

Klimaneutrale Gebäude – realisierbar und wirtschaftlich?

Arch. Dipl.-Ing. M. Ploss, Energieinstitut Vorarlberg



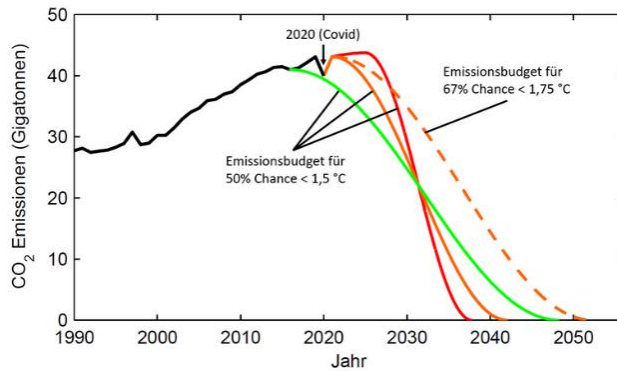
Neubauprojekt Baugemeinschaft Team* in München,
Architekturwerkstatt Vallentin mit J. Kaufmann Architektur Foto: L. Vallentin

Inhalt

1. Paris-kompatible Gebäude – Herleitung aus dem Globalbudget
2. Kennwerte
3. Beispielgebäude Neubau
4. Beispielgebäude Sanierung
5. Kosten und Wirtschaftlichkeit Paris-kompatibler Gebäude
6. Zusammenfassung

1 Paris-kompatible Gebäude - Herleitung aus dem Globalbudget

Entwicklung der globalen Treibhausgasemissionen und verbleibendes Globalbudget



- Durchgezogene Linien zeigen weltweite Emissionsbudgets, mit denen das 1,5°-Ziel des Pariser Klimaschutzabkommens mit 50% Wahrscheinlichkeit erreicht werden
- Gestrichelte Linie zeigt Reduktionspfad, mit dem die globale Erwärmung mit 75% Wahrscheinlichkeit auf 1,75° beschränkt werden kann
- Jedes Jahr ohne verstärkte Klimaschutzanstrengungen führt dazu, dass der Absenkpfad steiler wird

Quelle: S. Rahmsdorf: Zwei Grafiken zeigen den Weg zu 1,5 Grad; <https://scilogs.spektrum.de/klimalounge/zwei-grafiken-zeigen-den-weg-zu-1,5-grad/>

Arch.-Dipl.-Ing. M. Ploss | Energie Lounge | Bregenz, 14.09.2022

| 3



2 Kennwerte

Treibhausgas-Emissionen Paris-kompatibler Wohngebäude im Betrieb

- **Wohngebäude-Neubauten** können als Paris-kompatibel bezeichnet werden, wenn ihre THG-Emissionen im Betrieb in Summe aller Energieanwendungen zwischen ca. **3 und 6 kg/(m²_{WFl}a)** liegen (Ploß 2022-1).
- **Wohngebäude-Sanierungen** können als Paris-kompatibel bezeichnet werden, wenn ihre THG-Emissionen im Betrieb in Summe aller Energieanwendungen zwischen **4 und 7,5 kg/(m²_{WFl}a)** liegen (Ploß 2022-2).
- Die genannten Emissionen müssen von den Gebäuden nicht mit dem aktuellen österreichischen Verbraucherstrommix erreicht werden, sondern mit dem für 2030 zu erwartenden Mix.

(Ploß 2022-1): M. Ploß et. al: Low-Cost nZEB – Paris-kompatible Mehrfamilienhäuser; Energieinstitut Vorarlberg, Dornbirn 2022

(Ploß 2022-2): M. Ploß: Quo vadis Gebäudesanierung? – Welche Sanierungsqualitäten sind kompatibel zum Paris-Ziel?, in: economicum, Themenband 11, Energieinstitut Vorarlberg, Dornbirn, 2022

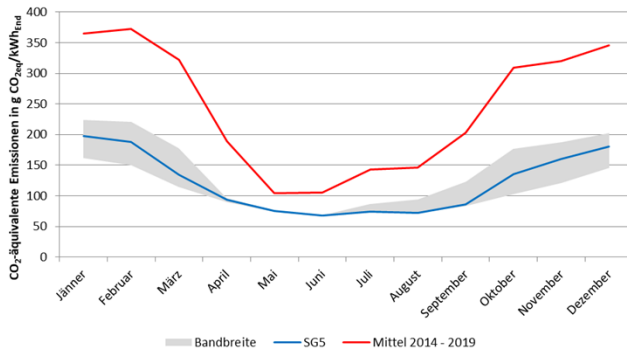
Arch.-Dipl.-Ing. M. Ploss | Energie Lounge | Bregenz, 14.09.2022

| 4



2 Kennwerte

spezifische Treibhausgasemissionen des Verbraucherstrommix Österreich



- Die rote Kurve zeigt die THG-Intensität des österreichischen Verbraucherstrommix im Mittel der Jahre 2014 bis 2019
- die spezifischen Emissionen liegen im Winter um ein mehrfaches über denen im Sommer („dreckiger“ Importstrom aus DE und CZ)
- Der graue Bereich zeigt die THG-Intensität im Jahr 2030 für verschiedene Szenarien des Ausbaus der erneuerbaren Stromerzeugung
- Die blaue Linie zeigt die THG-Intensität für den Fall, dass die Ziele des Regierungsprogramms bis 2030 zu 2/3 umgesetzt werden

Quelle: T. Roßkopf-Nachbaur: Spezifische Treibhausgasemissionen von Strom, in: Low-Cost nZEB – Paris-kompatible Mehrfamilienhäuser; EIV, Dornbirn 2022

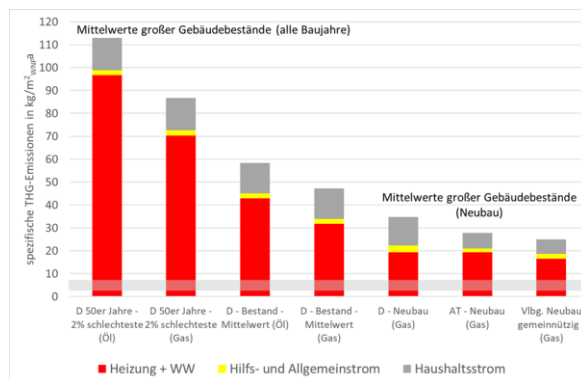
Arch.-Dipl.-Ing. M. Ploss | Energie Lounge | Bregenz, 14.09.2022

15



2 Kennwerte – Einordnung

Treibhausgas-Emissionen von Bestandsgebäuden und üblichen Neubauten (im Betrieb)



- Die THG-Emissionen der schlechtesten 2% des Gebäudebestandes liegen bei ca. 113 kg/(m²_{wfla})
- Der Mittelwert gasbeheizter Bestandsgebäude liegt bei knapp 50 kg/(m²_{wfla})
- Der Mittelwert der gasbeheizten gem. Gebäude der vergangenen Jahre liegt bei ca. 25 kg/(m²_{wfla})
- Der horizontale, graue Balken beschreibt den Bereich Paris-kompatibler Emissionen für den Neubau

Quelle: M. Ploß et. al: Low-Cost nZEB – Paris-kompatible Mehrfamilienhäuser; Energieinstitut Vorarlberg, Dornbirn 2022

Arch.-Dipl.-Ing. M. Ploss | Energie Lounge | Bregenz, 14.09.2022

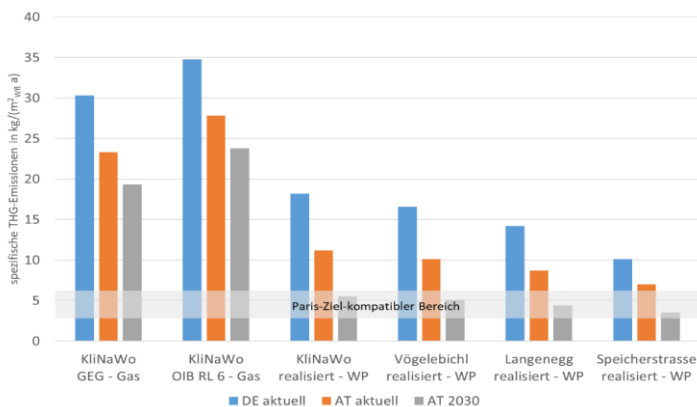
16



	Bezeichnung Ort	Wohn-einheiten	Konstruktion	Lüftung	Wärmeversorgung + Solar
	KliNaWo Feldkirch	18 + Gemeinschaftsraum	Ziegel + WDVS	Abluft zentral	Sole-WP Niedertemperatur + Sole-WP Hochtemperatur Vierleitersystem + FB-Heizung Solarthermie + Pufferspeicher groß
	Vögelebichl Innsbruck	16 + 10	STB + WDVS (beide Gebäude)	WRG zentral (1+2 Geräte)	Gemeinsame Grundwasser-WP Zwei + Zweileitersystem mit FB-Heizung Solarthermie PV auf Flachdach
	Lerchenstr. Wolfurt	18 15	Holzbau (Haus A) STB + WDVS (Haus B)	WRG zentral pro Gebäude	Je eine Grundwasser-WP pro Gebäude; Haus A: Zweileitersystem + PV Haus B: Zwei + Zweileiter + Thermie beide Gebäude: FB-Heizung
	Dafins	6 + 6	Ziegel + Mineralfaser + Holzschirm	WRG wohnungsweise	Haus A: Sole-WP; Zwei + Zweileiter Haus B: zentr. Sole-WP für Heizung, Warmwasser mit dez. Rücklauf-WP beide Gebäude mit FB-Heizung
	Aktiv Stadthaus Frankfurt a.M.	74 + 2 Gewerbe	Hybrid: Tragstruktur STB Außenwände Holz	WRG wohnungsweise	Abwasserkanal-WP Zwei + Zweileitersystem + FB-Heizung + Heizkörper Bad, große PV Dach + große PV-Fassade, Batteriespeicher

2 Kennwerte - Einordnung

Treibhausgas-Emissionen Paris-kompatibler Wohngebäude im Betrieb



- Die Emissionen von gasbeheizten MFH nach den aktuellen Mindestanforderungen in Vorarlberg und Deutschland liegen um ein Mehrfaches über dem Paris-kompatiblen Wert.
- Die vier dargestellten Beispielgebäude verursachen schon mit dem heutigen Verbraucherstrommix sehr geringe Emissionen und erreichen mit dem Verbraucherstrommix Österreich 2030 den Paris-kompatiblen Bereich.

Quelle: M. Ploß et. al: Low-Cost nZEB – Paris-kompatible Mehrfamilienhäuser; Energieinstitut Vorarlberg, Dornbirn 2022

Arch.-Dipl.-Ing. M. Ploss | Energie Lounge | Bregenz, 14.09.2022

| 8

2 Kennwerte

Endenergieverbrauch und Erzeugung im realen Betrieb

Anforderung bei Wärmeversorgung durch Wärmepumpen:

- Endenergieverbrauch_{gesamt *} max. 45 kWh/(m²_{WFl}a)
- Erzeugung PV-Anlage am Gebäude min. 60 kWh/(m²_{überbaute Fläche a})

Alternativnachweis bei Wärmeversorgung durch Wärmepumpen:

- Netzbezug Strom_{gesamt *} max. 35 kWh/(m²_{WFl}a)

* d.h. Stromverbrauch in Summe der Anwendungen Heizung, Warmwasser, Kühlung, Hilfsstrom, Allgemeinstrom sowie Haushaltsstrom

Quelle: M. Ploß et. al: Low-Cost nZEB – Paris-kompatible Mehrfamilienhäuser; Energieinstitut Vorarlberg, Dornbirn 2022

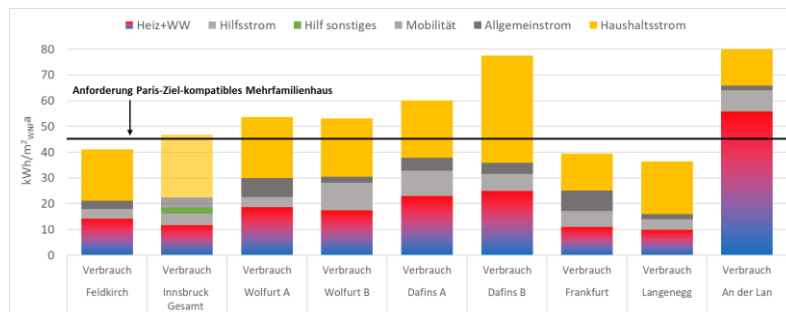
Arch.-Dipl.-Ing. M. Ploss | Energie Lounge | Bregenz, 14.09.2022

| 9



3 Beispielgebäude Neubau

Einordnung der Kennwerte anhand von realen Verbräuchen



- vier der Beispielgebäude erreichen den Anforderungswert für den Gesamt-Stromverbrauch.
- die zwei Gebäude in Wolfurt werden ihn nach Optimierung der Haustechnikereinstellungen erreichen.
- Dafins A wird nach Optimierung der Haustechnik den Grenzwert für den Netzbezug (nach Abzug der hohen PV-Erträge) erreichen
- Projekt An der Lan mit el. Direktheizung kann Grenzwert nicht erreichen

Quelle: M. Ploß et. al: Low-Cost nZEB – Paris-kompatible Mehrfamilienhäuser; Energieinstitut Vorarlberg, Dornbirn 2022

Arch.-Dipl.-Ing. M. Ploss | Energie Lounge | Bregenz, 14.09.2022

| 10



3 Beispielgebäude Neubau

Einordnung der Kennwerte anhand der realen PV-Stromerzeugung



- spezifischer PV-Stromertrag des Projekts in Frankfurt (Dach- und Fassaden-PV) liegt mit $250 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{ÜF}}\text{a})$ weit über Anforderung
- spezifischer PV-Ertrag des Projekts in Dafins (Dach-PV) liegt mit ca. $84 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{ÜF}}\text{a})$ deutlich über Anforderung von $60 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{ÜF}}\text{a})$

Aktiv Stadthaus Frankfurt; HHS Architekten und Planer AG; Foto: C. Meyer (links);

MFH in Dafins, Bauherr: Alpenländische Heimstätte; Arch. drexel architekten zt; Foto Energieinstitut Vorarlberg (rechts)

Arch.-Dipl.-Ing. M. Ploss | Energie Lounge | Bregenz, 14.09.2022

| 11

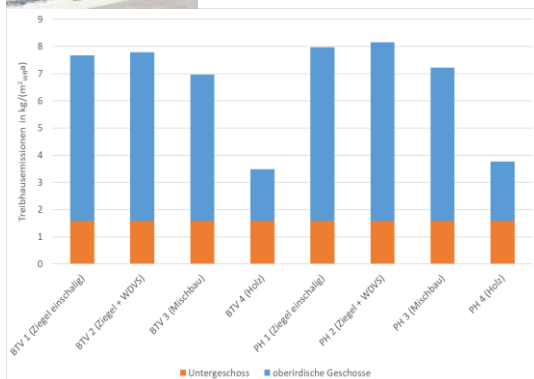


3 Beispielgebäude Neubau

THG-Emissionen Herstellung für 8 verschiedene Konstruktionsvarianten des KliNaWo-Gebäudes



MFH in Feldkirch, Bauherr: VOGEWOSI
Arch. Walser + Werle
Foto: Energieinstitut Vorarlberg



Arch.-Dipl.-Ing. M. Ploss | Energie Lounge | Bregenz, 14.09.2022

| 12

- Dargestellt sind die THG-Emissionen von je vier Konstruktionsvarianten in den Hüllqualitäten Passivhaus (wie ausgeführt) und BTV
 - Ziegel einschalig, dämmstoffgefüllt
 - Ziegel + WDVS
 - Mischbau STB + Außenwandelemente Holz
 - Holzbau (Treppenhaus + Wohnungstrennwände STB)
- Energieniveau hat kaum Einfluss auf THG-Emissionen Herstellung
- Holzbauvariante hat mehr als 50% geringere THG-Emissionen
- Untergeschoss (Keller + TG) verursacht sehr hohe Emissionen
- Reduktion in reinen Holzbau-MFH kann noch höher sein (75 – 80%)



3 Beispielgebäude Neubau (und Sanierung)

Konzepte zur Reduktion der THG-Emissionen für die Herstellung



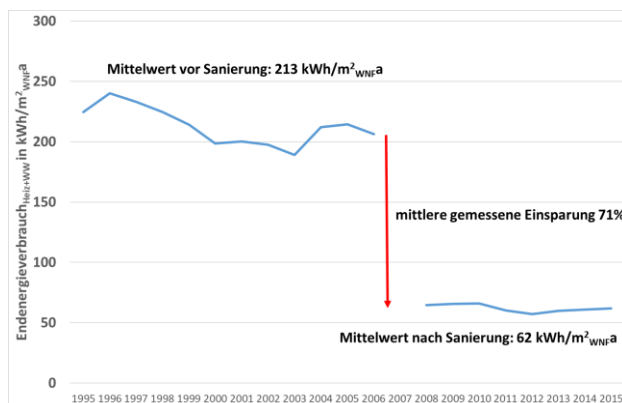
EFH in lastabtragender Strohbauweise (rechts): Arch. + Fotos Bechter; Quelle: Themenband economicum 3, EIV, 2015
Sanierung EFH mit Stroh (links): Arch + Foto: G. Bechter

Arch.-Dipl.-Ing. M. Ploss | Energie Lounge | Bregenz, 14.09.2022

| 13

4 Beispielgebäude Sanierung

Sanierung MFH in Rankweil – Betriebsenergieverbrauch für Heizung und Warmwasser



- Mittelwert vor Sanierung: 213 kWh/(m²_{WNF a})
- Mittel nach Sanierung: 62 kWh/(m²_{WNF a})
- mittlere Einsparung 71%
- zu erwarten nach Umstellung auf WP: ca. 18 kWh/(m²_{WNF a})



Quelle: Verbrauchsauswertung Wohnanlagen VOGEWOSI, Energieinstitut Vorarlberg, 2018; Foto: Sanierung Wohnanlage in Rankweil, Arch. A. Vogel-Sonderegger; Foto: Ploss

Arch.-Dipl.-Ing. M. Ploss | Energie Lounge | Bregenz, 14.09.2022

| 14

4 Beispielgebäude Sanierung

Sanierung und Erweiterung MFH in Hörbranz - Betriebsenergieverbrauch



- Beispielprojekt erreicht in der Praxis Paris-kompatible Verbräuche (siehe Tabelle)
- sehr niedrige Emissionen im Betrieb durch Wärmeerzeugung durch Wärmepumpe
- sehr niedrige Emissionen Herstellung (Verwendung vorgefertigter Holzelemente)
- Anforderung PV-Ertrag wäre leicht erreichbar; heute würde statt der Thermie eine große PV-Anlage errichtet und wirtschaftlich betrieben



	Hörbranz (Mittel 5 Jahre)	Neu-Ulm 2016/17	Neu-Ulm 2017/18
	kWh/(m ² _{WNF} a)	kWh/(m ² _{WNF} a)	kWh/(m ² _{WNF} a)
Heiz + WW	13,3	14,0	14,9
Lüftung	2,2	3,5	4,7
Allgemein- und Haushaltsstrom	28,3	14,1	16,6
Summe	43,8	31,6	36,2

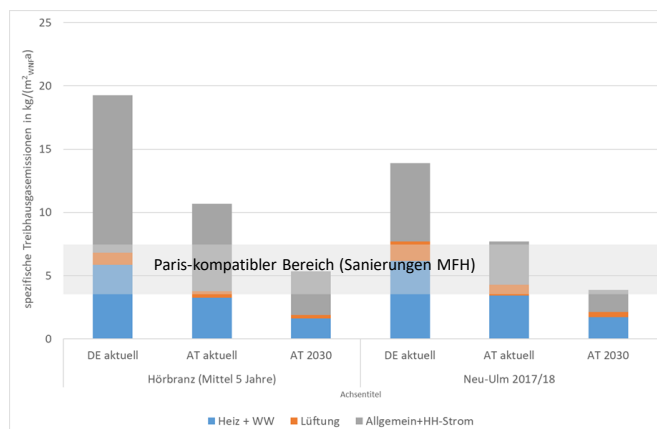
Sanierung MFH in Hörbranz; Arch. G. Zweier; Fotos: E. Drössler

| 15



4 Beispielgebäude Sanierung

Sanierung MFH Projekte Hörbranz und Neu-Ulm – THG-Emissionen Betrieb



- beide Sanierungen erreichen die Anforderungen an die Treibhausgasemissionen im Betrieb (grauer, horizontaler Balken) mit dem Verbraucherstrommix Österreich 2030

Quelle: M. Ploß: Quo vadis Gebäudesanierung? – Welche Sanierungsqualitäten sind kompatibel zum Paris-Ziel? in: economicum, Themenband 11, Energieinstitut Vorarlberg, Dornbirn, 2022

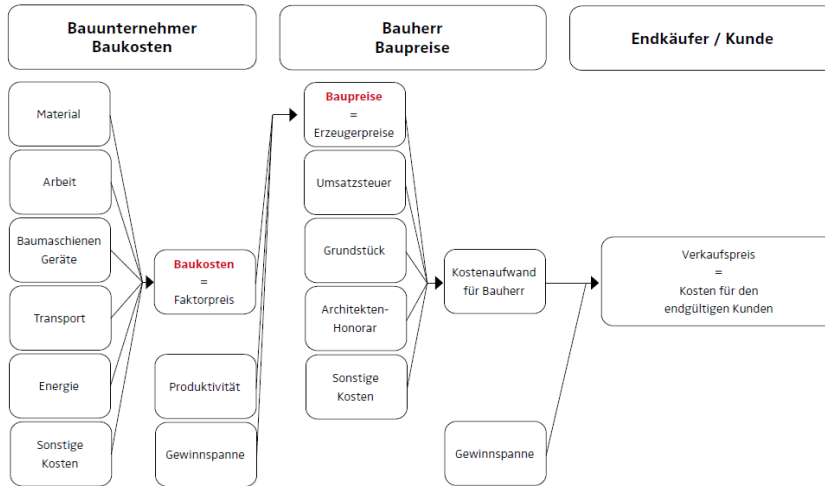
Arch.-Dipl.-Ing. M. Ploss | Energie Lounge | Bregenz, 14.09.2022

| 16



5 Kosten und Wirtschaftlichkeit

Definition wichtiger Begriffe

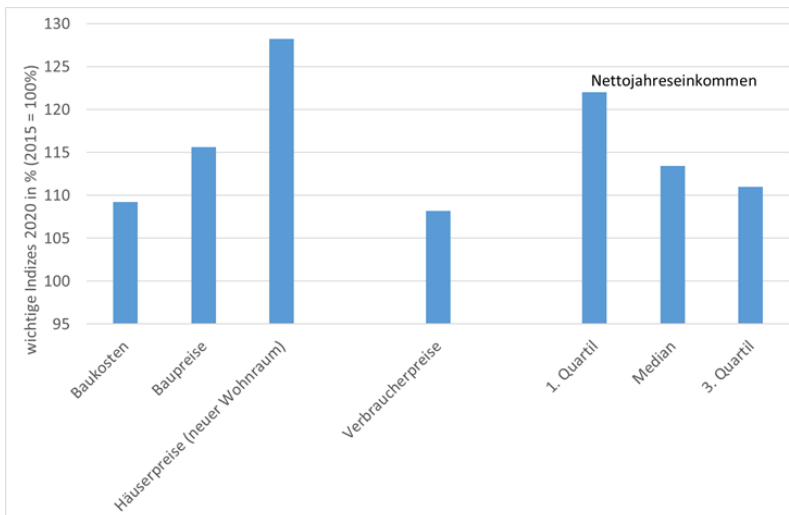


Quelle: M. Ploss: Kosten- und Preisentwicklung im Neubau – Kostentreiber Energieeffizienz?; in: Low-Cost nZEB – Paris-kompatible Mehrfamilienhäuser, EIV, Dornbirn 2022
 Arch.-Dipl.-Ing. M. Ploss | Energie Lounge | Bregenz, 14.09.2022 | 17



5 Kosten und Wirtschaftlichkeit

Vergleich verschiedener Indizes mit Entwicklung der Nettojahreseinkommen (2020 zu 2015)



Quelle: M. Ploss: Kosten- und Preisentwicklung im Neubau – Kostentreiber Energieeffizienz?; in: Low-Cost nZEB – Paris-kompatible Mehrfamilienhäuser, EIV, Dornbirn 2022
 Arch.-Dipl.-Ing. M. Ploss | Energie Lounge | Bregenz, 14.09.2022 | 18



5 Kosten und Wirtschaftlichkeit

Entwicklung der Grundstückskosten

	2015	2020	Preisanstieg	Index 2020 zu 2015
	EUR/m ²	EUR/m ²	EUR/m ²	%
Oberösterreich	75	80	5	106,7
Salzburg	204	241	37	118,1
Tirol	201	255	54	126,9
Vorarlberg	259	379	120	146,3
Bregenz	460	750	290	163,0
Dornbirn	340	740	400	217,6
Feldkirch	310	635	325	204,8
Bludenz	285	480	195	168,4
Innsbruck	701	1 073	372	153,0

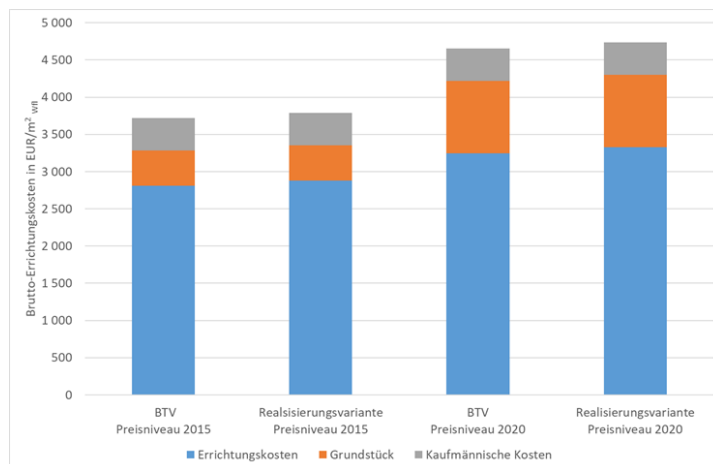
Quelle: M. Ploss: Kosten- und Preisentwicklung im Neubau – Kostentreiber Energieeffizienz?; in: Low-Cost nZEB – Paris-kompatible Mehrfamilienhäuser, EIV, Dornbirn 2022
Arch.-Dipl.-Ing. M. Ploss | Energie Lounge | Bregenz, 14.09.2022

| 19



5 Kosten und Wirtschaftlichkeit

Einfluss des Energieniveaus und der Grundstückspreisentwicklung auf die Bauwerkskosten



- Bauwerkskosten Realisierungsvariante gegen Mindestanforderung BTV: 3% bei Reduktion Endenergie um 2/3
- Grundstückspreise waren zwischen 2015 und 2020 der Haupt-Kostentreiber

Quelle: M. Ploss: Kosten- und Preisentwicklung im Neubau – Kostentreiber Energieeffizienz?; in: Low-Cost nZEB – Paris-kompatible Mehrfamilienhäuser, EIV, Dornbirn 2022
Arch.-Dipl.-Ing. M. Ploss | Energie Lounge | Bregenz, 14.09.2022

| 20



6 Zusammenfassung

Paris-kompatibles Bauen und Sanieren ist technisch möglich und wirtschaftlich umsetzbar

- Baustein 1: Reduktion Endenergieverbrauch Heizung und Warmwasser um ca. 50% gegenüber Mindestanforderung AT
- Baustein 2: Heizsysteme im Neubau: Wärmepumpe oder mittelfristig multimodale, fossilfreie Fernwärme, nur in Ausnahmefällen Biomasse, im Neubau kein Gas und keine Elektro-Direktheizung
- Baustein 3: Reduktion Haushalts- und Allgemeinstrombedarf
- Baustein 4: Maximierung PV-Ertrag (min. 60% der Flachdachfläche PV)
- Baustein 5: Reduktion THG-intensiver Baustoffe wie STB im Neubau, Steigerung Anteile der Holz- und Hybridbauten

6 Zusammenfassung

Paris-kompatibles Bauen und Sanieren ist technisch möglich und wirtschaftlich umsetzbar

- Baustein 6: weniger Neubau, mehr Sanierung (Österreich hat europaweit die bei Weitem höchste Neubaurate)



6 Zusammenfassung

Paris-kompatibles Bauen und Sanieren ist technisch möglich und wirtschaftlich umsetzbar

- Baustein 7: Verlagerung von Fördermitteln vom Neubau auf die Sanierung

Erhöhung der Fördermittel für Sanierung statt Subventionen mit der Gießkanne

