

Energiebericht 2021





Impressum

Herausgeber Stadt Nürnberg
Planungs- und Baureferat
Bauhof 9
90402 Nürnberg

Redaktion Hochbauamt
Sachgebiet Kommunales
Energiemanagement und Bauphysik

Marientorgraben 11
90402 Nürnberg

Telefon: 0911 / 231 – 36 77
Telefax: 0911 / 231 – 76 30

Gestaltung Wolfgang Keller

Erschienen Oktober 2021

Titelbild Energie – und Umweltstation,
Wöhrder See

So einfach und gleichzeitig schonungslos sagte der vorletzte Präsident der USA, Barack Obama zur Klimakonferenz in Paris im November 2015: *„Wir sind die erste Generation, die den Klimawandel zu spüren bekommt und die letzte, die daran etwas ändern kann.“*

Das heißt auch für die Stadt Nürnberg: Ein WEITER SO gibt es nicht. Wir benötigen die Defossilisierung und damit eine grundlegende Umstellung unserer Energieversorgung. Und der notwendige Zeithorizont für beides ist im sichtbaren Bereich.

Der Nürnberger Stadtrat hat am 24. Juli 2019 und 17. Juni 2020 weitreichende Beschlüsse für konkreten Klimaschutz gefasst. So soll die Stadtverwaltung bis 2035 klimaneutral sein. Eine große Herausforderung auch für den kommunalen Gebäudebestand. Wesentliche Bestandteile zur Zielerreichung sind die Umstellung der Wärme- und Stromversorgung für die städtischen Gebäude auf erneuerbare Energien. Neben den Aufgaben, die dabei unser Energieversorger bezüglich klimaneutraler Fernwärme und klimaneutralem Strom zu leisten hat, trägt auch die Stadtverwaltung selbst ihren Anteil bei.

Die energetische Sanierung des Gebäudebestandes, immer in Synergie mit ohnehin anstehenden Sanierungen, Modernisierungen, An- und Umbauten, ist dabei nicht nur sehr wirtschaftlich, sondern trägt auch dazu bei, den Einsatz fossiler Energieträger zu minimieren und die Nutzung erneuerbarer Energien sinnvoll möglich zu machen.

Zur Deckung des eigenen Strombedarfes sind weitere Anstrengungen erforderlich, um schnellstmöglich alle geeigneten Flächen auf und an städtischen Gebäuden mit Photovoltaik auszustatten. Dabei darf die nötige Anpassung an den Klimawandel nicht vernachlässigt werden – kleinklimatische Effekte von Gründächern, Dachbegrünungen und Bäumen, von offenem Freiraum und Schatteneffekten aus der Gebäudestellung sind und bleiben essentiell.

Nicht zuletzt dient der neu einzuführende Nachhaltigkeitscheck für alle Baumaßnahmen dazu, die Messbarkeit und



Vergleichbarkeit kommunaler Maßnahmen zu erhöhen und Nachhaltigkeitskriterien in die städtischen Planungs- und Bauprozesse vorrangig zu integrieren.

Das Planungs- und Baureferat betreut mit circa 1.900 städtischen Liegenschaften die überwiegende Zahl öffentlicher Gebäude in Nürnberg. Die aktive Ausgestaltung dieser Aufgabe übernehmen das Hochbauamt und sein Kommunales Energiemanagement (KEM), dazu die WBG KOMMUNAL GmbH als Partnerin in kommunaler Auftragsverwaltung und einzelne ÖPP-Partner. Eine tragende Rolle spielen aber vor allem die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der HVEs und der nutzenden Dienststellen.

Über den aktuellen Stand der Bemühungen und über die Entwicklung der Energie- und Wasserverbräuche der städtischen Liegenschaften sowie die dazugehörigen Kosten, CO₂-Emissionen und den Fortschritt beim Einsatz erneuerbarer Energien informiert der

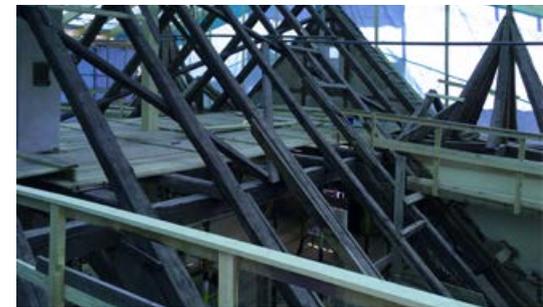
Energiebericht 2021. Außerdem werden Informationen zur Umsetzung der Energieeinsparverordnung und des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (zukünftig des Gebäudeenergiegesetzes) sowie wichtige Handlungsfelder und Projektbeispiele der Jahre 2019 und 2020 dargestellt.

Mit diesem Bericht lade ich Sie ein, sich über die vielfältigen Aktivitäten des Planungs- und Baureferats auf diesem Feld zu informieren.

Daniel F. Ulrich

Planungs- und Baureferent
der Stadt Nürnberg

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, overlapping loops and lines, positioned at the end of the text block.



1

Überblick

2

**Entwicklung
Kosten, Verbräuche,
CO₂-Emissionen,
erneuerbare Energien**

3

**Handlungsfelder
und Projektbeispiele
aus den Jahren
2019/2020**

4

**Einsparerfolge
in Eigenbetrieben**



Treppenhaus Hochbauamt Stadt Nürnberg





Überblick

1

Eine aktive Energiebewirtschaftung für die kommunalen Liegenschaften wird heute als Pflichtaufgabe anerkannt. Klimaschutz, inzwischen auch Anpassung an den Klimawandel, Ressourcenschonung und Kosteneinsparungen sind die wichtigsten Beweggründe, Energiemanagement zu betreiben.

Dies ordnet sich ein in allgemeine Ziele

des Gebäudemanagements wie Werterhalt zu sichern, Kosten zu senken und Effizienz zu steigern. Wichtige Kriterien dabei sind die Funktionalität von Gebäuden und technischen Anlagen, die Zufriedenheit der Nutzer, die Entwicklung der Betriebskosten und die Dauerhaftigkeit der Konstruktionen.

Die Zielstellungen für ein kommunales Energiemanagement sind deshalb:

- ▶ den Energieverbrauch zu reduzieren,
- ▶ die Energie- und Wasserkosten zu optimieren,
- ▶ die energiebedingten Schadstoffemissionen zu senken sowie
- ▶ eine Vorbildfunktion wahrzunehmen.

Instrumente zur Umsetzung:

Energiecontrolling	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Verbrauchsdatenbeschaffung, -pflege und -überwachung (Wärme, Strom, Wasser), Erweiterung der automatisierten Datenerfassung ▶ Bewertung mittels Vergleichskennzahlen/Benchmarks ▶ Gebäudebegehungen, Messungen, Schwachstellenanalysen, Zählerkonzepte ▶ Regelmäßige Rückmeldungen an hausverwaltende Dienststellen ▶ Intervention bei Auffälligkeiten ▶ Initiierung von Optimierungsmaßnahmen und Erfolgskontrolle
Energieaudit	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Energieaudits nach DIN EN 16247-1 für auditpflichtige Eigenbetriebe
Information und Motivation	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Motivationsprogramm „KEIM“ für Schulen und Kindertagesstätten (KITas) ▶ Energiesparpreis für städtische Dienststellen und Eigenbetriebe ▶ Weiterführung EDI-Net-Projekt ▶ Energiespartipps, -broschüren ▶ Projekt-Infos ▶ Energiebericht ▶ Seminare, Workshops, Vorträge, Führungen

Photovoltaikanlage auf der Kongresshalle
Bayernstraße 100, mit Blick auf die Nürnberger Burg



Sieben energiepolitische Leitlinien bestimmen das städtische Handeln:

- ▶ Neubauten erreichen einen hohen und wirtschaftlichen Energieeffizienzstandard mit Einsatz erneuerbarer Energien (oder Fernwärme) bei gleichzeitiger Planungs- und Gestaltungsfreiheit – Maßstab ist ein niedriger Energieverbrauch im Betrieb.
- ▶ Bei Sanierungen werden energiesparende Maßnahmen synergetisch verknüpft mit ohnehin notwendigen baulichen und/oder technischen Instandsetzungsmaßnahmen.
- ▶ Effizienter Elektrizitätseinsatz sichert niedrige Stromkosten. Verbrauchsreduzierungen werden durch den Einsatz von LED-Beleuchtung und optimierten Hilfsstromverbräuchen erreicht.
- ▶ Der Energiebedarf für Wärme und Strom wird zukünftig aus erneuerbaren Energien bzw. der klimaneutralen Fernwärme gedeckt. Alle geeigneten städtischen Dächer erhalten Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) mit der größtmöglichen Fläche.
- ▶ Einfache und effiziente Technikkonzepte, unter Einbeziehung der Nutzer, vermeiden aufwändige und unnötige Technisierungen.
- ▶ Energetische Qualitätssicherung in Form von standardmäßigem Energiecontrolling und schwerpunktmäßigen Monitoringprojekten sichern nachhaltig niedrige Wärme- und Stromverbräuche im laufenden Betrieb.
- ▶ Konzepte zum sommerlichen Wärmeschutz mit weitgehend passiven Maßnahmen, der Berücksichtigung von Klimaanpassungsmaßnahmen und zur Gewährleistung einer angemessenen Raumluftqualität sichern Funktionalität, Nutzeranforderungen und Energieeffizienz.

Prinzipiell gibt es zur Erreichung der formulierten Zielstellungen drei sich ergänzende Arbeitsrichtungen:

- ▶ Energie einzusparen, also weniger zu verbrauchen (Schwerpunkt vor allem beim Nutzerverhalten sowie bei organisatorischen, nicht- und geringinvestiven Maßnahmen),
- ▶ Gebäude und Anlagentechnik zu sanieren und Neubauten energieeffizient zu errichten,
- ▶ die verbleibenden Energiebedarfe mit einem möglichst hohem Anteil regenerativer Energieformen zu decken.

Energetische Qualitätssicherung	<ul style="list-style-type: none">▶ Entwicklung energetischer Zielvorgaben und Standards, Umsetzungsbegleitung, Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, Begleitung von Wettbewerben▶ Erarbeitung von Energiekonzepten für Neubau und Sanierung▶ Energiewirtschaftliche Beratung, Schadensanalysen▶ Durchführen energetischer Projektsteuerung über Planung und Bau mit Monitoring und energetischer Betriebsoptimierung▶ Umsetzung Gebäudeenergiegesetz: Energieausweise, Aushangpflicht, Nachrüstung oberste Geschossdeckendämmung▶ Projektbegleitung Bauphysik im Rahmen von Bauprojekten
Fördermittelakquise	<ul style="list-style-type: none">▶ Einwerben von energetischen Fördermitteln und Abwicklung der energetischen Förderprogramme
Optimierung Energielieferverträge	<ul style="list-style-type: none">▶ Beratung bei Energie- und Wasserverträgen▶ Energiepreisvergleiche▶ Optimierung bei Energie- und Wasserverträgen, Tarifen und Anschlusswerten
Projekte	<ul style="list-style-type: none">▶ Durchführen von Pilot-, Lern- und Demonstrationsprojekten▶ Einsatz erneuerbarer Energien





App zur Zählerdatenerfassung

Entwicklung
Kosten, Verbräuche,
CO₂-Emissionen,
erneuerbare Energien

2

Entwicklung Kosten, Verbräuche, CO₂-Emissionen und erneuerbare Energien

Dargestellt sind die Energie- und Wasserkosten, die Verbräuche sowie die energiebedingten CO₂-Emissionen für sämtliche städtische Gebäude (ca. 1.900) mit einer Nettogrundfläche von derzeit rund 1,53 Mio. m². Dies beinhaltet die Daten aller städtischen Dienststellen sowie der städtischen Eigenbetriebe Abfallwirtschaftsbetrieb (ASN), Servicebetrieb

Öffentlicher Raum (SÖR inkl. Straßenbeleuchtung), Stadtentwässerung und Umweltanalytik (SUN), NürnbergBad (NüBad) und NürnbergStift (NüSt). Die Corona-Pandemie mit zwei Lockdowns im Jahr 2020 macht sich selbstverständlich auch im Energieverbrauch der städtischen Liegenschaften bemerkbar. Dies ist insbesondere bei den Auswer-

tungen der Stromverbräuche erkennbar. Die für die Darstellung des Wärmeverbrauchs ausgewerteten Rechnungsdaten enthalten hingegen noch kaum Werte für den Zeitraum der Pandemie. Eine detailliertere Auswertung speziell für diesen Zeitraum ist im Kapitel 3.1 zu finden.

Gesamtbilanz

Für die stadteigenen Gebäude sind die mit den Energie- und Wasserlieferanten abgerechneten Verbräuche und Kosten von Strom, Wärme und Wasser sowie die damit einhergehenden CO₂-Emissionen in der Tabelle zusammengefasst.

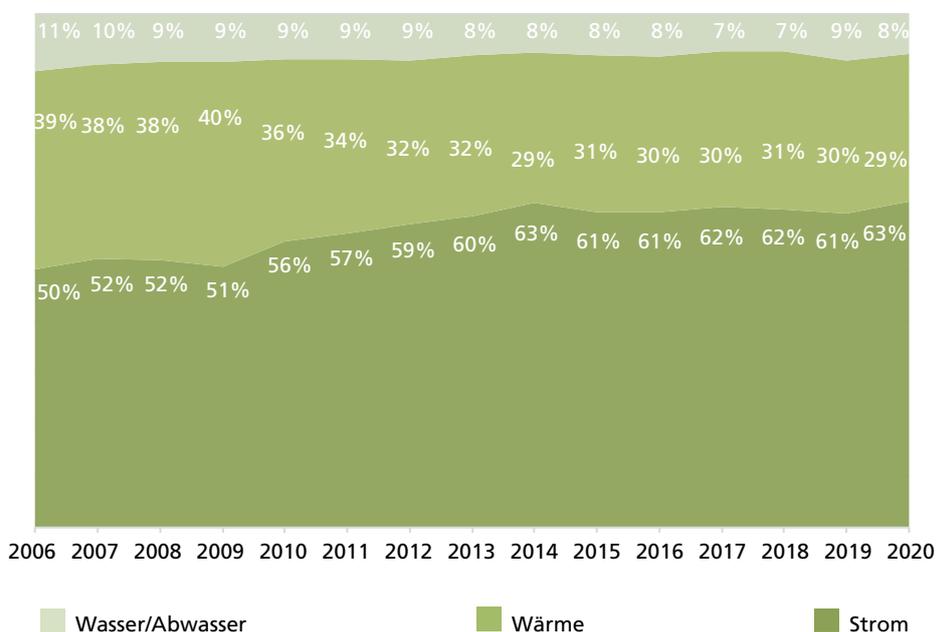
Verbräuche, Kosten und CO₂-Emissionen im Jahr 2020

	Verbrauch	Kosten	CO ₂ -Emissionen
Strom	98,0 GWh	22,0 Mio. EUR	27.200 t
Wärme	131,4 GWh	10,1 Mio. EUR	26.600 t
Summe Energie	229,4 GWh	32,1 Mio. EUR	53.800 t
Wasser/Abwasser	0,657 Mio. m ³	2,7 Mio. EUR	
Summe Energie und Wasser		34,8 Mio. EUR	53.800 t

Strom hat weiterhin den größten Anteil an den Kosten. Seit dem Jahr 2006 ist dessen Anteil von 50 % an den Gesamtkosten (inklusive Wasser) auf 63 % im Jahr 2020 angestiegen.

Dagegen beträgt der Anteil des Stroms am Gesamtenergieverbrauch (ohne Wasser!) lediglich 43 %.

Entwicklung Kostenanteile



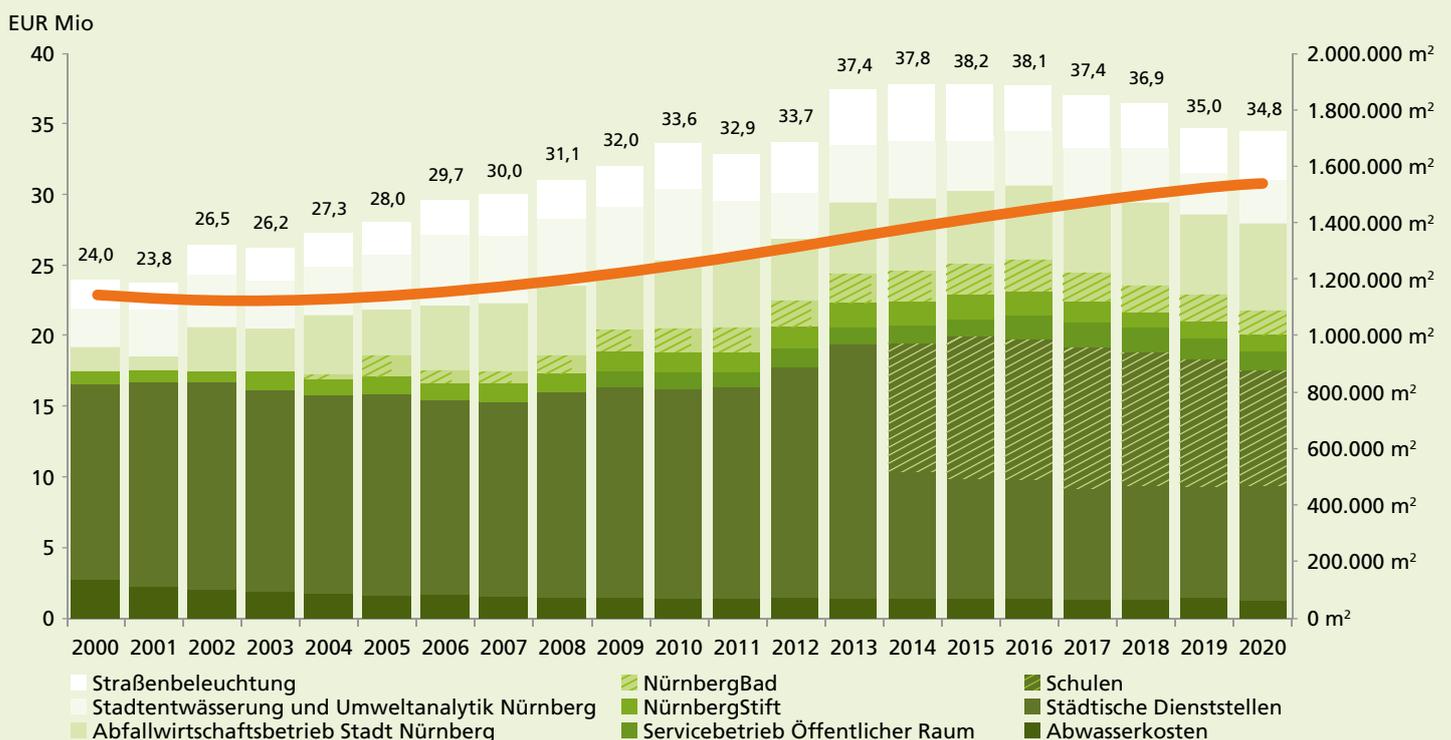
Die Entwicklung der Gesamtkosten für Energie und Wasser basiert auf den tatsächlich abgerechneten Daten des Nürnberger Energieversorgungsunternehmens N-ERGIE AG, des Zweckverbandes Schwarzachgruppe sowie verschiedener Öl-, Flüssiggas- und Holzlieferanten. Die Abwasserkosten stehen in direktem Bezug zu den Frischwasserverbräuchen und sind entsprechend berechnet. Während im Jahr 2000 die Kosten für Strom, Wärme und Wasser rund 24 Mio. EUR betragen, haben sich diese

auf 34,8 Mio. EUR im Jahr 2020 erhöht. Seit nunmehr 2015 zeichnet sich ein Trend zu sinkenden Gesamtkosten ab. Das Corona-Jahr 2020 kann jedoch, wie bereits oben erwähnt, schwerlich als „normales“ Jahr in die Statistik eingehen.

Erfreulich sind umso mehr die auch bereits 2019 schon recht deutlich gesunkenen Kosten, die zum einen auf Verbrauchsreduzierungen und zum anderen auf leicht gesunkene Strom- und Wärmepreise zurückzuführen sind.

In der folgenden Grafik ist darüber hinaus zu erkennen, dass es eine Abkehr vom linearen Zusammenhang zwischen Flächenzuwachs und Energiekosten bzw. Energieverbrauch zu geben scheint. Denn auch in den Jahren 2019 und 2020 musste die Stadt Nürnberg wieder einen – wenn auch sehr geringen – Flächenzuwachs verzeichnen. Somit verharrt der Anstieg der Nettoraumfläche (NRF, früher Nettogrundfläche NGF) der städtischen Gebäude und Eigenbetriebe seit 2000 auf dem Wert von rund 33 % (Basis: GERDA 2020).

Kostenentwicklung in EUR für Energie und Wasser mit Nettoraumfläche (orangefarbene Linie)



Die Kostendarstellung zeigt, dass die Eigenbetriebe jeweils einen relativ hohen Anteil an den Gesamtkosten haben - im Jahr 2020 wiederum knapp 50 %. Die Kostenanteile der Straßenbeleuchtung sind im Vergleich zum Jahr 2018 dabei – trotz voranschreitender

LED-Umrüstung – um etwa 1,6 % gestiegen, die Anteile des Eigenbetriebs SUN um denselben Prozentsatz gesunken. Die Schulen weisen einen Anteil an den Gesamtkosten von knapp 27 % (+1,2 %), die übrigen städtischen Dienststellen von knapp 21 % (-1,8 %) auf.

2.3 Strom-, Wärme- und Wasserverbräuche

Die nachfolgend dargestellten Verbrauchsentwicklungen für Wärme, Strom und Wasser schließen die städtischen Dienststellen sowie die Eigenbetriebe ASN, SÖR (inkl. Straßenbeleuchtung), SUN, NüBad und NüSt ein.

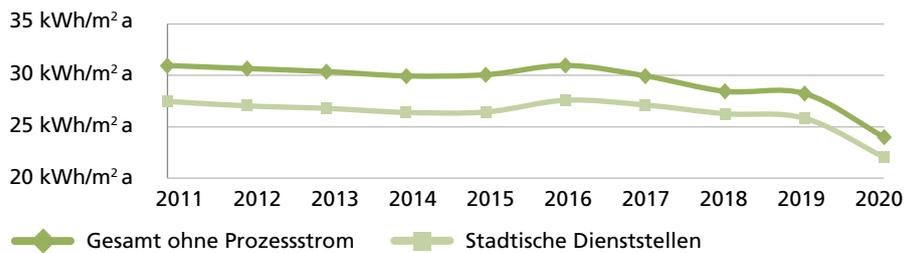
Die Verbräuche des von der N-ERGIE bezogenen **Stroms** (ohne Strom aus Photovoltaik und BHKW-Strom aus Klär- oder Erdgas) sind im Jahr 2020 auf 98 GWh geradezu eingebrochen (-11 % ggü. 2018). Aber auch im „vor-Corona“ Jahr 2019 konnte eine Reduzierung gegenüber dem Vorjahr um 3,7 % erreicht werden. Diese Entwicklung ist, insbesondere vor dem Hintergrund eines mehrjährigen erhöhten Verbrauchs in den Jahren 2015 bis 2018, sehr positiv. Einsparinitiativen und der Einsatz effizienterer Technik konnten augenscheinlich den geringen Flächenzuwachs mehr als ausgleichen. Seit 2000 konnte der Stromverbrauch absolut um etwa 27 % reduziert werden. Der Anteil der Eigenbetriebe, die u.a. auch (bei ASN, SUN, SÖR) einen hohen Anteil an Prozesstechnik betreiben, lag

im Jahr 2019 bei rund 66 % und ist 2020 auf 69 % gestiegen; die Schulen wiesen 2019 einen Anteil von 14 % und 2020 von 13 % auf, die restlichen städtischen Dienststellen lagen 2019 bei rund 19 % und 2020 bei 18 %. An diesen Verhältnissen und beim Blick auf die nachstehende Grafik wird deutlich, dass der starke Rückgang beim Stromverbrauch im Jahr 2020 nahezu ausschließlich im Bereich der Schulen und Dienststellen (und in geringem Maße bei NürnberggBad) stattgefunden hat, während die Eigenbetriebe zur Sicherstellung der Daseinsvorsorge ihren Betrieb fast vollständig aufrecht hielten.

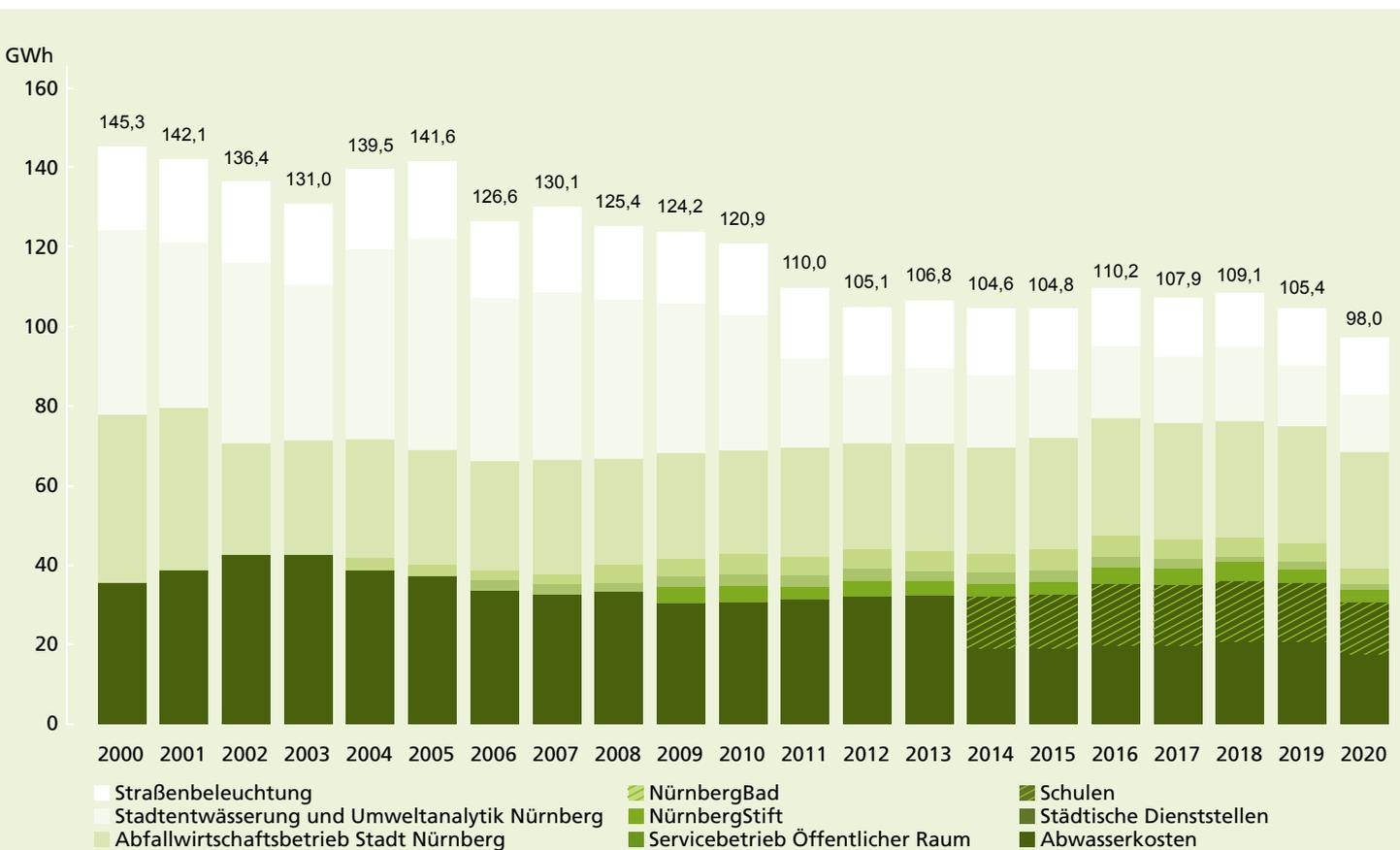
Der Verbrauch für die Straßenbeleuchtung in 2019/2020 bleibt nahezu unverändert wie im Jahr 2018.

Die Verbräuche der von verschiedenen Lieferanten bezogenen **Heizenergie** (ohne Wärme aus Solarthermie, Geothermie, Klärgas) sind 2020 im Vergleich zum Ausgangsjahr 2000 um rund 33 % gesunken. Witterungsbereinigt ergibt sich eine Verringerung um rund 27 %. Eine Witterungsbereinigung wird rechnerisch durchgeführt, um Verbräuche in den einzelnen Jahren, unabhängig von der Temperatursituation in den jeweiligen Jahren (warmer/kalter Winter), vergleichbar zu machen. Diese

Entwicklung der spezifischen Stromverbräuche in kWh/(m²a) (NRF)



Entwicklung der Stromverbräuche in Gigawattstunden GWh



witterungsbereinigten Jahresverbräuche sind im Diagramm jeweils links neben den tatsächlich gezählten Verbräuchen dargestellt. Bei den ausgewerteten Zahlen handelt es sich um Verbräuche vom Frühjahr 2019 bis zum Frühjahr 2020, also vor Beginn der coronabedingten Lockdowns. Daher können in diesem Abschnitt die Werte für 2020 zum Vergleich verwendet werden, ohne die Gefahr einer Verfälschung der Auswertung.

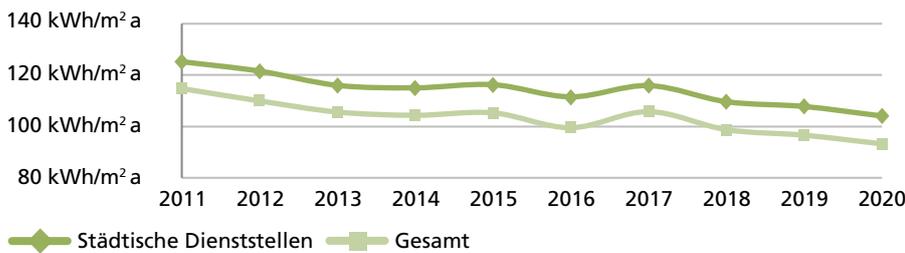
Der Verbrauchsanstieg in den Jahren 2015 bis 2018 wurde gestoppt. 2019 und 2020 lagen sowohl der absolute als auch der witterungsbereinigte Wärmeverbrauch jeweils leicht unter dem Wert des Vorjahres. Der

absolute Energieverbrauch sank jedoch stärker und erreichte 2020 sogar ein neues Allzeittief, während der witterungsbereinigte Verbrauch von seinen Tiefständen 2014 noch etwas entfernt ist. Das zeigt, dass weiterhin an einer verbesserten Effizienz bei der Nutzung von Wärmeenergie gearbeitet werden muss. Hier ist die bereits begonnene Optimierungsarbeit in Kooperation mit der Fachabteilung Heizungs-, Klima- und Lüftungstechnik im Hochbauamt fortzuführen.

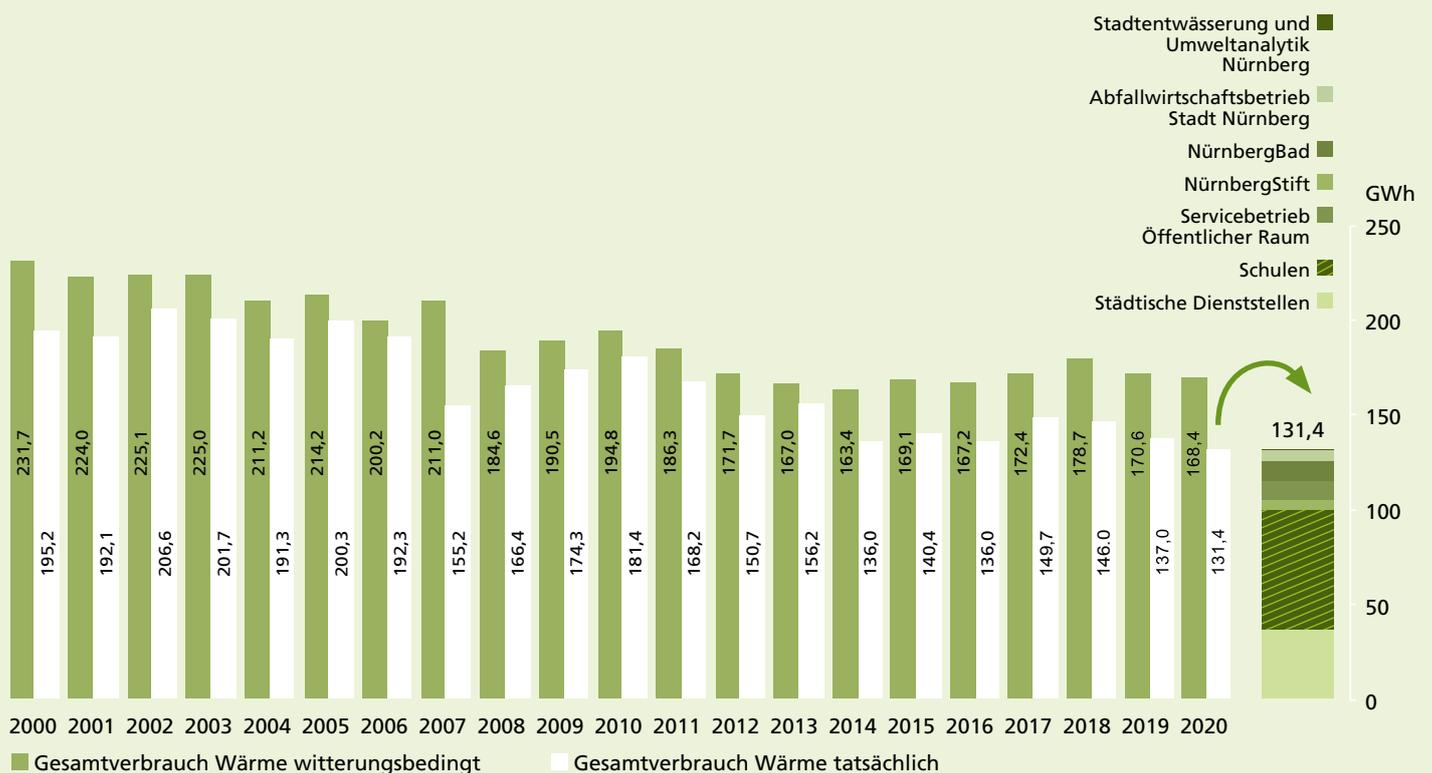
Bei Wärme spielt die Prozesstechnik der Eigenbetriebe keine Rolle. Die Anteilsverteilung unterscheidet sich folglich von der Verteilung beim Strom. Schulen wei-

sen rund 48 % des gesamten Wärmeverbrauchs auf, die übrigen städtischen Dienststellen rund 27 %. Die Eigenbetriebe NüBad und NüSt liegen bei jeweils 8 %. Auch die spezifischen Verbräuche sind in den Jahren 2019 und 2020 jeweils wieder gesunken. Der flächenbezogene Heizenergieverbrauch aller städtischen Dienststellen und Eigenbetriebe hat sich somit seit 2011 um rund 17 % verringert. In der Grafik ist gut der anhaltende Abwärtstrend sichtbar, der nur 2017 unterbrochen wurde. Dieser spezifische Wärmeverbrauch ist eine sehr wichtige Kennzahl, denn nur wenn es gelingt, diesen Wert kontinuierlich und signifikant zu senken, kann eine Wärmeverbrauchsreduzierung für den städtischen Gebäudebestand erreicht werden. Die Gegenbewegung zu dieser Kennzahl ist der Flächenzuwachs, der über möglichst effiziente Neubauten geschehen muss, um in Kombination mit einer relevanten Sanierungsquote nicht nur den spezifischen, sondern auch den absoluten Wärmeverbrauch und somit den CO₂-Ausstoß städtischer Gebäude weiter zu senken.

Entwicklung der spezifischen Heizenergieverbräuche in kWh/(m²a) (NRF)



Entwicklung der Heizenergieverbräuche in Gigawattstunden GWh

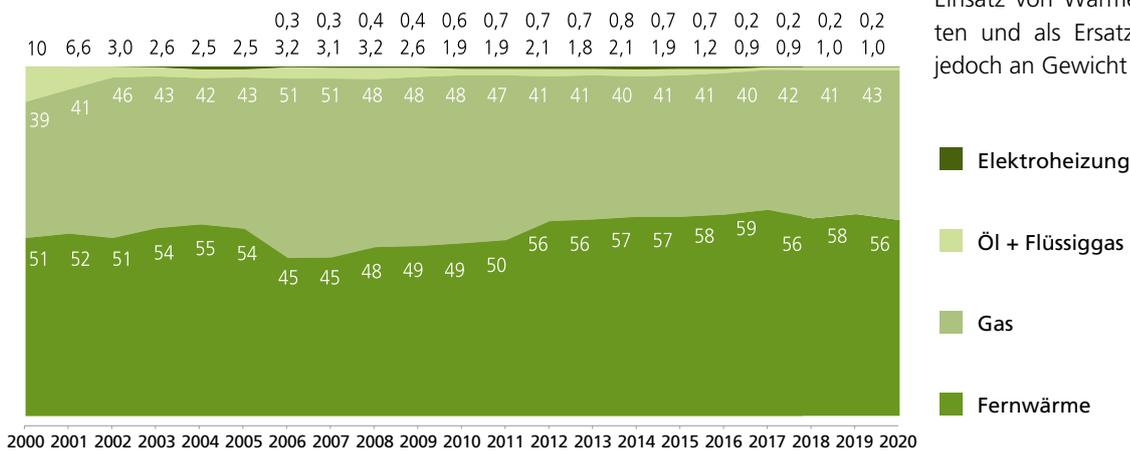


Seit Ende 2020 wird die Fernwärme des Energieversorgers N-ERGIE mit dem Primärenergiefaktor 0,27 bewertet. Dies ist im Vergleich zur früheren Bewertung

mit 0,00 eine praxismäßigere, aber primärenergetisch immer noch sehr gute Bewertung. Der Anteil der Fernwärme an den nicht-erneuerbaren Energieträgern

für Wärme ist leicht auf 56 % gefallen, während Erdgas nun mit fast 43 % seine Wichtigkeit leicht ausgebaut hat. Andere Energieträger wie Öl oder Strom sind mit etwas mehr als 1 % weiterhin nicht relevant. Zukünftig könnte der vermehrte Einsatz von Wärmepumpen in Neubauten und als Ersatz alter Gasheizungen jedoch an Gewicht gewinnen.

Entwicklung der Anteile der Energieträger zur Wärmeversorgung in %

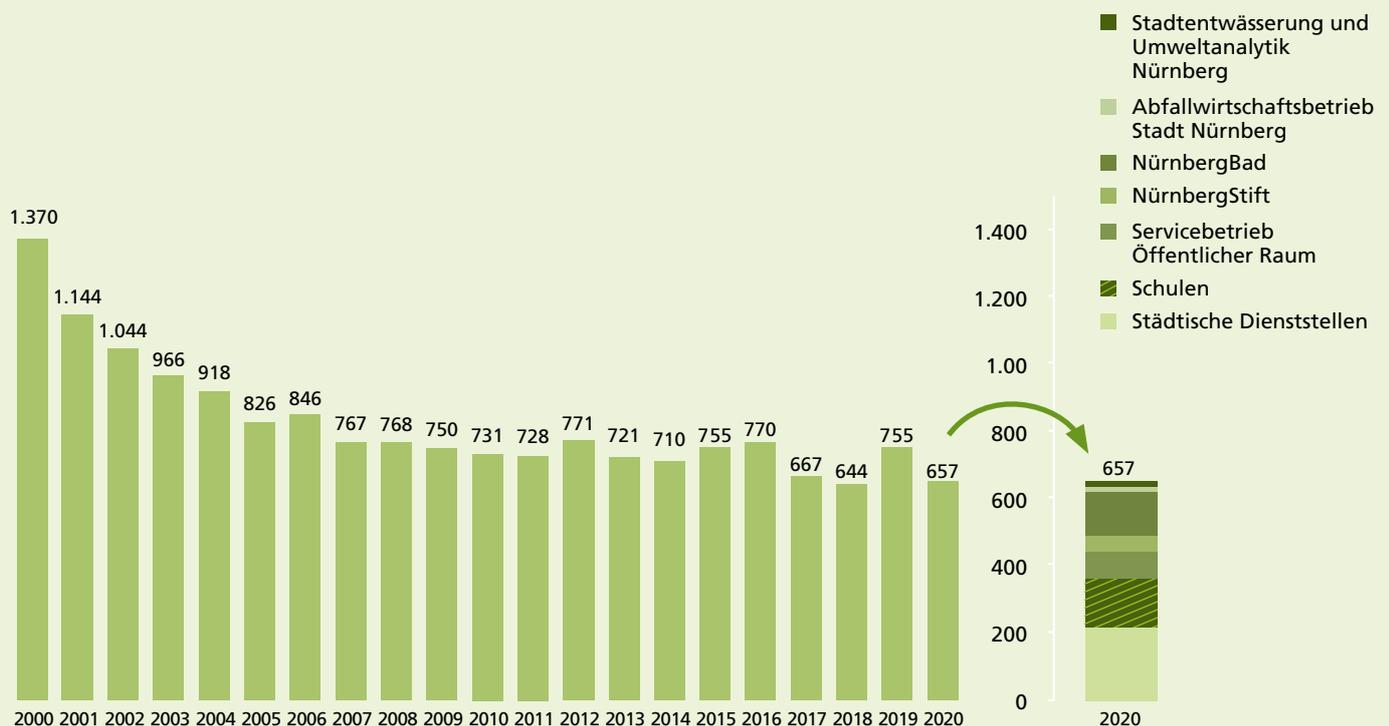


Die **Wasserverbräuche** sind bis 2020 gegenüber dem Jahr 2000 um rund 52 % gesunken. Auffällig ist der recht hohe Wasserverbrauch in 2019, vermutlich aufgrund hohem Außenwasserbedarf. 2020 ist der Wert wieder deutlich gefallen, und

bildet mit 2017 und 2018 einen Sockel. Ursache für das niedrigere Ergebnis in 2020 sind die coronabedingt temporären Schließungen von Schulen und Bädern, wobei aufgrund der Wasserrechnungen nur das 1. Halbjahr 2020 abgebildet wird. Der

Anteil der Schulen lag 2020 bei rund 22 %, der der städtischen Dienststellen bei rund 34 %. NürnbergBad hat mit rund 20 % einen nachvollziehbar hohen Anteil aufgrund der Verdunstungsmengen der Becken und der hohen Duschwasserbedarfe.

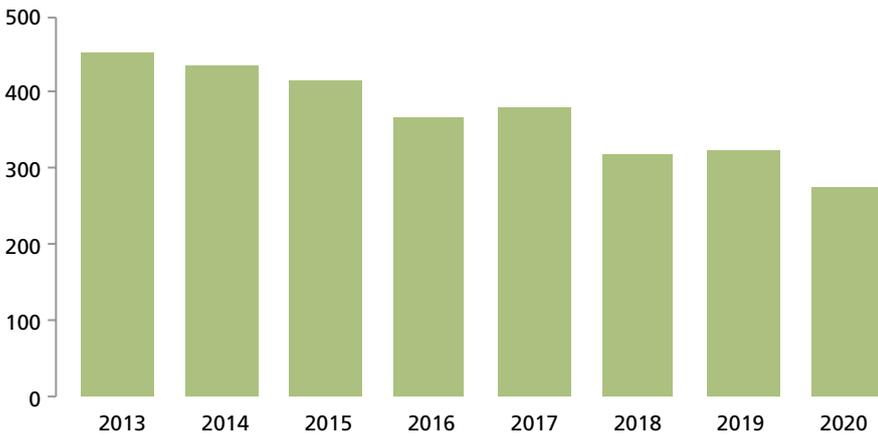
Entwicklung der Wasserverbräuche (in 1.000 m³)



Die Entwicklung des Strommarktes hin zur Nutzung von erneuerbaren Energien ist ungebrochen. Wie im bundesdeutschen Energiemix ist

auch der CO₂-Emissionsfaktor beim Strom der N-ERGIE weiter gesunken und beträgt inzwischen 278 g/kWh.

Entwicklung CO₂-Faktor Strom im N-ERGIE-Netz in g/kWh

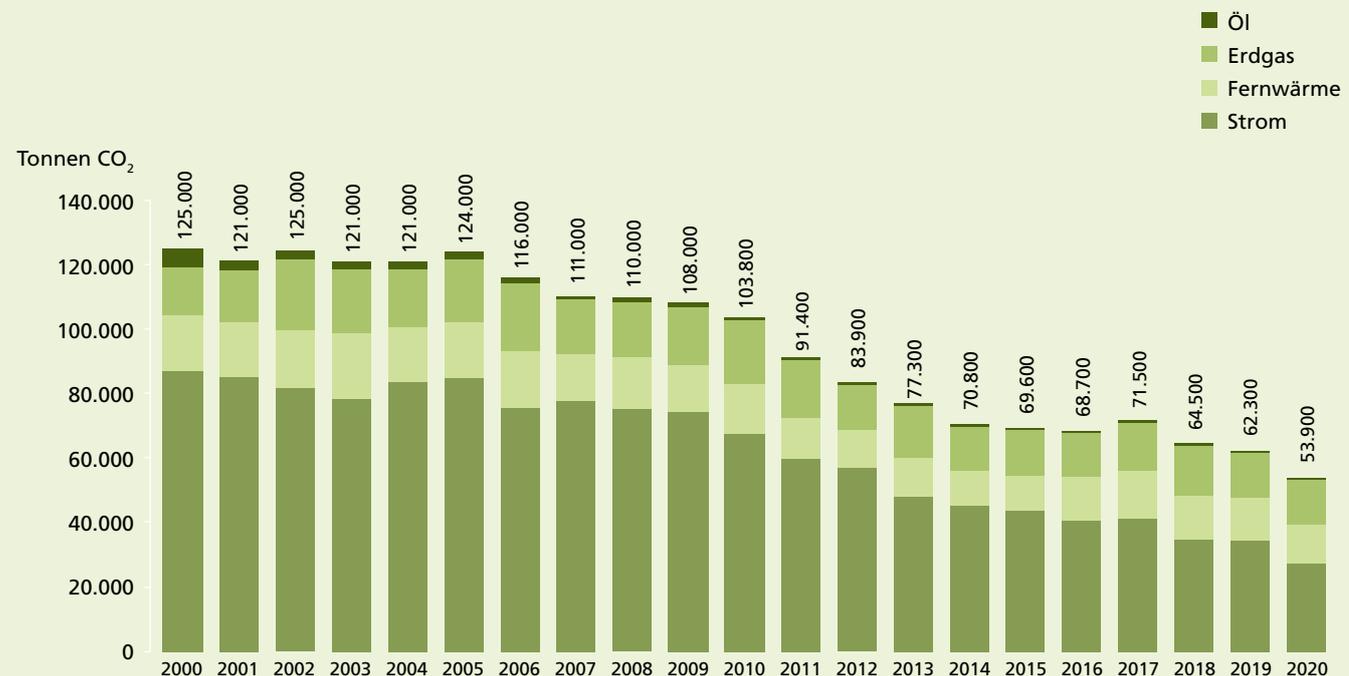


konnte erneut ein Tiefstand ausgewiesen werden. Dies entspricht einer glatten Halbierung des CO₂-Ausstoßes seit 2000. Den Löwenanteil an den Reduzierungen hat der insbesondere in den vergangenen zehn Jahren kontinuierlich angestiegene klimaneutrale Anteil des von der N-ERGIE bezogenen Stroms beigetragen. Die Emissionen aus Erdgas und Fernwärme blieben in den letzten Jahren nahezu unverändert. Auch wenn beim Strom weiterhin Potenzial für Reduzierungen – bis hin zu 100 % erneuerbarer Versorgung – vorhanden ist, ist inzwischen der Anteil von Erdgas und Fernwärme am CO₂-Ausstoß so hoch, dass auch in diesen Bereichen zukünftig das vorhandene Reduzierungspotenzial realisiert werden muss.

Die Gesamtemissionen an Kohlenstoffdioxid sind ebenfalls weiter gesunken. Hierbei ist wieder zu beachten, dass in diesen Werten die coronabedingt niedrigen Stromverbräuche 2020

enthalten sind. Es wird für die Bilanz also hier, ebenso wie bei der Stromverbrauchsanalyse weiter oben, das Jahr 2019 betrachtet. Mit einem Gesamtwert von 62.300 Tonnen CO₂

Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen in Tonnen t

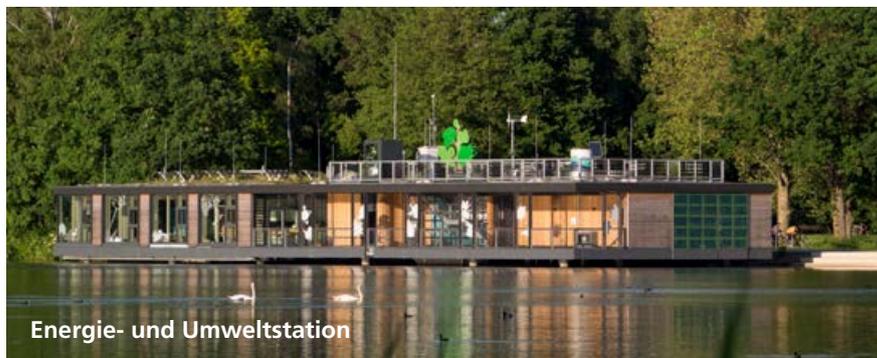


2.5 Erneuerbare Energien



Der Einsatz erneuerbarer Energien ist ab 2006 nennenswert. Den größten Anteil an der erneuerbaren **Strom-**bedarfsdeckung übernehmen weiterhin die mit Klärgas betriebenen Blockheizkraftwerke (BHKWs) des Klärwerkes (SUN). Noch immer ist die Anteilsdeckung am Gesamtstromverbrauch der städtischen Dienststellen und Eigenbetriebe durch stadteigene Photovoltaikanlagen mit knapp 0,8 % im Jahr 2020 nahezu verschwindend gering.

Die Tendenz ist jedoch stark ansteigend. Es wurden bereits mehrere Neubauten mit PV-Anlagen für den Eigenbedarf ausgestattet, darüber hinaus werden alte Anlagen auf stadteigenen Dächern, deren garantierte Einspeisevergütung nach 20 Jahren Betrieb entfällt, von den ehemaligen Betreibern übernommen. Seit 2016 konnte der Anteil an Photovoltaikstrom bereits verdoppelt werden.



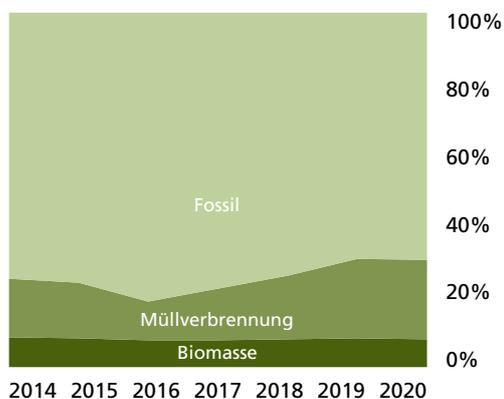
Nutzung von regenerativ eigenerzeugtem Strom



Der Anteil regenerativ erzeugter **Wärme** am gesamten Wärmeverbrauch beträgt 2020 über 20 % und ist damit seit 2016 wiederum angestiegen. 2019 betrug der Anteil sogar 21 %, ist aber aufgrund eines etwas geringeren erneuerbaren Anteils bei der Fernwärme wieder leicht gesunken. Insgesamt bleibt die Fernwärme mit ihren regenerativen Anteilen durch Müllverbrennung und Biomasse der bestimmende Faktor in diesem Bereich. Holz konnte seinen Anteil an der

Wärmeerzeugung der Fernwärme von 2018 auf 2020 zwar um knapp 36 % steigern, ist mit insgesamt unter 1 % Beitrag aber als Energieträger weiterhin nicht relevant.

Der Anteil des Klärgases an der Wärme-
produktion für die Gebäudebeheizung im Klärwerk ist leicht angestiegen und beträgt jetzt etwa 3,5 %.

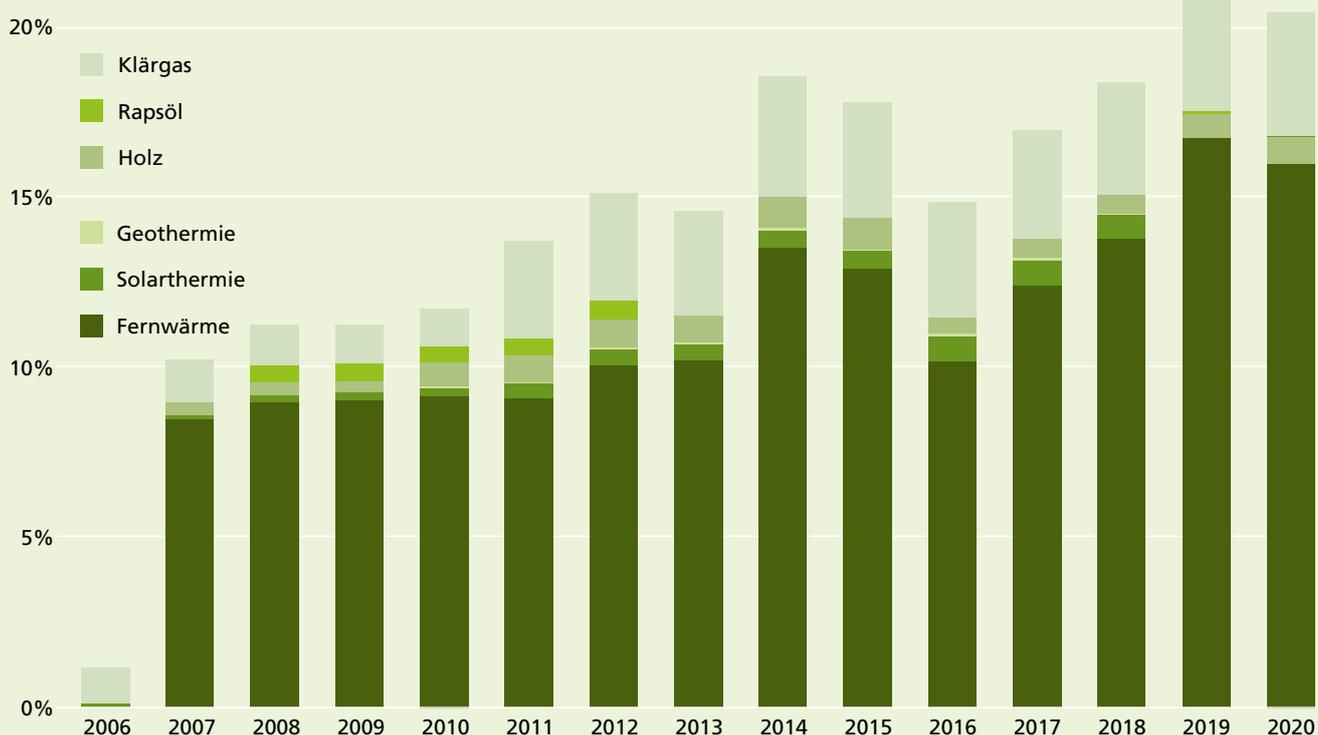


Entwicklung der erneuerbaren Wärmeanteile in der Fernwärmeproduktion der N-ERGIE



Photovoltaik-Anlage
Energie- und Umweltstation

Nutzung von regenerativ erzeugter Wärme



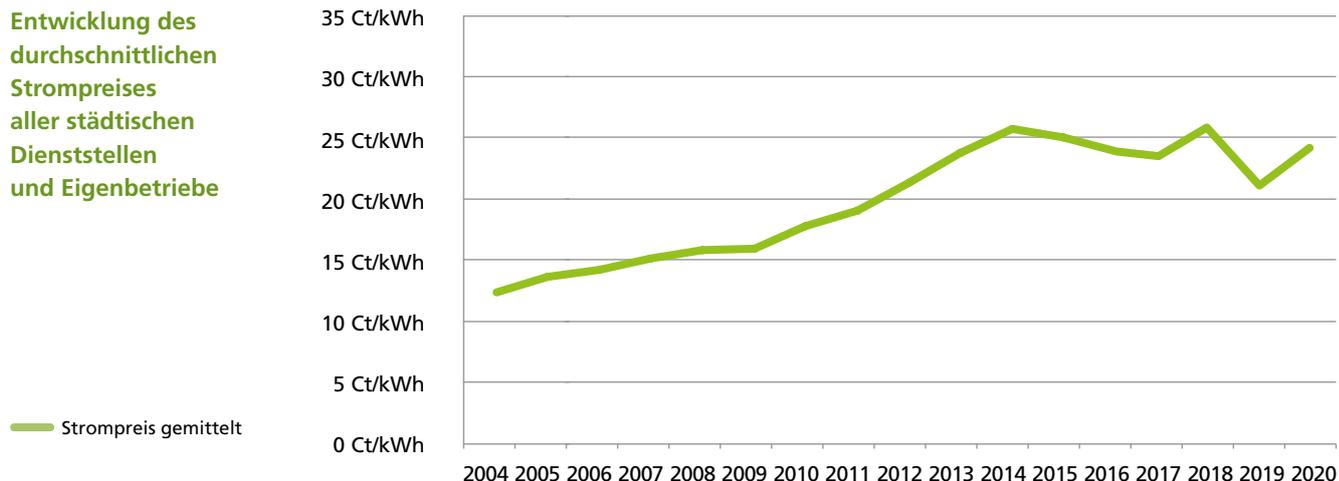
2.6 Energiepreisentwicklungen

Bei den **Strom**lieferungen durch den Nürnberger Energieversorger N-ERGIE wird je nach Verbrauchsstruktur und Anschlussart der Gebäude zwischen verschiedenen Netzebenen unterschieden. Es wird deshalb ein über alle Netz-

ebenen gemittelter spezifischer Strompreis errechnet und dargestellt. Dazu wird der gesamte Strombezug zu den Gesamtkosten ins Verhältnis gesetzt. Der so gemittelte Strompreis für alle städtischen Dienststellen und Eigenbetriebe

inkl. Grundkosten und Gebühren betrug im Jahr 2020 23,9 Ct/kWh. Seit 2013 ist somit eine Seitwärtsbewegung mit leicht sinkender Tendenz festzustellen.

Entwicklung des durchschnittlichen Strompreises aller städtischen Dienststellen und Eigenbetriebe

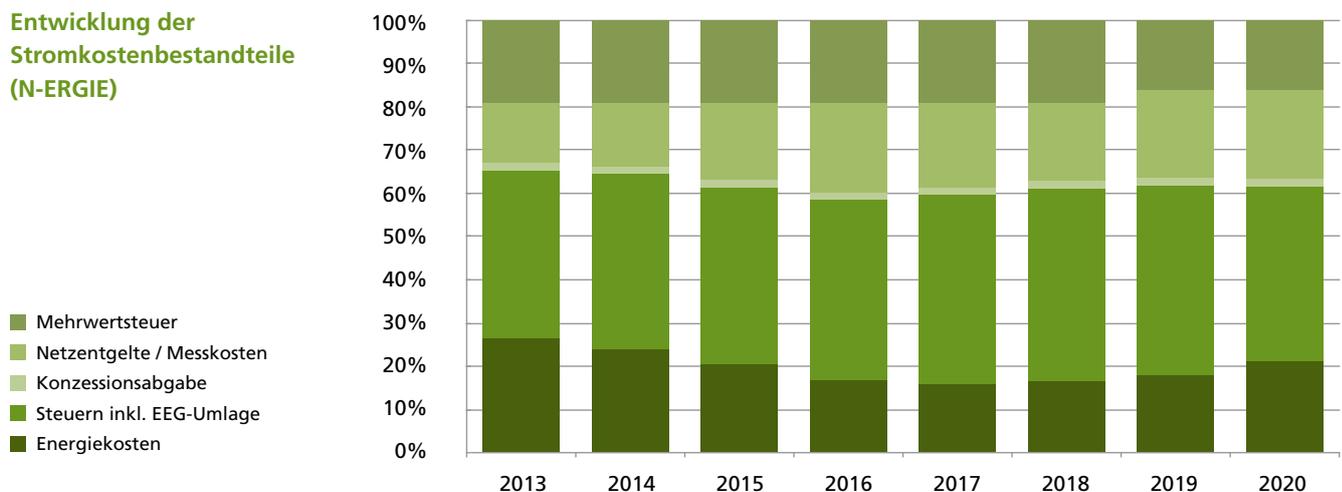


Eine Analyse der Strompreisbestandteile der N-ERGIE zeigt, dass sich die nicht-beeinflussbaren Anteile für Steuern, EEG-Umlagen, Netzentgelte und Kon-

zessionsabgaben 2019 und 2020 wieder leicht reduziert haben. Betrug der Anteil 2018 noch mehr als 83 %, sank er 2020 auf knapp 79 %. Dies lag zum einen an

der zeitweise coronabedingt reduzierten Mehrwertsteuer, zum anderen an der niedrigeren EEG-Umlage.

Entwicklung der Stromkostenbestandteile (N-ERGIE)



Die Nürnberger Fernwärme ist seit 2012 der teuerste **Wärme**-Energieträger. Zur Berechnung der Preise werden auch hier die mittleren spezifischen Wärmekosten, je als Verhältnis aus Gesamtkosten und Gesamtbezug, dargestellt. Biomasse ist bisher immer der preiswerteste Energieträger gewesen, während Öl und Erdgas im Mittelfeld und seit etwa zehn Jahren nahezu auf gleichbleibendem

Preisniveau liegen. Die Fernwärme- und Gaspreise haben sich 2019 und 2020 unterschiedlich entwickelt. Während der Fernwärmepreis 2020 erstmals seit 2015 wieder leicht auf 9,02 Ct/kWh angezogen hat, ist der Gaspreis mit 5,56 Ct/kWh wieder auf das Niveau von 2018 gesunken und liegt nun weniger als 1 Ct/kWh über dem Preis für Holzpellets. Der mittlere Ölpreis stagniert seit 2016

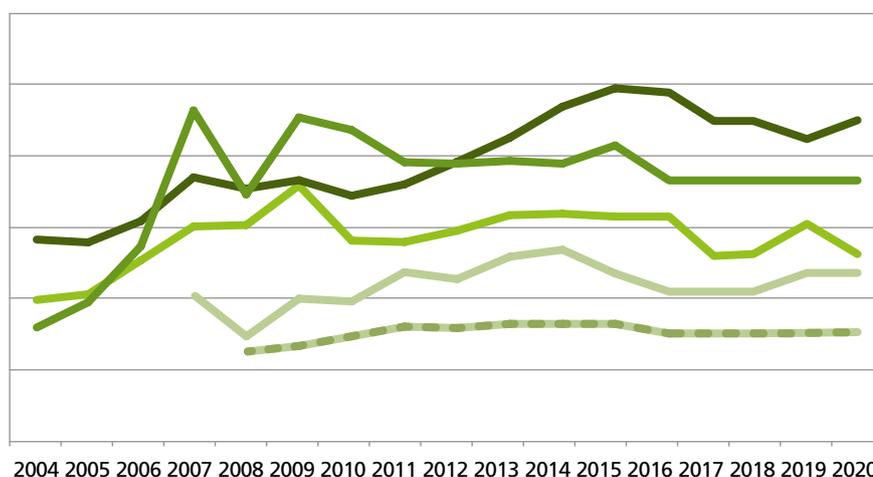
bei 7,28 Ct/kWh, ist aber für die Energiekosten der städtischen Gebäude nicht mehr relevant.

Die mittleren Preise für Energieholz sind seit 2016 relativ stabil und lagen 2020 bei 4,63 Ct/kWh für Holzpellets und 3,05 Ct/kWh für Holzhackschnittel.

Entwicklung der durchschnittlichen Wärmepreise nach Energieträgern aller städtischen Dienststellen und Eigenbetriebe

- gemittelt:
- Fernwärme
 - Öl
 - Gas
 - Pellets
 - Hackschnitzel

12 Ct/kWh
10 Ct/kWh
8 Ct/kWh
6 Ct/kWh
4 Ct/kWh
2 Ct/kWh
0 Ct/kWh



Die Preise für **Frischwasser inkl. Abwasser** haben sich 2019 erstmals seit fast zehn Jahren wieder leicht erhöht und lagen 2020 stabil bei 4,18 EUR/m³.

Entwicklung des durchschnittlichen Preises für Wasser/Abwasser aller städtischen Dienststellen und Eigenbetriebe

- Wasser- + Abwasserpreis gemittelt

4,50 €/m³
4,00 €/m³
3,50 €/m³
3,00 €/m³
2,50 €/m³
2,00 €/m³
1,50 €/m³
1,00 €/m³
0,50 €/m³
0 €/m³





Fertigstellung Dachsanierung mit
Innendämmung Hummelsteiner Schloss



**Handlungsfelder
und Projektbeispiele
aus den Jahren
2019/2020**

3

Handlungsfelder und Projektbeispiele aus den Jahren 2019/2020

Bereits 1997 wurde vom Nürnberger Stadtrat der Aufbau und 1999 der weitere Ausbau eines Energiemanagements bei der Stadt Nürnberg beschlossen. Die aktive Umsetzung dieser Aufgabe hat seither das Hochbauamt mit dem Kommunalen Energiemanagement (KEM) übernommen. Grundlegende Aufgabe von KEM ist es, **ENERGIESPAREN ZU ORGANISIEREN**, diesen Prozess innerhalb der Stadtverwaltung also zu steuern und zu führen.

Handlungsfelder und Instrumente in diesem Prozess sind dabei nicht starr. Erreichtes wird reflektiert sowie Neues entwickelt. Nach rund 20 Jahren wurde eine große Stabilität und Kontinuität mit

einem breit gefächerten Instrumentarium zum ENERGIESPAREN erreicht.

Am 17. und 18. Oktober 2019 veranstaltete das KEM der Stadt Nürnberg zusammen mit dem Deutschen Institut für Urbanistik eine Fachtagung mit dem Titel: „Kommunales Energiemanagement quo vadis – Aktuelle Handlungsfelder des Energiemanagements in den Kommunen“. Die Fachtagung ging der Frage nach, was ein Kommunales Energiemanagement leisten kann und muss. Von den rund 65 Teilnehmern aus Kommunal- und öffentlichen Verwaltungen in Deutschland wurden dabei Antworten gegeben auf die Fragen: „Was sind zentrale Arbeitsfelder, um erfolgreich zu

sein? Wie adaptiv muss ein KEM sein? Warum entwickeln sich immer wieder neue Schwerpunkte/ Arbeitsfelder und andere können „abgehakt“ werden? Was braucht es, damit die Ziele erreicht werden? Was sind die aktuellen Herausforderungen, Chancen und Schwerpunkte? Ist eine Kommune je „fertig“ mit einem Energiemanagement?“ Neben dem bereichernden Erfahrungsaustausch, der neue Impulse setzte, Ideen und Konzepte beförderte, konnte das KEM Nürnberg mit den Netzwerkkollegen/innen gleichzeitig 20 Jahre aktives Wirken in Nürnberg feiern.



Fachtagung im Oktober 2019:
Kommunales Energiemanagement quo vadis – Aktuelle Handlungsfelder des Energiemanagements in den Kommunen

Standen in den letzten Jahren die Steigerung von Effektivität und Effizienz beim Energiecontrolling und Aktivitäten zur intensiveren Nutzereinbindung im Fokus, sind es nun die konkreten Ansätze und Aktivitäten zur Umsetzung der Stadtratsbeschlüsse zur klimaneutralen Stadtverwaltung bis 2035 und dabei ein zunehmend breiterer Blick auf Nachhaltigkeit und Suffizienz im kommunalen Hochbau und bei der Bewirtschaftung des Gebäudebestandes.

Mit einem Szenario, wie der städtische Gebäudebestand seinen Beitrag zu einer klimaneutralen Stadtverwaltung bis 2035 leisten kann, werden Maßnahmen und ein Umsetzungsfahrplan beschrieben, die einen klimaneutralen

Gebäudebetrieb ermöglichen. Wesentliche Bestandteile sind die Umstellung der Wärme- und Stromversorgung für die städtischen Gebäude auf erneuerbare Energien. Neben den Aufgaben, die dabei der städtische Energieversorger bzgl. klimaneutraler Fernwärme und klimaneutralem Strom zu leisten hat, sind die konkreten Aufgaben für die Stadtverwaltung, Neubauten in einem zukunftsfähigen „Klima-Plus-Standard“ zu errichten und die energetische Sanierung des Gebäudebestandes ebenfalls mit anspruchsvollen Standards zu forcieren. Für nicht fernwärmeversorgte Gebäude muss sukzessive die Umstellung auf erneuerbare Energien, wie Wärmepumpen-, Geothermie-, Solarthermie-,

Holz und BHKW-Lösungen erfolgen. Zur Deckung des eigenen Strombedarfes sind strategische Anstrengungen erforderlich, um mittelfristig alle geeigneten Flächen auf und an städtischen Gebäuden mit Photovoltaik auszustatten. Mit dem Tiergarten wurde das Pilotprojekt „Klimaneutraler Tiergarten bis 2030“ gestartet, um ein Szenario im Kleinen zu entwickeln, die Handlungsoptionen, den Weg und die Erfolgsaussichten zu testen und Notwendigkeiten zu beschreiben. Ein neu einzuführendes Tool zum Nachhaltigkeitscheck für alle Baumaßnahmen dient dazu, die Sensibilität für das Thema zu erhöhen und Nachhaltigkeitskriterien in die städtischen Planungs- und Bauprozesse angemessen zu integrieren.

Automatische Energiedatenerfassung

Seit 2015 wird die automatische Erfassung von Energieverbrauchsdaten in großen städtischen Liegenschaften systematisch ausgebaut. Ziel ist, bei allen Liegenschaften, deren summierte Energie- und Wasserkosten 30.000 EUR pro Jahr überschreiten, die Strom-, Wärme- und Wasserverbräuche vollautomatisch zu messen und in das städtische Energiemanagementsystem zu übertragen. Mit derzeit etwa 50 umgerüsteten Objekten liegt das Projekt leicht hinter dem Planungsstand von 53 Objekten bis Ende 2020 zurück. Grund ist hier vor allem die mangelnde Verfügbarkeit geeigneter Handwerksbetriebe zur Umsetzung. Positiv anzumerken ist die Feststellung, dass die Umrüstungen im Durchschnitt finanziell günstiger umzusetzen waren als ursprünglich geplant. Ebenfalls seit einigen Jahren arbeitet die

Fachgruppe Energiecontrolling zusammen mit dem Bereich Messstellenbetrieb der N-ERGIE an einer ganzheitlichen Strategie für die Datenerfassung. Diese soll sowohl den seit 2020 gesetzlich vorgeschriebenen Einsatz intelligenter Messsysteme (so genannter Smart Meter), als auch individuelle Unterzählungen umfassen und darüber hinaus langfristig die

städtischen Datenlogger ersetzen (s.o.). Hierbei soll die bis dahin installierte Zähler-Infrastruktur, wenn möglich, weiter genutzt werden. Nach nunmehr einigen Jahren der – vor allem dem Gesetzgeber geschuldeten – Unsicherheit bezüglich der technischen Auslegung, wird 2021 in einem städtischen Objekt ein Testlauf unter Einsatzbedingungen durchgeführt.

Datenbeschaffung und -pflege – Stand 2020

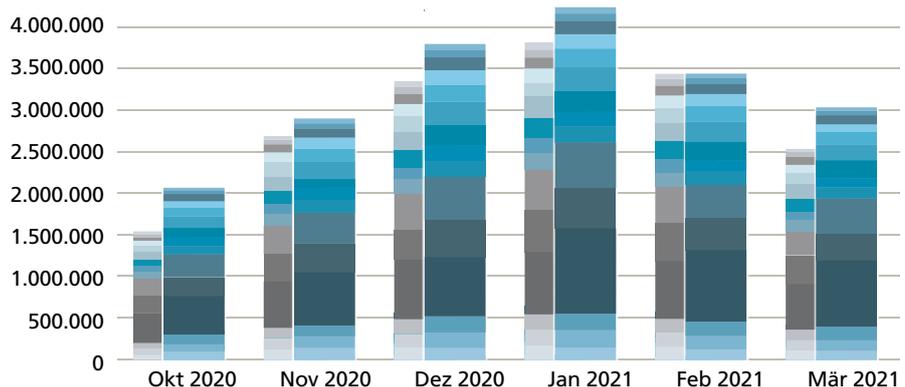
	zusammengefasste Objekte mit mindestens einem Gebäude	Lieferverträge/ Zähler
Gesamtbilanzbetrachtungen	947	3.200
Energiecontrolling	442	3.292
automatisierte Datenerfassung	50	657

Auswirkungen der Corona-Pandemie auf den Energieverbrauch bei städtischen Liegenschaften

Die Folgen der Pandemie- und Lockdown-bedingten Nutzungseinschränkungen von Kultureinrichtungen, Büro- und Schulgebäuden sind zum Teil auch am Energieverbrauch abzulesen. Im Folgenden soll in einigen Beispielen der Verbrauchsverlauf vom Frühjahr 2020 bis Frühjahr 2021 ausgewertet und mit dem jeweiligen Verbrauch des Vorjahresmonats verglichen werden.

So ist beim Wärmeverbrauch im Winterhalbjahr 2020/21 im Vergleich zum Vorjahreszeitraum bei insgesamt 15 beispielhaft ausgewählten Schulen aller Bereiche ein durchschnittlicher Mehrverbrauch von 14,3 % gemessen worden. Zwar wurden die Verbrauchswerte witterungsbereinigt („normalisiert“), um trotz Temperaturunterschieden in den beiden Wintern eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten, vermutlich geht aber dennoch ein Teil der Mehrverbräuche auf den kälteren und weniger sonnigen Winter 2020/21 zurück. Eine komplette

Wärmeverbrauch einiger Schulgebäude Winter 2020/21 mit Vorjahresmonat in kWh



Eliminierung witterungsbedingter Einflüsse ist praktisch fast unmöglich. Aber da die Unterschiede auch nach der Witterungsbereinigung noch deutlich erkennbar sind, kann der Mehrverbrauch höchstwahrscheinlich mindestens teilweise auf das zwangsläufig veränderte Nutzungsverhalten, z.B. deutlich verstärktes Lüften (sowohl mechanisch

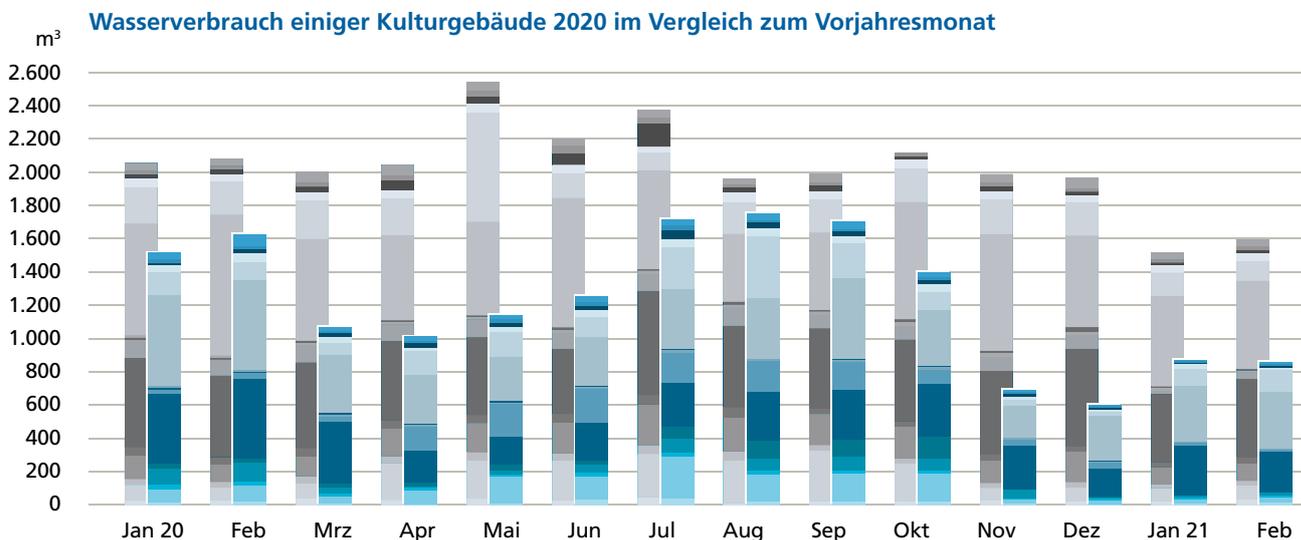
als auch über Fenster) und dauerhaft geöffnete Klassenraumbtüren während des Unterrichts, zurückgeführt werden.

Bei Betrachtung des gesamten Wärmeverbrauchs aller städtischen Gebäude ist allerdings ein geringfügig niedrigerer Verbrauch zum Vorjahr zu erkennen (ca. -5 %). Hier haben wohl eher die Schließungen während der Lockdowns und die verstärkte Nutzung von mobilen Arbeitsmöglichkeiten zuhause den Verbrauchsverlauf beeinflusst.

Im Organisationsbereich des Kulturreferats sind die zwei Phasen der Lockdowns noch deutlicher sichtbar und sogar im Jahresverlauf zu verfolgen. 2020 zeichnet

sich im Sommer beim Strom- und beim Wasserverbrauch die Phase der Öffnungen von Außenveranstaltungsflächen ab, die sehr rege wahrgenommen wurde. In den Monaten August und September ist über alle auswertbaren Liegenschaften des Kulturreferats beim Wasserverbrauch im Vergleich mit den Vorjahresmonaten ein Verbrauchsrückgang von durchschnittlich 12 % zu erkennen, während in den restlichen 10 Monaten von März 2020 bis Februar 2021 der Wasserverbrauch sogar um durchschnittlich 48 %

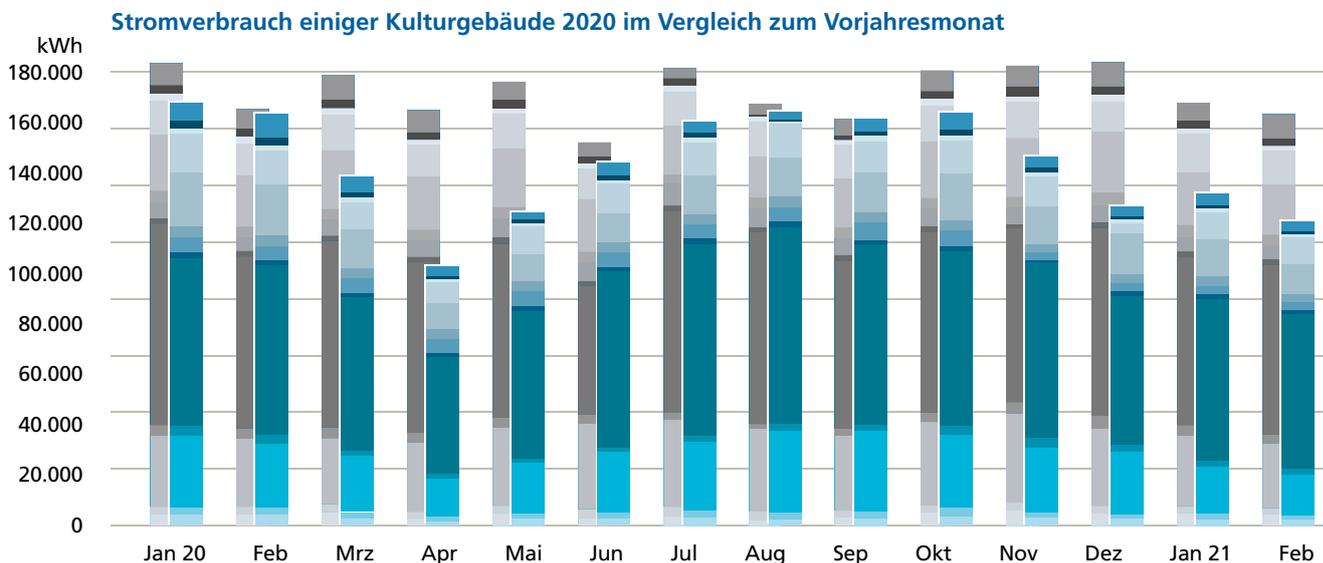
zurückging! Bei all diesen Zahlen muss jedoch beachtet werden, dass auch die nicht-Pandemie-Monate Januar und Februar 2020 bereits einen deutlich geringeren Verbrauch aufweisen als in den beiden Vorjahresmonaten. Hier zeigen also tatsächliche Sparaktivitäten oder möglicherweise auch der Wegfall von Verbrauchern Wirkung. Diese Entwicklung sollte bei Betrachtung des Jahresverlaufs bedacht und der „Corona-Effekt“ somit nicht überbewertet werden.



Beim Stromverbrauch ist das Bild ähnlich, wenn auch weniger stark ausgeprägt: August/September 2020: -1 %, restliche 10 Monate: -21 %. Hier fallen allerdings

die Minderverbräuche im Januar und Februar nur unbedeutend aus, so dass die Verbrauchseinbrüche im März und wieder ab November sicherlich in erster Linie die

unfreiwillige Schließung der städtischen Kulturangebote widerspiegeln.



Im Sommerhalbjahr 2020 hat das Kommunale Energiemanagement im Rahmen einer Masterarbeit im Studiengang Energiemanagement und Energietechnik der Hochschule Ansbach die Einsatz- und Auswertemöglichkeiten der städtischen Energiemanagement-Software Interwatt verbessert. Neben der Erarbeitung aussagekräftiger Auswertungen stand auch die Überprüfung und ggf. Aktualisierung von Grundlagendaten an, wie z.B. Emissionswerte der eingesetzten Energieträger.

Auslöser für die Anpassung der Vorgehensweise im Rahmen des städtischen Energiecontrollings waren zum einen die stark angestiegene und zukünftig immer weiter ansteigende Menge an Verbrauchsdaten. Durch den Ausbau automatisierter Datenerfassung hat sich die gespeicherte Anzahl von Verbrauchswerten in den vergangenen fünf Jahren nahezu verzehnfacht. Ohne eine gut strukturierte und ebenfalls möglichst automatisch ablaufende Auswertung dieser Daten können die potenziellen Vorteile für das Energiemanagement nicht mehr effektiv genutzt werden.

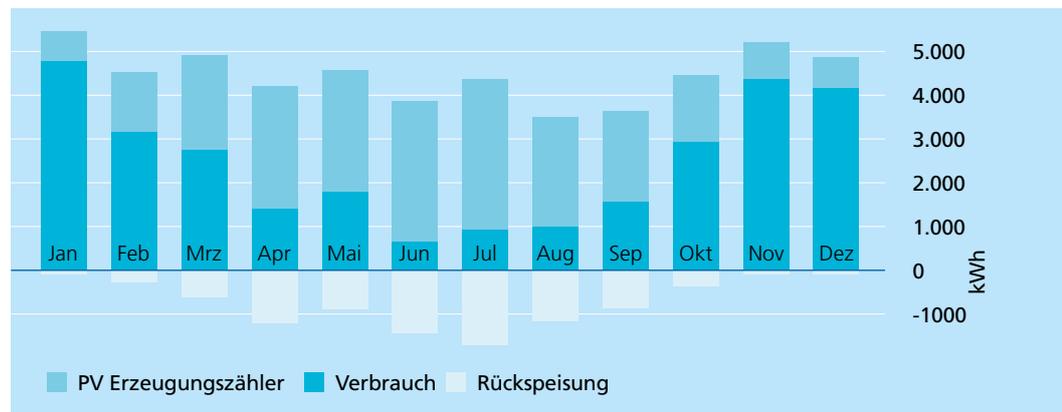
Zum anderen ist es absehbar, dass künftig auch von Entscheidungstragenden in der Politik und den Dienststellen umfangreichere und kurzfristiger verfügbare Kennzahlen und Benchmarks benötigt werden. Als Beispiel sei hier der CO₂-Ausstoß städtischer Liegenschaften genannt, der künftig möglicherweise nicht nur alle zwei Jahre als Summe im Energiebericht, sondern z.B. laufend nach Gebäudeart oder nach Dienststelle ausgewertet werden soll. Nach einer gründlichen Analyse der bereits vorhandenen Daten und der Möglichkeiten der eingesetzten Software wurde ein angepasstes Kennzahlensystem sowie die Überarbeitung des Gebäudeklassifikationssystems vorgeschlagen.

Diese Verbesserungen sollen es möglich machen, Energieverbräuche oder Emissionen in Bezug zu Flächen, Nutzenden oder Betriebszeiten zu setzen und getrennt nach verschiedenen Gebäudeklassen auszuwerten, wie zum Beispiel „Gymnasien & Realschulen bis 3.500 m² Gebäudefläche“.

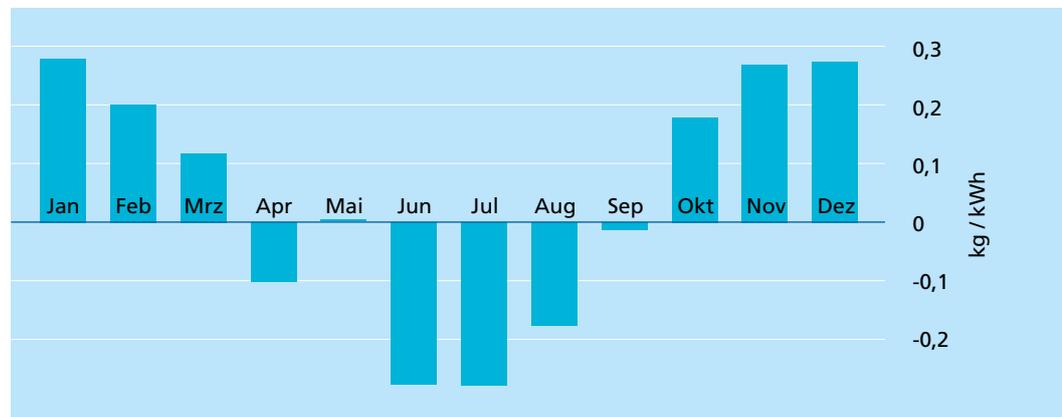
Darüber hinaus wurden einige Kennzahlenvergleiche und Benchmarkauswertungen erarbeitet und durchgeführt. Sehr hilfreich für die Energiecontrolling-Praxis war abschließend die Erstellung von Auswertungsvorlagen in der Energiemanagement-Software sowie von Hilfstabellen und einiger „Checklisten“ für noch um

zusetzende Anpassungen. Insgesamt hat diese Masterarbeit einen wertvollen und effektiven Beitrag zur Qualitätsverbesserung des Nürnberger Energiecontrollings geleistet. Das Kommunale Energiemanagement bedankt sich herzlich bei Nils Hupp und gratuliert zur Erlangung des Master of Engineering.

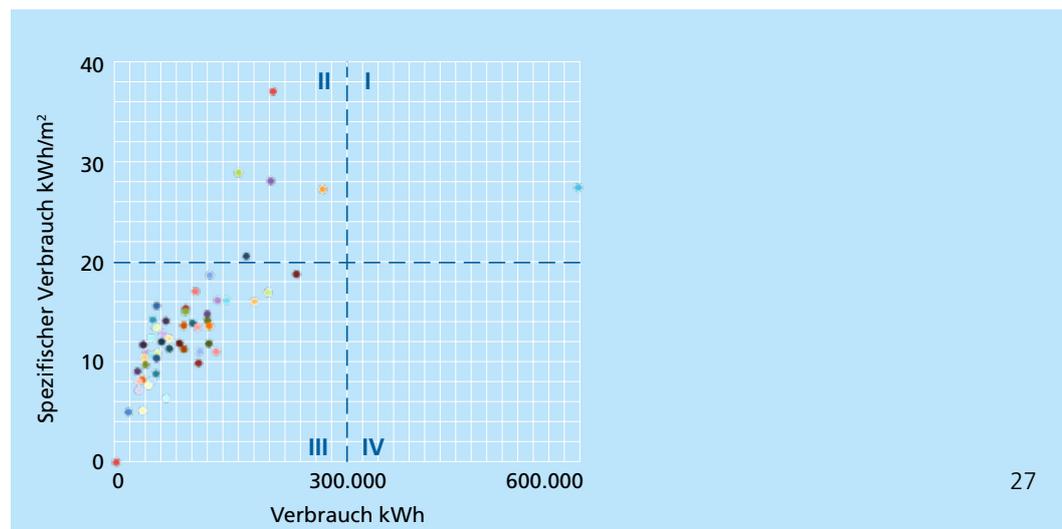
Beispiel für Strom-Auswertung mit Photovoltaikeinspeisung 2019



Beispiel für CO₂-Emissionen pro verbrauchter kWh eines Gebäudes mit Photovoltaikeinspeisung 2019



Beispiel einer Vier-Quadranten-Analyse



Schwachstellenanalysen, Energie- und Sanierungskonzepte

Energie- und Sanierungskonzepte sollen praktikable und wirtschaftliche Lösungswege aufzeigen, um systematisch Energieverbräuche, Energiekosten und CO₂-Emissionen zu verringern. Sie sind

eine wichtige Entscheidungsgrundlage für langfristig angelegte Investitionen bei notwendigen Modernisierungsmaßnahmen oder Neubauten.

Sie werden i. d. R. durch KEM erarbeitet.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, u. a. unter Berücksichtigung von CO₂-Emissionsvermeidungskosten (derzeit 50 EUR je eingesparter Tonne CO₂), sind Bestandteil der Konzepte.

Energie- und Sanierungskonzepte für Gebäude und Anlagentechnik –Stand 2020

	2019/2020	seit 2000
Sanierung	7	134
Neubau	2	37

Projektbeispiel: Adam-Kraft-Realschule

Schulen, insbesondere die nicht sanierten Altbauten von der Gründerzeit bis in die 1970er Jahre, zählen zu den städtischen Energie-Großverbrauchern. Die 1907 in der Nürnberger Südstadt errichtete Adam-Kraft-Realschule (AKR) ist eine typische Vertreterin dieser Zeit und bringt all die Probleme mit, welche symptomatisch für diese Gebäude sind. Andererseits verfügt sie als Schule mit Ganztagskonzept über umfangreiche Erweiterungsbauten der jüngeren Zeit. Komplettiert wird das Ensemble durch eine unsanierte Turnhalle, Baujahr 1974. Also ein breites Gebäudespektrum, welches sich hervorragend für eine umfassende Untersuchung eignet.

Ein auffallend hoher Energieverbrauch war schließlich der Auslöser, die AKR 2019 zu begehen und ein Energiekonzept mit Sanierungsmaßnahmen zu erstellen. Neben den Altbauten war auch von Interesse, wie sich die neueren Gebäude nach rund fünf bzw. zehn Jahren Betrieb bezüglich ihres Energieverbrauchs entwickelt hatten. Es zeigte sich, dass die Wartung von Verschleißteilen wie Fenstern, Außentüren und Verschattungseinrichtungen ein nicht zu unterschätzendes Thema ist. Beispielsweise können moderne Wärmeschutzfenster nur dann für niedrige Energieverluste sorgen, wenn deren Mechanik auch einwandfrei funk-

tioniert und ausreichend dicht schließt. Schwerwiegendere Probleme, die nicht durch Wartung zu beheben sind, wiesen hingegen die Fenster im Altbau auf. Verzogene, kaum noch schließende Rahmen mit defekter Mechanik, unter der abblätternen Farbe ausgegrautes, rissiges Holz. Eingebaut in der unmittelbaren Nachkriegszeit, also mit einem Alter von gut 70 Jahren und entsprechend starker Beanspruchung, bleibt hier nur die Forderung nach einem möglichst baldigen Austausch. Die Klassen- und Verwaltungsräume sind zudem nur mit Fenstervorhängen ausgestattet, außenliegende Verschattungen fehlen.

Im Sommer sorgt das für eine entsprechende Aufheizung, während im Winter über Zugscheinungen geklagt wird.

Bei den Neubauten hat sich der Sonnenschutz im Scheibenzwischenraum eher nicht bewährt – er ist reparaturanfällig und bringt weniger Abschirmung als außenliegende Konstruktionen. Als Schwachpunkt hat sich auch die fehlende Lüftungstechnik herausgestellt. Zukünftig sollten keine Schulen mehr ohne Lüftungsanlagen gebaut werden, damit eine ausreichende Luftqualität in den Klassenzimmern garantiert ist. Vermisst wurden auch Möglichkeiten zur sommerlichen Nachtlüftung.

Die Turnhalle, welche in ähnlicher Bauweise gleich mehrfach im Stadtgebiet errichtet wurde, wies neben kaum noch

Adam-Kraft-Realschule Hinteransicht



nutzbaren, da defekten, Alufenstern auch Probleme mit der alten, fast nicht mehr zu wartenden Lüftungsanlage auf. Neben Zugerscheinungen und einer beträchtlichen Geräuschbelästigung sorgt die Anlage für einen hohen Energieverbrauch. Eingriffsmöglichkeiten für die Nutzer vor Ort sind nicht gegeben, so dass die Anlage auch weiterläuft, wenn mal eine Turnstunde ausfällt. Der Austausch für die nahe Zukunft ist jedoch geplant.

Die Schule ist zwar an die Fernwärme angeschlossen, Wärmeverteilung und -übergabe weisen allerdings zumindest im Altbau Optimierungspotenzial auf. Der Austausch veralteter Thermostatventile sowie der hydraulische Abgleich des Heizsystems stehen an. Im unbeheizten Keller finden sich noch unzureichend isolierte Heizleitungen. Maßnahmen, die zeitnah und kostengünstig durchgeführt werden können.

Ein generelles Problem nahezu aller Alt-

bauschulen sind die unflexiblen Regelungsmöglichkeiten der Raumtemperatur und die nicht optimale Anpassung der Heizkurve an den Schulbetrieb. Vor-Ort-Messungen zeigen häufig zu hohe Temperaturen in den Klassenzimmern. Werden die Heizkörper nicht manuell heruntergeregelt, laufen sie auch in leeren Räumen weiter, bis das ganze System abgesenkt wird.

Im Altbau könnte eine Umstellung der Beleuchtung auf LED und eine Optimierung der Lichtsteuerung den Stromverbrauch senken.

Ein sehr positiver Eindruck bei der Begehung war, dass die Schüler/innen und Lehrkräfte das Gebäude ganztags mit Leben füllen; hier wird nicht nur gelernt, sondern auch gegessen und freie Zeit verbracht. Jede Modernisierungsmaßnahme wurde bereits in der Vergangenheit dankbar angenommen und führte jeweils direkt zu einer Verbesserung des Schulalltags.



Alt- und Neubauten dicht beieinander



Adam-Kraft-Realschule Vorderansicht

Initiierung geringinvestiver Optimierungsmaßnahmen

3.4

Erfahrungen zeigen, dass bei den meisten Schwachstellenanalysen und Sanierungskonzepten eine Reihe von Maßnahmen möglich ist, bei denen auch ohne größeren Investitionsaufwand teilweise erhebliche Einsparpotenziale erschlossen werden

können. Dies sind oft organisatorische bzw. nicht- oder geringinvestive Maßnahmen wie die Optimierung von Regelungseinstellungen für die Laufzeiten von Lüftungsanlagen, für den Absenkbetrieb bei Heizungen oder auch das Nutzerverhalten

betreffende organisatorische Maßnahmen. Geringinvestive Maßnahmen, wie beispielsweise der Einsatz von energieeffizienter LED- und Steuerungstechnik, erzielen bei konsequenter Anwendung merkbare Einsparungen.

Projektbeispiel: Sperberschule

Die Beleuchtung im Erdgeschoss-Flur der Sperberschule wurde 2020 in enger Abstimmung mit der Unteren Denkmalschutzbehörde auf energiesparende LED-Technik umgerüstet. Hierbei wurde der vorhandene Kabelkanal umgebaut und mit denkmalverträglichen Raumakustik-Paneelen belegt. Der gesamte Flur wurde nach Befunduntersuchung farblich in sein ursprüngliches Erscheinungsbild zurückversetzt und zeigt sehr schön, wie moderne Ansprüche denkmalgerecht umgesetzt werden können. Dieses gelungene Beispiel soll nun auch bei der Sanierung

der Bismarckschule umgesetzt werden. Die durch die IT-Umrüstung notwendigen Kabelkanäle sollen ebenso mit akustisch

wirksamen Paneelen belegt werden, um gleichzeitig das Raumakustik-Problem in den Klassenzimmern zu lösen.



vor der Sanierung



nach der Sanierung

3.5 Investive Maßnahmen

Energetische Untersuchungen und Sanierungskonzepte sind wichtige Entschei-

dungsgrundlagen für energetisch und wirtschaftlich sinnvolle Investitionen. So

sind gezielte Investitionen in energiesparende Maßnahmen plan- und umsetzbar.

Projektbeispiel: Dachsanierung Hummelsteiner Schloss



Innendämmung Hummelsteiner Schloss

Für das Schloss im Hummelsteiner Park stand die Neueindeckung des Daches an. Es zeigte sich jedoch, dass aufgrund eines Hausbockbefalls der gesamte Dachstuhl sowie die darin befindliche Wohnung saniert werden mussten. Neben der Dämmung der Dachflächen im beheizten Bereich und der obersten Geschossdecke sollten die Außenwandflächen der betroffenen Wohnung im Zuge der Sanierung mit einer Innendämmung versehen werden. Die sensible „versteinerte“ Fachwerkkonstruktion – vor das ursprüngliche Fachwerk war zu einem späteren Zeitpunkt eine Ziegelwand gemauert worden – musste mit einem auf die

bauphysikalischen Gegebenheiten abgestimmten Innendämmsystem versehen werden. Es durfte möglichst keine Feuchte einbringen und musste zudem auf gröbere Unebenheiten reagieren können. Deshalb kam ein System aus einer kombinierten harten und weichen Holzfaserdämmung zum Einsatz. Eine trockene Montage auf der Fachwerkwand war möglich, zudem verzeichnen die justierbaren Befestigungsdübel Unebenheiten von ± 2 cm. So konnte eine ebene, verputzbare Oberfläche hergestellt werden. Zur Langzeitprüfung wurden in der Konstruktion Messsonden für Feuchte verbaut.

Projektbeispiel: Fenstertausch bei den Nürnberger Symphonikern

Eine wichtige energetische Sanierungsmaßnahme in Bestandsgebäuden ist die Instandsetzung oder der Austausch von alten Fenstern. Der Energieverlust durch ältere Fenster ist beträchtlich. Zudem kommt es durch undichte Fenster in den Innenräumen zu unangenehmen Zugscheinungen.

Bei den Fenstern im Kopfbau der Kongresshalle in Nürnberg trafen beide

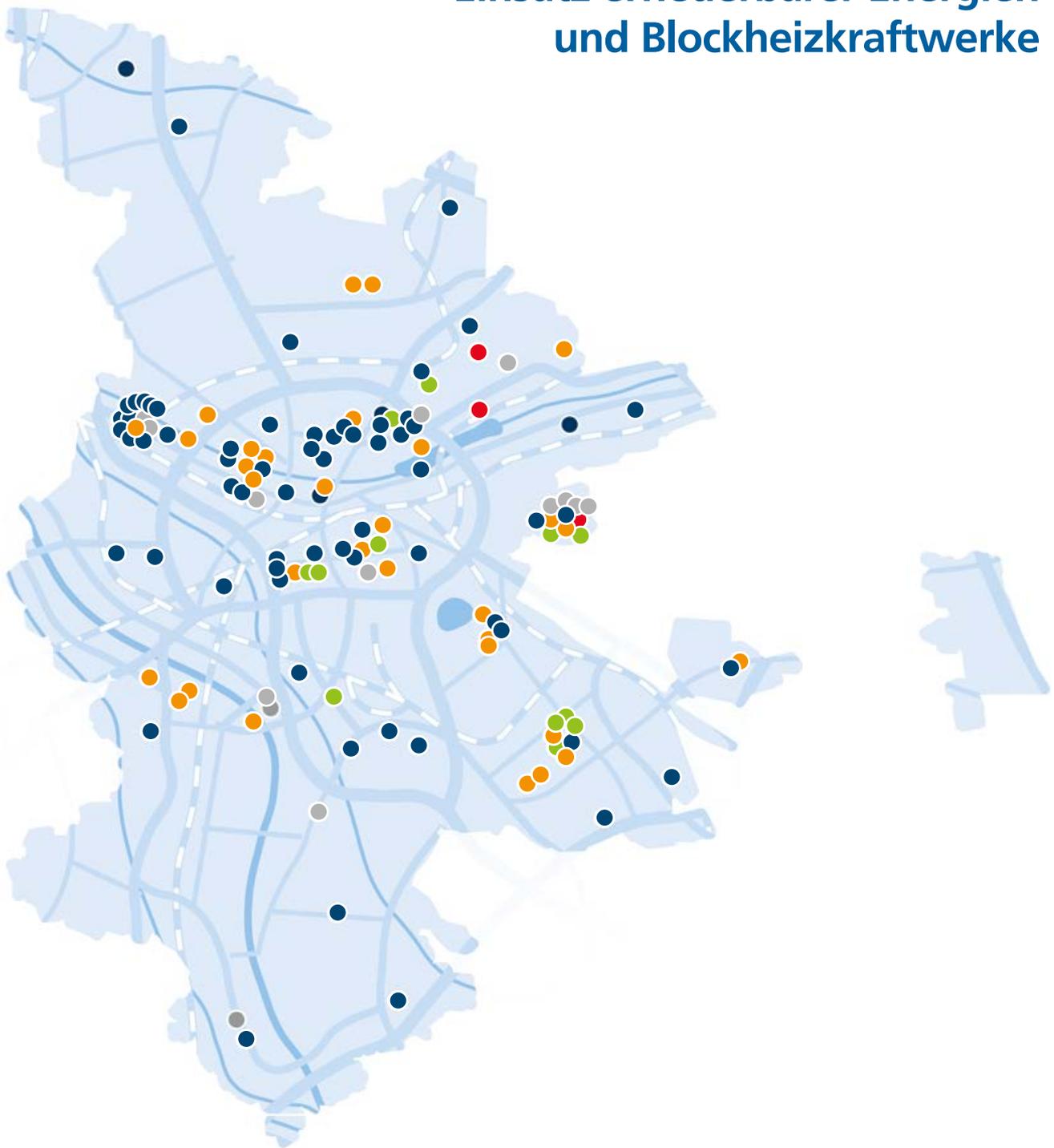
Aspekte zu. Die Nutzer des Gebäudeteils, die Nürnberger Symphoniker, waren unzufrieden mit dem starken Durchzug, und auch der Wärmeverbrauch war sehr hoch. Da eine Instandsetzung nicht mehr möglich war, wurden neun bestehende zwei-Scheiben-Verbundfenster aus den 50er Jahren ausgetauscht. Bei den neuen Fenstern wurde sowohl auf denkmalrechtlich Belange, als auch auf

einen sehr hohen energetischen Standard geachtet. Der Rahmen wurde möglichst schmal gewählt und die Fensteraufteilung entsprechend den bestehenden Fenstern geplant, um das bisherige Erscheinungsbild zu bewahren. Um einen geringen Wärmeverlust über die Fenster zu erreichen, war in der Ausschreibung eine 3-Scheiben-Verglasung und ein wärmeschutztechnisch verbesserter Randverbund gefordert. In die neuen Fenster wurden zudem Fensterfalzlüfter eingebaut, um einen ausreichenden aber zugfreien Luftwechsel mit dem Innenraum sicherzustellen.

Die Gesamtkosten der Maßnahme beliefen sich auf 47.533 EUR. Durch die rechnerische Energieeinsparung von 3.672 EUR/Fenster über eine Lebensdauer von 40 Jahren ergibt sich eine Gesamteinsparung von 33.048 EUR. Die Zufriedenheit der Nutzer wurde zudem deutlich erhöht, da es nun keine Zugscheinungen mehr in den Räumen gibt.



Kopfbau Kongresshalle



Anlagen mit erneuerbaren Energien und Blockheizkraftwerke (BHKW)

	neu in 2019/2020	seit 2000
● Thermische Solaranlagen	keine	30 Anlagen (3.070 m ²)
● Photovoltaikanlagen (stadteigene)	4 Anlagen (511 m ² , 71 kWp)	70 Anlagen (ca. 9.000 m ² / 1.090 kWp)
● Holzhackschnitzel- und Pelletsheizungen	keine	3 Anlagen (405 kW)
● Umwelt-/Erdwärme- und Erdkältenutzung	keine	12 Anlagen (761 kW)
● Blockheizkraftwerke	1 Anlage (39 kW thermisch, 20 kW elektrische Leistung)	20 Anlagen (3.945 kW thermisch, 3.081 kW elektrische Leistung)



Komponenten PV-Anlage



PV-Anlage Feuerwache 5

Projektbeispiel: PV-Anlage Feuerwache 5

Eine wirtschaftliche und ökologische Maßnahme zur Reduzierung der Stromkosten in einer Liegenschaft ist die Errichtung einer Photovoltaikanlage zur Eigenstromnutzung. Besonders interessant ist dies bei Großverbrauchern, die tagsüber eine gleichmäßige und hohe Stromaufnahme aufweisen. Damit ist ge-

währleistet, dass der produzierte Strom der PV-Anlage auch zu 100 % im Gebäude verbraucht wird. Die Feuerwache 5 in der Karl-Schönleben-Straße 80 hat einen jährlichen Stromverbrauch von durchschnittlich 160 MWh. Auf dem extensiven Gründach wurde eine PV-Anlage mit 18 kWp montiert. Die PV-Modu-

le wurden in Ost-West Ausrichtung mit 10° Neigungswinkel aufgeständert. Der jährliche Stromertrag der Anlage beläuft sich auf durchschnittlich 17,1 MWh, die komplett im Gebäude verbraucht werden. Die CO₂-Vermeidung beträgt ca. 6t CO₂ pro Jahr.

Projektbeispiel: PV-Potenzialanalyse

Voraussetzung für die Errichtung von Photovoltaikanlagen sind geeignete Dachflächen. Die Suche nach geeigneten Dachflächen im Stadtgebiet gestaltet sich für Projektleiter/innen oft schwierig und aufwändig. Deshalb wurde mit der PV-Potenzialanalyse auf städtischen Dächern geprüft, welche Dachflächen sich prinzipiell für die Errichtung einer Photovoltaikanlage eignen würden. Die PV-Potenzialanalyse wurde von Simon Ermer im Rahmen seiner Masterarbeit im Studiengang Energiemanagement und Energietechnik (Hochschule Ansbach) im Sommersemester 2020 durchgeführt. Insgesamt wurden 1.959 Dächer von städtischen Gebäuden analysiert. Die

Betrachtung der Dachflächen erfolgte rein visuell durch Sichtung von 2-D Luftbildern aus dem Jahr 2019. Die Dachflächen, welche mit PV-Modulen belegbar sind, wurden aus den Luftbildern gemessen. Außerdem wurde bei der Potenzialanalyse der denkmalschutzrechtliche Status erfasst, sowie die Dachform und die mögliche Ausrichtung der PV-Module. Weiterhin erfolgte eine Kategorisierung der Eignung der jeweiligen Dachflächen in vier Stufen: „gut“, „mittel“, „schlecht“ und „nicht“. Unter „gut“ wurden Dachflächen berücksichtigt, welche kaum Verschattung aufweisen und wenige bis gar keine Dachaufbauten - beispielsweise Lichtkuppeln, Gau-

ben oder Lüftungsanlagen - haben. Als „mittel“ wurden Dachflächen eingestuft, welche leichte Verschattungen aufweisen und zum Teil Dachaufbauten besitzen. Dachflächen, welche stark verschattet sind oder zerklüftete Dachflächen haben, wurden als „schlecht“ eingestuft. Gemietete Dachflächen, sehr kleine Dachflächen sowie komplett verschattete Dächer wurden als „nicht“ geeignet eingestuft. Anhand der gemessenen Dachflächen erfolgte die Berechnung der Anzahl der möglichen PV-Module sowie der potenziellen Leistung.



Gemessene Dachfläche aus GIS, KiTa Dörflerstraße

Beispielhafte Ermittlung PV-Potenzial für das Haus für Kinder:

- ▶ Eigentumsart: städtisches Eigentum
- ▶ Denkmalschutz: kein Denkmal
- ▶ Dachform: Flachdach
- ▶ Ausrichtung PV-Module: Ost-West
- ▶ Eignung: gut (große Fläche, wenig Aufbauten, keine Verschattung)
- ▶ PV-Anlage bereits vorhanden: nein
- ▶ mögliche Dachfläche zum Belegen: ca. 326 m²
- ▶ Anzahl möglicher Module berechnet: 203 Module
- ▶ berechnete potentielle Leistung: 60,9 kWp

Die PV-Potenzialanalyse versteht sich vorbehaltlich der statischen Prüfung und dem baulichen Zustand des Gebäudes. 245 Gebäude - welche derzeit noch keine PV-Anlage besitzen und nicht un-

ter Denkmalschutz stehen – wurden in die Eignung „gut“ eingestuft. Für diese Gebäude ergibt sich ein theoretisches PV-Potenzial von gut 13.600 kWp auf einer Fläche von rund 71.000 m².

Ziel ist es, im Rahmen von Bauprojekten bei Neubau und Sanierung sowie durch Nachrüsten der Bestandsgebäude die geeigneten städtischen Dächer kontinuierlich mit PV-Anlagen auszustatten.

Projektbeispiel: Übernahme von Ü20 Anlagen

Im März 2001 wurde im Umweltausschuss beschlossen, dass Dächer von stadteigenen Gebäuden für den Betrieb von Photovoltaikanlagen für einen Zeitraum von rund 20 Jahren an Privatinvestoren verpachtet werden. Insgesamt sind 55 privatbetriebene Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtfläche von ca. 31.700 m² und einer installierten Leistung von 3.832 kWp in Betrieb. Die ersten Ver-

träge von verpachteten Dächern mit Photovoltaikanlagen von Privatinvestoren sind zum 31.12.2020 ausgelaufen. Bei diesen Anlagen hat das Kommunale Energiemanagement wirtschaftlich und technisch geprüft, ob die Stadt Nürnberg diese so genannten Ü20 Anlagen vom Privatinvestor übernimmt und als Eigenverbrauchsanlagen weiterbetreibt. Zum 01.01.2021 wurden drei Ü20 Anlagen

mit einer Gesamtfläche von ca. 370 m² und einer installierten Leistung von 42 kWp übernommen. Eine weitere PV-Anlage mit einer Leistung von 49 kWp übernahm der Abfallwirtschaftsbetrieb der Stadt Nürnberg (Eigenbetrieb der Stadt Nürnberg). Im Laufe der nächsten Jahre sollen sofern möglich, weitere geeignete Ü20 Anlagen von der Stadt Nürnberg übernommen werden.

Projektbeispiel: Brennstoffzelle im Tiergarten – Betriebsergebnisse

Seit nunmehr 2016 ist die PEM-Brennstoffzelle der Firma Viessmann im Raubtierhaus in Betrieb. Brennstoffzellen können in Zukunft eine wichtige Rolle bei der Kraftwärmekopplung in Gebäuden spielen. Kraftwärmekopplung heißt, dass nicht ausschließlich Wärme – wie z.B. bei einer Gasheizung – erzeugt wird, sondern ein Teil der Energie des eingesetzten Energieträgers in die hochwertige Energieform Strom umgewandelt wird. Dadurch geht die Wärme, anders als in zentralen Strom-Kraftwerken, nicht verloren, sondern kann für die Gebäudeheizung genutzt werden. Bisher werden

Brennstoffzellen in Gebäuden fast ausschließlich mit dem Energieträger Erdgas (CH₄) betrieben, das im Gerät unter Abgabe von CO₂ mittels Dampfreformierung in Wasserstoff (H₂) umgewandelt wird. Es wird also nach wie vor klimaschädliches CO₂ ausgestoßen, wenn auch etwas weniger. Der Vorteil gegenüber herkömmlichen Blockheizkraftwerken zur Kraftwärmekopplung auf Basis von Verbrennungsmotoren besteht im höheren elektrischen Wirkungsgrad. Falls sich in Zukunft CO₂-neutraler, sogenannter grüner Wasserstoff aus regenerativen Energiequellen als Energie-

träger durchsetzt, steigt der elektrische Wirkungsgrad der Brennstoffzelle beträchtlich, denn diese funktioniert mit reinem Wasserstoff deutlich besser. Der Hersteller hat für die im Raubtierhaus eingesetzte Brennstoffzelle mit 0,7 kW elektrischer Leistung einen elektrischen Wirkungsgrad von 38 % angegeben. Herkömmliche Mini-BHKWs erreichen nur 28 %. Die Messungen der letzten Jahre konnten die Herstellerangabe nahezu bestätigen. Unsere Brennstoffzelle im Tiergarten erreicht im realen Betrieb einen elektrischen Wirkungsgrad von 37 %.

Projektbeispiel: Einbau einer BHKW-Anlage in die Feuerwache 4

In die bestehende Heizzentrale der Feuerwache 4 in Nürnberg, Regenstraße 4, welche aus drei erdgasbetriebenen Heizkesseln besteht (zusammen 1,17 MW), wurde zur gleichzeitigen Wärme- und Stromerzeugung ein Blockheizkraftwerk mit integrierter Brennwertnutzung installiert. Dieses verfügt als komplett anschlussfertige Kompakteinheit über eine thermische Leistung von 39 kW und eine elektrische Leistung von 20 kW. Angebunden wurde ein 2.000 Liter Pufferspeicher. Zusätzlich wurde die bestehende Warmwasserbereitung gegen ein effizientes und bedarfsgerecht

dimensioniertes Speicherladesystem ersetzt (1.250 Liter). Die Abgase des BHKWs werden über einen außenliegenden Edelstahlkamin über Dach geführt.

2020 wurde die Installation des BHKWs realisiert und vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) mit 3.500 EUR gefördert.



BHKW Feuerwache 4

Essay: Kann Biomasse Erdgas oder Heizöl ersetzen?

In Zukunft müssen CO₂-neutrale regenerative Energiequellen Heizöl, Erdgas & Co. ersetzen. Regenerative Energien wie Wald, Raps und Photovoltaik beanspruchen Platz auf unserem Planeten. Deswegen ist es wichtig zu wissen, welche regenerative Energieform wie viel Fläche verbraucht.

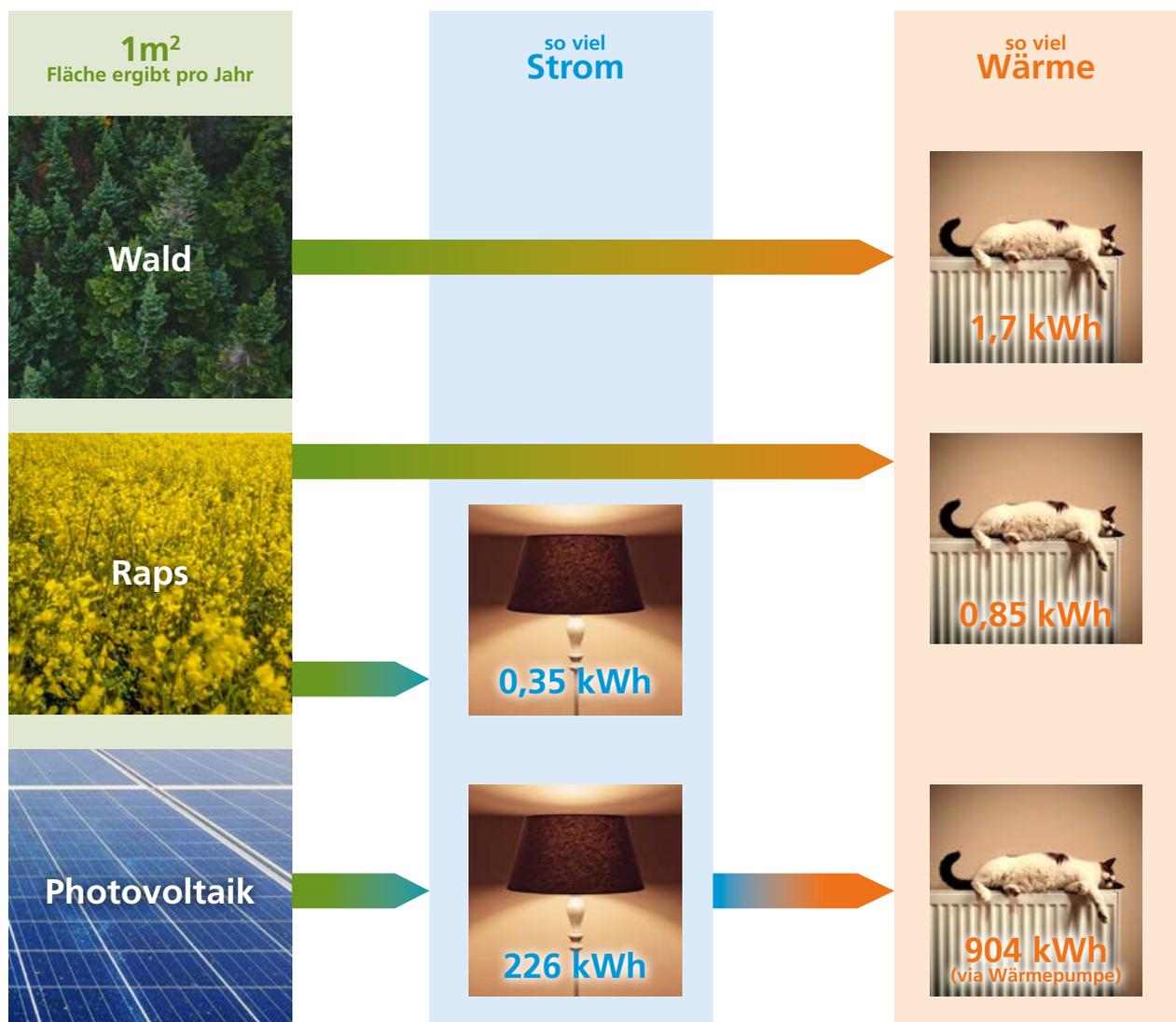
In der folgenden Übersicht kann man sehen, dass Photovoltaik auf der gleichen Fläche 132 mal mehr Energie gewinnt als Holz. Nutzt man den Strom aus der Pho-

tovoltaikanlage, um dem Erdreich oder der Luft mittels einer Wärmepumpe Wärme zu entziehen, wird sogar rund 530 mal mehr Energie erzeugt als mit Holz. Der Vorteil von Holz ist, dass die Energie bereits darin gespeichert ist. Bei der Umwandlung von PV-Strom in eine speicherbare Energieform wie Wasserstoff geht Energie verloren. Selbst wenn man hierfür Verluste von 40 % ansetzt, wird mit PV immer noch 80 mal mehr Energie gewonnen. Ein Großteil des Solarstroms

kann aber mit hohem Wirkungsgrad direkt verbraucht werden und muss nicht für sonnenlose Zeiten in Wasserstoff umgewandelt werden.

Biomasse wird in Zukunft wichtig sein, um nicht regenerative Materialien zu ersetzen, z.B. Beton und Kunststoff durch Holz. Im Hinblick auf den Flächenverbrauch sind Energiequellen wie PV, Wind, Wasser und Umweltwärme sehr viel sparsamer als Biomasse.

Gegenüberstellung Biomasse zu Photovoltaik



Seit 2007 gelten vom Bau- und Vergabeausschuss beschlossene energetische Standards. Mit der Festsetzung von energetischen Standards kann gezielt Einfluss auf Neubau- und Modernisierungsprojekte genommen werden. Die Erfahrungen seit 2007 zeigen, dass sie ein gutes Instrument zur Erreichung von mehr

Energieeffizienz in Planung, Bau, Sanierung und Unterhalt sind.

Die aktuelle Fassung der „Energetischen Standards zum energieeffizienten, wirtschaftlichen und nachhaltigen Bauen und Sanieren bei städtischen Hochbaumaßnahmen“ wurde am 17.11.2009 vom Bau- und Vergabeausschuss be-

schlossen. Werden Neubauten, Bestandssanierungen oder auch nur kleinere Unterhaltsarbeiten geplant, sollen die bau- und anlagentechnischen Anforderungen mit den energetischen sinnvoll verknüpft werden, damit eingesetzte Finanzmittel auch aus energetischer Sicht optimale Wirkung erzielen können.

Die aktuellen Vorgaben beinhalten im Wesentlichen:

- Neubauten sollen im Passivhausstandard gebaut werden.

- Werden umfassende Sanierungsmaßnahmen an einem Gebäude durchgeführt, ist das Ziel, den Neubaustandard nach der Energieeinsparverordnung (EnEV) bzw. dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) zu erreichen.

- Bei einzelnen Bauteilsanierungen wird ein Standard vorgeschrieben, der etwa 20 % über die EnEV- bzw. GEG-Anforderungen hinausgeht.

Ein unabdingbarer Bestandteil ist dabei das Wirtschaftlichkeitsgebot. Das heißt, ein besserer energetischer Standard wird nur realisiert, wenn er über die Lebensdauer des Gebäudes bzw. der Anlagentechnik wirt-

schaftlich ist. Neben allen Energie- und Wasserkosten und deren Preissteigerungsraten (Durchschnitt der letzten 10 Jahre) gehen dabei die Investitions-/ Kapital-, Wartungs- und Instandhaltungs- sowie CO₂-Emissions-

vermeidungskosten ein. Neue energetische Standards basierend auf dem GEG, der Klimaschutzgesetzgebung der Bundesregierung und den Beschlüssen der Stadt Nürnberg, sind in Vorbereitung.

Projektbeispiel: Neubau Grundschule Thoner Espan (WBG KOMMUNAL GmbH)

Für den Neubau von Schule und Hort am Thoner Espan galt es, ein Konzept durch die ARGE baum-kappler architekten gmbh Nürnberg / Junk & Reich Architekten BDA Weimar zu entwickeln, mit dem die genehmigten Raumprogramme der Regierung von Mittelfranken von Schule, 4- und 6-gruppigem Hort in einem wirtschaftlichen Baukörper vereinigt werden konnten. Umgesetzt wurden jeweils kompakte, getrennte, jedoch voneinander partizipierende Einheiten mit kurzen Wegen untereinander. Dabei bietet die neu geschaffene unmittelbare Nachbarschaft der Nutzungen in einem Gebäude eine hohe Flexibilität hinsichtlich zukünftiger Nutzungsverschiebungen zwischen den Hauptnutzern.

Der Neubau sowie die noch zu errichtende Sporthalle erfüllen dabei die aktuell gültigen Anforderungen des Brandschutzes bei optimierter Verkehrswegeführung außerhalb und innerhalb des Gebäudes, ebenso gewährleisten sie die Barrierefreiheit im



Grundschule Thoner Espan Außenansicht

gesamten Gebäudeensemble. Darüber hinaus schaffen sie neue Raumqualitäten (Pausenhalle, Lichthof), erlauben gleichzeitig durch ihre kompakten Kubaturen eine energetisch optimierte

Gebäudehülle, die Schaffung von Synergieeffekten (gemeinsame Ausgabeküche, Garderoben und WC's) und somit einen wirtschaftlichen Betrieb mit reduzierten Unterhaltskosten.

■ **Heizung:** Gas-Brennwertkessel mit hydraulischer Weiche, Luft-Abgas-System, Raumheizflächen als Plattenheizkörper mit hohem Strahlungsanteil, die Raumtemperaturregelung erfolgt mittels 1-Kelvin- Thermostatventilen, Systemtemperaturen 60/40°C, der Wärmeerzeuger der Schule versorgt über eine Nahwärmeversorgungsleitung auch die Turnhalle, die Wärmeverteilung erfolgt durch hocheffiziente elektronisch geregelte Umwälzpumpen.

■ **Lüftungstechnik:** Jeweils eigenständige Lüftungsanlagen für die Bereiche Schule, Hort, Sanitärräume und Küche. Alle Lüftungsgeräte sind mit hocheffi-

zenten Wärmerückgewinnungssystemen ausgerüstet. Für die Schule und den Hort erfolgt die Be- und Entlüftung bedarfsabhängig. Die Küche und die Sanitärräume werden in den Betriebszeiten konstant mit frischer Luft versorgt. Die variable Volumenstromregelung erfolgt auf Basis der in den Räumen gemessenen CO₂-Konzentration. Die konstant be- und entlüfteten Räume sind mit mechanischen Volumenstrombegrenzern ausgestattet. Abhängig von den gemessenen Raum- und Außentemperaturen erfolgt im Sommer eine nächtliche Spüllüftung, um die Raumtemperaturen entsprechend zu senken.

■ **Warmwasserbereitung:** In der Schule wird prinzipiell auf Warmwasser verzichtet. Die Duschen im Behinderten-WC, die Ausgussbecken und die Küche werden dezentral mit Warmwasser versorgt. Das Warmwasser der Küche wird hygienisch und bedarfsgerecht mittels Frischwasserstation und einem Heizungspufferspeicher erzeugt. Die Duschen werden mit elektrisch geregelten Durchlauferhitzern bedient. Die Ausgussbecken sind mit 10 Liter Übertischboilern ausgestattet.

■ **Photovoltaik:** Auf dem Dach der Schule wurde eine PV-Anlage errichtet. Die Anlage weist eine Größe von 27 kWp auf. Hier wurde eine Ost-West-Ausrichtung der Module gewählt, um die Eigenverbrauchsquote zu optimieren. Unterstützt wird dieser Aspekt durch den sogenannten „Polystringbetrieb“.

■ **Elektrotechnik:** Im Gebäude ist ausschließlich energieeffiziente Beleuchtung in LED-Technik verbaut. Die Beleuchtung in den Klassen- und Gruppenräumen wird mittels DALI-Bussystem gesteuert. Die Helligkeit wird anhand der gemessenen Werte im Raum geregelt, bei Nichtbenutzung der Räume erlischt die Beleuchtung. Das Gebäude wurde gemäß Vorgabe Stadt Nürnberg mit WLAN- und LAN-Systemen ausgerüstet.



Im Zusammenspiel mit den baulichen Maßnahmen und der Umsetzung der Vorgaben der Bauphysik erfolgen im Schulgebäude deutliche Unterschreitungen der EnEV-Anforderungen von etwa 33 % bei den Außenbauteilen von normal beheizten Räumen und bis zu etwa 70 % Unterschreitung bei niedrig beheizten Räumen. Insgesamt wurden die Anforderungen der EnEV (inkl. der Verschärfung ab dem 01.01.2016) an die Primärenergie um ca. 20 % unterschritten.

Projektbeispiel: Energetische Sanierung und Umnutzung Flusspferdhaus zu Wüstenhaus

Das denkmalgeschützte eingeschossige Gebäude mit ursprünglichem Baujahr 1939 wurde um 1950 nach teilweiser Zerstörung wiederaufgebaut und bis Mitte der Neunzigerjahre als Flusspferdhaus genutzt. Die anschließende Nutzung als „Kleines Tropenhaus“ wurde 2011 eingestellt.

Die Planungen für Umbau und Sanierung zu einem Wüstenhaus begannen 2014; Fertigstellung war 2018. Entstanden ist auf rund 200 m² eine Heimstatt für Insekten, wie Pillendreher, Kleinreptilien und Echsen sowie Kleinsäuger, wie z.B. Rüsselspringer.



Die technischen Herausforderungen lagen im hohen Licht- und Wärmebedarf sowie einer ausgeklügelten Bewässerungstechnik, die vornehmlich kapillar von unten nach oben gerichtet sein muss. Dabei leben alle Tiere ohne Abgrenzungen zueinander und zu den Besuchern und sind so von diesen hautnah zu erleben.

Energetisches Sanierungsziel war der Passivhausstandard. Die Voraussetzungen waren hinsichtlich der geplanten Nutzung jedoch günstig, da sowohl Tiere als auch Pflanzen die höchsten Temperaturanforderungen im Sommer (24 bis 35°C) haben und im Winter lediglich eine Beheizung auf ein relativ niedriges Temperaturniveau erfolgen muss (10 bis 15°C). Wassernutzung und Befeuchtungen, die i.d.R. hohe Energiebedarfe bedingen, waren ebenfalls nicht mehr vorgesehen. Das angestrebte „Trockenklima“ bedeu-

tete zudem eine Entlastung der Bausubstanz durch Feuchteinträge, die mit den bisherigen Nutzungen einhergingen. Mit der großen südverglasten Fläche und der Kompaktheit waren auch die baulichen Randbedingungen günstig.

Geplant und realisiert wurde ein sehr guter Wärmeschutz der Gebäudehülle. Die Außenwände erhielten 10 cm Innendämmung und 3 cm Außendämmung. Die oberste Geschossdecke wurde mit 30 cm gedämmt. Die Fenster bestehen aus Dreischeibenverglasungen.

Die Beheizung erfolgt über einen Nahwärmeverbund (Holzhackschnitzelkessel und Gas-Brennwertkessel) aus dem tiergarten-eigenen Betriebshof. Die Heizleistung von etwa 29 kW dient dem Lüftungsheizregister und der Sandbeheizung. Ähnlich einer Fußbodenheizung wurden mit Heizwasser durchflossene Rohrschleifen in verschiedenen Ebenen im Sand verlegt, und er-

zeugen so wüstenähnliche Temperaturen. Ein getrennter Systemkreis dient als Sandkühlung (über Brunnenwasser).

Eine mechanische Lüftungsanlage mit hoher Wärmerückgewinnung wurde für den hygienischen Luftaustausch und die Feuchteabfuhr eingebaut. Bei hohem Besucherandrang wird zusätzlich über Fenster gelüftet.

Bewegte sich der Wärmeverbrauch (Heizöl) bis 2010 noch zwischen 1.000 und 1.800 kWh/m²a, sank er durch die Komplettsanierung auf geringe 180 kWh/m²a.



Optimierung Energielieferverträge

Bei der Optimierung von bestehenden Verträgen können Kosteneinsparungen erzielt werden. Das beinhaltet sowohl Rückerstattungen und Reduzierungen als auch Förderungen.

Rückerstattungen betreffen die Blockheizkraftwerke der Stadt Nürnberg; hier wird auf die eingesetzte Gasmenge die Energiesteuer zurückerstattet. Unter Reduzierungen fällt zum einen die abzugsfähige Wassermenge (Verdunstung des

Beckenwassers) bei den Abwassergebühren des Eigenbetriebs NürnbergBad. Weiterhin gibt es bei den Stromumlagen für Stromgroßverbraucher (> 1 GWh/a) die Möglichkeit, eine stark reduzierte Umlage (bestehend aus Strom-NEV-, Offshore- und KWKG-Umlage) in Anspruch zu nehmen.

Zudem ergeben sich bei der Reduzierung des Leistungsanschlusswerts von fernwärmeversorgten Liegenschaften gravierende Kosteneinsparungen.

Eine Förderung im Rahmen der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), für den erzeugten Strom eines BHKWs, führt zu weiteren Einsparungen. Zusätzlich wird auf den erzeugten und in das öffentliche Stromnetz der N-ERGIE eingespeisten Strom eine Einspeisevergütung gezahlt.

Seit dem Jahr 2000 wird diese Optimierung kontinuierlich fortgeführt. Weitere Einsparmöglichkeiten werden regelmäßig geprüft und umgesetzt.

Einsparungen durch Rückerstattungen, Reduzierungen und Förderungen

	2019/2020	seit 2000
Energiesteuererstattung, KWK-Förderung und Rückspeisung von BHKW-Strom	48.055 EUR	356.474 EUR
abzugsfähige Wassermengen bei NürnbergBad	46.204 EUR	348.007 EUR
Stromumlagen-Einsparung für Großverbraucher	20.711 EUR	63.345 EUR
Reduzierungen der Fernwärmeanschlussleistungen	848.355 EUR	6.210.535 EUR
Summe	963.146 EUR	6.978.182 EUR

Einsparungen durch Rückerstattungen, Reduzierungen und Förderungen im jeweiligen Jahr



Am 1. November 2020 war es soweit: EnEV (Energieeinsparverordnung), EnEG (Energieeinspargesetz) und EEWärmeG (Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz) wurden durch das GEG (Gebäudeenergiegesetz) ersetzt. Ziel war eine Neukonzeption und Vereinheitlichung des Energiesparrechts für Gebäude. Aber was ändert sich konkret in der Praxis?

Das Anforderungsniveau bleibt weitgehend unverändert, und bezüglich der Energiepolitik enthält das GEG nur allgemeine Verweise auf „möglichst sparsamen Einsatz von Energie“, keine konkreten Ziele. Explizit betont wird hingegen die Vorbildfunktion der öffentlichen Hand. Es besteht zudem eine Verpflichtung, bei Neubauten und grundlegenden Sanierungen kommunaler Nichtwohngebäude den Einsatz von PV oder Solarthermie zu prüfen. Ansonsten gab es kleine Anpassungen bei den Primärenergiefaktoren, bei der Anrechenbarkeit

von gebäudenah erzeugtem Strom sowie bei den Anforderungen von Gebäudeerweiterungen. Bei der Ausstellung von Energieausweisen wurde die Sorgfaltspflicht für Aussteller strenger formuliert und ein Bußgeldkatalog ergänzt. Für Projekte mit Bauantrag bis zum 31.10.2020 gibt es Übergangsregelungen.

Die **Nutzungspflicht**, dass ein Teil der im Gebäude benötigten **Energie aus erneuerbaren Quellen** stammen muss, welche früher aus dem EEWärmeG resultierte, wird nun im GEG unverändert fortgeführt. Die Erfüllung erfolgt bei den städtischen Neubauten und grundlegenden Sanierungen größtenteils durch Anschluss an das Fernwärmenetz der N-ERGIE (KWK-Anteil > 50 %). In den übrigen Fällen werden die Anforderungen i. d. R. durch Ersatzmaßnahmen mit verbessertem Wärmeschutz der Gebäudehülle gegenüber den GEG-Anforderungen so-

wie durch den Einsatz von erneuerbaren Energien wie Holz- oder Wärmepumpenheizungen erfüllt.

Auch das GEG fordert, wie bereits die EnEV, die **Nachrüstung bisher ungedämmter oberster Geschossdecken**. Als vergleichsweise effiziente Maßnahme mit geringen Investitionskosten und kurzen Amortisationszeiten erfolgt die Ausführung im Zuge von umfassenden Sanierungen obligatorisch oder als eigene gesonderte Maßnahme.

Bei den öffentlichen Gebäuden der Stadt Nürnberg mit Publikumsverkehr muss gemäß GEG im Eingangsbereich ein **Energieausweis** ausgehängt werden. Die Ausweise müssen alle 10 Jahre erneuert werden. Insgesamt wurden bisher bereits 452 Energieverbrauchsausweise ausgestellt und in den Gebäuden angebracht.

Aushangpflicht der Energieausweise in städtischen Gebäuden und Eigenbetrieben - Stand 2021

	Gebäude mit Aushangpflicht	Aushangpflicht erfüllt	zu erneuernde Ausweise	insgesamt ausgestellte Ausweise
Alle Ausweise	282	209	73	452
Verbrauchsausweise	196	134	62	334
Bedarfsausweise	86	75	11	118

Dämmung oberste Geschossdecken

	2019/2020	seit 2000
Anzahl Gebäude	5	114
Gedämmte Fläche oberste Geschossdecken	9.295 m ²	69.995 m ²

Projektbeispiel: Dämmung der obersten Geschossdecke Dr.-Theo-Schöller-Schule

Im Zuge der Dachsanierung der Dr.-Theo-Schöller-Schule, Schnieglinger Straße 38, wurde in zwei Bauabschnitten entsprechend der Nachrüstpflicht gemäß EnEV die oberste Geschossdecke gedämmt. Da die Decke von zahlreichen Balken und Streben unterbrochen wird, hätte eine Dämmung im herkömmlichen Sinn zu sehr viel Anpassungsarbeiten geführt, was wiederum unverhältnismäßig

teuer geworden wäre. Um den Aufwand zu minimieren, wurde die gesamte Fläche ausschließlich mit ganzen, also ungeschnittenen, trittfesten Dämmplatten ausgelegt. Überall dort, wo Platten hätten geschnitten werden müssen, wurde mit loser Dämmung aufgefüllt. Um den Dachraum regelmäßig begutachten zu können, wurden zusätzlich Wartungswege in Form von losen Platten ausge-

legt. Mit dieser Variante ist sichergestellt, dass die oberste Geschossdecke gedämmt ist und der Dachraum jederzeit zuverlässig begangen werden kann, andererseits aber nicht unnötig viel Geld in einen Dachboden investiert wird, der rein für Wartungszwecke, nicht aber für Lagerzwecke oder mehr verwendet werden darf.



Gedämmte oberste Geschossdecke
Dr.-Theo-Schöller-Schule

Von Bund, Ländern und Kommunen werden regelmäßig Förderprogramme aufgelegt. Dabei können u. a. bauliche Energieeffizienzmaßnahmen Zuwendungen erhalten.

Die drei wichtigsten Fördermittelgeber in diesem Bereich sind das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, und nukleare Sicherheit (BMU), das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und die KfW Bankengruppe (Kreditanstalt für Wiederaufbau).

Das Förderprogramm, welches in den letzten Jahren wiederkehrend in Anspruch genommen wurde, ist die Kommunalrichtlinie des BMU. Hierin

werden unter anderem Beleuchtungs-sanierungen gefördert. In Schulen, Kindergärten, Jugendfreizeiteinrichtungen, Sportstätten und Schwimmhallen werden 40 % der zuwendungsfähigen Ausgaben vom Bund bezuschusst (Bei-

spiel siehe unten). Weiterhin konnte für die Erstellung des Energiekonzepts zum klimaneutralen Tiergarten eine Förderung durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie erreicht werden.

Bewilligte Fördermittel - Stand 2020

	2019/2020	seit 2000
Zuschüsse	65.244 EUR	2.517.563 EUR
Zinsverbilligte Kredite	-	7.575.779 EUR
Zinsvorteile (geschätzt)	-	1.136.000 EUR

Projektbeispiel: Beleuchtungssanierung mit LED-Technik in der Turnhalle Birkenwaldschule

Die Birkenwaldschule mit Turnhalle in der Herriedener Straße 25 liegt im Westen von Nürnberg. Sie wurde in den 70er Jahren als kompletter Neubau errichtet. Die Turnhalle mit vier Einzelhallen hat eine Nettogrundfläche von ca. 2.845 m². Die Beleuchtungssituation vor der Sanierung entsprach nicht mehr den Anforderungen.

Die vorhandene Beleuchtung in der Turnhalle, ohne Nebenräume, wurde erneuert. Hierbei wurden die vorhandenen Leuchten mit konventionellen Vorschaltgeräten durch hocheffiziente LED-Leuchten ersetzt. Die Steuerung der Leuchten erfolgt präsenz- und tageslichtabhängig. Durch die energieeffizienteren Leuchten und die teilweise bedarfsabhängige Regelung wird eine hohe Stromersparung erzielt, bei gleichzeitiger Verringerung

des Wartungsaufwandes. Diese Maßnahme wird durch die Klimaschutzinitiative „Klimaschutztechnologie bei der Stromnutzung“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) mit 40 % der Kosten bezuschusst.

Durch den Ersatz der alten Leuchten und den zusätzlichen Einsatz von Präsenzmeldern wird eine Stromersparung von 61 % bei der Beleuchtung in den modernisierten Teilbereichen erreicht. Dies sind ca. 23.000 kWh Strom pro Jahr. Bei einer angenommenen Lebensdauer von 20 Jahren ergibt sich hieraus eine Einsparung von ca. 270 Tonnen CO₂ über die gesamte Laufzeit. Dies entlastet den städtischen Haushalt und stellt einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz dar. Zusätzlich werden durch die höhere Lebensdauer der LED-Leuchten der Wartungsaufwand verringert und weitere Kosten eingespart.

nur bei ca. 80 Lumen/Watt liegt. Sehr preiswerte LEDs erreichen teilweise nur 50 bis 60 Lumen/Watt. Voraussichtlich ist in Zukunft eine Lichtausbeute von ca. 200 bis 250 Lumen/Watt realistisch. Diese Angaben beziehen sich rein auf das Leuchtmittel (LED) ohne Vorschaltgerät, Diffusor usw. Die bei diesem Projekt eingesetzten Leuchten verfügen im Gesamtleuchtersystem (inkl. Vorschaltgerät, Diffusor usw.) über eine sehr hohe Effizienz (ca. 110 Lumen/Watt).



vor der Sanierung

Lichtausbeute: Was wurde schon erreicht, und was kann noch erreicht werden? Die maximale Lichtausbeute weißer LEDs liegt aktuell bei 164 Lumen/Watt, wobei die durchschnittliche Lichtausbeute



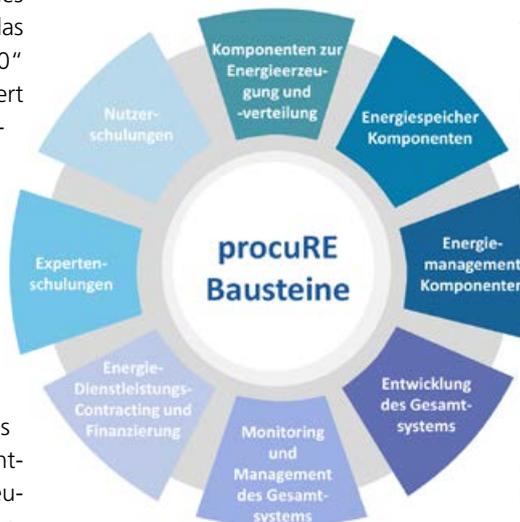
nach der Sanierung

Projektbeispiel: EU-gefördertes Projekt für 100 % erneuerbare Energieversorgung

Die Stadt Nürnberg nimmt seit Dezember 2020 mit dem Kommunalen Energiemanagement als Projektleitung am EU-Förderprojekt „procuRE“ teil. Nach dem Projekt „EDI-Net“, welches Anfang 2019 abgeschlossen wurde (siehe Artikel im Energiebericht 2019), ist dies erneut ein internationales Projekt, das aus dem EU-Programm „Horizon 2020“ gefördert wird. Dieses Mal profitiert die Stadt Nürnberg von einer Förderung in Höhe von etwa 1,5 Millionen Euro, davon knapp 1,3 Millionen Euro für Investitionen. Insgesamt werden von den sechs teilnehmenden Kommunen in procuRE sogar 7,68 Millionen Euro investiert.

Die kommunalen Projektpartner befinden sich in Portugal, Spanien, Slowenien, Israel und der Türkei. Das Ziel des Projekts ist, bestehende Nichtwohngebäude auf eine 100 % erneuerbare Energieversorgung aufzurüsten. Die besondere Herausforderung besteht darin, die Gebäude nicht nur bilanziell erneuerbar, sondern im besten Fall komplett autark zu versorgen. Hierbei müssen u.a. die unterschiedlichen Anforderungen in den jeweiligen Klimazonen beachtet werden. Während in Nürnberg die Deckung des winterlichen

Heizwärmebedarfs eine Speicherung von Sonnenenergie für den Winter notwendig machen könnte, kann die ganzjährig notwendige Gebäudekühlung im israelischen Eilat vermutlich direkt mit Photovoltaikstrom umgesetzt werden.



Projektbausteine, die von den Bietern bearbeitet werden sollen

Das Vergabeprinzip der vorkommerziellen Auftragsvergabe (Pre-Commercial Procurement), welches hier von der EU erstmalig im Gebäudeenergiesektor angewendet wird, ist die öffentliche Be-

schaffung von Forschungs- und Entwicklungsleistungen, um die Entwicklung bahnbrechender innovativer Lösungen durch wettbewerbliche Ausschreibungen zu fördern. Durch die Teilung der Risiken und des Nutzens, die mit dem Forschungs- und Entwicklungsprozess verbunden sind, und die Bereitstellung erster Kundenreferenzen für Unternehmen, schafft die vorkommerzielle Beschaffung die Voraussetzungen für eine breitere Marktakzeptanz der Ergebnisse.

Nach drei Auswahlprozessen werden die siegreichen Bieter, die die besten Technologien zur Erreichung des Ziels nahtlos integrieren, die Lösung in drei Schulen und drei Bürogebäuden demonstrieren. In Nürnberg ist das Pilotgebäude die Grundschule Zerzabelshof mit Kinderhort.

Die Ergebnisse des Projekts – replizierbare und vermutlich modulare Lösungen – sollen schließlich einen Weg für die Dekarbonisierung der 35 Millionen kommunaler Bestandsgebäude in Europa ebnen und Best-Practice-Beispiele aufzeigen, die weltweit umgesetzt werden können. Es ist geplant, das Projekt im Mai 2024 mit einer fertig entwickelten und erprobten Lösung abzuschließen.



This Project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under agreement No 963648

Procurers



Supporting Organisations



Die Entwicklung und Durchführung von Pilot-, Lern- und Demonstrationsprojekten ist ein wichtiges Arbeitsfeld, um neue Materialien oder Technologien zu testen oder auch ganz neue

Themen anzustoßen. Dabei zu lernen, Erfahrungen auszuwerten und daraus Schlussfolgerungen zu ziehen für oder gegen einen Einsatz bei Nachfolgeprojekten oder die Beschreibung der dafür

erforderlichen Rahmenbedingungen sowie der Wissenstransfer sind notwendige Bestandteile solcher Projekte.

Projektbeispiel: Alternatives Kühlkonzept für das Gemeinschaftshaus Langwasser

Die Innensanierung des Gemeinschaftshauses Langwasser in der Glogauer Straße wurde Anfang 2021 nach mehrjähriger Baumaßnahme abgeschlossen. Eine der Hauptaufgaben der Maßnahme war es, die beiden Veranstaltungsräume „Großer Saal“ und „Kleiner Saal“ hinsichtlich der Veranstaltungstechnik auf den aktuellen Stand der Technik zu bringen, aber auch die Lüftungsanlage zu erneuern. In diesem Zuge standen auch die künftigen Anforderungen an das Raumklima zur Diskussion, da gerade der große Saal immer wieder mit sehr vielen Besuchern ausgelastet wird. Im Rahmen der Planungsgespräche wurde daher eine Kühlung der beiden Säle in Betracht gezogen. Die anfangs favorisierte aktive Kühlung wurde wegen hoher Betriebskosten im Planungsteam frühzeitig hinterfragt, und ein alternatives Kühlkonzept als Variante in den Planungsprozess mit eingebracht.

Nach eingehender Diskussion mit Planungsteam und Bedarfsträger entschied man sich für das alternative Konzept mit aus mehreren Maßnahmen bestehender effizienter Kühlstrategie:

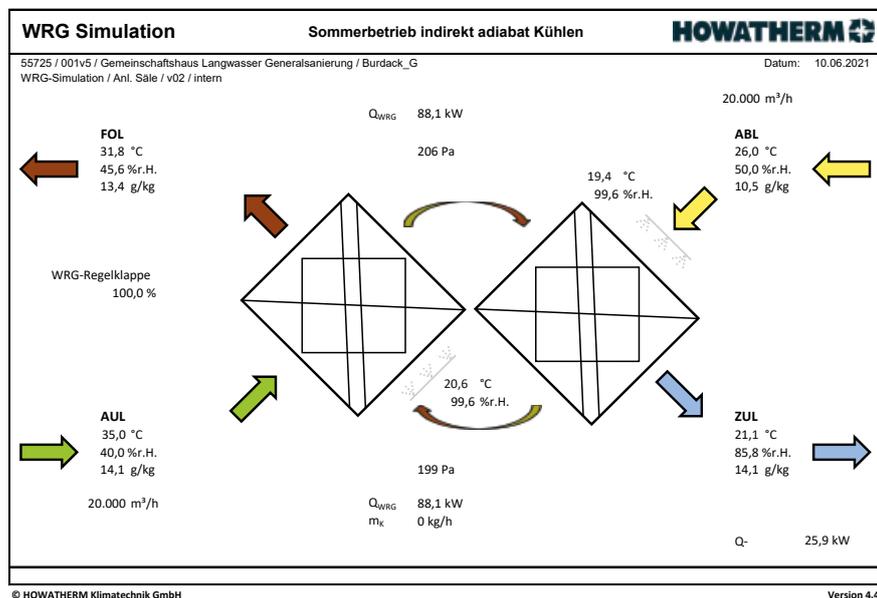
- Lüftungsanlage mit Verdunstungskühlung
- Außenliegender Sonnenschutz
- Nachtauskühlung über motorische Fensterflügel mit unterstützender Lüftungsanlage

Um die Kühlleistung der Verdunstungskühlung (die Abluft wird mit Wasser besprüht: durch den Entzug der Verdunstungswärme wird diese abgekühlt - gleichzeitig wird über dünne Platten im Wärmetauscher die Zuluft gekühlt) für Spitzenlasten bei vielen Besuchern und sommerlichen Temperaturen noch zu erhöhen, wurde ein Gerät mit erhöhter

Wärmetauscherfläche mit zwei in Reihe geschalteten Plattenpaketen gewählt. Zusätzlich wird das in der Abluft zu versprühende Wasser mit einer geringen Menge an Seifenlauge versetzt, was die Oberflächenspannung des Wassers verringert, und somit noch mehr Kühlleistung ermöglicht. Neben der automatisierten Spülung der Säle mit kühler Nachtluft in Verbindung mit Abluftunterstützung der Lüftungsanlage ist die dritte wichtige Maßnahme eine strahlungsgesteuerte und effektive außenliegende Verschattung.

Rahmendaten Technik:

- Luftmenge Lüftungsgerät: 20.000 m³/h
- Kühlleistung Verdunstungskühlung: 88 kW (Abkühlung von 35°C Außenluft auf 21°C Zuluft)
- Wasserverbrauch: 100 Liter/Stunde – im Kühlfall
- Anzahl der Besprühungsdüsen: 36 Stück – je Wärmetauscher 18 Stück



Im Rahmen des energetischen Monitorings werden nun die Anlagen- und Betriebsdaten während der nächsten beiden Jahre genauer betrachtet und dahingehend optimiert, dass alle drei Maßnahmen aufeinander abgestimmt so funktionieren, dass für die Besucher auch bei hochsommerlichen Temperaturen annehmbare Raumklimasituationen vorherrschen.

Simulation Sommerbetrieb Gemeinschaftshaus Langwasser (Quelle: Howatherm)

Projektbeispiel: Energieeffiziente Klimatisierung im Fembohaus



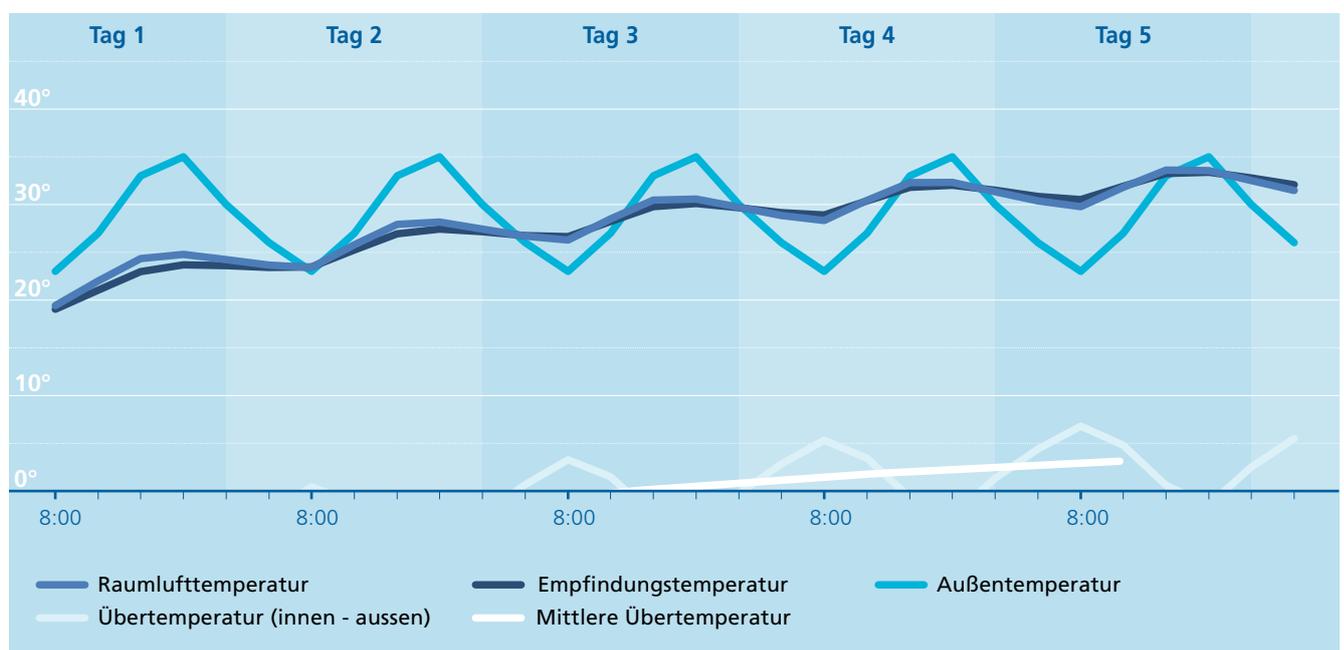
Im Fembohaus führen heiße Sommer regelmäßig zu hohen inneren Raumtemperaturen. Die große unverschattete Südfassade, mit relativ vielen Fenstern, trägt wesentlich dazu bei. Außenliegender Sonnenschutz ist wegen des prominenten Denkmalgebäudes nicht möglich. In Folge dessen wurden Raumtemperaturmessungen durchgeführt und gemeinsam mit den Nutzenden ein geeignetes Nachtlüftungskonzept entwickelt.

Die sogenannte freie maschinelle Nachtkühlung ist dafür eine geeignete Lösung. Hierbei zieht ein Ventilator, der sehr wenig elektrische Energie benötigt, nachts kalte Luft durch das Gebäude, welche zur Auskühlung beiträgt. Die freie Nachtauskühlung funktioniert bei geöffneten Fenstern natürlich auch ohne Ventilator. Da im Stadtmuseum aber hohe Anforderungen an den Einbruchsschutz bestehen, bewältigt der Ventilator den hohen 2-fachen Luftwechsel durch kleine einbruchssichere Öffnungen. Die Steuerung des Ventilators erfolgt über eine Temperaturdifferenzautomatik, welche die Lüftung erst

dann aktiviert, wenn über die Außenlufttemperatur Kühlpotenzial vorhanden ist. Die sogenannte spezifische Ventilatorleistung der Anlage, der SFP-Wert, liegt mit SFP1 in der besten möglichen Kategorie.



Simulation Überhitzung Fembohaus



Projektbeispiel: Hybride Lüftungssysteme für Gründerzeitschulen

Spätestens wenn bei bestehenden Schulgebäuden die Erneuerung der Fenster ansteht, ist es notwendig, sich mit der Raumluftqualität zu beschäftigen. Messungen im Bestand haben gezeigt, dass die vom Umweltbundesamt empfohlenen Richtwerte für die CO₂-Konzentration in Klassenzimmern bereits nach wenigen Minuten Unterricht überschritten werden. Eine ausreichende Lüftung alleine über das manuelle Öffnen der Fenster ist jedoch zur kalten Jahreszeit im Unterrichtsablauf kaum zu organisieren. Andererseits stellen konventionelle Lüftungssysteme, ob zentral oder dezentral, bei denkmalgeschützten Gebäuden aufgrund inakzeptabler Fassaden- und/oder Deckendurchbrüche in der Regel keine Lösung dar. Eine Lösung liegt möglicherweise seit Jahrzehnten unter Putzschichten und Mauerwerk verborgen. Denn in allen bisher vom Hochbauamt untersuchten Gründerzeitschulen finden sich bauzeitliche Luftschachtsysteme, welche ursprünglich der Beheizung der Klassenräume dienten. Thermischer Auftrieb führte warme Luft aus dem Heizkeller über Kanäle in die Klassenräume. Ein zusätzlicher Kanal leitete die Abluft aus den Räumen über Dach. Im Zuge des späteren Einbaus von Heizkörpern wurden diese ausgeklügelten Systeme dann stillgelegt, womit zukünftig zwar für eine effizientere Beheizung, aber nicht mehr für eine ausreichende Belüftung gesorgt war.

In einem Pilotprojekt an der Adam-Kraft-Realschule und der Bismarckschule soll die Reaktivierung der historischen Schächte für ein zeitgemäßes hybrides Lüftungssystem erprobt werden. Im Dachraum installierte Abluftventilatoren ziehen die verbrauchte Luft aus den Klassenzimmern durch die Bestandskanäle über Dach. Frischluft strömt entweder bei geschlossenen Fenstern über Fensterfalzventile oder über elektrisch öffnende Oberflügel nach. Das System garantiert eine nutzerunabhängige Grundlüftung und unterstützt die Nut-

zenden bei ihrer Lüftungsaufgabe. Im Sommer kann es zudem zur Nachtlüftung und damit Nachtauskühlung genutzt werden.



In der Adam-Kraft-Realschule wird für die Steuerung und Regelung der Komponenten Lüftung, elektrische Fenster und Außenjalousie, ein smartes Raumautomationssystem genutzt. Es bietet die Möglichkeit, sowohl Sensoren (Temperatur, Feuchte und CO₂) und Aktoren (Motoren von Jalousie und Fenster) als auch Bedienelemente (Funkschalter, Bedientableaus) drahtlos einzubinden. Damit kann nicht nur ein minimaler Eingriff in die Bausubstanz sichergestellt, sondern auch eine nutzer- und projektspezifische Bedienung ermöglicht werden. Neben den oben genannten Funktionen Grundbelüftung bei Anwesenheit und Nachtlüftung im Sommer ist auch eine einstrahlungsabhängige Jalousieautomatik implementiert, welche im Sommer die Aufheizung durch solare Einstrahlung besonders bei Nichtbelegung des Klassenraumes vermindert. Die Bedienung der Komponenten, eine CO₂-Ampel zur Visualisierung der Raumluftqualität und die Darstellung der Messwertverläufe können über jedes webfähige Endgerät erfolgen.



Sondierung der Bestandsschächte an der Bismarckschule. Die Schachtköpfe wurden nach dem 2. Weltkrieg abgebrochen, die Schächte sind jedoch noch vorhanden und funktionstüchtig.



Projektbeispiel: Heizungs-Einzelraumregelung mit Web-Interface und Ausbaupotenzial

In der Grund- und Mittelschule Sperberschule wird von Dezember 2020 bis Frühjahr 2022 ein Pilotprojekt mit einer neuartigen Einzelraumregelung für die Beheizung durchgeführt. Das System baut auf den Erfahrungen des Vorgängerprodukts auf, das seit Frühjahr 2019 ebenfalls an der Sperberschule getestet wurde.

Ziel dieses Projekts ist, Erfahrungen zu Betrieb und Wirkungsweise einer Einzelraumregelung im Zusammenspiel mit der vorhandenen zentralen Heizungsregelung zu sammeln. Darüber hinaus werden die Nutzenden im Gebäude eingebunden und geben Feedback z.B. zum Temperatur- und Bedienkomfort. Gemäß der Herstellerangabe kann das System insbesondere in älteren Bestandsgebäuden einen erheblichen Beitrag zur Energieeinsparung leisten. Auch dieser Effekt soll am Ende der Pilotphase nachgewiesen werden. Das „Upgrade“ gegenüber der alten Version ist mit einer neuen Funktechnik ausgestattet, die es erlaubt, mit nur einem zentralen Steuergerät die Thermostatventile aller Räume automatisiert zu regeln und Luftqualitätsdaten sowie Anwesenheitsinformationen zu erfassen. Der so genannte Long-Range-Funk (LoRaWAN) arbeitet auf der weit verbreiteten 868 MHz-Frequenz, die sehr energiearm ist und beispielsweise auch von den Umweltsensoren der weit verbreiteten Haus-Wetterstationen verwendet wird.

Alle Informationen werden in einem übersichtlichen Web-Portal dargestellt. Dort lassen sich auch die Belegungen einzelner Klassenräume oder Gruppen von Räumen zeitlich exakt planen. Regelmäßige Nutzungszeiten und Sondernutzungen aller Räume werden über die grafische Oberfläche ganz einfach eingegeben. Genauso werden

individuelle Raumtemperaturen für die Nutzungs- und die Abwesenheitsphasen eingestellt.

Das System erkennt darüber hinaus teilweise automatisch eine Raumbelegung und reagiert bei Bedarf mit einer Anhebung der Temperatur. Als weiterer Nutzen lassen sich auch Luftqualitätsdaten auswerten. So können zum Beispiel CO₂-Werte erfasst werden, die mit entsprechenden Endgeräten in den Räumen visualisiert werden könnten. Die zugrundeliegende Technik erlaubt zukünftig den Einsatz einer großen

Auswahl weiterer Sensoren und auch Aktoren. So ist es zum Beispiel vorstellbar, Öffnungsmelder zu ergänzen oder Schaltbefehle für mechanische Lüftungsklappen zu senden.

Am Ende des Pilotprojekts im Frühjahr 2022 werden die Erfahrungen und ggf. Energieeinsparungen ausgewertet und mit den Erwartungen und Versprechungen des Herstellers verglichen. Sollte sich das System als komfortabel und wirtschaftlich erweisen, ist ggf. eine Anwendung in weiteren Gebäuden möglich.

Einzelraumregelung Dashboard



Seit über 21 Jahren findet an Nürnberger Schulen das Energiesparprogramm KEiM (Keep Energy in Mind) statt und hat sich zu einem festen Bestandteil der Klimaschutzaktivitäten der Stadt Nürnberg entwickelt. So können auch die Schulen direkt mithelfen, die CO₂-Emissionen zu senken.

Im Rahmen des KEiM-Programms arbeiten die Umweltstation Nürnberg, angegliedert am Institut für Pädagogik und Schulpsychologie, und das Kommunale Energiemanagement, als Teil des Hochbauamts, eng zusammen. Durch die Beteiligung von gleich zwei städtischen Einrichtungen verfügt das Programm über große Unterstützung in der Stadtverwaltung.

Ziel des 1999 initiierten Programms ist es, Schülerinnen und Schüler aller Altersstufen für das Strom-, Heizenergie- und Wassersparen zu sensibilisieren. Denn das übliche Einsparpotential bei Schulen durch Änderung des Nutzungsverhaltens liegt bei rund 10 %. Durch die thematische Aufweitung des KEiM-Programms im Schuljahr 2018/2019 konnten spannende Projekte zu den Zusatzthemen „Nachhaltiger Konsum“, „Abfall(vermeidung)“, „umweltfreundliche Ernährung“ oder „umweltfreundliche Mobilität“ durchgeführt und eingereicht werden. Wichtiges Instrument hierbei ist der KEiM-Arbeitskreis, bei dem sich die

KEiM-Beauftragten der Schulen (Lehrkräfte) regelmäßig treffen. Im Rahmen des Arbeitskreises werden Themen und Methoden des Energiesparens diskutiert, er dient dem Erfahrungsaustausch zwischen den Lehrkräften der einzelnen Schulen (z. B. Markt der Möglichkeiten) und bietet Anregungen zu jeweils aktuellen Themen. Hierbei wird immer

wieder der Klimawandel in den Fokus gerückt. Die Energiesparprojekte werden dann an den Schulen von den KEiM-Beauftragten initiiert. Durch diese Lehrkräfte wird das Thema Energiesparen in den Unterricht und ins Schulleben integriert; sie füllen mit ihren Schülerinnen und Schülern das Programm mit Leben und Pow-

er und tragen damit wesentlich zum KEiM-Energiesparerfolg bei!

Ein wichtiger Bestandteil des Programms ist der alljährlich stattfindende Energiesparwettbewerb. Hierzu können alle Nürnberger Schulen ein Projekt einreichen. Diese Projekte reichen von Kalendern mit Energiespartipps, über Theaterstücke oder Filmclips bis hin zu ganzen „stromfreien“ Projekt-Tagen. Auch die Einführung von Energiesheriffs oder der Müllsortierung im Klassenzimmer kann besonders viel bei Kindern bewirken. Gegen Ende eines Schuljahrs bewertet eine Jury alle eingereichten Projekte. Bis zu 2.700 Euro winken als Preisgeld. Die Schulen, die an dem Wettbewerb teilnehmen, bekommen im Rahmen einer Preisverleihung eine Urkunde verliehen (2019: 66 Teilnehmer, Verleihung im Rathausaal). Die Siegerprojekte des KEiM-Wettbewerbs werden im Internet veröffentlicht und können so von anderen Schulen nachgemacht werden (www.keim.nuernberg.de).

Aufgrund der Corona-Pandemie konnte 2020 leider keine Preisverleihung stattfinden. Anstelle dessen wurden Videobotschaften der Referenten (Bau und Schule) auf die KEiM-Homepage eingestellt. 42 Schulen konnten trotz Corona-bedingter Schulschließungen ein oder sogar zwei Projekte durchführen und erhielten die entsprechenden Preisgelder.



Öffentlichkeitsarbeit, Seminare/Vorträge/Führungen

Der Berichtszeitraum 2019-2020 war geprägt davon, dass 2020 aufgrund der Corona-Kontaktbeschränkungen viele Termine gänzlich abgesagt, wesentlich eingeschränkt oder allenfalls online durchgeführt wurden. Dieser Umstand begrenzte die Reichweite der Öffentlichkeitsarbeit deutlich.

Im bewährten Stil wurden von KEM, soweit möglich, verschiedenste Weiterbildungsveranstaltungen wie Seminare, Workshops, Vorträge und Führungen initiiert und durchgeführt oder es wurde daran mitgewirkt.

Inhouse-Seminare und Workshops haben das Ziel, die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Hochbaus und der Technik des Hochbauamtes sowie der beteiligten Dienststellen und Eigenbetriebe fachlich weiterzubilden. Führungen zu interessanten energetischen Projekten ergänzen das Programm.

Ein wesentliches Mittel zur Information und Motivation stellen die verschiedenen Instrumente der Öffentlichkeitsarbeit dar. Veröffentlichungen in diversen Fachzeitschriften, Broschüren, der städtischen Mitarbeiterzeitschrift „betrifft“ und in der Tagespresse ergänzen das Spektrum. Im Berichtszeitraum waren Mitarbeiter des KEM in verschiedenen **Arbeitskreisen und Gremien** tätig.

Eine Zusatzleistung ist die **Teilnahme an Wettbewerben** mit energetisch interessanten Projekten, wie z. B. beim Bayerischen Energiepreis, beim Wettbewerb Kommunaler Klimaschutz, beim Denkmalpflegepreis u. ä.

Seminare, Workshops, Vorträge, Führungen – Stand 2020

	2019/2020 Anz./Teilnehmer	seit 2000 Anz./Teilnehmer
Seminare, Workshops, Vorträge innerhalb des Hochbauamtes oder der Stadtverwaltung	3 / 55	92 / 2.255
Vorträge externer Veranstalter	15 / 549	177 / 10.449
Führungen	10 / 300	120 / 3.500

Printmedien – Stand 2020

	2019/2020	seit 2000
Projekt-Infos	4	82
Energiespartipps	1	35
Themenbroschüren	0	4
Energieberichte	1	11
Hinweise zum Kommunalen Energiemanagement, herausgegeben durch den AK Energiemanagement beim Deutschen Städtetag	1	6
Veröffentlichungen Deutsches Institut für Urbanistik	1	24

Teilnahme an Wettbewerben – Stand 2020

	2019/2020	seit 2000
Teilnahmen	5	33
Preise	1	8
Preisgelder für die Stadt Nürnberg	--- EUR	61.500 EUR

Grundsätzlich wird zwischen Wärmelieferungs- und Energieeinspar-Contracting unterschieden:

Wärmelieferungs-Contracting:

Planung, Bau, Betrieb und Finanzierung einer Heizungsanlage durch den Contractor (= Auftragnehmer), Verkauf der erzeugten Nutzenergie an den Contracting-Nehmer (= Auftraggeber).

Energieeinspar-Contracting:

Planung, Bau, Betrieb und Finanzierung von Energieeinsparmaßnahmen durch Contractor, Garantie der Einsparprognose, Refinanzierung durch erzielte Einsparung.

Bereits seit dem Jahr 2002 beschäftigt sich die Stadt Nürnberg mit dem Thema Contracting. Insgesamt wurden drei große Contracting-Projekte durchgeführt; alle sind bereits abgeschlossen:

- Wärmelieferungs-Contracting für die Grundschule Hintere Insel Schütt, 2002-2011
- Energieeinspar-Contracting für den Bauhof Donaustraße und das Förderzentrum Jean-Paul-Platz, 2006-2015
- Energieeinspar-Contracting für die Berufsschulen B4/B14, 2008-2019

Weiterhin wurden drei kleinere BHKW-Projekte im Rahmen eines Wärmelieferungs-Contractings mit der N-ERGIE abgewickelt. Der Vorteil hierbei liegt in der unbürokratischen und schnellen Abwicklung. Zudem wird eine Kostenneutralität von Anfang an gewährleistet.

Die Erfahrungen sind vielfältig; es gibt eine Reihe von Unwägbarkeiten, die vorher nicht absehbar sind.

Erfahrungen positiv	Erfahrungen negativ
Qualitativ hochwertige Anlagentechnik	Schnittstellenproblematik – z. B. Es wird nicht warm - ist Contractor oder Heizungsabteilung zuständig?
Guter Service	Schnittstellenproblematik – z. B. Kesseldefekt kurz vor Vertragsende – wer trägt Verantwortung und Kosten?
Persönliche Ansprechpartner, die bei Bedarf zuverlässig, zeitnah und selbstständig agieren	BHKW-Laufzeit vom Contractor stark gedrosselt und damit unwirtschaftlich
Anpassungen und Problembekämpfung meist unbürokratisch und schnell möglich	Gebäudeleittechnik ist nicht kompatibel mit der übergreifenden städtischen GLT
Keine gravierenden bzw. unlösbaren Probleme während der Vertragslaufzeit	Unzureichende Kooperation der Fachdienststellen mit Contractor
	Interne Konkurrenzsituation von Contractor zu Fachdienststellen
	Errechnete Einsparungen werden nicht erreicht
	Einsparerfolge werden ‚schöngerechnet‘
	Erzwingen von Einsparpotenzialen auf Kosten der Nutzer z. B. knappe Raumtemperaturen
	Preisänderungsklausel der Contracting-Raten erweist sich als unwirtschaftlich für die Kommune

Die Schnittstellenproblematik bzw. Zuständigkeitsklärung hat sich als die größte Herausforderung erwiesen. Obwohl im Vergleich zur Eigenbeschaffung eine Wirtschaftlichkeit in der Betrachtung bei allen Projekten gegeben war, ist abschließend festzustellen, dass

sich Contracting für die Stadt Nürnberg nicht als geeignetes Instrument herausgestellt hat. Contracting erscheint eher sinnvoll für kleine Kommunen und Unternehmen, die nicht über eigene Fachabteilungen bzw. Kompetenzen und die notwendigen finanziellen Mittel verfügen.



Beleuchtung Weinstadt



**Einsparererfolge
in Eigenbetrieben**

4

Auch durch die Eigenbetriebe der Stadt Nürnberg werden technische Anlagen betrieben, die teilweise einen großen Energiebedarf aufweisen und deshalb über hohe Einsparpotenziale verfügen.

Die Eigenbetriebe widmen sich dem Thema Energie- und Kosteneinsparung seit vielen Jahren und erzielen dabei beachtliche Erfolge.

Beispielhaft werden hier die Aktivitäten

der Eigenbetriebe Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg (SUN) für die Klärwerke und Servicebetrieb Öffentlicher Raum (SÖR) für die Straßenbeleuchtung dargestellt.

SUN – Reduzierung des Energiebedarfs in der Stadtentwässerung – drei Beispiele

Energiecontrolling

Abwasserableitung, Abwasserreinigung sowie Umweltanalytik benötigen viel Energie. Soviel, dass die SUN größter Einzelverbraucher an Energie im städtischen Vergleich ist. Dabei verteilt sich der Energieverbrauch auf die unterschiedlichsten Medien und Einsatzbereiche. Der Stromverbrauch des Kanalbetriebs verteilt sich auf über 100 Bauwerke im gesamten Stadtgebiet. In den Klärwerken 1 und 2 sowie in den angrenzenden Gebäuden der Verwaltung, des Kanalbetriebs und Umweltanalytik sind über 700 Stromzähler verbaut. Hinzu kommen Dutzende Wärme- und Kältemengenzähler, Werte über Treibstoffverbräuche des Fuhrparks und unzählige Daten aus den Leitsystemen für Wasser, Schlamm und Klärgas.

Um hier den Überblick zu behalten, Bilanzen zu erstellen, Kennzahlen zu bilden, um letztendlich in der Auswertung von hochauflösenden Datenreihen die gewünschte Energieeinsparung zu erhalten, benötigt es eine professionelle Softwarelösung.

„Aufgrund einer soliden Datenbasis, die in Excel bereits vorlag, konnte das System Stück für Stück aufgebaut werden“, so Matthias Germeroth, Energiemanager bei SUN. „Energiecontrolling ist dabei keine One-Man-Show. Neben der Administration bedarf es Kollegen aus IT, Leit-, Prozess-, Maschinen- und E-Technik sowie Bauunterhalt, um den Datenbestand kontinuierlich zu plausibilisieren und Schlüsse aus den Berichten zu ziehen.“

In den Jahren 2019 und 2020 wurde ein Softwaresystem eingeführt, das alle Energiemengen erfasst und aggregiert. Das System koppelt sich dabei mittels sogenannter IPCs vor Ort via Modbus an Stromzähler an und liest diese im 15-min Takt aus. Prozessdaten können via CSV-Import aus den Leitsystemen von Kanalbetrieb und Klärwerk eingesammelt werden. Noch nicht automatisch einlaufende Daten oder Jahreswerte, für die eine automatische Erfassung nicht wirtschaftlich wäre, werden derzeit manuell eingetragen. Geplant ist auch eine Auslesung mittels speziellem Handfascungsgerät, z.B. für monatliche Ablesungen.

Energiecontrolling bei SUN



Energieeffiziente Antriebstechnik in Klärwerk 1+2

Weltweit liegt der Anteil des Stromverbrauchs der Industrie, laut der internationalen Energieagentur IEA, bei 40 %, wobei etwa zwei Drittel auf Elektromotoren entfallen. Die Liste der Einsatzbereiche eines Elektromotors in der Abwassereinigung ist lang und daher auch der Anteil am Gesamtstromverbrauch bei SUN. Hebeschnecken, Pumpen, Gebläse, Rührwerke, Räumler und vieles mehr werden in den Klärwerken damit betrieben.

Das Sachgebiet Elektrotechnik um Herrn Boeckmann widmet sich seit Jahren im Anlagenunterhalt der Modernisierung solcher Antriebe und ist dabei auf der Höhe der Zeit. Defekte Motoren, in die Jahre gekommene oder Antriebe mit besonders hoher Leistung und Betriebsstundenzahl werden ausschließlich durch IE4 oder gleich IE5 Motoren ersetzt. Wo möglich, sorgen Frequenzumrichter zusätzlich für eine an den Bedarf angepasste Drehzahlregelung. „Als Mitarbeiter in einem Umweltbetrieb sollte es auf der Hand liegen, die Umwelt zu achten und mit den

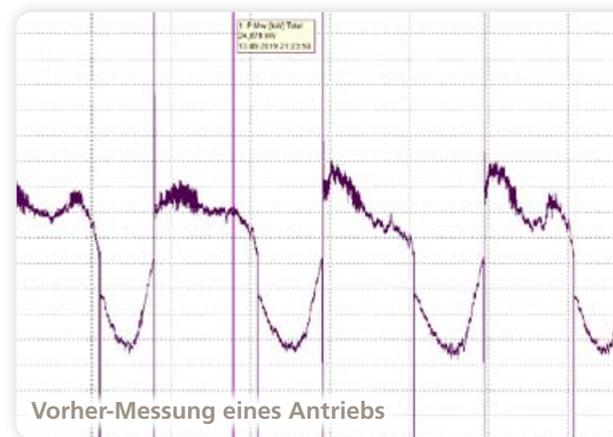
vorhandenen Ressourcen sparsam umzugehen,“ konstatiert Herr Boeckmann, der in 2021 in seinen verdienten Ruhestand gehen wird.

„Als Sachgebietsleiter der Elektrotechnik in den Klärwerken 1 und 2 ist es unter anderem meine Aufgabe, darauf zu achten, dass elektrischer, regenerativer Strom effizient eingesetzt wird und ich nehme mir heraus, ab und zu auch mal das Licht auszuschnalten, wenn es nicht benötigt wird. Da Kleinvieh auch Mist macht, sollte jeder in seinem Umfeld die Vorbildfunktion einnehmen. Schließlich kommt Beruf ja auch von Berufung und somit sind wir die besten Fachleute.“ war der augenzwinkernde Kommentar zu seiner beruflichen Tätigkeit.

Derzeit werden im Klärwerk 2 zahlreiche Antriebe zum Austausch vorbereitet. Eine vorher/nachher Vergleichsmessung soll zeigen, ob die erwartete Einsparung erreicht wird. Im Abwasserhebewerk des Sandfilters im Klärwerk 2 werden alleine durch den Austausch von drei Antrieben

rund 46.000 kWh pro Jahr an Einsparung erwartet – in etwa dem Jahresstromverbrauch von elf 4-Personen-Haushalten.

Doch nicht nur Herr Boeckmann setzt sich im Sachgebiet Elektrotechnik für das Thema Energieeffizienz ein. So kennt auch Herr Lindner als langjähriger Mitarbeiter die Stellschrauben für saubere und effiziente Energie im Klärwerk nur zu gut. Im Jahr 2020 ließ er den größten Teil der Beleuchtung in den Verwaltungs- und Laborgebäuden gegen LED-Technik austauschen.



Vorher-Messung eines Antriebs

Kläffizient – Klärwerke als Akteure am Energiemarkt

Der Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik der Friedrich-Alexander-Universität in Erlangen (FAU) koordiniert das Projekt „Kläffizient“, mit dem das Potential von Klärwerken als Strom- und Gasanbieter auf dem Energiemarkt simuliert und experimentell erforscht wird. Das dreijährige Projekt, an dem die Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg (SUN) und die eta Energieberatung GmbH beteiligt sind, startete im Oktober 2020. Es wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) mit rund 400.000 Euro gefördert.

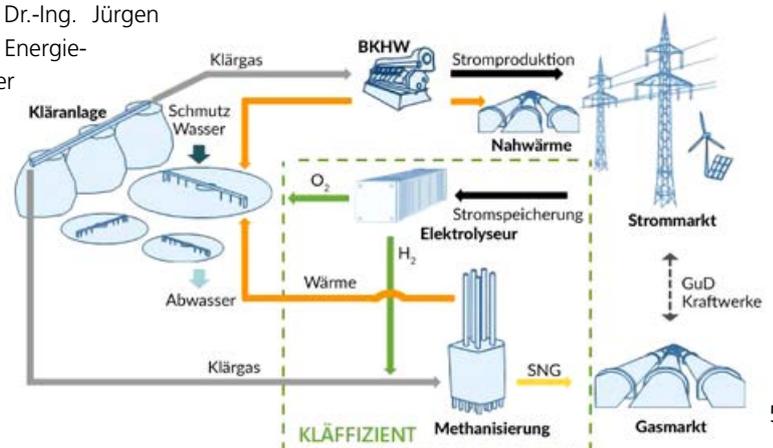
Bei der Reinigung von Abwasser entsteht Klärgas, das zu zwei Dritteln aus Methan und zu einem Drittel aus Kohlendioxid besteht. Während der Methananteil des Klärgases in Blockheizkraftwerken zur Wärme- bzw. Stromerzeugung genutzt wird, entweicht das klimaschädliche Kohlendioxid in die Atmosphäre. Aus dieser

Not lässt sich jedoch eine Tugend machen: Bei hohen Temperaturen reagiert Kohlendioxid unter Zugabe von Wasserstoff zu Methan und Wasser. Dieses Verfahren wird Methanisierung genannt.

„Die Methanisierung ist eine Schlüsseltechnologie der Energiewende. Nur als Methan kann Wasserstoff aus erneuerbaren Energien einfach, jederzeit und überall genutzt werden. Gleichzeitig wird das CO₂ aus unseren Kläranlagen klimawirksam gebunden“, erklärt Projektkoordinator Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl vom Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik der

FAU. Der benötigte Wasserstoff stammt idealerweise aus der Elektrolyse von Wasser, die mit Strom aus erneuerbaren Energien betrie-

ben wird. Bei der Elektrolyse entsteht Sauerstoff, den die Kläranlagen zur biologischen Reinigung des Schmutzwassers nutzen können. „Der Methanisierungsmodellanlage im Klärwerk Nürnberg wird allerdings keine Elektrolyse vorgeschaltet, der Wasserstoff kommt für den Versuchsbetrieb noch aus Flaschen“, erklärt Matthias Germeroth, Energiemanager bei SUN. Bei der Simulation des Energiesystems der Kläranlage im Modell werde die Elektrolyse jedoch berücksichtigt.



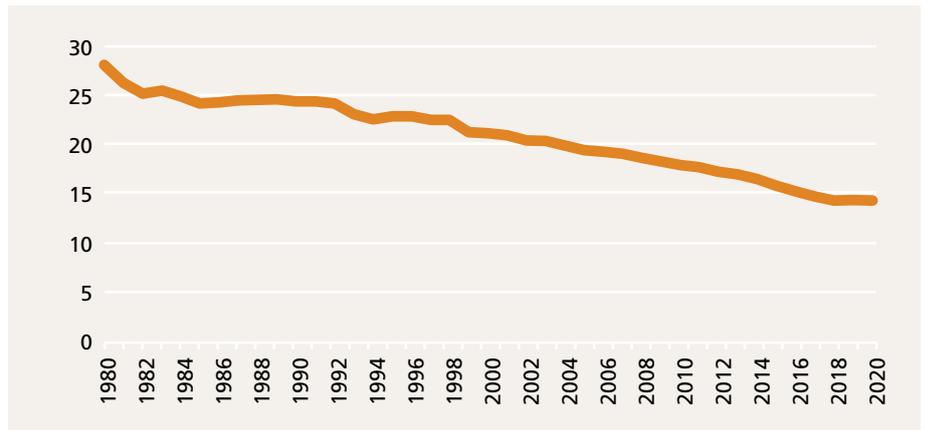
Service öffentlicher Raum (SÖR) Energieeinsparung Straßenbeleuchtung

Der Umbau der Straßen- und Stadtbeleuchtung von konventioneller Technik auf die deutlich energieeffizientere LED-Technik wurde auch in den Jahren 2019 und 2020 vom Servicebetrieb Öffentlicher Raum weiter intensiviert.

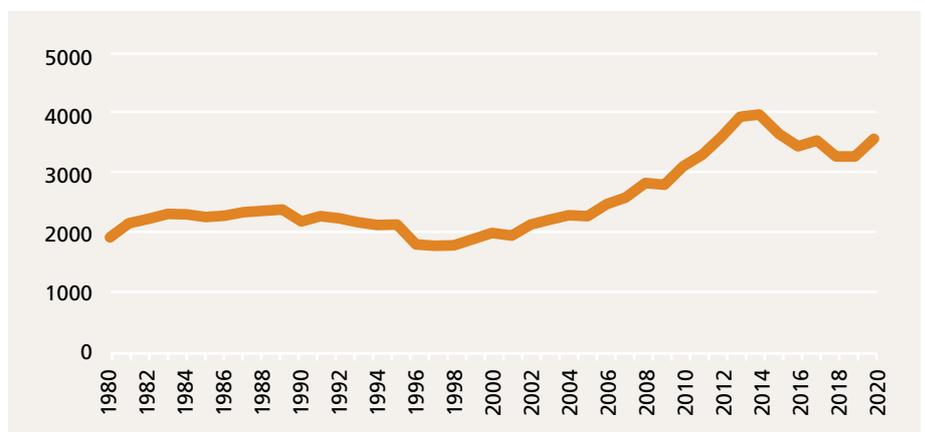
Ende des Jahres 2020 lag der Anteil an LED-Beleuchtungsanlagen im gesamten Netz der Straßenbeleuchtung bei rund 21 %.

Seit Start des LED-Projekts in 2011 konnte bis Ende 2020 der jährliche Energieverbrauch insgesamt um 3,3 GWh gesenkt werden.

Entwicklung Stromverbrauch für Straßenbeleuchtung je km Straße in MWh/km



Entwicklung Stromkosten für Straßenbeleuchtung je km Straße in EUR/km



Die Darstellung des Stromverbrauches je Kilometer beleuchtete Straße belegt

anschaulich die umfangreichen Aktivitäten für diesen Verbrauchsbereich und die

damit erreichten Effizienzsteigerungen in den letzten Jahren.



Abbildungsnachweis

Seite 3:

Planungs- und Baureferat Stadt Nürnberg

Seite 19:

Grafik Fernwärmebestandteile N-ERGIE Aktiengesellschaft

Seite 20:

Grafik Strompreisbestandteile N-ERGIE Aktiengesellschaft

Seite 33:

Foto: Ingenieurbüro Bautz IBB

Seite 35/36:

Fotos: Architektengemeinschaft Grundschule Thoner Espan GbR,
baum-kappler architekten gmbh | Junk & Reich Architekten BDA,
Fotograf: Ralf Dieter Bischoff

Seite 37:

Fotos: Ing+Arch

Seite 43:

Grafik Howatherm Klimatechnik GmbH

Seiten 52/53:

Grafik Eigenbetrieb Stadtentwässerung und Umweltanalytik (SUN)
der Stadt Nürnberg

Seite 53:

Grafik Friedrich-Alexander-Universität Erlangen

alle anderen:

Hochbauamt Stadt Nürnberg

