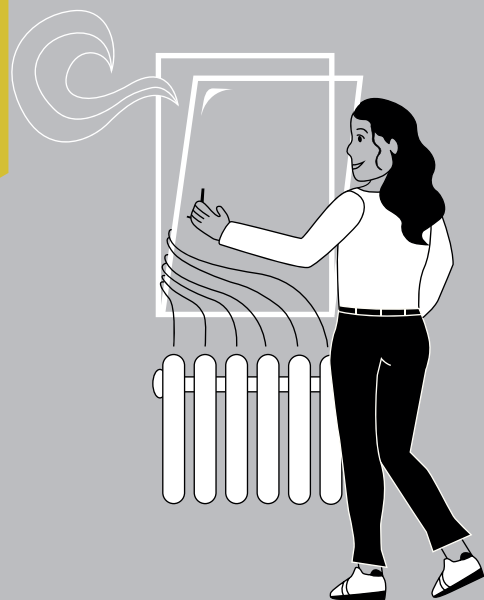


# Wärme Broschüre

Alles Wissenswerte zum  
Thema Wärme an Schulen  
der Stadt Aachen



© Stadt Aachen / Carabin Prass GmbH

# Inhalt

<b>I. Einleitung</b> .....	<b>4</b>
<b>II. Wärme – wir packen es an!</b> .....	<b>5</b>
<b>III. Checkliste</b> .....	<b>7</b>
1. Heizenergieverbrauch .....	7
2. Heizenergieoptimierung .....	7
<b>IV. Alles Wissenswerte zum Heizenergieverbrauch</b> .....	<b>9</b>
1. Begrifflichkeiten: Wärme vs. Heizenergie .....	9
2. Wer hilft beim Ermitteln des Heizenergieverbrauchs?.....	9
3. Wie kann man mit Energiekennwerten den Heizenergieverbrauch einordnen? .....	9
4. Wie wird unsere Schule beheizt? .....	13
5. Was ist eigentlich Fernwärme? .....	13
6. Wie ermittle ich die heizenergiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen meiner Schule?.....	14
7. Was kostet die Beheizung unsere Schule?.....	15
8. Heizenergieverbrauch, -kosten und CO <sub>2</sub> -Emissionen aller Aachener Schulen .....	15
<b>V. Alles Wissenswerte zum Nutzer*innenverhalten</b> .....	<b>17</b>
1. Energieeffizientes Lüften: So geht es!.....	17
2. Heizkörper frei – macht den Heizkörpercheck.....	23
3. Türen geschlossen halten .....	23
4. Umweltdienste einrichten .....	24
5. Veranstaltungsmanagement.....	24
6. Wie wäre es mit einem Warmen-Pulli-Tag? .....	24
<b>VI. Alles Wissenswerte zu Betriebsoptimierungen</b> .....	<b>25</b>
1. Wie ist die Betriebsführung organisiert?.....	25
2. Raumtemperaturcheck: Wie warm sollen Aachener Schulen sein? .....	26
3. Wird die Temperatur außerhalb der Betriebszeit abgesenkt? .....	27
4. Läuft die Heizungsanlage ohne Gluckern?.....	28
5. Sind die Heizkörper im Windfang oder direkt neben Außentüren dauerhaft ausgeschaltet? .....	28
6. Sind Heizungsrohre und Armaturen isoliert?.....	28
7. Schließen die Fenster und Türen dicht?.....	28
<b>VII. Alles Wissenswerte rund um Gebäudehülle und Haustechnik</b> .....	<b>29</b>
1. Wer kümmert sich um die energetische Sanierung der Schulen? .....	29
2. Die Klimaneutralitätsstrategie der Stadt Aachen für die kommunalen Gebäude.....	29
3. Welche energetische Qualität hat die Außenhülle unserer Schule?.....	31
<b>VIII. Aktionsbeispiele an Aachener Schulen</b> .....	<b>34</b>

1.	Grundschule Hanbruch: Wieviel Heizenergie verbraucht unsere Schule? .....	34
2.	Marktschule Brand: Wie wird unsere Schule warm? .....	35
<b>IX.</b>	<b>Aktionsbeispiele Stadt Aachen .....</b>	<b>37</b>
1.	Nutzerbeteiligung .....	37
2.	Betriebsoptimierungen .....	38
3.	Energetische Sanierungen .....	39
<b>X.</b>	<b>Hilfreiche Links und Angebote .....</b>	<b>43</b>
1.	Regionale Angebote .....	43
2.	Grundlegende Informationen .....	44
3.	Unterrichtsmaterialien .....	45
4.	Interaktive Webseiten .....	46
5.	Lehrvideos .....	47

# I. Einleitung

Ihr fragt euch, wie eure Schule eigentlich warm wird, wie hoch der Heizenergieverbrauch eurer Schule ist und mit welchen CO<sub>2</sub>-Emissionen er verbunden ist? Ihr wollt wissen, was ihr tun könnt, um den Heizenergieverbrauch zu beeinflussen und welche Strategien die Stadt Aachen verfolgt, um die Aachener Schulen in Zukunft klimaneutral zu beheizen? Mit dieser Broschüre möchten wir, das Energiemanagement der Stadt Aachen, euch in eurem Vorhaben unterstützen. Hier findet ihr Infos rund um das Thema Wärme an Aachener Schulen; Kontaktdaten von Menschen, die euch weiterhelfen können, Links, Tipps und Anregungen für Aktionen.

Mit unserer Checkliste Heizenergie (Kapitel III), die ihr auf unserer Internetseite auch als beschreibbares PDF-Dokument herunterladen könnt, habt ihr die Möglichkeit, das Thema Wärme an eurer Schule in allen Facetten zu beleuchten. Ihr könnt die Broschüre aber natürlich auch nutzen, um euch über einzelne Aspekte zu informieren.

Ihr habt weitere Fragen oder wollt uns von euren Aktionen berichten? Meldet euch bei uns – wir freuen uns, von euch zu hören. Die enthaltenen Informationen werden von uns regelmäßig aktualisiert und mit neuen Projektideen und mit Antworten auf neu aufgekommene Fragen ergänzt.

Diese Broschüre ist Teil des Schulprogramms „Active for Future“ für mehr Nachhaltigkeit an Aachener Schulen und wird vom Energiemanagement unter dem Motto „Energie, Wasser, Abfall – Wir packen es an!“ angeboten. Active for Future unterstützt Aachener Schulen auf ihrem Weg zu mehr Nachhaltigkeit mit Fördergeldern, Workshops, Vernetzungsformaten und Informationsmaterialien. Alle Infos zu Active for Future und „Energie, Wasser, Abfall – wir packen es an“ findet ihr unter: [https://www.aachen.de/DE/stadt\\_buerger/umwelt/Bildung-fuer-Nachhaltige-Entwicklung/activeforfuture/index.html](https://www.aachen.de/DE/stadt_buerger/umwelt/Bildung-fuer-Nachhaltige-Entwicklung/activeforfuture/index.html).

## **Kontakt**

### **Energiemanagement der Stadt Aachen**

Regina Bähr

Tel.: 0241 432-26521

regina.baehr@mail.aachen.de

Stand: Oktober 2024

## II. Wärme – wir packen es an!

Projekte zum Thema „Wärme in unserer Schule“ lassen sich in unterschiedlichen Gruppenzusammensetzungen und Zeitrahmen planen und umsetzen – in einer Klasse als mehrstündige Unterrichtseinheit, im Rahmen einer AG während des gesamten Halbjahres, in der Offenen Ganztagschule als Quartalsprojekt, in der Projektwoche,... Je nach Rahmenbedingung sind größere oder kleinere Aktionen umsetzbar. Grundsätzlich bietet sich bei der Durchführung von Aktionen folgende Vorgehensweise an.

### **Heizenergiesituation analysieren**

Um die Heizenergiesituation an eurer Schule besser kennenzulernen und einen Einstieg in das Thema zu finden, kann euch unsere Checkliste helfen, die ihr auf der nächsten Seite findet oder als beschreibbares PDF-Dokument zum Download auf unserer Webseite. Sie bietet eine gute Grundlage, um die Heizenergiesituation an eurer Schule transparent zu machen. Für das Ausfüllen der Checkliste braucht ihr an der ein oder anderen Stelle vielleicht Unterstützung, weil euch Informationen fehlen. In dieser Broschüre findet ihr wichtige Hilfestellungen und Ansprechpersonen. Sollten darüber hinaus noch Fragen offen sein, könnt ihr euch gerne an uns wenden.

### **Aktionen planen und durchführen**

Nach Auswerten des Wärmechecks fallen euch sicherlich Aktionen ein, die den Heizenergieverbrauch an eurer Schule reduzieren können. Von der Art der geplanten Aktion hängt die weitere Vorgehensweise, Einbindung von Personen, Öffentlichkeitsarbeit etc. ab. Der Wärmeenergieverbrauch eines Gebäudes hängt von verschiedenen Faktoren ab, dem Nutzerverhalten, der Betriebsführung und dem Gebäudezustand.

Die Faktoren im Bereich Nutzerverhalten könnt ihr als Nutzer\*innen ggf. in Zusammenarbeit mit eurem\*eurer Hausmeister\*in allein beeinflussen. Im Kapitel V erhaltet ihr hierzu hilfreiche Infos.

Für die Maßnahme rund um den Betrieb des Gebäudes ist das Gebäudemanagement als Teil der Stadtverwaltung der Stadt Aachen in Zusammenarbeit mit dem\*der Hausmeister\*in zuständig. Ihr als Nutzer könnt uns bei dieser Arbeit unterstützen. Da ihr tagtäglich vor Ort seid, fallen euch viele Dinge schneller auf. Im Kapitel VI gibt es alles Wissenswerte hierzu.

Für die Maßnahmen zur Verbesserung des energetischen Gebäudezustands sind das Gebäudemanagement (Planung und Umsetzung), der Fachbereich Kinder, Jugend und Schule als Träger der Schule und die Politik (Bereitstellung von Geld) zuständig. Mit den Infos in Kapitel VII könnt ihr euch einen Überblick über den energetischen Zustand eurer Schule verschaffen und erfahrt mehr über die Sanierungsstrategie der Stadt Aachen.

Wichtig ist es, eure Aktionen in der Schule und je nach Aktion mit den Ansprechpersonen in der Verwaltung abzustimmen. Sollten sich im Laufe der Planung eurer Aktion Fragen ergeben, könnt ihr gerne mit uns Kontakt aufnehmen. Wir werden versuchen, euch weiterzuhelfen.

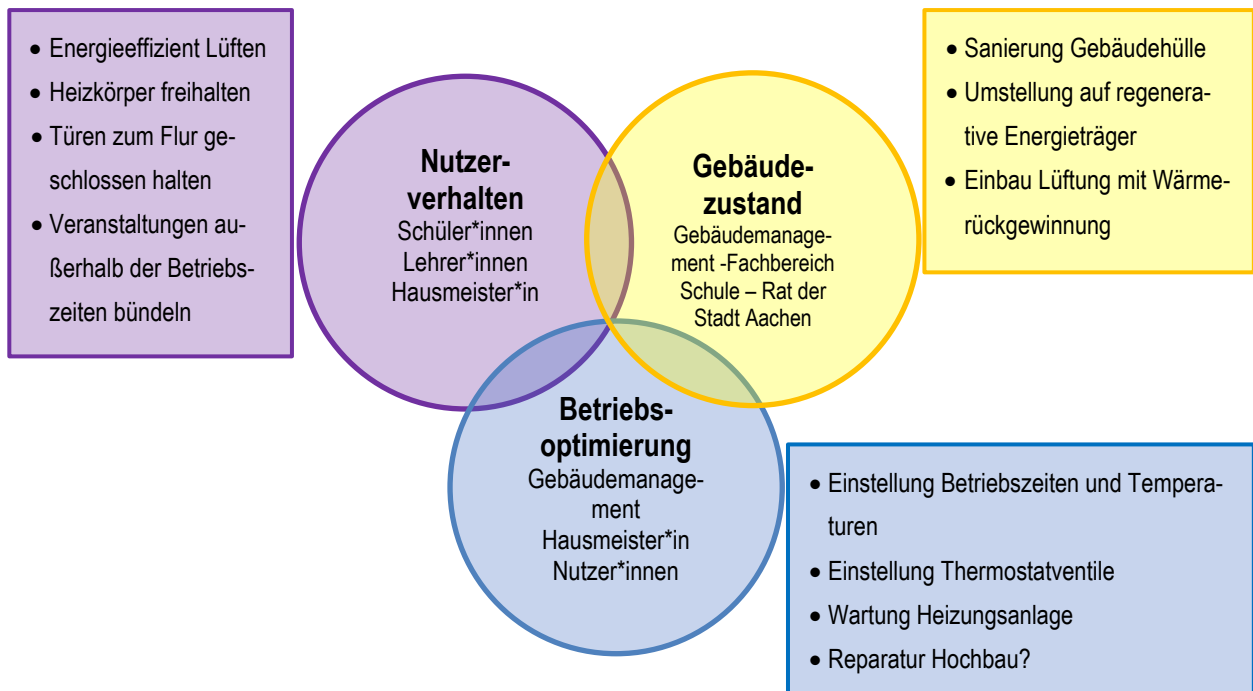


Abbildung 1: Optimierungsmaßnahmen im Überblick (Quelle: Stadt Aachen)

### Allen davon erzählen

Um eine große Wirkung zu erzielen, hilft es, möglichst vielen Menschen von eurer Aktion zu erzählen. Artikel in der Schulzeitung, Briefe oder E-Mails an die Eltern, Plakate in der Schule, ein Beitrag auf der Schulwebseite, all das sind Möglichkeiten, eure Ideen bekannt zu machen. Auch wir berichten gerne von eurer Aktion auf unserer Webseite und in der aktualisierten Broschüre. Erzählt uns von euren Aktionen per Mail oder telefonisch. Wir freuen uns, von euch zu hören!

### Im Schulalltag verankern

Jede einzelne Aktion hilft! Damit eure Ideen nicht wieder in Vergessenheit geraten und nachhaltige Veränderungen bewirken, ist es wichtig, dass ihr es schafft, eure Aktion dauerhaft im Schulalltag zu verankern.

### Ihr habt euch einen Überblick über die Energieverbrauchswerte eurer Schule verschafft?

Wie wäre es, wenn ihr mit euren Lehrer\*innen festlegt, dass das Verfolgen der Energieverbrauchswerte jetzt jedes Schuljahr von einer bestimmten Klassenstufe übernommen wird?

### Ihr habt mit einem Warmen-Pulli-Tag auf den Zusammenhang zwischen Raumtemperatur und Heizenergieverbrauch aufmerksam gemacht?

Wie wäre es, wenn eure Schule jedes Jahr einen Warmen-Pulli-Tag (siehe Kapitel V.6) durchführt bzw. an der bundesweiten Aktion teilnimmt? Auch hier kann eine festgelegte Klassenstufe die Federführung bei der Organisation übernehmen.

### Ihr habt viel über das effiziente Lüften und Heizen gelernt?

Wie wäre es, wenn ihr daraus eine Ausstellung oder Lernmaterial erstellt und mit dem Lehrkollegium abstimmt, dass dies regelmäßig an der Schule genutzt wird?

# III. Checkliste

Ihr wollt dem Thema Wärme/ Heizenergie in eurer Schule auf den Grund gehen? Hier findet ihr eine Checkliste, mit der ihr euch einen Überblick über die Heizenergiesituation an eurer Schule verschaffen und Aktionen planen könnt, um die Situation zu verbessern. Für das Ausfüllen der Checkliste braucht ihr an der ein oder anderen Stelle vielleicht Unterstützung, weil euch Informationen fehlen. In dieser Broschüre findet ihr wichtige Hilfestellungen, Hintergrundinformationen und Ansprechpersonen. In welchem Kapitel unserer Broschüre ihr die nötigen Informationen für eine bestimmte Frage findet, ist bei der jeweiligen Frage mit angegeben. Sollten darüber hinaus noch Fragen offen sein, könnt ihr euch gerne an uns wenden.

Hinweis: Diese Checkliste gibt es auch als beschreibbares PDF-Dokument und Druckvorlage zum Downloaden auf unserer Webseite.

## 1. Heizenergieverbrauch

Mit den folgenden Fragen, könnt ihr euch einen Überblick über den Heizenergieverbrauch eurer Schule verschaffen:

- Wie hoch ist unser Heizenergieverbrauch (kWh/m<sup>2</sup>a)? (Kapitel IV, 2+3)
- Hat sich der Heizenergieverbrauch in den letzten Jahren verändert?
- Ist unser Heizenergieverbrauch im Vergleich zu anderen Schulen eher hoch oder niedrig? (Kapitel IV, 3)
- Wie wird die Heizenergie für unsere Schule erzeugt? (Kapitel IV, 4)
- Mit wieviel CO<sub>2</sub>-Emissionen ist unser Heizenergieverbrauch verbunden? (Kapitel IV, 6)
- Wie teuer ist die Beheizung unseres Schulgebäudes? (Kapitel IV, 8)
- Wie können wir dauerhaft einen Überblick über unsere Heizenergiesituation erhalten?

## 2. Heizenergieoptimierung

Nachdem ihr euch einen Überblick über euren Heizenergieverbrauch verschafft habt, könnt ihr mit den folgenden Fragen herausfinden, welche Potentiale es gibt, den Heizenergieverbrauch und die Emissionen eurer Schule zu senken. Der Heizenergieverbrauch eines Gebäudes hängt von verschiedenen Faktoren ab: dem Nutzerverhalten, der Betriebsführung und dem Gebäudezustand (Gebäudehülle und Haustechnik).

### A Nutzer\*innenverhalten

Im ersten Block geht es um Potentiale im Bereich Nutzerverhalten d.h. Potentiale, die ihr mit eigenen Maßnahmen oder in Zusammenarbeit mit eurem\*eurer Hausmeister\*in ausschöpfen könnt. Informationen, die wichtig sind bei der Beantwortung der Fragen, findet ihr im Kapitel V der Wärmebroschüre.

- Wird in allen Klassen zuverlässig auf ein effizientes Lüften geachtet? (Kapitel V, 1)
- Werden die Fenster während der Heizmonate zuverlässig geschlossen gehalten außer zum Stoßlüften (auch nicht auf Kippstellung)? (Kapitel V, 1)
- Sind alle Heizkörper unverdeckt, so dass sie ungehindert Wärme abgeben können? (Kapitel V, 0)
- Werden die Außentüren während der Heizmonate geschlossen gehalten? (Kapitel V, 3)
- Werden Innentüren zwischen Räumen unterschiedlicher Temperaturen geschlossen gehalten? (Kapitel V, 3)
- Werden Veranstaltungen außerhalb der normalen Betriebszeit gebündelt? (Kapitel V, 5)

- Welche Aktionen werden an unserer Schule regelmäßig durchgeführt, um Lehrer\*innen und Schüler\*innen über energieeffizientes Heizen und Lüften zu informieren?
- Welche Aktionen können wir für die Zukunft planen/ umsetzen?
- Wie können wir das Thema langfristig in unseren Schulalltag verankern?

## **B Betriebsoptimierung**

Im zweiten Block geht es um Potentiale im Bereich der Betriebsführung. Für die Betriebsführung ist das Gebäudemanagement der Stadt Aachen in Zusammenarbeit mit dem\*der Hausmeister\*in zuständig. Ihr als Nutzer\*innen könnt bei dieser Arbeit unterstützen. Da ihr tagtäglich vor Ort seid, fallen euch viele Dinge schneller auf. Sollten euch in diesem Bereich notwendige Maßnahmen auffallen, besprecht euch mit eurem\*eurer Hausmeister\*in. Er bildet die Schnittstelle zu den zuständigen Ansprechpersonen im Gebäudemanagement. Wir werden versuchen, die entsprechenden Maßnahmen gemeinsam schnellstmöglich umzusetzen. Im Kapitel VI, 1 der Wärmebroschüre findet ihr nähere Infos dazu, wie der Betrieb der Gebäude organisiert ist. Auch weitere hilfreiche Infos zur Beantwortung der Fragen findet ihr im Kapitel VI der Wärmebroschüre.

- Werden die für energieeffizientes Heizen vorgegebenen Temperaturen nicht überschritten (Klassenraum 20°C, Flur 15°C, Toiletten 15°C)? (Kapitel VI, 2)
- Wird die Temperatur nachts, am Wochenende und in den Ferienzeiten abgesenkt? (Kapitel VI, 3)
- Läuft die Heizungsanlage ohne Gluckern? (Kapitel VI, 4)
- Sind die Heizkörper im Eingangsbereich von Windfang und/ oder Außentüren dauerhaft ausgeschaltet? (Kapitel VI, 5)
- Sind Heizungsrohre und Armaturen isoliert? (Kapitel VI, 7)
- Schließen die Fenster und Türen dicht? (Kapitel VI, 7)

## **C Gebäudehülle**

Im dritten Block geht es um Potentiale rund um den Gebäudezustand d.h. die Außenwände, Dach, Fenster etc. Für die Maßnahmen zur Verbesserung des energetischen Gebäudezustands sind das Gebäudemanagement (Planung und Umsetzung), der Fachbereich Schule als Träger der Schule und die Politik (Bereitstellung von Geld) zuständig. Diese Maßnahmen erfordern einen höheren Planungs- und Finanzaufwand und sind daher nur mittel- bis langfristig umsetzbar. Die Umsetzung von Maßnahmen in diesem Bereich kann von euch als Nutzer\*innen nur bedingt beeinflusst werden. Die Planung dieser Maßnahmen erfolgt unter Abstimmung verschiedener Rahmenbedingungen. Nähere Infos zur Sanierungsstrategie der Stadt Aachen findet ihr in Kapitel VII, 1 unserer Wärmebroschüre. Trotz alledem habt ihr vielleicht Interesse, euer Gebäude zu erkunden.

Hilfreiche Infos zur Beantwortung der folgenden Fragen findet ihr im Kapitel VII der Wärmebroschüre.

- Sind die Außenwände gedämmt? Welche energetische Qualität haben die Außenwände? (Kapitel VII, 3)
- Welche energetische Qualität haben die Fenster? (Kapitel VII, 3)
- Ist die Kellerdecke gedämmt? Welche energetische Qualität hat die Kellerdecke? (Kapitel VII, 3)
- Ist der Dachboden/die Geschossdecke/das Dach gedämmt bzw. welche energetische Qualität haben diese Bauteile? (Kapitel VII, 3)



# IV. Alles Wissenswerte zum Heizenergieverbrauch

## 1. Begrifflichkeiten: Wärme vs. Heizenergie

Wir benutzen in dieser Broschüre die Begriffe Heizenergie und Wärme. Heizenergie verwenden wir, wenn wir von der Energie in Form von Gas, Biomasse oder Fernwärme sprechen, die in ein Gebäude „reingesteckt“ wird, um es zu heizen. Wir gehen dabei bewusst nicht auf die unterschiedlichen Verlustfaktoren in der Energieumwandlungskette (Wirkungsgrad Kessel, Verteilungsverluste, etc.) ein, da dies den Rahmen dieser Broschüre sprengen würde. Solltet ihr das Thema z.B. im Fach Physik behandeln und in die Begrifflichkeiten und Bilanzgrenzen tiefer einsteigen, können wir euch gerne mit weiteren Infos versorgen.

Wärme verwenden wir als Überbegriff wie z.B. „Alles Wissenswerte zum Thema Wärme an Schulen der Stadt Aachen“.

## 2. Wer hilft beim Ermitteln des Heizenergieverbrauchs?

Einen ersten Eindruck zu eurem Heizenergieverbrauch könnt ihr euch über die Plattform e2watch (<https://stadt-aachen.e2watch.de/>) verschaffen. Hier findet ihr die Energieverbrauchswerte aller öffentlichen Gebäude der Stadt Aachen. Solltet ihr Fragen zu der Handhabung von e2watch oder euren Verbrauchswerten haben, unterstützen wir euch gerne. Unser Energiemonitoringsystem wird zum Jahresende umgestellt und daher wird e2watch ab Januar 2025 nicht mehr verfügbar sein. Wir hoffen, euch die Informationen zeitnah über unser neues System wieder auf einer öffentlichen Webseite zur Verfügung stellen zu können. Aktuelle Infos hierzu werden wir in der Onlineversion dieser Broschüre Ende des Jahres ergänzen.

Zu den öffentlich hinterlegten Energieverbrauchswerten liegen uns zusätzlich zu vielen Gebäuden noch Unterzählerdaten von einzelnen Gebäudebereichen vor. Diese stellen wir euch gerne auf Nachfrage entsprechend aufbereitet zur Verfügung, so dass ihr einen noch besseren Überblick über die Verbrauchssituation eurer Schule gewinnen könnt.

## 3. Wie kann man mit Energiekennwerten den Heizenergieverbrauch einordnen?

Ihr habt den Heizenergieverbrauch eurer Schule ermittelt und fragt euch jetzt, ob dieser eher hoch oder niedrig ist? Um den Heizenergieverbrauch mit anderen Schulen vergleichen zu können, müsst ihr den Jahresverbrauch auf die Fläche der Schule beziehen. Als Bezugsfläche wird hierzu die beheizte Nettogrundfläche benutzt. Ihr findet diese Fläche in e2watch unter dem Reiter Energieausweis oder ihr könnt die Flächen bei uns erfragen. Für eine erste Einordnung findet ihr in den folgenden Diagrammen die spezifischen Heizenergieverbrauchswerte des Jahres 2023 aller städtischen Aachener Schulen:

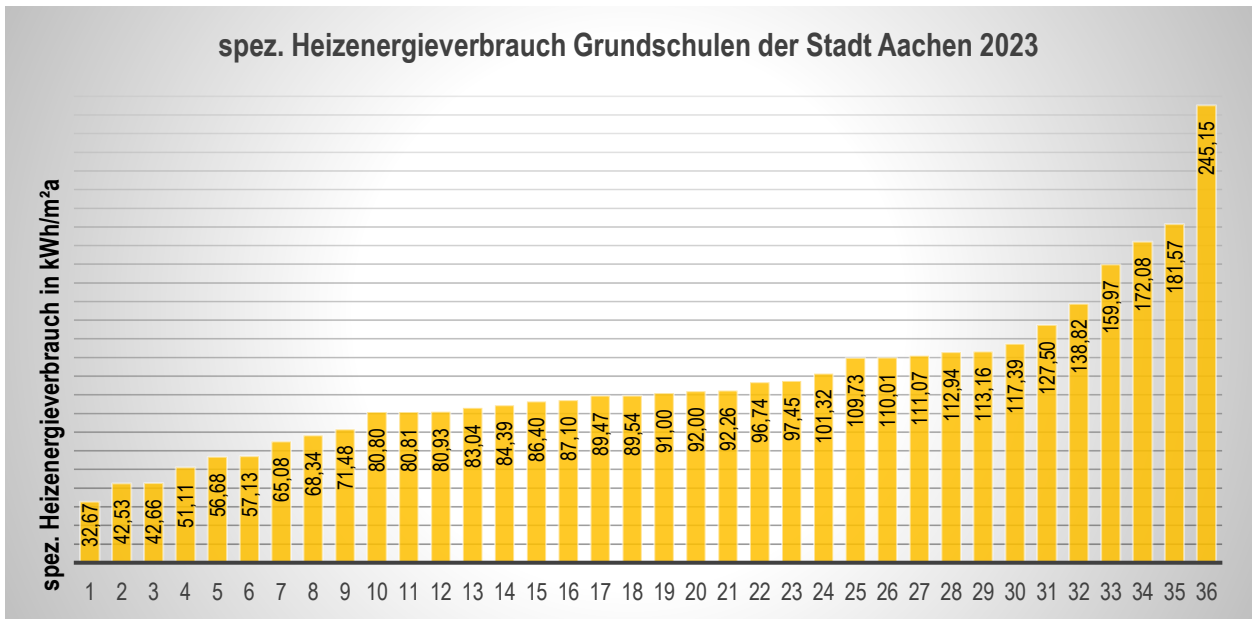


Abbildung 2: Spezifischer Heizenergieverbrauch der Grundschulen der Stadt Aachen (Quelle: Stadt Aachen)

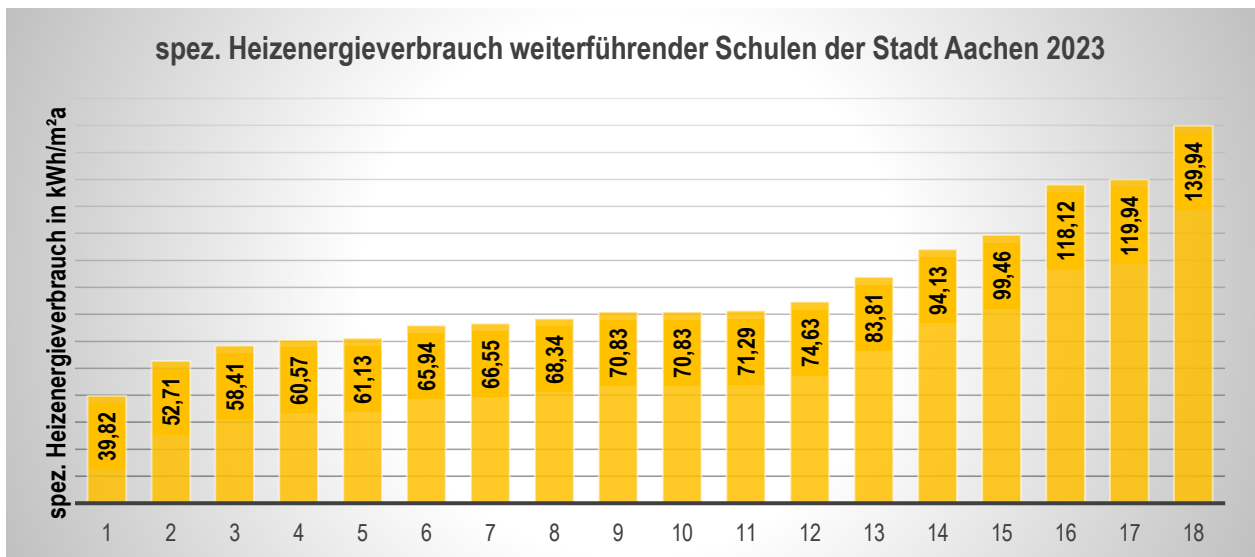


Abbildung 3: Spezifischer Heizenergieverbrauch weiterführender Schulen der Stadt Aachen 2023 (Quelle Stadt Aachen)

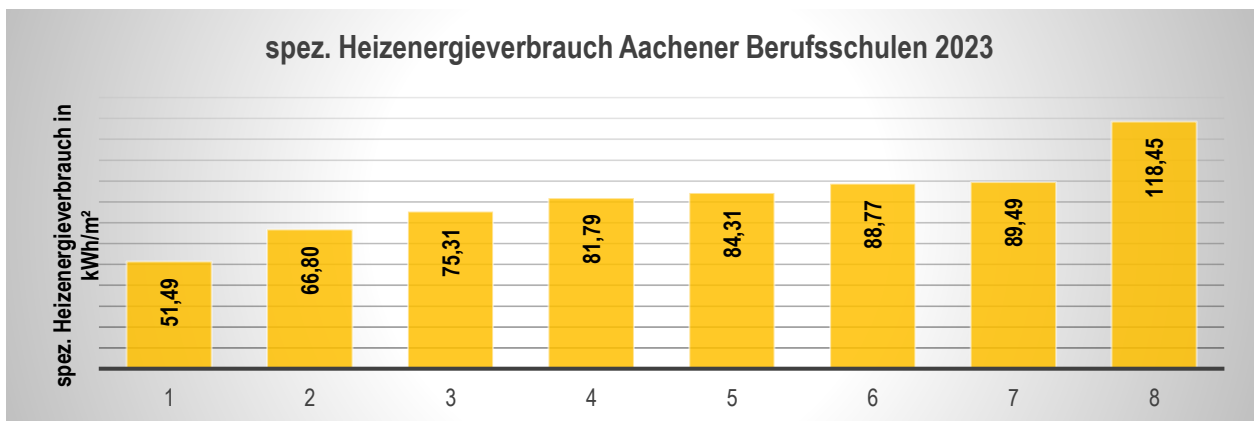


Abbildung 4: Spezifischer Heizenergieverbrauch Aachener Berufsschulen 2023 (Quelle: Stadt Aachen)

Außerdem gibt es die Möglichkeit, eure Verbrauchswerte mit allgemeinen deutschlandweiten Kennwerten für Schulen zu vergleichen. Die allgemeinen Kennwerte beziehen sich auf einen witterungsbereinigten Verbrauch. Das Verfahren der Witterungsbereinigung ermöglicht den Vergleich von Heizenergieverbräuchen unterschiedlicher Jahre und unterschiedlicher Standorte. Hierzu wird der Einfluss der Witterung und des Klimas auf den Heizenergieverbrauchs mit sogenannten Klimafaktoren herausgerechnet. Die Witterungsbereinigung erfolgt durch das Multiplizieren des gemessenen Jahres-Heizenergieverbrauchs mit dem entsprechenden Klimafaktor. In der folgenden Tabelle findet ihr die Klimafaktoren der letzten Jahre:

PLZ/Jahr	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
52062	1,03	1,32	1,17	1,13	1,17	1,24	1,2	1,3	1,11	1,3	1,31
52064	1,03	1,3	1,16	1,13	1,16	1,23	1,19	1,29	1,11	1,29	1,29
52066	1,02	1,29	1,15	1,12	1,15	1,22	1,18	1,27	1,1	1,28	1,28
52068	1,03	1,31	1,16	1,13	1,17	1,24	1,19	1,29	1,11	1,3	1,3
52070	1,05	1,35	1,19	1,15	1,20	1,26	1,22	1,32	1,13	1,33	1,33
52072	1	1,24	1,11	1,09	1,13	1,20	1,15	1,24	1,08	1,25	1,26
52074	0,99	1,22	1,10	1,08	1,11	1,19	1,13	1,22	1,07	1,23	1,24
52076	0,94	1,16	1,05	1,03	1,06	1,13	1,08	1,16	1,02	1,18	1,18
52078	0,97	1,2	1,08	1,06	1,09	1,16	1,11	1,20	1,05	1,21	1,22
52080	1,0	1,25	1,12	1,10	1,13	1,2	1,16	1,25	1,08	1,26	1,26

Tabelle 1: Klimafaktoren (Quelle: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimafaktoren/klimafaktoren.html>)

In den untenstehenden Tabellen findet ihr die allgemeinen Kennwerte für verschiedene Schultypen und einen Bewertungsansatz mit dem ihr den Heizenergieverbrauch eurer Schule grob einordnen könnt. Wichtig ist dabei zu wissen, dass diese Werte nur zur Bewertung von Bestandsgebäuden dienen. Sie geben keinen Aufschluss darüber, welcher energetische Standard im Falle einer Sanierung oder eines Neubaus angestrebt werden sollte. (siehe auch Exkurs „Wie entstehen die Vergleichswerte?“).

Gebäudekategorie	Heizenergieverbrauchskennwert	
	Richtwert in kWh/m <sup>2</sup> NGFA	Mittelwert in kWh/m <sup>2</sup> a
Grundschule	73	123
Weiterführende Schule	93	111
Berufsschule	67	97

Tabelle 2: Heizenergieverbrauchswerte (Quelle: VDI 3807 Blatt 2)

Bewertung	Kennwert
Sehr gut	<= Richtwert
Gut	> Richtwert und <= Mittelwert
Befriedigend	> Mittelwert und >=1,25*Mittelwert
schlecht	> 1,25*Mittelwert

Tabelle 3: Bewertungsansatz (Quelle: VDI 3807 Blatt 2)

### **Exkurs: Wie entstehen die Vergleichswerte?**

Die in einer Richtlinie des Vereins Deutscher Ingenieure veröffentlichten Vergleichskennzahlen sind durch die Auswertung einer Vielzahl von realen Verbrauchswerten von Schulen ermittelt worden.

Beim Mittelwert handelt es sich bei dieser Auswertung nicht um das arithmetische Mittel, diesen Begriff kennt vielleicht der eine oder die andere aus dem Mathematikunterricht, sämtlicher Werte, sondern um den sogenannten Modalwert. Der Modalwert ist der dichteste Wert einer Verteilung, das heißt der Wert, der unter den ermittelten Werten am häufigsten vorkommt. Untersuchungen haben gezeigt, dass die Verwendung des arithmetischen Mittels zu überhöhten Orientierungswerten führen würde.

Beim Richtwert handelt es sich um den unteren Quartalsmittelwert d.h. es wird aus den 25 Prozent besten Werten das arithmetische Mittel gebildet.

#### 4. Wie wird unsere Schule beheizt?

Die Schulen in Aachen werden größtenteils mit Gas oder über Fernwärme/Nahwärme beheizt. In der Grundschule Birkstraße gibt es eine Besonderheit: Hier erfolgt die Beheizung über einen Holzhackschnitzelkessel. In einigen Schulen wird ein Teil der Wärme über Blockheizkraftwerke, kurz BHKW, die auch mit Gas betrieben werden, bereitgestellt. In BHKWs wird neben Wärme auch Strom produziert (weitere Infos findet ihr hier: <https://verbraucherzentrale-energieberatung.de/news-wissen/magazin/blockheizkraftwerk/>). Der Betrieb von BHKWs ist effizienter als der Betrieb reiner Gaskessel, aufgrund der Verbrennung von Erdgas aber auch nicht klimaneutral. Im Rahmen der Klimaneutralitätsstrategie der Stadt Aachen sollen zukünftig die gasversorgten Gebäude auf Fernwärme umgestellt werden. Dort, wo keine Fernwärme zur Verfügung steht, sollen die Gebäude auf Wärmepumpe umgestellt werden. Genauere Infos zur Klimaneutralitätsstrategie der Stadt Aachen findet ihr in Kapitel VII, 2. Wie eure Schule beheizt wird, erfahrt ihr über eure\* eure Hausmeister\*in.

Wenn ihr euch genauer mit der Funktionsweise eurer Heizungsanlage auseinandersetzen wollt, meldet euch bei uns. Wir bieten allen Aachener Grundschulen kostenlos buchbare Unterrichtsbesuche an, in denen wir mit Schüler\*innen der 3. oder 4. Klasse dieser Frage auf den Grund gehen. Gerne unterstützen wir auch Lehrende und Schüler\*innen von weiterführenden Schulen mit Infos rund um die Energieversorgung der Schule (weitere Infos unter: [https://www.aachen.de/DE/stadt\\_buerger/umwelt/Bildung-fuer-Nachhaltige-Entwicklung/activeforfuture/10\\_energie\\_wasser\\_abfall/02\\_Unterrichtseinheit\\_/index.html](https://www.aachen.de/DE/stadt_buerger/umwelt/Bildung-fuer-Nachhaltige-Entwicklung/activeforfuture/10_energie_wasser_abfall/02_Unterrichtseinheit_/index.html)).

#### 5. Was ist eigentlich Fernwärme?

Die folgende Grafik veranschaulicht das Prinzip der Fernwärme. Die Wärme wird dabei in großen Zentralen außerhalb einzelner Häuser erzeugt und über lange Leitungen zu den einzelnen Häusern transportiert. Die Wärme wird dann in sogenannte Übergabestationen in den Häusern an die Heizkreise übergeben. So werden ganze Stadtgebiete mit Wärme versorgt.)

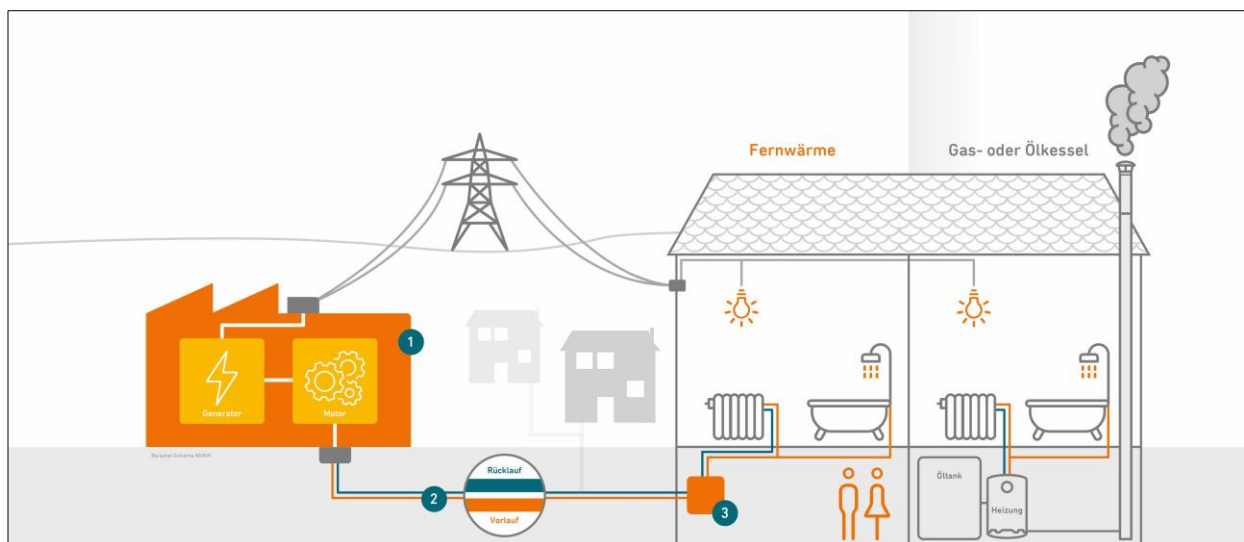


Abbildung 5: Wie funktioniert Fernwärme? 1: Wärmeezeugung, 2: Fernwärmenetz, 3: Übergabestation (Quelle: STAWAG, Infos auf [stawaq.de/waerme](http://stawaq.de/waerme))

Welche Technologie zur Erzeugung der Wärme eingesetzt wird, ist dabei grundsätzlich offen. Derzeit stammt die Fernwärme in Aachen noch überwiegend aus den mit kohlebefeuelten Heizkraftwerken in Weisweiler. Die Stawag hat sich zum Ziel gesetzt in Zukunft (bis 2030) klimaneutrale Fernwärme zur Verfügung zu stellen. Hierzu ist u.a. die Einbindung der Abwärme aus der Müllverbrennungsanlage und die Errichtung von Geothermieranlagen geplant. Der klimaneutrale Umbau der Fernwärme ist eine große Herausforderung, aber ein wichtiger Baustein in der

Klimaneutralitätsstrategie der Stadt. Es ist geplant, alle kommunalen Gebäude, die im Fernwärmegebiet liegen, zukünftig an das Fernwärmenetz anzuschließen. Die folgende Karte zeigt, wo in Aachen derzeit Fernwärme verlegt ist bzw. wo perspektivisch Fernwärme verlegt werden soll.



Abbildung 6: Fernwärmenetz in Aachen (Quelle: STAWAG, Infos auf [stawag.de/waerme](https://stawag.de/waerme))

## 6. Wie ermittle ich die heizenergiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen meiner Schule?

Die heizenergiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen ermittelt ihr, indem ihr den Heizenergieverbrauch mit dem CO<sub>2</sub>-Emissionsäquivalentwert des entsprechenden Energieträgers multipliziert.

In der folgenden Tabelle findet ihr die CO<sub>2</sub>-Emissionsäquivalente verschiedener Energieträger. Bei den nachfolgend aufgeführten CO<sub>2</sub>-Äquivalenten für 2023 handelt es sich mit Ausnahme des Mediums Fernwärme um deutschlandweit gültige Emissionsfaktoren des Institutes für Energie und Umweltforschung Heidelberg (Ifeu). Diese sind in der Datenbank Gemis zusammengestellt und werden jährlich aktualisiert (Hier könnt ihr die Datenbank downloaden, um die Werte einzusehen: <https://iinas.org/downloads/gemis-downloads/>). Lediglich beim Medium Fernwärme handelt es sich um örtliche Emissionsfaktoren der Stawag.

Medium	CO <sub>2</sub> -Äquivalent in g/kWh
Strom	472
Erdgas	247
Heizöl	318
Biomasse	22
Fernwärme	60

Tabelle 4: CO<sub>2</sub>-Äquivalente (Quelle: Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg (Ifeu) und STAWAG)

Vielleicht ist euch aufgefallen, dass der Emissionswert für Fernwärme auch jetzt schon deutlich niedriger ist als der Wert für Erdgas, obwohl die Aachener Fernwärme derzeit noch überwiegend aus fossilbefeuerten Wärmeerzeugungsanlagen kommt. Dies liegt u.a. an zwei Punkten:

1. Ein Großteil der Aachener Fernwärme wird in sogenannten Kraftwärmekopplungsanlagen erzeugt, d.h. die Wärme entsteht als „Nebenprodukt“ der Stromerzeugung. Daher muss festgelegt werden, wie die bei der Verbrennung von Gas oder Kohle zur Erzeugung von Strom und Wärme entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen dem erzeugten Strom und der erzeugten Wärme zugeordnet wird. Hierzu gibt es verschiedene Bilanzierungsansätze. Das derzeit zugelassene Bilanzierungsverfahren führt zu sehr günstigen CO<sub>2</sub>-Werten für Fernwärme. Vielleicht könnt ihr euch ja im Rahmen des Physikunterrichts detaillierter mit diesen Fragestellungen beschäftigen. Für weitere Fragen stehen wir gerne zur Verfügung.
2. Grundlage für die Berechnungen des derzeit gültigen CO<sub>2</sub>-Werts für Fernwärme waren u.a. Planungen für die Errichtung des Blockheizkraftwerks (BHKW) „Schwarzer Weg“. Dieses BHKW ist inzwischen gebaut und in Betrieb.

Wichtig ist, dass ein Umbau der Fernwärme weg von fossilbefeuerten Wärmeerzeugungsanlagen hin zu regenerativen für eine zukünftige klimaneutrale Versorgung notwendig ist (siehe Kapitel IV).

## 7. Was kostet die Beheizung unserer Schule?

Die Tarife für die Beheizung eurer Schule hängen von verschiedenen Faktoren ab.

Zunächst unterscheiden sich die Kosten in Abhängigkeit des Energieträgers (Fernwärme oder Gas). Die Stadt Aachen bezieht Gas und Fernwärme für ihre städtischen Gebäude über die Stawag. Die Lieferverträge für das Gas werden regelmäßig neu ausgeschrieben. Das heißt, das Gebäudemanagement holt bei verschiedenen Anbietern Angebote für die Gaslieferung ein. Auf Basis dieser Angebote wird dann ein neuer Liefervertrag abgeschlossen. Darüber hinaus gibt es beim Gas die Unterscheidung in Sonder- und Tarifkundertarif. Die Einteilung hängt von der Größe der Schule und der verbrauchten Gasmenge ab. Bei der Fernwärme unterscheiden sich die Tarife je nachdem, in welchem Fernwärme- bzw. Nahwärmegebiet die Schule liegt. Für beide Energieträger gilt, dass sich der Preis in einen leistungsabhängigen und einen arbeitsabhängigen Preis aufsplittet.

Aus all diesen Gründen ist es schwer, euch hier eine einfache Rechenregel zur Ermittlung der Heizkosten an die Hand zu geben. Gerne stellen wir euch auf Anfrage aber die entsprechenden Daten für eure Schule zur Auswertung zur Verfügung. Ruft uns an oder schreibt uns eine Mail.

## 8. Heizenergieverbrauch, -kosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen aller Aachener Schulen

Schulen machen ca. 40 Prozent des Heizenergieverbrauchs der städtischen Gebäude aus. Die Schulen verbrauchen ungefähr 17.500 Megawattstunde, kurz MWh, Fernwärme und 13.000 MWh Gas im Jahr. Dabei entstehen Kosten von ca. 2,5 Millionen Euro pro Jahr und CO<sub>2</sub>-Emissionen von ca. 3.150 Tonnen pro Jahr.

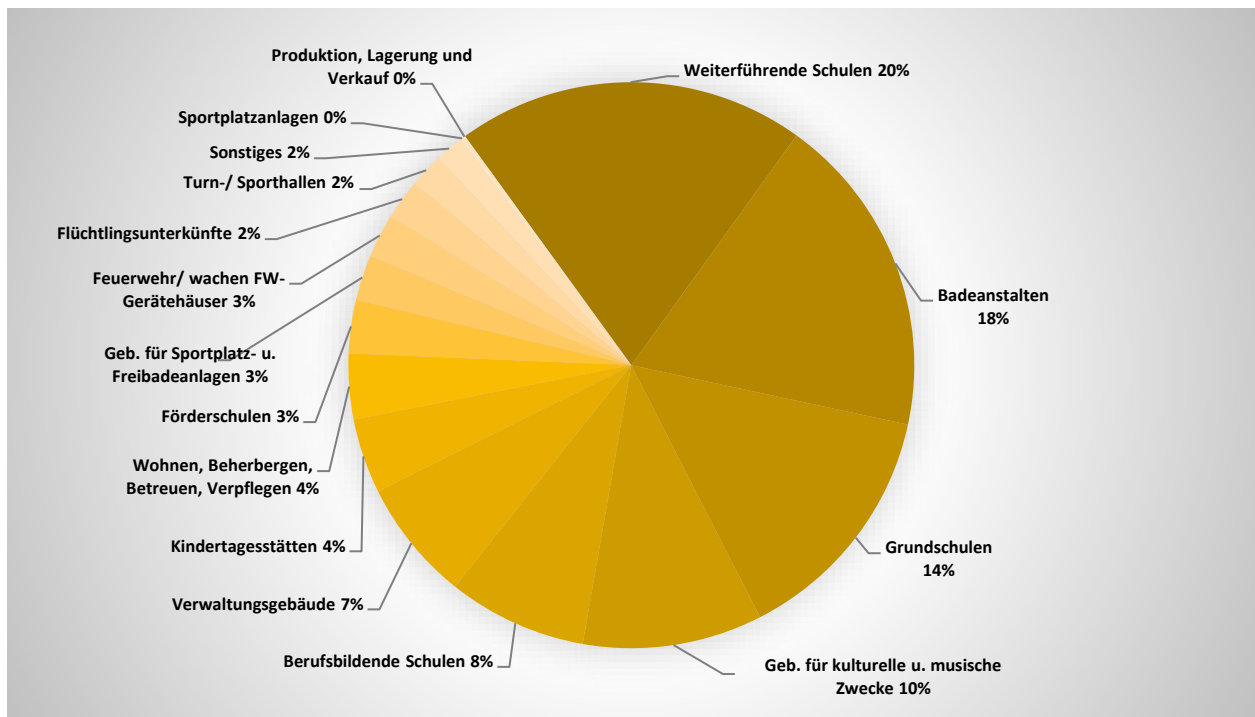


Abbildung 7: antelliger Heizenergieverbrauch städtischer Gebäude (Quelle: Stadt Aachen)



# V. Alles Wissenswerte zum Nutzer\*innenverhalten

Mit den Maßnahmen im Bereich Nutzerverhalten sind Einsparungen von bis zu acht Prozent möglich und das völlig kostenfrei. Maßnahmen in diesem Bereich könnt ihr selbstständig bzw. in Zusammenarbeit eurer\*erer Hausmeister\*in umsetzen.

## 1. Energieeffizientes Lüften: So geht es!

Euer größter Einflussfaktor auf den Heizenergieverbrauch eurer Schule ist euer Lüftungsverhalten. Das Lüften von Innenräumen ist ein maßgeblicher Faktor für das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit von Lehrkräften und Schüler\*innen. Lüftungspausen und der regelmäßige Austausch der Raumluft sind daher unerlässlich, um das überschüssige CO<sub>2</sub> abzuführen. In der Tabelle findet ihr Anhaltswerte, bei welchen CO<sub>2</sub>-Werten ein gutes Lernen möglich ist und bei welchen Werten gelüftet werden sollte.

Leitwerte für die Kohlendioxid-Konzentrationen in der Innenraumluft		
CO <sub>2</sub> -Konzentration (ppm)	Hygienische Bewertung	Empfehlung
< 1000	Hygienisch unbedenklich	<ul style="list-style-type: none"><li>Keine weiteren Maßnahmen</li></ul>
1000-2000	Hygienisch auffällig	<ul style="list-style-type: none"><li>Lüftungsmaßnahmen intensivieren (Außenluftvolumenstrom bzw. Luftwechsel erhöhen)</li><li>Lüftungsverhalten überprüfen und verbessern</li></ul>
> 2000	Hygienisch inakzeptabel	<ul style="list-style-type: none"><li>Belüftbarkeit des Raumes prüfen</li><li>Ggf. weitergehende Maßnahmen prüfen</li></ul>

Tabelle 5: hygienische Bewertung von CO<sub>2</sub>-Konzentrationen (Quelle: Ad-hoc-AG 2008)

Mit dem Austausch der warmen Raumluft mit frischer Außenluft sind natürlich auch Wärmeverluste verbunden, da die Außenluft wieder aufgeheizt werden muss. Darum ist es wichtig, so zu lüften, dass zum einen eine gute Luftqualität erreicht wird und zum anderen nicht unnötig Heizenergie verschwendet wird. Wie energieeffizientes Lüften aussieht, hängt vom Lüftungssystem der Schule ab. Eine Vielzahl der Schulen wird klassisch über Fenster gelüftet, ein Teil der Schulen ist aber auch schon mit Lüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung ausgestattet. Einige wenige Schulen (Teile des Couven-Gymnasiums und die Hauptschule Drimborn) sind mit einem hybriden System ausgestattet. Für die entsprechenden Bereiche dieser Schulen gelten gesonderte Regeln. Kommt diesbezüglich gerne auf uns zu. Ob eure Schule mit Lüftungsgeräten ausgestattet ist, lässt sich leicht feststellen. Entweder ist das Lüftungsgerät im Klassenzimmer deutlich sichtbar (siehe unten stehendes Foto) oder es sind zumindest Lüftungsauslässe / -gitter sichtbar. Solltet ihr euch nicht sicher sein, ob es in eurem Klassenzimmer eine Lüftungsanlage gibt, fragt eure\*ere Hausmeister\*in.



Abbildung 8: Beispiele für Lüftungsanlagen in Klassenzimmern (Quelle: Stadt Aachen)

## So geht Fensterlüften!

Wenn euer Klassenzimmer alleine über Fensterlüftung gelüftet wird, hat sich folgendes Lüftungsverhalten bewährt:

### Richtig lüften im Schulalltag

**So geht es schnell und effizient!**

**Stosslüften:** Während des Unterrichts alle 20 Minuten mit weit geöffneten Fenstern lüften.

**Wie lange wird gelüftet?**  
Im Winter drei bis fünf Minuten, im Sommer zehn bis zwanzig Minuten.

Nach jeder Unterrichtsstunde von 45 Minuten über die gesamte Pause lüften.

**Querlüften:** Wenn möglich, gegenüberliegende Fenster gleichzeitig weit öffnen.

Beim Stoß- und Querlüften sinkt die Raumtemperatur nur um wenige Grad ab und steigt nach dem Schließen der Fenster schnell wieder an.

Quelle: Umweltbundesamt

Abbildung 9: Richtig Lüften im Schulalltag (Quelle: Umweltbundesamt)

Lüftet man richtig, nämlich mit der sogenannten Stoßlüftung bzw. Querlüftung, sinkt die Temperatur nur kurzfristig um zwei bis drei Grad Celsius ab. Werden die Fenster wieder geschlossen, steigt die Temperatur rasch wieder an. Außerdem wird mit der Stoß- und Querlüftung eine komplette Raumdurchströmung erreicht und so die gesamte verbrauchte Raumluft ausgetauscht. Dauerhaft gekippte Fenster sind zum Lüften ungeeignet. Durch die gekippten Fenster findet kein ausreichender Austausch der gesamten Raumluft statt. Es werden lediglich die fensternahen Luftschichten ausgetauscht, eine Verbesserung der Raumluftqualität wird dadurch nicht erzielt, da ein Großteil der verbrauchten Luft im Raum verbleibt. Das folgende Video zeigt anschaulich die unterschiedlichen Luftströmungen bei Stoß-, Quer-, und Kipplüftung: <https://www.youtube.com/watch?v=DoYUXmd9Mnc>.

Durch permanentes Kipplüften kommt es außerdem zum Auskühlen der Wände im Fensterbereich. Dies kann zu Schimmelbildung führen. Die Wiederaufheizungsphase dauert aufgrund der ausgekühlten Wände länger und ist mit einem höheren Energieeinsatz verbunden.

An einigen Schulen ist für das vollständige Öffnen der Fenster ein Schlüssel erforderlich. Dies sind Sicherheitsauflagen aus den Bestimmungen der Unfallkassen. Wenn alle Lehrer\*innen mit dem entsprechenden Schlüssel ausgerüstet sind, sollte dies kein Hinderungsgrund fürs Stoß- / Querlüften sein. Die Vervielfältigung und Ausgabe der Schlüssel liegen in der Verantwortung der Schulleitung.

## **So geht Lüften mit Lüftungsanlage!**

Um eine hohe Luftqualität sicherzustellen und Heizenergie einzusparen, werden in Schulen der Stadt Aachen Klassenräume in Neubauten und bei Sanierungen mit Lüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung ausgestattet. Nähere Infos zu den Lüftungssystemen findet ihr in dem unten stehenden Exkurs zu Lüftung.

Für Klassenzimmer mit Lüftungsanlage gelten folgende Lüftungsempfehlungen: Die Lüftungsgeräte liefern ausreichend Luftvolumenstrom, so dass eine zusätzliche Fensterlüftung während der Unterrichtszeit für die CO<sub>2</sub>-Konzentration nicht notwendig ist. Besteht das Bedürfnis nach zusätzlicher Fensterlüftung gilt genauso wie bei Klassenzimmern mit reiner Fensterlüftung: Nicht Kipplüften, sondern kurzes Stoß- bzw. Querlüften.

Ausführliche Infos zu Betriebsweise und Funktion der Lüftungsgeräte findet ihr auch in der Nutzerinformation, die wir allen betroffenen Schulen zur Verfügung gestellt haben. Ihr könnt diese Nutzerinformation per Mail bei uns anfordern.

Auch beim Lüften in Räumen mit Lüftungsanlagen gilt: Dauerhaft gekippte Fenster sind zum Lüften ungeeignet. Durch die gekippten Fenster findet kein ausreichender Austausch der gesamten Raumluft statt. Es werden lediglich die fensternahen Luftschichten ausgetauscht, eine Verbesserung der Raumluftqualität wird dadurch nicht erzielt, da ein Großteil der verbrauchten Luft im Raum verbleibt. Das folgende Video zeigt anschaulich die unterschiedlichen Luftströmungen bei Stoß-, Quer- und Kipplüftung: <https://www.youtube.com/watch?v=DoYUXmd9Mnc>.

Durch permanentes Kipplüften kommt es außerdem zum Auskühlen der Wände im Fensterbereich. Dies kann zu Schimmelbildung führen. Die Wiederaufheizungsphase dauert aufgrund der ausgekühlten Wände länger und ist mit einem höheren Energieeinsatz verbunden. Kipplüften führt in Räumen mit Lüftungsanlage zu zusätzlichen Energieverlusten.

An einigen Schulen ist für das vollständige Öffnen der Fenster ein Schlüssel erforderlich. Dies sind Sicherheitsauflagen aus den Bestimmungen der Unfallkassen. Wenn alle Lehrer\*innen mit dem entsprechenden Schlüssel ausgerüstet sind, sollte dies kein Hinderungsgrund fürs Stoß- oder Querlüften sein. Die Vervielfältigung und Ausgabe der Schlüssel liegen in der Verantwortung der Schulleitung.

## **Lüftungsscheck**

Am besten lassen sich die oben beschriebenen Effekte von Kipp-, Stoß-, und Querlüftung verstehen, wenn ihr eigene Experimente hierzu macht. Probiert unterschiedliche Lüftungsstrategien aus und protokolliert die Ergebnisse (Anzahl der Schüler\*innen im Raum, Dauer und Art der Lüftung, CO<sub>2</sub>-Werte, Raumtemperaturen, Oberflächentemperaturen, Größe des Raums). Wir leihen euch hierzu gerne CO<sub>2</sub>-Messgeräte und Thermometer aus. Neben einem Thermometer zur Messung der Lufttemperatur können wir euch auch ein Oberflächenthermometer zur Verfügung stellen, um Wandtemperaturen zu messen. Vorlagen für Lüftungsprotokolle findet ihr auf unserer Webseite.

## Exkurs Lüftungsanlagen

Um eine hohe Luftqualität sicherzustellen und Heizenergie einzusparen, werden in Schulen der Stadt Aachen Klassenräume in Neubauten und bei Sanierungen mit Lüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung ausgestattet. Es gibt verschiedene Lüftungssysteme und Betriebsweisen. Die Lüftungsanlagen unterscheiden sich in ihrem Aufbau, so dass zwischen zentralen und dezentralen Anlagen unterschieden wird.

Bei zentralen Anlagen werden mehrere Räume bzw. ganze Trakte oder Gebäude über ein einziges Lüftungsgerät versorgt. Bei dezentralen Geräten wird jeder Raum durch ein separates Lüftungsgerät versorgt. Das folgende Bild stellt die Prinzipien der beiden Lüftungssysteme gegenüber. Gemeinsam haben die beiden Systeme, dass die kalte Zuluft und die warme Raumluft in einem Wärmetauscher aneinander vorbeigeführt werden, so dass die Wärme von der warmen Raumluft auf die kältere Zuluft übergeht. Dabei kommen Zuluft und Abluft aber nicht miteinander in Kontakt, so dass kein stofflicher Austausch (Viren, Bakterien etc.) von dem einen Luftstrom in den anderen stattfindet. Die frische Zuluft strömt erwärmt in den Raum ein und das Lüften ist mit weniger Heizenergieverlusten verbunden

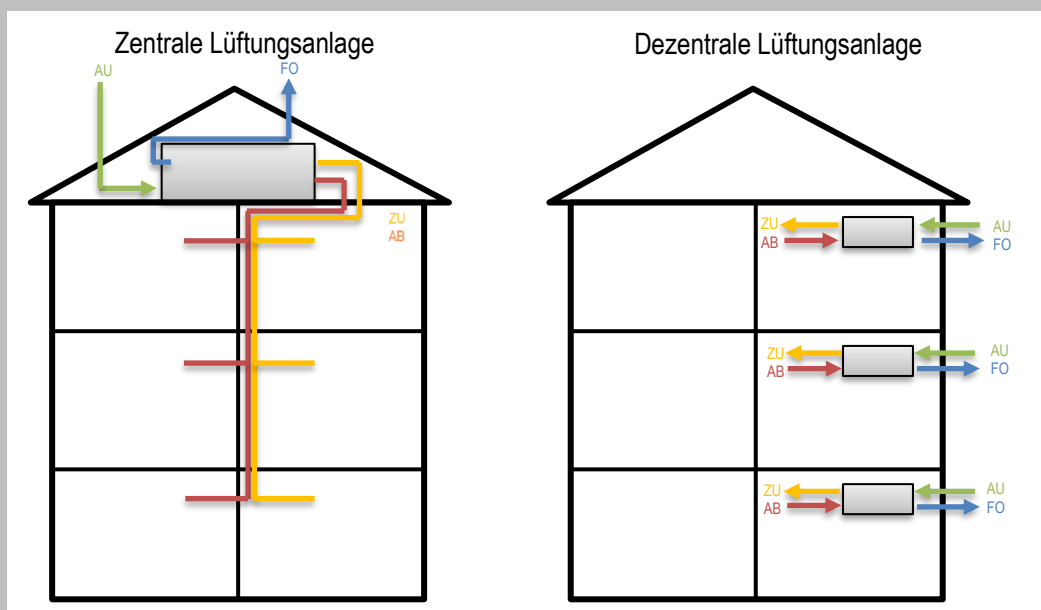


Abbildung 10: Prinzip zentrale (links) und dezentrale Lüftung (rechts) (AU-Außenluft, ZU-Zuluft, AB-Abluft, FO-Fortluft) (Quelle Stadt Aachen)

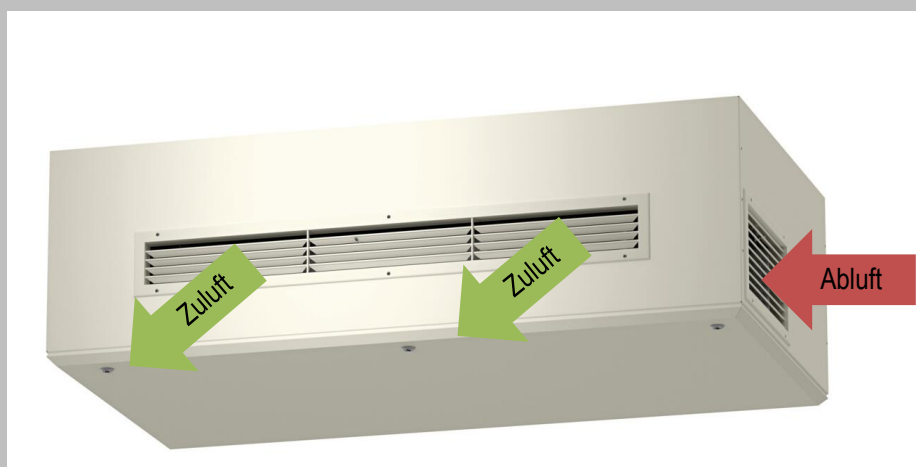


Abbildung 11: Prinzip einer Lüftungsanlage (Quelle: tecalor)

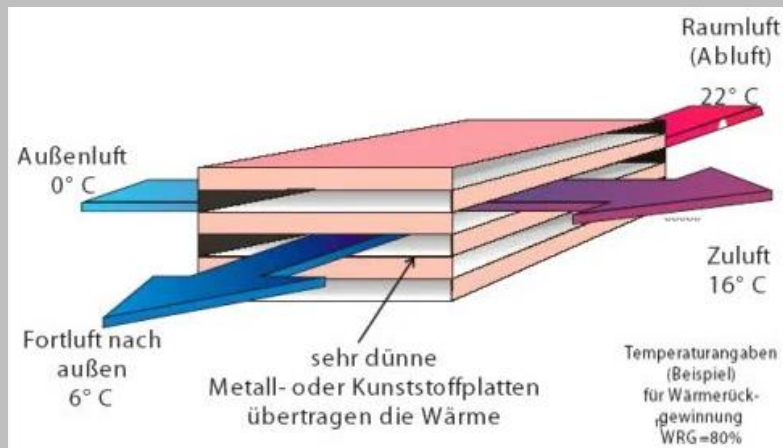


Abbildung 12: Prinzip der Wärmerückgewinnung

In Aachen werden im Sanierungsfall dezentrale Geräte eingesetzt, da diese einfacher nachzurüsten sind. Ob eure Schule mit Lüftungsgeräten ausgestattet ist, lässt sich leicht feststellen. Entweder ist das Lüftungsgerät im Klassenzimmer deutlich sichtbar (siehe unten stehendes Foto) oder es sind zumindest Lüftungsauslässe/-gitter sichtbar.



Abbildung 13: Beispiele für Lüftungsanlagen in Klassenzimmern (Quelle: Stadt Aachen)

## 2. Heizkörper frei – macht den Heizkörpercheck

Die Heizkörper geben ihre Wärme durch Strahlung und Konvektion (Wärmeübertragung über Luftströmung) an den Raum ab. Dies funktioniert nur gut, wenn die Heizkörper frei und unverstellt sind. Ist der Heizkörper durch Möbel oder Materialien verdeckt, kann er seine Wärme nicht ungehindert an die Raumluft abgeben und die Zirkulation der warmen Luft durch den Raum ist gestört. Die behinderte Wärmeabgabe führt dazu, dass mehr Energie zur Verfügung gestellt werden muss, um die gewünschte Raumtemperatur zu erreichen. Diese zusätzlich gebrauchte Heizenergie lässt sich leicht einsparen, wenn ihr regelmäßig prüft, dass eure Heizkörper nicht zugestellt sind.

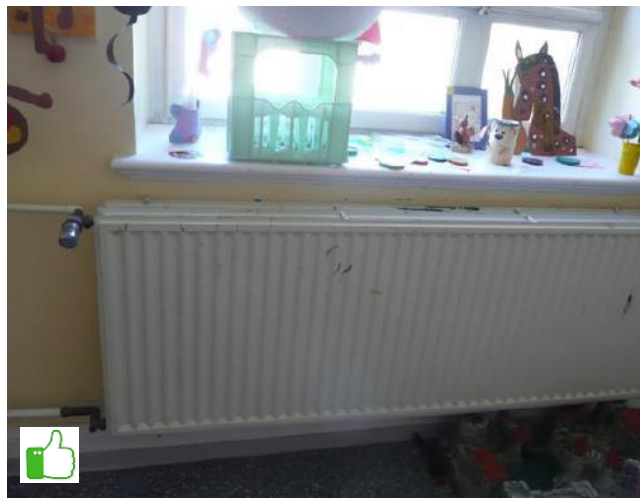


Abbildung 14: Heizkörper freigeräumt? (Quelle: Stadt Aachen)

## 3. Türen geschlossen halten

### Außentüren

Schulen sind Gebäude, in denen viele Menschen ein und aus gehen, insbesondere zu Schulbeginn und -ende, in den Pausenzeiten oder wenn das Essen angeliefert wird. Die Gefahr ist groß und die Erfahrung zeigt, dass Außentüren dann auch außerhalb solcher Stoßzeiten über längere Zeit offen stehen bleiben. Das führt zu einem erhöhten Heizenergieverbrauch, ist leicht nachvollziehbar – hier wird im wahrsten Sinne des Wortes zur Tür hinaus geheizt. Daher hilft es, wenn ihr gemeinsam darauf achtet, die Türen geschlossen zu halten.

## **Innentüren**

Räume mit unterschiedlicher Nutzung werden auf unterschiedliche Temperaturen beheizt. In Kapitel VI, 2 findet ihr die vorgesehenen Temperaturen für die unterschiedlichen Räume eurer Schule. So werden z.B. Flure/ Treppenhäuser, die nicht als ständige Aufenthaltsflächen vorgesehen sind, auf 15°C gehalten, während Klassenzimmer auf 20°C beheizt werden. Stehen Türen zwischen den einzelnen Bereichen auf, werden die kälteren Bereiche über die wärmeren Bereiche mitgeheizt. Dadurch ist insgesamt mehr Heizenergie nötig. In vielen Schulen werden einzelne Flurbereiche von einzelnen Kindern auch zum Arbeiten genutzt. Ein Offenstehenlassen der Türen lässt sich dann aus Aufsichtsründen nicht immer vermeiden. Trotzdem hilft es, wenn ihr im Schullalltag auf unnötig offenstehende Türen achtet und sie schließt.

## **4. Umweltdienste einrichten**

Im Schulalltag muss auf vieles geachtet werden, da geht der Blick für das richtige Lüften, frei geräumte Heizkörper und geschlossene Türen und Fenster schon mal verloren. Daher ist es gut, wenn ein fest eingerichteter Energie-/ Umweltdienst in den einzelnen Klassen für diese Aufgaben zuständig ist. Einen Vorschlag für eine Checkliste für den Umweltdienst findet ihr auf unsere Webseite:

[https://www.aachen.de/DE/stadt\\_buerger/umwelt/Bildung-fuer-Nachhaltige-Entwicklung/activeforfuture/10\\_energie\\_wasser\\_abfall/Broschueren/24020430-Checkliste-Umweltdienst.pdf](https://www.aachen.de/DE/stadt_buerger/umwelt/Bildung-fuer-Nachhaltige-Entwicklung/activeforfuture/10_energie_wasser_abfall/Broschueren/24020430-Checkliste-Umweltdienst.pdf)

## **5. Veranstaltungsmanagement**

Schulen werden während der normalen Schulzeiten auf die beschriebene Normaltemperatur (siehe Kapitel VI, 2) beheizt. In den Abendstunden, am Wochenende und in den Ferien wird der Heizbetrieb eingeschränkt. Die Temperaturen sinken bis zu einer bestimmten Grenze ab. Werden Veranstaltungen außerhalb der normalen Betriebszeiten geplant (wie z.B. Elternabende), wird die Betriebszeit der Heizanlage für diesen Tag verlängert. Um Heizenergie zu sparen, bietet es sich daher an, Elternabende etc. in den Heizmonaten möglichst gebündelt an einem Tag stattfinden zu lassen, um nicht für einzelne Veranstaltungen große Bereiche heizen zu müssen.

Oft ist die Heizungsversorgung auch in sogenannte Heizkreise für verschiedene Bereiche/ Trakte der Schule aufgeteilt. Dann bietet es sich an, die Veranstaltungen an einem Abend im selbem Trakt stattfinden zu lassen. Auch dies spart Heizenergie. Eure Schulleitung kann euch bestimmt Auskunft darüber geben, ob diese Überlegungen bei der Planung von Veranstaltungen bereits berücksichtigt werden.

## **6. Wie wäre es mit einem Warmen-Pulli-Tag?**

Der Warme-Pulli-Tag ist eine effektive Möglichkeit, das Thema Heizenergiesparen in den Mittelpunkt zu stellen.

An diesem Tag wird die Raumtemperatur in der Schule, um einen Grad abgesenkt und alle kommen mit einem extra warmen Pulli in die Schule. So muss auch an diesem Tag niemand frieren. Damit der Tag gelingt, sind einige wichtige Punkte zu beachten. Eine ausführliche Beschreibung und Hilfestellungen bei der Organisation eines solchen Tages findet ihr in unserer Veröffentlichung „Mitmachaktion – Schulen sparen Energie – Aktionsvorschläge“ unter folgendem Link: [https://www.aachen.de/DE/stadt\\_buerger/umwelt/Bildung-fuer-Nachhaltige-Entwicklung/activeforfuture/12\\_Downloads/stadtac\\_energie\\_sparen\\_aktionsvorschlaege.pdf](https://www.aachen.de/DE/stadt_buerger/umwelt/Bildung-fuer-Nachhaltige-Entwicklung/activeforfuture/12_Downloads/stadtac_energie_sparen_aktionsvorschlaege.pdf).



# VI. Alles Wissenswerte zu Betriebsoptimierungen

## 1. Wie ist die Betriebsführung organisiert?

Um den laufenden Betrieb eures Schulgebäudes kümmern sich verschiedene Menschen im Gebäudemanagement der Stadt Aachen, unter anderem die sogenannten Objektbetreuer\*innen aus dem Team Instandhaltung in Zusammenarbeit mit euren Hausmeister\*innen. Es gibt drei Objektbetreuer\*innen. Eine\*n für den Bereich Hochbau, eine\*n für den Bereich Heizung, Lüftung und Sanitär und eine\*n für den Bereich Elektrotechnik. Fällt z.B. die Heizung aus, informiert euer\*eure Hausmeister\*in den\*die Objektbetreuer\*in des Bereichs Heizung, Lüftung und Sanitär die dann eine entsprechende Firma mit der Behebung des Schadens beauftragt. Ist ein Fenster kaputt, informiert wird der\*die Objektbetreuer\*in Hochbau informiert und z.B. bei Problemen mit der Beleuchtung der\*die Objektbetreuer\*in Elektrotechnik. Zur Beseitigung von Störungen und Schäden im laufenden Betrieb steht dem Gebäudemanagement für alle Schulen jedes Jahr ein bestimmtes Budget zur Verfügung.

Darüber hinaus gibt es noch zwei Spezialteams im Gebäudemanagement, die den Betrieb der Schulen begleiten. Das Team Wartung kümmert sich um die regelmäßig anstehenden Wartungen von haustechnischen und hochbautechnischen Bauteilen unabhängig von aktuellen Störungen. So wird z.B. die Heizungsanlage eurer Schule jedes Jahr gewartet. Aber auch z.B. die Schließanlagen bestimmter Türen, die Brandmeldeanlage oder das Dach werden regelmäßig gewartet. Das Team Gebäudeautomation kümmert sich um die Regelung und Steuerung der haustechnischen Anlagen insbesondere der Heizungsanlage. Hierzu sind (fast) alle heizungstechnischen Anlagen auf einen zentralen Rechner aufgeschaltet. Die Betriebszeiten der Heizungsanlage, Solltemperaturen für einzelne Heizkreise etc. können so von den Kolleg\*innen der Gebäudeautomation zentral eingestellt, angepasst und überprüft werden. Auch wenn hier vieles automatisiert ist, sind die Hinweise der Nutzer\*innen vor Ort sehr wichtig, um einen optimierten Betrieb zu realisieren.

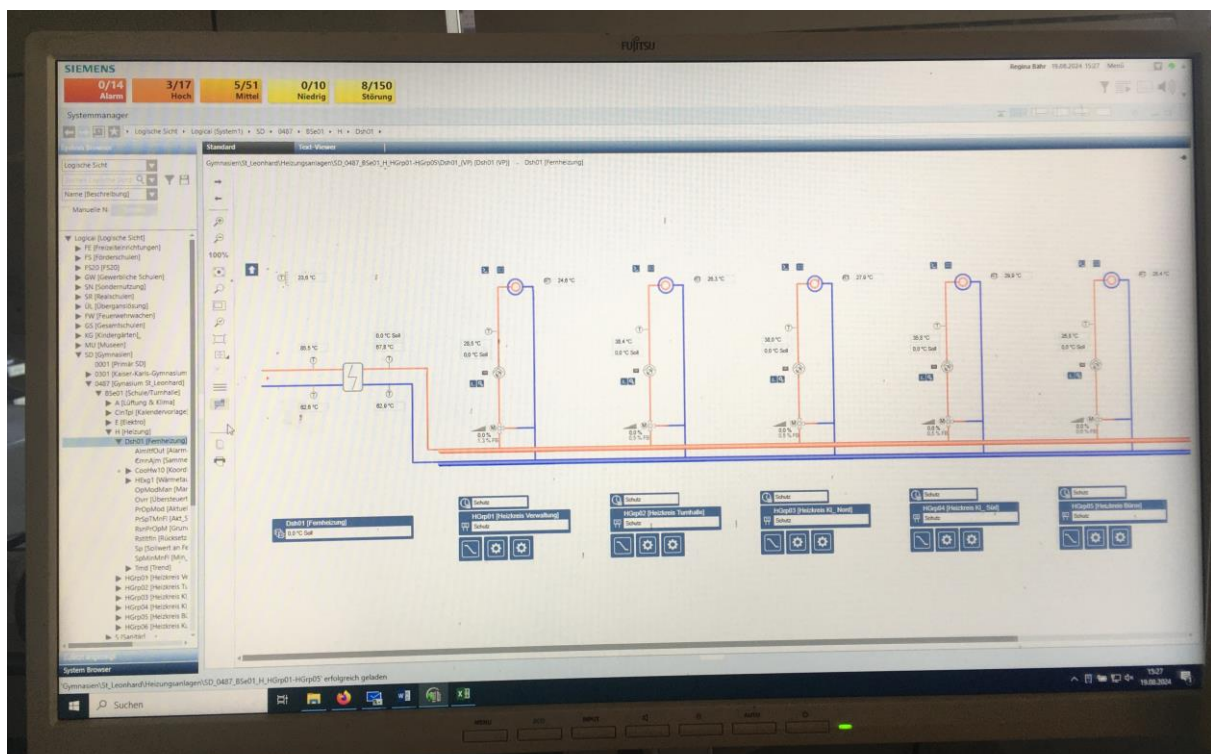


Abbildung 15: Beispiel für eine Aufschaltung einer Heizungsanlage (Quelle: Stadt Aachen)

Zu all diesen Teams bildet euer\*eure Hausmeister\*in die Schnittstelle. Er\* sie weiß, bei welchen Problemen, mit wem Kontakt aufzunehmen oder bei wem nachzufragen ist.

Ihr merkt, eure Hausmeister\*innen sind wichtige Menschen, die bei euren Bemühungen für einen verantwortungsvollen Umgang mit Energie auf alle Fälle eingebunden werden sollten.

## 2. Raumtemperaturcheck: Wie warm sollen Aachener Schulen sein?

Während der einen viel zu warm ist, friert der andere. Die Spanne, bei welcher Temperatur sich Menschen wohlfühlen, ist groß. Die Stadt Aachen sieht für Unterrichtsräume eine Temperatur von 20 Grad vor. Geregelt ist dies in der Dienstanweisung Energie. Diese Festlegung wurde getroffen, um sowohl dem Aspekt der Behaglichkeit als auch dem Aspekt des energiesparenden Betriebs der Gebäude Genüge zu tun. Auch für andere Raumnutzungen hat die Stadt Aachen Raumluft Solltemperaturen festgelegt. Ihr findet die Festlegungen in der untenstehenden Tabelle:

Schulen	Temperatur
Unterrichtsraum; Leseräume	20 °C
Flure, Treppenhäuser	
Üblicherweise	12°C
Mit Aufenthaltsfunktion	15°C
Toiletten/Nebenräume	15°C
Werkstätten	17°C
Med. Untersuchungsräume	24°C
Aulen	
Während der Nutzung	20°C
Bei Nutzungsbeginn	17-19°C
Turnhalle	17 °C

Tabelle 6: Raumsolltemperaturen (Quelle: Dienstanweisung Energie, Stadt Aachen)

Die Absenkung bzw. Erhöhung der Raumtemperatur um ein Grad Celsius ist mit Energieeinsparungen bzw. -erhöhungen von ca. sechs Prozent verbunden. Da lohnt es sich genauer hinzuschauen und die tatsächlichen Temperaturen in den einzelnen Räumen zu überprüfen und ggf. anzupassen. Rechnet doch mal aus, was eine Absenkung der Temperatur um ein Grad Celsius an eurer Schule für Kosten sparen würde.

Für euren Raumtemperaturcheck können wir euch sowohl Grundrisse zur Verfügung stellen, in die ihr die Messergebnisse übersichtlich eintragen könnt, als auch geeignete Thermometer. Gebt uns einfach kurz Bescheid.

Solltet ihr bei eurem Check auf Auffälligkeiten stoßen, besprecht diese mit euren Hausmeister\*innen und kommt auf uns zu.

Für die Regelung der Temperaturen in den einzelnen Räumen sind die Thermostatventile an den Heizkörpern zuständig. Infos zur Funktionsweise eines Thermostatventils findet ihr in der unten stehenden Box.

Sollten in eurer Schule Räume zu warm oder zu kalt sein, kann dies u.a. an der Einstellung dieser Ventile liegen.

Dabei geht es zum einen darum, dass an den Thermostatventilen die richtige Solltemperatur eingestellt ist.

Damit alle Räume mit ausreichend Wärme versorgt werden, müssen die Ventile aber auch untereinander abgeglichen werden. Dies nennt man hydraulischen Abgleich. Gerade in älteren Bestandsgebäuden ist dies nicht immer einfach umsetzbar. Wir werden dann versuchen, über Einstellungen an den Thermostatventilen Abhilfe zu schaffen.

### Exkurs: Wie funktioniert eine Thermostatventil

Das Thermostatventil regelt die Temperatur in eurem Klassenraum.

Es besteht im Prinzip aus drei Teilen. Dem Thermostatkopf, dem Ventiloberteil und dem Ventilunterteil.

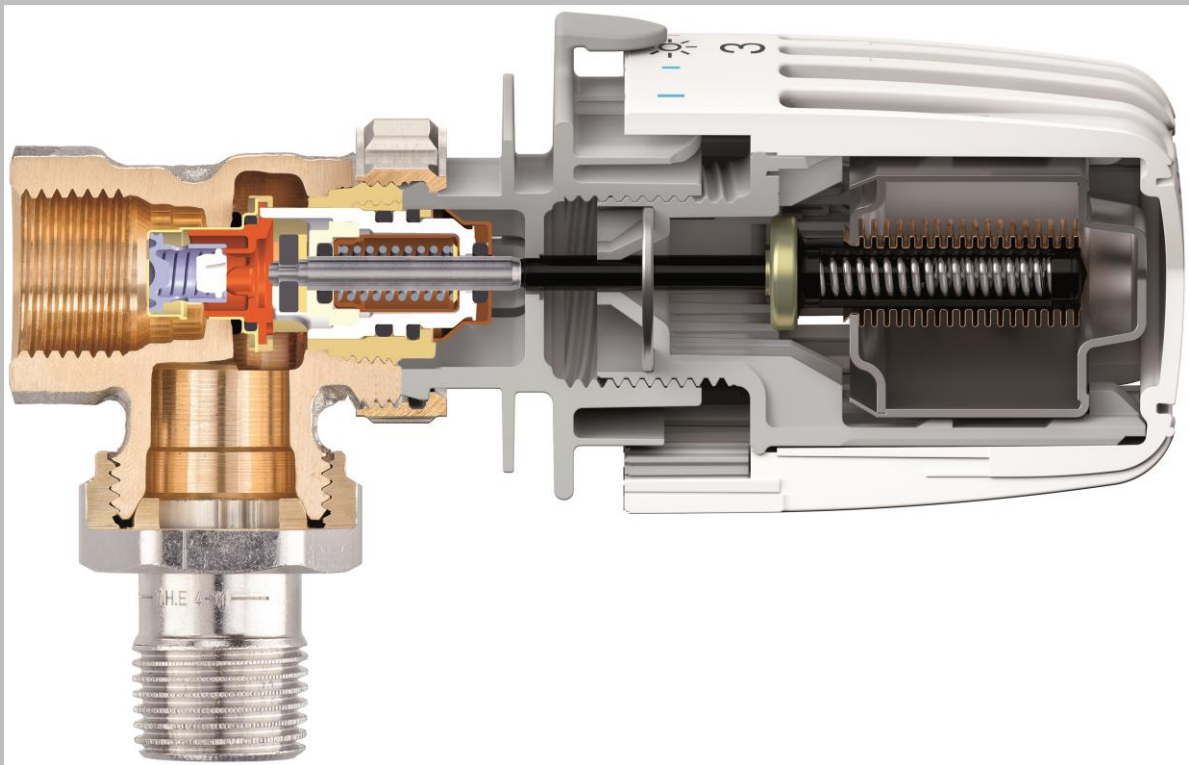


Abbildung 16: Thermostatkopf (Quelle: IMI Heimeier)

Am Thermostatkopf kann man einstellen, wie warm man es im Raum haben möchte. An den Thermostatköpfen, die ihr von Zuhause kennt, ist diese Temperatureinstellung frei zugänglich. In Gebäuden, die von vielen unterschiedlichen Menschen genutzt werden, wie z.B. Schulen, werden sogenannte Behördenventile eingesetzt. Hier kann die Solltemperatur nur mit einem speziellen Werkzeug von dem\*der Hausmeister\*in verstellt werden. So soll verhindert werden, dass die Thermostatköpfe unkontrolliert auf zu hohe Temperaturen verstellt werden.

Im Kopf des Thermostatventils befindet sich ein Ausdehnungselement, das sich bei hohen Temperaturen ausdehnt. Das Element drückt den Stift langsam runter. Wenn der Raum und damit auch die Flüssigkeit in dem Thermostatkopf, die Temperatur hat, die als Solltemperatur eingestellt ist, trifft der Stift auf die Spindel im Ventiloberteil. Die Spindel drückt dann den Stößel so in das Rohr, dass nur noch weniger und irgendwann gar kein warmes Wasser mehr in den Heizkörper fließen kann. Wenn es dann wieder kälter im Raum wird, zieht sich die Flüssigkeit zusammen, der Stift bewegt sich zurück und die Spindel zieht den Stößel langsam zurück, so dass wieder warmes Wasser durch den Heizkörper fließen kann. Und das passiert alles automatisch, ohne dass ihr es merkt. Sollte es in der Schulklasse regelmäßig zu warm sein, kann das Behördenventil genau wie ein anderes Thermostatventil nachjustiert werden.

### 3. Wird die Temperatur außerhalb der Betriebszeit abgesenkt?

In Absprache mit euren Hausmeister\*innen werden die Betriebszeiten der Heizungsanlage von den Mitarbeiter\*innen des Gebäudemanagements eingestellt. Gängige Betriebszeiten für Schulen sind montags bis freitags von 7 – 17 Uhr. In dieser Zeit wird der Wärmeerzeuger so geregelt, dass alle Heizkörper mit der notwendigen Wärme versorgt

werden, um in den Räumen 20 Grad Celsius zu erreichen. Außerhalb der Betriebszeiten, d.h. nachts, an Wochenenden und in den Ferienzeiten, läuft die Heizung in einem sogenannten Absenkbetrieb. Das bedeutet, der Kessel stellt nur Wärme zur Verfügung, wenn die Raumtemperatur unter 15 Grad Celsius absinkt. Diese Einstellungen gelten für die sogenannte Heizperiode. Diese dauert normalerweise von Oktober bis Mai. Außerhalb der Heizperiode ist die Wärmeerzeugung komplett aus bzw. nur die Warmwasserbereitung in Betrieb. Da ihr außerhalb der Betriebszeiten normalerweise nicht in der Schule seid, ist es für euch schwer zu überprüfen, ob die Einstellungen korrekt funktionieren. Eventuelle Fehleinstellungen könnt ihr aber auch an euren Verbrauchswerten erkennen. Sind die Verbrauchswerte in der Nacht und am Wochenende deutlich niedriger als am Tag und unter der Woche? Sollte dies nicht der Fall sein, deutet dies auf Fehler bei der Betriebszeiteinstellung hin.

#### **4. Lläuft die Heizungsanlage ohne Gluckern?**

Einmal im Jahr wird eure Heizungsanlage gewartet. Das bedeutet, es kommt ein\*eine Mitarbeiter\*in einer Heizungs-firma und überprüft und reinigt verschiedene Bauteile der Heizungsanlage. So soll sichergestellt werden, dass die Anlage möglichst lange hält und effizient läuft. In diesem Rahmen sollte auch das Heizungssystem entlüftet werden. Der Heizkreislauf besteht aus einem Wärmeerzeuger, einer Umwälzpumpe und den Heizkörpern, die durch Rohrleitungen verbunden sind. In den Rohren befindet sich im Idealzustand ausschließlich Wasser. Das Wasser wird von der Pumpe über die Rohre durch die Heizkörper befördert, nachdem es im Wärmeerzeuger auf Temperatur gebracht worden ist. Gerade bei älteren Heizungsanlagen kommt es vor, dass Luft in das System gelangt. Doch was passiert eigentlich, wenn Luft in den Heizkreislauf gelangt? Luft leitet Wärme wesentlich schlechter als Wasser. Zusätzlich verteilt sich das Wasser dann weniger gleichmäßig im Heizkörper. Befindet sich Luft im Heizkreislauf, beeinträchtigt das den Wirkungsgrad der gesamten Anlage, die Anlage arbeitet also weniger effizient und Energie geht verloren. Solltet ihr ein Gluckern an den Heizkörpern hören, ist dies ein Zeichen, dass die Anlage nicht ausreichend entlüftet wurde. Sprecht eure Hausmeister\*innen darauf an. Sie wissen, an wen sie sich wenden müssen.

#### **5. Sind die Heizkörper im Windfang oder direkt neben Außentüren dauerhaft ausgeschaltet?**

Heizkörper, die im Windfang und/ oder direkt neben Außentüren angeordnet sind, sollten dauerhaft ausgestellt sein. Auch hier wird sonst im wahrsten Sinne des Wortes „zur Tür hinaus geheizt“.

#### **6. Sind Heizungsrohre und Armaturen isoliert?**

Unisolierte Armaturen und Leitungen im Heizungskeller geben unkontrolliert Wärme an ungenutzte Kellerräume ab. Eine nachträgliche Dämmung ist häufig mit wenig Aufwand umsetzbar.

#### **7. Schließen die Fenster und Türen dicht?**

Durch undichte Fenster und Türen strömt unkontrolliert warme Luft nach draußen. Mit dem Papiertest könnt ihr feststellen, ob die Fenster dicht sind. Öffnet das Fenster und klemmt beim Schließen ein Blatt Papier zwischen Flügel und Rahmen ein. Nun versucht ihr vorsichtig das Papier bei geschlossenem Fenster wieder rauszuziehen. Wenn das Papier eingeklemmt bleibt, ist das Fenster dicht. Wenn ihr das Papier bewegen bzw. rausziehen könnt, gibt es Undichtigkeiten an den Fenstern. Undichtigkeiten an Fenstern lassen sich teilweise durch Einstellungen an den Fenstern oder durch Einbau von Dichtungen beheben. Sprecht mit eurem\*eurer Hausmeister\*in, ob es schon Bemühungen gab, die Fenster neu einzustellen. Er kann hierzu Rücksprache mit dem Objektbetreuer des Gebäudemanagements halten.

# VII. Alles Wissenswerte rund um Gebäudehülle und Haustechnik

## 1. Wer kümmert sich um die energetische Sanierung der Schulen?

Für die Maßnahmen zur Verbesserung des energetischen Gebäudezustands sind das Gebäudemanagement (Planung und Umsetzung), der Fachbereich Kinder, Jugend und Schule als Träger der Schule und die Politik (Bereitstellung von Geld) zuständig.

Die Objektbetreuer\*innen des Gebäudemanagements kennen den Zustand der Gebäude und schlagen geeignete Maßnahmen vor. Energetische Sanierungen erfordern häufig Finanzmittel, die über das „normale“ Instandhaltungsbudget hinausgehen. Daher muss hierfür gemeinsam mit dem Fachbereich Kinder, Jugend und Schule gesondert Geld eingeworben werden, d.h. der Geldbedarf für die entsprechenden Sanierungsmaßnahmen wird in die jährliche Haushaltsverhandlungen eingebracht. Der Rat der Stadt Aachen entscheidet letztendlich über die Vergabe der der Stadt zur Verfügung stehenden Mittel und legt in seinem Haushalt fest, welche Gelder wofür ausgegeben werden. Dabei müssen viele Interessen und städtische Verpflichtungen berücksichtigt werden.

Die Umsetzung von Maßnahmen in diesem Bereich kann von euch als Nutzer\*innen nur bedingt beeinflusst werden. Neben den Haushaltsmitteln der Stadt Aachen werden auch Förderprogramme des Landes oder des Bundes genutzt, um Maßnahmen umzusetzen.

Im Rahmen des Klimaneutralitätsziel der Stadt Aachen, hat das Gebäudemanagement eine Sanierungsstrategie für alle städtischen Gebäude entwickelt und die dafür notwendigen Finanzmittel abgeschätzt.

Nähere Infos findet ihr im nächsten Abschnitt.

## 2. Die Klimaneutralitätsstrategie der Stadt Aachen für die kommunalen Gebäude

Die Stadt Aachen hat sich zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2030 klimaneutral zu werden. Es sollen ab dann in Aachen nicht mehr Treibhausgase freigesetzt werden, als durch Kohlenstoffbindung ausgeglichen werden können. Nähere Infos zu diesem ambitionierten Ziel findet ihr unter folgendem Link: [https://www.aachen.de/de/stadt\\_buerger/energie/Klimaneutrales-Aachen/index.html](https://www.aachen.de/de/stadt_buerger/energie/Klimaneutrales-Aachen/index.html). Die städtischen Gebäude machen ca. zwei Prozent des gesamten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes der Stadt Aachen aus. Seit 2005 wurde durch eine Vielzahl von Sanierungsmaßnahmen der Heizenergieverbrauch der kommunalen Gebäude der Stadt Aachen von ca. 85.000 MWh pro Jahr auf ca. 68.000 MWh pro Jahr reduziert. Darüber hinaus wurde der Anteil der gasbeheizten Gebäude durch Umstellung auf Fernwärme reduziert.

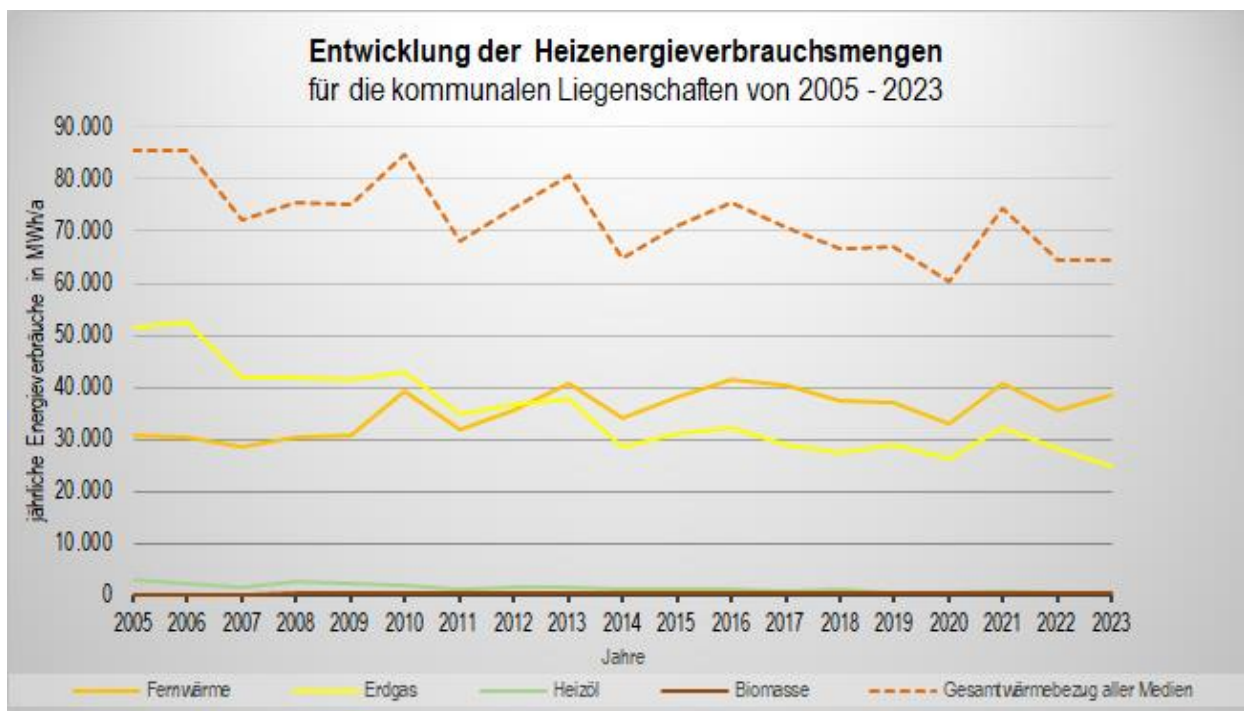


Abbildung 17: Entwicklung der Heizenergieverbrauchsmengen (Quelle: Stadt Aachen)

Zum zeitnahen Erreichen der Klimaneutralität sind aber weitergehende Anstrengungen erforderlich. Das Gebäudemanagement der Stadt Aachen hat im April 2023 im Betriebsausschuss der Politik einen Überblick über eine umfassende Sanierungsstrategie, Priorisierungen und die notwendigen Finanzmittel für das Ziel Klimaneutralität gegeben. Diese Sanierungsstrategie sieht folgende Schritte vor:

1. Umstellung der erdgasversorgten städtischen Gebäude auf Fernwärme (gemäß Ausbauplan der Stawag) (siehe auch Kapitel IV, 5)
2. Umstellung der verbleibenden erdgasversorgten städtischen Gebäude auf Wärmepumpe inkl. Gebäudehüllsanierung
3. Hüllflächensanierung der fernwärmeversorgten städtischen Gebäude

Zur Umsetzung dieser Strategie sind bei fast 400 städtischen Gebäuden enorme Finanzmittel erforderlich. Für die Umsetzung der Maßnahmen aus Priorität 1 und 2 ist grob mit Ausgaben in der Größenordnung von 450 Millionen Euro zu rechnen, für die Maßnahmen der Priorität 3 mit Ausgaben von weiteren 850 Millionen Euro. Bei einem jährlichen gesamtstädtischen Haushalt von 1,3 Milliarden Euro ist das eine große Herausforderung. In einem ersten Schritt wurden für die folgenden Jahre 5 Millionen Euro pro Jahr zur Verfügung gestellt, um Maßnahmen umzusetzen. Aber auch die zeitliche Umsetzung der Maßnahmen erfordert herausragende Anstrengungen. Für die Maßnahmen der Priorität 2 sind in der folgenden Grafik verschiedene zeitabhängige Szenarien dargestellt. Es wurde jeweils angegeben wieviel Quadratmeter Gebäudefläche bzw. wieviel Gebäude pro Jahr saniert werden müssten und wieviel Geld pro Jahr investiert werden müsste, um die beschriebenen Maßnahmen aus Priorität 2 in allen städtischen Gebäuden bis 2030, 2035, 2040 und 20250 umzusetzen. Die umsetzbare jährliche Sanierungsrate hängt neben den städtischen Personalkapazitäten, auch von den Kapazitäten von Planungsbüros und Baufirmen ab.

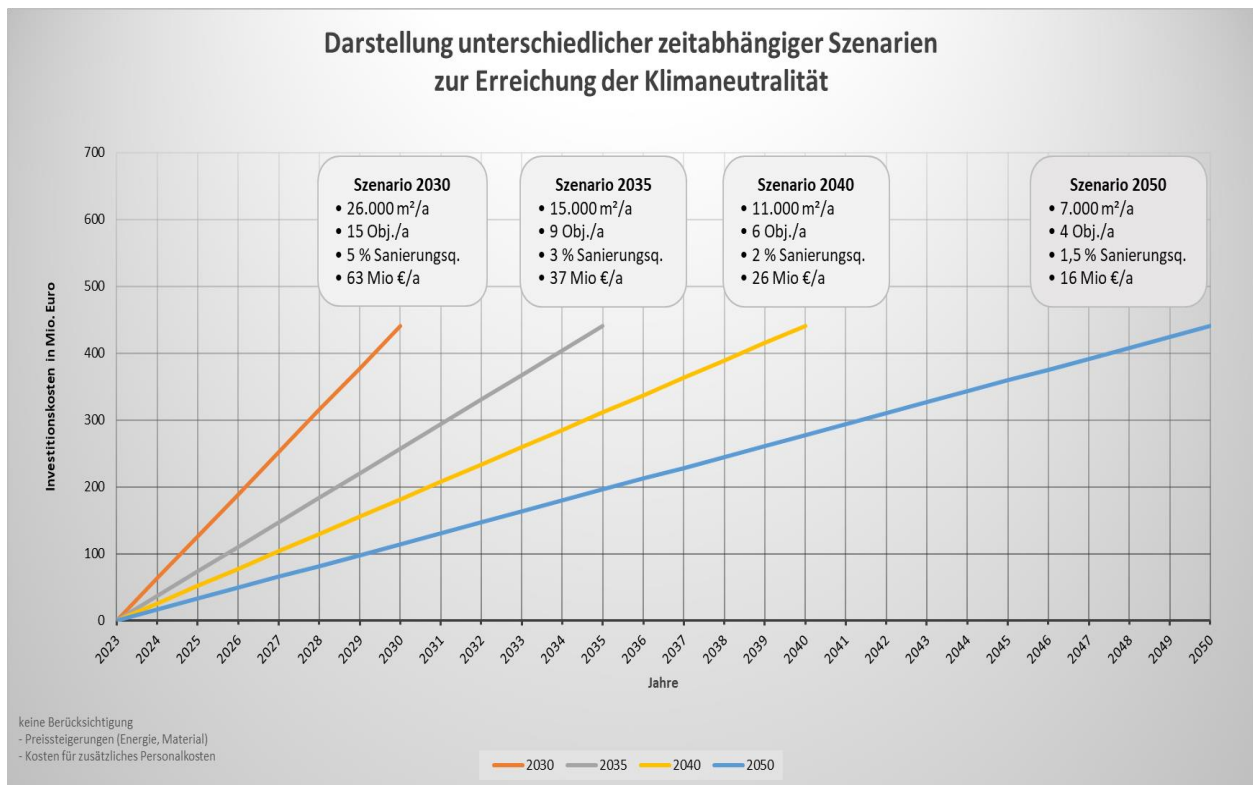


Abbildung 18: Szenarien zur Erreichung der Klimaneutralität (Quelle: Stadt Aachen)

Darüber hinaus sind logistische Fragen, wie Auslagerung der Standorte aus den Gebäuden, die saniert werden, zu klären. Auch dies beschränkt die Zahl der jährlich umsetzbaren Sanierungsprojekte.

Die Darstellung soll nicht dazu führen, den Kopf in den Sand zu stecken, sondern soll vielmehr transparent machen, dass die Klimaneutralität der kommunalen Gebäude nicht „nebenbei“ erreicht wird, sondern eine Herausforderung ist, die unser aller Engagement erfordert. Im Ratsinformationssystem der Stadt Aachen findet ihr die komplette Präsentation aus dem Betriebsausschuss mit tiefergehenden Infos zu Verbräuchen, Emissionen, Finanzmitteln etc. (<https://ratsinfo.aachen.de/bi/to020.asp?TOLFDNR=118774> ; Download am Seitenende). Ihr habt Fragen zur Klimaneutralitätsstrategie für die städtischen Gebäude oder möchtet mit uns über bestimmte Aspekte diskutieren? Meldet euch bei uns, wir informieren euch gerne und kommen zu diesem Thema auch gerne zu einem Unterrichtsbesuch vorbei.

### 3. Welche energetische Qualität hat die Außenhülle unserer Schule?

Die energetische Qualität der Außenbauteile hängt vom Baujahr der Schule bzw. vom Jahr der nachträglichen Dämmung oder des Austauschs bestimmter Bauteile ab. In der Tabelle auf der folgenden Seite findet ihr eine Zusammenstellung bauteilüblicher U-Werte (Wärmedurchgangskoeffizient) von Außenbauteilen. Der U-Wert beschreibt die energetische Qualität eines Bauteils. Je niedriger der U-Wert, desto besser ist die energetische Qualität des Bauteils und desto weniger Wärme wird vom Gebäudeinneren durch die Wände an die Außenluft übertragen. Im Jahr 1977 trat die erste Wärmeschutzverordnung in Kraft, die energetische Anforderungen an Außenbauteile gesetzlich geregelt hat. Diese Anforderungen wurden bis heute sukzessive verschärft. Detailliertere Infos zu baujahrsüblichen Aufbauten und U-Werten findet ihr unter folgenden Links. (Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand: <https://www.bbsr-geg.bund.de/GEGPortal/DE/ErgaenzendeRegelungen/Bekanntmachungen/Bestandsberechnungen/Bekanntmachungen-node.html;jsessionid=3ADDF173290EB328639ACBF4F8A55A33.live11313> und unter <https://www.altbauatlas.de/>)

Darüber hinaus hat sich die Stadt Aachen 2013 mit dem Aachener Standard über den gesetzlichen Anforderungen hinausgehende energetische Standards für den Neubau und die Sanierung gegeben. Genauere Infos hierzu findet ihr unter folgendem Link: [https://www.aachen.de/DE/stadt\\_buerger/planen\\_bauen/gebaeudemanagement/ABTEILUNGEN/4\\_Hochbautechnisches\\_GM/Aachener\\_Planungsbausteine\\_2013.html](https://www.aachen.de/DE/stadt_buerger/planen_bauen/gebaeudemanagement/ABTEILUNGEN/4_Hochbautechnisches_GM/Aachener_Planungsbausteine_2013.html)

Oft stammen unterschiedliche Gebäude einer Schule auch aus unterschiedlichen Baujahren. Ihr könnt euch bei einem Rundgang einen Überblick über die einzelnen Bauteile verschaffen. Versucht einzuschätzen, welche Gebäudeteile aus welcher Bauzeit stammen bzw. ob nachträgliche Dämmmaßnahmen durchgeführt worden sind. Dies zu erkennen, ist ohne eine intensivere Beschäftigung mit dem Thema im Unterricht oder in einer AG recht schwierig. Auf Anfrage können wir euch ggf. bei eurem Rundgang begleiten und/ oder euch einen Lageplan eurer Schule mit den Baujahren der Gebäude und eine Zusammenstellung von umgesetzten Sanierungsmaßnahmen zukommen lassen.

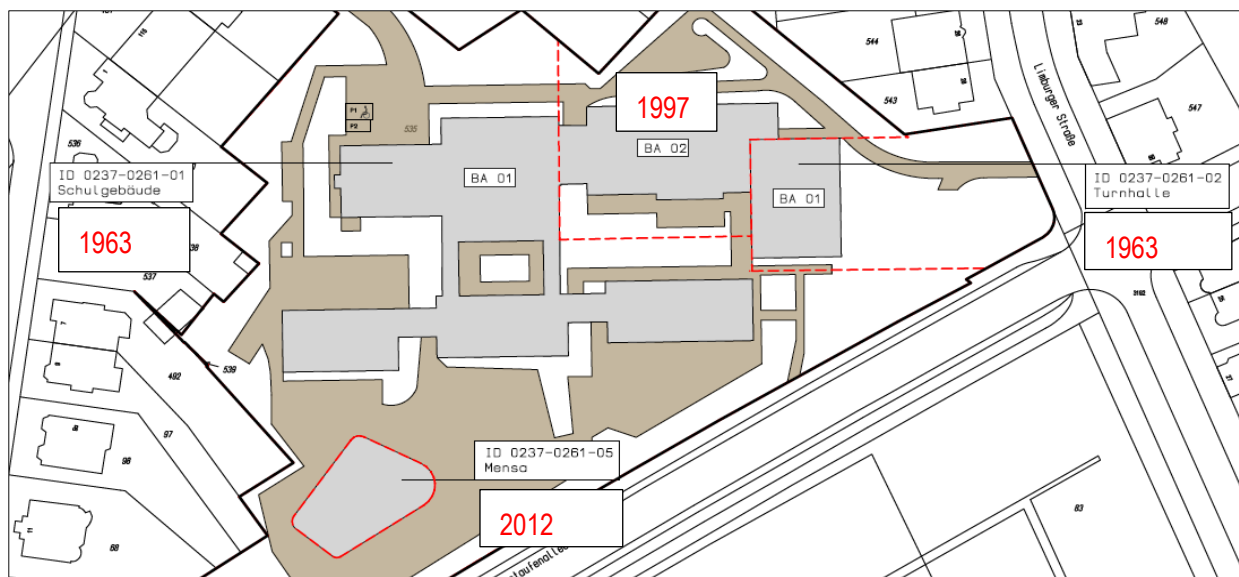


Abbildung 19: Beispiellageplan Couven-Gymnasium (Quelle: Stadt Aachen)



	Dach	Oberste Geschossdecke	Außenwand	Kellerdecke	Boden gegen Erdreich	Fenster
Bis 1918	2,1-2,6	1-2,1	1,3-3,0	1,2- 1,6	1,2-1,8	Bis 1978  2,7 – 5,0
1919-1948	1,4-2,1	1-2,1	1,3-3,0	1,2-1,6	1,2- 1,8	
1949-1957	1,4-2,1	0,8-2,1	1,0-3,0	1,0-2,3	1,0-2,3	
1958-1968	1,3-1,4	0,7-2,1	0,9-1,4	0,8-1,0	0,8-1,2	
1969-1978	0,8-1,3	0,6	0,9-1,0	0,6-1,0	0,6 -1.2	
1979-1983	0,6-0,7	0,4-0,6	0,7-0,8	0,6-0,8	0,6-0,8	2,7-4,3
1984-1994	0,4-0,5	0,3	0,5-0,7	0,4-0,6	0,4-0,6	2,7-2,9
1995-2001	0,3	0,3	0,5-0,7	0,4-0,6	0,4-0,6	1,6-1,9
Ab 2002	0,2	0,2	0,4	0,4-0,5	0,5	1,5
Ab 2012	0,15	0,15 Sanie- rung	0,15 Neubau 0,2 Sanie- rung	0,3(Sanie- rung)	0,15 (Neu- bau) 0,5 (Sanie- rung)	1,0

Tabelle 7: baujahresabhängige U-Werte in  $W/m^2K$  (Quelle: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung)

# VIII. Aktionsbeispiele an Aachener Schulen

## 1. Grundschule Hanbruch: Wieviel Heizenergie verbraucht unsere Schule?

Die Grundschule Hanbruch hat im Schuljahr 2023/24 am Prämiensystem des Energiemanagements der Stadt Aachen teilgenommen. Gemeinsam schauten sich die Schüler\*innen der Klassen drei und vier die Energieverbräuche der Schule an, diskutierten Auffälligkeiten und überlegten, welchen Beitrag sie zu einem sparsamen Verbrauch leisten können. Der Blick auf den Energieverbrauch soll ab jetzt regelmäßig von den dritten und vierten Klassen übernommen werden.



Abbildung 20: Grundschule Hanbruch (Quelle: Stadt Aachen)

## 2. Marktschule Brand: Wie wird unsere Schule warm?

Wie wird denn unsere Schule warm? Damit beschäftigten sich die Schüler\*innen der Klasse 3a der Marktschule Aachen-Brand. Mit zwei Mitarbeiterinnen des Energiemanagement lernten die Schüler\*innen die wichtigsten Elemente einer Heizungsanlage und deren Funktion kennen. Was ist in einem Heizkörper drin und wie sieht der von Innen aus? Wie kommt das warme Wasser vom Kessel in den Heizkörper? Vom Heizkörper über das Thermostatventil, die Heizungsrohre samt Dämmung, Pumpe und Gaskessel – Stück für Stück wurde jedes Element in Augenschein genommen. Gegenstände aus dem Alltag wie Kochtopf, Feuerzeug oder Wärmflasche halfen, die einzelnen Funktionen besser zu verstehen. Auch dem Heizungskeller statteten die Schüler\*innen einen Besuch ab, um Gaskessel und Pumpe mal aus der Nähe zu sehen. Am Ende griffen die Kinder noch zu Schere und Kleber und bastelten den Heizkreislauf in einem Klappbild nach.

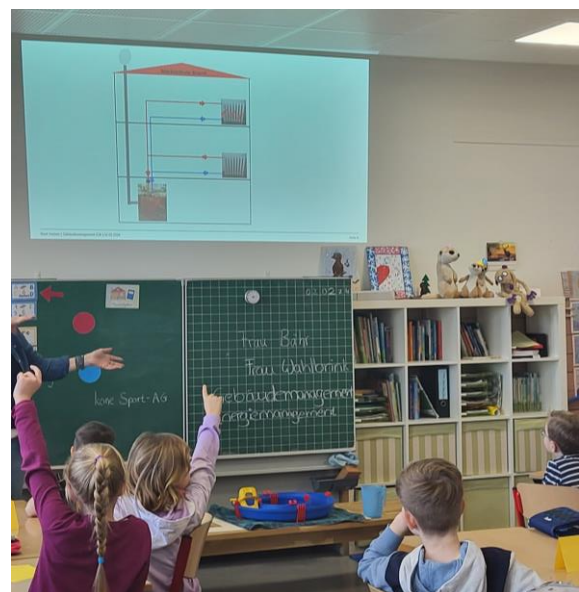


Abbildung 21: Unterrichtsbesuch in der Marktschule Brand (Quelle: Stadt Aachen)

## **Hier könnte euer Projekt stehen!**

Wie ihr seht, kennen wir noch nicht viele Projekte zum Thema Heizenergie aus Aachener Schulen. Aber wir sind uns sicher, es gibt mehr.

Schreibt uns eine Mail mit einem kurzen Textvorschlag und ggf. einem Foto oder ruft uns einfach an!

Wir nehmen eure Projektvorstellung gerne auf!

# IX. Aktionsbeispiele Stadt Aachen

## 1. Nutzerbeteiligung

Unter dem Motto „Energie Wasser Abfall – wir packen es an“ haben wir, das Energiemanagement der Stadt Aachen, eine Vielzahl von Angeboten zusammengestellt, mit denen wir euch unterstützen möchten, euch im Schullalltag mit diesen Themenfeldern zu beschäftigen. Ein Teil unseres Angebots, die Broschüre „Alles Wissenswerte zum Thema Wärme an Schulen der Stadt Aachen“, haltet ihr ja gerade schon in den Händen. Darüber hinaus halten wir weitere Angebote für euch bereit:

### Unterrichtseinheit „Wie wird unsere Schule warm?“

Schüler\*innen der dritten oder vierten Klasse lernen in dieser Unterrichtseinheit anhand der Wärmeversorgung der eigenen Schule die wesentlichen Elemente einer Heizungsanlage und deren Funktionsweise kennen. Mit Hilfe anschaulicher Beispiele machen wir die Technik begreifbar. Ein Besuch im Heizungsraum der Schule rundet das Angebot ab. Außerdem stellen wir Arbeitsblätter zur Verfügung, mit denen das erlangte Wissen vertieft werden kann. Wir bieten die Unterrichtseinheit während der Heizperiode (Oktober bis April) an. Terminabsprachen sind jederzeit telefonisch oder per Mail möglich.

### Prämiensystem

Im Rahmen des Prämiensystems belohnen wir Aktivitäten mit einer Geldprämie, die einen ressourcenschonenden Umgang mit Energie, Wasser und Abfall langfristig an eurer Schule verankern. Wir möchten kontinuierliche Aktivitäten unterstützen, die den Austausch mit uns intensivieren, die Verbräuche vor Ort transparent machen, nachhaltige Verhaltensregeln etablieren sowie Wissen zu Technik und Gebäude transportieren. Das Prämiensystem startet jeweils zum Schuljahresbeginn. Eine Anmeldung für das laufende Schuljahr ist jeweils noch bis September möglich.

### Energiekoffer



Abbildung 22: Energiekoffer (Quelle: Stadt Aachen)

Im Energiekoffer sind insgesamt fünf verschiedene Messgeräte enthalten: ein Thermometer, ein Strommessgerät, ein Durchflussmengenmesser, sowie ein CO<sub>2</sub>-Messgerät und ein Luxmeter. Mithilfe dieser Messgeräte können Strom-, Wärme-, und Wasserverbräuche im Schullalltag sichtbar und erlebbar gemacht werden und Schüler\*innen für

einen sorgsamen Umgang sensibilisiert und motiviert werden. Der Koffer kann kostenlos bei uns ausgeliehen werden.

### Materialliste

Um die Suche nach geeigneten Unterrichtsmaterialien zu erleichtern, haben wir eine Materialliste zu den Themen Energie, Wasser und Abfall zusammengestellt. Die Materialliste beinhaltet Informationsmaterialien zum Einlesen für verschiedene Altersstufen, aber auch bereits aufbereitete Unterrichtsreihen und -materialien, sowie ergänzende Lehrvideos und interaktive Webseiten.

### Abfallbroschüre

Unsere Broschüre „Alles Wissenswerte zum Thema Abfall an Schulen der Stadt Aachen“ enthält Angaben zu Abfallmengen, Entsorgungskosten und Umweltwirkungen des Abfalls an Aachener Schulen. Wir informieren euch, wer für was bei der Trennung und Entsorgung des Abfalls in der Schule vom Klassenzimmer bis zum „Müllauto“ zuständig ist. Außerdem werden verschiedene Möglichkeiten aufgezeigt, wie man das Thema Abfall im Schulalltag aufgreifen kann. Dazu wird eine Checkliste zur Verfügung gestellt, die helfen kann, die Abfallsituation zu beleuchten und Aktionen zu entwickeln.

Nähere Infos zu allen Angeboten und die Infomaterialien zum Download findet ihr auf unserer Website [https://www.aachen.de/DE/stadt\\_buerger/umwelt/Bildung-fuer-Nachhaltige-Entwicklung/activeforfuture/10\\_energie\\_wasser\\_abfall/index.html](https://www.aachen.de/DE/stadt_buerger/umwelt/Bildung-fuer-Nachhaltige-Entwicklung/activeforfuture/10_energie_wasser_abfall/index.html)

## 2. Betriebsoptimierungen

Für die Turnhallen der Stadt Aachen ist eine Raumtemperatur von 17 Grad in der Dienstanweisung festgelegt (nähere Infos in Kapitel VI, 2). Im Rahmen der Gaskrise im Jahr 2022 im Zusammenhang mit dem Krieg in der Ukraine wurden alle Raumtemperatureinstellungen nochmal kritisch überprüft. Teilweise wurden für diesen Krisenfall Im Winter 2022/23 sogar für bestimmte Bereiche (z.B. Verwaltungsgebäude) niedrigere Temperaturen festgelegt. Bei dieser Überprüfung wurde deutlich, dass viele Turnhallen über dem festgelegten Temperaturniveau betrieben wurden. Dies wurde korrigiert. Für die Turnhallen konnte durch diese Temperaturkorrekturen Einsparungen von ca. 25 Prozent erzielt werden.

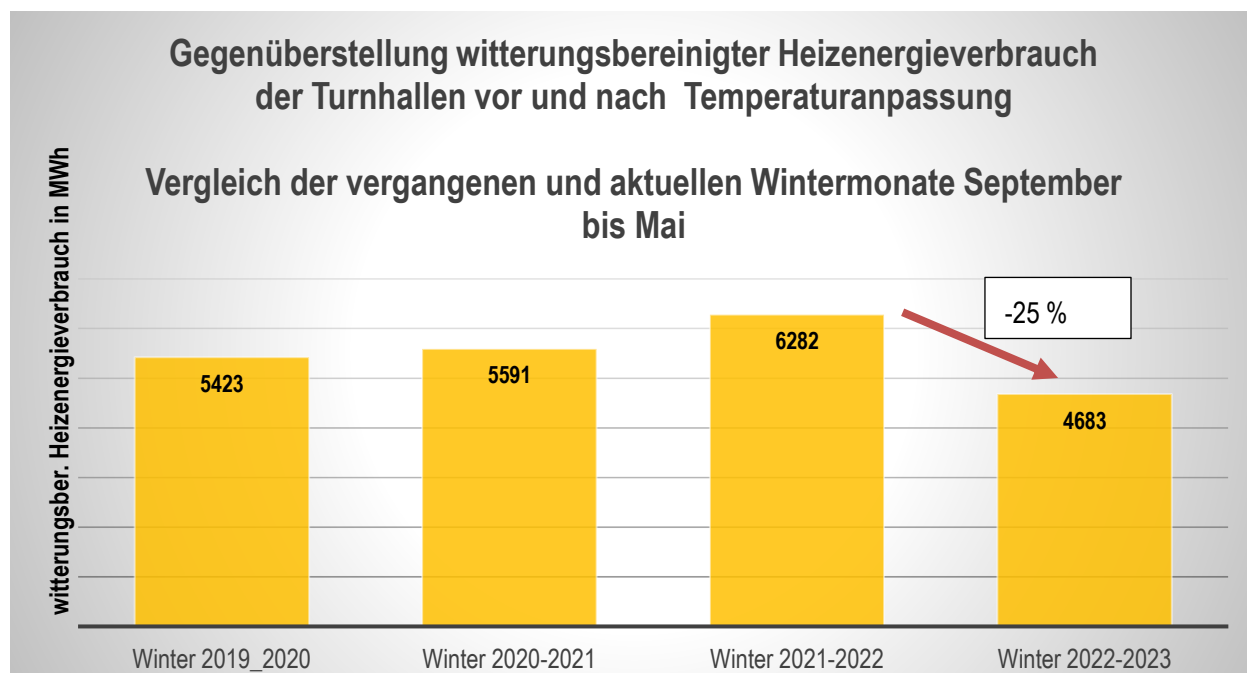


Abbildung 23: Vergleich des Heizenergieverbrauchs von Turnhallen (Quelle: Stadt Aachen)

### 3. Energetische Sanierungen

In den letzten Jahren wurden, neben diversen Einzelmaßnahmen an verschiedenen Schulen, drei große Schulkomplexe energetisch saniert: das Einhard Gymnasium (2018 bis 2021), das Schulzentrum Laurensberg (2020 bis 2024) und das Inda Gymnasium (2020 bis 2024). Folgenden Maßnahmen wurden in allen drei Schulen umgesetzt:

- Dämmung der Außenwand in Form einer Vorhangfassade
- Dachdämmung
- Kellerdeckendämmung in Teilbereichen
- Austausch der Fenster
- Einbau von dezentralen Lüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung



Abbildung 24: Außenwanddämmung (Einhard), Dachdämmung (Schulzentrum Laurensberg), Lüftung mit WRG (Inda) (Quelle: Stadt Aachen)

Die Investitionssummen lagen jeweils im Bereich von über 10 Millionen Euro pro Schule. Neben städtischen Mitteln konnten hierfür Gelder aus verschiedenen Förderprogrammen von Bund und Land (Kommunalinvestitionsförderungsgesetz des Ministeriums für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung des Landes NRW, Kommunalrichtlinie von der Nationalen Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz) genutzt werden. Die ersten Verbrauchsauswertungen zeigen schon deutliche Reduzierungen des Heizenergieverbrauchs. Da die Sanierungen teilweise erst im Jahr 2023 bzw. 2024 abgeschlossen wurden, sind hier in den nächsten Jahren weitere Reduktionen zu erwarten. Wenn ihr Fragen zu den Sanierungsvorhaben habt, meldet euch bei uns.

**Sanierung Einhard-Gymnasium**  
Sanierungszeitraum: 2018 bis 2021



Abbildung 25: Einhard-Gymnasium vor und nach der Sanierung (Quelle: Stadt Aachen)

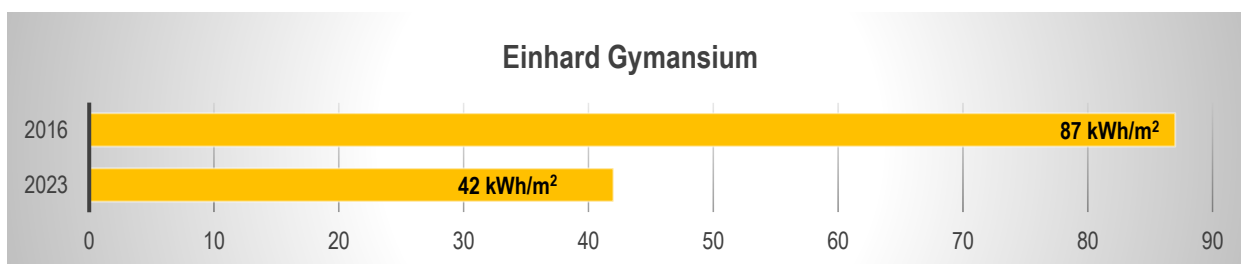


Abbildung 26: Witterungsbereinigter Heizenergieverbrauch vor und nach der Sanierung (Quelle: Stadt Aachen)



## Sanierung Schulzentrum Laurensberg

Sanierungszeitraum: 2020 bis 2024



Abbildung 27: Schulzentrum Hander Weg vor und nach der Sanierung (Quelle: Stadt Aachen)

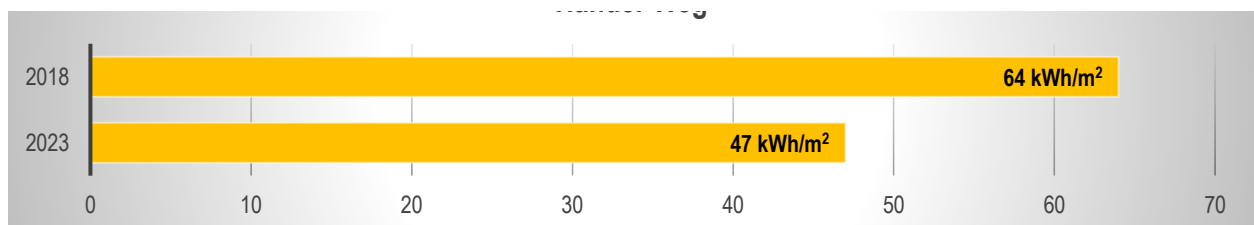


Abbildung 28: Witterungsbereinigter Heizenergieverbrauch vor und nach der Sanierung (Quelle: Stadt Aachen)

## Sanierung Inda-Gymnasium

Sanierungszeitraum: 2020 bis 2024 (die letzten Arbeiten laufen noch)



Abbildung 29: Inda-Gymnasium vor und nach der Sanierung (Quelle: Stadt Aachen)

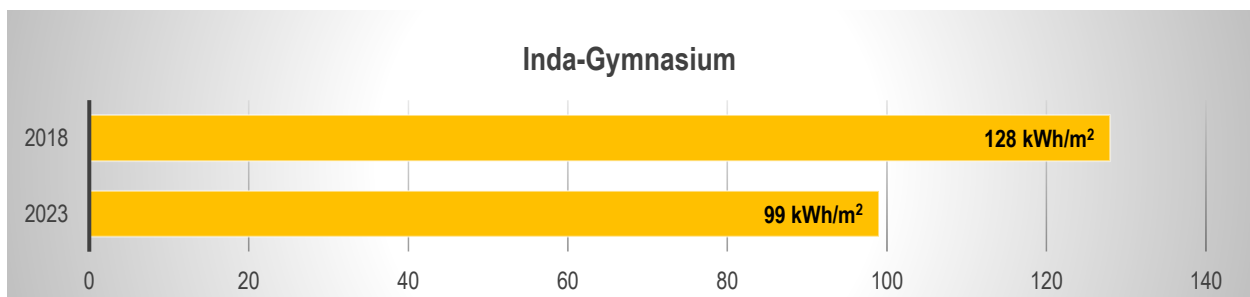


Abbildung 30: Heizenergieverbrauch des Inda-Gymnasiums vor und nach der Sanierung (Quelle: Stadt Aachen)

# X. Hilfreiche Links und Angebote

## 1. Regionale Angebote

Titel	Autor/Herausgeber	Zielgruppe	Inhalt/Zielsetzung	Link
Ee2watch	Gebäudemanagement der Stadt Aachen	Alle Altersgruppen	Das System e2watch stellt automatisch, transparent und in Echtzeit die Verbrauchsdaten der Gebäude der Stadt Aachen dar. Das System dient zu einem intelligenten Energiemanagement und soll somit zur Schonung der Ressourcen und Senkung der Energiekosten beitragen.	<a href="https://stadt-aachen.e2watch.de/">https://stadt-aachen.e2watch.de/</a>
Unterrichtseinheit Wie wird unsere Schule warm?	Energiemanagement der Stadt Aachen	3.und 4. Klasse	Wir bieten allen Aachener Grundschulen kostenlos buchbare Unterrichtsbesuche während der Heizperiode (Oktober bis April) an, in denen wir mit Schüler*innen der 3. oder 4. Klasse der Frage auf den Grund gehen, wie die Schule eigentlich warm wird. Dabei schauen wir uns die wesentlichen Elemente einer Heizung an und wagen einen Blick den Heizungskeller. Die Unterrichtsreihe dauert etwa 2-3 Schulstunden.	<a href="https://www.aachen.de/DE/stadt_buerger/umwelt/Bildung-fuer-Nachhaltige-Entwicklung/activeforfuture/10_energie_wasser_abfall/02_Unterrichtseinheit_/index.html">https://www.aachen.de/DE/stadt_buerger/umwelt/Bildung-fuer-Nachhaltige-Entwicklung/activeforfuture/10_energie_wasser_abfall/02_Unterrichtseinheit_/index.html</a>

## 2. Grundlegende Informationen

Titel	Autor/Herausgeber	Zielgruppe	Inhalt/Zielsetzung	Link
Energie macht Schule	BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.	Sekundarstufe 1 und 2	Lehr- und Lernportal mit Informationen und Materialien zur Unterrichtsgestaltung, sowie Fortbildungshinweisen, Wettbewerbe und Energiewissen von A bis Z.	<a href="https://www.energie-macht-schule.de/themenuebersicht/waerme/">https://www.energie-macht-schule.de/themenuebersicht/waerme/</a>
Verbraucherzentrale NRW: Energie-Schule	Verbraucherzentrale NRW	5. und 6. Klasse	In diesem buchbaren Workshop lernen die Kinder mit unterschiedlichen Spielstationen ein bewusstes Umgehen mit Heizenergie und Warmwasser. Der Workshop ist in NRW kostenlos buchbar und dauert etwa zwei Doppelstunden (180 min).	<a href="https://www.verbraucherzentrale.nrw/bildung-nrw/warmup-wissensspiele-rund-um-waerme-43811">https://www.verbraucherzentrale.nrw/bildung-nrw/warmup-wissensspiele-rund-um-waerme-43811</a>
BR Kinder: Wie wird es im Zimmer warm?	BR Kinder	Grundschule und Sekundarstufe 1	In dem Artikel wird für Kinder verständlich erklärt, wie eine Heizung aufgebaut ist und wie sie funktioniert. Zudem wird erklärt, warum die Heizung meist unter dem Fenster positioniert ist.	<a href="https://www.br.de/kinder/heizung-warmes-zimmer-kinder-lexikon-100.html">https://www.br.de/kinder/heizung-warmes-zimmer-kinder-lexikon-100.html</a>
Helles Koepfchen: Heizung	Cosmos Media UG	Grundschule und Sekundarstufe 1	Helles Koepfchen ist eine Suchmaschine für Kinder. Unter dem hier angegebenen Link gelangt man zu den Suchergebnissen zum Thema Heizung. Dabei werden weiterführende Links zu kinderfreundlichen Seiten passend zum Thema angezeigt. Zudem gibt es die Möglichkeit, eine Schullizenz für diese Suchmaschine zu erwerben, um eine uneingeschränkte, rechtssichere und werbefreie Nutzung der Webseite zugesichert zu bekommen.	<a href="https://schule.helles-koepfchen.de/?suche=Heizung">https://schule.helles-koepfchen.de/?suche=Heizung</a>

### 3. Unterrichtsmaterialien

Titel	Autor/Herausgeber	Zielgruppe	Inhalt/Zielsetzung	Link
Energie macht Schule	BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.	Sekundarstufe 1 und 2	Lehr- und Lernportal mit Informationen und Materialien zur Unterrichtsgestaltung, sowie Fortbildungshinweisen, Wettbewerbe und Energiewissen von A bis Z. Unter dem angegebenen Link findet ihr Unterrichtsmaterialien, Ideen für Experimente und Erklärvideos rund um das Thema Wärme.	<a href="https://www.energie-macht-schule.de/themenu-ubersicht/waerme/">https://www.energie-macht-schule.de/themenu-ubersicht/waerme/</a>
Umwelt im Unterricht: Heizen und Klimaschutz	Bundesamt für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz	Grundschule und Sekundarstufe (Unterrichtsreihen für verschiedene Zielgruppe unterschiedlich aufbereitet)	Hier findet ihr verschiedene Unterrichtreihen und Materialien zum Thema Wärmedämmung und was diese mit effizienter Energienutzung zu tun hat. Außerdem gibt es Unterrichtreihen zu den Themen, wie man Heizenergie einsparen kann oder ein Versuch zum Thema Wärmedämmung.	<a href="https://www.umwelt-im-unterricht.de/wochenthemen/hauptsache-dick-eingepackt-heizen-und-der-klimaschutz">https://www.umwelt-im-unterricht.de/wochenthemen/hauptsache-dick-eingepackt-heizen-und-der-klimaschutz</a>
Umwelt im Unterricht: Richtig Heizen und Lüften	Bundesamt für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz	Grundschule und Sekundarstufe (Unterrichtsreihen für verschiedene Zielgruppe unterschiedlich aufbereitet)	Hier findet ihr verschiedene Unterrichtreihen und Materialien zu dem Thema, wie man im Winter richtig lüftet ohne dabei viel Energie zu verschwenden. Die verschiedenen Unterrichtreihen setzen einen unterschiedlichen Vorwissensstand voraus, haben verschiedene Herangehensweisen und zeitliche Umfänge, um sich mit dem Thema im Unterricht zu beschäftigen. Unter anderem ist hier auch eine Versuchsanleitung zum richtigen Lüften im Klassenzimmer aufbereitet.	<a href="https://www.umwelt-im-unterricht.de/wochenthemen/richtig-heizen-und-lueften">https://www.umwelt-im-unterricht.de/wochenthemen/richtig-heizen-und-lueften</a>

Wie funktioniert die Wärmepumpe?	Deutscher Handwerkskammertag (DHKT) e.V.	Sekundarstufe 1	Die Unterrichtseinheit führt in den Aufbau und die Funktionsweise von Wärmepumpen ein. Dabei werden Arbeitsblätter mit Lösungen zur Verfügung gestellt und die Schüler*innen sollen am Ende in der Lage sein, ein Erklärvideo zu vertonen. Die Unterrichtseinheit ist für 3 bis 4 Unterrichtsstunden ausgelegt.	<a href="https://www.handwerk-macht-schule.de/facherwelt/mint-mathematik-informatik-naturwissenschaften-technik/unterrichtseinheit/ue/wie-funktioniert-eine-waermepumpe/">https://www.handwerk-macht-schule.de/facherwelt/mint-mathematik-informatik-naturwissenschaften-technik/unterrichtseinheit/ue/wie-funktioniert-eine-waermepumpe/</a>
----------------------------------	--	-----------------	---	---

#### 4. Interaktive Webseiten

Titel	Autor/Herausgeber	Zielgruppe	Inhalt/Zielsetzung	Link
PlanetSchule	SWR und WDR	4. Klasse und Sekundarstufe 1	Virtuelles Energiesparspiel. Dazu muss man mit der Maus die Szenerie erforschen und Stellen anklicken, die vielversprechend erscheinen, Energie zu sparen. Dadurch sollen Schüler*innen verschiedene Möglichkeiten zum Sparen von Energie entdecken.	<a href="https://www.planet-schule.de/sf/multimedia-lernspiele-detail.php?projekt=energiesparspiel">https://www.planet-schule.de/sf/multimedia-lernspiele-detail.php?projekt=energiesparspiel</a>

## 5. Lehrvideos

Titel	Autor/Herausgeber	Zielgruppe	Inhalt/Zielsetzung	Link
Lüftungsmodell	E&u energiebüro GmbH	Alle Altersgruppen	Darstellung der Luftströmungen bei unterschiedlicher Lüftungsart anhand eines Lüftungsmodell. Dabei wird herausgearbeitet, welche Lüftungsart am effektivsten während der Heizperiode ist.	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=Do-YUXmd9Mnc">https://www.youtube.com/watch?v=Do-YUXmd9Mnc</a>
Richtig Lüften	hr ARD-Mediathek	Alle Altersgruppen	In diesem Video misst die Moderatorin in verschiedenen Situationen mit einem CO2-Messgerät die Luftqualität und erklärt dabei, wie man in verschiedenen Situationen am besten lüftet.	<a href="https://www.ardmediathek.de/video/alles-wissen/richtig-lueften/hr-fernsehen/MGEzM2IzNG-MtMGE1MC00MGFhLTk3ZDctNDNkNjYzOGVhMzRj">https://www.ardmediathek.de/video/alles-wissen/ richtig-lueften/hr-fernsehen/MGEzM2IzNG-MtMGE 1MC00MGFhLTk3ZDctNDNkNjYzOGVhMzRj</a>
Die Maus „Heizung“	WDR	Grundschule	In dem Video wird für Kinder verständlich dargestellt, wie eine Heizung funktioniert.	<a href="https://www.wdrmaus.de/filme/sachgeschichten/heizung.php5">https://www.wdrmaus.de/filme/sachgeschichten/heizung.php5</a>
Die Maus „Wärmepumpe“	WDR	Grundschule	Anhand eines Beispiels von einem Haus wird erklärt, wie dieses mithilfe einer Wärmepumpe geheizt werden kann.	<a href="https://kinder.wdr.de/tv/die-sendung-mit-der-maus/av/video-sachgeschichte-waermepumpe-100.html">https://kinder.wdr.de/tv/die-sendung-mit-der-maus/av/video-sachgeschichte-waermepumpe-100.html</a>