneten Endenergiemenge nicht enthalten. Bei Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und erneuerbaren Energien kann der Aufwand an Primärenergie auch geringer sein, als die verbrauchte Endenergie. Zur Gewinnung von Strom aus Solarenergie (Photovoltaik) wird sogar keine Primärenergie verbraucht.

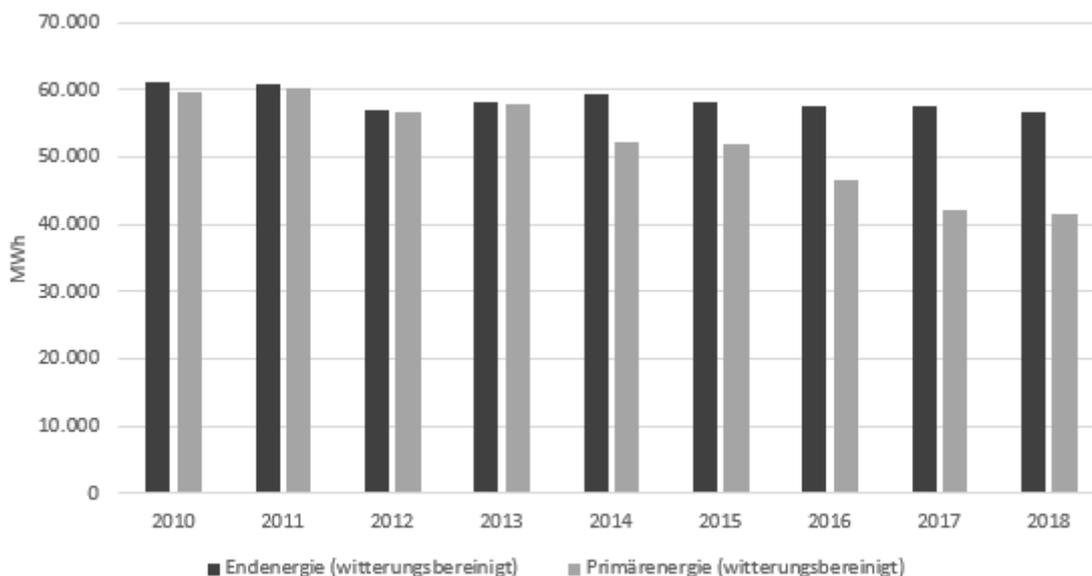


Abbildung 4: Gesamtenergieverbräuche (absolut) seit 2010

Die Endenergie- und Primärenergieverbräuche bezogen auf die Gesamt-NGF (Verbräuche pro Quadratmeter) zeigen eine sehr ähnliche Entwicklung (Abbildung 5).

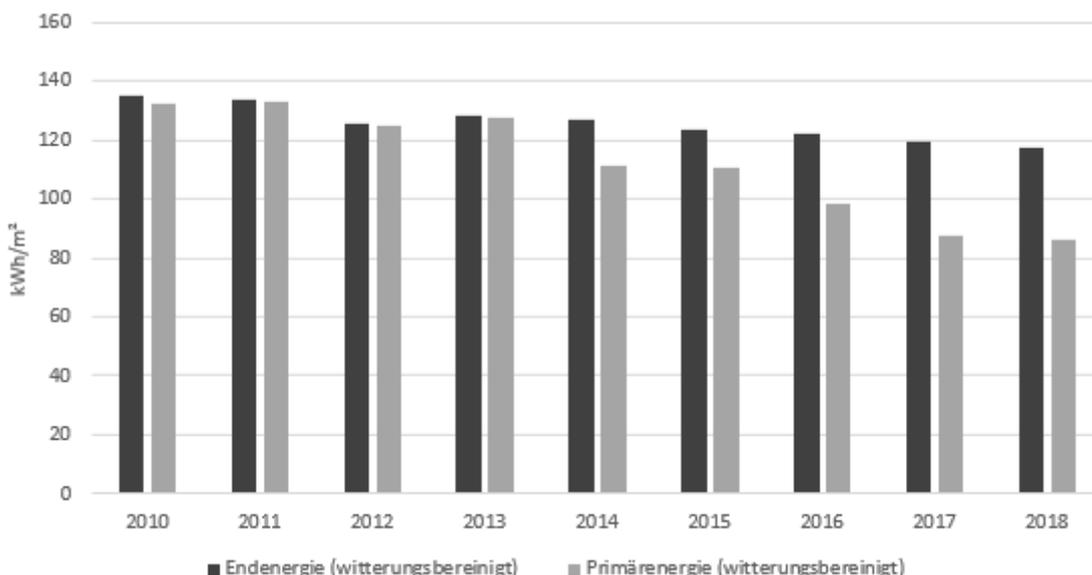


Abbildung 5: Gesamtenergieverbräuche (relativ) seit 2010

Zur Darstellung der Unterschiede zwischen den absoluten und den relativen Verbrauchsentwicklungen werden diese auf das Jahr 2010 (100%) bezogen (Abbildung 6). So wird deutlich, dass die Verbräuche pro

Quadratmeter etwas stärker sinken als die absoluten Verbräuche – z.B. Endenergie (absolut): -8%, Endenergie (relativ): -13%. Die Energieeffizienz der Gebäude nimmt demnach zu.

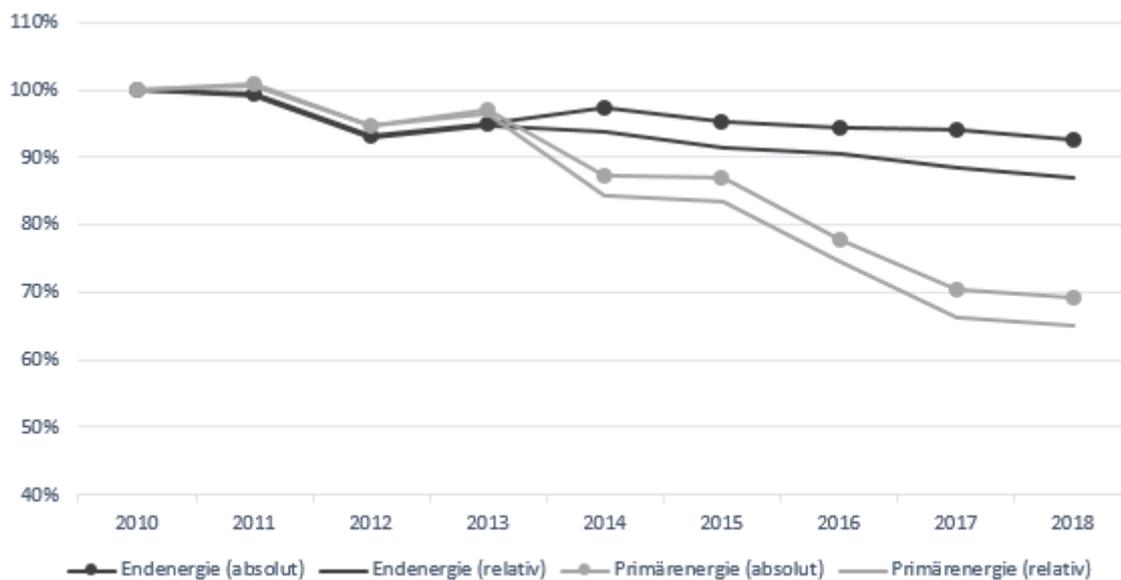


Abbildung 6: Änderungen der Gesamtenergieverbräuche seit 2010

Betrachtet man die Verteilung des Endenergieverbrauchs auf die verschiedenen Gebäudenutzungen (hier nur Gebäude mit mehr als 250 m² NGF), fallen Allgemeinbildende Schulen als Gebäude mit dem größten Verbrauchsanteil in Höhe von 54% auf (Abbildung 7). Addiert man Sporthallen und Sonderschulen hinzu, ergibt sich für die Gebäudegruppe „Schulen“ ein Energieverbrauchsanteil in Höhe von rund 83%.

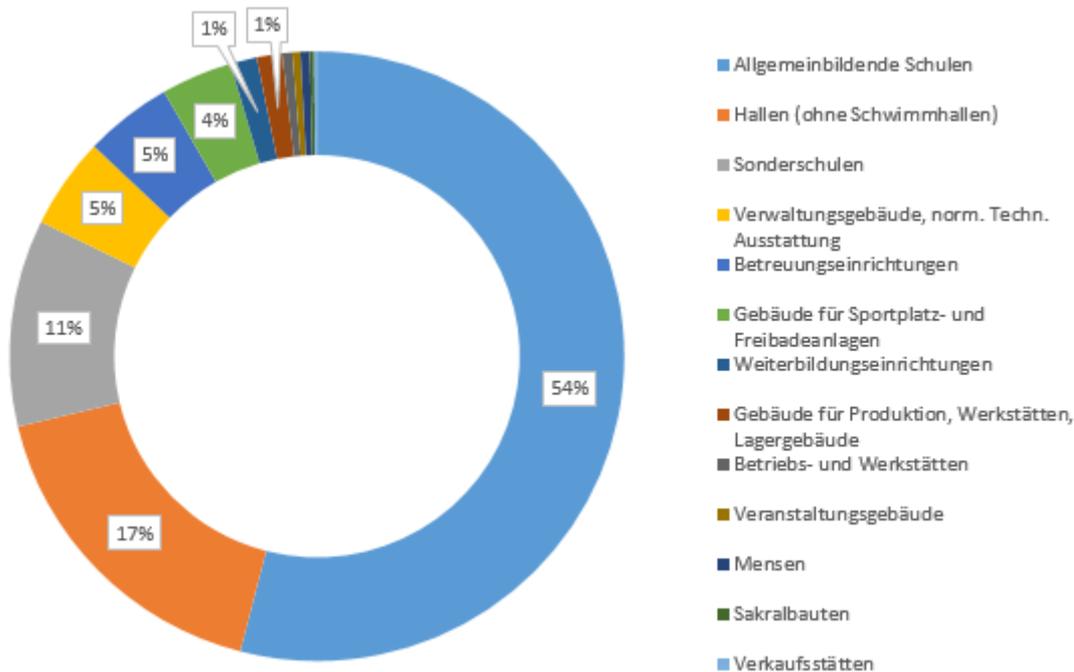


Abbildung 7: Anteile der Gebäudekategorien am absoluten Endenergieverbrauch 2018

Die Anteile der verschiedenen Gebäudekategorien am Endenergieverbrauch sind relativ konstant (Abbildung 8). Der Anteil der Gebäudegruppe „Schulen“ liegt seit 2010 bei rund 82%.

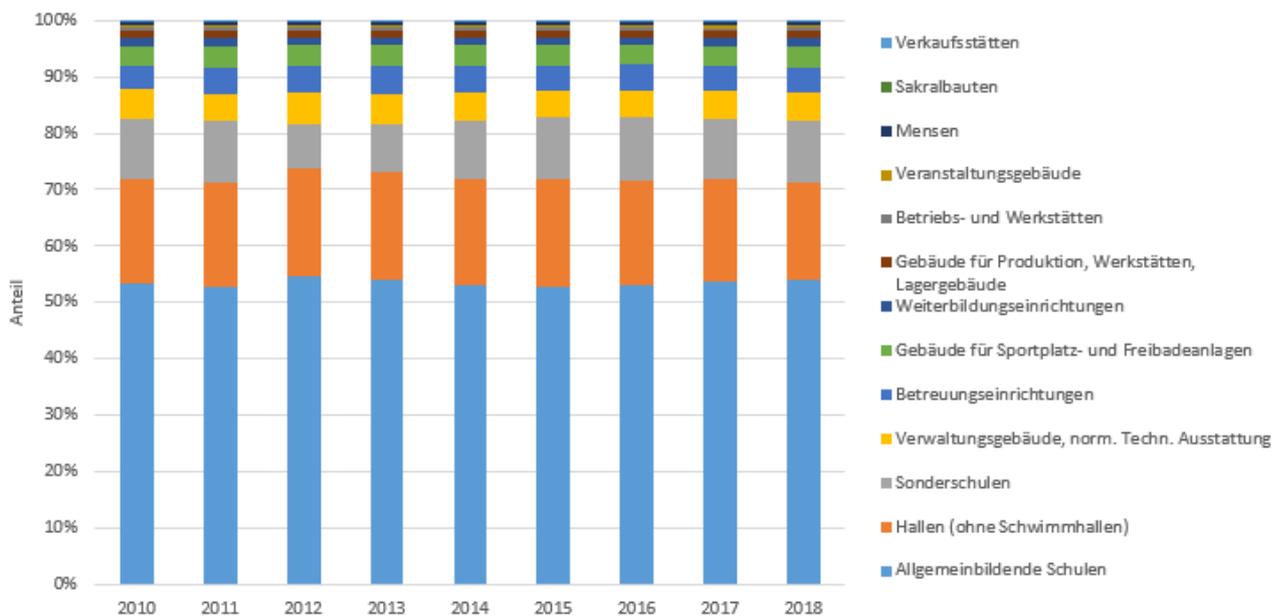


Abbildung 8: Anteile der Gebäudekategorien an den Endenergieverbräuchen seit 2010

Energieträger

Der wesentliche Anteil der Endenergie in Höhe von rund 70% wird mittels Fernwärme zur Verfügung gestellt, gefolgt von Strom und Erdgas an zweiter bzw. dritter Stelle (Tabelle 4 und Abbildung 9). Heizöl und Flüssiggas sind mit jeweils weniger als 1% Verbrauchsanteil relativ unbedeutende Energieträger. Es wird kein Strom für Raumbeheizung verwendet. Im Vergleich zum Vorjahr ist der Verbrauch an Fernwärme um rund 7% zurückgegangen, der Stromverbrauch um 2%.

Tabelle 4: Endenergieverbrauch nach Energieträgern 2018

	2017	2018	Änderung	Anteil 2018
	MWh	MWh		
Fernwärme	39.604	36.763	-7,2%	70,3%
Strom-Mix	8.516	8.350	-2,0%	16,0%
Erdgas H	7.260	6.851	-5,6%	13,1%
Heizöl	305	284	-6,8%	0,5%
Flüssiggas	78	76	-2,2%	0,1%
Gesamt	55.763	52.324	-6,2%	

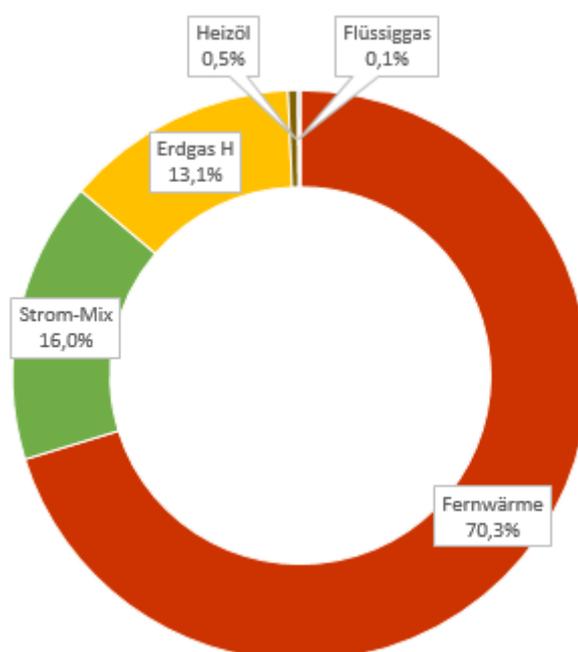


Abbildung 9: Anteile der Energieträger am Endenergieverbrauch 2018

In der langfristigen Entwicklung der Energieträgeranteile seit 2010 ist eine Zunahme des Stromanteils und eine Abnahme des Fernwärmeanteils zu erkennen (Abbildung 10).

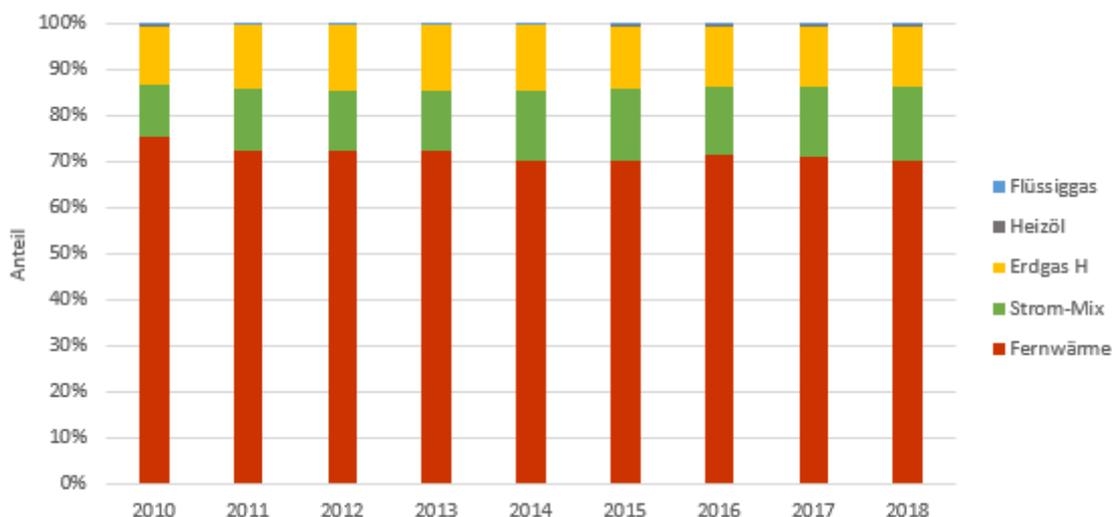


Abbildung 10: Anteile der Energieträger an den Endenergieverbräuchen seit 2010

Bei der Darstellung der Anteile der Energieträger an den Energiekosten (Tabelle 5 und Abbildung 11) zeigt sich – im Vergleich mit den Verbrauchsanteilen – ein höherer Kostenanteil des Stroms und geringere Anteile insbesondere von Fernwärme und Erdgas. Fernwärme hat rund 70% Verbrauchsanteil bei lediglich rund 55% Kostenanteil, während Strom einen Verbrauchsanteil von rund 16% hat und einen Kostenanteil von rund 38%.

Tabelle 5: Energiekosten nach Energieträgern 2018

	2017	2018	Änderung	Anteil 2018
	Tausend Euro	Tausend Euro		
Fernwärme	2.866	2.677	-6,6%	55,5%
Strom-Mix	1.896	1.811	-4,5%	37,6%
Erdgas H	265	290	9,4%	6,0%
Heizöl	16	17	1,5%	0,3%
Flüssiggas	21	26	21,1%	0,5%
Gesamt	5.065	4.819	-4,9%	

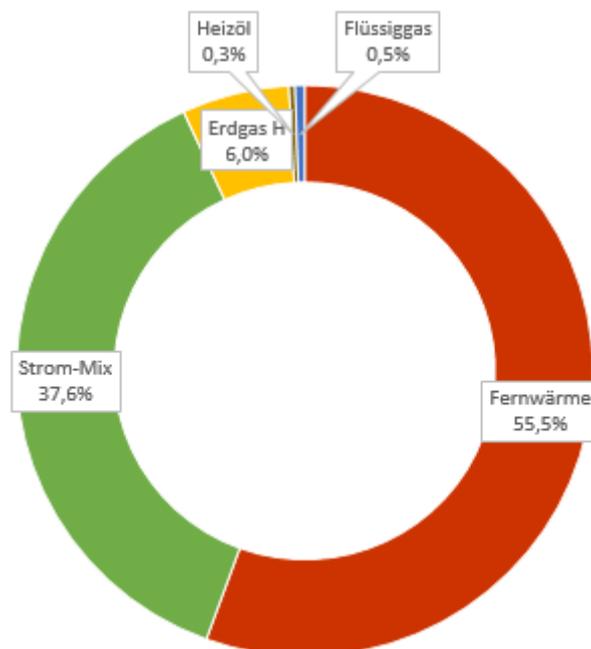


Abbildung 11: Anteile der Energieträger an den Energiekosten 2018

Auch bei der langfristigen Entwicklung der Anteile der Energieträger an den Energiekosten zeigt sich eine langfristige Verschiebung zu höheren Stromanteilen und geringeren Fernwärmeanteilen (Abbildung 12).



Abbildung 12: Anteile der Energieträger an den Energiekosten seit 2010

CO₂-Emissionen

Bei der Berechnung der statistischen CO₂-Emissionen werden – nach Vorgabe der Senatsverwaltung (SenUVK) – die CO₂-Emissionsfaktoren des Amtes für Statistik Berlin-Brandenburg verwendet. Die CO₂-Emissionen betragen demnach im Jahr 2018 insgesamt 14.491 Tonnen und damit 5,5% weniger als 2017 (Tabelle 6). Statistisch werden rund 61% der CO₂-Emissionen durch Verwendung des Energieträgers Fernwärme verursacht und rund 29% durch Strom. Der Erdgasanteil an den CO₂-Emissionen liegt bei 9,5%. Durch den im Landesvertrag über die Fernwärmelieferung geregelten Einsatz von Biomasse bei der Erzeugung der Fernwärme wurden die CO₂-Emissionen um rund 4.000 t reduziert.

Tabelle 6: Statistische CO₂-Emissionen der Energieträger (nach SenUVK-Emissionsfaktoren)

	2017	2018	Änderung	Anteil 2018
	Tonnen	Tonnen		
Fernwärme	9.469	8.789	-7,2%	60,7%
Strom-Mix	4.316	4.232	-2,0%	29,2%
Erdgas H	1.458	1.376	-5,6%	9,5%
Heizöl	81	76	-6,8%	0,5%
Flüssiggas	19	18	-2,2%	0,1%
Gesamt	15.342	14.491	-5,5%	

Seit 2010 sind die statistischen CO₂-Emissionen um rund 23% gesunken (Abbildung 13).

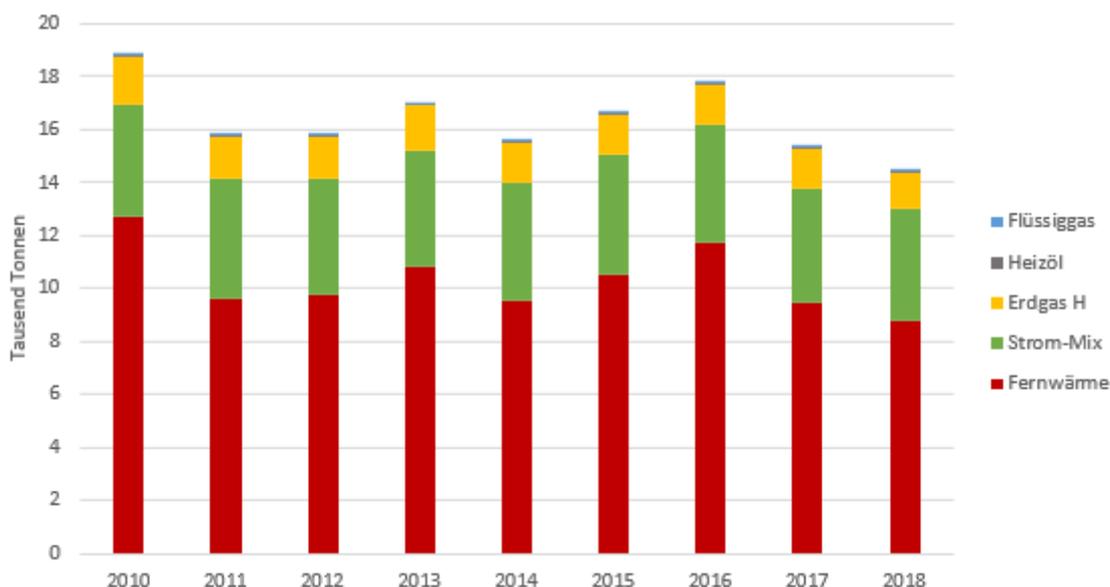


Abbildung 13: Statistische CO₂-Emissionen seit 2010 (nach SenUVK-Emissionsfaktoren)

Zwecks Ermittlung der tatsächlichen CO₂-Emissionen werden die CO₂-Emissionsfaktoren aus den Energieträger-Zertifikaten der Lieferanten herangezogen. In diesem Fall betragen die tatsächlichen CO₂-Emissionen im Jahr 2018 insgesamt nur 6.057 Tonnen (Tabelle 7). Das ist gegenüber dem Vorjahr ein Rückgang um rund 7%. Den größten Anteil mit rund 78% verursacht die Fernwärme, zweitgrößter Verursacher ist Erdgas mit 20%. Der über den Berliner Landesvertrag bezogene Strom ist seit 2010 als CO₂-frei deklariert und verursacht per Definition keine CO₂-Emissionen.

Tabelle 7: Tatsächliche CO₂-Emissionen der Energieträger (nach Emissionsfaktoren der Lieferanten)

	2017	2018	Änderung	Anteil 2018
	Tonnen	Tonnen		
Fernwärme	5.121	4.753	-7,2%	78,5%
Strom-Mix	0	0	0,0%	0,0%
Erdgas H	1.281	1.209	-5,6%	20,0%
Heizöl	81	76	-6,8%	1,2%
Flüssiggas	19	18	-2,2%	0,3%
Gesamt	6.502	6.057	-6,9%	

In der langfristigen Entwicklung sind die tatsächlichen CO₂-Emissionen seit 2010 um rund 39% gefallen (Abbildung 14).

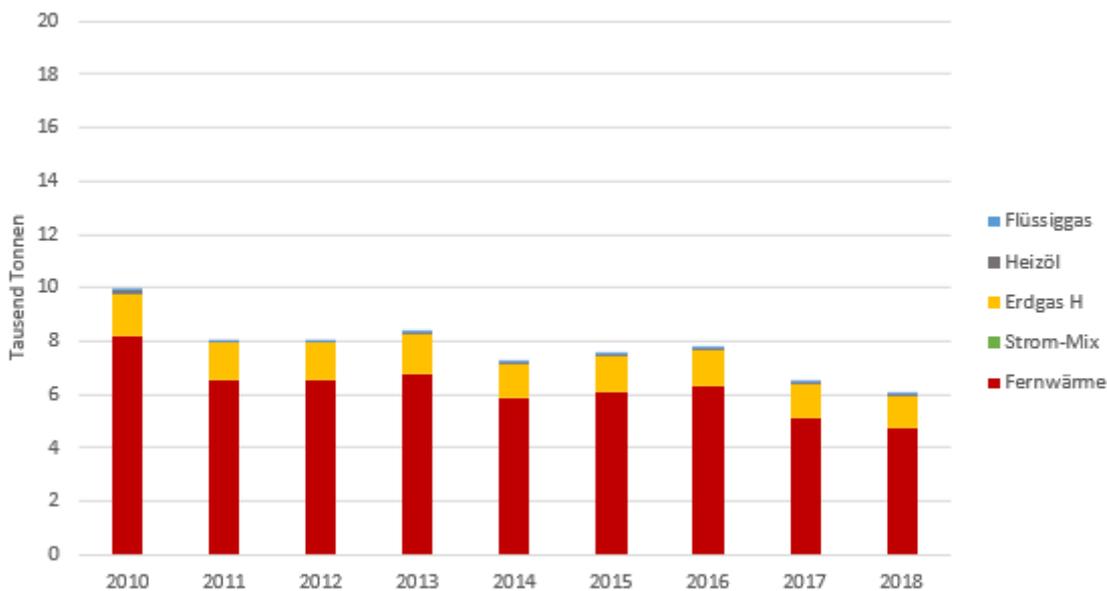


Abbildung 14: Tatsächliche CO₂-Emissionen seit 2010 (nach Emissionsfaktoren der Lieferanten)

Erneuerbare Energien und KWK

Der in den bezirklichen Gebäuden verbrauchte Strom wird zu 100% mit erneuerbaren Energien erzeugt. Dies ist im Berliner Landesvertrag für die Belieferung mit elektrischer Energie festgelegt. Der Stromlieferant muss die ausschließliche Nutzung erneuerbarer Energiequellen mittels Herkunftsnachweisen regelmäßig belegen.

Photovoltaik

Stand 2018 gibt es auf insgesamt 19 bezirklich verwalteten Gebäuden PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von rund 400 kWp (Tabelle 8). Für die Errichtung und den Betrieb von 13 dieser PV-Anlagen mit einer Leistung von insgesamt rund 387 kWp hat das Bezirksamt Lichtenberg die jeweiligen Gebäudedächer an Dritte verpachtet. Die restlichen sechs PV-Anlagen mit einer Leistung von insgesamt rund 13 kWp betreibt das Bezirksamt selbst. Der Jahresstromertrag der sechs bezirklichen PV-Anlagen beträgt in 2018 rund 10.000 kWh und damit lediglich 0,1% des Gesamtstromverbrauches. Der Solarstrom wird direkt in den Gebäuden verbraucht. Falls die Anlagen überschüssigen Strom produzieren – z.B. am Wochenende –, wird dieser in das öffentliche Netz eingespeist. Es gibt keine Stromspeicher.



Foto 1: Photovoltaikanlage an der Fassade des J.-G.-Herder-Gymnasiums, Franz-Jacob-Str. 8

An der Südfassade des J.-G.-Herder-Gymnasiums betreibt das Bezirksamt seit 2003 eine Photovoltaik-Anlage, bestehend aus 42 PV-Modulen (Foto 1). Die Anlage mit einer Leistung von 5 kWp erzeugt durchschnittlich rund 3.400 kWh Solarstrom pro Jahr, der direkt im Gebäude verbraucht wird.

Tabelle 8: PV-Anlagen auf bezirklichen Gebäuden (chronologisch sortiert)

Nr	PLZ, Straße	Gebäude	Gebäudenutzer	Leistung in kWp	Inbetrieb- nahme	Betreiber / Errichter
1	10319, Erich-Kurz-Str. 6-10 (außer Betrieb)	Schule	Paul-und-Charlotte- Kniese-Schule	0,3	14.11.2000	BA Libg
2	13051, Malchower Chaussee 2	Schule	Grüner Campus Malchow	1,0	01.01.2003	BA Libg
3	10369, Franz-Jacob-Str. 8	Schule	Johann-Gottfried- Herder-Gymn.	5,0	01.04.2003	BA Libg
4	13053, Malchower Weg 54 (außer Betrieb)	Schule	Paul-Schmidt-Schule	1,0	17.06.2005	BA Libg
5	10315, Lincolnstr. 67	Schule	Friedrichsfelder Schule	16,3	12.08.2005	Dritte
6	13055, Werneuchener Str. 15	Schule	Philipp-Reis-Schule	16,3	28.09.2005	Dritte
7	10365, Schulze-Boysen-Str. 38	Gebäude	Kiezspinne e.V.	3,3	20.12.2005	Dritte
8	13055, Sandinostr. 10 (außer Betrieb)	MUR 1	Gutenberg-Schule	1,0	31.12.2005	BA Libg
9	13051, Doberaner Str. 58	Schule	Grüner Campus Malchow	24,1	04.01.2006	Dritte
10	13053, Degner Str. 71-77	Schule	Schule Am Faulen See	21,6	01.11.2006	Dritte
11	13059, Prendener Str. 15	Schule	Matibi-Schule	30,2	01.11.2006	Dritte
12	13059, Prendener Str. 29	Schule	Fritz-Reuter-Schule	29,7	01.11.2006	Dritte
13	13059, Prendener Str. 29	Sporthalle	Fritz-Reuter-Schule	45,9	01.11.2006	Dritte
14	10318, Römerweg 120	Schule	Lew-Tolstoi-Schule	21,1	01.07.2007	Dritte
15	10367, Josef-Orlopp-Str. 20	Schule	Schule im Gutspark	22,0	15.10.2007	Dritte
16	10369, Franz-Jacob-Str. 33	Schule	Sonnenuhr-Schule	4,4	28.12.2008	BA Libg
17	13057, Randowstr. 45	Schule	Randow-Schule	33,1	01.04.2009	Dritte
18	10365, Atzpodienstr.19	Schule	Schule auf dem lichten Berg	24,2	12.11.2009	Dritte
19	13057, Ahrensfelder Chaussee 41	Schule	Barnim-Gymnasium	99,9	05.10.2010	Dritte
			Gesamt	400,4		

Der Bezirk Lichtenberg plant in den kommenden Jahren die Realisierung weiterer PV-Anlagen auf bezirklichen Gebäuden.

Solarthermie

Auf den bezirklich verwalteten Gebäuden gibt es eine Solarthermieanlage (Foto 2). Die Anlage auf der Nils-Holgersson-Schule in der **Otto-Marquardt-Str. 14** hat 60 Solarkollektoren mit insgesamt rund 128 m² Kollektorfläche und trägt zur Wärmeerzeugung für die Schule bei. Die gewonnene Solarwärme wird für die Raumbeheizung und Klimatisierung sowie für die Wassererwärmung des integrierten Schwimmbades der Schule genutzt.



Foto 2: Solarthermieanlage auf der Nils-Holgersson-Schule, Otto-Marquardt-Str. 14

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Der Bezirk Lichtenberg betreibt ein eigenes BHKW. Es ist seit 2012 in der Lew-Tolstoi-Schule im **Römerweg 120** im Einsatz und hat eine elektrische Leistung von 20 kW_{el} und eine thermische Leistung von 42 kW_{th}.

Die in den bezirklich verwalteten Gebäuden verbrauchte Fernwärme wird zu 100% in Heizkraftwerken nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) erzeugt. Dabei wird ein jährlich zunehmender Anteil von Biomasse eingesetzt. Dies ist im Berliner Landesvertrag geregelt, der auch für die Belieferung mit Fernwärme genutzt wird.

Energie im Detail

In diesem Abschnitt werden zunächst alle Gebäude berücksichtigt. Die Fokussierung auf Gebäude mit mehr als 250 m² NGF erfolgt in den separaten Abschnitten zu Wärme, Strom und Wasser ab Seite 28.

Gesamtverbrauch Wärme und Strom

Der Gesamtverbrauch an Endenergie für bezirkliche Gebäude ergibt sich aus den eingesetzten Energieformen Wärme und Strom. Rund 84% des Endenergieverbrauchs im Jahr 2018 entfällt auf Wärme und 16% auf Strom (Tabelle 9). Der abgerechnete Wärmeverbrauch ist im Vergleich zum Vorjahr um 7% niedriger ausgefallen. Dieser Wert ist jedoch durch die relativ hohe Durchschnittstemperatur des Jahres 2018 beeinflusst. Nach Witterungsbereinigung zeigt sich ein leichter Anstieg des Wärmeverbrauchs in Höhe von 3%. Der Stromverbrauch ist 2% niedriger als im Vorjahr. Die Entwicklung der Verbräuche seit 2010 ist in Abbildung 15 dargestellt.

Tabelle 9: Wärme- und Stromverbrauch im Vergleich zum Vorjahr

	2017	2018	Änderung	Anteil 2018
	MWh	MWh		
Wärmeverbrauch (abgerechnet)	47.247	43.975	-7%	84%
Wärmeverbrauch (witterungsbereinigt)	48.987	48.221	-2%	
Stromverbrauch	8.516	8.350	-2%	16%
Gesamt (abgerechnet)	55.763	52.324	-6%	
Gesamt (witterungsbereinigt)	57.503	56.571	-2%	

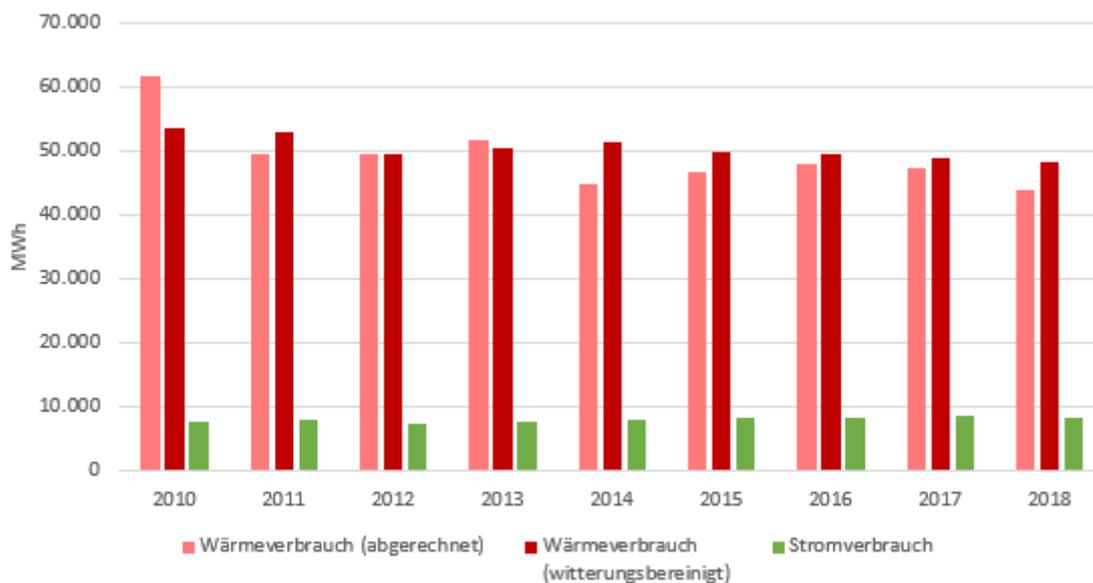


Abbildung 15: Abgerechnete Wärme- und Stromverbräuche seit 2010

Die mit Wärme und Strom versorgte Gesamtgebäudefläche (NGF) hat im betrachteten Zeitraum seit 2010 um rund 6% zugenommen und von 2017 bis 2018 um weniger als 1% (Abbildung 16).

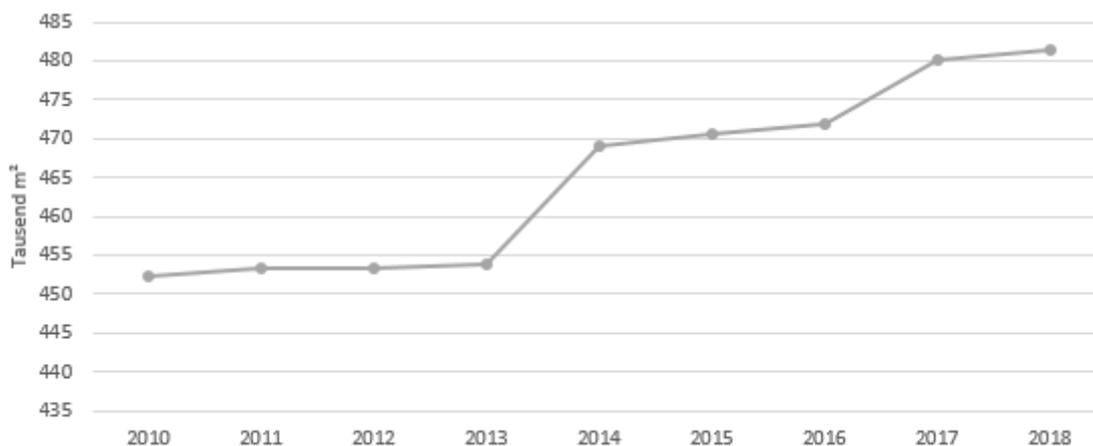


Abbildung 16: Entwicklung der Gesamtgebäudefläche (NGF) seit 2010

Wird ergänzend zur Witterungsbereinigung auch die Zunahme der versorgten Gebäudeflächen aus den Verbrauchswerten herausgerechnet, wird deutlich, dass der witterungs- und flächenbereinigte Wärmeverbrauch gegenüber dem Vorjahr nur um rund 2% gestiegen ist (Tabelle 10 und Abbildung 17).

Tabelle 10: Wärme- und Stromverbrauch im Vergleich zu 2010 (witterungs- und flächenbereinigt)

	2010	2017	2018	Änderung 2010-2018	Änderung 2017-2018
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²		
Wärmeverbrauch (witterungs- und flächenbereinigt)	114	98	101	-12%	2%
Stromverbrauch	17,1	17,7	17,3	1,1%	-2%
Gesamt					

Langfristig sind die Werte für den witterungs- und flächenbereinigten Wärmeverbrauch deutlich gesunken (-12%) und für den flächenbereinigten Stromverbrauch mit rund 1% leicht gestiegen.

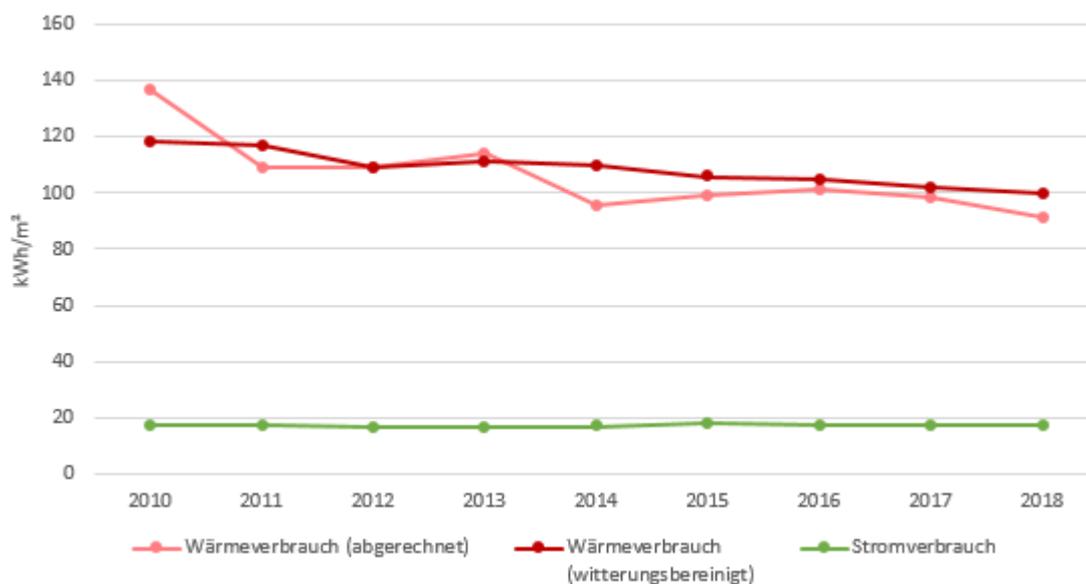


Abbildung 17: Entwicklung des relativen Wärme- und Stromverbrauchs seit 2010

Gesamtkosten Wärme und Strom

Die Kosten für den Wärme- und Stromverbrauch betragen im Jahr 2018 rund 5,1 Mio. Euro (Tabelle 11). Dies entspricht einer Reduzierung von rund 5% gegenüber dem Vorjahr. Die Kosten für Wärme machen mit 64% rund zwei Drittel der Gesamtenergiekosten aus, der Stromanteil liegt bei 36%.

Tabelle 11: Wärme- und Stromkosten 2018

	2010	2017	2018	Änderung 2010-2018	Änderung 2017-2018	Anteil 2018
	Tausend Euro	Tausend Euro	Tausend Euro			
Wärmekosten	4.329	3.422	3.259	-25%	-5%	64%
Stromkosten	1.370	1.896	1.811	32%	-5%	36%
Gesamt	5.699	5.318	5.070	-11%	-5%	

Im Jahr 2018 sind die abgerechneten Gesamtenergiekosten rund 11% niedriger als 2010. Seit einem Zwischenhoch in 2013 haben die abgerechneten Energiekosten jedes Jahr abgenommen (Abbildung 18).



Abbildung 18: Gesamtenergiekosten seit 2010

Tabelle 12: Wärme- und Stromkosten im Vergleich zu 2010 (witterungs- und flächenbereinigt)

	2010	2017	2018	Änderung 2010-2018	Änderung 2017-2018
	Euro/m ²	Euro/m ²	Euro/m ²		
Wärmekosten (witterungs- und flächenbereinigt)	7,91	7,13	7,50	-5%	5%
Stromkosten (flächenbereinigt)	3,03	3,95	3,76	24%	-5%
Gesamt	10,94	11,08	11,26	3%	2%

Der langfristige Vergleich der bereinigten Strom- und Wärmekosten zeigt, dass die Stromkosten seit 2010 deutlich gestiegen sind (24%), während die Wärmekosten um 5% gesunken sind (Tabelle 12 und Abbildung 19). Der Einfluss der Stromkosten auf die Gesamtenergiekosten hat also bedeutend zugenommen.

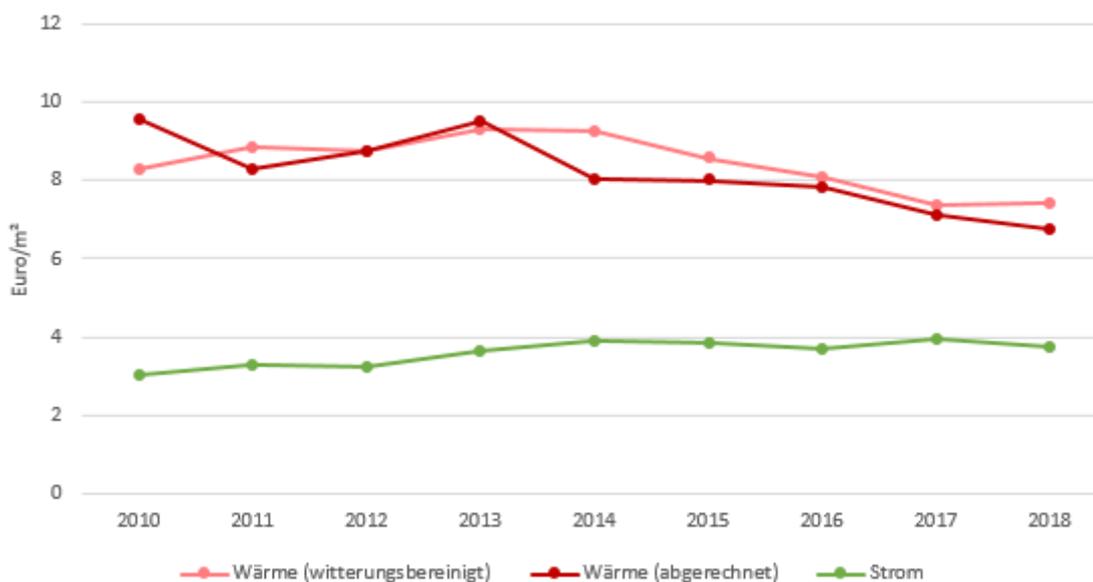


Abbildung 19: Kostenentwicklung für Wärme und Strom seit 2010 (witterungs- und flächenbereinigt)

In den folgenden Abschnitten zu den Themen Wärme und Strom werden nur die Gebäude mit mehr als 250 m² NGF betrachtet.

Wärme

Um zu verdeutlichen, wie sich die Kosten im Vergleich zu den Verbräuchen entwickeln, werden beide witterungs- und flächenbereinigten Größen jeweils auf das Basisjahr 2010 bezogen (100%). Im Vergleich zum Vorjahr sind in 2018 die Wärmekosten um rund 2% gestiegen (Abbildung 20).

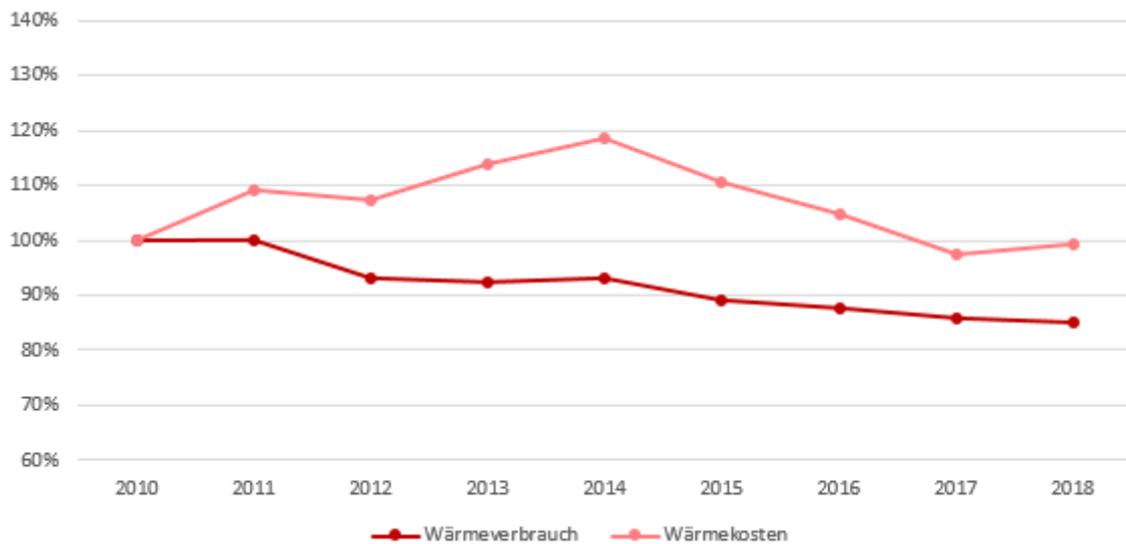


Abbildung 20: Vergleich der Verbrauchs- und Kostenentwicklungen für Wärme seit 2010 (witterungs- und flächenbereinigt)

Dies steht im Gegensatz zur positiven Entwicklung von 2014 bis 2017, in der die Wärmekosten stärker gefallen sind als die Wärmeverbräuche. Seit 2010 sind die Wärmekosten um rund 1% gesunken – mit einem zwischenzeitlichen Anstieg um rund 19%. Die Reduzierung des Wärmeverbrauchs seit 2010 beträgt rund 15%.

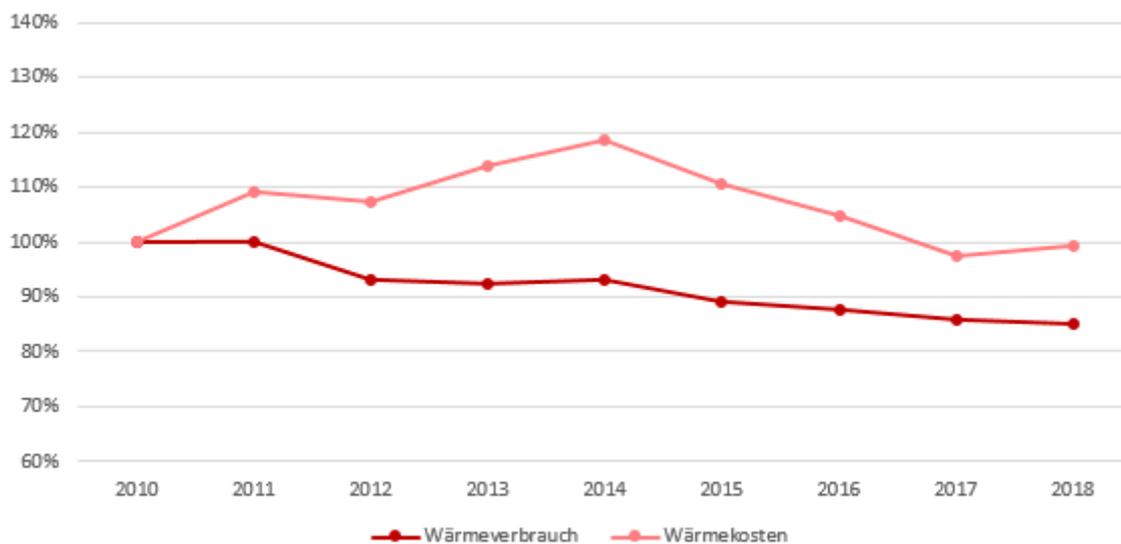


Abbildung 20: Vergleich der Verbrauchs- und Kostenentwicklungen für Wärme seit 2010 (witterungs- und flächenbereinigt)

Ursachen der Verbrauchsentwicklungen

Auf Basis der zur Verfügung stehenden Daten können keine eindeutigen Ursache-Wirkung-Zusammenhänge für die Entwicklungen des Wärmeverbrauchs begründet werden. Es kommen jedoch mehrere Ursachen in Frage, die grundsätzlich Auswirkungen auf den Wärmeverbrauch haben:

- Witterungsbedingungen
- Gebäudesanierungen
- Nutzungsänderungen

Witterungsbedingungen

Da die meisten der betrachteten Gebäude Schulen und Sporthallen sind, bei denen der Anteil des Wärmeverbrauchs zur Raumbeheizung am Gesamtwärmeverbrauch mit 95% angenommen wird, wird zwecks Vereinfachung der abgerechnete Wärmeverbrauch dem Heizenergieverbrauch gleichgesetzt. Der Einfluss der Witterung – genau genommen: der Einfluss der Außentemperatur – auf den Heizenergieverbrauch wird durch die sogenannten Gradtagzahlen ausgedrückt. Diese werden tagesgenau durch den Deutschen Wetterdienst (DWD) ermittelt und zu Jahreswerten summiert. In Abbildung 21 ist zu erkennen, dass die Gradtagzahlen im Betrachtungszeitraum seit 2010 tendenziell abnehmen, die Außentemperaturen also im Grunde steigen. Entsprechend ist eine Abnahme des Wärmeverbrauchs zu erwarten.

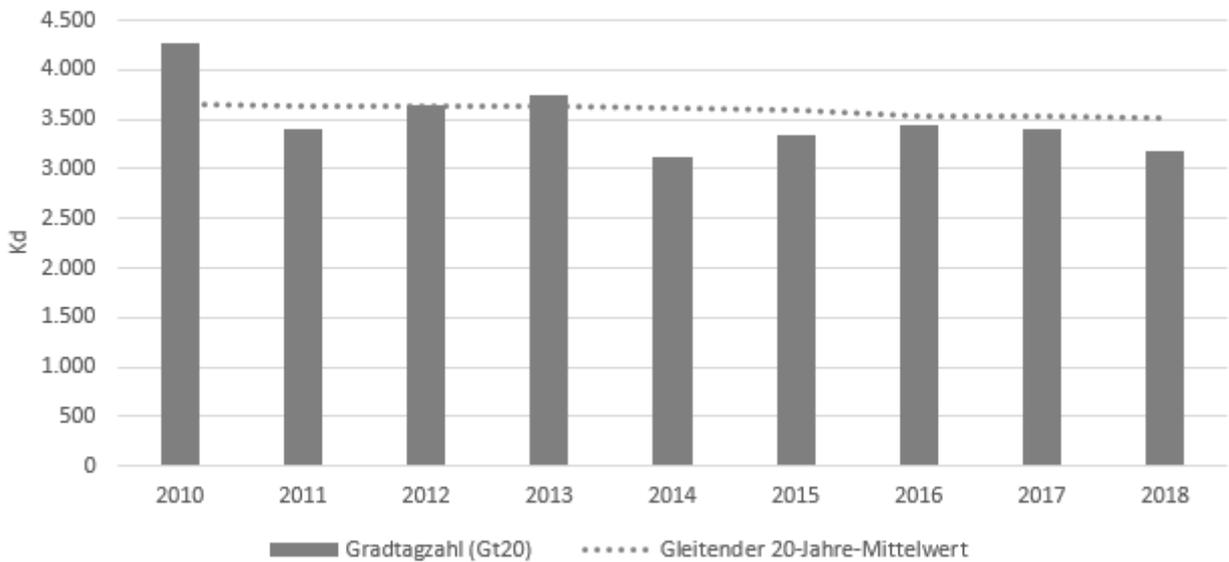


Abbildung 21: Gradtagzahlen seit 2010

Die Entwicklung der Gradtagzahlen und des Wärmeverbrauchs verlaufen im Grunde parallel mit abnehmender Tendenz (Abbildung 22), was die Witterungsabhängigkeit des Wärmeverbrauchs prinzipiell bestätigt.

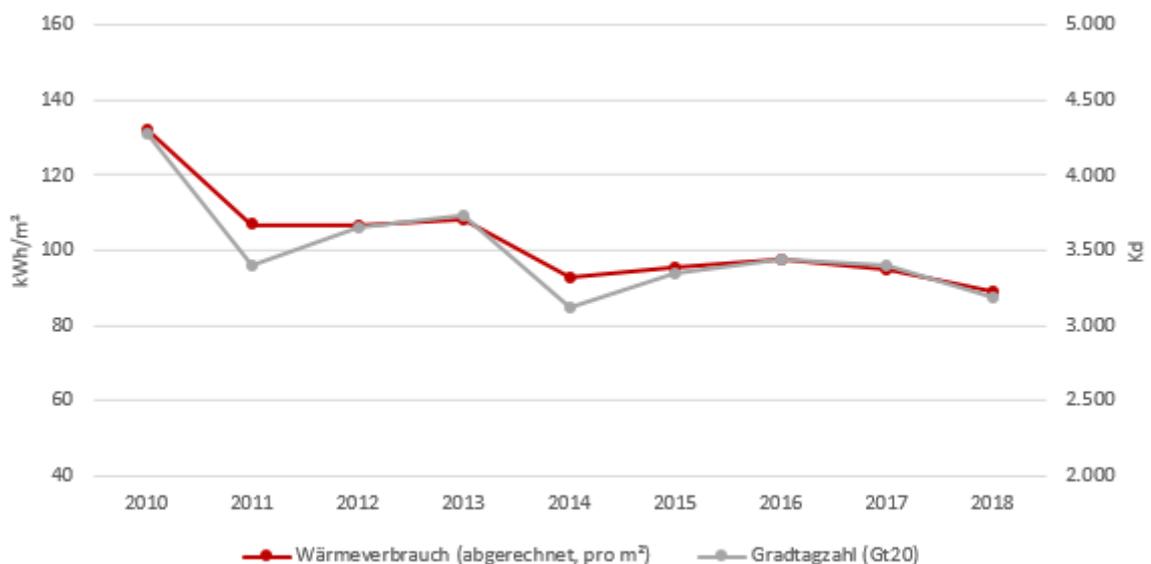


Abbildung 22: Vergleich von Gradtagzahlen und Wärmeverbrauch seit 2010

Um Ausreißer bei der witterungsabhängigen Entwicklung des Wärmeverbrauchs zu erkennen, werden die Änderungen der beiden Größen zum jeweiligen Vorjahreswert verglichen (Abbildung 23). Der Abstand der beiden Punkte (gelbe Linie) deutet auf Einflüsse auf den Wärmeverbrauch hin, die nicht witterungsbedingt sind. Die Gegenüberstellung zeigt beispielsweise, dass der spezifische Wärmeverbrauch von 2011 bis 2012 unverändert geblieben ist (Null % relative Änderung), obwohl die Witterung im Jahr 2012 kälter war als im Vorjahr (Anstieg der Gradtagzahl um 7%). Dies kann auf die Wirkung energetischer Sanierungen oder Änderungen in der Gebäudenutzung hinweisen.

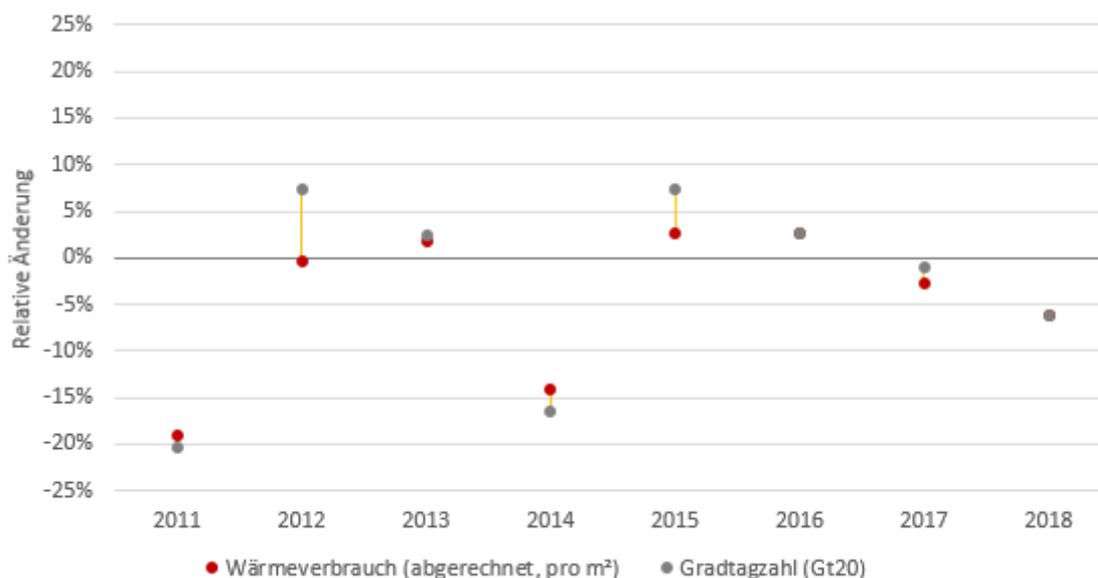


Abbildung 23: Änderungen der Wärmeverbräuche und des theoretischen Heizenergiebedarfs, jeweils zum Vorjahr, seit 2010

Gebäudesanierungen

Die Sanierungsaktivität des Bezirks Lichtenberg lässt sich über die von Sanierungen betroffenen Gebäudeflächen darstellen. In Abbildung 24 sind die Summen der Gebäudeflächen dargestellt, bei denen im jeweiligen Jahr eine Grundinstandsetzung durchgeführt wurde. Es ist erkennbar, dass die Sanierungsflächen insbesondere im Jahr 2011 deutlich größer waren als in den anderen Jahren. Im Folgejahr 2012 kann daher die Änderung des Wärmeverbrauchs von der Änderung der Gradtagzahl abweichen, da der Heizenergiebedarf eines Gebäudes nach der Sanierung geringer ist als vorher. Dieser Effekt lässt sich in Abbildung 23 für das Jahr 2012 erkennen. Dabei ist zu bedenken, dass in der Darstellung der Sanierungsflächen nicht zwischen laufenden und abgeschlossenen Sanierungen unterschieden wird. Daher kann von einer hohen Sanierungsfläche im Vorjahr nicht immer auf einen reduzierten Wärmeverbrauch im Folgejahr geschlossen werden.

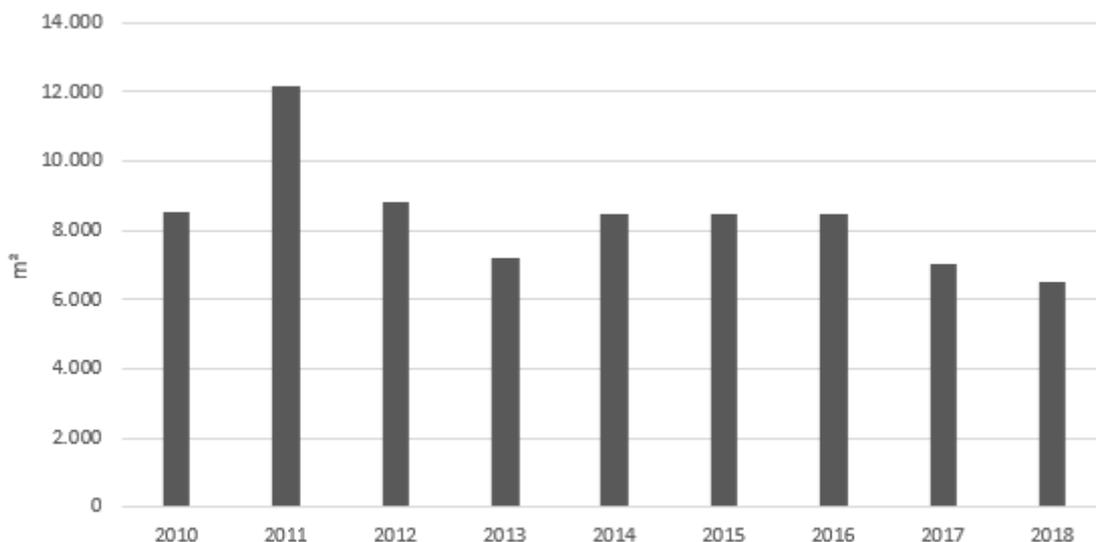


Abbildung 24: Sanierungsflächen (nur Grundinstandsetzungen) seit 2010

Nutzungsänderungen

Änderungen in den Gebäudenutzungen können in der Art und in der Intensität der Nutzungen bestehen. Die Art der Gebäudenutzungen – wie z.B. Schule oder Sporthalle – kann für die bezirklich verwalteten Gebäude im Wesentlichen als konstant angesehen werden. Die Intensität der Gebäudenutzungen unterliegt verschiedenen Faktoren, z.B. Häufigkeit und Dauer der Nutzung von Sporthallen und Sportfunktionsgebäuden (Sportplätzen) durch Vereine. Es wird angenommen, dass z.B. nach der Sanierung von Sporthallen oder Sportfunktionsgebäuden die Nutzungsintensität der Gebäude – aufgrund der gestiegenen Gebäudeattraktivität – steigt. Ungewöhnlich hohe Wärme- oder Wasserverbräuche werden z.B. auch beobachtet bei Sporthallen, die als Ausweichquartier für andere Sporthallen dienen, die saniert werden.

Liegenschaften und Gebäude

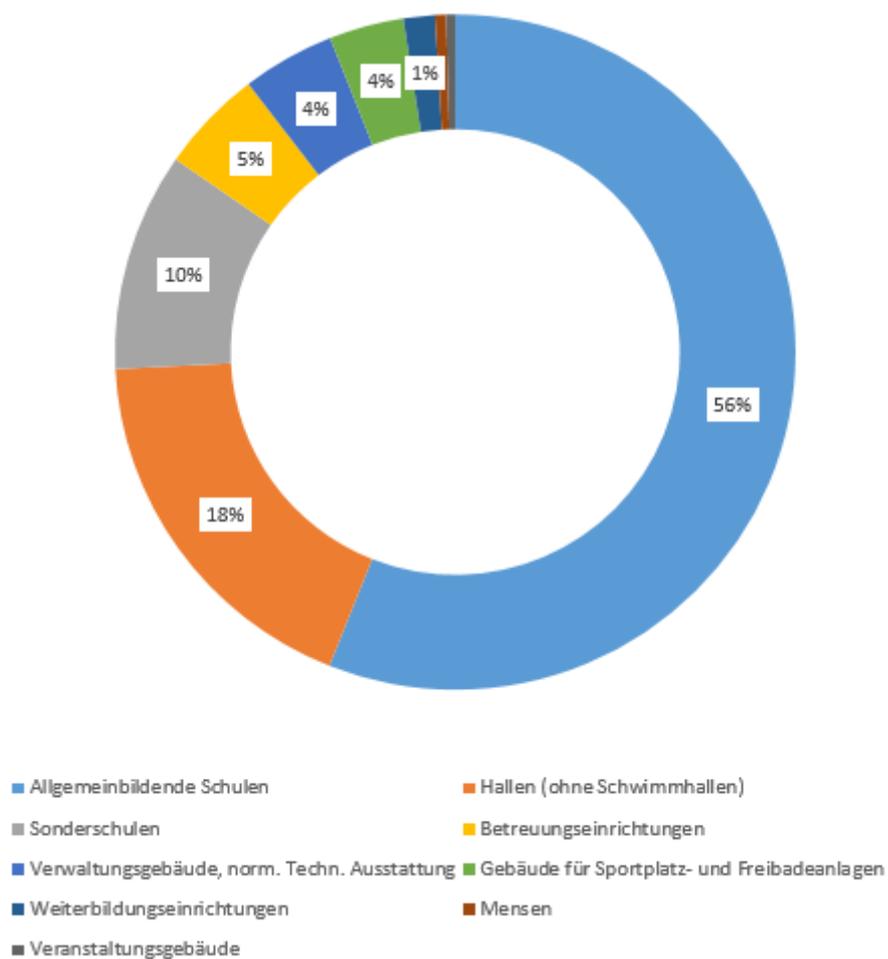


Abbildung 25: Anteile der Gebäudekategorien am Wärmeverbrauch 2018

Im Jahr 2018 entfallen rund 85% des Wärmeverbrauchs auf die Schulliegenschaften (Schulen und Sporthallen), rund 5% auf Verwaltungsgebäude, rund 4% auf Betreuungseinrichtungen (Jugendfreizeiteinrichtungen) und rund 4% auf Sportfunktionsgebäude (Abbildung 25).

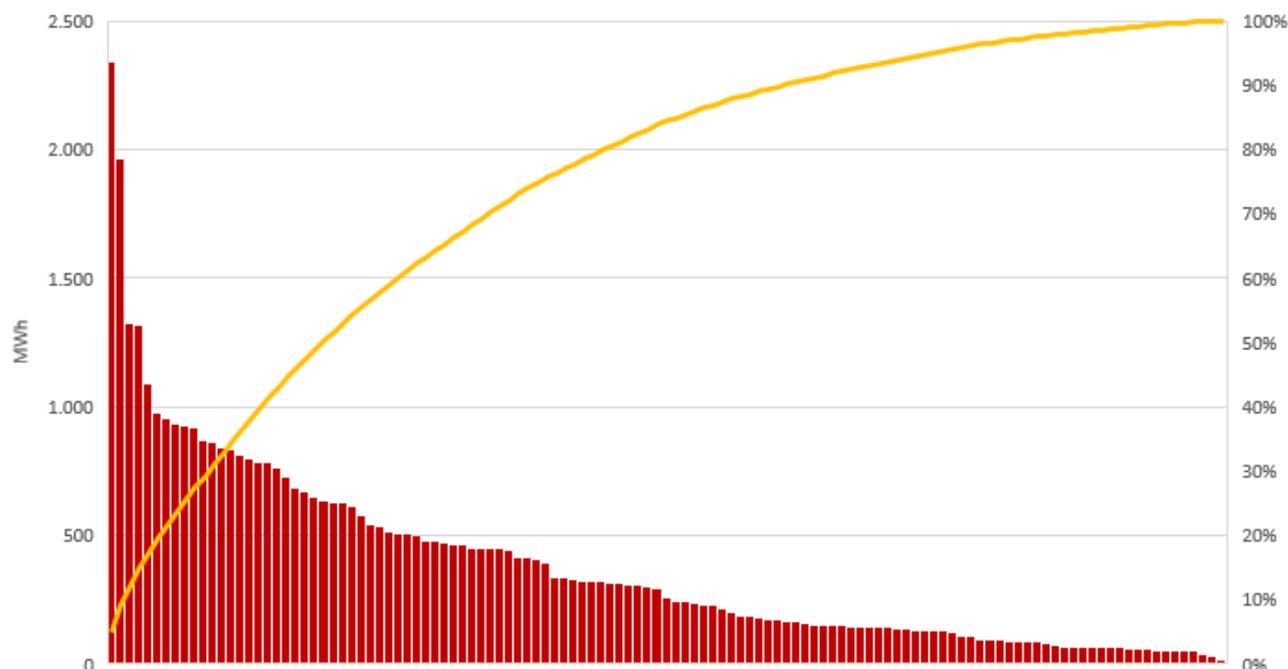


Abbildung 26: Verteilung des Wärmeverbrauchs der Liegenschaften 2018

In Abbildung 26 ist die Verteilung des witterungsbereinigten Wärmeverbrauchs von 121 Liegenschaften dargestellt. Eine Hälfte des Gesamtwärmeverbrauchs wird durch die 24 größten Verbraucher verursacht, die andere Hälfte durch die restlichen 97 Liegenschaften. Die fünf Liegenschaften mit den größten absoluten Wärmeverbräuchen verursachen zusammen rund 17% des Gesamtwärmeverbrauchs (siehe auch Tabelle 13). Dabei lassen die hohen absoluten Verbräuche nicht zwingend auf eine niedrige Energieeffizienz der Gebäude schließen. Beispielsweise hat die Schule in der **Ahrenfelder Chaussee 41** den drittgrößten absoluten Wärmeverbrauch trotz einer vergleichsweise durchschnittlichen Wärmeeffizienz.

Die Schule in der **Paul-Junius-Str. 15** hat mit rund 2.345 MWh den höchsten absoluten Wärmeverbrauch aller bezirklichen Liegenschaften. Dies liegt insbesondere an der mit 14.678 m² größten NGF sowie an dem verbrauchsintensiven integrierten Schwimmbad. Das Hauptgebäude, Baujahr 1978, wurde bereits energetisch saniert, sodass die Liegenschaft nur einen mäßigen relativen Wärmeverbrauch in Höhe von 146 kWh/m² hat, der nur rund 50% des höchsten relativen Wärmeverbrauchs aller Liegenschaften beträgt (siehe auch Tabelle 14).

Bei der Liegenschaft **Prendener Str. 29** werden über die zentralen Versorgungsanschlüsse im Schulgebäude zwei Sporthallen und ein Sportfunktionsgebäude mitversorgt. Insgesamt beträgt der Wärmeverbrauch der Liegenschaft rund 1.964 MWh bei einer beheizten Fläche (NGF) von 10.326 m². Alle Gebäude sind Baujahr 1997 und wurden entsprechend den damaligen, bereits relativ anspruchsvollen Energiestandards errichtet. Daher liegt der relative Wärmeverbrauch im Jahr 2018 bei moderaten 125 kWh/m².

Tabelle 13: Top 5 Liegenschaften mit den höchsten absoluten Wärmeverbräuchen 2018

Rang	Liegenschaft	Wärmeverbrauch absolut (witterungsbereinigt)	Wärmeverbrauch relativ (witterungsbereinigt)	Anteil an Gesamt- Wärmeverbrauch
		MWh	kWh/m ²	
1	Paul-Junius-Str. 15	2.345	146	4,9%
2	Prendener Str. 29	1.964	125	4,1%
3	Ahrensfelder Chaussee 41	1.324	98	2,7%
4	Sandinostr. 10	1.315	114	2,7%
5	Wustrower Str. 26	1.088	112	2,3%
	Gesamt	38.557		16,7%

Die höchsten relativen Wärmeverbräuche haben zwei Sportfunktionsgebäude. Das ist aufgrund des vergleichsweise hohen Warmwasserverbrauchs in den Duschen auch zu erwarten. Die **Gotlindestr. 80** ist Baujahr 1891 und unsaniert. Daher ist auch der relative Wärmeverbrauch in Höhe von 255 kWh/m² nicht ungewöhnlich. Die aufgelisteten fünf Liegenschaften mit den höchsten Wärmeverbräuchen pro Fläche verursachen rund 2% des Gesamtwärmeverbrauchs aller Gebäude.

Tabelle 14: Top 5 Liegenschaften mit den höchsten relativen Wärmeverbräuchen 2018

Rang	Liegenschaft	Wärmeverbrauch relativ (witterungsbereinigt)	Wärmeverbrauch absolut (witterungsbereinigt)	Anteil an Gesamt- Wärmeverbrauch
		kWh/m ²	MWh	
1	Fennpfuhlweg 53	287	213	0,4%
2	Zachertstr. 30-50	272	308	0,6%
3	Gotlindestr. 80	255	78	0,2%
4	Schulze-Boysen-Str. 40	250	88	0,2%
5	Klützer Str. 36	243	337	0,7%
	Gesamt		1.024	2,1%

Eine belastbare Bewertung der Wärmeverbräuche ist nur bei Gebäuden möglich, deren Verbrauch getrennt zu anderen Gebäuden gemessen wird. Das ist nur bei einem Teil der Gebäude der Fall, da die meisten Liegenschaften eine zentrale Verbrauchsmessung für mehrere Gebäude haben. Behelfsmäßig wird bei den anderen Gebäuden der zentral erfasste Verbrauch flächenanteilig auf alle versorgten Gebäude umgelegt.

In Abbildung 27 lässt sich erkennen, dass der überwiegende Teil der Gebäude einen absoluten Wärmeverbrauch von weniger als 1.000 MWh hat und einen relativen Wärmeverbrauch von weniger als 200 kWh/m², jeweils witterungsbereinigt. Darüber hinaus gibt es einige auffällige Ausreißer, z.B. Gebäude mit sehr hohen absoluten Wärmeverbräuchen in Kombination mit niedrigen relativen Wärmeverbräuchen. Dies deutet in der Regel auf Gebäude mit sehr großen beheizten Flächen (NGF) und relativ guten energetischen Gebäudequalitäten hin. Der Großverbraucher **Paul-Junius-Str. 15** liegt entsprechend am oberen Rand der Abbildung.

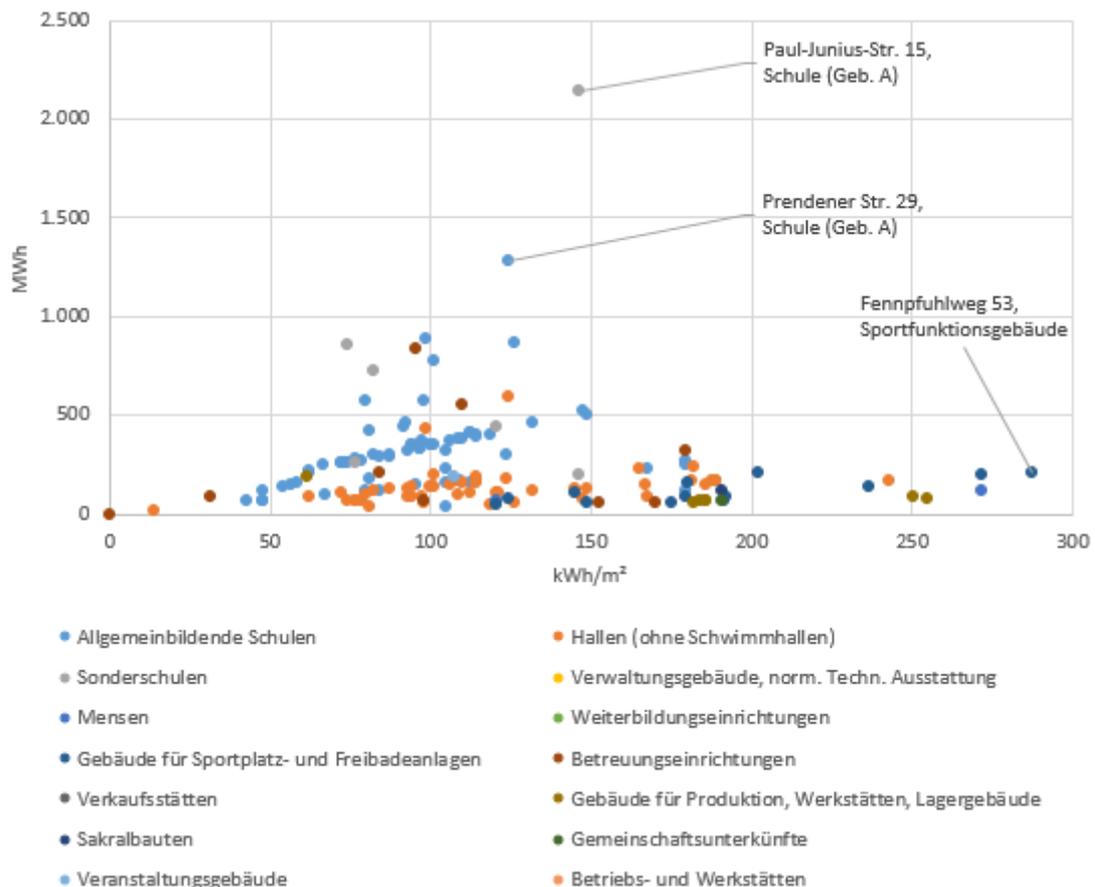


Abbildung 27: Absolute und relative Wärmeverbräuche der Gebäude 2018

In Abbildung 28 sind die gleichen Gebäude entsprechend ihrer Gebäudeflächen dargestellt. Es zeigt sich einerseits, dass ein großer absoluter Wärmeverbrauch erwartungsgemäß mit einer großen beheizten Gebäudefläche zusammenhängt. Andererseits lässt die Gebäudefläche allein keine Rückschlüsse auf den relativen Wärmeverbrauch zu. Tendenziell sind die relativen Wärmeverbräuche in den großen Gebäuden niedriger als in den kleinen Gebäuden.

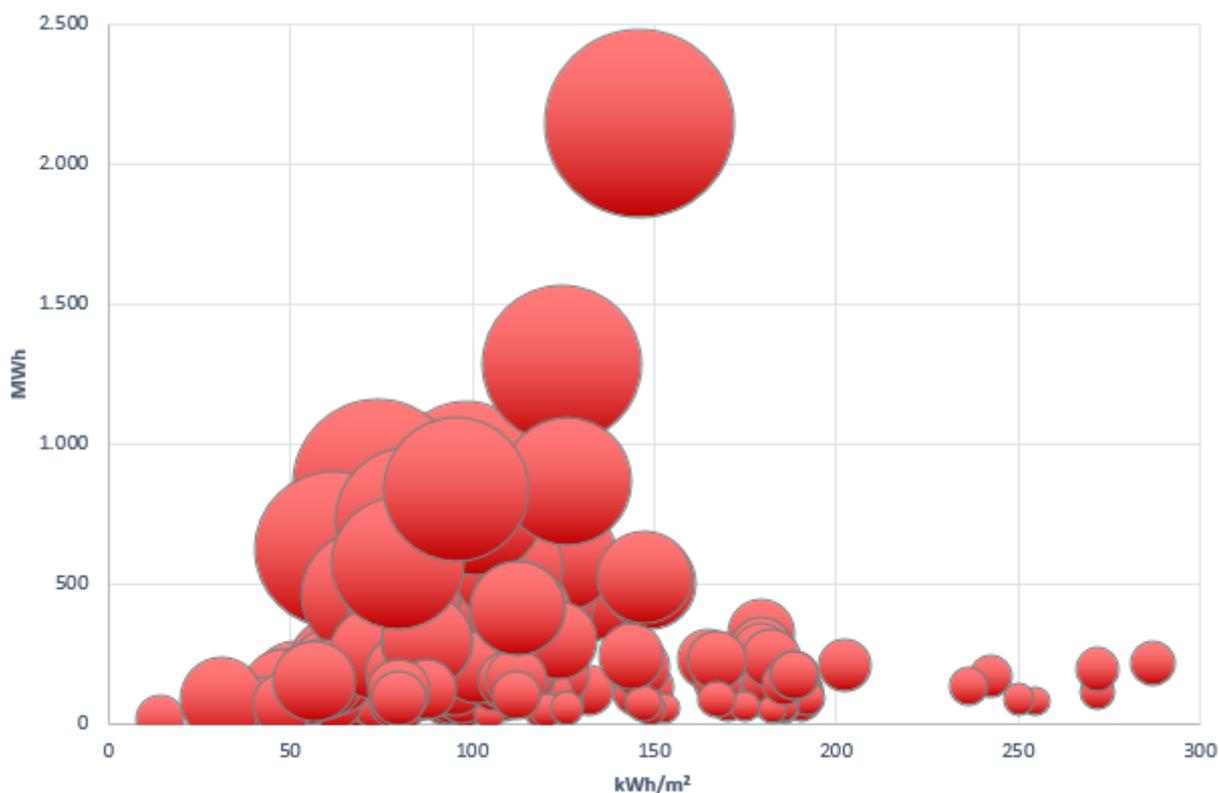


Abbildung 28: Absolute und relative Wärmeverbräuche 2018 (Punktgröße repräsentiert Gebäudefläche (NGF))

Unter den analysierten Gebäuden gibt es zahlreiche standardisierte Gebäude mit nahezu gleicher NGF. Es handelt sich um Schulgebäude und Sporthallen. Abbildung 29 zeigt einen Ausschnitt aus der Abbildung 27 mit anderer Skalierung und nur mit diesen Typenbauten. In der Grafik liegen sie entlang einer für den jeweiligen Gebäudetyp charakteristischen Kennlinie. Größere Gebäude haben steilere Kennlinien als kleine Gebäude. Je weiter entfernt vom Nullpunkt ein Gebäude auf der Kennlinie liegt, desto intensiver wird es genutzt oder desto schlechter ist im Grunde die energetische Qualität des Gebäudes. Saniertere Gebäude liegen tendenziell näher Richtung Nullpunkt, können aber bei sehr intensiver Nutzung oder unverhältnismäßig hohem Heizenergieverbrauch auch weit entfernt vom

Nullpunkt liegen. Die Färbung der horizontalen Achse ist an die Skala in EnEV-Energieausweisen angelehnt und ermöglicht eine grobe Bewertung der Energieeffizienz der Gebäude⁵.

Das von den Kennlinien abgesetzte Gebäude ist der **Malchower Weg 54, MUR (Geb. B)**. Es ist untypischer Weise halb so groß wie die anderen MUR, hat einen rund halb so hohen Wärmeverbrauch und liegt entsprechend unterhalb der MUR-Kennlinie.

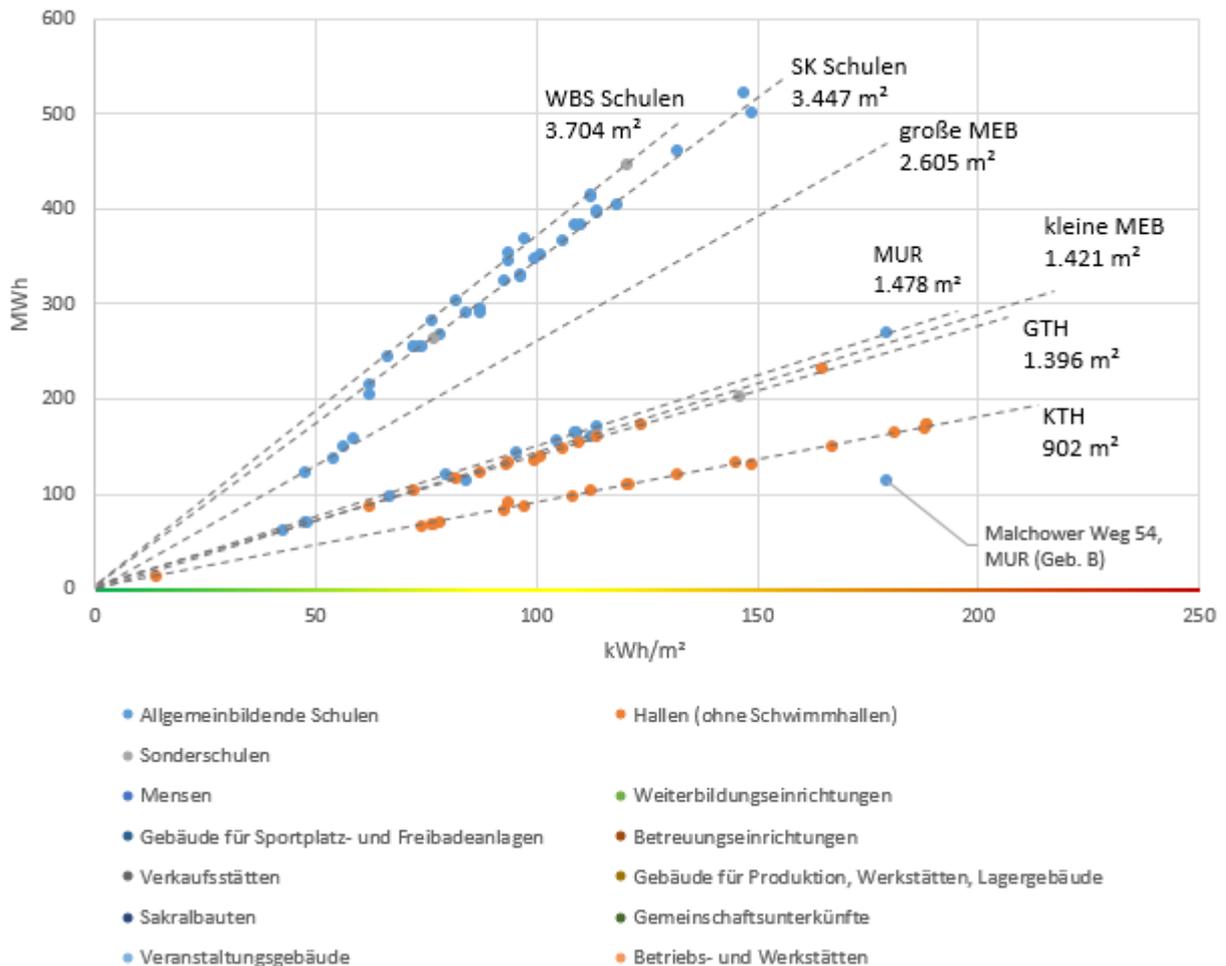


Abbildung 29: Absolute und relative Wärmeverbräuche der Typenbauten 2018 (mit Angabe der durchschnittlichen NGF)

⁵ In Energieausweisen ist die Skala im Bereich der statistischen Vergleichswerte gelb gefärbt. Für die hier abgebildeten Gebäude liegen die Vergleichswerte zwischen 90 und 110 kWh/m².

Im Weiteren werden lediglich die Schulliegenschaften näher betrachtet, da sie mit Abstand den überwiegenden Teil des Gesamtwärmeverbrauchs verursachen. Dabei werden nur Gebäude bewertet, deren Wärmeverbrauch gebäudescharf gemessen wird.

Für eine grobe Bewertung des Wärmeverbrauchs können die Vergleichswerte der EnEV herangezogen werden. Für den EnEV-Vergleich werden die abgerechneten Wärmeverbräuche mit den Klimafaktoren des DWD witterungsbereinigt. Dadurch ergeben sich rechnerisch Wärmeverbräuche, die von anderen Stellen in diesem Bericht geringfügig abweichen.

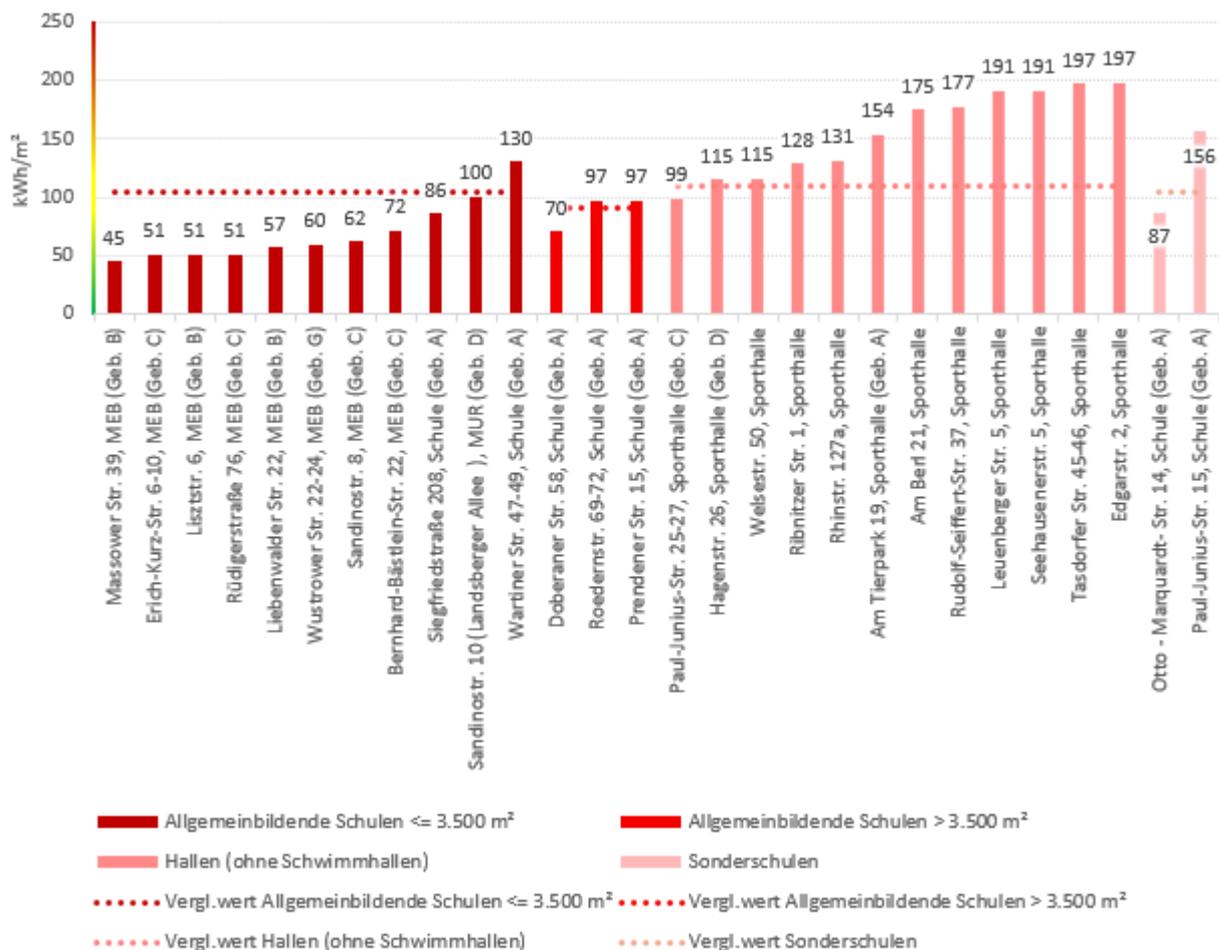


Abbildung 30: Spezifische Wärmeverbräuche in der Gebäudegruppe "Schulen" und EnEV-Vergleichswerte

In Abbildung 30 sind die relativen Wärmeverbräuche der Gebäude der Gruppe „Schule/Sport“ sowie die EnEV-Vergleichswerte der jeweiligen Gebäudekategorie dargestellt. Die Allgemeinbildenden Schulen werden daher abhängig von ihrer Netto-Grundfläche (NGF) in zwei Gruppen dargestellt. Die **Paul-Junius-Str. 15** ist zwar nicht gebäudegenau gemessen, da aber alle mitversorgten Gebäude die gleiche Nutzung haben, wird sie zu Vergleichszwecken ebenfalls aufgeführt.

Allgemeinbildende Schulen mit weniger als 3.500 m²: Alle MEBs haben einen Wärmeverbrauch unterhalb des EnEV-Vergleichswertes und sind Baujahr 2014 oder jünger. Das Gebäude in der **Siegfriedstr. 208** ist zwar Baujahr 1897, wurde aber im Jahr 2013 energetisch saniert und liegt unterhalb des Vergleichswertes. Bei der **Sandinostr. 10** handelt es sich um einen unsanierten Erweiterungsbau (MUR) aus dem Jahr 1994, der knapp unterhalb des Vergleichswertes liegt. Die **Wartiner Str. 47-49** ist ein unsaniertes Gebäude Baujahr 1984 und liegt in dieser Darstellung als einziges über dem EnEV-Vergleichswert.

Allgemeinbildende Schulen mit mehr als 3.500 m²: Die **Doberaner Str. 58** ist ein unsaniertes Gebäude aus dem Jahr 1986 und hat im Jahr 2018 – schätzungsweise aufgrund verminderter Nutzung – einen unverhältnismäßig niedrigen Wärmeverbrauch. Die beiden anderen großen Schulgebäude haben den gleichen spezifischen Wärmeverbrauch trotz sehr unterschiedlicher Voraussetzungen. Die **Roedernstr. 69-72** ist Baujahr 1914, steht unter Denkmalschutz und wurde im Jahr 2011 grundinstandgesetzt. Bei der **Prender Str. 15** handelt es sich um ein unsaniertes Gebäude aus dem Jahr 1997. Beide Gebäude liegen etwas über dem Vergleichswert.

Sporthallen: Nur das Gebäude in der **Paul-Junius-Str. 25-27** unterschreitet den EnEV-Vergleichswert. Die Halle ist Baujahr 1976 und wurde 2009 saniert. Die Hallen in der **Hagenstr. 26** und **Welsestr. 50** wurden im Jahr 2017 energetisch saniert und liegen nur leicht über dem EnEV-Vergleichswert. Alle anderen Sporthallen haben einen Wärmeverbrauch, der bis zu 80% über dem Vergleichswert liegt. Sie wurden zwischen 1976 und 1995 errichtet und sind unsaniert. Bei ihnen lässt sich ein Zusammenhang zwischen Wärmeverbrauch und Baualter nicht aufzeigen. Schätzungsweise werden die Differenzen bei den spezifischen Wärmeverbräuchen durch unterschiedliche Nutzungsintensitäten verursacht.

Sonderschulen: Bei der **Otto-Marquardt-Str. 14** handelt es sich um eine Schule aus dem Jahr 2014, die zwar über ein integriertes therapeutisches Schwimmbaden verfügt, aber auch mit einer Solarthermieanlage ausgestattet ist. Die von der Solaranlage bereitgestellte Wärmemenge ist nicht dokumentiert, sie reduziert aber grundsätzlich den Bedarf an Fernwärme. In der Grafik ist lediglich der Fernwärmeverbrauch dargestellt. Dieser liegt mit 87 kWh/m² rund 17% unter dem EnEV-Vergleichswert. Die Sonderschule in der **Paul-Junius-Str. 15** verbraucht rund 156 kWh/m² Fernwärme pro Jahr, verfügt über eine Schwimmhalle, hat jedoch keine Solarthermieanlage.

Strom

Die relativen Stromkosten und der relative Stromverbrauch sind im Vergleich zum Vorjahr – entgegen dem langfristigen Trend – um rund 5% beziehungsweise rund 2% gesunken (Abbildung 31). Seit 2010 (100%) ist der Stromverbrauch im Grunde unverändert während die Stromkosten um 24% zugenommen haben.



Abbildung 31: Vergleich der relativen Verbrauchs- und Kostenentwicklungen für Strom seit 2010

Ursachen der Verbrauchsentwicklungen

Als mögliche Ursachen für Verbrauchsänderungen kommen z.B. in Frage:

- Änderungen der Gebäudeflächen
- Änderungen der technischen Gebäudeausrüstungen
- Änderungen der Gebäudenutzungsintensität

Änderungen der Gebäudeflächen

Die Bezugsfläche für den Stromverbrauch ist im Betrachtungszeitraum seit 2010 regelmäßig gestiegen und beträgt in 2018 rund 7% mehr als 2010 (Abbildung 32). Der absolute Stromverbrauch ist im gleichen Zeitraum um rund 8% gestiegen. Die linearen Darstellungen verdeutlichen, dass sich Stromverbrauch und Verbrauchsflächen sehr ähnlich entwickeln und dabei der Stromverbrauch etwas stärker zunimmt als die Verbrauchsflächen.

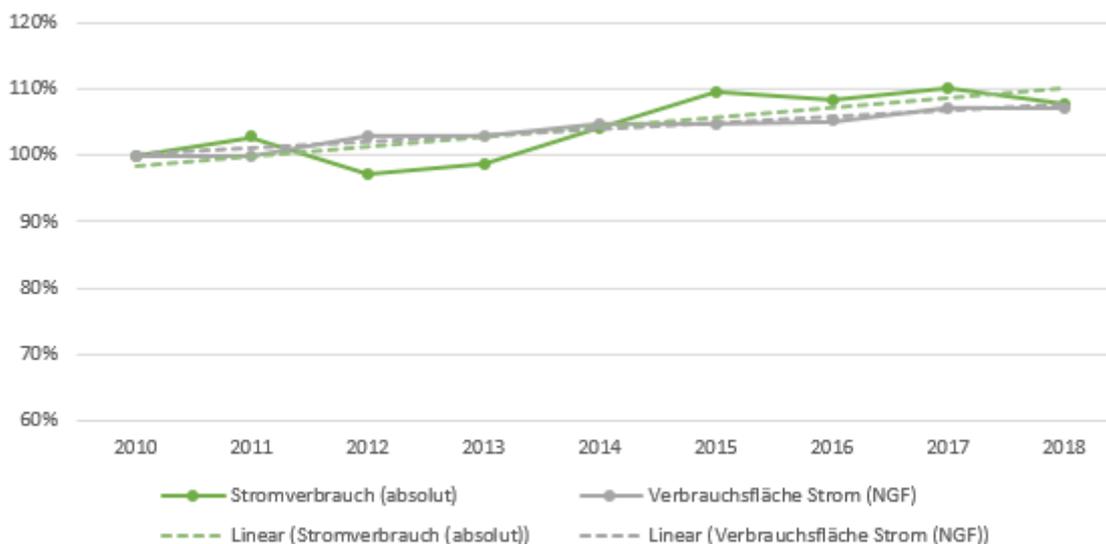


Abbildung 32: Vergleich der Verbrauchs- und Flächenentwicklung für Strom seit 2010

Änderungen der technischen Gebäudeausrüstungen

Generell ist die Ausstattung der Gebäude mit elektrischen Verbrauchern umfangreicher geworden, dazu gehört z.B. die IT-Technik. Die alten PC-Röhrenbildschirme mit relativ hohem Stromverbrauch wurden zwar durch sparsamere Flachbildschirme ausgetauscht, doch gibt es insgesamt mehr PC-Arbeitsplätze in Schulen und Verwaltung. Zudem werden Arbeitsplätze in der Verwaltung vermehrt mit zwei Monitoren ausgestattet. In den Schulen wurde die Ausstattung mit elektronischen Tafeln (SmartBoards) und Beamern intensiviert. Die zunehmende Digitalisierung führt in den Verwaltungsgebäuden zu einem erhöhten Stromverbrauch für die IT-Infrastruktur, z.B. für Server samt Klimatisierung der Serverräume. Insgesamt wird davon ausgegangen, dass die IT-Ausstattung zu einem Anstieg des Stromverbrauchs beigetragen hat.

Seit 2017 werden bei allen Gebäudesanierungen die Beleuchtungssysteme auf LED umgerüstet. Dadurch werden theoretische Stromeinsparungen für die Beleuchtung von rund 65% bis 90% realisiert. Die tatsächliche Reduzierung des Stromverbrauchs durch den Einsatz von LED-Beleuchtung kann auf Basis der vorliegenden Daten nicht ermittelt werden. Es wird davon ausgegangen, dass die tatsächlichen Einsparungen niedriger ausfallen, da hier Rebound-Effekte auftreten können – z.B. durch einen sorgloseren Umgang mit eingeschalteter Beleuchtung, sofern den Nutzern bekannt ist, dass sie energieeffizienter ist.

Der technische Ausstattungsumfang der Schulküchen hat deutlich zugenommen. Die Caterer gehen vermehrt dazu über, tiefgefrorene oder vorgegarte Mahlzeiten zu liefern und diese vor Ort zuzubereiten. So werden in den Schulen mehr elektrische Küchengeräte für die Lagerung und Zubereitung der Mahlzeiten aufgestellt, z.B. Tiefkühlgeräte und Konvektomaten.

Änderungen der Gebäudenutzungsintensität

Die Intensität der Gebäudenutzung lässt sich z.B. von der Anzahl der Nutzer pro Jahr ableiten. Als Orientierungswert für die Nutzeranzahl wird die Anzahl der Schülerinnen und Schüler pro Jahr herangezogen. Die Schülerzahlen haben seit 2010 um rund 36% zugenommen (Abbildung 33). Die Entwicklungen von relativem Stromverbrauch und Schülerzahlen verlaufen zwar über einige Jahre parallel, jedoch weichen sie in anderen Jahren stark voneinander ab, sodass sich kein eindeutiger ursächlicher Zusammenhang begründen lässt.

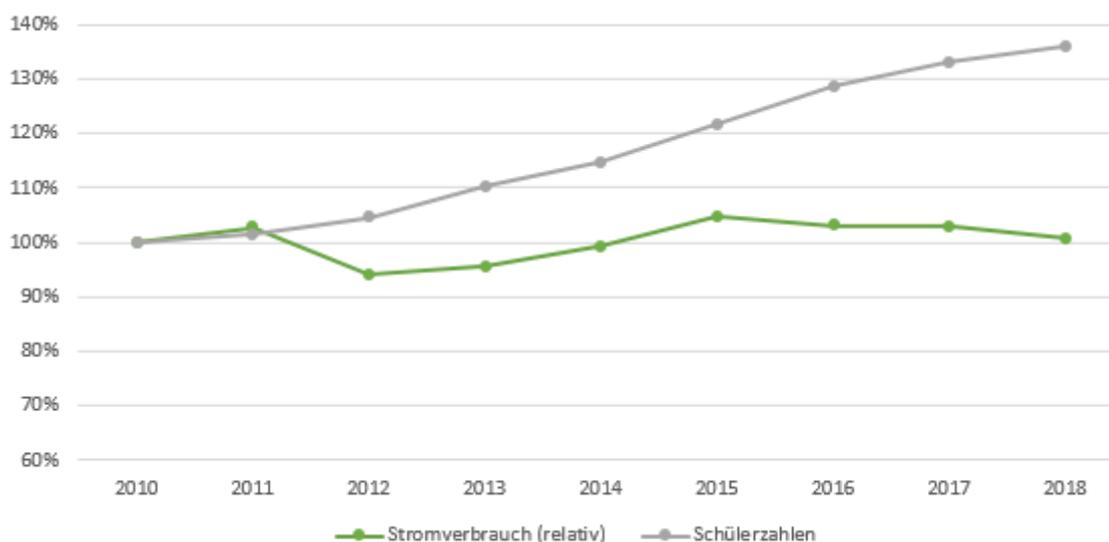


Abbildung 33: Vergleich der Stromverbrauchs- und Schülerzahlenentwicklung seit 2010

Liegenschaften und Gebäude

Im Jahr 2018 entfallen 81% des Stromverbrauchs auf die Schulliegenschaften (Schulen und Sporthallen), 9% auf Verwaltungsgebäude und 5% auf Sportfunktionsgebäude (Abbildung 34).

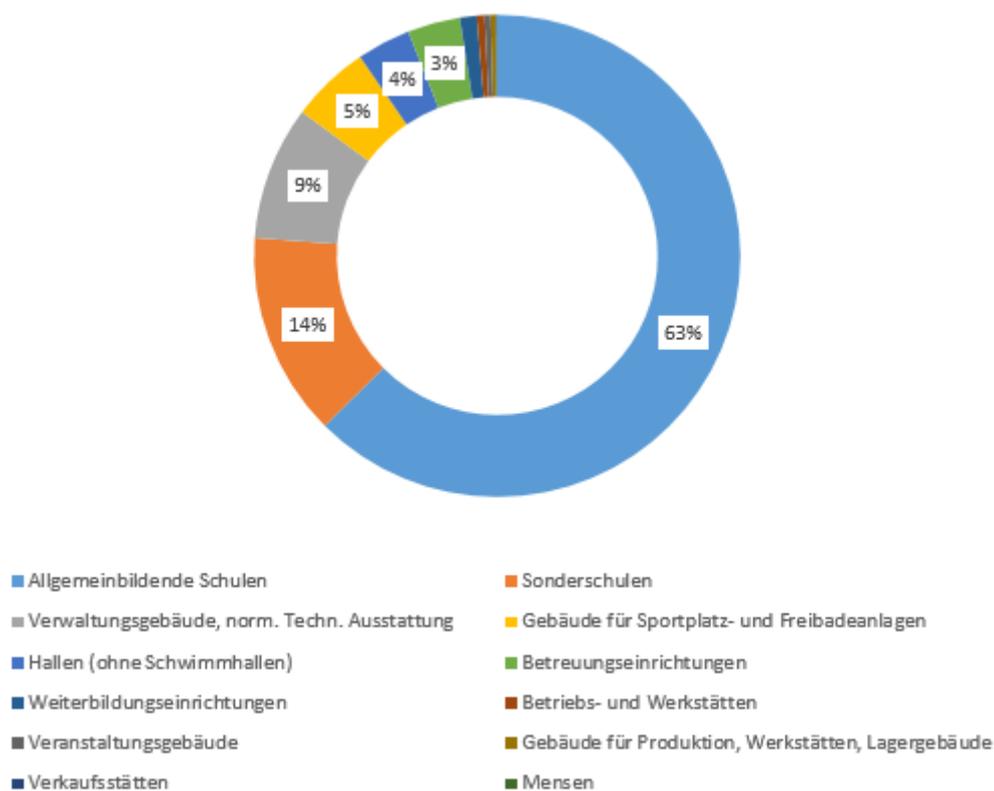


Abbildung 34: Anteile der Gebäudekategorien am Stromverbrauch 2018

In Abbildung 35 ist die Verteilung des Stromverbrauchs von 127 Liegenschaften dargestellt. Allein die fünf Liegenschaften mit den größten absoluten Stromverbräuchen verursachen zusammen rund 22% des absoluten Gesamtstromverbrauchs (siehe auch Tabelle 15). Dagegen verursachen die fünf Liegenschaft mit den höchsten relativen Stromverbräuchen zusammen nur rund 2,2% des absoluten Gesamtstromverbrauchs (Tabelle 16).

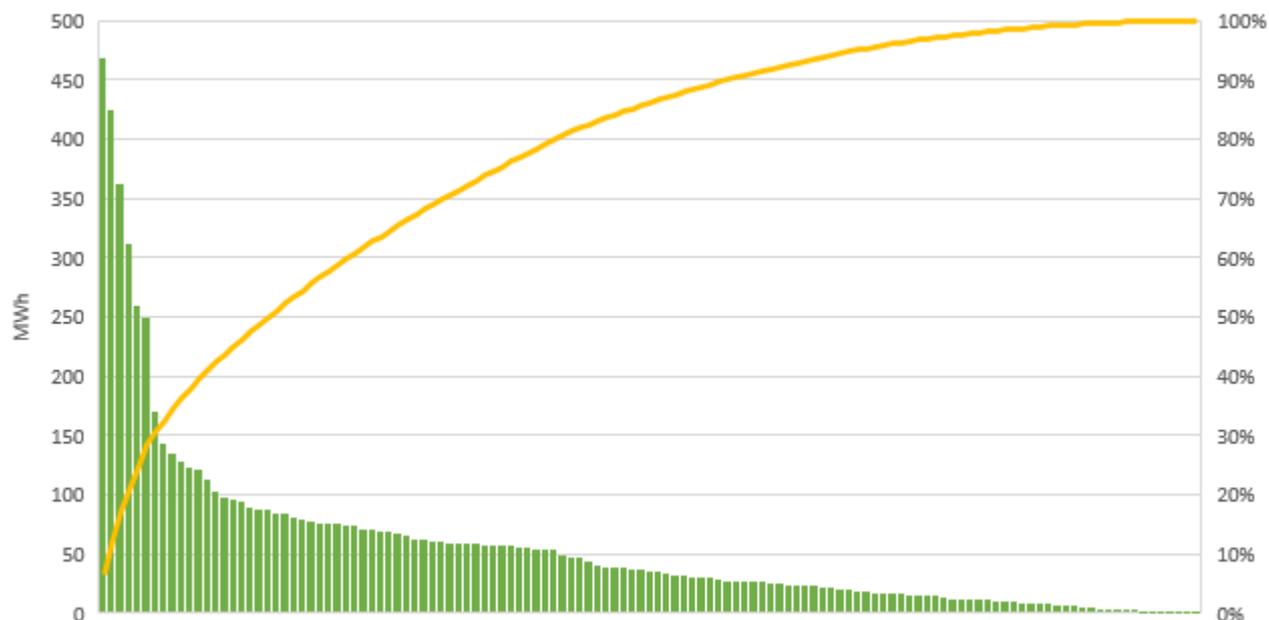


Abbildung 35: Verteilung des Stromverbrauchs der Liegenschaften 2018

Die beiden Liegenschaften mit den höchsten absoluten Stromverbräuchen sind die gleichen, wie bei den Top 5 der Wärmeverbräuche: **Paul-Junius-Str. 15** und **Prendener Str. 15**⁶. In der **Paul-Junius-Str. 15** verteilt sich der Stromverbrauch auf insgesamt 16.057 m² NGF, in der **Prendener Str. 15** auf insgesamt 20.786 m² NGF. Der drittgrößte Stromverbraucher ist die Liegenschaft in der **Große-Leege-Str. 103**, mit einer NGF von insgesamt 13.146 m².

Die höchsten relativen Stromverbräuche werden ausnahmslos bei den Sportplätzen registriert. Dies ist insbesondere das Ergebnis des rechnerischen Bezugs des Stromverbrauchs auf die NGF, denn bei den Sportplätzen stehen die vergleichsweise hohe Stromverbräuche – verursacht insbesondere durch die Sportplatzbeleuchtung – den vergleichsweise kleinen NGF der Sportfunktionsgebäude gegenüber.

⁶ Beim Wärmeverbrauch ist es die Prendener Str. 29. Die Nr. 15 und Nr. 29 bilden eine gemeinsame Liegenschaft. Dabei erfolgt die Stromversorgung aller Gebäude über den Anschluss der Nr. 15 und die Wärmeversorgung über den Anschluss der Nr. 29.

Tabelle 15: Top 5 Liegenschaften mit den höchsten absoluten Stromverbräuchen 2018

Rang	Liegenschaft	Nutzung	Strom- verbrauch absolut	Strom- verbrauch relativ	Anteil an Gesamt- Strom- verbrauch
			MWh	kWh/m ²	
1	Paul-Junius-Str. 15	Schule	469	29	5,6%
2	Prendener Str. 15	Schule	425	20	5,1%
3	Große-Leege-Str. 103	Bürogebäude	363	28	4,4%
4	Erich-Kurz-Str. 6-10	Schule	312	27	3,7%
5	Ahrensfelder Chaussee 41	Schule	259	19	3,1%
		Summe	5.525		21,9%

Tabelle 16: Top 5 Liegenschaften mit den höchsten relativen Stromverbräuchen 2018

Rang	Liegenschaft	Nutzung	Strom- verbrauch relativ	Strom- verbrauch absolut	Anteil an Gesamt- Strom- verbrauch
			kWh/m ²	MWh	
1	Fennpfuhlweg 53	Sportplatz	68	50	0,6%
2	Dolgenseestr. 42	Sportplatz	66	23	0,3%
3	Storkower Str. 209 A	Sportplatz	62	22	0,3%
4	Siegfriedstr. 71	Sportplatz	61	62	0,7%
5	Hauffstr. 13-20	Sportplatz	57	26	0,3%
		Summe		184	2,2%

Für eine Analyse und Bewertung auf Gebäudeebene werden die Stromverbräuche der Liegenschaften flächenabhängig auf die einzelnen Gebäude umgelegt⁷. Abbildung 36 zeigt die umgelegten Stromverbräuche der Gebäude in kombinierter absolut-/relativ-Darstellung. Jeder Punkt entspricht einem Gebäude. Es sind nur Gebäude berücksichtigt, die im Jahr 2018 normal genutzt wurden, also ohne Leerstand o.ä. Die Gebäude sind farblich nach Gebäudenutzung unterschieden. Der Großteil der Gebäude hat einen absoluten Stromverbrauch von weniger als 100 MWh und einen relativen Stromverbrauch von

⁷ Dieses Verfahren ist zwar üblich – z.B. nach EnEV –, führt aber auch zu Ungenauigkeiten, da es nicht die tatsächlichen Stromverbräuche eines Gebäudes abbildet.

weniger als 30 kWh/m². Auffällig sind einige Gebäude mit sehr hohem absoluten Verbrauch (Sonderschulen, Verwaltungsgebäude) sowie die Sportplatzgebäude (Gebäude für Sportplatz- und Freibadeanlagen) mit einem sehr hohen relativen Stromverbrauch.

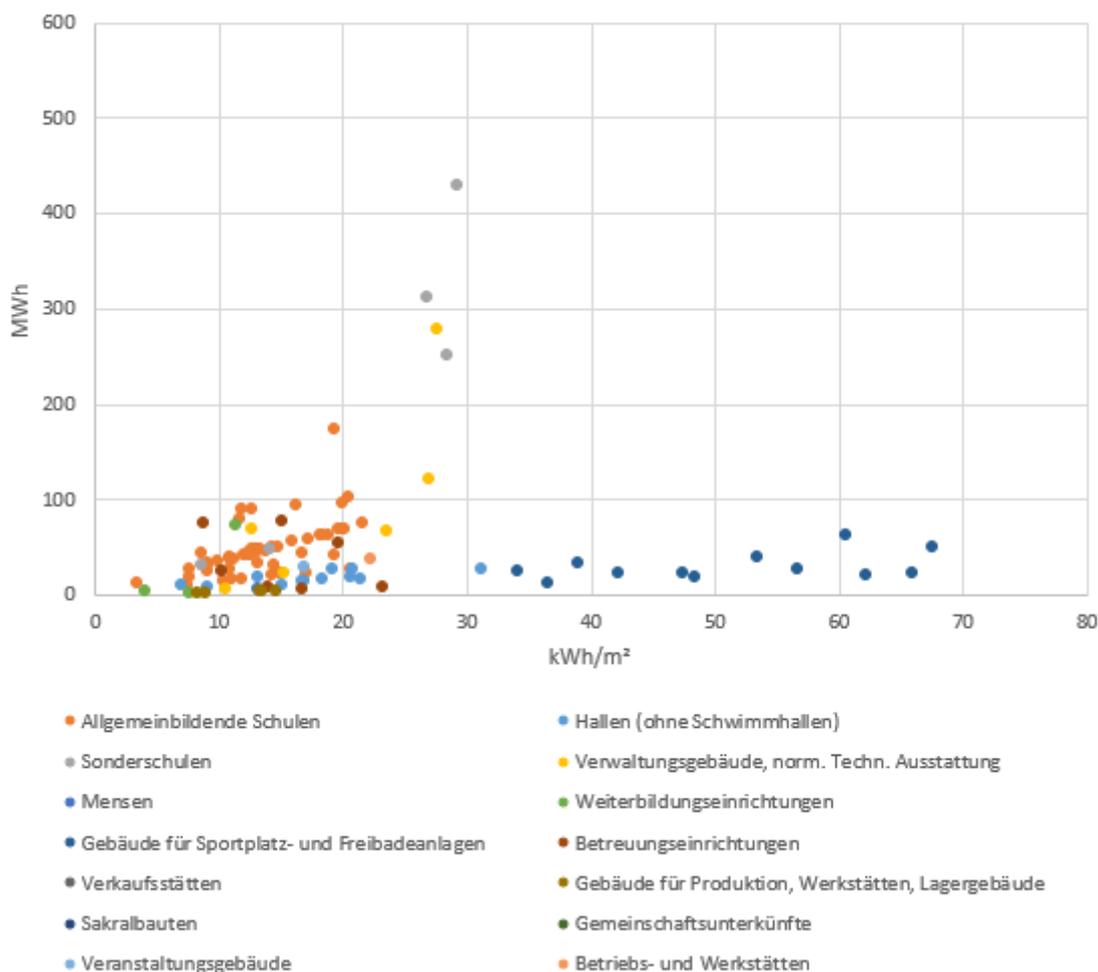


Abbildung 36: Absolute und relative Stromverbräuche der Gebäude 2018

In Abbildung 37 sind die gleichen Gebäude mit ihrer Netto-Grundfläche – repräsentiert durch die Punktgröße – dargestellt. Es ist erkennbar, dass alle großen Gebäude einen relativen Stromverbrauch von 30 kWh/m² nicht überschreiten, während viele kleine Gebäude erheblich höhere relative Stromverbräuche von bis zu knapp 70 kWh/m² verursachen. Bei diesen kleinen Gebäuden handelt es sich ausnahmslos um Sportfunktionsgebäude, auf deren NGF auch der Stromverbrauch der mitversorgten Sportplatzbeleuchtung bezogen wird. So kann man diese Fälle als statistisch verzerrt bewerten.

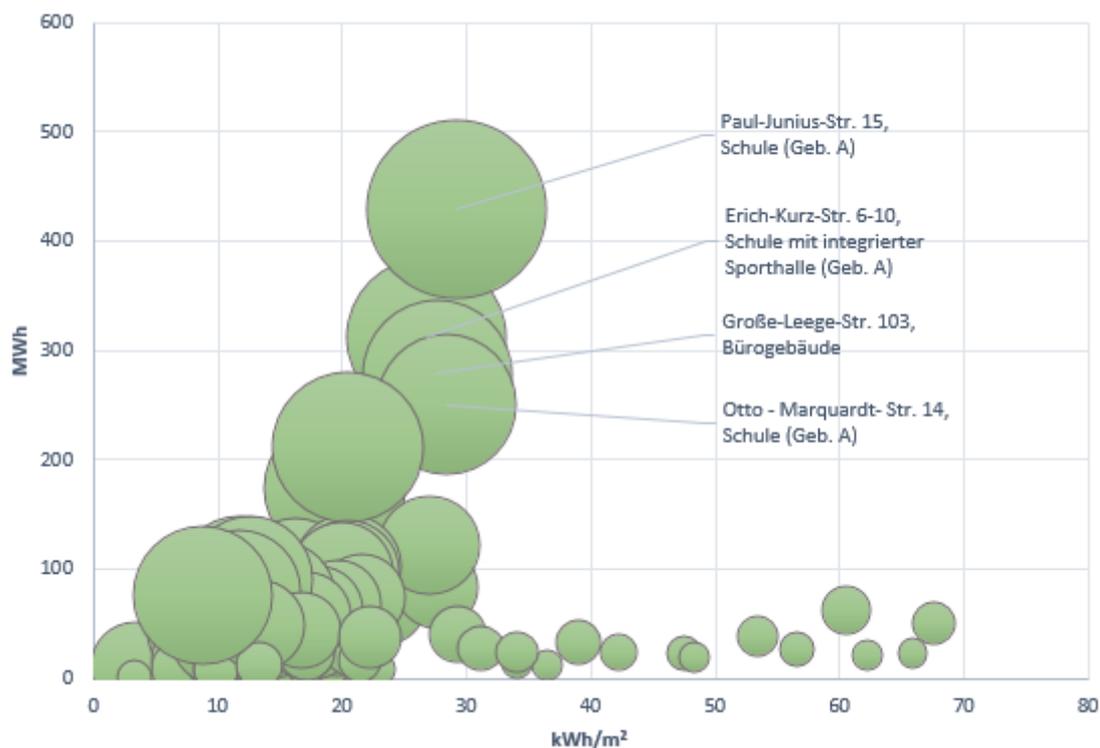


Abbildung 37: Absolute und relative Stromverbräuche der Gebäude 2018 (Punktgröße repräsentiert Gebäudefläche (NGF))

In der Sonderschule **Paul-Junius-Str. 15** wird der hohe absolute Stromverbrauch von rund 430 MWh durch eine sehr umfangreiche technische Gebäudeausstattung verursacht, insbesondere die Schwimmhalle, Lüftungsanlagen, mehrere Aufzüge und viele Automatiktüren. Flächenbezogen ergibt dies einen relativen Stromverbrauch von 29 kWh/m².

Mehrere Ursachen stehen bei der **Erich-Kurz-Str. 6-10** für einen hohen absoluten Stromverbrauch: Es handelt sich um eine Schule mit zum Teil sonderpädagogischer Förderung sowie gehobener technischer Ausstattung, z.B. mit einer Lehrküche, einer Holzwerkstatt, einer Metallwerkstatt und einer Textilwerkstatt. Zudem werden die Kinder im Gebundenen Ganztagesbetrieb bis 16 Uhr betreut.

Das größte Bürodienstgebäude des Bezirks Lichtenberg in der **Große-Leege-Str. 103** hat erwartungsgemäß einen hohen absoluten Stromverbrauch.

Auch bei dieser Sonderschule in der **Otto-Marquardt-Str. 14** wird der hohe absolute Stromverbrauch insbesondere durch das therapeutische Schwimmbecken, Lüftungsanlagen, mehrere Aufzüge und viele Automatiktüren verursacht.

Abbildung 38 zeigt einen Ausschnitt der Abbildung 36 mit anderer Skalierung und nur mit den Typenbauten der Schulen und Sporthallen, die eine gebäudegenaue Stromverbrauchsmessung haben. In der Grafik liegen sie entlang einer für den jeweiligen Gebäudetyp charakteristischen Kennlinie. Größere Gebäude haben steilere Kennlinien als kleine Gebäude. Je weiter entfernt vom Nullpunkt ein Gebäude auf der Kennlinie liegt, desto intensiver wird es genutzt. Das Gebäude **Malchower Weg 54**, MUR (Geb. B), ist halb so groß ist, wie die anderen MUR und daher außerhalb der typischen Kennlinie. Das MUR in der **Paul-Junius-Str. 15** ist Teil einer Sonderschule und weist in diesem Zusammenhang einen höheren spezifischen Stromverbrauch auf. Die Sporthalle **Rudolf-Seiffert-Str. 37** war im Jahr 2018 neben der üblichen Nutzung auch Ausweichquartier für Sportvereine aus einer anderen Sporthalle und wurde deutlich intensiver genutzt als gewöhnlich.

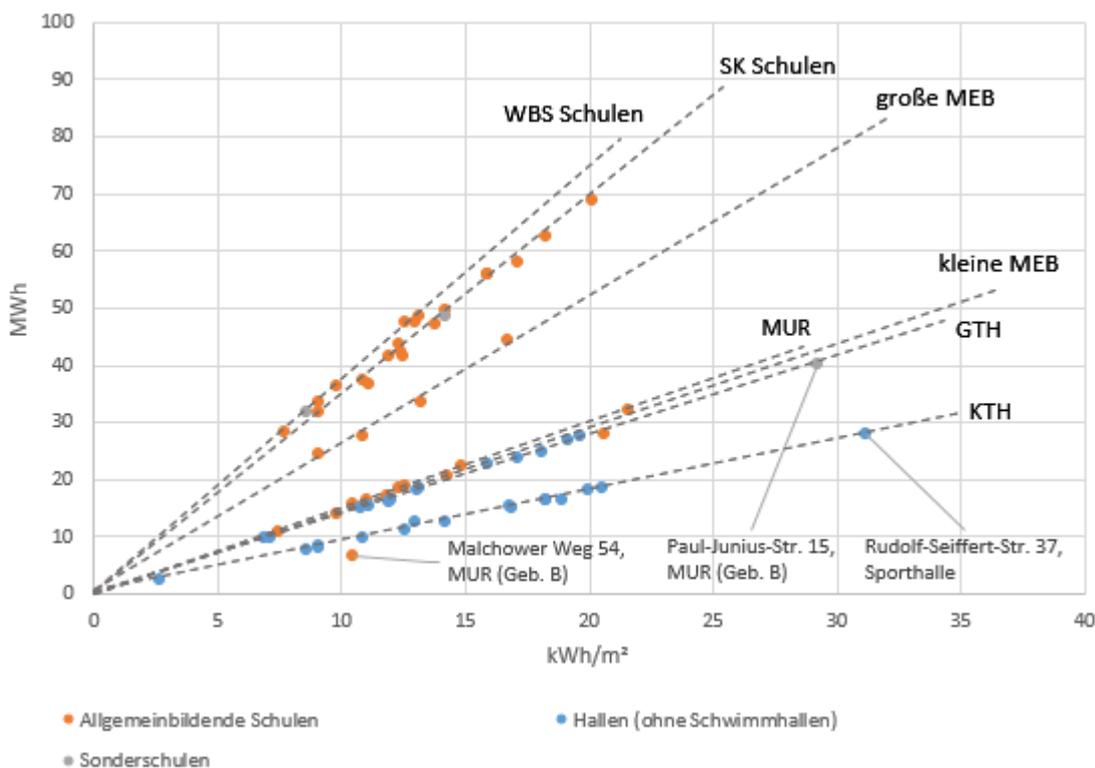


Abbildung 38: Absolute und relative Stromverbräuche der standardisierten Typenbauten 2018

Aus Gründen der Verhältnismäßigkeit werden lediglich die Schulliegenschaften näher betrachtet, da sie mit Abstand den überwiegenden Teil des Gesamtstromverbrauchs verursachen.

Für eine grobe Bewertung des Stromverbrauchs können die Vergleichswerte der EnEV herangezogen werden. Dabei ist zu bedenken, dass die Stromverbräuche unterschiedlicher Schularten – z.B. Grundschule oder Gymnasium – aufgrund unterschiedlicher technischer Ausstattungen deutlich voneinander abweichen können. Die EnEV-Vergleichswerte geben somit nur eine einfache Orientierungshilfe.

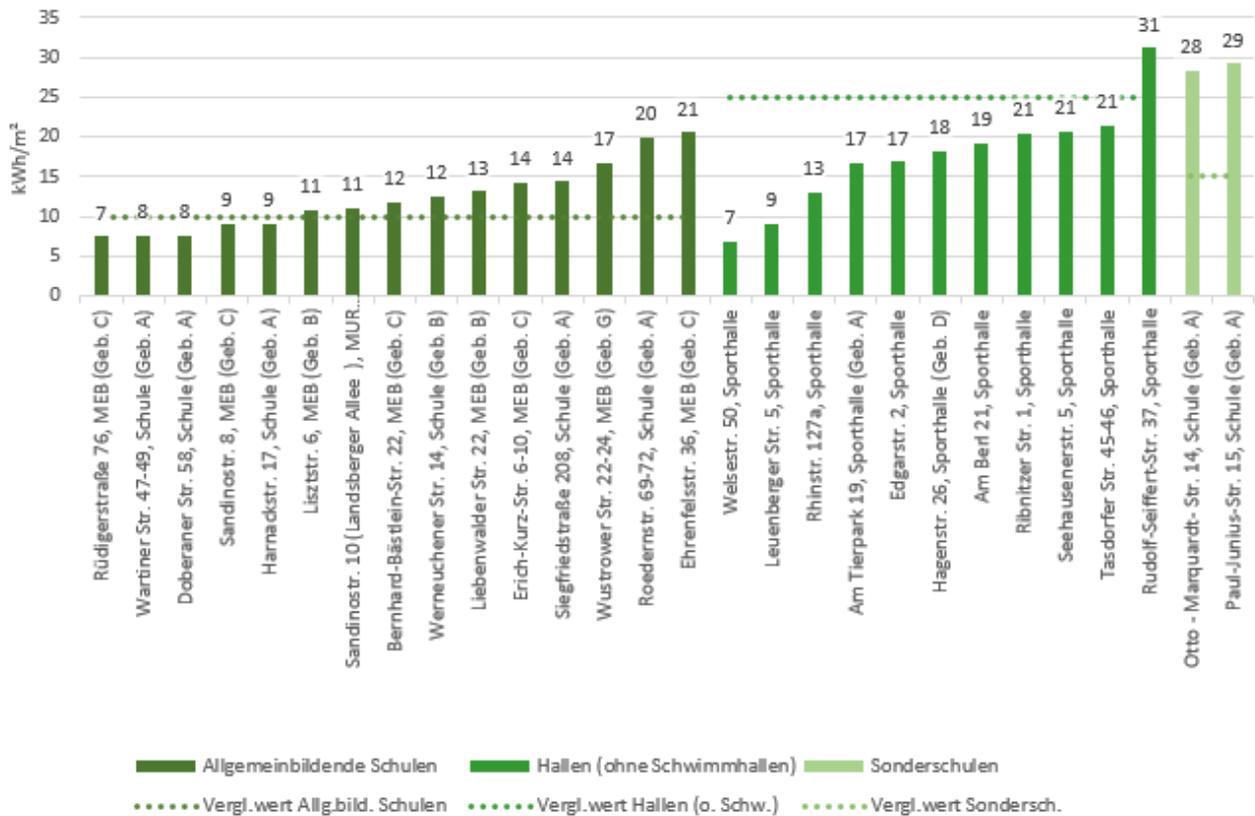


Abbildung 39: Spezifische Stromverbräuche in der Gebäudegruppe "Schulen" und EnEV-Vergleichswerte

In Abbildung 39 sind alle Gebäude der Gruppe „Schule“ mit gebäudegenau gemessenen Stromverbräuchen im Jahr 2018 sowie die EnEV-Vergleichswerte der jeweiligen Gebäudekategorie dargestellt. **Die Paul-Junius-Str. 15** ist zwar nicht gebäudegenau gemessen, da aber alle mitversorgten Gebäude die gleiche Nutzung haben, wird sie zu Vergleichszwecken ebenfalls aufgeführt.

Allgemeinbildende Schulen: Die Stromverbräuche der meisten Allgemeinbildenden Schulen überschreiten den relevanten EnEV-Vergleichswert. Dabei lässt sich kein Zusammenhang zum Sanierungsstatus, dem Baujahr oder der technischen Ausstattung der Gebäude feststellen. Daher wird ein vorwiegender Einfluss der Gebäudenutzung angenommen.

Sporthallen: Alle Sporthallen – bis auf eine Ausnahme – unterschreiten den relevanten EnEV-Vergleichswert. Dabei waren im Jahr 2018 lediglich zwei Hallen bereits energetisch saniert: die **Hagenstr. 26** mit einem unauffälligen Stromverbrauch von 18 kWh/m² und die **Welsestr. 50** mit dem niedrigsten Stromverbrauch in Höhe von 7 kWh/m². Ein Zusammenhang zwischen Stromverbrauch und Sanierungsstatus ist nicht erkennbar. Die Sporthalle in der **Rudolf-Seiffert-Str. 37** hat mit 31 kWh/m² den höchsten spezifischen Stromverbrauch. Das überschreitet den Stromverbrauch der zweitplatzierten Halle um rund 48% und den EnEV-Vergleichswert für Sporthallen um rund 24%. Es handelt sich um ein unsaniertes Gebäude aus dem Jahr 1976. Vergleichbare Sporthallen – unsaniert, gleicher Bautyp und ähnliches Baujahr – sind **Edgarstr. 2** und **Am Tierpark 19**. Beide haben einen Stromverbrauch in Höhe von rund 17 kWh/m². Der Stromverbrauch der **Rudolf-Seiffert-Str. 37** ist also auch im Gebäudevergleich

unverhältnismäßig hoch. Als Ursache wird eine besonders intensive Nutzung vermutet, da Sportvereine aufgrund der Sanierung einer anderen Sporthalle hierher verlagert wurden. Die regelmäßige Unterschreitung des EnEV-Vergleichswertes bei den unsanierten Sporthallen lässt den EnEV-Vergleichswert für den Zweck der energetischen Gebäudebewertung als ungeeignet erscheinen.

Sonderschulen: Bei den beiden dargestellten Sonderschulen ist die technische Ausstattung der Schulen ausschlaggebend für die Höhe des spezifischen Stromverbrauchs. Spitzenreiter ist die **Paul-Junius-Str. 15** mit 29 kWh/m² aufgrund ihrer therapeutischen Schwimmhalle und mehrerer intensiv genutzter Aufzüge. Einen etwas geringeren Verbrauch in Höhe von 28 kWh/m² hat die Schule in der **Otto-Marquardt-Str. 14**, die ebenfalls über ein Schwimmbecken und häufig genutzte Aufzüge verfügt. Die relativen Stromverbräuche beider Schulen liegen rund 90% über dem EnEV-Vergleichswert, was offensichtlich auf ihre – im Vergleich zu anderen Sonderschulen – umfangreiche technische Ausstattung zurück zu führen ist.

Wasser

Der abgerechnete Wasserverbrauch umfasst den gesamten Wasserverbrauch der Gebäude bzw. Liegenschaften. Eine getrennte Messung und Abrechnung der Sprengwasserverbräuche erfolgt nicht. Vorhandene Sprengwasserzähler werden manuell abgelesen und dokumentiert. Sie werden nicht separat analysiert.

Im Jahr 2018 beträgt der Wasserverbrauch der bezirklich verwalteten Gebäude 137.100 m³ und damit 9,5% mehr als 2017 (Tabelle 17). Seit 2010 ist der Wasserverbrauch um rund 19% gestiegen (Abbildung 40).

Tabelle 17: Wasserverbrauch 2018

		2010	2017	2018	Änderung 2010-2018	Änderung 2017-2018
Wasserverbrauch (absolut)	m ³	115.242	125.150	137.100	19%	9,5%

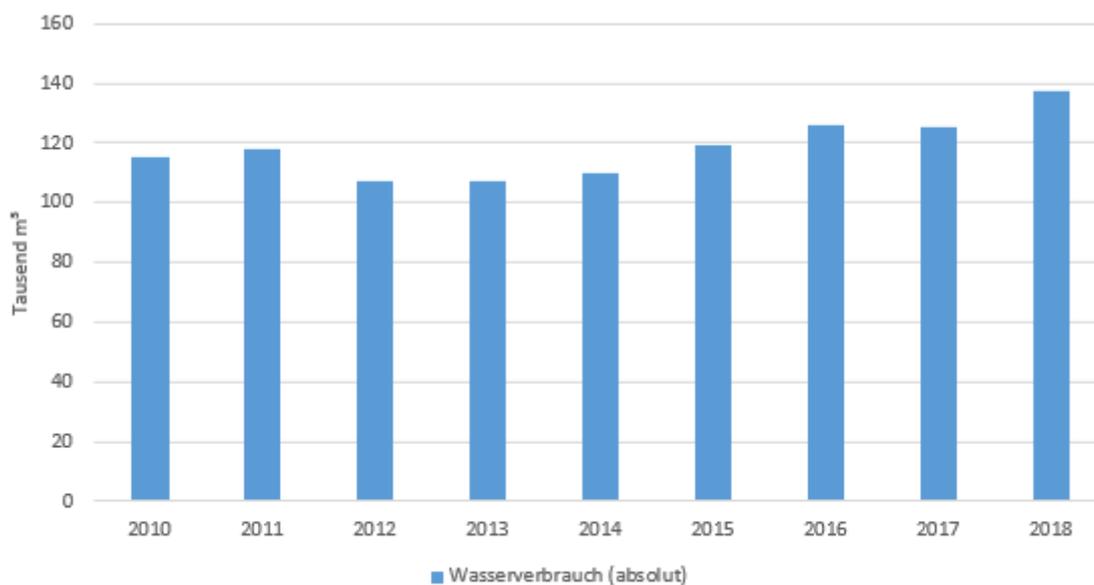


Abbildung 40: Wasserverbrauch seit 2010

Die Kosten für den Wasserverbrauch umfassen neben dem Trinkwasser auch das Abwasser (Schmutz- und Niederschlagswasser)⁸. Im Jahr 2018 wurden rund 1,06 Mio. Euro für Trinkwasser und Abwasser aufgewendet (Tabelle 18). Das entspricht rund 7,74 Euro pro m³. Mit einem Anstieg von 4,3% gegenüber dem Vorjahr ist die Zunahme der Wasserkosten moderater als die Zunahme des Wasserverbrauchs. Die Wasserkosten sind seit 2010 um rund 10% gesunken (Abbildung 41).

Tabelle 18: Wasserkosten 2018 im Vergleich

		2010	2017	2018	Änderung 2010-2018	Änderung 2017-2018
Wasserkosten	Tausend Euro	1.179	1.016	1.060	-10,1%	4,3%

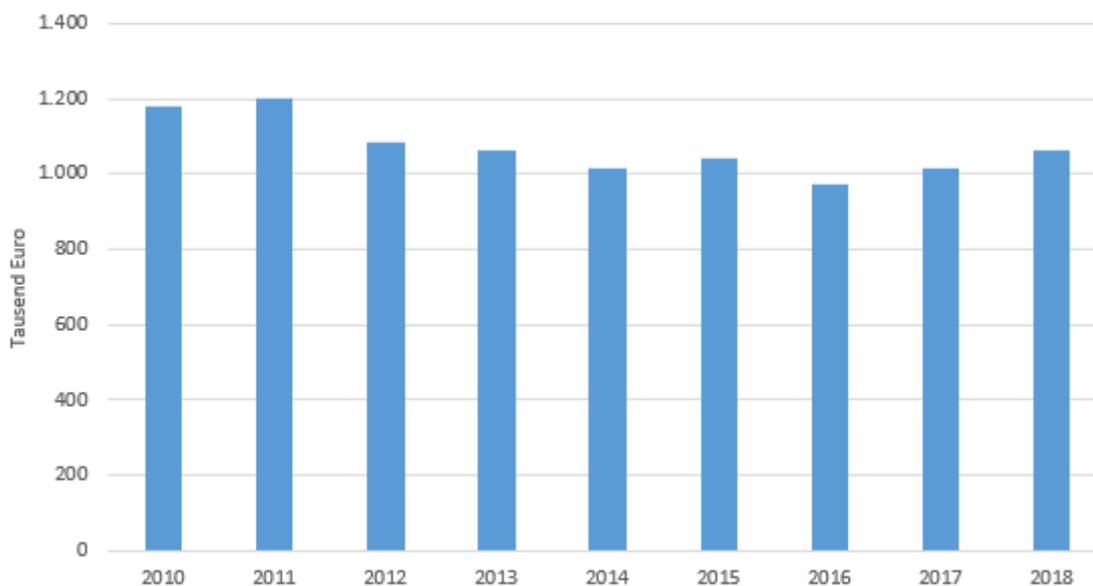


Abbildung 41: Wasserkosten seit 2010

⁸ Kosten für die Einleitung von Niederschlagswasser in die Abwasserkanalisation werden entsprechend den Preisbedingungen der Berliner Wasserbetriebe in Abhängigkeit von der versiegelten Fläche des Grundstücks berechnet. Versickerung von Niederschlagswasser auf dem Grundstück reduziert die Wasserkosten.

Die gegensätzlichen Entwicklungen von Wasserverbrauch und Wasserkosten sind in Abbildung 42 gezeigt. Dem tendenziell steigenden Wasserverbrauch stehen tendenziell sinkende Wasserkosten gegenüber.

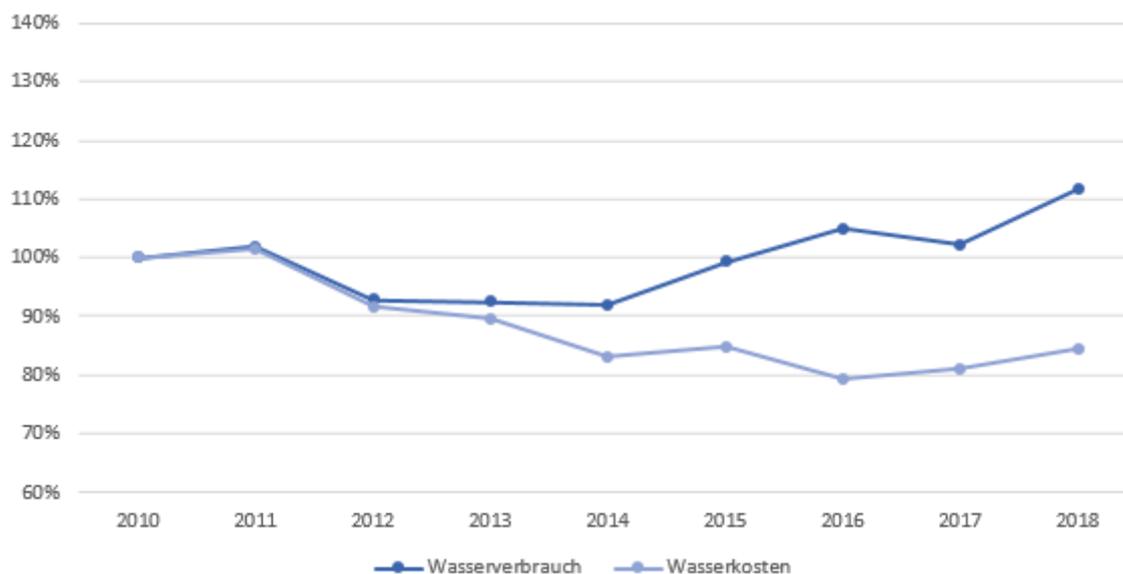


Abbildung 42: Vergleich der Verbrauchs- und Kostenentwicklungen für Wasser seit 2010

In den folgenden Betrachtungen zum Thema Wasser werden nur die Gebäude mit mehr als 250 m² NGF betrachtet. Sie repräsentieren rund 89% des Gesamtwasserverbrauchs des Jahres 2018.

Ursachen der Verbrauchsentwicklung

Für die langfristige Zunahme des Gesamtwasserverbrauchs kann anhand der erhobenen Daten keine eindeutige Ursache ermittelt werden. Es kommen jedoch mehrere potenzielle Ursachen in Frage:

- gesunkene Niederschlagsmengen
- gestiegene Außentemperaturen
- Flächenzuwächse (NGF)
- veränderte Gebäudenutzungen und Sanierungen

Gesunkene Niederschlagsmengen

Bei Liegenschaften mit einem hohen Sprengwasseranteil am Wasserverbrauch – wie beispielsweise beim Sportplatz **Ruschestr. 90**, der über eine große Naturrasenfläche verfügt – lässt sich ein Zusammenhang zwischen Wasserverbrauch und Niederschlagsmengen⁹ feststellen (Abbildung 43). Dabei fällt auf, dass der Wasserverbrauch in 2015 gegenüber 2014 trotz gesteigerter Niederschlagsmengen zugenommen hat.

⁹ Messwerte der Station Bln.-Tempelhof des Deutschen Wetterdienstes (DWD)

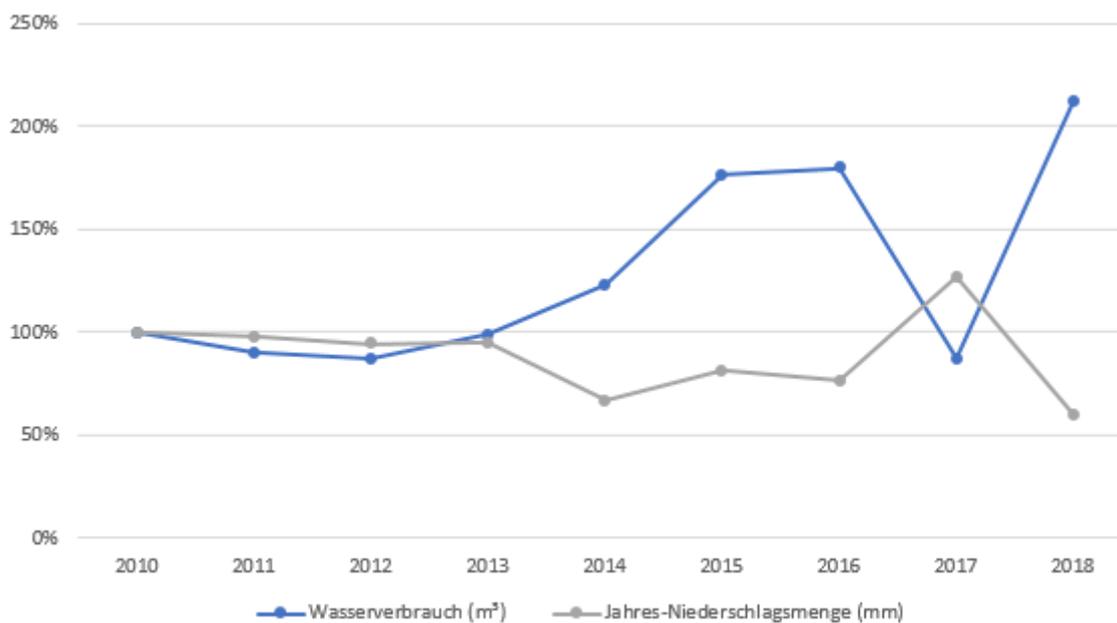


Abbildung 43: Wasserverbrauch und Niederschlagsmengen seit 2010 (Sportplatz Ruschestr. 90)

Gestiegene Außentemperaturen

Die Jahres-Mitteltemperaturen¹⁰ sind von 2010 bis 2018 um rund 31% gestiegen: von 8,9°C in 2010 auf 11,7°C in 2018 (Abbildung 44). Zudem lagen sie im betrachteten Zeitraum - mit Ausnahme von 2010 und 2013 - stets über dem langjährigen Mittelwert (Median¹¹) in Höhe von 10,2°C. Erhöhte Lufttemperaturen haben zwei wesentliche Auswirkungen auf den Wasserverbrauch: zunehmende Verdunstung und eine verlängerte Vegetationsperiode. Beide Faktoren können eine Zunahme des Sprengwasserverbrauchs verursachen.

¹⁰ Messwerte der Station Bln.-Tempelhof des Deutschen Wetterdienstes (DWD)

¹¹ Als Median wird der Wert bezeichnet, bei dem die Hälfte der Messwerte kleiner bzw. größer ist. Somit wird der Median nicht durch Extremwerte beeinflusst. Hier wurde der Median der Jahres-Mitteltemperaturen von 1990 bis 2009 berechnet.

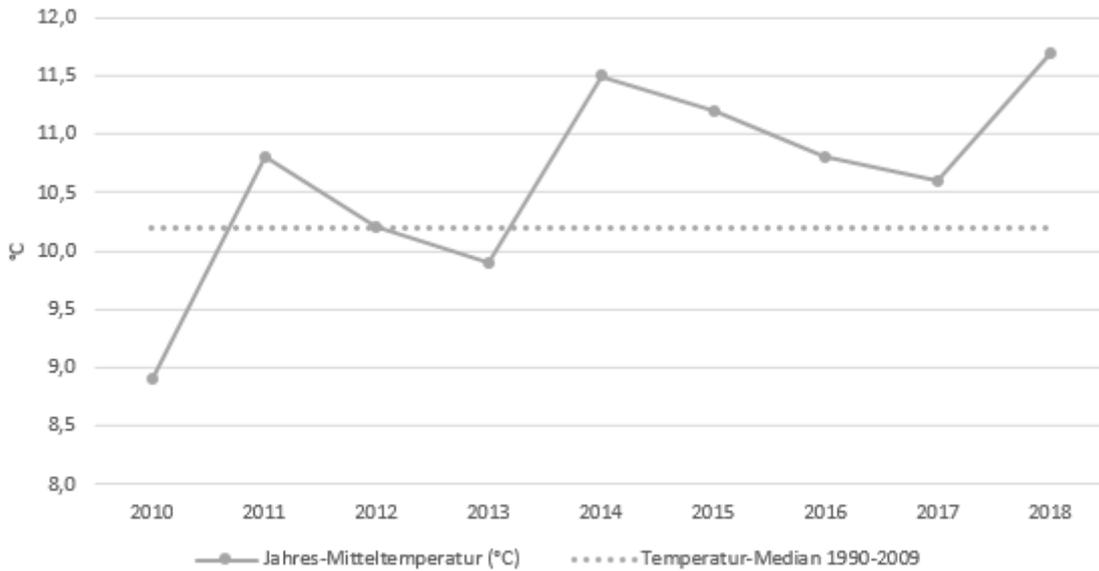


Abbildung 44: Jahresmitteltemperaturen seit 2010

Im Grunde folgt der relative Wasserverbrauch (pro m² NGF) den Veränderungen der Jahres-Mitteltemperaturen (Abbildung 45). Jedoch gibt es in einigen Jahren zeitliche Verschiebungen, die möglicherweise mit andere Ursachen in Zusammenhang stehen. So sind die Wasserverbräuche in 2015 und 2016 gegenüber dem Vorjahr gestiegen, obwohl die Temperaturen gesunken sind.

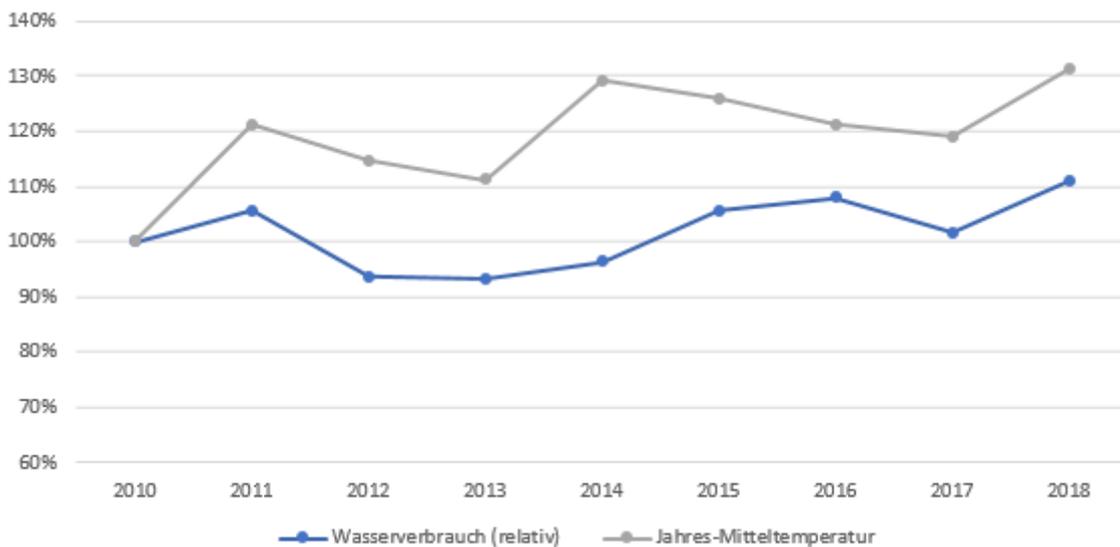


Abbildung 45: Wasserverbrauch (relativ) und Jahres-Mitteltemperaturen

Flächenzuwächse

Die Gebäudefläche (NGF) hat durch Neubau oder Reaktivierung von Gebäuden seit dem Jahr 2010 um rund 6% zugenommen. Auch hierdurch hat sich der Wasserverbrauch erhöht. Die Gegenüberstellung von absolutem Wasserverbrauch und Gebäudefläche lässt jedoch keinen eindeutigen Zusammenhang zwischen Flächenzuwächsen und Anstieg des Wasserverbrauchs erkennen (Abbildung 46).

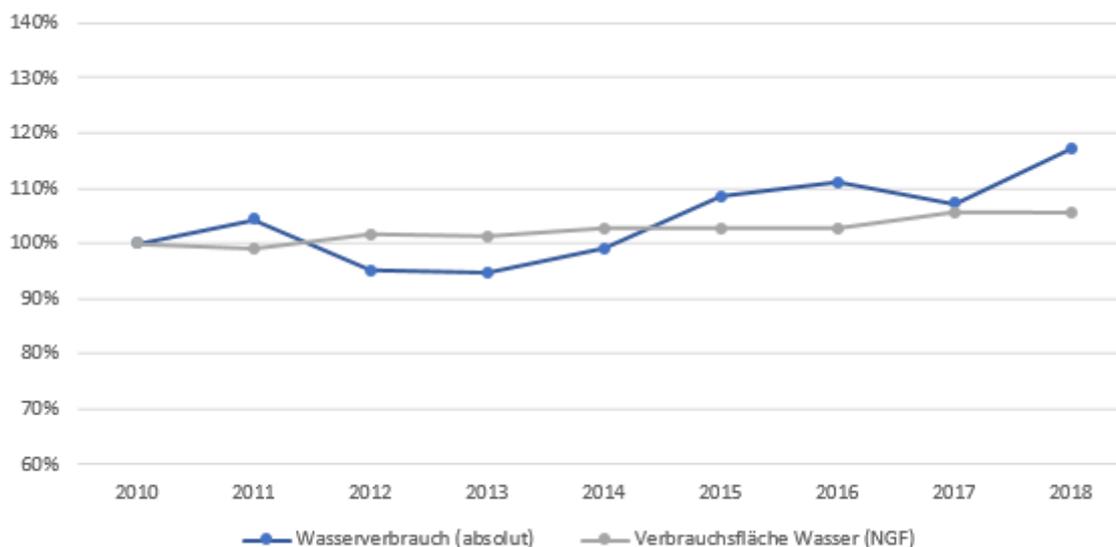


Abbildung 46: Änderungen von Wasserverbrauch und Bezugsfläche der Jahre 2010 bis 2018

Veränderte Gebäudenutzung und Sanierungen

Ein Anstieg des Wasserverbrauchs kann auch durch eine Änderung der technischen Gebäudeausstattung verursacht werden. Zum Beispiel werden aus hygienischen Gründen in den Sanitärräumen und Küchen seit einigen Jahren elektronische Armaturen eingebaut. Bestimmte Zapfstellen sorgen mit regelmäßigen automatischen Öffnungen dafür, dass im Trinkwassersystem stets hygienisch einwandfreies Wasser zur Verfügung steht. Die neuen Schulgebäude (MEBs) werden meist mit Küchen ausgestattet. Auch bei Sanierungsmaßnahmen wurden in den vergangenen Jahren zunehmend Küchen beziehungsweise Verteilerküchen realisiert oder erweitert. Auch sanierte Sanitärräume in Sporthallen und Umkleidegebäuden können trotz wassersparender Armaturen zu einem erhöhten Wasserverbrauch beitragen, da sie attraktiver sind und dadurch mehr genutzt werden.

Liegenschaften und Gebäude

Die Allgemeinbildenden Schulen verursachen mit 47% den größten Anteil des Wasserverbrauchs, Sonderschulen und Sporthallen haben einen Anteil von jeweils 11% (Abbildung 47). Die Gebäudegruppe „Schulen“ hat somit einen Anteil von rund 69% am Gesamtwasserverbrauch. Sportplätze haben mit 21% den zweitgrößten Anteil am Wasserverbrauch.

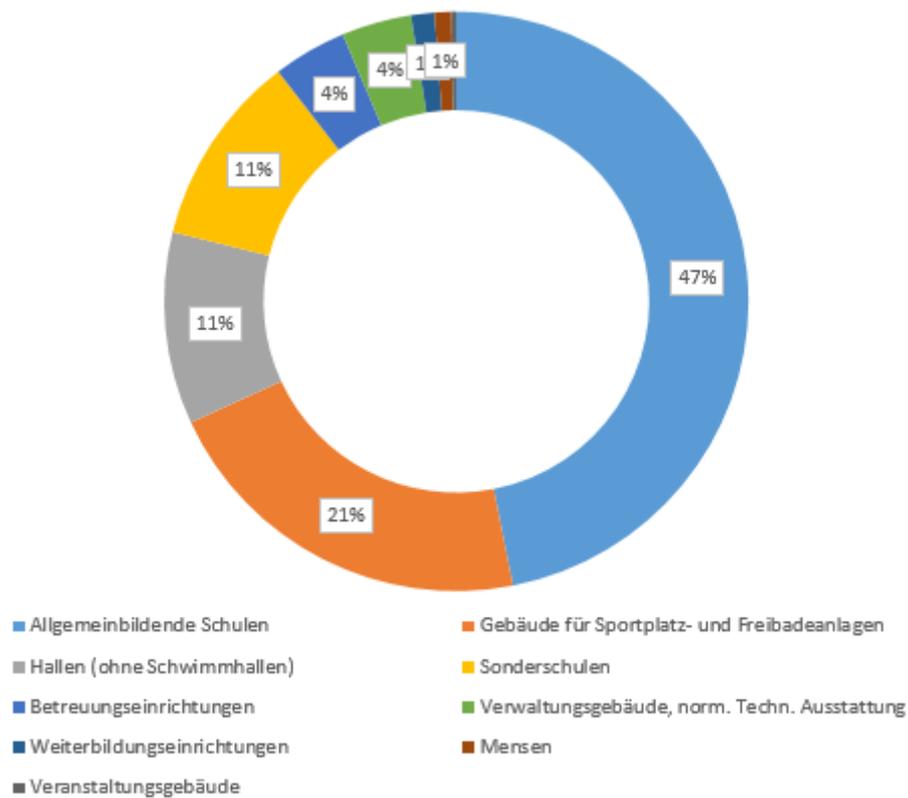


Abbildung 47: Anteil der Gebäudekategorien am Wasserverbrauch im Jahr 2018

In Abbildung 48 ist die Verteilung des Wasserverbrauchs von 116 Liegenschaften dargestellt. Allein die fünf Liegenschaften mit den größten absoluten Wasserverbräuchen verursachen zusammen rund 20% des Gesamtwasserverbrauchs (siehe auch Tabelle 19).

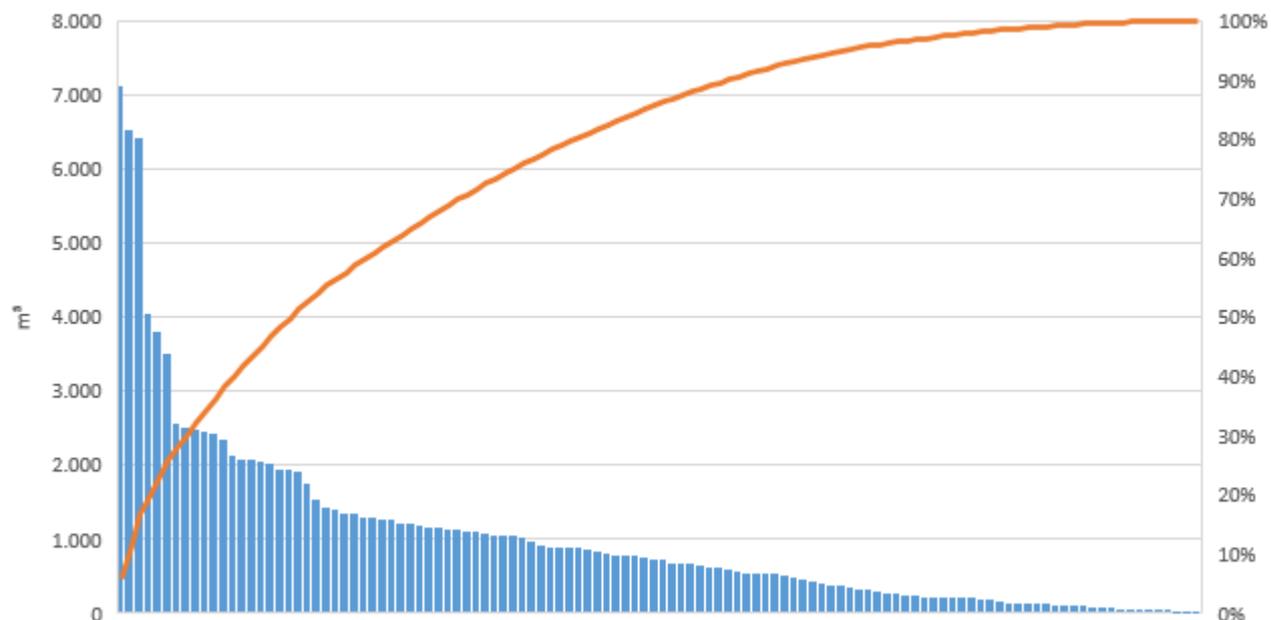


Abbildung 48: Verteilung des Wasserverbrauchs der Liegenschaften 2018

Tabelle 19: Top 5 Liegenschaften mit den höchsten absoluten Wasserverbräuchen 2018

Rang	Liegenschaft	Nutzung	Wasserverbrauch absolut	Wasserverbrauch relativ	Anteil an Gesamt- Wasserverbrauch
			m ³	Liter/m ²	
1	Ruschestr. 90	Sportplatz	7.129	8.358	5,2%
2	Paul-Junius-Str. 15	Schule	6.529	407	4,8%
3	Fischerstr. 15	Sportplatz	6.416	8.773	4,7%
4	Fennpfuhlweg 53	Sportplatz	4.049	5.468	3,0%
5	Werneuchener Str. 14	Schule	3.805	470	2,8%
		Summe	27.928		20,4%

Die Top 5-Listen in Tabelle 19 und Tabelle 20 zeigen, dass die Liegenschaften mit den höchsten absoluten Wasserverbräuchen und die Liegenschaften mit den höchsten relativen Wasserverbräuchen einen ähnlich großen Anteil von rund 20% bzw. rund 16% am Gesamtwasserverbrauch haben. Dabei sind acht von zehn Positionen Sportplätze.

Tabelle 20: Top 5 Liegenschaften mit den höchsten relativen Wasserverbräuchen 2018

Rang	Liegenschaft	Nutzung	Wasserverbrauch relativ	Wasserverbrauch absolut	Anteil an Gesamt- Wasserverbrauch
			Liter/m ²	m ³	
1	Fischerstr. 15	Sportplatz	8.773	6.416	4,7%
2	Ruschestr. 90	Sportplatz	8.358	7.129	5,2%
3	Storkower Str. 209 A	Sportplatz	7.412	2.564	1,9%
4	Fennpfuhweg 53	Sportplatz	5.468	4.049	3,0%
5	Zachertstr. 30-50	Sportplatz	2.174	2.468	1,8%
		Summe		22.626	16,5%

Die meisten Gebäude des Bezirks haben im Jahr 2018 einen absoluten Wasserverbrauch von weniger als 2.000 m³ und – bezogen auf die Netto-Grundfläche der Gebäude – einen relativen Wasserverbrauch von weniger als 1.000 Liter/m² (Abbildung 49). Der besonders hohe Wasserverbrauch der Sportplätze wird hier deutlich. Zudem sind Häufungen je nach Gebäudenutzung zu erkennen.



Abbildung 49: Absolute und relative Wasserverbräuche der Gebäude 2018

Eine Darstellung der gleichen Gebäude wie in Abbildung 49 unter Berücksichtigung ihrer Gebäudefläche (NGF) – ausgedrückt durch die Punktgröße – zeigt, dass der Wasserverbrauch nicht zwingend allein von der Gebäudefläche abhängig ist (Abbildung 50). Großverbraucher sind insbesondere die Sportfunktionsgebäude, sowohl im absoluten als auch im relativen Verbrauch. In Abbildung 51 ist ausschließlich der Wasserverbrauch der Sportplätze dargestellt. Dabei wird der relative Verbrauch diesmal nicht auf die Gebäudefläche des Sportfunktionsgebäudes, sondern auf die Grundstücksfläche bezogen. Es ist ersichtlich, dass auch die Größe der Grundstücke den Wasserverbrauch nicht maßgeblich beeinflusst, sondern eher die Ausstattung mit Naturrasen (grüne Beschriftungen).

Energiebericht Gebäude 2018

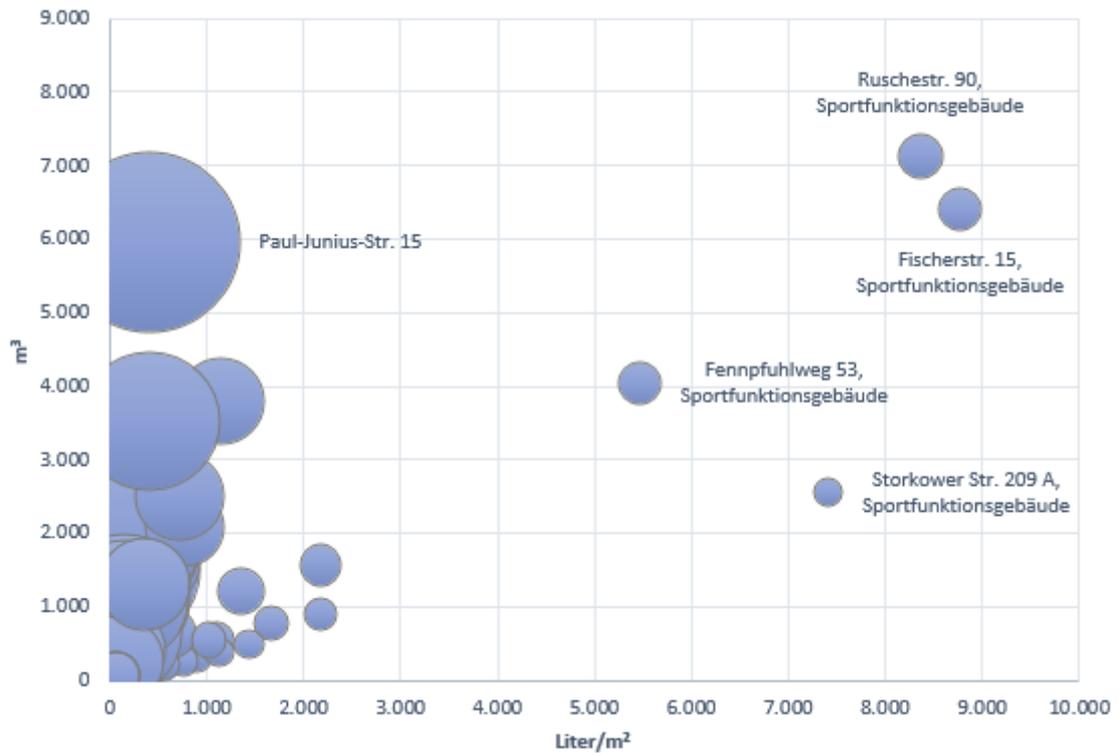


Abbildung 50: Absolute und relative Wasserverbräuche der Gebäude 2018 (Punktgröße entspricht Gebäudefläche (NGF))

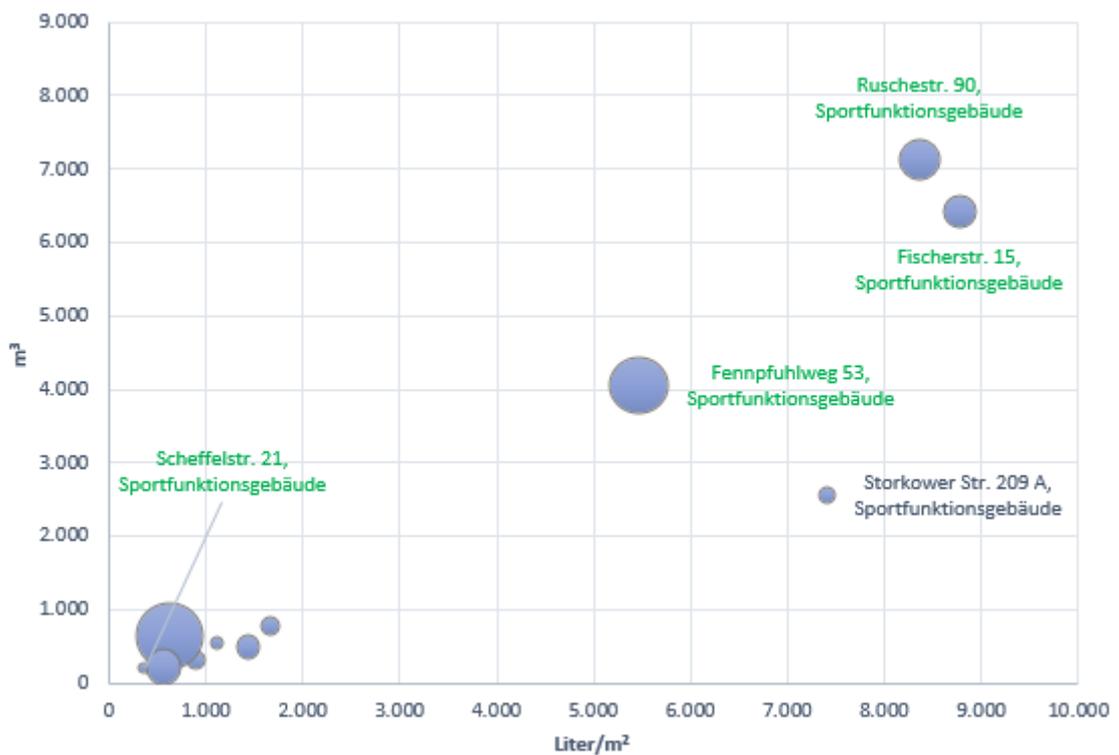


Abbildung 51: Absolute und relative Wasserverbräuche der Sportplätze (Punktgröße entspricht Grundstücksfläche, grüne Schrift: Platz ausschließlich oder anteilig mit Naturrasen)

Eine genauere Analyse der gut vergleichbaren Typenbauten zeigt die Abhängigkeit des Wasserverbrauchs von der Gebäudefläche und macht Ausreißer gut erkennbar (Abbildung 52). Die mit hohem Wärme- und hohem Stromverbrauch aufgefallene kleine Sporthalle in der **Rudolf-Seiffert-Str. 37** hat im Jahr 2018 auch einen sehr hohen relativen Wasserverbrauch, der durch die ungewöhnlich intensive Gebäudenutzung verursacht wurde. Der Wasserverbrauch des MEB in der **Sandinostr. 8** erscheint in der Abbildung sehr hoch, liegt tatsächlich aber deutlich niedriger. Denn die starke Abweichung von den anderen MEBs kommt hier durch eine unterjährige Abrechnung und jahresweise Bilanzierung der Verbrauchswerte zustande, da das MEB in 2017 errichtet wurde.

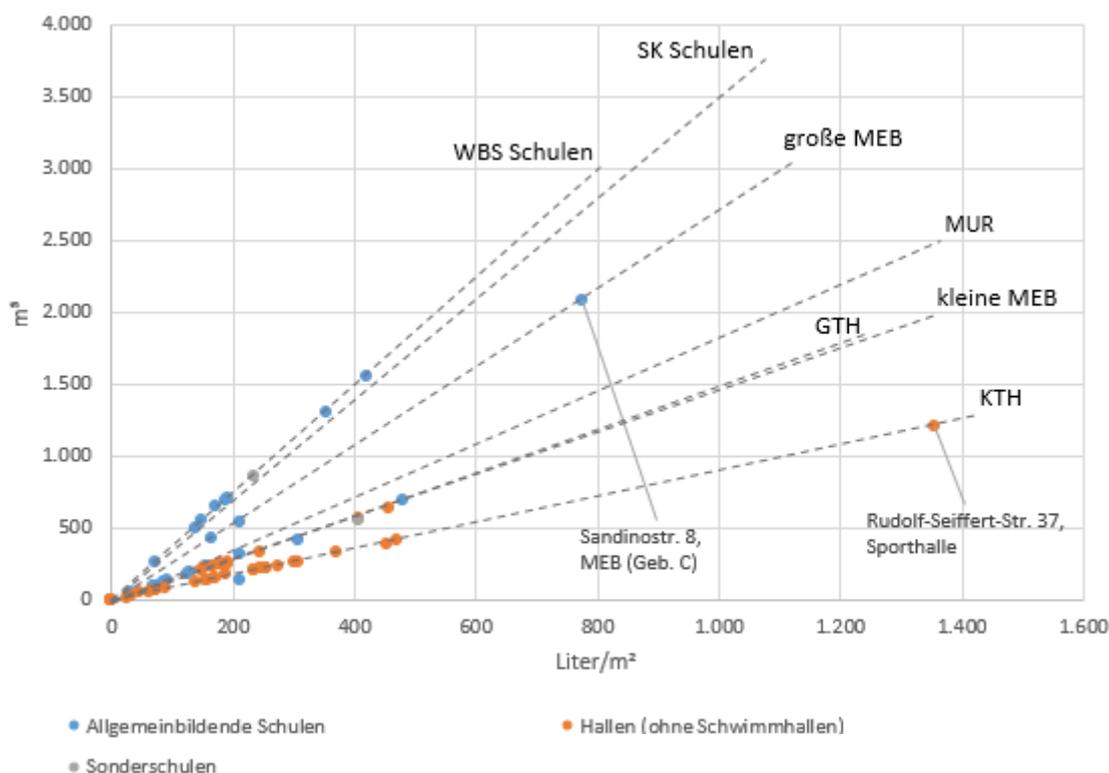


Abbildung 52: Absolute und relative Wasserverbräuche der standardisierten Typenbauten 2018

Für die Bewertung des Wasserverbrauchs und den Vergleich mit externen Studien werden 55 Schulliegenschaften näher betrachtet, ohne Differenzierung der unterschiedlichen Gebäudekategorien einer Liegenschaft. Der Median des relativen Wasserverbrauchs der Schulen liegt bei einem Wert von 191 Litern/m². Zum Vergleich: Eine Studie aus Hamburg¹² hat einen Median von 220 Liter/m² für den Wasserverbrauch in 49 untersuchten Schulen ermittelt.

¹² „Wasserbedarfsprognose 2030 für das Versorgungsgebiet der Hamburger Wasserwerke GmbH“, COOPERATIVE und ISOE, November 2007; In der Studie wurde u.a. festgestellt, dass es keine signifikante Auswirkung auf den

Eine verbreitete Bezugsgröße zur Ermittlung von Wasserverbrauchskennzahlen ist die Anzahl der Gebäudenutzer. Abbildung 53 zeigt die absoluten Wasserverbräuche der Schulen und die relativen Verbräuche bezogen auf die Anzahl der Schülerinnen und Schüler der jeweiligen Schulliegenschaft. Die hellblaue Linie markiert den Median der relativen Wasserverbräuche der Schulen mit einem Wert von 7 Litern pro Schüler*in und Tag. Dies entspricht ungefähr dem in der oben erwähnten Hamburger Studie angegebenen Median in Höhe von 6,4 Litern pro Schüler*in und Tag. Als statistische Werte für den Pro-Kopf-Verbrauch werden in einer österreichischen Studie¹³ für die Gesamtheit der dort untersuchten Schulen 10 Liter pro Schüler*in und Tag angegeben, für Schulen mit Duschen 40 Liter pro Schüler*in und Tag, für Schulen mit Schwimmbad 50 Liter pro Schüler*in und Tag. Vor diesem Hintergrund können auch die spezifischen Wasserverbräuche der Liegenschaften **Paul-Junius-Str. 15** und **Otto-Marquardt-Str. 14** als angemessen bewertet werden.

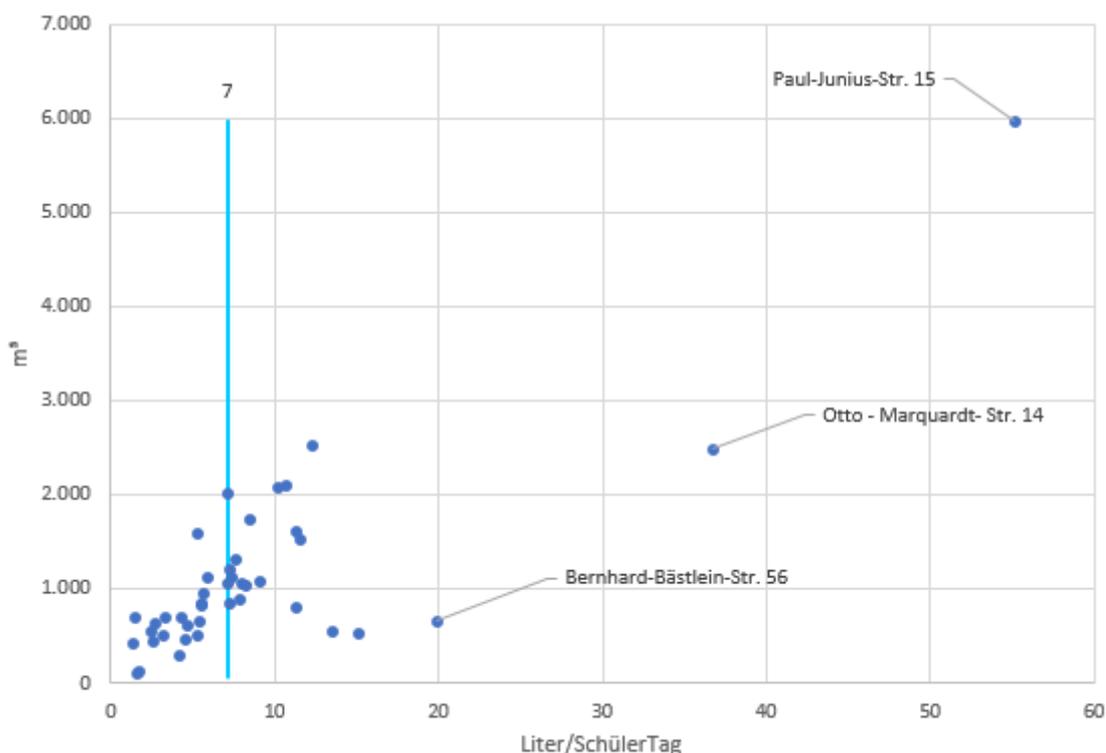


Abbildung 53: Absolute und relative Wasserverbräuche der Schulliegenschaften 2018 (Bezugsgröße: Anzahl Schüler*innen, hellblaue Linie: Median)

flächenbezogenen Wasserverbrauch hat, ob zu der Schule eine Sporthalle gehört und diese durch Vereine genutzt wird.

¹³ "Wasserverbrauch und Wasserbedarf", Österreichisches Lebensministerium, November 2010 (Metastudie)

Sanierungsmaßnahmen (Beispiele)

Die Bewertung der energetischen Wirksamkeit der Gebäudesanierungen soll hier nicht statistisch umfassend erfolgen. Anhand von Beispielen werden Sanierungsmaßnahmen und ihre Auswirkungen auf den Energieverbrauch dargestellt. Da hierfür die Energieverbrauchsdaten von mindestens 12 Monaten nach Sanierung vorliegen müssen, kommen Gebäude in Betracht, deren Sanierungen im Jahr 2017 abgeschlossen wurden.

Lisztstraße 6, Karlshorster Grundschule

Die Karlshorster Grundschule in der Lisztstraße 6, umfasst das Hauptgebäude mit integrierter Mensa sowie eine Sporthalle, die an das Hauptgebäude baulich angegliedert ist. Alle Gebäude sind Baujahr 1959 und werden mittels Fernwärme beheizt.



Foto 3: Lisztstr. 6 vor der Sanierung



Foto 4: Lisztstr. 6 nach der Sanierung

Im Jahr 2012 wurde eine Teilsanierung der Sporthalle – mit Herstellung einer WDVS-Fassadendämmung, Erneuerung der Fenster und Einbau von LED-Beleuchtung – abgeschlossen. Von 2013 bis 2017 erfolgte die Sanierung der Gebäudehülle des Hauptgebäudes, die eine Erneuerung des Daches, der Fassade sowie der Fenster und Türen umfasste.

Durch die Sanierungsmaßnahmen hat der Gesamtenergieverbrauch von 959 MWh (Medianwert 2010-2014) auf 535 MWh in 2018 abgenommen (Abbildung 54). Das entspricht einer Reduktion um rund 44%. Dabei wurden die Einsparungen durch die Reduzierung des Wärmeverbrauchs um rund 49% erzielt, während der Stromverbrauch um rund 14% gestiegen ist. Der Anteil des Wärmeverbrauchs am Gesamtenergieverbrauch ist von 92% vor der Sanierung auf 84% nach der Sanierung gesunken, während der Anteil des Stromverbrauchs von 8% auf 16% zugenommen hat.



Abbildung 54: Energieverbrauch Lisztstr. 6 (Schulgebäude und Sporthalle) seit 2010

Hagenstr. 26, Sporthalle

Die Sporthalle in der Hagenstr. 26 wurde 1984 errichtet und in den Jahren 2016 und 2017 grundinstandgesetzt. Die Bereitstellung von Heizenergie erfolgt unverändert mittels Fernwärme.



Foto 5: Hagenstr. 26 vor der Sanierung



Foto 6: Hagenstr. 26 nach der Sanierung

Vor der Sanierung lag der Median des Gesamtenergieverbrauchs bei 176 MWh pro Jahr. Im Jahr 2018 liegt der Gesamtenergieverbrauch bei 114 MWh und somit rund 58 MWh bzw. 35% niedriger als der Medianwert vor der Sanierung (Abbildung 55). Der Wärmeverbrauch wurde durch die Sanierung um rund 38% reduziert. Der Stromverbrauch hat sich um rund 4% gegenüber dem Median erhöht. Die Anteile von Wärme und Strom haben sich auch bei diesem Gebäude verändert. Der Anteil des Wärmeverbrauchs am

Gesamtenergieverbrauch ist von 92% am Medianwert auf 86% in 2018 gesunken, während der Stromanteil von 9% auf 14% gestiegen ist.

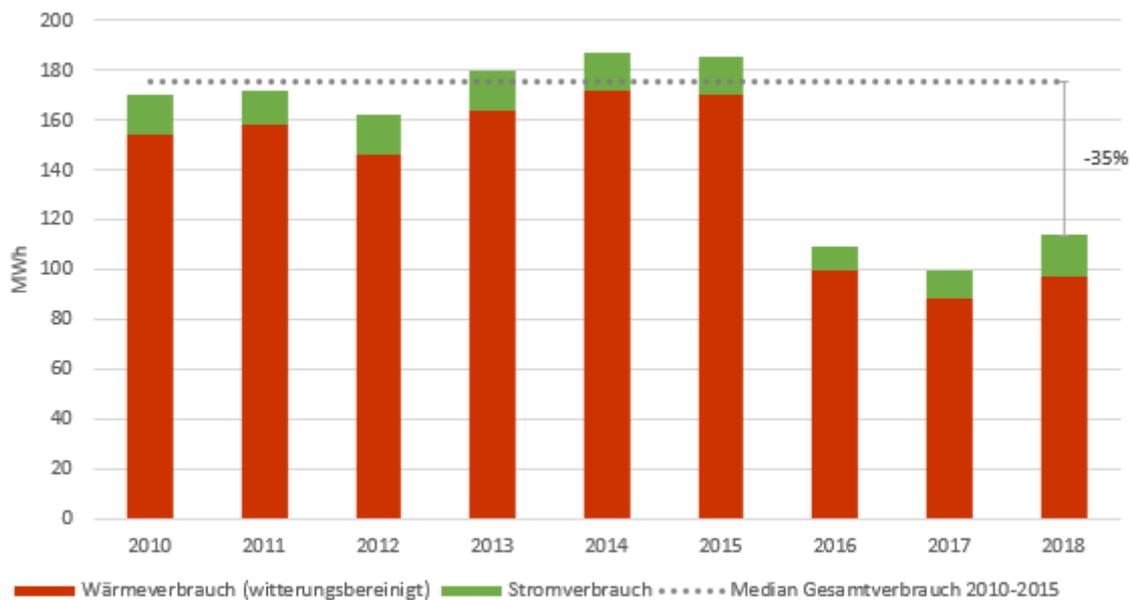


Abbildung 55: Energieverbrauch Hagenstr. 26 seit 2010

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Häufigkeitsverteilung der Gebäudegrößen	6
Abbildung 2: Häufigkeitsverteilung der Baujahre	7
Abbildung 3: Anteile der Gebäudekategorien am Gebäudebestand.....	9
Abbildung 4: Gesamtenergieverbräuche (absolut) seit 2010.....	11
Abbildung 5: Gesamtenergieverbräuche (relativ) seit 2010.....	11
Abbildung 6: Änderungen der Gesamtenergieverbräuche seit 2010	12
Abbildung 7: Anteile der Gebäudekategorien am absoluten Endenergieverbrauch 2018.....	13
Abbildung 8: Anteile der Gebäudekategorien an den Endenergieverbräuchen seit 2010	13
Abbildung 9: Anteile der Energieträger am Endenergieverbrauch 2018	14
Abbildung 10: Anteile der Energieträger an den Endenergieverbräuchen seit 2010	15
Abbildung 11: Anteile der Energieträger an den Energiekosten 2018	16
Abbildung 12: Anteile der Energieträger an den Energiekosten seit 2010	16
Abbildung 13: Statistische CO ₂ -Emissionen seit 2010 (nach SenUVK-Emissionsfaktoren)	18
Abbildung 14: Tatsächliche CO ₂ -Emissionen seit 2010 (nach Emissionsfaktoren der Lieferanten)	19
Abbildung 15: Abgerechnete Wärme- und Stromverbräuche seit 2010	24
Abbildung 16: Entwicklung der Gesamtgebäudefläche (NGF) seit 2010.....	24
Abbildung 17: Entwicklung des relativen Wärme- und Stromverbrauchs seit 2010.....	25
Abbildung 18: Gesamtenergiekosten seit 2010.....	26
Abbildung 19: Kostenentwicklung für Wärme und Strom seit 2010 (witterungs- und flächenbereinigt) ..	27
Abbildung 20:Vergleich der Verbrauchs- und Kostenentwicklungen für Wärme seit 2010 (witterungs- und flächenbereinigt).....	29
Abbildung 21: Gradtagzahlen seit 2010	30
Abbildung 22: Vergleich von Gradtagzahlen und Wärmeverbrauch seit 2010	30
Abbildung 23: Änderungen der Wärmeverbräuche und des theoretischen Heizenergiebedarfs, jeweils zum Vorjahr, seit 2010.....	31
Abbildung 24: Sanierungsflächen (nur Grundinstandsetzungen) seit 2010	32
Abbildung 25: Anteile der Gebäudekategorien am Wärmeverbrauch 2018.....	33
Abbildung 26: Verteilung des Wärmeverbrauchs der Liegenschaften 2018.....	34
Abbildung 27: Absolute und relative Wärmeverbräuche der Gebäude 2018	36
Abbildung 28: Absolute und relative Wärmeverbräuche 2018 (Punktgröße repräsentiert Gebäudefläche (NGF)).....	37
Abbildung 29: Absolute und relative Wärmeverbräuche der Typenbauten 2018 (mit Angabe der durchschnittlichen NGF).....	38
Abbildung 30: Spezifische Wärmeverbräuche in der Gebäudegruppe "Schulen" und EnEV-Vergleichswerte	39
Abbildung 31: Vergleich der relativen Verbrauchs- und Kostenentwicklungen für Strom seit 2010	41
Abbildung 32: Vergleich der Verbrauchs- und Flächenentwicklung für Strom seit 2010	42
Abbildung 33: Vergleich der Stromverbrauchs- und Schülerzahlenentwicklung seit 2010.....	43
Abbildung 34: Anteile der Gebäudekategorien am Stromverbrauch 2018.....	44

Abbildung 35: Verteilung des Stromverbrauchs der Liegenschaften 2018	45
Abbildung 36: Absolute und relative Stromverbräuche der Gebäude 2018	47
Abbildung 37: Absolute und relative Stromverbräuche der Gebäude 2018 (Punktgröße repräsentiert Gebäudefläche (NGF))	48
Abbildung 38: Absolute und relative Stromverbräuche der standardisierten Typenbauten 2018	49
Abbildung 39: Spezifische Stromverbräuche in der Gebäudegruppe "Schulen" und EnEV-Vergleichswerte	50
Abbildung 40: Wasserverbrauch seit 2010	52
Abbildung 41: Wasserkosten seit 2010	53
Abbildung 42: Vergleich der Verbrauchs- und Kostenentwicklungen für Wasser seit 2010	54
Abbildung 43: Wasserverbrauch und Niederschlagsmengen seit 2010 (Sportplatz Ruschestr. 90)	55
Abbildung 44: Jahresmitteltemperaturen seit 2010	56
Abbildung 45: Wasserverbrauch (relativ) und Jahres-Mitteltemperaturen	56
Abbildung 46: Änderungen von Wasserverbrauch und Bezugsfläche der Jahre 2010 bis 2018	57
Abbildung 47: Anteil der Gebäudekategorien am Wasserverbrauch im Jahr 2018	58
Abbildung 48: Verteilung des Wasserverbrauchs der Liegenschaften 2018	59
Abbildung 49: Absolute und relative Wasserverbräuche der Gebäude 2018	61
Abbildung 50: Absolute und relative Wasserverbräuche der Gebäude 2018 (Punktgröße entspricht Gebäudefläche (NGF))	62
Abbildung 51: Absolute und relative Wasserverbräuche der Sportplätze (Punktgröße entspricht Grundstücksfläche, grüne Schrift: Platz ausschließlich oder anteilig mit Naturrasen)	62
Abbildung 52: Absolute und relative Wasserverbräuche der standardisierten Typenbauten 2018	63
Abbildung 53: Absolute und relative Wasserverbräuche der Schulliegenschaften 2018 (Bezugsgröße: Anzahl Schüler*innen, hellblaue Linie: Median)	64
Abbildung 54: Energieverbrauch Lisztstr. 6 (Schulgebäude und Sporthalle) seit 2010	66
Abbildung 55: Energieverbrauch Hagenstr. 26 seit 2010	67

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Flächenverteilung des Gebäudebestands 2018	6
Tabelle 2: Energetische Gebäudesanierungen nach Zeiträumen und Bauteilen	8
Tabelle 3: Gesamte absolute Energieverbräuche 2018 im Vergleich	10
Tabelle 4: Endenergieverbrauch nach Energieträgern 2018	14
Tabelle 5: Energiekosten nach Energieträgern 2018	15
Tabelle 6: Statistische CO ₂ -Emissionen der Energieträger (nach SenUVK-Emissionsfaktoren)	17
Tabelle 7: Tatsächliche CO ₂ -Emissionen der Energieträger (nach Emissionsfaktoren der Lieferanten)	18
Tabelle 8: PV-Anlagen auf bezirklichen Gebäuden (chronologisch sortiert)	21
Tabelle 9: Wärme- und Stromverbrauch im Vergleich zum Vorjahr	23
Tabelle 10: Wärme- und Stromverbrauch im Vergleich zu 2010 (witterungs- und flächenbereinigt)	25
Tabelle 11: Wärme- und Stromkosten 2018	26
Tabelle 12: Wärme- und Stromkosten im Vergleich zu 2010 (witterungs- und flächenbereinigt)	27

Tabelle 13: Top 5 Liegenschaften mit den höchsten absoluten Wärmeverbräuchen 2018	35
Tabelle 14: Top 5 Liegenschaften mit den höchsten relativen Wärmeverbräuchen 2018	35
Tabelle 15: Top 5 Liegenschaften mit den höchsten absoluten Stromverbräuchen 2018	46
Tabelle 16: Top 5 Liegenschaften mit den höchsten relativen Stromverbräuchen 2018	46
Tabelle 17: Wasserverbrauch 2018	52
Tabelle 18: Wasserkosten 2018 im Vergleich.....	53
Tabelle 19: Top 5 Liegenschaften mit den höchsten absoluten Wasserverbräuchen 2018	59
Tabelle 20: Top 5 Liegenschaften mit den höchsten relativen Wasserverbräuchen 2018	60

Fotoverzeichnis

Foto 1: Photovoltaikanlage an der Fassade des J.-G.-Herder-Gymnasiums, Franz-Jacob-Str. 8	20
Foto 2: Solarthermieanlage auf der Nils-Holgersson-Schule, Otto-Marquardt-Str. 14	22
Foto 3: Lisztstr. 6 vor der Sanierung Foto 4: Lisztstr. 6 nach der Sanierung	65
Foto 5: Hagenstr. 26 vor der Sanierung Foto 6: Hagenstr. 26 nach der Sanierung	66