

ENERGIE VON UNTEN

Potenziale nachhaltiger Wärmequellen wie
Geo-, Aqua- und Abwasserthermie

Schlüssel zum sozialverträglichen Bauen & Wohnen

Schrittweise wachsende Nullemissions-Quartiere

Bezahlbare Grüne Energie als Motor der Energiewende

Taco Holthuizen, Architekt, Professor und GF von eZeit Analytics GmbH

EBZ AKADEMIE | BOCHUM, 22. Mai 2024

e⁺Zeit Analytics

für

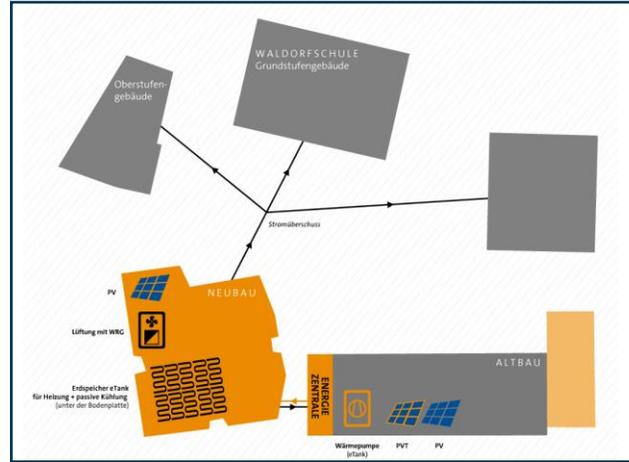


EBZ
Akademie

eZeit Ingenieure GmbH

Waldorfschule in Chemnitz

Sanierung und Umbau einer Industriehalle mit Erweiterungsbauten
Energieversorgung, TGA



Ossietzky-Hof Nordhausen

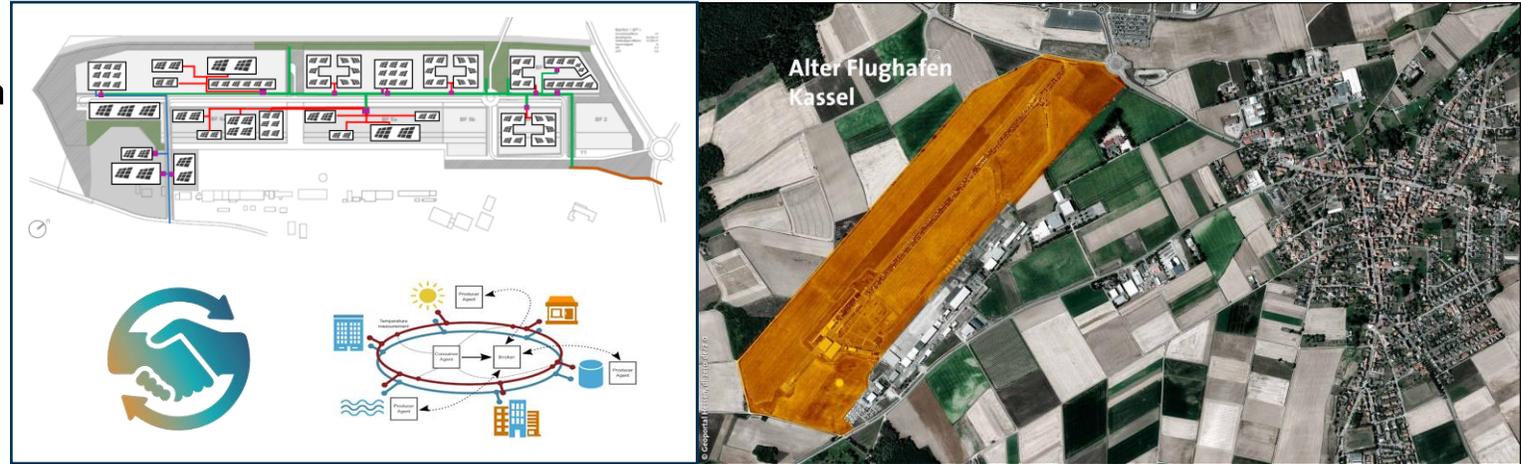
Sanierung, Neubau, Umbau
Entwicklung Sanierungskonzept
Planung LP 1-8 Energieversorgung-TGA
Planung Ausschreibung integrierter Betrieb



eZeit Ingenieure GmbH

Low Emission Quartier Kassel

Entwicklung eines Quartierswerks für einen nearly zero emission Gewerbepark
Energieversorgungskonzept, Quartierswerk

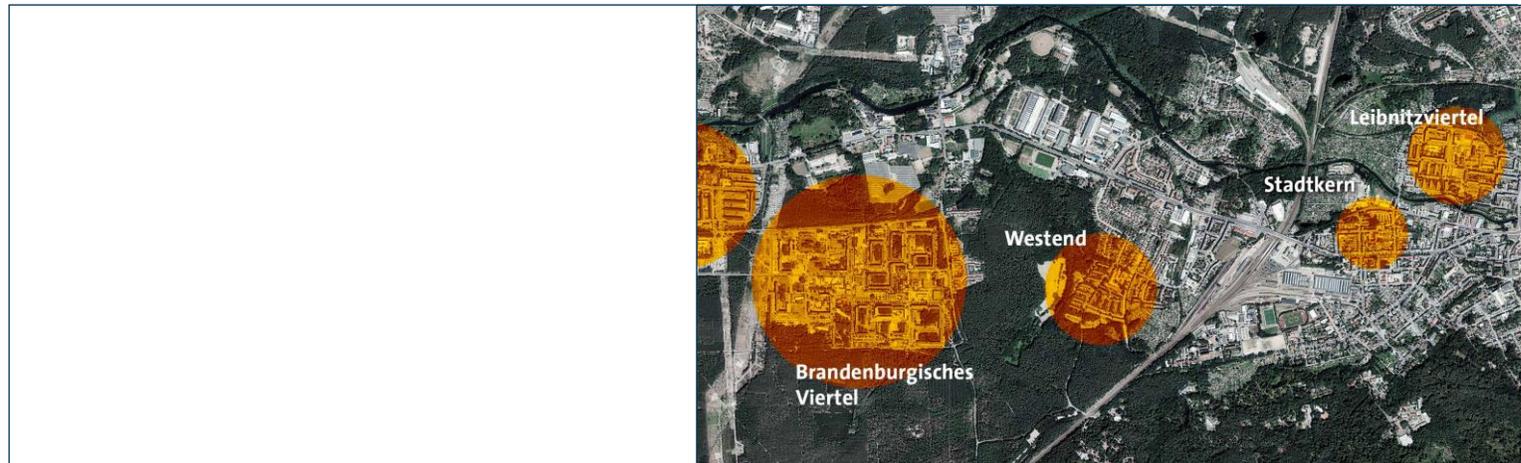


Strategiekonzept Dekarbonisierung

Entwicklung eines Strategiekonzepts zur Dekarbonisierung des Gebäudebestands der 1893 eG

LP 0, Energieversorgungskonzept

Entwicklung Strategie zur Netztemperaturabsenkung



Ziel

Herausforderungen und Lösungen

- **Bezahlbare Dekarbonisierung der Energieversorgung**
- **Klimafolgenanpassung**

Wärmeverluste in Bestandsgebäuden

- klima- und kostenoptimierte Dämmung
- intelligente Raum- und Anlagenregelung
- Lüftungskonzepte mit Wärmenutzung

Bezahlbare Dekarbonisierung der Fernwärme

- Tiefengeothermie
- Großwärmepumpen
- Dezentralisierung

Wärmebedarf im Winter - Kühlbedarf im Sommer

- Schaffung von Synergien
- Saisonale Wärmespeicherung in Aquiferspeichern

Verbesserung der Akzeptanz durch Partizipation

- 5GDHC-Netze als „Umweltenergiehandelsplattform“
- Gründung von Bürgerenergiegenossenschaften

Klimafolgenanpassungsbedarf

- Aquiferspeicher - Straßen- und Luftkühlung

Beschränkte Platzverhältnisse für Erneuerbare Energien

- Vernetzung mit Umweltwärmenetzen

Ungleichzeitigkeit von Sanierung

- NT-Ready; IT-gestützte zellulare Quartiersentwicklung

Schutzgüterabwägung statt Umsetzungsblockaden

- Klima-, Umwelt-, Denkmal-, Milieu- und Grundwasserschutz
- Gesundheit, Stadtklima, Sozialverträglichkeit

Grund- und Oberflächengewässerbewirtschaftung

- Monitoring und prädiktive Regelung
- Herstellung natürlicher Temperaturen
- Schadstoff- / Altlastendekontamination

Leuchtturmprojekt Lichterfelde Süd (2012-2018)

1.

Auswertung und Schlussfolgerungen

2.

Wie gewinnen wir Zeit für den Transformationsprozess

3.

Energieversorgung der Zukunft

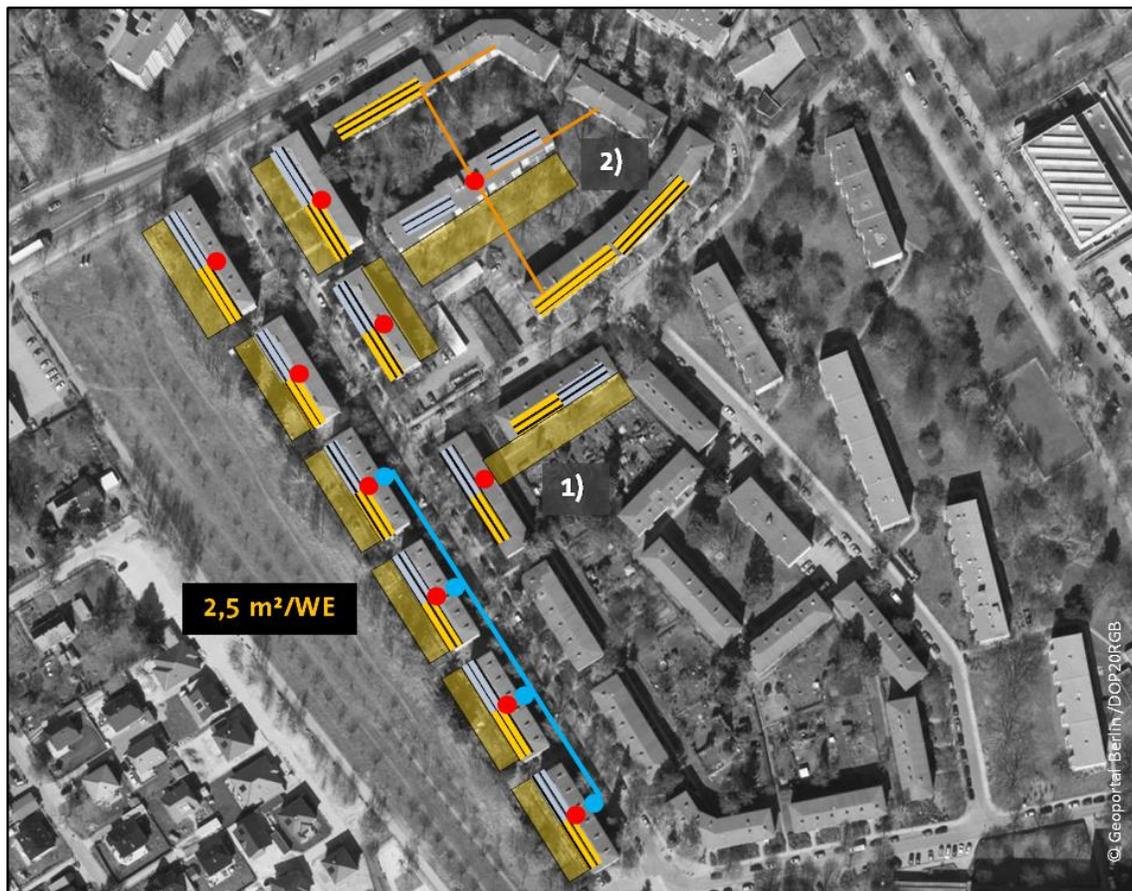
4.



Leuchtturmprojekt Lichterfelde Süd (2012-2018)

[ZUM INHALT »](#)

Lichterfelde Süd der Märkische Scholle eG



Einsparung TGA:

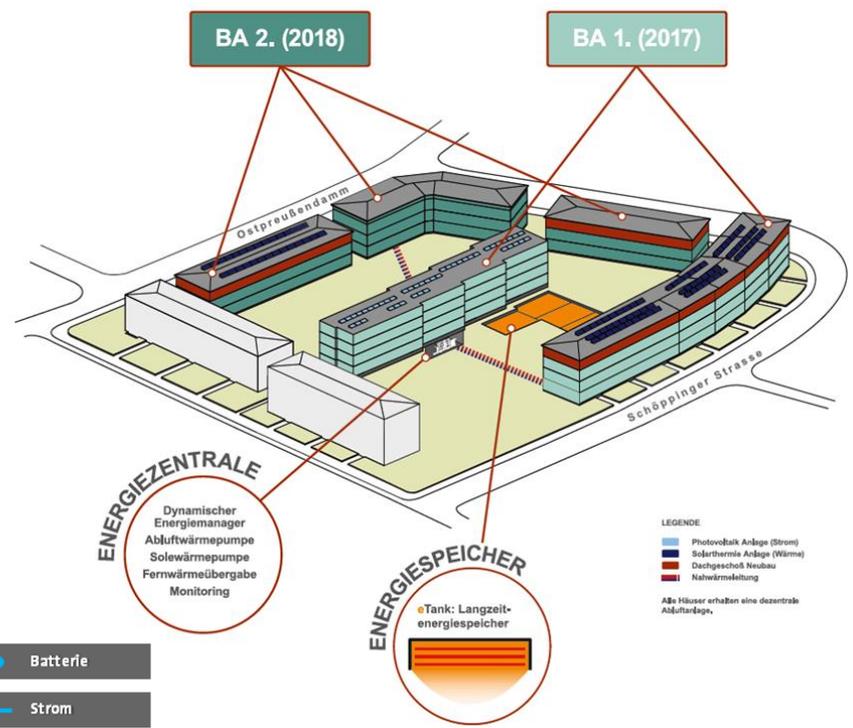
- 1) 140.000 €
- 2) 1.200.000 €

- DEM
- ▬ Solarthermie
- ▬ Batterie
- ▬ PV / PVT
- ▬ Strom
- ▬ Erdspeicher
- ▬ Nahwärmenetz

ENERGIEWENDE
Irrtümer aufbrechen, Wege aufzeigen

BBU-Studie
06/2018

65 % regenerative Energie
35 % Fernwärme
+ Strom aus Photovoltaikanlagen



- 1
- 2
- 3
- 4

Lichterfelde Süd der Märkische Scholle eG



BA 1:

H2 Styropor KfW EH85

Leuchtturm H 9-12: *

Hochwertiger in U-Wert und Anlagentechnik, deutlich teurer im Bau

H9 Hanf KfW EH70

H10 Mineralisch, Dünnputz KfW EH70

H11 Mineralisch, Dickputz KfW EH70

H12 Holzwolle KfW EH70

*Gefördert durch das Umweltinnovationsprogramm



Fragestellungen u.a.:

Ist eine warmmietenneutrale Sanierung möglich?

Wie sieht der Energiebedarf der Gebäude aus?

Wie sieht die CO₂-Bilanz der Gebäude aus?

Wie sinnvoll ist ein höherer Dämmstandard?

Erneuerbare Energien in der Gebäudetemperierung

Anteil EE
> 75 %



Energie aus Abluft
29,5 %



Sonnenenergie
30,1 %



Geothermie, eTank
40,4 %

- 1
- 2
- 3
- 4

Lichterfelde Süd der Märkische Scholle eG

Unterschied Dämmung

Haus 2 14 cm
Häuser 9-12 16-20 cm



- 1
- 2
- 3
- 4

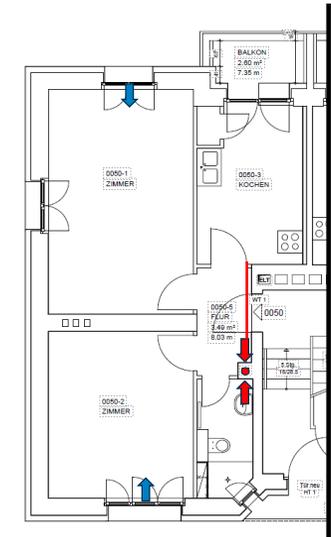
Lichterfelde Süd der Märkische Scholle eG

- 1
- 2
- 3
- 4

Unterschied Frischluft

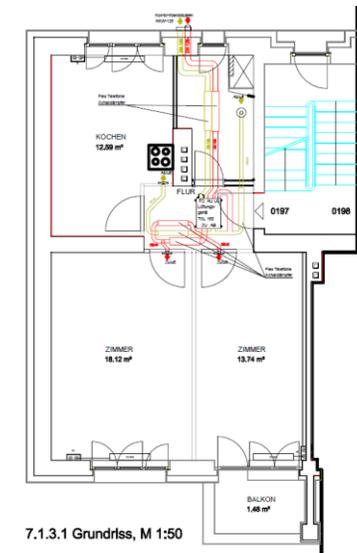
Haus 2

Einfaches Abluftsystem mit Abluft-WP im Keller



Häuser 9-12

Wohnungsweis, dezentrale Gegenstromwärmetauscher



Auswertung Leuchtturm - Lichterfelde Süd

Zielsetzungen

- 1. Keine Erhöhung der Warmmiete** durch energetische Sanierungsmaßnahmen
- Annähernd 100%igen Energieversorgung mit EE
- Annähernd energieneutrale Versorgung (**ohne fossile Brennstoffe oder Fernwärme**)
- 4. Solarthermische Erträge > 700 kWh/m² pro Jahr**
- Systemjahresarbeitszahlen > 6 bzw. Anlagenaufwandszahl **e_p von 0,3**
- 6. Eigenversorgung der Gebäudetechnik** (Beleuchtung, Fahrstühle etc.), Wärmepumpen mit Strom aus PV und PVT
- 7. Optimierung des Gesamtenergieverbrauchs** über die Lebensdauer der Gebäude **unter Berücksichtigung der „grauen Energie“** mittels systemübergreifender **Optimierung von Dämmung und Haustechnik**
- 8. Entscheidungsmatrix für Planer und Investoren** zur wirtschaftlichen und energetischen Optimierung der Gebäudehülle in Bezug zur Anlageneffizienz **Handlungsempfehlungen zur ganzheitlichen Bewertung einer Planung anhand der Bezugsgrößen und H_T aus der Energieeinsparverordnung (EnEV).**

1

2

3

4



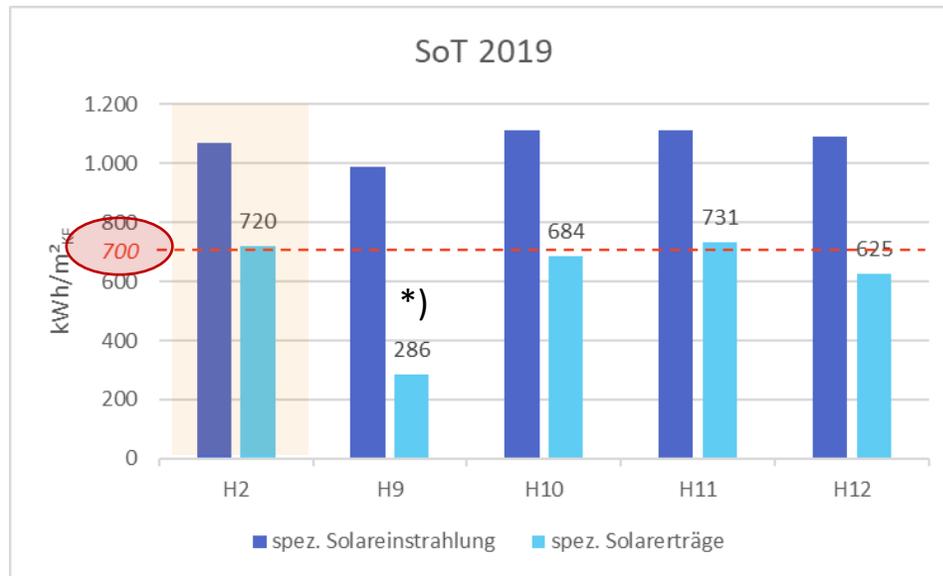
Auswertung und Schlussfolgerungen

[ZUM INHALT »](#)

Auswertung Leuchtturm - Lichterfelde Süd

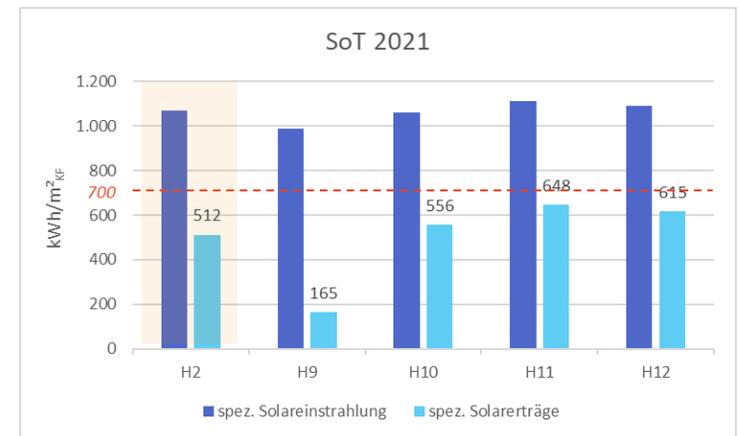
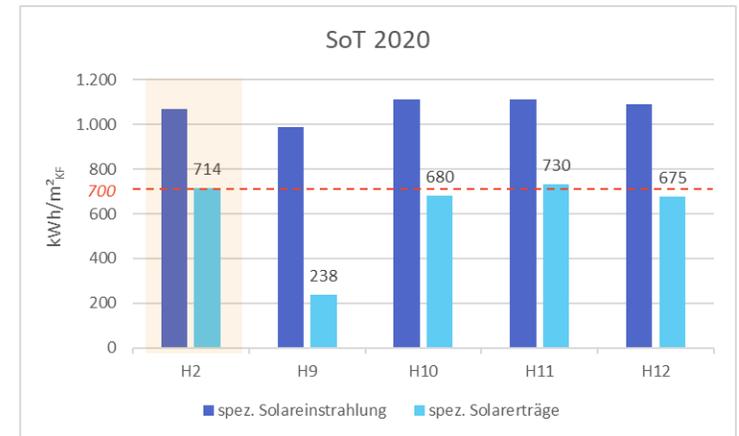
Nachweis Solarthermie

- Ziel: 700 kWh/m²



Nachweis Solarthermie

- Erreicht: 700 kWh/m²



Auswertung Leuchtturm - Lichterfelde Süd

Nachweis e_p -Zahl

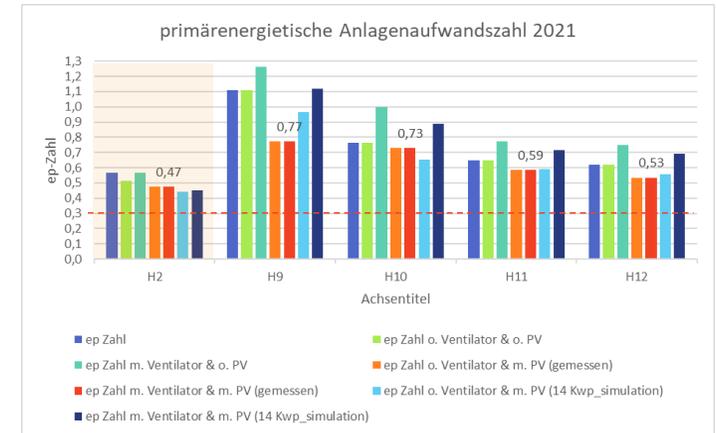
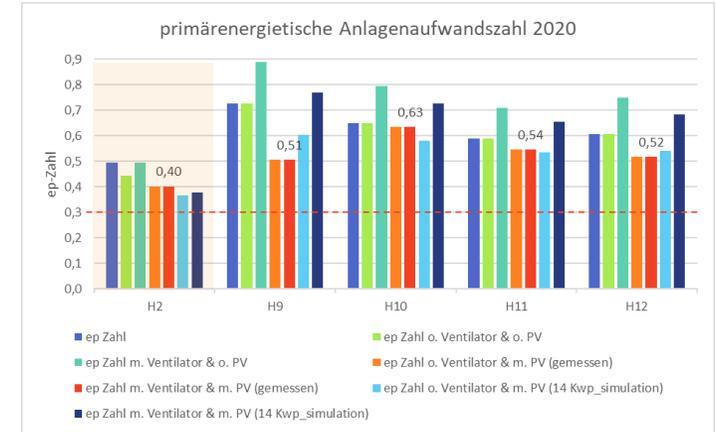
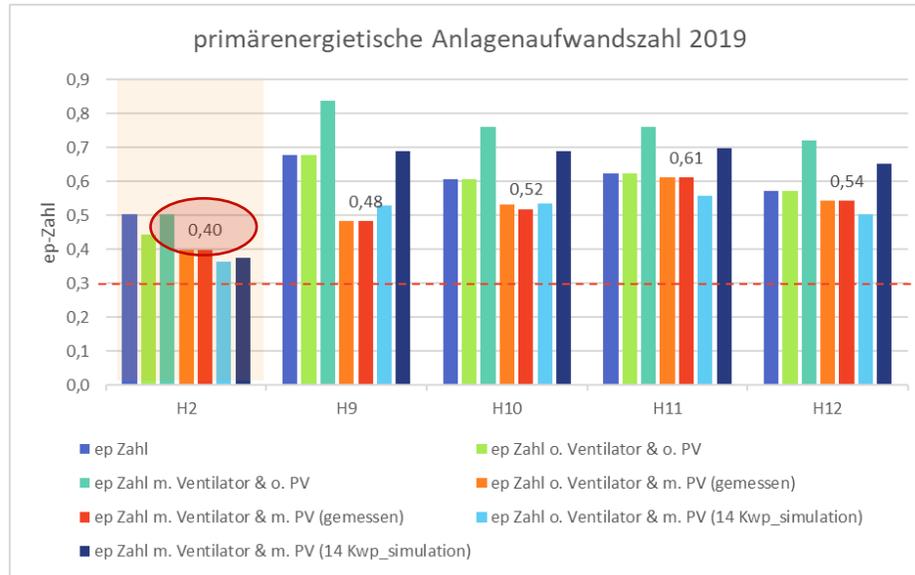
- Ziel: 0,3

Nachweis e_p -Zahl

- Erreicht: 0,4

Ziel nicht erreicht, aber

- sehr hohe Effizienz!



Auswertung Leuchtturm - Lichterfelde Süd



Optimierung Gebäudehülle-Haustechnik

Einstufung Haus 2 in Förderklasse der KfW

- e_p -Zahl 0,64
 - 14 cm EPS-Dämmung
- KfW EH55
KfW EH85

	Ist-Wert	Referenz- gebäude (EnEV ₂₀₀₉)	KfW-EH 115 (EnEV ₂₀₀₉)	KfW-EH 100 (EnEV ₂₀₀₉)	KfW-EH 85 (EnEV ₂₀₀₉)	KfW-EH 70 (EnEV ₂₀₀₉)	KfW-EH 55 (EnEV ₂₀₀₉)	KfW-EH Denkmal (EnEV ₂₀₀₉)
Jahres-Primärenergiebedarf q_p [kWh/(m ² a)]	29,40	54,99 ¹⁾	63,24	54,99	46,74	38,49	30,24	87,98
Transmissionswärmeverlust H_T [W/(m ² K)]	0,418	0,453 ²⁾	0,588	0,521	0,453	0,385	0,317	-
Transmissionswärmeverlust H_T [W/(m ² K)]	0,418	0,630 ³⁾	0,630	0,630	0,630	0,630	0,630	-

Nachweis mit 14 cm Dämmung

KfW/UBA 2012-2014

1. Es wird KfW EH 85 erreicht
 2. Primärenergiebedarf von KfW EH55 wird unterschritten
- Förderung nach EH55 wird aus ökologischen Gründen nicht erlaubt
→ dafür muss mehr Dämmung eingebaut werden!

Auswertung Leuchtturm - Lichterfelde Süd

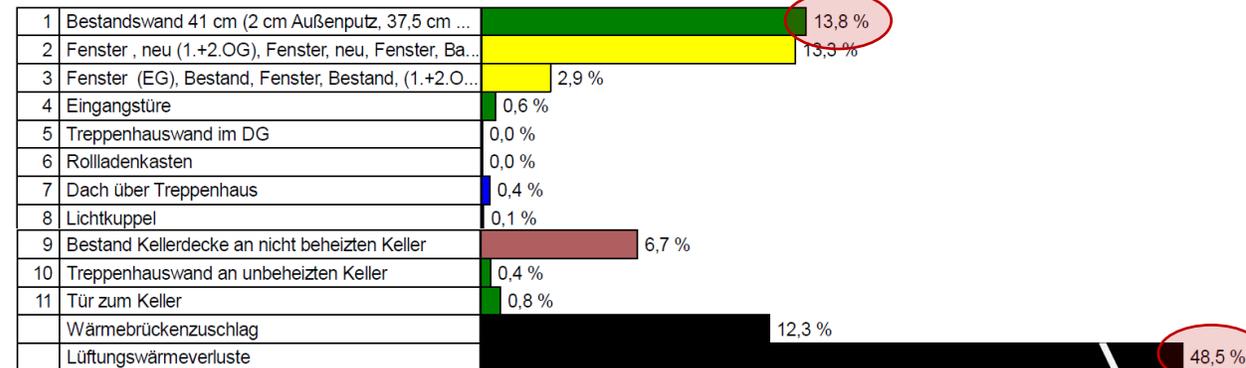


Optimierung Gebäudehülle-Haustechnik

Theoretisch anhand EnEV/GEG:

- 24 cm EPS-Dämmung statt 14 cm

Wärmeverlust nach EnEV (Grafik Hottgenroth) bei 14 cm Dämmstärke (KfW 85)



Nachweis 24 cm statt 14 cm Dämmung

1. **5,1 % Heizkosteneinsparung (!)**
2. **3,9 % Stromeinsparung (!)**

Auswertung Leuchtturm - Lichterfelde Süd



- 1
- 2
- 3
- 4

Zunahme Treibhausgasemissionen durch Dämmung

Treibhausgasemissionen durch Erhöhung der Dämmstärke um 10 cm EPS				Haus 2
Mehraufwendungen Fassade	V (m ³)	kg	GWP (kgCO ₂ -Äq.)	kg CO ₂ -Äq.
Fassade Dämmmaterial (0,035/16,6 kg/m ³)	108,86		67,00	7.294
Mehrmaterial Fensterbänke (Alu d= 2 mm)		124,00	10,85	1.345
Treibhausgasemissionen gesamt				8.639

Entwicklung Treibhausgase im Strommix

Entwicklung Treibhausgasemissionen Strom	2020	2030	2040	2050
Nach GEMIS 5.0 KS80 (in kgCO ₂ -Äq./kWh)	0,432	0,318	0,188	0,057
Nach GEMIS 5.0 KS95 (in kgCO ₂ -Äq./kWh)	0,380	0,195	0,109	0,022

Amortisation in Jahre

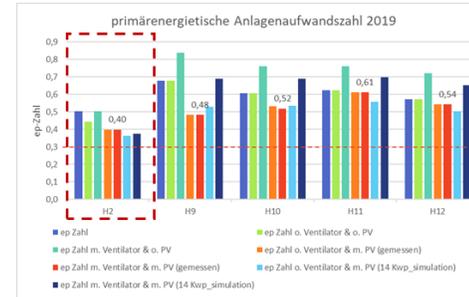
Szenario 1: Nach GEMIS 5.0 KS80	2020	2030	2040	ab 2050
Treibhausgasemissionen (in kgCO ₂ -Äq./kWh)	0,432	0,318	0,188	0,057
Emissionseinsparung pro Jahr (in kgCO ₂ -Äq.)	341,28	251,22	148,52	45,03
Szenario 1: Nach GEMIS 5.0 KS80, Amortisation in Jahre				86

Szenario 2: Nach GEMIS 5.0 KS95	2020	2030	2040	ab 2050
Treibhausgasemissionen (in kgCO ₂ -Äq./kWh)	0,380	0,195	0,109	0,022
Emissionseinsparung pro Jahr (in kgCO ₂ -Äq.)	300,20	154,05	86,11	17,38
Szenario 2: Nach GEMIS 5.0 KS95, Amortisation in Jahre				289

Auswertung Leuchtturm - Lichterfelde Süd

Praxis-Check Haus 2:

KfW EH85



Nachweis aus der Theorie mit $e_p=0,64$

EnEV-Berechnung zum Nachweis der KfW-Anforderungen

Basis: e_p -Zahl **0,64**

	Ist-Wert	Referenz-gebäude (EnEV ₂₀₀₉)	KfW-EH 115 (EnEV ₂₀₀₉)	KfW-EH 100 (EnEV ₂₀₀₉)	KfW-EH 85 (EnEV ₂₀₀₉)	KfW-EH 70 (EnEV ₂₀₀₉)	KfW-EH 55 (EnEV ₂₀₀₉)	KfW-EH Denkmal (EnEV ₂₀₀₉)
Jahres-Primärenergiebedarf q_p [kWh/(m ² a)]	29,40	54,99 ¹⁾	63,24	54,99	46,74	38,49	30,24	87,98
Transmissionswärmeverlust H_T [W/(m ² K)]	0,418	0,453 ²⁾	0,588	0,521	0,453	0,385	0,317	-
Transmissionswärmeverlust H_T' [W/(m ² K)]	0,418	0,630 ³⁾	0,630	0,630	0,630	0,630	0,630	-

Nachweis aus der Praxis mit $e_p=0,4$

Haus 2 (8,5 kWp-Anlage gemessen)	Gemessen	DG	Bestand
Q_p in kWh/m², EnEV-Nachweis		26,81	29,40
Q _p in kWh/m ² , Praxis-Check 2019	20,59	19,64	21,54
Q _p in kWh/m ² , Praxis-Check 2020	22,51	21,47	23,55
Q _p in kWh/m ² , Praxis-Check 2021	27,25	25,99	28,51



Fazit

1. **Q_p von KfW EH40** wird unterschritten, **ohne Förderung** zu erhalten.
2. 10 cm Mehrdämmung führt zu **ökologischen und volkswirtschaftlichen Rebound Effekt**.

Auswertung Leuchtturm - Lichterfelde Süd

Endenergie vor/nach der Sanierung

- Vergleich Vorher – Nachher

Haus	Endenergie vorher	Endenergie nachher ohne Abzüge	Endenergie nachher abzüglich PV Eigenverbrauch	Endenergie nachher abzüglich PV-Ertrag am Gebäude
	kWh/m ² a (Wfl.) 2011- 2013 Durchschnitt	kWh/m ² a (Wfl.) 2019-2021 Durchschnitt	kWh/m ² a (Wfl.) 2019-2021 Durchschnitt	kWh/m ² a (Wfl.) 2019-2021 Durchschnitt
Haus 2	192	23	19	16
Haus 9 (PVT)	188	44	39	36
Haus 10	188	28	24	21
Haus 11	188	38	36	32
Haus 12	188	37	34	31

Differenz 157 kWh/m²a

75 % der Heizenergie kostenlos vor Ort



Auswertung Leuchtturm - Lichterfelde Süd

CO₂-Emissionen vor/nach der Sanierung

- Vergleich Vorher – Nachher

Achtung:

Primärenergiefaktoren ändern sich!

- Netzstrom wird in Zukunft immer grüner
→ höhere CO₂-Einsparung
- Fernwärme wird ab ca. 2027 schlechter
→ höhere CO₂-Emissionen
(Änderung Berechnungsmethodik Carnot)

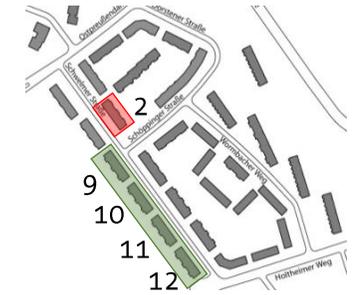
Haus	CO ₂ - Emissionen kg	CO ₂ - Emissionen kg	CO ₂ - Emissionen kg	CO ₂ - Emissionen t	CO ₂ - Emissionen kg/m ²
	Fernwärme gemittelt 2011-2013	Strom Schätzwert pro Jahr	Gesamt gemittelt 2011-2013	Gesamt gemittelt 2011-2013	Gesamt gemittelt 2011-2013
GESAMT LEUCHTTURM	150.202	48.610	198.812	199	49

Haus	CO ₂ - Emissionen kg	CO ₂ - Emissionen kg	CO ₂ - Emissionen kg	CO ₂ - Emissionen GESAMT kg	CO ₂ - Emissionen GESAMT kg	CO ₂ - Emissionen GESAMT kg/m ²
	Fernwärme 2019	Strom (inkl. Lüftung) abzüglich PV-Erzeugung am Gebäude 2019	Strom (inkl. Lüftung) abzüglich PV-Erzeugung am Gebäude + Zusatzfläche 2019	abzüglich PV-Erzeugung am Gebäude 2019	abzüglich PV-Erzeugung am Gebäude + Zusatzfläche 2019	abzüglich PV-Erzeugung am Gebäude 2019
Haus 2		7.057		7.057		5,52
Haus 9 (PVT)	944	5.869	1.326	6.813	2.270	4,83
Haus 10	557	7.873	3.330	8.429	3.886	5,98
Haus 11	789	10.972	6.428	11.761	7.218	8,34
Haus 12	748	8.867	4.324	9.615	5.072	6,82
GESAMT LEUCHTTURM	3.038	33.580	15.407	36.619	18.446	6,49

Differenz 42-45 kg/m²

- 1
- 2
- 3
- 4

Auswertung Leuchtturm - Lichterfelde Süd



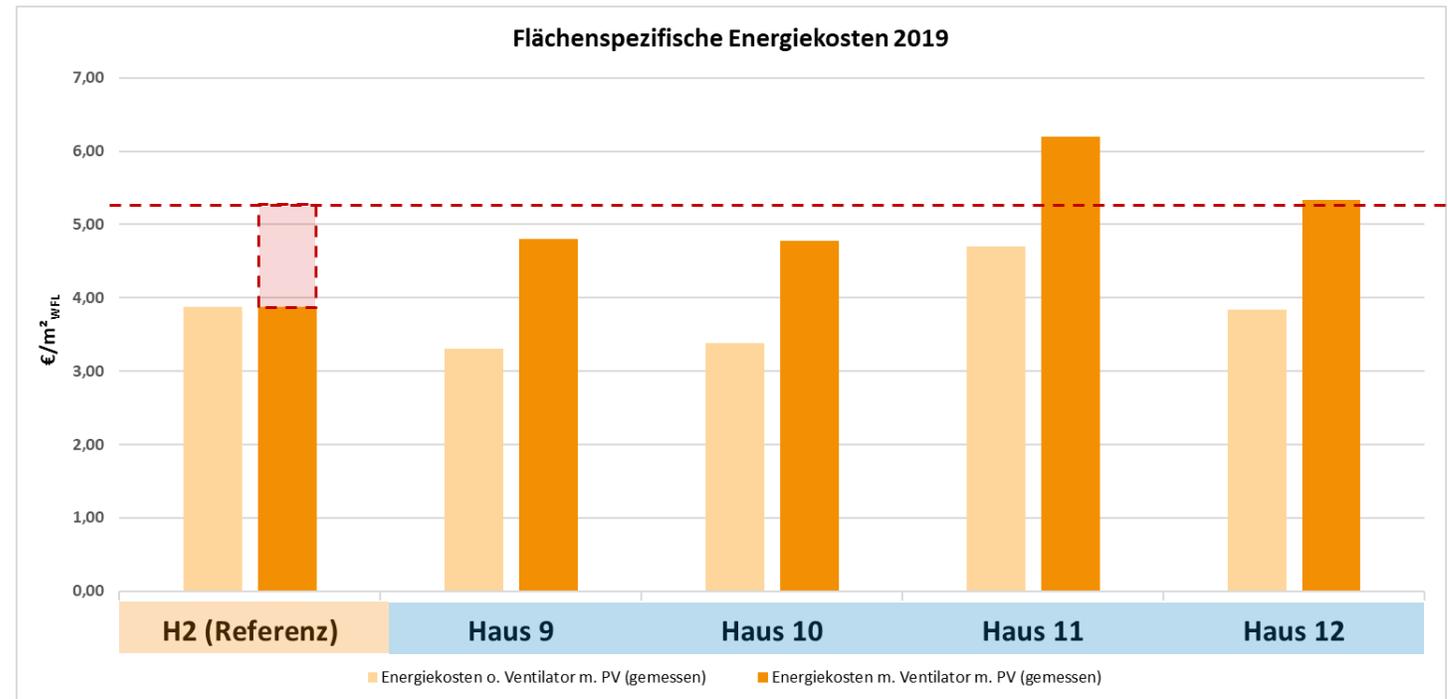
Fazit Haus 2

- H2 unterschreitet, ohne nochmal saniert werden zu müssen, im Jahr 2045 die Zielsetzung der Bundesregierung um > 50 %, damit hätte der **Aufwand der Gebäudedämmung reduziert** werden können.
- Bereits mit Inbetriebnahme von H2 wurde Q_p von **KfW EH40 erreicht**, es gab aber **keine Förderung** nach KfW EH40, da zu wenig gedämmt wurde.
- **Mehr Dämmung: Erhöhung der Baukosten** und der **CO₂-Emissionen** durch Materialaufwand (Graue Energie)
 - Dies führt zu einem zusätzlichen **ökologischen Rebound-Effekt**.



Auswertung Leuchtturm - Lichterfelde Süd

Jährliche Energiekosten pro m² WFL



- 1
- 2
- 3
- 4

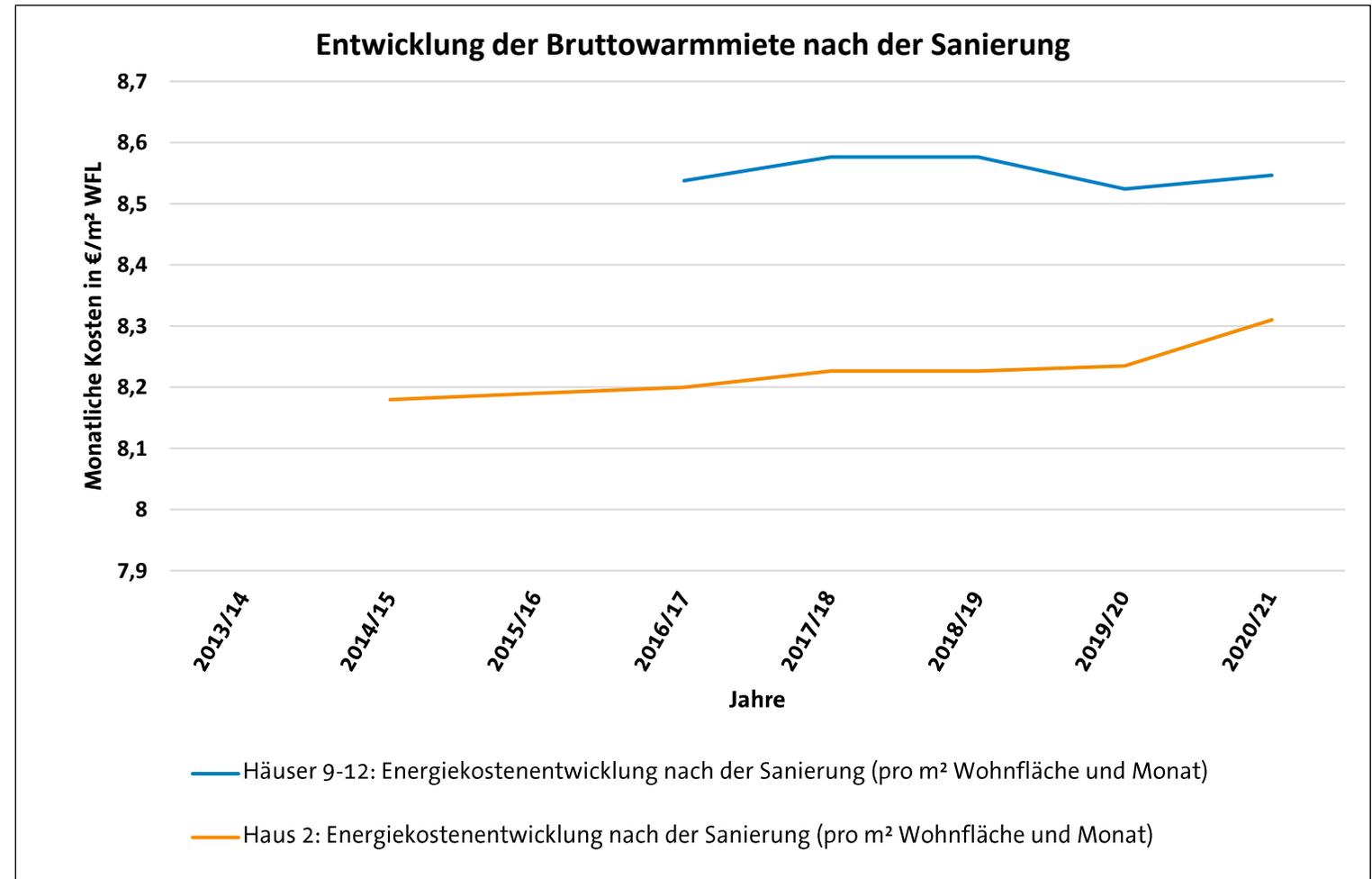
Auswertung Leuchtturm - Lichterfelde Süd

Nachweis Warmmietenneutralität

➤ Bruttowarmmietentwicklung

Häuser 9-12

Häuser 1-4



Auswertung Leuchtturm - Lichterfelde Süd

Nachweis Warmmietenneutralität

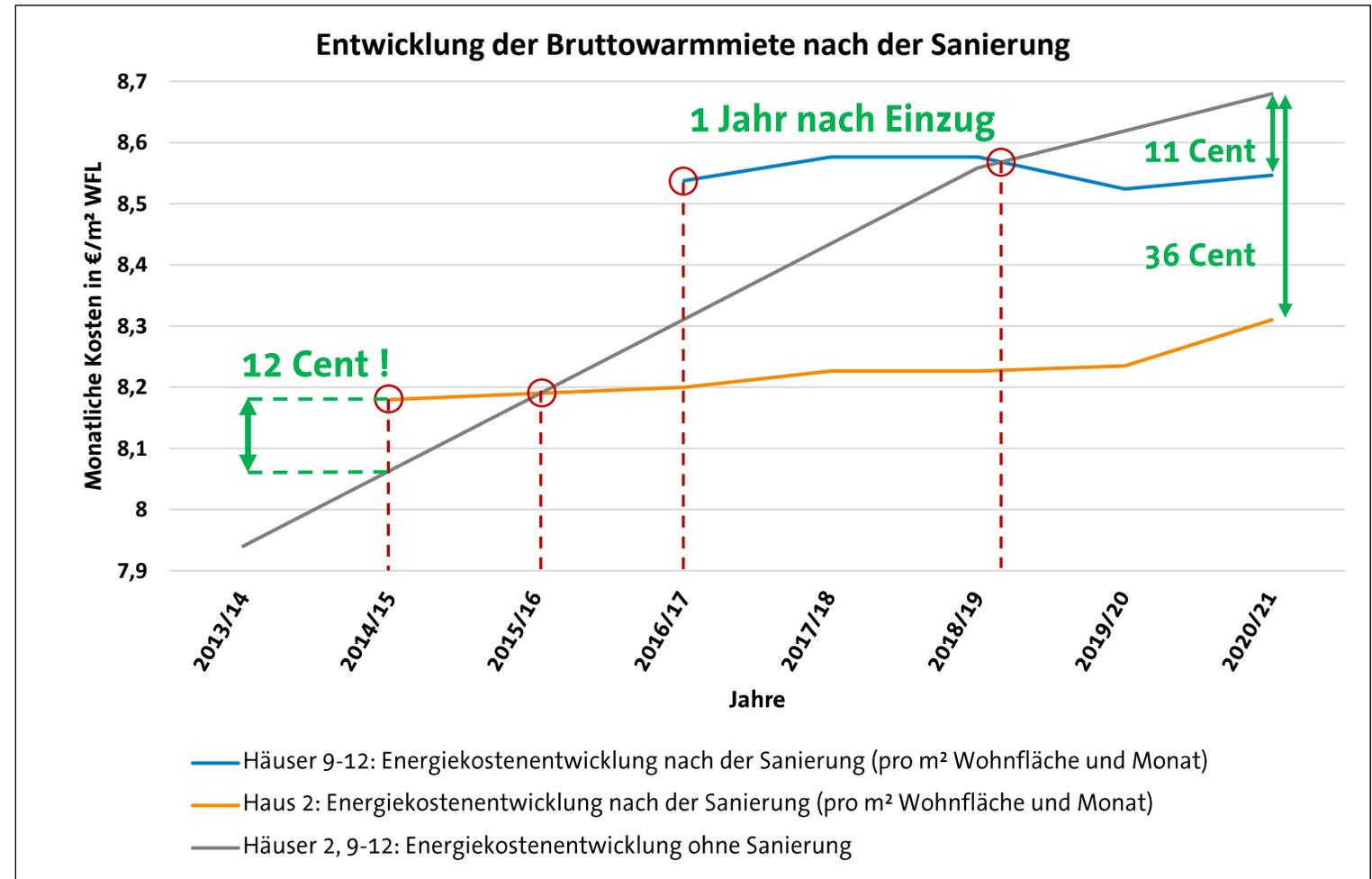
➤ Bruttowarmmietentwicklung

Häuser 9-12

Häuser 1-4

Warmmietenneutralität wurde erreicht!

(unter Berücksichtigung der Instandhaltungskosten von 12 Cent/m² vor Sanierung sowie der PV-Einspeisevergütung)



Auswertung Leuchtturm - Lichterfelde Süd

Problem Warmmietenneutralität

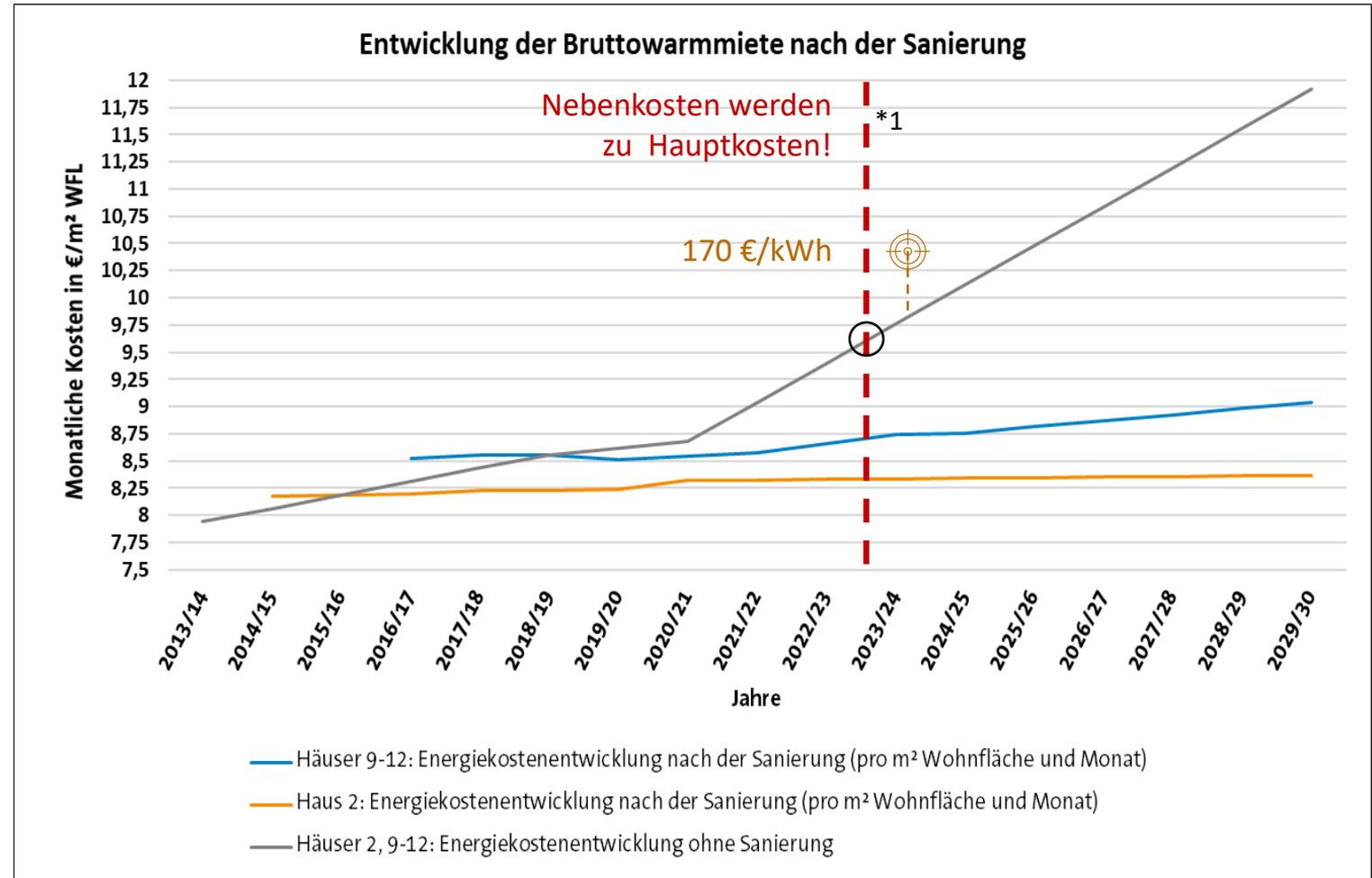
Bruttowarmmietentwicklung mit

- Prognose Fernwärme 2030: 24 Cent/kWh

*1: Nebenkosten übersteigen Nutzungsgebühr

Warmmietenneutralität ist kein Ziel!

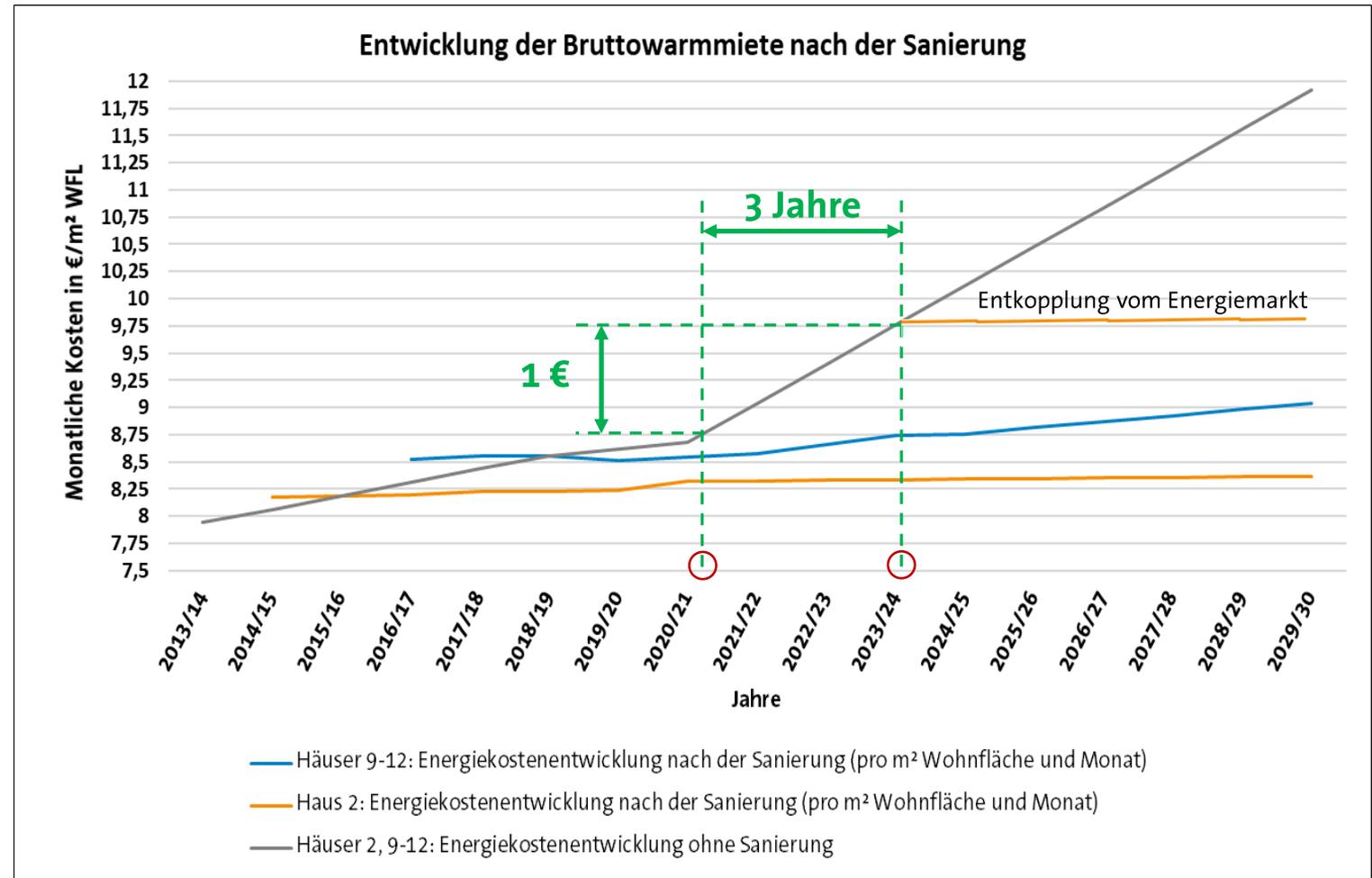
Es tickte eine soziale Zeitbombe.



Auswertung Leuchtturm - Lichterfelde Süd

Lösung

- Einführung eines **Soli-Euros**.
Damit könnte die gesamte eG saniert werden!



Auswertung Leuchtturm - Lichterfelde Süd

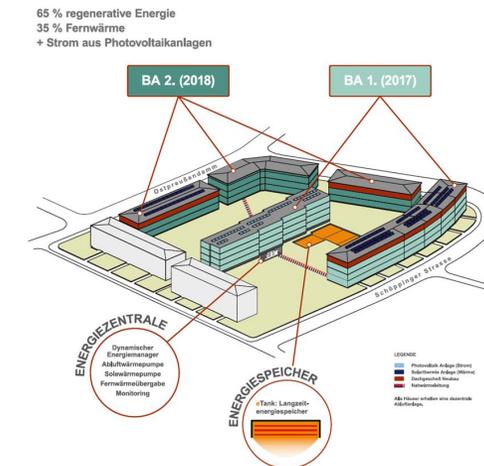


Fazit

1. Der **Materialeinsatz** für die Gebäudehülle kann ohne negative Auswirkungen auf den CO₂-Fußabdruck reduziert werden.
2. **Ressourcenoptimierung** führt in Sanierung und im Neubau zur **Reduktion von Bau-, Betriebs- und Energiekosten ohne negative Auswirkungen auf den CO₂-Fußabdruck**.
3. **Hebelwirkung:** Im **Quartiersansatz** führt dies zu einer erheblichen Reduktion von Bau-, Betriebs- und Energiekosten ohne negative Auswirkungen auf den CO₂-Fußabdruck.

Empfehlungen an Gesellschaft:

1. **Verschärfung** der Vorgaben an den **CO₂-Fußabdruck** des Gebäudes, **nicht** an **Qualität der Gebäudehülle**.
2. Auf messbare **Effizienz** aufbauende **Förderpolitik**.
3. **Einführung** eines **Soli-Euros** zur sozialverträglichen Umsetzung der Energiewende.



3.

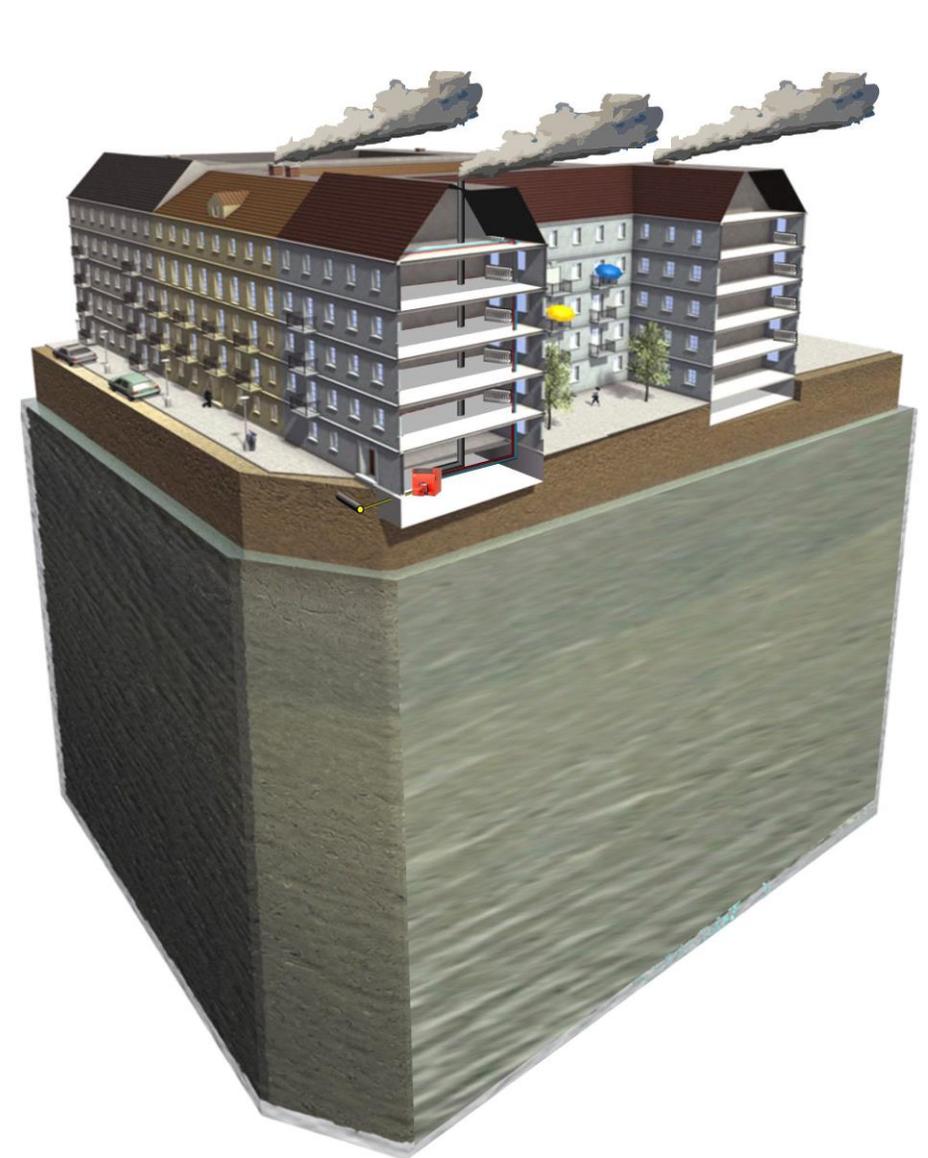
Wie gewinnen wir Zeit für den Transformationsprozess

[ZUM INHALT »](#)

Ausgangslage

Energieverbrauch zur Gebäudetemperierung – **die große Unbekannte!**

Energie für	WFL (m ²)	kWh/m ²	kWh
Heizung	1.000	180	180.000
Energie für			
Warmwasser (über Durchlauferhitzer)	1.000	20	20.000
Strom für Lüftung (innenliegende Bäder)	24	131	3.154
Strom für Wärmeverteilung			1.200
Strom für Steuerung			800
Strom gesamt			25.154

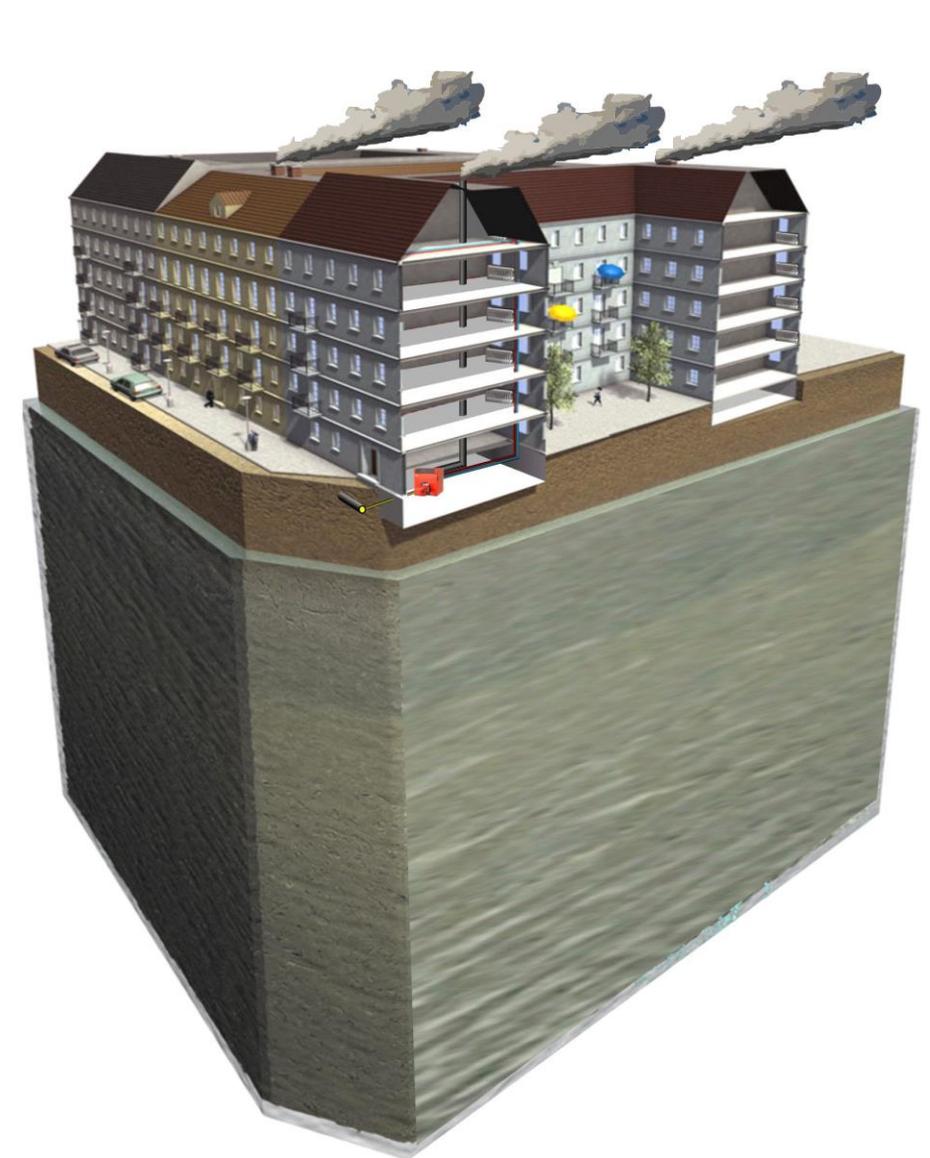


- 1
- 2
- 3
- 4

Ausgangslage

Energieverbrauch zur Gebäudetemperierung – **die große Unbekannte!**

Energie für	WFL (m ²)	kWh/m ²	kWh
Heizung	1.000	180	180.000
(0) 6,8 - 400 g_{CO2}-Äqu./kWh ←			
Energie für	WFL (m ²)	kWh/m ²	kWh
Warmwasser (über Durchlauferhitzer)	1.000	20	20.000
Strom für Lüftung (innenliegende Bäder)	24	131	3.154
Strom für Wärmeverteilung			1.200
Strom für Steuerung			800
Strom gesamt			25.154
ca. 300 - 560 g_{CO2}-Äqu./kWh ←			

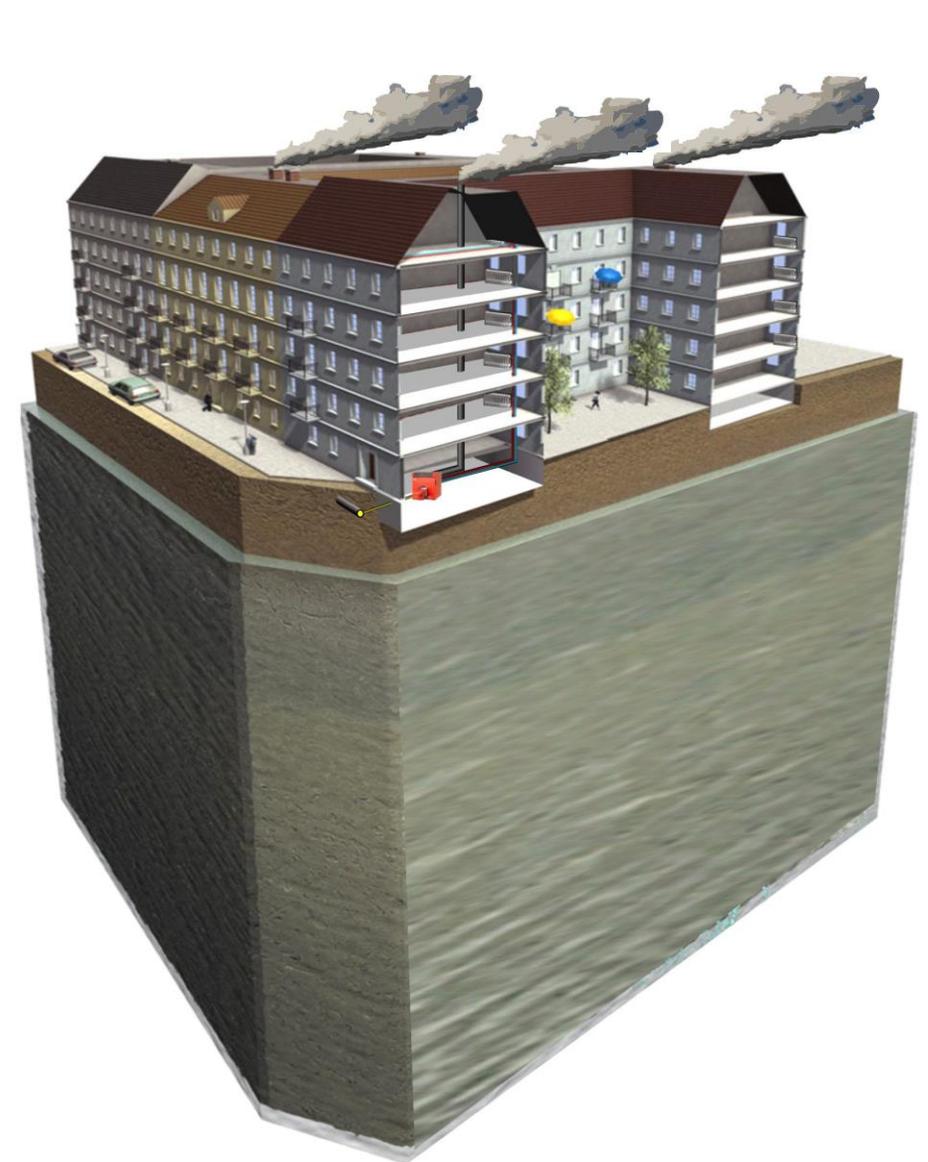


- 1
- 2
- 3
- 4

Energiereduktion

Heizenergieverbrauch – **die effektive Größe!**

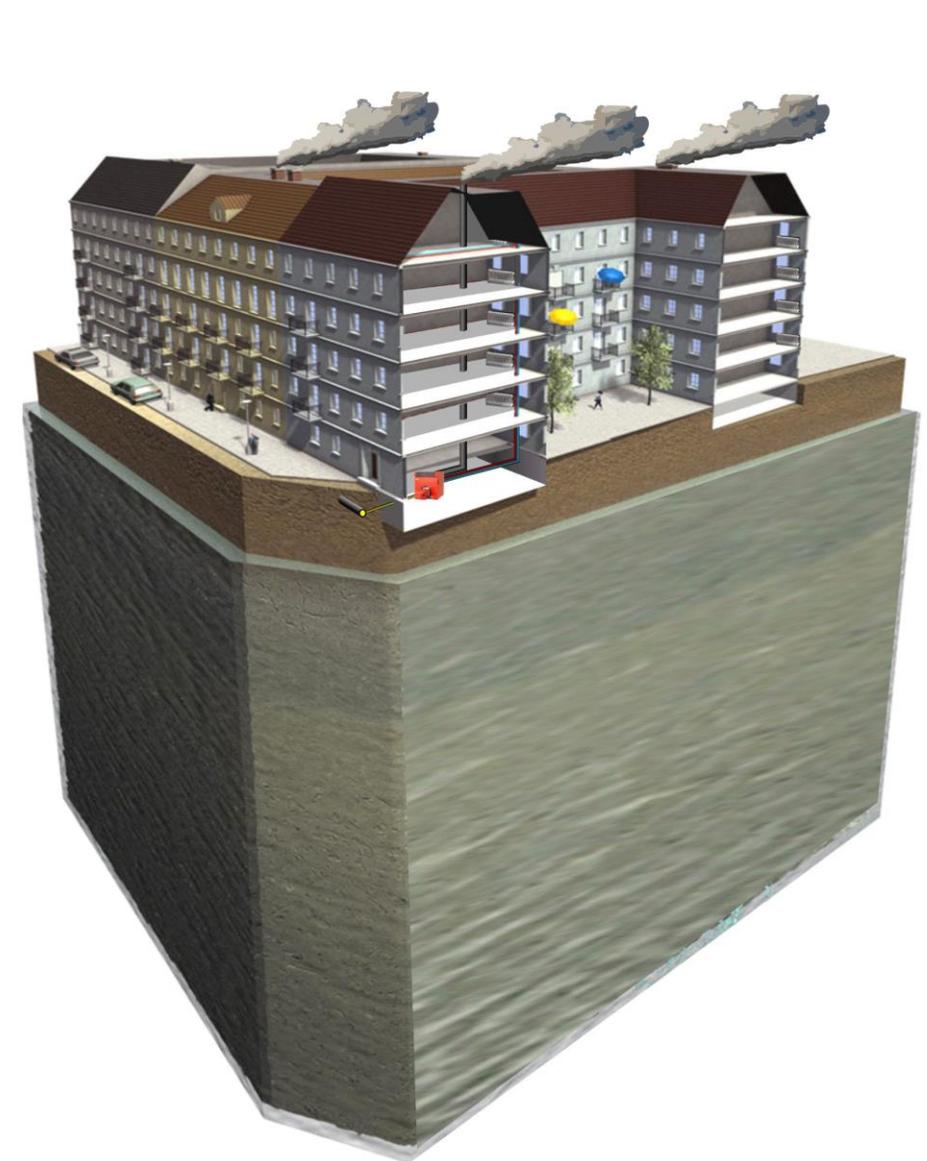
	kWh
Heizenergie zur Gebäudetemperierung inkl. WW gesamt	180.000



Energiereduktion

Heizenergieverbrauch – **die effektive Größe!**

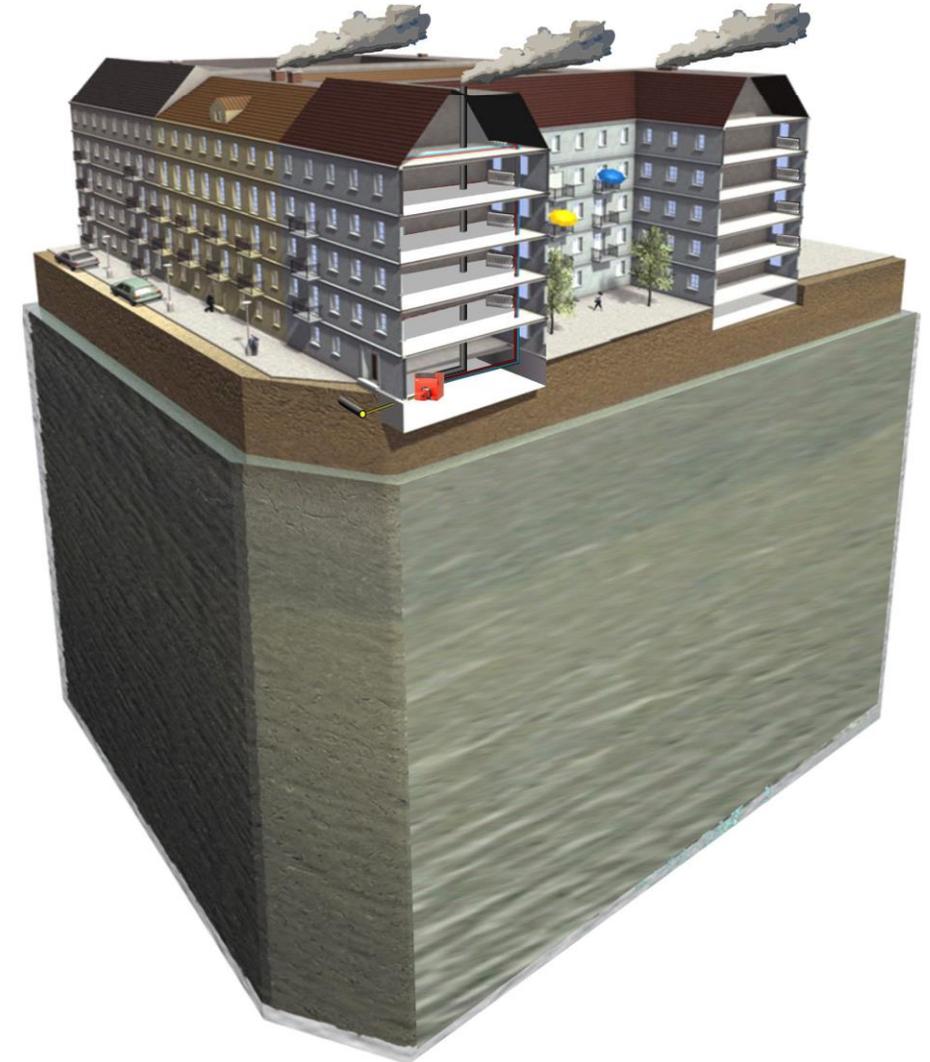
			kWh
Heizenergie zur Gebäudetemperierung inkl. WW gesamt			180.000
Anlagenoptimierung (Hydraulik etc. 20 - >50 %)	-20%	80%	144.000



Energiereduktion

Heizenergieverbrauch – **die effektive Größe!**

			kWh
Heizenergie zur Gebäudetemperierung inkl. WW gesamt			180.000
Anlagenoptimierung (Hydraulik etc. 20 - >50 %)	-20%	80%	144.000
Raumregelung & Systemtemperatur (10-15 %)	-10%	72%	129.600
Tatsächlich benötigte Heizenergie		72%	129.600



1

2

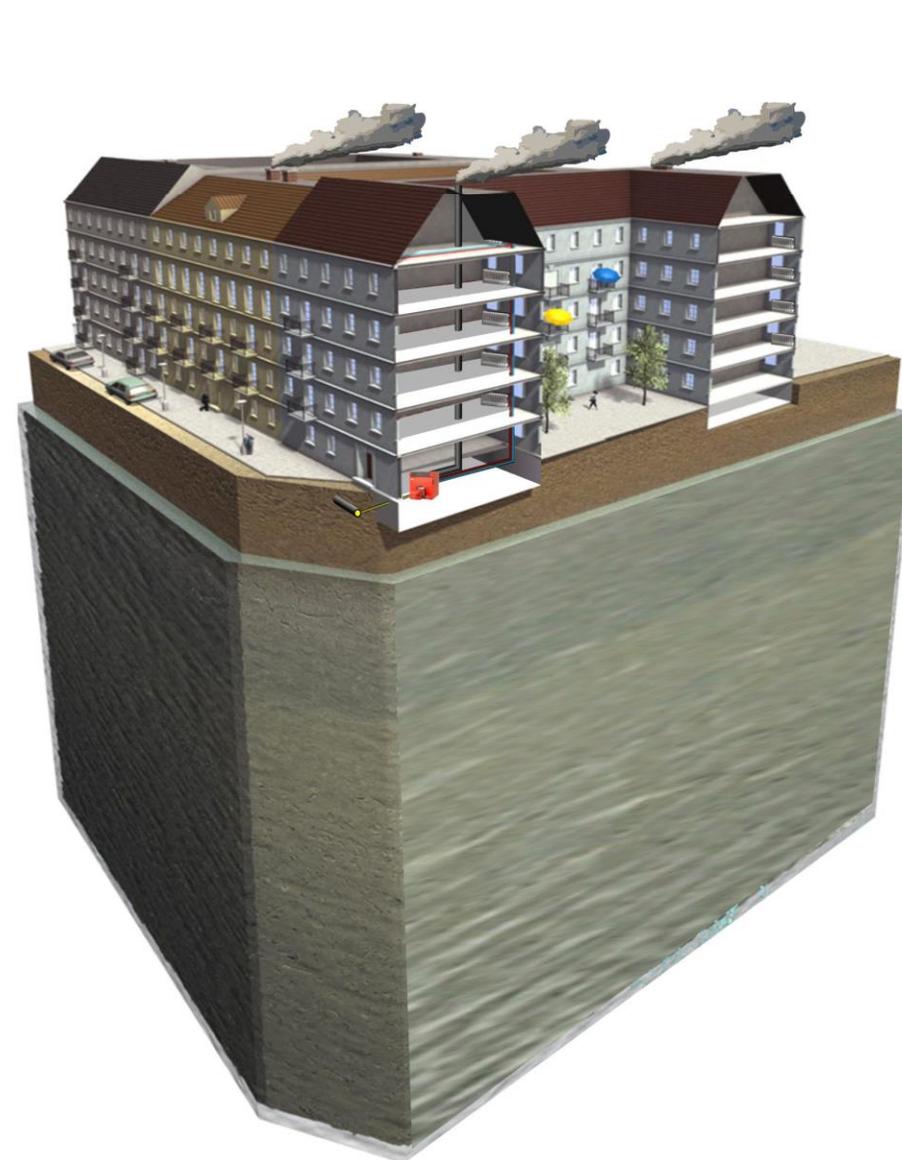
3

4

Energiereduktion

Heizenergieverbrauch – **die effektive Größe!**

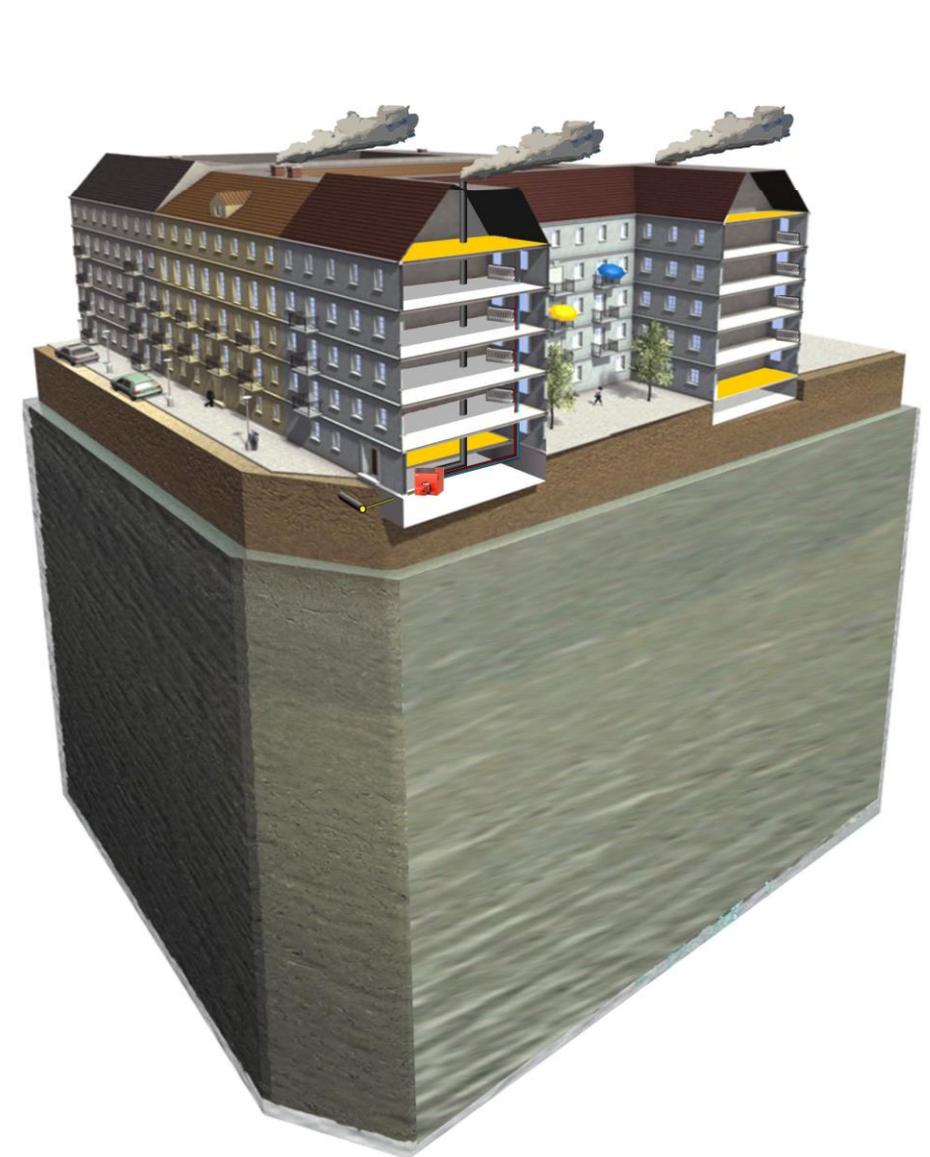
			kWh
Heizenergie zur Gebäudetemperierung inkl. WW gesamt			180.000
Anlagenoptimierung (Hydraulik etc. 20 - >50 %)	-20%	80%	144.000
Raumregelung & Systemtemperatur (10-15 %)	-10%	72%	129.600
Tatsächlich benötigte Heizenergie		72%	129.600



Energiereduktion

Heizenergieverbrauch – **die einfache Reduktion!**

			kWh
Heizenergie zur Gebäudetemperierung inkl. WW gesamt			180.000
Anlagenoptimierung (Hydraulik etc. 20 - >50 %)	-20%	80%	144.000
Raumregelung & Systemtemperatur (10-15 %)	-10%	72%	129.600
Tatsächlich benötigte Heizenergie		72%	129.600
Dachboden- u. Kellerdeckendämmung (10-20%)	-10%	65%	116.640



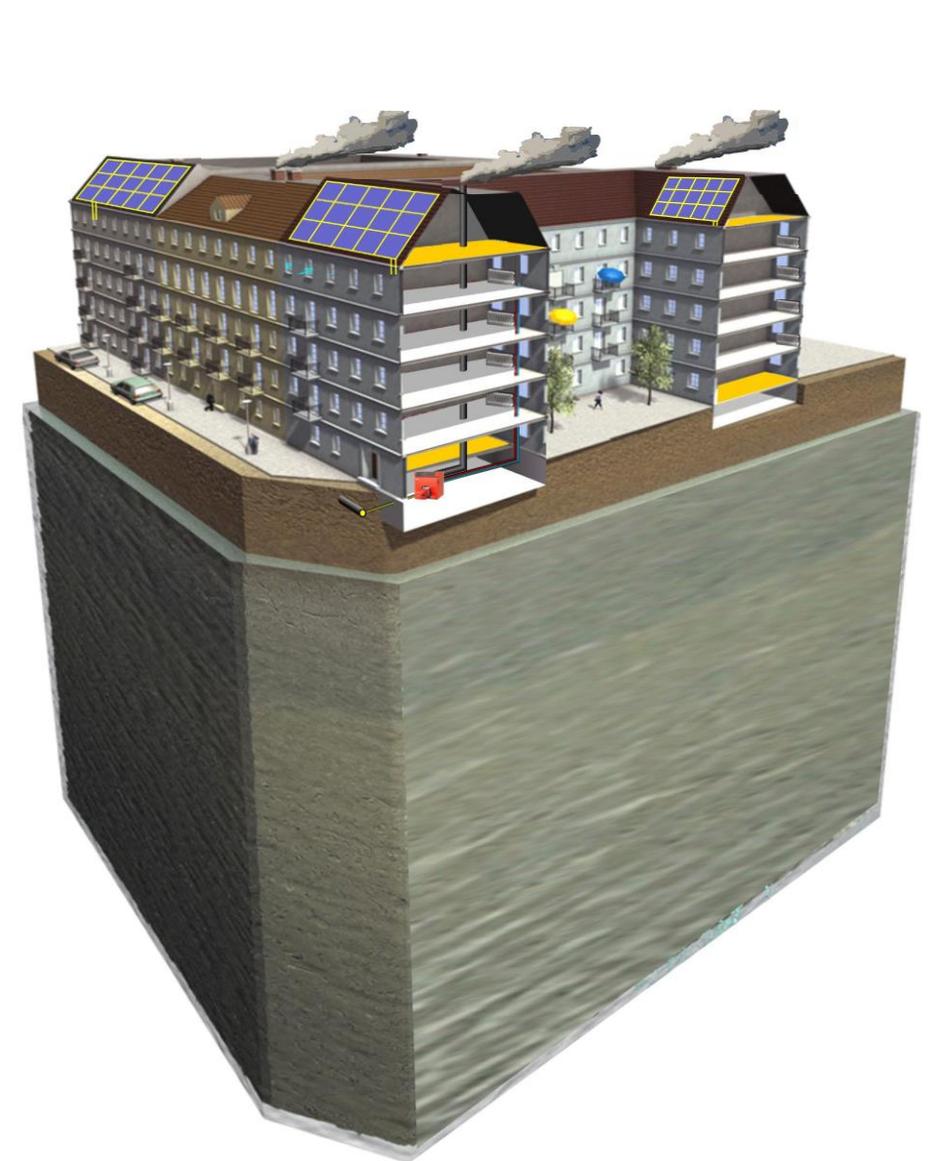
- 1
- 2
- 3
- 4

Energiereduktion

Heizenergieverbrauch – **die einfache Reduktion!**

			kWh
Heizenergie zur Gebäudetemperierung inkl. WW gesamt			180.000
Anlagenoptimierung (Hydraulik etc. 20 - >50 %)	-20%	80%	144.000
Raumregelung & Systemtemperatur (10-15 %)	-10%	72%	129.600
Tatsächlich benötigte Heizenergie		72%	129.600
Dachboden- u. Kellerdeckendämmung (10-20%)	-10%	65%	116.640
Solarenergie (7 - >20 %)	-7%	60%	108.475

Reduktion – **ohne die Wohnung zu betreten!**



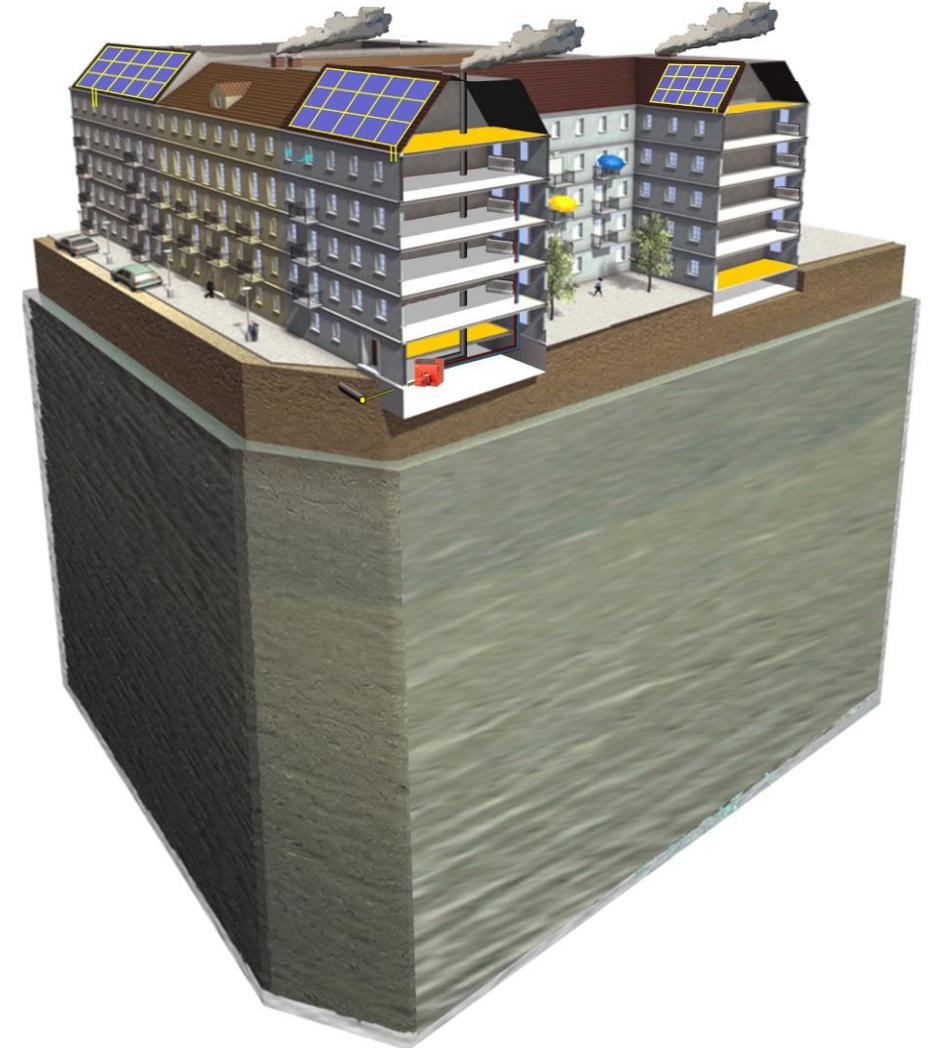
- 1
- 2
- 3
- 4

Energiereduktion

Heizenergieverbrauch – **die einfache Reduktion!**

			kWh
Heizenergie zur Gebäudetemperierung inkl. WW gesamt			180.000
Anlagenoptimierung (Hydraulik etc. 20 - >50 %)	-20%	80%	144.000
Raumregelung & Systemtemperatur (10-15 %)	-10%	72%	129.600
Tatsächlich benötigte Heizenergie		72%	129.600
Dachboden- u. Kellerdeckendämmung (10-20%)	-10%	65%	116.640
Solarenergie (7 - >20 %)	-7%	60%	108.475
Abluft Wärmerückgewinnung (20-35 %)	-20%	48%	86.780

Frischluferversorgung – **über Kaminanlagen ca. 1 Tag in der Wohnung.**

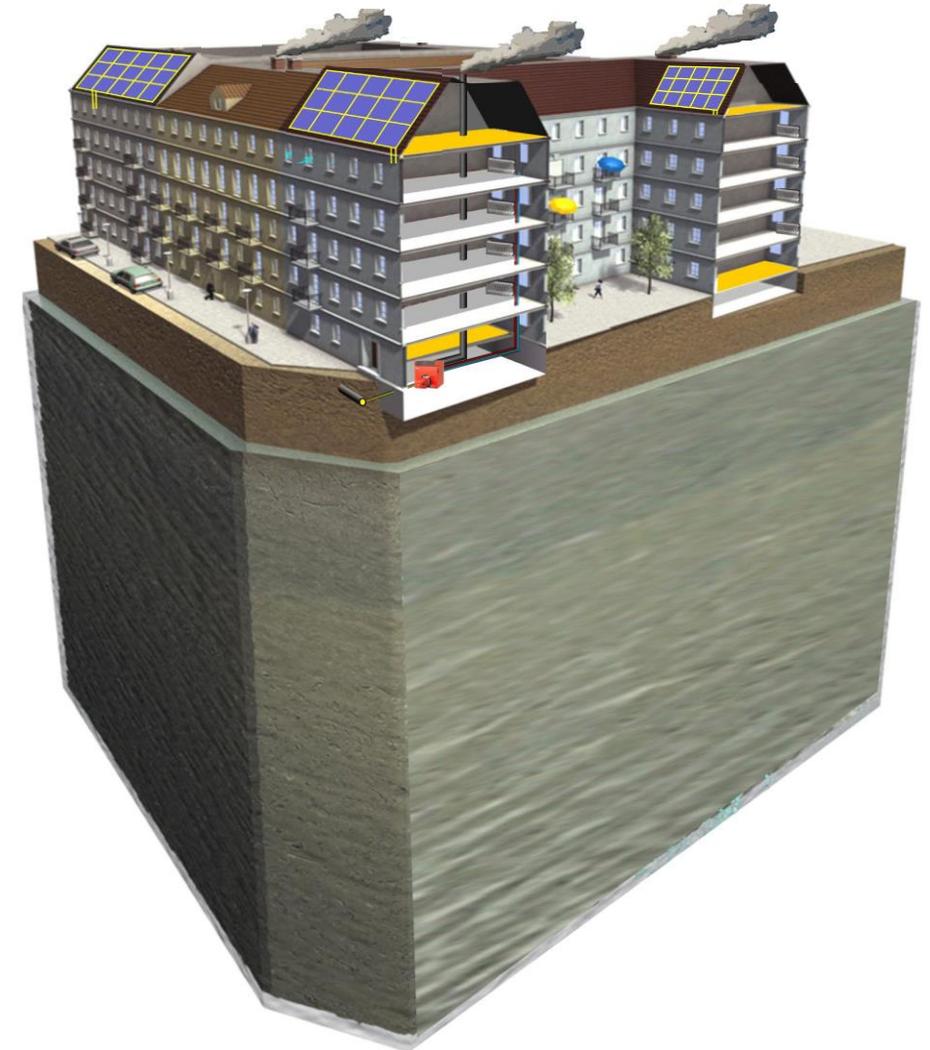


- 1
- 2
- 3
- 4

Energiereduktion

Heizenergieverbrauch – **die einfache Reduktion!**

			kWh
Heizenergie zur Gebäudetemperierung inkl. WW gesamt			180.000
Anlagenoptimierung (Hydraulik etc. 20 - >50 %)	-20%	80%	144.000
Raumregelung & Systemtemperatur (10-15 %)	-10%	72%	129.600
Tatsächlich benötigte Heizenergie		72%	129.600
Dachboden- u. Kellerdeckendämmung (10-20%)	-10%	65%	116.640
Solarenergie (7 - >20 %)	-7%	60%	108.475
Abluft Wärmerückgewinnung (20-35 %)	-20%	48%	86.780



Energiereduktion – CO₂-Kosten

Heizenergieverbrauch – **die einfache Reduktion!**

			kWh
Heizenergie zur Gebäudetemperierung inkl. WW gesamt			180.000
Anlagenoptimierung (Hydraulik etc. 20 - >50 %)	-20%	80%	144.000
Raumregelung & Systemtemperatur (10-15 %)	-10%	72%	129.600
Tatsächlich benötigte Heizenergie		72%	129.600
Dachboden- u. Kellerdeckendämmung (10-20%)	-10%	65%	116.640
Solarenergie (7 - >20 %)	-7%	60%	108.475
Abluft Wärmerückgewinnung (20-35 %)	-20%	48%	86.780
Gesamt			

Kosten m ² brutto	Basis Gas CO ₂ /m ²
	43
14 €	35
23 €	31
	-12
55 €	28
19 €	26
51 €	21
162 €	-22
(Einmalig)	(pro Jahr)

Mit 37 €/m² Aufwand 14 kg Reduktion!

Dezentral am Gebäude

- 1
- 2
- 3
- 4

Energiereduktion - Endenergie

Endenergie – ist nicht gleich Endenergie!

			kWh	Kosten m ² brutto	Basis Gas CO ₂ /m ²
Heizenergie zur Gebäudetemperierung inkl. WW gesamt			180.000		43
Anlagenoptimierung (Hydraulik etc. 20 - >50 %)	-20%	80%	144.000	14 €	35
Raumregelung & Systemtemperatur (10-15 %)	-10%	72%	129.600	23 €	31
Tatsächlich benötigte Heizenergie			72% 129.600		-12
Dachboden- u. Kellerdeckendämmung (10-20%)	-10%	65%	116.640	55 €	28
Solarenergie (7 - >20 %)	-7%	60%	108.475	19 €	26
Abluft Wärmerückgewinnung (20-35 %)	-20%	48%	86.780	51 €	21
Gesamt				162 €	-22
				(Einmalig)	(pro Jahr)

Endenergie ≤ 90 kWh/m² ←

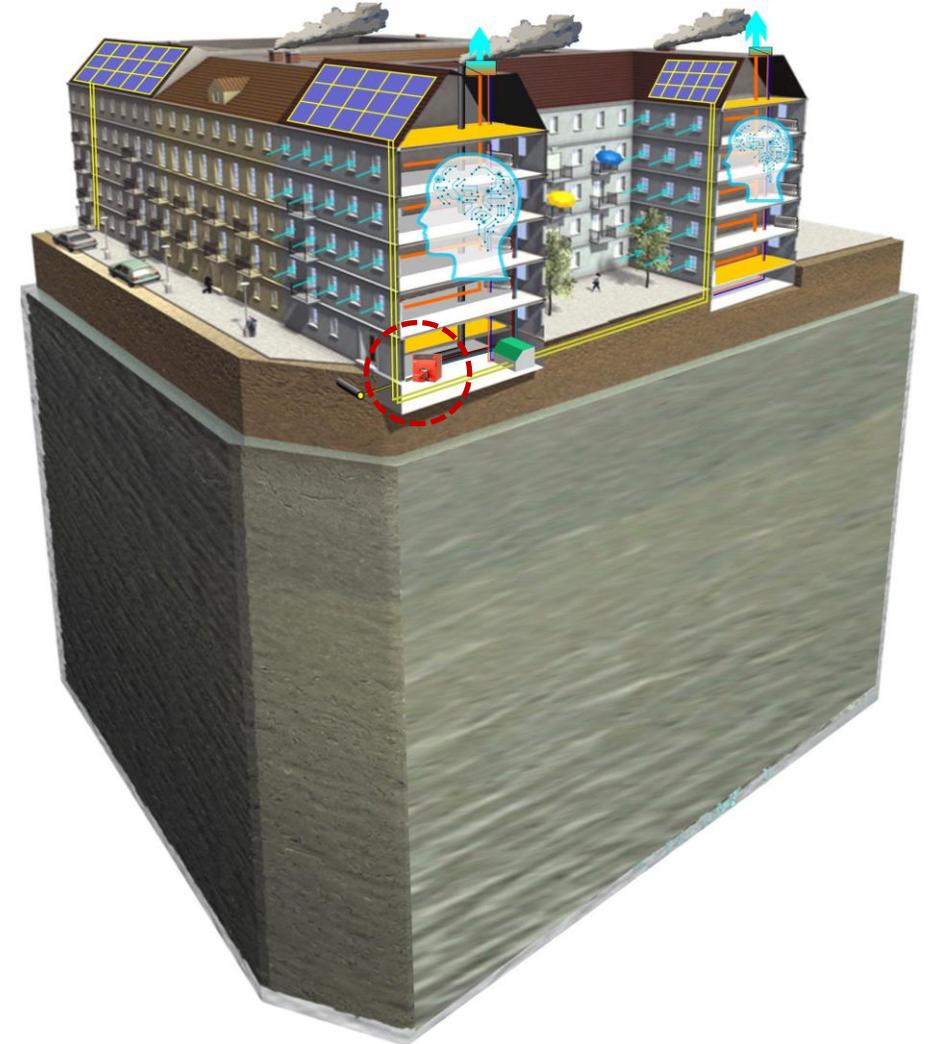
Energieart	kWh	€/kWh	Gesamt	m ² pro a	Differenz
Fernwärme	86.780	0,20 €	17.356	17,4 €	
Wärmepumpe (30 % Strom, 70 % Umweltwärme)	26.034	0,31 €	8.071	8,1 €	
zzgl. 5 % Kostensteigerung					
Fernwärme	86.780	0,21 €	18.224	18,2 €	0,87 €
Wärmepumpe (30 % Strom, 70 % Umweltwärme)	26.034	0,33 €	8.474	8,5 €	0,40 €



Schrittweise wachsende Nullemissions-Quartiere

NT-ready – geht mit (fast) jedem Gebäude!

1. Dachboden- und Kellerdeckendämmung
2. Vernetzte Raumregelung & Systemtemperatur-Optimierung
3. Solarenergienutzung mit PV-/Thermie-Kollektoren
4. Zentrale Abluftwärmerückgewinnung und Wärmepumpen
 - Alte Anlage deckt z.B. 20-30 % als Spitzenlast ab
 - Heizkörper können bestehen bleiben
 - Gebäudehülle kann in den kommenden 5-10 Jahren nachgebessert werden



1

2

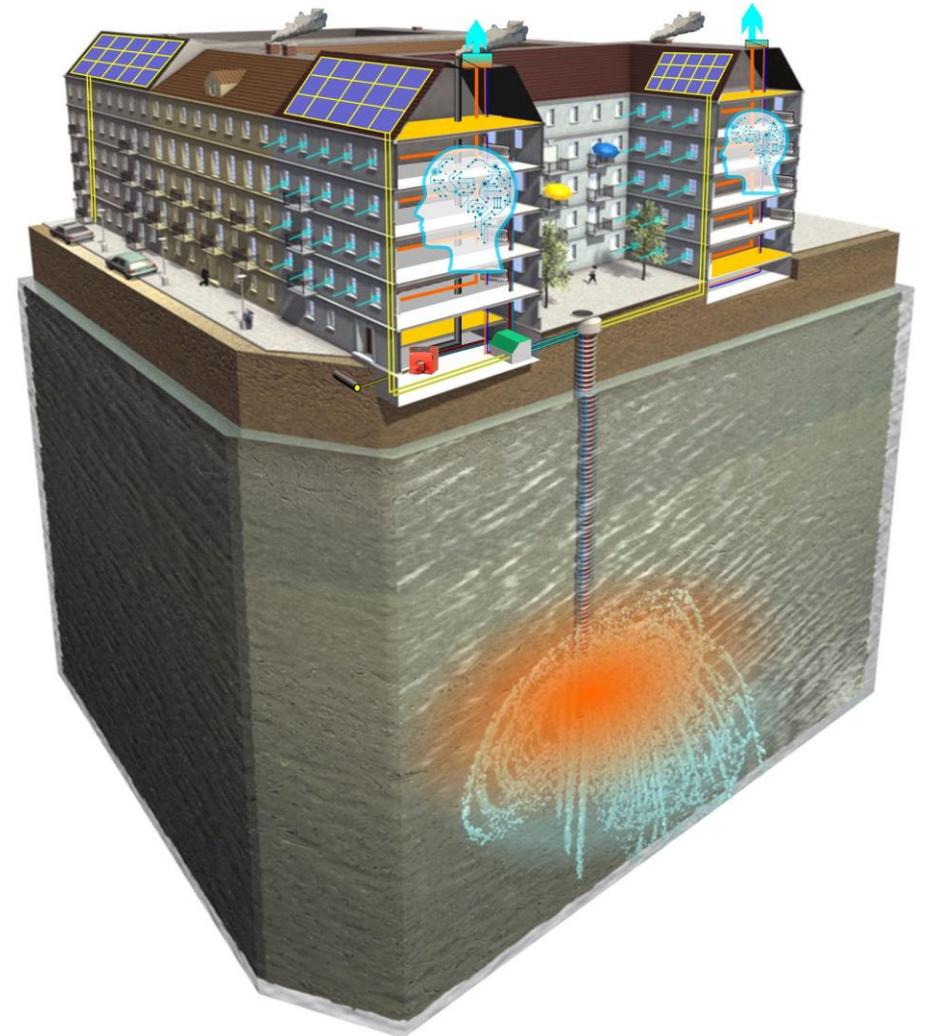
3

4

Schrittweise wachsende Nullemissions-Quartiere

NT-ready – geht mit (fast) jedem Gebäude!

1. Dachboden- und Kellerdeckendämmung
2. Vernetzte Raumregelung & Systemtemperatur-Optimierung
3. Solarenergienutzung mit PV-/Thermie-Kollektoren
4. Zentrale Abluftwärmerückgewinnung und Wärmepumpen
 - Alte Anlage deckt z.B. 20-30 % als Spitzenlast ab
 - Heizkörper können bestehen bleiben
 - Gebäudehülle kann in den kommenden 5-10 Jahren nachgebessert werden
5. Luftwärmepumpe (Schallemissionen!) oder geothermische Quelle zur saisonalen Wärmespeicherung auf dem Grundstück
 - Voraussetzung für CO₂-Neutralität
 - Platzbeschränkung geothermische Quelle



Schrittweise wachsende Nullemissions-Quartiere

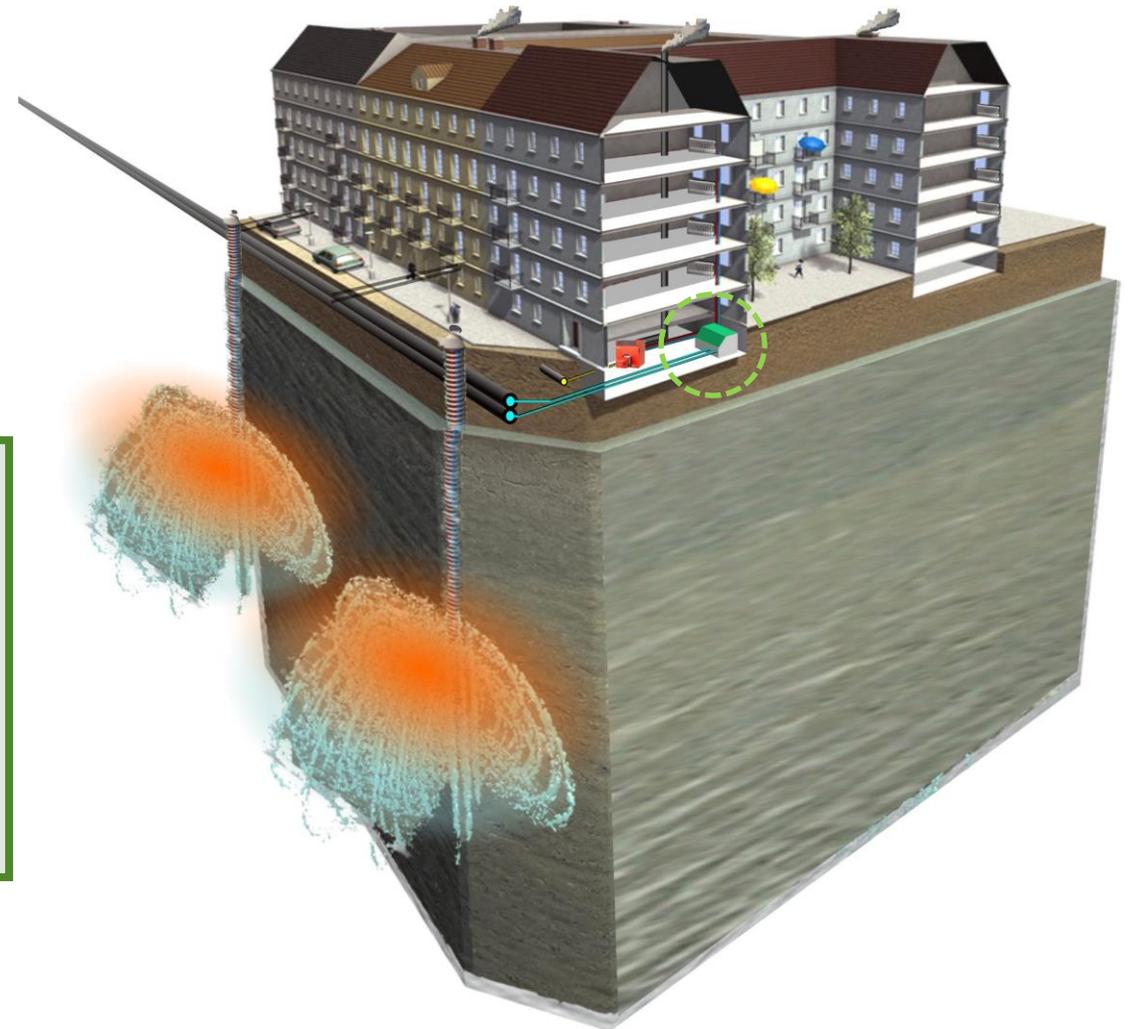
INFRASTRUKTUR IM ÖFFENTLICHEN RAUM

Flexibel erweiterbare „Kalte“ Umweltwärmenetze in der Straße mit unisolierten Rohren ermöglichen Wärmeaustausch (z.B. Kühlung und Trinkwassererwärmung)

Oberflächennahe Geothermie im öffentlichen Raum zur saisonale Wärmespeicherung mit Temperaturen zwischen 5 °C und 15 °C

Niedrigschwellige Umstellung auf Klimaneutralität

- Anschluss an Umweltwärmenetz (70-80 % Bezug), Kessel wird bis zur Sanierung Gebäudehülle weiter genutzt (20-30 %).
- Vorerst kein weiterer Eingriff am Gebäude notwendig.
- Wichtig: Aktivierung von Privatkapital (z.B. über Energiegenossenschaften als Träger der Netze und Speicher)



Schrittweise wachsende Nullemissions-Quartiere

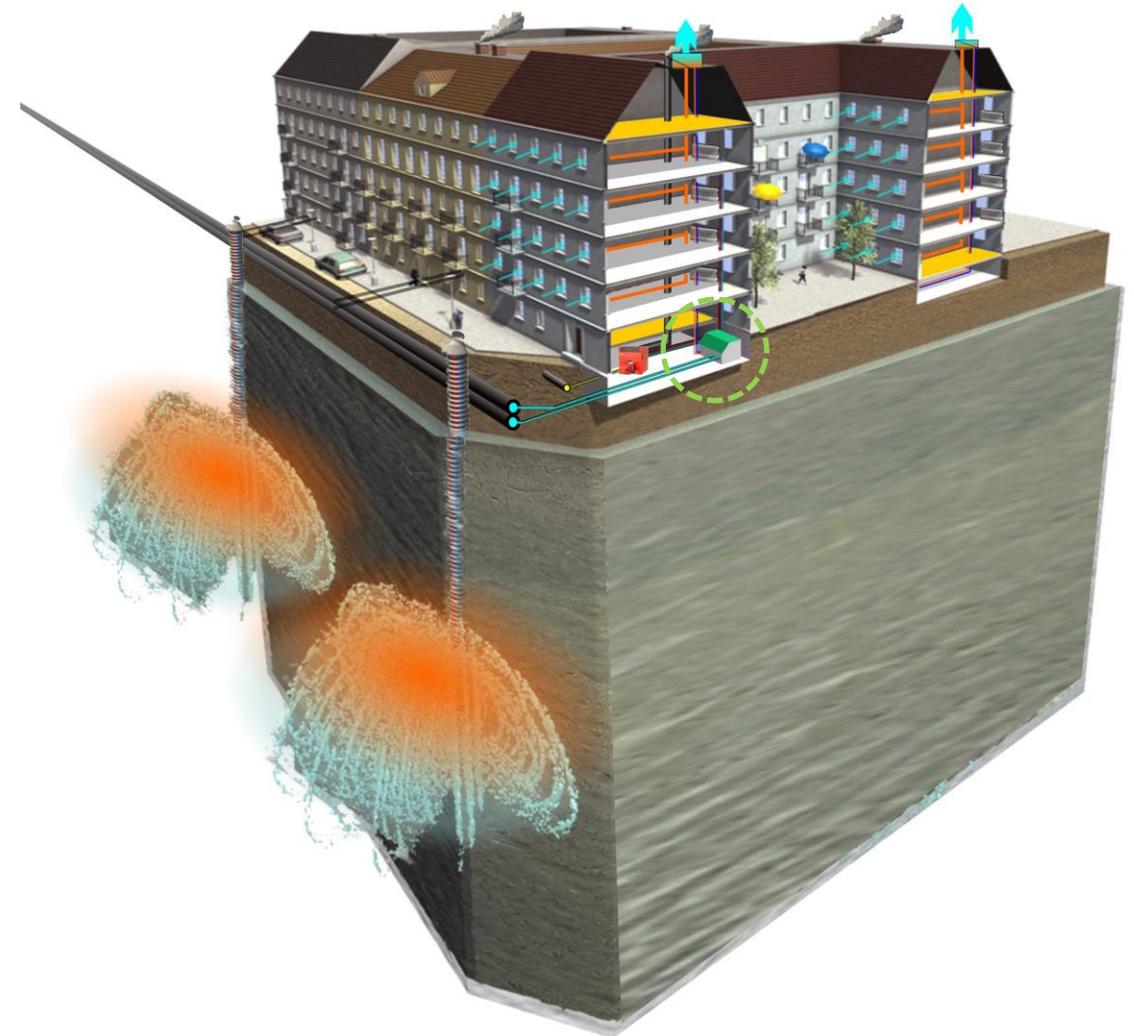
Sanierungsoptionen im Bestand –

INFRASTRUKTUR IM ÖFFENTLICHEN RAUM

Sanierungsoptionen im Bestand – **INDIVIDUELL 1**

1. Dachboden- und Kellerdeckendämmung
2. Zentrale Abluftwärmerückgewinnung und Wärmepumpen
 Aus dem Gebäude steht mit der Abluft eine kontinuierliche Wärmequelle mit 20 °C - 25 °C zur Verfügung, die im Winter mindestens den Trinkwarmwasser-Wärmebedarf deckt und im Sommer zur Regeneration der Saisonspeicher beiträgt.

NT-Ready



Schrittweise wachsende Nullemissions-Quartiere

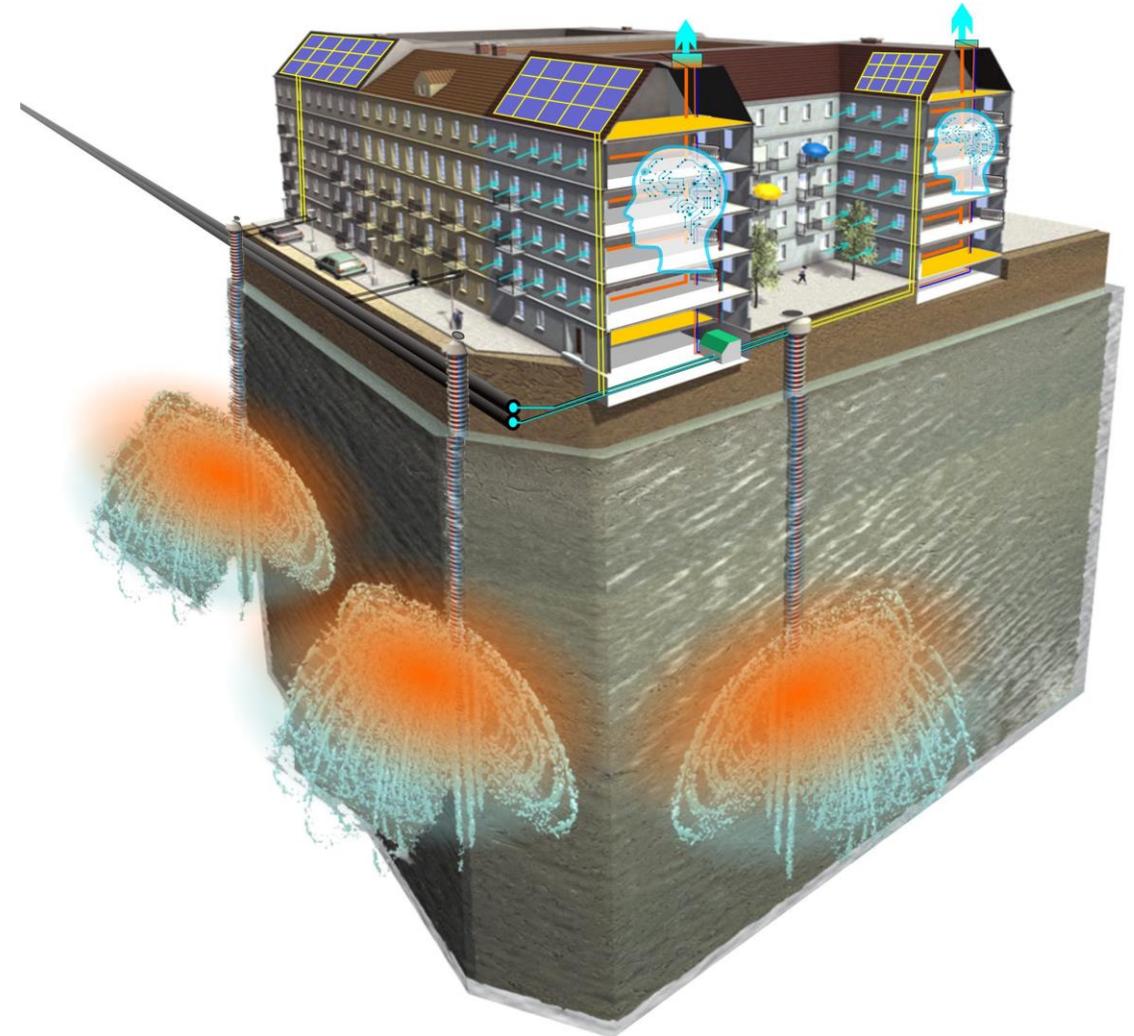
Sanierungsoptionen im Bestand –

INFRASTRUKTUR IM ÖFFENTLICHEN RAUM

Sanierungsoptionen im Bestand – **INDIVIDUELL 2**

1. Dachboden- und Kellerdeckendämmung
2. Zentrale Abluftwärmerückgewinnung und Wärmepumpen
Aus dem Gebäude steht mit der Abluft eine kontinuierliche Wärmequelle mit 20 °C - 25 °C zur Verfügung, die im Winter mindestens den Trinkwarmwasser-Wärmebedarf deckt und im Sommer zur Regeneration der Saisonspeicher beiträgt.

NT-Ready



1

2

3

4



Energieversorgung der Zukunft

[ZUM INHALT »](#)

Beispielquartier Schule

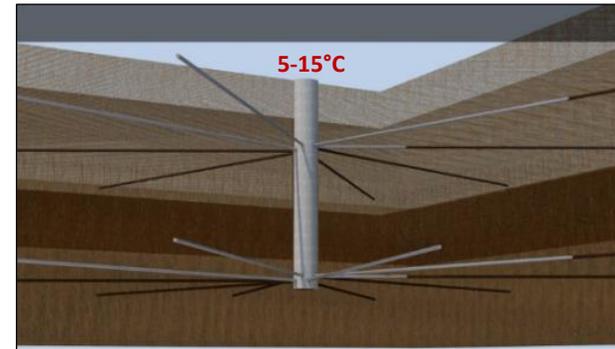
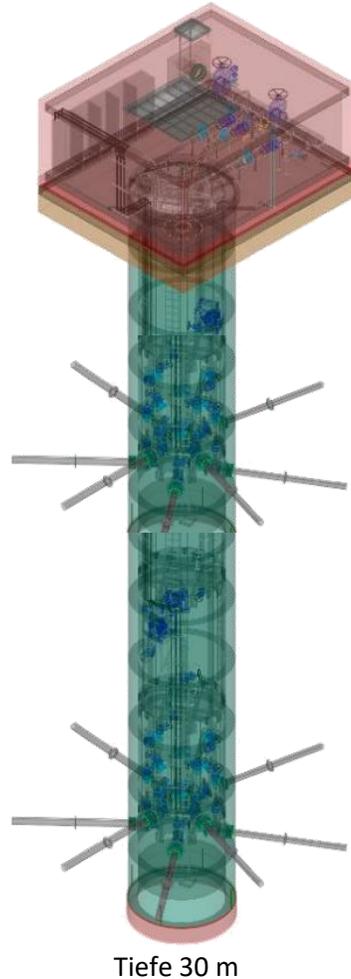
Ausgangspunkt für die Quartierssanierung



- 1
- 2
- 3
- 4

4 Horizontalfilter-Zirkulationsbrunnen

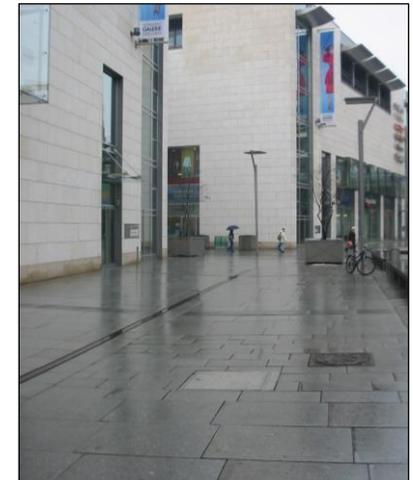
Aquiferspeicher im Megawatt-Leistungsbereich



- Bewährte Technologie seit mehr als 100 Jahren
- Heizen und Kühlen möglich
- Kein Fündigkeitsrisiko (wie bei Tiefengeothermie)
- Sanierungspotenzial für Altlasten

Impressionen Horizontalfilterbrunnenbau in Dresdens Innenstadt

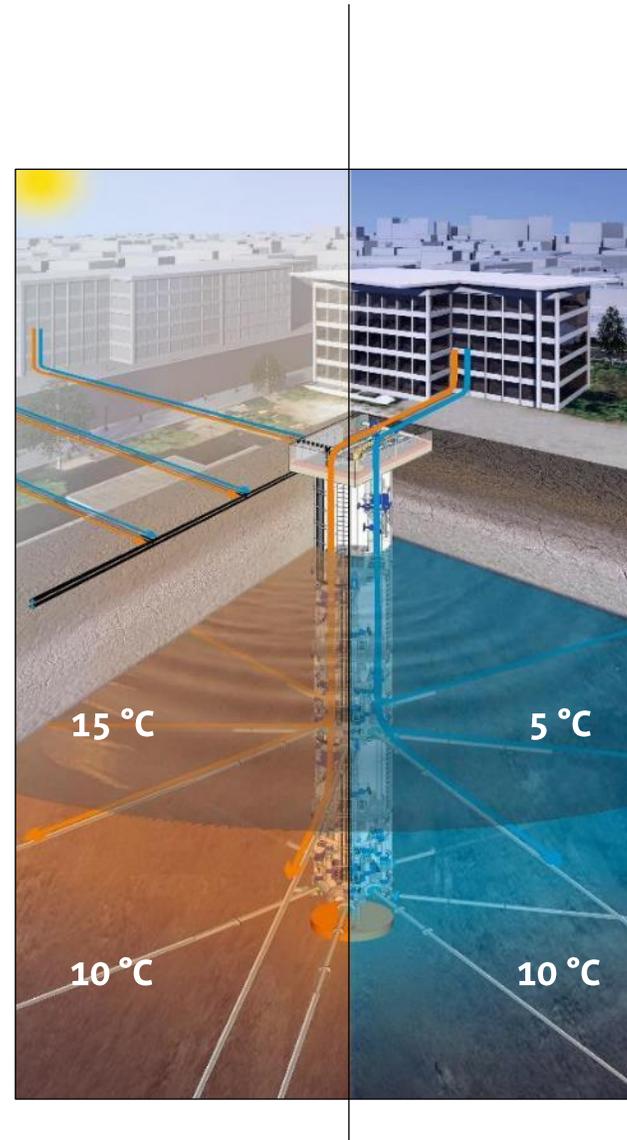
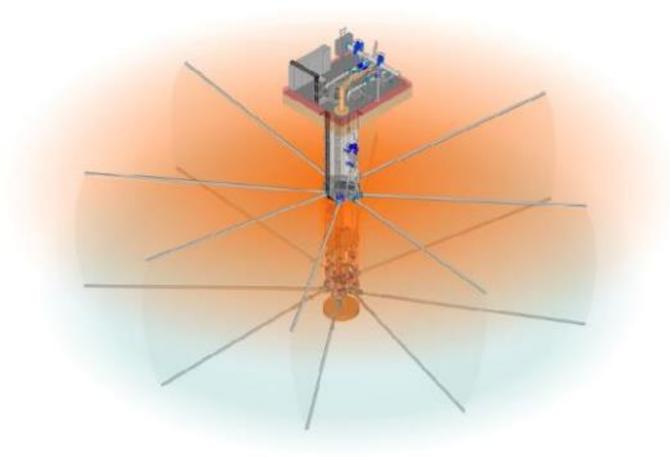
- 1
- 2
- 3
- 4



Aquiferspeicherung mit Horizontalfilter-Zirkulationsbrunnen

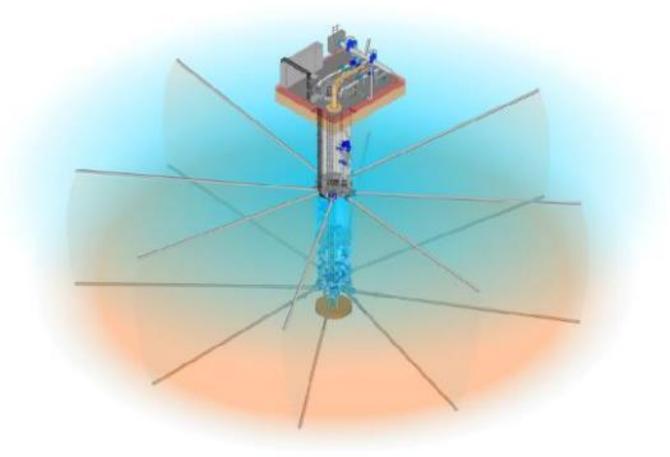
Sommer:

- Förderung von 10 °C Grundwasser von der Basis
- Erwärmung auf 15 °C
- **15 °C** Reinfiltration in der oberen Ebene



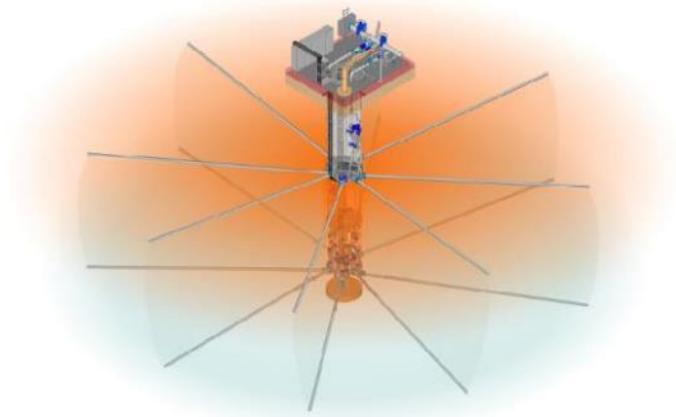
Winter:

- Förderung von 10 °C Grundwasser von der Basis
- Wärmeentzug bis auf 5 °C
- **5 °C** Reinfiltration in der oberen Ebene



Saisonalspeicher und Quellen in kommunalen Liegenschaften

Vollständige Versorgung mit Umweltwärme durch saisonale Speicherung



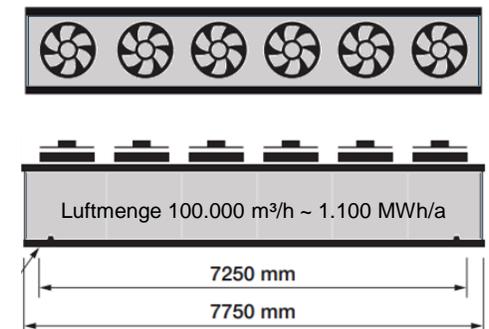
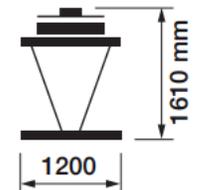
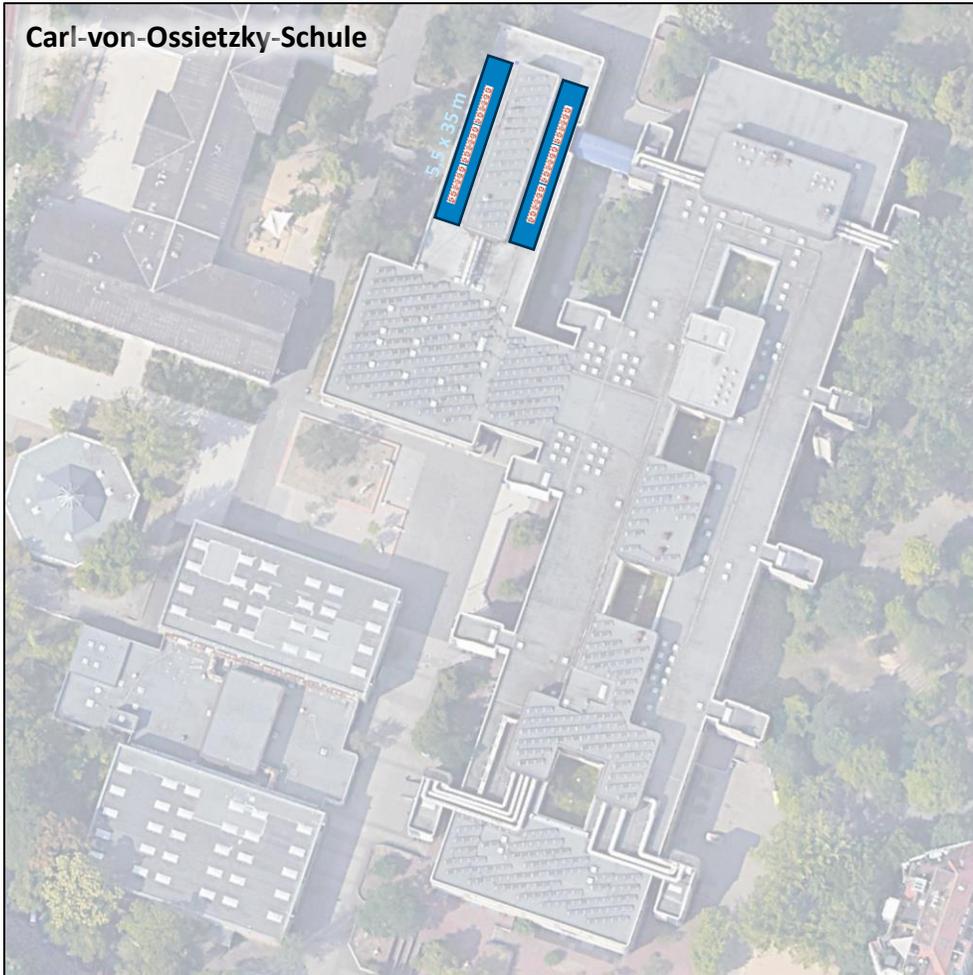
4 x 3 MW Speicher (4,7 MW)
→ 15.000 MWh_{thermisch}

- 1
- 2
- 3
- 4

8 Luft-Sole-Wärmetauscher

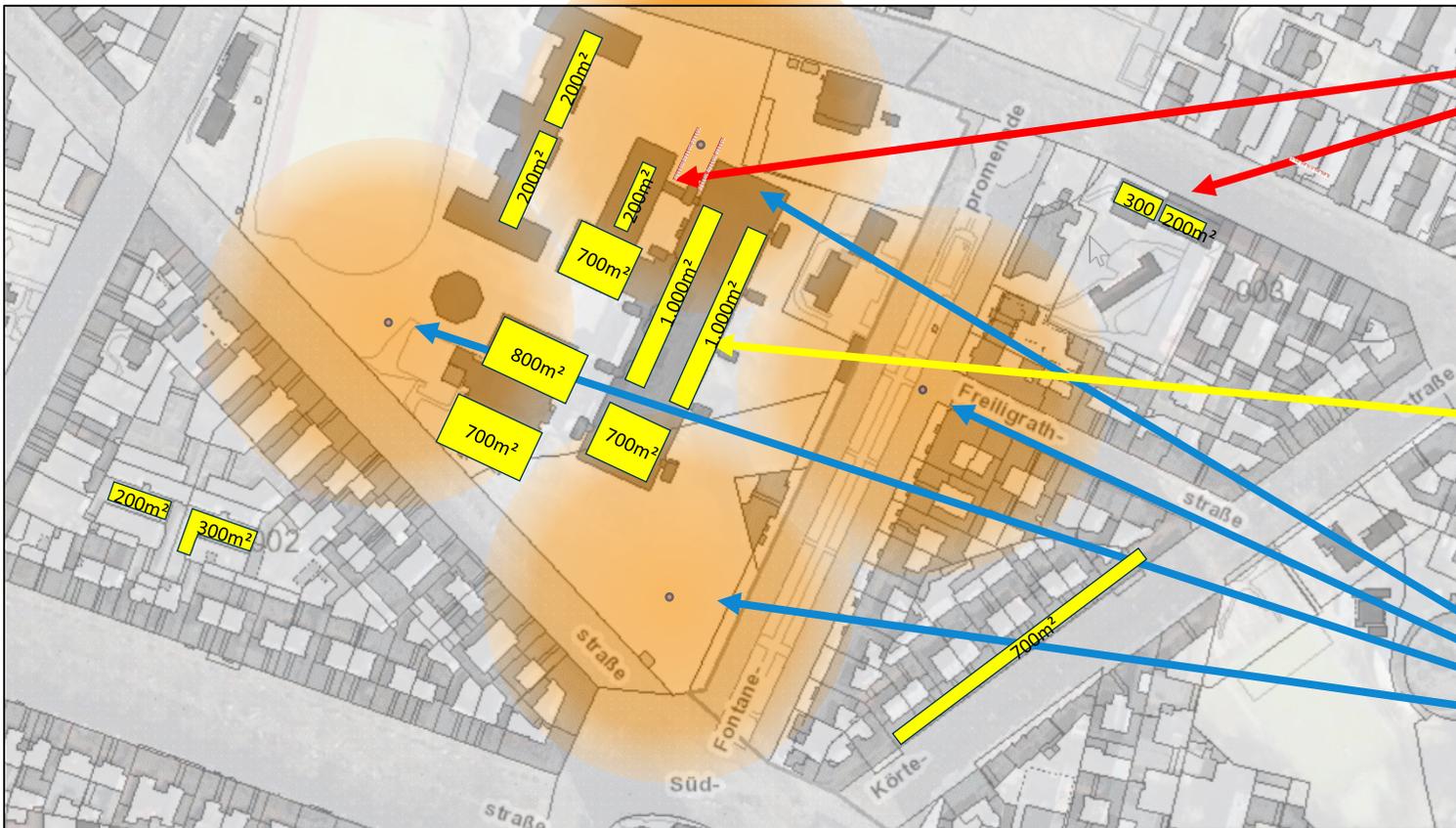
zur Regeneration der geothermischen Saisonspeicher

- 1
- 2
- 3
- 4



Saisonalspeicher und Quellen in kommunalen Liegenschaften

Vollständige Versorgung mit Umweltwärme durch saisonale Speicherung



8 x Luftwärmetauscher
 Je 100.000 m³/h
 → 8.400 MWh_{thermisch}

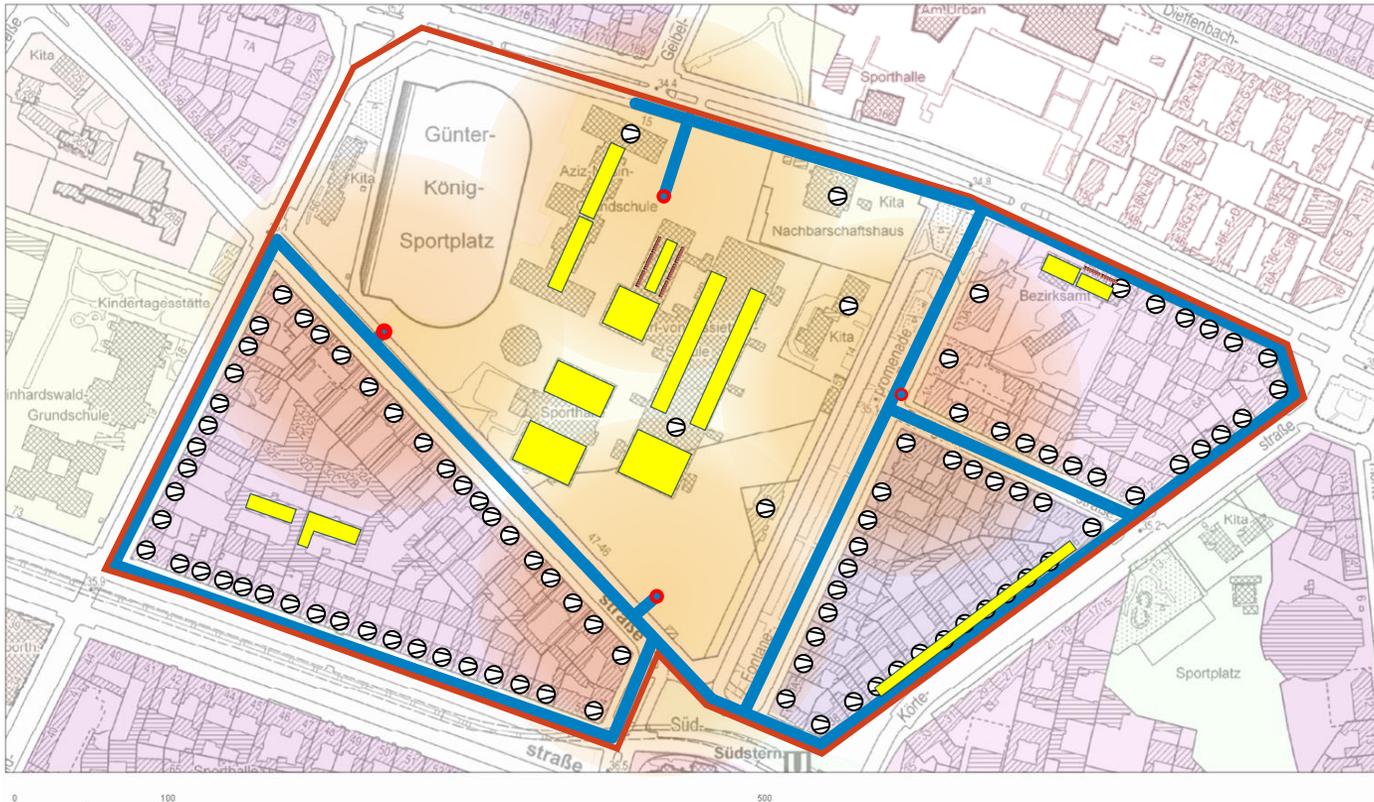
7.600 m² PVT
 → 5.300 MWh_{thermisch}
 → 1.500 MWh_{elektrisch}

4 x 4,7 MW Speicher
 → 15.000 MWh_{thermisch}

- 1
- 2
- 3
- 4

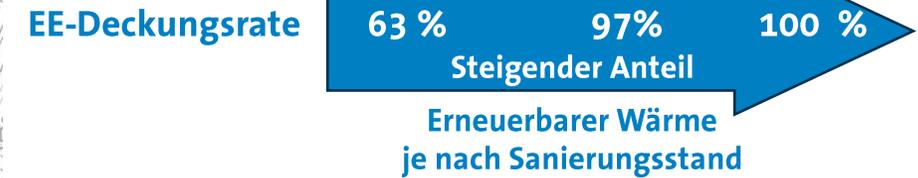
5 GDHC*-Netze zur Erschließung des Quartiers

Quellen, Netz, Speicher und Wärmepumpen für 170 €/m² (ohne Förderung)



	Bedarf unsaniert	Bedarf nach 20% Einsparung durch geringinvestive Maßnahmen	Bedarf nach Nutzung von Abluftwärme
	120 kWh/m ² a	96 kWh/m ² a	76 kWh/m ² a
A	3.600 MWh	2.880 MWh	2.280 MWh
B	14.256 MWh	11.405 MWh	9.029 MWh
C	9.120 MWh	7.296 MWh	5.776 MWh
D	6.864 MWh	5.491 MWh	4.347 MWh
Summe Bedarf	33.840 MWh	27.072 MWh	21.432 MWh

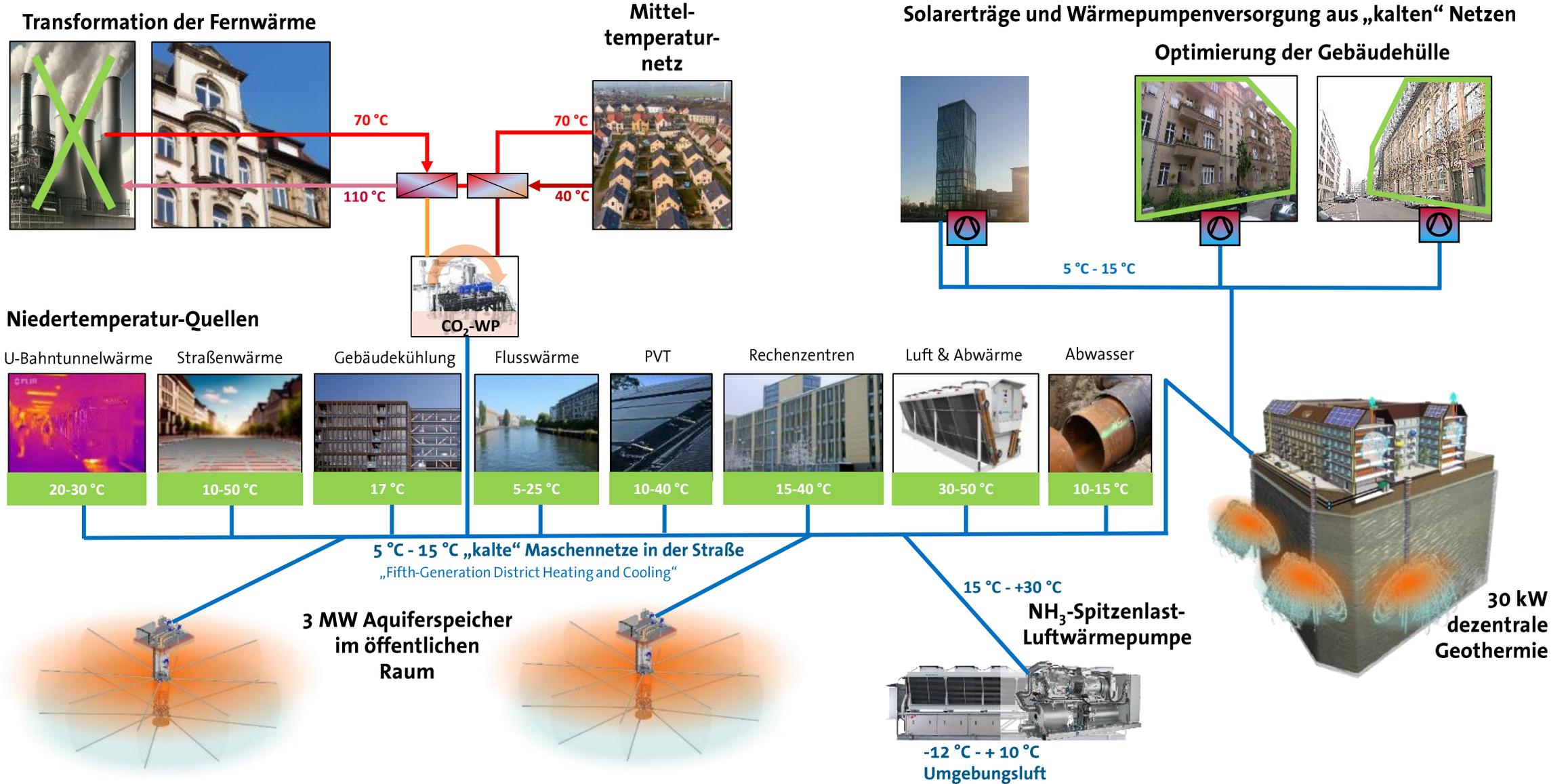
Umweltwärmebedarf für WP bei JAZ = 3,5	23.887 MWh	19.110 MWh	15.128 MWh
Heizlast	19 MW	15 MW	12 MW



Ausbau und Anschluss im Rahmen einer zellularen Quartiersentwicklung

Wärme-/Kälteversorgung mit 5GDHC-Umweltwärmenetzen

- 1
- 2
- 3
- 4



Vielen Dank.

Taco Holthuizen, Architekt, Professor und GF von eZeit Analytics GmbH

EBZ AKADEMIE | BOCHUM, 22. Mai 2024

e⁺Zeit Analytics

für



Taco Holthuizen

Geschäftsführer eZeit Analytics GmbH und eZeit Ingenieure GmbH
Professor an der Berliner Hochschule für Technik (BHT)

Kontakt

eZeit Analytics GmbH
Ella-Barowsky-Straße 69
10829 Berlin

Tel.: +49 30-509 30 74-80

Mobil: +49 173-215 99 73

Mail: t.holthuizen@ezeit-analytics.eu

Unsere Schwerpunkte

- Beratung zu Energieversorgungskonzepten auf Basis erneuerbarer Energie
- Ökonomische und ökologische Bewertung von Gebäudeensembles, Quartieren und deren Energieversorgungssystemen
- Beratung zu integrierten Betreibermodellen

Hinweis

Alle durch eZeit Analytics GmbH erstellten Inhalte und Werke, insbesondere Texte, Berechnungen, Fotografien und Grafiken so weit nicht ausdrücklich anders gekennzeichnet, sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, einschließlich der Vervielfältigung, Veröffentlichung, Bearbeitung und Übersetzung, bleiben vorbehalten, eZeit Analytics GmbH. Die Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und jeder Art der Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtes bedürfen der schriftlichen Zustimmung von eZeit Analytics GmbH.

Bilder, Textteile und andere Darstellungen dürfen nicht aus dem Kontext dieses Vortrages gerissen werden.