



**Energetische Auswirkungen
thermisch getrennter Balkonanschlüsse
im Vergleich zu ungetrennten
Balkonanschlüssen in unterschiedlichen
Klimaten**

**Studie des Passivhaus Instituts im Auftrag von
Schöck, Baden-Baden, Deutschland**

Kurzbericht

Januar 2017

Autoren:
M.Eng. Adrian Muskatewitz
Dr.-Ing. Benjamin Krick

Inhalt

1	Einleitung.....	2
2	Methode	2
2.1	Ermittlung der Wärmebrückenverlustkoeffizienten.....	2
2.2	Gebäudemodell und Standorte.....	5
2.3	Ermittlung der CO ₂ -Einsparung	6
3	Ergebnisse	7
4	Zusammenfassung	9
5	Anhang	10

1 Einleitung

Die Einsparung von Energie zur Reduktion klimaschädlicher CO₂-Emissionen und zur Entlastung erneuerbarer Energiequellen ist eine der wichtigsten Aufgaben unserer Zeit. Im Bereich der Gebäudeenergieeffizienz geht Energieeinsparung regelmäßig mit einer Verringerung der Lebenszykluskosten sowie mit weiteren Vorteilen (z.B. Komfortsteigerungen, Vereinfachung von Technik) Hand in Hand. So werden die minimalen Innentemperaturen signifikant angehoben und so der Bereich, in dem ein schimmel- und kondensatfreier Einsatz möglich ist, deutlich erweitert.

In dieser durch das Passivhaus Institut Dr. Wolfgang Feist im Auftrag der Schöck Bauteile GmbH erstellten Studie werden die Einsparpotentiale durch die Verwendung thermisch getrennter Balkonanschlüsse anhand eines Gebäudemodells in unterschiedlichen Klimaten diskutiert.

2 Methode

Zunächst wurden die thermischen Kennwerte der thermisch getrennten Balkonanschlüsse, sowie einer durchbetonierten Balkonplatte für unterschiedliche Dämmstärken ermittelt. Diese Werte wurden im zweiten Schritt in ein Passivhaus Projektierungspaket (PHPP, Version 9.4) eingesetzt, der Heiz- und Kühlbedarf für unterschiedliche Klimaregime ermittelt und die Einsparungen bezüglich Energiebedarf und CO₂ bestimmt.

2.1 Ermittlung der Wärmebrückenverlustkoeffizienten

Als Referenzfall wurde eine auskragende, 20 cm starke Betonplatte gewählt, die mit den Schöck Isokorb Typen der Dämmstufen K, KXT und KXT-Combar der gleichen Tragstufe verglichen wird (genaue Modellangaben vgl. Tabelle 1). Die Wärmebrückenverlustkoeffizienten der durchgehenden Betonplatte wurden mit dem 2D-Wärmestromprogramm Flixo 7 Professional (Fa. Infomind, Schweiz) berechnet. Die Wärmebrückenverlustkoeffizienten der Schöck Isokorb Typen wurden mit dem 3D-Wärmestromprogramm Solido (Fa. Physibel, Belgien) ermittelt. Informationen zu den Modellen können den entsprechenden Berichten zur Zertifizierten Passivhauskomponente bzw. Energiesparkomponente entnommen werden.

Alle Anschlüsse wurden mit Dämmstärken von 60, 120, 180, 250 und 340 mm berechnet. Die Wärmeleitfähigkeit der Dämmung betrug in allen Fällen 0,035 W/(mK). Es zeigte sich, dass die ermittelten Wärmebrückenverlustkoeffizienten relativ stark von der Dämmstärke abhängen. Um die Wärmebrückenverlustkoeffizienten bei beliebigen Dämmstärken ermitteln zu können, wurden für alle Anschlussstypen Näherungsformeln entwickelt. Ziel war dabei, ein Bestimmtheitsmaß von über 99% zu erreichen. Dies gelang bei der durchgehenden Betonplatte mit einer linearen Funktion, bei den K-Typen mit einem Polynom 3. Ordnung und bei der KXT, sowie KXT-Combar Reihe mit einem Polynom 2. Ordnung, vgl. Tabelle 1, Abbildung 1 und Abbildung 2. Die Näherungsformeln gelten nur im gewählten Dämmstärkenbereich von 60 bis 340 mm bei einem Dämmstoff mit $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Tabelle 1: Wärmebrückenverlustkoeffizienten der untersuchten Anschlüsse und ermittelte Näherungsformel.

Dämmstärke d [mm]	60	120	180	250	340	Näherungsformel
Korb	$\Psi \text{ [W}/(\text{mK})]$					
Ungetrennt	1,087	1,021	0,919	0,814	0,706	$\Psi = -0,0014d + 1,175$
K47-V6-H200-IK6	0,114	0,171	0,195	0,208	0,209	$\Psi = 0,0000000078d^3 - 0,0000067d^2 + 0,00193d + 0,021$
KXT50-V6-H200-IK6	0,073	0,103	0,125	0,140	0,147	$\Psi = -0,000001044d^2 + 0,000681d + 0,0358$
KXT50-Combar-CV26-V6-H200-R0	0,038	0,061	0,085	0,104	0,117	$\Psi = -0,000000682d^2 + 0,000561d + 0,00533$

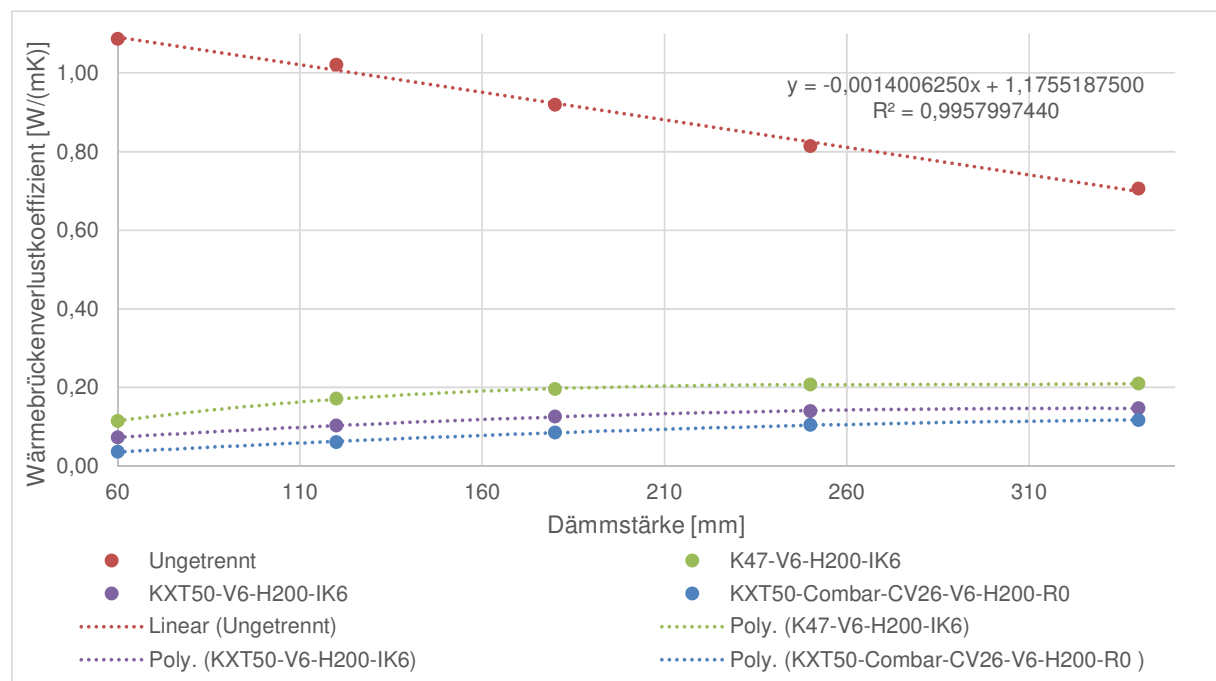


Abbildung 1: Berechnete Wärmebrückenverlustkoeffizienten und Trendlinien aller Varianten, sowie Näherungsformel und Bestimmtheitsmaß für die durchgehende Betonplatte.

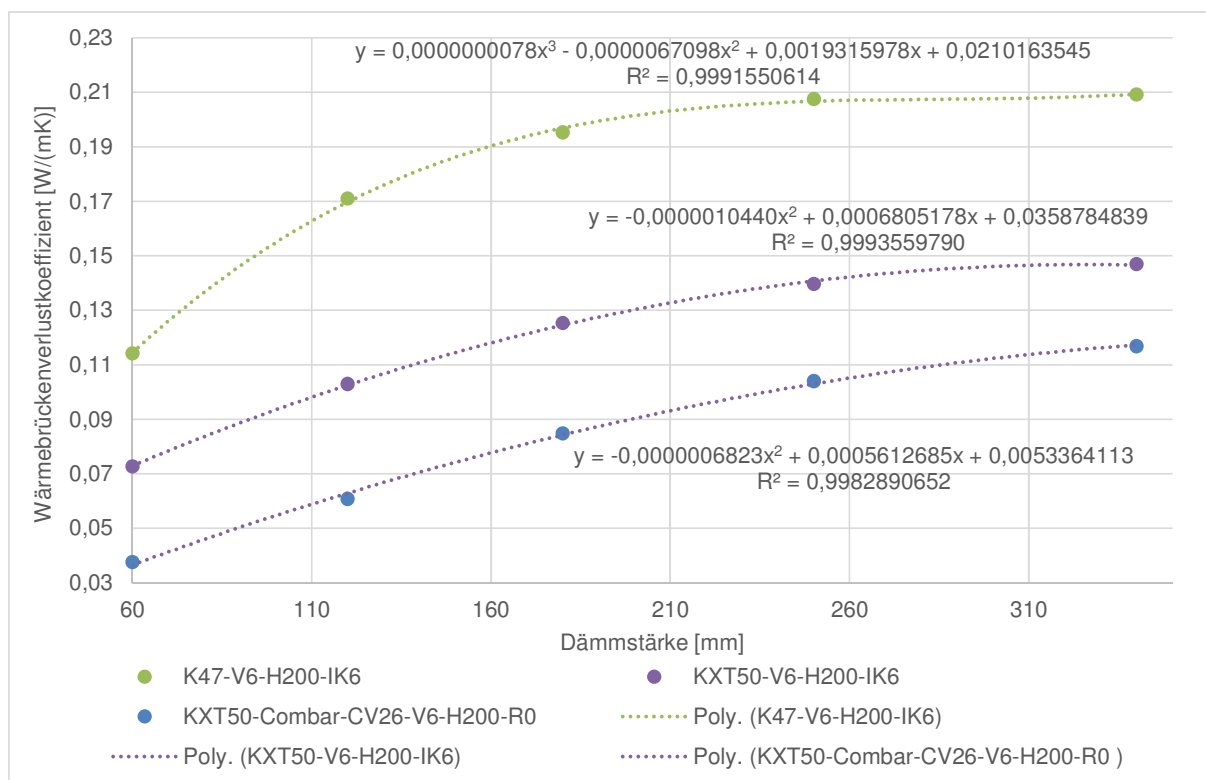


Abbildung 2: Berechnete Wärmebrückenverlustkoeffizienten und Trendlinien sowie Näherungsformeln und Bestimmtheitsmaße der Varianten Reihen K, KXT und KXT-Combar.

Thermische Trennungen bei Balkonen können heute auf dem Thermischen Niveau des K47 als Stand der Technik angenommen werden. In Abbildung 3 werden die Ψ -Werte aller untersuchten Anschlüsse normiert auf den K47 dargestellt. Das Diagramm zeigt eindrücklich die erreichbaren Einsparungen: Beim KXT50 35%, beim KXT50-Combar 55%. Die Mehrverluste der ungetrennten Variante betragen gar 345%.

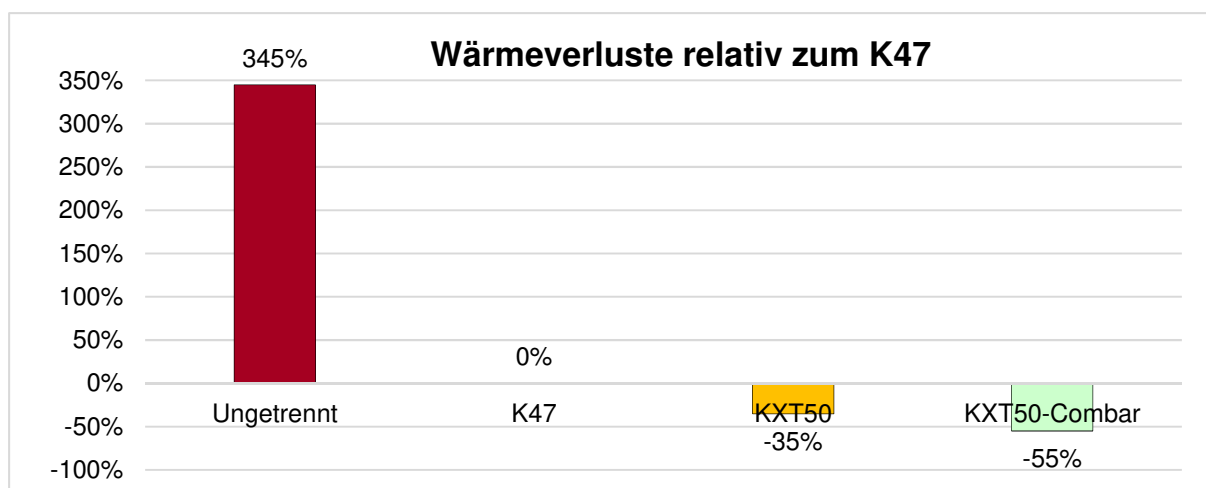


Abbildung 3: Ψ -Werte der Anschlüsse normiert auf den K47 bei einer Dämmstärke von 25 cm und einer Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(mK) (Grafik © PHI 2016)

2.2 Gebäudemodell und Standorte

Für die Studie wurden durch den Auftraggeber die Standorte Frankfurt im kühl-gemäßigten, Warschau im kalten und Genua im warmen Klima ausgewählt. Die Heiz- und Kühlgradstunden der Standorte zeigt Tabelle 2.

Um den gewünschten Geschosswohnungsbau abzubilden, wurde ein repräsentativer Teil des 3. OG des Gebäudes (268 m² Energiebezugsfläche) „Lodenareal“ in Innsbruck im PHPP modelliert. Abgesehen von seinen Stirnseiten ist dieses Gebäude umlaufend mit Balkonen ausgestattet. Dies führt zu einer Balkonlänge von ca. 25 cm pro Quadratmeter Energiebezugsfläche. Bei diesem hohen Wert ist ein deutlicher Einfluss der Art des Balkonanschlusses zu erwarten.



Abbildung 4: Animation des von der „Neuen Heimat Tirol“ errichteten Objektes „Lodenareal“ in Innsbruck.

Für alle Standorte wurde der Jahresheizwärmebedarf zunächst so eingestellt, dass die 15 kWh/(m²a) als maximal zulässiger Heizwärmebedarf für ein Passivhaus mit dem K47 als Repräsentant des „Standes der Technik“ erreicht wurden. Die verschiedenen thermischen Trennungen der Balkonplatte führen dann zu entsprechend niedrigeren, die durchgehende Betonplatte zu höheren Jahresheizwärmebedarfen.

Tabelle 2: Klimatische Kennwerte

Kennwert	Einheit	Frankfurt	Warschau	Genua
Heizgradstunden	kKh/a	79	95	33
Kühlgradstunden (bei aktiver Kühlung)	kKh/a			22

Tabelle 3: Bauteilqualitäten des Referenzgebäudes

Kennwert	Einheit	Frankfurt	Warschau	Genua
Dämmstärke Außenwand	mm	140	240	30
U-Wert Außenwand	W/(m ² K)	0,23	0,14	0,86
U-Wert Dach	W/(m ² K)	0,20	0,10	0,60
U-Wert Kellerdecke	W/(m ² K)	0,38	0,19	1,40
U-Wert Rahmen (seitlich/oben)	W/(m ² K)	0,81		
U-Wert Glas	W/(m ² K)	0,70	0,52	1,10
g-Wert Glas	-	0,60	0,50	0,48

In Kühlklimaten werden die internen Wärmequellen wie z.B. Personen und die Abwärme von Geräten und Beleuchtung, die in Heizklimaten bei der Beheizung des Gebäudes helfen, zu Kühllasten, die zusätzlich zu den Klimlasten (Außentemperatur und Solarstrahlung sowie Lüftung) den Kühlbedarf erhöhen. Daher erscheint der Kühlbedarf im Vergleich zum Heizwärmebedarf unverhältnismäßig hoch. Die Innentemperatur wurde in diesem Klima, wie auch an den anderen Standorten mit 20°C im Winter und 23°C im Sommer angesetzt. In Tabelle 2 sind die Spezifikationen der einzelnen Standorte zusammengefasst.

2.3 Ermittlung der CO₂-Einsparung

Zur Ermittlung der CO₂-Einsparungen wird der Endenergiebedarf für Heizen und Kühlen (Energieträger: Strom) mit dem CO₂eq-Emissionsfaktor (auch global warming potential – GWP-Faktor genannt) multipliziert. Dieser Faktor enthält nicht nur das pro kWh Endenergie entstehende CO₂, sondern inkludiert auch die Klimawirkung anderer Schadgase normiert auf CO₂. Der CO₂eq-Emissionsfaktor wurde in dieser Studie nach GEMIS 4.94, KW-Park Mix 2015 zu 0,532 kgCO₂eq/ kWh_{End} angesetzt. Diese Kennwerte gelten für Deutschland, das sich im Prozess der Energiewende befindet und bereits einen hohen Anteil an erneuerbarem Strom hat. Daher ist der CO₂eq-Emissionsfaktor verhältnismäßig niedrig. Die CO₂-Einsparungen werden pro Jahr angegeben, da der CO₂eq-Emissionsfaktor von Strom im Zuge der Energiewende kontinuierlich sinkt.

Wie bereits erwähnt, wird sowohl die Nutzwärme, als auch die Nutzkälte über Wärmepumpen erzeugt. Die Jahresarbeitszahl Heizen beträgt nach PHPP 1,64 (Standort Frankfurt), die Jahresarbeitszahl Kühlen ist 2,2 (Genua).

3 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden ausgesuchte Ergebnisse der Studie in Wort und Bild dargestellt. Die vollständigen Ergebnistabellen sind in Anhang zu finden.

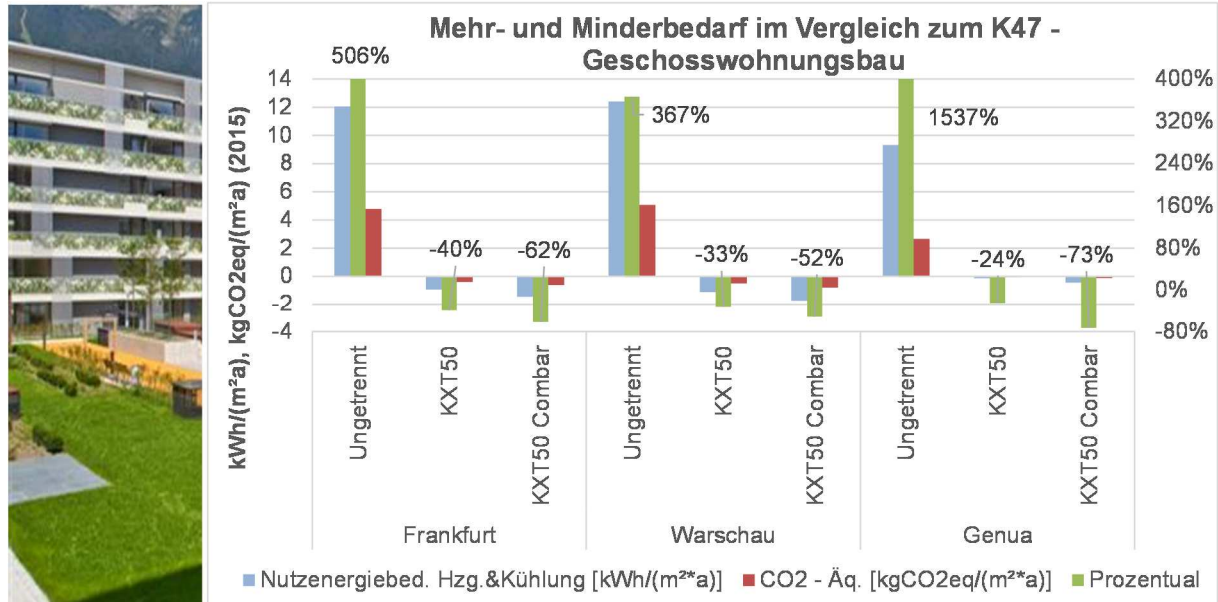


Abbildung 5: Visualisierung ausgewählter Ergebnisse für den Geschosswohnungsbau

3.1.1 Standort Frankfurt

Am Standort Frankfurt liegt der **Jahresheizwärmebebedarf** mit dem K47 Betonplatte bei 15,0 kWh/(m²a). Er verdoppelt sich bei durchbetonierter Betonplatte nahezu auf 28,5 kWh/(m²a). Mit KXT50 reduziert sich der Bedarf um 0,9 kWh/(m²a) und mit dem KXT50-Combar weiter um 0,6 kWh/(m²a) auf 13,3 kWh/(m²a). Die in **Abbildung 5** ausgewiesenen prozentualen Mehr- bzw. Minderbedarfe beziehen sich auf die Energieverluste über den Balkonanschluss (hierzu wurde eine weitere Variante mit idealem Balkonanschluss ($\Psi = 0 \text{ W/(mK)}$) gerechnet). Der Mehrbedarf der durchbetonierten Balkonplatte liegt bei über 500% im Vergleich zum K47. Der KXT50 hat einem Minderbedarf von 40%, der KXT50 Combar von 62%.

3.1.2 Standort Warschau

Der Standort Warschau ist kälter als der Standort Frankfurt. Dies ist gut an der Gradtagzahl, welche in Frankfurt 79 kWh/a, in Warschau 95 kWh/a beträgt, erkennbar. Entsprechend höher sind die möglichen Einsparungen durch thermische Trennungen.

Der **Jahresheizwärmebebedarf** wurde mit dem K47 auf 15 kWh/(m²a) kalibriert. Der Kennwert verschlechtert sich bei durchgehender Betonplatte um 12,4 kWh/(m²a), bei Verwendung des KXT50 verbessert er sich auf 13,7 kWh/(m²a) und bei Verwendung des KXT50-Combar auf 13,0 kWh/(m²a). Damit ergibt sich eine Energieeinsparung von 52% bezogen auf die Verluste durch den Balkonanschluss bei Verwendung des KXT50-Combar gegenüber dem K47.

3.1.3 Standort Genua

In Genua entsteht neben dem Heiz- auch ein Kühlenergiebedarf, sodass der Aufwand an Nutzenergie zur Klimatisierung des Gebäudes mit 29,6 kWh/(m²a) deutlich über dem der Standorte Frankfurt und Warschau liegt. Da die Summe aus Heiz- und Kühlgradstunden mit 55 kWh dennoch deutlich unter jener der anderen Standorte liegt, sind die realisierbaren Einsparungen jedoch geringer als in Frankfurt oder Warschau:

Der **Jahresnutzkälte- und Jahresheizwärmebedarf** wurde mit KXT50-Combar zu in Summe 29,2 kWh/(m²a), mit durchgehender Betonplatte zu 39,00 kWh/(m²a) berechnet. Die Einsparung beträgt damit 25%. Bei der Ermittlung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten für die Isokorb Typen kann es hier aufgrund der geringen Dämmstärke zu gewissen Unschärfen kommen, da die Näherungsformel im Bereich 60 bis 340 mm validiert wurde, die Dämmstärke hier jedoch nur 30 mm beträgt.

Werden jedoch der **prozentuale Mehrverbrauch der durchbetonierten Balkonplatte** bezogen auf die Verluste durch den Balkonanschluss betrachtet, so überrascht dessen Höhe von über 1500% im Vergleich zum K47. Dies liegt in der starken Abhängigkeit des Wärmebrückenverlustkoeffizienten der durchbetonierten Balkonplatte von der Dämmstärke der Wand begründet, vgl. **Abbildung 1**.

3.1.4 Dämmstärkenreduktion durch thermische Trennung

Interessant ist auch die mögliche Reduktion der Dämmstärke durch die Verbesserung des Balkonanschlusses bei gleichem Jahresheizwärmebedarf. Um dies zu ermitteln, wurden alle Varianten durch Iteration der Dämmstärke auf einen Jahresheizwärmebedarf von 15 kWh/(m²a) kalibriert. In Abbildung 6 sind die Ergebnisse dargestellt. Besonders hoch ist der Einfluss im kalten Klima Warschaus. Für die Ergebnisse des Klimas Genua kann es signifikanten Unschärfen kommen, da die Wärmebrückenverlustkoeffizienten wie in Abschnitt 2.1 dargestellt, für einen Dämmstärkebereich zwischen 60 und 340 mm validiert wurden, und die Dämmstoffstärken für die thermisch getrennten Anschlüsse deutlich unterhalb des validierten Bereiches liegen.

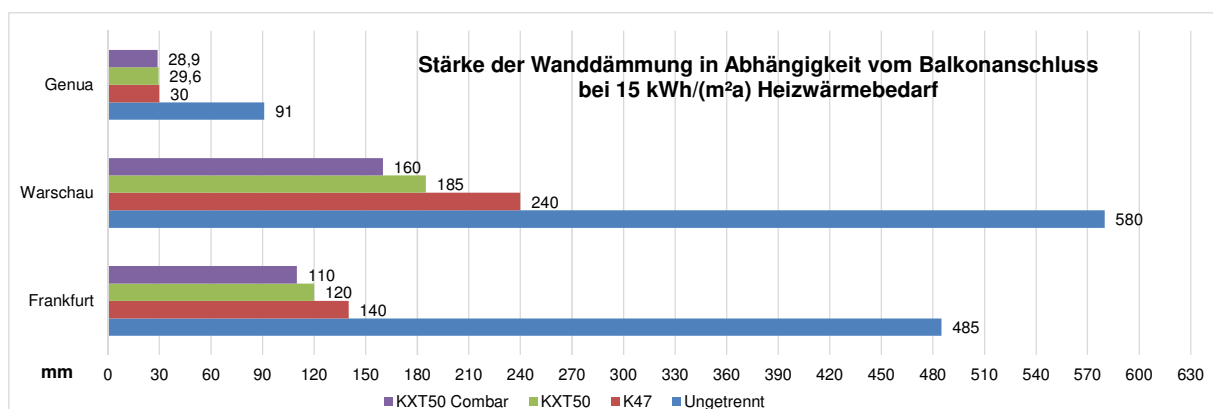


Abbildung 6: Stärke der Wärmedämmung beim Geschosswohnungsbau in Abhängigkeit vom Balkonanschluss bei gleichem Heizwärmebedarf

4 Zusammenfassung

Es konnte gezeigt werden, dass durch die Verwendung thermisch getrennter Balkonanschlüsse signifikante Energie- und daraus resultierende CO₂-Einsparungen möglich sind. Dabei sind auch innerhalb der Gruppe der thermisch getrennten Balkonanschlüsse deutliche Unterschiede gegeben, wie Abbildung 7 zeigt. Absolut auf das komplette Gebäude gesehen sinkt das Einsparpotential durch eine weitere Verbesserung der thermischen Trennung jedoch, da die die Wärmebrückenverluste auch durch den K47 schon gering sind.

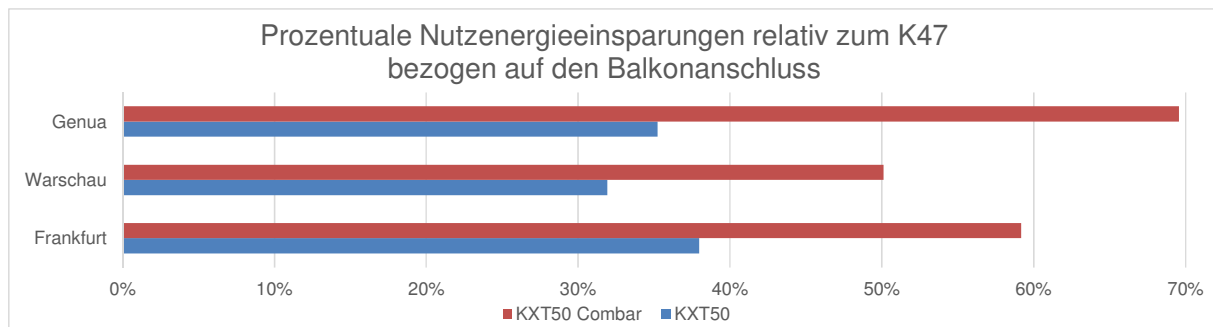


Abbildung 7: Prozentuale Nutzenergieeinsparung relativ zum K47 bezogen auf den Balkonanschluss

Die Höhe der Energieeinsparung in unterschiedlichen Klimaten korreliert mit der Höhe der Summe aus Heiz- und Kühlgradstunden. Der Effekt des Klimas auf die Einsparungen wird durch die Verringerung der Wärmebrückenwirkung der durchgehenden Betonplatte und der Erhöhung der Wärmebrückenwirkung bei thermisch getrennten Anschlüssen mit steigender Dämmstärke kompensiert.

Gerade in kalten Klimaten kann es bei geringen Dämmstärken und thermisch nicht getrennten Betonanschlüssen zu Hygieneproblemen im Bereich der Wärmebrücke kommen. Die thermische Trennung schafft hier zuverlässig Abhilfe.

Mit Blick auf den Klimaschutz zeigt sich auch bei der thermischen Trennung von Balkonen die hohe Relevanz von Energiesparmaßnahmen. So entsprechen die vermiedenen CO₂eq-Emissionen von 20 kg CO₂eq pro Laufmeter Balkonlänge am Standort Warschau im Vergleich zwischen KXT50-Combar zur durchgehenden Balkonplatte bezogen auf das Jahr 2015 einer Fahrleistung von ca. 170 km mit einem Golf VI 1,6 TDI.

Die hier dargestellten Einsparungen sind auf Gebäude geringeren Energiestandards übertragbar. Unabhängig vom gewählten Energiestandard, Gebäude oder Klima ist der Einsatz thermisch getrennter Balkonanschlüsse nicht nur dringend empfohlen, sondern gerade in kalten Klimaten auch hygienisch notwendig. Die Zertifizierung durch das Passivhaus Institut setzt hier einen zuverlässigen Maßstab bezüglich der thermischen Qualität.

Mehr- und Minderbedarf relativ zum K47 - Geschosswohnungsbau

Modell Reihen	Frankfurt			Warschau			Genua		
	Ungetrennt	KXT50	KXT50 Combar	Ungetrennt	KXT50	KXT50 Combar	Ungetrennt	KXT50	KXT50 Combar
Nutzenergiebed	3228	-253	-395	3326	-300	-469	2501	-40	-118
Kohlendioxid -	1282	-110	-170	1360	-138	-215	713	-12	-34
Prozentual	506%	-40%	-62%	367%	-33%	-52%	1537%	-24%	-73%
Pro m² Ener- giebezugs- fläche									
Nutzenergiebed	12,1	-0,9	-1,5	12,4	-1,1	-1,7	9,3	-0,1	-0,4
CO ₂ - Äq. [kgC]	4,8	-0,4	-0,6	5,1	-0,5	-0,8	2,7	0,0	-0,1

Geschosswohnungsbau	1b Frankfurt K47	1c Frankfurt KXT50	1d Frankfurt KXT50 - Combar	2b Warschau K47	2c Warschau KXT50	2d Warschau KXT50 - Combar	3b Genua K47	3c Genua KXT50	3d Genua KXT50 - Combar
Einsparungen CO2 pro Jahr [kg CO2eq(2015)] Geschosswohnungsbau im Bezug auf									
Ungetrennt	3.627	3.964	4.152	4.254	4.693	4.943	2.152	2.234	2.313
K47		337	525		440	690		81	160
KXT50			188			250			79
Einsparungen pro Jahr [kWh/a] Geschosswohnungsbau im Bezug auf									
Ungetrennt	10745	11739	12293	11066	12226	12888	7991	8293	8588
K47		994	1548		1160	1821		303	597
KXT50			554			661			295
Einsparungen Lebenszyklus (80 a) [kWh] Geschosswohnungsbau im Bezug auf									
Ungetrennt	859621	939119	983447	885311	978106	1031010	639244	663445	687008
K47		79498	123826		92796	145699		24201	47764
KXT50			44328			52903			23563
Monetäre Einsparungen Lebenszyklus (80 a) Geschosswohnungsbau im Bezug auf									
Ungetrennt	42.707 €	46.656 €	48.858 €	43.983 €	48.593 €	51.221 €	31.758 €	32.960 €	34.131 €
K47		3.949 €	6.152 €		4.610 €	7.238 €		1.202 €	2.373 €
KXT50			2.202 €			2.628 €			1.171 €