

CO2-freie Alternativen zur Kraftwerkssanierung



Grobkonzept Kurzfassung
Stand 11.11.2022

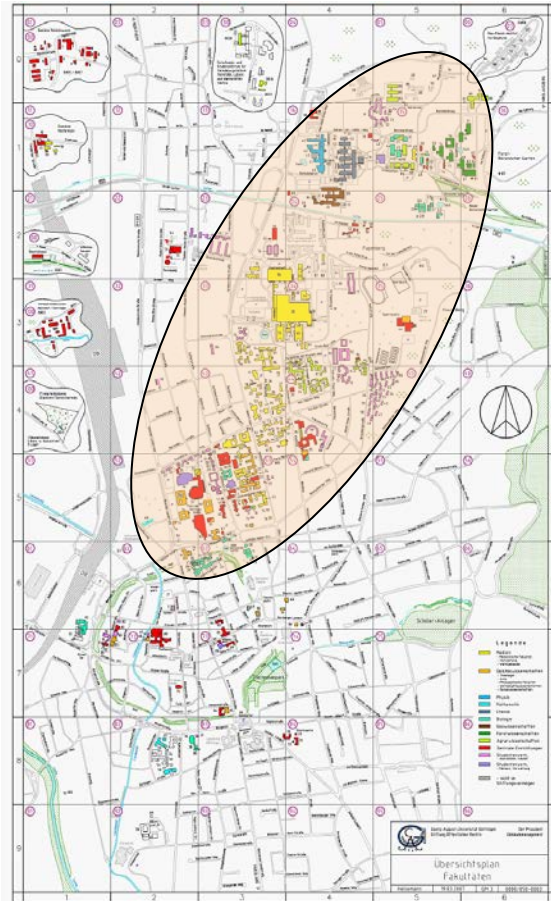
- Aufgabenstellung
- Aktuelle Situation der Energieversorgung
- Energiebedarf und CO₂-Emissionen heute und zukünftig
- Entwicklung Emissionen, politische Ziele und gesetzliche Rahmenbedingungen
- Anforderungen an die Wärmeversorgung
- Vorauswahl von Versorgungskonzepten
 - Konzepte
 - Energiequellen
 - Neue Technologien
- Szenarien
 - Ausarbeitung von Optionen zur Energieversorgung / Transformationspfade
 - Der Einsatz von Biomasse ist nicht zu bewerten
- Anhang



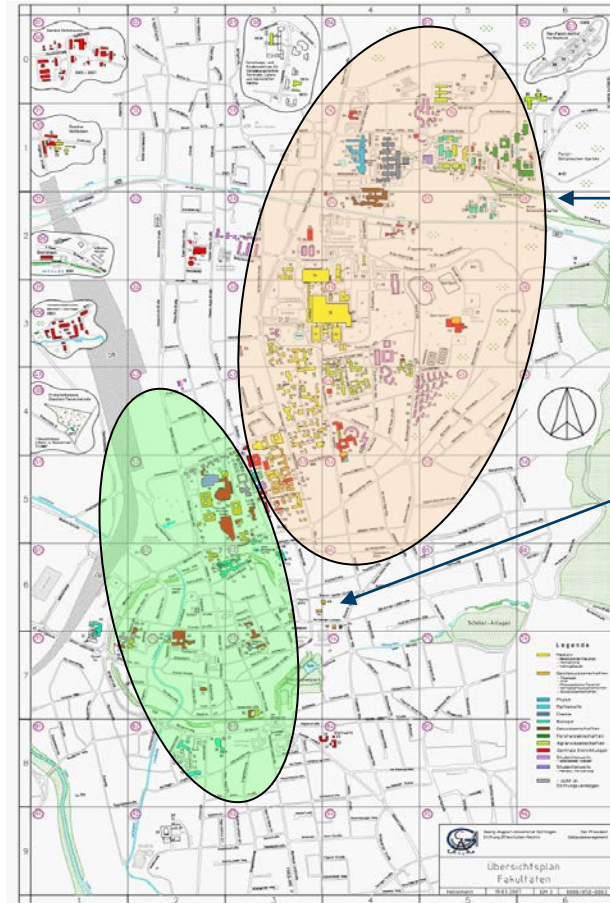
- Das Heizkraftwerk Rudolf-Diesel-Straße versorgt heute das Fernwärmenetz der Georg-August-Universität Göttingen und das Universitätsklinikum mit Heißwasser, Dampf und Strom
- Im Fernwärmenetz gibt es zusätzlich drei Standorte mit dezentralen BHKW, die Heißwasser erzeugen
- Primärenergieträger ist überwiegend Erdgas. Im Heizkraftwerk Rudolf-Diesel-Straße gibt es Anlagen, welche mit leichtem Heizöl betrieben werden können. Die spezifischen CO₂-Emissionen der Primärenergieträger bezogen auf den Heizwert sind:
 - Erdgas 201 g/kWh
 - Heizöl leicht (HEL) 266 g/kWh
 - Strommix Deutschland 2019 411 g/kWh
- Die CO₂-Emissionen der Wärme- und Stromversorgung der Georg-August-Universität Göttingen und des Universitätsklinikum betragen in Summe rund 80.000 t/a. Davon fallen alleine im Heizkraftwerk Rudolf-Diesel-Straße rund 60.000 t/a an.
- Die Stiftungsuniversität hat die Absicht erklärt, ab 2030 klimaneutral sein zu wollen
- Aufgabenstellung ist, der Stiftungsuniversität einen Transformationspfad aufzuzeigen, um das Ziel Klimaneutralität zu erreichen

Aktuelle Situation Strom- und Wärmeversorgung

20 kV-Netz



Fernwärmenetz

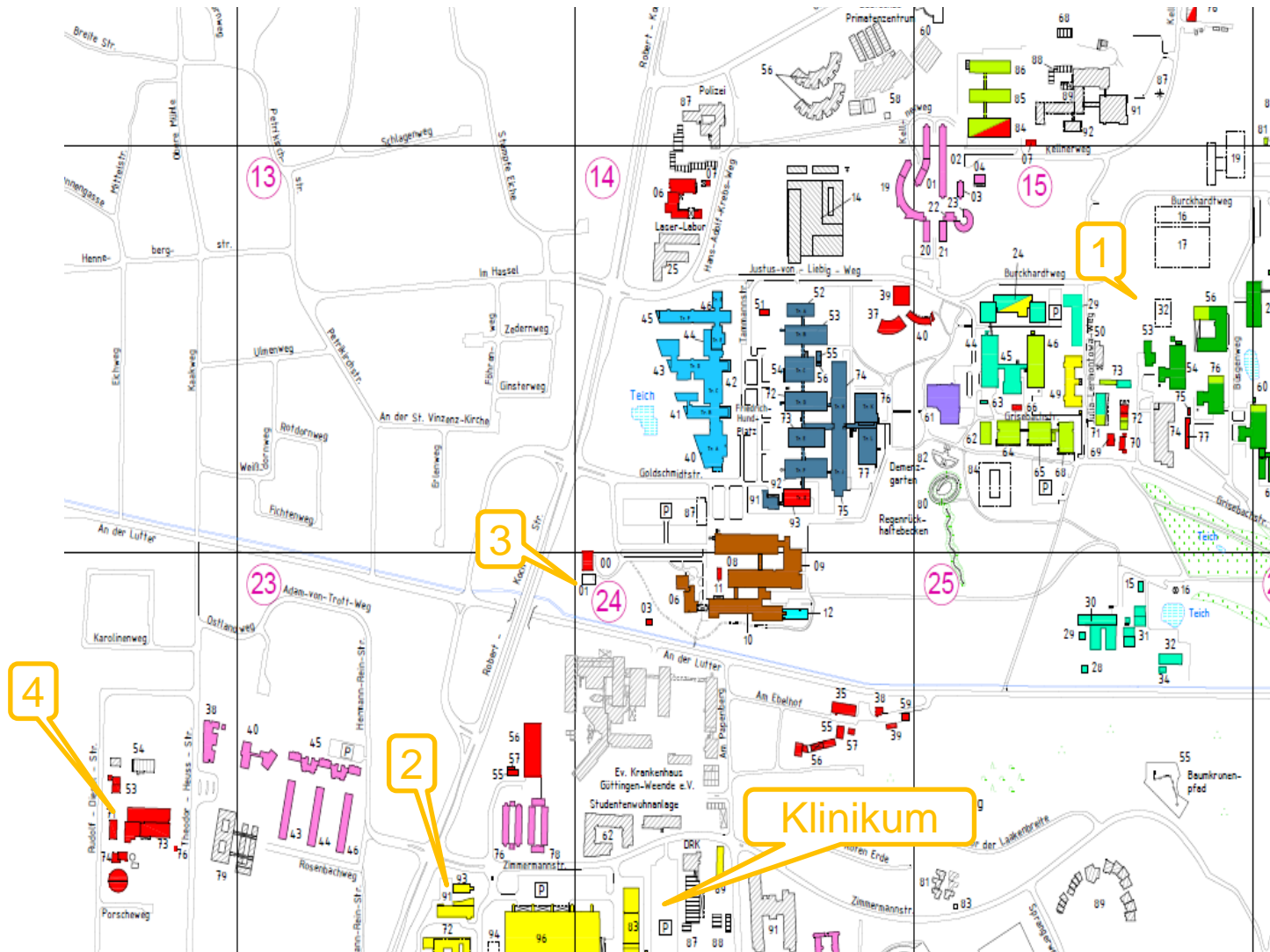


Fernwärme
Universität
und UMG

Fernwärme
Stadtwerke

Heutige Erfüllung GEG (Gebäudeenergiegesetz seit 01.11.2020; Ersatz für Energieeinsparungsgesetz EnEG, Energieeinsparverordnung ENEC und Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz EEWärmeG) über das Fernwärmenetz der Stiftungsuniversität mit fossiler KWK (Kraft-Wärme-Kopplung) für Primärenergiefaktor sowie geforderter Anteil KWK-Wärme

Aktuelle Situation Erzeugungsanlagen im Lageplan



1 Burckhardtweg

BHKW el. Leistung

2 MW_{el}

2 UMG Feuerwache:

BHKW el. Leistung

4,4 MW_{el}

3 Goldschmidtstr.:

BHKW el. Leistung

2 MW_{el}

4 Heizkraftwerk:

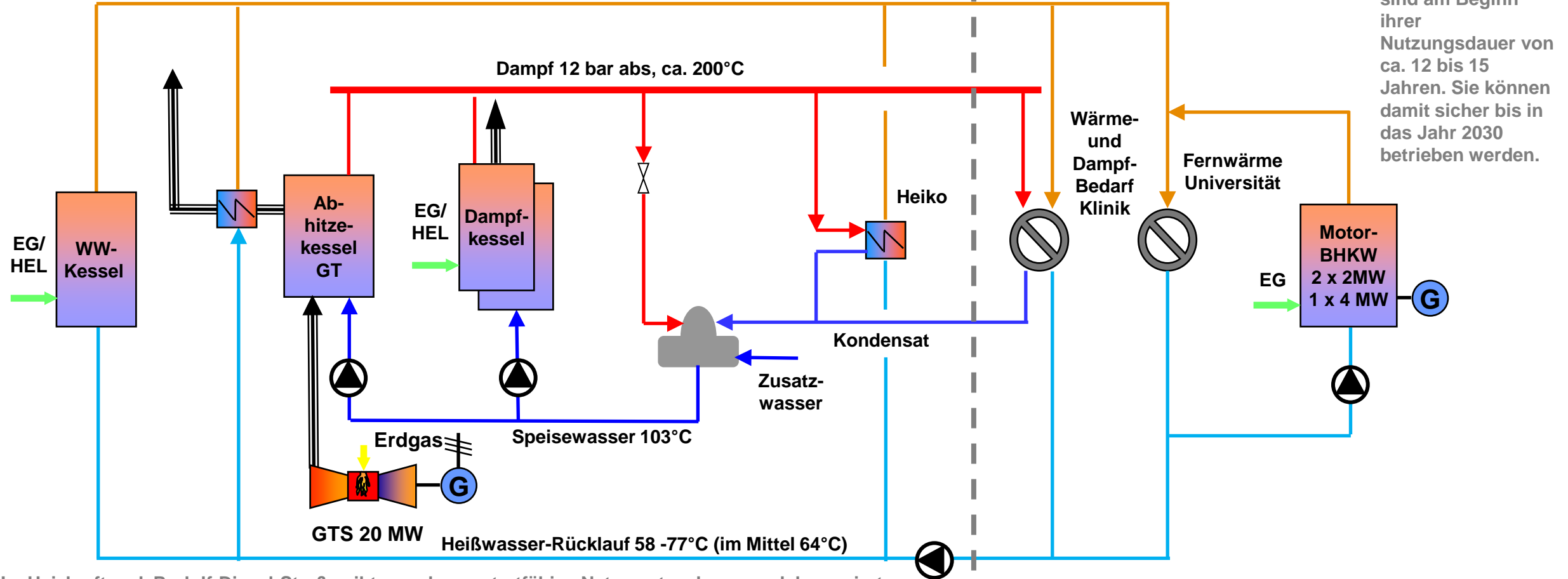
Bestehende Gasturbine

20 MW_{el}

Bestehende Energieversorgung

Heizkraftwerk Rudolf-Diesel-Straße

Heißwasser-Vorlauf 65 - 125°C (im Mittel 78°C)



Im Heizkraftwerk Rudolf-Diesel-Straße gibt es schwarzstartfähige Netzersatzanlagen, welche saniert werden. Die Gasturbine ist Baujahr 1997 und hat damit die normalen Nutzungsdauer von rund 15 Jahren überschritten. Aufgrund ständiger Wartung sowie einer Ausnahmegenehmigung hinsichtlich der Emissionen, kann die Maschine mindestens bis Ende des Jahres 2026 betrieben werden

Energiebedarf 2019

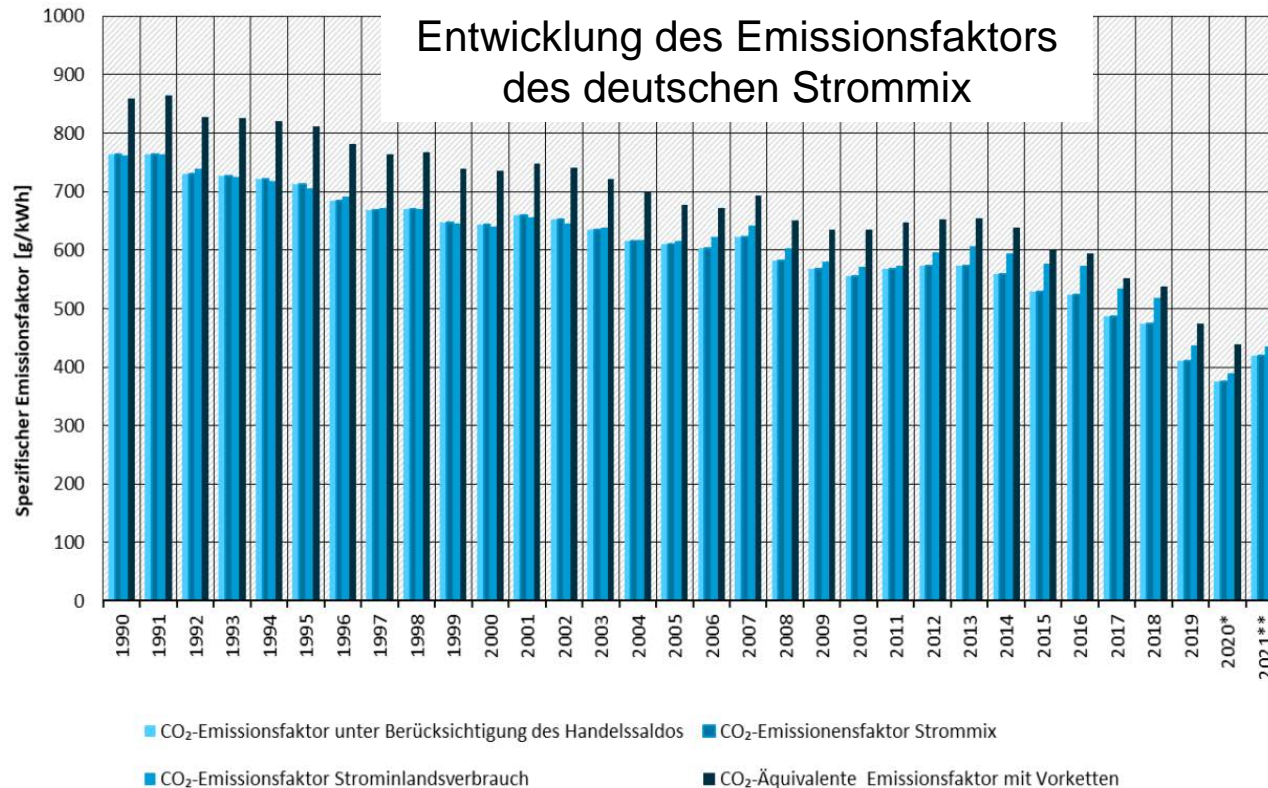
Energiebedarf Universität und UMG (2019)	Maximum	Durchschnitt (über 8.760 h/a)	Jahresmenge	Nettogrundfläche (NGF)	Spez. Bedarf
Strombedarf					
Universität Göttingen (ohne Rechenzentren)		5,365 MW	47.000 MWh/a	586.280 m ²	80 kWh/m ² *a
Universitätsklinikum UMG		7,066 MW	61.900 MWh/a	440.000 m ²	141 kWh/m ² *a
Dritte		1,381 MW	12.100 MWh/a		
Summe Strombedarf	23,0 MW	13,813 MW	121.000 MWh/a		
- davon Gasturbine (brutto)	19,6 MW		60.747 MWh/a		
Wärmebedarf					
Dampflieferung an UMG und uninahe Einrichtungen		12,44 t/h	108.950 t/a		
		8,644 MW	75.720 MWh/a		
Wärmebedarf Heißwasser		13,022 MW	114.075 MWh/a		
Summe Wärmebedarf (Ausgang HKW)		21,7 MW	189.796 MWh/a		
- davon Wärme für Sommerkälte			1.500 MWh/a		
Summe Wärmebedarf ohne Sommerkälte	80,0 MW	21,5 MW	188.296 MWh/a		
- davon Universität ohne UMG und uninahe Einrichtungen		6,6 MW	58.249 MWh/a	586.280 m ²	99 kWh/m ² *a
- UMG und uninahe Einrichtungen		14,8 MW	130.047 MWh/a	440.000 m ²	296 kWh/m ² *a

Wärmebedarf

- Ca. 40% des gesamten Wärmebedarfs werden dem UMG als Dampf zur Verfügung gestellt. Neben speziellen Anwendungen, welche Dampf benötigen wird auch das sogenannte Konstant-Wärmenetz der UMG mit einer Vorlauftemperatur von 95°C über Dampf versorgt.
- Zusätzlich wird die UMG mit Heißwasser aus dem Heizkraftwerk Rudolf-Diesel-Straße versorgt.
- Der Wärmebedarf der Universität verteilt sich grob auf 80 Anschlussstellen mit einer Anschlussleistung von ca. 42 MW. In Verbindung mit dem Wärmebedarf von rund 60.000 MWh/a ergeben sich für die Universität rund 1.400 Vollbenutzungsstunden.

CO₂-Emissionen 2019

Energieeinsatz 2019 Universität und UMG	Energieeinsatz	Emissionsfaktor	CO ₂ -Emissionen
HKW und Strombezug	MWh(Hi)/a	kg/MWh	t/a
Erdgas HKW	306.543	201,6	61.799
Leichtes Heizöl HKW	665	266,4	177
Strombezug (reduzierter Emissionsfaktor)	62.307	411	25.608
Summe	369.515		87.584



- Der spezifische Emissionsfaktor des deutschen Strommix im Jahr 2019 betrug vorläufig 411 kg/MWh
- Seit 1990 ist der CO₂-Emissionsfaktor von 764 kg/MWh auf vorläufig 420 kg/MWh gefallen. Dies entspricht im Mittel einer jährlichen Reduktion von rund 1,9%/a.
- Bei gleichbleibender Reduktion von rund 1,9%/a sinkt der spez. Emissionsfaktor bis 2030 auf 353 kg/MWh
- Bei einer Reduktion von 3%/a ab dem Jahr 2021 sinkt der spez. Emissionsfaktor bis 2030 auf 319 kg/MWh

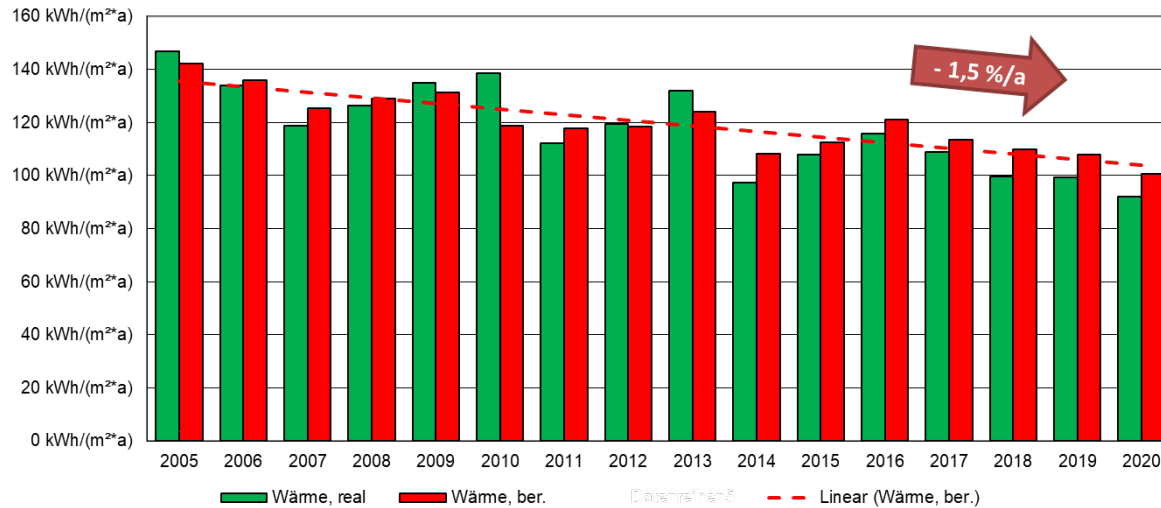
Quelle deutscher Strommix UBA

2020* vorläufig

2021** geschätzt

Entwicklung spez. Energiebedarf

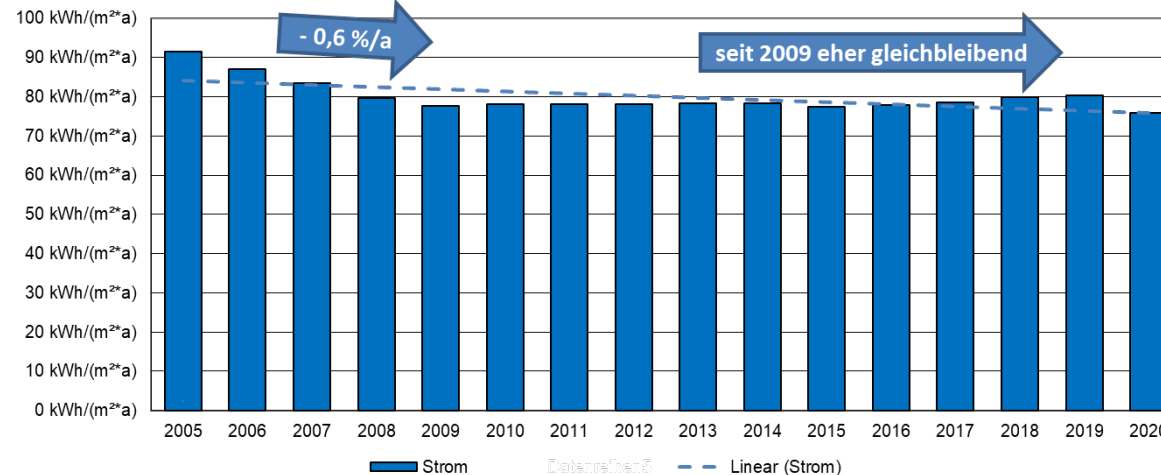
Spezifischer Wärmebedarf Universität Göttingen



Wärmebedarf

- Die Entwicklung des spez. Wärmebedarfs ist stark von der Sanierungsquote und Sanierungstiefe der Gebäude abhängig.
- Der gradtagszahlbereinigte spezifische Wärmebedarf pro Nettogrundfläche der Universität Göttingen geht seit 2005 um ca. 1,5%/a zurück.

Spezifischer Strombedarf Universität Göttingen



Strombedarf

- Die Entwicklung des spez. Strombedarfs der Universität ist seit 2005 ebenfalls leicht rückgängig.
- Allerdings sinkt der spez. Strombedarf nicht so stark, wie der Wärmebedarf und ist seit 2009 eher gleichbleibend
- Aufgrund der zunehmenden Technologisierung der Gebäude muss zukünftig eher von einem gleichbleibenden oder sogar steigenden Strombedarf ausgegangen werden. Diese Entwicklung bestätigt sich seit 2009 mit Ausnahme des Jahres 2020 (Corona).
- Mit Inbetriebnahme der Rechenzentren (2 x 500 kW) wird der Strombedarf um rund 8.500 MWh/a ansteigen.

Zukünftiger Energiebedarf 2030

Nettogrundfläche

- In einem ersten Ansatz wird mit einer gleichbleibenden Nettogrundfläche bis 2030 gerechnet

Wärmebedarf

- Bei einer gleichbleibenden Sanierungsquote von 1,5%/a sinkt der spez. Wärmebedarf von 2019 bis 2030 von 100% auf 84,7%.

Strombedarf

- Beim Strombedarf wird konservativ nicht mit einer Absenkung des spez. Strombedarf gerechnet. Durch die Neubauten Rechenzentren wird der Strombedarf der Universität ansteigen.

Zukünftiger Energiebedarf Universität und UMG im Jahr 2030	Maximum	Durchschnitt (über 8.760 h/a)	Jahresmenge	Nettogrundfläche (NGF)	Spez. Bedarf
Strombedarf					
Universität Göttingen (mit Rechenzentren)		6,336 MW	55.500 MWh/a	586.280 m ²	95 kWh/m ² *a
Universitätsklinikum UMG		7,066 MW	61.900 MWh/a	440.000 m ²	141 kWh/m ² *a
Dritte - ohne Veränderung		1,381 MW	12.100 MWh/a		
Zukünftiger Strombedarf (ohne Dritte)	24,6 MW	14,783 MW	129.500 MWh/a		
Wärmebedarf					
- davon Universität ohne UMG und unahe Einrichtungen		5,6 MW	49.327 MWh/a	586.280 m ²	84 kWh/m ² *a
- UMG und unahe Einrichtungen		12,6 MW	110.128 MWh/a	440.000 m ²	250 kWh/m ² *a
- davon Dampf an UMG		7,2 MW	62.940 MWh/a		
Zukünftiger Wärmebedarf	67,7 MW	18,2 MW	159.456 MWh/a		

CO₂-Emissionen im Jahr 2030 ohne Maßnahmen

- Weiterbetrieb Heizkraftwerk Rudolf-Diesel-Straße
- Im Jahr 2027 wird die KWK-Stromerzeugung mit Gasturbine ausgelaufen sein. Der Betrieb der dezentralen BHKW wird ohne größere Wartungsarbeiten ebenfalls auslaufen. Die CO₂-Emissionen werden daher in einem ersten Schritt ohne KWK-Stromerzeugung dargestellt.
- Weitere Prämissen
 - Verzicht auf den Primärenergieträger leichtes Heizöl (HEL)
 - Nutzungsgrad Kesselanlagen 92%
 - Spez. CO₂-Emissionen Strombezug 2030 abgesenkt auf 319 kg/MWh (Reduzierung Emissionsfaktor um 3%/a ab 2022)

Energieeinsatz 2030 Universität und UMG	Energieeinsatz	Emissionsfaktor	CO ₂ -Emissionen
HKW und Strombezug	MWh(Hi)/a	kg/MWh	t/a
Erdgas HKW	173.321	201,6	34.942
Strombezug	123.852	319	39.509
Summe	297.173		74.450

- Der Verzicht auf die Kraft-Wärme-Kopplung und der geringere Wärmebedarf führt zu einer Reduzierung von rund **90.000 t/a CO₂** auf rund **75.000 t/a CO₂**, was einem Rückgang gegenüber 2019 von rund **15%** entspricht.
- Der Bezug von Ökostrom führt zu einer weiteren Verringerung von rund **75.000 t/a CO₂** auf rund **35.000 t/a CO₂** und damit einem Rückgang gegenüber 2019 von rund **55%**.

Anforderungen an eine zukünftige Wärmeversorgung

- Bedarfsgerechte Bereitstellung der benötigten Wärmeträger Heißwasser und Dampf mit ausreichenden (niedrigen) Temperaturen und Drücken und ggf. Nachheizung / Dampferzeugung in einzelnen Gebäuden
- Zuverlässige und erprobte Technologien bei der Wärmeerzeugung und -verteilung für eine sichere Wärmebereitstellung (Klinikum)
- Ausreichende Redundanzen und Ausfallreserven für Störungen und Versorgungsunterbrechungen im gesamten Versorgungssystem (Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung und Wärmeübergabe in den Gebäuden) – zentral oder auch dezentral
- Ausreichende Verfügbarkeit von Energieträgern zur Wärmeerzeugung zu tragbaren Preisen
- Ausreichende Berücksichtigung der Platzverhältnisse im Bereich der Universität und der UMG

Schlussfolgerungen:

- Redundanz in der Wärmeerzeugung für Ausfall größte Erzeugereinheit
- Einsatzmöglichkeit für mehrere Primärenergieträger (z. B. heute Erdgas und Heizöl EL)
- Netzpumpen (geregelt) mit Redundanz für Ausfälle
- Redundanz in Haupttrassen von Heizkraftwerk zu UMG
- alternativ Spitzenlast-/Reservekessel im Bereich UMG
- Erfüllung von gesetzlichen Anforderungen, Energieeinspar- und Klimaschutzzielen

Vorauswahl von Konzepten zur Wärmeversorgung

Wärmeerzeugung	Energieträger	Versorgungssystem/-struktur
<ul style="list-style-type: none"> – Heizkessel – KWK-/KWKK-Anlage – Wärmepumpe mit Wärmequelle Außenluft, Geothermie, Abwärme – Solarkollektor / Solarthermie – weitere „neue“ Technologien 	<ul style="list-style-type: none"> – Erdgas/Heizöl (Reserve) – Biomasse – Biogas, Biomethan – Wasserstoff (wird zukünftig Erdgas substituieren) – Strom z. B. aus regenerativen Energien – Nutzung Abwärme (z. B. aus Druckluft-, Kälteversorgung - Rechenzentren) 	<ul style="list-style-type: none"> – Getrennte oder verbundene Wärmeerzeugung für PWW und Dampf – Nahwärmeinseln – Dezentrale Wärmeversorgung – Ggf. unterschiedliche Versorgungsstrukturen Sommer (dezentral) / Winter (zentral)

Mögliche Energiequellen zur Wärmeerzeugung

Primärenergieträger	Einsatzmöglichkeit zur Wärmeerzeugung
Erdgas und HEL	<ul style="list-style-type: none"> – Werden heute als Regelbrennstoff eingesetzt – Beitrag zur Einhaltung GEG (EEWärmeG und EnEV) nur in Verbindung mit KWK – Nutzung langfristig unsicher
Biomasse (Holzbrennstoffe)	<ul style="list-style-type: none"> – Nur begrenzt verfügbar – Hoher Platzbedarf für Lagerung einschließlich Lagerlogistik – Anlieferung mit erhöhtem LKW-Verkehr verbunden – Dampferzeugung möglich
Biogas, Biomethan	<ul style="list-style-type: none"> – Nur lokal begrenzt verfügbar – Dampferzeugung möglich
Wasserstoff (H₂), Ammoniak, synth. Methan	<ul style="list-style-type: none"> – Noch nicht verfügbar – Großtechnische Einführung ab 2030 und später
Windenergie zur Stromerzeugung	<ul style="list-style-type: none"> – Fluktuierend – Onshore ca. 2.500 VBh – Offshore ca. 4.000 VBh – Speicherung (Strom) erforderlich oder PtG (Power to Gas)
Sonne - Photovoltaik	<ul style="list-style-type: none"> – Fluktuierend – Ca. 1.000 VBh – Speicherung (Strom) erforderlich oder PtG (Power to Gas)
Sonne - Solarthermie	<ul style="list-style-type: none"> – Fluktuierend – Ca. 1.000 VBh – Speicherung (Wärme) erforderlich – Stand der Technik – Nicht für Dampferzeugung geeignet
Umwelt- bzw. Abwärme	<ul style="list-style-type: none"> – Siehe neue Technologien auf den nächsten Folien

Mögliche „neue“ Technologien

Technik der Wärmeerzeugung „Neue Technologien“	Bewertung hinsichtlich Anwendung zur Wärmeversorgung
Wärmepumpe mit Wärmequelle Oberflächengeothermie, Luft oder Abwärme z. B. aus Kälte	<ul style="list-style-type: none"> – Leistungsziffer COP bezeichnet den Wirkungsgrad – COP 2 – 3 für Luft, 3 – 4,5 für Erdsonde, 5 für Wasser/Wasser-Wärmepumpen – siehe Diagramm nächste Folie – Hochtemperatur-Wärmeerzeugung (Dampf) schwierig – Zur Unterstützung von NT-Wärmeerzeugung möglich (EnEV und EEWärmeG)
Tiefengeothermie	<ul style="list-style-type: none"> – Interessant, da bei ausreichender Temperatur auch für Dampferzeugung nutzbar – Hohe Investitionskosten bei gleichzeitigem Fündigkeitsrisiko – Fracking
PtH – Power to heat	<ul style="list-style-type: none"> – COP = 1, unabhängig von Systemtemperaturen – Auch für Dampferzeugung geeignet – Wirkungsgrad bis 100%
PtG – Power to Gas oder PtL – Power to Liquide	<ul style="list-style-type: none"> – Strombasierte Herstellung eines chemischen Energieträgers, z.B. Wasserstoff – Wirkungsgrad ca. 60 bis 70% für PtG

- COP = Leistungszahl für Wärmepumpe (Coefficient of performance) = $\frac{\text{Wärmeleistung Wärmepumpe}}{\text{Strombedarf}}$
 - Ein COP von 4 bedeutet, dass sich die Wärmeleistung der WP aus 3 Teilen Umweltwärme und 1 Teil Strom zusammensetzt
 - Ein COP von 1 bedeutet, dass die Wärmeleistung der WP ausschließlich aus dem eingesetzten Strom kommt

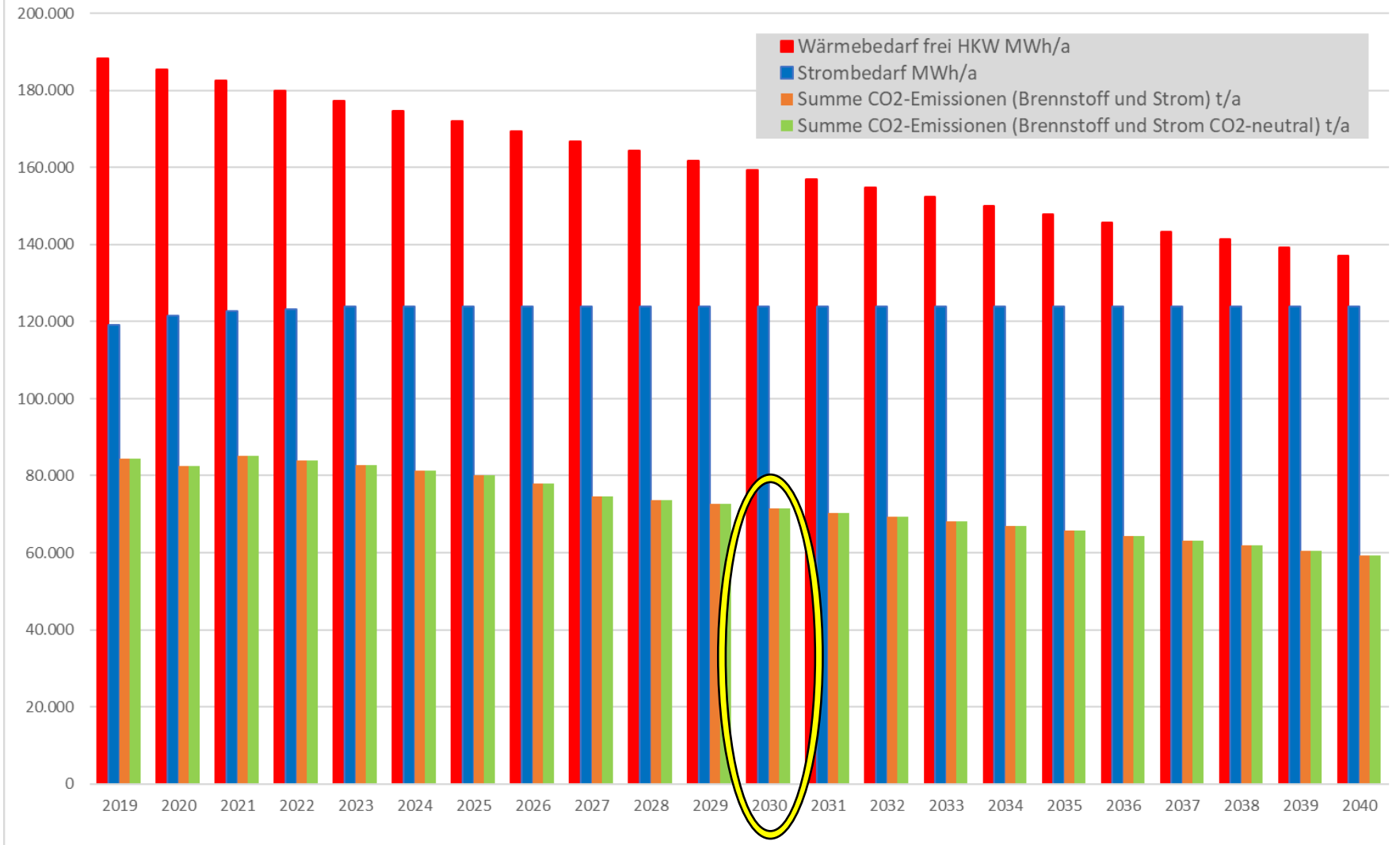
Mögliche Szenarien der Wärmeversorgung

- Szenario 1 Betrieb HKW bis 2026, dann GTS außer Betrieb, Weiterbetrieb BHKW mit sinkenden Laufzeiten (Stromerzeugung 60 GWh bis 2026 dann absinkend auf 38,4 GWh/a bis 2030), gleichbleibende Sanierungsrate Gebäude 1,5%/a
- Szenario 2 Betrieb HKW ab 2023 ohne GTS / BHKW, Zukauf Grünstrom, Sanierung 1,5%/a
- Szenario 3 Erforderliche Entwicklung für CO₂-Neutralität 2030
 - Betrieb HKW ab 2023 ohne GTS/BHKW
 - Zukauf Grünstrom ab 2023
 - Sanierungsrate und Sanierungstiefe 12%/a (Bautechnik und technische Gebäudeausrüstung)
 - Absenkung Sekundärnetztemperaturen Vorlauf auf 30-40°C von jährlich 10 bis 15 Abnahmestellen
 - Bildung von Clustern und Einsatz Wärmepumpe dezentral unter Einbeziehung Abwärme u.a. der HPC-Rechner
 - Neubauten CO₂-neutral
 - Ab 2030 keine zentrale Wärmeversorgung / Backup möglich
- Szenario 4 Realistischer Ansatz, Betrieb HKW ab 2023 ohne GTS / BHKW, Zukauf Grünstrom, Sanierung 3%/a mit gleichzeitiger Absenkung der Sekundärnetztemperaturen von 2 bis 3 Abnahmestellen pro Jahr entsprechend Szenario 3

Alle Szenarien ohne den Einsatz von Wärme- bzw. Stromspeicher zum Ausgleich von Schwankungen und Spitzen bilanziert (konservativ). Umstellung der Dampfverbraucher im Klinikum auf Strom.

S1: Entwicklung der CO2-Emissionen ohne Maßnahmen

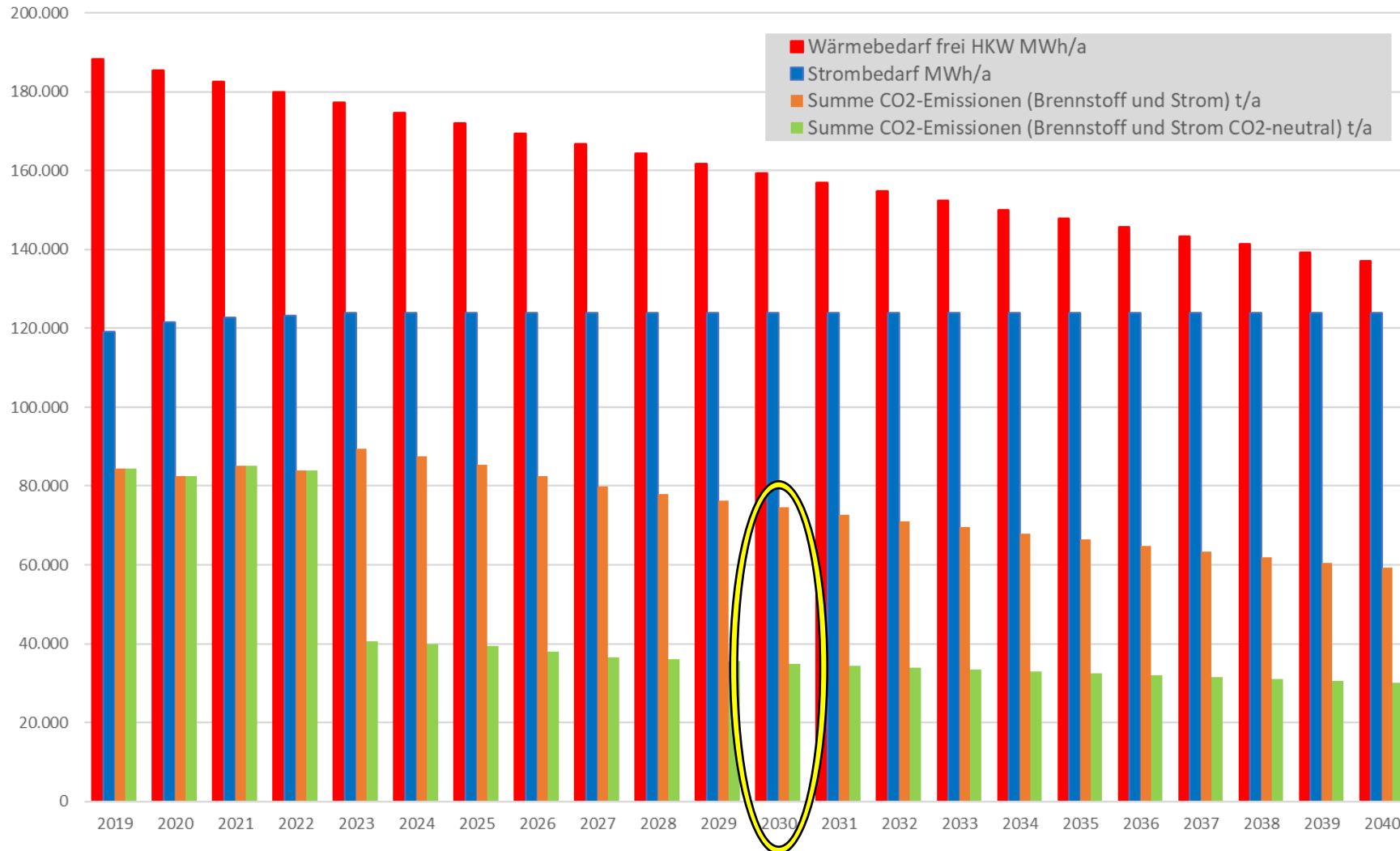
Entwicklung des Wärme- und Strombedarfs und der CO2-Emissionen, Szenario 1



- Sanierungsrate 1,5 %/a
- Neue Wärmeerzeuger 2026/27
- KWK-Stromerzeugung mit Gasturbine bis in das Jahr 2026
- Im Anschluss Betrieb BHKW mit 6.000 Bh, jährlich um 400 h abnehmend (2030 : 4800 Bh)
- Reduzierung CO2-Emissionsfaktor für konventionellen Strom um 3%/a (Startwert 411 g/kWh)
- Ergebnis CO2-Emissionen 2030
 - 71.000 t/a ohne Grünstrom

S2: Aufgabe KWK-Stromerzeugung 2023 und Bezug Grünstrom

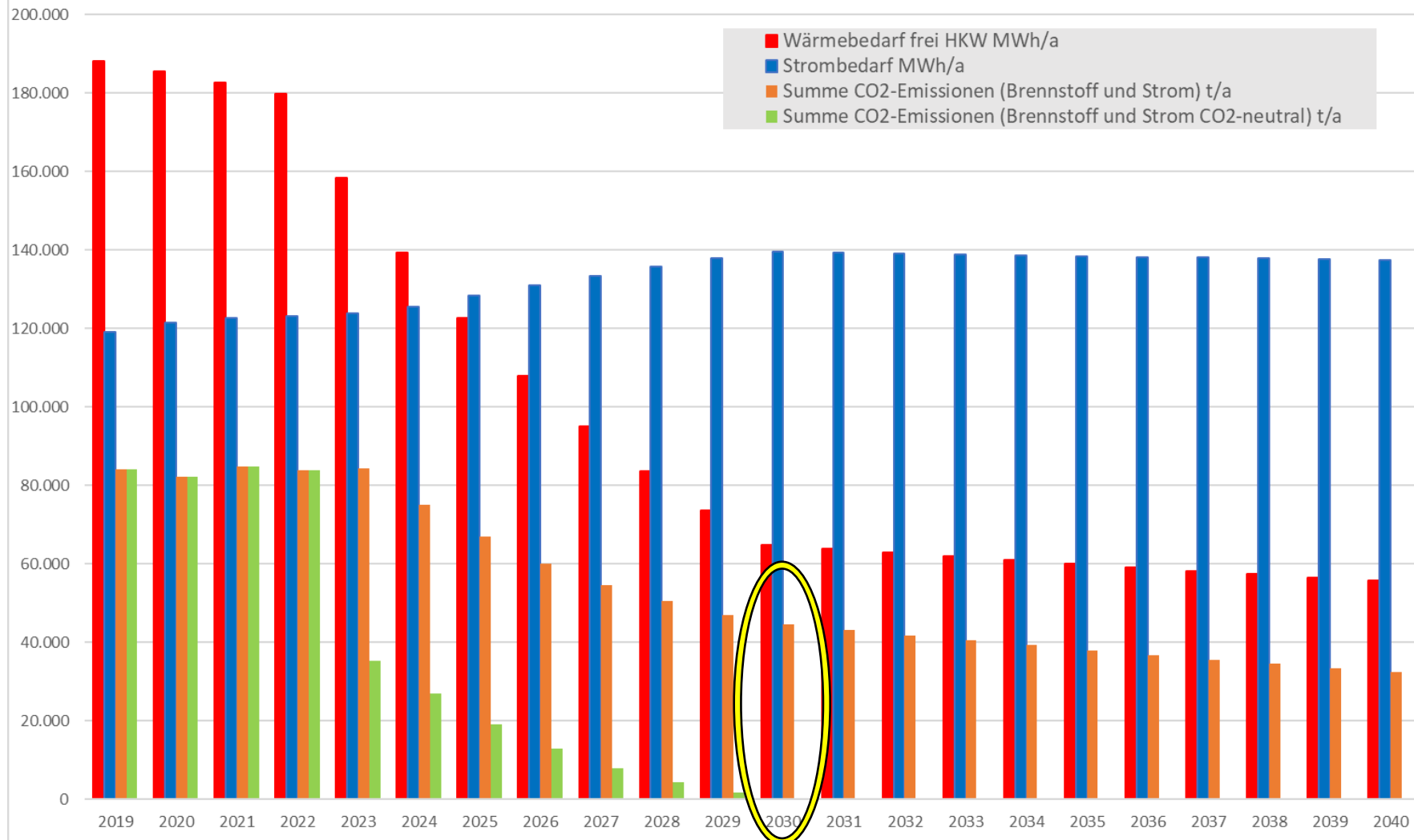
Entwicklung des Wärme- und Strombedarfs und der CO2-Emissionen, Szenario 2



- Sanierungsrate 1,5 %/a
- Neue Wärmeerzeuger 2024
- KWK-Stromerzeugung bis Ende Jahr 2022, danach KWK-Anlagen außer Betrieb
 - Erhöhung CO2-Emissionen (ohne Grünstrom)
- Reduzierung CO2-Emissionsfaktor für konventionellen Strom um 3%/a (Startwert 411 g/kWh)
- Ergebnis CO2-Emissionen 2030
 - 35.000 t/a mit Grünstrom
 - 74.000 t/a ohne Grünstrom

S3: Erforderliche Sanierung und Einsatz WP dezentral

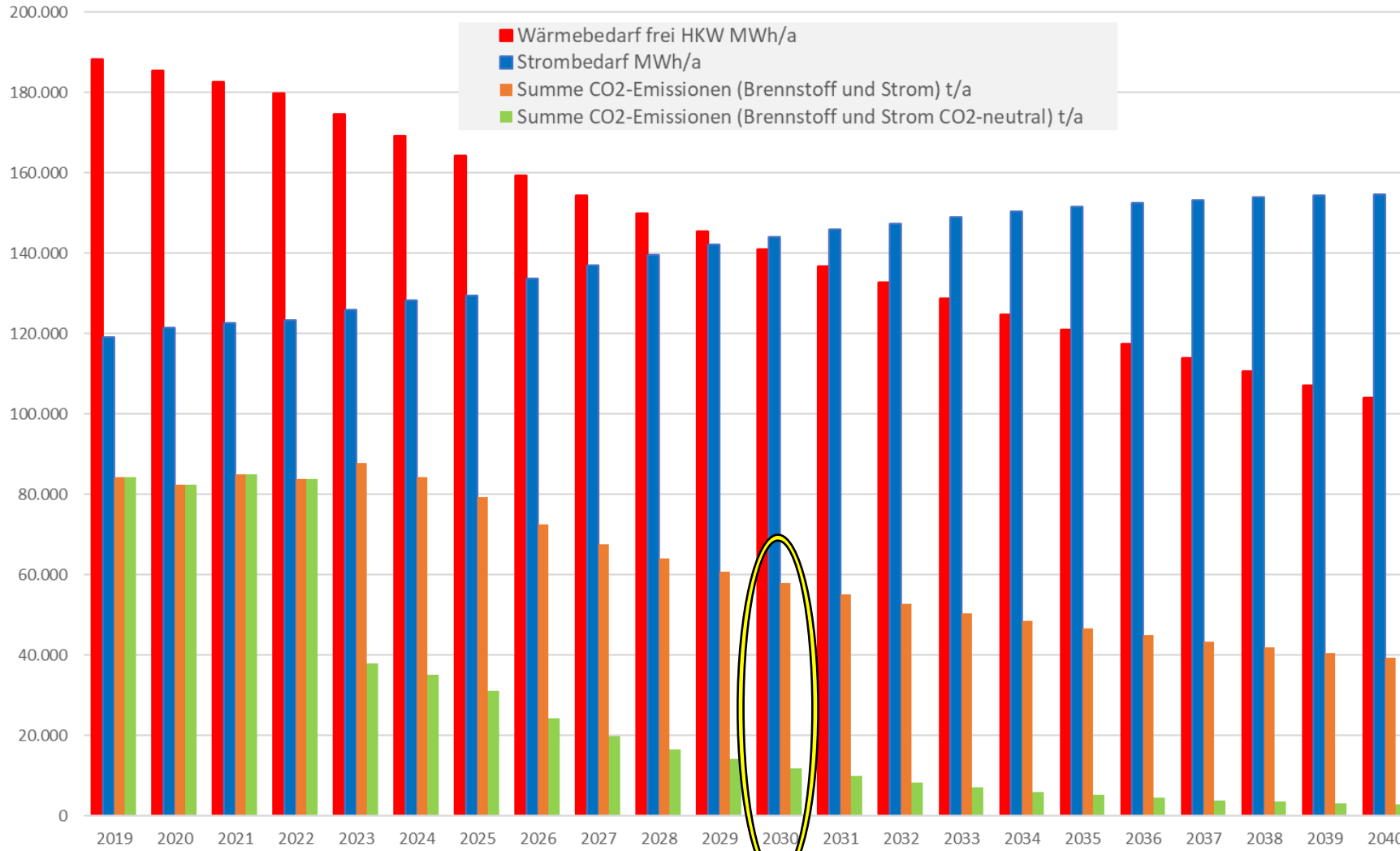
Entwicklung des Wärme- und Strombedarfs und der CO2-Emissionen, Szenario 3



- Sanierungsrate 1,5% bis 2023
- KWK-Stromerzeugung bis in das Jahr 2023, danach KWK-Anlagen außer Betrieb
- Sanierungsrate ab 2023 **verachtfacht auf 12%/a**, nach 2030 wieder 1,5%/a
- Reduzierung der Sekundärnetztemperaturen
- Aufbau dezentrale Wärmepumpen ab dem Jahr 2023 (Cluster)
- Max. Strombedarf **WP 9 MW**
- Reduzierung CO2-Emissionsfaktor für konventionellen Strom um 3%/a (Startwert 411 g/kWh)
- Ergebnis CO2-Emissionen 2030
 - 0 t/a mit Grünstrom
 - 45.000 t/a ohne Grünstrom

S4: Erhöhte Sanierung und Einsatz WP dezentral

Entwicklung des Wärme- und Strombedarfs und der CO₂-Emissionen, Szenario 4



- Sanierungsrate 1,5% bis 2023
- KWK-Stromerzeugung bis in das Jahr 2023, danach KWK-Anlagen außer Betrieb
- Sanierungsrate ab 2023 **verdoppelt auf 3%/a**
- Nutzung Abwärme für Wärmepumpen
- Reduzierung der Sekundärnetztemperaturen und Aufbau dezentrale Wärmepumpen (0,5 MW_{el}/a) ab dem Jahr 2025
- Strombedarf 2030 **WP 3 MW**
- Reduzierung CO₂-Emissionsfaktor für konventionellen Strom um 3%/a (Startwert 411 g/kWh)
- Ergebnis CO₂-Emissionen 2030
 - 12.000 t/a mit Grünstrom
 - 58.000 t/a ohne Grünstrom

Schlußfolgerungen 1

- Die Stiftungsuniversität hat die Absicht erklärt, Klimaneutralität bis in das Jahr 2030 zu erreichen. Dazu ist ein möglicher Transformationspfad aufzuzeigen
- Der Einsatz von Biomasse zur Deckung des Wärmebedarfs ist nicht vorgesehen
- Andere CO₂-neutrale Brennstoffe wie Wasserstoff, Biogas und Ammoniak werden bis zum Jahr 2030 nicht in ausreichendem Maße verfügbar sein
- Die Universität beschafft ab dem Jahr 2023 CO₂-neutralen Strom mit Herkunftsnachweis
- Der Einsatz von Wärmepumpen zur Wärmeerzeugung ist in diesem Fall CO₂-neutral
- Am zentralen HKW-Standort gibt es keine nennenswerten Wärmequellen für Wärmepumpen (Fluß, Abwasser, oberflächennahe/-tiefe Geothermie, etc.)
- Um den Wärmebedarf der Universität und des Klinikums decken zu können, ist bei einer gleichbleibenden Sanierungsrate von aktuell 1,5%/a in einem zentralen Wärmeversorgungskonzept eine el. Leistung von bis zu **50 MW** für Luft-Wärmepumpen notwendig. Diese el. Leistung steht nicht zur Verfügung.
- Alternativ können die Luft-Wärmepumpen in den Sekundärnetzen (Vorlauf 70-90°C) der Verbraucher errichtet werden. Zusätzlich können Abwärmepotenziale z.B. bei der Kälte- und Druckluftherzeugung genutzt werden. In diesem Fall ist eine el. Leistung von fast **40 MW** erforderlich.
- Eine Absenkung der sekundären Systemtemperaturen auf die aktuellen Auslegungsdaten (Vorlauf 50-70°C) führt zu einer Verringerung der erforderlichen el. Leistung auf rund **30 MW**.

Schlußfolgerungen 2 – Ergebnis Szenario 3

- Auch eine el. Leistung von 30 MW erscheint am Standort in Göttingen unrealistisch
- Neben dem Ansatz Nutzung Abwärme und Umweltwärme sind daher weitere umfassendere Maßnahmen im Rahmen einer vertiefenden Sanierungsrate und Sanierungsquote umzusetzen
 - Reduzierung der Transmissionswärmeverluste der Gebäude (Dämmung, Fenster, etc.) und Beschattung
 - Bauteilaktivierung / Fußbodenheizung
 - Reduzierung Systemtemperaturen von Lüftungsanlagen und Erhöhung der Wärmerückgewinnung
 - Dezentrale el. Warmwasser-Bereitung
 - Ausbau Photovoltaik
 - Bildung von dezentralen Clustern und Einsatz von Wärmespeicher
- Um eine Klimaneutralität bis zum Jahr 2030 zu erreichen, sind die genannten Punkte über alle 80 Abnahmestellen umzusetzen. Dies bedeutet pro Jahr die Sanierung und Umstellung von **10 bis 12 Abnahmestellen**, um eine jährliche Reduktion des Wärmebedarfs von **12%/a** zu erreichen.
- Ein entsprechender Ansatz muss auch im Neubau Klinikum verfolgt werden, zusätzlich muss der Einsatz von Dampf durch den Einsatz von Strom kompensiert werden
- In diesem Fall ist eine CO₂-Neutralität mit dem Einsatz von CO₂-neutralen Strom mit Herkunftsnachweis im Jahr 2030 zu erreichen.
- Die erforderliche el. Leistung für die Wärmepumpen wird bei rund **9 MW** ohne den Einsatz von Speichertechnologien (Wärme- und/oder Stromspeicher) liegen.
- Ab dem Jahr 2030 stehen auf Basis des politischen Willens u.U. CO₂-neutrale Brennstoffe zur Verfügung, welche die Spitzenlast bereitstellen können

Schlußfolgerungen 3 – Ergebnis Szenario 4

- Um die Klimaneutralität bis zum Jahr 2030 zu erreichen, sind pro Jahr 10 bis 12 Abnahmestellen zu sanieren was einer Sanierungsquote von rund 12% entspricht.
- Ein Anstieg der Sanierungsquote von 1,5% auf 12% erscheint aufgrund der begrenzten Planungs- und Umsetzungskapazitäten (intern und extern) unwahrscheinlich
- Bei einer Verdopplung der Sanierungsrate von **1,5% auf 3%** mit einer Umsetzung der Maßnahmen entsprechend Szenario 3 sowie dem Einsatz von CO2-neutralen Strom mit Herkunftsnachweis werden im Jahr 2030 noch rund **12.000 t** CO2 durch konventionelle Energieträger (Erdgas) emittiert.
- Gegenüber den im Jahr 2019 emittierten 90.000 t CO2 entspricht dies einer Reduzierung von **87%**.
- Die erforderliche el. Leistung für die Wärmepumpen wird im Jahr 2030 bei rund **3 MW** liegen.
- Ab dem Jahr 2030 stehen nach dem Willen der Politik CO2-neutrale Brennstoffe zur Verfügung, welche den verbleibenden Wärmebedarf CO2-neutral bereitstellen können

- Verbindlicher Umsetzungsrahmen aller Beteiligten
- CO2-neutraler Strom mit Herkunftsnachweis (Grünstrom)
- Zero-Carbon-ready Sanierung und Neubau
- Vervielfachung Planungskapazitäten (intern und extern)
- Erforderliche Umsetzungskapazitäten (extern)
- Finanzielle Mittel an allen versorgten Abnahmestellen (UMG, Universität, Dritte)
- Neubau Klinikum soweit wie möglich CO2-neutral