

Masterarbeit

Auswirkungen von thermischen Sanierungen auf das Sommerverhalten von Wohngebäuden der 60er bis 80er Jahre

Ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs unter der
Leitung von

Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Klaus Krec

E253
Institut für Architektur und Entwerfen

Eingereicht an der technischen Universität Wien
Fakultät für
Architektur und Raumplanung

von

Alexander Mair
Matr.Nr. 0326436
Fernkorngasse 56/601
1100 Wien

Wien, am

Danksagung:

Danken möchte ich...

... Herrn Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Klaus Krec für die Betreuung dieser Masterarbeit,

... meiner Freundin Karin,

... meiner Schwester Nicole und ihrem Mann Georg,

... meinen Eltern Gelinde und Franz,

... und allen meinen Freunden.

Inhaltsverzeichnis:

1	Einleitung:	1
2	Energieverbrauch:	3
2.1.1	Österreich gesamt:	3
2.1.2	Österreich Haushalte:	4
3	Bewertungsmethoden von Gebäudeteilen und Gebäuden:	6
3.1	Winter Ö-Norm B8110, OIB6:	6
3.1.1	U-Wert:	6
3.1.2	HWB:	6
3.1.3	HWB _{BGF} :	6
3.1.4	HWB _{BGF,lc} , HWB _{BGF,AV} :	6
3.2	Sommer Ö-Norm B8110-3:	7
3.2.1	Nachweis über den Tagesverlauf der Raumtemperatur:	7
3.2.2	Nachweis über die mindesterforderliche speicherwirksame Masse:	7
3.2.3	KB:	7
3.2.4	KB*:	7
3.3	Behaglichkeit:	8
3.4	Energieausweis für Wohngebäude:	8
3.5	Wohnbauförderung:	8
3.6	Ökologische Bewertungen, Gebäudepass:	9
3.6.1	IBO Ökopass:	9
3.6.2	TQ:	9
3.6.3	klima:aktiv:	10
3.6.4	TQB:	10
4	Klima in Österreich:	11
4.1	Klimadaten Ö-Norm:	11
4.2	Klimaänderungsszenario:	12
4.2.1	Temperatursummen:	12
4.2.2	Tagesextrema für Wien:	16
4.3	Stadtklima:	18
4.3.1	Städtische Wärmeinseln:	18
4.3.2	Wärmeinsel Stadt Wien:	18
4.3.3	Auswirkungen von Grünfläche und Gebäudebegrünungen:	21
5	Gebäude und Wohnungen in Österreich und Wien:	23
5.1	Altersstruktur Wohnungen:	23
5.2	Gebäude und Wohnungsstruktur:	24
5.3	Entwicklung Wohnungszahl:	25

6	Rechtliche Rahmenbedingungen:	26
6.1	Genossenschaftswohnungen und Wohnungen gemeinnütziger Bauträger:	26
6.2	Wohnungseigentum:	27
6.3	Mietgebäude:	27
6.4	Eigentümerstruktur Wohnungen:	28
6.5	Quantität Sanierungen 1991-2001:	29
6.6	Qualität Sanierungen 1999-2009 Wien (THEWOSAN):	30
7	Berechnungsverfahren:	31
7.1	Winter:	31
7.2	Sommer:	32
7.2.1	Nachweis über den Tagesverlauf der Raumtemperatur:	32
7.2.2	Nachweis über die mindesterforderliche speicherwirksame Masse:	32
8	Annahmen Berechnungsmodell:	33
8.1	Standort des Gebäudes:	33
8.2	Orientierung:	33
8.3	Gebäude:	34
8.4	Bauweise:	35
8.4.1	Sandwichbeton Fertigteile:	35
8.4.2	Spanbetonmantelsteine:	35
8.4.3	Hochlochziegel:	35
8.5	Sanierung Außenhülle:	36
8.5.1	Sanierungsvariante 1:	36
8.5.2	Sanierungsvariante 2:	36
8.5.3	Sanierungsvariante 3:	36
8.5.4	Sanierungsvariante 5:	36
8.6	Fenster:	36
8.6.1	Rahmen:	36
8.6.2	Verglasung:	36
8.7	Lage der Wohnungen im Gebäude:	37
8.8	Nutzung der Zimmer:	37
8.9	Größe der Zimmer:	38
8.10	Fassadenaufteilungen, Fensterflächen:	38
8.11	Fassadenfarbe:	39
8.12	Verschattung:	39
8.12.1	Leistenverschattung:	39
8.12.2	Verschattung durch Sonnenschutz:	40
8.13	Luftwechsel:	40

9	Auswertung Winter:.....	41
9.1	Auswertung Bestand Winter HWB _{BGF} :.....	41
9.2	Auswertung Sanierungen Winter HWB _{BGF} :.....	42
10	Auswertung Sommer:.....	43
10.1	Verwendete Werte in der Auswertung:.....	43
10.2	Erklärung des Codesystems der Varianten.....	44
10.3	Vergleich Nachweis mit vereinfachtem Verfahren und Nachweis durch den Tagesverlauf der empfundenen Raumtemperatur:.....	46
10.4	Auswertung Bestand Bauweise:.....	49
10.5	Auswertung Bestand Orientierung:.....	50
10.6	Auswertung Bestand Fassadenfarbe:.....	51
10.7	Auswertung Bestand Lage des Raumes im Gebäude:.....	53
10.8	Auswertung Bestand Fensterfläche:.....	55
10.9	Auswertung Bestand Zimmergröße:.....	56
10.10	Auswertung Bestand Verschattungseinrichtungen:.....	57
10.11	Auswertung Bestand Luftwechsel.....	58
10.12	Auswertung Bestand Kombinationen Sommertauglichkeit:.....	59
11	Auswertung Sanierung:.....	62
11.1	Vergleich Temperaturen und Sommertauglichkeit Bestand zu Sanierung:.....	62
11.1.1	Temperaturen und Sommertauglichkeit der Sanierungsvarianten:.....	62
11.1.2	Sommertauglichkeit Sanierungen Kombinationen:.....	63
11.2	Veränderung der Temperaturen durch die Sanierung:.....	65
11.2.1	Temperaturänderung Sanierung Bauweise:.....	66
11.2.2	Temperaturänderung Sanierung Orientierung:.....	67
11.2.3	Temperaturänderung Sanierungsvarianten:.....	68
11.2.4	Temperaturänderung Sanierung Lage im Gebäude:.....	69
11.2.5	Temperaturänderung Sanierung Fensterfläche:.....	70
11.2.6	Temperaturänderung Sanierung Zimmergröße:.....	71
11.2.7	Temperaturänderung Sanierung Verschattung:.....	72
11.2.8	Temperaturänderung Sanierung Luftwechsel:.....	74
11.2.9	Temperaturänderung Sanierung Fassadenfarbe:.....	75
11.2.10	Temperaturänderung Sanierung Kombinationen:.....	76
12	Schlussfolgerung:.....	78
13	Zusammenfassung:.....	81
14	Anhang:.....	9
14.1	Aufbauten Bestand:.....	9
14.2	Aufbauten Sanierung San1:.....	12
14.3	Aufbauten Sanierung San2:.....	14

1 Einleitung:

Ein Ziel des Wohnbaus sollte sein, den Bewohnern größtmögliche Behaglichkeit bei geringstmöglichem Energieeinsatz zu bieten. Dies hängt natürlich von vielen Faktoren ab, auf welche Planer mehr oder weniger Einfluss nehmen können. Ist das Umfeld eines Gebäudes schon gegeben, kann gute Planung negative Einflüsse kompensieren und positive unterstützen. Da sich Menschen in unserer Gesellschaft bis zu 90% des Tages in geschlossenen Räumen aufhalten, kommt dem Innenraum eine besondere Bedeutung für unser Wohlbefinden und unsere Gesundheit zu. Eine große Rolle dabei spielt das thermische Umfeld des Menschen. Wie alle Säugetiere versuchen wir eine konstante Körperkerntemperatur (ca. 37°C) aufrecht zu erhalten. Auf ein zu kaltes Umfeld reagiert der Körper durch Verminderung der Blutzufuhr in den Extremitäten und im Weiteren durch eine erhöhte Wärmeproduktion in Form von Muskelzittern. Diese Regulation funktioniert nur sehr eingeschränkt. Besser ist die Reaktionsfähigkeit des Körpers auf zu warme Umgebungen. Hierbei wird die Blutzufuhr in den Extremitäten erhöht, um die Wärmeabgabe der Haut zu steigern. Reicht dies nicht aus, beginnt der Körper zu schwitzen [1].

Die hitzebedingten Auswirkungen auf den Menschen reichen von reduzierter Leistungsfähigkeit über eine erhöhte Krankheitsanfälligkeit bis hin zu erhöhter Morbidität. In Studien wurde nachgewiesen, dass die Leistungsfähigkeit von Bürokräften bei einem Raumtemperaturanstieg von 23°C auf 30°C, um ca. 30% abnimmt [2]. Auch wurde ein Zusammenhang von Sterbefällen und Hitzewellen nachgewiesen, wobei der nächtlichen Abkühlung (höchste Tagesminimaltemperatur) eine besonders starke Rolle zugeschrieben wird [3,4].

Doch reagiert der Mensch nicht nur unbewusst auf sein thermisches Umfeld, sondern versucht dies auch, aktiv seinen Bedürfnissen anzupassen. Dies reicht von der Bekleidung über die körperlichen Aktivitäten bis hin zu Heizen und Kühlen von Räumen. Dabei sind wir aber oft Beschränkungen unterworfen, so können wir unsere Aktivität oder Kleidung nicht immer anpassen, das Fenster nicht immer öffnen (Sturm, Lärm,...) oder wollen die Heizung und Klimaanlage nicht immer betreiben (Energierrechnung, Umwelt,...). Deshalb obliegt es dem Gebäude ein möglichst behagliches Raumklima über die gesamte Nutzungsdauer bereit zu stellen.

Dafür ist es, durch die klimatischen Verhältnisse in Österreich, notwendig zwischen Winter- und Sommerverhalten des Gebäudes zu unterscheiden. Eigenschaften des Gebäudes wie Lage, Orientierung, Kompaktheit, U-Werte, Fensterfläche, usw. wirken sich in den beiden Perioden unterschiedlich aus. So können sich Eigenschaften, die sich in der einen Periode sehr positiv auswirken, in der anderen Periode als negativ erweisen. In der jüngeren Vergangenheit wird durch thermische Sanierungen vermehrt versucht, das thermische Verhalten eines Gebäudes positiv zu beeinflussen. Dabei wird in Österreich hauptsächlich auf die Verbesserung der U-Werte der Gebäudeteile gesetzt. (Dämmung von Fassaden, Dach, Decke und Austausch von Fenster, Verglasung). Dies hat normalerweise eine Senkung des Heizwärmebedarfs (HWB) im Winter zur Folge. Die Auswirkungen von thermischen Sanierungen auf das Sommerverhalten von Gebäuden sind hingegen nur unzureichend bekannt und werden oft pauschaliert beurteilt.

In dieser Arbeit wird versucht, die Veränderungen des thermischen Gebäudeverhaltens durch eine heute übliche thermische Sanierung abzuschätzen. Dafür werden im ersten Schritt die Anforderungen an Gebäude und Gebäudeteile durch Normen, Richtlinien, Förderungen und Gebäudepässe untersucht. Danach die Gebäudestruktur in Österreich und speziell in Wien analysiert, um die Untersuchungen an einem für Österreich möglichst typischen Wohngebäude durchzuführen.

Das Verhalten und die Veränderungen während der Heizperiode (Winter) werden über den HWB_{BGF} -Wert (bruttogeschosflächenbezogener Heizwärmebedarf), mittels des thermischen Gebäudesimulationsprogramms WAEBED untersucht. Durch die Variation von Orientierungen, Bauweisen, Sanierungen, Fenstergrößen, Klimadaten und Strahlungswerten ergeben sich 60 verschiedene Varianten. Bei der Auswertung wird jede Variante durch den HWB_{BGF} -Wert einzeln

dargestellt und durch die Förderstufen der thermisch energetischen Wohnhaussanierung in Wien (THEWOSAN) klassifiziert.

Das thermische Verhalten im Sommer wird durch die beiden in der Ö-Norm B8110 zulässigen Nachweise (Nachweis über den Tagesverlauf der Raumtemperatur [°C], Nachweis über die mindesterforderliche speicherwirksame Masse [kg/m²]) mit Hilfe des Berechnungsprogramms GEBA (thermische Gebäudesimulation) bestimmt. Für die Berechnungen des Bestands ergeben sich 5184 und 5730 Varianten für die Sanierung. Durch die große Anzahl der Varianten werden diese in Eigenschaftsgruppen zusammengefasst und die Ergebnisse über die Häufigkeiten in bestimmten Temperaturbereichen ausgewertet. Zusätzlich werden der Mittelwert, der kleinste und der größte Wert der empfundenen Raumtemperatur der Eigenschaftsgruppe ausgewertet. Es ist zu beachten, dass die Ergebnisse Berechnungswerte darstellen und von der Realität abweichen können, da Menschen sich nicht normgemäß verhalten sondern individuell handeln. Besonders bei hohen Temperaturen ist mit einer Reaktion, wie dem Öffnen der Fenster oder dem Kauf einer Klimaanlage durch die Bewohner zu rechnen. In dieser Arbeit sind alle berechneten Temperaturwerte die empfundenen Raumtemperaturen. Zur Klassifizierung der Sommertauglichkeit nach Ö-Norm B8110 wird die maximale Tages- und Nachttemperatur herangezogen. Es werden keine Aussagen zu einzelnen Varianten getroffen.

Die Ergebnisse dieser Arbeit sollen die möglichen Auswirkungen einer thermischen Sanierung auf das Sommerverhalten eines Raumes in Abhängigkeit von einzelnen Eigenschaften eines Wohngebäudes aufzeigen

2 Energieverbrauch:

2.1.1 Österreich gesamt:

Betrachtet man den Endenergieverbrauch (EEV) Österreichs, so ist dieser von 1995 (844.834TJ) bis 2008 (1.088.538TJ) um 28,9% gestiegen [5]. Dies widerspricht natürlich den Bemühungen, im Zusammenhang mit dem 1997 beschlossenen Kyoto Abkommen, den Energieverbrauch und den damit zusammenhängenden Schadstoffausstoß zu senken.

Dabei nimmt der Sektor „private Haushalte“ mit 25% der verbrauchten Energie eine wichtige Rolle ein. Abgesehen von leichten Schwankungen bleibt der Energieverbrauch der Haushalte seit 1995 aber relativ konstant. Eine deutlich bedenklichere Entwicklung, mit einer Zunahme seit 1995 um 49,8%, zeichnet sich beim Sektor Transport ab. Dieser ist, gemeinsam mit dem Sektor „Sachgüterproduktion“, auch für den enormen Verbrauchsanstieg verantwortlich. Zudem besteht die verbrauchte Energie beim Transport beinahe ausschließlich aus fossilen Brennstoffen.

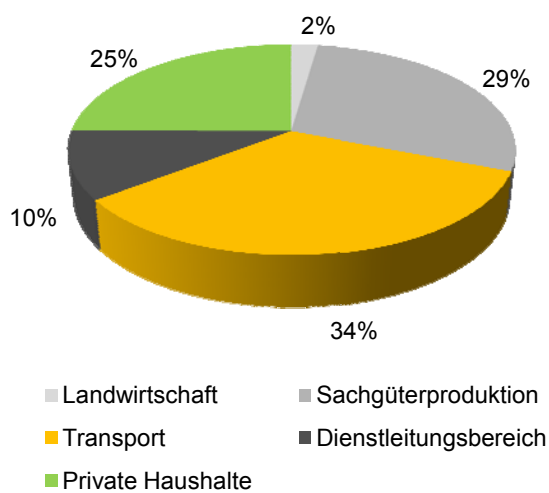


Abb. 2: Verteilung EEV 2008 nach Sektoren in Ö [5]

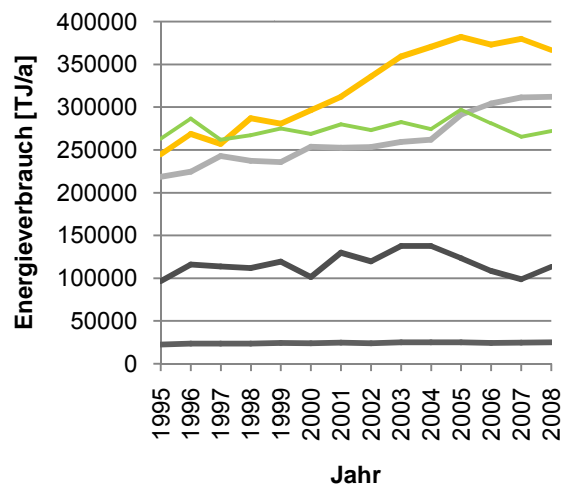


Abb. 1: Entwicklung EEV 1995-2008 nach Sektoren in Ö [5]

2.1.2 Österreich Haushalte:

Zur Versorgung unserer Haushalte werden große Energiemengen (2008: 271.944 TJ) aufgewendet. Davon werden 70% (2008: 189.495 TJ) in die Aufrechterhaltung eines angenehmen Raumklimas investiert. Seit 1995 sinkt der absolute Energieverbrauch für Raumheizung und Klimaanlage leicht, jedoch wird dies durch den sonstigen Verbrauch der Haushalte kompensiert [6].

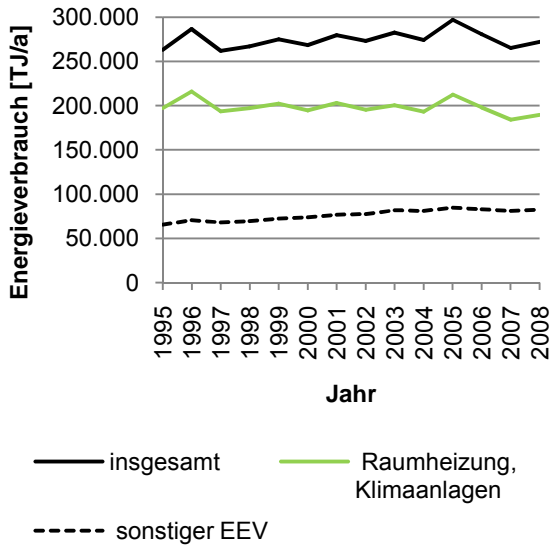


Abb. 4: Entwicklung EEV Haushalte Ö 1995-2008 [6]

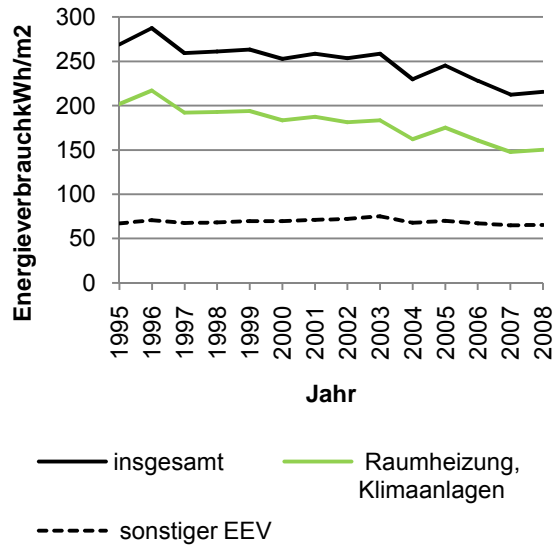


Abb. 3 : Entwicklung EEV pro m² Wohnnutzfläche Ö 1995-2008 [6]

Für den Zeitraum 1995 bis 2008 ist durch die Zunahme an Haushalten (3.110.000 auf 3.566.000) die Erhöhung der durchschnittlichen Nutzfläche pro Haushalt (von 87,4m² auf 98,4m²) und das Bevölkerungswachstum eine deutliche flächen-, wohnungs-, und personenbezogene Abnahme des Energieverbrauchs für den Bereich Heizung und Klimaanlage festzustellen. Der relative, sonstige Verbrauch bleibt annähernd konstant [6].

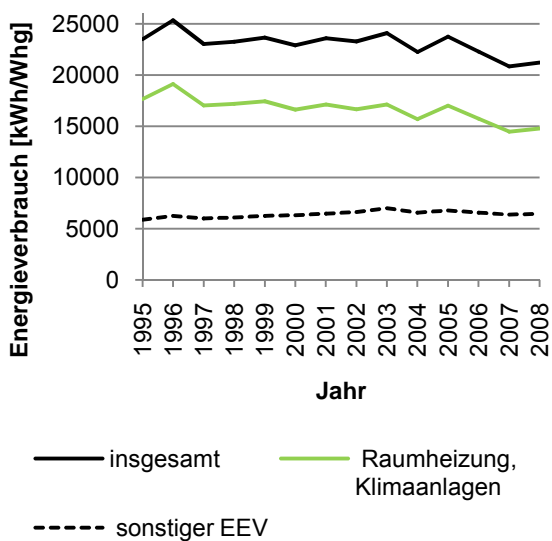


Abb. 6: Entwicklung EEV pro Haushalt Ö 1995-2008 [6]

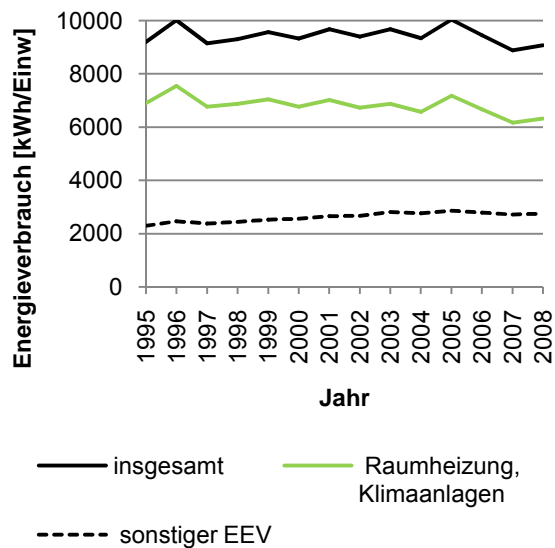


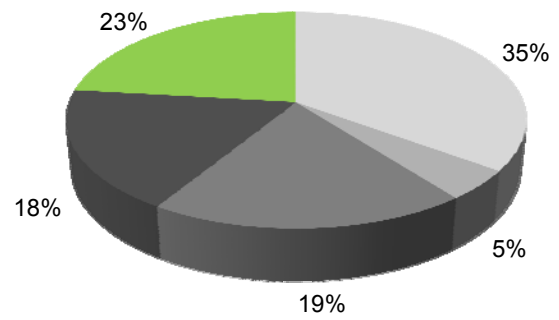
Abb. 5: Entwicklung EEV pro Einwohner Ö 1995-2008 [6]

Betrachtet man den Stromverbrauch der Haushalte in Österreich (2008: 58278 TJ), so fallen auch hier 23% in den Bereich Heizung und Klima [7].

Der Anteil für Klimageräte am Gesamtstromverbrauch der Haushalte ist mit 0,1% (2008) jedoch sehr gering [7,8].

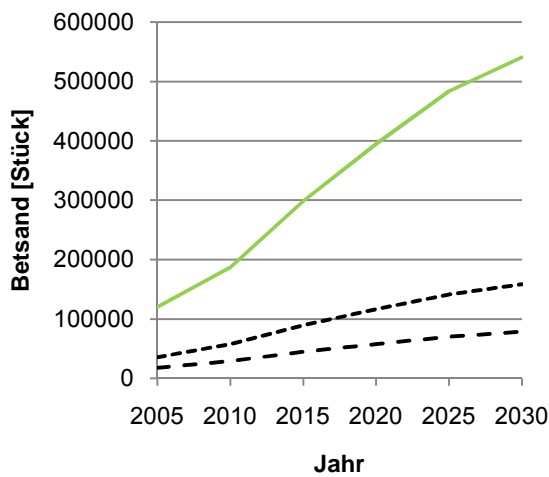
Durch erhöhte Komfortanforderungen der Bewohner und die voraussichtlich höheren Sommertemperaturen ist jedoch zu erwarten, dass dieser Anteil in Zukunft erheblich ansteigen wird.

Hochrechnungen gehen von einer Zunahme der Kleinklimageräte und deren Kühlleistung von ca. 350% für Wohnungen bis 2030 aus [8,9].



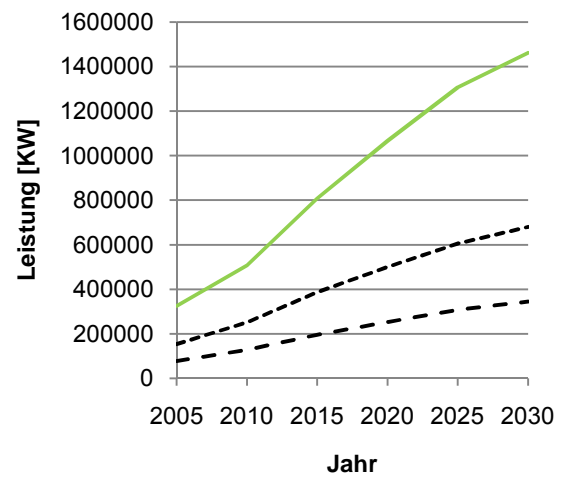
- Haushaltsgeräte
- stand by Verbrauch
- Beleuchtung, EDV, Unterhaltung
- Warmwasser
- Heizung, Klima

Abb. 7: Verteilung Stromverbrauch Haushalte Ö nach Verbrauchern [7]



— Wohnen - - - Büro - - - Einzelhandel

Abb. 8: Entwicklung Bestand Kleinklimageräte Ö 2005-2030 [9]



— Wohnen - - - Büro - - - Einzelhandel

Abb. 9: Entwicklung Leistung Kleinklimageräte Ö 2005-2030 [9]

3 Bewertungsmethoden von Gebäudeteilen und Gebäuden:

Zum Vergleich verschiedener Bauweisen und Gebäude werden mehrere Werte in den Bauordnungen, Normen und Förderrichtlinien herangezogen [10,11]. Unterschieden werden grundsätzlich Wohngebäude und Nicht-Wohngebäude, so wie Sommer- und Winterfall.

Die in der weiteren Arbeit erwähnten Ö-Normen B8110 [12.1, 12.3, 12.5, 12.6] und die OIB Richtlinie 6 (Österreichisches Institut für Bautechnik) [13] beziehen sich, wenn nicht anders gekennzeichnet, auf die im Text angeführten Quellen.

3.1 Winter Ö-Norm B8110, OIB6:

3.1.1 U-Wert:

Der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) $[W/m^2K]$ ist eine temperaturunabhängige Bauteilkenngröße und beschreibt den flächenbezogenen thermischen Leitwert. In der Praxis wird von einer eindimensionalen Wärmeleitung ausgegangen, was einem plattenförmigen, aus homogenen Schichten aufgebauten Bauteil entspricht. In Bauordnungen, Normen und Richtlinien gibt es klare Grenzwerte, die den Wärmedurchgangskoeffizienten nach oben beschränken und somit zu einem wichtigen Minimalkriterium machen. Rückschlüsse auf das thermische Verhalten eines Gebäudes lässt dieser Wert nur bedingt zu.

3.1.2 HWB:

Der Heizwärmebedarf (HWB) $[kWh]$ ist jene Wärmemenge, die der Innenluft eines Gebäudes im Laufe einer Heizperiode zugeführt werden muss, um die geforderte Innenraumlufttemperatur zu gewährleisten. Zu berücksichtigen sind die außenklimatischen Bedingungen am Gebäudestandort und die Einflüsse der Gebäudenutzung. Je nach Berechnungsart und Genauigkeit der Einflussgrößen können relativ gute Aussagen über das thermische Verhalten während der Heizperiode getroffen werden.

3.1.3 HWB_{BGF} :

Zur besseren Vergleichbarkeit von Gebäuden wird der flächenbezogene jährliche Heizwärmebedarf herangezogen. Dabei wird der jährliche HWB auf die Bruttogeschossfläche (HWB_{BGF}) umgerechnet $[kWh/m^2a]$.

3.1.4 $HWB_{BGF, lc}$, $HWB_{BGF, AV}$:

Als Grenzwert in der Ö-Norm und den Förderrichtlinien [10] wird ein flächenbezogener, gebäudegeometriebezogener, jährlicher Heizwärmebedarf ($HWB_{BGF, lc}$, $HWB_{BGF, AV}$) herangezogen. Dadurch kommt es zu einer Unschärfe bei der Vergleichbarkeit der verschiedenen Gebäudegeometrien und zu erheblichen Unterschieden bei den geforderten Grenzwerten, wie man den Tabellen 2 und 3 entnehmen kann. Die Variante 1 (Typ eingeschossiges Einfamilienhaus) besitzt im Verhältnis zu ihrem Volumen eine sehr große Hüllfläche. Die Variante 5 (Mehrgeschosswohnbau) hingegen stellt ein kompaktes Gebäude dar, was sich im Vergleich sehr positiv auf den HWB_{BGF} auswirkt.

Variante	a [m]	b [m]	Geschoss- höhe [m]	Geschosse	Grundfläche [m ²]	BGF [m ²]	Hüllfläche [m ²]	V [m ³]	lc [m]	A / V
1	24,0	8,0	3,0	1	192	192	576	576	1,00	0,33
2	24,0	8,0	3,0	2	192	384	768	1152	2,00	0,50
3	24,0	12,0	3,0	2	288	576	1008	1728	2,00	0,57
4	24,0	12,0	3,0	5	288	1440	1656	4320	5,00	0,87
5	24,0	12,0	3,0	8	288	2304	2304	6912	8,00	1,00

Tabelle 1: Annahmen von Gebäudegeometrien zur Berechnung des $HWB_{BGF, lc}$ und $HWB_{BGF, AV}$ [10]

lc [m]	HWB _{BGF,max} [kWh/m ² a] bis 2010	%	HWB _{BGF,max} [kWh/m ² a] ab 2010	%
1,00	78,0	100,0	60,0	100,0
1,50	60,7	77,8	46,7	77,8
1,71	56,3	72,2	43,3	72,2
2,61	45,9	58,9	35,3	58,9
3,00	43,3	55,6	33,3	55,6

Tabelle 2: Ergebnisse des geforderten HWB_{BGF,max} für verschiedene Gebäudegeometrien (lc) [10]

A / V	HWB _{BGF,max} [kWh/m ² a] bis 2010	%	HWB _{BGF,max} [kWh/m ² a] ab 2010	%
1,00	65,0	100,0	45,0	100,0
0,67	58,3	89,7	40,6	90,1
0,58	54,2	83,3	37,8	84,0
0,38	44,2	67,9	31,1	69,1
0,33	41,7	64,1	29,4	65,4

Tabelle 3: Ergebnisse des geforderten HWB_{BGF,max} für verschiedene Gebäudegeometrien (A/V) [10]

Bei der Berechnung des geforderten maximalen HWB_{BGF} ist klar zu erkennen, dass der Grenzwert mit Zunahme der Kompaktheit der Gebäude stark sinkt. Dies führt dazu, dass ein kompaktes Gebäude (Variante 5) einen um bis zu 45% niedrigeren Grenzwert erfüllen muss, oder anders gesagt, liegt der Grenzwert eines Einfamilienhauses beinahe doppelt so hoch, als bei einem kompakten Mehrgeschosswohnbau.

3.2 Sommer Ö-Norm B8110-3:

Laut Ö-Norm B8110-3 kann die Einhaltung der Grenztemperatur (Tag ≤ 27°C, Nacht ≤ 25°C) im Wohnbau durch zwei Verfahren nachgewiesen werden.

3.2.1 Nachweis über den Tagesverlauf der Raumtemperatur:

Hierbei wird mit Hilfe eines Rechenprogrammes der Tagesverlauf der Raumtemperatur unter Berücksichtigung der gebäude-, standort- und orientierungsabhängigen Einflussgrößen simuliert. Das Ergebnis lässt direkte Rückschlüsse auf die Qualität des Raumes zu.

3.2.2 Nachweis über die mindesterforderliche speicherwirksame Masse:

Durch Berechnung der immissionsflächenbezogenen mindesterforderlichen speicherwirksamen Masse und Lüftung soll die Einhaltung der Grenztemperaturen nachgewiesen werden. Es können nur Aussagen über die Einhaltung der Grenzwerte getroffen werden, nicht über die wirkliche Qualität des Raumes.

Bei Wohngebäuden wird davon ausgegangen, dass unter Einhaltung der geforderten Grenzwerte kein Kühlbedarf besteht, was durch die Zahlen der verkauften Kleinklimageräte (Kapitel 1.2) in Frage zu stellen ist. Ein Nachweis für den Kühlbedarf ist nur für Nicht-Wohngebäude zu führen, wobei die inneren Wärmequellen nicht berücksichtigt werden (KB*).

3.2.3 KB:

Der Kühlbedarf (KB) stellt das sommerliche Äquivalent zum Heizwärmebedarf dar. Er beschreibt die Wärmemenge, die der Innenluft eines Gebäudes im Laufe einer Kühlperiode entzogen werden muss, um die geforderte Innenraumlufttemperatur zu gewährleisten [kWh/a]. Der in der Ö-Norm zum Vergleich angeführte Kühlbedarf stellt den jährlichen Kühlbedarf unter Berücksichtigung eines Nutzerprofils pro m² konditionierter Bruttofläche [kWh/m²a] dar.

3.2.4 KB*:

Ist der jährliche außeninduzierte (ohne innere Wärmequellen) Kühlbedarf (KB*) pro m³ konditioniertem Bruttovolumen [kWh/m³a].

3.3 Behaglichkeit:

In der Ö-Norm EN ISO 7730 [14] wird versucht mittels PMV (predicted mean vote) und PPD (predicted percentage of dissatisfied) die globale thermische Behaglichkeit eines Umgebungsklimas für Menschen auszudrücken. Dafür muss die Lufttemperatur zwischen 10°C und 30°C, die mittlere Strahlungstemperatur zwischen 10°C und 40°C liegen.

PMV: Gibt an, wie eine große Personengruppe, auf einer 7 stufigen Skala (-3 für zu kalt und +3 für zu heiß), ein bestimmtes Umgebungsklima im Durchschnitt beurteilen würde.

PPD: Ausgehend vom PMV wird der Prozentsatz der Personen ermittelt, welche mit dem Raumklima unzufrieden sind.

Das Verfahren wurde für klimatisierte Arbeitsumgebungen erstellt und berücksichtigt eine Vielzahl von Parametern wie Kleidung, Lufttemperatur, Strahlungstemperatur, Luftgeschwindigkeit, Luftfeuchte, etc. Im Wohnungsbau findet diese Bewertungsmethode jedoch bisher keine Anwendungen.

3.4 Energieausweis für Wohngebäude:

Der Energieausweis stellt das heute gebräuchlichste Bewertungssystem für Gebäude in Österreich dar. Er wird bei der Einreichung von Neubauten und umfassenden Sanierungen gefordert. Auch müsste, laut Wohnrecht für jede Wohnung bei Verkauf oder Vermietung ein aktueller Energieausweis vorhanden sein. In der Praxis wird dies mit folgenden Worten umgangen oder überhaupt nicht angegeben: *„Ein Energieausweis wurde vom Verkäufer/Vermieter nach Aufklärung über die gesetzliche Vorlagepflicht ab 01.01.2009 noch nicht vorgelegt. Im Falle der Nichtvorlage gilt zumindest eine dem Alter und der Art des Gebäudes entsprechende Gesamtenergieeffizienz als vereinbart. Der vermittelnde Makler übernimmt keinerlei Gewähr oder Haftung für die tatsächliche Energieeffizienz des Gebäudes bzw. der Wohnung.“* (Kurier Immobilien 10.09.2010).

Im Energieausweis sind zumindest folgende Werte auszuweisen [10]:

- Heizwärmebedarf des Gebäudes am Referenzstandort HWB_{Ref} [kWh/a], $HWB_{BGF,Ref}$ [kWh/m²a]
- Heizwärmebedarf des Gebäudes am Realstandort HWB [kWh/a], HWB_{BGF} [kWh/m²a]
- Heiztechnik-Energiebedarf des Gebäudes für Raumheizung HTEB-RH [kWh/m²a, kWh/a] und Warmwasseraufbereitung HTEB-WW [kWh/m²a, kWh/a]
- Jährlicher Endenergiebedarf EEB [kWh/m²a, kWh/a] des Gebäudes, zur Bereitstellung der Wärmemenge für Raumheizung und Warmwasser, inklusive aller Verluste

3.5 Wohnbauförderung:

Da die Wohnbauförderung in den Aufgabenbereich der Länder fällt, kommt es zu unterschiedlichen Anforderungen an Gebäude und Gebäudeteile je nach Standort in Österreich. Die Grenzwerte für U-Werte und den HWB folgen den Mindeststandards der Ö-Norm B8110 bzw. der OIB Richtlinie 6. Schneiden diese Werte besser ab, wird auch eine höhere Fördersumme zur Verfügung gestellt.

Für die Sommertauglichkeitsberechnung gelten die Vorschriften laut Ö-Norm und OIB Richtlinie. Zusätzlich werden teilweise erhöhte Anforderungen an Baustoffe (Ökologie, Umwelt) und an die Haustechnik (Energieeffizienz, erneuerbare Energien) gestellt oder höher gefördert [10,11,15,16].

3.6 Ökologische Bewertungen, Gebäudepass:

In Österreich spielen vor allem die Gebäudezertifikate IBO Ökopass (Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie) und TQ (Total Quality) eine bedeutende Rolle. Zusätzlich gibt es noch das Selbstdokumentationssystem klima:aktiv. Eine Weiterentwicklung stellt der Gebäudeausweis TQB (Total Quality Building) dar, bei dem der IBO Ökopass und TQ zusammengelegt und Teile aus klima:aktiv übernommen wurden. Mit großer Wahrscheinlichkeit wird sich eine gemeinsame Plattform namens ÖGNB (Österreichische Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen), mit dem TQB als Gütesiegel, in Österreich durchsetzen. Ziel dieser Bewertungssysteme ist es vergleichbare Aussagen über Wohnungs- und Gebäudequalitäten in verschiedensten Kategorien zu treffen. Dabei sollen möglichst viele Kriterienbereiche abgedeckt und leicht verständlich dargestellt werden [17,18].

Es ist davon auszugehen, dass in naher Zukunft ein Gebäudepass, ähnlich dem Energieausweis seit 2008, für die Genehmigung von Neubauten und umfassenden Sanierungen verpflichtend wird.

3.6.1 IBO Ökopass:

Ziel ist der Nachweis der baubiologischen und ökologischen Qualität von Wohnanlagen als Instrument im Marketing und der Qualitätssicherung [17,18,19].

Hauptkriterien des IBO Ökopasses:

- Behaglichkeit im Sommer und Winter
- Innenraumluftqualität
- Tageslicht und Besonnung
- Schallschutz
- Elektromagnetische Qualität
- Ökologische Qualität der Baustoffe und Konstruktionen
- Gesamtenergiekonzept
- Wassernutzung

Diese Kriterien werden bewertet mit: ausgezeichnet, sehr gut, gut und befriedigend. Eine Gewichtung wird nur bei den Unterkategorien vorgenommen.

Für den Sommertauglichkeitsnachweis sind die Verfahren nach Ö-Norm B81010-3 zulässig und in vier Gruppen unterteilt.

3.6.2 TQ:

Wie der IBO Ökopass dient TQ zur Qualitätssicherung und als Marketinginstrument [17,18].

Hauptkriterien TQ:

- Ressourcenschonung
- Verminderung der Belastung für Mensch und Umwelt
- NutzerInnenkomfort
- Langlebigkeit
- Sicherheit
- Planungsqualität
- Infrastruktur und Ausstattung

Diese Punkte werden mit ihren Unterpunkten gewichtet und auf einer Skala von 0 bis 5 dargestellt. Ergebnis ist ein gewichteter Durchschnittswert.

Die Bewertung der Sommertauglichkeit erfolgt durch Unterteilung der Berechnungsergebnisse der Ö-Norm B8110-3, wobei die Skala von +5 bis -2 Punkte reicht und auch Klimageräte berücksichtigt werden. Dies wird unter dem Kriterium Behaglichkeit (NutzerInnenkomfort) behandelt.

Sowohl beim TQ als auch beim IBO Ökopass gibt es eine Vorbewertung und nach Fertigstellung, durch Berechnungen und Messungen, eine Endbewertung. Die soll den geforderten Qualitätsstandard garantieren.

3.6.3 klima:aktiv:

klima aktiv ist als Selbstdeklarationskonzept aufgebaut und wird durch den Bauträger selbst bewertet. Kommt es als internes Qualitätssicherungssystem des Bauherrn zum Einsatz ist die Bewertung durch eine externe Person durchzuführen [17,18,20].

Hauptkriterien:

- Planung und Ausführung
- Energie und Versorgung
- Baustoffe und Konstruktion
- Komfort und Raumluftqualität

Die Kriterien werden unterschiedlich gewichtet, wobei der Sektor Energie und Versorgung mit 600 von 1000 Maximalpunkten überwiegt.

Der thermische Komfort fällt mit 30 von 1000 Punkten kaum ins Gewicht, stellt aber ein Kriterium dar, welches erfüllt werden muss. Der Nachweis kann auf vier Arten geführt werden:

- Nachweis durch Sommertauglichkeit nach Ö-Norm B8110-3
- Beweglicher Sonnenschutz (z-Wert 0,27) an Ost-, Süd- und Westseite
- Dynamische Gebäudesimulation mit einer maximal 10%igen Überschreitung der Behaglichkeitstemperatur von 25°C
- Berechnung der Übertemperaturhäufigkeit durch PHPP. Bei 10%iger Überschreitung der Behaglichkeitsgrenztemperatur von 25 °C sind zusätzliche Maßnahmen nachzuweisen (Sonnenschutz,...)

3.6.4 TQB:

Ist die neueste Gebäudezertifizierung und setzt ähnlich dem klima:aktiv auf ein 1000 Punkte Bewertungssystem [17,18,21].

Hauptkriterien:

- Standort und Ausstattung
- Wirtschaftlichkeit und technische Objektqualität
- Energie und Versorgung
- Gesundheit und Komfort
- Ressourceneffizienz

Die einzelnen Hauptkriterien werden zu gleichen Teilen mit 200 von 1000 Punkten bewertet.

Der thermische Komfort im Sommer wird durch verschiedene Verfahren oder Voraussetzungen mit 0 bis 30 Punkten bewertet. Auch hier kann die Sommertauglichkeit nach Ö-Norm B8110-3 nachgewiesen werden, wird aber in Güteklassen unterteilt.

Bedenklich ist, wenn ein Nachweis bei ausreichender Beschattung der Fenster (z-Wert 0,27) auf der Ost-, Süd- und Westseite entfallen kann, da dies kaum Rückschlüsse auf die Sommertauglichkeit der Räume zulässt. So ist zu bedenken, dass auch ein sehr guter Sonnenschutz bei großen Fensterflächen oder eine Nordorientierung der Räume keine Sicherheit gegen Überwärmung im Sommer bietet.

4 Klima in Österreich:

4.1 Klimadaten Ö-Norm:

Ganz entscheidende Faktoren bei der Berechnung der thermischen Qualität von Gebäuden sind die klimatischen Gegebenheiten. In der Ö-Norm B8110-5 wird Österreich in sieben Temperaturregionen und drei Höhenzonen unterteilt, woraus sich die mittlere monatliche Außenlufttemperatur und die mittlere Monatssumme der Globalstrahlung ableiten. Die Datensätze der Globalstrahlung stammen aus der Periode 1971 bis 2000, die der Außenlufttemperatur aus den Jahren 1961 bis 1990.

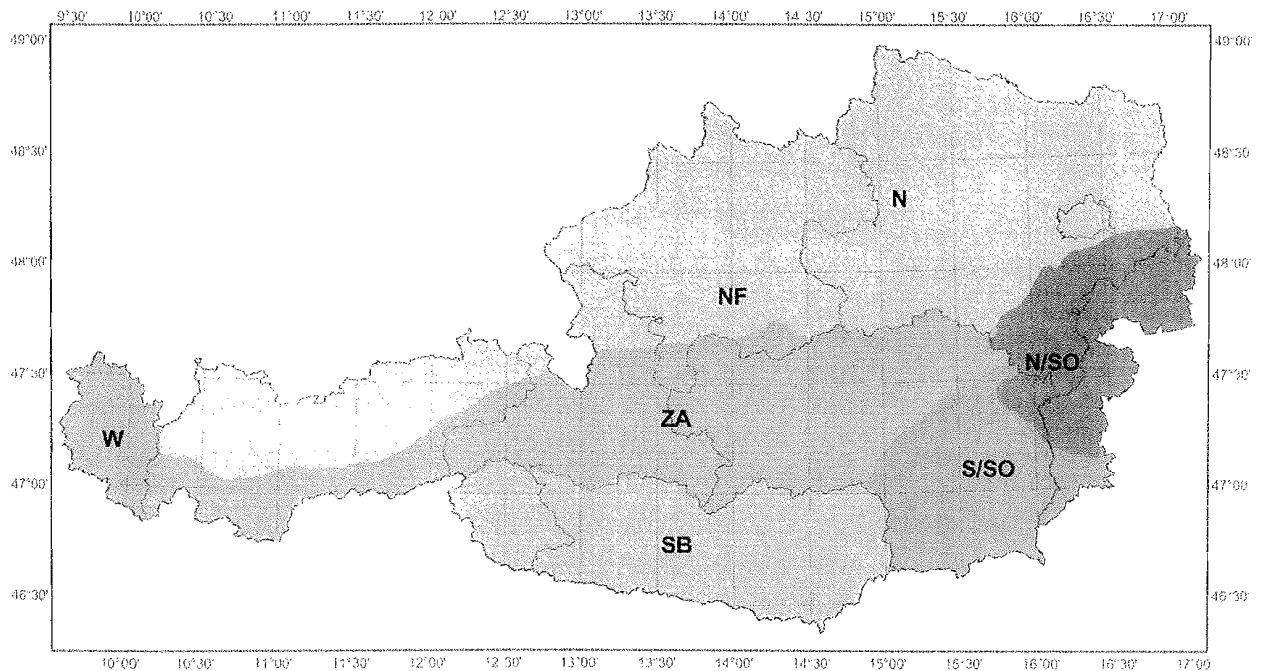


Abb. 10: Die 7 Temperaturregionen Österreichs nach Ö-Norm B8110-5 [12.5]

Die Ö-Norm B8110-1, welche die Anforderungen an den Wärmeschutz im Hochbau regelt, fordert für die Berechnung des Heizwärmebedarfs das Referenzklima der Ö-Norm B8110-5.

Dies kann zu gravierenden Abweichungen der Ausgangsdaten führen, wie in dem nachstehenden Diagramm, für den Standort Wien, Hohe Warte gezeigt wird.

Beim Vergleich der mittleren Monatssummen der Globalstrahlung liegen die Werte nach Ö-Norm B8110-5 im Februar 7,04% über und im Juli 3,63% unter den Werten laut ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik) [22].

kWh/m ²	Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1971-2000	25,85	44,36	81,73	118,92	159,54	162,81	166,70	146,06	96,98	61,64	28,44	20,20
ÖN B8110-5	26,12	47,48	80,89	115,35	157,67	159,90	160,66	140,39	98,12	62,54	28,84	19,35
Differenz %	1,04	7,04	-1,03	-3,00	-1,17	-1,79	-3,63	-3,88	1,19	1,46	1,40	-4,19

Tabelle 4: Vergleich mittlere Monatssummen der Globalstrahlung verschiedener Perioden [12.5, 22]

Weiters gegenübergestellt sind die Monatsmittelwerte der Außentemperatur in drei unterschiedlichen Zeitperioden (laut ZAMG) [22] und die laut Ö-Norm B8110-5 berechneten Monatsmittelwerte der Außentemperatur. Es zeigen sich Temperaturunterschiede von bis zu 1,8°C in der Periode 1971-2000 [22] und der Berechnungswerte laut Ö-Norm B8110-5.

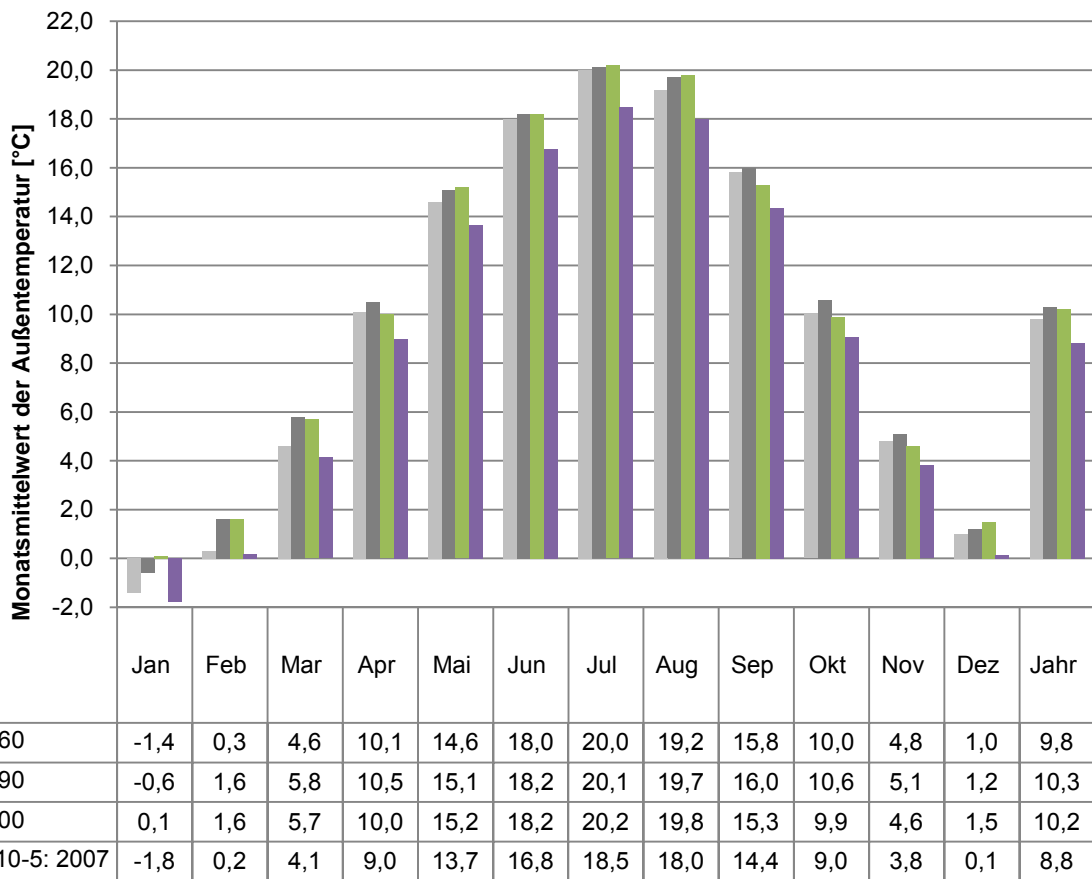


Abb. 11: Vergleich Monatsmittelwerte der Außentemperatur verschiedener Perioden in Wien (Hohe Warte 202m) [12.5, 22]

Wie die Altersstruktur der Gebäude im Kapitel 5.1 zeigt, reichen Aussagen über die thermische Qualität von Gebäuden für die Gegenwart nicht aus. Da bei Wohngebäuden mit einer Lebensdauer von 100 Jahren und mehr gerechnet werden muss, sollte dies bei Berechnungen berücksichtigt werden.

4.2 Klimaänderungsszenario:

Im Projektbericht StartClim2006F wird von einer Zunahme der Temperaturen im Alpenraum in 60 Jahren von 1,8°C bis 2,7°C gesprochen. Dabei sollen die Änderungen im Frühjahr 2,4°C, im Sommer 2,3°C, im Herbst 2,7°C und im Winter 1,8°C betragen. Es wurde von der Periode 1981 bis 1990 ausgegangen und das Zeitintervall 2041 bis 2050 berechnet [23].

4.2.1 Temperatursummen:

4.2.1.1 Veränderung der Heizgradtage:

Heizgradtage (HGT) sind definiert als die Summe der durchschnittlichen Temperaturdifferenzen, der konstanten Raumtemperatur (20°C) und der mittleren Außenlufttemperatur (12°C), eines Tages [23].

Die Summe der Heizgradtage wird durch folgende Formel berechnet:

$$HGT(T_1, T_2) = \sum_{t=T_1}^{T_2} (20 - \theta_t)$$

Für Tage : $\theta_t \leq 12^\circ\text{C}$

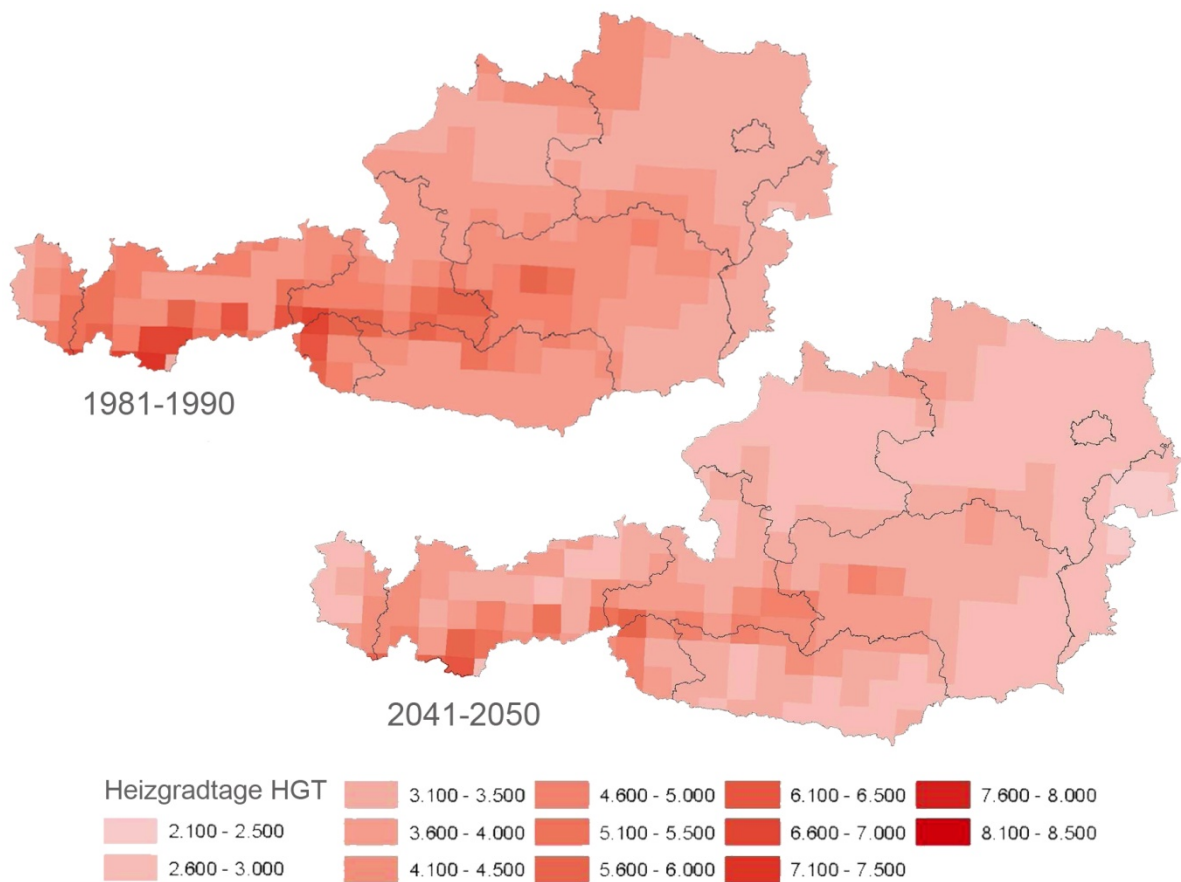


Abb. 12: Vergleich Heizgradtage der Perioden 1981-1990, 2041-2050 in Österreich (absolut) [23]

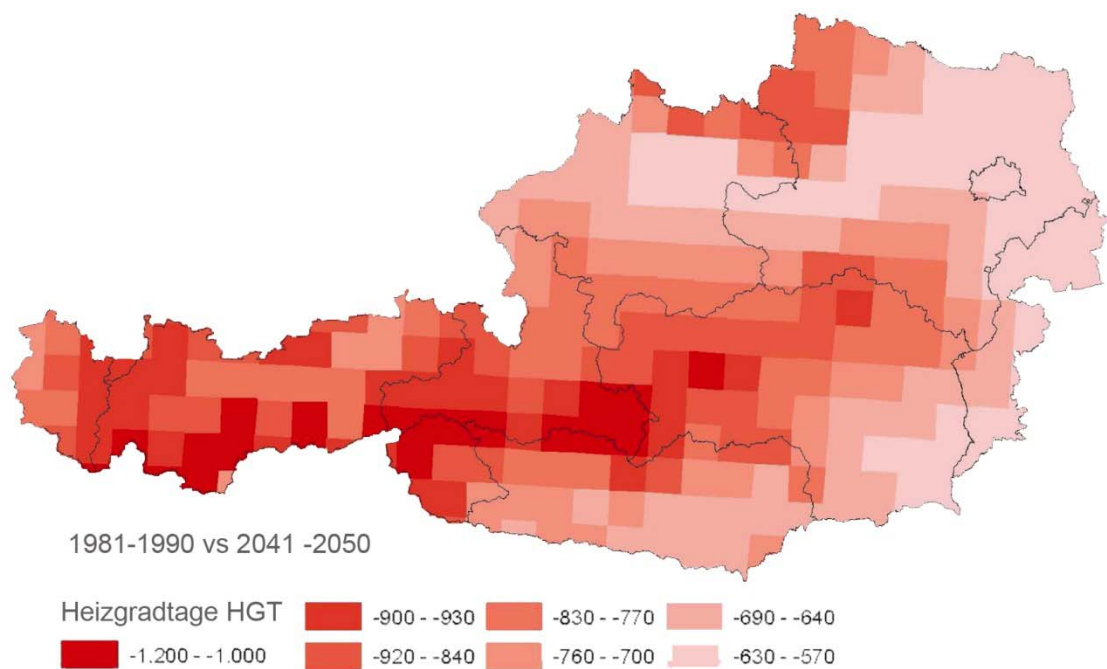


Abb. 13: Veränderung Heizgradtage der Perioden 1981-1990, 2041-2050 in Österreich (Differenz) [23]

4.2.1.2 Veränderung Kühlgradtage:

Kühlgradtage (KGT) sind die Differenz zwischen Tagesmitteltemperaturen und einer Grenztemperatur T , bei der Kühlbedarf angenommen wird. Die Grenztemperatur wird mit $18,3^{\circ}\text{C}$ angenommen [23].

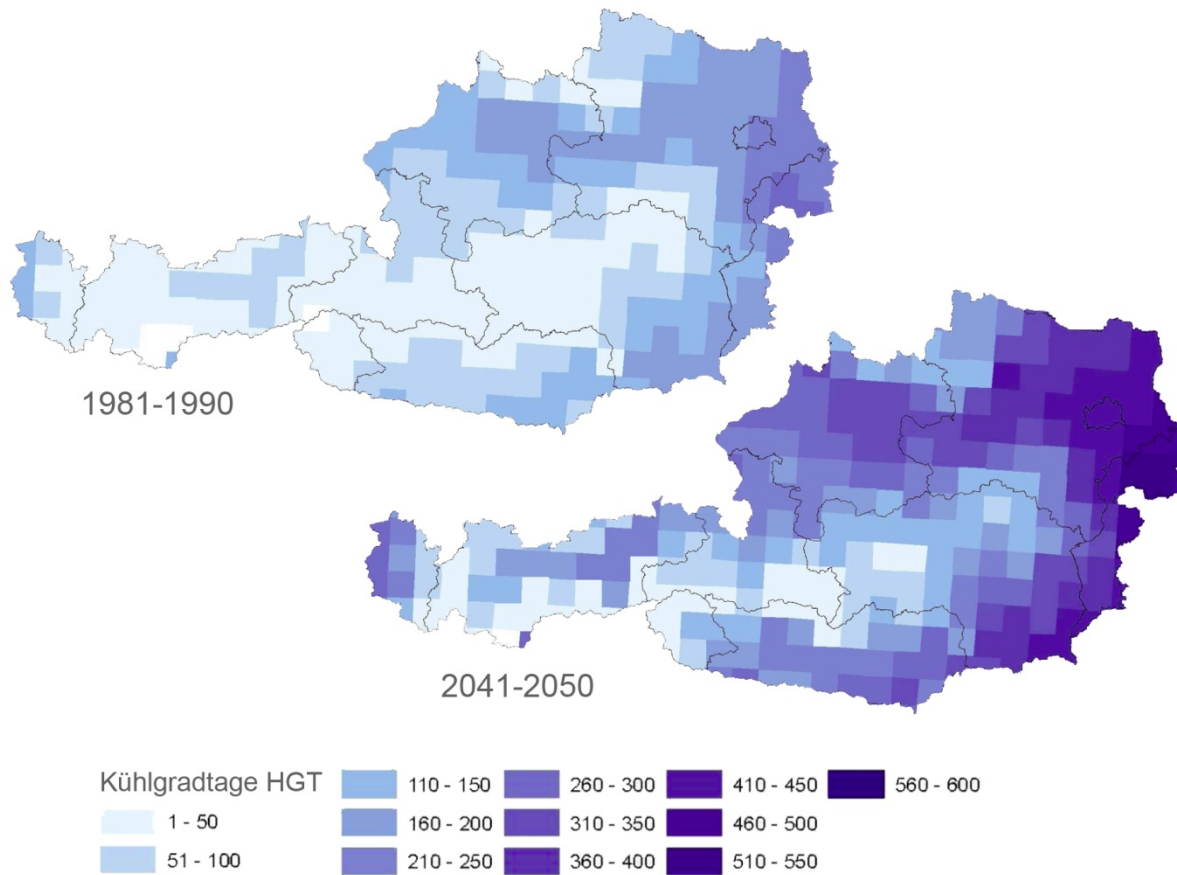


Abb. 14: Vergleich Kühlgradtage der Perioden 1981-1990, 2041-2050 in Österreich [23]

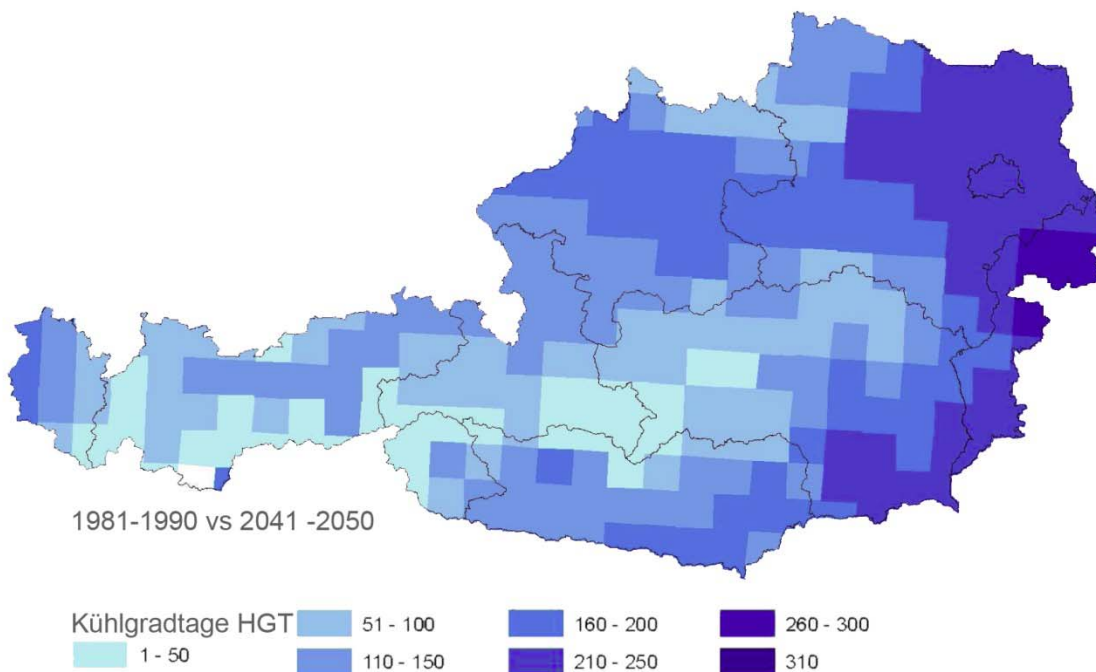


Abb. 15: Veränderung Kühlgradtage der Perioden 1981-1990, 2041-2050 in Österreich [23]

4.2.1.3 Vergleich Entwicklung Heizgradtage und Kühlgradtage:

Wie in den Abbildungen 12 bis 15 gut zu sehen ist, kommt es zu einer Verschiebung der Heizgradtage hin zu Kühlgradtagen. Diese Änderung ist stark von der Höhenlage abhängig. Bei Gebieten mit größerer Zunahme an Kühlgradtagen kommt es zur geringsten Abnahme an Heizgradtagen [23].

Zum Vergleich werden Werte für unterschiedliche Schwerpunktregionen ausgewiesen. Es ist zu erkennen, dass sich Feldbach und Wien sehr ähnlich verhalten. Bei den ausgewiesenen Regionen kommt es zu einer Abnahme der HGT im Ausmaß von 20% und zur Verdoppelung der Kühlgradtage in Lienz bzw. zur Verdreifachung der KGT in Wien.

Station	Heizgradtage / a				Kühlgradtage / a			
	1981/90	2041/50	Abnahme	in %	1981/90	2041/50	Zunahme	in %
Lienz	3873	3144	-729	-19%	59	178	119	201%
Feldbach	3244	2626	-618	-19%	183	405	223	121%
Wien	3171	2548	-623	-20%	202	438	236	117%

Tabelle 5: Entwicklung Heiz- und Kühlgradtage der Perioden 1981-1990, 2041-2050 in Österreich [23]

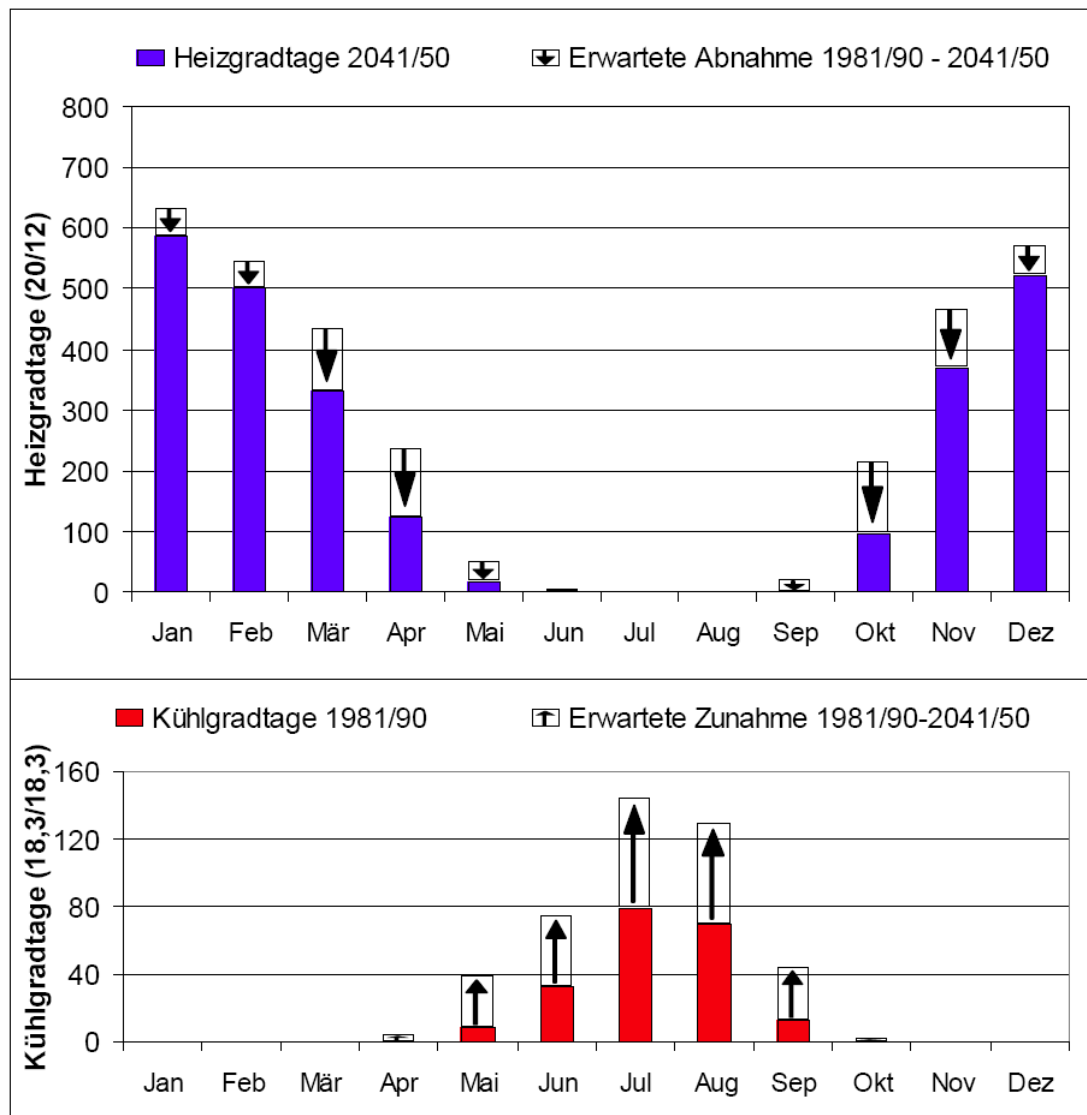


Abb. 16: erwartete Abnahme HGT und Zunahme KGT in Ö, Vergleich Zeitraum 1981-1990 zu 2041-2050 [23]

Neben der Steigerung der Tagesmitteltemperatur kommt es auch zu einem Anstieg der Tagesextremwerte.

4.2.2 Tagesextrema für Wien:

4.2.2.1 Sommertage pro Jahr in Wien:

Sommertage weisen ein Tagesmaximum von über 25°C auf [24].

Wien (Hohe Warte): Von 1910 zu 2000 ist ein Anstieg um 35 Sommertage pro Jahr zu sehen.

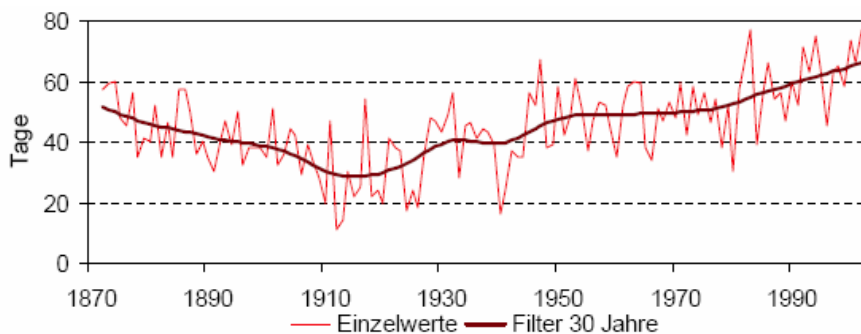


Abb. 17: Entwicklung Sommertage 20. Jahrhundert in Wien [24]

Waren in den Sommermonaten (Juni, Juli, August) 1961-1990 noch 46% der Tage Sommertage, so werden es 2001-2026 ca. 57,2% und 2026-2049 schon ca. 70% sein.

4.2.2.2 Heiße Tage pro Jahr in Wien:

Heiße Tage sind auch als Tropen- oder Hitzetage bekannt, diese haben eine Tagesmaximaltemperatur von 30°C [24].

Wien (Hohe Warte): Hier kommt es zu einer Zunahme von 1910 bis 2000 um 15 heiße Tage pro Jahr.

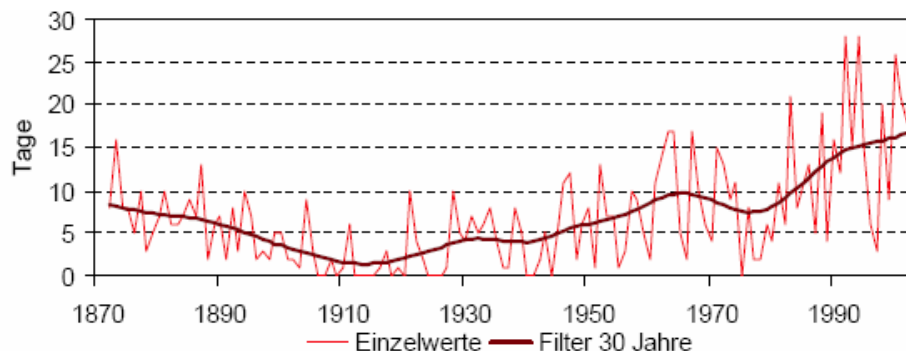


Abb. 18: Entwicklung heiße Tage 20. Jahrhundert in Wien [24]

Wie der nachfolgenden Tabelle 6 zu entnehmen ist, wird sich der so genannte städtische Wärmeinseleffekt (stärkere Erwärmung am Tag und verminderte Abkühlung in der Nacht in Stadtgebieten im Vergleich zum ländlichen Raum) in Zukunft immer stärker auswirken.

Station	Periode		
	1961-1990	1976-2005	2011-2040
Wien, Innere Stadt	8,4°C	13,4°C	20,7°C
Wien, Hohe Warte	8,2°C	11,7°C	17,9°C

Tabelle 6: Vergleich heiße Tage in Wien der Perioden 1961-1990, 1976-2005, 2011-2040 [24]

4.2.2.3 Hitzetage pro Jahr nach Kysely in Wien:

Hitzetage nach Kysely werden auch als Hitzewellen bezeichnet und sind charakterisiert durch die Abfolge von mindestens drei Tagen mit einer Maximaltemperatur über 30°C. Gab es in der Periode 1961 – 1990 noch 5,1, so sind es in der Periode 1976 – 2005 schon 9,1 Kysely Tage pro Jahr [24].

In der Periode 2010-2039 wird mit ca. 14,6 und im Zeitraum 2036-2065 mit bis zu 24,3 Hitzetagen (Kysely) gerechnet.

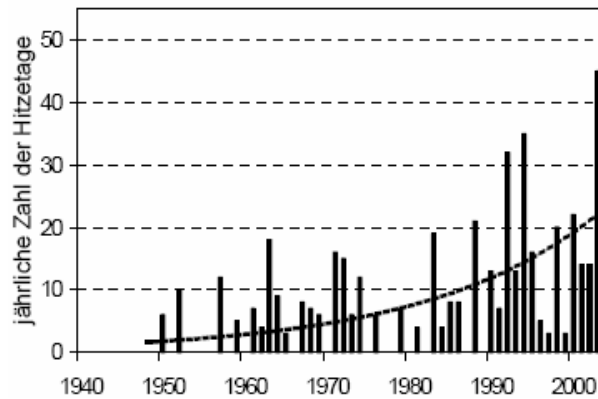


Abb. 19: Entwicklung Hitzetage in Wien 1950-2005 [24]

Auch bei den Hitzetagen pro Jahr (Kysely) ist der städtische Wärmeinseleffekt sichtbar.

Station	Periode		
	1961-1990	1976-2005	2010-2039
Wien Innere Stadt	5,8 Tage	12,6 Tage	17,7 Tage
Wien Hohe Warte	5,1 Tage	9,1 Tage	14,6 Tage

Tabelle 7 Vergleich Hitzetage in Wien der Perioden 1961-1990, 1976-2005, 2010-2039 [24]

4.2.2.4 Warme Nächte pro Jahr in Wien:

Warme Nächte werden definiert durch die Abfolge eines heißen Tages ($T_{max} \geq 30^\circ\text{C}$) vor und nach einer Nacht mit geringer Abkühlung ($T_{min} \geq 18^\circ\text{C}$). Beim Vergleich der „Klimanormalperiode“ 1961-1990 und der Periode 1985 – 2005 ergibt sich ein Anstieg von 2,7 auf 6,4 Tage [4].

Station	Periode 1961-1990			Periode 1985-2005		
	$T_{min} \geq 18^\circ\text{C}$	$T_{min} \geq 18^\circ\text{C}$ $T_{max} \geq 30^\circ\text{C}$	$T_{max} \geq 30^\circ\text{C}$ $T_{min} \geq 18^\circ\text{C}$ $T_{max} \geq 30^\circ\text{C}$	$T_{min} \geq 18^\circ\text{C}$	$T_{min} \geq 18^\circ\text{C}$ $T_{max} \geq 30^\circ\text{C}$	$T_{max} \geq 30^\circ\text{C}$ $T_{min} \geq 18^\circ\text{C}$ $T_{max} \geq 30^\circ\text{C}$
Wien Innere Stadt	-	-	-	37,3 Tage	16,8 Tage	12,0 Tage
Wien Hohe Warte	9,9 Tage	3,8 Tage	2,7 Tage	16,3 Tage	8,0 Tage	6,4 Tage

Tabelle 8: Vergleich warme Nächte in Wien der Perioden 1961-1990, 1985-2005 [24]

4.3 Stadtklima:

Das Stadtklima ist das durch die urbane Bebauung veränderte Klima, unter Berücksichtigung der Abwärme und der Emission von Luftschadstoffen (nach World Meteorological Organisation) [25].

Wie im Kapitel 4.2.2 (Tagesextrema für Wien) durch den Vergleich der Standorte Wien, Innere Stadt und Wien, Hohe Warte ersichtlich ist, können innerhalb eines Stadtgebietes zum gleichen Zeitpunkt verschiedene Temperaturen auftreten.

Das Stadtklima wird von verschiedensten Faktoren beeinflusst, welche sich in natürliche und anthropogene (vom Menschen gemacht) einteilen lassen. Die natürlichen Faktoren, wie geografische Lage (Breite), Klimazone, Höhenlage, Topografie, Gewässer, Bodentyp, etc. bestimmen das Klima einer Region. Darüberhinaus gibt es die vom Menschen beeinflussten Faktoren, wie Größe einer Stadt, Struktur einer Stadt, Anzahl der Bewohner, entstehende Wärmemengen, Emissionen von Schadstoffen, etc. Es ist zu beobachten, dass der Einfluss auf das regionale Klima bei zunehmender Stadtgröße ansteigt. Dies kann auf die zunehmende vom Menschen abgegebene Wärme- und Schadstoffmenge, die Wärmespeicherung von Gebäuden und Verkehrsflächen, den Versiegelungsgrad der Oberflächen und die Gebäudestruktur zurückgeführt werden [25,26,27].

4.3.1 Städtische Wärmeinseln:

Der Effekt der städtischen Wärmeinsel beschreibt den Temperaturunterschied zwischen Stadtkern und Umland. Die Isothermen (Linien gleicher Temperatur) weisen meist eine kreisähnliche Form um das Stadtzentrum auf. Die höchsten Temperaturen finden sich im Stadtzentrum oder bei Orten großer Wärmeabstrahlung (Fabriken, Kraftwerke, etc.). Die Temperaturen nehmen zu den Stadtrandgebieten hin ab. Die Wirkung der städtischen Wärmeinsel ist nicht auf den Boden beschränkt, sondern lässt sich bis in Höhen von 200 bis 300m (über dem Boden) nachweisen [25,26,27].

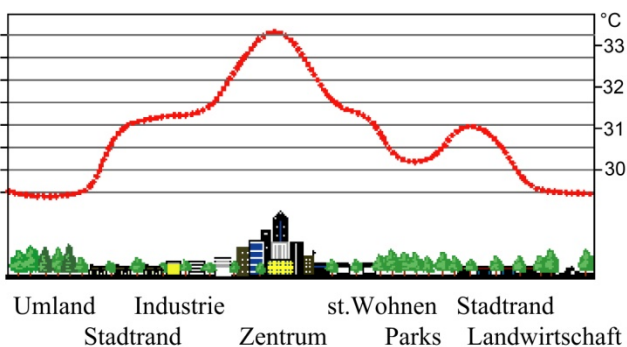
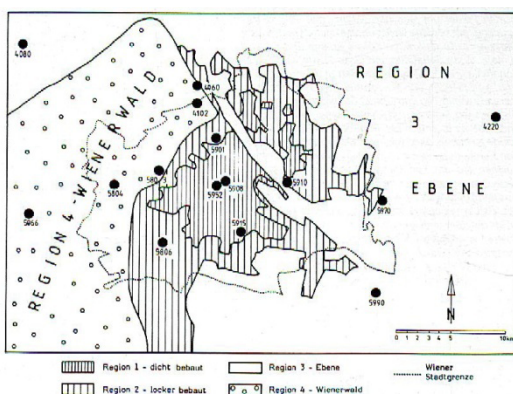


Abb. 20: Höhenentwicklung städtischer Wärmeinseln [28]

4.3.2 Wärmeinsel Stadt Wien:



Für die Stadt Wien wurde 1989 ein Klimaatlas erstellt, bei dem in der Stadt und im Umland die Klimadaten von insgesamt 15 Messstationen in 4 Regionen ausgewertet wurden. Die Auswertung beruht auf den Klimadaten der Periode 1951 bis 1980. Durch die Daten und Hochrechnungen der beiden Stationen Innere Stadt und Hohe Warte im 4.2.2 ist davon auszugehen, dass sich die klimatischen Unterschiede zwischen Innenstadt und Umland in Zukunft noch vergrößern [29].

Abb. 21: Messstationen und Regionen Klimaatlas Wien [29]

Zur Verdeutlichung des Effektes der städtischen Wärmeinsel Wien werden verschiedene Werte herangezogen.

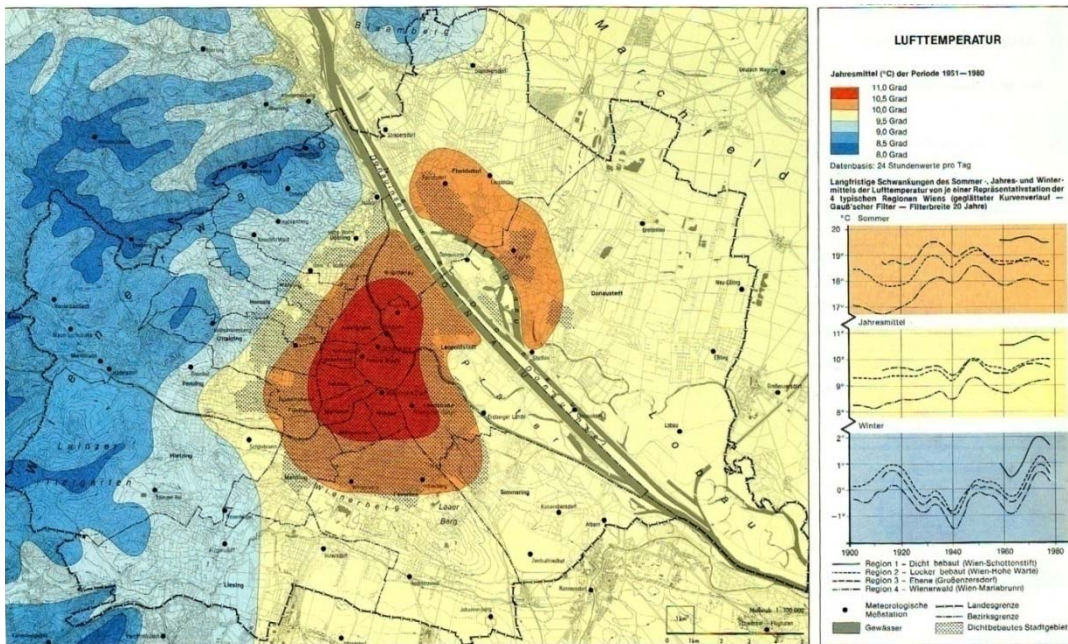


Abb. 22: Jahresmittel der Lufttemperatur im Raum Wien [29]

Die Jahresmitteltemperatur des Stadtzentrums liegt ca. 1,0°K bis 1,5°K über denen der Randbezirke. Im Sommer liegen die Wärmesummen (über 20°C) mit 1200 Gradtagen im Stadtzentrum erheblich über denen des Wienerwaldes mit 700 Gradtagen.

Die Abb. 23 stellt die Temperaturunterschiede am 26.12.1971 um 7 Uhr dar. Es treten Temperaturunterschiede zwischen Stadtzentrum und locker bebauter Vorstadt von bis zu 5°K auf. Noch größer ist die Temperaturdifferenz zwischen innerer Stadt und Gebieten im Wiener Wald. Die Temperaturunterschiede können bis zu 13°K betragen und liegen in den Tälern des Wiener Waldes in bis zu 90% der Stunden unter denen des Stadtzentrums.

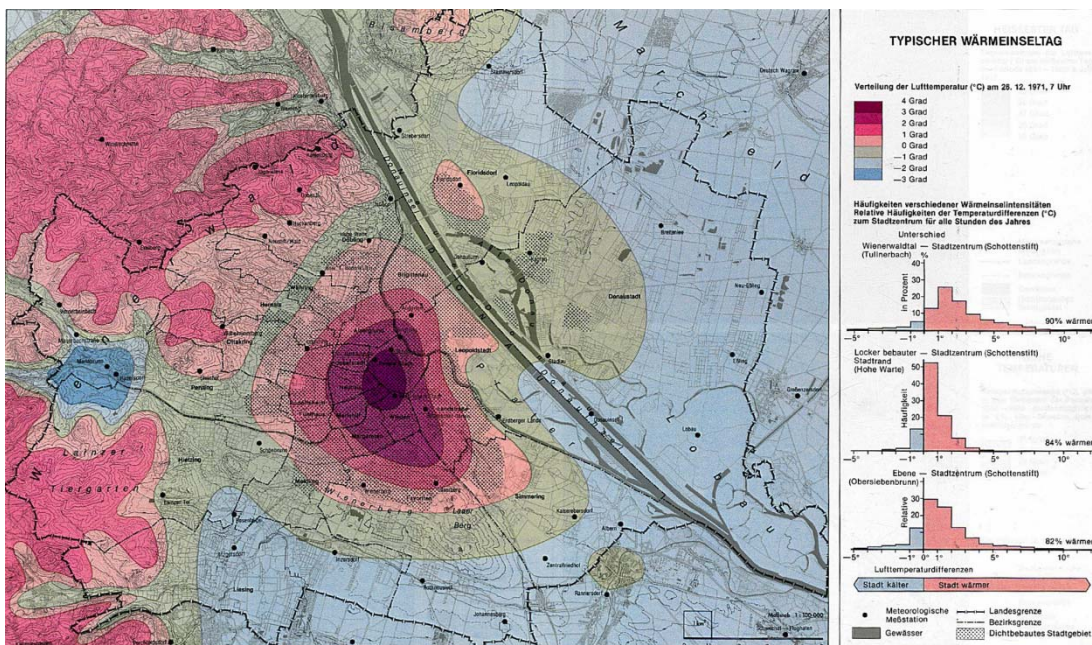


Abb. 23: Typischer Wärmeinseltag im Raum Wien [29]

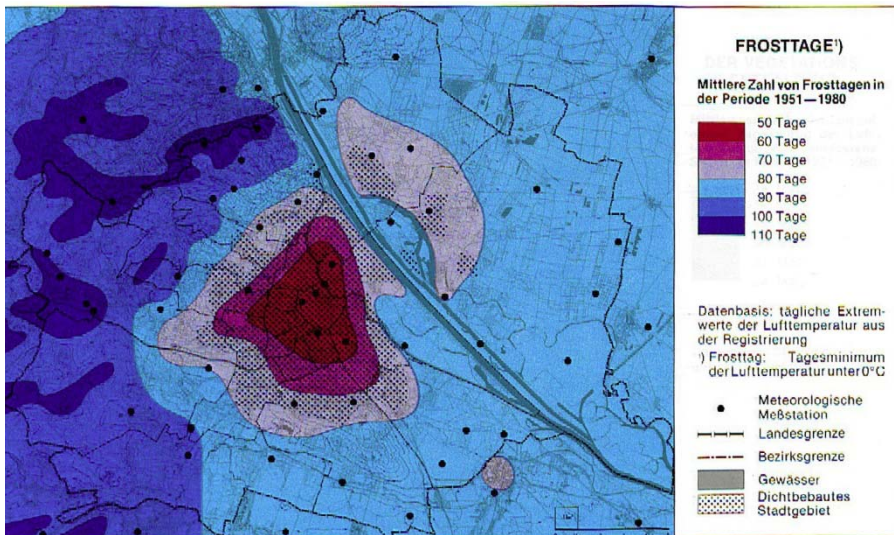


Abb. 24: Mittler Zahl der Frosttage im Raum Wien [29]

In den Wintermonaten, gibt es in der Wien durchschnittlich weniger als 60 Frosttagen, im Umland mehr als 100. Auch der Zeitpunkt des ersten Frostes ist mit dem 19. November um etwa einem Monat später als im Umland. Dies führt zu einer längeren Vegetationszeit der Pflanzen und je nach Gebäude zu einer kürzeren Heizperiode in der Stadt.

Die Effekte der städtischen Wärmeinsel im Winter können durch den geringeren Heizaufwand, die milderen Temperaturen und die längere Vegetationszeit für den Menschen als positiv angesehen werden.

Im Sommer ist der städtische Wärmeineffekt am Tag und in der Nacht unterschiedlich. Die Stadt speichert die Sonnenenergie des Tages durch Gebäude und versiegelte Flächen und gibt die Wärme in der Nacht wieder an ihre Umgebung ab.

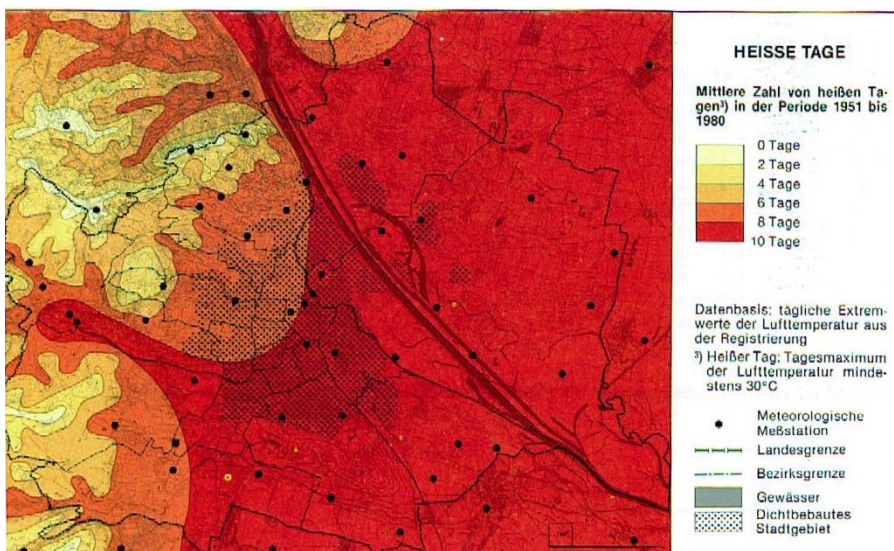


Abb. 25: Verteilung heiße Tage im Raum Wien [29]

Bei den „Heißen Tagen“ (Tagesmaximum $\geq 30^\circ\text{C}$) sind der Unterschied zwischen innerer Stadt und Umland nicht so deutlich zu erkennen. Hier ist eine Abnahme der heißen Tage von Osten (10 Tage) nach Westen ersichtlich. Dies kann auf die Höhenlage des Flachlandes im Osten und des Hügellandes des Wienerwaldes zurückgeführt werden.

In der Abb. 26 ist der Städtische Wärmeineffekt wieder besser abzulesen. Hier kommt die Abgabe der am Tag gespeicherten Wärmemenge deutlich zum Tragen. Waren in der Periode 1951 bis 1980 im Stadtzentrum durchschnittlich 30 Tage pro Jahr heiße Nächte (Lufttemperatur um 24Uhr mindestens 20°C), so waren es im locker bebauten Vorstadtgebiet nur 10 bis 15 Tage. In den Wienerwaldgebieten gab es kaum oder gar keine heißen Nächte.

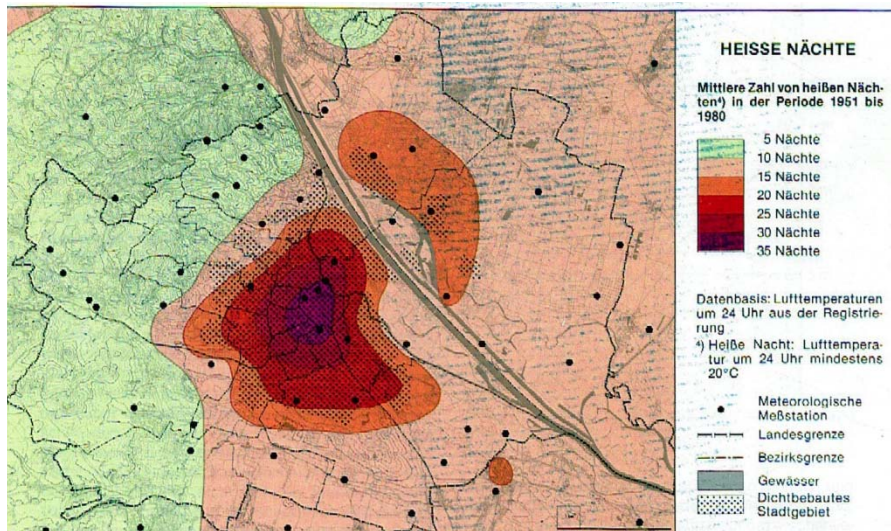


Abb. 26: Verteilung heiße Nächte im Raum Wien [29]

Bei beinahe allen Darstellungen ist der Effekt der städtischen Wärmeinsel gut zu erkennen. Klar ersichtlich ist auch die ausgleichende Wirkung der Donau.

4.3.3 Auswirkungen von Grünfläche und Gebäudebegrünungen:

Die kühlende Wirkung von großen Grünflächen ist an Hand des Wiener Waldes gut zu erkennen. Doch spielen auch kleiner Grünflächen wie Parkanlagen, Tiergärten, Alleen und sogar Gebäudebegrünungen eine wichtige Rolle für das Klima in der Stad [25,30].

Wien kann mit einem Grünflächenanteil von 48% (von der Gesamtfläche) als eine grüne Stadt bezeichnet werden. Doch gibt es erhebliche Unterschiede in der Verteilung der Grünflächen. Es ist eine deutliche Abnahme der Grünflächenanteile vom Stadtrand (bis zu 70% im 13.Bezirk) zu den inneren Bezirken (2% im 6. Und 8. Bezirk) ersichtlich [31].

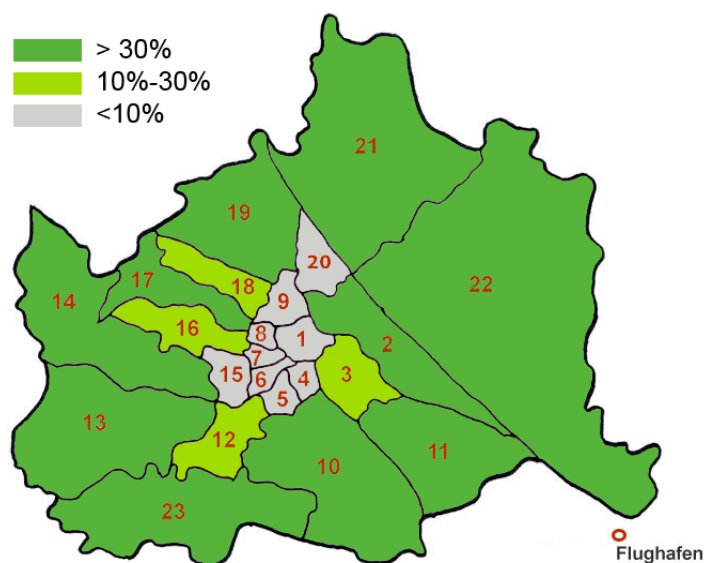


Abb. 27: Grünflächenanteile in Wien je Bezirk [31]

Dabei könnte gerade im Stadtzentrum der Wärmeinseleffekt durch den erhöhten Einsatz von Vegetation abgemindert werden. Pflanzungen, im Straßenraum (Alleen) und in Innenhöfen oder begrünte Flächen an Gebäuden (Gründach und Fassadenbegrünungen) hätten eine Vielzahl von positiven Auswirkungen auf das Stadtklima und auf das Wohlbefinden der Bewohner [30].

In der Abb. 28 sind verschiedene Albedos (Intensitätsverhältnis von Einstrahlung zu reflektierter Strahlung) für die unterschiedlichen Oberflächen einer Stadt abgebildet. Je niedriger der Albedo-Wert, desto mehr Sonnenstrahlung wird absorbiert und in Wärme umgewandelt [25].



Abb. 28: verschiedene Albedos in der Stadt [25]

Ein deutlicher Unterschied ist beim Tagesverlauf der Oberflächentemperaturen verschiedener Materialien von Flachdächern an einem strahlungsreichen Sommertag festzustellen (Abb. 29).

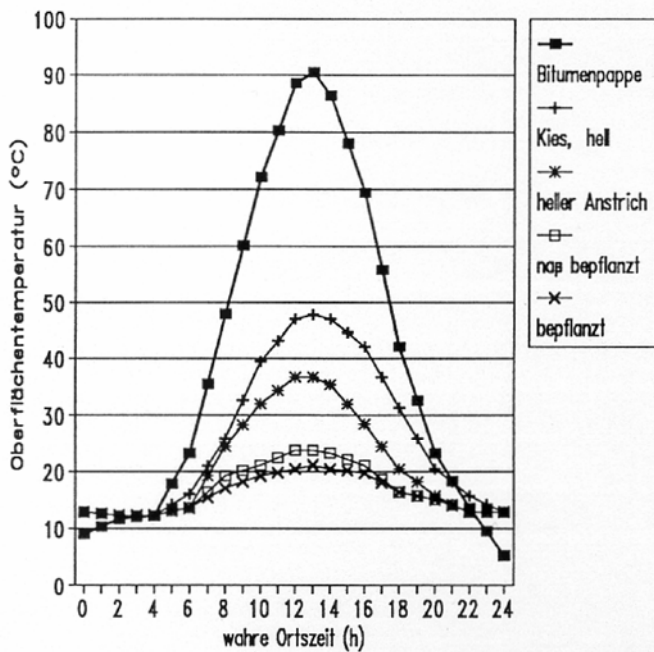


Abb. 29: Oberflächentemperaturen verschiedener Flachdachoberflächen [25]

Wie in Abb. 29 zu sehen ist, gibt es eine direkte Wirkung von begrünten Flächen auf den Tagesverlauf der Oberflächentemperatur. Es können aber keine direkten Rückschlüsse auf das Temperaturverhalten von Räumen gezogen werden, da dieses von vielen zusätzlichen Faktoren abhängt.

Auszugehen ist von positiven Auswirkungen von Begrünungen auf das Klima der Umgebung durch die Speicherung und Verdunstung von Wasser, durch die Reinigung der Luft von Feinstaub (Aerosol) und anderen Schadstoffen und die Verschattung von befestigten Oberflächen (Straßen, Fassaden, etc.)

5 Gebäude und Wohnungen in Österreich und Wien:

Der entscheidendste Faktor zur Bestimmung der thermischen Qualität eines Gebäudes an einem bestimmten Standort ist das Gebäude selbst. Es gibt große Unterschiede bei der Kompaktheit und der Bauweise je nach Bauperiode und Standort in Österreich.

So unterscheiden sich sogenannte Altbauten von Neubauten in ihrer Bauweise, Raumvolumen, Fensteranteil, Dichtheit und durch weitere Eigenschaften. Bei sogenannte Einfamilienhäuser und Großwohnbauten liegt der Unterschied insbesondere in ihre Kompaktheit.

Auch ergibt sich aus diesen Eigenschaften eine differenzierte „Sanierungsfreundlichkeit“, da unter anderem Kosten und Finanzierung wichtige Punkte bei der Sanierung darstellen und diese stark vom Sanierungsaufwand abhängen. Ein 60er Jahre Plattenbau ist normalerweise einfacher thermisch zu sanieren als ein Gründerzeitbau mit strukturierter Fassade.

Zur Klärung der Gebäudegruppe mit dem größten Sanierungspotential wird die Gebäude- und Wohnungsstruktur in Österreich und Wien im Zuge dieser Arbeit untersucht [32,33,34].

5.1 Altersstruktur Wohnungen:

Von den insgesamt 3.963.262 Wohnungen in Österreich wurden 32,2% (1.243.436) in der Bauperiode 1960-1980 errichtet. In Wien waren es 25,6% (233.054) von insgesamt 910.745. Damit stellt diese Periode österreichweit den größten und in Wien den zweitgrößten Teil des Wohnungsbestandes dar.

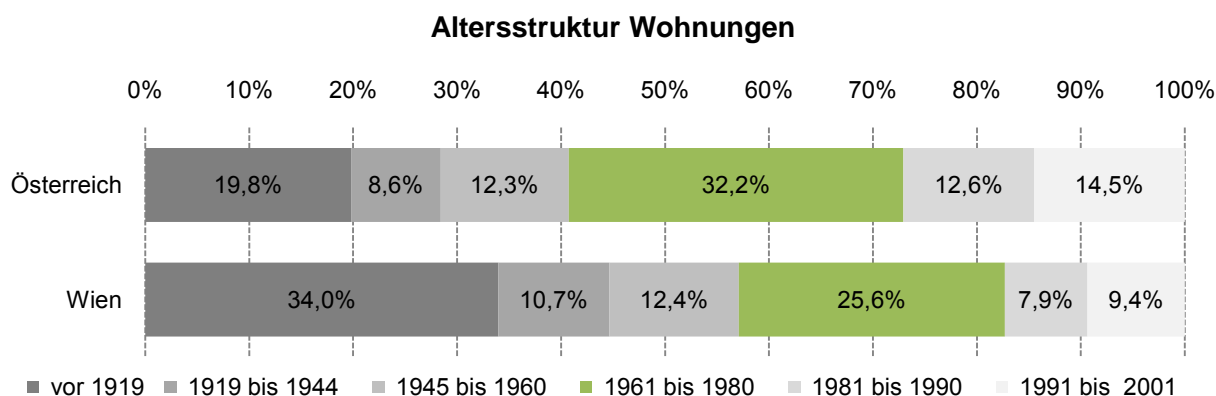


Abb 30: Altersstruktur Wohnungen Österreich, Wien [32,33]

5.2 Gebäude und Wohnungsstruktur:

Österreichweit ist das „Einfamilienhaus“ mit 76,1% (1.557.420) von 2.046.712 Gebäuden, die weitaus häufigste Gebäudeform. In Wien stellt es mit 48,9% (139.557) von 168.167 auch beinahe die Hälfte des Gebäudebestandes dar.

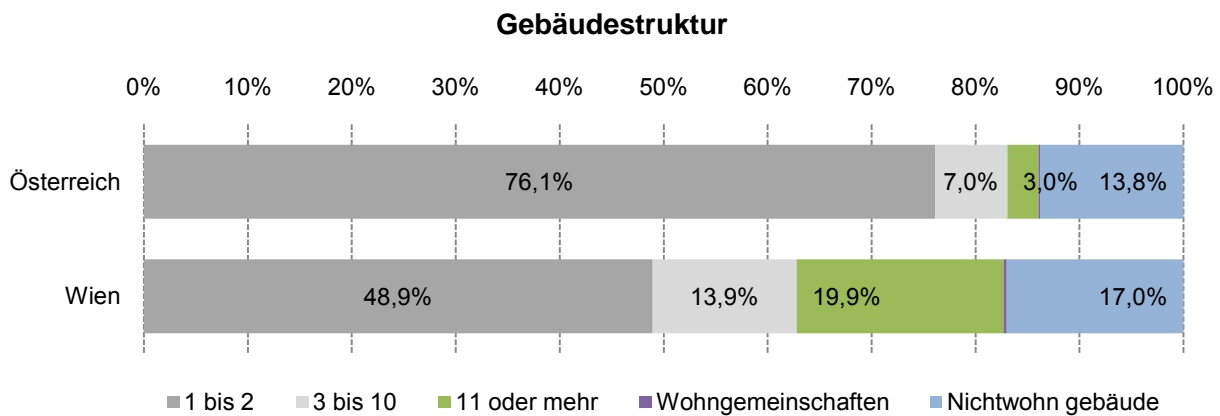


Abb. 31: Gebäudestruktur in Österreich, Wien [32,33]

Ein anderes Bild ergibt sich bei der Wohnungsstruktur. In Österreich (3.963.262) befinden sich 46,8% (1.809.380) der Wohnungen in „Einfamilienhäusern“ und 50,4% (1.926.366) in kompakteren Wohngebäuden. Wien weit (910.745) stellen Großwohnbauten mit 70,5% (642.094) den größten Anteil der Wohnungen in Wien.

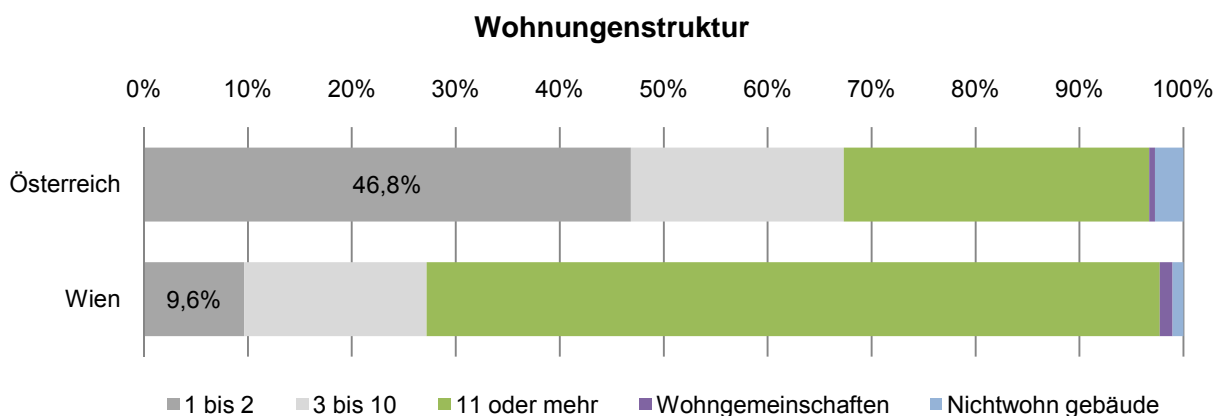


Abb. 32: Wohnungsstruktur in Österreich, Wien [32,33]

5.3 Entwicklung Wohnungszahl:

Betrachtet man das 20. Jahrhundert, so ergibt sich österreichweit eine deutliche Zunahme an „Einfamilienhäusern“. Der Anteil an Großwohnbauten (11 oder mehr Wohnungen) ist seit 1919 mit 22,3% - 26,3% relativ konstant. Eine Ausnahme bildet die Bauperiode von 1961 bis 1980. Hier liegt der Anteil mit 34,3% so hoch, wie in der Bauperiode vor 1919.

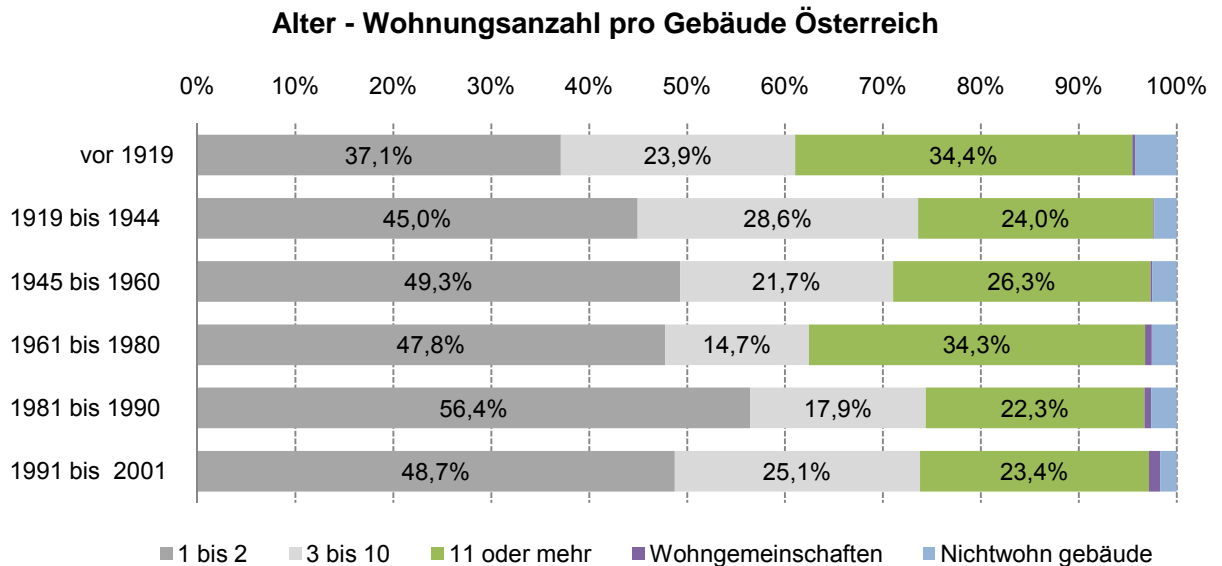


Abb. 33: Alter und Wohnungsanzahl pro Gebäude in Österreich [34]

Auch in Wien ist eine deutliche Zunahme von „Einfamilienhäusern“ auszumachen. Liegt der Anteil vor 1919 bei noch 2,6%, steigt er in der Zeit 1919-1944 auf 19,9% an. Nach dem 2. Weltkrieg bis 1980 entstehen vermehrt verdichtete Wohnbauten. Erst ab 1980 ist wieder ein deutlicher Anstieg an Einfamilienhäusern zu beobachten.

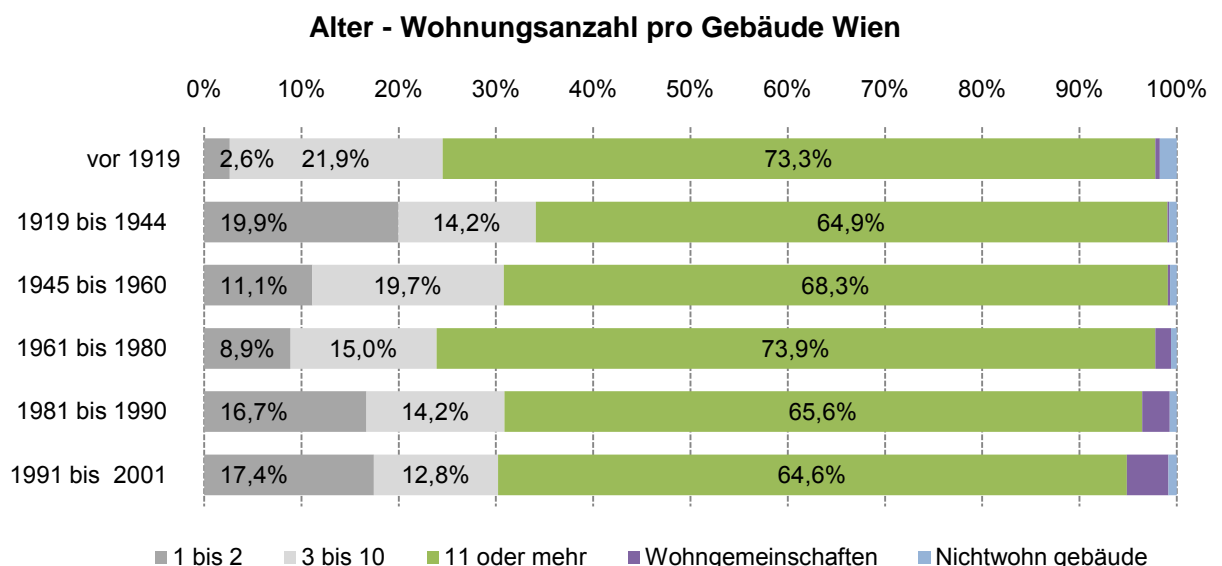


Abb. 34: Alter und Wohnungsanzahl pro Gebäude in Wien [34]

6 Rechtliche Rahmenbedingungen:

Neben den Eigenschaften der Gebäude spielen vor allem die rechtlichen Rahmenbedingungen eine entscheidende Rolle bei der „Sanierungsfreundlichkeit“. Für mehrgeschossige Wohnbauten der Jahre 1960 bis 1980 sind vor allem das Wohnrecht, die Bauordnung und die Förderbestimmungen wichtig.

Da das Wohnrecht in den Kompetenzbereich des Bundes, die Bauordnung und die Förderungen aber in den Bereich der Länder fallen, kommt es zu beträchtlichen Unterschieden bei den rechtlichen Rahmenbedingungen von thermischen Sanierungen in Österreich.

Die thermische energetische Sanierung, unter Wahrung der Wirtschaftlichkeit, wird im Wohnrecht tendenziell den Erhaltungsarbeiten und nicht den Verbesserungsarbeiten zugeschrieben. Dies führt theoretisch zu einer beträchtlichen Vereinfachung bei der Durchführ- und Finanzierbarkeit.

Differenzen ergeben sich auch durch die Unterscheidung von Miet-, Genossenschafts- und Wohnungseigentumsgebäuden.

Von der Energieverwaltungsagentur und der Grazer Energieagentur wurde im Oktober 2000 ein Bericht über die „Sanierungsfreundlichkeit“ verschiedener Wohntypen verfasst [35], auf welchen in diesem Kapitel näher eingegangen wird.

6.1 Genossenschaftswohnungen und Wohnungen gemeinnütziger Bauträger:

Refinanzierungsmöglichkeiten für Erhaltungsarbeiten im Wohnungsgemeinnützigkeitsgesetz (WGG):

- Erneuerungs- und Verbesserungsbeitrag (EVB I und II) zwischen $0,36\text{€}/\text{m}^2$ und $1,46\text{€}/\text{m}^2$ je Monat (2010) [36]
- Erhöhter EVB nach §14 WGG (durch Zustimmung aller Mieter oder durch Bescheid der Schlichtungsstelle) über längstens 10 Jahre
- Aufschlag zu den Betriebskosten durch eine „Contracting-Rate“

Die Finanzierungsmöglichkeiten des WGG werden als sehr sanierungsfreundlich beurteilt, da in der Praxis die finanziellen Mittel des Erneuerungs- und Verbesserungsbeitrag (EVB) für die Erhaltungsarbeiten und Arbeiten der thermischen Sanierung meist ausreichen.

Bei den Durchsetzungsmöglichkeiten der Mieter gibt es beträchtliche Hürden, da nur eine Mehrheit vor Gericht eine Durchführung von thermischen Sanierungsarbeiten beantragen kann. Durch die Eigeninitiative der Genossenschaften und gemeinnützigen Bauträger ist dieser Weg kaum von Belang.

6.2 Wohnungseigentum:

Finanzierungsmöglichkeiten für Erhaltungsarbeiten im Wohnungseigentumsgesetz (WEG):

- Ausschließlich aus den bestehenden oder zukünftigen Einnahmen des Rücklagenfonds

Diese Mittel reichen oft für Erhaltungsarbeiten oder sogar thermische Sanierungen nicht aus. Zum Zeitpunkt größerer Sanierungen müssten die Rücklagenzahlungen dann beträchtlich erhöht werden, was bei der Mehrheit der Eigentümer schwer durchzusetzen ist.

Durch das Anfechtungsrecht der überstimmten Minderheit gegenüber Beschlüssen der Mehrheit obliegt die Entscheidung für oder gegen Erhaltungsarbeiten dem Gericht. Dieses kann dem Beschluss nur zustimmen, wenn die vorhandenen Rücklagen die Arbeiten decken, die Kosten von der beschließenden Mehrheit getragen werden oder es sich um eine Verbesserung für alle Wohnungseigentümer handelt.

Insgesamt sind Möglichkeiten zur thermischen Sanierung im WEG als schwierig und unzureichend zu beschreiben.

6.3 Mietgebäude:

Finanzierungsmöglichkeiten für Erhaltungsarbeiten im Mietrechtsgesetz (MRG):

- Mietzinsreserven der letzten 10 Jahre
- Die zu erwartenden Mietzinsreserven der kommenden 10 Jahre (maximal)
- Erhöhung des Hauptmietzinses nach § 18 MRG durch die Schlichtungsstelle

Umfassende thermische Sanierungen sind ohne Mietzinserhöhung kaum möglich, was dazu führt, dass die Entscheidungen von der Rechtsauslegung der Schlichtungsstelle abhängig sind. Durch den Einwand, andere Erhaltungsarbeiten hätten Vorrang oder durch Unklarheiten bei der Berechnung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses, fällt die Entscheidung häufig zu Ungunsten von thermischen Sanierungen aus.

Erhaltungsarbeiten können laut MRG nur von der Mehrheit der Hauptmieter eingefordert werden. Wird dies vor Gericht beantragt, so entscheidet ein Sachverständiger über die Rentabilität der Maßnahme. In der Praxis ist dies aber kaum von Bedeutung.

Das MRG wird durch die schlechten Refinanzierungsmöglichkeiten als sanierungsunfreundlich eingestuft.

6.4 Eigentümerstruktur Wohnungen:

Mit Abstand den größten Anteil am Wohnungseigentum in Österreich (3.863.262) haben die Privatpersonen 70,7% (2.729.781). Auch in Wien (910.745) stellen sie mit 47,7% (434.316) die größte Gruppe dar [32,33,34].

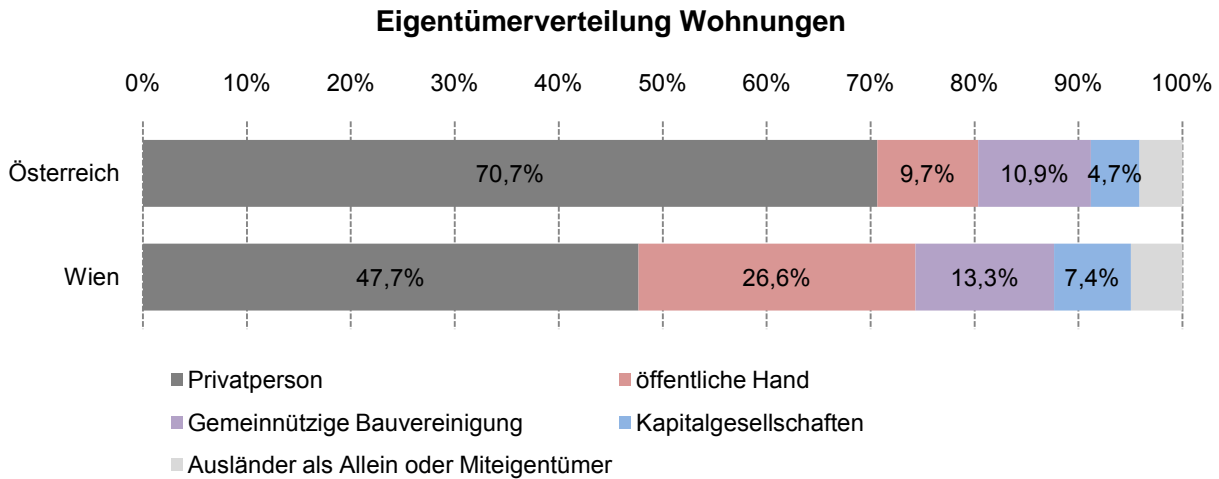


Abb 35: Eigentümerverteilung der Wohnungen in Österreich und Wien [34]

Einen sehr deutlichen Unterschied sieht man in der Benutzung von Wohnungen. Sind österreichweit (3.863.262) 38,8% (1.499.678) der Wohnungen vermietet und 50,1% (1.937.008) in Eigengebrauch, so werden in Wien (gesamt 910.745) 72,5% (660.331) der Wohnungen vermietet und nur 20,2% (183.827) werden durch den Eigentümer selbst genutzt.

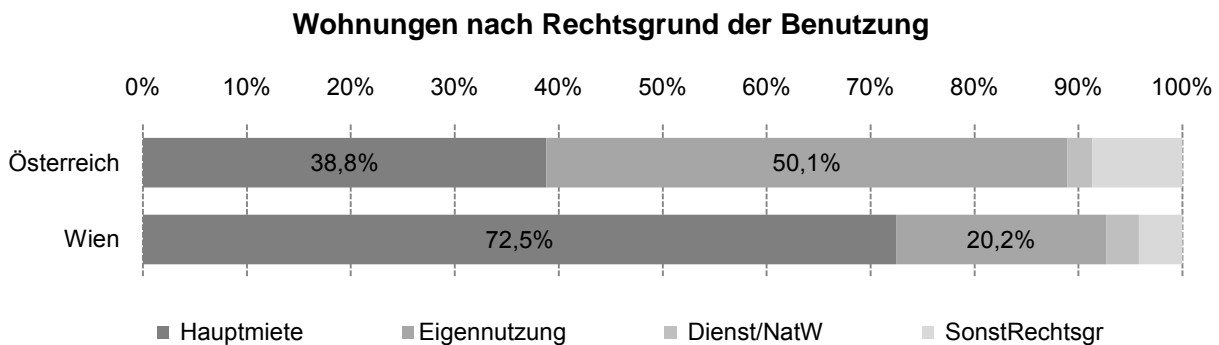


Abb. 36: Wohnungen nach Rechtsgrund der Benutzung in Österreich und Wien [34]

6.5 Quantität Sanierungen 1991-2001:

Wie man der folgenden Abb. 37 entnehmen kann, wurde in Österreich (3.863.262) zwischen 1991-2001, bei 18,0% (695.967) der Wohnungen eine Fassadensanierung durchgeführt. Bei 10,4% (402.059) ist dabei eine Wärmedämmung angebracht worden. Dies ergibt eine thermische Sanierungsrate von ca. 1% der Wohnungen in Österreich pro Jahr. Doch ist ein deutlicher Unterschied in der Sanierungsbereitschaft der verschiedenen Eigentümer zu sehen. So stellen Privatpersonen, mit 70,7% des Wohnungseigentums, die sanierungsunwilligste, inländische Gruppe dar [25,26,27].

Sanierungen Österreich nach Eigentümern 1991-2001

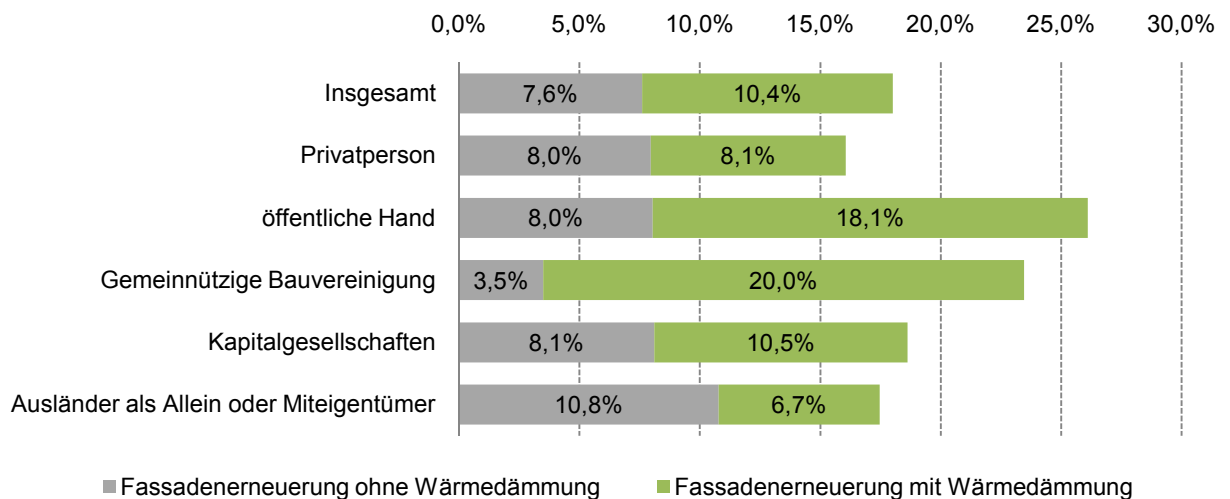


Abb. 37: Fassadensanierungen Wohnungen nach Eigentümern in Österreich 1991-2000 [34]

Überraschenderweise liegt Wien (gesamt 910.745 Wohnungen) mit einer thermischen Sanierungsquote von 9,2% (84.043 Wohnungen) unter dem österreichischen Durchschnitt. Nur die Wohnungen im Eigentum der „öffentlichen Hand“ erreichen einen ähnlichen Anteil (17,8%) an thermischen Sanierungen wie in Österreich (18,1%). Alle anderen Eigentümer scheinen in Wien erheblich sanierungsunwilliger zu sein.

Sanierungen Wien nach Eigentümern 1991-2001

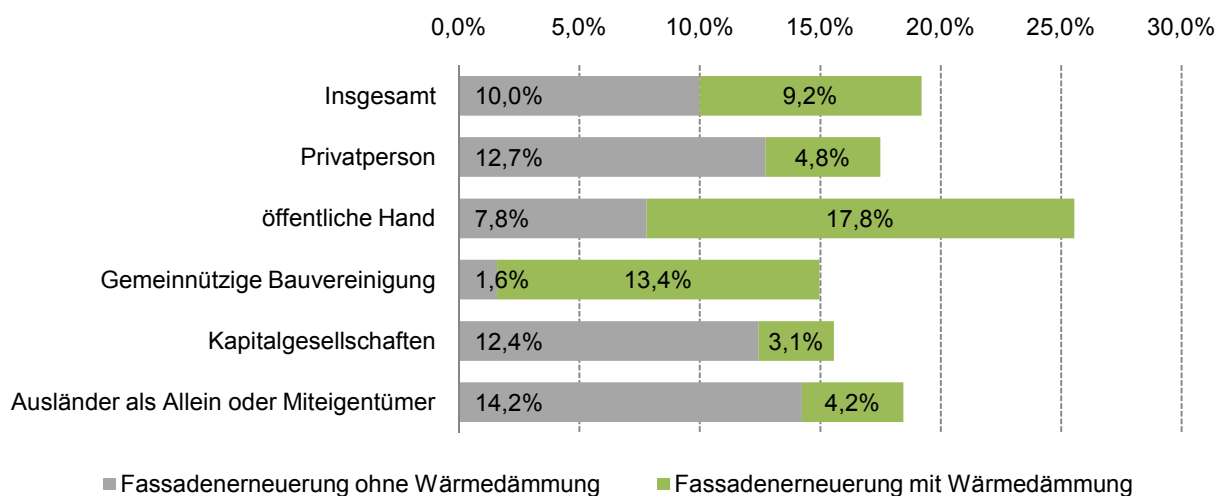


Abb. 38: Fassadensanierungen Wohnungen nach Eigentümern in Wien 1991-2000 [34]

6.6 Qualität Sanierungen 1999-2009 Wien (THEWOSAN):

In Wien wurden 1999-2009 bei 1238 Wohngebäuden (97263 Wohneinheiten) eine thermisch-energetische Wohnhaussanierung (THEWOSAN) durchgeführt oder zumindest ein positiver Vorbericht zur Sanierung durch den „Wohnfonds Wien“ ausgestellt (Daten von Wohnfond Wien im Februar 2010 zur Verfügung gestellt). Die thermisch sanierten Gebäude weisen eine durchschnittliche charakteristische Länge (l_c) von 2,78m auf. Der HWB sank im Durchschnitt um 59,7%. Es ist eine deutliche Verbesserung des HWB-Wertes über die Jahre zu verzeichnen.

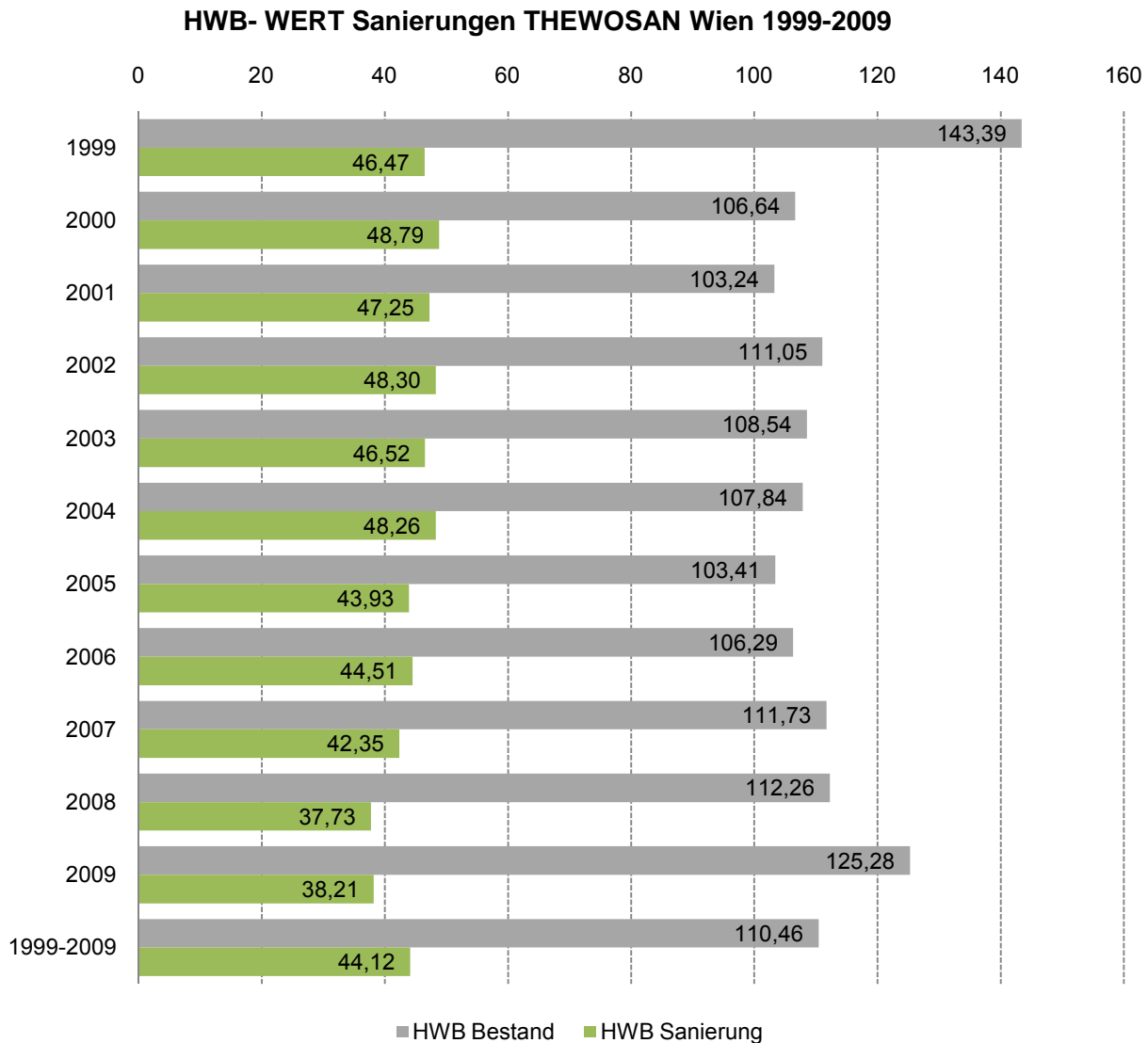


Abb. 39: Änderung HWB-Werte bei Sanierungen (THEWOSAN)

7 Berechnungsverfahren:

7.1 Winter:

Zur Bestimmung der Qualität eines Gebäudes während der Heizsaison wird laut Ö-Norm B8110-1 und laut OIB Richtlinie 6 der Brutto-Grundflächen bezogene spezifische jährliche Heizwärmebedarf HWB_{BGF} [kWh/m²a] herangezogen. Den Grenzwert gibt der $HWB_{BGF,WG,max,Ref}$ (Gebäudegeometrie abhängiger HWB_{BGF}) an, wobei die Gebäudegeometrie durch die charakteristische Länge l_c beschrieben wird.

Grenzwerte für Neubau Wohngebäude laut OIB Richtlinie 6:

ab Inkrafttreten bis 31.12.2009	$HWB_{BGF,WG,max,Ref} = 26 * (1 + 2,0/l_c)$ [kWh/m ² a]	Höchstens jedoch 78,0 [kWh/m ² a]
ab 1.1.2010	$HWB_{BGF,WG,max,Ref} = 19 * (1 + 2,5/l_c)$ [kWh/m ² a]	Höchstens jedoch 66,5 [kWh/m ² a]

Tabelle 9: Grenzwerte $HWB_{BGF,WG,max,Ref}$ Neubau Wohngebäude [13]

Grenzwerte für die Sanierung von Wohngebäude laut OIB Richtlinie 6:

ab Inkrafttreten bis 31.12.2009	$HWB_{BGF,WGsan,max,Ref} = 34,0 * (1 + 2,0/l_c)$ [kWh/m ² a]	Höchstens jedoch 102,0 [kWh/m ² a]
ab 1.1.2010	$HWB_{BGF,WGsan,max,Ref} = 25,0 * (1 + 2,5/l_c)$ [kWh/m ² a]	Höchstens jedoch 87,5 [kWh/m ² a]

Tabelle 10: Grenzwerte $HWB_{BGF,WG,max,Ref}$ Sanierung Wohngebäude [13]

Bei thermisch energetischen Sanierungen in Wien ergeben sich zusätzliche Grenzwerte in Abhängigkeit von der Förderhöhe. Hierbei wird zur Klassifizierung der HWB_{BGF} für Niedrigenergiegebäude (NEG) [= $17 * (1 + 2,5/l_c)$] herangezogen [37].

§ 5 (4) VO	Beitrag* pro m ² NFI:	Landesdarlehen* pro m ² NFI:	Relation zu Standard NEG:
lit. a	€ 50,00	---	bis zum 31.12.2009 ≤ 1,5-fach **) ab dem 01.01.2010 ≤ 1,3-fach **)
lit. b	€ 70,00	€ 70,00	bis zum 31.12.2009 ≤ 1,25-fach **) ab dem 01.01.2010 ≤ 1,15-fach **)
lit. c	€ 100,00	€ 100,00	≤ 1,0-fach **)
lit. d	€ 130,00	€ 260,00	≤ 0,8-fach **)
lit. e	€ 160,00	€ 320,00	≤ 0,6-fach **)
lit. f	+ € 60,00	---	zusätzlich bei Erreichen des Passivhausstandards

*) Die Summe der nicht rückzahlbaren Beiträge ist mit 1/3, die Summe des Landesdarlehen mit 1/3 (lit. b und lit. c) bzw. 2/3 (lit. d und lit. e) der förderbaren Gesamtbaukosten begrenzt.

***) Anmerkung: Lt. Bautechnikverordnung sind die U-Werte der OIB-Richtlinie 6 einzuhalten

Tabelle 11: Förderstufen THEWOSAN in Relation zu NEG Standard [37]

Der HWB_{BGF} wird in dieser Arbeit mit Hilfe des Simulationsprogrammes WAEBED berechnet.

7.2 Sommer:

Der Wärmeschutz im Hochbau wird in der Ö-Norm B8110-3 geregelt. Überwärmung gilt als vermieden, wenn die empfundene Temperatur eines Raumes während der Nutzung (Tag 27°C, Nacht 25°C), nicht überschreitet.

Als Nachweis kommen zwei Verfahren in Betracht, die in dieser Arbeit mit dem Simulationsprogramm Geba berechnet werden.

7.2.1 Nachweis über den Tagesverlauf der Raumtemperatur:

Hierbei kommt ein Simulationsprogramm zum Einsatz, durch das der Verlauf der empfundenen Raumtemperatur über 24h beschrieben wird. Die Außentemperatur am Standort ist definiert durch die Überschreitungswahrscheinlichkeit an 130 Tagen in 10 Jahren und einer Tagesamplitude von $\pm 7^\circ\text{K}$.

7.2.2 Nachweis über die mindesterforderliche speicherwirksame Masse:

Der Nachweis über die mindesterforderliche speicherwirksame Masse gilt als erfüllt, wenn die in der Tabelle 12 bzw. Tabelle 2 der Ö-Norm B8110-3 mindesterforderliche immissionsbezogene speicherwirksame Masse in Abhängigkeit vom immissionsbezogenen stündlichen Luftvolumenstrom eingehalten wird.

Immissionsflächenbezogener stündlicher Luftvolumenstrom $V_{L,s}$ in $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$	Immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse $m_{w,i}$ ²⁾ in kg/m^2
≥ 100	$\geq 2\,000$
75	$\geq 4\,000$
50 ¹⁾	$\geq 8\,000$

¹⁾ Immissionsbezogene Luftvolumenströme von weniger als $50 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ führen zu einem hohen Überwärmungsrisiko und sind daher grundsätzlich zu vermeiden.
²⁾ im Bedarfsfall zu interpolieren

Tabelle 12: Grenzwerte Nachweis über die mindesterforderliche speicherwirksame Masse (Ö-Norm B8110-3) [12.3]

8 Annahmen Berechnungsmodell:

8.1 Standort des Gebäudes:

Der Standort des Gebäudes ist Wien Floridsdorf mit den Koordinaten: Längengrad 48°16', Breitengrad 16°24' und einer Seehöhe von 160m (über der Adria). Daraus ergibt sich eine mittlere Tagesaußenlufttemperatur von 25,0°C (laut ZAMG, Datenbasis 1978-2007), mit einer Schwankung von 14°C (laut Ö Norm 8110-3) ergibt. Laut Ö-Norm B8110-3 dürfte mit einer Tagesmitteltemperatur von 23°C gerechnet werden, wenn die Daten für den Standort nicht zur Verfügung stehen.

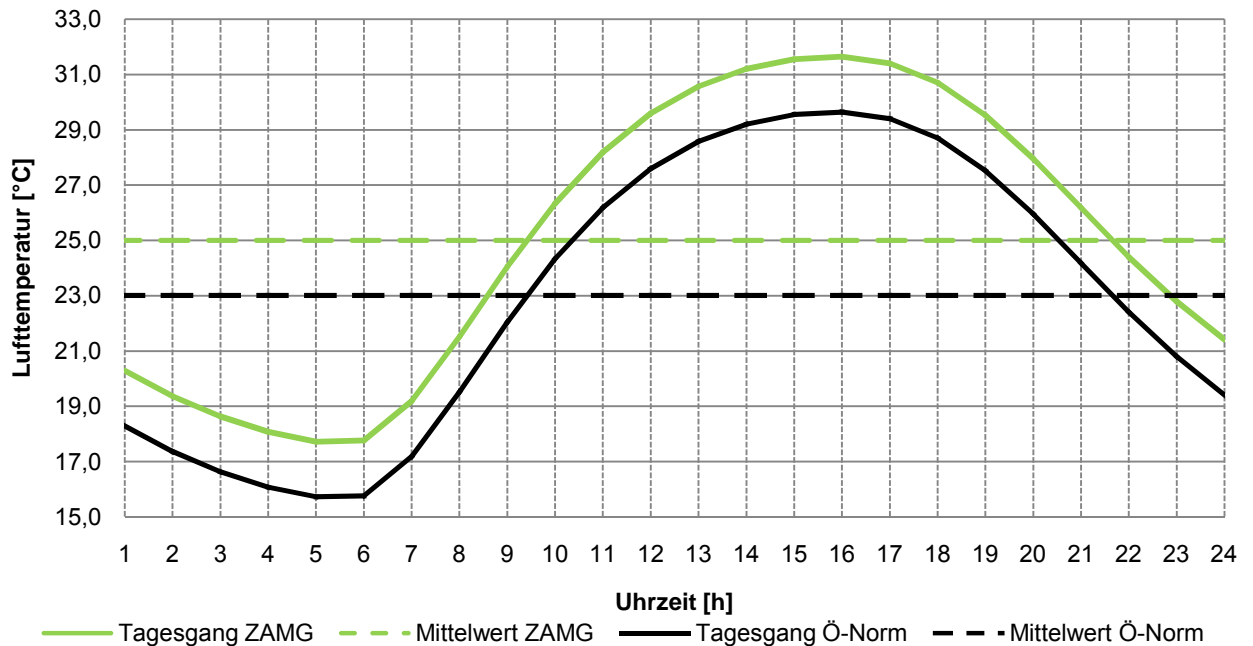


Abb. 40: Tagesgang der Außenlufttemperatur

8.2 Orientierung:

Für die Berechnungen des Bestands werden die vier Haupthimmelsrichtungen untersucht.

Dabei ergeben sich für den Standort Floridsdorf unter folgenden Annahmen:

- Berechnungstag 15. Juli
- Flächenelemente feststehend
- Wandelemente senkrecht, Dach waagrecht
- Trübungs faktor (nach Linke): 4,5
- Diffusstrahlungsfaktor (nach Reitz): 0,333
- Reflektionszahl der Umgebung (Albedo): 0,2

folgende Summen der Bestrahlungsstärken der Globalstrahlung:

- Wandelement Ost 4229,3 Wh/m²
- Wandelement Süd 3759,8 Wh/m²
- Wandelement West 4229,3 Wh/m²
- Wandelement Nord 2040,6 Wh/m²
- Flachdach (Zenit) 7731,2 Wh/m²

und folgender Tagesverlauf der Bestrahlungsstärken (Berechnung durch SolRad3, Version 3.1.127):

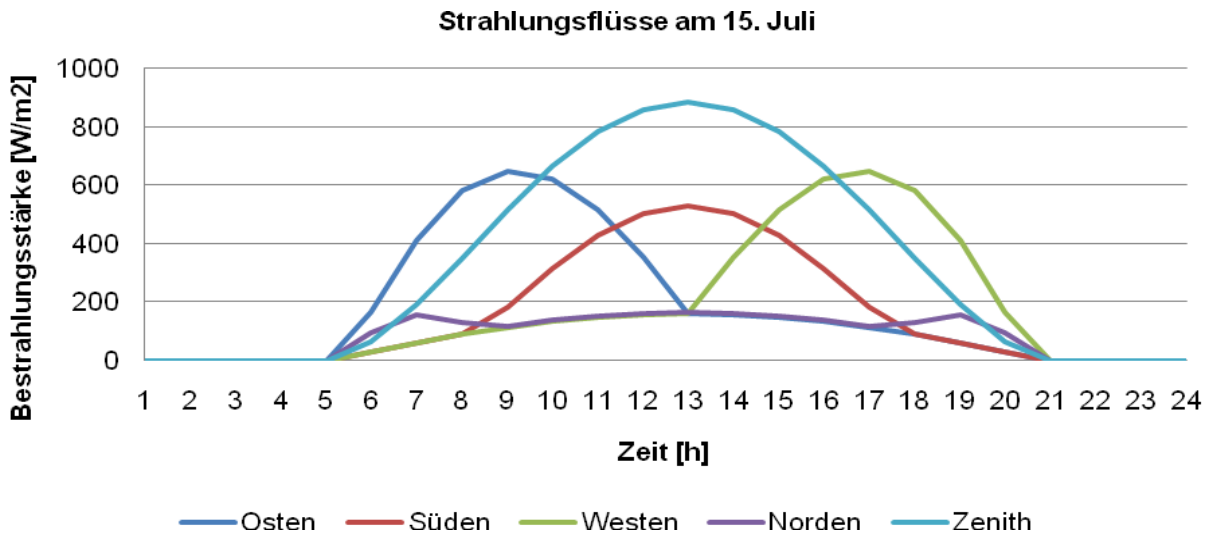


Abb. 41: Berechnete Strahlungsflüsse am 15. Juli in Floridsdorf (Wien)

8.3 Gebäude:

Untersucht wird ein fiktives, 6 geschossiges Wohngebäude der Bauperiode 1960-1980 ohne Loggia oder Balkon [38,39,40,41].

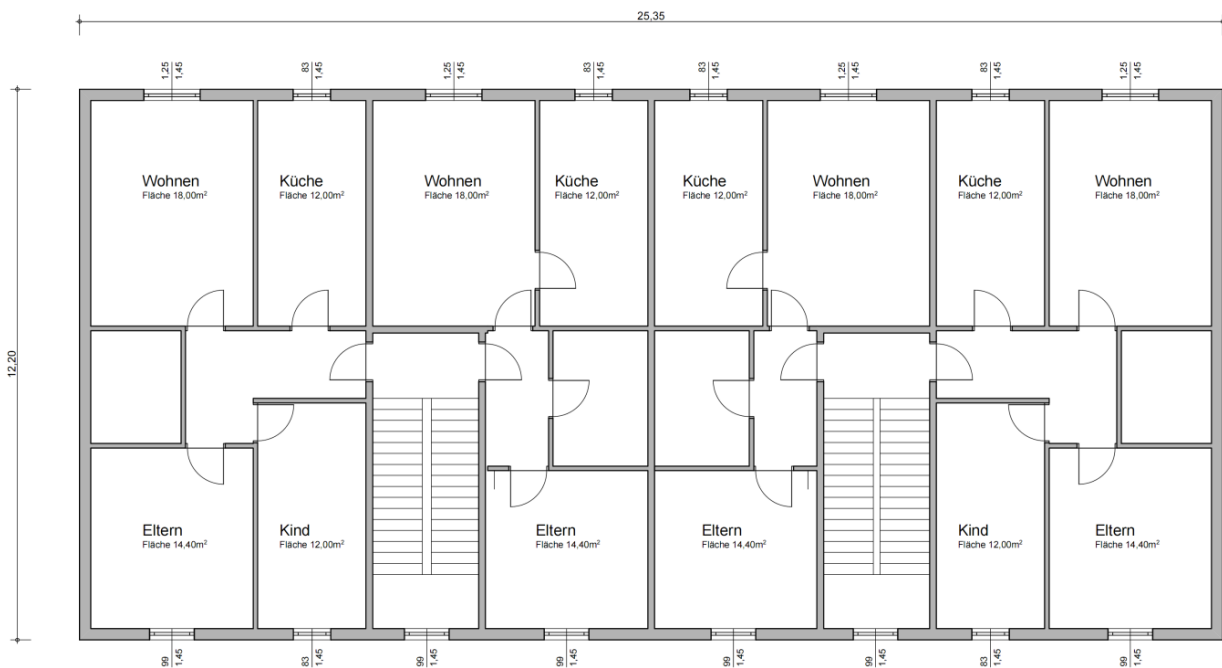


Abb. 42: Grundriss berechnetes Gebäude

- Gebäudelänge 25,35m
- Gebäudebreite 12,20m
- Geschoßfläche 309,27m²
- Bruttogebäudefläche 1855,62m²
- Gebäudevolumen 5288,52m³
- Hüllfläche 1902,80m²
- charakteristische Länge 2,78m

8.4 Bauweise:

Von der Bauperiode ausgehend ergeben sich drei unterschiedliche Massivbauweisen, welche bevorzugt bei größeren Wohnprojekten zur Ausführung kamen. Da die Leichtbauweise eine sehr untergeordnete Rolle spielte, wird auf dieses Thema in dieser Arbeit nicht weiter eingegangen. Als Mindeststandard für die Bauteile wurde, wenn nicht aus der Literatur ersichtlich [42,43,44,45,46,47,48,49,50,51], der damals geltende U-Wert aus Normen [52,53,54,55,56] oder Bauordnungen [57] entnommen.

U-Werte W/m ² K	Ö-Norm B8110_52	Ö-Norm B8110_59	BO Wien vor 1976	BO Wien Nov 1976	Ö-Norm B8110_78	LG 1980	Ö-Norm B8110_83	OIB 6 2007
Außenwand	1,41	1,41	1,41	0,89	1,41	0,70	0,70	0,35
Fenster						2,50	2,50	1,40
Oberste Geschossdecke	0,78	0,78	1,41	0,73	0,78	0,30	0,30	0,20
Flachdach	0,84	0,84	1,41	0,73	0,84	0,30	0,30	0,20
Trennwände gegen unbeheizt	1,37	1,37		1,52	1,37	0,90	0,90	0,35
Trennwände gegen beheizt	1,99	1,99			1,99		0,90	0,90
Zwischendecke Wohnungen	1,37	1,37			1,37		0,90	0,90
Kellerdecke	0,98	0,98		0,85	0,98	0,60	0,60	0,40

Tabelle 13: Grenzwerte U-Wert verschiedener Epochen in Österreich

8.4.1 Sandwichbeton Fertigteile:

- Außenwand: 12+8cm Stahlbeton + 5 cm Kerndämmung U-Wert 0,72 W/m²K
- Flachdach: 14cm Stahlbeton + Dachaufbau (4cm Wädä) U-Wert 0,65 W/m²K
- Wohnungstrennwand : 15cm Stahlbeton U-Wert 3,07 W/m²K
- Innendecke: 14cm Stahlbeton + Fußbodenaufbau U-Wert 2,34 W/m²K
- Innenwand: 7cm Stahlbeton

8.4.2 Spanbetonmantelsteine:

- Außenwand: 12cm Kiesbetonkern + 2*4cm Holzspanbeton U-Wert 1,19 W/m²K
- Flachdach: 14cm Stahlbeton + Dachaufbau (4cm Wädä) U-Wert 0,65 W/m²K
- Wohnungstrennwand : 9cm Kiesbetonkern + 2*3cm Holzspanbeton U-Wert 1,19 W/m²K
- Innendecke: 14cm Stahlbeton + Fußbodenaufbau U-Wert 0,96 W/m²K
- Innenwand: 5cm Holzspanbetonwand verputzt

8.4.3 Hochlochziegel:

- Außenwand: 25cm Hochlochziegel verputzt U-Wert 1,60 W/m²K
- Flachdach: 20cm Ziegeldecke + Dachaufbau (4cm Wädä) U-Wert 0,80 W/m²K
- Wohnungstrennwand: 25cm Hochlochziegel verputzt U-Wert 1,36 W/m²K
- Innendecke: 20cm Ziegeldecke + Fußbodenaufbau U-Wert 0,81 W/m²K
- Innenwand: 7cm Ziegel verputzt

Zur Berechnung des HWB-Wertes des Bestandes wird für die Kellerdecke ein U-Wert von 0,98 W/m²K angenommen.

Der genaue Aufbau der bestehenden Gebäudeteile ist im Anhang ersichtlich.

8.5 Sanierung Außenhülle:

Bei der Sanierung der opaken Hülle werden vier verschiedene Aufbauvarianten untersucht.

Der genaue Aufbau der sanierten Gebäudeteile ist im Anhang ersichtlich.

8.5.1 Sanierungsvariante 1:

Die Sanierungsvariante 1 ist der Mindeststandard, bei welchem die U-Werte durch die OIB Richtlinie 6 (2007) vorgegeben sind.

- Außenwand: Bestand + 8 bis 10 cm EPSF U-Wert 0,35 W/m²K
- Flachdach: Bestand + 12 cm XPS U-Wert 0,20 W/m²K

8.5.2 Sanierungsvariante 2:

Bei der Sanierungsvariante 2 entsprechen die U-Werte der Sanierungsvariante 1, doch wird die Außenwand als hinterlüftete Fassade (5cm stehende Luftschicht) gerechnet.

8.5.3 Sanierungsvariante 3:

Die Sanierungsvariante 3 unterscheidet sich von der Sanierungsvariante 1 durch eine erhöhte Dämmstoffstärke der Außenwand.

- Außenwand: Bestand + 16 bis 18 cm EPSF U-Wert 0,20 W/m²K

8.5.4 Sanierungsvariante 5:

Bei der Sanierungsvariante 5 entsprechen die U-Werte der Sanierungsvariante 1, doch wird die äußere Hülle als voll verschattet (Oberflächentemperatur entspricht Außenlufttemperatur) gerechnet.

Diese Variante dient der Einschätzung einer voll verschatteten Fassade durch Blattwerk. Sie stellt die Obergrenze der positiven Auswirkungen einer begrünten Fassade dar. Es ist aber davon auszugehen, dass die angenommenen Verschattungswerte durch eine Fassadenbegrünung nur zum Teil erreicht werden können.

8.6 Fenster:

8.6.1 Rahmen:

Bestand: Holzrahmen U-Wert 1,44 W/m²K (Kat Nr. 5.104.02) [58]

Sanierung: Holzrahmen U-Wert 1,44 W/m²K (Kat Nr. 5.104.02) [58]

8.6.2 Verglasung:

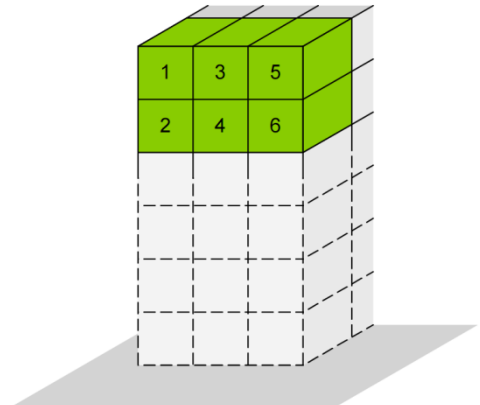
Bestand: Zweischeiben-Isolierglas (6-12-6) U-Wert 3,06 W/m²K, Ts 0,65 ,g 0,71 [58]

Sanierung: Zweischeiben-Wärmeschutzglas (4-12-4, Kr) U-Wert 1,10 W/m²K, Ts 0,49 ,g 0,62 [58]

8.7 Lage der Wohnungen im Gebäude:

Es werden nur Zimmer in den obersten beiden Stockwerken untersucht, um den Einfluss der Verschattung durch Nachbargebäude, Bäume, usw. auszuschließen. Auch ist davon auszugehen, dass der Keller sich temperaturmindernd auf Wohnungen im Erdgeschoss auswirkt.

Die sechs verschiedenen Raumlagen im Gebäude, unterscheiden sich durch ihre Orientierung und ihre Hüllfläche. Die geraden Ziffern stellen Räume im vorletzten Geschoss dar, die ungeraden die Lage im Dachgeschoß mit der zusätzlichen Außenfläche des Daches.



Die Räume 1 und 2 bzw. 5 und 6 sind Räume an den Ecken des Gebäudes und unterscheiden sich in ihrer Kombination der Außenwandorientierungen (Bsp. 1 Süd – West, 5 Süd -Ost). Die Räume 3 und 4 liegen im Gebäudeverband und haben somit den geringeren Fassadenanteil.

Abb. 43: Lage der Wohnungen im Gebäude

8.8 Nutzung der Zimmer:

Untersucht werden zwei Schlafzimmer mit unterschiedlicher Personenbelegung. Während der Nacht wird für je eine erwachsene Person oder für zwei Kinder ein Wärmegewinn von 81W/h [1] gerechnet. Am Tag bleibt der Raum ungenutzt und interne Wärmegewinne durch Geräte werden nicht berücksichtigt. Insbesondere bei einem Kinderzimmer, in dem zumeist viele elektrische Geräte (Computer, Fernsehapparat, etc.) vorhanden sind und der Raum auch während des Tages genutzt wird, sind die Annahmen der Wärmegewinne durch interne Wärmequellen bei den Berechnungen als eher zu gering einzustufen.

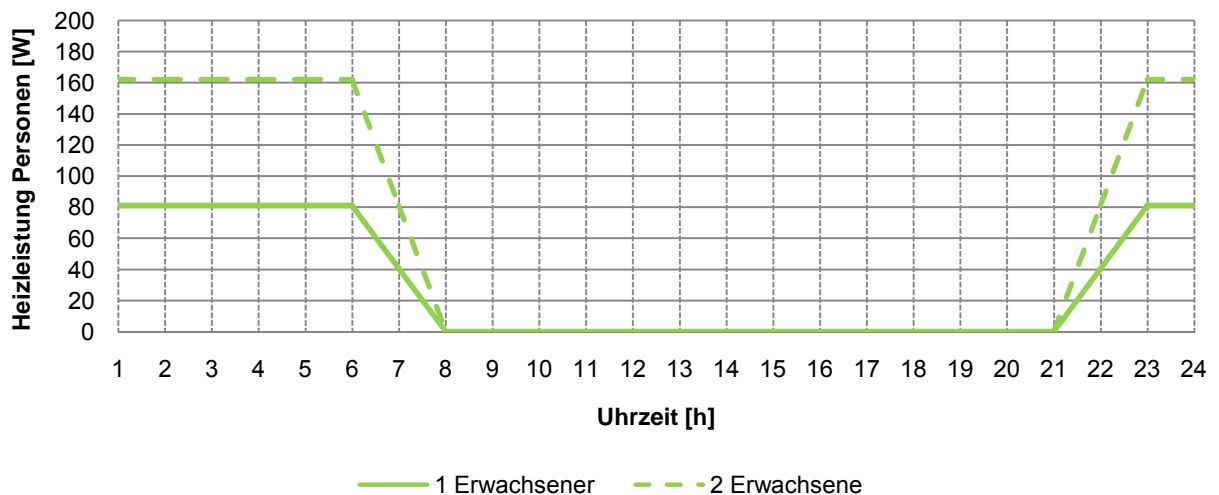


Abb. 44: Tagesgang der Nutzung der Wohnung durch Personen (Heizleistung)

8.9 Größe der Zimmer:

Resultierend aus der Personenbelegung und einem Achsenraster von 2,40m bzw. 3,60m ergeben sich zwei Zimmergrößen mit 12,00m² (klein) und 14,40m² (groß) [38,39,40,41].

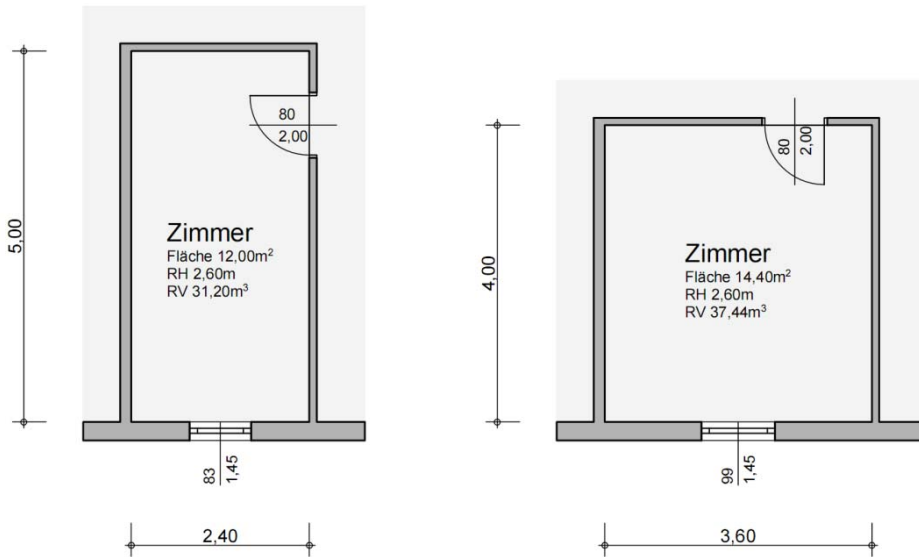


Abb. 45: Grundrisse Zimmer 12,00m² und 14,40m²

8.10 Fassadenaufteilungen, Fensterflächen:

Bei der Fensterfläche werden zwei unterschiedliche Fenstergrößen angenommen

Von 1929 bis 2005 sieht die Bauordnung für Wien eine Mindestfensterfläche von 10% der Bodenfläche vor [59,60]. Diese werden im weiteren Verlauf der Arbeit als kleine Fenster bezeichnet.

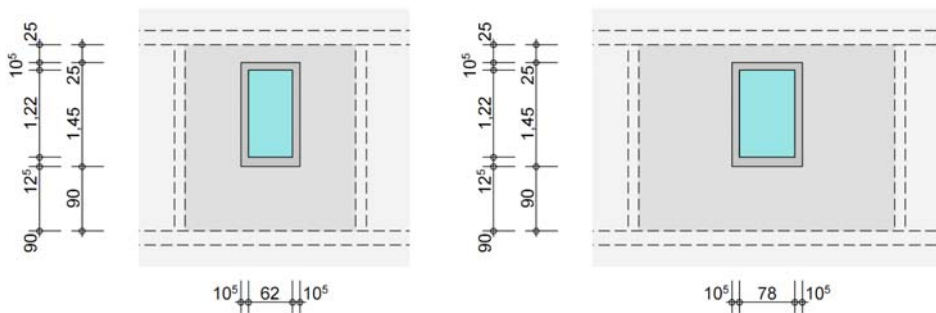


Abb. 46: Ansicht Fassade Fenster klein

In der Praxis wurden oft sogenannte Fensterbänder verwendet, welche sich über die gesamte Raumbreite erstrecken und in dieser Arbeit als große Fenster bezeichnet werden.

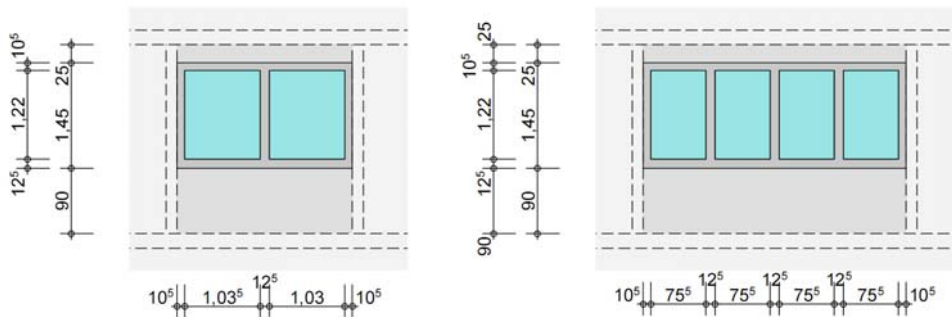


Abb. 47: Ansicht Fassade Fenster groß

Fassadenflächen	Zimmer 12,00m ² (klein)				Zimmer 14,40m ² (groß)			
	Fenster klein		Fenster groß		Fenster klein		Fenster groß	
Fläche	[%]	[m ²]	[%]	[m ²]	[%]	[m ²]	[%]	[m ²]
Hüllfläche außen	100,0	6,24	100,0	6,24	100,0	9,36	100,0	9,36
Außenwand	80,8	5,04	44,2	2,76	48,0	7,92	48,0	4,14
Fensterfläche	19,2	1,20	55,8	3,48	52,0	1,44	52,0	5,22
Glasfläche	12,2	0,76	40,5	2,53	33,0	0,95	33,0	3,68
Rahmenfläche	7,4	0,46	15,2	0,95	19,0	0,48	19,0	1,54
% Fensterfläche zu Bodenfläche	10,00		29,00		10,00		36,25	

Tabelle 14: Aufteilung Fassadenfläche

8.11 Fassadenfarbe:

Es wird mit drei unterschiedlichen Absorptionsgraden α der Oberfläche der opaken Fassade bei den Bestandsvarianten gerechnet [44].

- Hell $\alpha = 0,50$
- Mittel $\alpha = 0,70$
- Dunkel $\alpha = 0,90$

Auf Grund der Ergebnisse der Bestandsvarianten und der geringen Vorkommnisse in der Realität wird bei der Berechnung der Sanierungsvarianten auf die dunkle Fassadenoberfläche ($\alpha = 0,90$) gänzlich verzichtet. Der mittlere Absorptionsgrad ($\alpha = 0,70$) wird nur bei der Sanierungsvariante 1 berücksichtigt und zu Temperaturänderungsvergleichen herangezogen.

8.12 Verschattung:

Es werden zwei Arten der Verschattung berücksichtigt.

8.12.1 Leistenverschattung:

Leistenverschattung wird als Schatten bezeichnet welcher durch die Leibung und den Sturz auf die Außenseite des Glases fällt [44]. Die Tiefe der Leistenverschattung ist abhängig von der Lage des Fensters in der Außenwand, welche je nach Aufbau variiert wird.

[cm]	Beton	Holzspanbeton	Ziegel
Bestand	10,0	10,0	10,0
San 1+5	16,5	11,0	13,0
San 2	16,5	11,0	13,0
San 3	16,5	20,0	20,0

Tabelle 15: Tiefe Leistenverschattung nach Bauweise und Sanierung

8.12.2 Verschattung durch Sonnenschutz:

Berücksichtigt werden, bei den Bestandsvarianten, drei Varianten der Verschattung durch eine Sonnenschutzvorrichtung mit dem Abminderungsfaktor (z) laut Ö-Norm B8110-3 Tabelle 7.

- z = 1,00 kein Sonnenschutz
- z = 0,75 innenliegender Sonnenschutz
- z = 0,30 außenliegender Sonnenschutz

Die Variante ohne Verschattungseinrichtungen wird bei der Sanierung nicht mehr berücksichtigt, da davon ausgegangen wird, dass es für jeden Bewohner möglich ist zumindest einen innenliegenden Sonnenschutz anzubringen.

8.13 Luftwechsel:

Ein Luftvolumenstrom kann durch natürliche oder mechanische Lüftung entstehen.

Den Idealfall stellt die erhöhte nächtliche Lüftung dar, bei welcher gelüftet wird, wenn die Außentemperatur unter der Raumtemperatur liegt. Dies wird bei der zweiten Lüftungsvariante berücksichtigt. Zu Problemen kommt es, wenn das Öffnen der Fenster auf Grund von Lärm, Geruch, Einbruchgefahr, Sturm, etc. nicht möglich ist. Bei der Verwendung von mechanischen Lüftungen in Schlafräumen ist auf die Eigenlärmentwicklung der Geräte zu achten, da mit erhöhter Luftmenge der Schalldruckpegel übermäßig ansteigt. Zum Beispiel erreichen nachträglich eingebaute Wandlüfter bei einem Schalldruckpegel von ca. 30dB einen Luftvolumenstrom von nur 30-50m³/h [61]. Die Luftwechselzahl bzw. Luftwechselrate (LWZ) beträgt bei einem Raumvolumen von 30m³ 1,0/h-1,7/h. Zudem wird die zugeführte kühlere Außenluft durch die Abwärme des Gerätes erwärmt.

Die erste Variante der Lüftung ergibt sich aus der Ö-Norm B 8110-3, Tabelle 3, in welcher für Räume mit einseitiger Öffnungsmöglichkeit eine maximale Luftwechselrate von 1,5/h, über 24h angegeben wird. Diese Variante wird in dieser Arbeit als konstante Lüftung bezeichnet.

Die zweite Variante wird durch die Berechnung der Luftwechselzahl laut EN ISO 13791 [62] abgeschätzt. Hierbei wird die Luftwechselrate über die Temperaturdifferenz (innen – außen) und der Fläche der Öffnung berechnet, was zu einer LWZ von ca.5/h während der Nachtstunden führt. Am Tag wird ein Luftwechsel von 0,2 berücksichtigt. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird dies als Variante mit erhöhter Nachtlüftung bezeichnet.

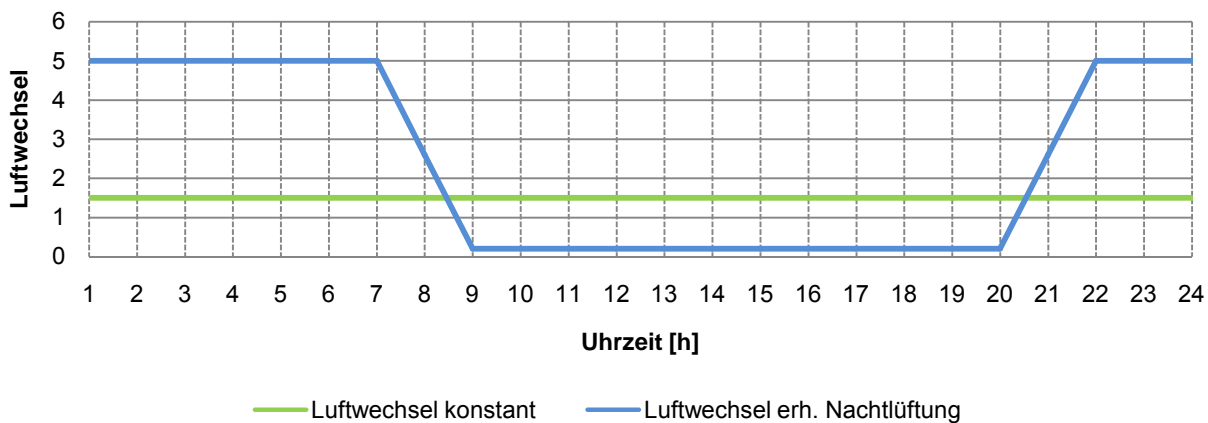


Abb. 48: Tagesgang Luftwechselzahl

9 Auswertung Winter:

Um eine Einschätzung des Gebäudes in der Heizperiode und die Auswirkungen der Sanierungen zu erlauben, wurde der HWB_{BGF} der verschiedenen Varianten berechnet und die Sanierungsvarianten durch die Förderstufen der thermisch energetischen Wohnhaussanierung in Wien (THEWOSAN) klassifiziert [30].

9.1 Auswertung Bestand Winter HWB_{BGF} :

Bei den 36 Bestandsvarianten wurden die drei unterschiedlichen Bauweisen mit ihren unterschiedlichen U-Werten berücksichtigt. Zusätzlich wurden die Orientierung (O-W und S-N) und die Fenstergröße (klein und groß) des Gebäudes variiert. Die Farben in Tabelle 16 zeigen nur die Abstufung auf und richten sich nicht nach der Klassifizierung laut THEWOSAN.

Wie in Kapitel 4 behandelt, sollten auch die geänderten klimatischen Verhältnisse miteinbezogen werden. So wurden die Varianten mit älteren Klimadaten (a) laut Norm und mit aktuellen Klimadaten (b,c) berechnet. Bei den % Werten in Tabelle 16 handelt es sich um die Gegenüberstellung der Ergebnisse der Berechnungen mit den verschiedenen Klimadaten. (a-c 15,9%: Ausgangswert Klimadaten und Strahlungsdaten laut Ö-Norm, c-a 13,7%: Ausgangswert Klimadaten aktuell, Strahlungsdaten aktuell.

Variante				Klimadaten Ö-Norm		Klimadaten aktuell		Klimadaten aktuell	
				Strahlungswerte laut Ö-Norm		Strahlungswerte laut Ö-Norm		Strahlungswerte aktuell	
				HWB_{BGF} (a)	alt - neu a - c	HWB_{BGF} (b)	neu - alt b-a	HWB_{BGF} (c)	neu - alt c-a
BW	San	Fenster	OR	[kWh/m ² a]	%	[kWh/m ² a]	%	[kWh/m ² a]	%
B		k	O-W	84,03	14,4	74,10	-11,8	73,45	-12,6
B		k	S-N	82,63	14,7	72,62	-12,1	72,06	-12,8
B		g	O-W	85,24	15,0	75,50	-11,4	74,15	-13,0
B		g	S-N	79,73	15,9	70,10	-12,1	68,79	-13,7
H		k	O-W	104,19	14,2	92,00	-11,7	91,27	-12,4
H		k	S-N	102,81	14,3	90,56	-11,9	89,92	-12,5
H		g	O-W	92,81	14,9	82,27	-11,4	80,80	-12,9
H		g	S-N	87,26	15,6	76,81	-12,0	75,49	-13,5
Z		k	O-W	122,47	14,0	108,27	-11,6	107,47	-12,2
Z		k	S-N	121,18	14,1	106,83	-11,8	106,16	-12,4
Z		g	O-W	100,80	14,7	89,42	-11,3	87,87	-12,8
Z		g	S-N	95,32	15,5	83,92	-12,0	82,55	-13,4

Tabelle 16: Vergleich Ergebnisse HWB_{BGF} der verschiedenen Bauweisen

Durch den besseren U-Wert der Sandwichfertigteilbauweise (B) schneidet diese beim HWB_{BGF} mit Abstand am besten ab. Auch die Orientierung S-N bringt erhebliche Vorteile während der Heizperiode, insbesondere bei großen Fenstern. Die Auswirkungen der Fensterfläche unterscheiden sich hier nach Bauweise. Ist bei den Varianten Ziegel (Z) und Holzspanbeton (H) noch eine Verbesserung des HWB_{BGF} bei großen Fenstern zu erkennen, so wirken sich diese bei der Sandwichfertigteilbauweise (B) und einer Orientierung nach O-W eher negativ aus.

Der Vergleich der Varianten mit aktuellen Klimadaten (b,c) und Daten laut Ö-Norm (a) zeigt den großen Einfluss auf die HWB_{BGF} Berechnung. So ergibt die Berechnung mit Klimadaten laut Ö-Norm (a) einen bis zu 15,9% (B-gS) höheren HWB_{BGF} als die Berechnung mit aktuellen Klimadaten und aktuellen Strahlungswerten (c).

9.2 Auswertung Sanierungen Winter HWB_{BGF}:

Bei der Berechnung der HWB_{BGF}-Werte für die 24 Sanierungsvarianten bleiben die verschiedenen Bauweisen unberücksichtigt. Zu den Sanierungsmaßnahmen zählen die Dämmung der Fassade, die Dämmung der Kellerdecke und des Flachdaches, sowie der Austausch der Verglasungen der Fenster. Es werden zwei Sanierungsvarianten mit unterschiedlichen U-Werten, Orientierungen, Fenstergrößen, Klima- und Strahlungsdaten berücksichtigt. Die Farben der Diagramme zeigen die Klassifizierung durch die Grenzwerte (ab 2010) des Förderprogrammes THEWOSAN in Wien. Dazu wird in Abhängigkeit von der Kompaktheit des Gebäudes ein NEG (Niedrigenergiegebäude) HWB_{BGF}-Wert, als Grenzwert berechnet und zur Einstufung des sanierten Gebäudes herangezogen. Die Grenzen der Förderstufen (a-e) ergeben sich aus der Multiplikation des NEG HWB_{BGF}-Wertes mit einem Faktor von 1,3 bis 0,6.

Gebäude:				
O[m ²]	V[m ³]	lc[m]		NEG HWB _{BGF}
1902,75	5288,52	2,78		32,29

Förderungen THEWOSAN				
a	b	c	d	E
<1,30*NEG	<1,15*NEG	<1,00*NEG	<0,80*NEG	<0,60*NEG
41,98	37,13	32,29	25,83	19,37

Tabelle 17: Klassifizierung berechnetes Gebäude nach THEWOSAN Standard (NEG)

Der Grenzwert von 32,29kWh/m² stellt eine Senkung des HWB_{BGF} um 73,6% (Z-kO) bzw. 59,5% (B-gS) zu den Bestandsvarianten (Klima laut Ö-Norm (a)) dar.

Variante				Klimadaten Ö-Norm		Klimadaten aktuell		Klimadaten aktuell	
				Strahlungswerte laut Ö-Norm		Strahlungswerte laut Ö-Norm		Strahlungswerte aktuell	
BW	San	Fenster	OR	HWB _{BGF} (a)	alt - neu a - c	HWB _{BGF} (b)	neu - alt b-a	HWB _{BGF} (c)	neu - alt c-a
				[kWh/m ² a]	%	[kWh/m ² a]	%	[kWh/m ² a]	%
X	1	k	O-W	32,20	17,5	27,67	-14,1	27,41	-14,9
X	1	k	S-N	30,91	18,1	26,42	-14,5	26,18	-15,3
X	1	g	O-W	29,99	19,4	25,77	-14,1	25,12	-16,2
X	1	g	S-N	25,89	22,2	21,87	-15,5	21,19	-18,2

X	3	k	O-W	25,28	18,6	21,51	-14,9	21,31	-15,7
X	3	k	S-N	24,02	19,6	20,29	-15,5	20,08	-16,4
X	3	g	O-W	27,54	20,0	23,58	-14,4	22,95	-16,7
X	3	g	S-N	23,50	23,2	19,74	-16,0	19,08	-18,8

Tabelle 18: Vergleich Ergebnisse HWB_{BGF} der verschiedenen Sanierungsvarianten

Wie zu erwarten schneidet die Sanierung (X3) durch die besseren U-Werte der Fassade, der Kellerdecke und des Daches besser ab, als die Sanierung mit den geforderten Mindest-U-Werten (X1). Die Orientierung nach S-N und die größeren Fenster bringen, wie auch bei den Bestandsvarianten einen geringen Vorteil während der Heizperiode (für Normklima und Normstrahlung). Die Bedeutung der Orientierung und der Fenstergröße nimmt mit zunehmender Dämmstoffstärke ab. Die Auswirkungen der Klimadaten und der Strahlungswerte nehmen mit der Dämmqualität der Bauteile zu (Unterschied HWB_{BGF} bis zu 23,2% (X3gS) Vergleich a zu c). Dies kann eine ganze Förderungsstufe ausmachen (X1gO,X1gS). Bei der Berechnung der Förderungen wird das Referenzklima laut Ö-Norm gefordert, wodurch die Effekte der veränderten Klima und Strahlungswerte unberücksichtigt bleiben.

10 Auswertung Sommer:

Die Auswertung des Somerverhaltens erfolgt durch statistische Methoden, da bei der Anzahl der berechneten Varianten (5184 Bestand +5730 Sanierung) nicht auf jede einzelne eingegangen werden kann. Die Darstellung erfolgt zum einen durch Diagramme, welche die Häufigkeit der Varianten in einem bestimmten Temperaturbereich in absoluten Zahlen abbilden, zum anderen in Tabellen, welche sie in % zur Gesamtanzahl dieser Variante darstellen. Auch die Sommertauglichkeit wird in relativen Häufigkeiten (%) abgebildet. Zusätzlich zu den Häufigkeiten werden noch Extrem- und Mittelwerte der Eigenschaften aufgezeigt. Bei den Berechnungen wurde jede Eigenschaft mit allen Eigenschaften aus anderen Gruppen kombiniert. Das bedeutet, dass zum Beispiel in die Eigenschaft Beton alle anderen Obergruppen (Orientierung, Absorptionsgrad,...), nicht aber die Eigenschaften Holzbeton und Ziegel mit einfließen. Dies erlaubt einen direkten Vergleich der einzelnen Eigenschaften in einer Gruppe.

10.1 Verwendete Werte in der Auswertung:

Wie schon erwähnt werden zur Untersuchung der Varianten verschiedene Temperaturwerte (empfundene Raumtemperatur) ermittelt und hier näher beschrieben (siehe auch Abb. 49). Durch die Abbildungen (z.B. Abb. 49) der Tagesverläufe der empfundenen Raumtemperatur kann davon ausgegangen werden, dass die Maximalwerte (max) während des Tages und die Minimalwerte (min) in der Nacht auftreten.

- Maximum (max): höchste Temperatur der einzelnen Varianten im Tagesverlauf
- Minimum (min): niedrigste Temperatur der einzelnen Varianten im Tagesverlauf

- größtes max: höchstes Temperaturmaximum einer Variantengruppe
- kleinstes max: niedrigstes Temperaturmaximum einer Variantengruppe
- größtes min: höchstes Temperaturminimum einer Variantengruppe
- kleinstes min: niedrigstes Temperaturminimum einer Variantengruppe

Zur Bewertung der unterschiedlichen Eigenschaften der Berechnungsvarianten werden die Ergebnisse der Minimal- und Maximaltemperaturen in vier Temperaturgruppen unterteilt.

Minimaltemperatur:

- $\leq 25^{\circ}\text{C}$ Sommertauglichkeit möglich
- $\geq 25^{\circ}\text{C}, < 27^{\circ}\text{C}$ Überwärmung des Raumes
- $\geq 27^{\circ}\text{C}, < 30^{\circ}\text{C}$ starke Überwärmung des Raumes
- $\geq 30^{\circ}\text{C}$ sehr starke Überwärmung des Raumes

Maximaltemperaturen:

- $\leq 25^{\circ}\text{C}$ Sommertauglichkeit sicher
- $\geq 25^{\circ}\text{C}, < 27^{\circ}\text{C}$ Sommertauglichkeit möglich
- $\geq 27^{\circ}\text{C}, < 30^{\circ}\text{C}$ Überwärmung des Raumes
- $\geq 30^{\circ}\text{C}$ starke Überwärmung des Raumes

Als „sommertauglich“ werden Varianten bezeichnet, bei denen beiden Kriterien, $\text{max} \leq 27^{\circ}\text{C}$ und $\text{min} \leq 25^{\circ}\text{C}$ erfüllt sind.

Zur besseren Veranschaulichung sind in Abbildung 49 beispielhafte Tagesverläufe der empfundenen Raumtemperatur für die einzelnen Eigenschaften in einer Gruppe abgebildet.

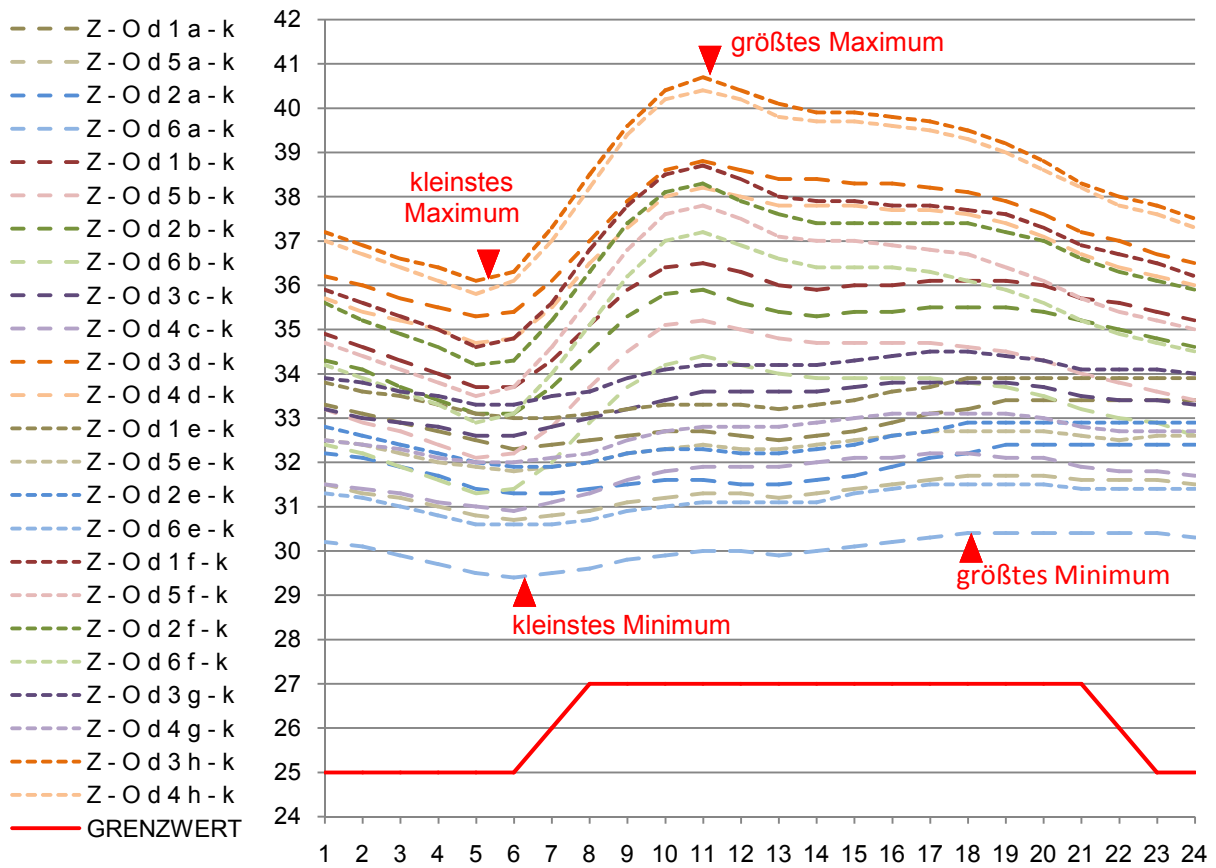


Abb. 49: Beispiel Tagesverlauf Raumtemperatur und Darstellung berechneter Werte

10.2 Erklärung des Codesystems der Varianten

Im Folgenden wird zur Darstellung und Bezeichnung der berechneten Varianten ein Codesystem verwendet.

Bauweise	Sanierungsvariante	Orientierung	Fassadenfarbe	Lage im Gebäude	Zimmer und Fenstergröße	Verschattung	Luftwechsel
B	-	O	h	1	a	-	k
H	1	S	m	2	b	i	n
Z	2	W	d	3	c	a	
	3	N		4	d		
	5			5	e		
				6	f		
					g		
					h		

Abb. 50: Codesystem zur Darstellung der Berechnungsvarianten

Bauweise:

- B Beton
- H Holzspanbetonmantelsteine
- Z Hochlochziegel

Sanierungsvariante:

- - Bestand
- 1 Sanierungsvariante 1 (mindest erforderliche U-Werte, EPSF)
- 2 Sanierungsvariante 2 (mindest erforderliche U-Werte, hinterlüftete Fassade)
- 3 Sanierungsvariante 3 (verbesserte U-Werte Außenwand, EPSF)
- 5 Sanierungsvariante 5 (mindest erforderliche U-Werte, Fassade voll verschattet)

Orientierung:

- O Ost
- S Süd
- W West
- N Nord

Fassadenfarbe:

- h hell
- m mittel
- d dunkel

Lage im Gebäude:

- 1 Letztes Geschoss, Eckzimmer, Orientierungskombination 1
- 2 Vorletztes Geschoss, Eckzimmer, Orientierungskombination 1
- 3 Letztes Geschoss, im Gebäudeverband
- 4 Vorletztes Geschoss, im Gebäudeverband
- 5 Letztes Geschoss, Eckzimmer, Orientierungskombination 2
- 6 Vorletztes Geschoss, Eckzimmer, Orientierungskombination 2

Zimmer und Fenstergröße:

- a kleines Zimmer, kleines Fenster, Eckzimmer
- b kleines Zimmer, großes Fenster, Eckzimmer
- c kleines Zimmer, kleines Fenster, im Gebäudeverband
- d kleines Zimmer, großes Fenster, im Gebäudeverband
- e großes Zimmer, kleines Fenster, Eckzimmer
- f großes Zimmer, großes Fenster, Eckzimmer
- g großes Zimmer, kleines Fenster, im Gebäudeverband
- h großes Zimmer, großes Fenster, im Gebäudeverband

Verschattung

- - Kein Sonnenschutz
- i Innenliegender Sonnenschutz
- a Außenliegender Sonnenschutz

Luftwechsel:

- k konstanter Luftwechsel
- n erhöhte Nachtlüftung

10.3 Vergleich Nachweis mit vereinfachtem Verfahren und Nachweis durch den Tagesverlauf der empfundenen Raumtemperatur:

Verglichen werden die Ergebnisse aller 5184 Bestandsvarianten. Dazu werden die errechneten empfundenen Raumtemperaturen auf einer Achse und die Ergebnissen der vereinfachten Berechnungsmethode (Überschuss an immissionsflächenbezogener speicherwirksamer Masse) auf der anderen Achse des Diagrammes aufgetragen. Somit stellen die beiden Ergebnisse die Koordinaten der Variante im Diagramm dar. Zur Beurteilung der Übereinstimmung der Berechnungsmethoden werden im Diagramm vier Zonen durch Grenzwerte definiert.

Der Grenzwert für den Überschuss der immissionsflächenbezogene speicherwirksamen Masse liegt bei 0kg/m^2 . Der Überschuss der immissionsflächenbezogene speicherwirksamen Masse ist die Differenz zwischen der mindesterforderlichen immissionsflächenbezogene speicherwirksamen Masse (Tabelle 12) und der vorhandenen immissionsflächenbezogene speicherwirksamen Masse.

Der Grenzwert für die empfundene Raumtemperatur liegt laut Ö-Norm 8110-3 am Tag bei 27°C und in der Nacht bei 25°C .

Im grünen Bereich stimmen die Aussagen der beiden Berechnungsmethoden überein, dass die Varianten sommertauglich sind.

Im orangenen Bereich stimmen die Aussagen der beiden Berechnungsmethoden überein, dass die Varianten nicht sommertauglich sind.

Im weißen Bereich stimmen die Aussagen der beiden Berechnungsmethoden nicht überein. Die Variante wäre laut vereinfachten Verfahren nicht sommertauglich und beim Nachweis durch den Tagesverlauf der Raumtemperatur sommertauglich.

Im roten Bereich stimmen die Aussagen der beiden Berechnungsmethoden nicht überein. Die Variante wäre laut vereinfachten Verfahren sommertauglich und beim Nachweis durch den Tagesverlauf der Raumtemperatur nicht sommertauglich.

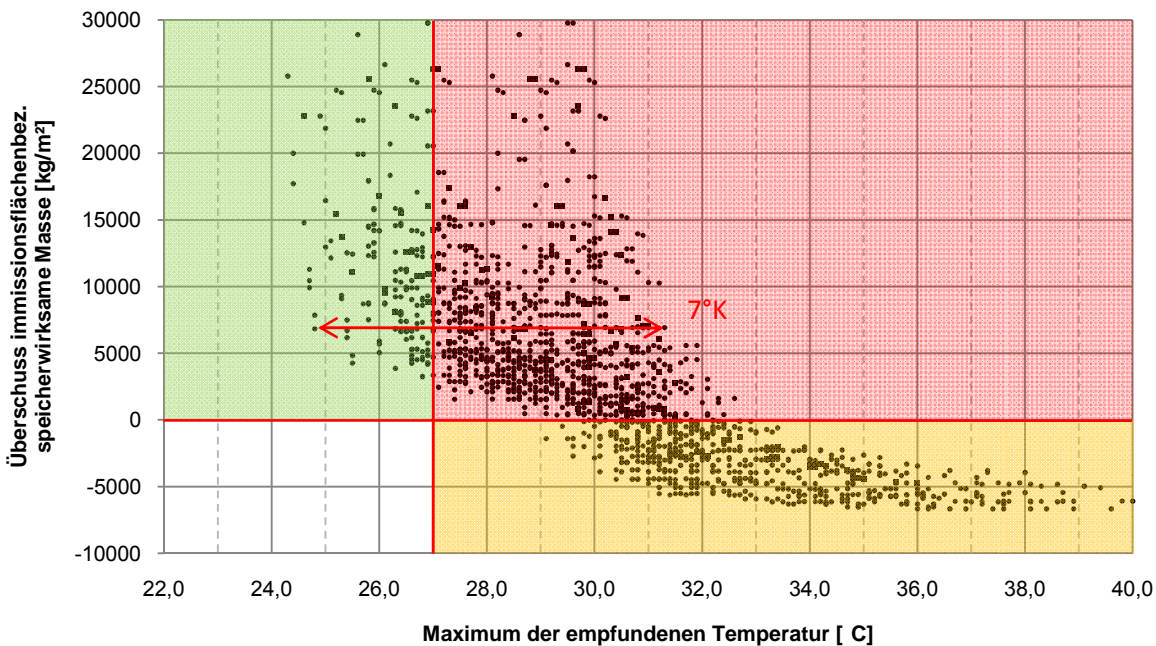


Abb. 51: Vergleich Ergebnisse Überschuss an immissionsflächenbezogener speicherwirksamen Masse – Maximum der empfundenen Temperatur

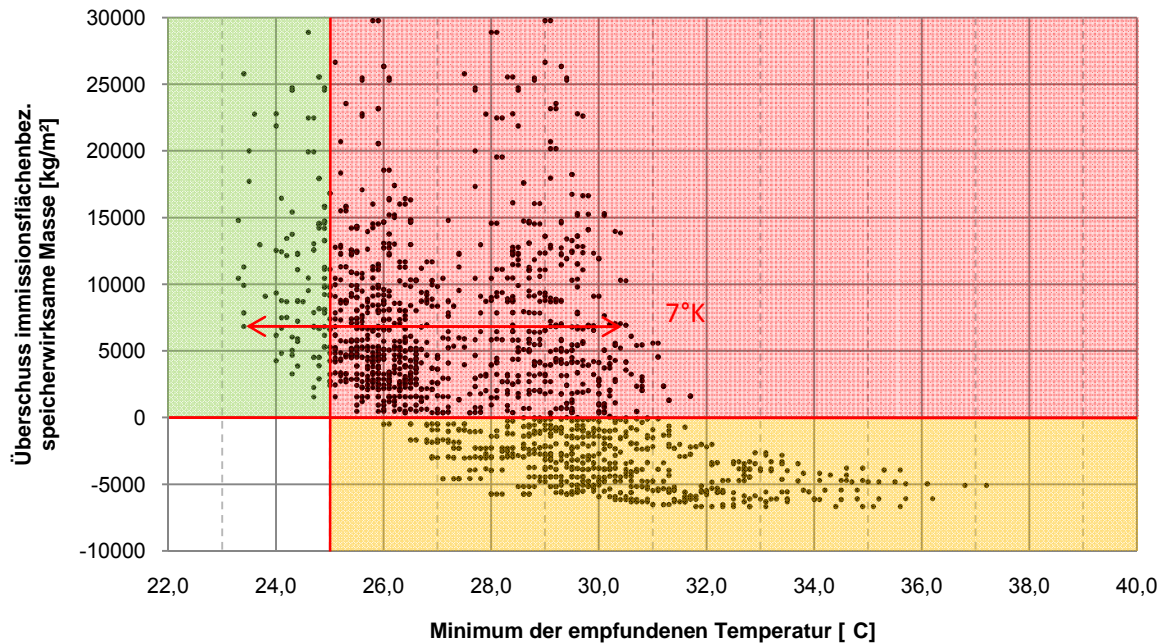


Abb. 52: Vergleich Ergebnisse Überschuss an immissionsflächenbezogener speicherwirksamer Masse – Minimum der empfundenen Temperatur

Die beiden Diagramme unterscheiden sich durch die Grenzwerte der empfundenen Raumtemperatur am Tag (27°C) und in der Nacht (25°C), womit dem Umstand Rechnung getragen wird, dass es sich bei den untersuchten Räumen um Schlafzimmer handelt. Diese Unterscheidung gibt es beim vereinfachten Verfahren nicht.

Klar zu erkennen ist eine große Streuung der Werte der einzelnen Varianten. Bei gleichem Überschuss an immissionsflächenbezogener Masse (ca. 7000kg/m²) differieren die Ergebnisse des Nachweises über den Tagesverlauf der empfundenen Raumtemperatur um bis zu 7°K. Bei der vereinfachten Berechnung wäre ein großer Teil der Varianten sommertauglich (über 0kg/m²), was in einem großen Widerspruch zur Berechnung über die empfundene Raumtemperatur (<27°C Tag, <25°C Nacht) steht.

Die Anzahl der Übereinstimmungen bei den sommertauglichen Varianten fällt sehr gering aus (grün). Bei den nicht sommertauglichen Varianten ist die Anzahl der Übereinstimmungen etwas höher (orange).

Der leere weiße Bereich in beiden Diagrammen lässt den Schluss zu, dass es keine Variante bei den Berechnungen gibt, die im Nachweis durch die empfundene Raumtemperatur sommertauglich ist und im vereinfachten Verfahren aber nicht.

Beim größten Teil der Varianten widersprechen sich die Aussagen der beiden Berechnungsmethoden über die Sommertauglichkeit (rot). So sind sehr viele Ergebnisse welche über 25°C bzw. 27°C liegen laut vereinfachtem Verfahren sommertauglich.

Durch die Ergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass das vereinfachte Verfahren keine zuverlässigen Aussagen über die Sommertauglichkeit der berechneten Räume zulässt. Zusätzlich liegt die Vermutung nahe, dass die Ergebnisse des vereinfachten Nachweises zu positiv sind, da keine Varianten im weißen Bereich liegen.

Zum genaueren Vergleich der beiden Berechnungsmethoden wird in der Tabelle 19 die Sommertauglichkeit, nach Kriterien sortiert gegenübergestellt. Dabei werden Varianten, welche nach den Kriterien der beiden Berechnungsmethoden als sommertauglich (ja) bzw. als nicht sommertauglich (nein) gelten, in % am Anteil des Einzelkriteriums dargestellt.

Jedes Kriterium wurde mit allen anderen Kriterien aus den anderen Obergruppen kombiniert. Die Gruppe des Kriteriums Beton zum Beispiel stellt alle Varianten dar, bei welchem nur die Bauweise Beton vorkommt und Holzbeton Ziegel nicht enthalten sind (unabhängig aller anderen Eigenschaften). So stellt dieses Einzelkriterium 1/3 aller Varianten, da die Gruppe Bauweise aus drei Kriterien besteht.

Kriterium		VL,S vorh >50 m3/hm2		min ≤ 25°C max ≤ 27°C	
		mW,I > 0 kg/m2		nein [%]	ja [%]
sommertauglich ?		nein [%]	ja [%]	nein [%]	ja [%]
alle Varianten	gesamt	37,1	62,9	88,6	11,4
Bauweise	Beton	29,2	70,8	88,8	11,2
	Holzbeton	37,5	62,5	88,3	11,7
	Ziegel	44,6	55,4	88,7	11,3
Orientierung	Ost	45,8	54,2	91,3	8,7
	Süd	36,8	63,2	87,7	12,3
	West	45,8	54,2	91,3	8,7
	Nord	19,9	80,1	84,2	15,8
Fassadenfarbe	hell	37,1	62,9	74,7	25,3
	mittel	37,1	62,9	93,4	6,6
	dunkel	37,1	62,9	97,8	2,2
Lage im Gebäude	1	36,8	63,2	91,8	8,2
	2	37,2	62,8	87,5	12,5
	3	37,2	62,8	89,1	10,9
	4	37,5	62,5	80,7	19,3
	5	36,8	63,2	91,9	8,1
	6	37,2	62,8	88,0	12,0
Fensterfläche	klein	11,0	89,0	79,2	20,8
	groß	58,7	41,3	98,1	1,9
Zimmergröße	klein	29,1	70,9	86,3	13,7
	groß	45,1	54,9	91,9	8,1
Verschattungseinrichtung	keine	54,0	46,0	89,8	10,2
	innen	40,6	59,4	89,1	10,9
	außen	16,7	83,3	85,0	15,0
Luftwechsel	konstant	55,4	44,6	100,0	0,0
	Nachtlüftung	18,8	81,3	77,2	22,8

Tabelle 19: Vergleich Ergebnisse Sommertauglichkeit, Nachweis über die mindesterforderliche speicherwirksame Masse und Nachweis über Berechnung den Tagesverlauf der Raumtemperatur

Auffallend ist der Unterschied der Häufigkeit der nicht sommertauglichen Varianten (88,6%) beim Nachweis durch den Tagesverlauf der Raumtemperatur und beim Nachweis durch das vereinfachte Verfahren (37,1%).

Dabei ist davon auszugehen, dass der Ansatz des vereinfachten Verfahrens zu positiv ist und man die Sommertauglichkeit nicht wirklich garantieren kann. Manche Eigenschaften, wie der Absorptionsgrad der Fassade bleiben unberücksichtigt oder haben wie die Lage im Gebäude, anscheinend kaum Auswirkungen auf die Sommertauglichkeit des Raumes.

Es ist klar zu erkennen, dass die Masse der Bauteile (Beton 70,8% gegenüber 11,2% (ja), Ziegel 55,4% zu 11,3% (ja)) bei der vereinfachten Berechnung einen höheren Einfluss hat.

Auch die Orientierung nach Norden (80,1% gegenüber 15,8% (ja)) und Verschattungseinrichtungen (83,3% gegenüber 15,0% (ja)) zeigen einen zu positiven Einfluss auf die Sommertauglichkeit beim vereinfachten Nachweis.

Dieser Vergleich führt dazu, dass im weiteren Verlauf der Arbeit auf eine Beurteilung durch die Berechnung der mindesterforderlichen speicherwirksamen Masse verzichtet wird.

10.4 Auswertung Bestand Bauweise:

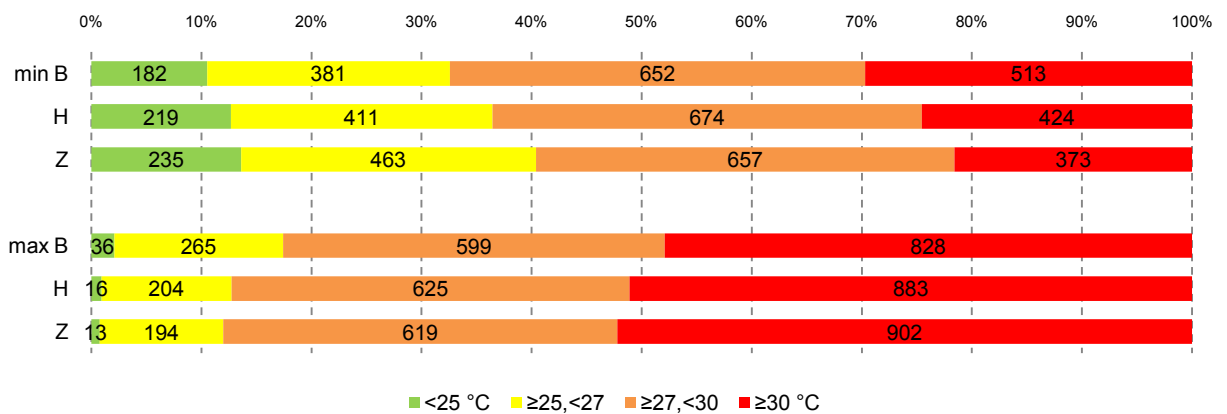


Abb. 53: Ergebnisse Bestand Bauweise (absolute Häufigkeit)

Bestand, je 1728 Varianten		<25 °C	≥25, <27	≥27, <30	≥30 °C	kleinster Wert [°C]	Mittel - Wert [°C]	größter Wert [°C]		
		[%]	[%]	[%]	[%]					
Bauweise	Beton	min	10,5	22,0	37,7	29,7	23,2	28,5	37,9	
	Holzbeton		12,7	23,8	39,0	24,5	23,0	28,2	37,0	
	Ziegel		13,6	26,8	38,0	21,6	23,0	27,9	36,6	
	Beton	max	2,1	15,3	34,7	47,9	24,1	30,0	41,0	
	Holzbeton		0,9	11,8	36,2	51,1	24,3	30,4	41,9	
	Ziegel		0,8	11,2	35,8	52,2	24,4	30,4	41,9	
			nein [%]	ja [%]	Sommertauglichkeit					
	Beton	88,8	11,2							
	Holzbeton	88,3	11,7							
Ziegel	88,7	11,3								

Tabelle 20: Ergebnisse Bestand Bauweise (relative Häufigkeit [%])

Bezüglich der Bauweise ergeben sich nur leichte Unterschiede bei der Sommertauglichkeit. So erfüllen von allen Varianten der Eigenschaft Beton 11,2% (ja) und bei Holzbeton 11,7% (ja) die Kriterien der Sommertauglichkeit (Nacht <25°C (min), Tag <27°C (max)). Das bedeutet wiederum, dass 88,6% aller gerechneten Bestandsvarianten nicht sommertauglich sind.

Bedenklich erscheinen auch die Gruppen der Temperaturen über 30°C am Tag (max) mit 47,9% bis 52,2% und die Gruppe mit Temperaturen über 27°C in der Nacht(min) mit bis zu 68,4% (Beton, min).

Bei den Extrem- (Differenz bis 1,3°K (max)) und Mittelwerten (Differenz bis 0,6°K (min)) sind nur leichte Abweichungen zwischen den Bauweisen zu erkennen. Doch erscheinen die Werte an sich als sehr bedenklich. So gibt es Varianten, bei welchen die Temperatur in der Nacht nicht unter 37,9°C sinkt (min, größter Wert, Beton) und am Tag bis auf 41,9°C (max, größter Wert, Ziegel) ansteigt. Diese Spitzenwerte sind bei allen Varianten der Bauweise ähnlich. Durch den Vergleich der „kleinsten Werte“ kann davon ausgegangen werden, dass die Bauweise kein entscheidendes Kriterium bei der nächtlichen Abkühlung ist.

Durch den Vergleich der Extrem- und Mittelwerte wird ersichtlich, dass sich die größere Masse am Tag positiv (max), in der Nacht aber eher negativ auswirkt (min). Dies zeigt auch die Abb. 54, bei der die Variante Beton (grün) am Tag ca. 1°K unter und in der Nacht ca. 1°K über den Varianten Holzspanbeton (schwarz) und Ziegel (orange) liegt. Abzulesen ist auch die Temperaturschwankung der einzelnen Varianten im Raum (Beton ca. 3°K, Ziegel ca. 5,5°K).

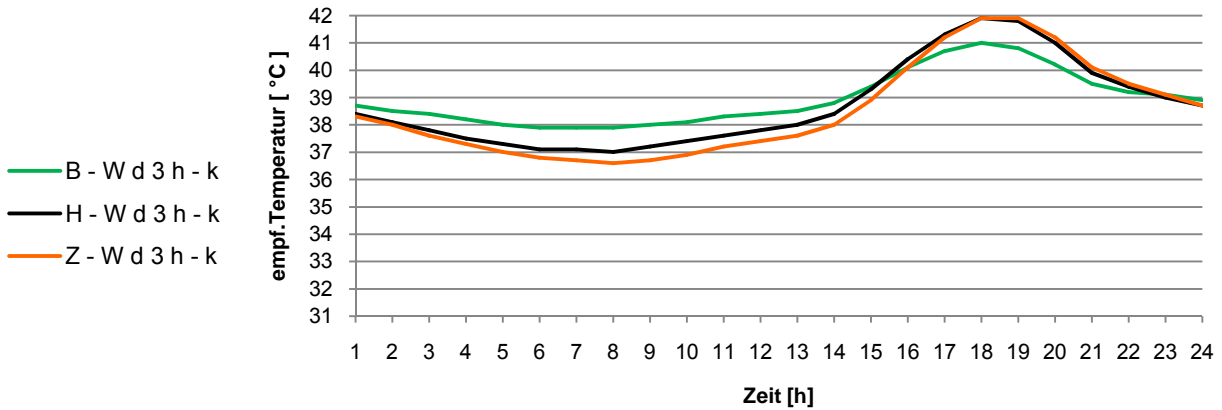


Abb. 54: Beispiel Tagesverlauf Bauweise (Bestand)

10.5 Auswertung Bestand Orientierung:

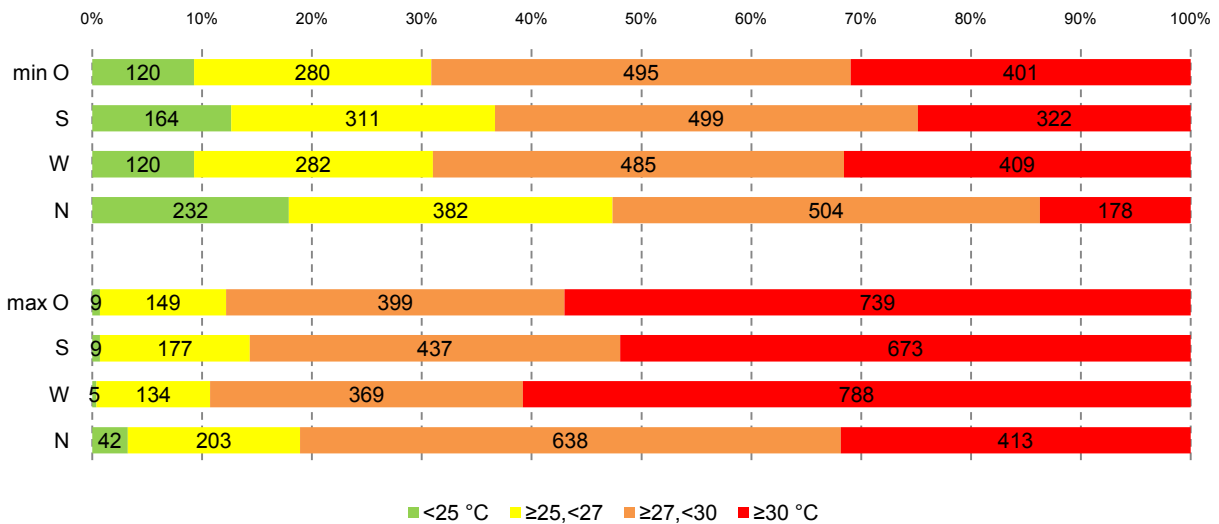


Abb. 55: Ergebnisse Bestand Orientierung (absolute Häufigkeit)

Bestand, je 1296 Varianten			<25 °C	≥25, <27	≥27, <30	≥30 °C	kleinster Wert [°C]	Mittel - Wert [°C]	größter Wert [°C]	
			[%]	[%]	[%]	[%]				
Orientierung	min	Ost	9,3	21,6	38,2	30,9	23,5	28,6	37,5	
		Süd	12,7	24,0	38,5	24,8	23,2	28,1	35,1	
		West	9,3	21,8	37,4	31,6	23,5	28,7	37,9	
		Nord	17,9	29,5	38,9	13,7	23,0	27,3	32,5	
	max	Ost	0,7	11,5	30,8	57,0	24,4	30,7	40,8	
		Süd	0,7	13,7	33,7	51,9	24,1	30,2	37,9	
		West	0,4	10,3	28,5	60,8	24,5	31,3	41,9	
		Nord	3,2	15,7	49,2	31,9	24,1	28,9	33,9	
				nein [%] ja [%]		Sommertauglichkeit				
	Ost		91,3	8,7						
	Süd		87,7	12,3						
	West		91,3	8,7						
Nord		84,2	15,8							

Tabelle 21: Ergebnisse Bestand Orientierung

Wie zu erwarten sind die Varianten Ost und West die kritischsten. Bei der Sommertauglichkeit erfüllen 91,3% (nein) dieser Varianten die Grenzwerte nicht, aber auch die nordorientierten Räume sind nur zu 15,8% (ja) sommertauglich. Nicht ganz überraschend liegt die Himmelsrichtung Süd mit 12,3% (ja) im Mittelfeld. Bezüglich der Sommertauglichkeit ergeben sich zwar Unterschiede bei der Orientierung, doch kann keine Variante als unbedenklich bezeichnet werden.

Erheblich sind die Abweichungen bei den Gruppen über 30°C am Tag (max), in welche bei der Variante West 60,8% und im Norden 31,9% fallen. Ein ähnliches Bild ergibt sich bei der Gruppe über 27°C in der Nacht (min). Doch liegen auch im Norden nur 17,9% in der Nacht (min) unter 25°C.

Große Differenzen gibt es bei den Extrem- und Mittelwerten. Erreichen die Varianten im Westen am Tag bis zu 41,9°C und in der Nacht bis zu 37,9°C, so liegen die höchsten Temperaturen im Norden mit 33,9 am Tag und 32,5°C in der Nacht deutlich darunter (Differenz Tag 8°C, Nacht 5,4°C). Durch die sehr ähnlichen Temperaturen der „kleinsten Werte“ kann davon ausgegangen werden, dass die Orientierung bei der nächtlichen Auskühlung des Raumes eine untergeordnete Rolle spielt.

In der Abb. 56 ist der Einfluss der Raumorientierung auf den Temperaturverlauf gut sichtbar. So erkennt man den Temperaturanstieg am Morgen im Osten (orange), zu Mittag im Süden (schwarz), am Abend im Westen (rot) und einen ausgeglichen Verlauf im Norden (blau). Auch abzulesen ist die verzögerte Abkühlung des Raumes während der Nacht. Die tiefsten Temperaturen treten bei der Orientierung nach Westen um ca. 8 Uhr auf, was für die Nutzung als Schlafraum eher ungünstig ist. Gut ersichtlich sind die, besonders bei dieser Variante, doch großen Temperaturdifferenzen von bis zu 8°C.

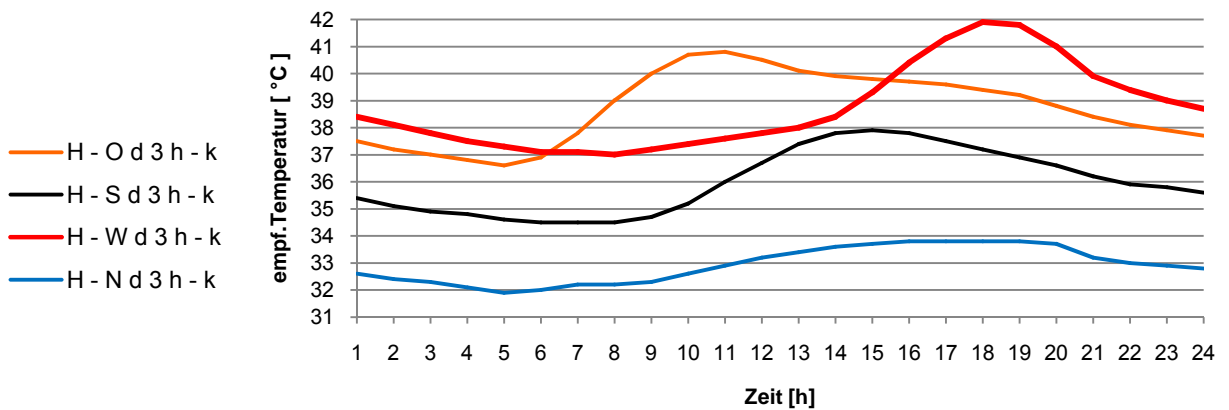


Abb. 56: Beispiel Tagesverlauf Orientierung (Bestand)

10.6 Auswertung Bestand Fassadenfarbe:

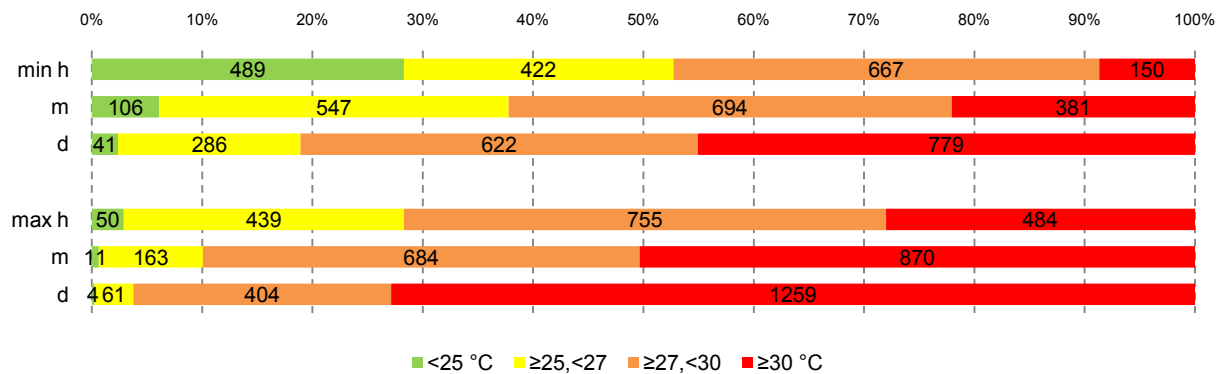


Abb. 57: Ergebnisse Bestand Fassadenfarbe (absolute Häufigkeit)

Bestand, je 1728 Varianten			<25 °C	≥25,<27	≥27,<30	≥30 °C	kleinster Wert [°C]	Mittel - Wert [°C]	größter Wert [°C]	
			[%]	[%]	[%]	[%]				
Fassadenfarbe	hell	min	28,3	24,4	38,6	8,7	23,0	26,8	36,7	
	mittel		6,1	31,7	40,2	22,0	23,3	28,2	37,2	
	dunkel		2,4	16,6	36,0	45,1	23,6	29,6	37,9	
	hell	max	2,9	25,4	43,7	28,0	24,1	28,7	40,3	
	mittel		0,6	9,4	39,6	50,3	24,3	30,3	41,0	
	dunkel		0,2	3,5	23,4	72,9	24,5	31,8	41,9	
				nein [%]	ja [%]	Sommertauglichkeit				
	hell			74,7	25,3					
	mittel			93,4	6,6					
	dunkel			97,8	2,2					

Tabelle 22: Ergebnisse Bestand Fassadenfarbe (relative Häufigkeit [%])

Hier gibt es große Unterschiede bei der Sommertauglichkeit der verschiedenen Oberflächen. So sind 25,3% der hellen Varianten, aber nur 2,2% der dunklen Varianten sommertauglich.

Bei der Gruppe über 30°C am Tag (hell 28%, dunkel 72,9%) und über 27°C in der Nacht (hell 47,3%, dunkel 81,1%) gibt es sehr hohe Differenzen bei der Häufigkeit.

Die Mittelwerte zwischen hell (26,8°C, min) und dunkel (29,6°C,min) differieren mit 3,1°K (max) sehr stark. Die Extremwerte, besonders die „größten Werte“ (max) unterscheiden sich weniger (bis 1,2°K, max), liegen aber sowohl in der Nacht als auch am Tag sehr hoch. Diese Werte lassen den Schluss zu, dass sich die Oberfläche auf die durchschnittlichen Varianten stark auswirkt, aber auf die Spitzenwerte und auf die nächtliche Abkühlung einen geringeren Einfluss hat. Anzumerken ist noch der große Unterschied zwischen den Varianten der hellen und mittleren Oberfläche.

Die Abb. 58 zeigt einen sehr ähnlichen Temperaturverlauf der Varianten hell (grün), mittel (schwarz) und dunkel (orange), bei einem konstanten Temperaturunterschied von ca. 2°K zwischen den Varianten.

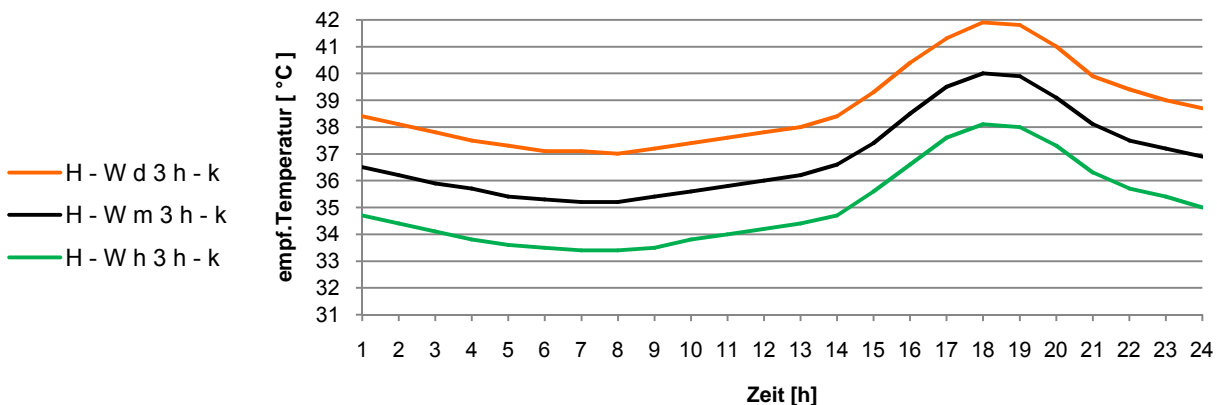


Abb. 58: Beispiel Tagesverlauf Fassadenfarbe (Bestand)

10.7 Auswertung Bestand Lage des Raumes im Gebäude:

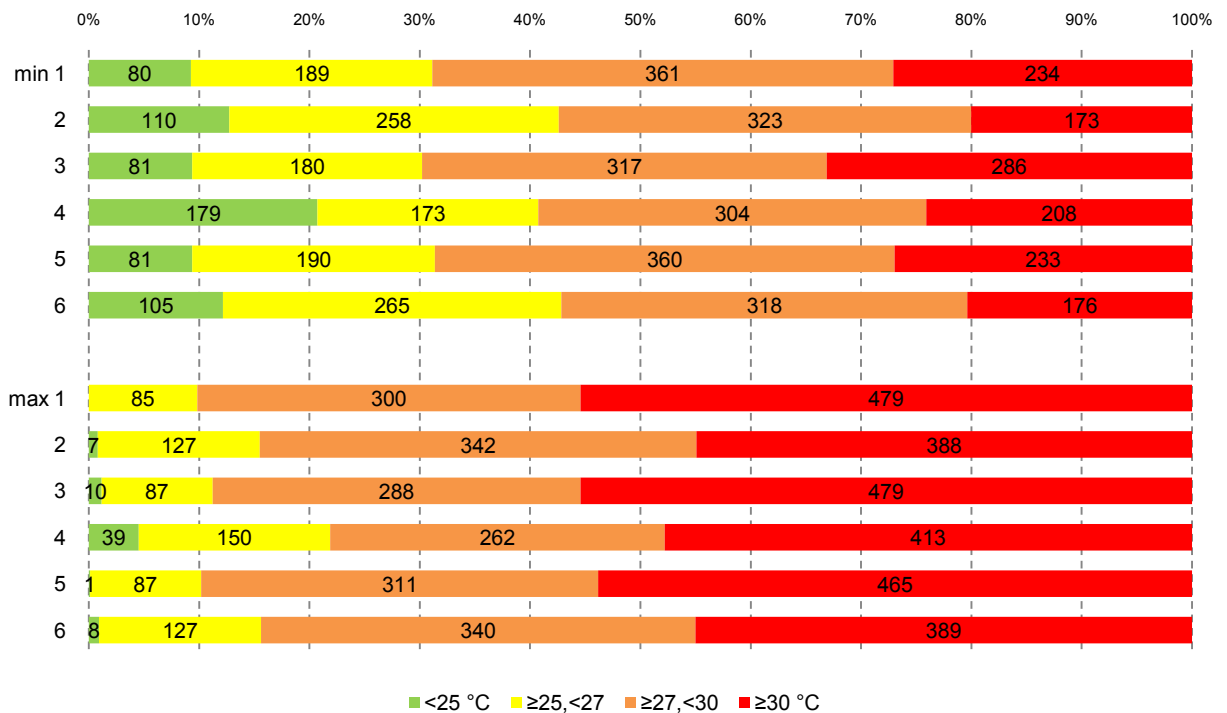


Abb. 59: Ergebnisse Bestand Lage des Raumes im Gebäude (absolute Häufigkeit)

Bestand, je 864 Varianten			<25 °C	≥25, <27	≥27, <30	≥30 °C	kleinster Wert [°C]	Mittel - Wert [°C]	größter Wert [°C]
			[%]	[%]	[%]	[%]			
Lage im Gebäude	min	1	9,3	21,9	41,8	27,1	23,8	28,4	36,5
		2	12,7	29,9	37,4	20,0	23,5	27,8	36,1
		3	9,4	20,8	36,7	33,1	23,4	28,7	37,9
		4	20,7	20,0	35,2	24,1	23,0	28,0	37,7
		5	9,4	22,0	41,7	27,0	23,8	28,4	36,8
		6	12,2	30,7	36,8	20,4	23,5	27,8	36,5
	max	1	0,0	9,8	34,7	55,4	25,0	30,5	39,6
		2	0,8	14,7	39,6	44,9	24,6	29,8	39,0
		3	1,2	10,1	33,3	55,4	24,7	30,8	41,9
		4	4,5	17,4	30,3	47,8	24,1	30,0	41,7
		5	0,1	10,1	36,0	53,8	24,9	30,5	40,4
		6	0,9	14,7	39,4	45,0	24,5	29,8	40,0
			nein [%] ja [%]		Sommertauglichkeit				
1			91,8	8,2					
2			87,5	12,5					
3			89,1	10,9					
4			80,7	19,3					
5			91,9	8,1					
6			88,0	12,0					

Tabelle 23: Ergebnisse Bestand Lages des Raumes im Gebäude (relative Häufigkeit [%])

Aus dieser Tabelle lassen sich mehrere Eigenschaftsgruppen ablesen. So schneidet die Gruppe der Räume im obersten Geschoss (1,3,5) bei der Sommertauglichkeit mit 8,1% bis 10,9% (ja) etwas schlechter ab als die Räume im vorletzten Geschoss (2,4,6) mit 12,0% bis 19,3% (ja). Ähnlich verhalten sich die Räume im Gebäudeverband (3,4), wovon 10,9% bis 19,3% sommertauglich sind, zu den Eckräumen (1,2,5,6), von denen 8,1% bis 12,5% die Grenzwerte erreichen.

Auch bei den Temperaturgruppen lassen sich die Unterschiede bei der Lage des Raumes im Gebäude nachweisen. So liegen bei den Räumen im letzten Geschoss 53,8% bis 55,4% über 30°C am Tag, im vorletzten Geschoss sind es zwischen 44,9% und 47,8%. Bei der Gruppe der Varianten mit über 27°C in der Nacht zeichnet sich mit 68,7% bis 69,8% für Dachräume und 57,2% bis 59,3% für Räume im vorletzten Geschoss ein ähnliches Bild ab. Beim Vergleich der Eckräume mit den Räumen im Gebäudeverband zeigt sich, dass die größte Häufigkeit der Temperaturen über 27°C und über 30°C im Gebäudeverband zu finden ist. Dabei liegen die Varianten der Räume 3 mit 55,4% über 30°C am Tag und 69,8% über 27°C in der Nacht erheblich über den Varianten der Räume 4 mit 47,8% über 30°C am Tag und 59,3% über 27°C in der Nacht. Die geringsten Häufigkeiten in diesen Gruppen weisen die Räume im vorletzten Geschoss, in der Ecke auf.

Bei den Mittelwerten liegen die Räume des letzten Geschosses (30,5°C bis 30,8°C max und 28,4°C bis 28,7°C min) leicht über denen des vorletzten Geschosses (29,8°C bis 30,0°C max und 27,8°C bis 28,0°C min). Die Räume im Gebäudeverband liegen bei den Mittelwerten zwischen denen der Eckräume. Bei den Extremwerten (größter Wert) liegen die Räume des letzten Geschosses nur leicht über denen des vorletzten Geschosses. Einen deutlicheren Unterschied macht die Lage im Gebäudeverband aus, welche mit 41,9°C und 41,7°C am Tag und 37,9°C und 37,7°C in der Nacht die höchsten Temperaturen erreichen. Erstaunlich ist, dass sich die Lage der Außenwand auf der rechten Seite des Raumes (1,2) von den Räumen mit Außenwand links (5,6) um bis zu 1°K unterscheiden. Die Abweichungen bei den „kleinsten Werten“ sind gering.

Die Lage der Räume hat zum Teil erhebliche Auswirkungen beim Sommerverhalten, wie auch in Abb. 60 zu erkennen ist. Bei diesen Varianten differieren die Werte um bis zu 3°K.

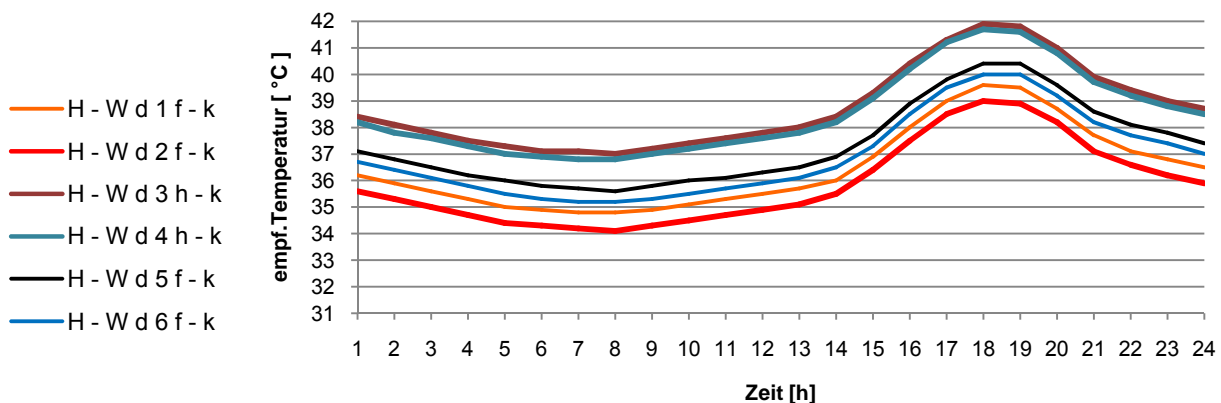


Abb. 60 :Beispiel Tagesverlauf Lage des Raumes im Gebäude (Bestand)

10.8 Auswertung Bestand Fensterfläche:

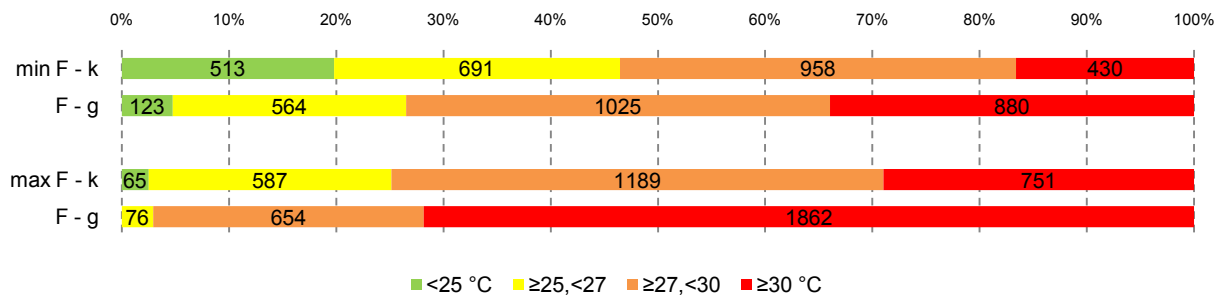


Abb. 61: Ergebnisse Bestand Fensterfläche (absolute Häufigkeit)

Bestand, je 2592 Varianten			<25 °C	≥25, <27	≥27, <30	≥30 °C	kleinster Wert [°C]	Mittel - Wert [°C]	größter Wert [°C]
			[%]	[%]	[%]	[%]			
Fensterfläche	klein	min	19,8	26,7	37,0	16,6	23,0	27,4	33,9
		groß	4,7	21,8	39,5	34,0	24,0	29,1	37,9
	klein	max	2,5	22,6	45,9	29,0	24,1	28,6	35,0
			0,0	2,9	25,2	71,8	25,8	32,0	41,9
				nein [%]	ja [%]	Sommertauglichkeit			
	klein			79,2	20,8				
groß			98,1	1,9					

Tabelle 24: Ergebnisse Bestand Fensterfläche (relative Häufigkeit [%])

Wie zu erwarten ist, sind „große“ Fensterflächen problematischer als „kleine“. Bei der Sommertauglichkeit der Räume fällt der Unterschied mit 1,9 (ja) zu 20,8 (ja) aber geringer aus als vermutet. Viel deutlicher fallen die Abweichungen bei den Temperaturgruppen aus. Liegen bei den „kleinen“ Fenstern am Tag (max) 29% über 30°C und in der Nacht 53,5% über 27°C, so sind es bei „großen“ Fenstern am Tag 71,8% über 30°C und in der Nacht 73,5% über 27°C.

Beim Mittelwert differieren die beiden Varianten um bis zu 3,4°K (max), wie auch bei den größten Werten, wo der Unterschied bei 6,9°K (max) liegt. Die Differenzen der größten Minimalwerte sind nicht ganz so groß.

Der Fensterfläche ist eine erhebliche Bedeutung im Somerverhalten der Räume zuzuschreiben, wie auch durch das Beispiel der Abb. 62 ersichtlich wird. Auffallend ist ebenfalls die weitaus geringere Temperaturschwankung des Raumes mit dem „kleinen“ Fenster (schwarz).

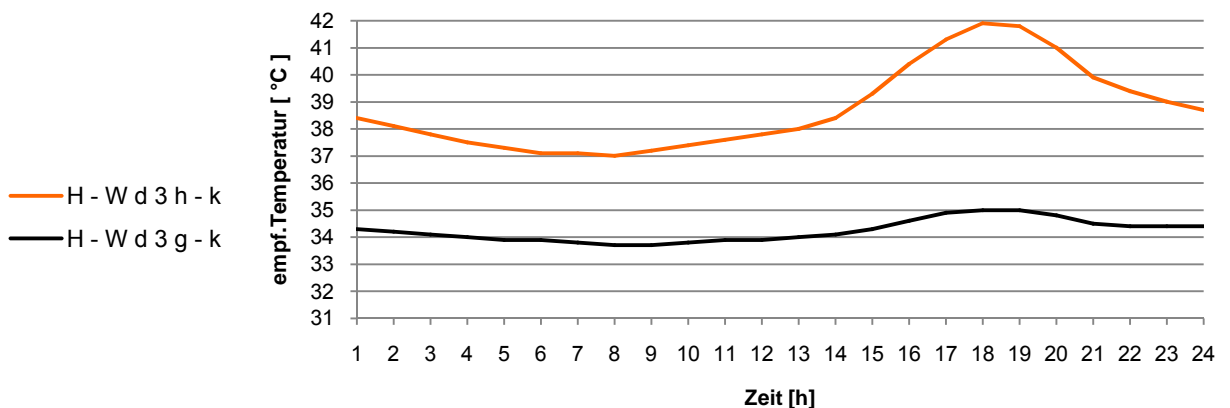


Abb. 62: Beispiel Tagesverlauf Fensterfläche (Bestand)

10.9 Auswertung Bestand Zimmergröße:

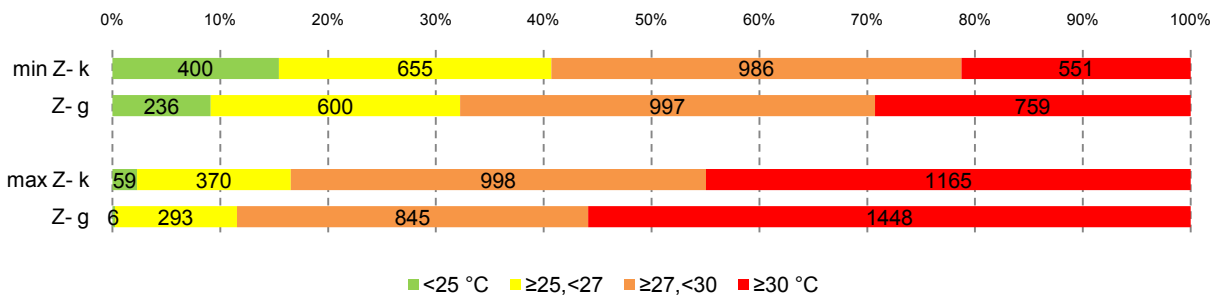


Abb. 63: Ergebnisse Bestand Zimmergröße (absolute Häufigkeit)

Bestand, je 2592 Varianten			<25 °C	≥25, <27	≥27, <30	≥30 °C	kleinster Wert [°C]	Mittel - Wert [°C]	größter Wert [°C]	
			[%]	[%]	[%]	[%]				
Zimmergröße	klein	min	15,4	25,3	38,0	21,3	23,0	27,9	36,7	
		groß	9,1	23,1	38,5	29,3	23,6	28,6	37,9	
	groß	max	2,3	14,3	38,5	44,9	24,1	29,8	39,9	
		klein	0,2	11,3	32,6	55,9	24,7	30,8	41,9	
			nein [%]	ja [%]	Sommertauglichkeit					
	klein	86,3	13,7							
groß	90,9	9,1								

Tabelle 25: Ergebnisse Bestand Zimmergröße (relative Häufigkeit [%])

Diese Eigenschaftsgruppe wird von einer Vielzahl an Faktoren beeinflusst. So besitzen die Räume unterschiedliche Oberflächenverhältnisse innen und außen, andere Fensterflächen und differierende wechselnde Luftmengen.

Bei der Sommertauglichkeit schneiden kleine Räume (ein Erwachsener) mit 13,7% (ja) ein wenig besser ab als große Räume mit 9,1%. Die Temperaturgruppe über 30°C am Tag(max) bringt einen Unterschied von 55,9% (groß) zu 44,9% (klein). Die Differenz bei der Gruppe über 27°C in der Nacht ist mit 67,8% (groß) zu 59,3% (klein) ähnlich.

Die Mittelwerte der empfundenen Temperatur weichen um ca.1°K zu Gunsten des kleineren Raumes ab. Sowohl bei den größten Werten (Differenz 2,0°K max) als auch bei den kleinsten Werten (Differenz 0,6°K) liegt der kleine Raum leicht unter dem größeren.

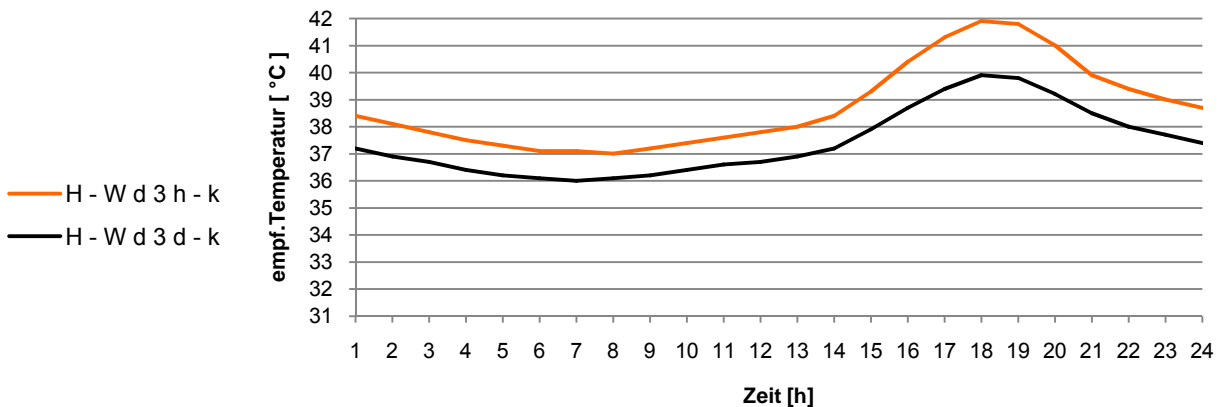


Abb. 64: Beispiel Tagesverlauf Zimmergröße (Bestand)

10.10 Auswertung Bestand Verschattungseinrichtungen:

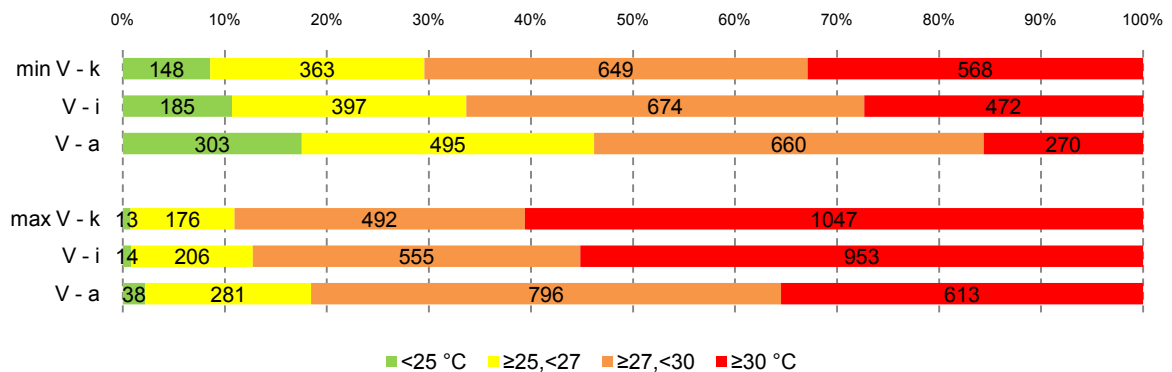


Abb. 65: Ergebnisse Bestand Verschattungseinrichtungen (absolute Häufigkeit)

Bestand, je 1728 Varianten			<25 °C	≥25, <27	≥27, <30	≥30 °C	kleinster Wert [°C]	Mittel - Wert [°C]	größter Wert [°C]	
			[%]	[%]	[%]	[%]				
Verschattungseinrichtung	keine	min	8,6	21,0	37,6	32,9	23,1	28,8	37,9	
			innen	10,7	23,0	39,0	27,3	23,1	28,3	35,9
			außen	17,5	28,6	38,2	15,6	23,0	27,4	33,3
	keine	max	0,8	10,2	28,5	60,6	24,1	31,3	41,9	
			innen	0,8	11,9	32,1	55,2	24,2	30,4	39,0
			außen	2,2	16,3	46,1	35,5	24,1	29,1	35,4
			nein [%]	ja [%]	Sommertauglichkeit					
	keine	89,8	10,2							
	innen	89,1	10,9							
	außen	85,0	15,0							

Tabelle 26: Ergebnisse Bestand Verschattungseinrichtungen (relative Häufigkeit [%])

Erstaunlicherweise fallen die Unterschiede bezüglich der Verschattungseinrichtungen bei der Sommertauglichkeit mit 4,8% eher gering aus. Besonders die innenliegende Verschattung bringt bei der Sommertauglichkeit keinen erheblichen Vorteil. Die Temperaturgruppen zeigen die Vorteile eines außenliegenden Sonnenschutzes schon deutlicher. Mit 35,5% über 30°C am Tag und 53,8% über 27°C in der Nacht, schneiden diese Varianten doch deutlich besser ab als die Varianten ohne Verschattung (Tag 60,6% über 30°C, Nacht 70,5% über 27°C). Der große Unterschied (min 4,6°K, max 6,5°K) liegt bei den höchsten erreichten Temperaturen. Hier ist auch eine Verbesserung durch eine innenliegende Verschattung zu erkennen (siehe auch Abb. 66). Bei den kleinsten Werten sind keine Unterschiede ersichtlich. Es ist davon auszugehen, dass durch die erhöhte Nachtlüftung die Differenzen bei den kleinsten Werten bei den Varianten verschiedener Verschattungseinrichtungen kompensiert werden.

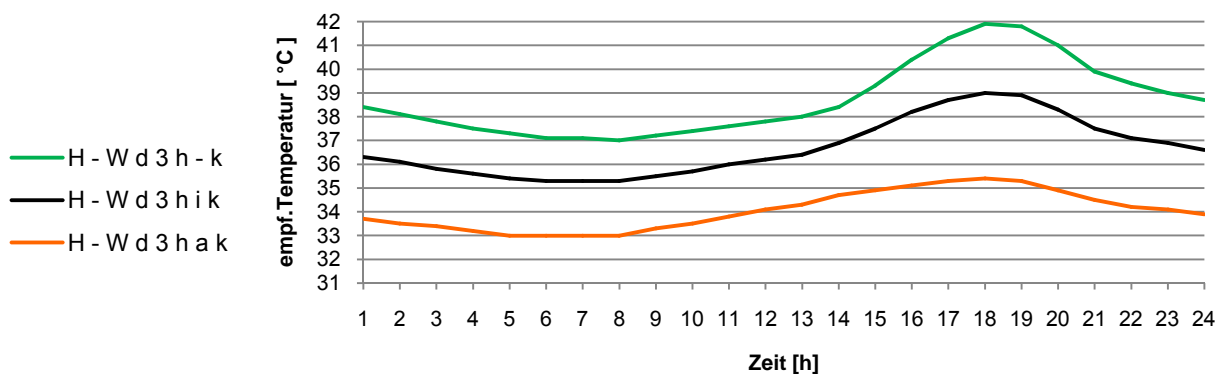


Abb. 66: Beispiel Tagesverlauf Verschattungseinrichtung (Bestand)

10.11 Auswertung Bestand Luftwechsel

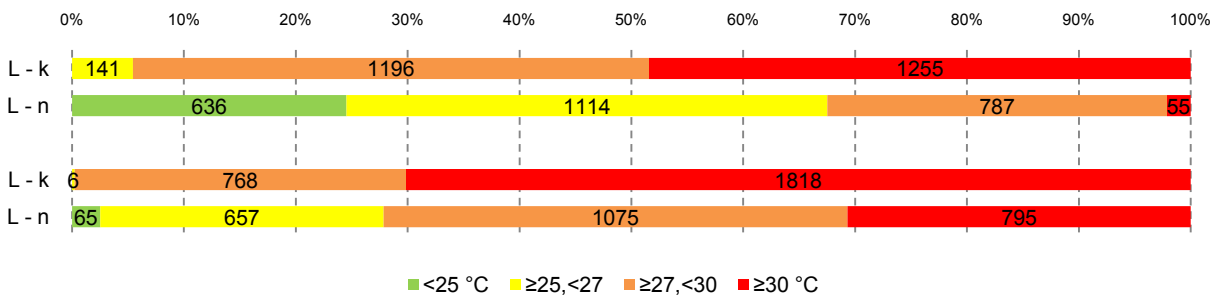


Abb. 67: Ergebnisse Bestand Luftwechsel (absolute Häufigkeit)

Bestand, je 2592 Varianten			<25 °C	≥25, <27	≥27, <30	≥30 °C	kleinster Wert [°C]	Mittel - Wert [°C]	größter Wert [°C]	
			[%]	[%]	[%]	[%]				
Luftwechsel	konstant	min	0,0	5,4	46,1	48,4	25,9	30,1	37,9	
	erh. Nachtl.		24,5	43,0	30,4	2,1	23,0	26,3	32,0	
	konstant	max	0,0	0,2	29,6	70,1	26,7	31,7	41,9	
	erh. Nachtl.		2,5	25,3	41,5	30,7	24,1	28,8	39,0	
			nein [%]	ja [%]	Sommertauglichkeit					
	konstant	100,0	0,0							
erh. Nachtlüftung	77,2	22,8								

Tabelle 27: Ergebnisse Bestand Luftwechsel (relative Häufigkeit [%])

Klar ersichtlich ist, dass Varianten ohne erhöhte Nachtlüftung nicht sommertauglich (0% (ja)) sind. So ist dieses Kriterium das einzige, welches über die Sommertauglichkeit allein entscheiden kann. Bei den Temperaturgruppen liegen die Häufigkeiten der Varianten mit erhöhter Nachtlüftung (max über 30°C 30,7%, min über 27°C 32,5%) deutlich unter denen der konstanten Lüftung (max über 30°C 70,1%, min über 27°C 94,6%). Die Differenzen der Mittelwerte liegen bei 3,8°K (min) und bei 2,9°K (max). Dies und die kleinsten Werte lassen den Schluss zu, dass die erhöhte Nachtlüftung auch entscheidend bei der nächtlichen Abkühlung der Räume ist. Die größten Werte können jedoch auch bei erhöhter Nachtlüftung sehr hoch ausfallen. So gibt es auch hier Räume, deren Temperatur bis auf 39,0°C am Tag ansteigt bzw. nicht unter 32°C absinkt.

Die Auswirkungen der Lüftungsmöglichkeit auf das thermische Verhalten des Raumes ist in der Abb. 68 gut ersichtlich (orange erhöhte Nachtlüftung, schwarz konstante Lüftung).

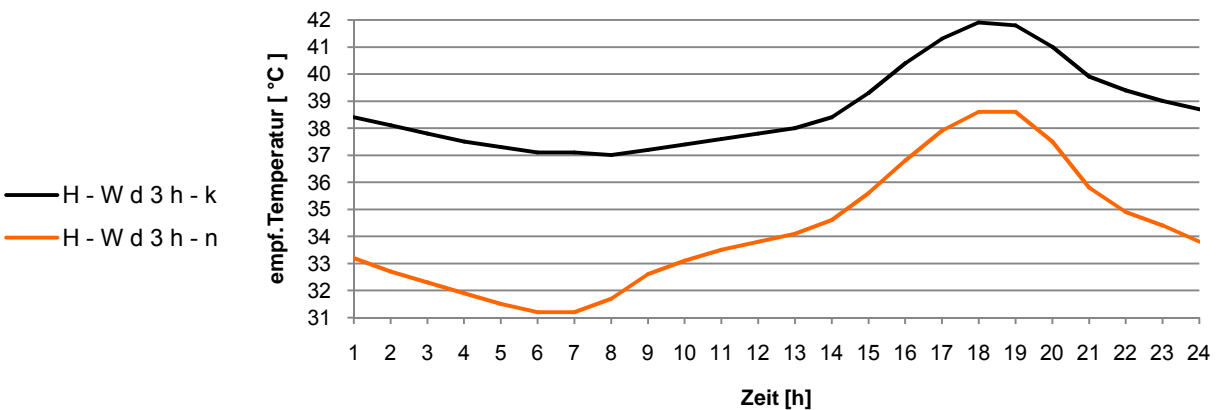


Abb. 68: Beispiel Tagesverlauf Luftwechsel (Bestand)

10.12 Auswertung Bestand Kombinationen Sommertauglichkeit:

Um detailliertere Aussagen über die Sommertauglichkeit treffen zu können, werden einzelne Eigenschaften miteinander kombiniert. Zur Auswertung werden nur noch die Grenzwerte (Tag $\leq 27^{\circ}\text{C}$, Nacht $\leq 25^{\circ}\text{C}$) des Nachweises durch den Tagesverlauf der Raumtemperatur herangezogen. Die Anzahl beschreibt die Häufigkeit des Kriteriums in absoluten Zahlen. Alle Bestandsvarianten zusammen sind 5184. Da die Hälfte aller Varianten (50%) mit erhöhtem nächtlichem Luftwechsel gerechnet wurde, ergibt dies die Anzahl von 2592 (50% aller Varianten). Von diesen 2592 Varianten entsprechen 590 den Kriterien der Sommertauglichkeit, was 22,8% (von 2592) entspricht. Die auf der linken Seite der Tabelle 28 und der Tabelle 29 stehenden Kriterien werden als Hauptkriterien bezeichnet. Auf der rechten Seite werden die mit den Hauptkriterien kombinierten Kriterien aufgelistet. Die fett geschriebenen Kriterien werden direkt mit den Hauptkriterien kombiniert. Die mit dem Symbol > gekennzeichneten Varianten sind Kombinationen aus dem Hauptkriterium (links), dem ersten Kombinationskriterium und einem zweiten Kombinationskriterium, usw. (siehe Tabelle 28, Tabelle 29)

Es ist zu beachten, dass die Luftwechselvarianten nicht in die Kombination einfließen, da bei konstantem Luftwechsel keine Sommertauglichkeit möglich ist. Im Umkehrschluss bedeutet dies eine Verdoppelung der positiven Ergebnisse eines Kriteriums bei erhöhter Nachtlüftung (z.B. Ergebnis 50% kombiniert mit dem Kriterium erhöhte Nachtlüftung = 100% Sommertauglichkeit).

Hauptkriterien	Häufigkeit		sommertauglich		Kriterien - Kombinationen	Häufigkeit		sommertauglich	
	Anzahl	%	Anzahl	%		Anzahl	%	Anzahl	%
alle Varianten	5184	100	590	11,4					
LW konstant	2592	50	0	0,0					
LW Nachtlüftung	2592	50	590	22,8					
Ost	1296	25	113	8,7	Verschattung keine	432	8,3	20	4,6
					> große Fenster	216	4,2	0	0,0
					Verschattung außen	432	8,3	53	12,3
					> große Fenster	216	4,2	1	0,5
					>> hell	72	1,4	1	1,4
					> kleine Fenster	216	4,2	52	24,1
Süd	1296	25	159	12,3	Verschattung keine	432	8,3	40	9,3
					> große Fenster	216	4,2	0	0,0
					Verschattung außen	432	8,3	72	16,7
					> große Fenster	216	4,2	21	9,7
					>> hell	72	1,4	18	25,0
					> kleine Fenster	216	4,2	51	23,6
West	1296	25	113	8,7	Verschattung keine	432	8,3	20	4,6
					> große Fenster	216	4,2	0	0,0
					Verschattung außen	432	8,3	54	12,5
					> große Fenster	216	4,2	1	0,5
					>> hell	72	1,4	1	1,4
					> kleine Fenster	216	4,2	53	24,5
Nord	1296	25	205	15,8	Verschattung keine	432	8,3	63	14,6
					> große Fenster	216	4,2	3	1,4
					Verschattung außen	432	8,3	80	18,5
					> große Fenster	216	4,2	20	9,3
					>> hell	72	1,4	18	25,0
					> kleine Fenster	216	4,2	60	27,8
hell	1728	33,33	438	25,3	Verschattung außen	576	11,1	182	31,6
mittel	1728	33,33	114	6,6	Verschattung innen	576	11,1	37	6,4
dunkel	1728	33,33	38	2,2	Verschattung keine	576	11,1	9	1,6

Tabelle 28: Ergebnisse Bestand Kombinationen

Bei Räumen mit großen Fenstern ohne Sonnenschutz sind die Grenzwerte der Sommertauglichkeit, unabhängig von der Orientierung so gut wie nicht zu erreichen (Nord 1,4%). Berechnet man diese Räume aber mit einem außenliegenden Sonnenschutz, so erreicht man zumindest auf der Süd- (9,7%) und Nordseite (9,3%) eine leichte Verbesserung. Kombiniert man diese Räume auch noch mit einer hellen Fassadenoberfläche, so erweisen sich auf der Nord- und Südseite schon 25% der Varianten als sommertauglich, durch die weitere Kombination mit erhöhter Nachtlüftung wären es 50%. Im Gegensatz zur Nord- und Südorientierung sind die Verbesserungen (Kombinationen) der Sommertauglichkeit auf der Ost- und Westseite kaum zu erkennen. So ergibt die Kombination Ost oder West, > große Fenster, > außenliegender Sonnenschutz, > helle Fassadenoberfläche nur eine Sommertauglichkeit von 1,4% (durch Kombination mit erhöhter Nachtlüftung 2,8%). Im Gegensatz zu den Varianten mit großen Fenstern erweisen sich die Kombinationen mit kleinen Fenstern und außenliegendem Sonnenschutz als relativ orientierungsunabhängig (Ost 24,1%, Nord 27,8%). Auf jeden Fall sind Kombinationen mit heller Fassadenoberfläche und außenliegendem Sonnenschutz (31,6%) jenen mit dunkler Fassadenoberfläche ohne Verschattungseinrichtungen (1,6%) vorzuziehen.

Hauptkriterien	Häufigkeit		sommertauglich		Kriterien - Kombinationen	Häufigkeit		sommertauglich	
	Anzahl	%	Anzahl	%		Anzahl	%	Anzahl	%
letzes Geschoß	2592	50	215	8,3	WG Ecke	1728	33,3	141	8,2
					WG innen	864	16,7	74	8,6
vorletzes Geschoß	2592	50	375	14,5	WG Ecke	1728	33,3	212	12,3
					WG innen	864	16,7	163	18,9
WG Ecke	3456	66,67	353	10,2	hell	1152	22,2	296	25,7
					dunkel	1152	22,2	2	0,2
WG innen	1728	33,33	237	13,7	hell	576	11,1	142	24,7
					dunkel	576	11,1	36	6,3
Fenster klein	2592	50	540	20,8	Ost	648	12,5	112	17,3
					Süd	648	12,5	138	21,3
					West	648	12,5	112	17,3
					Nord	648	12,5	178	27,5
Fenster groß	2592	50	50	1,9	Ost	648	12,5	1	0,2
					Süd	648	12,5	21	3,2
					West	648	12,5	1	0,2
					Nord	648	12,5	27	4,2
Zimmer klein	2592	50	355	13,7	Fenster klein	1296	25,0	305	23,5
					Fenster groß	1296	25,0	50	3,9
Zimmer groß	2592	50	235	9,1	Fenster klein	1296	25,0	235	18,1
					Fenster groß	1296	25,0	0	0,0
Verschattung keine	1728	33,33	177	10,2	Fenster klein	864	16,67	140	16,2
					>hell	288	5,556	110	38,2
					Fenster groß	864	16,67	3	0,3
					>hell	288	5,556	3	1,0
Verschattung innen	1728	33,33	188	10,9	Fenster klein	864	16,67	184	21,3
					>hell	288	5,556	139	48,3
					Fenster groß	864	16,67	4	0,5
					>hell	288	5,556	4	1,4
Verschattung außen	1728	33,33	259	15,0	Fenster klein	864	16,67	216	25,0
					>hell	288	5,556	144	50,0
					Fenster groß	864	16,67	43	5,0
					> hell	288	5,556	38	13,2

Tabelle 29: Ergebnisse Bestand Kombinationen

Bei Kombinationen von außenliegender Verschattung, kleinen Fenstern, heller Fassadenoberfläche und erhöhter Nachtlüftung ergibt sich eine garantierte Sommertauglichkeit bei den berechneten Varianten. Wie bereits erwähnt, verhalten sich die Varianten mit großen Fenstern problematischer. Diese erreichen bei gleicher Kombination nur 26,4% Sommertauglichkeit.

Als garantiert sommeruntaugliche Varianten haben sich Kombinationen von großen Zimmern mit großen Fenstern erwiesen, wobei dies eher auf das große Fenster zurückzuführen ist.

Weitere nahezu sommeruntaugliche Varianten (0,2%) sind Kombinationen von Eckzimmern mit dunkler Fassade. Bei den Eckzimmern hat die Oberfläche der Fassade durch die große Fläche eine besonders große Bedeutung. Die Kombination des Eckzimmers mit heller Fassadenoberfläche schneidet mit 25,7% sommertauglicher Varianten deutlich besser ab.

Im letzten Geschoss ergeben sich, im Gegensatz zum vorletzten Geschöß, kaum Unterschiede zwischen innenliegenden Räumen und Eckräumen.

Zusammenfassend kann zu den berechneten Bestandsvarianten gesagt werden, dass keine Eigenschaft für sich alleine Sommertauglichkeit garantieren kann. Jedoch hat es sich als unverzichtbar erwiesen, den Raum während der Nacht durch einen erhöhten Luftwechsel abzukühlen. Es gibt Kombinationen, welche sich durch eine größere Häufigkeit an sommertauglichen Varianten auszeichnen, oder sogar Sommertauglichkeit bei den berechneten Varianten garantieren können.

11 Auswertung Sanierung:

Wie schon erwähnt, wird bei der Berechnung der Sanierungsvarianten auf einige Eigenschaften verzichtet. Bei dem Absorptionsgrad der Hülle wird in der Auswertung nur noch die helle Oberfläche berücksichtigt. Im Kapitel 11.2.9 (Oberfläche Hülle) werden die Auswirkungen des Absorptionsgrades direkt miteinander verglichen, dort ist die Hülle der Fassade auch mit mittlerer Oberfläche enthalten. Beim Sonnenschutz wird auf die Variante ohne Verschattungseinrichtungen verzichtet, da davon ausgegangen wird, dass es für jeden Bewohner möglich ist, zumindest einen innenliegenden Sonnenschutz anzubringen. So werden in den berechneten Sanierungsvarianten innen und außenliegende Verschattungseinrichtungen berücksichtigt. Die Sanierungsvariante 5 stellt eine Sonderform (Verschattung der Fassade durch zB. Fassadenbegrünung) der Fassade dar und wird in den allgemeinen Auswertungen, wenn nicht dezidiert beschrieben, nicht berücksichtigt.

Im ersten Teil der Auswertung der Sanierungsvarianten wird kurz auf die Sommertauglichkeit und das Temperaturverhalten nach der Sanierung eingegangen und mit den hellen Bestandsvarianten (Verschattung innen und außen) verglichen.

Der zweite Teil der Auswertung der Sanierungsvarianten, beschäftigt sich mit den entstehenden Temperaturdifferenzen. Hierzu werden die Ergebnisse der Sanierungsvarianten mit denen der Bestandsvarianten verglichen und die Unterschiede in °K ausgewertet.

Die Auswertung erfolgt, wie bei den Bestandsvarianten durch Häufigkeiten (hier jedoch Temperaturänderungen) und durch die Mittel- und Extremwerte.

11.1 Vergleich Temperaturen und Sommertauglichkeit Bestand zu Sanierung:

11.1.1 Temperaturen und Sommertauglichkeit der Sanierungsvarianten:

Hier werden die berechneten Sanierungsvarianten mit dem bereits gerechneten Bestand verglichen. Es werden nur noch Varianten mit hellen Oberflächen und Sonnenschutz (innen und außen) berücksichtigt.

Bestand + San, je 1152 Varianten			<25 °C	≥25, <27	≥27, <30	≥30 °C	kleinster Wert [°C]	Mittel - Wert [°C]	größter Wert [°C]
			[%]	[%]	[%]	[%]			
Sanierungsvarianten	min	Bestand	32,0	25,2	37,2	5,6	23,0	26,5	34,1
		San1	31,2	13,8	37,6	17,4	22,8	27,2	36,1
		San2	31,2	13,6	37,7	17,5	22,8	27,3	36,1
		San3	32,1	13,2	35,5	19,2	22,7	27,3	36,4
		San5	32,1	16,1	35,3	16,4	22,7	27,1	36,0
	max	Bestand	3,6	27,0	48,1	21,4	24,1	28,2	36,9
		San1	10,8	19,1	37,3	32,8	23,8	28,9	39,5
		San2	10,8	19,1	36,6	33,5	23,8	28,9	39,5
		San3	12,8	17,0	36,3	33,9	23,8	29,0	39,3
		San5	14,3	16,4	38,1	31,2	23,8	28,7	39,5

Tabelle 30: Vergleich empfundene Temperaturen Bestand - Sanierungsvarianten

Die Sanierungsvarianten verhalten sich alle sehr ähnlich. Bei den Temperaturgruppen liegen sie am Tag (über 30°C) mit 31,2% (San5) bis 33,9% (San3) leicht über den Bestandsvarianten (21,4%). Auch in der Nacht (über 27°C) zeigt sich mit 51,7% (San5) bis 55,0% (San3) gegenüber dem Bestand (42,8%) ein ähnliches Bild.

Die Mittelwerte der Sanierungsvarianten liegen 0,5°K (San5) bis 0,8°K über den Bestandsvarianten. Deutlichere Unterschiede sind bei den höchsten Temperaturen zu erkennen. Sie liegen um bis zu 2,6°K (max) höher als die des Bestandes. Bei den niedrigsten Temperaturen lässt sich eine leichte Verbesserung bei den Sanierungsvarianten feststellen (bis zu 0,3°K).

Hauptkriterien	Häufigkeit		tauglich	
	Anzahl	%	Anzahl	%
alle Varianten	5760	100,0	1668	29,0
Bestand	1152	20,0	331	28,7
San1	1152	20,0	331	28,7
San2	1152	20,0	330	28,6
San3	1152	20,0	331	28,7
San5	1152	20,0	345	29,9

Tabelle 31: Vergleich Sommertauglichkeit Bestand - Sanierung

Wie bei der empfundenen Raumtemperatur, verhalten sich die Sanierungsvarianten auch bei der Sommertauglichkeit sehr ähnlich. Doch ist gegenüber dem Bestand kein Unterschied bei der Häufigkeit der sommertauglichen Varianten auszumachen. Nur die Sanierungsvariante 5 schneidet mit 29,9% etwas besser ab als alle anderen Varianten (28,6 bis 28,7%).

Der Vergleich der Bestands mit den Sanierungsvarianten lässt den Schluss zu, dass die empfundenen Raumtemperaturen unbedenklicher Räume gleich bleiben oder sogar leicht sinken, bei kritischen Räumen (mit hohen Raumtemperaturen im Sommer) aber mit zum Teil erheblichen Temperaturanstiegen zu rechnen ist.

11.1.2 Sommertauglichkeit Sanierungen Kombinationen:

Bei der Betrachtung der Sommertauglichkeit der verschiedenen Eigenschaften und Eigenschaftsgruppen werden nur die Sanierungsvarianten (Bestand nicht enthalten) berücksichtigt. Durch den Ausschluss der erwähnten Kriterien liegt die Häufigkeit der berechneten sommertauglichen Varianten im Vergleich zu den Bestandsvarianten deutlich höher, was aber keine direkte Verbesserung bedeutet.

Hauptkriterien	Häufigkeit		tauglich	
	Anzahl	%	Anzahl	%
alle Varianten	3456	100,0	992	28,7
Beton	1152	33,3	327	28,4
Holzbeton	1152	33,3	341	29,6
Ziegel	1152	33,3	324	28,1
1	576	16,7	162	28,1
2	576	16,7	166	28,8
3	576	16,7	164	28,5
4	576	16,7	167	29,0
5	576	16,7	162	28,1
6	576	16,7	171	29,7
LW konstant	1728	50,0	0	0,0
LW Nachtlüftung	1728	50,0	992	57,4

Tabelle 32 Sommertauglichkeit Sanierung Hauptkriterien

Bei der Bauweise ist, wie auch bei den Bestandsvarianten (Differenz 0,5%), nach der Sanierung (Differenz 1,2%) kaum ein Unterschied bei der Häufigkeit der sommertauglichen Varianten festzustellen.

Bei der Lage des Raumes im Gebäude lässt sich nach der Sanierung (Differenz 1,6%) ein Rückgang der Differenzen der Häufigkeiten im Vergleich zu den Bestandsvarianten (Differenz 10,2%) erkennen. So hat die Lage kaum noch Auswirkungen auf die Sommertauglichkeit des Raumes.

Wie bei den Bestandsvarianten ist auch nach der Sanierung der Luftwechsel das entscheidende Kriterium zu Erreichung der Sommertauglichkeit. Ohne erhöhte Nachtlüftung ist Sommertauglichkeit nicht möglich. Die Erklärung der Tabelle 33 ist im Kapitel 10.12, Seite 59 beschrieben.

Hauptkriterien	Häufigkeit		tauglich		Kriterien - Kombinationen	Häufigkeit		tauglich	
	Anzahl	%	Anzahl	%		Anzahl	%	Anzahl	%
alle Varianten	3456	100,0	992	28,7					
Ost	864	25,0	221	25,6	Verschattung innen	432	12,5	108	25,0
					> große Fenster	216	6,3	0	0,0
					Verschattung außen	432	12,5	113	26,2
					> große Fenster	216	6,3	5	2,3
Süd	864	25,0	273	31,6	Verschattung innen	432	12,5	108	25,0
					> große Fenster	216	6,3	0	0,0
					Verschattung außen	432	12,5	165	38,2
					> große Fenster	216	6,3	57	26,4
West	864	25,0	216	25,0	Verschattung innen	432	12,5	108	25,0
					> große Fenster	216	6,3	0	0,0
					Verschattung außen	432	12,5	108	25,0
					> große Fenster	216	6,3	0	0,0
Nord	864	25,0	282	32,6	Verschattung innen	432	12,5	120	27,8
					> große Fenster	216	6,3	12	5,6
					Verschattung außen	432	12,5	162	37,5
					> große Fenster	216	6,3	54	25,0
letztes Geschoß	1728	50,0	488	28,2	WG Ecke	1152	33,3	324	28,1
					WG innen	576	16,7	164	28,5
vorletztes Geschoß	1728	50,0	504	29,2	WG Ecke	1152	33,3	337	29,3
					WG innen	576	16,7	167	29,0
WG Ecke	2304	66,7	661	28,7					
WG innen	1152	33,3	331	28,7					
Fenster klein	1728	50,0	864	50,0					
Fenster groß	1728	50,0	128	7,4	Ost	432	12,5	5	1,2
					Süd	432	12,5	57	13,2
					West	432	12,5	0	0,0
					Nord	432	12,5	66	15,3
Zimmer klein	1728	50,0	557	32,2	Fenster groß	864	25,0	125	14,5
Zimmer groß	1728	50,0	435	25,2	Fenster groß	864	25,0	3	0,3
Verschattung innen	1728	50,0	444	25,7	Fenster groß	864	25,0	12	1,4
Verschattung außen	1728	50,0	548	31,7	Fenster groß	864	25,0	116	13,4

Tabelle 33: Ergebnisse Sommertauglichkeit Sanierung, Kombinationen

Wie auch bei den Bestandsvarianten ist die Fenstergröße neben dem Luftwechsel das entscheidende Kriterium für die Sommertauglichkeit. Varianten mit kleinen Fenstern bei erhöhter Nachtlüftung sind alle sommertauglich. Dagegen erfüllen Kombinationen mit großen Fenstern, bei innenliegendem Sonnenschutz (5,6%) die Anforderungen an die Sommertauglichkeit so gut wie gar nicht. Bei außenliegendem Sonnenschutz und Orientierung nach Norden (25,0%) oder Süden (26,4%) lassen sich erhebliche Unterschiede zu den Orientierungen Ost und West (0,0%) feststellen.

Die Bedeutung der Lage des Raumes im Gebäude hat sich verringert, so besteht kaum noch ein Unterschied zwischen letztem (28,2%) und vorletztem Geschoss (29,2%). Zwischen Eckräumen (28,7%) und Räumen im Gebäudeverband (28,7) ist kein Unterschied der Häufigkeit der sommertauglichen Varianten nach der Sanierung zu erkennen.

Bei den Verschattungseinrichtungen differieren die sommertauglichen Sanierungsvarianten mit innenliegendem (25,7%) und außenliegendem (31,7%) Sonnenschutz um nur 6%.

11.2 Veränderung der Temperaturen durch die Sanierung:

Die Auswertung der Temperaturänderungen erfolgt zum einen durch die Häufigkeit der Differenzen in einem bestimmten Temperaturbereich und zum anderen über die Mittel- und Extremwerte der einzelnen Eigenschaften.

Beispielhaft sind Veränderungen des Temperaturverlaufes für verschiedene Varianten ausgewiesen. Die Bestandskurven werden durch unterbrochene Linien, die entsprechenden Sanierungsvarianten in vollen Linien dargestellt. Die Farbe der Linien definiert die gleiche Variante vor und nach der Sanierung.

11.2.1 Temperaturänderung Sanierung Bauweise:

Sanierung, je 1152 Varianten			<0 °K	≥0, <1	≥1, <3	≥3 °K	kleinster Wert [°K]	Mittel - Wert [°K]	größter Wert [°K]	
			[%]	[%]	[%]	[%]				
Bauweise	Beton	min	29,9	42,2	27,2	0,7	-0,8	0,6	3,5	
	Holzbeton		27,0	32,6	36,0	4,4	-1,0	0,8	4,2	
	Ziegel		27,1	26,0	39,8	7,0	-1,0	1,0	4,8	
	Beton	max	33,8	38,9	26,6	0,8	-0,9	0,5	3,5	
	Holzbeton		30,5	25,8	39,9	3,8	-1,0	0,8	4,0	
Ziegel	29,6		22,1	42,4	5,8	-1,2	0,9	4,7		

Tabelle 34: Temperaturveränderung nach Sanierung, Bauweise

Die Veränderungen der empfundenen Raumtemperatur bezüglich der Bauweise weisen doch erhebliche Unterschiede in der Häufigkeit der Anstiege auf. Ist bei den Varianten Beton ein Temperaturanstieg bei 27,9% (min) bzw. von 27,4% (max) der Varianten zu sehen, sind es beim Ziegel schon 46,8% (min) bzw. 48,2% (max). Bei der Häufigkeit der Temperaturminderungen (<0°K) liegen die verschiedenen Bauweisen mit 29,6% (Ziegel max) und 33,8% (Beton max) nahe beisammen.

Beim Mittelwert und beim kleinsten Wert sind nur geringe Unterschiede festzustellen. Bei allen Bauweisen zeigen die Mittelwerte einen Temperaturanstieg (0,5°K bis 1,0°K). Größere Unterschiede ergeben sich bei den höchsten Temperaturanstiegen, hier schneidet Beton mit 3,5°K besser ab als Spanbeton mit 4,2°K (min und Ziegel mit 4,8°K (min)).

Bei allen drei Bauweisen kann es aber sowohl zu einer Verminderung, als auch zu einem Anstieg der Temperaturen kommen, wobei die Zunahmen deutlich höher ausfallen als die Abnahmen. Beispielhaft dafür sind die Tagesverläufe der empfundenen Raumtemperaturen der Abb. 69. In der linken Abbildung ist ein Anstieg um 4°K bei Ziegel (orange), auf der rechten Seite eine leichte Temperaturminderung um ca. 1°K zu sehen.

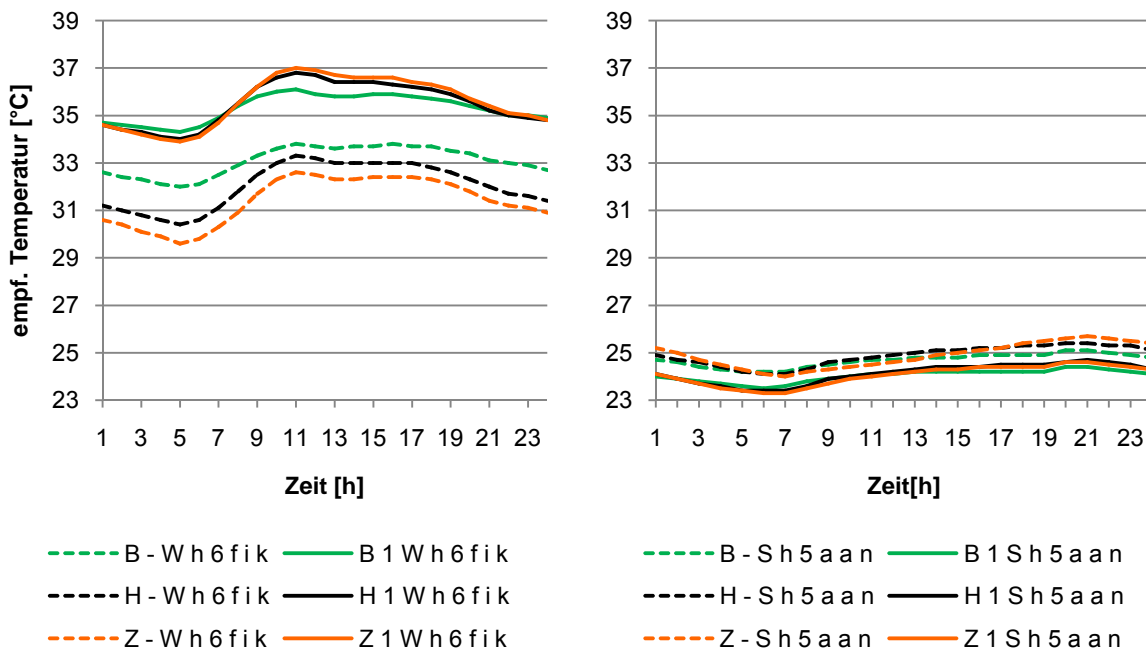


Abb. 69: Beispiele Temperaturveränderungen im Tagesverlauf, Bauweise (Sanierung)

11.2.2 Temperaturänderung Sanierung Orientierung:

Sanierung, je 864 Varianten			<0 °K	≥0,<1	≥1,<3	≥3 °K	kleinster Wert [°K]	Mittel - Wert [°K]	größter Wert [°K]
			[%]	[%]	[%]	[%]			
Orientierung	min	Ost	25,7	31,8	35,8	6,7	-0,8	0,9	4,7
		Süd	33,6	34,1	30,7	1,6	-1,0	0,6	3,4
		West	26,0	31,3	35,8	6,9	-0,8	0,9	4,8
		Nord	26,7	37,2	35,2	0,9	-0,9	0,7	3,2
	max	Ost	28,1	27,2	38,3	6,4	-1,0	0,9	4,7
		Süd	39,4	28,6	31,1	0,9	-1,2	0,5	3,2
		West	27,0	27,7	39,2	6,1	-1,0	0,9	4,6
		Nord	30,7	32,3	36,6	0,5	-1,0	0,6	3,1

Tabelle 35: Temperaturveränderung nach Sanierung, Orientierung

Die Orientierung Süd (32,0% min) weist die geringste Häufigkeit der Temperaturanstiege bei der Gruppe $\geq 1^\circ\text{K}$ auf. Osten und Westen zeigen mit 44,7% (min) und 45,3% (min) die größte Häufigkeit in dieser Gruppe, der Norden liegt mit 37,1% im mittleren Bereich. Bei der Gruppe der Temperaturverminderungen schneidet auch der Süden (39,4% min) am besten ab.

Alle Orientierungen zeigen eine größere Häufigkeit bei den Temperaturanstiegen als bei den Temperaturminderungen, wie auch bei den Mittelwerten ersichtlich ist (0,5-0,9°K). Die Unterschiede bei den kleinsten und Mittelwerten sind zwischen den Varianten sehr gering (höchstens 0,4°K). Bei den höchsten Temperaturanstiegen zeigt sich eine klare Teilung der Varianten in Nord-Süd (bis 3,4°K min) und Ost-West (bis 4,8°K min). In der Abb. 70 ist der Unterschied zwischen Anstieg (ca. 4°K) und Abnahme (ca. 1°K) der Temperatur zu sehen.

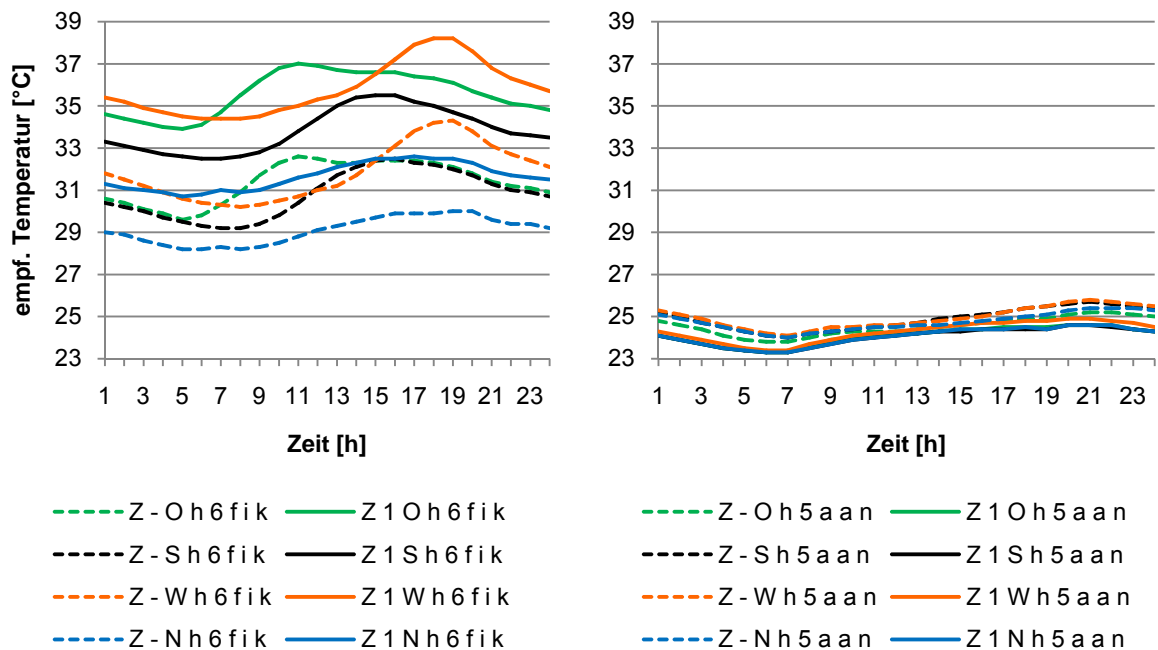


Abb. 70: Beispiele Temperaturveränderungen im Tagesverlauf, Orientierung(Sanierung)

11.2.3 Temperaturänderung Sanierungsvarianten:

Sanierung, je 1152 Varianten			<0 °K	≥0, <1	≥1, <3	≥3 °K	kleinster Wert [°K]	Mittel - Wert [°K]	größter Wert [°K]
			[%]	[%]	[%]	[%]			
Sanierungs- Varianten	San1	min	28,0	35,7	33,2	3,2	-0,8	0,7	4,4
	San2		28,0	35,0	33,6	3,5	-0,8	0,8	4,5
	San3		28,1	30,1	36,3	5,5	-1,0	0,8	4,8
	San5		31,2	37,5	28,5	2,9	-1,1	0,6	4,4
	San1	max	30,9	31,3	34,8	3,0	-1,1	0,7	4,4
	San2		30,7	30,6	35,5	3,1	-1,1	0,7	4,4
	San3		32,2	24,8	38,6	4,3	-1,2	0,8	4,7
	San5		33,9	35,0	28,7	2,3	-1,4	0,5	4,4

Tabelle 36: Temperaturveränderung nach Sanierung, Sanierungsvarianten

Die Sanierungsvarianten weisen wie bei der Sommertauglichkeit und den absoluten Temperaturen auch bei den Temperaturänderungen sehr ähnliche Werte auf.

Bedenklich ist die Häufigkeit der Temperaturanstiege (31,0 bis 42,9% $\geq 1^\circ\text{K}$, max) und die Höhen (4,4°K bis 4,8°K, min), die erreicht werden können.

So gut wie keine Unterschiede ergeben sich durch erhöhte Dämmstoffstärken (San3) oder durch hinterlüftete Fassaden (San2). Auch bei den kleinsten Werten (Differenz bis 0,3°K, max) und den Mittelwerten (Differenz bis 0,3°K, min) verhalten sich die Varianten der Sanierungen sehr ähnlich. Die Abb. 71 zeigt den möglichen Temperaturanstieg von ca. 3°K bei allen Sanierungsvarianten.

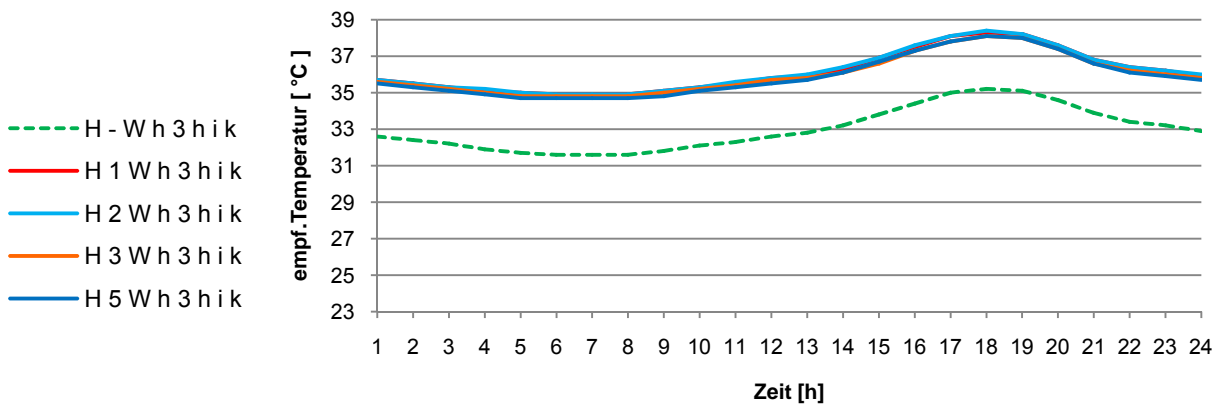


Abb. 71: Beispiele Temperaturveränderungen im Tagesverlauf, Bestand - Sanierungsvarianten (Sanierung)

Die Sanierungsvariante 5 nimmt wie bereits beschrieben eine Sonderstellung ein. Hiermit sollen die möglichen Auswirkungen von Fassadenbegrünungen abgeschätzt werden. Dabei ist anzumerken, dass diese Abschätzung das mögliche positive Maximum der direkten Auswirkungen auf die empfundene Temperatur des Raumes aufzeigt. Beim Vergleich mit der Sanierungsvariante 1 (gleiche Dämmstärke) zeigt sich ein nur sehr leichter positiver Einfluss. So liegt der Mittelwert der Sanierungsvariante 5 nur 0,1°K unter dem der Sanierungsvariante 1. Die größte Temperaturminderung der Sanierungsvariante 5 zur Sanierungsvariante 1 liegt bei 0,5°K.

Es kann gesagt werden, dass sich durch die Verschattung der Fassade bei thermisch sanierten Gebäuden kaum relevante positive Auswirkungen feststellen lassen. Andere positive Effekte von Gebäudebegrünungen (z.B Verdunstung) auf das Gebäude oder das Umfeld wurden hier nicht berücksichtigt.

11.2.4 Temperaturänderung Sanierung Lage im Gebäude:

Sanierung, je 576 Varianten		<0 °K	≥0,<1	≥1,<3	≥3 °K	kleinster Wert [°K]	Mittel - Wert [°K]	größter Wert [°K]	
		[%]	[%]	[%]	[%]				
Lage im Gebäude	min	1	28,0	30,9	35,8	5,4	-1,0	0,8	4,6
		2	26,9	30,4	36,8	5,9	-1,0	0,9	4,8
		3	29,9	36,8	31,3	2,1	-0,7	0,7	3,4
		4	28,0	42,4	29,3	0,3	-0,5	0,6	3,0
		5	28,5	29,9	36,5	5,2	-1,0	0,8	4,5
		6	26,9	31,3	36,5	5,4	-0,9	0,9	4,7
	max	1	30,0	25,2	40,1	4,7	-1,1	0,8	4,4
		2	29,9	26,0	39,4	4,7	-1,0	0,8	4,6
		3	34,2	31,4	32,6	1,7	-0,9	0,6	3,3
		4	35,4	37,2	27,4	0,0	-0,9	0,5	2,9
		5	29,5	26,0	39,8	4,7	-1,2	0,8	4,6
		6	28,6	27,8	38,5	5,0	-1,2	0,8	4,7

Tabelle 37: Temperaturveränderung nach Sanierung, Lage des Raumes im Gebäude

Es zeigt sich eine leichte Gruppierung der Veränderungen durch die Unterscheidung von innenliegenden Räumen (3,4) und Eckräumen (1,2,5,6). Sowohl bei der Gruppe der Temperaturanstiege $\geq 1^\circ\text{K}$ (2 max 44,1%, 4 max 27,4%), als auch bei den Mittelwerten (2 max $0,8^\circ\text{K}$, 4 max $0,5^\circ\text{K}$), und bei den größten Werten (2 max $4,6^\circ\text{K}$, 4 max $2,9^\circ\text{K}$) erweist sich die Lage im Gebäudeverband als vorteilhaft. Nur bei den kleinsten Werten (2 min $-1,0^\circ\text{K}$, 4 min $-0,5^\circ\text{K}$) schneiden die Eckräume ein wenig besser ab.

Bei den Temperaturveränderungen ist der Einfluss des obersten Geschosses (1,3,5) oder des vorletzten Geschosses (2,4,6) wie auch bei der Sommertauglichkeit nicht mehr wahrzunehmen.

Die Veränderungen der empfundenen Raumtemperatur reichen wie auch bei den anderen bisherigen Eigenschaften, von einer leichten Senkung bis zu einem erheblichen Anstieg, was auch in der Abb. 72 gut ersichtlich ist.

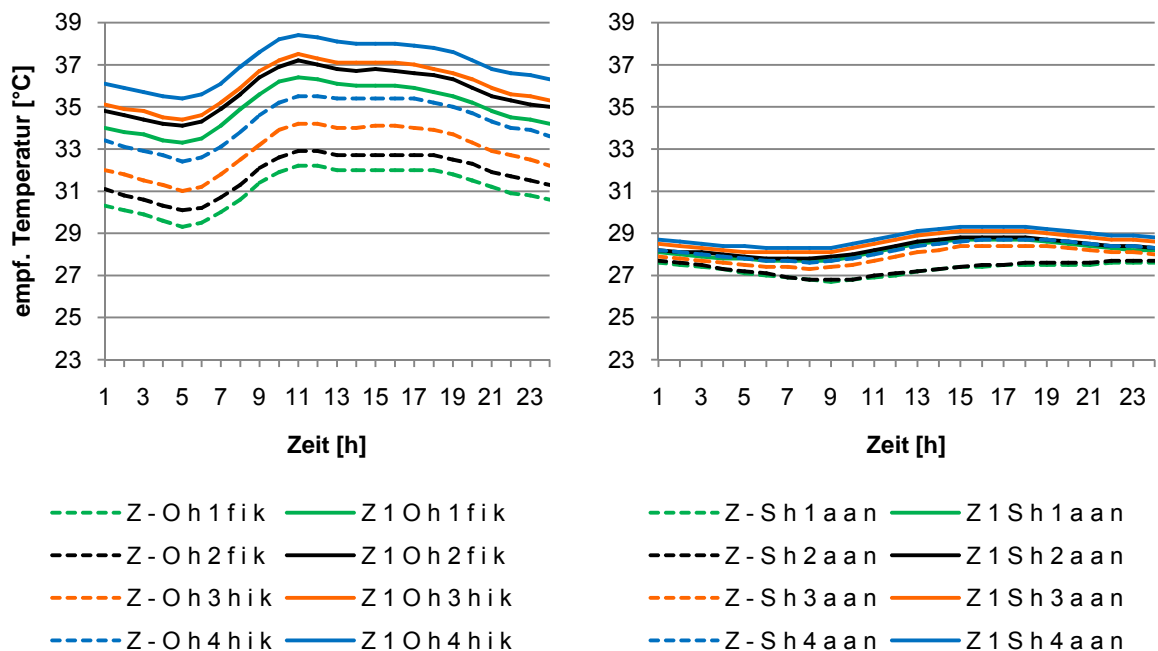


Abb. 72: Beispiele Temperaturveränderungen im Tagesverlauf, Lage des Raumes im Gebäude (Sanierung)

11.2.5 Temperaturänderung Sanierung Fensterfläche:

Sanierung, je 1728 Varianten			<0 °K	≥0,<1	≥1,<3	≥3 °K	kleinster Wert [°K]	Mittel - Wert [°K]	größter Wert [°K]
			[%]	[%]	[%]	[%]			
Fensterfläche	klein	min	49,7	26,0	24,4	0,0	-1,0	0,3	2,3
	groß		6,4	41,2	44,3	8,1	-0,5	1,3	4,8
	klein	max	49,4	25,3	25,3	0,0	-1,2	0,3	2,4
	groß		13,2	32,5	47,3	6,9	-0,9	1,2	4,7

Tabelle 38: Temperaturveränderung nach Sanierung, Fensterfläche

Bei allen untersuchten Veränderungshäufigkeiten und Werten erweisen sich die Sanierungsvarianten mit kleinen Fenstern, in Bezug auf das Sommerverhalten des Raumes als sehr positiv. So ist der Unterschied bei der Gruppe der Temperaturänderungen $\geq 1^\circ\text{K}$ von 24,4% (k min) zu 52,4% (g min) deutlich. Auch beim Mittelwert (0,3°K zu 1,3°K, max), bei den Temperaturminderungen (-0,5°K zu 1,0°K, min) und bei den größten Temperaturanstiegen (2,3°K zu 4,8°K) ergeben sich erhebliche Unterschiede.

Der Temperaturanstieg (Abb. 73 links) fällt bei der Variante mit großen Fenstern deutlich höher aus, als bei der Variante mit kleinen Fenstern. Die Temperaturminderung (rechtes Diagramm) ist erheblich geringer.

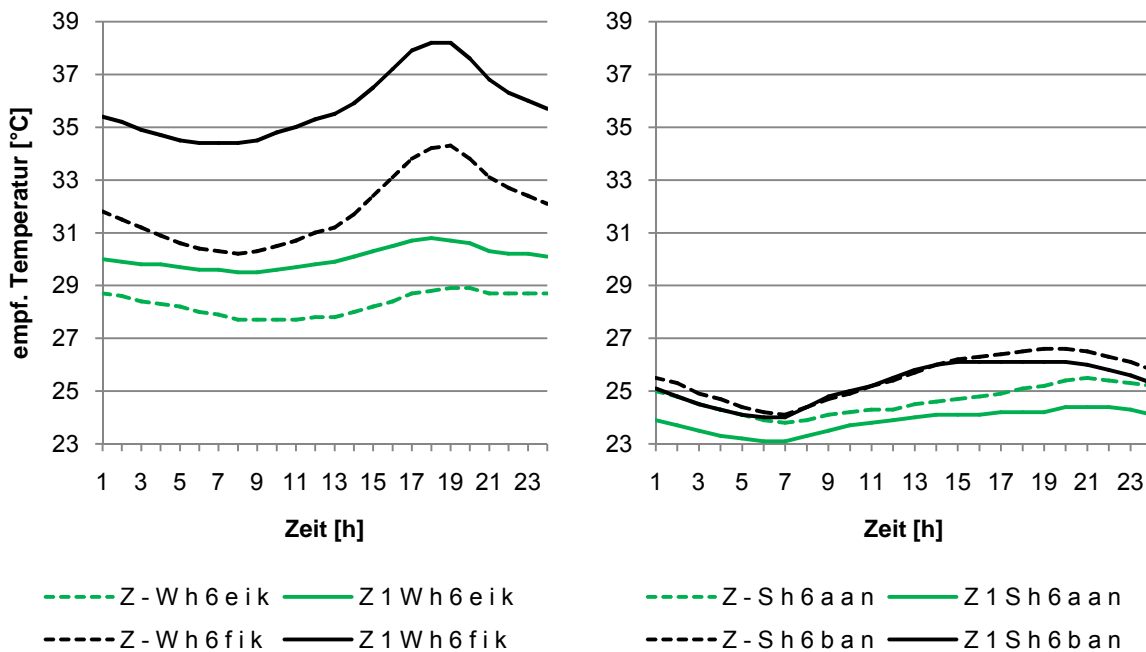


Abb. 73: Beispiele Temperaturveränderungen im Tagesverlauf, Fensterfläche (Sanierung)

11.2.6 Temperaturänderung Sanierung Zimmergröße:

Sanierung, je 1728 Varianten		<0 °K	≥0,<1	≥1,<3	≥3 °K	kleinster Wert [°K]	Mittel - Wert [°K]	größter Wert [°K]	
		[%]	[%]	[%]	[%]				
Zimmergröße	klein	min	31,3	38,0	28,5	2,3	-1,0	0,6	4,2
	groß		24,8	29,2	40,2	5,8	-0,7	1,0	4,8
	klein	max	36,1	31,8	29,9	2,2	-1,2	0,5	4,3
	groß		26,5	26,0	42,7	4,7	-0,8	0,9	4,7

Tabelle 39: Temperaturveränderung nach Sanierung, Zimmergröße

Die Temperaturanstiege bei den Sanierungsvarianten mit kleinen Räumen erweisen sich bei allen untersuchten Werten als geringer, als bei den Varianten mit größeren Räumen. 47,4% (max) der Varianten mit großen Räumen liegen in der Gruppe der Temperaturanstiege $\geq 1^\circ\text{K}$, bei den Varianten mit kleinen Räumen sind es mit 32,1% (max) etwas weniger.

Die Mittelwerte unterschieden sich um $0,4^\circ\text{K}$, bei den Werten der Temperaturminderung ist die Differenz mit $0,3^\circ\text{K}$ (max) ähnlich. Bei den höchsten Temperaturzunahmen liegen die Varianten der kleinen Räume mit $4,3^\circ\text{K}$ (min) leicht unter denen der großen Räume ($4,7^\circ\text{K}$, min). Der Temperaturanstieg kann aber bei beiden Raumgrößen hoch ausfallen.

Die Abbildung der Temperaturanstiege (Abb. 74 links) der Varianten zeigt neben den Temperaturunterschieden auch die stärkere Reaktion des großen Raumes auf die Orientierung nach Westen (Temperaturspitze um ca. 19 Uhr).

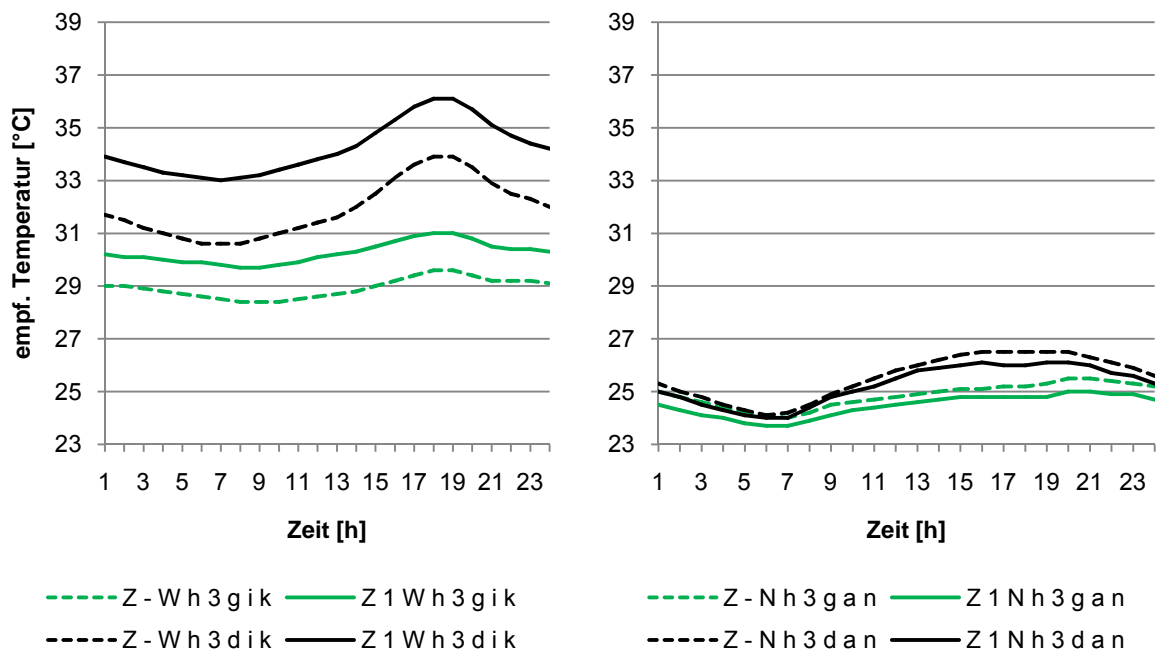


Abb. 74: Beispiele Temperaturveränderungen im Tagesverlauf, Zimmergröße (Sanierung)

11.2.7 Temperaturänderung Sanierung Verschattung:

Sanierung, je 1728 Varianten			<0 °K	≥0,<1	≥1,<3	≥3 °K	kleinster Wert [°K]	Mittel - Wert [°K]	größter Wert [°K]
			[%]	[%]	[%]	[%]			
Verschattungseinrichtung	innen	min	26,2	31,5	35,1	7,2	-0,9	0,9	4,8
	außen		29,8	35,6	33,6	0,9	-1,0	0,6	3,4
	innen	max	29,0	26,2	38,3	6,5	-1,0	0,9	4,7
	außen		33,6	31,7	34,4	0,4	-1,2	0,6	3,2

Tabelle 40: Temperaturveränderung nach Sanierung, Verschattungseinrichtungen

Die Auswirkungen der Sanierung auf die Rauminnentemperatur im Sommer unterscheiden sich bei den Varianten des Sonnenschutzes eher gering. Die Varianten mit außenliegendem Sonnenschutz sind positiver zu beurteilen. So liegt die Häufigkeit der Temperaturanstiege $\geq 1^\circ\text{K}$ bei den Varianten mit außenliegendem Sonnenschutz mit 34,8% (min) unter den 44,8% der Varianten mit innenliegender Verschattung. Die Differenzen bei den Häufigkeiten der Temperaturminderungen ($<0^\circ\text{K}$) fällt mit 4,6% (min) geringer aus. Die kleinsten erreichten Werte sind bei einem Unterschied von $0,2^\circ\text{K}$ fast identisch. Bei den Mittelwerten ist ein durchschnittlicher Temperaturanstieg von 0,6 bis $0,9^\circ\text{K}$ zu erkennen. Die erreichten höchsten Temperaturanstiege von $4,8^\circ\text{K}$ und $3,2^\circ\text{K}$ zeigen, dass auch ein außenliegender Sonnenschutz, bei besonderen Varianten nicht vor erheblichen Temperatursteigerungen schützen kann.

Ein besseres Bild ergibt sich, wenn man den Einsatz von Sonnenschutzmaßnahmen vor und nach der Sanierung direkt miteinander vergleicht. Dazu wurden die verschiedenen Bestandsvarianten mit Sonnenschutzvarianten den Varianten der Sanierungsgruppe 1 gegenübergestellt.

Die Auswirkungen sind sehr deutlich zu erkennen, so kann bei Einsatz eines außenliegenden Sonnenschutzes im Durchschnitt von einer Verbesserung nach der Sanierung ausgegangen werden. Besonders am Tag (max) können die Temperaturminderungen ($-6,8^\circ\text{K}$, $3,8^\circ\text{K}$) beträchtlich sein. Aber auch die Senkung der Raumtemperatur in der Nacht (min) ist mit bis zu $4,8^\circ\text{K}$ sehr deutlich und hat für die untersuchten Räume durch die Nutzung als Schlafzimmer besondere Bedeutung.

Wird hingegen der vorhandene Sonnenschutz nach der Sanierung weggelassen, treten mit hoher Wahrscheinlichkeit erhebliche Temperaturanstiege auf. So ist bei der Demontage des Sonnenschutzes außen und einer Anbringung nach der Sanierung innen von einem durchschnittlichen Anstieg von $2,3^\circ\text{K}$ am Tag und von $0,4^\circ\text{K}$ in der Nacht auszugehen. Es können sogar Temperaturanstiege von $7,6^\circ\text{K}$ (max) und $5,2^\circ\text{K}$ (min) festgestellt werden.

Bestand	San 1	min			max		
		kleinster Wert [°K]	Mittel - Wert [°K]	größter Wert [°K]	kleinster Wert [°K]	Mittel - Wert [°K]	größter Wert [°K]
keine	außen	-4,8	-2,2	1,0	-6,8	-1,7	1,9
innen	außen	-3,3	-1,7	1,0	-3,8	-0,9	1,9
keine	innen	-2,7	-1,0	2,0	-2,4	0,0	2,6
außen	außen	-2,8	-0,8	2,1	-1,1	0,5	2,9
innen	innen	-2,6	-0,5	3,4	-0,9	0,9	4,4
außen	innen	-2,5	0,4	5,2	-0,8	2,3	7,6

Tabelle 41: Vergleich Temperaturänderungen Sonnenschutzvarianten Bestand - Sanierung

Wie in der Abb. 75 zu sehen ist wirkt sich die Verwendung von Verschattungseinrichtungen positiv auf die empfundene Raumtemperatur im Sommer aus.

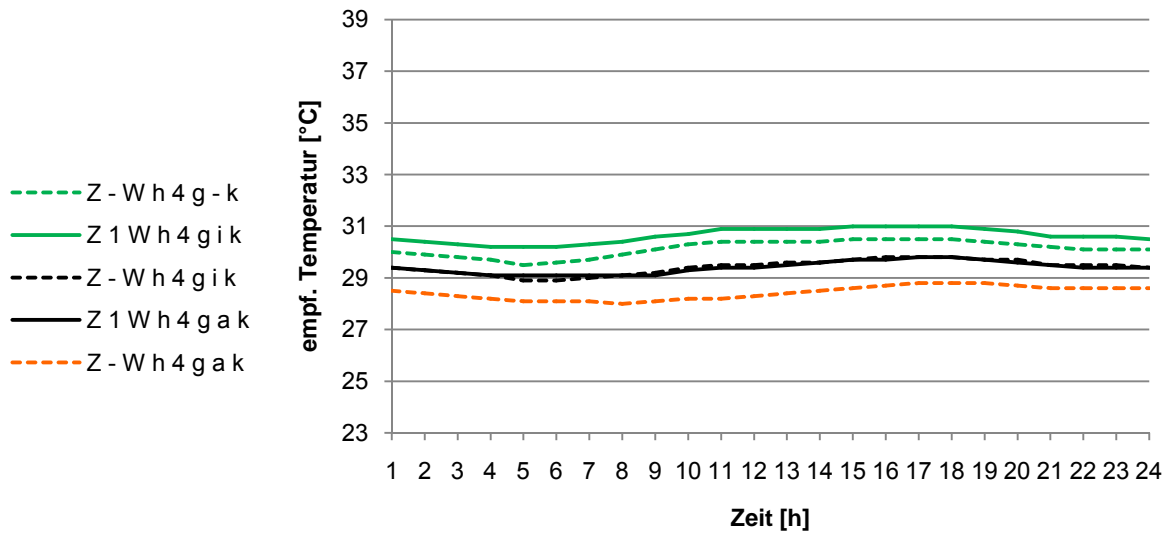


Abb. 75: Beispiele Temperaturveränderungen im Tagesverlauf, Verschattungseinrichtungen (Bestand- Sanierung)

11.2.8 Temperaturänderung Sanierung Luftwechsel:

Sanierung, je 1728 Varianten			<0 °K	≥0, <1	≥1, <3	≥3 °K	kleinster Wert [°K]	Mittel - Wert [°K]	größter Wert [°K]
			[%]	[%]	[%]	[%]			
Luftwechsel	konstant	min	0,0	26,9	65,0	8,1	0,1	1,6	4,8
	erh. Nachtl.		56,0	40,3	3,7	0,0	-1,0	0,0	1,6
	konstant	max	0,1	26,9	66,1	6,9	-0,2	1,5	4,7
	erh. Nachtl.		62,5	31,0	6,5	0,0	-1,2	-0,1	2,0

Tabelle 42: Temperaturveränderung nach Sanierung, Luftwechsel

Wie bei der Untersuchung der Bestandsvarianten und der Sommertauglichkeit der Sanierungsvarianten zeigt sich auch bei der Auswertung der Temperaturveränderungen die entscheidende Bedeutung der erhöhten Lüftung während der Nacht. So sind die Varianten mit erhöhter Nachtlüftung die einzigen, bei denen man im Durchschnitt von keinem Temperaturanstieg ausgehen muss (Mittelwert min 0,0°K), sondern sogar von einer leichten durchschnittlichen Temperaturminderung am Tag (-0,1°K max). Die Häufigkeit der Temperaturanstiege $\geq 1^\circ\text{K}$ von 6,5% (max) und 3,7% (min) und die größten Werte von 2,0°K (max) 1,6°K(min) zeigen, dass bei ausreichender Nachtlüftung die Temperatursteigerungen in Grenzen gehalten werden können. Hingegen zeigen die Ergebnisse der Varianten mit konstanter Lüftung, bei einer Temperaturzunahme von bis zu 4,8°K in der Nacht wie negativ sich Sanierungen auf die empfundene Raumtemperatur auswirken können.

Vereinfacht kann gesagt werden, dass bei unzureichender erhöhter nächtlicher Lüftung ein Temperaturanstieg zu erwarten ist, was auch die Tagesverläufe der abgebildeten Varianten in der Abb. 76. zeigen.

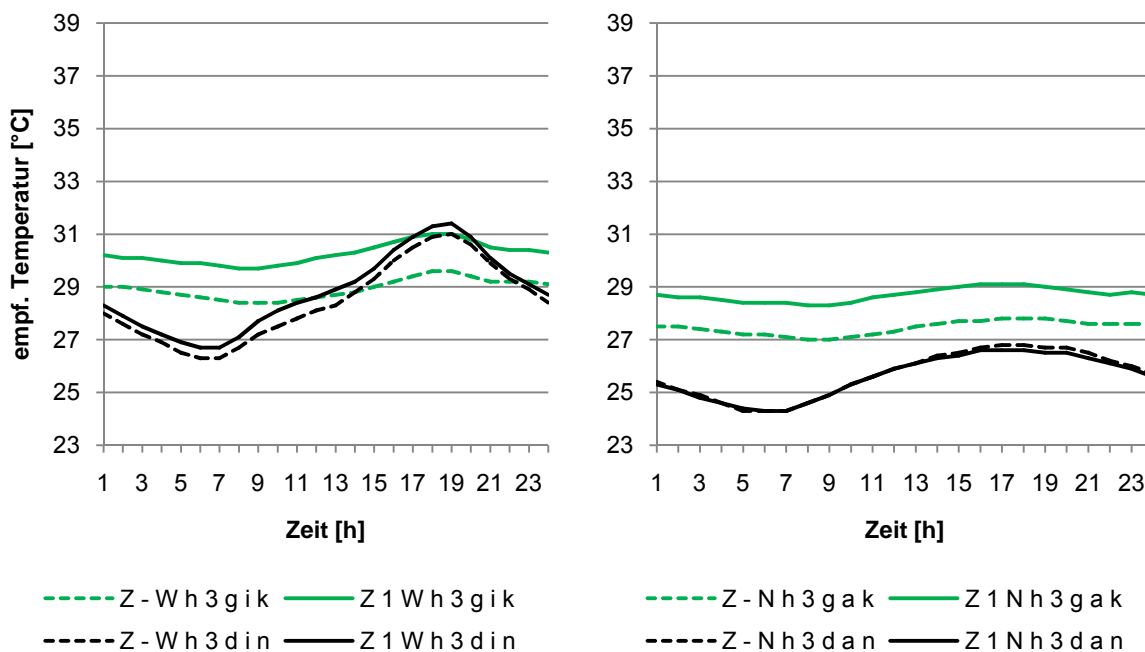


Abb. 76: Beispiele Temperaturveränderungen im Tagesverlauf, Luftwechsel (Sanierung)

Die Lüftungsmöglichkeit der Zimmer stellt das wichtigste Kriterium sowohl bei der Sommertauglichkeit, als auch bei der Temperaturänderung nach einer thermischen Sanierungsmaßnahme dar.

11.2.9 Temperaturänderung Sanierung Fassadenfarbe:

Eine sehr einfache Methode zur Beeinflussung der empfundenen Raumtemperatur im Sommer ist die Entscheidung der Oberflächengestaltung der Hülle. Wie sich schon bei den Bestandsvarianten gezeigt hat, kann sie von Bedeutung sein. In der Tabelle gegenübergestellt sind die Temperaturveränderungen der Varianten mit verschiedenen Absorptionsgraden der Oberfläche. Die Ergebnisse sind die direkten Differenzen der Varianten im Bestand und nach der Sanierung (Sanierungsvariante 1).

Bestand	San1	min			max		
		kleinster Wert [°K]	Mittel - Wert [°K]	größter Wert [°K]	kleinster Wert [°K]	Mittel - Wert [°K]	größter Wert [°K]
mittel	hell	-2,8	-0,6	3,4	-3,6	-0,8	3,4
hell	hell	-0,8	0,7	4,4	-1,1	0,7	4,4
mittel	mittel	-1,9	0,1	4,0	-2,4	0,0	4,1
hell	mittel	-0,2	1,5	5,4	-0,4	1,5	5,5

Tabelle 43: Temperaturveränderung nach Sanierung, Fassadenfarbe

Sie kann, ausgehend von der bestehenden Oberfläche eine erhebliche Verbesserung (-3,6°K max), aber eine noch viel stärkere Verschlechterung (5,5°K max) der Raumtemperaturen zur Folge haben.

Weist im Bestand die Oberfläche einen mittleren Absorptionsgrad auf und wird nach der Sanierung eine helle Oberfläche geschaffen, so kann im Mittel (-0,8°K max) von einer Temperaturminderung ausgegangen werden. Die Extremwerte zeigen, dass die Temperaturminderung mit -3,6°K(max) erheblich ausfallen kann, aber es auch Varianten gibt, die trotzdem eine große Temperatursteigerung (+3,4°K max) erfahren. Ersetzt man jedoch bei der thermischen Sanierung die helle Oberfläche durch eine mittlere, so ist von einem Temperaturanstieg (Mittelwert max +1,5°K) auszugehen, der auch sehr hoch (+5,5°K max) ausfallen kann. Die Werte für Tag (max) und Nacht (min) verhalten sich gleich.

Anzumerken ist, dass hier nur helle und mittlere Oberflächen gegenübergestellt sind. Bei dunklen Oberflächen (mit hohem Absorptionsgrad) ist von noch größeren Temperatursteigerungen auszugehen.

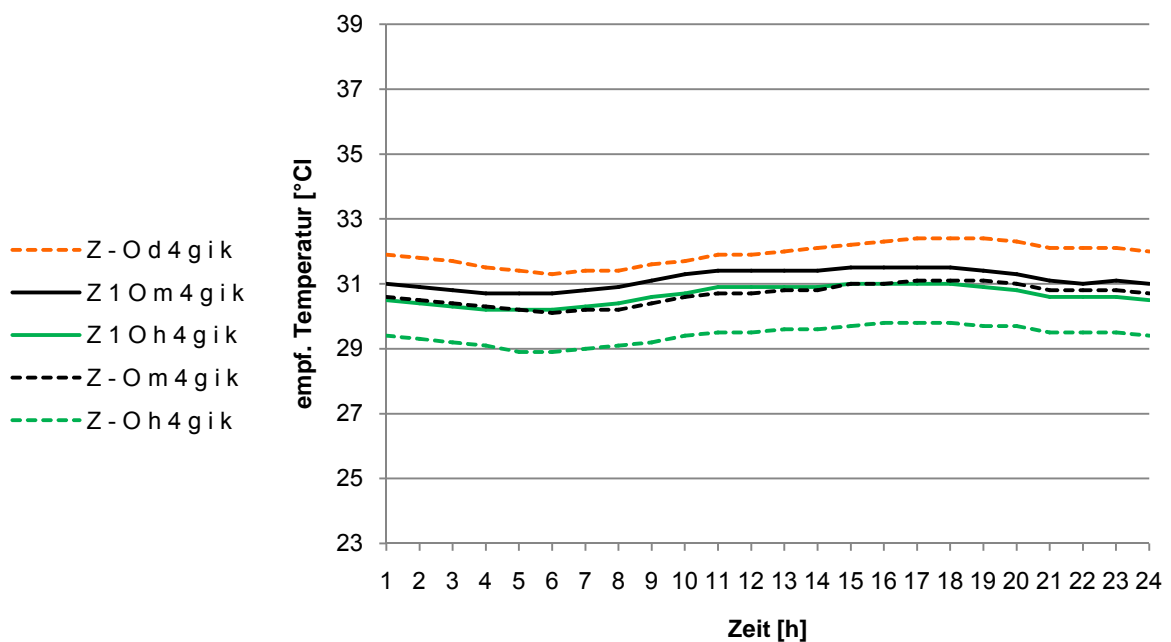


Abb. 77: Beispiele Temperaturveränderungen im Tagesverlauf, Fassadenfarbe (Bestand - Sanierung)

11.2.10 Temperaturänderung Sanierung Kombinationen:

In den Tabellen Tabelle 44 und Tabelle 45 werden die verschiedenen Eigenschaften (Kriterien) miteinander kombiniert. Dazu werden von einem Hauptkriterium (links) ausgehend die Ergebnisse (nur Tag, max) durch die Beschränkung mit gewissen Kombinationskriterien (rechts) detailliert. Dies lässt Aussagen über genauer definierte Eigenschaftskombinationen zu. Fett geschriebene Kombinationskriterien (rechts) werden direkt mit dem Hauptkriterium kombiniert und ausgewertet. Bei Kombinationskriterien mit dem Symbol > werden die untersuchten Varianten um diese weitere Eigenschaft eingeschränkt. Es werden 3456 Varianten (Anzahl) ausgewertet. Die Anzahl gibt die Häufigkeit der Varianten an, welche die Kombinationskriterien erfüllen. Der kleinste Wert gibt die maximale Temperaturminderung, der größte Wert die maximale Temperatursteigerung nach der Sanierung des Bestandes einer Kombinationsgruppe an.

In der Tabelle 44 ist gut zu sehen, dass durch geeignete Maßnahmenkombinationen die negativen Auswirkungen (Temperaturanstiege im Sommer) der thermischen Sanierung abgefedert werden können. So liegt die höchste Steigerung der empfundenen Raumtemperatur bei Kombinationen von Varianten mit großen Fenstern, außenliegendem Sonnenschutz und erhöhter Nachtlüftung, unabhängig von der Orientierung, bei nur 1°K.

Hauptkriterium	Anzahl	kleinster Wert [°K]	Mittel - Wert [°K]	größter Wert [°K]	Kriterien - Kombinationen	Anzahl	kleinster Wert [°K]	Mittel - Wert [°K]	größter Wert [°K]
alle Varianten	3456	-1,2	0,7	4,7					
Ost	864	-1,0	0,9	4,7	Versch. innen	432	-0,8	1,2	4,7
					> große Fenster	216	-0,2	1,9	4,7
					Versch. außen	432	-1,0	0,6	3,2
					> kleine Fenster	216	-1,0	0,2	1,9
					>> LW Nacht	108	-1,0	-0,5	-0,2
					> große Fenster	216	-0,3	1,1	3,2
					>> LW Nacht	108	-0,3	0,3	1,0
Süd	864	-1,2	0,5	3,2	Versch. innen	432	-1,0	0,6	3,2
					> große Fenster	216	-0,9	1,1	3,2
					Versch. außen	432	-1,2	0,3	2,0
					> kleine Fenster	216	-1,2	0,1	1,4
					>> LW Nacht	108	-1,0	-0,5	-0,2
					> große Fenster	216	-0,8	0,5	2,0
					>> LW Nacht	108	-0,3	0,3	1,0
West	864	-1,0	0,9	4,6	Versch. innen	432	-0,7	1,2	4,6
					> große Fenster	216	-0,1	1,9	4,6
					Versch. außen	432	-1,0	0,7	3,2
					> kleine Fenster	216	-1,0	0,3	2,0
					>> LW Nacht	108	-1,0	-0,5	-0,2
					> große Fenster	216	-0,3	1,1	3,2
					>> LW Nacht	108	-0,3	0,3	1,0
Nord	864	-1,0	0,6	3,1	Versch. innen	432	-1,0	0,6	3,0
					> große Fenster	216	-0,2	1,0	3,0
					Versch. außen	432	-0,9	0,6	3,0
					> kleine Fenster	216	-0,9	0,3	1,7
					>> LW Nacht	108	-0,9	-0,5	-0,1
					> große Fenster	216	-0,2	1,0	3,0
					>> LW Nacht	108	-0,2	0,2	1,0

Tabelle 44 Temperaturveränderung nach Sanierung, Kombinationen

Die höchsten Temperaturanstiege weisen die Kombinationen mit großen Fenstern auf (+4,7°K). Unabhängig von ihrer Orientierung (Ost +4,7°K, Nord +3,0°K) ist bei Kombinationen mit großen Fenstern und innenliegendem Sonnenschutz von einer Temperatursteigerung auszugehen (Mittelwert Ost +1,9°K, Nord +1,0°K). Die Anbringung eines außenliegenden Sonnenschutzes kann bei großen Fenstern eine deutliche Verbesserung, welche von der Orientierung abhängig ist (Ost von 4,7°K auf 3,2°K, Nord keine Verbesserung), mit sich bringen. Das wichtigste Kriterium, wie zuvor schon beschrieben, ist die erhöhte nächtliche Lüftungsmöglichkeit. So kann der höchste Anstieg der empfundenen Temperatur der Kombination außenliegende Verschattung und große Fenster im Osten von 3,2°K auf 1,0°K und im Norden von 3,0°K auf 1,0°K gemindert werden.

Bei der Kombination von kleinen Fenstern, außenliegendem Sonnenschutz und erhöhter Nachtlüftung ist bei allen Orientierungen von einer Temperaturminderung auszugehen. Im Norden liegt diese zwischen -0,1°K (kleinster Wert) und -0,9°K (größter Wert), im Osten zwischen -0,2°K und -1,0°K.

Hauptkriterium	Anzahl	kleinster Wert [°K]	Mittel - Wert [°K]	größter Wert [°K]	Kriterien - Kombinationen	Anzahl	kleinster Wert [°K]	Mittel - Wert [°K]	größter Wert [°K]
letztes Geschoß	1728	-1,2	0,7	4,6	WG Ecke	1152	-1,2	0,8	4,6
					WG innen	576	-0,9	0,6	3,3
vorletzes Gesch.	1728	-1,2	0,7	4,7	WG Ecke	1152	-1,2	0,8	4,7
					WG innen	576	-0,9	0,5	2,9
Versch. innen	1728	-1,0	0,9	4,7	Fenster klein	864	-1,0	0,3	2,4
					Fenster groß	864	-0,9	1,5	4,7
Versch. außen	1728	-1,2	0,6	3,2	Fenster klein	864	-1,2	0,2	2,0
					Fenster groß	864	-0,8	0,9	3,2
tauglich San1	331	-1,2	-0,4	0,3					
nicht tauglich San1	821	-0,6	1,1	4,7					

Tabelle 45: Temperaturveränderung nach Sanierung, Kombinationen

Keine Unterschiede zeigen sich zwischen Räumen im letzten und vorletzten Geschoß. Eckräume (Mittelwert +0,8°K) sind etwas kritischer zu beurteilen als innenliegende Räume (Mittelwert +0,6°K). Auch bei den größten Temperaturanstiegen liegen Kombinationen mit Eckräumen (+4,7°K) leicht über den Räumen im Gebäudeverband (+2,9°K).

Die interessanteste Aufteilung stellt die Gruppierung in sommertaugliche und nicht sommertaugliche Varianten der Sanierung 1 dar. Es ermöglicht die Aussage, dass bestehende kritische Räume viel häufiger (Mittelwert +1,1°K) und mit größeren Temperaturanstiegen (+4,7°K) auf eine thermische Sanierung reagieren, als bestehende unbedenkliche Räume (Mittelwert -0,4°K, größter Wert +0,3°K).

12 Schlussfolgerung:

Derzeit ist der Anteil am Energieverbrauch durch Klimageräte für Haushalte in Österreich mit 0,1% des gesamten Stromverbrauchs der Haushalte im Vergleich zum Heizenergiebedarf gering. Durch den sehr wahrscheinlichen Temperaturanstieg (bis 2050 um bis zu 2,7°K) und die Häufung von Hitzeperioden in Österreich, ist mit einer deutlichen Zunahme des Kühlbedarfs in den nächsten Jahrzehnten zu rechnen. Bei der Festlegung der Grenzwerte und den Kriterien der Normen und Gebäudepässe bleiben diese Zukunftsaussichten bislang unberücksichtigt.

Zudem haben sich bei den in dieser Arbeit berechneten Bestandsvarianten (5184) große Unterschiede der beiden Sommertauglichkeitsnachweise (laut Ö-Norm B8110-3) ergeben, wobei das vereinfachte Rechenverfahren (Nachweis durch die mindesterforderliche speicherwirksame Masse) bei den vorliegenden Ergebnissen einen zu positiven Ansatz erkennen lässt.

Bedenklicherweise erfüllen nur 11,4% aller berechneten Bestandsvarianten die Anforderungen der Sommertauglichkeit (Tag $<27^{\circ}\text{C}$, Nacht $<25^{\circ}\text{C}$). Die berechneten Temperaturen können bei einzelnen Varianten am Tag bei $41,9^{\circ}\text{C}$ und in der Nacht bei $37,9^{\circ}\text{C}$ liegen. Diese Werte stellen zwar die errechneten Maximaltemperaturen dar, doch liegen ca. 50% aller Varianten am Tag über 30°C und ca. 63% in der Nacht über 27°C .

Von entscheidender Bedeutung für das thermische Verhalten eines Raumes im Sommer ist die Möglichkeit den Raum in der Nacht ausreichend zu lüften, doch kann die erhöhte Nachtlüftung mit einer Häufigkeit von $30,7\% \geq 30^{\circ}\text{C}$ (am Tag) und Durchschnittstemperaturen von $28,8^{\circ}\text{C}$ am Tag und $26,3^{\circ}\text{C}$ in der Nacht nicht als Garant für angenehme Raumtemperaturen dienen.

Großen Einfluss auf das Sommerverhalten eines Raumes hat die Fensterfläche, so ist bei größeren Fensterflächen große Vorsicht geboten, da die Durchschnittstemperaturen bei $32,0^{\circ}\text{C}$ (am Tag) und 71,8% der Bestandsvarianten am Tag $\geq 30^{\circ}\text{C}$ liegen. Im Gegensatz dazu liegen die Durchschnittstemperaturen bei den Varianten mit kleinen Fenstern bei $28,6^{\circ}\text{C}$ am Tag, was eine Differenz von $3,4^{\circ}\text{C}$ ergibt. Auch bei den Temperaturen am Tag $\geq 30^{\circ}\text{C}$ schneiden die Räume mit kleinen Fenstern mit 29% deutlich besser ab.

Auch ein außenliegender Sonnenschutz ist kein Garant für ein angenehmes Raumklima im Sommer. Trotz der positiven Auswirkungen des außenliegenden Sonnenschutzes (Differenz höchster Wert Sonnenschutz außen zu ohne Sonnenschutz bis zu $6,5^{\circ}\text{K}$) kann es zur Überhitzung (35,5% $\geq 30^{\circ}\text{C}$ am Tag) des Raumes bei großen Fensterflächen kommen. Es ist, entgegen der Erfordernisse der Gebäudepässe anzuraten, auch bei nordseitig orientierten Räumen eine außenliegende Verschattungseinrichtung anzubringen, da sonst auch hier Temperaturen bis $33,9^{\circ}\text{C}$ am Tag und $32,5^{\circ}\text{C}$ in der Nacht erreicht werden können und 31,9% der Bestandsvarianten am Tag $\geq 30^{\circ}\text{C}$ liegen.

Der durch die steigende Masse der Bestandsbauteile gedämpfte Temperaturtagesverlauf wirkt sich am Tag leicht positiv (Mittelwert Beton $30,0^{\circ}\text{C}$ max, Ziegel $30,4^{\circ}\text{C}$ max), in der Nacht eher negativ (Mittelwert Beton $28,5^{\circ}\text{C}$ min, Ziegel $27,9^{\circ}\text{C}$ min) auf den Innenraum aus, was besonders bei Schlafräumen zu bedenken ist.

Als sehr positiv bezüglich ihres Sommerverhaltens können Bestandsräume bezeichnet werden, die kleine Fenster, einen außenliegenden Sonnenschutz, eine helle Hülloberfläche besitzen und in der Nacht gut gelüftet werden können, da sie alle als sommertauglich einzustufen sind.

Bestandsräume an der Ecke mit dunkler Oberfläche, sowie Räume mit großen Fenstern ohne Verschattung und große Räume mit großen Fenstern erfüllen die Grenzwerte der Sommertauglichkeit nicht. Bei diesen Bestandskombinationen hat auch die Orientierung keine entscheidende Bedeutung auf die Sommertauglichkeit.

Bezüglich der Sommertauglichkeit der berechneten Räume, kann nach der Sanierung keine Veränderung festgestellt werden. So liegt die Häufigkeit der verglichenen sommertauglichen Räume im Bestand und bei den Sanierungsvarianten 1,2,3 bei 28,7%. Dies bedeutet, dass sich weder eine hinterlüftete Fassade, noch die U-Werte der sanierten Bauteile erheblich auf die Sommertauglichkeit auswirken. Es sind aber zum Teil erhebliche Temperaturänderungen nach der Sanierung festzustellen.

Bei den sanierten Räumen ist ebenfalls die erhöhte Nachtlüftung das entscheidende Kriterium bei der Sommertauglichkeit (Tabelle 32/Tabelle 33). Hier erfüllen ebenfalls alle Räume mit kleinen Fenstern und heller Oberfläche die Kriterien. Räume mit großen Fenstern haben nur bei den Orientierungen Süd und Nord eine Chance auf Sommertauglichkeit, bei ost- (2,3%) oder westorientierten (0,0%) Räumen hilft auch ein außenliegender Sonnenschutz nichts.

Die leichten Unterschiede bei der Sommertauglichkeit durch die Lage der Räume im Bestand haben sich nach der Sanierung beinahe ausgeglichen. Es ist kein Unterschied mehr zwischen Eckräumen und innenliegenden Räumen festzustellen. Zwischen letztem und vorletztem Geschoss liegt die Differenz der Sommertauglichkeit bei 1% der Häufigkeiten.

Durch die thermische Sanierung eines Gebäudes kann es sowohl zu einer Temperaturverringering (höchstens $-4,8^{\circ}\text{K}$, Tabelle 41) als auch zu einem Anstieg (höchstens $7,6^{\circ}\text{K}$ Tabelle 41) der berechneten Innenraumtemperatur kommen. Der Mittelwert der Temperaturanstiege aller Varianten liegt bei $0,7^{\circ}\text{K}$.

Die verglichenen Sanierungsvarianten haben kaum Auswirkungen auf die Temperaturänderungen. Auch hinterlüftete (San2 Mittelwert $0,7^{\circ}\text{K}$) oder begrünte Fassaden (San5 Mittelwert $0,5^{\circ}\text{K}$) bringen keine nennenswerten Temperaturminderungen.

Wie bei allen bisherigen Vergleichen, ist auch bei den Temperaturänderungen die nächtliche Lüftungsmöglichkeit (Mittelwert Temperaturänderung am Tag $-0,1^{\circ}\text{K}$, in der Nacht $0,0^{\circ}\text{K}$) entscheidend, ohne sie ist von einem Temperaturanstieg auszugehen (konstanter Luftwechsel: kleinster Wert $+0,1^{\circ}\text{K}$ min).

Durch Sonnenschutzmaßnahmen können negative Auswirkungen (Temperaturanstiege von bis zu $+7,6^{\circ}\text{K}$) deutlich verringert oder sogar Temperaturminderungen von bis zu $-4,8^{\circ}\text{K}$ erreicht werden, wenn bei Räumen ohne Sonnenschutz eine außenliegende Verschattung angebracht wird (Tabelle 41). Ähnliches gilt auch für die Wahl der Oberfläche der Hülle, wenn auch nicht im gleichen Ausmaß. So kann durch den Austausch der mittleren gegen eine helle Oberfläche von einer Temperaturminderung (Mittelwert $-0,8^{\circ}\text{K}$) ausgegangen werden. Umgekehrt kann eine Temperatursteigerung von bis zu $5,5^{\circ}\text{K}$ auftreten und von einer mittleren Temperatursteigerung von $1,5^{\circ}\text{K}$ ausgegangen werden (Tabelle 43).

Bei den Orientierungen Süd und Nord fallen die mittleren Temperaturanstiege mit $0,5^{\circ}\text{K}$ (max) und $0,6^{\circ}\text{K}$ (max) etwas geringer aus als bei den Orientierungen Ost und West ($0,9^{\circ}\text{K}$, max) (Tabelle 35).

Deutliche Unterschiede gibt es beim Vergleich der Häufigkeiten der Temperaturanstiege $\geq 1^{\circ}\text{K}$ bei Sanierungsvarianten mit kleinen Fenstern (24,4%, min) und großen Fenstern (52,4%, min). Anstiege über 3°K kommen nur bei großen Fenstern vor. Im Durchschnitt ist bei kleinen Fenstern mit einem Anstieg um $0,3^{\circ}\text{K}$ (min) und bei großen Fenstern um $1,3^{\circ}\text{K}$ (min) zu rechnen (Tabelle 38).

Bei Räumen mit kleinen Fenstern, außenliegender Verschattung und erhöhter Nachtlüftung ist eine Temperaturminderung zwischen $-0,2^{\circ}\text{K}$ und $-1,2^{\circ}\text{K}$ bei allen Orientierungen festzustellen (Mittelwert $-0,5^{\circ}\text{K}$). Bei großen Fenstern bewirkt die Kombination mit außenliegendem Sonnenschutz und erhöhter Nachtlüftung einen maximalen Temperaturanstieg von $+1,0^{\circ}\text{K}$ (Tabelle 44).

Vereinfacht kann gesagt werden, dass sich die Situation im Sommer bei thermisch problematischen Räumen verschärft, wenn keine zusätzlichen Maßnahmen getroffen werden.

Aus den Ergebnissen der Arbeit ist zu schließen, dass bei der Beurteilung des Somerverhaltens von Räumen bei thermischen Sanierungen nicht auf den vereinfachten Nachweis laut Ö-Norm B8110-3 vertraut werden sollte und beim Nachweis über den Tagesverlauf der Raumtemperatur die aktuellen standortbezogenen Klimadaten berücksichtigt werden sollten.

Aus ökologischer und mikroklimatischer Sicht ist die vermehrte Begrünung von öffentlichen Räumen und Gebäuden in der Stadt zu empfehlen.

Bei Räumen mit größeren Fenstern (Fensterband) sollte eine Reduzierung der Fensterflächen angedacht werden, auf keinen Fall sollte die Fensterfläche erweitert werden.

Unabhängig von der Orientierung (auch im Norden) und besonders bei größeren Fensterflächen sollte ein außenliegender Sonnenschutz angebracht werden.

Hellen Farben sind bei der Gestaltung der Fassadenoberfläche zu bevorzugen.

Es muss die Möglichkeit gewährleistet werden einen Raum im Sommer während der Nacht ausreichen lüften zu können.

Für die Verbesserung der thermischen Situation von Räumen im Sommer ist die Kombination von mehreren geeigneten Maßnahmen nötig.

13 Zusammenfassung:

Thermische Sanierungen von Gebäuden bestehen in Österreich vorwiegend in der Verbesserung der U-Werte der Bauteile. Das Ziel ist ein verminderter Heizwärmebedarf im Winter. Die Auswirkungen der thermischen Sanierungen auf das Sommerverhalten der Gebäude sind hingegen nur unzureichend bekannt und werden nur vereinfacht berücksichtigt.

In dieser Arbeit wurde versucht, die Veränderungen des thermischen Sommerverhaltens durch eine heute übliche thermische Sanierung abzuschätzen. Dazu wurde ein typischer 60er bis 80er Jahre Großwohnbau in Wien (Floridsdorf) herangezogen. Im ersten Schritt wurde durch die Variation von Bauweise, Orientierung, Oberflächenfarbe, Lage der Räume im Gebäude, Fenstergröße, Zimmergröße, Sonnenschutz und Luftwechsel das Sommerverhalten des bestehenden Gebäudes untersucht. Zur Berechnung der Bestandvarianten wurden beide Nachweise laut Ö-Norm B8110-3 herangezogen. Dabei stellte sich heraus, dass das vereinfachte Verfahren (Nachweis über die mindesterforderliche speicherwirksame Masse) die berechneten Räume, im Vergleich zum Nachweis über den Tagesverlauf der Raumtemperatur, zu positiv bewertet. Im zweiten Teil der Arbeit wurden die Veränderungen des thermischen Verhaltens von Räumen nach einer Sanierung untersucht. Durch die große Zahl der Varianten (Bestand 5184, Sanierung 5730) erfolgte die Auswertung über Mittelwerte, Häufigkeiten in bestimmten Temperaturbereichen und Extremwerte, jeweils für den Tag und für die Nacht. Zur besseren Vergleichbarkeit der Varianten wurden diese in Eigenschaftsgruppen eingeteilt und die einzelnen Eigenschaften miteinander verglichen. Es ist zu beachten, dass die Ergebnisse berechnete Werte darstellen und die Reaktionen des Menschen auf ein unbehagliches Raumklima nicht vollständig berücksichtigt werden können (z.B. spontanes Öffnen der Fenster am Tag oder dem Kauf eines Klimagerätes bei zu hohen Raumtemperaturen).

Die Ergebnisse zeigen, dass es keine einzelnen Eigenschaften gibt, welche ein angenehmes Raumklima im Sommer garantieren können. Es ist immer eine Kombination von Maßnahmen für die Sommertauglichkeit eines Raumes nötig. Alle untersuchten Kombinationen mit kleinen Fenstern, einem außenliegendem Sonnenschutz, heller Fassadenfarbe und erhöhter Nachtlüftung sind sommertauglich. Im Gegensatz dazu sind Kombinationen von großen Fenstern, ohne Verschattung oder großen Räumen mit großen Fenstern nicht sommertauglich.

Das entscheidende Kriterium sowohl bei der Sommertauglichkeit von Räumen als auch bei den Auswirkungen auf die Raumtemperatur der Räume ist die Möglichkeit einen Raum in der Nacht ausreichend zu lüften. Varianten ohne erhöhte nächtliche Lüftung sind nicht sommertauglich und es ist von einem zum Teil erheblichen Temperaturanstieg nach der Sanierung auszugehen.

Im Durchschnitt ist bei den untersuchten Varianten nach der Sanierung von einem Temperaturanstieg (Mittelwert $+0,7^{\circ}\text{K}$) auszugehen, der jedoch durch die Kombination mit außenliegenden Verschattungseinrichtungen, erhöhter nächtlicher Lüftungsmöglichkeiten und heller Fassadenfarbe auf unter 1°K beschränkt werden kann. Dies gilt unabhängig von der Orientierung des Raumes. Zwar neigen Ost- und Westfassaden häufiger und stärker zu Temperaturanstiegen nach der Sanierung, aber auch die Orientierung nach Norden verlangt zusätzliche Maßnahmen wie außenliegenden Sonnenschutz und erhöhte nächtliche Lüftung.

Bei thermisch problematischen Räumen ist nach der Sanierung von einer weiteren Verschlechterung der thermischen Situation im Sommer auszugehen, wenn keine geeigneten Maßnahmen getroffen werden.

Abbildungsverzeichnis:

Abb. 1: Entwicklung EEV 1995-2008 nach Sektoren in Ö [5]	3
Abb. 2: Verteilung EEV 2008 nach Sektoren in Ö [5]	3
Abb. 3 : Entwicklung EEV pro m ² Wohnnutzfläche Ö 1995-2008 [6]	4
Abb. 4: Entwicklung EEV Haushalte Ö 1995-2008 [6]	4
Abb. 5: Entwicklung EEV pro Einwohner Ö 1995-2008 [6]	4
Abb. 6: Entwicklung EEV pro Haushalt Ö 1995-2008 [6]	4
Abb. 7: Verteilung Stromverbrauch Haushalte Ö nach Verbrauchern [7]	5
Abb. 8: Entwicklung Bestand Kleinklimageräte Ö 2005-2030 [9]	5
Abb. 9: Entwicklung Leistung Kleinklimageräte Ö 2005-2030 [9]	5
Abb. 10: Die 7 Temperaturregionen Österreichs nach Ö-Norm B8110-5 [12.5]	11
Abb. 11: Vergleich Monatsmittelwerte der Außentemperatur verschiedener Perioden in Wien (Hohe Warte 202m) [12.5, 22]	12
Abb. 12: Vergleich Heizgradtage der Perioden 1981-1990, 2041-2050 in Österreich (absolut) [23]	13
Abb. 13: Veränderung Heizgradtage der Perioden 1981-1990, 2041-2050 in Österreich (Differenz) [23]	13
Abb. 14: Vergleich Kühlgradtage der Perioden 1981-1990, 2041-2050 in Österreich [23]	14
Abb. 15: Veränderung Kühlgradtage der Perioden 1981-1990, 2041-2050 in Österreich [23]	14
Abb. 16: erwartete Abnahme HGT und Zunahme KGT in Ö, Vergleich Zeitraum 1981-1990 zu 2041-2050 [23]	15
Abb. 17: Entwicklung Sommertage 20. Jahrhundert in Wien [24]	16
Abb. 18: Entwicklung heiße Tage 20. Jahrhundert in Wien [24]	16
Abb. 19: Entwicklung Hitzetage in Wien 1950-2005 [24]	17
Abb. 20: Höhenentwicklung städtischer Wärmeinseln [28]	18
Abb. 21: Messstationen und Regionen Klimaatlas Wien [29]	18
Abb. 22: Jahresmittel der Lufttemperatur im Raum Wien [29]	19
Abb. 23: Typischer Wärmeinseltag im Raum Wien [29]	19
Abb. 24: Mittler Zahl der Frosttage im Raum Wien [29]	20
Abb. 25: Verteilung heiße Tage im Raum Wien [29]	20
Abb. 26: Verteilung heiße Nächte im Raum Wien [29]	21
Abb. 27: Grünflächenanteile in Wien je Bezirk [31]	21
Abb. 28: verschiedene Albedos in der Stadt [25]	22
Abb. 29: Oberflächentemperaturen verschiedener Flachdachoberflächen [25]	22
Abb 30: Altersstruktur Wohnungen Österreich, Wien [32,33]	23
Abb. 31: Gebäudestruktur in Österreich, Wien [32,33]	24
Abb. 32: Wohnungsstruktur in Österreich, Wien [32,33]	24
Abb. 33: Alter und Wohnungsanzahl pro Gebäude in Österreich [34]	25
Abb. 34: Alter und Wohnungsanzahl pro Gebäude in Wien [34]	25
Abb 35: Eigentümerverteilung der Wohnungen in Österreich und Wien [34]	28
Abb. 36: Wohnungen nach Rechtgrund der Benutzung in Österreich und Wien [34]	28
Abb. 37: Fassadensanierungen Wohnungen nach Eigentümern in Österreich 1991-2000 [34]	29
Abb. 38: Fassadensanierungen Wohnungen nach Eigentümern in Wien 1991-2000 [34]	29
Abb. 39: Änderung HWB-Werte bei Sanierungen (THEWOSAN)	30
Abb. 40: Tagesgang der Außenlufttemperatur	33
Abb. 41: Berechnete Strahlungsflüsse am 15.Juli in Floridsdorf (Wien)	34
Abb. 42: Grundriss berechnetes Gebäude	34
Abb. 44: Tagesgang der Nutzung der Wohnung durch Personen (Heizleistung)	37
Abb. 43: Lage der Wohnungen im Gebäude	37
Abb. 45: Grundrisse Zimmer 12,00m ² und 14,40m ²	38
Abb. 46: Ansicht Fassade Fenster klein	38
Abb. 47: Ansicht Fassade Fenster groß	39
Abb. 48: Tagesgang Luftwechselzahl	40
Abb. 49: Beispiel Tagesverlauf Raumtemperatur und Darstellung berechneter Werte	44

Abb. 50: Codesystem zur Darstellung der Berechnungsvarianten.....	44
Abb. 51: Vergleich Ergebnisse Überschuss an immissionflächenbezogener speicherwirksamen Masse – Maximum der empfundenen Temperatur	46
Abb. 52: Vergleich Ergebnisse Überschuss an immissionflächenbezogener speicherwirksamen Masse – Minimum der empfundenen Temperatur	47
Abb. 53: Ergebnisse Bestand Bauweise (absolute Häufigkeit)	49
Abb. 54: Beispiel Tagesverlauf Bauweise (Bestand)	50
Abb. 55: Ergebnisse Bestand Orientierung (absolute Häufigkeit).....	50
Abb. 56: Beispiel Tagesverlauf Orientierung (Bestand)	51
Abb. 57: Ergebnisse Bestand Fassadenfarbe (absolute Häufigkeit).....	51
Abb. 58: Beispiel Tagesverlauf Fassadenfarbe (Bestand).....	52
Abb. 59: Ergebnisse Bestand Lage des Raumes im Gebäude (absolute Häufigkeit).....	53
Abb. 60 :Beispiel Tagesverlauf Lage des Raumes im Gebäude (Bestand).....	54
Abb. 61: Ergebnisse Bestand Fensterfläche (absolute Häufigkeit).....	55
Abb. 62: Beispiel Tagesverlauf Fensterfläche (Bestand)	55
Abb. 63: Ergebnisse Bestand Zimmergröße (absolute Häufigkeit)	56
Abb. 64: Beispiel Tagesverlauf Zimmergröße (Bestand)	56
Abb. 65: Ergebnisse Bestand Verschattungseinrichtungen (absolute Häufigkeit).....	57
Abb. 66: Beispiel Tagesverlauf Verschattungseinrichtung (Bestand)	57
Abb. 67: Ergebnisse Bestand Luftwechsel (absolute Häufigkeit).....	58
Abb. 68: Beispiel Tagesverlauf Luftwechsel (Bestand)	58
Abb. 69: Beispiele Temperaturveränderungen im Tagesverlauf, Bauweise (Sanierung)	66
Abb. 70: Beispiele Temperaturveränderungen im Tagesverlauf, Orientierung(Sanierung)	67
Abb. 71: Beispiele Temperaturveränderungen im Tagesverlauf, Bestand - Sanierungsvarianten (Sanierung).....	68
Abb. 72: Beispiele Temperaturveränderungen im Tagesverlauf, Lage des Raumes im Gebäude (Sanierung).....	69
Abb. 73: Beispiele Temperaturveränderungen im Tagesverlauf, Fensterfläche (Sanierung)	70
Abb. 74: Beispiele Temperaturveränderungen im Tagesverlauf, Zimmergröße (Sanierung)	71
Abb. 75: Beispiele Temperaturveränderungen im Tagesverlauf, Verschattungseinrichtungen (Bestand-Sanierung)	73
Abb. 76: Beispiele Temperaturveränderungen im Tagesverlauf, Luftwechsel (Sanierung).....	74
Abb. 77: Beispiele Temperaturveränderungen im Tagesverlauf, Fassadenfarbe (Bestand - Sanierung) .	75

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Annahmen von Gebäudegeometrien zur Berechnung des $HWB_{BGF, Ic}$ und $HWB_{BGF, AV}$ [10].....	6
Tabelle 2: Ergebnisse des geforderten $HWB_{BGF, max}$ für verschiedene Gebäudegeometrien (Ic) [10].....	7
Tabelle 3: Ergebnisse des geforderten $HWB_{BGF, max}$ für verschiedene Gebäudegeometrien (A/V) [10] .	7
Tabelle 4: Vergleich mittlere Monatssummen der Globalstrahlung verschiedener Perioden [12.5, 22]	11
Tabelle 5: Entwicklung Heiz- und Kühlgradtage der Perioden 1981-1990, 2041-2050 in Österreich [23] .	15
Tabelle 6: Vergleich heiße Tage in Wien der Perioden 1961-1990, 1976-2005, 2011-2040 [24]	16
Tabelle 7 Vergleich Hitzetage in Wien der Perioden 1961-1990, 1976-2005, 2010-2039 [24]	17
Tabelle 8: Vergleich warme Nächte in Wien der Perioden 1961-1990, 1985-2005 [24].....	17
Tabelle 9: Grenzwerte $HWB_{BGF, WG, max, Ref}$ Neubau Wohngebäude [13].....	31
Tabelle 10: Grenzwerte $HWB_{BGF, WG, max, Ref}$ Sanierung Wohngebäude [13].....	31
Tabelle 11: Förderstufen THEWOSAN in Relation zu NEG Standard [37].....	31
Tabelle 12: Grenzwerte Nachweis über die mindesterforderliche speicherwirksame Masse (Ö-Norm B8110-3) [12.3].....	32
Tabelle 13: Grenzwerte U-Wert verschiedener Epochen in Österreich	35
Tabelle 14: Aufteilung Fassadenfläche	39
Tabelle 15: Tiefe Leistenverschattung nach Bauweise und Sanierung	39
Tabelle 16: Vergleich Ergebnisse HWB_{BGF} der verschiedenen Bauweisen.....	41
Tabelle 17: Klassifizierung berechnetes Gebäude nach THEWOSAN Standard (NEG).....	42
Tabelle 18: Vergleich Ergebnisse HWB_{BGF} der verschiedenen Sanierungsvarianten	42
Tabelle 19: Vergleich Ergebnisse Sommertauglichkeit, Nachweis über die mindesterforderliche speicherwirksame Masse und Nachweis über Berechnung den Tagesverlauf der Raumtemperatur	48
Tabelle 20: Ergebnisse Bestand Bauweise (relative Häufigkeit [%])	49
Tabelle 21: Ergebnisse Bestand Orientierung	50
Tabelle 22: Ergebnisse Bestand Fassadenfarbe (relative Häufigkeit [%]).....	52
Tabelle 23: Ergebnisse Bestand Lages des Raumes im Gebäude (relative Häufigkeit [%]).....	53
Tabelle 24: Ergebnisse Bestand Fensterfläche (relative Häufigkeit [%])	55
Tabelle 25: Ergebnisse Bestand Zimmergröße (relative Häufigkeit [%])	56
Tabelle 26: Ergebnisse Bestand Verschattungseinrichtungen (relative Häufigkeit [%]).....	57
Tabelle 27: Ergebnisse Bestand Luftwechsel (relative Häufigkeit [%]).....	58
Tabelle 28: Ergebnisse Bestand Kombinationen	59
Tabelle 29: Ergebnisse Bestand Kombinationen	60
Tabelle 30: Vergleich empfundene Temperaturen Bestand - Sanierungsvarianten	62
Tabelle 31: Vergleich Sommertauglichkeit Bestand - Sanierung.....	63
Tabelle 32 Sommertauglichkeit Sanierung Hauptkriterien.....	63
Tabelle 33: Ergebnisse Sommertauglichkeit Sanierung, Kombinationen	64
Tabelle 34: Temperaturveränderung nach Sanierung, Bauweise.....	66
Tabelle 35: Temperaturveränderung nach Sanierung, Orientierung	67
Tabelle 36: Temperaturveränderung nach Sanierung, Sanierungsvarianten	68
Tabelle 37: Temperaturveränderung nach Sanierung, Lage des Raumes im Gebäude	69
Tabelle 38: Temperaturveränderung nach Sanierung, Fensterfläche	70
Tabelle 39: Temperaturveränderung nach Sanierung, Zimmergröße.....	71
Tabelle 40: Temperaturveränderung nach Sanierung, Verschattungseinrichtungen	72
Tabelle 41: Vergleich Temperaturänderungen Sonnenschutzvarianten Bestand - Sanierung.....	72
Tabelle 42: Temperaturveränderung nach Sanierung, Luftwechsel	74
Tabelle 43: Temperaturveränderung nach Sanierung, Fassadenfarbe	75
Tabelle 44 Temperaturveränderung nach Sanierung, Kombinationen	76
Tabelle 45: Temperaturveränderung nach Sanierung, Kombinationen	77

Literaturverzeichnis:

- [1] WALTJEN T. Wärmeansprüche des Menschen, Physikalische, physiologische, psychologische und soziale Bedingungen für thermische Behaglichkeit, IBO Verlag Wien 2003, Internet: http://www.ibo.at/documents/heizungsstudie_000.pdf (Zugriff 20.04.2010)
- [2] HÜBLER M. KLEPPER G. WWF DEUTSCHLAND. Kosten des Klimawandels, Die Wirkung steigender Temperaturen auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit, Frankfurt am Main 2007, Internet: http://assets.wwf.ch/downloads/kosten_des_klimawandels_gesundheitsstudie.pdf (Zugriff 26.09.2010)
- [3] MEDIZINISCHE UNIVERSITÄT WIEN, ZPH, INSTITUT FÜR UMWELTHYGIENE. UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR; INSTITUT FÜR METEOROLOGIE, StartClim.2005A1a, Einflüsse der Temperatur auf Mortalität und Morbidität in Wien, Wien 2006, Internet: <http://www.austroclim.at/index.php?id=40> (Zugriff 11.06.2010)
- [4] MEDIZINISCHE UNIVERSITÄT WIEN, ZPH, INSTITUT FÜR UMWELTHYGIENE. UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR; INSTITUT FÜR METEOROLOGIE, StartClim.2005A1b, Untersuchung zur nächtlichen Abkühlung in einem sich ändernden Klima, Wien 2006, Internet: <http://www.austroclim.at/index.php?id=40> (Zugriff 11.06.2010)
- [5] STATISTIK AUSTRIA, Energiestatistik: Energiebilanzen Österreich 1970 bis 2008, Wien 2009. Internet: <http://www.statistik.at> (Zugriff 26.09.2010)
- [6] STATISTIK AUSTRIA, Energiestatistik: Energiebilanzen Österreich 1970 bis 2008, Mikrozensus Energieeinsatz der Haushalte, Statistik des Bevölkerungsstandes, Wien 2009 Internet: <http://www.statistik.at> (Zugriff 26.09.2010)
- [7] STATISTIK AUSTRIA, Energiestatistik: Strom- und Gastagebuch 2008, Wien 2009. Internet: <http://www.statistik.at> (Zugriff 26.09.2010)
- [8] LECHNER H. E.V.A.(the Austrian Energy Agency). Stromeffizienz in Gebäuden in der EU und in Österreich (2004), Internet: http://www.bfe.admin.ch/suchen/index.html?lang=de&keywords=statistik+raumklimager%E4te&search_mode=AND&from_day=&from_month=&from_year=&to_day=&to_month=&to_year=&column=&dokumenttyp=&site_mode=intern&nsb_mode=yes&Submit=Suchen#volltextsuche
- [9] RIVIERE P. ADNOT J. GRIGNON-MASSE L. LEGENDRE S. MARCHIO D. NERMOND G. RAHIM S, Philippe RIVIERE P. ANDRE P. DETROUX L. LEBRUN J. L'HOEST J. TEODOROSE V. ALEXANDRE J. SA E. BENKE G. BOGNER T. CONROY A. HITCHIN R. POUT C. THORPE W. KARATASOU S. Preparatory study on the environmental performance of residential room conditioning appliances (airco and ventilation), Economic and Market analysis, Draft report of Task 2, July 2008, Contract TREN/D1/40-2005/LOT10/S07.56606, Internet: www.ebpg.bam.de/de/ebpg.../010_studyd_08-07_airco_part2_df.pdf (Zugriff 26.09.2010)
- [10] LEBENSMINISTERIUM. Vereinbarung gemäß Art 15a. VB-VG Zwischen Bund und den Ländern über Maßnahmen im Gebäudesektor zum Zweck der Reduktion des Ausstoßes an Treibhausgasen, <http://www.umwelt.net.at/article/articleview/71741/1/7073> (Zugriff 26.09.2010)
- [11] B 630-020 – WOHNBAUFÖRDERUNG; Gewährung von Förderungen, Verordnung der Wiener Landesregierung über die Gewähr von Förderungen im Rahmen des II. Hauptstückes des Wiener Wohnbauförderungs- und Wohnhaussanierungsgesetzes – WWFSG 1989 (Sanierungsverordnung 2008), LGBL 2009/27, Ausgabe 30.04.2009. Internet: www.wien.gv.at/recht/landesrecht-wien/.../b6300200.pdf (Zugriff 26.09.2010)

- [12.1] ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT. Ö-Norm B8110-1, Wärmeschutz im Hochbau, Teil 1: Anforderungen an den Wärmeschutz und Deklaration des Wärmeschutzes von Gebäuden /Gebäudeteilen- Heizwärmebedarf und Kühlbedarf. Ausgabe 2008.01.01
- [12.3] ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT. Ö-Norm B8110-3, Wärmeschutz im Hochbau, Teil 3: Wärmespeicherung und Sonneneinflüsse. Ausgabe 1999.12.01
- [12.5] ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT. Ö-Norm B8110-5, Wärmeschutz im Hochbau, Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile. Ausgabe 2007.08.01
- [12.6] ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT. Ö-Norm B8110-6, Wärmeschutz im Hochbau, Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf. Ausgabe 2007.08.01
- [13] ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK. OIB Richtlinie 6, Wärmeschutz und Energieeinsparung. Ausgabe April 2007
- [14] ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT. Ö-Norm EN ISO 7730, Ergonomie der thermischen Umgebung-Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit und Berechnung PMV-und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit. Ausgabe 2006.05.01
- [15] WOHNFONDS WIEN. THEWOSAN - Punktebewertung, Wien 2010, Internet: www.wohnfonds.wien.at/ (Zugriff 11.06.2010)
- [16] WOHNFONDS WIEN. Planungskriterien unter Berücksichtigung ökologischer Aspekte, Wien 2010, Internet: www.wohnfonds.wien.at/ (Zugriff 11.06.2010)
- [17] BAUER B. Einführung in die Baubiologie und –Ökologie, Skriptum GREEN ACADEMY, Modul P1 Lehrgang 8, 2009-2010
- [18] BILDUNGSKOORDINATION IBO. klima:aktiv Ökologisches und energieeffizientes Bauen, Skriptum GREEN ACADEMY, Modul 1, Strategien zum nachhaltigen Bauen, Lehrgang 8, 2009-2010, Wien 2007
- [19] ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUBIOLOGIE UND BAUÖKOLOGIE. IBO Ökopass Bewertung, Internet: <http://www.ibo.at/de/oekopass/bewertung.htm> (Zugriff 26.09.2010)
- [20] ENERGIEINSTITUT VORARLBERG. IBO. Technische Erläuterungen, Kriterien zum klima:aktiv haus für Wohngebäudesanierungen Version 1.1, Ausgabe 16. Februar 2009, Internet: www.klimaaktiv.at/filemanager/download/55114 (Zugriff 26.09.2010)
- [21] ÖSTERREICHISCHES ÖKOLOGIE-INSTITUT. KANZLEI DR. BRUCK. TQ – (TOTAL QUALITY) Planung und Bewertung, 31.08.2003, Internet: www.nachhaltigwirtschaften.at/download/leitfaden_tqp.pdf (Zugriff 26.09.2010)
- [22] ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK. Klimadaten, Internet: <http://www.zamg.ac.at/klima/klimaspiegel/?ts=1285523701> (Zugriff 26.09.2010)
- [23] UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR; INSTITUT FÜR METEOROLOGIE, StartClim.2006F, Auswirkungen des Klimawandels auf Heiz- und Kühlenergiebedarf in Österreich, Graz 2007, Internet: <http://www.austroclim.at/index.php?id=40> (Zugriff 11.06.2010)
- [24] ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK. StartClim.2004A, Analyse von Hitze und Dürreperioden in Österreich, Wien 2005, Internet: <http://www.austroclim.at/index.php?id=40> (Zugriff 11.06.2010)
- [25] HELBIG A,BAUMÜLLER J, KERSCHGENS M, Stadtklima und Luftreinhaltung, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 1999

- [26] FEZER F, Das Klima der Städte, Justus Perthes Verlag Gotha GmbH, 1994
- [27] REUTER U, BAUMÜLLER J, HOFFMANN U, Luft und Klima als Planungsfaktor im Umweltschutz, Grundlagen für die kommunale Planungs- und Entscheidungspraxis, expert Verlag, Ehningen bei Böblingen, 1991
- [28] Vortrag von RADLGRUBER M, Institut für Meteorologie BOKU Wien, Internet: <http://www.ma22-herbsttagung.at/followGruendach.htm> (letzter Zugriff 26.10.2010)
- [29] AUER I. BÖHM R, MOHNL H, Klimaatlas von Wien, Magistrat der Stadt Wien, Wien 1989
- [30] ERMER K, HOFFR, MOHRMANN R, Landschaftsplanung in der Stadt Eugen Ulmer Verlag Stuttgart 1996
- [31] MA 18, MA 41, Realnutzungskartierung, das Stadtgebiet nach Nutzungsklassen und Gemeindebezirken 2007/2008, Internet: <http://www.wien.gv.at/statistik/lebensraum/stadtgebiet/> (Zugriff 26.10.2010)
- [32] STATISTIK AUSTRIA. Gebäude und Wohnungszählung, Hauptergebnis Österreich 2001 , Wien 2004, Internet: <http://www.statistik.at> (Zugriff 26.09.2010)
- [33] STATISTIK AUSTRIA. Gebäude und Wohnungszählung, Hauptergebnis Wien 2001 , Wien 2004, Internet: <http://www.statistik.at> (Zugriff 26.09.2010)
- [34] STATISTIK AUSTRIA. Wohnsituation der Bevölkerung, Ergebnis der Volks ,Gebäude und Wohnungszählung 2001, Wien 2006, Internet: <http://www.statistik.at> (Zugriff 26.09.2010)
- [35] GRAZER ENERGIEARGENTUR . ENERGIEVERWERTUNGSARGENTUR. Wohngebäudesanierung mit Einspar-Garantie, Detailanalyse aus dem Zwischenbericht(Oktober 2000). Internet [www.contracting-portal.at/ downloads/67.pdf](http://www.contracting-portal.at/downloads/67.pdf) (Zugriff 26.09.2010)
- [36] GEMEINNÜTZIGE GRAZER WOHNBAUGENOSSENSCHAFT. EVB (Erhaltungs- und Verbesserungsbeitrag). Internet: <http://www.ggw.at/service/wohnrecht/evb-erhaltungs-und-verbesserungsbeitrag.html> (Zugriff 26.09.2010)
- [37] WOHNFONDS WIEN. Thermisch-energetische Wohnhausanierung, Wien 2009, Internet: www.wohnfonds.wien.at/ (Zugriff 11.06.2010)
- [38] MACHART P. Wohnbau in Wien, 1923-1983. Compress Verlag, Wien 1984
- [39] BUNDESMINISTERIUM FÜR RAUMORDNUNG; BAUWESEN UND STÄDTEBAU. Leitfaden für die Instandsetzung und Modernisierung von Wohngebäuden in der Plattenbauweise WBS 70 Wohnungsbauserie 70 6,3t, DBC Druckhaus, Berlin-1993
- [40] BUNDESMINISTERIUM FÜR RAUMORDNUNG; BAUWESEN UND STÄDTEBAU. Leitfaden für die Instandsetzung und Modernisierung von Wohngebäuden in der Plattenbauweise Typenserie P2 5,0t, DBC Druckhaus, Berlin-1992
- [41] BUNDESMINISTERIUM FÜR RAUMORDNUNG; BAUWESEN UND STÄDTEBAU. Leitfaden für die Instandsetzung und Modernisierung von Wohngebäuden in der Plattenbauweise Blockbauart 1,1t , DBC Druckhaus, Berlin-1993
- [42] EICHLER F. Bauphysikalische Entwurfslehre Band2. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln – Braunsfeld, 1970
- [43] HEINDL W. KREČ K. PANZHAUSER E. SIGMUND A. Wärmebrücken, Springer Verlag, Wien 1987

- [44] KREČ K. Handbuch: Programmpaket GEBA Version 7.0,m Simulation des thermischen Verhaltens von Räumen, Raumgruppen oder Gebäuden. Stand 25.11.2007
- [45] MITTAG M. Baukonstruktionslehre. C. Bertelsmann Verlag, Güterloh, 1952
- [46] FRICK O., KNÖLL, F.NEUMANN, Baukonstruktionslehre Teil1. B.G. Teubner Verlagsgesellschaft Stuttgart, 1963
- [47] FRICK O., KNÖLL, F.NEUMANN, Baukonstruktionslehre Teil2. B.G. Teubner Verlagsgesellschaft Stuttgart, 1961
- [48] WEIL L. Baukonstruktionen des Wohnungsbaues. B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1968
- [49] WIEL L. Baukonstruktionen des Wohnungsbaues. BSB B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1990
- [50] KORGER G. Analyse der Gebäudequalität in Österreich in verschiedenen Bauperioden, Diplomarbeit an der technischen Universität Wien, Wien 1994
- [51] KÖSTLER M. Systemvergleich von massiven Großtafelbauweisen im Wohnbau in bezug auf den Heizwärmebedarf, Diplomarbeit an der technischen Universität Wien, Wien 1994
- [52] ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT. Ö-Norm B8110, Hochbau, Wärmeschutz und Wärmebedarf. Ausgabe 1952.08.22
- [53] ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT. Ö-Norm B8110, Hochbau, Wärmeschutz. Ausgabe 1959.04.27
- [54] ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT. Ö-Norm B8110, Hochbau, Wärmeschutz. Ausgabe 1978.09.01
- [55] ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT. Ö-Norm B8110-1, Wärmeschutz im Hochbau, Teil 1: Anforderungen an die Wärmedämmung . Ausgabe 1983.02.01
- [57] WBSF WOHNHAUSSANIERUNG. THEWOSAN Sanierungskonzept, Stand 31.05.2000, Internet: www.iswb.at/wienerwohnbau/Thewosan-Sanierungskonzept.pdf (Zugriff 28.03.2010)
- [58] KREČ K. Materialdatenkatalog, Version 1.00 Stand 01.07.1979
- [59] B 20-000 - Bauordnung für Wien, LGBL 1930/11, Ausgabe 25.11.1929
- [60] B 20-000 - Bauordnung für Wien, LGBL 2005/41, Ausgabe 15.07.2005
- [61] MÜLLER-BBM. Dezentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung M-WRG-S/K, Schalldämmung und Schallabstrahlung der Lüftungsgeräte, Bericht Nr. 52 306/3, München 2002, Internet: http://www.dezentral.info/downloads/wrg/zulassungen/schallpruefung/ZU_M-WRG_Schalldaemmung-u-Schallabstrahlung-Messung-52306-3.pdf (Zugriff 15.06.10)
- [62] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. EN ISO 13791. Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik. Allgemeine Kriterien und Validierungsverfahren, Ausgabe 2005

14 Anhang:

14.1 Aufbauten Bestand:

Außenwand Bestand Hochlochziegel							
Kat-Nr	Kurzbezeichnung	Dichte	Leitf.	spez.W	Stärke	R	U-Wert
		[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	[m]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
	außen					0,04	
1.228.02	AUSSENPUTZ	1600	0,8	1,13	0,02	0,03	
1.104.06	HOHLZIEGELMAUERWERK	1200	0,5	0,92	0,25	0,50	
1.230.02	INNENPUTZ	1600	0,7	0,84	0,015	0,02	
	innen					0,13	
	Σ				0,285	0,72	1,40

Wohnungstrennwand Bestand Hochlochziegel							
Kat-Nr	Kurzbezeichnung	Dichte	Leitf.	spez.W	Stärke	R	U-Wert
		[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	[m]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
	innen					0,13	
1.230.02	INNENPUTZ	1600	0,7	0,84	0,015	0,02	
1.104.08	HOHLZIEGELMAUERWERK	1400	0,58	0,92	0,25	0,43	
1.230.02	INNENPUTZ	1600	0,7	0,84	0,015	0,02	
	innen					0,13	
	Σ				0,28	0,73	1,36

Innenwand Bestand Hochlochziegel					
Kat-Nr	Kurzbezeichnung	Dichte	Leitf.	spez.W	Stärke
		[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	[m]
1.230.02	GIPSMOERTEL	1600	0,7	0,84	0,015
1.110.02	ZWISCHENWANDZIEGEL	650	0,23	0,92	0,07
1.230.02	INNENPUTZ	1600	0,7	0,84	0,015
	Σ				0,10

Fußboden Bestand Hochlochziegel							
Kat-Nr	Kurzbezeichnung	Dichte	Leitf.	spez.W	Stärke	R	U-Wert
		[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	[m]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
	innen					0,13	
4.210.02	KUNSTSTOFFBEL.2.5MM	640	0,061	1,26	0,003	0,05	
1.232.02	ANHYDRITESTRICH	2200	0,7	0,84	0,05	0,07	
1.706.08	DACHPAPPE,PAPPE	1200	0,17	1,26	0,005	0,03	
1.316.08	MINERALFASER	50	0,041	0,84	0,02	0,49	
1.706.08	DACHPAPPE,PAPPE	1200	0,17	1,26	0,005	0,03	
1.508.02	SCHÜTTUNG	1800	0,7	0,88	0,02	0,03	
	BETON	2300	1,4	1,13	0,06	0,04	
	HOHLZIEGEL MIT BETON	920	0,59	1,05	0,135	0,23	
	INNENPUTZ	1600	0,83	1,13	0,005	0,01	
	innen					0,13	
	Σ				0,20	1,23	0,81

Flachdach Bestand Hochlochziegel							
Kat-Nr	Kurzbezeichnung	Dichte	Leitf.	spez.W	Stärke	R	U-Wert
		[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	[m]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
	außen					0,04	
1.508.02	SCHÜTTUNG	1800	0,7	0,88	0,05	0,07	
1.706.08	DACHPAPPE,PAPPE	1200	0,17	1,26	0,01	0,06	
1.202.06	ESTICHBETON	2000	1,4	1,13	0,07	0,05	
1.706.08	DACHPAPPE,PAPPE	1200	0,17	1,26	0,005	0,03	
1.324.06	HOLZWOLLEPLATTE	300	0,065	2,5	0,04	0,62	
	BETON	2300	1,4	1,13	0,06	0,04	
	HOHLZIEGEL MIT BETON	920	0,59	1,05	0,135	0,23	
	INNENPUTZ	1600	0,83	1,13	0,005	0,01	
	innen					0,1	
	Σ				0,20	1,24	0,80

Außenwand Bestand Holzspanbeton							
Kat-Nr	Kurzbezeichnung	Dichte	Leitf.	spez.W	Stärke	R	U-Wert
		[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	[m]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
	außen					0,04	
1.228.02	AUSSENPUTZ	1600	0,8	1,13	0,02	0,03	
	HOLZSPANBETON	625	0,15	2	0,04	0,27	
	STEGE MIT KIESBETON	1830	0,67	1,26	0,12	0,18	
	HOLZSPANBETON	625	0,15	2	0,04	0,27	
1.230.02	INNENPUTZ	1600	0,7	0,84	0,015	0,02	
	innen					0,13	
	Σ				0,175	0,93	1,08

Wohnungstrennwand Bestand Holzspanbeton							
Kat-Nr	Kurzbezeichnung	Dichte	Leitf.	spez.W	Stärke	R	U-Wert
		[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	[m]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
	innen					0,13	
1.230.02	INNENPUTZ	1600	0,7	0,84	0,015	0,02	
	HOLZSPANBETON	625	0,15	2	0,03	0,20	
	STEGE MIT KIESBETON	1830	0,67	1,26	0,09	0,13	
	HOLZSPANBETON	625	0,15	2	0,03	0,20	
1.230.02	INNENPUTZ	1600	0,7	0,84	0,015	0,02	
	innen					0,13	
	Σ				0,135	0,84	1,19

Innenwand Bestand Holzspanbeton					
Kat-Nr	Kurzbezeichnung	Dichte	Leitf.	spez.W	Stärke
		[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	[m]
1.230.02	INNENPUTZ	1600	0,7	0,84	0,015
	HOLZSPANBETON	625	0,15	2	0,05
1.230.02	INNENPUTZ	1600	0,7	0,84	0,015
	Σ				0,08

Fußboden Bestand Holzspanbeton							
Kat-Nr	Kurzbezeichnung	Dichte	Leitf.	spez.W	Stärke	R	U-Wert
		[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	[m]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
	innen					0,13	
4.210.02	KUNSTSTOFFBEL.2.5MM	640	0,061	1,26	0,003	0,05	
1.232.02	ANHYDRITESTRICH	2200	0,7	0,84	0,05	0,07	
1.706.08	DACHPAPPE,PAPPE	1200	0,17	1,26	0,005	0,03	
1.316.08	MINERALFASER	50	0,041	0,84	0,02	0,49	
1.706.08	DACHPAPPE,PAPPE	1200	0,17	1,26	0,005	0,03	
1.508.02	SCHÜTTUNG	1800	0,7	0,88	0,02	0,03	
1.202.02	STAHLBETON	2400	2,3	1,13	0,14	0,06	
1.230.02	INNENPUTZ	1600	0,7	0,84	0,015	0,02	
	innen					0,13	
	Σ				0,175	1,04	0,96

Flachdach Bestand Holzspanbeton							
Kat-Nr	Kurzbezeichnung	Dichte	Leitf.	spez.W	Stärke	R	U-Wert
		[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	[m]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
	außen					0,04	
1.508.02	SCHÜTTUNG	1800	0,7	0,88	0,05	0,07	
1.706.08	DACHPAPPE,PAPPE	1200	0,17	1,26	0,01	0,06	
1.302.10	POLYSTYROL-HARTSCH:	35	0,037	1,4	0,04	1,08	
1.706.08	DACHPAPPE,PAPPE	1200	0,17	1,26	0,005	0,03	
1.232.06	ASPHALTESTRICH	2100	0,7	1,05	0,05	0,07	
1.202.02	BETON	2300	2,3	1,13	0,14	0,06	
1.230.02	INNENPUTZ	1600	0,83	1,13	0,015	0,02	
	innen					0,1	
	Σ				0,205	1,53	0,65

Außenwand Bestand Sandwichbeton Fertigteile							
Kat-Nr	Kurzbezeichnung	Dichte	Leitf.	spez.W	Stärke	R	U-Wert
		[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	[m]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
	außen					0,04	
1.202.02	STAHLBETON	2400	2,3	1,13	0,08	0,03	
1.302.06	POLYSTYROL-HARTSCH.	20	0,041	1,4	0,05	1,22	
1.202.02	STAHLBETON	2400	2,3	1,13	0,12	0,05	
	innen					0,13	
	Σ				0,25	1,48	0,68

Wohnungstrennwand Bestand Sandwichbeton Fertigteile							
Kat-Nr	Kurzbezeichnung	Dichte	Leitf.	spez.W	Stärke	R	U-Wert
		[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	[m]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
	innen					0,13	
1.202.02	STAHLBETON	2400	2,3	1,13	0,15	0,07	
	innen					0,13	
	Σ				0,15	0,33	3,07

Innenwand Bestand Sandwichbeton Fertigteile					
Kat-Nr	Kurzbezeichnung	Dichte	Leitf.	spez.W	Stärke
		[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	[m]
1.202.02	STAHLBETON	2400	2,3	1,13	0,07
	Σ				0,07

Fußboden Bestand Sandwichbeton Fertigteile							
Kat-Nr	Kurzbezeichnung	Dichte	Leitf.	spez.W	Stärke	R	U-Wert
		[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	[m]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
	innen					0,13	
4.210.02	KUNSTSTOFFBEL.2.5MM	640	0,061	1,26	0,003	0,05	
1.232.02	ANHYDRITESTRICH	2200	0,7	0,84	0,025	0,04	
1.202.02	STAHLBETON	2400	2,3	1,13	0,14	0,06	
1.230.02	INNENPUTZ	1600	0,7	0,84	0,015	0,02	
	innen					0,13	
	Σ				0,18	0,43	2,34

Flachdach Bestand Sandwichbeton Fertigteile							
Kat-Nr	Kurzbezeichnung	Dichte	Leitf.	spez.W	Stärke	R	U-Wert
		[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	[m]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
	außen					0,04	
1.508.02	SCHÜTTUNG	1800	0,7	0,88	0,05	0,07	
1.706.08	DACHPAPPE,PAPPE	1200	0,17	1,26	0,01	0,06	
1.302.10	POLYSTYROL-HARTSCH:	35	0,037	1,4	0,04	1,08	
1.706.08	DACHPAPPE,PAPPE	1200	0,17	1,26	0,005	0,03	
1.232.06	ASPHALTESTRICH	2100	0,7	1,05	0,05	0,07	
1.202.02	BETON	2300	2,3	1,13	0,14	0,06	
1.230.02	INNENPUTZ	1600	0,83	1,13	0,015	0,02	
	innen					0,1	
	Σ				0,205	1,53	0,65

14.2 Aufbauten Sanierung San1:

Die Aufbauten der Sanierungsvariante 3 unterscheiden sich von den Aufbauten der Sanierungsvariante 1 nur durch die erhöhte Dämmstoffstärke der Fassade und des Daches.

Außenwand Hochlochziegel San1							
Kat-Nr	Kurzbezeichnung	Dichte	Leitf.	spez.W	Stärke	R	U-Wert
		[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	[m]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
	außen					0,04	
1.228.02	DÜNNPUTZ	1600	0,8	1,13	0,005	0,01	
1.302.06	POLYSTYROL-HARTSCH.	20	0,041	1,4	0,10	2,44	
1.228.02	AUSSENPUTZ	1600	0,8	1,13	0,02	0,03	
1.104.06	HOHLZIEGELMAUERWERK	1200	0,5	0,92	0,25	0,50	
1.230.02	INNENPUTZ	1600	0,7	0,84	0,015	0,02	
	innen					0,13	
	Σ				0,285	3,16	0,32

Flachdach Hochlochziegel San1							
Kat-Nr	Kurzbezeichnung	Dichte	Leif.	spez.W	Stärke	R	U-Wert
		[kg/m3]	[W/mK]	[J/kgK]	[m]	[m2K/W]	[W/m2K]
	außen					0,04	
1.508.02	SCHÜTTUNG	1800	0,7	0,88	0,05	0,07	
1.304.02	XPS	35	0,033	1,4	0,12	3,64	
1.706.08	DACHPAPPE,PAPPE	1200	0,17	1,26	0,01	0,06	
1.202.06	ESTICHBETON	2000	1,4	1,13	0,07	0,05	
1.706.08	DACHPAPPE,PAPPE	1200	0,17	1,26	0,005	0,03	
1.324.06	HOLZWOLLEPLATTE	300	0,065	2,5	0,04	0,62	
	BETON	2300	1,4	1,13	0,06	0,04	
	HOHLZIEGEL MIT BETON	920	0,59	1,05	0,135	0,23	
	INNENPUTZ	1600	0,83	1,13	0,005	0,01	
	innen					0,1	
	Σ				0,20	4,88	0,20

Außenwand Holzspanbeton San1							
Kat-Nr	Kurzbezeichnung	Dichte	Leif.	spez.W	Stärke	R	U-Wert
		[kg/m3]	[W/mK]	[J/kgK]	[m]	[m2K/W]	[W/m2K]
	außen					0,04	
1.228.02	DÜNNPUTZ	1600	0,8	1,13	0,005	0,01	
1.302.06	POLYSTYROL-HARTSCH.	20	0,041	1,4	0,08	1,95	
1.228.02	AUSSENPUTZ	1600	0,8	1,13	0,02	0,03	
	HOLZSPANBETON	625	0,15	2	0,04	0,27	
	STEGE MIT KIESBETON	1830	0,67	1,26	0,12	0,18	
	HOLZSPANBETON	625	0,15	2	0,04	0,27	
1.230.02	INNENPUTZ	1600	0,7	0,84	0,015	0,02	
	innen					0,13	
	Σ				0,175	2,89	0,35

Flachdach Holzspanbeton San1							
Kat-Nr	Kurzbezeichnung	Dichte	Leif.	spez.W	Stärke	R	U-Wert
		[kg/m3]	[W/mK]	[J/kgK]	[m]	[m2K/W]	[W/m2K]
	außen					0,04	
1.508.02	SCHÜTTUNG	1800	0,7	0,88	0,05	0,07	
1.304.02	XPS	35	0,033	1,4	0,12	3,64	
1.706.08	DACHPAPPE,PAPPE	1200	0,17	1,26	0,01	0,06	
1.302.10	POLYSTYROL-HARTSCH:	35	0,037	1,4	0,04	1,08	
1.706.08	DACHPAPPE,PAPPE	1200	0,17	1,26	0,005	0,03	
1.232.06	ASPHALTESTRICH	2100	0,7	1,05	0,05	0,07	
1.202.02	BETON	2300	2,3	1,13	0,14	0,06	
1.230.02	INNENPUTZ	1600	0,83	1,13	0,015	0,02	
	innen					0,1	
	Σ				0,205	5,17	0,19

Außenwand Sandwichbeton Fertigteile San1							
Kat-Nr	Kurzbezeichnung	Dichte	Leitf.	spez.W	Stärke	R	U-Wert
		[kg/m3]	[W/mK]	[J/kgK]	[m]	[m2K/W]	[W/m2K]
	außen					0,04	
1.228.02	DÜNNPUTZ	1600	0,8	1,13	0,005	0,01	
1.302.06	POLYSTYROL-HARTSCH.	20	0,041	1,4	0,06	1,46	
1.202.02	STAHLBETON	2400	2,3	1,13	0,08	0,03	
1.302.06	POLYSTYROL-HARTSCH.	20	0,041	1,4	0,05	1,22	
1.202.02	STAHLBETON	2400	2,3	1,13	0,12	0,05	
	innen					0,13	
	Σ				0,25	2,95	0,34

Flachdach Sandwichbeton Fertigteile San1							
Kat-Nr	Kurzbezeichnung	Dichte	Leitf.	spez.W	Stärke	R	U-Wert
		[kg/m3]	[W/mK]	[J/kgK]	[m]	[m2K/W]	[W/m2K]
	außen					0,04	
1.508.02	SCHÜTTUNG	1800	0,7	0,88	0,05	0,07	
1.304.02	XPS	35	0,033	1,4	0,12	3,64	
1.706.08	DACHPAPPE,PAPPE	1200	0,17	1,26	0,01	0,06	
1.302.10	POLYSTYROL-HARTSCH:	35	0,037	1,4	0,04	1,08	
1.706.08	DACHPAPPE,PAPPE	1200	0,17	1,26	0,005	0,03	
1.232.06	ASPHALTESTRICH	2100	0,7	1,05	0,05	0,07	
1.202.02	BETON	2300	2,3	1,13	0,14	0,06	
1.230.02	INNENPUTZ	1600	0,83	1,13	0,015	0,02	
	innen					0,1	
	Σ				0,205	5,17	0,19

14.3 Aufbauten Sanierung San2:

Außenwand Hochlochziegel San2							
Kat-Nr	Kurzbezeichnung	Dichte	Leitf.	spez.W	Stärke	R	U-Wert
		[kg/m3]	[W/mK]	[J/kgK]	[m]	[m2K/W]	[W/m2K]
	außen					0,04	
	FASSADENVERKLEIDUNG						
	HINTERLÜFTUNG						
	90% MF+ 10% Holz	105	0,052	1,01	0,12	2,31	
1.316.08	MINERALFASER	50	0,041	0,84			
1.402.04	HOLZ	600	0,15	2,5			
1.228.02	AUSSENPUTZ	1600	0,8	1,13	0,02	0,03	
1.104.06	HOHLZIEGELMAUERWERK	1200	0,5	0,92	0,25	0,50	
1.230.02	INNENPUTZ	1600	0,7	0,84	0,015	0,02	
	innen					0,13	
	Σ				0,285	3,03	0,33

Außenwand Holzspanbeton San1							
Kat-Nr	Kurzbezeichnung	Dichte	Leitf.	spez.W	Stärke	R	U-Wert
		[kg/m3]	[W/mK]	[J/kgK]	[m]	[m2K/W]	[W/m2K]
	außen					0,04	
	FASSADENVERKLEIDUNG						
	HINTERLÜFTUNG						
	90% MF+ 10% Holz	105	0,052	1,01	0,10	1,93	
1.316.08	MINERALFASER	50	0,041	0,84			
1.402.04	HOLZ	600	0,15	2,5			
1.228.02	AUSSENPUTZ	1600	0,8	1,13	0,02	0,03	
	HOLZSPANBETON	625	0,15	2	0,04	0,27	
	STEGE MIT KIESBETON	1830	0,67	1,26	0,12	0,18	
	HOLZSPANBETON	625	0,15	2	0,04	0,27	
1.230.02	INNENPUTZ	1600	0,7	0,84	0,015	0,02	
	innen					0,13	
	Σ				0,175	2,86	0,35

Außenwand Sandwichbeton Fertigteile San2							
Kat-Nr	Kurzbezeichnung	Dichte	Leitf.	spez.W	Stärke	R	U-Wert
		[kg/m3]	[W/mK]	[J/kgK]	[m]	[m2K/W]	[W/m2K]
	außen					0,04	
	FASSADENVERKLEIDUNG						
	HINTERLÜFTUNG						
	90% MF+ 10% Holz	105	0,052	1,01	0,08	1,54	
1.316.08	MINERALFASER	50	0,041	0,84			
1.402.04	HOLZ	600	0,15	2,5			
1.202.02	STAHLBETON	2400	2,3	1,13	0,08	0,03	
1.302.06	POLYSTYROL-HARTSCH.	20	0,041	1,4	0,05	1,22	
1.202.02	STAHLBETON	2400	2,3	1,13	0,12	0,05	
	innen					0,13	
	Σ				0,25	3,02	0,33