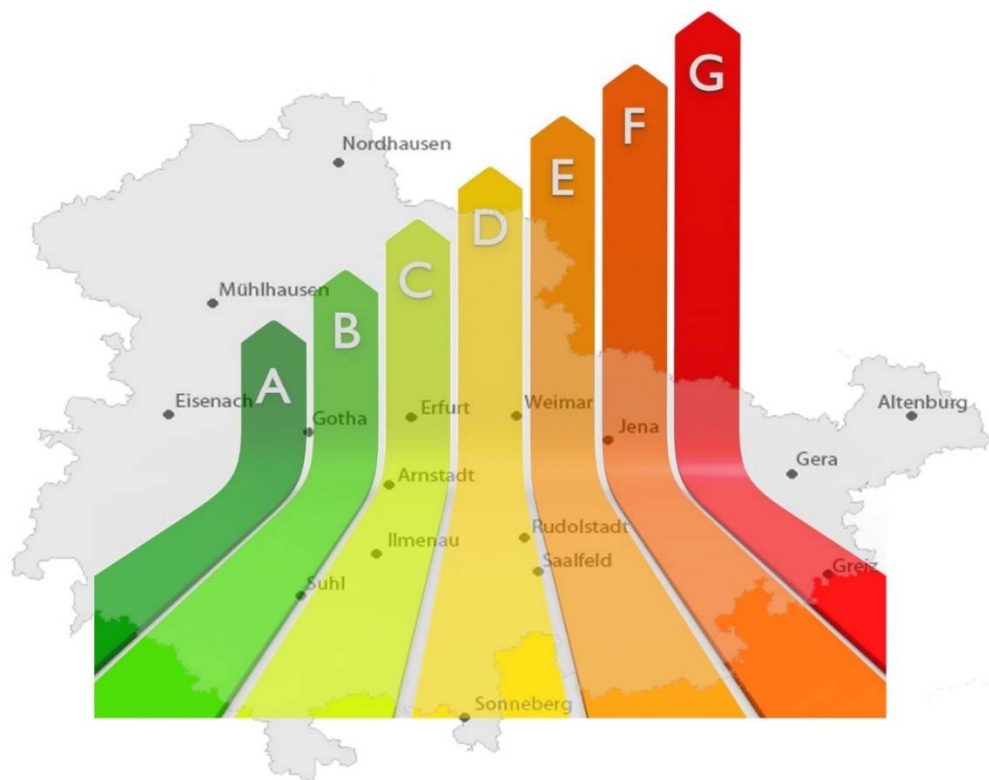


# ERMITTLUNG DER CO<sub>2</sub>ÄQ-EINSPARUNG IN LANDESEIGENEN GEBÄUDEN (OHNE HOCHSCHULEN)

Allgemeines | Berechnung | Ergebnis | Fazit

BEZUG: PORTFOLIOANALYSE DER LANDESGEBÄUDE VOM 16. DEZEMBER 2020



(Quelle: ThEGA)

**Stand:** 02.06.2022 (mit Ergänzungen Abschnitt 4.3 vom 12.06.2023)

**Verfasser:** Thüringer Energie- und GreenTech-Agentur GmbH (ThEGA) | Erfurt

Thomas Wahlbuhl     Oliver Wisk  
Hannes Vierke

Energetischer Sanierungsfahrplan Landesgebäude 2030  
Portfolioanalyse der Landesgebäude vom 16. Dezember 2020  
hier: CO<sub>2</sub>-Einsparung in landeseigenen Gebäuden (ohne Hochschulen)

Auftraggeber:  
Thüringer Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft | Erfurt  
Ref. 24 Bau- und Energietechnik

Ansprechpartner:  
Herr Matthias Schreiber  
Telefon: 0361 57 4111 243  
[matthias.schreiber@tmil.thueringen.de](mailto:matthias.schreiber@tmil.thueringen.de)

Verfasser:  
Thüringer Energie- und GreenTech Agentur GmbH (ThEGA) | Erfurt  
Mainzerhofstraße 10  
99084 Erfurt

Ansprechpartner:  
Herr Thomas Wahlbuhl  
Telefon: 0361 5603-216  
[thomas.wahlbuhl@thega.de](mailto:thomas.wahlbuhl@thega.de)

## Inhaltsverzeichnis

|          |                                                                                |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Allgemeines .....</b>                                                       | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>CO<sub>2äq</sub>-Emissionen der Wärmeversorgung .....</b>                   | <b>5</b>  |
| 2.1      | CO <sub>2äq</sub> -Emissionen der fernwärmeversorgten Landesgebäude.....       | 5         |
| 2.2      | CO <sub>2äq</sub> -Emissionen der Wärmeversorgung gesamt.....                  | 6         |
| <b>3</b> | <b>CO<sub>2äq</sub>-Emissionen der Stromversorgung .....</b>                   | <b>7</b>  |
| 3.1      | Variante 1 – Berücksichtigung Ökostrombezug .....                              | 8         |
| 3.2      | Variante 2 – Vernachlässigung Ökostrombezug.....                               | 8         |
| <b>4</b> | <b>Zusammenfassung der Ergebnisse .....</b>                                    | <b>9</b>  |
| 4.1      | Übersicht Einsparpotenziale.....                                               | 9         |
| 4.2      | Bewertung Einsparpotentiale bei Wärme- und Stromversorgung.....                | 11        |
| 4.3      | Einsparpotenzial bis 2030.....                                                 | 12        |
| <b>5</b> | <b>Beachtung des CO<sub>2</sub>-Preises und politischer Entwicklungen.....</b> | <b>13</b> |
| <b>6</b> | <b>Fazit.....</b>                                                              | <b>14</b> |

# 1 ALLGEMEINES

Gegenstand dieses Berichts ist die Ermittlung des Einsparpotenzials an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten in den landeseigenen Gebäuden ohne Hochschulen auf der Grundlage der Portfolioanalyse der Landesgebäude vom 16. Dezember 2020. In Abhängigkeit der besonderen Randbedingungen des Ökostrombezuges werden die Potenziale zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Landesgebäuden (ohne Hochschulen) quantitativ ermittelt und erläutert.

Seit November 2020 gilt in Deutschland das Gebäudeenergiegesetz, kurz GEG genannt. Im GEG wurden die vorher geltenden gesetzlichen Vorgaben EEWärmeG (Erneuerbare Energien Wärme Gesetz), Energieeinspargesetz (EnEG) und die Energieeinsparverordnung (EnEV) zusammengeführt. Dabei wurden die Primärenergiefaktoren der EnEV überwiegend übernommen und insbesondere CO<sub>2äq</sub>-Emissionen für verschiedene Energieträger für die Berechnungen und Nachweise für Gebäude nach GEG Anlage 9 festgelegt.

Bei der quantitativen Ermittlung der Potenziale zur Reduzierung der CO<sub>2äq</sub>-Emissionen in den Landesgebäuden (ohne Hochschulen) wurden folgende, die Wärme- und Stromerzeugung betreffenden Faktoren zugrunde gelegt.

**Tab. 1** Emissionsfaktoren & Primärenergiefaktoren

| Energieträger     | spez. CO <sub>2äq</sub> -Emissionen [kg/kWh] | PEF       | Randbedingungen / Annahmen            |
|-------------------|----------------------------------------------|-----------|---------------------------------------|
| Erdgas            | 0,240                                        | 1,1       | nach GEG                              |
| Flüssiggas        | 0,270                                        | 1,1       | nach GEG                              |
| Heizöl            | 0,310                                        | 1,1       | nach GEG                              |
| Holz              | 0,020                                        | 0,2       | nach GEG                              |
| Heizöl/Erdgas     | 0,260                                        | 1,1       | 30% Öl / 70% Erdgas                   |
| Holz / Erdgas     | 0,133                                        | 0,65      | 50% Holz / 50% Erdgas                 |
| Holz / Flüssiggas | 0,145                                        | 0,65      | 50% Holz / 50% Flüssiggas             |
| Fernwärme         | 0,00 – 0,180                                 | 0,2 – 0,8 | je nach Zertifizierung Wärmeversorger |
| Strom             | 0,560                                        | 1,8       | nach GEG                              |

## Hinweis:

*In diesem Bericht wurden die aktuellen ordnungsrechtlichen Vorgaben berücksichtigt. Die spezifischen CO<sub>2äq</sub>-Emissionen und Primärenergiefaktoren wurden im Vergleich zur Portfolioanalyse vom 16. Dezember 2020 an das GEG 2020 §23 und Anlage 9 angepasst. Damit verbunden sind aktualisierte Berechnungsergebnisse für die CO<sub>2äq</sub>-Emissionen im Vergleich zur Portfolioanalyse 2020.*

## 2 CO<sub>2äq</sub>-EMISSIONEN DER WÄRMEVERSORGUNG

### 2.1 CO<sub>2äq</sub>-EMISSIONEN DER FERNWÄRMEVERSORGTEN LANDESGEBÄUDE

Für dezentrale Wärmeversorgungsanlagen sind CO<sub>2</sub>-Emissionen und Primärenergiefaktoren meist klar definiert. Fernwärmeversorger haben im Regelfall mehrere Wärmeerzeugungsanlagen unterschiedlicher Technik und oft mit unterschiedlichen Energieträgern. Daher variieren auch die Werte. Selbst Anlagen mit Erdgas-KWK und Erdgas-Spitzenlastkesseln haben unterschiedliche Primärenergiefaktoren und unterschiedliche CO<sub>2äq</sub>-Faktoren, da der Anteil der KWK an der Gesamtwärmeerzeugung unterschiedlich ist. Von der ThEGA wurden die Wärmeversorger der wichtigsten Kommunen, in welchen sich Landesgebäude befinden, bezüglich folgender Faktoren untersucht:

- Erzeugungsart der Fernwärme
- Primärenergiefaktoren
- spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen der Fernwärme

#### Kommunen mit fernwärmeversorgten Landesgebäuden

Tab. 2 PEF und CO<sub>2</sub>-Emissionen Fernwärme

| Kommune                                                                                      | EA         | EF                            | G          | GTH                 | HBN                         | J                              | PN                       | RU                             | SM                     | SÖM                | SRO        | SHL                             | WBS                                  | MNG                    | IL                                  | SON        | HIG               | WE                                        | NDH                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------|------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------------|------------|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|------------|-------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|
| Anteile EE u. Abwärme an der Fernwärme                                                       | 0%         | 3%                            | 0%         | 0%                  | 77%                         | 3%                             | 0%                       | 27%                            | 24%                    | 1%                 | 0%         | 78%                             | 64%                                  | 25%                    | 64%                                 | 0%         | 64%               | 0%                                        | 20%                                   |
| Spezifische CO <sub>2</sub> -Emissionen in g/kWh (Angabe Wärmeversorger)                     | k.A.       | 0                             | 186,2      | k.A., in Berechnung | k.A.                        | 111                            | 145                      | k.A.                           | k.A.                   | 210,7              | 96,9       | 54,7                            | 134                                  | 154                    | 0                                   | k.A.       | 87                | k.A.                                      | 164                                   |
| Spezifische CO <sub>2</sub> -Emissionen in g/kWh (in Umsetzung mit Emissionswerten nach GEG) | 180        | 178                           | 180        | 180                 | 72                          | 178                            | 180                      | 137                            | 146                    | 178                | 180        | 55                              | 103                                  | 145                    | 78                                  | 180        | 90                | 180                                       | 152                                   |
| Primärenergiefaktor                                                                          | 0,62       | 0,30                          | 0,30       | 0,47                | 0,22                        | 0,30                           | 0,67                     | 0,58                           | k.A.                   | 0,80               | 0,62       | 0,29                            | 0,21                                 | 0,47                   | 0,24                                | 0,70       | 0,21              | 0,45 - 1,3                                | 0,00 - 0,33                           |
| Wärmeerzeugung durch (*):                                                                    | Erdgas-KWK | Erdgas-KWK + Biomasse + Solar | Erdgas-KWK | Erdgas-KWK          | Öl/Gaskessel, Biomethan-KWK | Erdgas- und Biogas-KWK + Solar | Erdgas-KWK und Gaskessel | Erdgas-KWK und Abfall-Biomasse | Erdgas- und Biogas-KWK | Erdgas-KWK, Gas WP | Erdgas-KWK | Abwärme aus Müllverbrennung 78% | Holzhack-schnitzel und Biomethan-KWK | Erdgas- und Biogas-KWK | Biomasse Holz + Biogas / Erdgas-KWK | Erdgas-KWK | Biogas-Erdgas-KWK | 5 Wärmenetzgebiete, Erdgas-KWK, Gaskessel | 3 Wärmenetzgebiete, Biogas-Erdgas-KWK |

Die Veröffentlichungen der jeweiligen Wärmeversorger sind sehr unterschiedlich. Bei einigen Versorgern sind die Angaben nach ThüKliG sehr transparent veröffentlicht, bei anderen eher schwierig oder nur nach Nachfrage zu finden, einige lassen diese Faktoren gerade berechnen bzw. haben das Thema noch nicht bearbeitet. Weiterhin ist auch anzunehmen, dass die Faktoren mit unterschiedlichen Berechnungsmethoden durchgeführt wurden, da verschiedenen Methoden zulässig sind, z.B. Finnische Methode, Carnot-Methode, Stromgutschriftmethode etc. Um eine Vergleichbarkeit der CO<sub>2äq</sub>-Emissionen herzustellen, wurden die Anteile an erneuerbaren Energien der Wärmeversorger ermittelt und mit Emissionswerten nach GEG anteilig berechnet, siehe Tabelle 2, dritte Zeile 3. Auch in der bundesweit geplanten kommunalen Wärmeplanung ist vorgesehen, dass die CO<sub>2äq</sub>-Emissionswerte des GEG verwendet werden.

Insgesamt kann man feststellen, dass die Fernwärme in allen Kommunen mit Ausnahme von Sömmerda und kleineren Teilnetzen in Weimar ökologisch wesentlich günstiger zu bewerten ist als Gas- und Ölheizungen. Auch in diesen beiden Kommunen sind umfangreiche Investitionen in „grüne“ Fernwärme in den nächsten Jahren geplant.

Für die Stromversorgung wurden die aktuellen CO<sub>2äq</sub>-Emissionswerte des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) Anlage 9 für den deutschen Strommix zugrunde gelegt, da diese Angaben Gesetzescharakter haben und den aktuellen Stand berücksichtigen.

## 2.2 CO<sub>2äq</sub>-EMISSIONEN DER WÄRMEVERSORGUNG GESAMT

Die ermittelten Potenziale an CO<sub>2äq</sub>-Einsparungen bei den Landesgebäuden und Landesliegenschaften ergeben sich aus der Annahme, dass diese auf das energetische Niveau der angesetzten Vergleichswerte saniert werden, der Energieträger aber erstmal derselbe bleibt. Die Vergleichswerte nach BWZK basieren auf der *Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand*, herausgegeben am 30.07.2015 vom BMWi/BMUB und waren bis zur Einführung des GEG und der damit einhergehenden neuen Bekanntmachung vom 15.04.21 die maßgeblichen Vergleichswerte für die energetische Ersteinschätzung von NWG. Vor und nach den Sanierungsmaßnahmen würden sich folgende Verbräuche ergeben:

**Tab. 3** End- und Primärenergieverbräuche und CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Landesgebäude gesamt (ohne Hochschulen) vor- und nach der energetischen Sanierung (bei gleichem Energieträger)

| Wärme      | Endenergieverbrauch in kWh/a | Primärenergieverbrauch in kWh/a | CO <sub>2äq</sub> -Emissionen in t/a |
|------------|------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| vorher     | 75.586.782                   | 68.028.104                      | 17.008                               |
| nachher    | 62.083.313                   | 55.874.982                      | 13.969                               |
| Einsparung | 13.503.469                   | 12.153.122                      | 3.039                                |

Daraus ergibt sich ein Einsparpotenzial bei der Endenergie Wärme durch energetische Sanierung von:

- bei Liegenschaften mit gebäudescharfer Verbrauchserfassung: 1.772 t/a
- bei Liegenschaften mit nicht gebäudescharfer Verbrauchserfassung: 1.267 t/a

|                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| • <b>Gesamteinsparung an CO<sub>2äq</sub> bei der Wärme:</b> <b>3.039 t/a durch Einsparmaßnahmen</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Weitere enorme CO<sub>2äq</sub>-Einsparungen können erreicht werden, wenn insbesondere bei Gebäuden, welche mit Erdgas, Flüssiggas oder Heizöl beheizt werden, die momentan eingesetzten Primärenergien durch regenerative Energien (z. B. Wärmepumpen, Biomasseheizungen) oder durch umweltfreundliche Fernwärme erfolgen würde. Die durchschnittlichen CO<sub>2äq</sub>-Emissionen über alle Landesgebäude liegen derzeit bei 0,225 kg/kWh, der durchschnittliche Primärenergiefaktor bei ca. 0,9.

Bei einer kompletten Umstellung der Wärmeerzeugung von aktuell 225 g/kWh CO<sub>2äq</sub>-Emissionen auf 60 g/kWh (Wert für regenerative Fernwärme aus erneuerbarem Brennstoff) bis 2040 gemäß Vorgabe ThürKlimaG bzw. bis 2045 gemäß Vorgabe Bund (Klimaschutzgesetz vom 25.06.2021), würde sich bei einem späteren Gesamtwärmeverbrauch nach energetischer Sanierung von 62.083.313 kWh (Ist-Verbrauch von 75.586.782 kWh/a abzüglich Einsparungen von 13.503.469 kWh/a) folgende CO<sub>2äq</sub>-Einsparung ergeben:

$$= (62.083.313 \text{ kWh/a} * 0,225 \text{ kg/kWh}) - (62.083.313 \text{ kWh/a} * 0,06 \text{ kg/kWh})$$

|                                                 |
|-------------------------------------------------|
| <p><b>= 10.243.745 kg/a bzw. 10.244 t/a</b></p> |
|-------------------------------------------------|

Bei einer vollständig klimaneutralen Umstellung der Wärmeversorgung mit CO<sub>2äq</sub>-Emissionen = 0 würde sich eine Reduzierung von 13.658 t/a ergeben.

#### **Fazit Wärmeversorgung:**

Eine hohe CO<sub>2</sub>-Einsparung im Bereich der Wärmeversorgung der Landesgebäude kann durch das parallele Zusammenwirken von nachfolgend genannten Maßnahmen erzielt werden:

- a) Energetische Sanierung der Gebäude zur Senkung des Wärmebedarfs incl. Umstellung der Wärmeerzeugung auf erneuerbare Energieträger bei Gebäuden ohne wirtschaftliche Fernwärmeanschlussmöglichkeit
- b) Umstellung von derzeit dezentralen Heizungsanlagen auf Fernwärme, wo dies nachhaltig möglich ist und wo die Fernwärme wirtschaftlicher und umweltfreundlicher als die Alternativvarianten (s. a) erzeugt wird, möglichst auch in Verbindung mit energetischer Sanierung

Für a) werden künftig insbesondere auch Wärmepumpensysteme verstärkt zum Einsatz kommen. Im Vorfeld sind folgende Maßnahmen zu prüfen:

- a) Verringerung der Heizlast und Reduzierung Vorlauftemperaturen durch energetische Gebäudesanierung
- b) Vergrößerung bzw. Erneuerung der Heizflächen
- c) ggf. Kombination aus a) und b)

Vorstehende Maßnahmen sind geeignet die Gebäude für Niedertemperatur-Readiness zu ertüchtigen. Sie sollen bei jeder Sanierungsmaßnahme geprüft werden und bei Eignung und Nachhaltigkeit zur Anwendung und Ausführung kommen.

Bei einer Umstellung von einer Gas- oder Ölheizung auf Fernwärme ist Niedertemperatur-Readiness grundsätzlich nicht zwingend notwendig, da die Fernwärme derzeit mit höheren Temperaturen gefahren wird. Langfristig sollte jedoch auch für diese Gebäude Niedertemperatur-Readiness angestrebt werden.

Wenn bei einem Landesgebäude in einem ersten Schritt vorab die Umstellung auf Fernwärme erfolgt und später die energetische Sanierung geschieht, dann sind die investiven Mehrkosten durch die damit verbundene Überdimensionierung regelmäßig vergleichsweise gering. Der Leistungspreis muss hinterher angepasst werden, wenn durch die energetischen Maßnahmen der Wärmebedarf und damit auch die Anschlussleistung geringer ist.

### **3 CO<sub>2äq</sub>-EMISSIONEN DER STROMVERSORGUNG**

Für die Stromversorgung der Landesliegenschaften wird Ökostrom aus norwegischen und finnischen Wasserkraftwerken genutzt. Der Herkunftsnachweis dafür vom Umweltbundesamt liegt vor. Der Primärenergiefaktor von fp ist 0, was eine CO<sub>2</sub>-Emission von 0 g/kWh nach sich zieht. Durch

Einsparmaßnahmen können der Endenergieverbrauch und die Kosten gesenkt werden, bilanziell sind jedoch keine CO<sub>2</sub>-Einsparungen mehr möglich.

Die ThEGA vertritt den Ansatz des GHG-Protokolls (Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard), dass durch Energieeinsparmaßnahmen und Einsatz von Photovoltaik dennoch weniger Strom verbraucht und somit konventioneller Strom aus dem Netz gedrängt wird (Verdrängungsstrom) und wendet das empfohlene Duale Reporting an, d.h. es erfolgt zum einen die Berechnung der Emissionen aus dem erworbenen Stromtarif und zum anderen die Berechnung der Emissionen mit Emissionsfaktor des deutschen Stromnetzes nach GEG.

Um dies zu veranschaulichen, wird das CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial bei den Stromeinsparmaßnahmen mit den folgenden Faktoren für Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emission für den deutschen Strom-Mix und mit Herkunftsnachweis Ökostrom ermittelt:

| <b>Stromvergleich</b>                        | <b>gemäß GEG</b> | <b>gemäß<br/>Herkunfts-<br/>nachweis</b> |
|----------------------------------------------|------------------|------------------------------------------|
| <b>Primärenergiefaktor</b>                   | <b>1,8</b>       | <b>0</b>                                 |
| <b>CO<sub>2äq</sub>-Emissionen in kg/kWh</b> | <b>0,56</b>      | <b>0</b>                                 |

### **3.1 VARIANTE 1 – BERÜCKSICHTIGUNG ÖKOSTROMBEZUG**

Für die elektrische Versorgung der Liegenschaften des Freistaat Thüringens wird ausschließlich Strom auf Basis erneuerbarer Energien (ugs. Ökostrom) bezogen. Dies hat zur Folge, dass sowohl der PEF mit 0 als auch die CO<sub>2äq</sub>-Emission auf 0 g/kWh in die Einsparberechnungen eingehen. Durch die Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen kann somit der Energieverbrauch als auch die damit verbundenen Kosten reduziert werden. Jedoch können die Maßnahmen, zumindest bilanziell, kein Effekt in Bezug auf die Reduzierung der gebäudespezifischen CO<sub>2äq</sub>-Emission entfalten.

### **3.2 VARIANTE 2 – VERNACHLÄSSIGUNG ÖKOSTROMBEZUG**

Aus Sicht von möglichen Investitionen zur Reduzierung der CO<sub>2äq</sub>-Emission besteht bei Ökostrombezug theoretisch kein Anreiz bzw. Handlungsbedarf mehr, Maßnahmen zur Senkung des Stromverbrauchs umzusetzen. Aus Kostensicht und aus der Sicht der Verdrängung fossil erzeugten Stromes aus dem Stromnetz ist es aber erforderlich, Maßnahmen zur Reduzierung sowohl des Netzbezuges als auch des Stromverbrauchs durchzuführen. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, die Landesgebäude dort, wo sinnvoll und technisch möglich mit Photovoltaikanlagen auszustatten und auch weitere Strom-Einsparmaßnahmen (z. B. Umrüstung auf LED-Beleuchtung) umzusetzen.

Auf den Anteil der erneuerbaren Energien im deutschen Strommix hat der eingekaufte Ökostrom, z.B. aus Skandinavien keine Auswirkungen. Gemäß GEG Anl. 9 und §23 ist nur gebäudenah erzeugter erneuerbarer Strom für Gebäude mit 0 g/kWh CO<sub>2äq</sub>-Emissionen anzusetzen.

Der beste Ökostrom ist der Strom, welcher gar nicht erst verbraucht wird bzw., welcher vor Ort über eine eigene Energieanlage mit erneuerbaren Energien erzeugt und direkt im Gebäude verbraucht wird.



Durch Energieeinsparmaßnahmen und die Versorgung über Eigenstromanlagen, wie PV, kann der Netzstrombezug reduziert werden.

Um dies zu veranschaulichen, wurde das CO<sub>2äq</sub>-Einsparpotenzial bei den Stromeinsparmaßnahmen mit den oben angebrachten Faktoren für Primärenergie und CO<sub>2äq</sub>-Emission ermittelt.

Um beide aufgeführten Ansätze zu berücksichtigen, wurden in den Tabellen 5 – 9 die Einsparpotenziale für die Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emission sowohl mit der Vernachlässigung als auch mit der Berücksichtigung des Ökostrombezuges dargestellt.

**Tab. 4** End- und Primärenergieverbräuche und CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Landesgebäude gesamt (ohne Hochschulen) vor- und nach der energetischen Sanierung auf Stand Vergleichswerte (bei Vernachlässigung Ökostrom – Annahme Strommix)

| <b>Strom</b>      | <b>Endenergie-<br/>verbrauch in<br/>kWh/a</b> | <b>Primärenergie-<br/>verbrauch in<br/>kWh/a</b> | <b>CO<sub>2</sub>-Emissionen in<br/>t/a (bei Strommix)</b> |
|-------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <b>vorher</b>     | 29.374.364                                    | 52.873.854                                       | 16.450                                                     |
| <b>nachher</b>    | 18.211.009                                    | 32.779.817                                       | 10.198                                                     |
| <b>Einsparung</b> | 11.163.354                                    | 20.094.038                                       | 6.251                                                      |

Daraus ergeben sich im Strombereich bei Sanierung auf Vergleichswerte – unterteilt nach Liegenschaften mit gebäudescharfer und nicht gebäudescharfer Verbrauchserfassung – folgende theoretische Einsparpotentiale:

- Einsparpotenziale Liegenschaften mit gebäudescharfer Verbrauchserfassung: 5.601 t/a
- Einsparpotenziale Liegenschaften mit nicht gebäudescharfer Verbrauchserfassung: 650 t/a
- **Summe Einsparpotenziale Strom:** **6.251 t/a**

## 4 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

### 4.1 ÜBERSICHT EINSARPOTENZIALE

Die Einsparpotenziale bei End-, Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emissionen wurden gemäß dem GHG-Protokoll (Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard) nach dem Dualen Reporting bewertet, d.h. es erfolgt zum einen die Berechnung der Emissionen aus erworbenem Stromtarif und zum anderen die Berechnung der Emissionen mit dem Emissionsfaktor des deutschen Stromnetzes. Der zweite Ansatz resultiert aus den Vorgabe des GEG und entspricht auch dem Landtagsbeschluss vom 06.11.2015 „Energetische Standards im öffentlichen Bau vorbildlich gestalten“, wonach die anzurechnende regenerative Energieerzeugung in räumlicher Nähe des Gebäudes installiert sein muss.

Die Ergebnisse können, je nach Energieart und Liegenschaftsart, wie folgt zusammengefasst werden:

**Tab. 5** Endenergie-, Primärenergie- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen für Landesgebäude (ohne Hochschulen) mit gebäudescharfer Verbrauchserfassung bei Sanierung auf Vergleichswerte (Strommix: fp = 1,8; CO<sub>2</sub>-Emissionen = 0,560 kg/kWh; Wärme: fp = 0,9; CO<sub>2</sub>-Emissionen = 0,225 kg/kWh)

|               | <i>Berechnung nach GEG Anlage 9 (Strommix)</i> |                                   |                                               | <i>Berechnung mit Ökostrom (Herkunftsnachweis)</i> |                                   |                                               |
|---------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|
|               | Endenergie-einsparung in kWh/a                 | Primärenergie-einsparung in kWh/a | Einsparung CO <sub>2</sub> -Emissionen in t/a | Endenergie-einsparung in kWh/a                     | Primärenergie-einsparung in kWh/a | Einsparung CO <sub>2</sub> -Emissionen in t/a |
| <b>Wärme</b>  | 7.848.310                                      | 7.063.479                         | 1.766                                         | 7.848.310                                          | 7.063.479                         | 1.766                                         |
| <b>Strom</b>  | 10.001.903                                     | 18.003.425                        | 5.601                                         | 10.001.903                                         | 0                                 | 0                                             |
| <b>Gesamt</b> | <b>17.850.213</b>                              | <b>25.066.904</b>                 | <b>7.367</b>                                  | <b>17.850.213</b>                                  | <b>7.063.479</b>                  | <b>1.766</b>                                  |

**Tab. 6** Endenergie-, Primärenergie- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen für Landesgebäude (ohne Hochschulen) mit nicht gebäudescharfer Verbrauchserfassung bei Sanierung auf Vergleichswerte (Strommix: fp = 1,8; CO<sub>2</sub>-Emissionen = 0,560 kg/kWh; Wärme: fp = 0,9; CO<sub>2</sub>-Emissionen = 0,225 kg/kWh)

|               | <i>Berechnung nach GEG Anlage 9 (Strommix)</i> |                                   |                                               | <i>Berechnung mit Ökostrom (Herkunftsnachweis)</i> |                                   |                                               |
|---------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|
|               | Endenergie-einsparung in kWh/a                 | Primärenergie-einsparung in kWh/a | Einsparung CO <sub>2</sub> -Emissionen in t/a | Endenergie-einsparung in kWh/a                     | Primärenergie-einsparung in kWh/a | Einsparung CO <sub>2</sub> -Emissionen in t/a |
| <b>Wärme</b>  | 5.655.159                                      | 5.089.643                         | 1.272                                         | 5.655.159                                          | 5.089.643                         | 1.272                                         |
| <b>Strom</b>  | 1.161.452                                      | 2.090.613                         | 650                                           | 1.161.452                                          | 0                                 | 0                                             |
| <b>Gesamt</b> | <b>6.816.611</b>                               | <b>7.180.256</b>                  | <b>1.923</b>                                  | <b>6.816.611</b>                                   | <b>5.089.643</b>                  | <b>1.272</b>                                  |

**Tab. 7** Endenergie-, Primärenergie- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen für alle energierelevanten Landesgebäude (ohne Hochschulen) bei Sanierung auf Vergleichswerte (Strommix: fp = 1,8; CO<sub>2</sub>-Emissionen = 0,560 kg/kWh; Wärme: fp = 0,9; CO<sub>2</sub>-Emissionen = 0,225 kg/kWh)

|               | <i>Berechnung nach GEG Anlage 9 (Strommix)</i> |                                   |                                               | <i>Berechnung mit Ökostrom (Herkunftsnachweis)</i> |                                   |                                               |
|---------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|
|               | Endenergie-einsparung in kWh/a                 | Primärenergie-einsparung in kWh/a | Einsparung CO <sub>2</sub> -Emissionen in t/a | Endenergie-einsparung in kWh/a                     | Primärenergie-einsparung in kWh/a | Einsparung CO <sub>2</sub> -Emissionen in t/a |
| <b>Wärme</b>  | 13.503.469                                     | 12.153.122                        | 3.039                                         | 13.503.469                                         | 12.153.122                        | 3.039                                         |
| <b>Strom</b>  | 11.163.354                                     | 20.094.038                        | 6.251                                         | 11.163.354                                         | 0                                 | 0                                             |
| <b>Gesamt</b> | <b>24.666.823</b>                              | <b>32.247.160</b>                 | <b>9.290</b>                                  | <b>24.666.823</b>                                  | <b>12.153.122</b>                 | <b>3.039</b>                                  |

**Tab. 8** Endenergie-, Primärenergie- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen aller bisher fernwärmeversorgten Landesgebäude (ohne Hochschulen) nach Sanierung auf Vergleichswerte und kompletter Umstellung auf erneuerbare Energien mit CO<sub>2äq</sub> = 60 g/kWh, (\*) Einsparungen Wärme: fp = 0,9 – 0,2 = 0,7; CO<sub>2</sub>-Emissionen = 0,158 – 0,06 = 0,098 kg/kWh – nach GEG)

|                  | Berechnung nach GEG Anlage 9 (Strommix) |                                          |                                                      | Berechnung mit Ökostrom (Herkunftsnachweis) |                                          |                                                      |
|------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|                  | Endenergie-<br>verbrauch in<br>kWh/a    | Primärenergie-<br>einsparung in<br>kWh/a | Einsparung CO <sub>2</sub> -<br>Emissionen in<br>t/a | Endenergie-<br>einsparung in<br>kWh/a       | Primärenergie-<br>einsparung in<br>kWh/a | Einsparung CO <sub>2</sub> -<br>Emissionen in<br>t/a |
| <b>Wärme (*)</b> | 19.466.210                              | 13.626.347                               | 1.908                                                | 19.466.210                                  | 13.626.347                               | 1.908                                                |

**Tab. 9** Endenergie-, Primärenergie- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen aller Landesgebäude (ohne Hochschulen) nach Sanierung auf Vergleichswerte und kompletter Umstellung auf erneuerbare Energien mit CO<sub>2äq</sub> = 60 g/kWh, Einsparungen Wärme: fp = 0,9 – 0,2 = 0,7; CO<sub>2</sub>-Emissionen = 0,225 – 0,06 = 0,165 kg/kWh nach GEG; Einsparungen Strom: fp = 1,8; CO<sub>2</sub>-Emissionen = 0,560 kg/kWh

|               | Berechnung nach GEG Anlage 9 (Strommix)  |                                          |                                                      | Berechnung mit Ökostrom (Herkunftsnachweis) |                                          |                                                      |
|---------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|               | Endenergie-<br>verbrauch in<br>kWh/a (*) | Primärenergie-<br>einsparung in<br>kWh/a | Einsparung CO <sub>2</sub> -<br>Emissionen in<br>t/a | Endenergie-<br>verbrauch in<br>kWh/a (*)    | Primärenergie-<br>einsparung in<br>kWh/a | Einsparung CO <sub>2</sub> -<br>Emissionen in<br>t/a |
| <b>Wärme</b>  | 62.083.313                               | 43.458.319                               | 10.244                                               | 62.083.313                                  | 43.458.319                               | 10.244                                               |
| <b>Strom</b>  | 18.211.009                               | 32.779.817                               | 10.198                                               | 18.211.009                                  | 0                                        | 0                                                    |
| <b>Gesamt</b> | <b>80.294.323</b>                        | <b>76.238.136</b>                        | <b>20.442</b>                                        | <b>80.294.323</b>                           | <b>43.458.319</b>                        | <b>10.244</b>                                        |

## 4.2 BEWERTUNG EINSARPOTENTIALE BEI WÄRME- UND STROMVERSORGUNG

### Wärmeversorgung

Durch die energetischen Sanierungen sind CO<sub>2äq</sub>-Einsparungen von 3.039 t/a möglich, siehe Tabelle 7.

Bei einer Umstellung aller bisher fernwärmeversorgten Gebäude auf regenerative Energieträger durch die Wärmeversorger der jeweiligen Kommunen könnte eine CO<sub>2äq</sub>-Einsparung von 1.908 t/a bis spätestens 2040 erreicht werden, siehe Tabelle 8.

Bei kompletter Umstellung der bauseits auf Vergleichswerte sanierten Gebäude auf regenerative Wärme – durch Umstellung der dezentralen Heizung oder Neuansbindung an Fernwärmesysteme - ergibt sich bis 2040 eine CO<sub>2äq</sub>-Einsparung von 10.244 t/a, siehe Tabelle 9.

## Stromversorgung

Würden alle ausgewählten 354 gebäudescharf erfassten Gebäude und die 39 nicht gebäudescharf erfassten Liegenschaften auf das Verbrauchsniveau der Vergleichswerte der jeweiligen Gebäudetypen verringert, dann würde sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß um ca. 6.251 Tonnen pro Jahr (Ansatz Strommix nach GEG Anl. 9) verringern. Diese theoretische Einsparung wird praktisch nicht erreichbar sein, da in den Gebäuden teilweise nutzungsspezifische technische Ausrüstungen vorhanden sind, wie z.B. technische Versuchsstände in Laborgebäuden, welche nicht zur eigentlichen Gebäudetechnik gehören. Da solche speziellen technischen Ausrüstungen in der Regel verbrauchsseitig nicht separat erfasst werden, sind die daraus verursachten Verbräuche Bestandteil des Gesamtverbrauches und gehen in das Einsparpotenzial beim Strom mit ein, obwohl sie jedoch im Regelfall kein bzw. kaum Einsparpotenzial aufweisen.

## 4.3 EINSARPOTENZIAL BIS 2030

### Wärmeversorgung

Bei der Wärmeversorgung bestehen bis 2030 drei Hauptfaktoren für die CO<sub>2äq</sub>-Einsparungen:

1. Energetische Sanierung der Landesgebäude: Durch die sukzessive energetische Sanierung der Landesgebäude (Sanierung Bauhüllen und Teilen der Gebäudetechnik) wird die Energieeffizienz der Landesgebäude nach Maßgabe des Landeshaushaltes stetig verbessert. Auf Grundlage der bisher durchgeführten energetischen Feinanalysen kann von einer durchschnittlichen CO<sub>2äq</sub>-Einsparung von mind. 30 t/a pro Gebäude ausgegangen werden. Es wird abgestrebt, bis 2030 mindestens 35 Gebäude energetisch zu untersuchen und zu sanieren. Dies entspricht einer Einsparung von ca. 1.050 t/a.
2. Austausch dezentrale Wärmeerzeuger: Die Landesgebäude mit eigenen dezentralen Wärmeerzeugern werden derzeit überwiegend mit Gasheizungen, teilweise mit Ölheizungen beheizt. Nach und nach werden diese durch regenerative Wärmeerzeuger wie Wärmepumpen oder Biomasseheizungen ersetzt oder an ein Fernwärmesystem angeschlossen. Dies wird vereinzelt auch unabhängig von der baulichen Sanierung durchgeführt werden. Hier wird ein Einsparpotenzial von ca. 100 t/a bis 2030 gesehen.
3. Primärenergetische Verbesserung der Fernwärme: Die Thüringer Fernwärmeversorger haben bis Ende des Jahres 2022 ihre Konzepte für die Dekarbonisierung der Wärmenetze bis 2040 gemäß Thüringer Klimaschutzgesetz vorgelegt. Darin sind auch die Meilensteine für die entsprechenden Maßnahmen beschrieben. Viele Maßnahmen zur Dekarbonisierung finden bis 2030 statt. Es wurde im Schnitt davon ausgegangen, dass sich die CO<sub>2äq</sub>-Emissionen der fernwärmeversorgten Landesgebäude verringern, was einer Einsparung von ca. 250 t/a bis 2030 entspricht.

Insgesamt wird ein Einsparpotenzial bei der Wärmeversorgung von 1.400 t/a gesehen.

### Stromversorgung

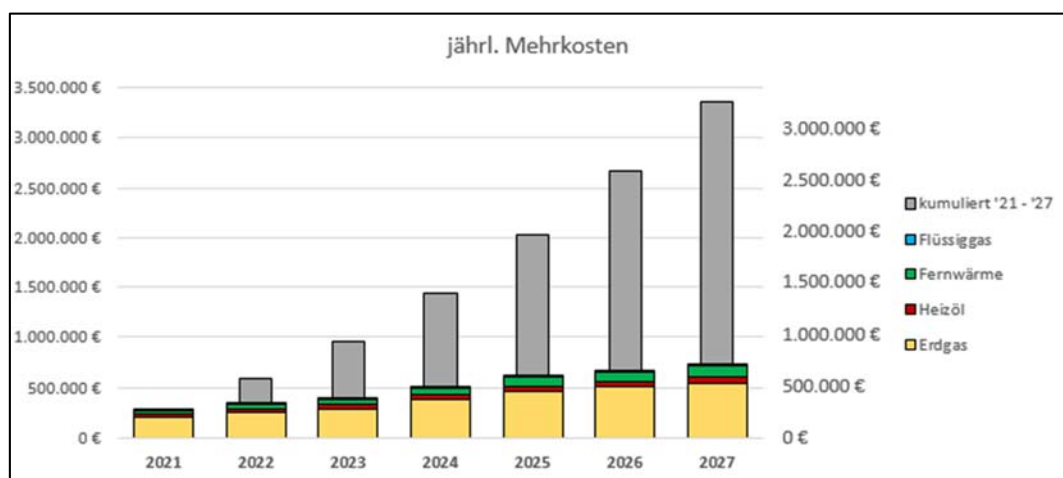
Bei der Betrachtung mit Verwendung von Ökostrom – wo nicht das GEG Anlage 9 die Grundlage ist - ergeben sich analog der Berechnung bis 2040 auch keine CO<sub>2äq</sub>-Einsparungen bis 2030, siehe Tabelle 7 rechts.

Bei der Berechnung nach GEG Anlage 9 (CO<sub>2</sub><sub>äq</sub>-Emissionen Strommix) wird davon ausgegangen, dass sich zum einen die spezifischen Emissionswerte des deutschen Strommixes um ca. 20% verbessern, weil der regenerative Anteil steigen wird (CO<sub>2</sub><sub>äq</sub>-Emissionsminderung ca. 1.250 t/a), zum anderen werden die Landesgebäude sukzessive mit Photovoltaikanlagen ausgestattet CO<sub>2</sub><sub>äq</sub>-Einsparung von 950 t/a). Insgesamt wird eine „virtuelle CO<sub>2</sub><sub>äq</sub>-Einsparung“ von ca. 2.200 t/a auf der Stromseite bis 2030 prognostiziert.

## 5 BEACHTUNG DES CO<sub>2</sub>-PREISES UND POLITISCHER ENTWICKLUNGEN

Ein weiterer Anreiz Energieeinsparmaßnahmen auf den Weg zu bringen und durchzuführen ist der 2021 eingeführte und sukzessive steigende CO<sub>2</sub>-Preis. Von diesem sind vor allem die fossilen Energieträger Erdgas, Flüssiggas und Heizöl betroffen. Das bedeutet, dass der momentane Gaspreis für die Landesgebäude, bedingt durch die steigende CO<sub>2</sub>-Steuer, die Abkehr von preiswertem russischen Erdgas, aber auch durch die seit Mitte 2021 stark zunehmenden Weltmarktpreise, in Zukunft stark steigen wird.

Allein durch die, von der alten Bundesregierung (Große Koalition aus CDU und SPD) vorgesehenen, CO<sub>2</sub>-Steuersätze, würden sich die Ausgaben für die Wärmeversorgung der Landesgebäude nur durch die CO<sub>2</sub>-Steuer kumuliert um 3,3 Mio. Euro bis 2027 (Ende nächste EFRE-Strukturfondperiode) erhöhen.



**Abb. 1** Mehrkosten der Wärmeversorgung infolge der steigender CO<sub>2</sub>-Preise (Quelle: eigene Berechnung)

Weiterhin ist davon auszugehen, dass die CO<sub>2</sub>-Preise, und somit auch die Mehrkosten, in Folge der Klimaschutzbemühungen der neuen Regierung (SPD, Grüne, FDP) bzw. durch Vorgaben der EU angepasst und weiter steigen werden.

Bedingt durch die steigende Gasnachfrage 2021 weltweit und insbesondere in Asien haben sich die Preise für Erdgas und Erdöl in den vergangenen Monaten drastisch erhöht. Durch den am 24.02.2022 von Russland begonnenen Krieg gegen die Ukraine sind weitere Preissteigerungen zu erwarten, denn Deutschland bezieht momentan noch über 50% seines Erdgases aus Russland. Es besteht zukünftig sowohl die Möglichkeit, dass von russischer Seite Erdgaslieferungen an die EU gedrosselt oder gestoppt werden, es ist aber auch umgekehrt von europäischer Seite geplant, weniger Erdgas aus Russland zu beziehen. Es kann auf jeden Fall davon ausgegangen werden, dass der Erdgaspreis

zunächst noch weiter steigen wird und dass der niedrige Gaspreis der vergangenen Jahre in Zukunft nicht mehr erreicht werden wird.



**Abb. 2** Entwicklung Weltmarktpreis Erdgas von Mai 2021 bis Mai 2022, (Quelle finanzen.net)

## 6 FAZIT

Die dringend notwendigen Einsparungen von Primärenergie und die Reduzierung der CO<sub>2äq</sub>-Emissionen in den landeseigenen Gebäuden können mittel- bis langfristig durch ein paralleles und abgestimmtes Zusammenwirken

- der energetischen Sanierung der Gebäude und
- der Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energieträger

erzielt werden.

Die energetische Sanierung der Gebäude ist dringend notwendig, um die Energieeffizienz im Gebäudebereich weiter zu steigern und den Ressourcenverbrauch zu senken.

Bei der Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energieträger hat die Wärmeversorgung der Gebäude hohe Priorität. Davon unbenommen ist der Ökostrombezug der Landesgebäude stetig weiter zu entwickeln.

Die theoretischen Einsparmöglichkeiten von Primärenergie und CO<sub>2äq</sub>-Emissionen sind stromseitig – ohne Berücksichtigung Ökostrombezug zwar größer, praktisch aber nur teilweise zu erreichen, da Teile

des Stromverbrauchs auch aus für den Betrieb notwendiger Geräte und Anlagen resultieren und nicht für die Gebäudetechnik genutzt werden.

Die höchsten Einsparungen sowohl bei den CO<sub>2äq</sub>-Emissionen, als auch bei den Kosten lassen sich bei der Umstellung der Primärenergieträger bewirken. Unter Beachtung der entsprechenden Randbedingungen sollte daher regelmäßig eine Umstellung Wärmeversorgung der Landesgebäude auf Fernwärme, Umweltwärme und Bioenergie geprüft werden. Zur Verbesserung der Energieeffizienz sind zugleich auch immer einschlägige Maßnahmen der energetischen Gebäudesanierung zu untersuchen.