Energetische Sanierung der Genossenschaftssiedlung aus den 1930er Jahren in Berlin-Lichterfelde – Planung, Ausführung, Auswertung

Taco Holthuizen, GF Architekt

4. Brandenburgischer Tag des nachhaltigen Planens und Bauens
Potsdam, 30.09.2020

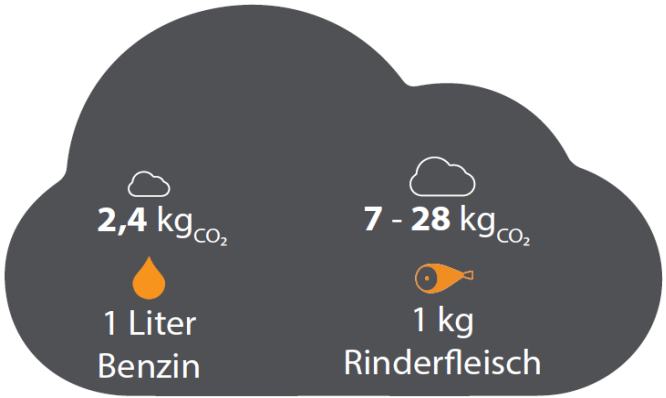
© SOHO (ESA & NASA) für eZeit Ingenieure GmbH

Hinweis:

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

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

Dekarbonisierung bis 2050



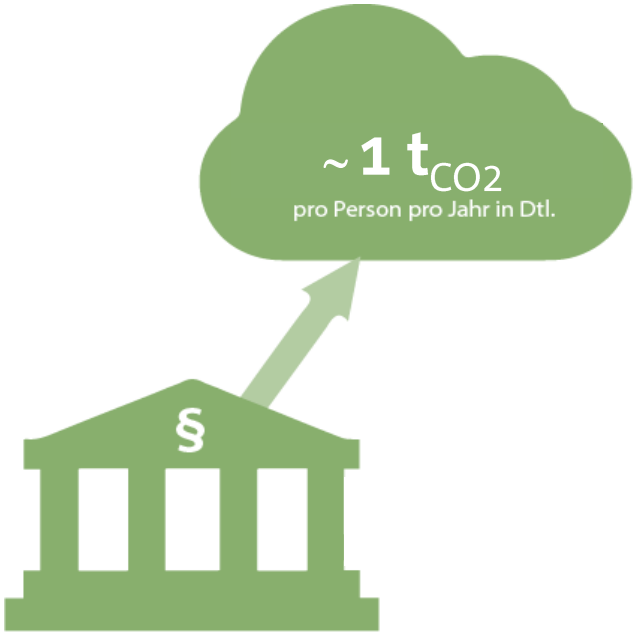
~11,1 t$_{CO_2}$

2014

- 93%

~1 t$_{CO2}$

2050



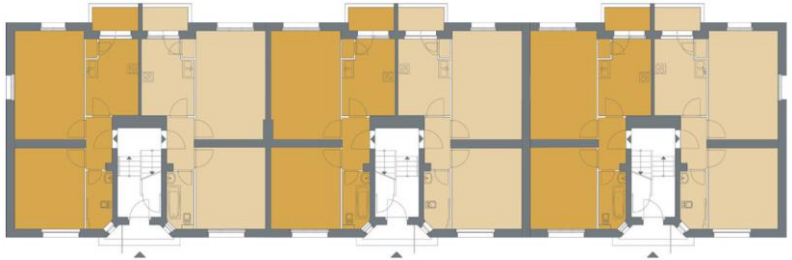
© eZeit Ingenieure GmbH; Der geschätzte Wert von 1 tCO$_2$ pro Person bezieht sich auf das 1,5 °C-Ziel.

Bauabschnitte

Grüne bezahlbare Energie – Ganzheitliche Dekarbonisierung – Soziale Verantwortung

© eZeit Ingenieure GmbH

Beispielgebäude



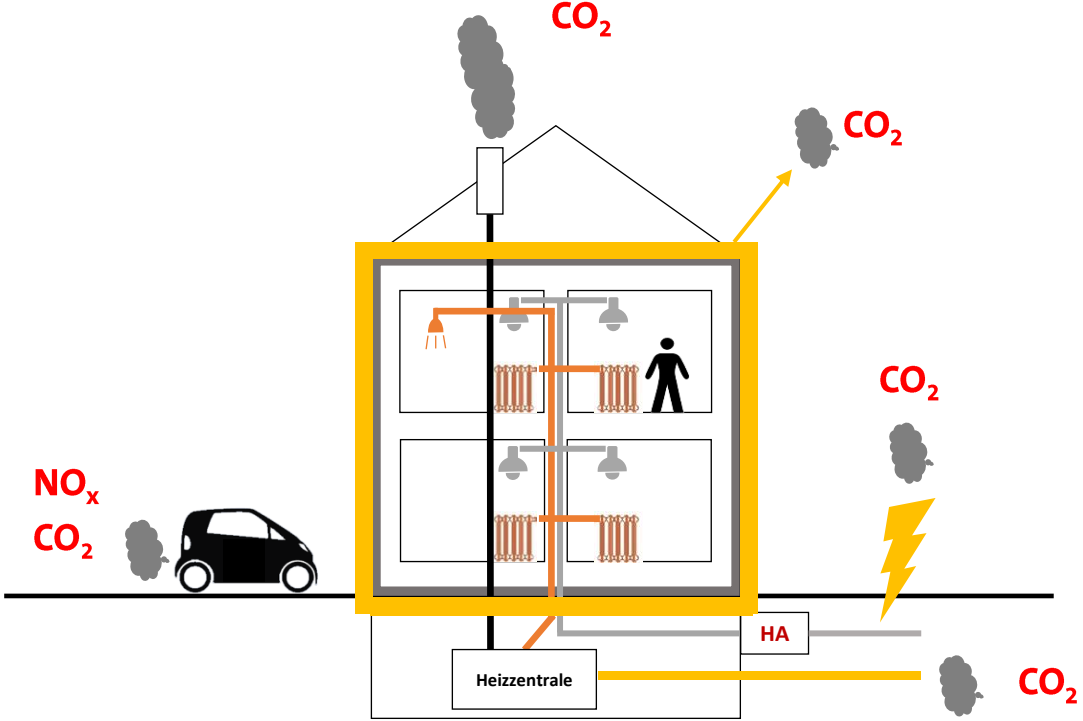
Gebäudedaten vor der Sanierung

Lange x Breite	40 m x 11 m
Wohnungsgröße ∅	55 m²
Heizung und Warmwasser	190-210 kWh
Heizungsart	Fernwärme, Strom

© eZeit Ingenieure GmbH

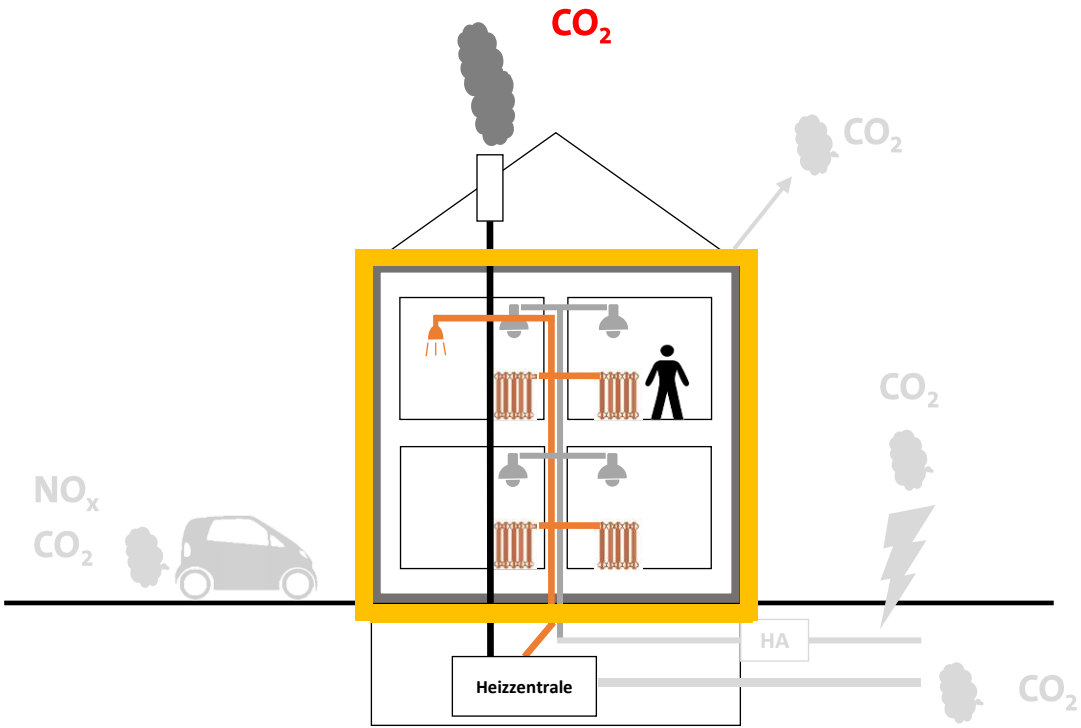
Dekarbonisierung = Optimierung Gebäudehülle und Haustechnik

Wärme &
Strom &
Ressource



© eZeit Ingenieure GmbH

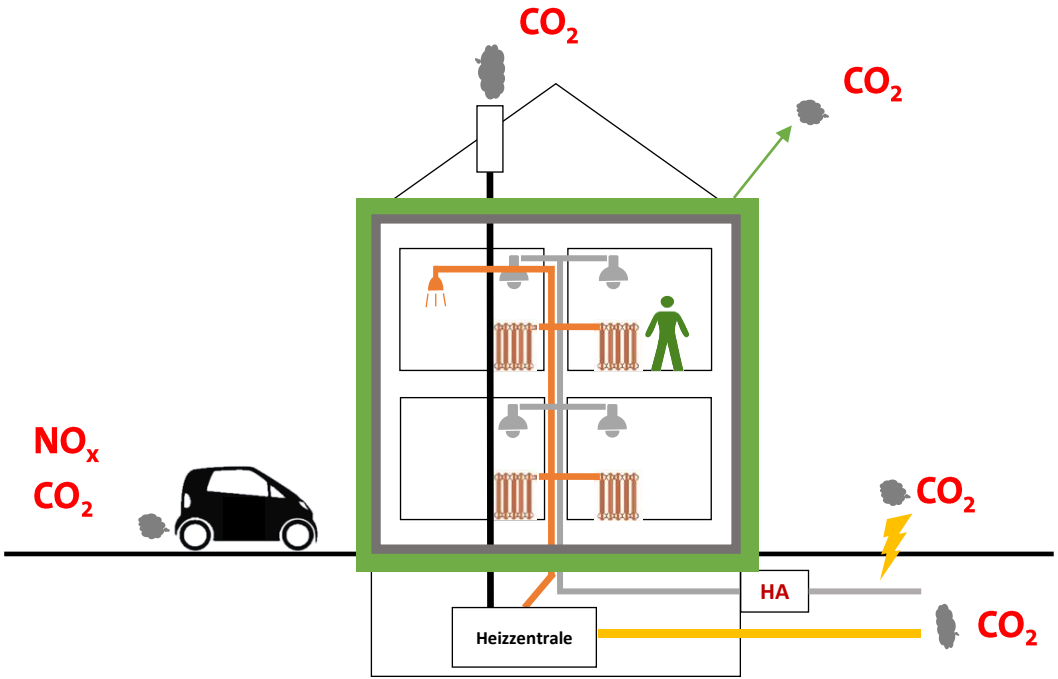
KfW-Förderung: Qp und Dämmung



© eZeit Ingenieure GmbH

Dekarbonisierung = Beachtung Grauer Energie

Wärme &
Strom &
Ressource



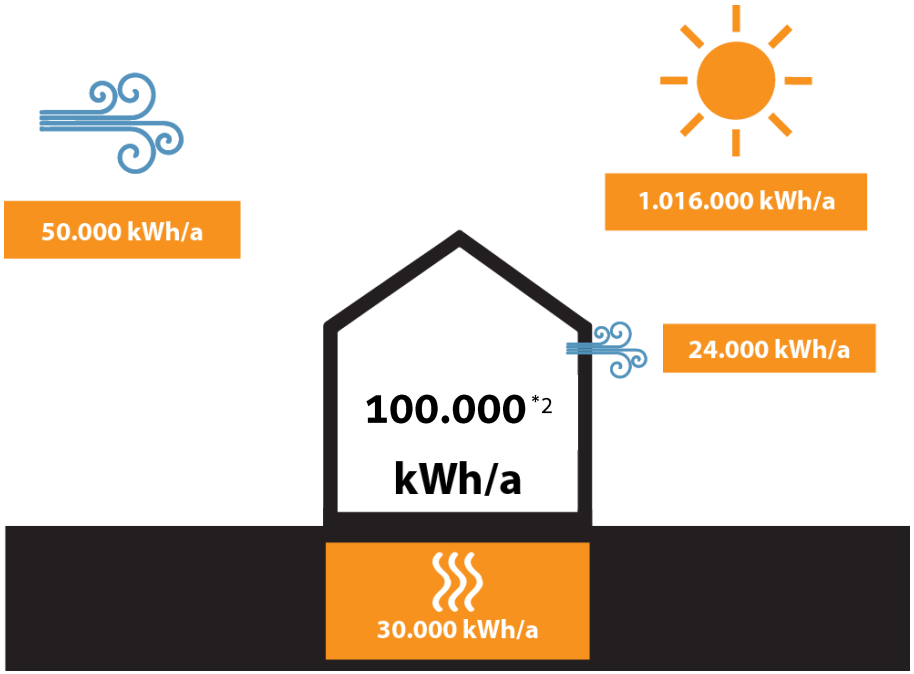
1 t / a
pro Person

© eZeit Ingenieure GmbH

Dezentrale Gartisenergie

> 1.1 Millionen kWh/a *1

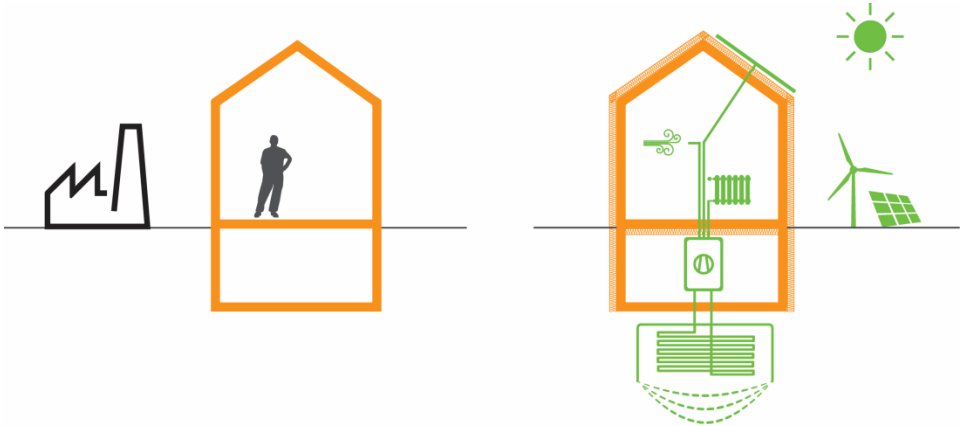
~~55 %~~
Verluste von Erzeuger zu Verbraucher



< 10 % *3

*1) Nicht inbegriffen **Sonstige EE** u.a.: Tiefengeothermie, Grundwasserwärmenutzung, Abwasserwärme, Windenergie;
*2) Ca.-Verbrauch für das ganze Gebäude inkl. DG-Ausbau; Altbaubestand benötigt nach Sanierung 62.300 kWh/a;
*3) 10 % bezieht sich auf Gebäude inkl. DG-Ausbau. © eZeit Ingenieure GmbH

Betriebsenergie versus **Graue Energie**



Fossiles Zeitalter

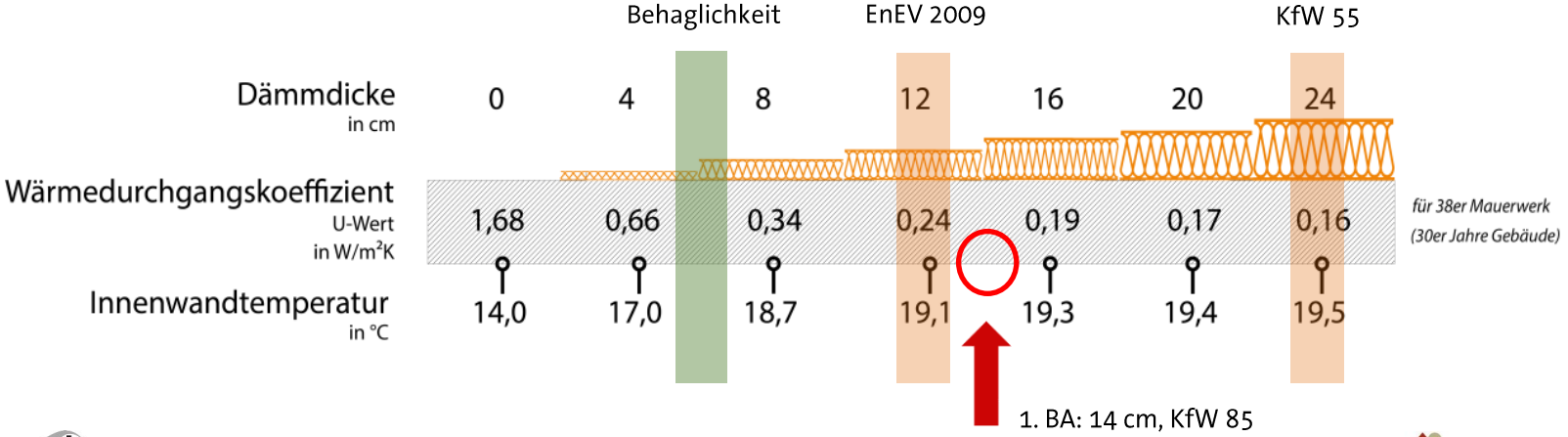
Energiewende

Verhältnis dreht sich um!

© eZeit Ingenieure GmbH

© eZeit Ingenieure GmbH

Gebäudehülle: Welche Dämmstärke sollen wir nehmen?



© eZeit Ingenieure GmbH

Grundfrage 2020

Energiebedarf:

Wie sieht der Energiebedarf der Gebäude aus?

WDVS im Vergleich

1. Styropor — KfW 85
2. Hanf
3. Mineralisch, Dünnputz
4. Mineralisch, Dickputz
5. Holzwolle

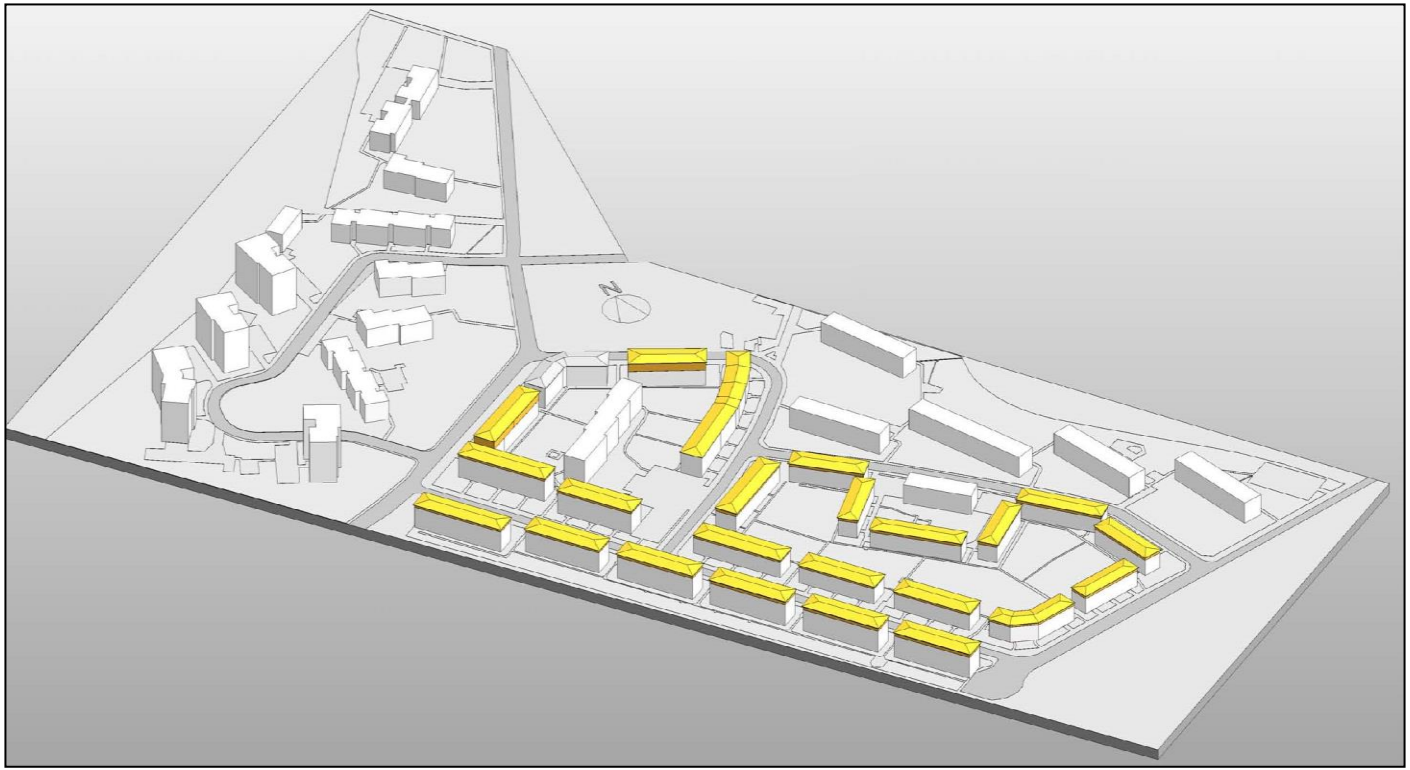
Gefördert durch das Umweltinnovationsprogramm

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

KFW

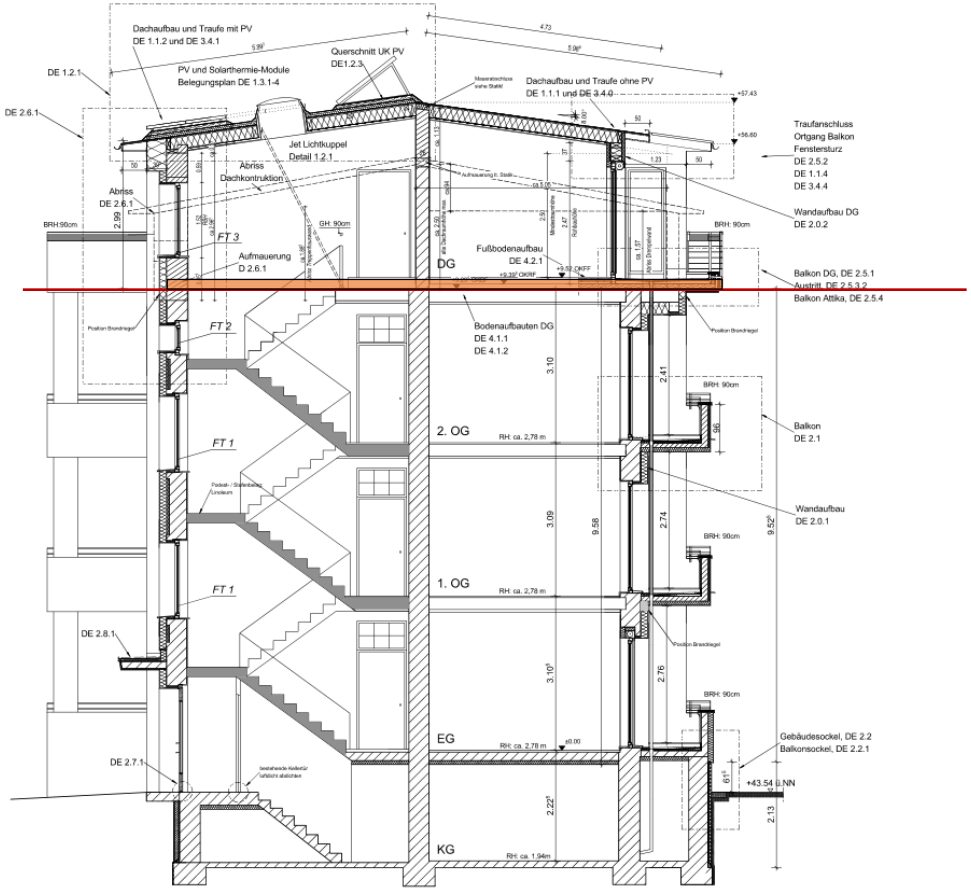
© eZeit Ingenieure GmbH

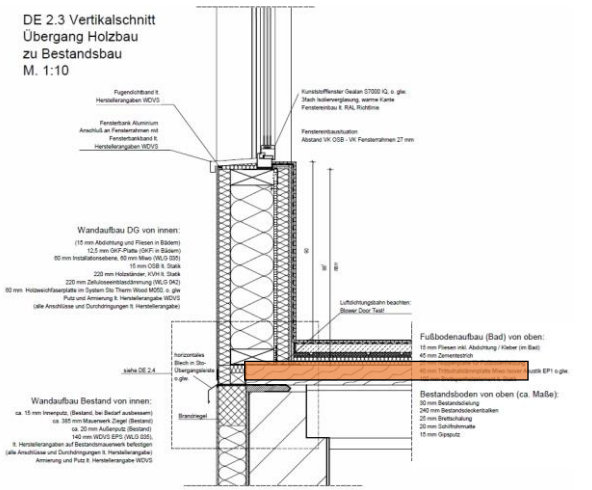
Dachaufstockung



© eZeit Ingenieure GmbH

Dachaufstockung, Haus 1





© eZeit Ingenieure GmbH

Dachaufstockung, Schwelmer Straße

© eZeit Ingenieure GmbH, Fotograf Sergey Kleptcha

Dachaufstockung, Schwelmer Straße

© eZeit Ingenieure GmbH, Fotograf Sergey Kleptcha

Dachaufstockung, Schwelmer Straße

© eZeit Ingenieure GmbH, Fotograf Sergey Kleptcha

Haus 1 vorher/nachher

Haus 1, 2012

Haus 1, 2015

Preisträger 2014 – Kategorie „Wirtschaft und Innovation"
BERLINER UMWELTPREIS DES BUND

Klima-Schutz-Partner Berlin
KlimaSchutzPartner des Jahres 2015

Gefördert durch das Umweltinnovationsprogramm
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
KFW

DEUTSCHER TGA-AWARD 2016

Heat Pump City of the Year 2017

LAND BRANDENBURG
Brandenburgische Architektenkammer
Brandenburgische Ingenieurkammer

© eZeit Ingenieure GmbH, Fotograf Sergey Kleptcha

Märkische Scholle
eZeit Ingenieure

Altersgerechte Verdichtungsneubauten

© eZeit Ingenieure GmbH, Fotograf Sergey Kleptcha

Gratisenergie aus der Abluft

HEAL-Technik (Hochwertige Energie aus Abluft)

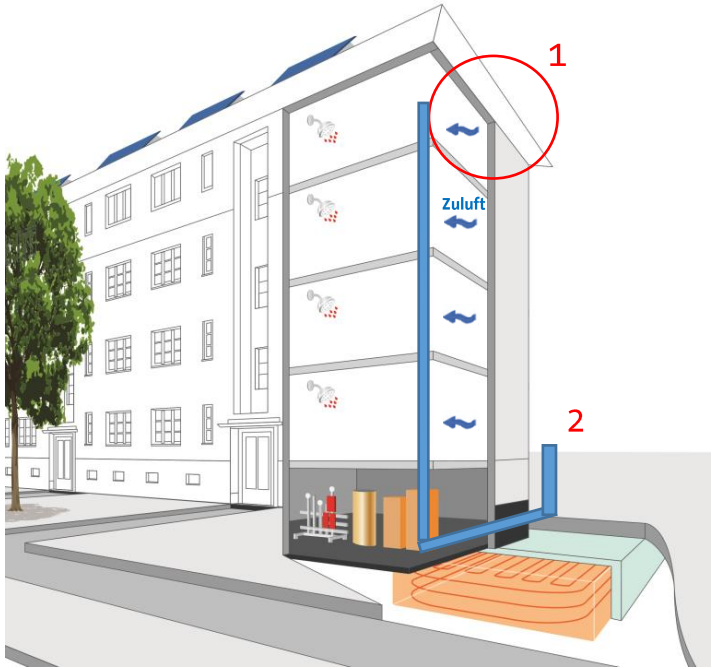
- Heizungswärme
- Passiver Sonneneinstrahlung
- Abwärme der Beleuchtung
- Abwärme der Nutzer
- Prozesswärme der Geräte (PC etc.)
- Abwärme und Feuchte vom Duschen
- etc.

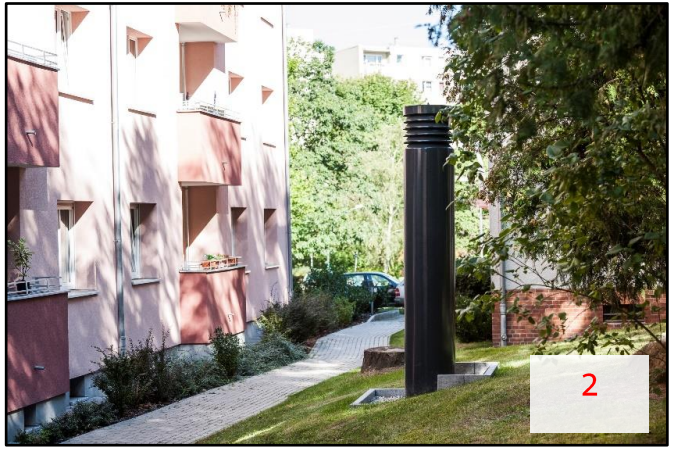
WP + Heißgasabschöpfung:

25-40 % der Gesamtenergie zur Gebäudetemperierung

© eZeit Ingenieure GmbH

Gratisenergie aus der Abluft





© eZeit Ingenieure GmbH

Kontrollierte Lüftung, Prinzip Abluftanlage

A +++

Abluftlage

Luft-Sole-Wasserwärmepumpe

© eZeit Ingenieure GmbH, Fotograf Sergey Kleptcha

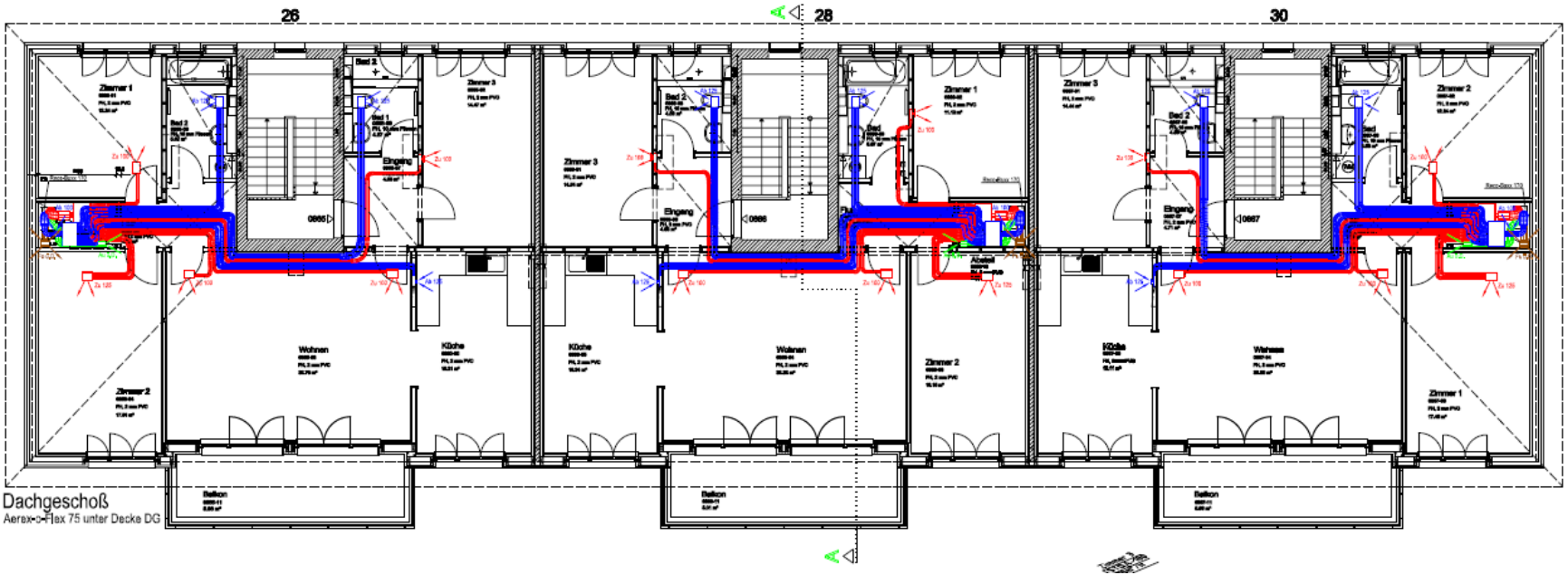
Kontrollierte Lüftung, Prinzip Abluftanlage

Haus 1, 2015

Haus 1, 2012

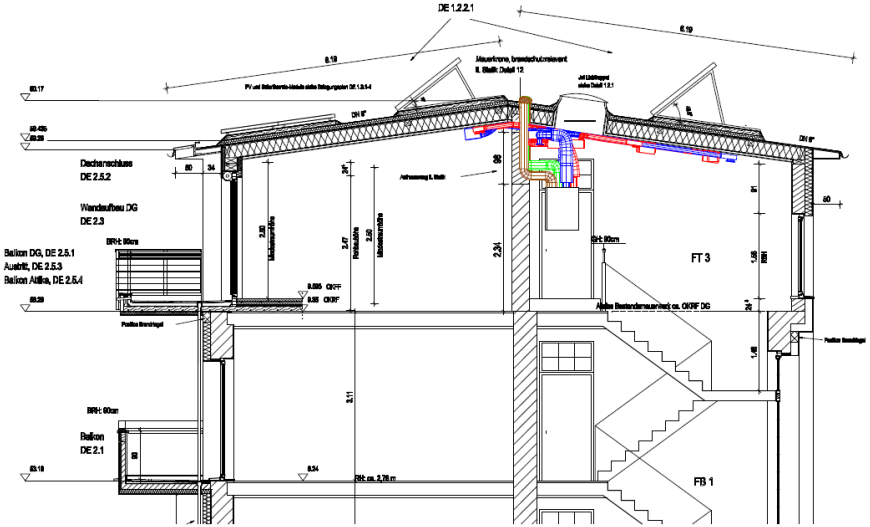
© eZeit Ingenieure GmbH, Fotograf Sergey Kleptcha

Leuchtturm: Kreuzgegenstromwärmetauscher

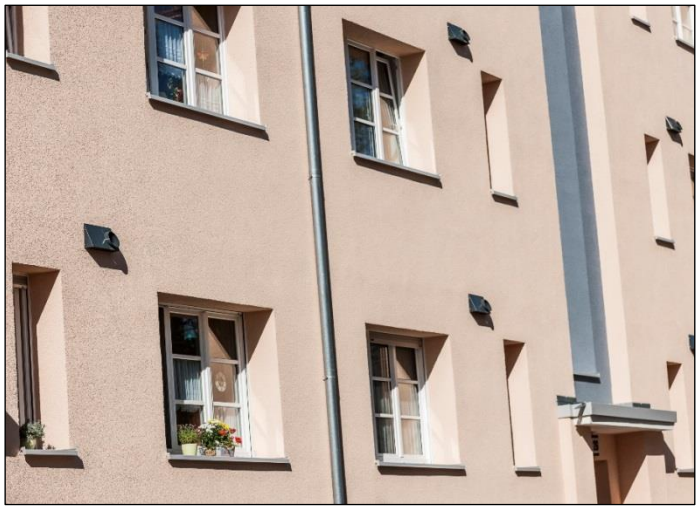


© eZeit Ingenieure GmbH

Leuchtturm: Kreuzgegenstromwärmetauscher



Schnitt A- A



© eZeit Ingenieure GmbH, Fotograf Sergey Kleptcha

Gratisenergie Solarthermie und Photovoltaik

Gratis Energie Solarthermie

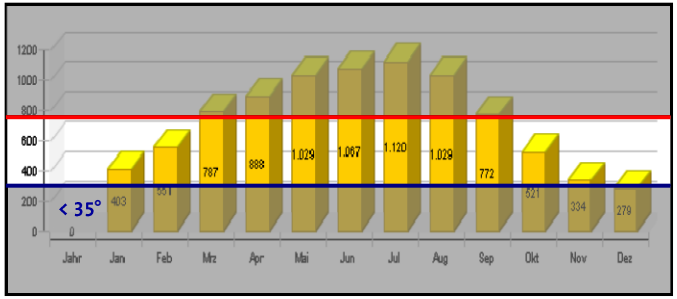
Problem der Speicherung

Gewinn - Maximierung

Achtung: Phasenverschiebung

© eZeit Ingenieure GmbH

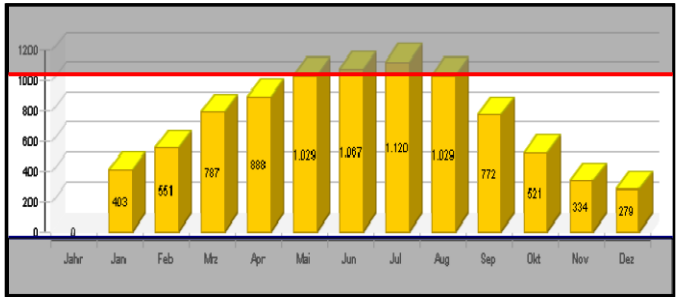
Wirtschaftlichkeit - Solarthermie



Energie-Umsetzung aus 1 m² Flachkollektor

Warmwasser (WW)	200 kWh/a
WW+ Heizungsunterstützung	300 kWh/a

Solarthermie wirtschaftlich ab ca. 300 kWh/a

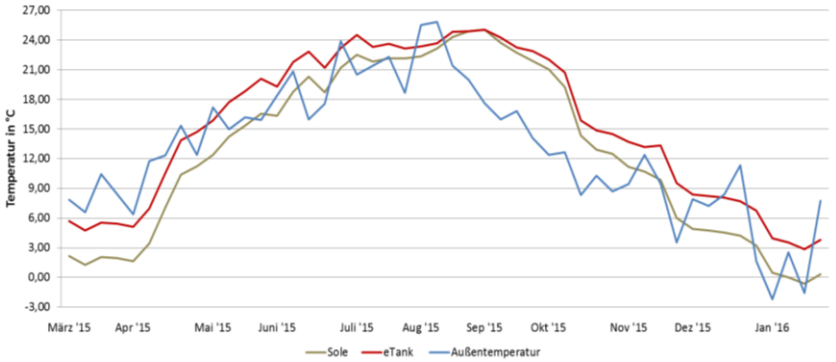


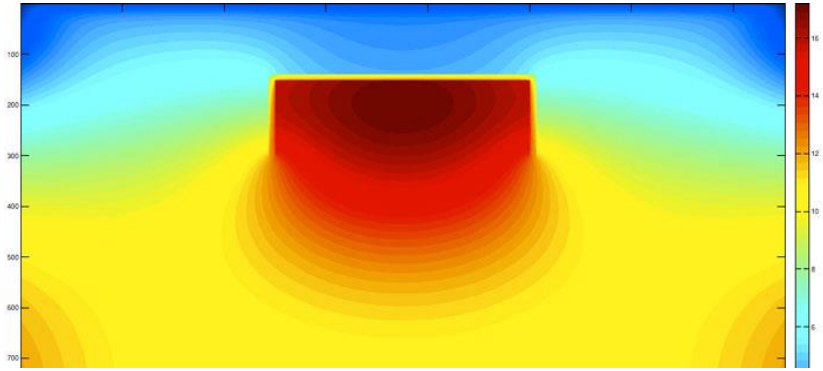
Regelungstechnik seit 2007	
WW+ Heizung+ Speicher	700 kWh/a
Regelungstechnik 2014	
WW+ Hz+ Speicher+ Kühlung	> 800 kWh/a

> 710 kWh

© eZeit Ingenieure GmbH

Gratisenergie Geothermie: eTank geothermische Quelle und Pufferspeicher





Simulationssoftware mit BTU Cottbus

© eZeit Ingenieure GmbH

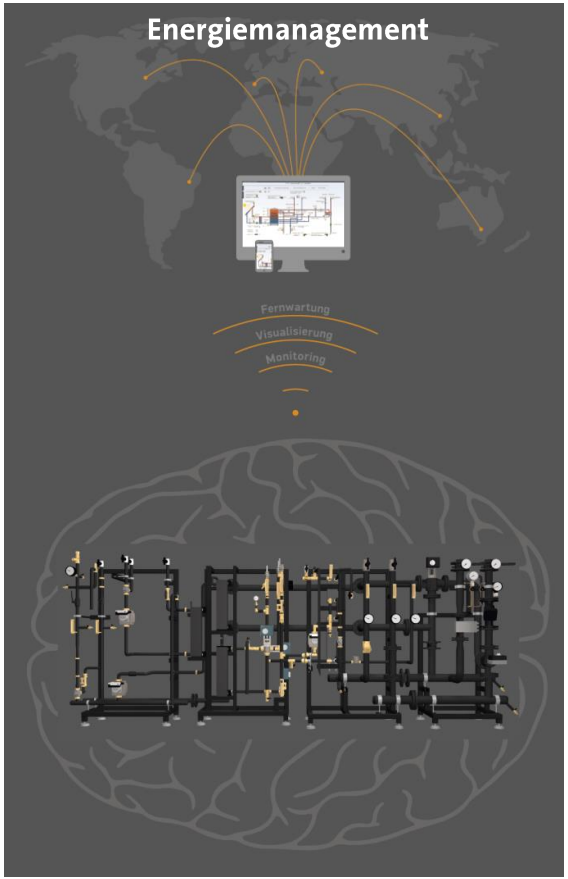
Lage eTank

© eZeit Ingenieure GmbH

Lage eTank

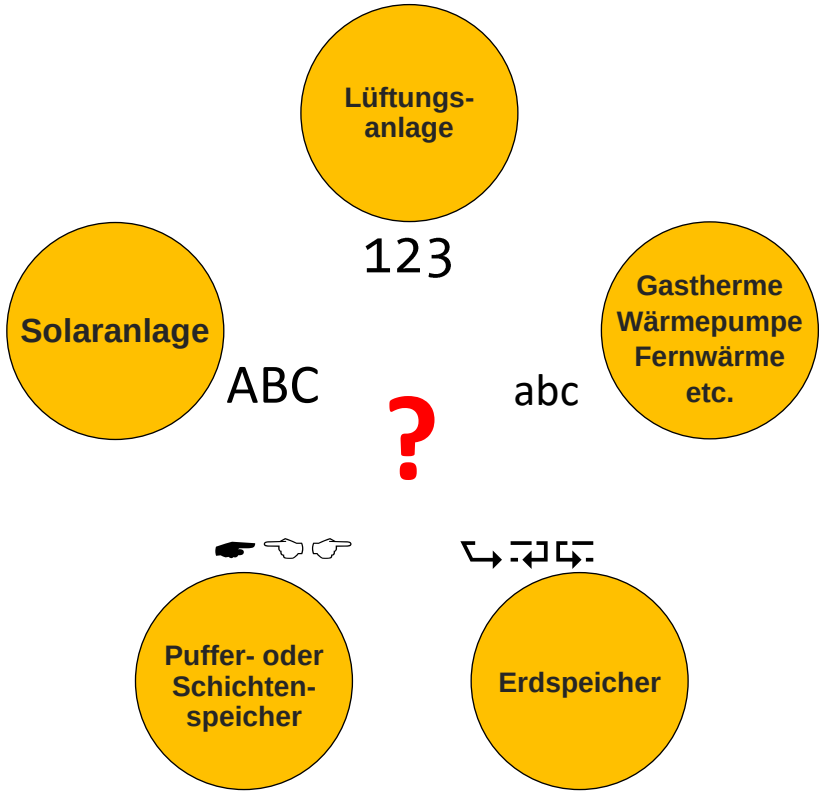
© eZeit Ingenieure GmbH

Dynamischer Energiemanager DEM



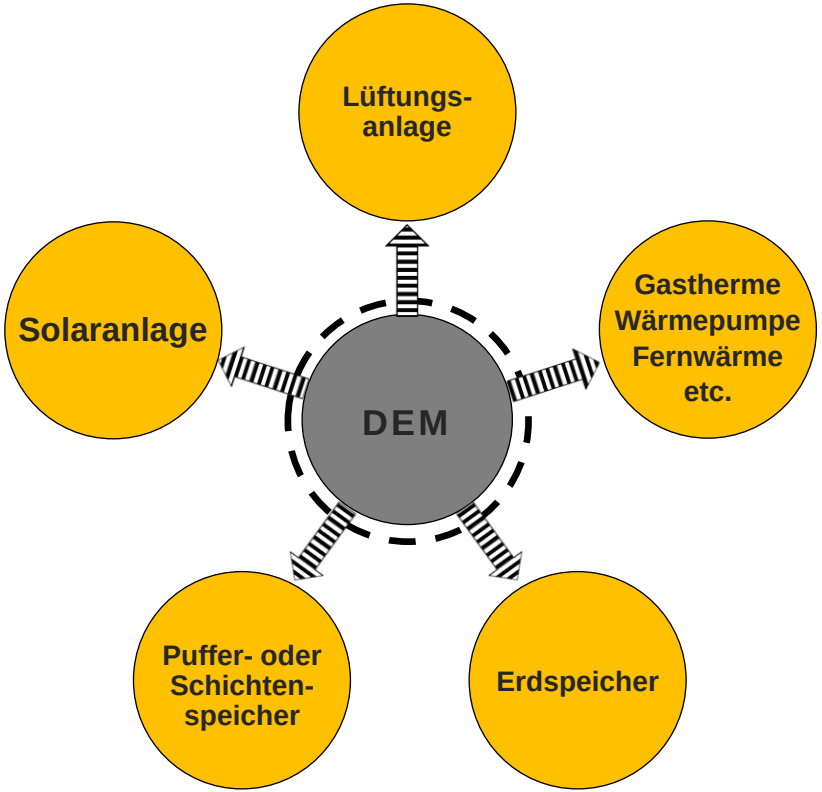
© eZeit Ingenieure GmbH

Steuerungstechnik – Dynamischer Energiemanager (DEM)



© eZeit Ingenieure GmbH

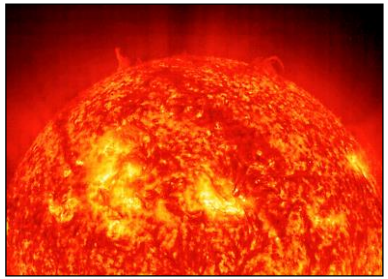
Steuerungstechnik – Dynamischer Energiemanager (DEM)



Strom + Wärme zusammen denken!

© eZeit Ingenieure GmbH

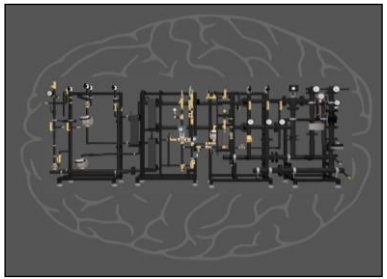
Umgesetztes Energiekonzept: Werte aus 2016



Sonnenenergie
30,1 %

Energie aus Abluft
29,5 %

Geothermie, Erdspeicher
40,4 %



Steuerung und Regelung

© eZeit Ingenieure GmbH

Eckdaten 2016

Ziel 2050 lt. Klimaschutzplan der Bundesregierung: ∅ **40 kWh/m²xa**

Energetische Qualität	**KfW 85**	
Energie Heizung und Warmwasser	57 kWh/m²	
Eingekaufter Strom ca.	25.417 / 21.337 kWh	*1
Endenergie pro Jahr ca.	**13,62 / 11,68 kWh/m²**	***1**

Stimmt Ressourcen-aufwand?

Energiestandard	**Ökologische Verantwortung**	
Primärenergie (EnEV) **2016:**	24,5 kWh/m²	
Primärenergie (EnEV) **2030:**	12,3 kWh/m²	
Primärenergie (EnEV) **2040:**	8,2 kWh/m²	
Primärenergie (EnEV) **2050:**	5,4 kWh/m²	> - 97%

Energiekosten	**Soziale Verantwortung**	
Heizung/WW (24 Cent/kWh Strom):	**5,9 Cent/kWh**	
Heizung/WW (24 Cent/kWh Strom):	4,9 Cent/kWh	*1 - 17%
Heizung/WW (12 Cent/kWh Strom):	2,5 Cent/kWh	

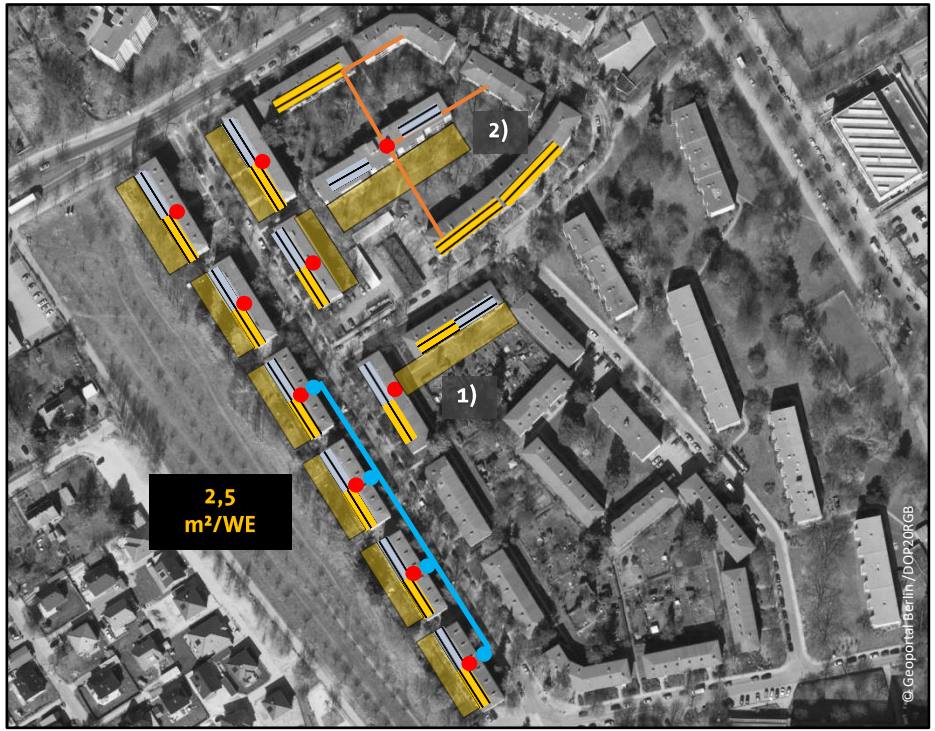
© eZeit Ingenieure GmbH. 1*: Ohne Berücksichtigung Gabriel-Effekt

Energie- und Ressourceneffizienz

Wie schaffen wir Kosten für Technikaufwand einzusparen?

Lösung: Vernetzung!

Energie- und Ressourcenoptimierung durch Vernetzung



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

1) - 140.000 €

2) - 1.200.000 €

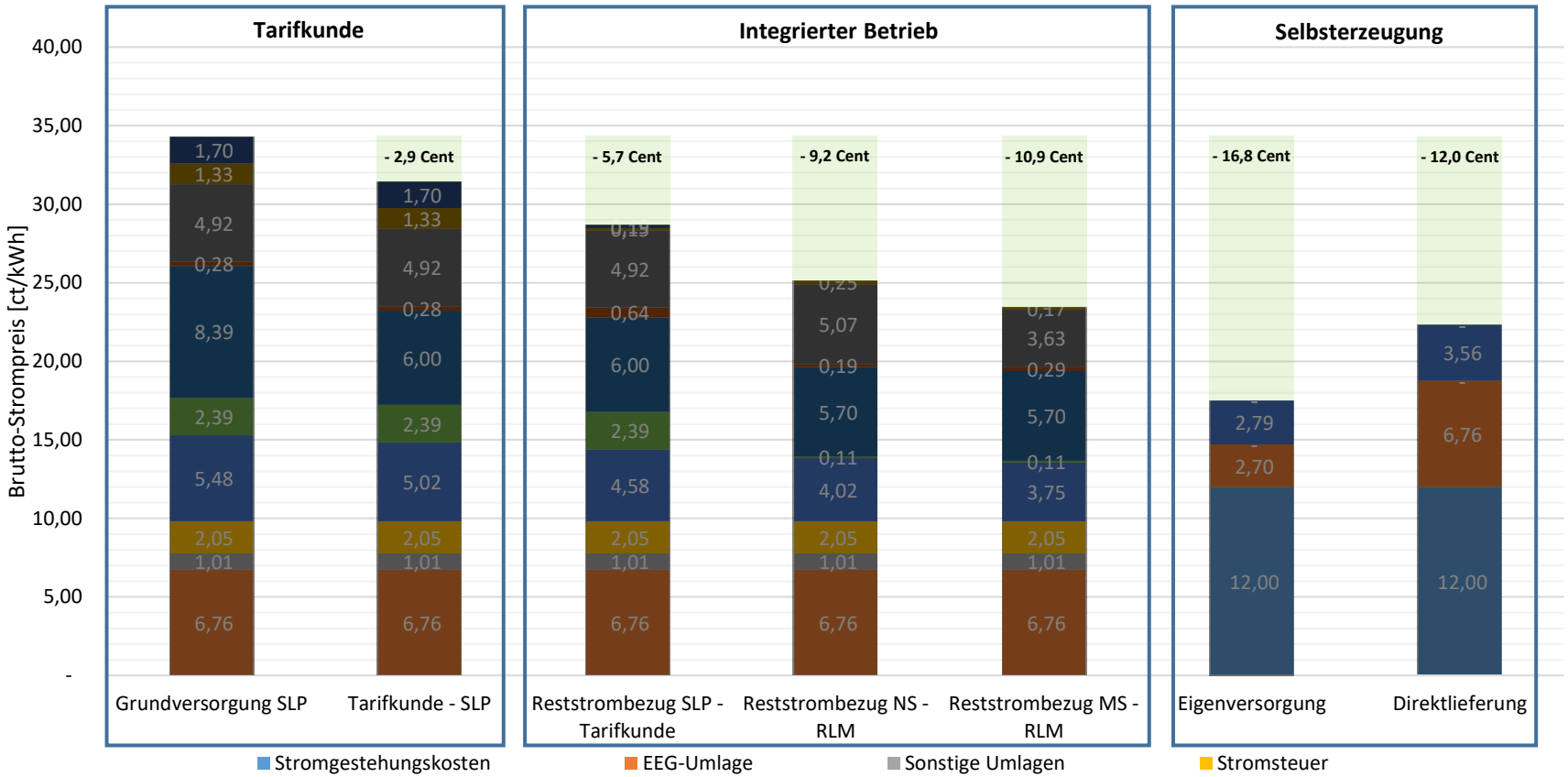
Gefördert durch das Umweltinnovationsprogramm

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

KFW

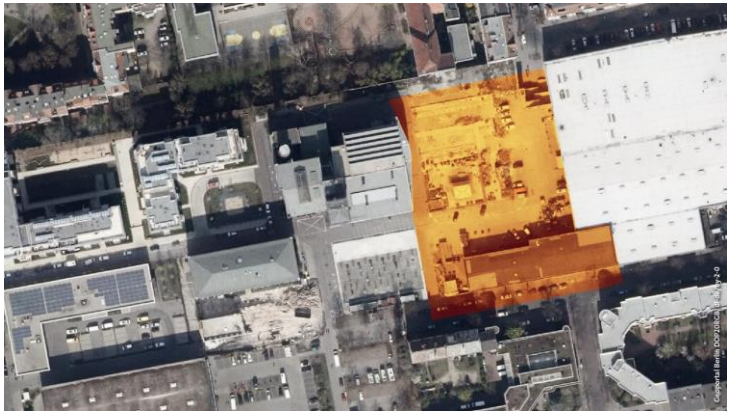
© eZeit Ingenieure GmbH

Vorteil Stromeinkauf – Eigennutzung PV



SLP: Standard Lastprofilkunde, RLM: Registrierte Lastgangsmessung, Beispielsprojekt aus dem Jahr 2020

Energie- und Ressourcenoptimierung durch Vernetzung mit integriertem Betrieb (iB)



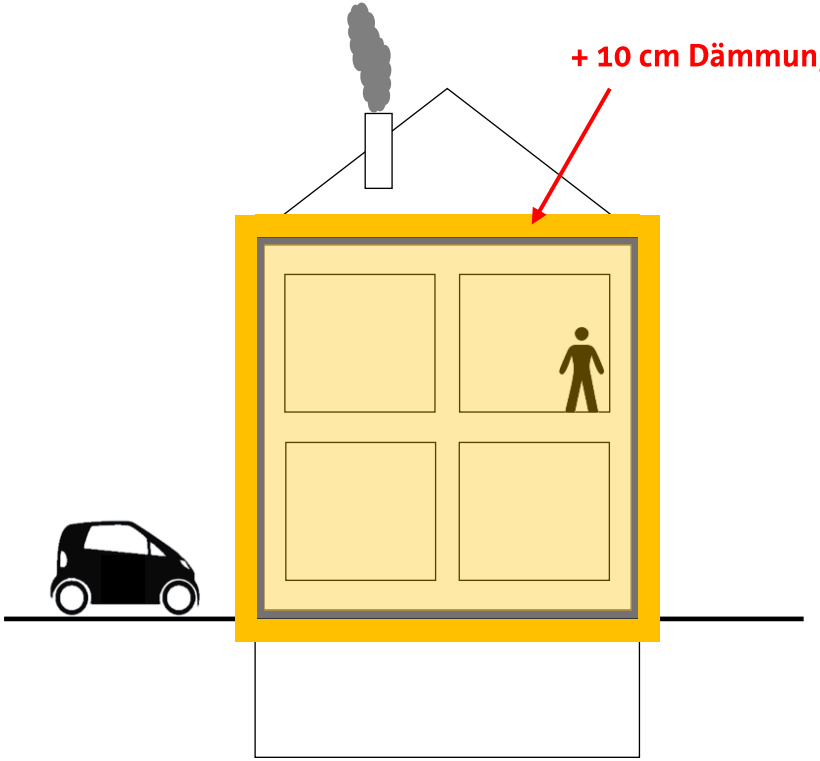
© eZeit Ingenieure GmbH

Energie- und Ressourceneffizienz

Fazit:
Wir schaffen Kosten für Ressourcen- und Technikaufwand einzusparen!

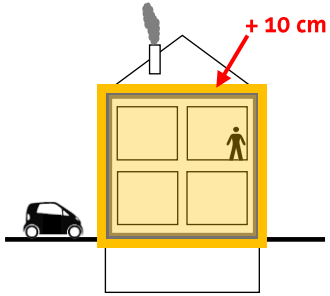
Warum wird das nicht umgesetzt?

Macht KFW 55 wirtschaftlich Sinn?



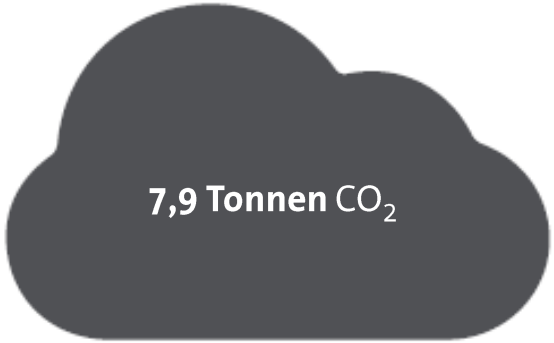
1.	Teilschulderlass pro WE **EH 85**	19.500 €
	Gesamt	**351.000 €**
2.	Teilschulderlass **EH 55**	26.000 €
	Gesamt	**468.000 €**
	Höhere Förderung	**117.000 €**
	Kosten zur Zielerreichung	- 49.000 €
	Wirtschaftlicher Vorteil	**68.000 €**
	+ tiefere Energiekosten	

© eZeit Ingenieure GmbH: Als anrechenbare Kosten konnte nicht der gesamt mögliche Betrag bei der KfW abgerufen werden, daher sind nur die anrechenbaren Teilbeträge pro WE zum Ansatz gebracht worden.



Macht KFW 55 ökologisch Sinn?

Mehrauf-wendungen Fassade	Volumen [m³]	Gewicht [Kg]	GWP [kg_{CO2}-Äqu./ Ref.[20]]	CO_2-Äqui. [kg_{CO2}-eq.]
EPS-Dämmung (10 cm)	109		60,0	6.540
Aluminium-Fenster-bänke (2 mm)		124	11,0	1.364
Mehraufwand CO_2 Äquivalente gesamt [kg_{CO2}-Äqu.]				7.904



© eZeit Ingenieure GmbH, Berechnung auf Basis Ökobaudat 2017 des BMUB

Amortisationszeit auf Basis CO_2-Äquivalente

Amortisations-rechnung Wärmepumpen-system	Emissions-faktor [kg_{CO2}/kWh]	End-energie [kWh]	CO_2-Äqui. [kg_{CO2}-eq.]
Strom aus Stromnetz (**PEF 1,8**)	0,561		398,31
Strom mit 25 % Deckungsanteil lokaler PV	0,421	710	298,73
Strom mit 35 % Deckungsanteil PV + BHKW[21]	0,365		258,90
Strom aus Stromnetz (**PEF 0,9**)	0,281		199,16
Strom mit 25 % Deckungsanteil lokaler PV	0,210	710	149,37
Strom mit 35 % Deckungsanteil PV + BHKW	0,182		129,45
Strom aus Stromnetz (**PEF 0,4**)	0,125		88,51
Strom mit 25 % Deckungsanteil lokaler PV	0,094		66,39
Strom mit 35 % Deckungsanteil PV + BHKW	0,081		57,53

2018

26,5 Jahre

2030

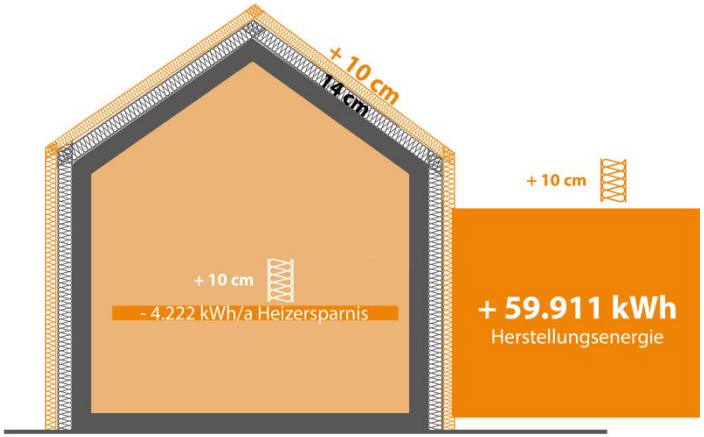
52,9 Jahre

2050

119,1 Jahre

© eZeit Ingenieure GmbH

Kostenanalyse 10 cm Mehrdämmung



Heizenergieeinsparung	**4.222 kWh**
Jährliche Energiekosteneinsparung	**270 €**
Kosten Dämmung	**49.000 €**
Amortisationszeit (ohne Zinsaufwendungen!)	**181 Jahre**

Weiteres, riesiges Einsparpotential:

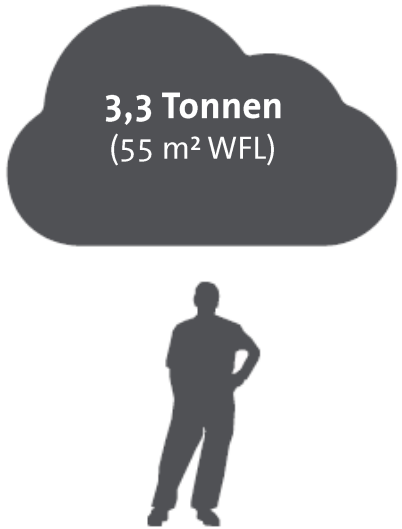
1. Im Material- und Ressourcenaufwand
2. In der Technik durch Vernetzung der Gebäude

© eZeit Ingenieure GmbH

Kein Wissen für die Menge des CO_2-Ausstoßes in der Gebäudetemperierung?

Jährlicher CO_2-Ausstoß vor der Sanierung

Energiequelle	Emissionsfaktor [kg_{CO2}/kWh]	Endenergie [kWh/a]	CO_2-Äquivalente [kg_{CO2}/a]
Fernwärme	0,257	188.675	48.490
Strom Warmwasser	0,561	17.820	9.997
Strom Verteilung	0,561	1.084	0.608
Strom Lüftung	entfällt		
CO_2-Äquivalente gesamt [kg_{CO2}/a]			59.095



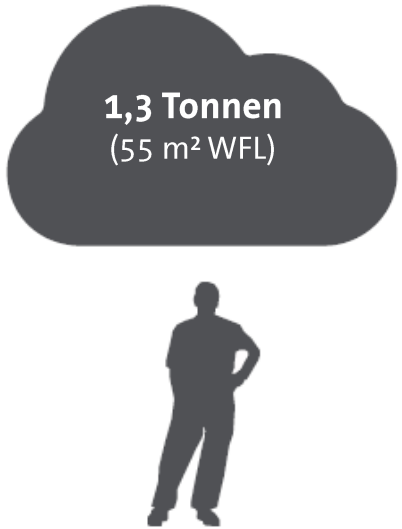
~ 1 t_{CO2}
pro Person pro Jahr in Dtl.

© eZeit Ingenieure GmbH, Energiekenndaten aus 2012

Kein Wissen für die Menge des CO_2-Ausstoßes in der Gebäudetemperierung?

Jährlicher CO_2-Ausstoß nach der Sanierung mit Fernwärme

Energiequelle	Emissionsfaktor [kg_{CO2}/kWh]	Endenergie [kWh/a]	CO_2-Äquivalente [kg_{CO2}/a]
Fernwärme	0,257	78.314	20.127
Strom Lüftung, Verteilung	0,561	5.089	2.855
CO_2-Äquivalente gesamt [kg_{CO2}/a]			22.982

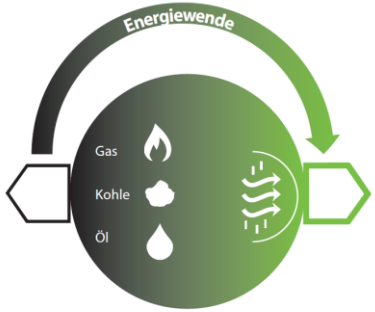


~ 1 t_{CO2}
pro Person pro Jahr in Dtl.

© eZeit Ingenieure GmbH, Energiekenndaten aus 2012

Kein Wissen für die Menge des CO_2-Ausstoßes in der Gebäudetemperierung?

Jährlicher CO_2-Ausstoß nach der Sanierung mit Wärmepumpe



Energiequelle	Emissions-faktor [kg_{CO2}/kWh]	End-energie [kWh/a]	spezifische Endenergie [kWh/m^2a]	CO_2-Äqui.-valente [kg_{CO2}/a]
Wärmepumpen / Solarthermie (*1)	0,561	16.765	11,68	**9.405**
Wärmepumpen / Solarthermie (*2)	0,561	20.066	13,92	**11.257**

0,63 Tonnen (0,52 Tonnen) (55 m² WFL)

~ 1 t_{CO2} pro Person pro Jahr in Dtl.

2030 **315 kg** (55 m² WFL)

2040 **210 kg** (55 m² WFL)

2050 **140 kg** (55 m² WFL)

Reduktion um 96%!

© eZeit Ingenieure GmbH, Energiekenndaten aus 2012

BBU-Studie

ENERGIEWENDE

Irrtümer aufbrechen, Wege aufzeigen

2020/2021:

Ergebnisbericht Leuchtturm:

Energieverbrauch?
CO2-Einsparung?
Dämmvergleich?

Download über

https://ezeit-ingenieure.de/wp-content/uploads/2019/02/BBU-Studie-Web.pdf

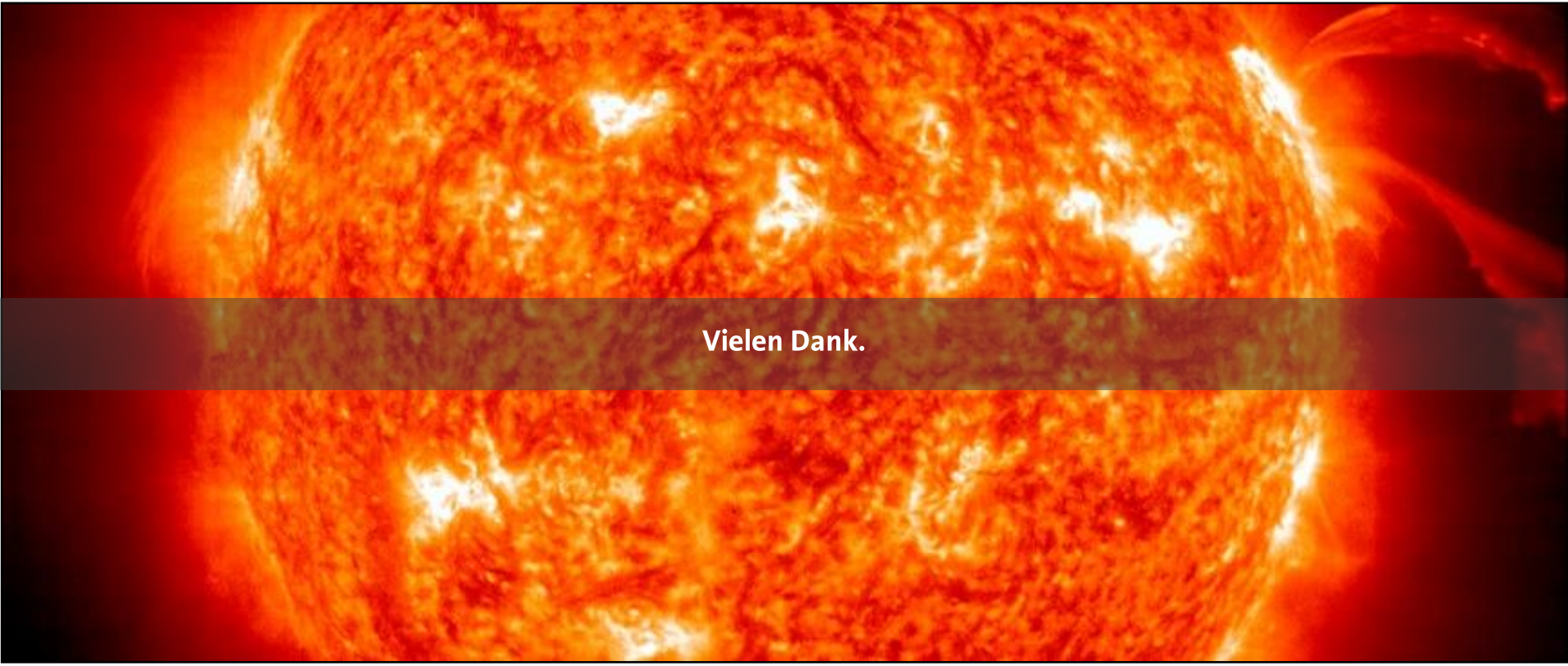
© eZeit Ingenieure GmbH

Ziel des Dämmwertvergleichs

Ressource & Energie:

1. Wie sieht es mit der Heizenergieeinsparung aus?
2. Winterlicher und sommerlicher Wärmeschutz?
3. Wie sehen Temperatur- und Feuchtigkeitsverläufe im Wandaufbau aus?
4. Bilanzierung der CO_2-Äquivalente.

© Quelle: www.caparol.de



4. Brandenburgischer Tag des nachhaltigen Planens und Bauens

Potsdam, 30.09.2020

© SOHO (ESA & NASA) für eZeit Ingenieure GmbH