



# Integriertes Energetisches Quartierskonzept Schulcampus Dannenberg



Abschlussbericht

08.02.2023



# Integriertes Energetisches Quartierskonzept Schulcampus Dannenberg

Abschlussbericht

## IMPRESSUM

### AUFTRAGGEBER



#### **Landkreis Lüchow-Dannenberg**

Königsberger Str. 10

29439 Lüchow (Wendland)

#### **Betreuung**

Franziska Dittmer

### AUFTRAGNEHMER



#### **KEEA**

Klima & Energieeffizienz Agentur GmbH

Heckerstr. 6

34121 Kassel

Tel.: 0561 2577 0

E-Mail: [info@keea.de](mailto:info@keea.de)

#### **Bearbeiter**

Armin Raatz

Matthias Wangelin

Marvin Grosch



#### **Treurat und Partner**

**Unternehmensberatungsgesellschaft mbH**

Niemannsweg 109

24105 Kiel

[info@treurat-partner.de](mailto:info@treurat-partner.de)

Geschäftsführer: Dr. Dietrich Clemens

#### **Bearbeiter**

Gerrit Müller-Rüster

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>ANALYSE</b>	<b>6</b>
2.1	Beschreibung Quartier Schulcampus Dannenberg	6
2.2	Wärmeversorgung: Wärmenetz und Einzelfeuerungsstätten	10
2.3	Gebäude	11
2.3.1	Wärmenachfrage	11
2.3.2	Stromnachfrage	12
2.3.3	Stromproduktion über PV	13
2.4	Mobilität	13
2.5	Zusammenfassung Energie und THG	16
<b>3</b>	<b>POTENZIALE</b>	<b>17</b>
3.1	Vorgehensweise: Sanierung des Schulcampus in Bauabschnitten	18
3.2	Ermittlung des potenziellen Energiebedarfs und Versorgung über erneuerbare Energien	20
3.3	Kostenrahmen für einen Neubau	26
3.4	Abrechnungsdienstleistung über ein Strombilanzkreismodell	29
3.5	Entscheidungsfindung Wärmeversorgungstechnik	30
3.6	Mobilität	34
3.7	Freiräume: Klimaresilienter Schulhof	36
<b>4</b>	<b>MAßNAHMEN</b>	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>DIE NÄCHSTEN SCHRITTE</b>	<b>55</b>
5.1	Effektermittlung und Controlling	57
<b>6</b>	<b>ANHANG</b>	<b>60</b>
6.1	Inhaltsindex KfW	60
6.2	Methodik der Gebäudeanalyse	61
6.3	Gebäudeanalyse im Detail	62
6.3.1	Nicolas-Born-Oberschule Haus 1	62
6.3.2	Fritz-Reuter-Gymnasium Haus 2 und Mensa	64
6.3.3	Fritz-Reuter-Gymnasium Haus 1	66
6.3.4	Fachgebäude Naturwissenschaft (NaWi)	68
6.3.5	Sporthalle	70
6.4	Methodik der Primärenergieermittlung	72
6.5	Methodik der Treibhausgasermittlung	73
6.6	Vorüberlegungen für die Potenzialanalyse	74
6.6.1	Physikalisch-technische Vorüberlegungen	77
6.6.2	Wie sind die Systemzusammenhänge realistischer Potenziale?	79

6.6.3	Reduktion der Wärmenachfrage über einen guten Gebäudestandard	82
6.6.4	THG-arme Baustoffe als weiteres Potenzial	84
6.6.5	Städtebauliche Möglichkeiten im Quartier	85
6.6.6	Anpassung an den Klimawandel	85
6.6.7	Soziokulturelle Potenziale	88

# 1 EINLEITUNG

## HINTERGRUND

Die Themen Energieeffizienz, klimagerechte Mobilität und Klimaschutz spielen, sowohl in den Medien als auch in der öffentlichen Wahrnehmung, eine immer größere Rolle. Diskussionen über Klimaauswirkungen, Versorgungssicherheit bezüglich endlicher Ressourcen, steigende Energiepreise und die von der Bundesregierung und der Europäischen Union politisch forcierten „Energiewende“, erfordern neue integrierte Strategien, um den Einsatz von fossilen Energieträgern drastisch zu reduzieren bzw. zu vermeiden.

Der Landkreis Lüchow-Dannenberg ist sich seiner Verantwortung für den Schutz des Klimas sowie der gezielten Anpassung an die Klimawandelfolgen bewusst. Er geht die damit verbundenen Herausforderungen aktiv an. Das Quartierskonzept dient – bezogen auf den Schulcampus Dannenberg – als erste vorbereitende Maßnahme für den Umbau der Wärmeversorgung; auf Basis erneuerbarer Energien (EE), dem Aufzeigen und der Erschließung der EE-Potenziale im Hinblick auf die Erzeugung von Strom aus Photovoltaik (PV), ergänzt um strategische Aspekte im Hinblick auf die Transformation im Linienbusverkehr sowie der Klimafolgenanpassung. Es ist somit als Transformationskonzept zu sehen, das grundlegende Empfehlungen gibt und entsprechende Maßnahmen aufzeigt. Eine detaillierte Umsetzungsplanung- und Begleitung kann im Zuge eines Sanierungsmanagements erfolgen und baut auf dem Konzept auf.

## ZIELSETZUNG

Das Konzept für den „Schulcampus Dannenberg“ soll eruieren, welche technischen und wirtschaftlichen Energieeinsparpotenziale bestehen. Es soll konkrete Maßnahmen aufzeigen, um kurz-, mittel- und langfristig die Emission von Treibhausgasen (THG) zu reduzieren. Den Entscheidungsträgern wird es als Fahrplan für anstehende und zukünftige Planungen von energetischen Maßnahmen dienen. Dabei kann auf umfangreiche Vorarbeiten zurückgegriffen werden. Mit dem Masterplan Schulcampus Dannenberg des Architekturbüros *ralf pohlmann : architekten* ist ein Fahrplan vorhanden, wie die bestehenden Sport- und Bildungsbauten erneuert und saniert werden. Die technischen Planungen hierzu werden durch das *ingenieurbüro heimsch GmbH (ibh)* erarbeitet. Im Jahr 2017 wurde zudem ein Gesamtkonzept für die Freianlagen durch das Büro *Levin Monsigny Landschaftsarchitekten GmbH* entwickelt. Das vorliegende energetische Quartierskonzept ergänzt den Masterplan um die Aspekte Energie und Klimaschutz. Die Ziele des Quartierkonzeptes decken sich hierbei mit denen des Masterplans 100% Klimaschutz des Landkreises Lüchow-Dannenberg, der Halbierung des Endenergiebedarfs und der Reduktion der Treibhausgase um mind. 95 Prozent.



Schüler:innen ihre Anliegen und Vorschläge einbringen konnten, einschlägige Klimaschutz-Themenhefte der Bundeszentrale für politische Bildung wurden zur Mitnahme bereitgestellt.

**Abbildung 2: Foto von der Ausstellung zur Beteiligung der Schulen (FRG und NBS) im Nawi-Gebäude im Zeitraum März/April 2022**



## 2 ANALYSE

### 2.1 BESCHREIBUNG QUARTIER SCHULCAMPUS DANNENBERG

Der Schulcampus liegt südlich des Zentrums von Dannenberg. Östlich befindet sich der Thielenburger See. Westlich angrenzend liegen Alten- und Pflegeeinrichtungen. Südlich wird das Quartier von der B191 begrenzt.

**Abbildung 3: Lage des Quartiers in Dannenberg.**



Das Quartier besteht aus mehreren Sport- und Bildungseinrichtungen:

- Nicolas-Born-Schule (NBS)
- Fritz-Reuter-Gymnasium (FRG)
- Mehrzwecksporthalle mit mehreren Sportplätzen und Umkleideräumen
- Hallenbad der Stadt Dannenberg (in Sanierung nach Beschluss im Jahr 2020)
- Jugendzentrum der Stadt Dannenberg
- Parkplätze und Freiräume
- Zentraler Omnibusbahnhof in Nordteil des Quartiers

Nachfolgend werden insbesondere die Gebäude des Landkreises Lüchow-Dannenberg betrachtet.

**Abbildung 4: Das Quartier mit den bestehenden Gebäuden**



Das Gelände ist frei zugänglich und Teil öffentlicher Freizeiteinrichtungen, wie z. B. das Hallenbad und die Sportanlagen. Mit der angrenzenden „Alten Jeetzel“ und dem Thielenburger See ist das Quartier auch gleichzeitig Naherholungs- und Freizeitgelände.

## **BAUKULTUR**

Baukulturell ist das Quartier ein typischer Bildungsbau der 1960er und 70er Jahre, mit Ergänzungen bis in die Gegenwart. Mit dem Masterplan Schulzentrum Dannenberg soll das Gebiet hinsichtlich des Baustils, der Freiraumplanung und des pädagogischen Konzepts modernisiert werden. Lernhäuser werden von Fachhäusern getrennt, es wird schulformübergreifend gearbeitet. Eine zentrale Mensa versorgt alle Schüler:innen. Somit bekommt der Standort einen Campuscharakter: Bildung, Sport und Freizeit gehen in Zukunft räumlich aufeinander ein.

- In den Jahren 2008/2009 wurde das Gebäude Riemannstraße 1 (Mensa, Verwaltung) saniert. Die bisherige Aula wird durch Sanierung und Umbau gleichzeitig multifunktional als Mensa genutzt. Zudem wurde auch ein Küchentrakt angebaut.
- In den Jahren 2018 und 2019 erfolgten die ersten Bauabschnitte des Masterplans: Schulzentrum Dannenberg:
  - Bauabschnitt 1a: Der Rückbau von eingeschossigen Gebäudeteilen der NBS und von überdachten Gängen zwischen NBS und FRG in der Mitte des Schulhofes.
  - Bauabschnitt 1b: Neubau eines dreigeschossigen Fachunterrichtsgebäudes (NaWi-Gebäude), s. Bild rechts Abbildung 5.

**Abbildung 5: Aktueller Gebäudebestand (links: Nicolas-Born-Schule; rechts Nawi-Gebäude, unten: Sportplatz und Schulhof)**



## **PLÄTZE UND FREIRÄUME**

Das Gelände befindet sich in einem Umgestaltungsprozess. Freiflächen sind zum Teil schon neugestaltet oder noch Brachen für die Neugestaltung, für die ein Freiraumkonzept vorliegt (u. a. mit Grünem Klassenzimmer, Schulgarten, etc.). Kern des Masterplans Schulzentrum Dannenberg ist die Reduktion der Gebäudeanzahl mit einer Erhöhung der Gebäudevolumina. Dadurch vergrößert sich der Freiflächenanteil, das Gebiet wird entsiegelt.

**Abbildung 6: Aufnahme vom zentralen Schulhof in der Mitte des Quartiers vom 29.6.2022**



**Abbildung 7: Links ursprünglicher Gebäudebestand und rechts Endzustand (Quelle: ralf pohlmann : architekten)**



**Abbildung 8: Plätze und Freiräume im Jahr 2022**



## **2.2 WÄRMEVERSORGUNG: WÄRMENETZ UND EINZELFEUERUNGSSTÄTTEN**

Zwei Gebäudeteile (NBS und NaWi-Gebäude) werden über eine zentrale Wärmeversorgung mit einem Heizhaus beheizt. Die Wärmeversorgung erfolgt über zwei Erdgas-Heizkessel (Baujahre 2021 und 1993) mit je 374 und 470 kW Heizlast. Im Zuge der Umbauten der vergangenen Jahre wurde das Wärmenetz erweitert. U. a. ist das neue naturwissenschaftliche Gebäude (NaWi) an das Wärmenetz angeschlossen worden. Zudem sind bereits Leitungen für die zukünftigen Bauten vorgesehen.

In den Gebäuden des FRG (Riemannstraße 3 / „Haus 1“) gibt es zwei Erdgas-Heizkessel: Ein Gaskessel mit 216 kW (Baujahr 2002) und ein älterer Gaskessel mit 170 kW (Bj.1989). In der Riemannstraße 1 („Haus 2“) gibt es ebenfalls zwei Erdgas-Heizkessel: Ein Gaskessel mit 240 kW (Bj. 2002) und ein älterer Gaskessel mit 367 kW (Bj. 1983). Ein weiterer Erdgas-Heizkessel versorgt mit 34 kW Leistung das Umkleidegebäude/Stadion.

Die Wärmeversorgung der Sporthalle erfolgt seit Sommer 2022 über eine Fernwärmeleitung vom Freibad Dannenberg zum Hallenbad Dannenberg. Am Freibad Dannenberg wird über zwei mit Biogas betriebene BHKW der EVE GmbH (mit je 350 und 255 kW Leistung), regelbar/flexibel Strom produziert. Die Abwärme versorgt u.a. das Hallenbad, das nach einer umfangreichen Sanierung (u.a. energetische Sanierungsmaßnahmen mit Dreifachverglasung und doppelter Wärmerückgewinnung) im Januar 2023 wieder in Betrieb genommen wurde. Ebenso erfolgt seit

Sommer 2022 die Grundlast der Wärmeversorgung der Sporthalle über diese Fernwärmelösung. Die Spitzenlast erfolgt mit Erdgaskesseln.

**Abbildung 9: Ausführungsplan der Außenanlagen mit Wärmenetz (Quelle: ingenieurbüro heimsch GmbH)**



## 2.3 GEBÄUDE

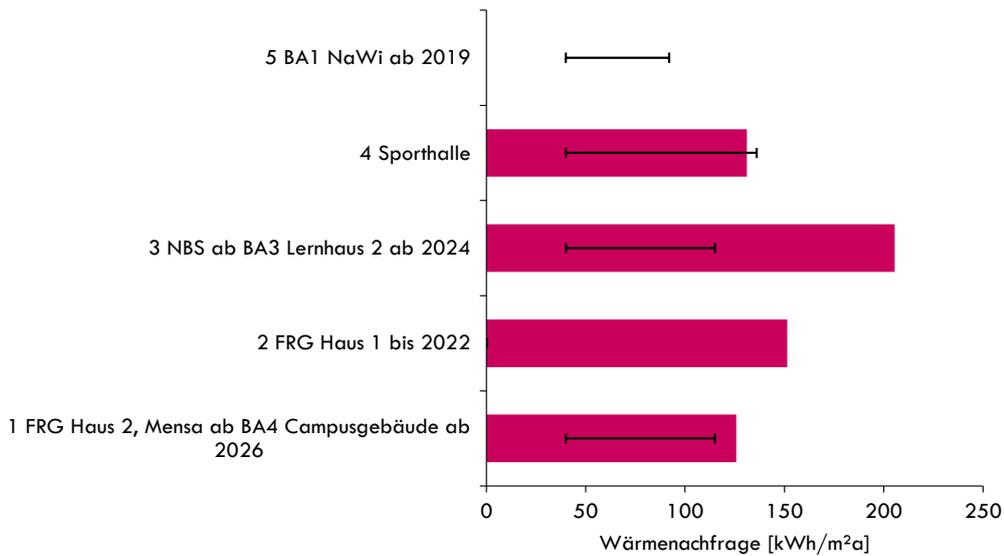
Die vom Gebäudemanagement gelieferten Werte für Wärme und Elektrizität wurden ausgewertet. Wegen fehlender Messeinrichtungen in einigen Gebäuden können die Wärmeverbräuche nicht abschließend den einzelnen Gebäuden zugeordnet werden. Daher gibt es mit dem Stand Dezember 2022 Unsicherheiten bei der Wärmeverteilung durch die Heizzentrale zwischen der Nicolas-Born-Schule und dem NaWi Gebäude. Die weiteren Gebäude des Kreises sind auswertbar. Die Erhebungsmethodik und die detaillierte Gebäudeanalyse (Kapitel 6.3) befinden sich im Anhang.

### 2.3.1 WÄRMENACHFRAGE

Die Beurteilung der Gebäude erfolgt nach der „AGES“-Methode, bzw. nach VDI 3807, wie im Anhang beschrieben. Die Ergebnisse sind in der Abbildung 10 dargestellt.

- Der rechte Abschluss der feinen horizontalen Linie stellt den bundesweiten Mittelwert der Vergleichsgebäude gleicher Gebäudetypologie,
- der linke Abschluss das untere Quartiersmittel dar.
- Die roten Balken stellen den tatsächlichen Wärmeverbrauch dar.

**Abbildung 10: Wärmeverbrauch der Gebäude (gelieferte Daten) und Vergleich**

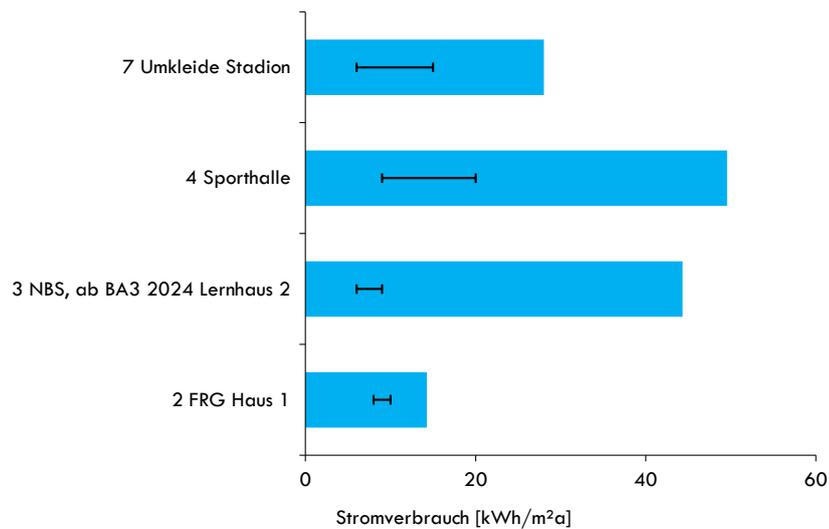


Der Gesamtverbrauch im Jahr 2019 beträgt witterungskorrigiert 2.516 MWh mit Erdgas als Energieträger. Die Wärmeversorgung erfolgt über das Heizhaus und über Einzelfeuerstätten in den Gebäuden. Wie zu erkennen, haben alle Gebäude einen überdurchschnittlichen Wärmeverbrauch.

### 2.3.2 STROMNACHFRAGE

Für die Kreisgebäude ist der Stromverbrauch geliefert worden. Die weiteren Gebäude sind nach der AGES-Methode, bzw. VDI 3807, ausgewertet worden. In der Abbildung 11 ist zu erkennen, dass der Stromverbrauch deutlich höher als der Bundesdurchschnitt ist. Dies kann u. a. auch an dem verwendeten niedrigen Bundesdurchschnitt von 13 kWh/m<sup>2</sup> für weiterbildende Schulen liegen. Über die Digitalisierung steigt der spezifische mittlere Stromverbrauch an allen Schulen bundesweit deutlich an.

Abbildung 11: Stromverbrauch der Gebäude und Vergleich



### 2.3.3 STROMPRODUKTION ÜBER PV

Auf dem Jugendzentrum, der Mensa und dem NaWi-Gebäude sind PV-Anlagen mit einer Leistung von rund 67 kWp installiert. Diese erzeugen im Mittel 57 MWh elektrische Energie.

- Die PV-Anlage auf dem Jugendzentrum wurde im Jahr 2011 gebaut, hat 29,97 kW Leistung und ist in Eigentümerschaft der EVE Energieversorgung Elbtalaue GmbH.
- Die PV-Anlage auf dem NaWi-Gebäude in Eigentümerschaft des Landkreises hat 21,76 kW installierte Leistung und wurde 2019 errichtet. Im Jahr 2021 wurden 18.523 kWh PV-Strom erzeugt und davon 6.786 kWh eingespeist.
- Die PV-Anlage auf der Mensa wurde im Jahr 2002 mit 15,6 kW Leistung durch die Sonnenschein GbR errichtet. Der unentgeltliche Pachtvertrag (von 22.11.2002) für 200 qm des Daches läuft bis zum 31.12.2024.



## 2.4 MOBILITÄT

Der Campus ist eine bedeutende zentrale Wohnfolgeeinrichtung in Dannenberg. Von Schülern und Kindergartenkindern wird das Gebiet in den Schulzeiten täglich aufgesucht. Das Sportangebot, mit Turnhalle, Freiplätzen und Hallenbad, wirkt verkehrsinduzierend als periodische Freizeiteinrichtung.

Deshalb sind eine nachhaltige Nahmobilität und die gute Erreichbarkeit zu Fuß oder mit dem Rad von besonderer Bedeutung.

### ERREICHBARKEIT

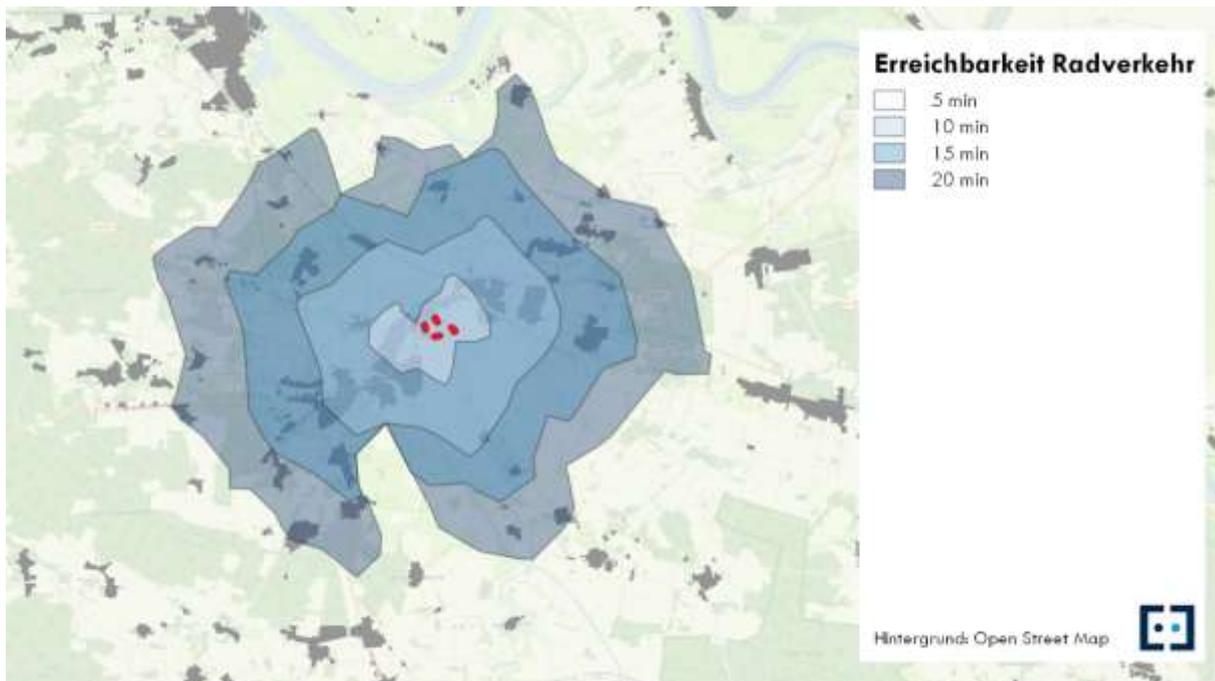
Aus den fußläufigen Hauptrichtungen ist das Gebiet über Wege entlang der Alten Jeetzel sowie über Querungsmöglichkeiten gut zu erreichen. Im Jahr 2023 soll eine weitere Brücke für Fußgänger und Radfahrer vom Thielenburger See zum ZOB/Schulcampus die Erreichbarkeit weiter verbessern.

Abbildung 12: Querungsmöglichkeiten vom Lindenweg



Mit dem Fahrrad ist der Campus über Radwege, freigegebene Fußwege oder Nebenstraßen erreichbar. Die Abbildung 13 zeigt die Erreichbarkeit vom Schulcampus über Isochronen. Innerhalb von 20 min ist der Campus aus vielen umliegenden Ortsteilen erreichbar.

Abbildung 13: Erreichbarkeit aus den Wohngebieten mit dem Fahrrad



Die Bushaltestelle befindet sich unmittelbar angrenzend im Norden vom Campus und ist ohne die Querung von Straßen direkt von den Schulen zugänglich. Direkt daran grenzen PKW- und Bus-Parkplätze, letztere werden für die Wartezeiten der Busse genutzt. Es besteht bisher keine E-Ladeinfrastruktur am Busbahnhof.

**Abbildung 14: Haltestelle**



**Abbildung 15: Wartebereich der Busse**



## PARKEN

Auf dem Schulcampus befinden sich dezentrale Radabstellanlagen unterschiedlicher Qualität. Die neueren Anlagen sind als Fahrradbügel ausgeführt, zum Teil auch überdacht.

**Abbildung 16: Verschiedene Parkmöglichkeiten für Fahrräder**



Über die B191 ist der Campus für den Kraftfahrzeugverkehr regional angebunden. Parkplätze befinden sich im Norden, Westen und Osten des Gebiets. Damit sind alle Einrichtungen im Gebiet direkt anzufahren, es kann in unmittelbarer Nähe geparkt werden. E-Ladeinfrastruktur für Pkw ist bisher nicht vorhanden

**Abbildung 17: Parkflächen (Flächeneigentümerschaft Foto links: Landkreis Lüchow-Dannenberg)**



## 2.5 ZUSAMMENFASSUNG ENERGIE UND THG

Die jährliche **End**-Energienachfrage beträgt rund 3.083 MWh, davon 2.516 MWh für Wärme und 568 MWh für elektrische Energie. Die Stromproduktion über Photovoltaik beträgt 57 MWh.

### PRIMÄRENERGIE<sup>1</sup>

Der **Primär**-Energieaufwand beträgt 4.356 MWh, davon werden 2.767 MWh/a für Wärme und 1.589 MWh für Elektrizität benötigt. Die Stromproduktion der PV-Anlagen reduzieren den Primärenergieaufwand um 70 MWh. Werden die Nachfrage und die Erzeugung summiert, ergibt sich für das Quartier ein Primärenergieaufwand von rund 4.286 MWh/a.

**Tabelle 1: Primärenergieaufwand im Quartier**

	Endenergie (EEV)	Primärenergie (PEV)
Wärme der Gebäude	2.516 MWh	2.767 MWh
Elektrizitätsverbrauch	568 MWh	1.589 MWh
PV-Anlagen	57 MWh	-70 MWh
Summe Primärenergie		4.286 MWh

### TREIBHAUSGASE<sup>2</sup>

Die Gebäudewärme induziert Treibhausgase in Höhe von 604 Tonnen CO<sub>2</sub>aeq/a, der Strombedarf induziert rund 318 Tonnen CO<sub>2</sub>aeq/a. Die PV-Anlagen produzieren rund 57 MWh. Dadurch reduzieren sich die Treibhausgase um 31 Tonnen CO<sub>2</sub>aeq/a. Über Strom, Wärme und die

<sup>1</sup> Die Methodik der Primärenergieermittlung ist im Kapitel 6.4 erläutert. Für die Berechnung des Primärenergieeinsatzes werden alle erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Energieströme für Gewinnung, Umwandlung, Transport und Lagerung erfasst. Diese werden zu einem spezifischen Primärenergiefaktor zusammengefasst, der sich auf den Endenergieverbrauch bezieht.

<sup>2</sup> Die Methodik der THG-Ermittlung ist im Kapitel 6.5 erläutert.

erneuerbare Energieproduktion induziert das Quartier einen Effekt auf den Klimawandel von 891 Tonnen CO<sub>2</sub>aeq/a.

**Tabelle 2: Beitrag der quartiersweiten Treibhausgase**

	Endenergie (EEV)	THG-Emission
Wärme der Gebäude	2.516 MWh	604 to CO <sub>2</sub> /a
Elektrizitätsverbrauch	568 MWh	318 to CO <sub>2</sub> /a
PV-Anlagen	57 MWh	-31 to CO <sub>2</sub> /a
Summe Treibhausgase		891 to CO <sub>2</sub> /a

### 3 POTENZIALE

Seit dem Jahr 2022 ist die Aufgabe Versorgungssicherheit in der Priorität deutlich nach oben gerückt. Dies beeinflusst deutlich die Potenziale mit den entsprechenden Technologiepfaden. Wurde bis 2021 leitungsgebundenes Erdgas noch als Brückentechnologie betrachtet, stellt sich aktuell verstärkt die Frage, welcher Energieträger als zukunftsfähig betrachtet werden kann. Gleichzeitig gibt es seit der Energiekrise der 1970er Jahre die sogenannte „All Electric Society“. Unter diesem Begriff wird eine zukünftige globale Energieversorgung mit hauptsächlich aus Sonnenenergie erzeugter Elektrizität verstanden. In der Delphi-Studie zur Zukunft der Energieversorgung in Deutschland, Europa und der Welt im Jahr 2040<sup>3</sup> haben rund 75 % der Teilnehmenden die „All Electric Society“-Strategie bis 2040 als wahrscheinlich oder sicher eintretend gehalten.

Aktuell wird bei der EU die Gebäuderichtlinie überarbeitet. Diese ist Teil des Pakets „Fit for 55“, in dem die EU den Weg zur Klimaneutralität bis zum Jahr 2050 beschreibt. Am 25. Oktober 2022 hat sich der Europäische Rat auf eine überarbeitete Richtlinie geeinigt. Nächster Schritt sind die Verhandlungen im Europäischen Parlament. Bei einer politischen Einigung wird die neue EU-Gebäuderichtlinie förmlich angenommen. Aktuell beinhaltet die Richtlinie:

- Neubauten öffentlicher Einrichtungen sollen ab 2028 nur noch Null-Emissions-Gebäude sein (Die Mindestanforderung an Gebäude wird von Primärenergie auf Treibhausgase umgestellt, zuerst nur für die Nutzungszeit, später als lebenszyklusweite Betrachtung).
- Ab 2030 sind alle weiteren neuen Gebäude nur noch Null-Emissions-Gebäude (Ausnahmen wie u. a. Gottesdienst- und militärische Gebäude sind möglich).
- Bis 2033 sollen alle Wohngebäude mindestens das Niveau der Gesamtenergieeffizienzklasse D entsprechen. Schlechtere Gebäude müssen saniert sein.
- Bei Nichtwohngebäude wird ein nationaler Schwellenwert gebildet, u. a. 15 % der NWG mit der schlechtesten Gesamtenergieeffizienz. Diese sollen bis 2030, die schlechtesten 25 % bis 2034 saniert werden.

<sup>3</sup> <https://www.giz.de/de/weltweit/36214.html>

- Weiterhin werden Solarpflichten ab 2026 eingeführt, zuerst auf öffentlichen Gebäuden, ab 2027 auf bestehenden NWG ab 400 m<sup>2</sup>, ab 2029 auf allen neuen Wohngebäuden.
- Darüber hinaus bestehen weitere Anforderung für das Laden von Elektrofahrzeugen und Stellplätze für Fahrräder.

Die Richtlinie ist dann in Nationales Recht umzusetzen. Die neue Bundesregierung setzt schon jetzt aufgrund der aktuellen Situation neue Gesetze und Verordnungen ein:

- Verordnung zur Sicherung der Energieversorgung über kurzfristig wirksame Maßnahmen (EnSikuMaV). Hier werden u. a. die Höchstwerte für die Lufttemperatur bei öffentlichen Nichtwohngebäuden geregelt.
- Verordnung zur Sicherung der Energieversorgung über mittelfristig wirksame Maßnahmen (EnSimiMaV). Hier werden u. a. die Heizungsprüfung und Heizungsoptimierung geregelt.

Zudem regelt das Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz (GEIG) den Ausbau der Leitungs- und Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität bei zu errichtenden und bestehenden NWG wie folgt:

- Neubau Nichtwohngebäude: >6 Stellplätze: jeder dritte Stellplatz mit Infrastruktur + min. 1 Ladepunkt
- Sanierung Nichtwohngebäude: >10 Stellplätze: jeder 5. Stellplatz mit Infrastruktur + 1 Ladepunkt
- Ab 1.1.2025 Bestand Nichtwohngebäude >20 Stellplätze: min. 1 Ladepunkt

Weitere normative Regelwerke sind angekündigt, wie z. B. die 65%-EE-Vorgabe für neu eingebaute Heizungen ab dem Jahr 2024. Der Anschluss an ein Wärmenetz setzt entweder ein 65%-EE-Anteil oder einen Transformationsplan zur Umstellung auf EE oder Abwärme bis 2045<sup>4</sup> voraus. Die EU-Vorgaben werden weiterhin u. a. durch eine Anpassung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) und der Förderungen für Gebäude erfolgen.

### 3.1 VORGEHENSWEISE: SANIERUNG DES SCHULCAMPUS IN BAUABSCHNITTEN

Die Veränderung der Gebäude über Abriss, Sanierung und Neubau ist der Projektskizze Masterplan „Bildungscampus Dannenberg“ vom Architekturbüro *ralf pohlmann : architekten* entnommen und fokussiert die Kreisliegenschaften. Die Bauabschnitte sollten im Rahmen der ursprünglichen Planung bis 2030 abgeschlossen werden, sind jedoch aus unterschiedlichen Gründen einige Jahre im Verzug. Dazu kommt der Zielfocus des „Klimabudgets“ des 5. und 6. IPCC-Berichts, aus dem sich die Notwendigkeit der nahezu vollständigen Reduktion der Treibhausgase bis ca. 2030 ergibt. Deshalb enthalten die folgenden Ausführungen die grundlegende Zielvision eines „Schulcampus 2030“, dessen Strom- und Wärmeversorgung weitgehend auf erneuerbaren Energien basiert. Im Folgenden sind die Bauabschnitte aufgelistet:

---

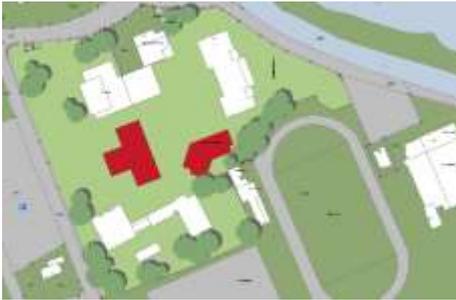
<sup>4</sup> [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/65-prozent-erneuerbare-energien-beim-einbau-von-neuen-heizungen-ab-2024.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/65-prozent-erneuerbare-energien-beim-einbau-von-neuen-heizungen-ab-2024.pdf?__blob=publicationFile&v=6)



**BA 1**

Erfolgt

- Rückbau eingeschossige Unterrichts- und Fachräume NBS
- Neubau dreigeschossiges NaWi-Gebäude



**BA 2**

Ab 2023

- Rückbau Fachräume und Lehrerzimmer FRG
- Neubau dreigeschossiges Lernhaus 1 für die NBS



**BA 3**

- Sanierung und Umbau Lernhaus 2 (bisher: NBS) für das FRG



**BA 4**

- Sanierung und Umbau Haus 2 FRG Campusgebäude
- Rückbau FRG



## BA 5

- Bau Atelier/Kreativgebäude

Der endgültige Ausbauzustand wird für die Potenzialanalyse angesetzt, um die Zieldefinition „Campus 2030“ zu formulieren.

**Abbildung 18: Endzustand**



## 3.2 ERMITTLUNG DES POTENZIELLEN ENERGIEBEDARFS UND VERSORGUNG ÜBER ERNEUERBARE ENERGIEN

Die Potenziale werden in mehreren Schritten ermittelt.

### BERECHNUNG DES ENDENERGIEBEDARFS FÜR DEN CAMPUS 2030

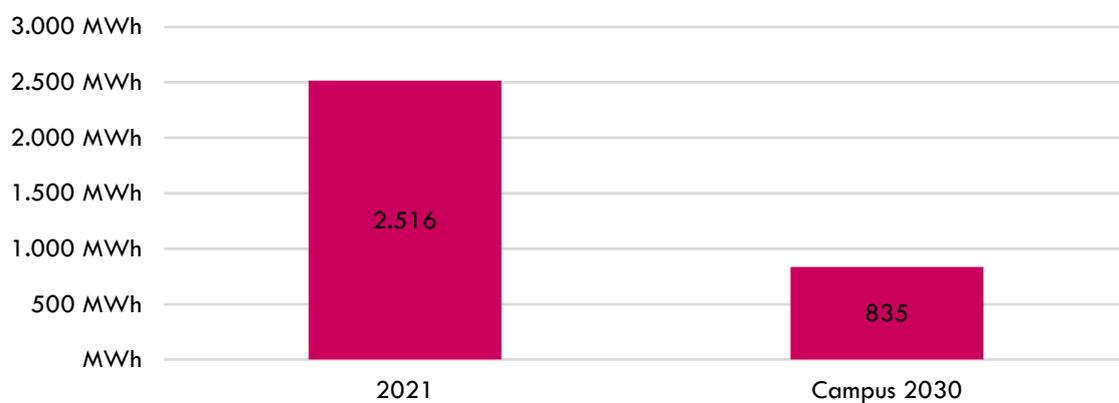
Es wird für eine Berechnung von folgenden Rahmenbedingungen ausgegangen:

- Alle Bestandsgebäude und alle Neubauten haben Passivhausniveau. Es wird von einem spezifischen Wärmebedarf von 40 kWh/m<sup>2</sup>a ausgegangen.
  - Alle Gebäude sind Niedertemperatur (NT)-ready mit einer maximalen Vorlauftemperatur von 55 °C beim Heizlastfall.
  - Die Wärmeversorgung erfolgt gebäudeweise, das bestehende Wärmenetz wird zur Redundanz genutzt.
  - Die Eigentumsverhältnisse sind unberücksichtigt geblieben, es geht erstmal um ein technisches Konzept.
  - Der Wärmeversorgung des sanierten Hallenbads und der Sporthalle bleiben zunächst unberücksichtigt, weil die Wärmeversorgung getrennt über die Biogasanlage erfolgt.
- Die betrachteten Gebäude und entsprechende Wärmebedarfe sind in der Tabelle 3 dargestellt.

**Tabelle 3: Wärmebedarf der Gebäude**

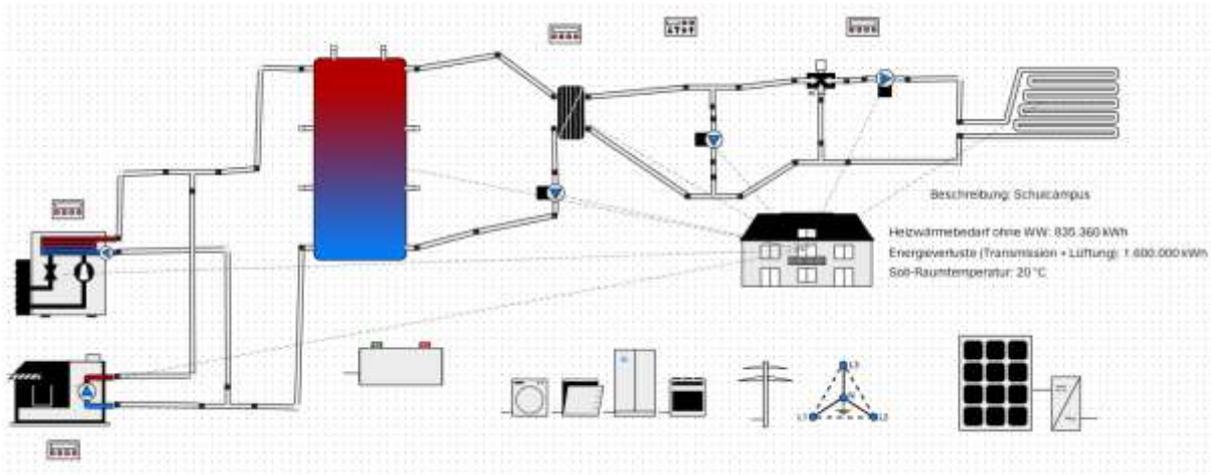
Gebäude	Wärme in kWh
FRG Haus 1 bis 2022	0,0 MWh
BA1 NaWi ab 2019	113,0 MWh
BA2 Lernhaus 1 ab 2023	149,3 MWh
BA3 NBS ab BA3 Lernhaus 2	200,3 MWh
FRG Haus 2, Mensa ab BA4 Campusgebäude	140,8 MWh
BA5 Kreativgebäude ab	60,5 MWh
Jugendzentrum	53,1 MWh
Umkleide Stadion	21,0 MWh
Sporthalle	97,4 MWh
<b>Summe</b>	<b>835,4 MWh</b>

Der ermittelte Wärmebedarf reduziert sich um 65 % von 2.516 MWh auf 835 MWh.

**Abbildung 19: Reduktionspotenzial Wärme**

Basierend auf den zuvor beschriebenen Energiebedarfskennwerten und Gebäudeflächen wurde in Polysun eine erste Jahreslastsimulation für die Projektion Campus 2030 angefertigt. Hierbei wird das hydraulische Schema vereinfacht und die Gebäude zusammengefasst.

**Abbildung 20: Polysun Simulationsmodell mit vereinfachtem Schaltbild.**



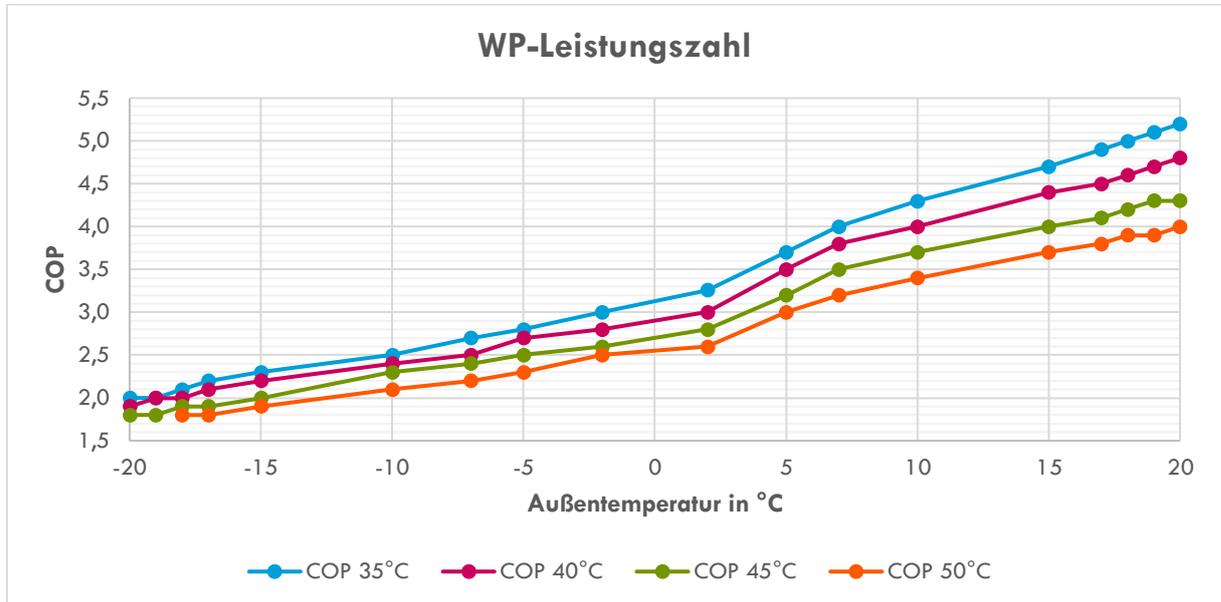
Die Wärmeversorgung im Rahmen des Modells erfolgt für eine vereinfachte Berechnung und Darstellung über ein Wärmenetz, welches von einer Luft-Wasser-Wärmepumpe als Grundlasterzeugergespeist wird. Die Spitzenlast wird mit einem Pellets-Kessel erzeugt. Zusätzlich wurden die Nutzung und Speicherung von Photovoltaikstrom im Zusammenspiel mit der Wärmepumpe betrachtet. Das zuvor ermittelte Potenzial von 600 kWp Photovoltaik wurde vollständig in der Simulation berücksichtigt und mit einem 600 kWh Batteriespeicher unterstützt. Bedarfsseitig wurde der Heizwärmebedarf mit 835 MWh und der Stromverbrauch mit 450 MWh angenommen. Die Übergabe der Wärme erfolgt über integrierte Heizflächen. Nachfolgend sind alle Parameter der Simulation aufgeführt.

<b>Heizwärmebedarf</b>	835 MWh/a
<b>Stromverbrauch</b>	450 MWh/a
<b>Wärmepumpe</b>	510 kW (3x170 kW)
<b>Pelletkessel</b>	200 kW
<b>Verteilung</b>	Nahwärmenetz, VL 55..40 °C
<b>Übergabe</b>	Fußbodenheizung VL/RL 35°C/28°C
<b>Photovoltaik</b>	600 kWp, südlich aufgeständert
<b>Batteriespeicher</b>	600 kWh (6x100kWh)

Die Wärmepumpe arbeitet in der Simulation gemäß der Herstellerkennlinie, welche im Modell hinterlegt ist. Die gewählte Großwärmepumpe arbeitet zuverlässig bis zu einer Vorlauftemperatur

von 50 °C. Höhere Vorlauftemperaturen werden von der Software interpoliert und sind bei aktuellen Modellen realistisch.

**Abbildung 21: Wärmepumpenkennlinie. Die Leistungszahl (Coefficient of Performance) ist für verschiedene Vorlauftemperaturen angegeben.**



Aufgrund des geringen Bedarfs im Verhältnis zur Heizwärme wurde der Trinkwarmwasserbedarf in der Simulation vernachlässigt. Für die zentrale Versorgung über die Wärmepumpe müsste das gesamte Wärmenetz mit höheren Temperaturen betrieben werden, welche unter Berücksichtigung des Temperaturabfalls durch die Zirkulation bei ca. 60 °C liegen. In der Praxis sollte die Trinkwasserversorgung daher dezentral erfolgen.

Die Vorlauftemperatur des Wärmenetzes ist in der Simulation entsprechend nur von den Heizflächen abhängig, welche bei maximal 35 °C arbeiten. Daher wurde das Wärmenetz in mehreren Schritten von 55 °C auf 40 °C abgesenkt, um den verbesserten Wirkungsgrad des Heizsystems und die damit verbundene Energieeinsparung aufzuzeigen.

**Tabelle 4: Variantenvergleich infolge der Vorlaufabsenkung des Wärmenetzes.**

VL Netz	E_WP	Q_WP	JAZ	E_Kessel	Q_Kessel	EE_Gesamt	Einsparung
°C	MWh/a		-	MWh/a			%
55	267	778	2,91	65	55	332	
50	264	791	3,00	46	39	310	6,6
45	253	800	3,16	31	27	284	14,5
40	242	805	3,33	23	19	265	20,2

Die Absenkung der Vorlauftemperatur von 55 °C auf 40 °C bewirkt eine Effizienzsteigerung der Wärmepumpe um ca. 15 % sowie eine Endenergieeinsparung von ca. 20 %. Der Heizkessel wird in den Wintermonaten durch die Absenkung zunehmend verdrängt. Bei der Simulation ist zu beachten,

dass die Schulferien nicht berücksichtigt werden konnten. Die Absenkung des Heizsystems, insbesondere über die Winterferien, bewirkt in der Realität eine weitere Einsparung.

Die weitere Diskussion der Ergebnisse bezieht sich auf die effizienteste Variante mit 40 °C Vorlauftemperatur.

Die Jahreslastsimulation zeigt auf, dass trotz der neuen bzw. gut sanierten Gebäude auf dem Niveau EH 40 weiterhin eine aufwändige zentrale Wärmeerzeugungstechnik mit Spitzenlastkessel vorhanden sein müsste, sofern noch alte Gebäude auf dem Campus vorhanden sind, die mit einer Vorlauftemperatur mit mehr als 50 °C versorgt werden müssen. Eine zentrale Wärmeversorgung bei dem aktuellen Gebäudebestand mit Erdgas war in den vergangenen Jahrzehnten eine bevorzugte Variante. Wenn in Zukunft keine fossilen und biogenen Energieträger mehr genutzt werden müssen, da alle neuen Gebäude mit einer dezentralen bzw. gebäudeintegrierten Wärmepumpe versorgt werden können, ist eine zentrale Wärmeversorgung (über eine Energiezentrale und ein Wärmenetz) energetisch nicht sinnvoll. Desto zügiger die Bauabschnitte realisiert werden können und desto ambitionierter die Sanierungstiefe, desto eher kann somit die treibhausgas-optimierte Wärmeversorgung der Gebäude erreicht werden.

Bei Neubauten und Sanierung auf dem Niveau EH40 sind strombetriebene und gebäudeweise installierte Wärmepumpen ebenso gut in der Lage den Heizwärmebedarf zu decken. Die Wärmeverluste über das Wärmenetz würden nicht mehr anfallen. Das Energiemanagement über Erzeugung, Speicherung und Verteilung würde elektrisch erfolgen.

## **NUTZUNG DER SOLARENERGIE ÜBER PHOTOVOLTAIK**

In der zukünftigen Planung werden alle Dächer als Flachdächer ausgebildet. Neben weiteren Dachinstallationen ist es möglich, PV-Anlagen zu installieren. **Die Dächer** bilden zusammen eine Fläche von rund 10.000 m<sup>2</sup>. Es wird davon ausgegangen, dass über Abstände und weitere Dachinstallationen rund 30 % der Dachflächen für die Installation von PV-Modulen genutzt werden können. Werden diese Flächen mit Photovoltaik belegt, könnten rund 600 kW installiert werden, die im Mittel 500 MWh an Strom im Jahr produzieren. Somit müsste ein Ausbau der PV-Leistung von heute 67 kW auf 600 kW erfolgen – somit ein Zubau von 533 kW auf den Dächern. Rechnet man hierfür die Jahre 2024 bis 2030 (7 Jahre), müssten rechnerisch pro Jahr PV-Module mit rund 76 kW zugebaut werden. Hinzu kommen bisher noch nicht abschließend abgeschätzte Freiflächen-Potenziale.

Wird die potenzielle Stromproduktion mit der Wärmenachfrage verglichen, muss überschlägig die Menge an elektrischer Energie für die Wärmepumpen berechnet werden. Bei abgerundet 800 MWh an benötigter Wärme und einer mittleren Jahresleistungszahl von 3 würden die Wärmepumpen rund 270 MWh an elektrischer Energie benötigen. Der aktuelle elektrische Energiebedarf für die Gebäude liegt bei rund 450 MWh im Jahr 2019. Das sind zusammen 720 MWh an elektrischer Energie.

Nur mit den PV-Anlagen auf den zukünftigen Dächern könnten in einer überschlägigen Jahresbilanz rund 70 % des Energiebedarfs der Gebäude gedeckt werden. Kommt die Elektromobilität noch hinzu, wären also weitere PV-Anlagen an den Fassaden oder als Freiflächenanlage notwendig.

**Abbildung 22: Die Fassaden für weitere PV-Anlagen nutzen?**



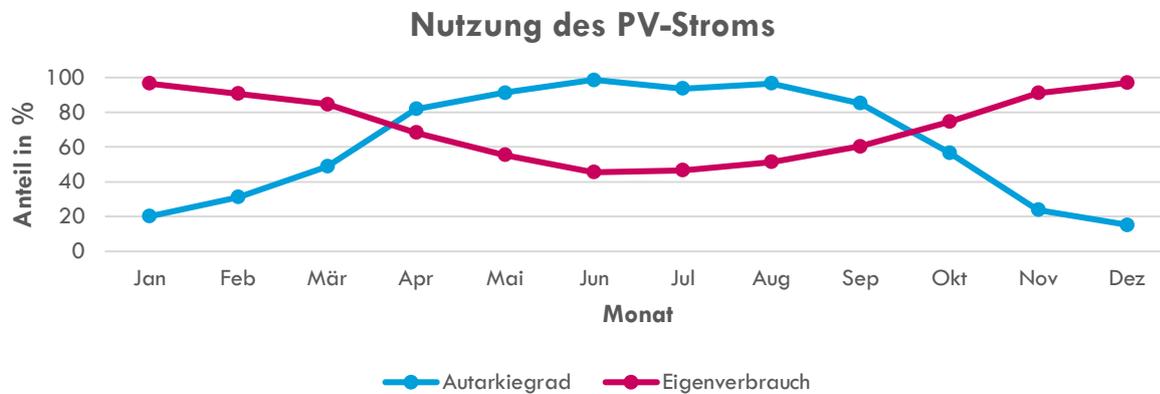
### **JAHRESLASTSIMULATION DER PRODUZIERTEN UND NACHGEFRAGTEN ENERGIEMENGEN**

Über eine Jahreslastsimulation ist für den Campus der Abgleich von Energieproduktion und Energienachfrage der Gebäude genauer betrachtet worden.

In der Abbildung 23 ist das Ergebnis enthalten. Die Bewertung des Photovoltaikstroms erfolgt über die Kenngrößen „Autarkiegrad“ und „Eigenverbrauchsverhältnis“. Ersterer beschreibt bedarfsbezogen den Anteil des benötigten Stroms, welcher durch die lokale Erzeugung (PV oder Batterie) bereitgestellt wird. Das Eigenverbrauchsverhältnis beschreibt angebotsbezogen, welcher Anteil des generierten Stroms lokal genutzt und nicht in das Netz eingespeist wird. Mit zunehmender Anlagengröße steigt in der Regel der Autarkiegrad, während das Eigenverbrauchsverhältnis abnimmt. In der Simulation wurde die Wirtschaftlichkeit der Anlage außer Acht gelassen und eine Maximale Versorgung durch erneuerbare Energien angestrebt. Im Mittel werden hierbei ein Autarkiegrad von 50 % und ein Eigenverbrauchsverhältnis von 64 % erreicht. Absolut wird ein PV-Ertrag von 592 MWh bei 600 kWp erzielt. Die folgende Abbildung zeigt die Nutzung des Stroms über das Jahr betrachtet. Über die Sommermonate kann der gesamte Strombedarf nahezu autark gedeckt werden, jedoch dürfen die Sommerferien nicht außer Acht gelassen werden. In dieser Zeit ist der PV-Ertrag am höchsten, kann aber dann nicht genutzt

werden. In den Wintermonaten gibt es eine Unterdeckung, es wird mehr elektrische Energie benötigt als erzeugt.

**Abbildung 23: Nutzung des Photovoltaikstroms in der Monatsbilanz.**



Dieses Ergebnis ist typisch für Gebäude und Gebäudegruppen wie der Schulcampus. Auch bei Plus-Energie-Gebäuden und -Siedlungen ergibt sich im Sommer ein Überschuss an elektrischer Energie, im Winter eine Unterdeckung. Dieser Überschuss-Strom kann

- auf dem Campus für andere elektrische Verbraucher verwendet werden, z. B. Elektromobilität/ÖPNV.
- in das Netz eingespeist und über das elektrische Verteilnetz weiteren Verbrauchern in der Region zur Verfügung gestellt werden. Für eine kreiseigene Verwendung bietet sich die Bildung eines Bilanzkreises als Abrechnungsmethodik an. Das ist als Maßnahme im Kapitel 4 beschrieben.
- zukünftig als regional gesammelter Überschussstrom über die Power2X-Strategie gespeichert werden. Naheliegender ist die Wasserstoffproduktion über Elektrolyse. Dieser kann dann gespeichert und weiterverarbeitet werden.<sup>5</sup>

### 3.3 KOSTENRAHMEN FÜR EINEN NEUBAU

#### Vorabinfo

Die Berechnung des Gebäudes wurde vor dem Krieg in der Ukraine erstellt. Die Energiepreise und Kostensteigerungen beim Abschluss des Berichts, Ende 2022, wurden nochmals angepasst. Über die aktuell hohe Volatilität der Energiepreise, der deutlichen Steigerung der Baupreise, des Fachkräftemangels und die erhöhte Inflation, sind selbst Kostenrahmen über einen Zeitraum von mehreren Jahren nur schwer erstellbar. Sie dienen daher derzeit eher der Illustration und der Vergleichbarkeit verschiedener Bau-, Anlagen- und versorgungstechnischer Varianten.

<sup>5</sup> Siehe hierzu auch Kapitel 6.6.2 im Anhang

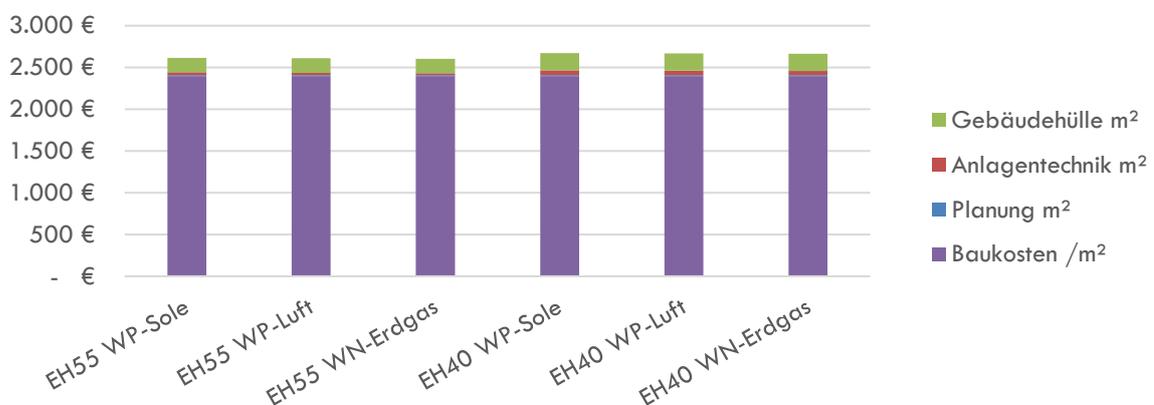
Grundsätzlich kann aber weiterhin gesagt werden, dass ein möglichst hoher regionaler Autarkiegrad bei der Energieversorgung von Vorteil ist.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgt auf der Basis eines Modellgebäudes, welches in der Kubatur dem des neu zu erstellenden Lernhauses 1 entspricht. Es wird von einem Rauminhalt von rund 14.000 m<sup>3</sup> ausgegangen, aus der sich die Gebäudenutzfläche mit rund 4.500 m<sup>2</sup> errechnet. Die Grundfläche, mit rund 1.300 m<sup>2</sup>, wird für das Dach verwendet, mit 10 % Abzug für den unteren Gebäudeabschluss. Als Umfang wird von 173 m ausgegangen. Bei einer Höhe von 10,50 m, bei drei Geschossen, wird die Fassade hälftig in Fassade und Fenster mit je rund 900 m<sup>2</sup> aufgeteilt. Für die so ermittelten Flächen sind nach der Baukostenkennwertmethodik Kosten ermittelt worden. Diese sind über den Baukostenindex des statistischen Bundesamts an den dritten Quartal 2022 mit einem Index von 1,52 angepasst worden.

Grundlage für die Investitionskosten sind die grundlegenden Baukosten der Kostengruppen 300 und 400. Es wird ein Grundpreis von 2.400 €/m<sup>2</sup> angenommen, welcher gesamten Baukosten von rund 12 Mio. entspricht. Dazu kommen die zusätzlichen spezifischen Kosten der einzelnen Varianten für die energetisch bessere Gebäudehülle und die technische Gebäudeausrüstung. Diese sind über Kostenkennwerte pro Bauteilfläche bzw. zusätzliche technische Komponenten wie Lüftung definiert. Daraus ergeben sich Grundkosten nach KG 300 und 400 für die einzelnen Varianten.

Erwartungsgemäß steigen die Kosten mit zunehmendem energetischem Standard an, weil die Gebäudehülle stärker gedämmt wird und u. a. Lüftungsanlagen die Baukosten erhöhen. Je nach aktuellen lokalen Baupreisen können die grundsätzlichen Baukosten auch höher sein, das gilt dann für alle Varianten. Die Abbildung 24 zeigt den Kostenrahmen mit den Zusatzkosten für erhöhte EH-Standards für die Planung, die Anlagentechnik und die Gebäudehülle. Die EH 40 Varianten erfordern etwas höhere Investitionen über die höheren Dämmstärken und eine Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung.

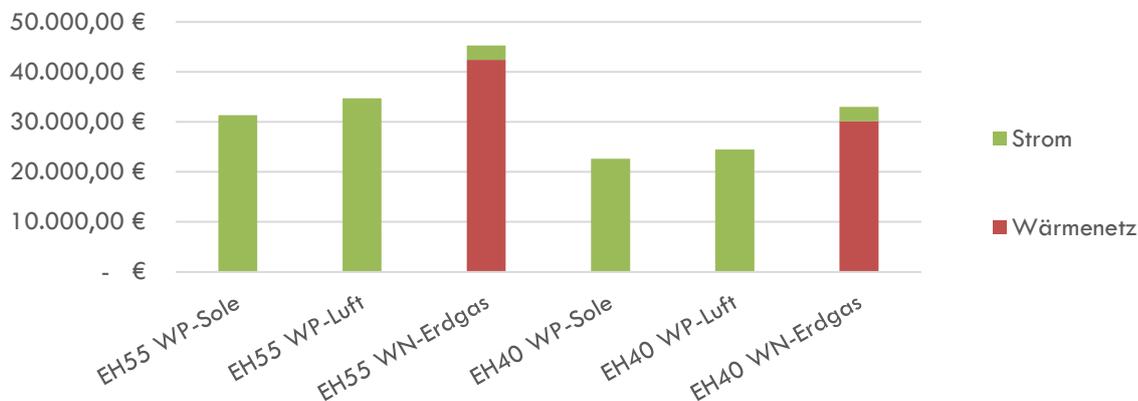
**Abbildung 24: Kosten der Varianten nach KG 300 und 400**



Für die Energiekosten werden 16 ct für Erdgas über das Wärmenetz und 40 ct für elektrische Energie angenommen. Die sich daraus ergebenden Energiekosten pro Jahr sind wesentlich von den unterschiedlichen Endenergieverbräuchen der Varianten geprägt. Je besser der Dämmstandard,

umso geringer die jährlichen Energiekosten. Für die Vollkostenrechnung wird mit einer Preissteigerung von 10 Prozent pro Jahr gerechnet. Die Energiekosten der einzelnen Varianten sind in der Abbildung 25 dargestellt.

**Abbildung 25: Jährliche Energiekosten der Varianten**



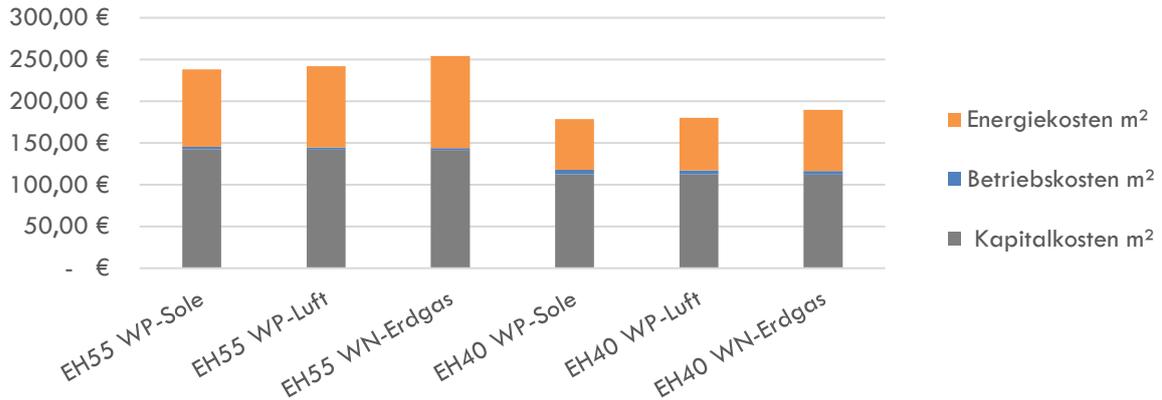
Die Wirtschaftlichkeit des Gebäudes ist über eine Vollkostenrechnung nach VDI 2067 berechnet. Diese beinhaltet die Investitionskosten inkl. der Kapitalkosten und der Förderung, die Wartungskosten, die Instandsetzungskosten und die Energiekosten für die einzelnen Energieträger. Bei der Kostenrechnung wird von einer Finanzierung am Kapitalmarkt mit einem Zinssatz von 3,5 % ausgegangen. Dazu kommt die Finanzierung KfW40 über die KfW Kredite mit einem niedrigeren Zinssatz von 1,3 % und den Tilgungszuschüssen. Die KfW-Bank bietet Tilgungszuschüsse für Neubauten im Rahmen der Bundesförderung energieeffiziente Gebäude (BEG). Dieser wird für Neubauten nach EH 40 gewährt und beträgt 5 % (Stand Ende 2022). Weiterhin ist der KfW-Kredit für NWG auf 2.000 €/m<sup>2</sup> begrenzt. Die finanzierte Summe kann über 30 Jahre getilgt werden.

Zu der Vollkostenrechnung kommen noch Wartungs- und Instandhaltungskosten hinzu. Die Wartungskosten betragen 1 % pro Jahr, die Instandsetzungskosten 2 % pro Jahr der Investition der technischen Anlagen. Beide haben eine Preissteigerung von 5 % pro Jahr.

Die Kapital-, Wartungs-, Instandsetzungs- und Energiekosten mit den entsprechenden Preissteigerungen, Zinsen und Förderungen werden über einen Zeitraum von 30 Jahren als Vollkostenrechnung betrachtet. Dies entspricht dem Tilgungszeitraum und ist daher für den wirtschaftlichen Vergleich bei einer Amortisationsrechnung geeignet.

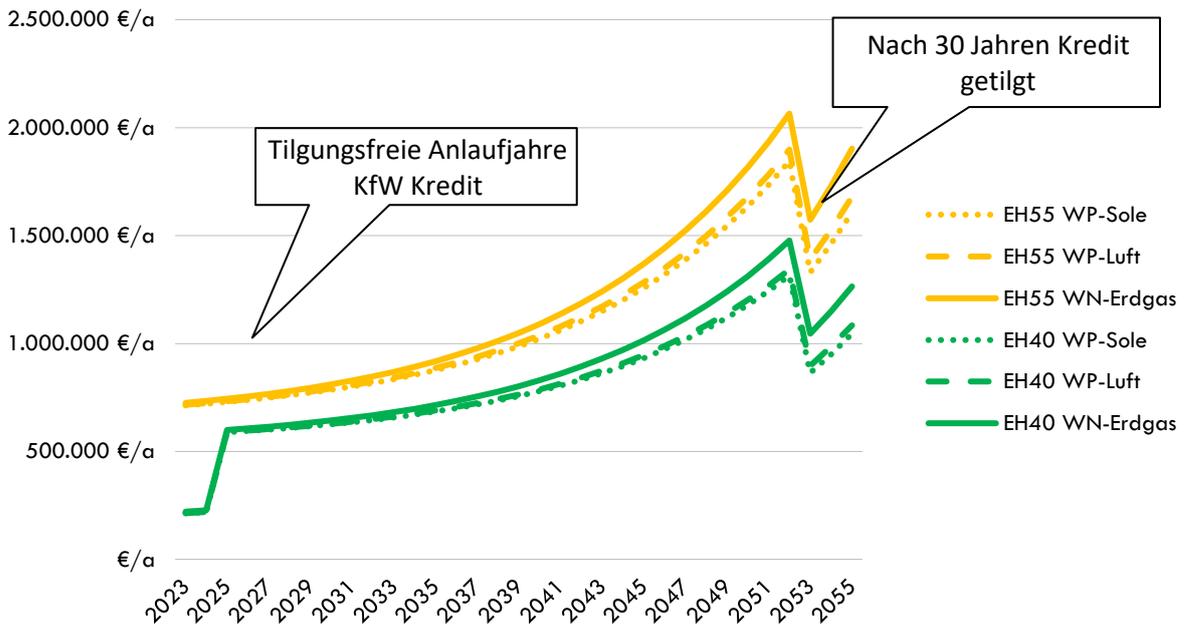
Die Abbildung 25 zeigt die Vollkosten über den Finanzierungszeitraum von 30 Jahren. Über die zinsgünstigere Finanzierung vom EH40 über die KfW Bank und über niedrigere Energiebedarfe ergeben sich für das EH40 günstigere mittlere Kosten gegenüber dem EH55 Standard. Die Kostenunterschiede zwischen der Luft-, Sole-Wärmepumpe sind sehr gering, die Variante mit dem erdgasbefeuerten Wärmenetz liegt etwas höher.

**Abbildung 26: Vollkosten pro Quadratmeter über den Finanzierungszeitraum von 30 Jahren**



Die Kostenrechnung im Kostenverlauf ist in Abbildung 27 dargestellt. Über die tilgungsfreien Anlaufjahre beim KfW Kredit sind die jährlichen Gesamtkosten beim EH40 anfangs deutlich niedriger als beim EH55. Die Variante Erdgasbefeuetes Wärmenetz ist jeweils leicht teurer gegenüber den Wärmepumpen. Das EH40 mit der Wärmepumpe ist die günstigste Variante.

**Abbildung 27: Energie und Finanzierungskosten kumuliert**



Der Bau als EH40 ist daher zu empfehlen, die Wahl des Entzugsystems bei der Wärmepumpe sollte bei der weiteren Projektierung erfolgen.

### 3.4 ABRECHNUNGSDIENSTLEISTUNG ÜBER EIN STROMBILANZKREISMODELL

Die Berechnungen zu den Energie- und Finanzierungskosten Abbildung 27 zeigen den dynamischen Anstieg der jährlichen Kosten. Dieser Anstieg basiert auf der Annahme, dass die Strombezugskosten in den nächsten Jahren steigen. Die Kurve des Anstiegs kann abgeflacht

werden, wenn der Anteil des fremd-bezogenen Stroms verkleinert wird. Eine Möglichkeit dafür besteht im Aufbau einer Eigenstromproduktion durch Photovoltaik. Üblicherweise werden bei der Auslegung der PV-Anlagen die im Objekt bezogenen Strommengen herangezogen, um die Größe der Anlage zu definieren. Seitdem die Einspeisetarif über das EEG deutlich unterhalb der Gestehungskosten liegen, hat dies zu einem sogenannten Downsizing geführt. Diese steht in einem volkswirtschaftlichen Widerspruch zu der Annahme, möglichst alle verfügbaren Flächen mit PV zu belegen. Im Rahmen dieser Konzepterstellung konnte der Main-Taunus-Kreis identifiziert werden. Dieser organisiert über ein sogenanntes Strombilanzkreismodell den Ort der Erzeugung des PV-Stroms und den der Verbraucher. Und dies nicht mehr nur in einem Objekt, sondern kreisweit über alle Stromverbraucher inkl. Elektromobilität. Hierzu bedient sich der Kreis einer bilanziellen Methode, die durch einen Dritten organisiert und betrieben wird. Ziel dieser Methodik ist es, die verfügbaren (Dach-) und Freiflächen mit möglichst großen PV-Kapazitäten auszustatten und den Strom für die kreiseigenen Liegenschaften auch dort zu nutzen, wo keine PV-Anlagen installiert werden können. Hierdurch werden maßgebliche Einsparpotentiale, insbesondere bei den Kosten für den fremd-bezogenen Strom, realisiert.

Sollte also der Kreis ebenfalls ein sogenanntes Strombilanzkreismodell aufbauen, wäre der Anteil des fremdbezogenen Stromes kleiner und die dargestellten Kostensteigerungen würden moderater ausfallen.

### 3.5 ENTSCHEIDUNGSFINDUNG WÄRMEVERSORGUNGSTECHNIK

Im Sommer 2022 wurden zur Entscheidungsfindung mehrere Gespräche mit dem Klimaschutzmanagement der Kreisverwaltung, dem Gebäudemanagement und dem beauftragten Architekturbüro und TGA-Fachbüro geführt. Im Wesentlichen wurden zwei Hauptvarianten diskutiert: den Ansatz einer zentralen Wärmeversorgung mit Wärmenetz weiterzuverfolgen oder die Wärme gebäudeweise über Wärmepumpen zu erzeugen. Für die Entscheidungsfindung wurden die Gebäudeanalyse und vor allem die Jahreslastsimulation erstellt.

Bei einem gemeinsamen Online-Termin am 27. Oktober 2022 mit den Fachbüros, dem Gebäudemanagement und dem Klimaschutzmanagement wurden die Argumente abgewogen. (Tabelle 5).

**Tabelle 5: Argumente zentral / dezentral**

Bei der bestehenden zentralen Wärmeversorgung bleiben?	Neue Gebäude mit einer gebäudeintegrierten Wärmepumpe (WP) versorgen?
--	---

- Das Wärmenetz ist vorhanden, die Leerrohre für die Neubauten sind gelegt.
- Das Heizhaus müsste verlegt werden, der bisherige Standort ist freiraumplanerisch ungünstig.
- Bei der intendierten Standortwahl im Nordosten des Schulcampus entstehen erhebliche Effizienzverluste im Wärmenetz.
- Turnhalle und Hallenbad in die gemeinsame Wärmeversorgung einbinden? Seit dem Sommer 2022 werden Sporthalle und Hallenbad durch die bestehende Nahwärmeleitung vom Biogas-BHKW am Freibad mitversorgt.
- Zentrale Bereitstellung der Wärme erfordert auch ein zentrales Entzugssystem für Umweltwärme. Technologien wie Sondenfeld und Wärmespeicher haben hohe Investitionskosten und benötigen Fläche.
- Wann wäre der richtige Zeitpunkt für den Umbau der Wärmeversorgung im Kontext von Bauabschnitten, die noch über mehrere Jahre gehen? Gebäude, die NT-ready sind (NaWi-Gebäude, Lernhaus 1), können schon bald unabhängig von Erdgas mit einer Luft-WP betrieben werden.
- Beim nächsten Bauabschnitt – Bau vom Lernhaus 1 in 2023 – kann eine WP gleich mitgeplant werden.
- Da die WP nur die Heizwärme erzeugt (raumweise Trinkwarmwasserbereitung ist geplant), kann bei einem guten wärmebrückenfreien Baustandard eine niedrige Vorlauftemperatur gefahren werden.
- Nach neueren Forschungserkenntnissen<sup>6</sup>, hat sich die technische Effizienz von Wärmepumpen deutlich gesteigert. Bei einer hochwertigen Bestands-Sanierung können alle Gebäude mit einer eigenen Wärmepumpe versorgt werden.
- Der Umbau in Bauabschnitten ist einfacher zu realisieren, neue Gebäude können gleich als Nullemissionsgebäude geplant und ausgeführt werden, wie die neue EU-Gebäuderichtlinie es erwartet.
- Ein rein strombasiertes, campusweites Energiemanagement ist einfacher zu managen.
- Wird mit weiteren kreisweiten Einrichtungen eine gemeinsame kaufmännische Strombilanz als Abrechnungsmethodik gewählt, ist der Ausgleich von kreiseigenen PV-Anlagen und Stromverbrauchern auch campusübergreifend einfacher, die Energieversorgung kann regionalisiert und Kosten können gesenkt werden.

Ergebnis der Entscheidungsfindung ist: Die gebäudeweise Wärmeversorgung wird empfohlen. Argumente dafür sind:

- Geringerer Aufwand der Gebäudetechnik

<sup>6</sup> <https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/waermepumpen.html>, siehe auch: <https://www.youtube.com/watch?v=7Fb4xeCRIZI>

- Bei Schulbauten muss die Wärmepumpe nur die Heizwärme bereitstellen, geringe Vorlauftemperaturen sind möglich, eine gute Jahresarbeitszahl wahrscheinlich
- Bestehendes Wärmenetz wird redundant verwendet
- Energiemanagement über die elektrische Energie

Das nächste zu errichtende Gebäude – Lernhaus NBS – soll als Effizienzhaus 40 errichtet werden. Dies hat als Ergebnis:

- Die langfristige Wärmeversorgung wird rein strombasiert aufgebaut. Neue und zu sanierende Gebäude werden gebäudeweise mit Wärmepumpen versorgt. Es wird geprüft, ob Luft-Wasser-Wärmepumpen ausreichen. Dies reduziert den Aufwand für die Gebäudetechnik. Dadurch wird einer der wesentlichen Wärmequellen des Campus – die Umweltwärme - genutzt.
- Stromproduktion, -speicherung und Nutzung für Gebäude und Mobilität wird über ein Energiemanagement organisiert, welches kontinuierlich optimiert wird. Es ist zu überlegen, ob eine Abrechnungsdienstleistung über alle kreisweiten Einrichtungen erfolgen kann, um Kostenvorteile im Zuge des Ausbaus von erneuerbaren Energien zu erschließen.
- Die Wärmeversorgung von Hallenbad und Turnhalle ist 2022 von Erdgaskesseln auf Fernwärme aus den Biogas-BHKW am Standort des Freibades umgestellt worden. Da der Gebäudekomplex abseits im östlichen Teil des Quartiers liegt, kann diese Versorgung vorerst beibehalten werden, bis eine alternative THG-neutrale Lösung zusammen mit dem Eigentümer des kombinierten Gebäudes gefunden werden kann.

## **EXKURS: EINE ERNEUERBARE, REGIONALE UND ÜBERWIEGEND STROMBASIERTE WÄRMEVERSORGUNG**

Welche Energiequellen und Technologiepfade haben die beste Flächen- und Gesamt-Effizienz sowie die beste CO<sub>2</sub>-Bilanz für die Wärmeversorgung des Schulquartiers?

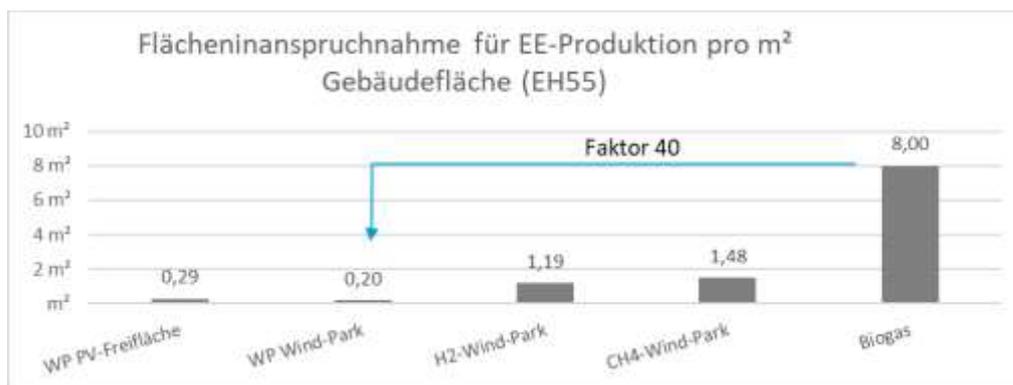
Ausgehend von 100 % (erneuerbarem) Strom erzielt die Wärmepumpe die höchste Gesamteffizienz, da sie Umweltwärme (aus Boden, Luft oder Wasser) nutzt und damit (je nach Arbeitszahl) ein Vielfaches an Wärme erzeugen kann. Aus einer Kilowattstunde EE-Strom können (bei einer Jahresarbeitszahl von 3) so beispielsweise 3 Kilowattstunden (kWh) Wärme erzeugt werden. Andere Technologiepfade, wie zum Beispiel Wasserstoff (H<sub>2</sub>) oder Power-to-Gas (PtG), haben erhebliche Umwandlungsverluste und sind daher für die Raumwärmeerzeugung nicht sinnvoll einsetzbar (s. Abbildung).

Abbildung 28: SRU 2021, Wasserstoff im Klimaschutz - Klasse statt Masse. Stellungnahme 2021. S. 63



Ein ähnliches Bild zeichnet sich beim Flächenbedarf: Der Einsatz von Strom aus einem Biomasse-BHKW für den Betrieb einer Wärmepumpe, benötigt rechnerisch das 40-fache an Fläche (für den Anbau von Energiepflanzen) im Vergleich zur EE-Stromproduktion aus Wind oder PV-Freiflächenanlagen. Auch die Optionen der Erzeugung von Wasserstoff (H<sub>2</sub>) über Windenergie und Elektrolyse oder die Erzeugung von synthetischem Power-to-Gas-Methan (CH<sub>4</sub>) über Windparks sind deutlich flächenintensiver (Abbildung 29).

Abbildung 29: Flächenintensität (WP = Wärmepumpe)



Wie durch die Lastsimulation im Kapitel 3.2 erkennbar ist, wird während der Heizperiode elektrische Energie benötigt, die nur zum geringeren Teil mit den campusweiten PV-Anlagen erzeugt werden kann. Dazu ist der Unterschied der Solarstromproduktion und vom Heizwärmebedarf im Winter zu groß. Wird von einer weitgehend regionalisierten Energieversorgung ausgegangen (Energieautarkie), sind weitere erneuerbare Energiequellen notwendig.

Welche Energiequellen und Technologiepfade für die Wärmebereitstellung stehen **im Winter** grundsätzlich zur Verfügung? Am geeignetsten sind hier Strom aus Windkraftanlagen und aus der Verstromung von Reststoffen (z. B. Bioabfall), wie es im Rahmen des Biomassehofes bereits vorgeplant wird.

**Tabelle 6: Übersicht regionale Stromquellen im Winter**

Energiequellen und Technologiepfade	Vorteile	Nachteile
Angebaute Biomasse/Mais <b>fermentiert</b> in Biogasanlagen	gute Speicherbarkeit und Verfügbarkeit bei der kalten Dunkelflaute	Hohe Flächenintensität, Hohe THG-Emissionen, hoher Wasserbedarf im Sommer für den Anbau (daher derzeit eher Brückentechnologie)
Biomasse aus <b>Holz</b> zum Verbrennen	Gute Speicherbarkeit	Hohe Flächenintensität, Wald evtl. keine THG-Senke mehr, noch THG-neutral?
Weitere Biomasse wie <b>Gülle, Bioabfall, Grüngut</b> usw.	Zukünftige Verarbeitung beim „Biomassehof“ in Lüchow wird derzeit erwogen bzw. vorgeplant. Nutzung der Wärmeenergie möglichst durch naheliegende Kreisliegenschaften (z. B. beim Schulcampus Lüchow), bilanzielle Nutzung des Stromes (v. a. in den Wintermonaten) für den Betrieb von Wärmepumpen.	
<b>Photovoltaik</b>	Hoher Flächenwirkungsgrad	Geringe Produktion im Winter. Langfrist-Speicherung der „Überschüsse“ aus dem Sommer zur Nutzung im Winter.
<b>Windkraft</b>	Stromproduktion mit den geringsten Flächenbedarf, auch im Winter gute Stromproduktion.	Keine Stromproduktion bei Flaute, der Landkreis besitzt derzeit keine eigenen Anlagen zur Produktion von Windstrom.
Grüner (aus EE-Strom hergestellter) <b>Wasserstoff</b>	Wärmeerzeugung der Elektrolyseanlage kann genutzt werden.	Über die Elektrolyse (Strom zu Wasserstoff) ein Wirkungsgrad von rund 67 %, bedingt gut lager- und transportierbar.
<b>Methan</b> aus Wasserstoff	Gut Lager und transportfähig, Gas-Infrastruktur vorhanden.	Weitere Umwandlungsverluste. Es wird CO <sub>2</sub> für die chemische Umwandlung benötigt. Bei der Verbrennung entsteht wieder CO <sub>2</sub> .
Wasserstoff wird zu <b>E-Fuels (PtX)</b> weiterverarbeitet	Gut Lager und transportfähig.	Wirkungsgrad (Strom zu PtX) nur rund 50 %, hohe Energieverluste bei der Herstellung.

### 3.6 MOBILITÄT

Im Jahr 2019 hat das Klimaschutzmanagement auf Anfrage des Fachdienstes 61 errechnet, welche Treibhausgasemissionen die Busflotte der Landkreistochter LSE jährlich verursacht. In diesem Jahr verbrauchten die Busse der LSE rund 292.000 Liter Diesel und verursachten somit rund 773 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr. Da der ZOB am Schulcampus Dannenberg Teil des energetischen Quartierskonzeptes ist, wird der ÖPNV und Schülerverkehr im vorliegenden Konzept mit betrachtet.

Um langfristig einen treibhausgas-reduzierten Betrieb im ÖPNV und Schülerverkehr zu ermöglichen, ist ein Technologiewechsel erforderlich. Hierfür werden nachfolgend verschiedenen Antriebstechnologien miteinander verglichen. Grundlage bildet eine Jahresfahrleistung von 60.000 km für einen Midi-Bus. Es wird von einem spezifischen Verbrauch pro Antriebstechnologie ausgegangen:

- Diesel: 30 Liter / 100 km
- Wasserstoff: 10 kg / 100 km

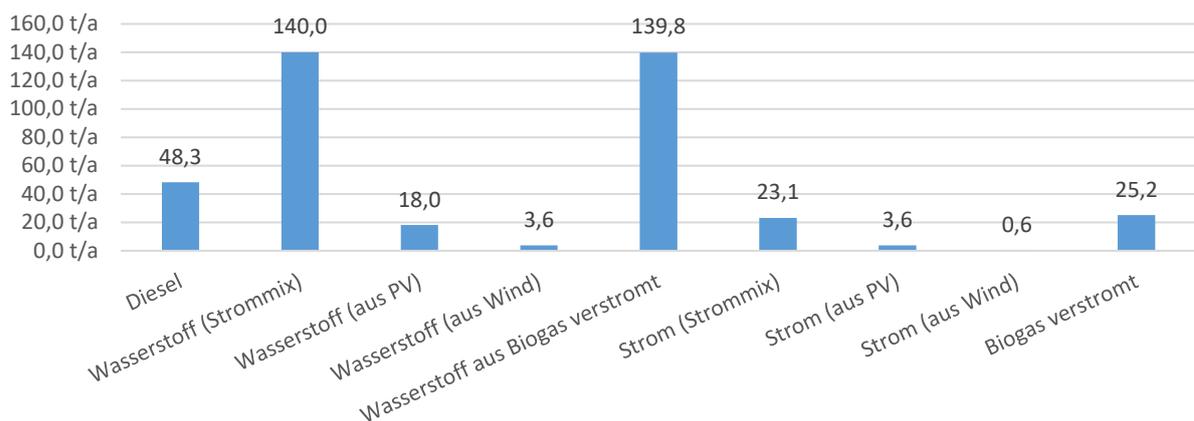
- Elektro: 90 kWh / 100 km

Für die einzelnen Antriebstechnologien sind verschiedene Herstellungspfade genommen worden:

- Diesel aus fossiler Quelle. Biodiesel wird wegen der hohen Flächennutzung für die Anbaubiomasse nicht betrachtet.
- Wasserstoff über Elektrolyse mit Strommix, aus Photovoltaik, aus Windkraft und aus Biogas verstromt.
- Elektroantrieb über den deutschen Strommix, Photovoltaik, Windkraft und über Biogas (mit Mais) verstromt.

Die Abbildung zeigt die großen Unterschiede in der CO<sub>2</sub>-Bilanz der Antriebstechnologien und Herkunftsquellen der Energieträger. Die geringsten Emissionen hat der Elektrobus mit elektrischer Energie aus Windkraft (0,6 t/a), gefolgt von elektrischer Energie aus Photovoltaik (3,6 t/a). Strom aus dem derzeitigen deutschen Strommix (mit 428 g CO<sub>2</sub>/kWh) oder verstromtes Biogas aus Anbaubiomasse haben mit rund 25 t/a deutlich höhere Emissionen. Ein Wasserstoffbus hat um den Faktor 5 höhere Emissionen als ein Elektrobus. Das liegt am Wirkungsgrad der Elektrolyse von rund 67 % und an der Rückverstromung im Bus. Beim Wasserstoffbus wird der gespeicherte Wasserstoff getankt, über eine Brennstoffzelle wieder in elektrische Energie umgewandelt und dann dem Elektroantrieb zugeführt. Wasserstoffbusse haben ebenso einen Elektroantrieb, der Unterschied ist der Energiespeicher. Ein Elektrobus hat einen chemischen Batteriespeicher, ein Wasserstoffbus einen H<sub>2</sub>-Tank. Mit rund 700 g/kWh H<sub>2</sub> hat der Wasserstoffbus bei einer Stromproduktion mit Europäischen Strommix mit 140 t/a die höchsten Emissionen. Mit rund 50 t/a liegt der Dieselfbus im mittleren Bereich.

**Abbildung 30: Treibhausgase bei einer Jahresfahrleistung von 60.000 km**



Mit einem zukünftigen Strommix aus Windkraft-, PV-Anlagen und u. a. Wasserstoff als rückverstrombare, stationäre Speichertechnologie, hat der Bus mit Elektroantrieb die geringsten Emissionen. Daher wird beim Austausch der Fahrzeugflotte der landkreiseigenen Tochter LSE diese Antriebstechnologie empfohlen.

Für einen Linienbetrieb wird weiterhin eine Lademöglichkeit am Busparkplatz im Norden des Quartiers empfohlen. Die benötigte elektrische Energie sollte in das Lastmanagement vom

Schulcampus mit eingeplant werden. Es ist zu berücksichtigen, dass Lademöglichkeiten an den Busspuren zur Verfügung stehen und die erforderliche Leistung zur Verfügung gestellt werden kann. Im Sanierungsmanagement ist zu prüfen, welche Leistungen aktuell zur Verfügung stehen und ob der Bau neuer Trafostationen erforderlich sein wird. Weiter ist die vorhandene Infrastruktur zu prüfen und ggf. zu erneuern, um die benötigte Leistung zur Verfügung zu stellen.

Im Rahmen der Erarbeitung des kreisweiten E-Ladeinfrastrukturkonzeptes, das in 2022/23 erstellt wird, erfolgt eine detaillierte E-Ladeinfrastrukturplanung für den Schulcampus – sowohl im Hinblick auf die Parkplätze für PKW, als auch für den ZOB und die Linienbusse.

### 3.7 FREIRÄUME: KLIMARESILIENTER SCHULHOF

Laut den Zukunftsprojektion des GERICS-Reports<sup>7</sup> (2021 für den Landkreis Lüchow-Dannenberg) ist eine Zunahme von warmen und heißen Tagen für Lüchow-Dannenberg klar vorgezeichnet: Im Referenzzeitraum (von 1970-2020) wurden im Mittel 30,4 Sommertage mit über 25 Grad Celsius und 7,5 Tage mit über 30 Grad Celsius erfasst. Hitzeperioden (aufeinanderfolgende Tage mit über 30°C) dauerten bisher im Mittel 2,9 Tage. Für den Zeitraum 2036 bis 2065 ist von folgenden Szenarien auszugehen:

- Im mittleren Szenario<sup>8</sup> wird eine Zunahme von Sommertagen (mit über 25°C) um +10,1 Tage/Jahr (im Median) bzw. +30,9 (im Maximum) Tage/Jahr projiziert. Bei den heißen Tagen (mit über 30°C) wird mit einer Zunahme von +2,4 (im Median) bzw. + 13,3 Tagen/Jahr (im Maximum) gerechnet. Hitzeperioden würden in der Dauer um +0,8 (im Medium) bis +4,6 (im Maximum) Tage zunehmen.
- Im Extremszenario<sup>9</sup> wird mit einer Zunahme von Sommertagen um +10,4 (im Median) bzw. +41,4 (im Maximum) Tage/Jahr gerechnet. Die heißen Tage werden mit einer Zunahme von +3,1 (im Medium) bzw. +19,1 (im Maximum) berechnet. Hitzeperioden würden in der Dauer um +1,1 (im Medium) bis +5,3 (im Maximum) Tage zunehmen.

Fazit: In mittlerer Frist (2036-2065) werden

- Sommertage (mit über 25°C) auf ca. 40 bis 71 Tage/Jahr ansteigen
- heiße Tage (mit über 30 °C) auf ca. 10 bis 26,5 Tage/Jahr ansteigen
- Hitzeperioden mit einer mittleren Dauer von 3,7 bis 8,2 Tagen projiziert.

Das vorliegende Freiraumkonzept aus dem Jahr 2017 (Abbildung 31) und die damit verbundene Begrünung konnte bisher nicht vollumfänglich realisiert werden, da der Rückbau des FRG noch nicht erfolgt ist und für die Sanierung der NBS zunächst noch die nordöstlichen Flächen für Zufahrten etc.

<sup>7</sup> Pfeifer S, Bathiany S, Rechid D: Klimaausblick Lüchow-Dannenberg. Juni 2021, Climate Service Center

Germany (GERICS), eine Einrichtung der Helmholtz-Zentrum hereon GmbH. <https://www.gerics.de/klimaausblick-landkreise>

<sup>8</sup> Das mittlere Szenario (RCP4.5) geht davon aus, dass die Emissionen bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts noch etwas ansteigen und danach wieder sinken.

<sup>9</sup> Das Extrem-Szenario (RCP8.5) beschreibt einen weiterhin kontinuierlichen Anstieg der Treibhausgasemissionen mit einer Stabilisierung der Emissionen auf einem sehr hohen Niveau zum Ende des 21. Jahrhunderts.

erhalten werden müssen. Da wesentliche Bauabschnitte noch fehlen, kann auch die damit zusammenhängende Freirumplanung noch nicht nach dem heutigen Stand beurteilt werden.

**Abbildung 31: Freiraumkonzept für den Schulcampus Dannenberg (2017), Levin Monsigny Landschaftsarchitekten GmbH**



Während das Freiraumkonzept in den Randbereichen des Schulcampus in Zukunft begrünte und entsiegelte Flächen vorsieht (s. Abb.) und damit den erwarteten Klimafolgen Rechnung trägt, wird derzeit in der Mitte des Schulcampus durch die große gepflasterte Fläche und die Wärmestrahlung der Gebäude das Mikroklima (bereits heute und auch in der Zukunft) aufgeheizt. Im Rahmen der Schulbeteiligung/Ausstellung im März 2022 sind Anmerkungen zur Hitzebelastung auf dem zentralen, gepflasterten Schulhof im Sommer eingegangen.

Somit besteht die Herausforderung bis nach Fertigstellung der Freiraumplanung und Begrünung, die sommerliche Hitzebelastung auf der gepflasterten Fläche in der Mitte des Schulhofes zu reduzieren. Die neu gepflanzten kleinen Bäume brauchen Zeit für den Aufwuchs, bis sie ausreichend Schatten spenden und das Mikroklima beeinflussen können. Zudem haben sie durch die heißen und trockenen Sommer der vergangenen Jahre zunehmend schwierigere Bedingungen für den Aufwuchs. Bis die gepflanzten Bäume sich so weit entwickelt haben, dass sie ausreichend Schatten spenden können, sollten temporäre Zwischenlösungen für die Verschattung eingerichtet werden, z. B. durch Sonnensegel. Bauliche Elemente sind nicht vorgesehen, da dies die bestehenden Entwürfe des Masterplans und der Freiraumplanung kontaktieren würden. Sofern die gepflanzten Bäume (aufgrund der heißen und trockenen Sommer in den vergangenen Jahren) nicht ausreichend angewachsen oder bereits abgestorben sind, sollten diese durch Nachpflanzungen entsprechend des Pflanzkonzeptes ersetzt werden. Die angemessene Pflege und Bewässerung der Bäume und Pflanzen im Sommer sind dabei unbedingt mit einzuplanen, da weitere heiße und trockene Sommer

sehr wahrscheinlich sind (s. o.) und den erfolgreichen An- und Aufwuchs der Bepflanzung erschweren.

Des Weiteren spielen eine dezentrale Versickerung und der Rückhalt von Niederschlagswasser (Stichwörter: Gründächer, Entsiegelung, Retentionsfläche) eine wichtige Rollen bei der Anpassung des Schulquartiers an den Klimawandel. Weitere Ausführungen hierzu sind im Anhang enthalten.

**Abbildung 32: Bildsimulation für mögliche Begrünungsmaßnahmen auf dem Schulhof**



## 4 MAßNAHMEN

Im Rahmen der Erstellung des integrierten energetischen Quartierskonzepts sind Maßnahmen für das Sanierungsmanagement entworfen, die adressaten- und prozessbezogen gegliedert sind:

- Gebäude (G)
- Energieproduktion, -verteilung und –speicherung (E)
- Mobilität (M)
- Klimaanpassung (K)
- Organisationsformen (O)
- Förderprogramme (F)

Die Maßnahmen setzen an den relevanten Hebeln an und geben kurz- und mittelfristige Impulse für einen schnellen und nachhaltigen Start der Campusaktivitäten. Damit sorgen sie für eine langfristige Verstetigung. Folgende Maßnahmen wurden entwickelt:

**Tabelle 7: Maßnahmenliste**

Anzahl	Nr.	Titel der Maßnahme
--------	-----	--------------------

Gebäude		
1	G1	Bestandersatz bestehender Gebäude
2	G2	Energetische Sanierung bestehender Gebäude
Energieproduktion, -verteilung und -speicherung		
3	E1	Erneuerbare Energien an den Gebäuden und Freiflächen
4	E2	Wärmeversorgung auf Basis von erneuerbaren Energien
5	E3	Elektrischer Energiespeicher/Quartierspeicher
Mobilität		
6	M1	Ladeinfrastruktur
Klimaanpassung		
7	K1	Klimaresilienter Schulcampus
Organisationsformen		
8	O1	Einrichtung einer gemeinsamen Abrechnungsdienstleistung über alle Kreiseinrichtungen
9	O2	Gründung einer Betreibergesellschaft
Förderprogramme		
10	F1	Sanierungsmanagement nach KfW 432
11	F2	KfW 201: Kommunale Infrastruktur im Quartier

**G1 - BESTANDSERSATZ DER GEBÄUDE**

Bestandsersatz der Gebäude	
Ziel	Bestandsersatz von einem Teil der bestehenden Bildungsbauten mit dem Ziel der Treibhausgasreduktion im Betrieb, unter Verwendung von Baustoffen mit guter Klima- und Ökobilanz
Zielgruppe	Kreis, Stadt, Gebäudemanagement, Architekten und Fachplaner
Priorität	Hoch
Kurzbeschreibung	
<p>Durch die steigenden Energie-Preise ist die wirtschaftlichste Art zu Bauen das Passivhaus bzw. das Plusenergiehaus mit vollständiger Nutzung erneuerbarer Energien. Über die Bauweise können Aspekte der Unabhängigkeit, des Werterhalts und der Zukunftssicherheit erreicht werden. Deshalb sollte das Effizienzhaus 40 (EH 40) der Mindeststandard für Neubauten darstellen.</p> <p>Die Wärmebereitstellung neuer Gebäude am Schulcampus Dannenberg sollte über Wärmepumpen erfolgen. Die noch benötigte niedrige Vorlauftemperatur begünstigt weitere Effizienzgewinne der Wärmepumpe und einen geringeren Stromeinsatz.</p> <p>Zudem sollten für den Bau des Gebäudes – soweit wie möglich – Baustoffe verwendet werden, die sich positiv (bzw. wenig negativ) auf die Ökobilanz auswirken und die „Graue Energie“ im Lebenszyklus minimieren. Eine Bauweise, die klimafreundliche und regional verfügbare Baustoffe wie Holz (oder auch Lehm) berücksichtigt, wäre daher optimal und würde zudem hinsichtlich der Rückbaubarkeit positive Effekte, auch im Hinblick auf den Cradle-to-Cradle-Ansatz (C2C), entfalten. Weitere Ausführungen hierzu sind im Anhang enthalten. Gleichzeitig sollte der Einsatz von Stahl, Beton und Zement soweit wie möglich reduziert werden, da diese Baustoffe eine besonders schlechte Klimabilanz aufweisen (Quelle: UBA/Probas):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine Tonne Zement induziert 927 kg CO<sub>2äq</sub> (inkl. Vorkette).</li> <li>• Eine Tonne Beton induziert 164 kg CO<sub>2äq</sub> (inkl. Vorkette).</li> </ul>	
Mögliche Effekte / Einsparpotenzial	
<p>Es wird verhindert, dass durch ausschließliches Einhalten der gesetzlichen Mindestanforderungen Gebäude errichtet werden, die weiterhin mit fossilen Brennstoffen versorgt werden und somit in den kommenden 10 -15 Jahren eine Sanierung und eine Nachrüstung mit erneuerbaren Energien erforderlich machen.</p>	

Ressourcenaufwand	Je nach Nachfrage der Beratung über das Sanierungsmanagement, geschätzt 50 AT/a
Finanzierung / Förderung	KfW "Klimafreundlicher Neubau Nichtwohngebäude" <sup>10</sup> , Kommunale Gebietskörperschaften erhalten nach derzeitigen Informationen einen nicht rückzahlbaren Investitionszuschuss in Höhe von 12,5 % für Klimafreundliche Wohn-/Nichtwohngebäude mit QNG-Siegel <sup>11</sup> . Die förderfähigen Kosten entsprechen jeweils den o.g. Kredithöchstbeträgen.  Eigenmittel
Umsetzungszeitraum	Zu Beginn des Sanierungsmanagements
Akteure	Sanierungsmanagement
Einschätzung der Umsetzbarkeit / Risiken und Hemmnisse	
Hohe Umsetzbarkeit, da die normativen und ökonomischen Rahmenbedingungen (Vollkostenrechnung nach VDI 2067) dies begünstigen.  Die genannte Förderung der KfW wird geprüft. Die Realisierbarkeit hängt einerseits an den Kosten der Zertifizierung und andererseits daran, zeitnah einen zugelassenen Zertifizierer zu finden.	
Status / Nächste Schritte	
Projektierung des nächsten zu erstellenden Gebäudes.	

## G2 - SANIERUNG BESTEHENDER GEBÄUDE

Sanierung bestehender Gebäude	
Ziel	Energetische Ertüchtigung, Erhöhung des Komforts, beispielhafte Außenwirkung

<sup>10</sup> Der Standard "Klimafreundliches Wohngebäude" bzw. "Klimafreundliches Nichtwohngebäude" wird durch die Optimierung der Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus sowie durch bauliche und anlagentechnische Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und die Einbindung erneuerbarer Energien erreicht. Ein solches förderfähiges Gebäude entspricht dem Standard Effizienzhaus 40 bzw. Effizienzgebäude 40 und darf keinen Wärmeerzeuger auf Basis fossiler Energie oder Biomasse aufweisen (Quelle: KfW und Ökozentrum NRW, URL: [https://oekozentrum.nrw/fileadmin/user\\_upload/KFN/6000005053\\_Merkblatt\\_KFN\\_Zuschuss\\_Kommunen\\_2023\\_03.pdf](https://oekozentrum.nrw/fileadmin/user_upload/KFN/6000005053_Merkblatt_KFN_Zuschuss_Kommunen_2023_03.pdf) und [https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/Rundschreiben/Multiplikatoren-Info\\_2023\\_01\\_24.pdf](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/Rundschreiben/Multiplikatoren-Info_2023_01_24.pdf))

<sup>11</sup> Die Stufe Klimafreundliches Wohngebäude – mit QNG/Klimafreundliches Nichtwohngebäude – mit QNG wird erreicht, wenn für ein Effizienzhaus 40/Effizienzgebäude 40 ein Nachhaltigkeitszertifikat ausgestellt wird, das die Übereinstimmung der Maßnahme mit den Anforderungen des "QNG-PLUS" oder "Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude PREMIUM" (QNG-PREMIUM) bestätigt. Informationen zum "Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude – QNG" (Quelle: KfW und Ökozentrum NRW, URL: [https://oekozentrum.nrw/fileadmin/user\\_upload/KFN/6000005053\\_Merkblatt\\_KFN\\_Zuschuss\\_Kommunen\\_2023\\_03.pdf](https://oekozentrum.nrw/fileadmin/user_upload/KFN/6000005053_Merkblatt_KFN_Zuschuss_Kommunen_2023_03.pdf))

Zielgruppe	Kreis, Stadt, Gebäudemanagement, Architekten und Fachplaner
Priorität	Mittel bis hoch
Kurzbeschreibung	
<p>Die nächste Sanierung erfolgt, sobald das Lernhaus 1 fertig gestellt und der Umzug der NBS vollzogen ist. Für die Erreichung der Klimaschutzziele ist eine energetische Sanierung auf bestmöglichem Niveau – möglichst EH 55 und besser – anzustreben.</p> <p>Bei umfangreichen Umbauten - wie zum Beispiel beim Haus 1 der Nicolas-Born-Schule - ist zu überlegen, ob Fassadenteile vollständig ausgetauscht werden sollten. Dann könnten diese durch Holzelemente ersetzt werden. So können Fassadenteile, die vorgehängt oder vollständig ersetzt werden, als vorgefertigte hochwärmegedämmte Holzelemente ausgeführt werden. Zusammen mit der Dachsanierung kann dadurch auch eine gute Wärmebrückenfreiheit hergestellt werden. Dadurch könnte eine zusätzliche CO<sub>2</sub>-Senke entstehen.</p> <p>Ein hoher Sanierungsstandard hat gleichzeitig den Effekt der Wärmeversorgung mit einer niedrigen Vorlauftemperatur. Dies erhöht die Effizienz von Wärmepumpen, der Strombedarf wird nochmals reduziert.</p>	
Mögliche Effekte / Einsparpotenzial	
Aufwertung der Bestandsgebäude mit besserer Nutzung, hohe CO <sub>2</sub> -Einsparpotenziale	
Kosten	Je nach Nachfrage der Beratung über das Sanierungsmanagement, geschätzt 50 AT/a
Finanzierung / Förderung	<p>Sanierungsmanagement (anteilig)</p> <p>Förderung durch die KfW im Programm BEG NWG, nach derzeitigen Konditionen mit bis zu 50% Förderquote bei so genannten Worst-Performing-Buildings (die hinsichtlich des energetischen Sanierungszustands zu den schlechtesten 25 % der Gebäude in Deutschland gehören) und dem Erreichen der höchsten Effizienzhausstufe (EH 40 NH).</p> <p>Energieberatung NWG</p> <p>Ggf. Landesförderprogramme</p>
Umsetzungszeitraum	Mittel- bis langfristig
Akteure	Gebäudemanagement Landkreis Lüchow-Dannenberg
Einschätzung der Umsetzbarkeit / Risiken und Hemmnisse	
Umsetzbarkeit im Rahmen des Masterplans. Gelder müssen vom Landkreis entsprechend bereitgestellt werden. Einwerben von Fördermitteln.	
Status / Nächste Schritte	
Flankierung der Gebäudesanierungen durch das Sanierungsmanagement	

## E1 – NUTZUNG VON EE AUF/AN DEN GEBÄUDEN UND AUF DEN FREIFLÄCHEN

EE an den Gebäuden und auf den Freiflächen	
Ziel	Erzeugung von elektrischer Energie
Zielgruppe	Landkreis als Gebäude- und Flächeneigentümer
Priorität	Hoch
Kurzbeschreibung	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Produktion von elektrischer Energie reduziert den Einkauf der Energiemenge und über die spezifisch geringeren Kosten auch die gesamten Energiekosten. Wird über alle Einrichtungen des Landkreises ein elektrischer Bilanzraum als Abrechnungsdienstleistung gebildet, ist es sinnvoll, die Gebäudeflächen sowie auch die im Kreisbesitz befindlichen geeigneten Grundstücke für die Erzeugung von PV-Strom zu nutzen. Der Stromüberschuss der Gebäude kann dann über die kaufmännische Bilanzierung an anderer Stelle verwendet werden. Hierfür mache es auch Sinn, bestehende Fremdanlagen zu übernehmen, wie die PV-Anlage auf der Mensa.</li> <li>Der Bau erfolgt entsprechend den Bauabschnitten. Bestehende, schon jetzt nutzbare Flächen, werden erschlossen. Um bis zum Jahr 2030 insgesamt 10.000 qm (Dach-)Fläche mit PV zu belegen, wäre ein jährlicher Zubau von im Durchschnitt rund 1.430 qm (2023 bis 2029) notwendig. Der Ausbau von PV-Anlagen am Schulcampus könnte in den folgenden Abschnitten erfolgen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Zunächst sollte das Dach der Sporthalle (mit ca. 1.500 qm Flachdach) entwickelt werden. Für das Jahr 2023 wurden hierfür 150.000 € im Kreishaushalt eingeplant.</li> <li>Nachfolgend könnten das Dach des neuen Lernhaus 1 und die noch freie Dachfläche auf dem Nawi-Gebäude belegt werden (2024/25).</li> <li>Im Jahr 2025 könnte die PV-Anlage auf dem Dach der Mensa (mit ca. 200 qm) erneuert werden, da der Pachtvertrag der Anlage (aus dem Jahr 2002) zum 31.12.2024 ausläuft. Sofern die bestehende Anlage technisch noch in Ordnung ist, wäre auch eine Übernahme und ein Weiterbetrieb durch den Landkreis denkbar.</li> <li>Die weiteren Abschnitte für PV folgen den Bauabschnitten.</li> <li>Des Weiteren könnten Freiflächen auf dem Schulcampus (z. B. kreiseigene, versiegelte Parkflächen) und in ungenutzten Randbereichen – z. B. im südlichen Bereich entlang der B191 – für PV-Stromerzeugung oder kleinere Windkraftanlagen geprüft und ggf. genutzt werden.</li> </ul> </li> </ul>	
Mögliche Effekte / Einsparpotenzial	

Reduktion der eingekauften Energiemengen, der Energiekosten und der THG Emissionen.	
Ressourcenaufwand	Je nach Nachfrage der Beratung über das Sanierungsmanagement, geschätzt 20 AT/a
Finanzierung / Förderung	Eigenmittel, (soweit möglich) Förderungen
Umsetzungszeitraum	Zu Beginn des Sanierungsmanagements
Akteure	Sanierungsmanagement, Gebäudemanagement, ausführende Unternehmen
Einschätzung der Umsetzbarkeit / Risiken und Hemmnisse	
Hohe Umsetzbarkeit, wird 2023 begonnen.	
Status / Nächste Schritte	
Bau der PV-Anlage auf dem Sporthallendach im Jahr 2023	

## E2 –WÄRMEVERSORGUNG AUF BASIS VON ERNEUERBAREN ENERGIEN

Wärmeversorgung auf Basis von erneuerbaren Energien	
Ziel	Wärmeversorgung des Quartiers erfolgt vollständig auf Basis von erneuerbaren Energien
Zielgruppe	Landkreis Lüchow-Dannenberg
Priorität	hoch
Kurzbeschreibung	
<p>Über den Zeitraum der Konzepterstellung wurde die Varianten diskutiert:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nutzung des bestehenden Wärmenetzes und Austausch des zentralen Wärmeerzeugers.</li> <li>2. Gebäudeweise Wärmeversorgung mit Wärmepumpen, angepasst an die Bauabschnitte.</li> </ol> <p>Zum Abschluss des Projekts ist die Variante 2 – die gebäudeweise Versorgung – favorisiert worden. Das nächste zu errichtende Gebäude – Lernhaus 1 für die NBS – soll als EH 40 errichtet werden. Die Trinkwarmwasserbereitung erfolgt raumweise. Die Wärmepumpe würde die</p>	

Heizwärme bei niedrigen Vorlauftemperaturen bereitstellen. Das schon gebaute Wärmenetz wird als redundantes Versorgungsnetz fungieren. Dies hat als Ergebnis:

- Die langfristige Wärmeversorgung wird rein strombasiert aufgebaut.
- Neue und zu sanierende Gebäude werden mit Wärmepumpen versorgt. Es wird geprüft, ob Luft-Wasser-Wärmepumpen ausreichen. Weiterhin wird mitteltiefe Geothermie als Wärmequelle näher untersucht.
- Dadurch wird einer der wesentlichen Wärmequellen des Campus – die Umweltwärme – genutzt.
- Stromproduktion, -speicherung und -nutzung für Gebäude und Mobilität werden über ein Energiemanagement organisiert, welches kontinuierlich optimiert wird. Es ist zu überlegen, ob eine Abrechnungsdienstleistung über alle kreisweiten Einrichtungen erfolgen kann.
- Die Wärmeversorgung von Hallenbad und Sporthalle wird aktuell von Erdgaskesseln auf Abwärme aus Biogas-BHKW umgestellt. Da der Gebäudekomplex abseits im östlichen Teil des Quartiers liegt, wird diese Versorgung vorerst beibehalten.

#### Mögliche Effekte / Einsparpotenzial

Die jetzige Wärmeversorgung über Erdgas wird mittelfristig auf Wärmepumpen umgestellt. Die elektrische Energie wird in Zukunft ausschließlich erneuerbar produziert.

Ressourcenaufwand	Je nach Vorhaben über das Sanierungsmanagement, geschätzt 20 AT/a für die Prozessbegleitung
Finanzierung / Förderung	KfW, BEW, Eigenmittel
Umsetzungszeitraum	Bis 2030
Akteure	Gebäudemanagement, Sanierungsmanagement, Ausführende Unternehmen

#### Einschätzung der Umsetzbarkeit / Risiken und Hemmnisse

Wird nach Stand der Technik ausgeführt.

#### Status / Nächste Schritte

Neubau Lernhaus 1 mit einer Wärmepumpe

**E3 – ELEKTRISCHER ENERGIESPEICHER**

<b>Elektrischer Energiespeicher</b>	
Ziel	Optimierung des campusweiten Energiemanagements
Zielgruppe	Gebäudemanagement, Landkreis
Priorität	Mittel
<b>Kurzbeschreibung</b>	
<p>Es wird aus technischer Sicht empfohlen – statt gebäudeweise elektrische Speicher – einen Quartiersspeicher zu bauen. Dieser könnte in Kombination mit dem Lademanagement für die Elektromobilität den PV-Überschussstrom speichern, die Ladeleistung für die Elektrobusse erhöhen und die gespeicherte elektrische Energie für die Wärmepumpen in den Abend- und Nachtstunden bereitstellen.</p> <p>Da die Linien des ÖPNV derzeit im Zuge des ÖPNV-Modellprojektes neu geplant werden, kann erst im Laufe des Jahres 2023 die erforderliche Leistung des Speichers ermittelt werden.</p>	
<b>Mögliche Effekte / Einsparpotenzial</b>	
Über die Stromspeicherung wird das elektrische Verteilnetz entlastet, die lokal verfügbare Leistung (Laden der Linienbusse) und der Eigenstromverbrauch erhöht	
Ressourcenaufwand	Je nach Vorhaben über das Sanierungsmanagement, geschätzt 10 AT/a für die Prozessbegleitung
Finanzierung / Förderung	KfW 201/202, Eigenmittel
Umsetzungszeitraum	Bis 2030
Akteure	Gebäudemanagement, Sanierungsmanagement, Landkreis (FD 60), Ausführende Unternehmen
<b>Einschätzung der Umsetzbarkeit / Risiken und Hemmnisse</b>	
Wirtschaftliche Tragfähigkeit, normative Rahmenbedingungen.	
<b>Status / Nächste Schritte</b>	

Optimierung von Stromerzeugung und Stromnachfrage. Ermittlung des richtigen Zeitpunkts für die Dimensionierung und Installation.

## M1 – LADEINFRASTRUKTUR FÜR MIV UND LINIENBUSSE

Ladeinfrastruktur für MIV und Linienbusse	
Ziel	Reduktion der THG-Emissionen über die Elektrifizierung der Mobilität
Zielgruppe	KFZ-Eigentümer, LSE, Linienbusbetreiber
Priorität	Mittel
Kurzbeschreibung	
<p>Die Erfordernisse der Elektrifizierung der Busflotte wurden im Kapitel 3.6 erörtert.</p> <p>Über die Lademöglichkeit für Elektrofahrzeuge werden die KFZ-Besitzer:innen für den Kauf von Elektrofahrzeugen sensibilisiert. Die Lademöglichkeit am ZOB für die Linienbusse wäre eine technische Möglichkeit die Fahrzeuge in der Mittagszeit aufzuladen. Die Buslinien hätten eine höhere Reichweite.</p> <p>Im Zuge des kreisweiten E-Ladeinfrastrukturkonzeptes wird ermittelt, welche Kapazitäten für E-Ladeinfrastruktur (für PKW und Busse) am Schulcampus Dannenberg – insbesondere im Hinblick auf die Elektrifizierung des ÖPNV und der Schülerbeförderung – entwickelt werden können. Hierauf abgestimmt wird die Errichtung der E-Ladeinfrastruktur für Pkw und Busse, sowie erforderlicher begleitender Infrastrukturmaßnahmen, wie zum Beispiel Trafostationen.</p>	
Mögliche Effekte / Einsparpotenzial	
Einsparung von Treibhausgasen bei der Mobilität, besonders bei der Nutzung von erneuerbarer elektrischer Energie.	
Ressourcenaufwand	Je nach Vorhaben über das Sanierungsmanagement, geschätzt 10 AT/a für die Prozessbegleitung
Finanzierung / Förderung	Fördermittel für Ladeinfrastruktur, auch KfW 201/202 für den Speicher, Ladensäulen über BAV/BMDV
Umsetzungszeitraum	Bis 2030

Akteure	Gebäudemanagement, Sanierungsmanagement, Landkreis Ausführende Unternehmen
Einschätzung der Umsetzbarkeit / Risiken und Hemmnisse	
Schaffen der Rahmenbedingungen, um den Linienbusverkehr zu elektrifizieren.	
Status / Nächste Schritte	
Optimierung der Buslinien für Elektrobusse, Bau der Ladeinfrastruktur.	

## K1 – KLIMA-RESILIENTER SCHULCAMPUS

Klima-resilienter Schulcampus	
Ziel	Klimaanpassung und die Produktion von PV-Strom in der Freifläche des Schulcampus Dannenberg stärken
Zielgruppe	Landkreis, Gebäudemanagement, Sanierungsmanagement
Priorität	Hoch
Kurzbeschreibung	
<p>Die zukünftigen Erfordernisse der Klimaanpassung sowie die Notwendigkeit der Entwicklung von Verschattungselementen aufgrund der Hitzebelastung an heißen Sommertagen auf dem zentralen Schulhof wurde in Kapitel 3.7 dargelegt. Hier sind temporäre Lösungen, wie zum Beispiel Sonnensegel, möglich. Diese können Schatten spenden, bis die gepflanzten Bäume eine ausreichende Größe entwickelt haben, um die Verschattungsfunktion und positive Beeinflussung des Mikroklimas (wie geplant) an heißen Sommertagen zu übernehmen.</p> <p>Zudem sollten (wie in der Maßnahme E1 beschrieben) auf ausgewählten Freiflächen (z. B. angrenzend an die Bundesstraße) und insbesondere auf den bereits versiegelten Freiflächen (wie den Parkplätzen) Anlagen zur PV-Stromerzeugung entwickelt werden, um die EE-Stromproduktion auf dem Gebiet des Schulcampus Dannenberg zu erhöhen.</p> <p>Darüber hinaus sollten Maßnahmen für die Pflege der Grünflächen und die Bewässerung der Bepflanzung verabredet werden, damit den Bäumen und Pflanzen in den trockenen Frühjahr-Sommerperioden ausreichend Wasser zur Verfügung steht. Besonders in der Anwuchsphase ist die Bewässerung eine unverzichtbare Voraussetzung für den Erfolg der Pflanzung. Wenn die Pflanzen eingewachsen und robuster sind, schützen sie sich zunehmend selbst.</p>	

Das Freiraumkonzept aus dem Jahr 2017 könnte weiterhin, insbesondere im Hinblick auf die Erfordernisse der zunehmenden Extremwetterereignisse (Hitze, Regenwassermanagement, Starkregen), überprüft werden. Hierbei sollte vertiefend herausgearbeitet werden, ob weitere Klimaanpassungs- Infrastrukturmaßnahmen – wie z. B. Dach- und Fassadenbegrünung, Maßnahmen zur Regenwassernutzung (z. B. Zisternen, Mulden-Rigolen-Systeme, Schaffung energieeffizienter Bewässerungsanlagen), Entwicklung von weiteren Grün- und Freiflächen inkl. Bepflanzung – am Schulcampus durchgeführt werden können. Die Maßnahmen orientieren sich an den Hinweisen zur Förderung Grüner Infrastruktur der KfW<sup>12</sup>.

#### Mögliche Effekte / Einsparpotenzial

Einsparung von Treibhausgasen durch die Erzeugung von PV-Strom,  
Einsparung von Trinkwasser durch Regenwassernutzung, Verbesserung des Mikroklimas

Ressourcenaufwand	Je nach Vorhaben über das Sanierungsmanagement, geschätzt 30 AT/a für die Prozessbegleitung
Finanzierung / Förderung	Eigenmittel, Fördermittel, auch KfW 201/202
Umsetzungszeitraum	Bis 2030
Akteure	Gebäudemanagement, Sanierungsmanagement, Landkreis Ausführende Unternehmen

#### Einschätzung der Umsetzbarkeit / Risiken und Hemmnisse

Mittelverfügbarkeit, Normative Rahmenbedingungen.

#### Status / Nächste Schritte

Überarbeitung des Freikonzeptes aus dem Jahr 2017

## 01 – GEMEINSAME ABRECHNUNGSDIENSTLEISTUNG ÜBER ALLE KREISEINRICHTUNGEN

### Gemeinsame Abrechnungsdienstleistung über alle Kreiseinrichtungen

Ziel	Wirtschaftliche Optimierung von Erzeugung und Verbrauch von Strom aus BHKW und PV-Anlagen
------	---

<sup>12</sup> URL: [https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/Infoblatt\\_201\\_202\\_432\\_Gruene\\_Infrastruktur.pdf](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/Infoblatt_201_202_432_Gruene_Infrastruktur.pdf) (Dokument vom 21.6.2021, Abruf: 7.2.2023).

Zielgruppe	Betreiber von Stromerzeugungs- und Verbrauchseinrichtungen
Priorität	hoch
Kurzbeschreibung	
<p>Aus dem Gebäudeenergie- und dem niedersächsischen Klimaschutzgesetz ergeben sich die Pflicht, dass die öffentliche Hand zunehmend den Ausbau PV-Anlagen vorantreiben muss. Üblicherweise führt dieser Ausbau dazu, dass ein Teil des erzeugten Stroms für das jeweilige Objekt, auf dem die Anlage installiert ist, genutzt wird, der restliche Teil des erzeugten Stroms wird zu den jeweiligen Einspeisetarifen im Rahmen des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes in das öffentliche Stromnetz eingespeist und vergütet. Diese Einspeisevergütung ist in den vergangenen Jahren kontinuierlich gesunken. Inzwischen liegt die Einspeisevergütung teilweise unterhalb der Gestehungskosten, so dass hier die Investition in die Anlagen über die Einspeisevergütung nicht refinanziert werden kann. Ökonomisch bleibt dann lediglich eine Refinanzierung über die Differenz aus den vermiedenen Strombezugskosten zu den Gestehungskosten. Dieser ökonomische Ansatz führt in der Regel dazu, dass die Anlagengröße nicht durch das vorhandene Dachpotential begrenzt wird, sondern durch den im Objekt benötigten Strom. PV-Anlagen werden also eher kleiner dimensioniert.</p> <p>Dieses Dilemma ließe sich lösen, wenn der Strom, der an einem Standort produziert und an einem anderen Standort genutzt werden könnte. Hierfür gibt es einen Ansatz, der sich Strombilanzkreismodell nennen. Mit diesem Ansatz wird überschüssiger, selbsterzeugter Strom aus kommunalen Photovoltaik-Anlagen und Blockheizkraftwerken (BHKW) nicht mehr ins öffentliche Netz eingespeist, sondern bilanziell in anderen kommunalen Liegenschaften ohne eigene Erzeugungsanlage genutzt.</p>	
Mögliche Effekte / Einsparpotenzial	
<p>Durch ein Strombilanzkreismodell muss weniger Netzstrom zugekauft werden, der wesentlich mehr kostet, als mit der Einspeisevergütung kompensiert werden könnte. Es ist also günstiger, den Überschuss an selbsterzeugtem Ökostrom für die eigenen Liegenschaften zu nutzen. Das Modell kann auch zu Multiplikatoreffekten innerhalb einer Kommune führen, da es zum einen die Akzeptanz von Stromerzeugungsanlagen steigern kann und sich zum anderen auch auf die Kapazitätsausweitung auswirken kann.</p>	
Ressourcenaufwand	Je nach Vorhaben über das Sanierungsmanagement, geschätzt 20 AT/a für die Prozessbegleitung
Finanzierung / Förderung	Rund 10.000 Euro für die Betreuung des Bilanzkreises durch einen Abrechnungsdienstleister

	Einsparung durch geringere Strombezugskosten
Umsetzungszeitraum	12-24 Monate
Akteure	Kreis, Gebäudemanagement, Bilanzkreisverantwortlicher (Stadtwerk)
Einschätzung der Umsetzbarkeit / Risiken und Hemmnisse	
<p>Strombilanzkreismodell wird im Main-Taunus-Kreis gemeinsam mit den Energieversorger Süwag erfolgreich betrieben.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mangelndes Verständnis für den Ansatz</li> <li>• Fehlende Akzeptanz für den Ansatz</li> <li>• Mangelnde Kooperation bei der Umsetzung</li> <li>• Mangelnde Kenntnis betriebswirtschaftlicher Zusammenhänge</li> <li>• Mangelnde Flexibilität der Verwaltung</li> </ul>	
Status / Nächste Schritte	
Abstimmung der Akteure	

## O2 – GRÜNDUNG EINER BETREIBERGESELLSCHAFT

Kreiseigene Betreibergesellschaft für Wärme und Strom	
Ziel	Betrieb von Wärme-, Stromerzeugungs- und Verbrauchseinrichtungen
Zielgruppe	Landkreis
Priorität	hoch
Kurzbeschreibung	
<p>Der Landkreis Lüchow-Dannenberg steht vor einer enormen Herausforderung: Bisher wurden die benötigten (zumeist fossilen) Energiemengen (v. a. Gas, Strom, Diesel) über die gängigen Beschaffungs- und Infrastrukturen angefordert und bereitgestellt (v. a. Gasnetze, Tankinfrastruktur, Stromnetz). Seit Beginn des Ukrainekrieges erfordern nicht mehr nur allein die Anforderungen des Klimaschutzes, sondern auch eine wirtschaftliche Energieversorgung den kompletten Wechsel von einer fossilen zu einer Versorgung durch erneuerbare Energien. Dieser Wechsel erfordert eine Transformation in der Beschaffung, in der Bereitstellungs- und Versorgungsinfrastruktur. Die Erzeugung von erneuerbarem Strom wird nicht mehr nur (wie</p>	

<p>bisher) einen sehr kleinen Anteil bei der Versorgung übernehmen, sondern wird durch viele dezentrale Erzeugungsanlagen und Speicher und ein aktives (Last-)Management zunehmend komplexer.</p> <p>Für ökologische und ökonomische Lösung bedarf es energiewirtschaftliches und energierechtliches Wissen, das zum Teil nicht oder noch nicht vorhanden ist. Dieses Wissen könnte über eine kreiseigene Betreibergesellschaft neben dem Kreis auch den Kommunen zur Verfügung gestellt werden. Synergien mit dem Projektvorhaben „Biomassehof“ sollten in Betracht gezogen werden.</p>	
<p>Mögliche Effekte / Einsparpotenzial</p>	
<p>Die Umsetzung der Klimaschutzmaßnahmen kann beschleunigt werden. Hierdurch werden THG-Reduktionen wirksam. Der Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energieträger spart Ausgaben im Bereich der CO<sub>2</sub> Abgabe.</p>	
<p>Ressourcenaufwand</p>	<p>Je nach Vorhaben über das Sanierungsmanagement, geschätzt 20 AT/a für die Prozessbegleitung</p>
<p>Finanzierung /Förderung</p>	<p>k. A.</p>
<p>Umsetzungszeitraum</p>	<p>12 bis 24 Monate</p>
<p>Akteure</p>	<p>Kreis und Gebäudemanagement</p>
<p>Einschätzung der Umsetzbarkeit / Risiken und Hemmnisse</p>	
<p>Es gibt bereits einige Landkreise, die eine solche Betreibergesellschaft eingerichtet haben. Unter anderem ist die EnergieDienstleistungsGesellschaft Rheinhessen-Nahe mbH ein kommunales Unternehmen, das im Jahr 1998 vom Landkreis Mainz-Bingen gegründet wurde, um die Energieversorgung in seinen öffentlichen Gebäuden unter Effizienzgesichtspunkten, mittels erneuerbarer Energien und Energieeinsparung, zukunftsgerichtet darzustellen.</p> <p>Mögliche Hemmnisse und Risiken sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mangelndes Verständnis für den Ansatz</li> <li>• Fehlende Akzeptanz für den Ansatz</li> <li>• Mangelnde Kooperation bei der Umsetzung</li> <li>• Mangelnde Kenntnis betriebswirtschaftlicher Zusammenhänge</li> <li>• Mangelnde Flexibilität der Verwaltung</li> </ul>	
<p>Status / Nächste Schritte</p>	
<p>Abstimmung der Akteure</p>	

**F1 - SANIERUNGSMANAGEMENT NACH KFW432**

F1 - Sanierungsmanagement nach KfW432	
Ziel	Fachliche Begleitung und Organisation bei der Umsetzung des energetischen Quartierskonzeptes
Zielgruppe	Kreis, Gebäudemanagement
Priorität	Hoch
Kurzbeschreibung	
<p>Das Sanierungsmanagement soll auf der Basis des energetischen Quartierskonzeptes den Prozess der Umsetzung fachlich begleiten, einzelne Prozessschritte für die übergreifende Zusammenarbeit und Vernetzung relevanter Akteure initiieren, Maßnahmen der Akteure koordinieren, bewerben und kontrollieren. Das Sanierungsmanagement kann flexibel organisiert werden. Es ist sowohl die Anstellung einer Person bei der Verwaltung oder im Gebäudemanagement möglich als auch die Vergabe an externe Dienstleister. Ebenfalls denkbar sind Mischformen.</p>	
Mögliche Effekte / Einsparpotenzial	
<p>Durch das Sanierungsmanagement werden die im Konzept entwickelten Maßnahmen in der Umsetzung begleitet und neue Maßnahmen initiiert.</p>	
Kosten	Maximal förderfähige Kosten für das Sanierungsmanagement: ca. 280.000 € für einen Zeitraum von drei Jahren (ca. 93.000 € pro Jahr), optional verlängerbar um zwei weitere Jahre
Finanzierung / Förderung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 75 % Zuschuss der förderfähigen Gesamtkosten aus dem KfW-Programm 432</li> <li>• 20 % Kofinanzierung (vom Land Niedersachsen)</li> <li>• 5 % Eigenmittel des Kreises als finanzschwache Kommune</li> </ul>
Umsetzungszeitraum	kurzfristig
Akteure	Kreis Lüchow-Dannenberg, Gebäudemanagement
Einschätzung der Umsetzbarkeit / Risiken und Hemmnisse	
keine	

Status / Nächste Schritte	
Politischer Beschluss zur Beantragung des Sanierungsmanagements, Sicherstellung der Finanzierung, Antragstellung für ein Sanierungsmanagement bei der KfW	

## F2 - KfW 201: KOMMUNALE INFRASTRUKTUR IM QUARTIER

F2 - KfW 201: Kommunale Infrastruktur im Quartier	
Ziel	Finanzierung der kommunalen Infrastruktur im Sinne des Klimaschutzes und der Klimaanpassung
Zielgruppe	Kreis
Priorität	Hoch
Kurzbeschreibung	
<p>Seit April 2021 gibt es erhöhte Tilgungszuschüsse für Maßnahmen, die in KfW432-Gebieten durchgeführt werden. Themen sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modul A: Wärme- und Kälteversorgung</li> <li>• Modul B: Energieeffiziente Wasserver- und Abwasserentsorgung</li> <li>• Modul C: Klimafreundliche Mobilität</li> <li>• Modul D: Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel durch Grüne Infrastruktur</li> </ul> <p>Besonders der Bereich Klimaanpassung im Quartier wird mit investiven Mitteln gefördert.</p>	
Mögliche Effekte / Einsparpotenzial	
Kombination mit weiteren städtebaulichen Förderprogrammen von Bund und Land NDS.	
Ressourcenaufwand	Im Rahmen des Sanierungsmanagements
Finanzierung / Förderung	Bis zu 40 % Tilgungszuschuss über die KfW (in den Handlungsfeldern Mobilität und Klimaanpassung).
Umsetzungszeitraum	Sofort
Akteure	Landkreis, Gebäudemanagement, Sanierungsmanagement
Einschätzung der Umsetzbarkeit / Risiken und Hemmnisse	

Eigenfinanzierung
Status / Nächste Schritte
Koordination mit den weiteren Vorhaben im Quartier und deren Finanzierung

## 5 DIE NÄCHSTEN SCHRITTE

### SANIERUNGSMANAGEMENT

Um eine Umsetzung der im Konzept skizzierten Maßnahmen und Handlungsempfehlungen weiterzuentwickeln und zu beschleunigen, kann ein umsetzungsbezogenes energetisches Sanierungsmanagement eingesetzt werden. In der Regel sind die Personal- und Sachkosten für ein Sanierungsmanagement für die Dauer von 3 Jahren, maximal für die Dauer von 5 Jahren förderfähig.

Die Personalförderung umfasst folgende Optionen:

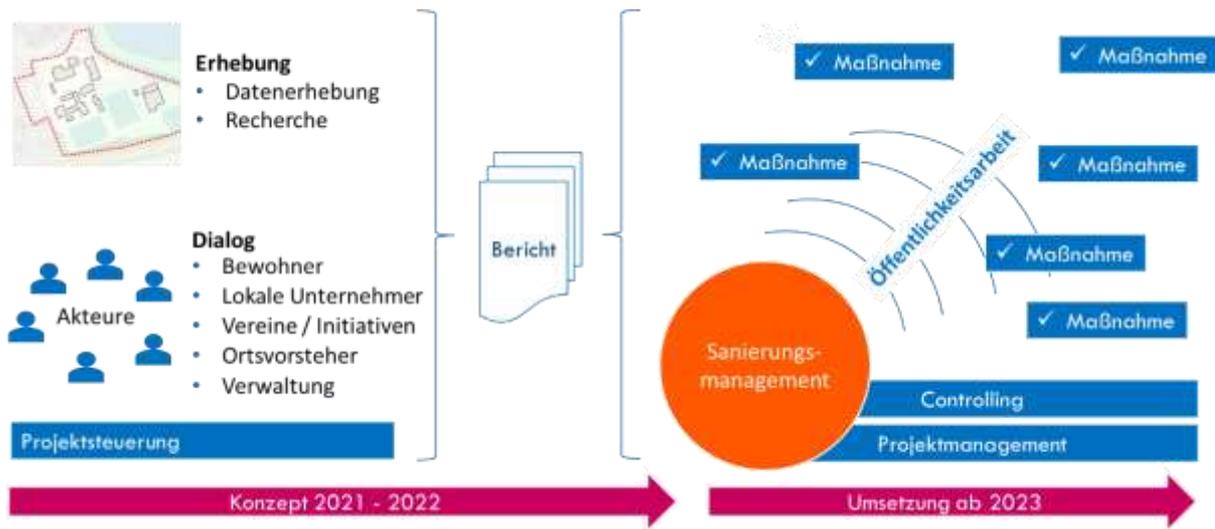
- eine Personalstelle (bzw. –Anteil) in der Verwaltung oder im Gebäudemanagement einzurichten, oder
- Träger der städtebaulichen Sanierung oder sonstige Beauftragte im Sinne der Verwaltungsvereinbarung Städtebauförderung
- Planungsgemeinschaften (z. B. aus Stadtplanungs-, Ingenieur- oder Architekturbüros)

Das Sanierungsmanagement hat die Aufgabe, auf der Basis des Konzeptes

- den Prozess der Umsetzung zu planen,
- als Anlaufstelle für Fragen der Finanzierung und Förderung zur Verfügung zu stehen,
- einzelne Prozessschritte für die übergreifende Zusammenarbeit und Vernetzung wichtiger Akteure zu initiieren,
- Sanierungsmaßnahmen der Akteure zu koordinieren,
- Maßnahmen zum Monitoring und zur Erfolgskontrolle zu initiieren.

Die Aufgabe des Sanierungsmanagements kann von einer oder mehreren Personen erbracht werden.

Abbildung 33: Handlungspfad für das Sanierungsmanagement



### KOSTENSCHÄTZUNG

Die Förderung des Sanierungsmanagements wird als Teil B im Programm KfW 432 „Energetische Stadtsanierung“ mit bis zu 75 % (KfW) zzgl. der Landesmittel von bis zu 20 % bezuschusst (NBank). Damit beträgt die Förderquote 95 % bei einem Eigenanteil von lediglich 5 %. Gefördert werden die Vollzeitäquivalenten (VZÄ) Kosten für eine Stelle sowie Sachausgaben in Höhe von bis zu 20 % der förderfähigen VZÄ-Ausgaben. Die Sachausgaben sollen vornehmlich bei der Umsetzung der Maßnahmen unterstützen. Sie beinhalten zum Beispiel die Erstellung von Informationsmaterialien, Veranstaltungen zur Aktivierung und Ansprache Nutzer oder Eigentümer der Gebäude.

Abbildung 34: Ablauf des Energetischen Sanierungsmanagements nach KfW 432



Der maximale Zuschuss beträgt 210.000 Euro für drei Jahre, dies entspricht - bei einem Fördersatz von 75 % - förderfähige Kosten von 280.000 Euro. Bei einer Verlängerung um zwei Jahre kann bis auf 350.000 Euro Zuschuss bei 466.666 Euro förderfähigen Kosten aufgestockt werden.

Der Antrag würde entsprechend für die ersten drei Jahre über die Summe von 280.000 Euro gestellt werden. Bei einem Eigenanteil von 5 % würden die Kosten für den Kreis Lüchow-Dannenberg 14.000 Euro für drei Jahre bedeuten.

**Tabelle 8: Finanzierung energetisches Sanierungsmanagement (KfW 432 Teil B)**

	Pro Jahr	Für 3 Jahre
Höchstgrenze bei 75 %	93.000 €	280.000 €
Förderung KfW 432	70.000 €	210.000 €
Zuschuss Niedersachsen 20 %	18.666 €	56.000 €
<b>Eigenanteil</b>	<b>4.666 €</b>	<b>14.000 €</b>

Vorgeschlagen wird, das Sanierungsmanagement beim Gebäudemanagement zu verankern oder eine Planungsgruppe hiermit zu beauftragen.

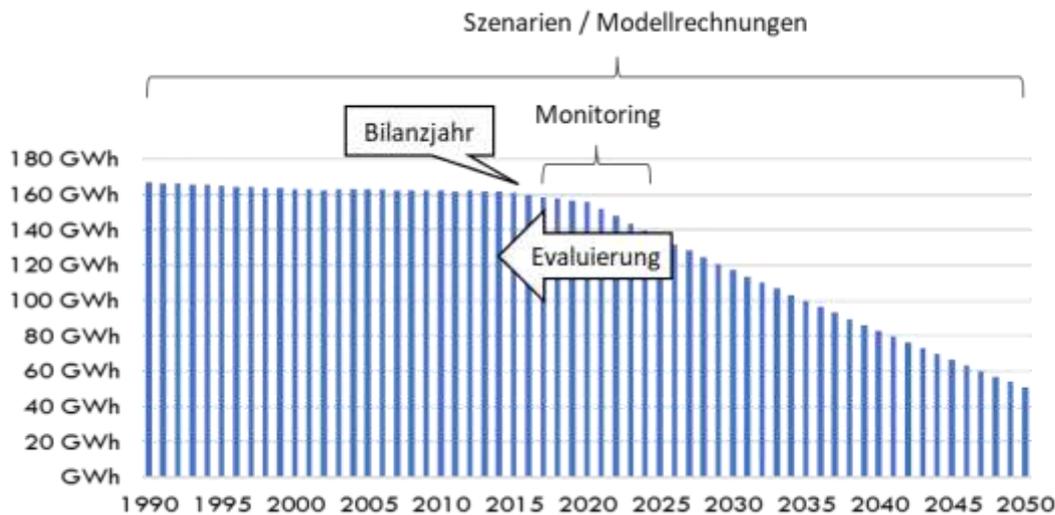
#### **KOORDINATION MIT WEITEREN PROZESSEN UND FÖRDERPROGRAMMEN**

Zusätzlich wäre ein nächster Schritt, das vorliegende Konzept und dessen Inhalte mit weiteren Prozessen wie Städtebauförderung, Stadtgrün naturnah usw. zu koordinieren. Besonders zu erwähnen ist das KfW Programm 201/202, über welches es erhöhte Zuschüsse gibt, wenn ein Quartierskonzept nach KfW 432 vorliegt.

### **5.1 EFFEKTERMITTLUNG UND CONTROLLING**

Unter dem Begriff „Controlling“ versteht man ein umfassendes Steuerungs- und Koordinationskonzept zur zielgerichteten Umsetzung, beispielsweise von energetischen Sanierungsmaßnahmen. Ein Controlling ist das Instrument zur Überprüfung der Effektivität der durchgeführten Maßnahmen. Ein solches Maßnahmencontrolling dient dabei der Dokumentation, Evaluation sowie der Darstellung und Kontrolle der erzielten Erfolge. Ein wesentlicher Bestandteil des Controllings ist das „Monitoring“, in dem eine systematische und regelmäßige Erfassung, bzw. Erfolgsbilanzierungen, von energetischen Sanierungsmaßnahmen erfolgt. Für eine regelmäßige Erfolgsbilanzierung müssen einzelne Maßnahmen registriert und einer Erfolgskontrolle zugeführt werden. Darüber hinaus sind aktuelle Entwicklungen auf Gebieten wie Politik und Technik zu erkennen. Die sich daraus ergebenden, möglichen neuen Handlungsoptionen sind abzuschätzen sowie in den fortzuschreibenden Handlungsrahmen einzufügen. Solche regelmäßigen Positionsbeschreibungen sind als langfristige Aufgabe beim Sanierungsmanagement einzuordnen. So kann auch der Einsatz von bereitgestellten personellen und finanziellen Mitteln hinsichtlich Effektivität und Effizienz für das übergeordnete Ziel „Klimaschutz“ geprüft werden.

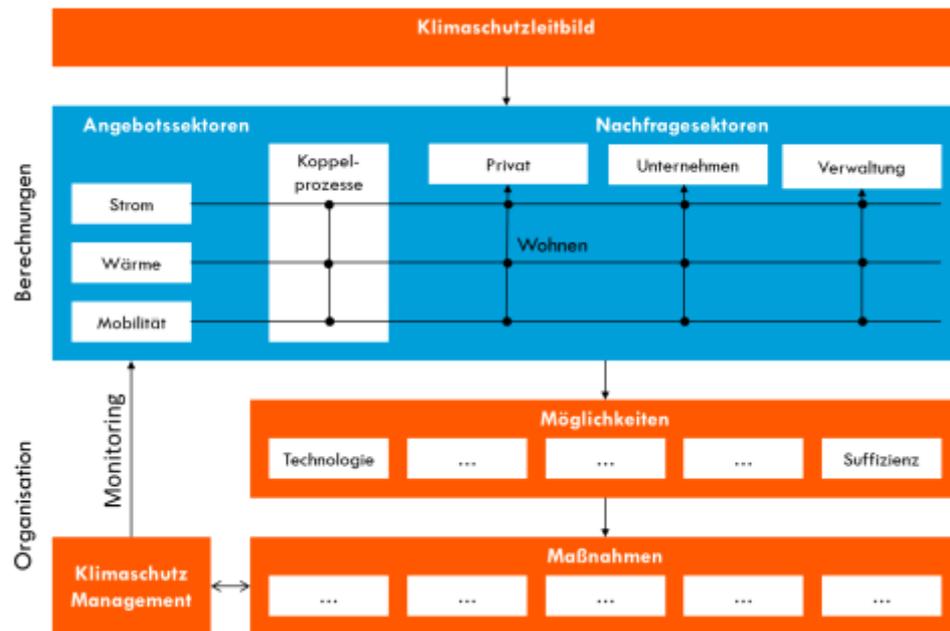
**Abbildung 35: Das Controlling / Monitoring beobachtet den kontinuierlichen Verbesserungsprozess, hier am Beispiel der Reduktion des Energieverbrauchs des Quartiers**



Zu Beginn der Umsetzungsphase des Integrierten Energetischen Quartierskonzeptes ist die Zuteilung der Verantwortlichkeiten ein wichtiger erster Schritt. Die Ergebnisse sind von einer zentralen Erfassungsstelle (z. B. Sanierungsmanagement) zu sammeln und auszuwerten.

Die im Maßnahmenkatalog aufgeführten Maßnahmen sind thematisch verschieden, wie z. B. energetische Maßnahmen an einzelnen Gebäuden und Maßnahmen zur Klimaanpassung. Schließlich richten sich diese Maßnahmen in der Umsetzung an unterschiedliche Akteure, wie z. B. Gebäudemanagement und Landkreis. Der Maßnahmenkatalog zielt auf eine Reduktion des Energiebedarfs sowie des THG-Ausstoßes im Untersuchungsgebiet ab. Aufgrund der Komplexität eines Quartiers ist das allerdings nicht immer einfach zu realisieren und nur möglich, wenn es sogenannte Kümmerer gibt, die im Quartier die Informationen sammeln. Dies wird nur möglich sein, wenn ein Sanierungsmanagement eingesetzt wird, das die Datenerfassung und -pflege übernimmt. Das Controlling der Maßnahmen, für die das Gebäudemanagement zuständig ist, erfolgt zudem im Rahmen des kommunalen Energiemanagements, für das eine Förderung ab Juni 2023 beantragt wurde.

Abbildung 36: Integration des Monitorings/Controllings in das Sanierungsmanagement



### KERNINDIKATOR TREIBHAUSGAS

Der Kernindikator des Controllings ist die Erfassung der Treibhausgasemissionen. Hierfür sind die Erfassungs- und Bilanzierungsregeln zu definieren, z. B. nach den Vorgaben vom Verwendungsnachweis der KfW im Programm 432. Die Erfassung kann über die Berechnung der THG-Emissionen aus Energieverbrauch und Energieträger vor und nach einer durchgeführten Maßnahme erfolgen. Dafür sind die Werte vom Maßnahmenträger zu liefern.

- Vollständige Gebäudesanierung: Erfassung der Energieverbräuche und Energieträger vor und nach der Sanierung. Berechnung der THG-Einsparung.
- Berechnung von Effizienzgewinn des Wärmeerzeugers und der Wechsel des Energieträgers.
- Einzelmaßnahmen wie Fenstertausch: Berechnung der reduzierten Wärmeverluste und deren THG-Reduktion.
- Verkehrstechnik: Bau von Anlagen zur Förderung der Nahmobilität. Abschätzung der verkehrsverlagernden Wirkung und Berechnung der THG-Reduktion.
- Veranstaltungen: Über Art und Teilnehmerzahl Abschätzung der THG-mindernden Wirkung.

Aus den durchgeführten Einzelmaßnahmen und deren THG-Reduktionen wird die Gesamtwirkung an Treibhausgaseinsparung ausgerechnet. Weitere Wirkindikatoren, wie Primärenergieeinsatz, werden ebenfalls daraus abgeleitet. Mit der Einrichtung eines Sanierungsmanagements im Quartier besteht die Möglichkeit, die durchgeführten Maßnahmen im Quartier zu dokumentieren und ihre Wirkung abzuschätzen. Dies erfolgt in Form eines periodischen Berichts.

## 6 ANHANG

### 6.1 INHALTSINDEX KFW

Zu behandelnder Aspekt	Vergleiche im Konzept Kapitel / Seite
Betrachtung der für das Quartier maßgeblichen Energieverbrauchssektoren (insbes. komm. Einrichtungen, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Industrie, private Haushalte) (Ausgangsanalyse)	2.5 / S.16 ff.
Beachtung von Klimaschutz- und Klimaanpassungskonzepten, integrierten Stadtentwicklungskonzepten oder wohnwirtschaftlichen Konzepten bzw. von integrierten Konzepten auf Quartiersebene	3.7 / S. 36 ff.
Beachtung der baukulturellen Zielstellungen unter besonderer Berücksichtigung von Denkmälern, erhaltenswerter Bausubstanz und Stadtbildqualität	2.1 / S. 6 ff.
Aussagen zu Energieeffizienzpotenzialen und deren Realisierung im Bereich der quartiersbezogenen Mobilität	3.6 / S. 34 ff.
Identifikation von alternativen, effizienten und gegebenenfalls erneuerbaren lokalen oder regionalen Energieversorgungsoptionen und deren Energieeinspar- und Klimaschutzpotenziale für das Quartier	3.5 / S. 30 ff.
Bestandsaufnahme von Grünflächen, Retentionsflächen, Beachtung von naturschutzfachlichen Zielstellungen und der vorhandenen natürlichen Kühlungsfunktion der Böden	2.1 / S. 6 ff.
Gesamtenergiebilanz des Quartiers (Vergleich Ausgangspunkt und Zielaussage)	2.5 / S. 16 ff.
Bezugnahme auf Klimaschutzziele der Bundesregierung und energetische Zielsetzungen auf kommunaler Ebene	3.2 / S. 20 ff.
Konkreter Maßnahmenkatalog unter Berücksichtigung quartiersbezogener Wechselwirkungen	4 / S. 38 ff.
Analyse möglicher Umsetzungshemmnisse und deren Überwindungsmöglichkeiten	3.5 / S. 30 ff.

Aussagen zu Kosten, Machbarkeit, und zur Wirtschaftlichkeit der Investitionsmaßnahmen	3.3 / S. 26 ff.
Einbeziehung betroffener Akteure bzw. Öffentlichkeit in die Aktionspläne/Handlungskonzepte	1 und 3.5 / S. 4 f. und 30 f.
Maßnahmen zur organisatorischen Umsetzung des Sanierungskonzepts (Zeitplan, Prioritätensetzung, Mobilisierung der Akteure und Verantwortlichkeiten)	5 / S. 55 f.
Maßnahmen der Erfolgskontrolle und zum Monitoring	5.1 / S. 57 ff.

## 6.2 METHODIK DER GEBÄUDEANALYSE

Für die Bestandserhebung wurden die Verbrauchsdaten vom Gebäudemanagement geliefert. Diese Verbrauchsdaten werden für die **Ist-Analyse** direkt verwendet.

Die Bestandsdaten werden über Klimafaktoren des Deutschen Wetterdienstes witterungsbereinigt. Der Mittelwert der Verbrauchsdaten bildet den Endenergiebedarf der Gebäude, geteilt durch die angegebene Fläche ergibt sich der tatsächliche Verbrauchskennwert in Kilowattstunden pro Quadratmeter ( $m^2$ ) Bruttogeschossfläche (BGF) und Jahr [ $kWh/m^2a$ ]. Auf dieser Grundlage ist über eine Wirkungsabschätzung der treibhausrelevanten Emissionen eine fortschreibbare  $CO_2$ -Bilanz erstellt worden. Durch die Ist-Analyse und Abschätzung der  $CO_2$ -Emissionen können grundsätzliche Aussagen über die aktuelle Situation der untersuchten Gebäude getroffen werden.

Die **Potenzialanalyse** dient als Basis für die Projektion „Campus 2030“ und die Maßnahmen. Die Einordnung der energetischen Referenzwerte der Gebäudetypen erfolgte auf der Grundlage der VDI-Richtlinie 3807 „Energieverbrauchskennwerte für Gebäude“. Diese gibt Auskunft über die möglichen Energie-Einsparpotenziale der Liegenschaften für Strom und Wärme. Die Energieverbrauchskennwerte sind in Form von Mittel- und Richtwerten für verschiedene Gebäudearten bzw. Nutzungen ausgewiesen. Für die Potenzialermittlung und Szenarien werden zwei Kennwerte genutzt.

- **Vergleichswert** - Als orientierendes Ziel wird der Modalwert der bundesweit untersuchten Gebäude verwendet. Der Modalwert kann als mittlerer Vergleichswert herangezogen werden.
- **Zielwert** – Der Zielwert wird vom bundesweiten Ziel eines nahezu THG-neutralen Gebäudebestands definiert. Dafür wird der Wärmebedarf des Gebäudes auf  $40 kWh/m^2a$  festgelegt. Der Strombedarf orientiert sich am unteren Quartilmittel nach VDI 3807.

**Tabelle 9: Energiekennwerte der einzelnen Gebäudetypen**

	Wärme [ kWh/m <sup>2</sup> BGF]		Strom [kWh/m <sup>2</sup> BGF]	
	Zielwert	Vergleichswert	Zielwert	Vergleichswert
Verwaltungsgebäude	40	95	10	18
Schulen allgemein	40	102	5	8
Schulen mit Turnhalle	40	98	9	15
Gymnasien	40	92	8	10
Gymnasien mit Turnhalle	40	109	8	10
Förderschulen	40	82	5	11
Oberstufenzentren	40	115	6	9
Oberstufenzentren mit Turnhalle	40	83	3	12
Turnhalle	40	136	9	20
Mehrzweckhallen	40	155	10	19
Kindergärten	40	129	7	12
Jugendzentren	40	102	8	15
Sportheime	40	152	6	15

## 6.3 GEBÄUDEANALYSE IM DETAIL

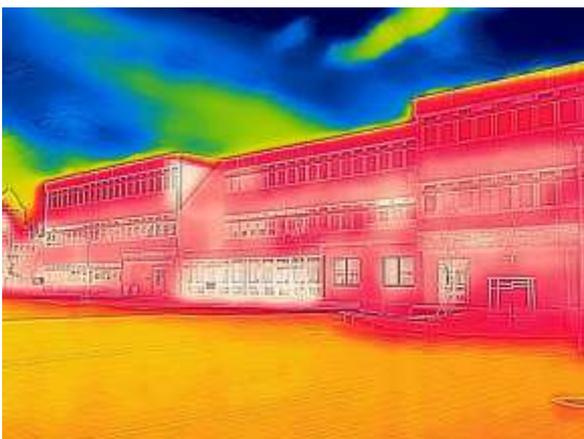
### 6.3.1 NICOLAS-BORN-OBERSCHULE HAUS 1

Standort	Schulcampus Dannenberg, Lindenweg 18
Baujahr	1972 bis 1974
Eigentümer	Landkreis Lüchow-Dannenberg
Fläche	5.008 m <sup>2</sup>

#### BAUTECHNIK

Das Gebäude ist eine typische Pfosten-Riegel-Konstruktion der Schulbauten der 1970er Jahre, mit Mauerwerk und Vorhangfassaden. Im Erdgeschoss befinden sich die allgemeinen Räume und die Aula. In den Obergeschossen befinden sich die Klassenräume.





## ANLAGENTECHNIK

Die Wärmeversorgung erfolgt vom Heizhaus. Im Erdgeschoss befindet sich eine Unterverteilung für die Wärmeverteilung an die Stränge. Die beiden Gasheizungen im Heizhaus haben eine Leistung von je 373,80 kW (Baujahr 2021) und 460 kW (Baujahr 1993).

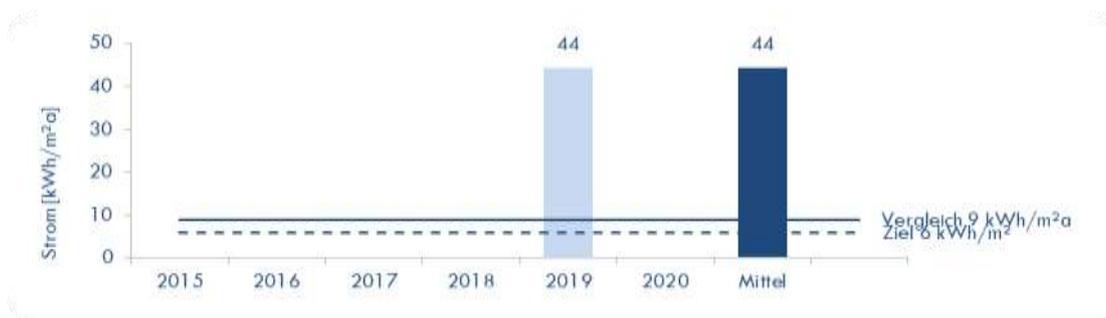


## WÄRMEVERBRAUCH

Der Wärmeverbrauch des Gebäudes beträgt witterungskorrigiert 1.029 MWh und 206 kWh/m<sup>2</sup>a. Der Verbrauch beinhaltet noch das NaWi Gebäude, weil keine getrennten Wärmemengenzähler verbaut sind.

## STROMVERBRAUCH

Der Stromverbrauch beträgt 2019 absolut rund 221 MWh und spezifisch 44 kWh/m<sup>2</sup>a. Der Verbrauch ist damit deutlich höher als bundesweites Mittel.



## STATUS UND POTENZIALE

Ab dem Jahr 2023 soll das Gebäude auf Passivhausniveau saniert werden. Dies würde eine Grundsanierung des Gebäudes bedeuten.

### 6.3.2 FRITZ-REUTER-GYMNASIUM HAUS 2 UND MENSA

Standort	Schulcampus Dannenberg, Riemannstraße 1
Baujahr	1970 und Anbau in 2009
Eigentümer	Landkreis Lüchow-Dannenberg
Fläche	5.519 m <sup>2</sup>

## BAUTECHNIK

Am Haus 2 des Fritz-Reuter-Gymnasiums ist als Neubau eine Mensa mit Küche angefügt worden. Die Mensa wird gleichzeitig von beiden Schulen als Veranstaltungsraum genutzt.



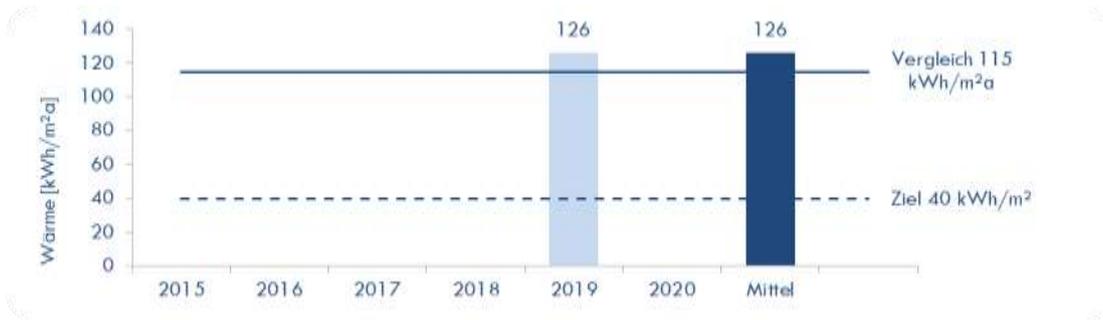
## ANLAGENTECHNIK

Die Wärmeversorgung des Gebäudes erfolgt mit zwei Gaskesseln in einer eigenen Heizzentrale. Der eine Gaskessel (Bj. 2002) hat 240 kW Leistung, der andere Gaskessel (Bj. 1983) hat 367 kW Leistung. Der außer Betrieb genommene Festbrennstoffkessel ist noch vorhanden. Die Küche und die Mensa werden mit einer Lüftungsanlage belüftet.



## WÄRMEVERBRAUCH

Der Wärmeverbrauch beträgt witterungskorrigiert absolut 385 MWh/a, spezifisch 126 kWh/m<sup>2</sup>a. Im Vergleich liegt der Wert im Mittel der Vergleichswerte von Oberstufenzentren.



## STROMVERBRAUCH

- Keine Daten vorhanden

## STATUS UND PROJEKTION

Das Schulgebäude soll im BA 4 als Campusgebäude, Bibliothek und für die Verwaltung saniert und umgestaltet werden.

### 6.3.3 FRITZ-REUTER-GYMNASIUM HAUS 1

Standort	Schulcampus Dannenberg, Riemannstr. 3
Baujahr	1962/63
Eigentümer	Landkreis Lüchow-Dannenberg
Fläche	3.238 m <sup>2</sup>

## BAUTECHNIK

Die Schule aus den 1960er Jahren ist überwiegend eingeschossig gebaut worden. Der Eingangsbereich ist zweigeschossig ausgeführt.





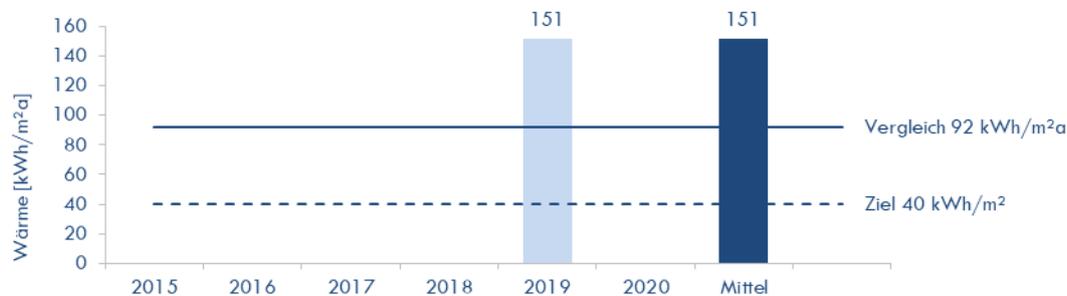
## ANLAGENTECHNIK

Das Gebäude verfügt über eine eigene Heizzentrale mit nachgerüsteten Gaskesseln (Baujahre 2002 und 1989) mit je 216 und 170 kW Leistung und einer z. T. modernisierten Anlagentechnik.



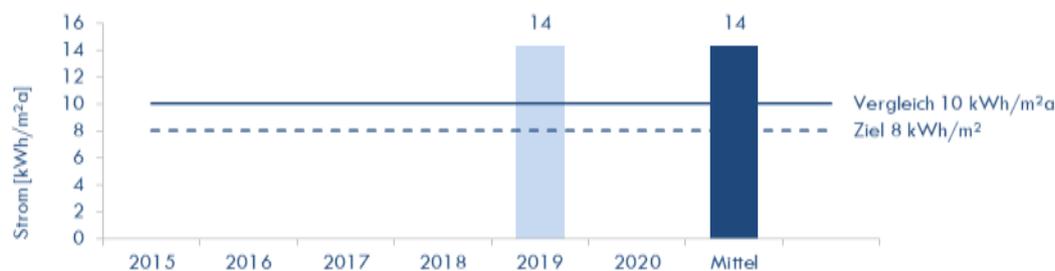
## WÄRMEVERBRAUCH

Der Wärmeverbrauch beträgt absolut 429 MWh und spezifisch 151 kWh/m<sup>2</sup>a. Der spezifische Verbrauch liegt deutlich über dem Bundesmittel von Gymnasien mit 92 kWh/m<sup>2</sup>a. Dies kann auf die ein- bis zweigeschossige Bauweise und den Sanierungsstau zurückgeführt werden.



## STROMVERBRAUCH

Der Stromverbrauch beträgt rund 46 MWh im Jahr 2019. Der spezifische Verbrauch von 14 kWh/m<sup>2</sup>a ist leicht höher als der Bundesdurchschnitt von Gymnasien.



## STATUS UND PROJEKTION

Das Gymnasium soll nach Sanierung des NBS-Gebäudes rückgebaut und durch einen zeitgemäßen Neubau ersetzt werden.

### 6.3.4 FACHGEBÄUDE NATURWISSENSCHAFT (NAWI)

Standort	Schulcampus Dannenberg
Baujahr	2019
Eigentümer	Landkreis Lüchow-Dannenberg
Fläche	781 m <sup>2</sup>

Das Fachgebäude Naturwissenschaft ist der erste Neubau aus dem Jahr 2019. Im dreigeschossigen I-förmigen Gebäude sind die Fachräume für Naturwissenschaften, Hauswirtschaft und textiles Gestalten untergebracht. Beide Schulen nutzen das Gebäude



## ANLAGENTECHNIK

Das Gebäude wird vom Heizhaus mit Wärme versorgt. Die Wärmeübergabe erfolgt über Heizkörper und Einzelraumregelung. Auf dem Dach befinden sich zudem ein Lüftungsgerät mit einer Luftleistung von 14.000 m<sup>3</sup>/h und eine Abluft-Wärmepumpe.

Eine aufgeständerte PV-Anlage auf dem Flachdach mit rund 22 kWp liefert elektrische Energie.

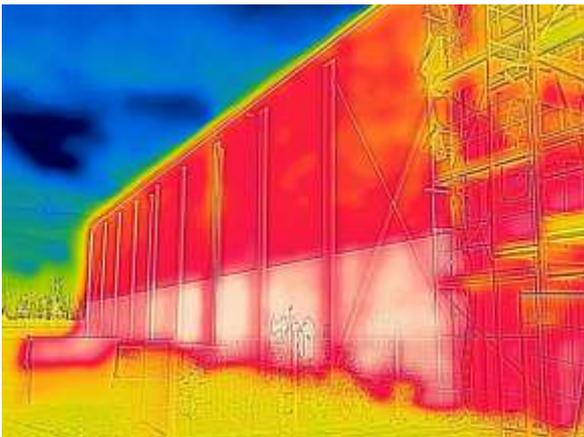


Der Wärmeverbrauch des Gebäudes kann derzeit nicht erfasst werden, weil keine gebäudeweise Wärmemengenmessung erfolgt.

### 6.3.5 SPORTHALLE

Standort	Schulcampus Dannenberg
Baujahr	1974, saniert 2011
Eigentümer	Landkreis Lüchow-Dannenberg
Fläche	2.434 m <sup>2</sup>

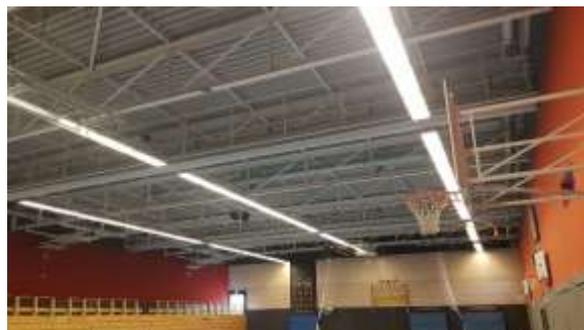
Die Sporthalle ist als Multifunktionshalle mit Tribüne ausgelegt.



### ANLAGENTECHNIK

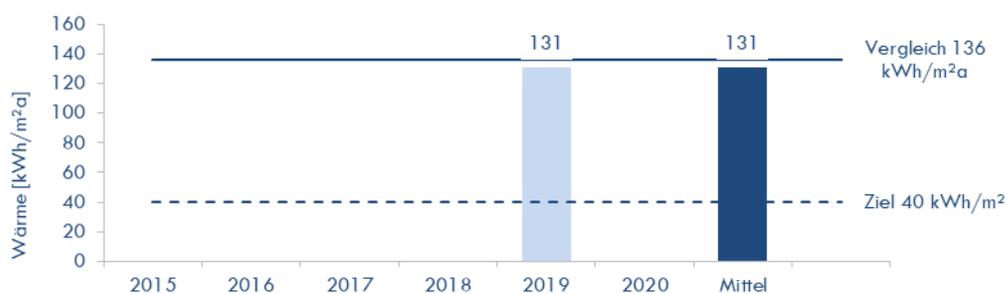
Es gibt eine gemeinsame Heizzentrale mit dem Hallenbad, die Wärmeerzeugung für das Hallenbad wird zukünftig vom BHKW am Freibad erfolgen.

Weiterhin ist eine Lüftungsanlage nachträglich installiert worden.



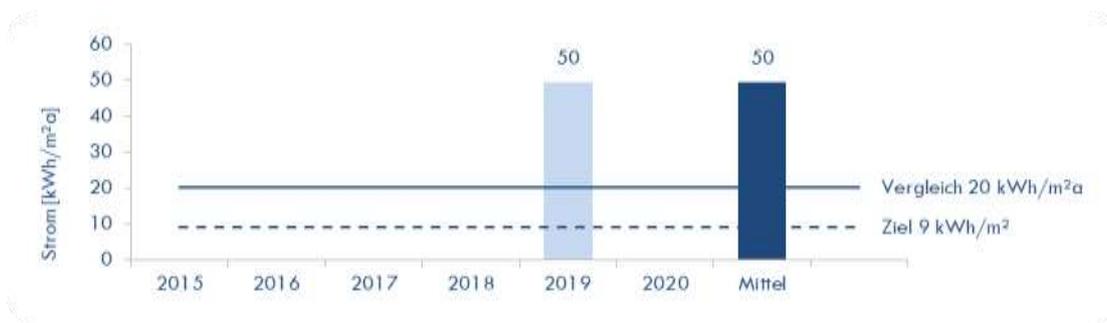
## WÄRMEVERBRAUCH

Der Wärmeverbrauch beträgt absolut 277 MWh im Jahr 2019. Spezifisch beträgt der Wert 131 kWh/m<sup>2</sup>a. Dieser liegt leicht unter dem Mittelwert von 136 kWh/m<sup>2</sup>a für bundesweite Sporthallen.



## STROMVERBRAUCH

Der Stromverbrauch beträgt absolut 120 MWh im Jahr 2019. Der spezifische Verbrauch beträgt 50 kWh/m<sup>2</sup>a und ist im bundesweiten Vergleich deutlich höher. Ein Messfehler ist wahrscheinlich, da der Strom vom Hallenbad mitgemessen wird.



## 6.4 METHODIK DER PRIMÄRENERGIEERMITTLUNG

Für die Berechnung des Primärenergieeinsatzes werden alle erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Energieströme für Gewinnung, Umwandlung, Transport und Lagerung erfasst. Diese werden zu einem spezifischen Primärenergiefaktor zusammengefasst, der sich auf den Endenergieverbrauch bezieht.

### Infobox 1: Primärenergie

Um den Begriff der Primärenergie gibt es eine große Begriffsverwirrung, da unterschiedliche Berechnungsmethoden die gleiche Bezeichnung verwenden. Der deutlichste Unterschied ist die Berechnungsmethode nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG), die nur den nicht-regenerativen Anteil ausweist. So hat ein Holzpellets-Kessel nach GEG einen Primärenergiefaktor von 0,2, nach dem weit verbreiteten GEMIS-Verfahren allerdings den Wert 1,3 (GEMIS 4.95). Würde bei einem fiktiven Gebäude der Holzessel 100 MWh an Pellets benötigen, betrüge der Primärenergiebedarf nach GEG 20 MWh, nach GEMIS inkl. dem regenerativen Anteil 130 MWh. Die beiden Werte unterscheiden sich um den Faktor 6,5! Da es bei der Wirkungsabschätzung in Quartierskonzepten nicht um einen normativen Nachweis nach GEG geht, sondern um eine räumlich bezogene Berechnung der primärenergetischen Ströme, werden die Faktoren nach GEMIS (siehe nachfolgende Abbildung) verwendet. Dies geht methodisch auch genauer auf die Ziele der Landes- und Bundesregierung ein. Bei GEMIS wird zur Begriffsentwirrung der Indikator als kumulierter Energieverbrauch (KEV) bezeichnet. Für die Einheitlichkeit wird hier im Konzept aber weiter der Begriff Primärenergie (PEV) verwendet.

Da der Verwendungsnachweis der KfW sich am GEG orientiert, werden im Nachweis die PE-Faktoren nach GEG verwendet, der nur den nichterneuerbaren Anteil der Primärenergie beinhaltet.

## 6.5 METHODIK DER TREIBHAUSGASERMITTLUNG

Der Wirkungsindikator für die Auswirkungen auf den Klimawandel wird als „Global Warming Potential“ (GWP) bezeichnet. Das GWP fasst die bisher als Verursacher des Treibhauseffektes identifizierten Spurengase als einen aussagekräftigen Indikator zusammen. Für die Zeiträume von 20, 100 und 500 Jahren wurde die treibhausverstärkende Wirkung von einem kg Spurengas im Vergleich zu einem kg CO<sub>2</sub> bestimmt und der Umrechnungsfaktor ermittelt. So kann bei bekannter Masse die treibhausverstärkende Wirkung ebenfalls in kg CO<sub>2aeq</sub> angegeben werden.

**Tabelle 10: Treibhausgaspotenziale einzelner Stoffeinträge in die Atmosphäre (in kg CO<sub>2aeq</sub>/kg) (KEEA gem. IPCC)**

	GWP 20 Jahre	GWP 100 Jahre	GWP 500 Jahre
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	1	1	1
CH <sub>4</sub> Methan	72	25	7,6
Halon 1301	8.480	7.140	2.760
N <sub>2</sub> O Lachgas	289	298	153
SF <sub>6</sub> Schutzgas	16.300	22.800	32.600

Dabei werden die emittierten Gase in Bezug zu ihrer Wirkung mit einem Faktor versehen. Methan hat beispielsweise eine höhere Wirkung auf den Treibhauseffekt als Kohlendioxid (siehe obige Tabelle). Das Schutzgas SF<sub>6</sub> hat sogar den Faktor 22.800 über einen Wirkungszeitraum von 100 Jahren in der Atmosphäre. Die emittierten Gase werden als Massenstrom mit ihrem Wirkfaktor multipliziert und bilden zusammen den Wirkindikator der Kohlendioxid-Äquivalente, kurz CO<sub>2aeq</sub> oder THG (Treibhausgase). Üblicherweise wird als Zeitraum der Wirksamkeit 100 Jahre genommen.

Die Relation zwischen Endenergie und CO<sub>2aeq</sub> / THG wird wiederum als Faktor angegeben. Bei den Faktoren werden häufig die Emissionen der Energieträgeraufbereitung berücksichtigt. Bei einem Energieträger wie Heizöl wäre es die gesamte Aufbereitung von der Bohrstelle über den Transport, das Raffinieren, die Lagerung bis hin zur Verbrennungstechnik des Heizkessels. Bei einer Photovoltaikanlage wären das - bei einer lebenszyklusweiten Betrachtung - die Emissionen bei der Herstellung, dem Betrieb und dem späteren Rückbau der Anlage.

So kann jedem Energiestrom und seiner Nutzung die Relevanz für den Klimawandel zugeordnet werden. Die Einheit des Faktors ist üblicherweise kg/kWh Endenergie. Die Energieströme werden – differenziert nach den Energieträgern – mit CO<sub>2aeq</sub>-Faktoren versehen. Die Summe bildet den Beitrag zum Treibhauseffekt. Da der Wert als Wirkindikator nicht dem tatsächlichen Massenstrom der Emissionen entspricht, ist eine Aussagefähigkeit nur im Vergleich gegeben. Beispielsweise bei der Gebäudesanierung ist nur ein Vergleich vor und nach der Sanierung um den Faktor n oder die eingesparten kg/CO<sub>2aeq</sub> sinnvoll.

Für die Berechnung der quartiersbezogenen Auswirkungen auf den Klimawandel sind die Wirkfaktoren nach GEMIS verwendet worden. Diese beinhalten die Gase CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O. Die weiteren treibhausrelevanten Gase bleiben wegen ihres geringen Anteils unberücksichtigt.

## 6.6 VORÜBERLEGUNGEN FÜR DIE POTENZIALANALYSE

Quartierskonzepte sind integrierte, d. h. Sektor-übergreifende Konzepte. Als räumlicher Ausschnitt der Stadt Dannenberg ist der Schulcampus mit der gesamten Energieversorgungsinfrastruktur verflochten. Kernaussagen sind:

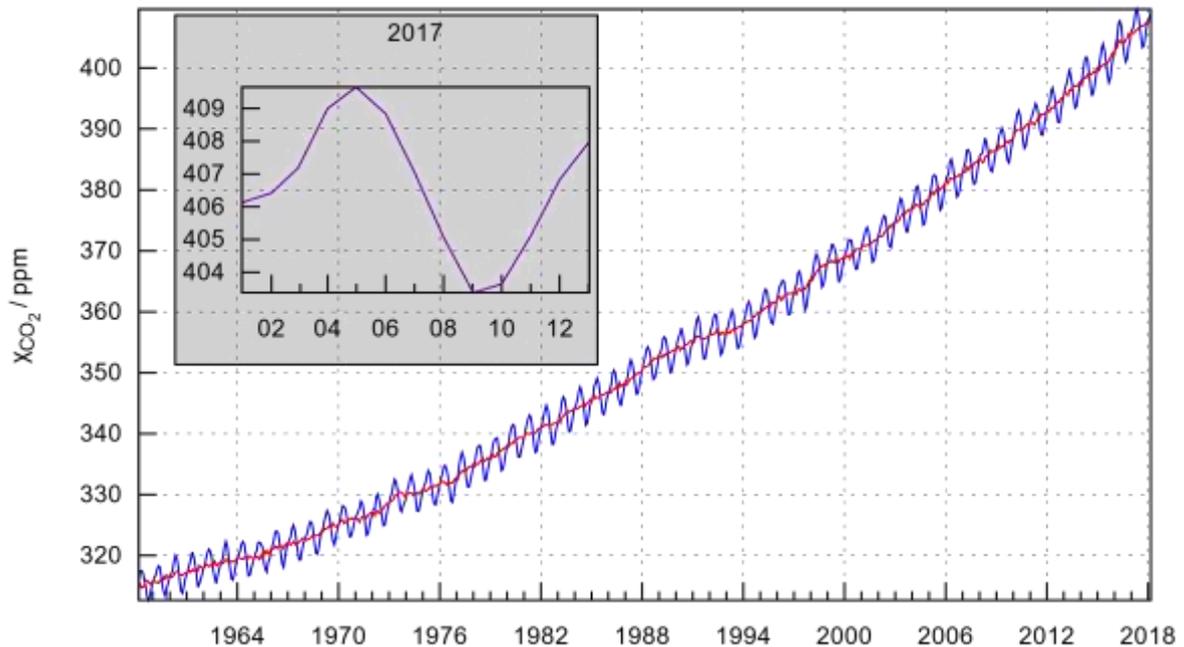
- Reduktion der Transmissions- und Lüftungswärmeverluste von Neubau und Gebäudebestand auf das technisch Machbare. Das sind Standards wie das Passivhaus oder das Effizienzhaus 40.
- Wärmeversorgung praktisch ausschließlich mit Wärmepumpen. Hiermit wird die erneuerbar erzeugte elektrische Energie mit der besten Energieeffizienz aller technologischen Pfade genutzt.
- Mobilität zu Fuß, mit dem Fahrrad oder batterieelektrisch als Kraftfahrzeugtechnik organisieren. Lademöglichkeiten für die KFZ schaffen.
- Möglichst viel elektrische Energie erzeugen, auf dem Schulcampus praktisch überwiegend mit Photovoltaik.

Die Kernaussagen werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

### VORBEMERKUNGEN

Wie und wann kann im Bestand wahrhaftig die Klimaneutralität bis 2030 / 2045 erreicht werden? Die direkte Antwort auf diese zentrale Frage: Niemals. Pedantische Gründe, bis ins kleinste Detail, sind einfach zu verstehen. Unabhängig vom Nutzerverhalten und den eingesetzten Technologien werden grundsätzlich Treibhausgase von uns Menschen produziert. Ob als Lungenfunktion über das Ausatmen, bei der Herstellung von Lebensmitteln, über die Mobilität (u. a. CO<sub>2</sub>-Produktion des Fußverkehrs über die höhere körperliche Leistung), bis hin zur Herstellung von Gütern zur lebenswerten Grundversorgung (Wohnen/Wärme, Raumüberwindung als Mobilitätsbedürfnis, Ernährung, soziale Interaktionen usw.) sind alle anthropogenen Prozesse physikalisch-technisch direkt, indirekt oder induziert mit der Erzeugung von Treibhausgasen verbunden. Unsere geogene, biologische und anthropogene Entwicklungsgeschichte des globalen Treibhauseffekts erfolgt also aus einer Bilanz von THG-Stoffeintrag in die Atmosphäre und Stoffentzug z. B. über Photosynthese. Die jahreszeitlichen Schwankungen beim globalen Vegetationszyklus sind bei Messungen der Messstation Mauna Loa auf Hawaii deutlich erkennbar.

**Abbildung 37: Messung des atmosphärischen Gehalts an Kohlenstoffdioxid in der Erdatmosphäre am hawaiianischen Mauna Loa seit 1958. Dargestellt ist die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre, im Ausschnitt ist die Jahreszeitliche Schwankung von 2017 dargestellt. (Wikipedia)**



Nach dem zellularen Ansatz ist der Schulcampus Dannenberg ein kleiner Ausschnitt der Erde mit dem Unterschied: Die ab den 1960er Jahren gebaute Bildungseinrichtung sorgt für eine starke anthropogene Nutzung mit entsprechend deutlich höheren THG-Emissionen. THG-Neutralität kann also bedeuten, den ursprünglichen Zustand wieder herzustellen, damit das Gebiet sich wieder ursprünglich verhält. Das würde einem Rückbau sämtlicher Infrastruktur und der Wiederherstellung der ehemaligen biologischen Funktionen entsprechen. Nun ist dies weder als ernsthaftes Konzept angedacht noch geplant. Der logische energetische Ansatz der 1990er Jahre nach der Trias Energetica:

- Reduktion des Endenergiebedarfs
- Einsatz nachhaltiger Energieträger
- Optimierung der fossilen Energieträger

ist dabei inzwischen veraltet, weil nach heutigen Maßstäben für das Erreichen der Klimaschutzziele auf jegliche Verbrennungsprozesse mit entsprechenden THG-Emissionen verzichtet werden müsste. Auf den Gebäudebestand bezogen bedeutet dies:

- Weiterhin eine deutliche Reduktion des Endenergiebedarfs.
- Einsatz nachhaltiger Energieträger aus verbrennungsfreien Erzeugern.
- Die Energie wird nach dem zellularen Ansatz am Gebäude, im Quartier, in der Stadt Dannenberg und in der Region eingesammelt, um für jede Betrachtungszelle einen möglichst großen energetischen Autonomiegrad zu erreichen.

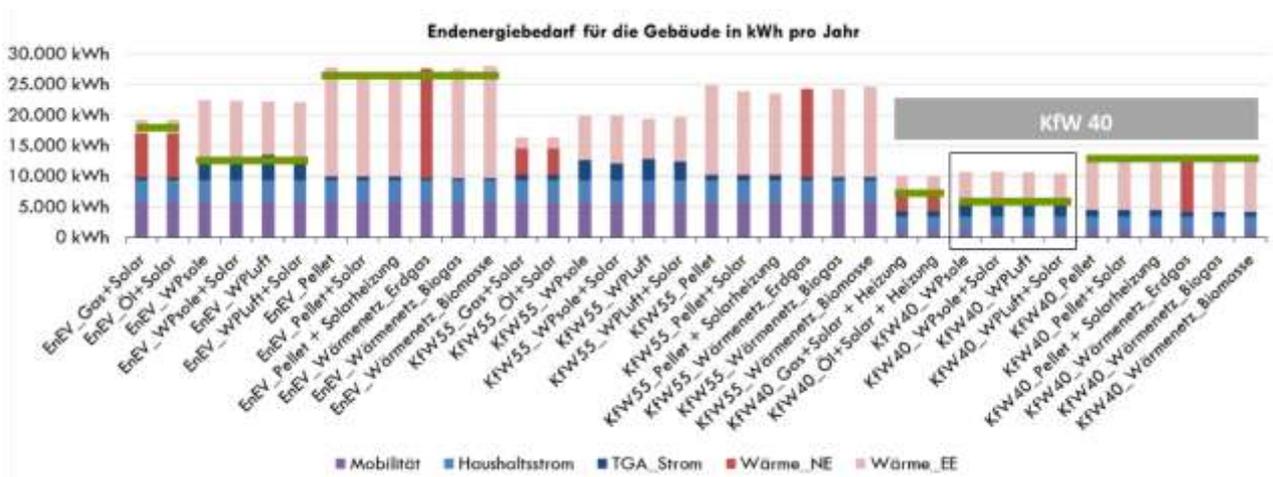
- Über alle zellulären Ebenen (Gebäude bis Städte-Umland Region) die jahreszeitlichen Schwankungen beachten, damit die zukünftige Energieversorgung auch bei der sogenannten „kalten Dunkelflaute“ funktioniert.
- In Zukunft lebenszyklusweit betrachten, die Baustoffe berücksichtigen, Nutzungskaskaden aufbauen.
- Weitere regionale Notwendigkeiten wie CO<sub>2</sub>-Senken (Moore, Wälder), zukünftige Trinkwassergewinnung, Naturschutzfachliche Belange wie Biodiversität, Nahrungsmittelbereitstellung, Gestaltung des naturräumlichen Kulturraums usw. bei der Auswahl der zukünftig regional zur Verfügung stehenden Energieträger berücksichtigen.

Operationalisiert bedeutet dies:

- Die Transmissions- und Lüftungswärmeverluste der Gebäudehülle so weit wie möglich zu reduzieren. Bauphysikalisch betrachtet bedeutet dies - für opake Bauteile wie Dach und Fassade - eine Dämmung auf Passivhausniveau. Da der Wärmestrom durch das Bauteil bei zunehmender Dämmstoffdicke nicht beliebig reduziert werden kann, bietet sich ein U-Wert von im Mittel 0,15 W/m<sup>2</sup>K an. Dies ist auch Stand der Technik.
- Die wärmetechnisch gut sanierte Gebäudehülle bei bestehenden Gebäuden reduziert deutlich die Heizlast der beheizten Räume. Je nachdem welche Wärmeübergabesysteme / Heizkörper in den Räumen verbaut sind, kann die Vorlauftemperatur reduziert werden. Heizkörper, die von ihrer Wärmeleistung bei Niedertemperatur von  $\leq 55^{\circ}\text{C}$  zu gering dimensioniert sind, werden ausgetauscht. Diese Prüfung kann raumweise erfolgen.
- Ist weiterhin die Warmwasserbereitung technisch so ausgelegt, dass eine erzeugte Temperatur von  $55^{\circ}\text{C}$  ausreicht, wird das Gebäude als Niedertemperatur-ready (NT-ready) bezeichnet (IFEU 2021: Energieeffizienz als Türöffner für erneuerbare Energien).
- Da bei Altbauten auch die Erzeuger, Speicher- und Wärmeverteilsysteme hohe Wärmeverluste aufweisen, steht hier ebenfalls eine technische Sanierung an.
- Die beschriebenen Maßnahmen reduzieren die notwendige Heizlast sowie die notwendigen Temperaturen. Die Gebäude sind gut vorbereitet für die Nutzung von Umweltwärme über eine Wärmepumpe. Der geringe Temperaturhub für Heizung und Warmwasser begünstigt eine hohe Jahresarbeitszahl. Photovoltaik produziert Strom, um die Technik mit Energie zu versorgen.

Dies ist das technische Grunddesign der Kernvariante. Damit bestehen gute Chancen, den Schulcampus im Sektor Gebäude/Wärme nahezu treibhausgasneutral zu bekommen. Geringere Dämmstandards, eine unsanierte Anlagentechnik, der Einsatz von fossilen Energieträgern usw., mindern die Chance, das Ziel zu erreichen.

Abbildung 38: Beispiel für eine Grundsimulation für die Bau- und Anlagentechnische Kombinatorik



Neben der gebäudeweisen Wärmeerzeugung kommt als Variante noch eine gemeinschaftliche zentrale Wärmeerzeugung mit einem Wärmenetz in Frage. Hier kommen über das Wärmenetz und die notwendige Pumpenleistung weitere Verlustkomponenten hinzu. Bei einem Wärmenetz stellt sich gleichfalls die Frage, wie die Wärme in Zukunft „klimaneutral“ produziert werden kann, eben nur mit einer größeren zentralen Technologie. Ein Beispiel: Ob Pelletkessel oder Biomasseheizkraftwerk, 1 kg Holz produziert über die Verbrennungsrechnung rund 1,85 kg CO<sub>2</sub>. Wie anfangs beschrieben, ist es eine Frage der Bilanz von Quellen, Senken und Zeiträumen, ob Biomasse als „treibhausgasneutral“ postuliert werden kann. Genauso verhält es sich bei anthropogenen Stoffströmen wie Abfälle und Klärschlamm. Der ursprüngliche Zweck der Müllverbrennung ist die Volumen- und Massenreduktion der festen Anteile, indem über die Verbrennung der Kohlenstoffanteil in CO<sub>2</sub> umgewandelt wird. Dies hat vor einigen Jahrzehnten die Deponien entlastet. Es entstehen umso mehr Treibhausgase, je höher der kohlenstoffbasierte Anteil bei Papier, Kunststoffe, Lebensmittel, Klärschlamm, usw. ist.

### 6.6.1 PHYSIKALISCH-TECHNISCHE VORÜBERLEGUNGEN

Quartierskonzepte sind integrierte, d. h. sektorübergreifende Konzepte. Als räumlicher Ausschnitt der Stadt und Region Dannenberg ist der Schulcampus mit der gesamten Energieversorgungsinfrastruktur verflochten. Werden technischen Möglichkeiten für einen weitgehend treibhausgas-neutralen Gebäudebestand auf das Wesentliche konzentriert, führt das zu drei Aussagen:

- Reduktion der Transmissions- und Lüftungswärmeverluste von Neubau und Gebäudebestand auf das technisch Machbare. Das sind Standards wie das Passivhaus oder das Effizienzhaus 40.
- Wärmeversorgung praktisch ausschließlich mit Wärmepumpen. Hiermit wird die erneuerbar erzeugte elektrische Energie mit der besten Energieeffizienz aller technologischen Pfade genutzt.

- Möglichst viel elektrische Energie vor Ort (im Quartier) erzeugen, überwiegend mit Photovoltaik.

Eine Begründung für diese Reduktion der Wärmeerzeugung auf die Wärmepumpe sind als Beispiel die Effizienzpfade wie in der Abbildung 39 dargestellt. Bei einer Jahresarbeitszahl von 3 kann mit einer Wärmepumpe rund 300 % Wärme aus 100 % EE-Strom gewonnen werden. Wird beispielsweise mit Wasserstoff (H2) geheizt, beträgt der Wirkungsgrad beim Heizen mit einer H2-Brennwertheizung 64 % oder mit einer Brennstoffzelle rund 57 %. Ähnliche Effizienzgrade gibt es bei der Mobilität. Das heute übliche Verbrennungskraftfahrzeug hat ein Wirkungsgrad von rund 30 %. Ein batterieelektrisches KFZ nutzt rund 77 % des EE-Stroms. Deutlich geringere Wirkungsgrade haben Wasserstofffahrzeuge mit rund 34 % oder E-Fuels mit unter 20 % Wirkungsgrad.

**Abbildung 39: Effizienz der Technologiepfade aus erneuerbarem Strom für Wärme und Mobilität**

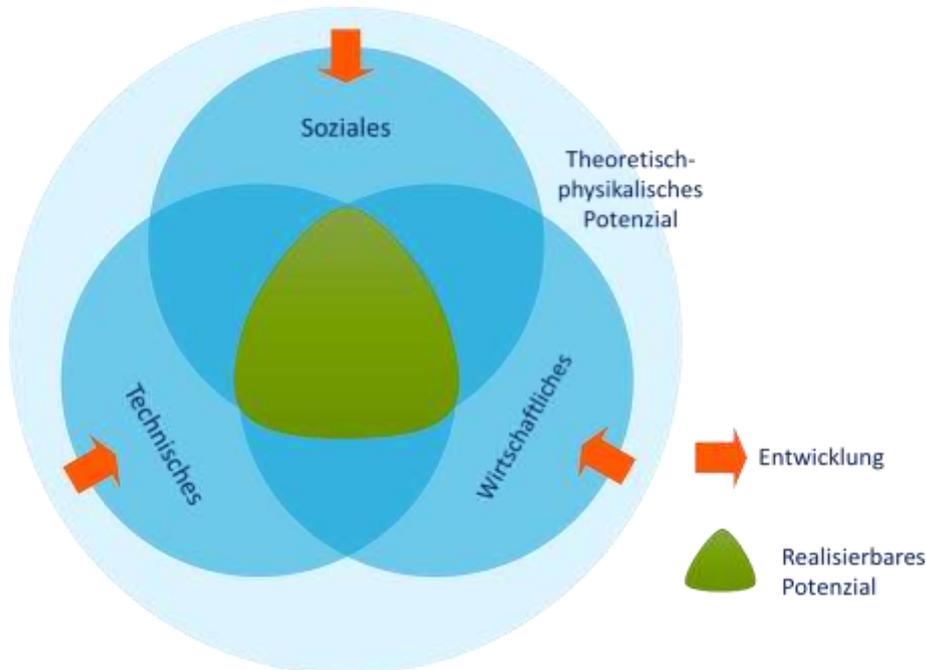
	Solar-Energie	EE-Strom	Elektrolyse	PtX	Produkt	Speicher	Wärme	Strom	Traktion	Gesamt-Wirkungsgrad	well2 wheel
Wärme	Elektrische Wärmepumpe	667%	100%		100%		300%			300%	
	Elektro-Kessel/ Heizstab	667%	100%							95%	
	H2-Brennstoffzelle	667%	100%	67%		67%	45%	45%		57%	
	H2-Brennwertheizung	667%	100%	67%		67%	95%			64%	
	CH4-Brennwertheizung	667%	100%	67%	95%	54%	95%			51%	
	Biogas-KWK	10000%					50%	38%			0,5%
Mobilität	Fossil-Verbrennung				100%				30%	30%	
	Batterie-Elektro	667%	100%		100%	90%			85%	77%	77%
	H2-Elektro	667%	100%	67%	67%					51%	34%
	PtX-Verbrennung	667%	100%	67%	70%	47%			30%	30%	14%

Was drücken die unterschiedlichen Effizienzpfade im Bereich Gebäudewärme und Mobilität aus? Im Umkehrschluss müssen bei geringen Effizienzgraden deutlich mehr Windkraft- und PV-Anlagen gebaut werden. Würden im Extremfall alle Gebäude mit wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellenheizungen betrieben werden statt mit Wärmepumpen, müsste rund das 5- bis 6-Fache an erneuerbarem Strom mit Wind- und Sonnenenergie produziert werden. Dementsprechend höher wäre auch die Flächeninanspruchnahme für Windkraft- und PV-Anlagen sowie die erforderlichen Investitionen und Rohstoffbedarfe für Anlagen. Bei einer Biogasanlage bräuchte die Anbaubiomasse sogar das 40-Fache an Fläche. Ähnlich verhält es sich auch in der Mobilität. Kraftfahrzeuge mit Wasserstoffbetrieb benötigen ein Vielfaches an erneuerbarem Strom gegenüber batterieelektrisch betriebenen Kraftfahrzeugen und benötigen entsprechend auch mehr Wind und PV-Fläche für die Stromproduktion. Die höchste Flächeneffizienz zur EE-Produktion hat daher bei Gebäudewärme die Wärmepumpe, bei Mobilität der batterieelektrische Antrieb. Das E-Bike dabei nochmals deutlich besser als der elektrisch betriebene PKW.

### 6.6.2 WIE SIND DIE SYSTEMZUSAMMENHÄNGE REALISTISCHER POTENZIALE?

Die folgende Potenzialanalyse betrachtet einzelne Systeme in einem holistischen Kontext. Somit bedingen sich einzelne, separat betrachtete Ebenen.

**Abb. 1: Das nutzbare Potenzial ergibt sich aus der Verschneidung und Nutzung sozialer, technischer und wirtschaftlicher Aspekte.**



Die Ermittlung der energetischen Potenziale unterscheidet zwischen technischen, sozialen und wirtschaftlichen Potenzialen, die Teil des theoretisch-physikalischen Potenzials sind.

- Das **theoretische/physikalische Potenzial** ist die gesamte, nach den physikalischen Gesetzen angebotene Energie, die zur Verfügung steht.
- Das **technische Potenzial** ist der Teil des theoretischen Potenzials, der nach dem Stand der Technik an den möglichen Standorten genutzt werden kann.
- Das **wirtschaftliche Potenzial** ist der Teil des theoretischen Potenzials, der bei aktuellen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen umsetzbar ist.
- Das **soziale Potenzial** bezieht die gesellschaftliche Akzeptanz und Wandlungsfähigkeit beim energetischen Transformationsprozess ein. Fragestellungen nach der Akzeptanz von Windkraft und Energieträgern aus politisch instabilen Ländern sowie Demografie, Mobilitätsverhalten und die Bereitschaft zur energetischen Gebäudesanierung werden mit einbezogen.
- Das **realisierbare Potenzial** ist die Schnittmenge aus dem technischen, wirtschaftlichen und sozialen Potenzial und wird in der folgenden Potenzialanalyse betrachtet. Über Innovation, Motivation und Erhöhung der Wandlungsfähigkeit kann die Schnittmenge als realisierbares Potenzial innerhalb eines energetischen Transformationsprozesses genutzt werden – ein Ziel, welches durch das Sanierungsmanagement unterstützt werden soll.

Hemmnis bei der Erschließung des technisch-physikalischen Potenzials sind die Energieverluste bei der Umwandlung in eine konkrete Energiedienstleistung wie Wärme oder Maschinenbewegung. Selbst die Natur arbeitet bei der Speicherung von Sonnenenergie in Biomasse mit Wirkungsgraden von nur ein bis zwei Prozent, die über weitere Erschließungs-, Transport-, Lager- und Umwandlungsverluste (z. B. Kaminholz) in Energiedienstleistungen wie Raumwärme umgewandelt wird. Daher kann von der eingebrachten Sonnenenergie und Geothermie nur ein Bruchteil konkret genutzt werden. Dies wird über das realisierbare Potenzial dargestellt. Die ermittelten Potenziale lassen sich in drei Kategorien gliedern:

- Die **Reduktion des Endenergieverbrauchs**: Der Nutzung von Energieträgern lässt sich über energieeinsparende Maßnahmen reduzieren, indem z. B. die Gebäude saniert werden und Mobilität energiesparender organisiert wird.
- Der nächste Schritt ist die **Steigerung der Energieeffizienz** bei den Konversionstechnologien über den Austausch von Wärmeerzeugern, stromeffiziente Haushaltsgeräte oder effiziente Mobilität. Bei einer Steigerung der Effizienz werden die Umwandlungs-, Speicher- und Transportverluste minimiert. Neue Wärmeerzeuger arbeiten effizienter als alte aus den 1970er Jahren, ein Tablet benötigt weniger Energie als ein alter Desktop PC, ein Elektrofahrzeug ist effizienter als ein Verbrennungskraftfahrzeug.
- Weitere Energie-Importströme können durch die **Nutzung lokaler und regionaler Energieträger** reduziert werden. Im Wärmebereich bestehen Ausbaupotenziale bei Solar- und Umweltenergie.

Weiteres relevantes Potenzial physikalisch-technischer Maßnahmen ist eine Änderung des Nutzerverhaltens hin zu mehr Suffizienz. Die Rahmenbedingungen für die Umsetzung sowohl von physikalisch-technischen Maßnahmen als auch eines veränderten Nutzerverhaltens sind fiskalische und normative Instrumente sowie Öffentlichkeitsarbeit.

Abbildung 40: Strukturierung der Maßnahmen und Instrumente



**Fiskalische Instrumente** können Förderprogramme oder Abgaben sein. Der Bereich der **Öffentlichkeitsarbeit** umfasst Kampagnen, Veranstaltungen, Presseberichte, u. v. m. **Normative**

**Instrumente** sind Gesetze, Richtlinien, Verordnungen, Satzungen und Verträge, die den rechtlichen Rahmen für das Handeln der Akteure bestimmen. Ein Beispiel soll dies verdeutlichen:

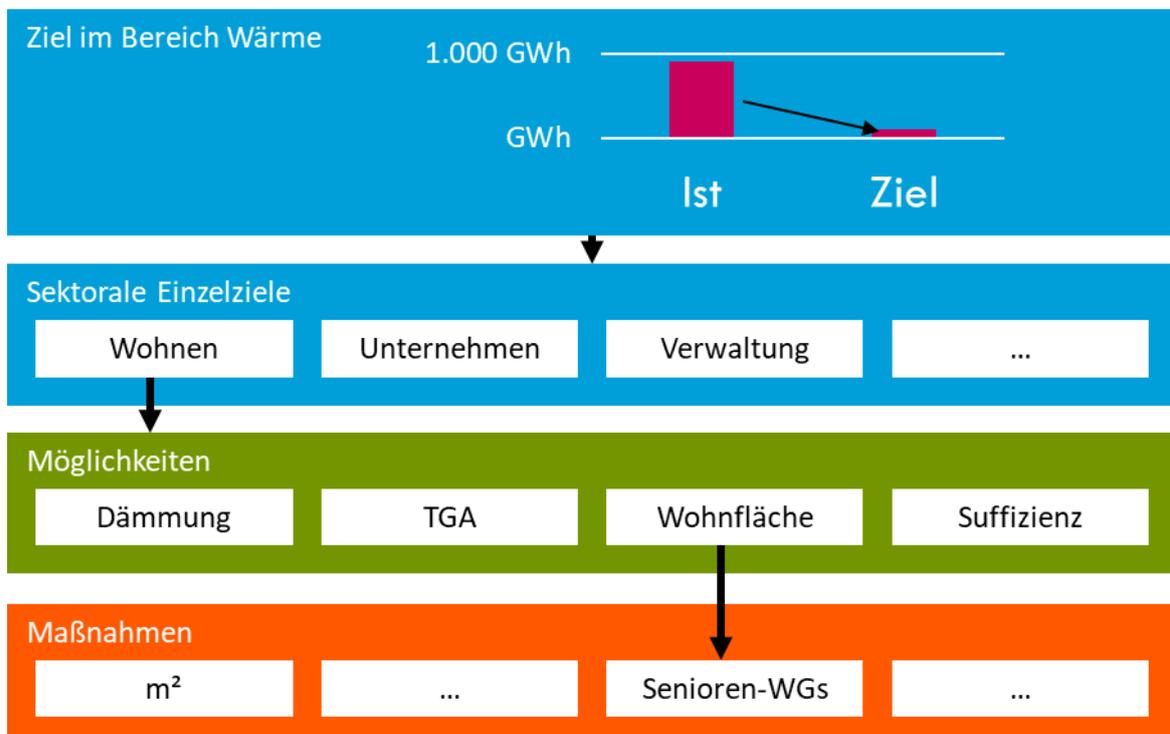
Wenn im Teilbereich Wärmeversorgung eine verbesserte THG-Emissionsbilanz erreicht werden soll, könnte es ein strategisches Ziel sein, eine Reduktion der beheizten Wohnfläche pro Kopf zu erreichen. Hierfür müssten bestimmte Maßnahmen umgesetzt werden.

- **Physikalisch-technische Maßnahmen** wären etwa Umbauten im Bestand hin zu kleineren Wohneinheiten oder Neubauten mit entsprechenden Grundrissen.
- Eine **Änderung des Nutzerverhaltens/Suffizienz** wären der Ausbau von Repair-Cafés, Tauschläden, Carsharing usw.

Erforderliche Rahmenbedingungen hierfür wären wiederum:

- **fiskalische Instrumente**, wie z. B. die Förderung baulicher Maßnahmen, die wohnflächensparendes Wohnen fördern oder ein finanzieller Bonus bei einem Umzug in eine kleinere Wohneinheit.
- Instrumente der **Öffentlichkeitsarbeit**, wie z. B. eine Werbekampagne für die Bildung von Wohn- oder Hausgemeinschaften.
- **Normative Instrumente**, wie z. B. eine Vorgabe für Wohnungsbaugesellschaften, bei Neuvermietungen eine maximale Wohnfläche von zum Beispiel 25 m<sup>2</sup> pro Person vorzusehen.

**Abbildung 41: Beispielhafte Ableitung von Maßnahmen im Bereich Wohnen (TGA = Technische Gebäudeausrüstung)**



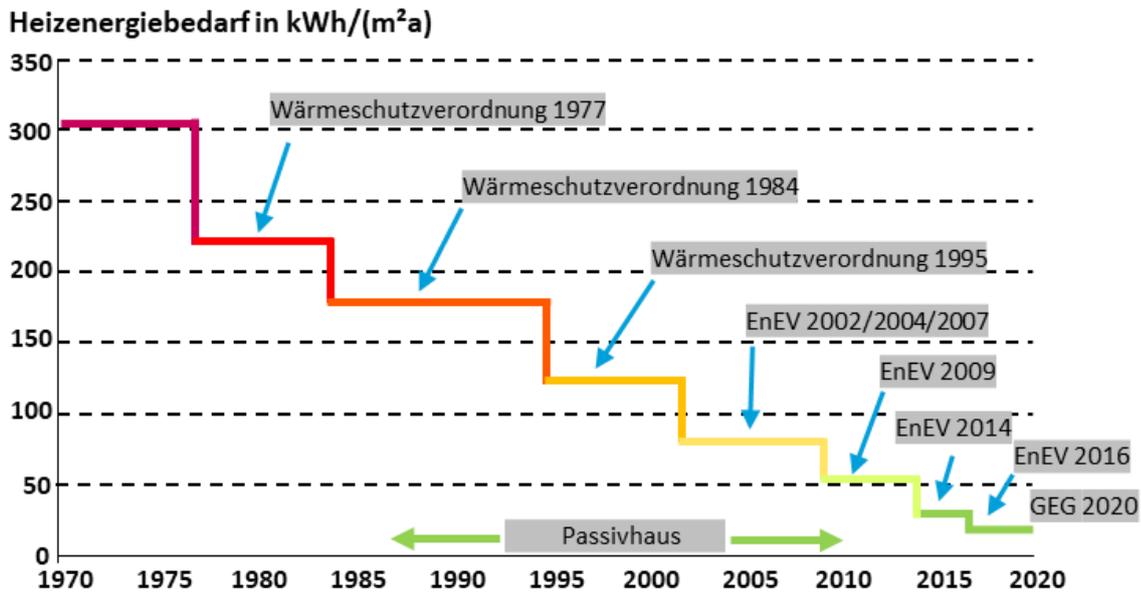
Sinnvoll ist es, in allen Handlungsfeldern eine gute Kombination aus technischen und soziokulturellen Aktivitäten zu finden und über das Sanierungsmanagement zu aktivieren. Beim Beispiel PKW hieße

das: Beim nächsten Kauf die kraftstoffsparende oder elektrobetriebene Variante und die Kombination der täglichen Mobilität durch das Zurücklegen von Wegen zu Fuß oder mit dem Rad.

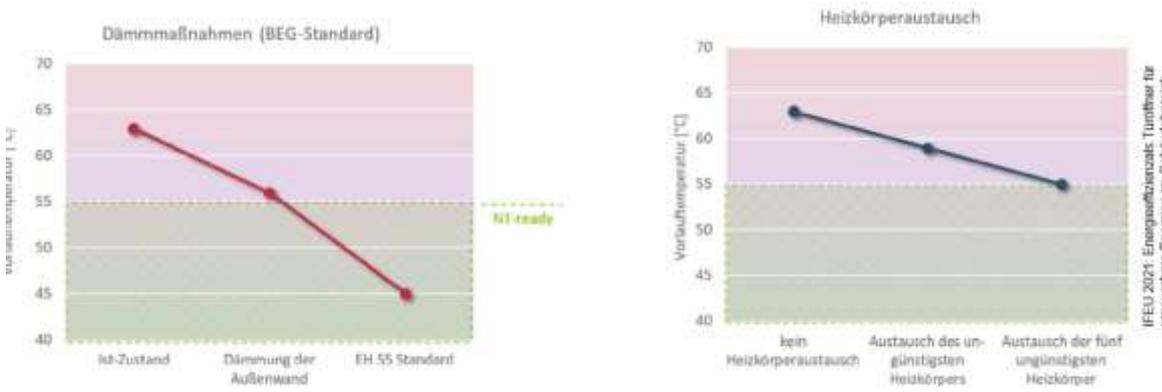
### 6.6.3 REDUKTION DER WÄRMENACHFRAGE ÜBER EINEN GUTEN GEBÄUDESTANDARD

Voraussetzung für die Reduktion der Energieverbräuche im Gebäudebereich sind eine gute Wärmedämmung und die Verringerung der Lüftungswärmeverluste. Ein Beispiel für Neubauten ist die Passivhaus-Bauweise, durch die – im Vergleich zum Baustandard nach GEG – der Heizwärmebedarf nochmals reduziert wird. Die Kompaktheit der Gebäude – ein günstiges A/V-Verhältnis – begünstigt einen niedrigen Energieverbrauch und vereinfacht die Planung energieeffizienter Gebäude. Eine Bauform ohne komplexe Geometrien wie Dachgauben, Erker usw., kann den Heizwärmebedarf deutlich senken.

Abbildung 42: Entwicklung der energetischen Gebäudestandards.



### OPTIMIERUNG DER ANLAGENTECHNIK

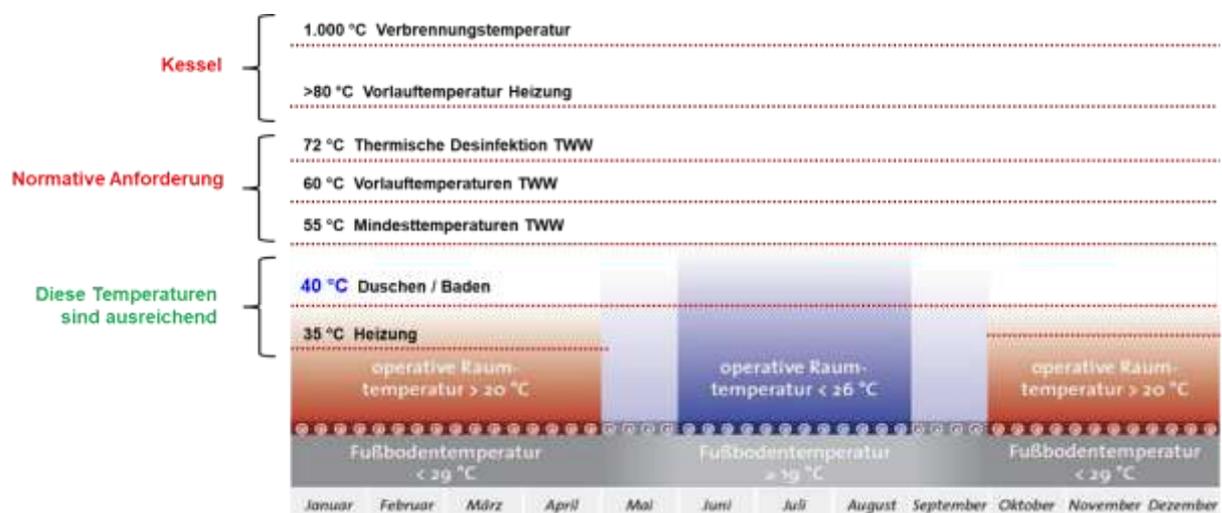


+ Reduktion Trinkwarmwassertemperatur (evtl. Hygiene über Ultrafilter)

Ein wesentlicher Aspekt zur Optimierung der Anlagentechnik ist die Absenkung der Temperaturen für Heizung und Warmwasserbereitung. Die Verbrennung fossiler Energieträger erfolgt bei rund 1.000 °C. Bei alten Heizsystemen ist daraus eine Heizkreistemperatur von 80 °C erzeugt worden. Die hohen Temperaturen waren nötig, um die benötigte Heizleistung über die Heizkörper auf die schlecht gedämmten Räume übertragen zu können. Dazu kam die Notwendigkeit der thermischen Desinfektion des Warmwassers mit einem Temperaturbereich von über 55 °C.

Dem gegenüber steht die tatsächliche Nutzung von Raumtemperaturen um die 20 °C und Warmwassertemperaturen von rund 40 °C. Je näher das Temperaturniveau der Anlagentechnik an den genutzten Temperaturen liegt, umso günstiger können erneuerbare Energien, die direkt am Gebäude genutzt werden, in die Wärmeerzeugung eingebunden werden.

**Abbildung 43: Temperaturniveaus im Gebäude (Quelle: GTS GmbH)**



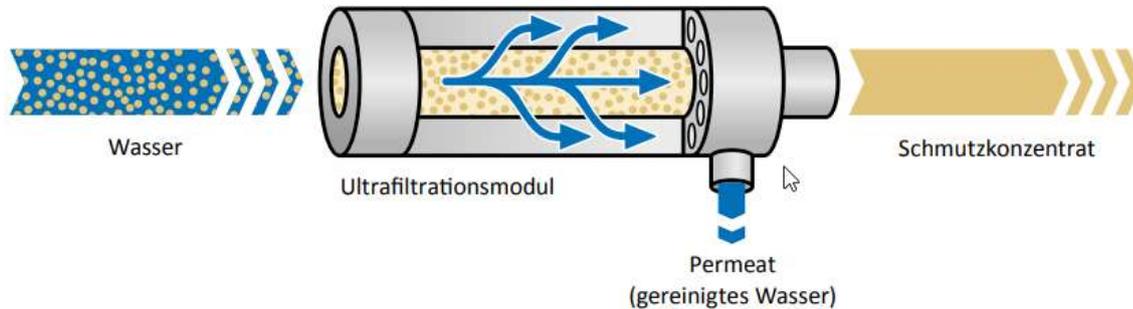
Ein Beispiel ist die im Gebäude integrierte Wärmepumpe. Die für Gebäude üblicherweise konstruierte Wärmepumpe liefert eine maximale Temperatur von etwa 53 °C. Eine höhere Temperatur wird bei Bedarf über einen Heizstab erzeugt, der direkt mit Elektrizität betrieben wird. Dies führt in der Praxis häufig zu einem 50/50-Verhältnis, also die eine Hälfte Elektrizität als Pumpenstrom, die andere Hälfte Elektrizität für den Heizstab zum Nachheizen. Wäre das Temperaturniveau kleiner als 53 °C, könnte über die Wärmepumpe die gesamte Wärmeerzeugung erfolgen und der Elektrizitätsbedarf für den Heizstab fiel nicht mehr an.

Bei einer Wärmeversorgung über Wärmenetze ist es identisch. Sind die Gebäude in der Lage über eine geringe Vorlauftemperatur versorgt zu werden, kann die Wärme deutlich effektiver über Wärmepumpen, Solarthermie usw. versorgt werden.

Eine weitere zu lösende Aufgabe ist die Trinkwasserhygiene. Bei größeren Wohneinheiten muss zur Sicherstellung einer hygienisch einwandfreien Wasserqualität das Wasser regelmäßig auf 65 °C erwärmt werden, um mögliche Keime und evtl. vorhandene Legionellen abzutöten. Alternativ kann das Verfahren der Ultrafiltration eingesetzt werden, bei dem eine unzulässige Vermehrung von Keimen auf rein mechanische Weise dauerhaft und sicher verhindert wird. Dies hat den Vorteil, dass niedrigere Temperaturen bei der Warmwasserbereitung ausreichen. Dadurch können

Energieverluste reduziert werden, Wärmepumpen und Solarthermie laufen mit einem besseren Wirkungsgrad.

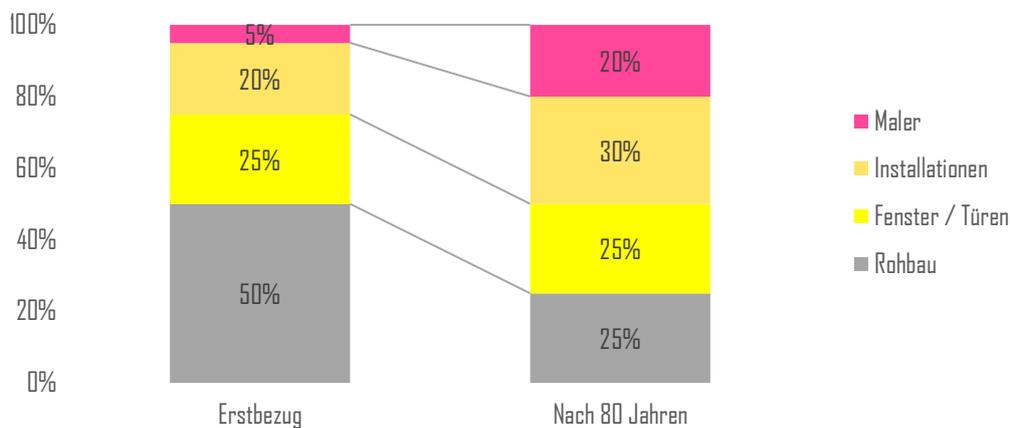
Abbildung 44: Das Prinzip Ultrafiltration (Quelle: GTS GmbH)



#### 6.6.4 THG-ARME BAUSTOFFE ALS WEITERES POTENZIAL

Aus der Sicht der Baustoffkunde kann das gesamte Quartier in eine Ansammlung von Baustoffen zerlegt und neu sortiert werden. Sämtliche Materialien für Hoch- und Tiefbauten könnten anhand ihrer Materialität neu sortiert und hinsichtlich ihrer Masse bewertet werden. Nach dem Cradle2Cradle-Prinzip werden die Baustoffe der Natur entnommen, für ihren Zweck aufbereitet, transportiert und eingebaut, genutzt und wieder entsorgt. Für diese Prozesskette werden Material und Energie benötigt. Zusammen mit dem Energie- und Sanierungsbedarf stellt dieser den lebenszyklusweiten stofflichen Aufwand für die Dienstleistung "Wohnen" bzw. für die Nutzung als Sportstätte, Bildungs- oder Verwaltungsgebäude dar. Das betrifft die Nutzungszeit sowie den Aufwand für den Rückbau. Wird die akkumulierte Materialintensität von Gebäuden bei Erstbezug und nach 80 Jahren miteinander verglichen, steigen die Bereiche mit niedrigen Lebenszyklen, wie Malerarbeiten, Installationen und der Austausch von Bauelementen, wie Fenstern und Türen, in der Gesamtbilanz von der Hälfte beim Erstbezug auf etwa Dreiviertel nach 80 Jahren an. Der Anteil des Rohbaus verringert sich entsprechend auf ein Viertel (Abbildung 45).

Abbildung 45: Kumulierte abiotische Materialintensität (MI) von Gebäuden über ihren Lebenszyklus



Das Grundprinzip eines nachhaltigen Bauens und Sanierens wäre demnach die **baummassenminimierte Bauweise**. Holzbauten bieten sich hierfür an.

#### 6.6.5 STÄDTEBAULICHE MÖGLICHKEITEN IM QUARTIER

Wenn die Reduktion der Energienachfrage, die Produktion von erneuerbaren Energien und die sich daraus ergebenden THG-Emissionen als physikalischer Prozess verstanden werden, stellt sich die Frage, wie die Physik des Quartiers in den Städtebau integriert werden kann? Eine klimagerechte Stadtplanung mit seinen Rechtsinstrumenten hat direkten und indirekten Einfluss auf den Energieverbrauch, die Nutzung erneuerbarer Energien und die Energieträger. Beispiele in der Systematik der **Stadtgestaltung** sind:

- Städtebauliche Kompaktheit: Einsparpotenzial Heizwärmebedarf über ein günstiges Außenhülle/Volumen-Verhältnis (A/V-Verhältnis)
- Orientierung: Ausrichtung der Gebäude (passive Solarenergienutzung)
- Verschattung: Anordnung der Gebäude (passive Solarenergienutzung)
- Ausrichtung/Neigung der Dachflächen für die aktive Solarenergienutzung
- Windschutz: Reduktion der Lüftungswärmeverluste

Dazu kommen wiederum Aspekte der Bautechnik für einen verbesserten Wärmeschutz zur Reduzierung des Heizwärmebedarfs und die rationelle Energieversorgung über die verwendete Anlagen- und Versorgungstechnik.

#### 6.6.6 ANPASSUNG AN DEN KLIMAWANDEL

Zunehmende Extremwetterereignisse haben Auswirkungen auf die Anforderungen von Gebäuden:

- Ausgleich höherer Temperaturunterschiede zwischen innen und außen,
- den zunehmenden Feuchteschutz,
- die Standhaftigkeit gegenüber Schnee- und Windlasten und Unterspülungen durch Hochwasser.

Dies belastet zusätzlich die Bauteile und stellt höhere Anforderungen an die Standfestigkeit sowie Temperatur- und Feuchteregulierung der Gebäude. Hinzu kommen noch die Anforderungen der Energieeffizienz, der Einsatz erneuerbarer Energien und der Bauökologie mit für Mensch und Natur verträglicheren Baustoffen. Diese Liste lässt sich erweitern, zum Beispiel um sozioökonomische Aspekte, um die zunehmende Komplexität zukunftsfähiger Bauten zu beschreiben.

#### SOMMERLICHE HITZE

Relevante Aspekte bei der Anpassung von Gebäuden an hochsommerliche Außentemperaturen sind die Reduktion des Wärmeeintrags in die Innenräume und die bautechnische Beständigkeit gegenüber hohen Temperaturen. Aus städtebaulicher Sicht ergibt sich folgende Handlungskaskade:

- **Verschattung der Gebäudehülle durch benachbarte Hochbauten oder Bäume:** Eine verschattete Gebäudefassade kann nur die Umgebungstemperatur annehmen und wird durch die Solarstrahlung nicht zusätzlich erwärmt. Dies kann auch durch eine zweite hinterlüftete Hülle erfolgen, eine begrünte Fassade oder vorgestellte Verschattungselemente. Ein weiterer Vorteil der Verschattung ist die Reduktion der thermischen und UV-Belastungen. Zum Beispiel weisen Dachbahnen aus Bitumen bei hohen thermischen Belastungen eine verkürzte Lebenszeit auf.
- **Eine gute Dämmung reduziert die Wärmetransmission in beide Richtungen:** Der U-Wert beschreibt die Wärmemenge, die durch ein Bauteil fließt. Ein niedriger U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient: gibt den Wärmeverlust eines Bauteils in Watt an) der Gebäudehülle (z. B. 0,15 W/m<sup>2</sup>K für eine Passivhauswand) reduziert nicht nur die Wärmeverluste im Winter, sondern auch den Transmissionswärmeeintrag im Sommer. Besonders im Dachbereich unterstützt eine gute Dämmung mit einem hohen spezifischen Gewicht den geringen Wärmeeintrag. Technische Aufbauten, wie eine Photovoltaik- oder Solarthermieanlage, schaffen zusätzliche hinterlüftete Bereiche. Die Evaporation eines "Grasdachs" schafft weitere Verdunstungskälte.
- **Reduktion des Solareintrags im Sommer:** Bei der passiven Solarenergienutzung dringt die Solarenergie über die Fenster in die Innenräume ein und erwärmt die Baumassen. Im Winter ist dies erwünscht, im Sommer trägt dieser Treibhauseffekt zur Überhitzung bei. Über den unterschiedlichen Sonnenstand-Verlauf von Sommer und Winter, Verschattungselementen an der Fassade und günstig angeordnete laubabwerfende Bäume, kann der Effekt im Winter unterstützt und im Sommer abgeschwächt werden. Die Größe, Neigung und Orientierung der Fensterflächen beeinflusst dabei ganz wesentlich den Wärmeeintrag.
- **Hohe Baumassen:** Hohe Baumassen, also schwere Baustoffe, können im Tag- und Nachtausgleich die Temperaturunterschiede dämpfen. Die Baustoffe nehmen bei Temperaturanstieg einen Teil der Wärme auf und geben diese verzögert nachts wieder ab.
- **Passive Kühlung:** Über passive Kühlungen, wie nächtliches Lüften oder eine Vorkonditionierung der Zuluft über Kanäle im Erdreich, kann die Erwärmung der Innenräume verzögert werden.
- **Aktive Kühlung:** Zu guter Letzt gibt es die Möglichkeit, Innenräume mit technischen Anlagen zu klimatisieren. Die Kälteanlagen benötigen dafür zusätzliche Energie.

Diese komplexen thermodynamischen Prozesse lassen sich über Gebäude- und städtebauliche Simulationen optimieren. Ein Ziel wäre es, auf die aktive Kühlung möglichst verzichten zu können.

## TROCKENHEIT

Eine weitere Erkenntnis in Hinblick auf den Klimawandel sind die Wetterveränderungen bei Niederschlägen. Eine Abnahme der jährlichen Niederschlagsmengen ist wahrscheinlich. Dazu kommt eine stärkere Konzentration im jahreszeitlichen Verlauf mit dem Effekt längerer Trockenzeiten. Grundsätzlich haben längere Trockenzeiten einen geringen Effekt auf die bauphysikalischen

Eigenschaften von Gebäuden. Deshalb stellt sich eher die Frage, wie die Regenwassernutzung bei Gebäuden optimiert werden kann.

- **Regenwasserspeicherung im Gebäude:** Grau- und Regenwasser werden u. a. für die Toilettenspülung und die Bepflanzung genutzt. Bei längeren Trockenzeiten würden die Speicherkapazitäten im Gebäude nicht mehr ausreichen. Dies lässt sich einfach durch einen größeren Speicher lösen. Die umfassendere Fragestellung ergibt sich aus dem städtischen Kontext, wo, über den hohen Versiegelungsgrad urbaner Räume, das Regenwasser weggeleitet werden muss. Ein Gebäude mit Regenwasserspeicher wäre dann Teil der "Schwammstadt". Das gespeicherte Wasser könnte auch für die Freiräume genutzt werden und würde die Trinkwasserversorgung in Trockenzeiten entlasten.
- **Vegetation am Gebäude:** Gründächer und Grünfassaden sind bei langanhaltenden Trockenzeiten besonders belastet. Aus bauphysikalischer Sicht verlieren diese durch die Austrocknung auch ihre Schutzfunktion: Kühlende Effekte über die Verschattung durch Blätter und über die Verdunstung werden geringer. Werden Pflanzen am Gebäude eingesetzt, sollten für deren Planung und Pflege längere Trockenzeiten berücksichtigt werden.

### STARKREGENEREIGNIS

Starkregenereignisse in Kombination mit Wetterextremen wie Schnee, Hagel und hohen Windgeschwindigkeiten, können große Schäden an Gebäuden hervorrufen. Die Standfestigkeit wird bautechnisch über die Schnee- und Windlasten des Gebäudes, die Hagelfestigkeit der Gebäudehülle und über viele technische Details wie den "Wasserschenkel" am Fenster und eine Fassadenverkleidung der "Wetterseite" geregelt und gelöst. Extreme Wetterereignisse und deren Folgen durch weitere indirekte Einwirkungen (u. a. Hochwasser, umstürzende Bäume), erzeugen die bekannten Schäden mit hohen sozialen und ökonomischen Wirkungen. Dabei ist der Schutz vor Wetterextremen ein Teil unserer Baukultur und prägt bereits die regionalen Bauweisen exponierter Lagen (Alpen: Schneelast, Halligen: Hochwasserschutz). Auf die Prozesse des Klimawandels wird u. a. mit dem Ausbau von Hochwasserschutzanlagen schon jetzt reagiert. Die Anpassung an den Klimawandel erfordert grundsätzlich eine höhere Standfestigkeit der Gebäude gegenüber den Wetterextremen, besonders an anfälligen Bauteilen von Dächern und Fassaden. Große Regenwassermengen bei Starkregenereignissen können dabei zu lokalen Überschwemmungen führen, weil das Wasser nicht schnell genug abgeleitet werden kann. Hierfür können Gebäude eine Pufferfunktion als "Schwammgebäude" einnehmen und bilden zusammen mit u. a. Retentionsflächen die Schwammstadt. So zum Beispiel durch:

- **Gründächer:** Über die Pufferfunktion nehmen Gründächer einen Teil des Regenwassers auf, speichern es und leiten es verzögert ab.
- **Regenrückhaltung im Gebäude:** Zisternen speichern einen Teil der Niederschläge und führen das Wasser einer weiteren Nutzung zu.

- **Retentionsflächen:** Die kontrollierte Flutung von Freiräumen und Plätzen als Retentionsfläche schützt sensible Bereiche und reduziert das unkontrollierte Verhalten der Regenmengen. Auch kleine Flächen am Gebäude als Mulden-Rigolen-System unterstützen dabei das Gesamtsystem Stadt.
- **Entsiegelung der Freiräume:** Eine bessere Versickerungsmöglichkeit unterstützt die Funktion Schwammstadt.

## ANPASSUNG DER URBANEN LEBENSKULTUR

Klimawandel bedeutet auch eine Anpassung unserer urbanen Lebenskultur. Diese kann sowohl direkt stattfinden - zum Beispiel über eine verlängerte mittägliche Pause bei hochsommerlichen Temperaturen - oder auch über unsere konsumierten Nahrungsmittel und deren Anbaumethodik zur Vermeidung von Bodenerosion als Maßnahme zum Hochwasserschutz. Auch die Ausformulierung einer klimaresilienten Stadt und deren flexiblen Nutzung ist eine Frage angepasster Lebenskultur. Ist es wirklich eine Katastrophe, wenn eine Retentionsfläche für Starkregenereignisse eine Zeitlang nicht betreten oder befahren werden kann? Eine baulich-technische Anpassung zum Schutz der Menschen und deren Güter vor Wetterextremen, gepaart mit einem flexiblen Umgang, würde eine gute Lösungsstrategie darstellen. Dies erfordert nicht nur technische Lösungen, sondern auch entsprechende sozioökonomische Rahmenbedingungen und eine gute Kommunikation der komplexen Prozesse.

### 6.6.7 SOZIOKULTURELLE POTENZIALE

Nach dem holistischen Ansatz hat eine Person einen individuellen und einen kollektiven Bezug. Als in einem sozialen Kontext aufgewachsene Person nimmt jede Person eine Haltung ein, die durch ihre individuelle Lebensbiografie im gesellschaftlichen Kollektiv geprägt ist. Jede individuelle Haltung ist also als einmalig zu betrachten. Dies trifft auf die Gebäudenutzer im Quartier zu.

Abbildung 46: Soziokulturelle Möglichkeiten

Eine städtebauliche Aufgabe wäre es, das Umfeld so zu gestalten, dass Bedürfnisse der Nutzer auch über den öffentlichen Raum und deren Funktionalität gedeckt würden. Die Annahme der öffentlichen Infrastruktur als angenehmes und persönliches Umfeld könnte Potenzial schaffen, die Bedürfnisse nach eigenem Wohnraum zu verändern. Fühle ich mich im Quartier wohl, brauche ich weniger persönliche Wohnfläche zur Abschottung.

