



Solution Sets für die Baukostenreduktion von mehrgeschossigen Niedrigstenergiewohngebäuden

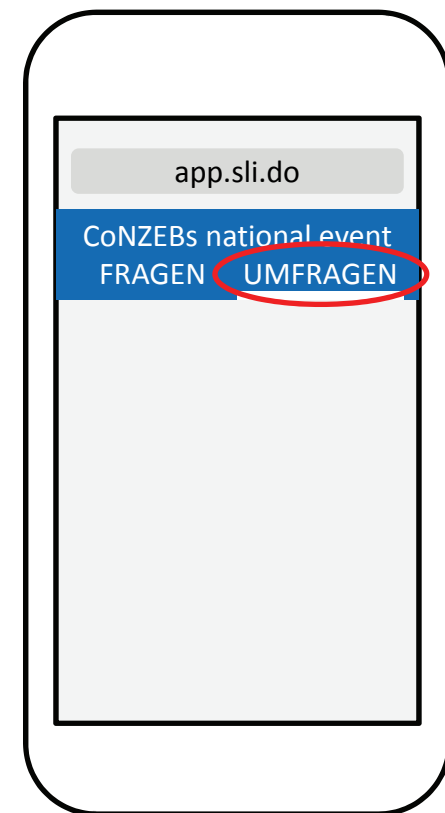
Heike Erhorn-Kluttig, Hans Erhorn, Micha Illner
Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Sessionablauf

Wann	Was
11:30	Erläuterung Sessionablauf
11:35	Voting 1
11:40	Das Projekt CoNZEBS
11:45	Kostendifferenz EnEV zu KfW55
11:50	Voting 2
11:55	Kostenreduzierungen bei Planungs- und Umsetzungsprozessen
12:05	Voting 3
12:10	Alternative kostengünstige Energiekonzepte
12:20	Voting 4

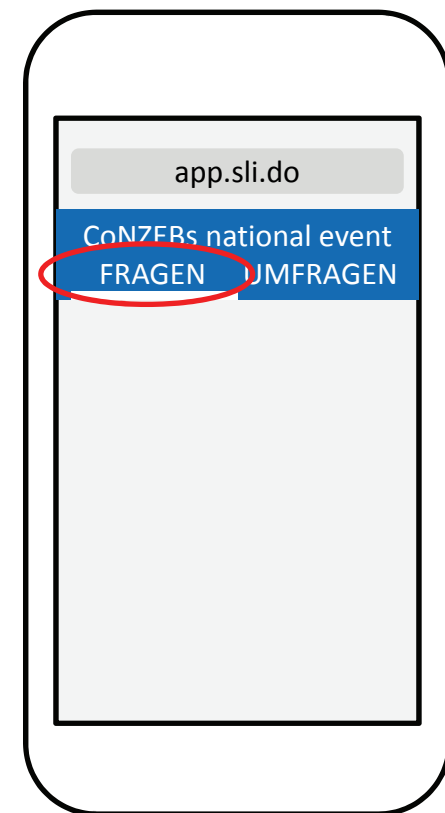
Anleitung Voting

1. Mobiltelefon zücken
2. Browser öffnen
3. **Slido.com** eingeben
4. # enter code here -> **conzebs**
5. UMFragen auswählen
6. Antworten auswählen + senden



Anleitung Fragen

1. Mobiltelefon zücken
2. Browser öffnen
3. Slido.com eingeben
4. # enter code here -> conzebs
5. FRAGEN auswählen
6. Eigenen Namen eingeben (oder anonym bleiben)
7. Vortrag angeben + Frage eintippen + senden



Voting 1



© MS ClipArt

slido.com -> #conzebs

1. Welchen Stellenwert hat für Sie der Klimaschutz?

- a) Wichtiges Ziel beim Bauen/Sanieren -> wir formen die Welt für unsere Kinder
- b) Wohnraumerstellung ist wichtiger
-> kostengünstiges Bauen muss im Fokus stehen

Multiple-choice poll



Welchen Stellenwert hat für Sie der Klimaschutz?

037

Wichtigstes Ziel beim Bauen/Sanieren -> wir formen die Welt für unsere Kinder



Wohnraumerstellung ist wichtiger -> kostengünstiges Bauen muss im Fokus stehen



slido

Voting 1

slido.com -> #conzebs



© MS ClipArt

2. Was ist das größte Hemmnis für eine weitere Verschärfung der EnEV?

- a) Mehrkosten sind zu hoch
- b) Technologien sind noch nicht genügend erprobt
- c) Bringt nichts für den Klimaschutz
- d) Ich sehe keine Hemmnisse, einfach machen.

Multiple-choice poll



Was ist das größte Hemmnis für eine weitere Verschärfung der EnEV?

0 4 6

Mehrkosten sind zu hoch



Technologien sind noch nicht genügend erprobt



Bringt nichts für den Klimaschutz



Ich sehe keine Hemmnisse, einfach machen.



slido

Voting 1

slido.com -> #conzebs



© MS ClipArt

3. Haben Sie bereits bei der **Planung/beim Bau** eines **KfW 55-Hauses** oder besser mitgewirkt?

- a) Ja
- b) Nein

Multiple-choice poll



Haben Sie bereits bei der Planung/beim Bau eines KfW 55-Hauses oder besser mitgewirkt?

054

Ja



76 %

Nein



24 %

slido

Das EU H2020-Projekt CoNZEBS

- 🏠 Call EE-13-2016: Cost reduction of new Nearly Zero-Energy Buildings
- 🏠 Aufgabe:
 - 🏠 Maßnahmen zur Reduzierung der Planungs- und Konstruktionskosten von neuen Nearly Zero-Energy Buildings (NZEBS)
 - 🏠 Vergleich der Investitionskosten von Gebäuden mit 3 unterschiedlichen Niveaus:
 - 🏠 energetische Mindestanforderungen
 - 🏠 NZEBs
 - 🏠 energetisch noch hochwertigere Gebäude (beyond NZEBs)
- 🏠 4 Länder: Deutschland, Dänemark, Italien und Slowenien
- 🏠 Wissenschaftliche Einrichtungen/Ingenieurbüros und Wohnungsbaugesellschaften
- 🏠 Fokus: Mehrfamilienhäuser (privates Eigentum/Miete/Sozialwohnungen)



Das CoNZEBS-Team

🏠 Forschung/Ingenieurbüros:

- 🏠 Fraunhofer IBP, DE (CO)
- 🏠 Aalborg University/SBi, DK
- 🏠 Kuben Management, DK
- 🏠 ENEA, IT
- 🏠 GI-ZRMK, SI

🏠 Wohnungsbaugesellschaft:

- 🏠 ABG Frankfurt Holding, DE
- 🏠 Danmarks Almene Boliger – BL, DK
- 🏠 ACER Reggio Emilia, IT
- 🏠 Stanovanjski sklad RS – SSRS, SI



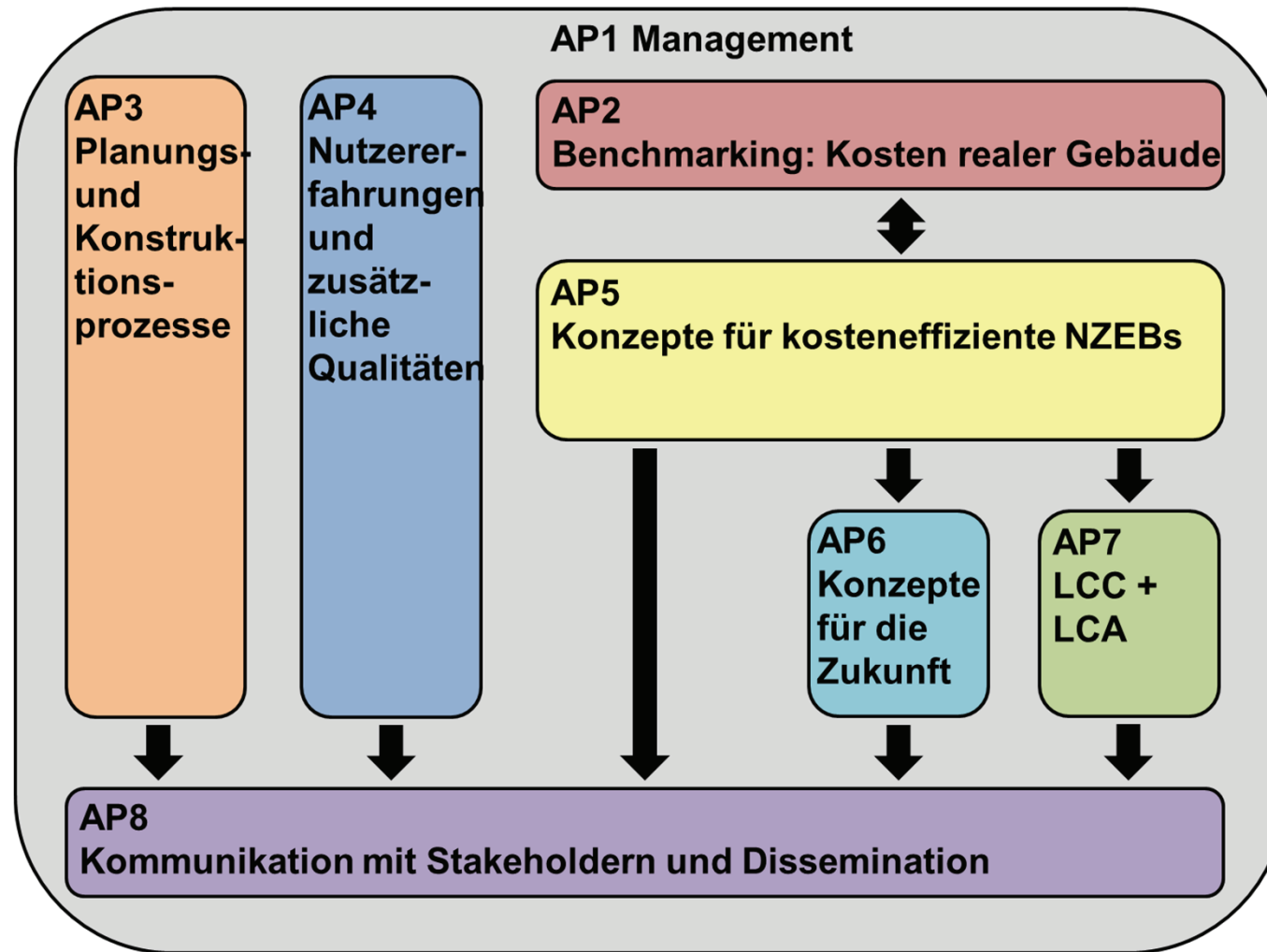
DANISH BUILDING RESEARCH INSTITUTE
AALBORG UNIVERSITY COPENHAGEN



CoNZEBS: Solution Sets für die Kostenreduktion von NZEBs
Heike Erhorn-Kluttig, Hans Erhorn, Micha Illner | National Event | 13.06.2019



Das EU H2020-Projekt CoNZEBS



Arbeitsschritte

- ⬜ Ermitteln der Kostendifferenz NZEB – energetische Mindestanforderungen (EnEV) anhand von realisierten Gebäuden
- ⬜ Bestimmung eines typischen Mehrfamilienhauses
- ⬜ Festlegung des typischen NZEB Energiekonzepts
- ⬜ Entwicklung von alternativen NZEB-Energiekonzepten die zu geringeren Investitionskosten führen (Solution Sets)
- ⬜ Bewertung der Solution Sets auch im Hinblick auf Lebenszykluskosten (LCC) und lebenszyklusbezogene Primärenergiebedarf (PE-NR) und Treibhausgasemissionen (GWP)
- ⬜ Blick in die Zukunft: Wie werden zukünftige Veränderungen im Bereich der Primärenergiefaktoren, Technologieeffizienzen, Energiekosten und Technologiekosten die Solution Sets beeinflussen?
- ⬜ Analyse von Kosteneinsparungen im Planungs- und Konstruktionsprozess
- ⬜ Information für Bewohner: Vorteile von NZEBs

Was ist ein Nearly Zero-Energy Building = NZEB?

🏠 EU Gebäudeeffizienzrichtlinie (EPBD)

🏠 Artikel 9: Niedrigstenergiegebäude

Die Mitgliedstaaten gewährleisten, dass

- a) bis 31. Dezember 2020 alle neuen Gebäude Niedrigstenergiegebäude sind und*
- b) nach dem 31. Dezember 2018 neue Gebäude, die von Behörden als Eigentümer genutzt werden, Niedrigstenergiegebäude sind.*

🏠 Artikel 2: Definitionen

[Ein] „Niedrigstenergiegebäude“ [ist] ein Gebäude, das eine *sehr hohe*, nach Anhang I bestimmte *Gesamtenergieeffizienz* aufweist. Der *fast bei Null liegende oder sehr geringe Energiebedarf* sollte zu einem *ganz wesentlichen Teil* durch *Energie aus erneuerbaren Quellen* — einschließlich Energie aus erneuerbaren Quellen, die am Standort oder in der Nähe erzeugt wird — *gedeckt werden*

Projektdefinition NZEB

- 🏠 Projektbeginn vor Koalitionsvereinbarung und jetzigem GEG-Entwurf
- 🏠 Deutsche NZEB-Definition noch nicht vorhanden
- 🏠 Auf EU Plattform Concerted Action wurde das deutsche NZEB von den deutschen Vertretern auf KfW-Effizienzhausniveau 55 eingeschätzt
- 🏠 Deshalb: Für CoNZEBs gilt

Deutsches NZEB = KfW-Effizienzhaus 55

Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf:

- 🏠 45 % weniger als das Referenzgebäude der EnEV
- 🏠 26 % weniger als die derzeitigen Anforderungen an neue Gebäude.

Transmissionswärmetransferkoeffizient:

- 🏠 30 % geringer als beim Referenzgebäude der EnEV

Startpunkt: Investitionskosten realer MFH

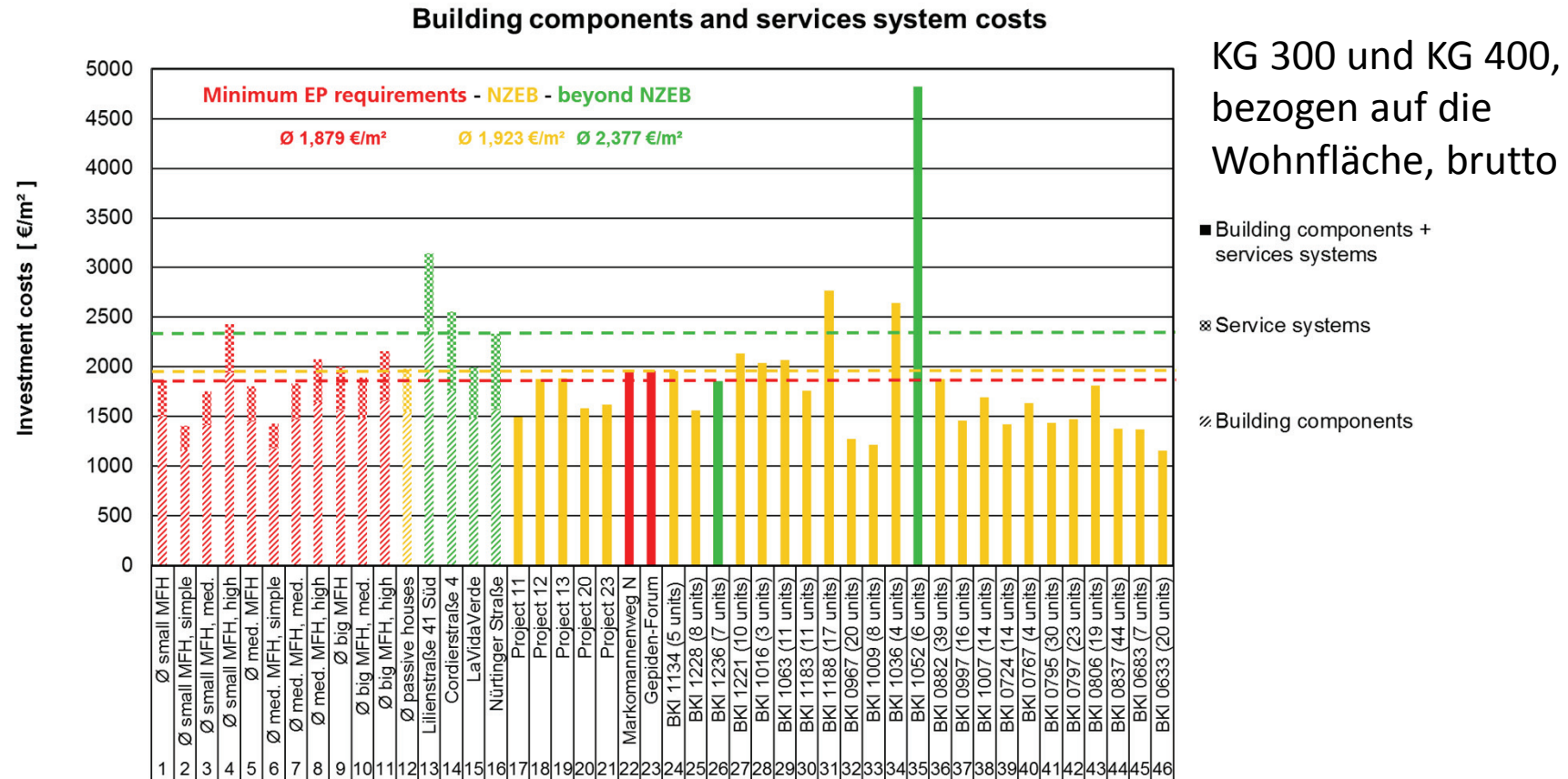
No.	Name of data	Source	Year	Location	Size: Floor area = living area	Level	Investment costs							Energy costs										Remarks	
							Total	Building components (BC) and services systems (SS) costs				Δ costs compared to minimum EP requirements	Electricity			Energy costs									
								Incl. ground	Excl. ground	BC			Total (BC + SS)	(1) Building related	(2) Household	(3) Total: (1) + (2)	(4) Gas	(5) District heating	(6) Biomass	(7) Others	(8) Total building related ((1) + (4) + (5) + (6) + (7))	(9) Total ((3) + (4) + (5) + (6) + (7))			
										CIB SfB cost groups 1.12, 1.13, 2, 3, 4	CIB SfB cost groups 5, 6														
										= DIN 276 cost group 300	= DIN 276 cost group 400														
m ²	Minimum EP requirements	NZEB	Beyond NZEB	€/m ²	€/m ²	€/m ²	€/m ²	€/m ²	€/m ²	%	€/m ² /yr	€/m ² /yr	€/m ² /yr	€/m ² /yr	€/m ² /yr	€/m ² /yr	€/m ² /yr	€/m ² /yr	€/m ² /yr	€/m ² /yr					
1																									
2																									
3	25	BKI 1228 (8 units)	[DE 14]	2016	Potsdam	516	X		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,558	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(25)		
4	26	BKI 1236 (7 units)	[DE 14]	2016	Dortmund	1,108	X		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,854	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(26)		
5	27	BKI 1221 (10 units)	[DE 14]	2016	Hamburg	1,559	X		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,136	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(27)		
6	28	BKI 1016 (3 units)	[DE 14]	2016	Dresden	351	X		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,043	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(28)		
7	29	BKI 1063 (11 units)	[DE 14]	2016	Berlin	1,334	X		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,071	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(29)		
8	30	BKI 1183 (11 units)	[DE 14]	2016	Berlin	2,645	X		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,760	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(30)		
9	31	BKI 1188 (17 units)	[DE 14]	2016	Hamburg	874	X		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,767	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(31)		
10	32	BKI 0967 (20 units)	[DE 14]	2016	Freiburg	1,900	X		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,277	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(32)		
11	33	BKI 1009 (8 units)	[DE 14]	2016	Karlsruhe	1,142	X		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,212	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(33)		
12	34	BKI 1036 (4 units)	[DE 14]	2016	Berlin	1,187	X		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,642	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(34)		
13	35	BKI 1052 (6 units)	[DE 14]	2016	Flensburg	794	X		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	4,821	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(35)		
14	36	BKI 0882 (39 units)	[DE 14]	2016	Münster	3,050	X		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,878	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(36)		
15	37	BKI 0997 (16 units)	[DE 14]	2016	Freiburg	2,128	X		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,460	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(37)		
16	38	BKI 1007 (14 units)	[DE 14]	2016	MT-Kreis	1,516	X		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,692	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(38)		
17	39	BKI 0724 (14 units)	[DE 14]	2016	Dresden	2,228	X		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,423	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(39)		
18	40	BKI 0767 (4 units)	[DE 14]	2016	Lindau	367	X		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,636	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(40)		
19	41	BKI 0795 (30 units)	[DE 14]	2016	Hamburg	3,424	X		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,433	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(41)		
20	42	BKI 0797 (23 units)	[DE 14]	2016	Balingen	3,024	X		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,469	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(42)		
21	43	BKI 0806 (19 units)	[DE 14]	2016	Berlin	2,280	X		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,810	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(43)		
22	44	BKI 0837 (44 units)	[DE 14]	2016	Darmstadt	3,977	X		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,374	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(44)		
23	45	BKI 0683 (7 units)	[DE 14]	2016	Freiburg	1,078	X		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,371	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(45)		
24	46	BKI 0633 (20 units)	[DE 14]	2016	Stuttgart	3,862	X		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,153	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(46)		
Average of minimum EP requirements							X		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,879	-	-	(0.86)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(6,11)	n.a.	(47)	
Average of NZEB								X		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,923	44	-	(1.56)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(5,96)	n.a.	(48)
Average of beyond NZEB									X	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,377	498	-	(1.80)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	(-1,47)	n.a.	(49)

Quellen: BKI, ABG Frankfurt Holding, BF Effizienzhaus Plus, weitere Demonstrationsprojekte

Startpunkt: Investitionskosten realer MFH

 EU H2020 754046 CoNZEBS	 EU H2020 754046 CoNZEBS D2.1: Overview of Cost Baselines for three Building Levels	 EU H2020 754046 CoNZEBS D2.1: Overview of Cost Baselines for three Building Levels	 EU H2020 754046 CoNZEBS D2.1: Overview of Cost Baselines for three Building Levels 45
<p>Remarks pertaining to Table 14:</p> <p>(1) The included investment costs are average gross costs for big units included). The costs have been gathered by BKI Baukosteninformationssystem [DE 14]. The area. There are no corresponding average energy costs (or energy consumptions) available.</p> <p>(2) The included investment costs are average gross costs for big units included). The costs have been gathered by BKI Baukosteninformationssystem [DE 14]. The area. There are no corresponding average energy costs (or energy consumptions) available.</p> <p>(3) The included investment costs are average gross costs for big units included). The costs have been gathered by BKI Baukosteninformationssystem [DE 14]. The area. There are no corresponding average energy costs (or energy consumptions) available.</p> <p>(4) The included investment costs are average gross costs for big units included). The costs have been gathered by BKI Baukosteninformationssystem [DE 14]. The area. There are no corresponding average energy costs (or energy consumptions) available.</p> <p>(5) The included investment costs are average gross costs for big units included). The costs have been gathered by BKI Baukosteninformationssystem [DE 14]. The area. There are no corresponding average energy costs (or energy consumptions) available.</p> <p>(6) The included investment costs are average gross costs for big units included). The costs have been gathered by BKI Baukosteninformationssystem [DE 14]. The area. There are no corresponding average energy costs (or energy consumptions) available.</p> <p>(7) The included investment costs are average gross costs for big units included). The costs have been gathered by BKI Baukosteninformationssystem [DE 14]. The area. There are no corresponding average energy costs (or energy consumptions) available.</p> <p>(8) The included investment costs are average gross costs for big units included). The costs have been gathered by BKI Baukosteninformationssystem [DE 14]. The area. There are no corresponding average energy costs (or energy consumptions) available.</p> <p>(9) The included investment costs are average gross costs for big units included). The costs have been gathered by BKI Baukosteninformationssystem [DE 14]. The area. There are no corresponding average energy costs (or energy consumptions) available.</p> <p>(10) The included investment costs are average gross costs for big units included). The costs have been gathered by BKI Baukosteninformationssystem [DE 14]. The area. There are no corresponding average energy costs (or energy consumptions) available.</p> <p>(Note: there is no data available for big units included).</p>	<p>(11) The included investment costs are average gross costs for big units included). The costs have been gathered by BKI Baukosteninformationssystem [DE 14]. The area. There are no corresponding average energy costs (or energy consumptions) available.</p> <p>(12) The included investment costs are average gross costs for big units included). The costs have been gathered by BKI Baukosteninformationssystem [DE 14]. The area. There are no corresponding average energy costs (or energy consumptions) available.</p> <p>(13) Lillenstraße 41 Süd, Munich</p>  <p>Together with 4 renovated multi-family houses, this timber frame building is based on a gas motor heat pump, a gas condensing boiler, and PV panels. The gross investment costs for the common heating system are distributed by the size of the floor area per building. Energy costs for heating and DHW (gas) and auxiliary energy are documented measured energy consumption of the building. The column "energy costs – other" presents the gains from the district heating system. Since the household electricity use is not available, no electricity costs are included.</p> <ul style="list-style-type: none"> Gas: base price: 150 €/yr, consumption tariff: 0.04 €/kWh Electricity: base price: 120 €/yr, consumption tariff: 0.25 €/kWh Feed-in of PV generated electricity: feed-in tariff: 0.12 €/kWh <p>The given floor area is the heated living area.</p>	<p>(14) Cordierstraße 4, Frankfurt</p>  <p>The building is an efficiency house plus, i.e. a house that generates in an annual balance more final and primary energy from renewables than it consumes for heating, ventilation, DHW, auxiliary energy and household electricity. Based on a building envelope in passive house standard, thermal vacuum collectors, a combined heat and power unit with heat recovery and PV on the façade, roof and carport, tenants as a part of the rent (flat charge, heat-inclusive rent) building, the tenants receive a budget for electricity and lower than usual electricity tariffs. As "energy costs – other" budget and the average costs of the additional electricity part of the rent is shown. The presented investment costs are the living area.</p> <p>(15) LaVidaVerde, Berlin</p>  <p>The building is an efficiency house plus, i.e. a house that generates in an annual balance more final and primary energy from renewables than it consumes for heating, ventilation, DHW, auxiliary energy and household electricity. The building realised in massive construction. Building services systems comprise PV, exhaust ventilation, remaining heating energy needs a wood pellet boiler. As electricity consumption of the heat pump used for space (household + auxiliary electricity) are included in column "energy costs – other" presents the gains from feeding energy into the national grid. Energy costs are not available in the report [DE 18]. However the energy costs for heating and DHW (district heating) and the electricity have been calculated based on the documented measured energy consumption of the building, using the following average base prices and energy tariffs indicated in [DE 18]:</p> <ul style="list-style-type: none"> District heating: base price: 2,250 €/yr, consumption tariff: 0.0845 €/kWh Electricity: base price: 102 €/yr incl. meters (9 households + one extra meter for common electricity), consumption tariff: 0.29 €/kWh Feed-in of PV generated electricity: base price: 15.20 €/yr, feed-in tariff: 0.15 €/kWh <p>The given floor area is the living area.</p>	<p>(16) Nürtinger Straße, Tübingen</p>  <p>The building is an efficiency house plus, i.e. a house that generates in an annual balance more final and primary energy from renewables than it consumes for heating, ventilation, DHW, auxiliary energy and household electricity. The exterior walls are made of timber frame constructions with ventilated PV elements. The windows are triple-glazed. The building is connected to a district heating network with a primary energy factor of 0. A central ventilation system with a heat recovery of > 80% was installed. PV generated electricity is stored in a battery to increase the self-use of the building. Table 2 shows as "energy costs – other" the gains from feeding in generated electricity into the national grid. Energy costs are not available in the report [DE 18]. However the energy costs for heating and DHW (district heating) and the electricity have been calculated based on the documented measured energy consumption of the building, using the following average base prices and energy tariffs indicated in [DE 18]:</p> <ul style="list-style-type: none"> District heating: base price: 2,250 €/yr, consumption tariff: 0.0845 €/kWh Electricity: base price: 102 €/yr incl. meters (9 households + one extra meter for common electricity), consumption tariff: 0.29 €/kWh Feed-in of PV generated electricity: base price: 15.20 €/yr, feed-in tariff: 0.15 €/kWh <p>The given floor area is the living area.</p> <p>(17) The building is a passive house built by ABG Frankfurt Holding in massive construction. It is connected to a district heating system. The available gross investment costs are the sum of building construction and building services systems costs (German DIN 276 cost groups 300 and 400). Additionally the annual energy costs for general electricity (electricity for the building and HVAC systems) and the district heating costs have been provided. The given floor area is the living area [DE 19].</p> <p>(18) The building is a passive house built by ABG Frankfurt Holding in massive construction. It is connected to a district heating system. The available gross investment costs are the sum of building construction and building services systems costs (German DIN 276 cost groups 300 and 400). Additionally the annual energy costs for general electricity (electricity for the building and HVAC systems) and the district heating costs have been provided. The given floor area is the living area [DE 19].</p> <p>(19) The building is a passive house built by ABG Frankfurt Holding in massive construction. It is connected to a district heating system. The available gross investment costs are the sum of building construction and building services systems costs (German DIN 276 cost groups 300 and 400). Additionally the annual energy costs for general electricity (electricity for the building and HVAC systems) and the district heating costs have been provided. The given floor area is the living area [DE 19].</p> <p>(20) The building is a passive house built by ABG Frankfurt Holding in massive construction with a gas-driven heating system. The available gross investment costs are the sum of building construction and building services systems costs (German DIN 276 cost groups 300 and 400). Additionally the annual energy costs for general electricity</p>

Startpunkt: Investitionskosten realer MFH

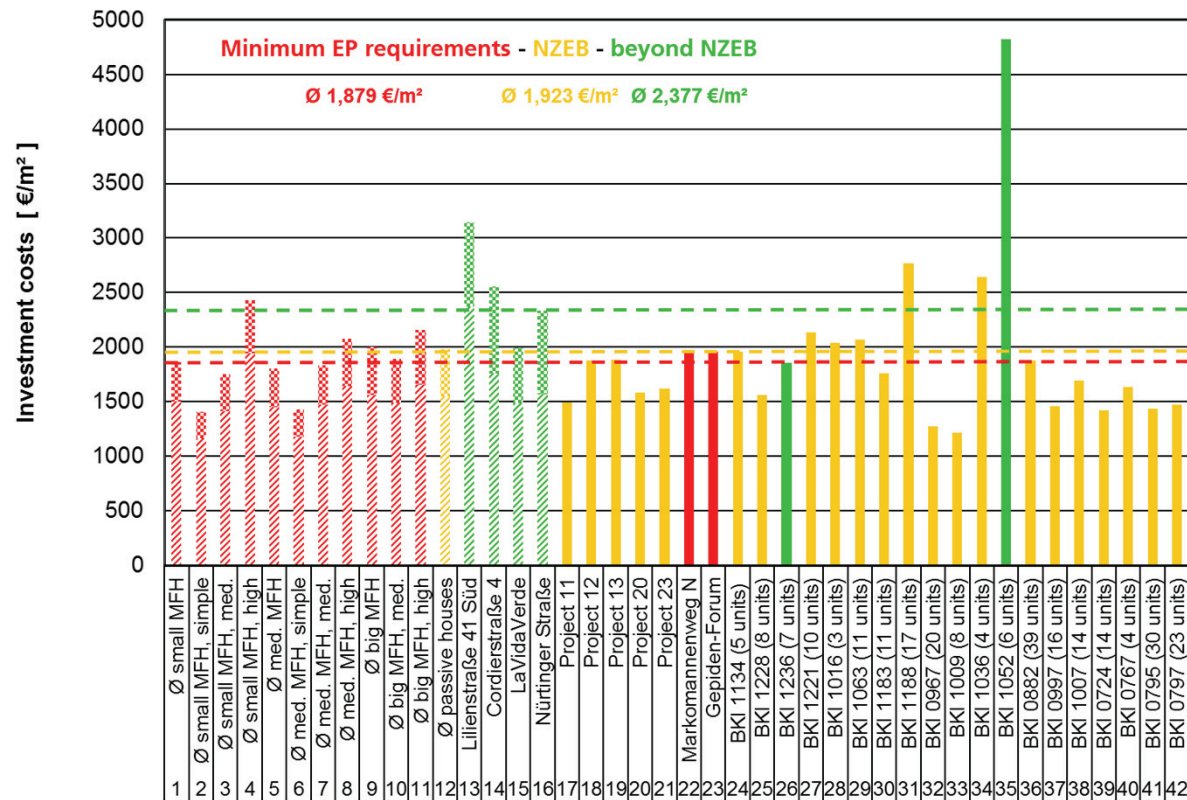


KG 300 und KG 400,
bezogen auf die
Wohnfläche, brutto

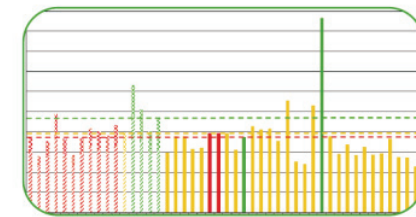
Quellen: BKi, ABG Frankfurt Holding, BF Effizienzhaus Plus,
weitere Demonstrationsprojekte

Startpunkt: Investitionskosten realer MFH

Building components and services system costs



KG 300 und KG 400, bezogen auf die Wohnfläche, brutto



Solution sets for the Cost reduction of new Nearly Zero-Energy Buildings – CoNZEBs

EU H2020-EE-2016-CSA
Projekt ID: 754046

Overview of Cost Baselines for three Building Levels

Deliverable D2.1

Authors:

Heike Erhorn-Kluttig, Hans Erhorn (Fraunhofer Institute for Building Physics), Bernd Utesch (ABG Frankfurt Holding), Kim Wittchen, Kirsten Engelund Thomsen (SBI/AAU), Ove Mørck, Ole Baslev-Olsen (Kuben Management), Mikkel Jungshoved (BL), Michele Zinzi, Benedetta Mattioli (ENEA), Marijana Španec-Zavri (GZ ZRMK), Damjana Varšek (SSRS)



Quellen: BKI, ABG Frankfurt Holding, BF Effizienzhaus Plus, weitere Demonstrationsprojekte



CoNZEBs: Solution Sets für die Kostenreduktion von NZEBs
Heike Erhorn-Kluttig, Hans Erhorn, Micha Illner | National Event | 13.06.2019



Startpunkt: Investitionskosten realer MFH

Land	Durchschnittliche Differenz der Investitionskosten für Baukonstruktion und Anlagentechnik (KG 300 + KG 400) zwischen den Gebäudeniveaus NZEB und energetische Mindestanforderungen
Deutschland	44 €/m ² Wohnfläche (45 €/m ² Nettogrundfläche)
Dänemark	65 €/m ² Bruttogrundfläche (72 €/m ² Nettogrundfläche)
Italien	229 €/m ² Nutzfläche (= Nettogrundfläche)
Slowenien	104 €/m ² konditionierte Nettogrundfläche (= Nettogrundfläche)

Voting 2

slido.com -> #conzebs



1. Die durchschnittliche **Investitionskosten-differenz** EnEV zu KfW 55 mit 44 €/m² Wohnfläche...

- a) ... entspricht meinen Erfahrungen
- b) ... ist zu niedrig
- c) ... ist zu hoch
- d) ... kann ich nicht einschätzen

Multiple-choice poll



**Die durchschnittliche
Investitionskostendifferenz EnEV zu KfW
55 mit 44 €/m² Wohnfläche...**

052

... entspricht meinen Erfahrungen



... ist zu niedrig



... ist zu hoch



... kann ich nicht einschätzen



slido

Voting 2

slido.com -> #conzebs



© MS ClipArt

2. Was sehen Sie als **wünschenswertes NZEB-Niveau** an?

- a) ... aktueller EnEV-Standard
- b) ... KfW Effizienzhaus 55
- c) ... KfW Effizienzhaus 40
- d) ... KfW Effizienzhaus 40 Plus

Multiple-choice poll



Was sehen Sie als wünschenswertes NZEB-Niveau an?

050

aktueller EnEV-Standard

8 %

KfW Effizienzhaus 55

28 %

KfW Effizienzhaus 40

14 %

KfW Effizienzhaus 40 Plus

50 %

slido

Kosteneinsparungen bei Planungs- und Konstruktionsprozessen

🏠 Maßnahmen an der Gebäudehülle und der Anlagentechnik

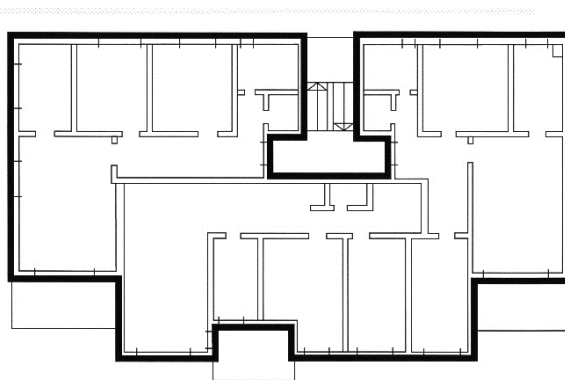
- 🏠 Italien: große Gasbetonbausteine (48 % Zeiteinsparung)
- 🏠 Italien: Monoblock-Fenster (20 % Kosteneinsparung, 60 % Zeiteinsparung)
- 🏠 Dänemark: Integration von PV ins Dach (28 % Kosteneinsparung im Vergleich zu normalem Dach plus PV)
- 🏠 Slowenien: feuchteabhängige Lüftungsregelung (geringerer Luftwechsel)
- 🏠 Italien: passive Kühlung durch Sonnenschutz, Dachüberhang und Bäume
- 🏠 Slowenien: kreuzgeschichtete Holzpaneele (investiv teurer aber deutlich kürzere Bauzeit)



Kosteneinsparungen bei Planungs- und Konstruktionsprozessen

Maßnahmen an der Gebäudehülle und der Anlagentechnik

- Deutschland: außenliegende Treppenhäuser
(Daumenregel: Verringerung des A/V-Verhältnis um $0,1 \text{ m}^{-1}$ reduziert den Heizenergiebedarf um $10 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ + spart Baukosten von ca. 50 bis 80 €/m²)



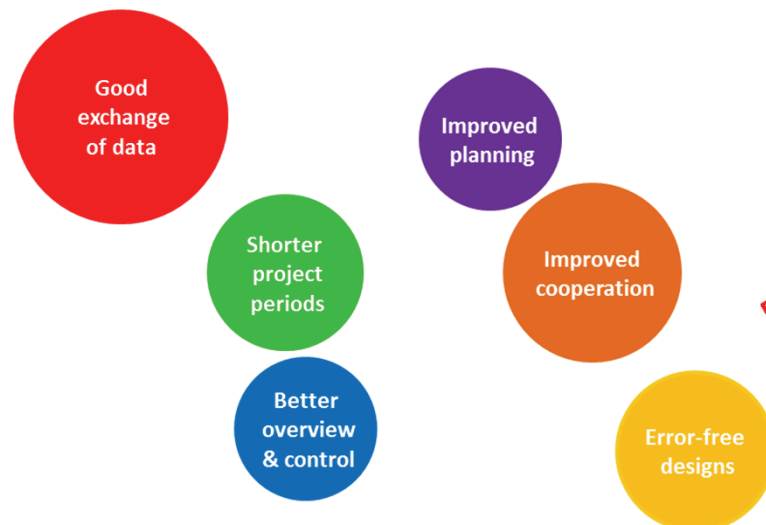
Frankfurter Klimaschutzhaus der ABG Frankfurt. © Jochen Müller

Kosteneinsparungen bei Planungs- und Konstruktionsprozessen

Prozessmaßnahmen

- Vorfertigung / modulares Bauen (keine quantitativen Ergebnisse gefunden)
- Building Information Modelling – BIM (erste Erfahrungen USA/UK/Hongkong: 1,9 % / 3 % / 7 % Kosteneinsparungen)

European architects: Top advantages of BIM (trend cluster; n = 1,600)



Case	Investment [US\$]	BIM cost [US\$]	Savings [%]	BIM ROI [%]
1	30,000,000	5,000,000	16.7	2600
2	54,000,000	1,232,000	2.3	140
3	47,000,000	495,000	1.0	11560
4	16,000,000	64,000	0.4	640
5	1,400,000	6,800	0.5	940
6	50,000,000	90,000	0.2	780
7	58,000,000	3,800	0.006	5160
8	82,000,000	20,000	0.024	240
9	14,000,000	5,000	0.357	39900
10	32,000,000	1,000	0.003	32900

Durchschnittliche Kosteneinsparung: 1,9 %

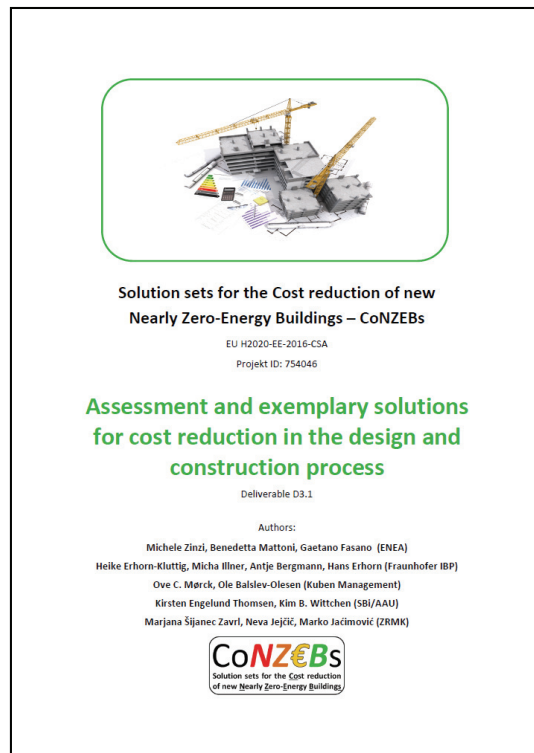
Azhar, S. et al.: Building information modeling (BIM): benefits, risks and challenges. Studie der Stanford Universität.

USP/BauInfoConsult: Arch-Vision – European Architectural Barometer

Kosteneinsparungen bei Planungs- und Konstruktionsprozessen

Prozessmaßnahmen

- Vorfertigung / modulares Bauen (keine quantitativen Ergebnisse gefunden)
- Building Information Modelling – BIM (erste Erfahrungen USA/UK/Hongkong: 1,9 % / 3 % / 7 % Kosteneinsparungen)



Advantages of BIM (600)

Improved cooperation

Error-free designs

lean Architectural Barometer

Case	Investment [US\$]	BIM cost [US\$]	Savings [%]	BIM ROI [%]
1	30,000,000	5,000,000	0.4	2600
2	54,000,000	1,232,000	0.4	140
3	47,000,000	495,000	1	11560
4	16,000,000	64,000	0.4	640
5	1,400,000	6,800	0	940
6	50,000,000	90,000	1.5	780
7	58,000,000	3,800	0.3	5160
8	82,000,000	20,000	0	240
9	14,000,000	5,000	14	39900
10	32,000,000	1,000	1	32900

Durchschnittliche Kosteneinsparung: 1,9 %

Azhar, S. et al.: Building information modeling (BIM): benefits, risks and challenges. Studie der Stanford Universität.

© shutterstock / Franck Boston

Voting 3



© MS ClipArt

slido.com -> #conzebs

1. Welche Kosteneinsparansätze **haben Sie bereits umgesetzt?**

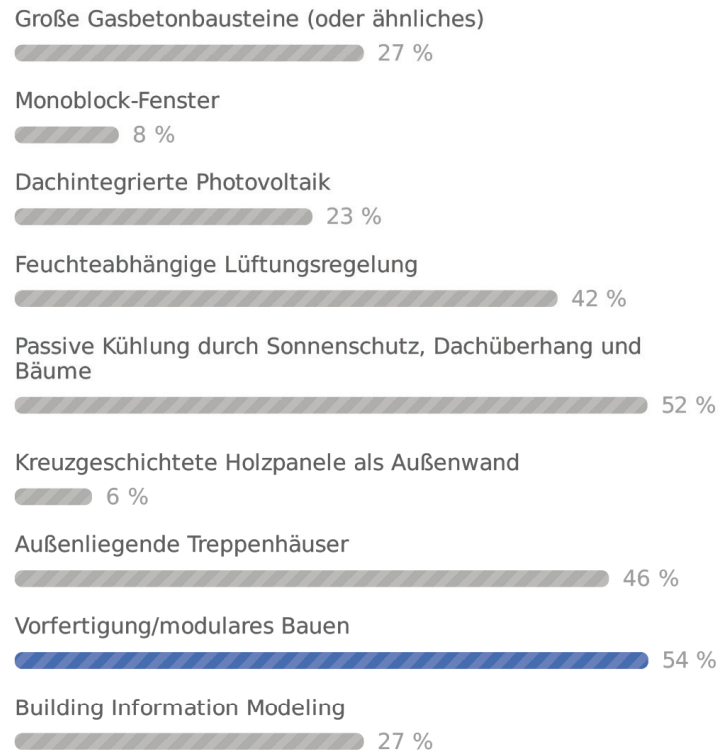
- a) Große Gasbetonbausteine (oder ähnliches)
- b) Monoblock-Fenster
- c) Dachintegrierte Photovoltaik
- d) Feuchteabhängige Lüftungsregelung
- e) Passive Kühlung durch Sonnenschutz, Dachüberhang und Bäume
- f) Kreuzgeschichtete Holzpanele als Außenwand
- g) Außenliegende Treppenhäuser
- h) Vorfertigung/modulares Bauen
- i) Building Information Modeling

Multiple-choice poll (Multiple answers)



Welche Kosteneinsparansätze haben Sie bereits umgesetzt?

0 4 8



slido

Voting 3



© MS ClipArt

slido.com -> #conzebs

2. Welche Kosteneinsparansätze **finden Sie interessant?**

- a) Große Gasbetonbausteine (oder ähnliches)
- b) Monoblock-Fenster
- c) Dachintegrierte Photovoltaik
- d) Feuchteabhängige Lüftungsregelung
- e) Passive Kühlung durch Sonnenschutz, Dachüberhang und Bäume
- f) Kreuzgeschichtete Holzpanele als Außenwand
- g) Außenliegende Treppenhäuser
- h) Vorfertigung/modulares Bauen
- i) Building Information Modeling

Multiple-choice poll (Multiple answers)



Welche Kosteneinsparansätze finden Sie interessant?

051

Große Gasbetonbausteine (oder ähnliches)



Monoblock-Fenster



Dachintegrierte Photovoltaik



Feuchteabhängige Lüftungsregelung



Passive Kühlung durch Sonnenschutz, Dachüberhang und Bäume



Kreuzgeschichtete Holzpaneele als Außenwand



Außenliegende Treppenhäuser



Vorfertigung/modulares Bauen



Building Information Modeling



slido

Voting 3



© MS ClipArt

slido.com -> #conzebs

3. Glauben Sie das BIM im Wohnungsbau in den nächsten 10 Jahren breite Anwendung findet?

- a) Ja
- b) Ja, aber es führt nicht zu spürbaren Kosteneinsparungen
- c) Nein
- d) Kann ich nicht einschätzen

Multiple-choice poll



Glauben Sie das BIM im Wohnungsbau in den nächsten 10 Jahren breite Anwendung findet?

055

Ja



36 %

Ja, aber es führt nicht zu spürbaren Kosteneinsparungen



44 %

Nein



13 %

Kann ich nicht einschätzen



7 %

slido

Solution Sets – Kosteneinsparung durch alternative Energiekonzepte

🏠 Methode in allen 4 Ländern:

- 🏠 Definition eines typischen Mehrfamilienhauses
- 🏠 Definition des typischen NZEB-Energiekonzepts
- 🏠 Identifikation von alternativen Konzepten auf gleichem energetischen Niveau mit geringeren Investitionskosten
- 🏠 Vergleich der Investitionskosten und Energiekosten
- 🏠 Bewertung der Lebenszykluskosten und Ökobilanzkennwerte

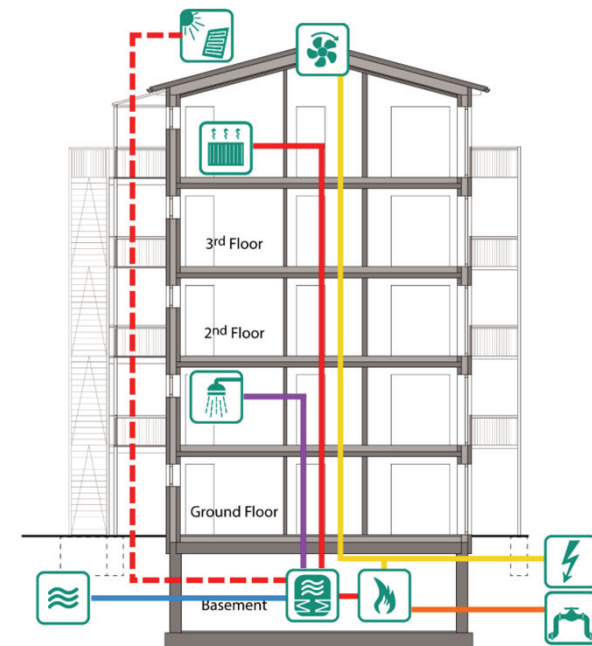
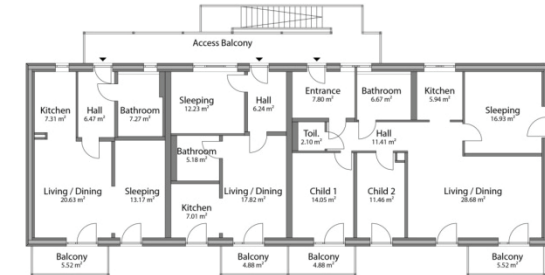
Kosteneinsparung durch alternative Energiekonzepte

Definition des typischen Gebäudes: Deutschland:

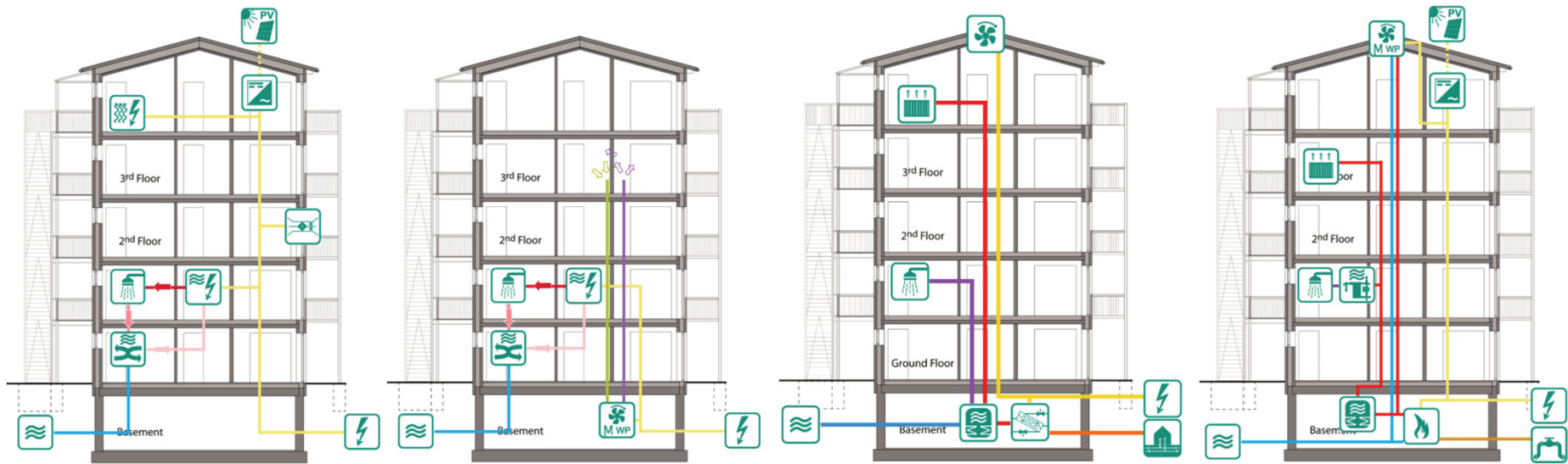
- 🏠 5 Geschosse + Keller
- 🏠 Außenliegendes Treppenhaus
- 🏠 15 WE, 985 m² NGF, 1.011 m² Wohnfläche

Definition der typischen NZEB-Lösung: Deutschland:

- 🏠 Gas-Brennwertkessel + 47 m² thermische Solarkollektoren
- 🏠 Radiatoren
- 🏠 Zentrale mechanische Abluftanlage
- 🏠 Hüllflächen: $H'_T = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - 🏠 Wand: $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - 🏠 Fenster: $0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($g=0,55$)
 - 🏠 Dach: $0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - 🏠 Kellerdecke: $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$



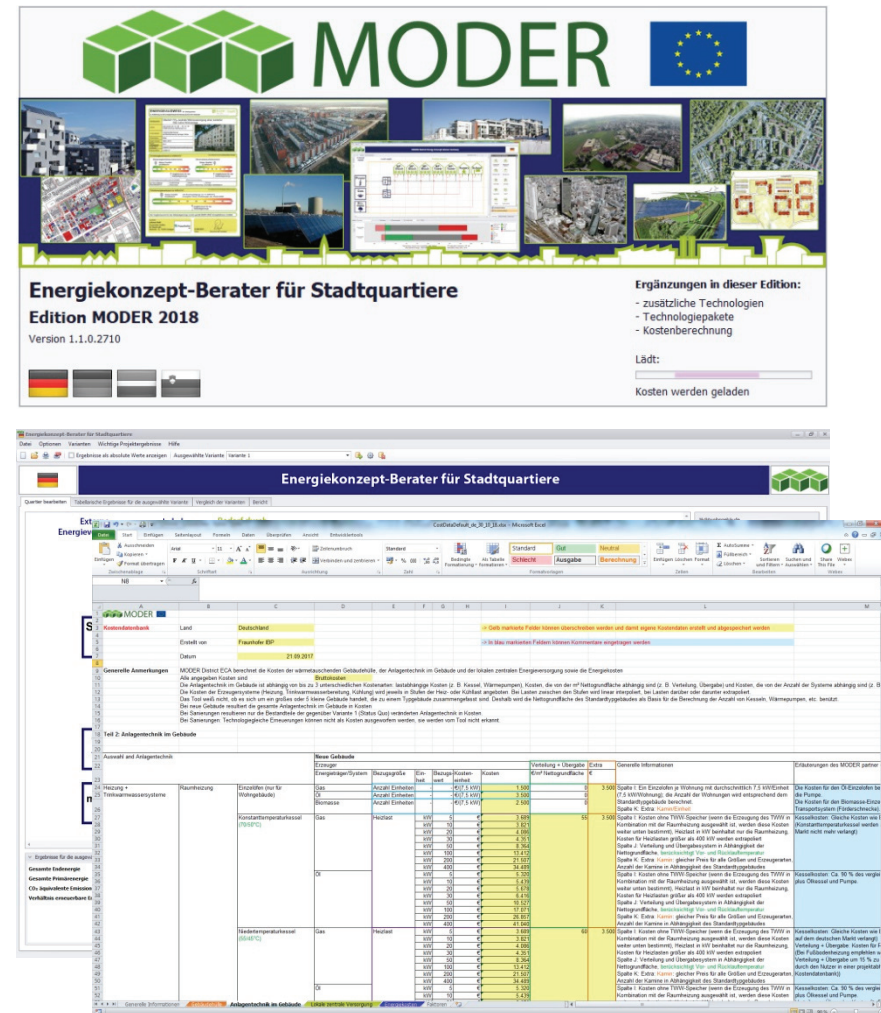
Kosteneinsparung durch alternative Energiekonzepte



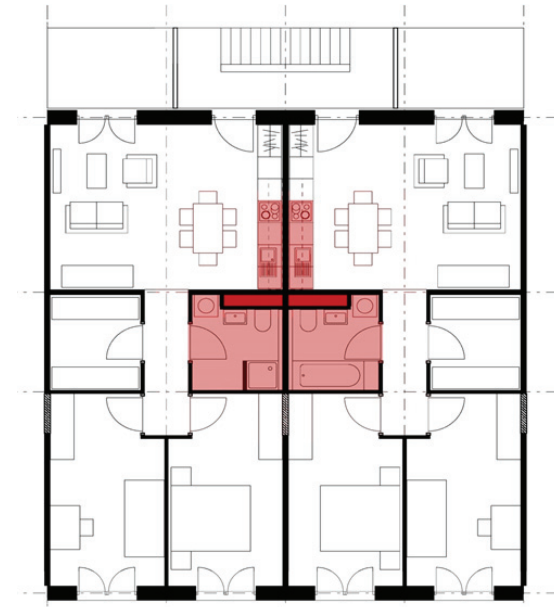
Konzept 1	Konzept 2	Konzept 3	Konzept 4
<ul style="list-style-type: none"> • Dezentral elektrische Heizung und TWW-Bereitung • Dezentrale Zu-/Abluft mit WRG • PV: 17,6 kWp • WRG aus Duschwasser • reduziertes Dämmniveau: $H'_T = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Zentrale Zu-/Abluft • Luftheizung mit Luft-Luft-Wärmepumpe • Dezentral elektrische TWW-Bereitung • WRG aus Duschwasser • reduziertes Dämmniveau: $H'_T = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Zentrale Heizung und TWW-Bereitung aus Fernwärme (fossil KWK) • Zentrale Abluft • reduziertes Dämmniveau: $H'_T = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Zentrale Heizung über zentrale Abluft-Wärmepumpe (Luft-Wasser) + Gas-Brennwertkessel • Frischwasser-Stationen • PV: 1,35 kWp • reduziertes Dämmniveau: $H'_T = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$

Kostengrundlagen

- 🏠 Kostendatenbank
- 🏠 Energiekonzept-Berater für Stadtquartiere
- 🏠 Basierend auf EnEV-
Wirtschaftlichkeitsanalysen
- 🏠 Erfahrungen am Fraunhofer IBP
- 🏠 Details abgefragt bei ABG
Frankfurt (z. B. Frischwasser-
station)



Frankfurter Klimaschutzhaus



schneider+schumacher

Kostengruppen 300 und 400: 1.090 €/m² BGF



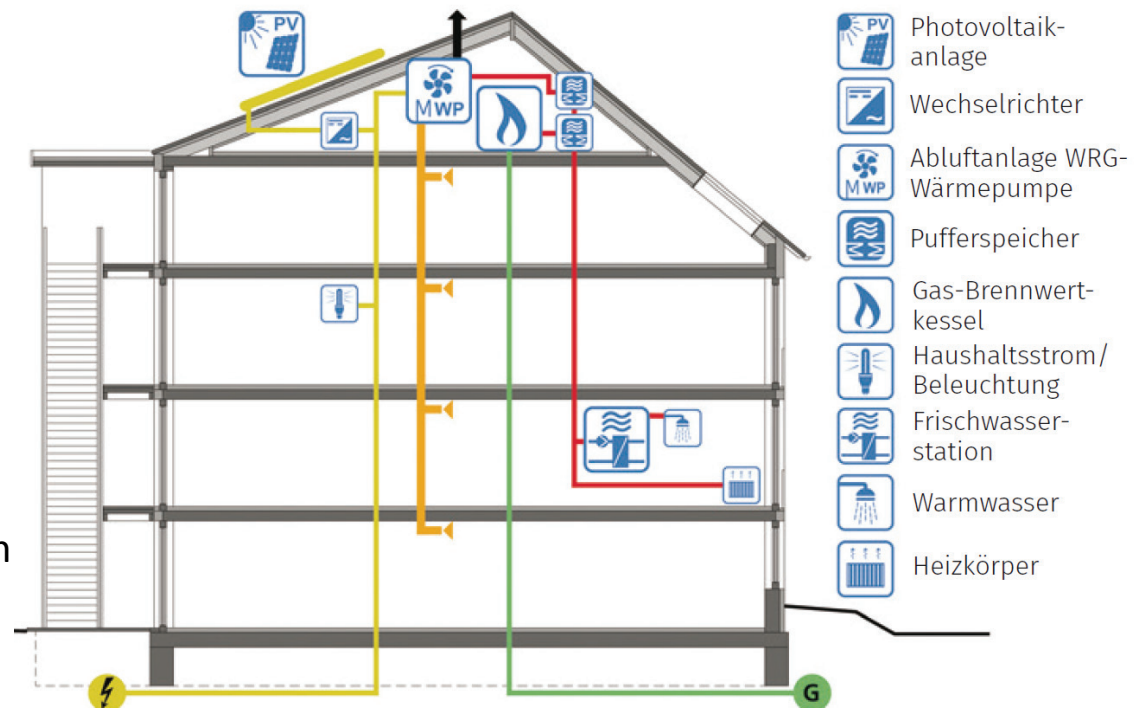
CoNZEBS: Solution Sets für die Kostenreduktion von NZEBs
Heike Erhorn-Kluttig, Hans Erhorn, Micha Illner | National Event | 13.06.2019



Frankfurter Klimaschutzhaus

Maßnahmen:

- 🏠 4-Raum-Prinzip + außenl. Erschließung
- 🏠 Kompakte Bauweise
- 🏠 Raumhöhe auf 2,75 m begrenzt
- 🏠 Belichtungstiefe d. Baukörpers 12 - 14 m
- 🏠 Abstellraum statt Keller
- 🏠 Hohe Flächeneffizienz
- 🏠 Erschließung über Außentreppe + Balkone (Aufzüge nachrüstbar)
- 🏠 Barrierefreiheit möglich
- 🏠 Sozialer Wohnungsbau – Förderfähigkeit
- 🏠 Statische Optimierung (Schotten)
- 🏠 Haustechnikzentrale im Dachgeschoss
- 🏠 Reduzierte und auf die Gebäudemitte konzentrierte Technik in den Wohnungen
- 🏠 Heizungsverteilung in Fußbodenleisten
- 🏠 Wärmerückgewinnung aus der Abluftanlage (Zuluft über Fassade)
- 🏠 Photovoltaik (Mieterstrom)
- 🏠 Frischwasserstation
- 🏠 Verzicht auf Heizungen in Küche und Abstellraum



Schema © Fraunhofer IBP (auf Grundlage des Energiekonzepts von EGS-plan)

Kosteneinsparung durch alternative Energiekonzepte

Energiekonzept	Basis	Konzept 1	Konzept 2	Konzept 3	Konzept 4
Beschreibung	Gas-BWK + solar, Radiatoren, zentr. Abluft	Dez. elektrische Heizung + TWW, dez. Zu-/Abluft mit WRG, PV, WRG aus Duschwasser	Zentr. Zu-/Abluft und Luftheizung mit Luft-Luft-WP, dez. elektrisches TWW, WRG aus Duschwasser	Zentr. Heizung und TWW aus Fernwärme, zentr. Abluft	Zentr. Heizung über zentr. Abluft-WP (Luft-Wasser-WP) + Gas-BWK, Frischwasser-Stationen, PV
H'_T [W/m ² K]	0,22	0,31	0,31	0,31	0,31
Primärenergie [kWh/m ² a]	48,85	41,09	48,60	48,39	47,60
Investitions-kostendifferenz [€/m ²]	0	-84	-57	-83	-44
Energiekosten [€/m ² a]	3,33	6,43	6,91	7,00	4,22
Statischer Break-Even Point Investitions – Energiekosten [a]	-	27	16	13	49

Energiekennwerte und Kosten bezogen auf Nettogrundfläche

Kosteneinsparung durch alternative Energiekonzepte

Energiekonzept	Basis	Konzept 1	Konzept 2	Konzept 3	Konzept 4
Beschreibung	Gas-BWK + solar, Radiatoren, zentr. Abluft	Dez. elektrische Heizung + TWW, dez. Zu-/Abluft mit WRG, PV, WRG aus Duschwasser	Zentr. Zu-/Abluft und Luftheizung mit Luft-Luft-WP, dez. elektrisches TWW, WRG aus Duschwasser	Zentr. Heizung und TWW aus Fernwärme, zentr. Abluft	Zentr. Heizung über zentr. Abluft-WP (Luft-Wasser-WP) + Gas-BWK
H'_T [W/m²K]	0,22	0,31	0,31		
Primärenergie [kWh/m²a]	48,85	41,09	48,60		
Investitions-kostendifferenz [€/m²]	0	-84	-57		
Energiekosten [€/m²a]	3,33	6,43	6,91		
Statischer Break-Even Point Investitionen – Energiekosten [a]	-	27	16		

Energiekennwerte und Kosten bezogen auf Nettogrundfläche



Solution sets for the Cost reduction of new Nearly Zero-Energy Buildings – CoNZEBS

EU H2020-EE-2016-CSA
Projekt ID: 754046

Solution sets and technologies for NZEBs

Deliverable D5.1

Kim B. Wittchen & Kirsten Englund Thomsen
(Danish Building Research Institute, Aalborg University)
Ove Mørck, Miriam Sanchez Mayoral Gutierrez & Ole Balslev-Olesen (Kuben Management)
Micha Illner, Heike Erhorn-Kluttig & Hans Erhorn (Fraunhofer Institute for Building Physics)
Michele Zinzi & Benedetta Mattioni (ENEA)
Marjana Sijanez Zavri, Marko Jačimović & Henrik Gjerkes
(Building and Civil Engineering Institute ZRMK)



Lebenszyklusbewertung

🏠 Berücksichtigte Phasen:

- 🏠 Produktionsphase: Rohmaterial, Transport, Produkterstellung
- 🏠 Nutzungsphase: Energie für den Betrieb + Ersatz von Technologien

🏠 Kenndaten aus Ökobaudat

🏠 Betrachtungszeitraum 30 Jahre

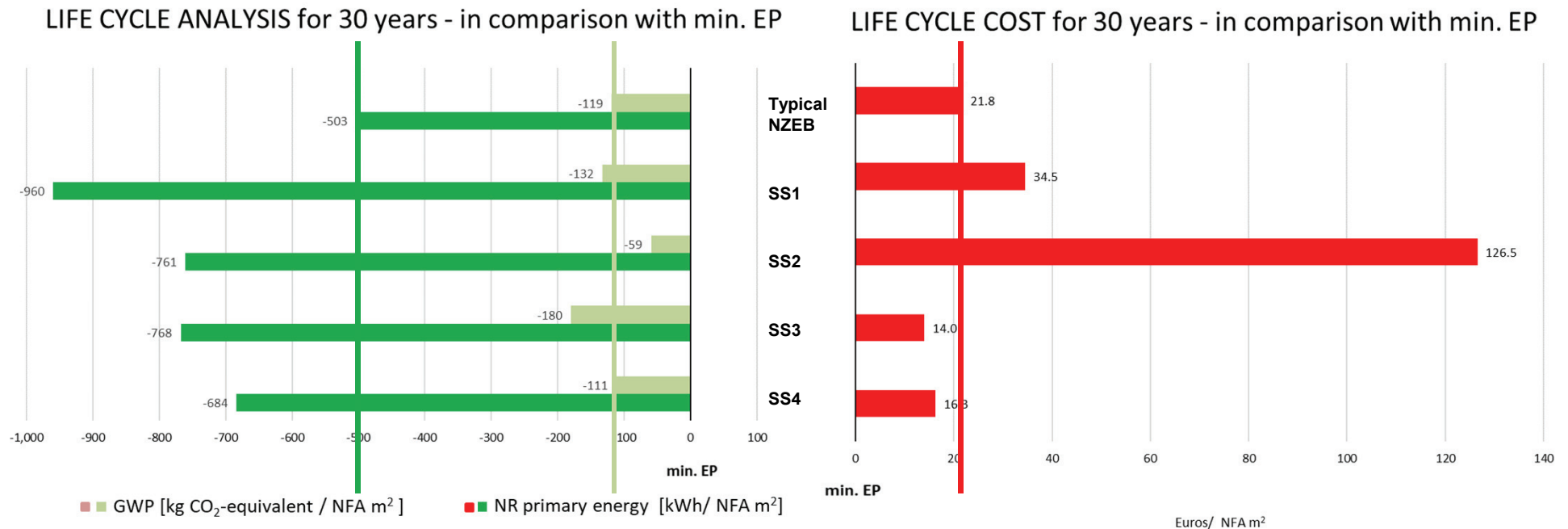
🏠 Nutzungsphase: Primärenergiebedarf und CO_{2,äq.}-Emissionen aus den nationalen Berechnungen (DIN V 18599)

🏠 Lebensdauern aus VDI 2067

🏠 Kennwerte:

- 🏠 Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf [kWh/m²]
- 🏠 Treibhausgaspotential [kg CO_{2, Äq.}]

Lebenszyklusbewertung (30 Jahre)



LCA/LCC beinhalten Herstellungsphase und Nutzungsphase

Typisches NZEB: Gas-Brennwertkessel + thermisch solar

SS1: dezentral elektrische Heizung + TWW

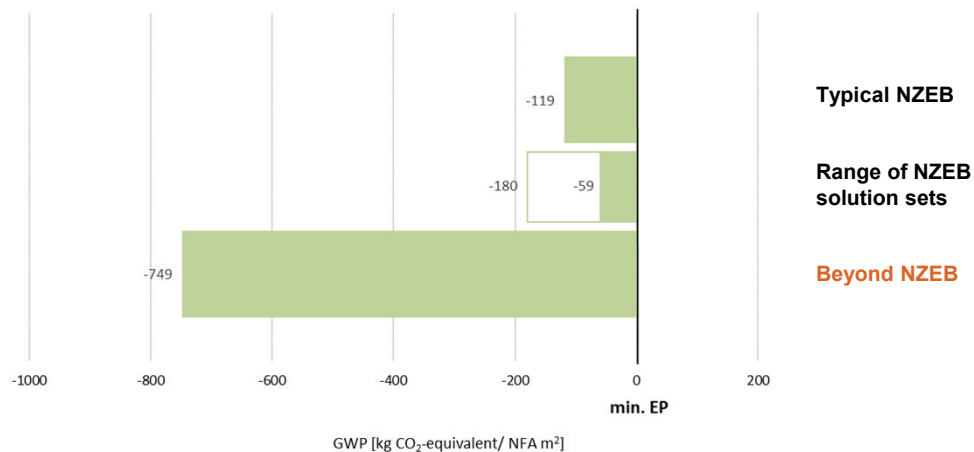
SS2: zentral Luftheizung (Abluft-WP) + dez. el. TWW

SS3: zentral Fernwärme (KWK fossil)

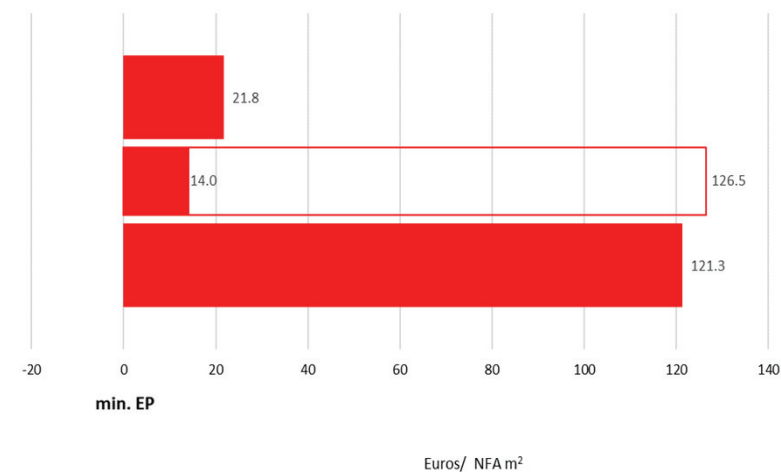
SS4: zentral Abluft-WP (Luft-Wasser) + Gas-Brennwertkessel
+ Frischwasserstationen

Lebenszyklusbewertung (30 Jahre)

LIFE CYCLE ANALYSIS for 30 years - in comparison with min. EP



LIFE CYCLE COST for 30 years - in comparison with min. EP



LCA/LCC beinhalten Herstellungsphase und Nutzungsphase

Typisches NZEB: Gas-Brennwertkessel + thermisch solar

SS1: dezentral elektrische Heizung + TWW

SS2: zentral Luftheizung (Abluft-WP) + dez. el. TWW

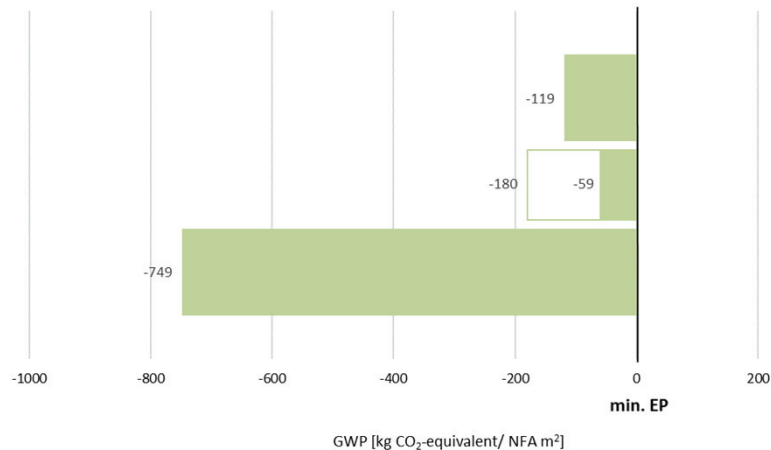
SS3: zentral Fernwärme (KWK fossil)

SS4: zentral Abluft-WP (Luft-Wasser) + Gas-Brennwertkessel + Frischwasserstationen

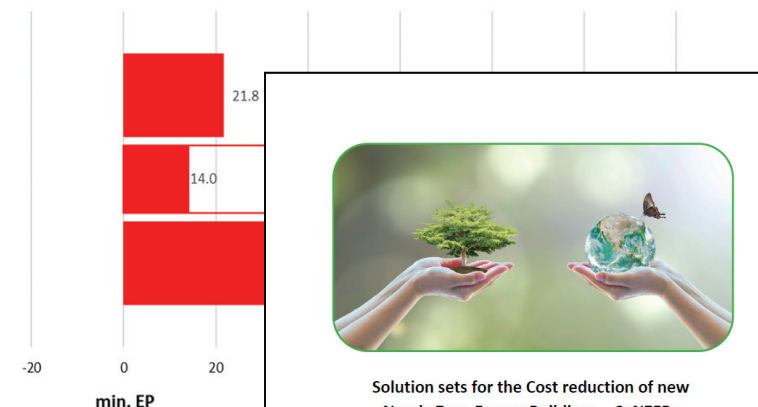
Besser als NZEB = Effizienzhaus Plus-Standard: zentral Luft-Wasser-WP + Frischwasserstationen + PV

Lebenszyklusbewertung (30 Jahre)

LIFE CYCLE ANALYSIS for 30 years - in comparison with min. EP



LIFE CYCLE COST for 30 years - in comparison with min. EP



LCA/LCC beinhalten Herstellungsphase und Nutzungsphase

Typisches NZEB: Gas-Brennwertkessel + thermisch solar

SS1: dezentral elektrische Heizung + TWW SS2: zentral Luftheizung (A)

SS3: zentral Fernwärme (KWK fossil) SS4: zentral Abluft-WP (Luft-Wasser-WP) + Frischwasserstation

Besser als NZEB = Effizienzhaus Plus-Standard: zentral Luft-Wasser-WP

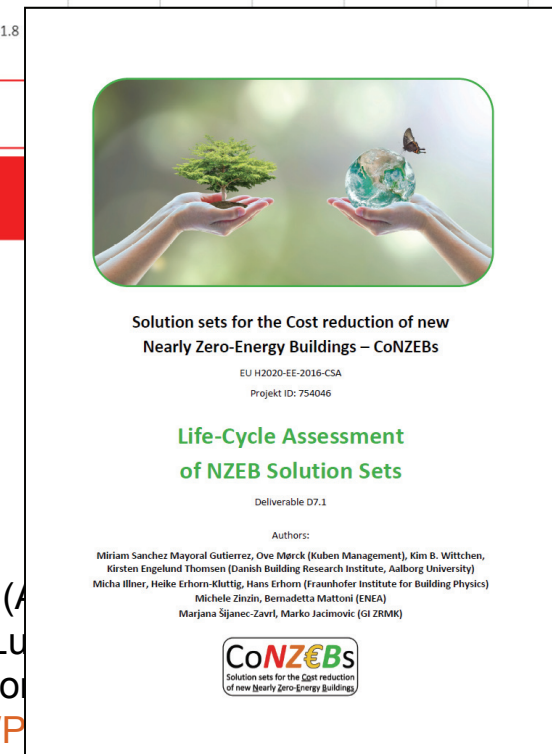


Photo: © shutterstock / Chinnapong

Voting 4



© MS ClipArt

slido.com -> #conzebs

1. Wird die **Lebenszykluskostenbewertung** in den nächsten 10 Jahren die derzeitigen Bewertung nach Investitionskosten ablösen?
 - a) Ja
 - b) Nein
 - c) Ist bei uns schon heute Standard
 - d) Kann ich nicht einschätzen

Multiple-choice poll



Wird die Lebenszykluskostenbewertung in den nächsten 10 Jahren die derzeitigen Bewertung nach Investitionskosten ablösen?

050

Ja



Nein



Ist bei uns schon heute Standard



Kann ich nicht einschätzen



slido

Voting 4



© MS ClipArt

slido.com -> #conzebs

2. Halten Sie eine **CO₂-Bepreisung** bei den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für sinnvoll?

- a) Ja: 180 €/t CO₂ (UBA-Vorschlag)
- b) Ja: 40 €/t CO₂ (European Trading System)
- c) Nein
- d) Kann ich nicht einschätzen

Multiple-choice poll



Halten Sie eine CO₂-Bepreisung bei den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für sinnvoll?

054

Ja: 180 €/t CO₂ (UBA-Vorschlag)



46 %

Ja: 40 €/t CO₂ (European Trading System)



26 %

Nein



11 %

Kann ich nicht einschätzen



17 %

slido

Informationen für Bewohner: Vorteile von NZEBs

Warum **Niedrigstenergiehäuser** die richtige Wahl sind

Wohnen in Niedrigstenergiegebäuden – Erfahrungen, Erwartungen, Zusatznutzen



Warum **Niedrigstenergiehäuser** die richtige Wahl sind

Wohnen in Niedrigstenergiehäusern – Erfahrungen, Erwartungen, Zusatznutzen

Inhaltsverzeichnis

Einführung	4
Was sind Niedrigstenergiegebäude?	5
Vorteile von Niedrigstenergie-Mehrfamilienhäusern	6
Die Erwartungen von Wohnungsnutzern	7
Interessante Fakten aus den CoNZEBS-Teilnehmerländern	9
Fakten statt Vorurteile zum Thema Niedrigstenergiegebäude	12
Nationale Beispiele für Niedrigstenergie-Mehrfamilienhäuser	13
– Deutschland	14
– Slowenien	16
– Dänemark	17
– Italien	18
Das CoNZEBS-Projekt	19

Informationen für Bewohner: Vorteile von NZEBs

Warum **Niedrigstenergie**
die richtige Wahl sind

Wohnen in Niedrigstenergiegebäuden – Erf
Erwartungen, Zusatznutzen



CoNZEBs: Solut
Heike Erhorn-Kluttig, Han

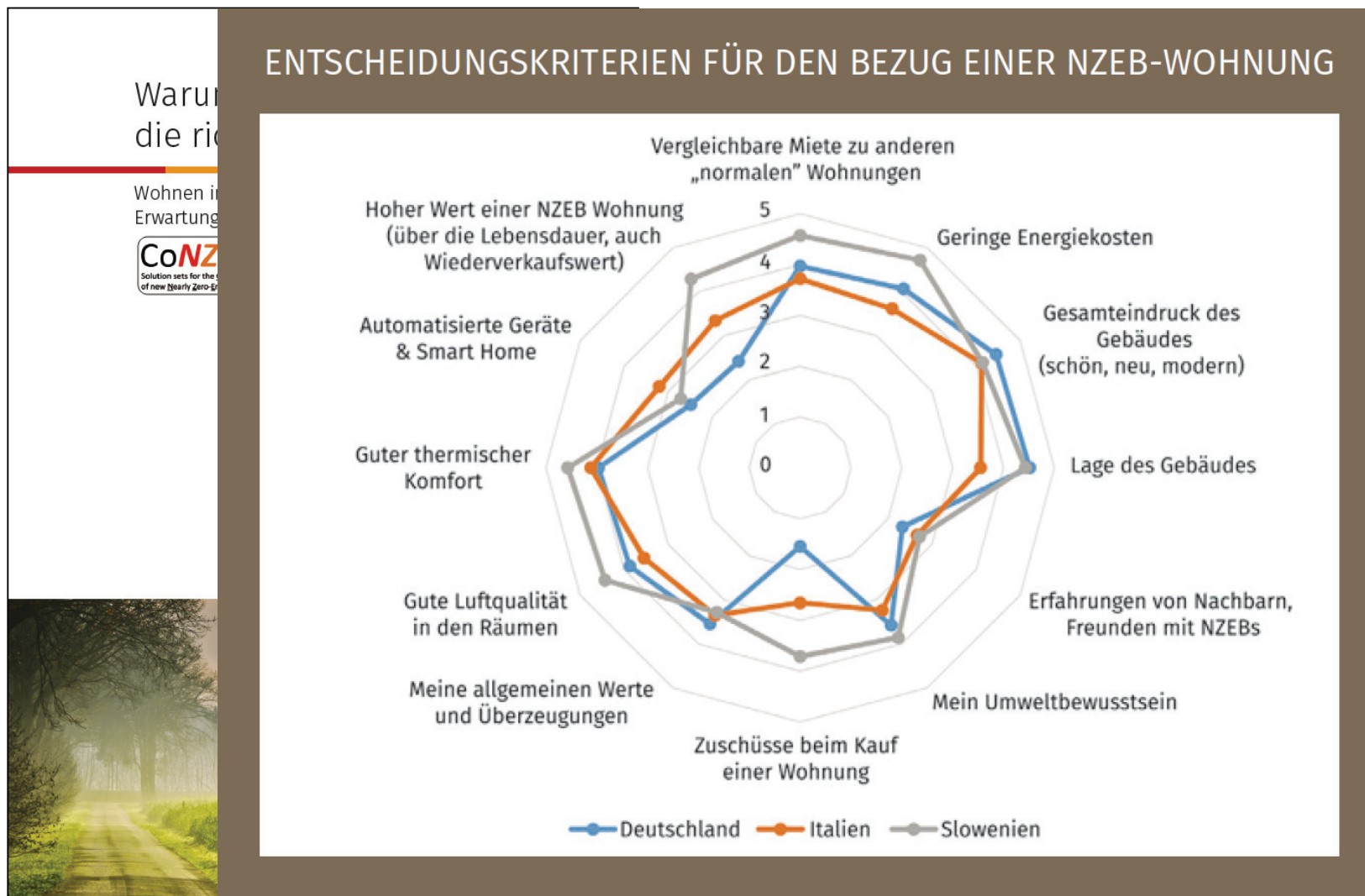
Vorteile für Mieter von NZEB-Wohnungen:

- geringe Energie-/Betriebskosten
- geringere Abhängigkeit von steigenden Energiepreisen
- besseres Raumklima (Behaglichkeit/Luftqualität/geringere Schimmelgefährdung)
- weniger Umweltbelastungen
- gut informiert sein über NZEBs und Trends
- Vorbildfunktion für andere, z. B. Gäste

Vorteile für Eigentümer von NZEB-Wohnungen:

- geringe Energie-/Betriebskosten
- schnelle Amortisation von zusätzlichen Investitionskosten
- Einsparungen über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes
- geringere Abhängigkeit von steigenden Energiepreisen
- steigender Immobilienwert (auch in den nächsten Jahren) sowie bessere Bewertung der energetischen Gebäudeeffizienz im Energieausweis
- besseres Raumklima (Behaglichkeit/Luftqualität/geringere Schimmelgefährdung)
- weniger Umweltbelastungen
- Vorbildfunktion für andere, z. B. Gäste
- evtl. Nutzung von selbst produziertem Strom aus erneuerbaren Energien
- Instandhaltungskosten in der Höhe vergleichbar mit konventionellen Gebäuden

Informationen für Bewohner: Vorteile von NZEBs



Informationen für Bewohner: Vorteile von NZEBs

Warum **Niedrigstenergiehäuser** die richtige Wahl sind

Wohnen in Niedrigstenergiegebäuden – Erfahrungen, Erwartungen, Zusatznutzen



FAKTEN STATT VORURTEILE zum Thema energetisch hocheffiziente Gebäude



Frau, 60 Jahre alt, lebt in einem konventionellen Wohngebäude aus den 70er Jahren:

„Ich mache mir Sorgen über diese neuen luftdichten Gebäude. Darf man denn dort überhaupt die Fenster öffnen? Ich möchte keine verbrauchte Luft atmen.“

Zu hohe Luftdichtheit kann zu Frischluftmangel führen

Energetisch hocheffiziente Gebäude werden mit einer hohen Luftdichtheit erbaut – das ist eine der Voraussetzungen um einen niedrigen Energieverbrauch zu erreichen. Anstatt die Luft durch Fensteröffnen und Undichtheiten in der Gebäudehülle zu erneuern, werden Niedrigstenergiehäuser normalerweise mit einem maschinellen Belüftungssystem versehen. Damit wird – zuverlässiger als mit reiner Fensterlüftung – sichergestellt, dass die Luft in der Wohnung innerhalb von 2 Stunden komplett ausgetauscht und damit der hygienische Mindestluftwechsel eingehalten wird, aber gleichzeitig eine Energieverschwendung vermieden wird.

Eine zusätzliche Lüftung über geöffnete Fenster ist in allen Niedrigstenergiegebäuden möglich, hat jedoch einen erhöhten Energieverbrauch in der kalten Jahreszeit zur Folge. In der warmen Jahreszeit können die Fenster ohne größeren Einfluss auf die Energieeffizienz geöffnet werden. Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung weisen den zusätzlichen Vorteil auf, dass Wärme aus der verbrauchten Luft in einem sogenannten Wärmetauscher zurückgewonnen wird und damit die Zuluft vorerwärmt wird. Der Heizenergiebedarf sinkt also.

Trockene Luft in energetisch hocheffizienten Gebäuden im Winter

Alle Wohngebäude, unabhängig von der energetischen Qualität, weisen im Winter eine niedrige Luftfeuchtigkeit auf, denn die Frischluft (Außenluft), mit der wir die Gebäude lüften, enthält dann nur sehr wenig Wasserdampf. Erwärmt der Heizkörper im Zimmer die frische Luft, ändert sich zwar nicht die Menge des enthaltenen Wasserdampfs, doch die warme Luft kann prinzipiell mehr Wasser aufnehmen. Selbst wenn draußen Nebel oder Nieselregen bei Temperaturen um den Gefrierpunkt herum herrschen, die Außenluft also sehr feucht ist, wirkt die Luft aufgewärmt auf Raumtemperatur trocken. Entscheidend für das Komfortempfinden ist die relative Luftfeuchtigkeit. Hierfür wird die Luftfeuchte relativ zur maximal aufnehmbaren Menge an Wasserdampf in der Luft für die jeweilige Temperatur bestimmt.

Bei 0°C kann Luft maximal ca. 5g Wasserdampf pro m³ enthalten, d.h. 4g Wasserdampf in der Luft bedeutet, dass die relative Luftfeuchtigkeit in der Außenluft bei 80% (4g/5g) liegt. Wenn die Außenluft jedoch mit den wenigen Gramm Wasserdampf in das Gebäude eindringt und sich auf Raumtemperatur erwärmt, kann sie viel mehr Wasserdampf aufnehmen. Bei 22°C kann die Luft pro m³ bis zu 20g Wasserdampf enthalten. Daher entsprechen die 4g Wasserdampf aus der Außenluft nur einer relativen Luftfeuchtigkeit von 20% (4g/20g) in der Innenluft.

Das fühlt sich trocken an, die Situation ist aber in allen Wohngebäuden gleich. Wir empfehlen, einen Feuchtigkeitsmesser (Hygrometer) in der Wohnung aufzustellen und bei zu niedrigen relativen Luftfeuchten (<40%) z.B. Luftbefeuchter an die Heizkörper zu hängen. Allerdings sollte die relative Luftfeuchtigkeit in Räumen nicht deutlich über 60% betragen.



Mann, 50 Jahre alt, lebt in einem Wohngebäude aus den 40er Jahren:

„Ich habe Sorge, dass die Luft in den neuen Gebäuden sehr trocken ist.“

Icons designed by Freepix

Informationen für Bewohner: Vorteile von NZEBs

„FRANKFURTER KLIMASCHUTZHAUS“

Im Rahmen eines Modellprojekts hat die ABG FRANKFURT HOLDING in Frankfurt am Main 46 Wohnungen errichtet, die sowohl besonders kostengünstig als auch energieeffizient sind. Das Projekt ist in Zusammenarbeit mit dem Architekturbüro schneider-schumacher, Frankfurt, und EGS-plan GmbH, Stuttgart, umgesetzt worden.

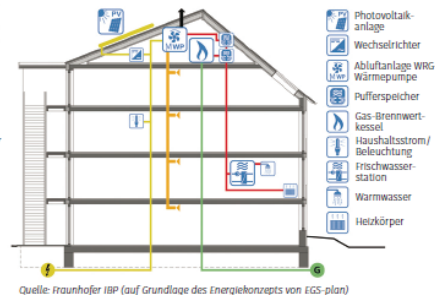
Angestrebt wird eine Vorbildfunktion in den Bereichen Architektur und Energiebilanz. Für dieses Ziel wurden gängige Standards konsequent hinterfragt und ein Gebäudetypus entwickelt, der auf Minimierung des beheizten Gebäudevolumens setzt und durch eine Halbfertigteilbauweise auch die Baukosten deutlich senkt. Die Architekten setzten zwei parallele, volumen-optimierte Wohnriegel mit Satteldach um. Das Verhältnis von Gebäudehülle zum umbauten Raum ist energetisch günstig und ein wichtiger entwurfstechnischer Schritt für ein NZEB-Konzept.

Besonderheiten des Energiekonzepts:

- Haustechnikzentrale im Dachgeschoss
- zentrale Lage der wohnungswisen Schächte an der Mittelschotte
- Zuluft über Fassade (Fensterfalsch)
- Wärmerückgewinnung aus der Abluftanlage
- Photovoltaik: Strom wird für die Wärmepumpe und Lüftung verwendet und an die Mieter verkauft
- Frischwasserstation
- Zentrale Leitungsführung (nicht im Bodenaufbau)
- Kompaktes Bad mit möglichst geringen Leitungswegen



Quelle: ABG und schneider-schumacher



Quelle: Fraunhofer IBP (auf Grundlage des Energiekonzepts von EGS-plan)

Architektur: schneider-schumacher Architekten, Frankfurt am Main
Investor: ABG FRANKFURT HOLDING GmbH
Tragwerksplanung: bauart Konstruktions GmbH & Co. KG
Energiekonzept: EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH
Anzahl der Wohneinheiten: 46 Wohnungen (2 bis 4 Zimmer)
Anzahl der Gebäude: 2 Wohngebäude mit 3 bzw. 4 Vollgeschossen
Anzahl der Parkplätze: 32 in der Tiefgarage sowie CarSharing Service
Wohnfläche gesamt: 2.949 m²



Claudia Dumitru, Bewohnerin einer NZEB-Wohnung

„Nach dem Einzug in unsere Niedrigstenergiehaus-Wohnung stellte ich direkt fest, wie angenehm ruhig es in der Wohnung ist, obwohl wir in Frankfurt wohnen. Im ersten Winter nach dem Einzug bemerkte ich, dass die ganze Wohnung immer schön gleichmäßig warm war, obwohl wir nur selten im Wohnzimmer den Heizkörper verwenden. Der Fußboden ist zudem nie kalt und ich habe keine kalten Füße, und das obwohl wir keine Fußbodenheizung besitzen.“



Frank Junker, Vorsitzender der Geschäftsführung, ABG FRANKFURT HOLDING GmbH (Investor, Wohnungsbaugesellschaft)

Wir bauen preiswert, aber nicht billig. Die ABG will zeigen, wie Wohnungsbau bei heutigen Rahmenbedingungen qualitativ hochwertig, energieeffizient und preisgünstig dargestellt werden kann. Wichtig ist uns, nicht bei der Energieeffizienz zu sparen, um auch die Nebenkosten für die Mieter niedrig zu halten. Wir haben nach Marktbedingungen kalkuliert: Bodenrichtwert nach aktuellem Stand, keine Fördermittel. Damit liegen wir rund 20 Prozent unter den Preisen bei Neubauten der ABG beziehungsweise ein Drittel unter den in Frankfurt auf dem freien Wohnungsmarkt realisierten Preisen. Durch „serielles Bauen“ konnten die Baukosten gesenkt werden. Die Wohnungen basieren auf Standard-Modulen, die sich aneinanderreihen und stapeln lassen. Neben der Wiederholung von Bauelementen wie Treppen und Fenstern tragen einfache Konstruktionsprinzipien, kurze Technikleitungen und eine optimierte Haustechnik dazu bei, die Baukosten so niedrig wie möglich zu halten.



Benedikt Schneemann, Bewohner einer NZEB-Wohnung

„Hohe Nebenkosten, kalte Winter und zu warme Sommer motivierten uns, aus unserer Wohnung in ein Niedrigstenergiehaus umzuziehen. Am Anfang haben wir die Fenster jeden Morgen aufgemacht – einfach nur aus Gewohnheit. Heute machen wir teilweise wochenlang kein Fenster mehr auf. Die Wohnung hat eine mechanische Be- und Entlüftung, daher haben wir keine Notwendigkeit, die Fenster zu öffnen. Der schöne Nebeneffekt: Straßengeräusch und Abgase kommen nicht in unsere Wohnung. Wir haben immer frische Luft in der Wohnung, ohne Heizenergie zu verlieren.“



Technische Beschreibung des Gebäudes

Konstruktion	Massivbau. Lastabtragung durch querlaufende Stahlbetonschotte und längs-laufende Stahlbetondecken. Außenwände aus monolithischem Ziegelmauerwerk. Die Außenfassade ist der statischen Funktionen entzogen.
Außenwand	Monolithischer Wandaufbau: 36,5 cm Mauerziegel U-Wert: 0,18 W/m²K luftdichte Gebäudehülle
Fenster, Balkontüren	Dreifach-Verglasung mit Kunststoff-Fenster Rahmen
Heizung	Gas-Brennwertkessel, Luft-Wasser-Wärmepumpe, Pufferspeicher
Lüftung	Zuluftöffnungen in der Fassade, zentrale Abluft mit Wärmerückgewinnung über eine Wärmepumpe
Kühlung	Entfällt
Trinkwarmwasser	Vorwärmung durch die Abluftwärmepumpe, die Frischwasserstationen in den Wohnungen ermöglichen niedrige Systemtemperaturen
Erneuerbare Energien	Abluftenergie über die Wärmepumpe
Energieeffizienz	Berechneter Jahresheizwärmebedarf: 27 kWh/m²a Berechneter Endenergiebedarf: 22 kWh/m²a Berechneter Primärenergiebedarf: 28 kWh/m²a

Informationen für Bewohner: Vorteile von NZEBs

Beispiele für NZEBs: SLOWENIEN

MODELLHAUS F3 ZELENÍ GAJ, I VIER ARCHITEKTEN, VIER ANSÄTZE, EIN GEMEINSAMES ZIEL

Bauherr des Modellhauses F3 ist die staatliche Wohnungsbaugesellschaft der Slowakei, die aus vier verschiedenen Architekturbüros besteht, die jeweils eine eigene Technologie und Design unterscheiden – vor allem bei den verwendeten Materialien.

Die Tragwerkskonstruktion besteht aus Stahlbeton (bis zum dritten Obergeschoss), wobei das dritte Obergeschoss und die Terrassenebene als Holzkonstruktion ausgeführt sind. Die fünf oberirdischen Geschosse der Gebäudeabschnitte A und B sind durch Außentreppe und einen Fahrstuhl verbunden, während die Geschosse in den Abschnitten C und D jeweils über eigene Innentreppe und Fahrstühle verfügen. Das Gebäude hat ein gemeinsames Erdgeschoss. Das Dach der Tiefgarage wird als Vorplatz genutzt (mit Parkplätzen); hier befinden sich auch die Gebäudeeingänge. Bei der gesamten Planung des Gebäudes wurde großer Wert auf hohe Energieeffizienz gelegt, z.B. durch Einsatz modernster Materialien und Anlagentechnik (einige Wohnungen verfügen über mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung, während andere mit einer feuchtigkeitsgeregelten Lüftungsanlage ausgestattet sind).

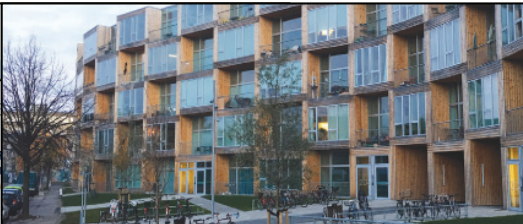
Das Modellhaus wurde als Holzkonstruktion ausgeführt. Das lassen sich möglicherweise in einer einzigen Technologie und Design unterscheiden – vor allem bei den verwendeten Materialien. Der In der Mitte leicht geschwungene Raum für einen öffentlichen Platz, der sich nach außen hin öffnet, findet. Die verschiedenen Wohnungen sind in einer geschwungenen Gebäudefront angeordnet und weisen eine große Tiefe in die Fassade auf. Die Fassade ist gleichmäßig gestaltet. Anfang 2018 wurden die Gebäude fertiggestellt. Ihr Gebäude eine hohe Wohnqualität. Darüber hinaus erhielt es für den von der EU vergebenen Architektur (Mies-van-der-Rohe).



Technische Beschreibung des Gebäudes

Konstruktion	EG, 1. und 2. OG: Stahlbeton-Konstruktion 3. OG und Terrassenebene: Holzkonstruktion
Außenwand	EG, 1. und 2. OG: hinterlüftet, Faserzementplatten 3. OG und Terrasse: hinterlüftete Holzkonstruktion
Fenster, Balkontüren	Kombinierte Aluminium-/Holzrahmen mit Dreifach-Verglasung
Heizung	Abschnitt A: Fußbodenheizung, Luft-Wasser-Wärmepumpe, unterstützt durch einen Biomasseheizkessel; Abschnitte B, C, D: Fußbodenheizung, gemeinsamer Biomasse-Heizkessel (Holzheizkessel); Solar Kollektoren (nur Trinkwasserwärmepreparation und Heizungsunterstützung)
Lüftung	Mechanische Lüftung mit 85% Wärmerückgewinnung in 20 Wohneinheiten, in den anderen feuchtigkeitsgeregelte Lüftungsanlage
Kühlung	Entfällt, Sonnenschutz durch manuell gesteuerte Außen-Rollläden
Trinkwarmwasser	Warmwasserbereitung erfolgt durch Heizungsanlage
Erneuerbare Energien	Solar Kollektoren, Biomasse
Energieeffizienz	Energieklasse A2 (berechneter Energieausweis) Berechneter Heizwärmebedarf: 14 kWh/m²a Berechneter Endenergiebedarf: 49 kWh/m²a Berechneter Primärenergiebedarf: 36 kWh/m²a

16



MEHRFAMILIENHAUS DORTEAVEJ, KOPENHAGEN

Eigentümer dieses Mehrfamilienwohngebäudes am Dorteavej in Kopenhagen ist die Wohnungsgesellschaft Bo-Vita. Der Entwurf stammt vom dänischen Architekturbüro BIG. Die Konstruktion ausgeführt, die Fassaden wurden mit Sibirischer Kiefer gestaltet. Das Gebäude ist mit Fernwärme angeschlossen (Zentralheizung). Die Wohnungslüftung erfolgt über eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung.

Bei dem Gebäude handelt es sich um ein Niedrigenergiegebäude, das dem Standard „Building for the Future“ in den dänischen Bauvorschriften definiert ist. Dies wurde als dänische Definition des NZEB.



Der In der Mitte leicht geschwungene Raum für einen öffentlichen Platz, der sich nach außen hin öffnet, findet. Die verschiedenen Wohnungen sind in einer geschwungenen Gebäudefront angeordnet und weisen eine große Tiefe in die Fassade auf. Die Fassade ist gleichmäßig gestaltet. Anfang 2018 wurden die Gebäude fertiggestellt. Ihr Gebäude eine hohe Wohnqualität. Darüber hinaus erhielt es für den von der EU vergebenen Architektur (Mies-van-der-Rohe).

Technische Beschreibung des Gebäudes

Konstruktion	Betonkern
Außenwand	Fassadenverkleidung: sibirische Kiefer
Fenster, Balkontüren	Aluminium-/Holz, Dreifach-Verglasung
Heizung	Fernwärme mit Heizkörpern, Fußbodenheizung
Lüftung	Mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung
Kühlung	Entfällt
Trinkwarmwasser	Warmwasserbereitung erfolgt durch Heizungsanlage
Erneuerbare Energien	Photovoltaikanlage auf dem Dach, Abmessungen jeweils 1666 x 999 mm
Energieeffizienz	Dänischer Standard „Building for the Future“ Berechneter Heizwärmebedarf: 14 kWh/m²a Berechneter Endenergiebedarf: 49 kWh/m²a Berechneter Primärenergiebedarf: 36 kWh/m²a

Architektur: BIG Architekten, Dänemark
Investor: Soziale Wohnbaugesellschaft Bo-Vita
Anzahl der Wohneinheiten: 66, in 21 unterschiedlichen Typen und Größen von 61 bis 115 m²
Weitere Räumlichkeiten: 1 Junior Apartment mit 36 m²
Wohnfläche gesamt: 6.800 m²

Beispiele für NZEBs: ITALIEN

„SAN GIUSTO“ IN PRATO

Dieses Beispielgebäude, das sich in Prato (Mittelitalien) befindet, wurde von der lokalen gemeinnützigen Wohnungsbaugesellschaft Edilizia Pubblica Pratese gebaut. Das am Stadtrand gelegene Gebäude verbindet zwei bebauten Flächen und stellt ein Beispiel für städtische Erneuerung dar. Es handelt sich um ein Gebäude mit gemischter Nutzung, das über drei Wohngeschosse verfügt. Im Erdgeschoss befindet sich ein Bürgerzentrum. Entsprechend der Bedürfnisse der Nutzer wurden unterschiedlich große Wohnungen geplant. Außerdem verfügt das Gebäude über einen Garten und private Stellplätze, wodurch eine klare Trennung zwischen Fußgängerströmen und Autoverkehr erreicht wird. Eine von Fußgängern genutzte Kolonnade im Erdgeschoss stellt die optische Verbindung zwischen dem öffentlichen Platz vor dem Gebäude und der privaten Grünfläche her. Die Fassade wird durch Balkone mit verglasten Brüstungen akzentuiert. Zur Vermeidung von Überhitzung wurden an den Treppenhäusern Jalousien (Lamellenstores) angebracht. Durch umfassende und ganzheitliche Planung wurden ein geringer Energieverbrauch und niedrige Baukosten sichergestellt. Vor allem der Gebäudeentwurf und die eingesetzten Technologien wurden so einfach wie möglich gehalten, um zusätzliche Kosten zu vermeiden (z.B. Gestaltung einer durchgängigen Fassade zur Minimierung von Wärmebrücken). Darüber hinaus konnten durch den Verzicht auf eine Tiefgarage die Baukosten sowie die Wohnmieten gesenkt werden (Parkplätze im Außenbereich). Ebenfalls berücksichtigt wurden bioklimatische Kriterien, wobei besonderer Wert auf ein angenehmes Wohnklima im Sommer gelegt wurde. Außerdem wurde lokal gewonnenes Recycling-Material für Schallschutz- und Wärmedämmmaßnahmen verwendet.



Architektur: Riccardo Roda Architekt
Investor: Edilizia Pubblica Pratese
Anzahl der Gebäude: 1
Anzahl der Wohneinheiten: 29 (Nettogrundfläche 45 m² bis 95 m²)
Netto-Gesamtfläche: 2127 m²
Sonstige Einrichtungen: private Kellerräume sowie ein öffentlich zugängliches Bürgerzentrum im Erdgeschoss, gemeinschaftlich genutzter Garten, private Parkplätze



Technische Beschreibung des Gebäudes

Konstruktion	Ziegelmauerwerk, Dach: Mauerwerk und XPS-Wärmedämmschicht, Holzverschalung, Stahlblech – U-Wert 0,20 W/m²K
Außenwand	WDVS (Wärmedämmverbundsystem) – U-Wert 0,17 W/m²K
Fenster, Balkontüren	Doppelverglasung mit Argonfüllung, Aluminiumrahmen – U-Wert 1,46 W/m²K
Heizung	171 kW Wasser-Luft-Wärmepumpe und 94 kW Brennwertkessel als Back-up
Lüftung	Natürliche Lüftung (manuelle Fensterlüftung)
Kühlung	Keine aktiven Systeme, bioklimatische Lösungen zur Minimierung von Überhitzung
Trinkwarmwasser	94 kW Brennwertkessel mit 2.000-Liter-Warmwasserspeicher
Erneuerbare Energien	30 m² solarthermische Kollektoren, 22 kWp (142 m²) polykristalline PV-Module
Energieeffizienz	Berechneter Heizenergiebedarf: 4,15 kWh/m²a Berechneter Primärenergiebedarf (nicht erneuerbar): 9,27 kWh/m²a

18

Zusammenfassung

Alternative NZEB-Konzepte:

- 🏠 Jedes Länderteam hat mindestens 4 alternative NZEB-Konzepte mit geringeren Investitionskosten als das typische NZEB-Konzept entwickelt
- 🏠 Die Kostendifferenz konnte um 28 % bis zu > 100 % reduziert werden
- 🏠 Deutsche Ergebnisse:
 - 🏠 **Investitionskosten:**
 - 🏠 Differenzkosten NZEB – Mindestanforderungen EnEV: 44 €/m² Wohnfläche
 - 🏠 Einsparungen durch die alternativen Energiekonzepte gegenüber dem typischen NZEB-Konzept: 42 – 82 €/m² Wohnfläche
 - 🏠 Alle alternativen Energiekonzepte führen zu leicht bis deutlich höheren Energiekosten (typisches NZEB = Gas zum Heizen/TWW)
 - 🏠 **Lebenszyklusbewertung:**
 - 🏠 Alle alternativen NZEB-Konzepte weisen bessere Primärenergieaufwände auf
 - 🏠 Zwei Konzepte weisen geringere Treibhausgasemissionen auf
 - 🏠 Zwei Konzepte weisen geringere Lebenszykluskosten auf
 - 🏠 Das Konzept mit Fernwärme (KWK fossil) weist bessere Ergebnisse bei Investitionskosten, LCA und LCC auf

Schlussfolgerungen

- 🏠 CoNZEBS war erfolgreich bei der Identifikation von alternativen kostensparenden NZEB-Energiekonzepten (Solution Sets) in 4 Ländern
- 🏠 Die Solution Sets sind abhängig von den nationalen Rahmenbedingungen (typisches NZEB-Konzept) aber sind auch interessant für andere Länder
- 🏠 Das Projekt beschäftigte sich auch mit noch höheren energetischen Gebäudeniveaus (Nullenergie- und Plusenergiehäuser)
 - 🏠 Diese resultieren in höheren Investitionskosten, aber besseren Lebenszykluskennwerten (Treibhausgase + Primärenergiebedarf), jedoch in den meisten Fällen immer noch höheren Lebenszykluskosten (bei Betrachtungszeit 30 Jahre)
- 🏠 Derzeit wird der Einfluss von sich in der Zukunft ändernden Parametern untersucht: Primärenergiefaktoren, Technologieeffizienzen, Energiekosten, Technologiepreise, Änderungen in den Bewertungsmethoden, Klimawandel, etc.
- 🏠 Kosteneinsparungen bei Planungs- und Umsetzungsprozessen beinhalten BIM und vorgefertigtes (serielles) Bauen
- 🏠 Detaillierte Umfrage bei NZEB-Bewohnern + Broschüre über die Vorteile von NZEBs
- 🏠 Alle teilnehmenden Wohnbauorganisationen haben sich verpflichtet nur noch NZEB oder besser zu bauen
- 🏠 Weitere Informationen: www.conzebs.eu



Contact:

- ⌄ Heike Erhorn-Kluttig, Hans Erhorn,
Micha Illner
- ⌄ Fraunhofer Institute for Building Physics
- ⌄ Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart, Germany
- ⌄ E-mail:
heike.erhorn-kluttig@ibp.fraunhofer.de
- ⌄ Website: www.conzebs.eu

Disclaimer:

- ⌄ The CoNZEBS project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement no. 754046.
- ⌄ The presentation reflects the author's view. The Commission is not responsible for any use that may be made of the information it contains.

In Germany, national co-funding is provided by Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit within the research initiative Zukunft Bau (SWD-10.08.18.7-17.33).