

Hitze! vermeiden

Vermeidung sommerlicher Überwärmung im Wohnbau

Technologieleitfaden **Sommerliche Überwärmung**

Wien!
voraus

Energieplanung

StadT  Wien

Wissenschaftlich aufbereiteter Leitfaden zur Analyse der Möglichkeiten zur Vermeidung der sommerlichen Überwärmung im Wohnbau. Regionaler Fokus der Arbeit ist Wien, der inhaltliche Fokus liegt auf der Darstellung der passiven Maßnahmen. Ableitung von Empfehlungen. Zielgruppe sind Bauträger, Planerinnen und Planer, Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger der öffentlichen Hand sowie Endnutzerinnen und Endnutzer.

Hitze! vermeiden

Vermeidung sommerlicher Überwärmung im Wohnbau

Autoren

Universität für Bodenkultur Wien (BOKU)
Department für Bautechnik und Naturgefahren
Institut für Konstruktiven Ingenieurbau
Arbeitsgruppe Ressourcenorientiertes Bauen

Univ.-Prof. Arch. DI Dr. Martin Treberspurg
Arch. DI Dr. Doris Österreicher, MSc
DI Carmen Vicente Iñigo, MSc

AUFTRAGGEBER Magistratsabteilung 20 – Energieplanung



INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort	7
1 Einleitung	9
2 Grundlagen des thermischen Komforts	10
2.1 Beurteilung der Behaglichkeit	10
2.2 Einflussparameter	10
2.2.1 Lufttemperatur und mittlere Strahlungstemperatur	11
2.2.2 Luftgeschwindigkeit	12
2.2.3 Luftfeuchte	12
2.3 Auswirkungen auf die Physiologie des Menschen	13
2.4 Nachweis der Sommertauglichkeit	14
2.4.1 Berechnung der Immissionsflächenbezogenen speicherwirksamen Masse	14
2.4.2 Berechnung des Tagesverlaufs der operativen Temperatur	15
3 Analyse der aktuellen Lage im urbanen Raum	16
3.1 Gründe der sommerlichen Überwärmung	17
3.1.1 Klima	17
3.1.2 Bautechnik	17
3.1.3 Nutzerverhalten	18
3.1.4 Design	18
3.2 Steigender Kühlenergieverbrauch im Wohnbau	19
3.3 Zukünftige Klimaszenarien im urbanen Raum	20
3.3.1 Urbaner Hitzeinseleffekt	20
3.3.2 Klimaszenarien für Wien	22
4 Relevante Maßnahmen gegen sommerliche Überwärmung	24
4.1 Sonnenschutz	24
4.2 Bauweise – Speichermasse	26
4.3 Orientierung von Bauteilen	28
4.4 Kühlung durch natürliche Belüftung	30
4.5 Phase-Change Materials - PCM	32
4.6 Thermische Bauteilaktivierung	34
4.7 Bauwerksbegrünung	36
4.8 Innere Lasten	38
5 Aktive Kühlung effektiv nutzen	40
5.1 Wärmepumpe	40
5.2 Solare Kühlung	41
5.3 Fernkälte	42

6	Sensitivitätsanalyse	43
6.1	Methodik	43
6.1.1	Raummodell	43
6.1.2	Randbedingungen	43
6.2	Klimadaten	44
6.3	Untersuchte Szenarien	45
6.4	Ergebnisse – Ist-Klimaszenario	46
6.4.1	Speichermasse + Sonnenschutz	46
6.4.2	Verglasung + Sonnenschutz	48
6.4.3	Nachtlüftung + Sonnenschutz	50
6.4.4	Orientierung + Sonnenschutz	52
6.5	Ergebnisse – Zukunft-Klimaszenario	54
6.6	Schlussfolgerungen	56
7	Wirtschaftlichkeit	57
7.1	Vergleich über hypothetischen Kühlenergiebedarf	57
7.2	Mehrkosten	58
8	Beispielprojekte	60
8.1	Neubau	60
8.1.1	CO-living JAspern	60
8.1.2	WHA Kaisermühlenstraße	61
8.1.3	Wiener Gasse 8	62
8.1.4	Am Hirschenfeld	63
8.2	Sanierung	64
8.2.1	Lenaugasse 10	64
8.2.2	Penzinger Straße 58	65
8.2.3	MA 48 – grüne Fassade	66
9	Empfehlungen	67
9.1	Stadtplanung	67
9.2	Bauträger	67
9.3	Nutzerinnen und Nutzer	69
10	Ausblick	70
	Abkürzungsverzeichnis und Glossar	71
	Abbildungsverzeichnis	72
	Literaturverzeichnis	75



Mag.ª Maria Vassilakou
Vizebürgermeisterin
der Stadt Wien, amts-
führende Stadträtin
für Stadtentwicklung,
Verkehr, Klimaschutz,
Energieplanung und
BürgerInnenbeteiligung

VORWORT

Der Sommer 2017 war der drittwärmste Sommer seit Beginn der Messaufzeichnungen. Vielerorts wurden bis zu sechs Mal so viele Hitzetage, also Tage, an denen die Tageshöchsttemperatur 30 °C erreicht oder übersteigt, wie in einem Durchschnittsjahr verzeichnet. Beachtenswert ist auch die Tatsache, dass die drei heißesten Sommer seit Messbeginn innerhalb der letzten vierzehn Jahre auftraten.

Eine Besorgnis erregende Bilanz, die uns vor Augen führt, dass der Klimawandel nicht nur Inseln in weiter Ferne im Meer versinken lässt, sondern sich auch direkt bei uns in Wien abspielt. Insbesondere im städtischen Raum wird sommerliche Überhitzung eine zunehmend größere Herausforderung. Im dicht bebauten Gebiet ist es bei einer Hitzewelle nochmals deutlich heißer und drückender. Asphalt, Beton und Dächer sorgen dafür, dass die Temperaturen im direkten Umfeld noch höher steigen. Jahr für Jahr werden zahlreiche stromintensive Klimageräte beschafft und installiert, weil oft die Möglichkeiten fehlen, die Innenräume vor dieser Überhitzung zu schützen.

Der vorliegende Leitfaden befasst sich mit den Ursachen und Auswirkungen sommerlicher Überwärmung in Gebäuden. Es werden zahlreiche Maßnahmen beschrieben, um Hitzebelastung im Wohnbau zu verhindern und eine langfristige Sommertauglichkeit der Gebäude zu gewährleisten. Denn man muss berücksichtigen, dass Gebäude, die heute errichtet werden, weitestgehend unverändert den Klimabedingungen von 2050 und später ausgesetzt sein werden. Besonders passive Umsetzungsmöglichkeiten schaffen kostengünstig und energiesparend die besten Voraussetzungen für hohen thermischen Komfort in Wohngebäuden. So kann im Neubau zum Beispiel bereits in der Planung auf effektive Verschattung geachtet werden, oder darauf, die Gebäude und Wohnungen so zu orientieren, dass sie optimal durchlüftet werden können.

Neben der Beschreibung unterschiedlicher Strategien, die sich besonders an die Gebäudeplanung richten, zeigt der Leitfaden auch zahlreiche Best Practice Beispiele, die einen guten Überblick über wirkungsvolle Maßnahmen zur Vermeidung sommerlicher Überwärmung bieten.

Wir müssen heute handeln: Es gilt, auch der Überwärmung von Wohngebäuden vorzubeugen. Der richtige Einsatz von kühlenden Maßnahmen ist dabei entscheidend.



Mag.ª Maria Vassilakou

1 EINLEITUNG

Ziel dieses Leitfadens ist es, die Möglichkeiten zur Vermeidung der sommerlichen Überwärmung im Wohnbau darzustellen. Der Leitfaden basiert auf den Ergebnissen einer wissenschaftlichen Studie, in der am Beispiel Wien der Einsatz verschiedener passiver Maßnahmen in diesem Kontext analysiert wurde.

Unter sommerlicher Überwärmung sind die steigenden Temperaturen zu verstehen, die während der Sommerperiode in urbanen Gebieten immer häufiger auftreten. Das Thema gewinnt aufgrund von Klimawandel und Wärmeinseleffekten in der Stadt zunehmend an Bedeutung.

Das Weltklimaabkommen (Paris 12/2015) hat als Ziel, die durch Treibhausgase verursachte globale Erwärmung auf deutlich unter zwei Grad gegenüber der vorindustriellen Zeit zu begrenzen. In diesem Leitfaden werden Konzepte für passive Kühlstrategien im Wohnbau dargestellt. Das klimagerechte Bauen soll neben der Reduktion des Heizwärmebedarfes im Winter auch die Vermeidung eines Kühlenergiebedarfes im Sommer berücksichtigen.

Die Überhitzung in Gebäuden stellt aufgrund der steigenden Sommertemperaturen eine große Herausforderung dar. Besonders im städtischen Raum besteht die Tendenz, auch im Wohnbau elektrisch betriebene Klimageräte, die zu einem hohen Stromverbrauch führen, zu installieren.

Bei der zunehmenden Anzahl von hochwärmedämmten Gebäuden sind mehrere Aspekte zu beachten. Einerseits wird durch die hohe Wärmedämmung der opaken Gebäudehülle und durch den niedrigeren Energiedurchlassgrad der transparenten Hüllflächen der solare Wärmeeintrag in das Gebäude reduziert. Andererseits kann im Gebäude entstehende Wärme nur langsamer durch die Gebäudehülle abtransportiert werden. Daher sind vor allem die Vermeidung von direkter solarer Einstrahlung im Sommer durch effizienten Sonnenschutz, die Reduktion von inneren Lasten sowie die Möglichkeit, die entstehende Wärme effizient abzuführen, ausschlaggebend, um sommerliche Überwärmung zu reduzieren oder gänzlich zu vermeiden.

Die Berücksichtigung dieser Faktoren ist für die Sanierung sowie für den Neubau bereits während der Planungsprozesse notwendig.

Besonders im Wohnbau ist das Nutzerverhalten von Bedeutung, da die Effizienz der passiven Maßnahmen auch stark von der Nutzerin bzw. vom Nutzer beeinflusst wird.

In diesem Leitfaden werden die Einflussparameter, die zur Überhitzung beitragen, analysiert. Die passiven Maßnahmen zur Vermeidung von Überhitzung werden dargestellt und anhand einer Sensitivitätsanalyse ausgewertet und verglichen. Es werden Wirtschaftlichkeitsanalysen zu den Technologien vorgelegt und anhand ausgeführter Projekte passive Kühlstrategien präsentiert. Als Schlussfolgerungen werden Anweisungen für eine adäquate Planung sowie für nachträgliche Maßnahmen definiert.

Der Leitfaden soll als Hilfestellung für Bautragende, Planerinnen und Planer, Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger der öffentlichen Hand sowie für Endnutzerinnen und Endnutzer dienen.

2 GRUNDLAGEN DES THERMISCHEN KOMFORTS

In diesem Kapitel werden die relevanten Grundlagen, Kriterien und Normen, die den thermischen Komfort beschreiben, zusammengefasst.

2.1 Beurteilung der Behaglichkeit

Die Kriterien zur Analyse und Interpretation der thermischen Behaglichkeit sind in der EN ISO 7730 definiert und bauen auf den Studien von FANGER in den 1970er Jahren auf.

„Das menschliche Wärmeempfinden hängt im Wesentlichen vom thermischen Gleichgewicht (Wärmebilanz) des Körpers als Ganzem ab. Dieses Gleichgewicht wird durch körperliche Tätigkeit und Bekleidung sowie durch die Parameter des Umgebungsklimas, das sind Lufttemperatur, mittlere Strahlungstemperatur, Luftgeschwindigkeit und Luftfeuchte, beeinflusst. Sofern diese Faktoren geschätzt oder gemessen wurden, kann das Wärmeempfinden für den Körper als Ganzes vorausgesagt werden, indem das vorausgesagte mittlere Votum (predicted mean vote, PMV) berechnet wird.“ [EN ISO 7730]

„Der vorausgesagte Prozentsatz an Unzufriedenen (predicted percentage of dissatisfied, PPD) liefert Angaben zur thermischen Unbehaglichkeit oder Unzufriedenheit, indem der Prozentsatz an Menschen vorausgesagt wird, die ein bestimmtes Umgebungsklima wahrscheinlich als zu warm oder zu kalt empfinden. Der PPD lässt sich aus dem PMV berechnen.“ [EN ISO 7730]

In dieser Norm werden auch folgende Ursachen für die lokale thermische Unbehaglichkeit definiert:

- Zugluft
- Vertikaler Lufttemperaturunterschied
- Warme und kalte Fußböden
- Asymmetrie der Strahlungstemperatur

2.2 Einflussparameter

Der individuelle thermische Komfort hängt stark von der Physiologie sowie auch der Bekleidung und Aktivität des Nutzers ab und wird durch unterschiedliche externe Parameter beeinflusst:

- Lufttemperatur und mittlere Strahlungstemperatur (Standort, innere Lasten, Nutzerverhalten, Infiltration, Verschattung, Bauweise)
- Luftgeschwindigkeit (Standort, Orientierung des Gebäudes, Position und Größe der Fenster)
- Luftfeuchte (Standort, innere Lasten, Lüftung)

die aus anderen Faktoren resultieren:

- Standortklima
- Bauweise
- Innere Lasten
- Nutzerverhalten
- Infiltration und Lüftung
- Verschattung
- Orientierung
- Windstärke und Windrichtung

Der Einfluss dieser Parameter wird dargestellt und im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse zusammen mit passiven Kühlstrategien zur Vermeidung von sommerlicher Überwärmung untersucht.

2.2.1 Lufttemperatur und mittlere Strahlungstemperatur

Die Temperatur der umgebenden Flächen ist für ein behagliches Raumklima ausschlaggebend. Die operative Temperatur (Empfindungstemperatur) bildet die gefühlte Temperatur des Menschen ab und wird als Hauptparameter zur Beurteilung der Behaglichkeit benutzt. Die operative Temperatur ist von der Lufttemperatur und der mittleren Strahlungstemperatur der umgebenen Flächen beeinflusst.

Abbildung 1 zeigt den Zusammenhang von Raumlufttemperatur und mittlerer Oberflächentemperatur für die Beurteilung der Behaglichkeit nach FRANK, W. 1975. Das Diagramm dient zur Beurteilung der Behaglichkeit im Winterfall. Durch die Dämmung der Außenbauteile werden kühle Oberflächentemperaturen vermieden, was eine Reduzierung der Lufttemperatur im Raum zulässt (reduzierter Energieverbrauch), ohne die Behaglichkeit zu gefährden.

Für den Sommerfall sind Vorgaben für die empfohlene Empfindungstemperatur in Abhängigkeit der Außentemperatur in der deutschen Norm [DIN 1946-2] definiert. Die empfohlene operative Temperatur nimmt mit der steigenden Außenlufttemperatur zu. Der höchste empfohlene Wert für die Empfindungstemperatur ist mit 27 °C festgelegt, allerdings werden in der Norm nur Werte bis 32 °C Außenlufttemperatur betrachtet (siehe Abbildung 1).

Diese Grenzen werden heute bereits oft überschritten. Im Wien ist die Anzahl der Tage mit Außentemperatur > 30 °C seit 1950 stark gestiegen (siehe Abbildung 3). Die Tendenz zeigt, dass es sich nicht mehr nur um außerordentliche Ereignisse handelt. Die Perioden, in denen die Außentemperatur 30 °C übersteigt, werden häufiger und länger.

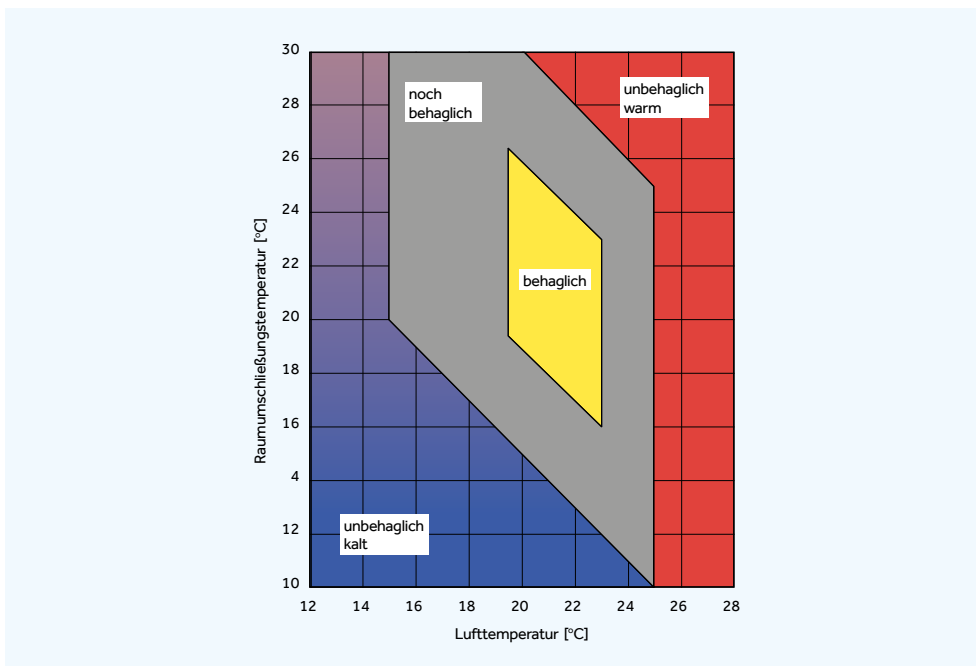


Abb. 1
Thermische Behaglichkeit _
Raumlufttemperatur – mittlere
Oberflächentemperatur
[FRANK, W. 1975]
(Bildquelle: BDH –
Bundesverband
der Deutschen
Heizungsindustrie)

2.2.2 Luftgeschwindigkeit

Die Geschwindigkeit und Temperatur der Luft sind für die Behaglichkeit von großer Bedeutung. So führen Luftbewegungen im Winter zu einer erhöhten Wärmeabgabe des Körpers durch Konvektion und werden als unbehaglich empfunden.

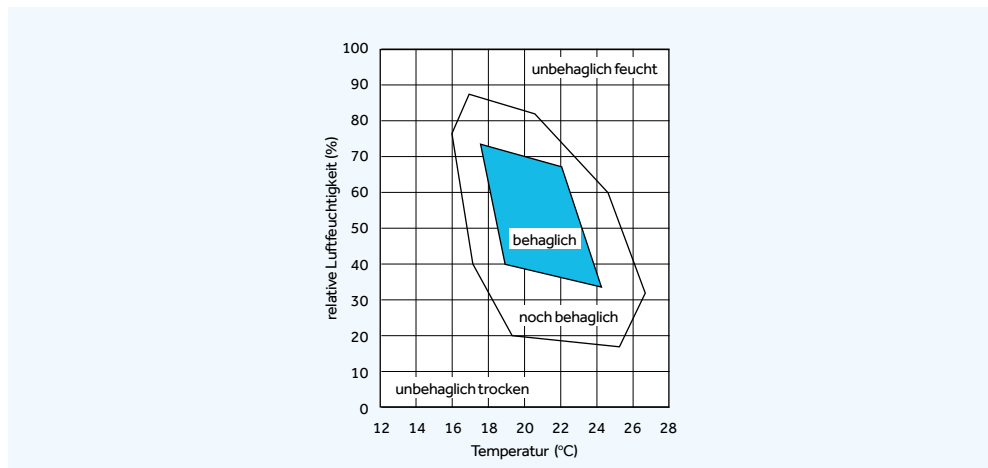
Im Sommer dagegen führt Luftzug zur Wärmeabgabe durch Verdunstungskühlung und kann als angenehm empfunden werden. Durch den Einsatz von Ventilatoren wird der Verdunstungseffekt beschleunigt und vermehrt Wärme dem Körper entzogen. Vorsicht ist im Sommer bei hohen Luftgeschwindigkeiten und niedrigen Lufttemperaturen geboten, da diese zu Unbehaglichkeit führen.

2.2.3 Luftfeuchte

Das Behaglichkeitsempfinden ist durch die relative Luftfeuchte beeinflusst, da die Temperaturregulierung des Körpers auch über die Verdunstung von Feuchtigkeit erfolgt.

Die relative Luftfeuchte bestimmt, wie intensiv der Mensch die Lufttemperatur wahrnimmt. Bei erhöhter relativer Luftfeuchte werden hohe Temperaturen als wärmer und niedrige als kälter empfunden. Bei einem hohen Feuchtegehalt der Luft ist die Wärmeabgabe des Körpers durch Schweißverdunstung stark eingeschränkt [TREBERSPURG, M. 2013]. Die Norm EN 15251:2012 beschreibt als obere Grenze der Behaglichkeit eine absolute Luftfeuchte von 12 g Wasserdampf je kg trockener Luft. Bei einer Raumtemperatur von 20 °C entspricht das einer relativen Feuchte von 70 % (siehe Abbildung 2).

Abb. 2
Thermische Behaglichkeit – relative Luftfeuchtigkeit – Lufttemperatur [FRANK, W. 1975] (Bild: raumluft.org)



2.3 Auswirkungen auf die Physiologie des Menschen

Die Behaglichkeit des Menschen wird von den zuvor dargestellten Faktoren bestimmt. Darüber hinaus können zu hohe Temperaturen eine negative Auswirkung auf die Gesundheit des Menschen haben.

Nachfolgende Abbildung zeigt die steigende Tendenz bei der Zahl und Dauer der Hitzetage pro Dekade in Wien.

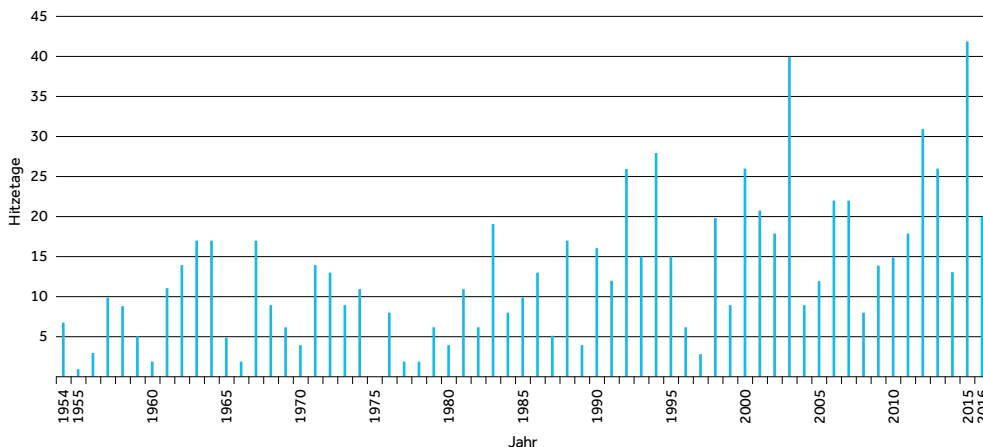


Abb. 3
Klimatologische
Kenntage in Wien
1954 bis 2016;
Hitzetage
[ZAMG –
Klimaabteilung]

Es ist ersichtlich, dass es über die letzten Jahrzehnte hinweg vermehrt zu Hitzetagen kommt und die Tendenz steigend ist.

Zusätzlich zu dieser Tendenz sind die steigenden Nachttemperaturen im Sommer zu berücksichtigen. In Wien (Station Hohe Warte) wurde für die Periode 1948–2002 ein Anstieg von $0,2\text{ °C}$ pro Dekade beobachtet. Die Nachttemperatur hat einen großen Einfluss auf die Gesundheit des Menschen, da diese auch für die Erholung ausschlaggebend ist [GERERS-DORFER, T. 2009].

Besonders im innerstädtischen Raum und aufgrund der Wärmeinseleffekte ist in Zukunft mit einer Steigerung der Nachttemperaturen zu rechnen. Der Wärmeinseleffekt (auch Urban Heat Island genannt) beschreibt einen klimatischen Effekt, wonach die bodennahen Lufttemperaturen in dicht besiedelten urbanen Gebieten tendenziell höher sind als in unbebauten Gebieten. Die Intensität der Überwärmung ist von zahlreichen Faktoren, wie z.B. Grünflächenanteil, Bebauungsdichte und -höhe als auch topographischen und klimatischen Aspekten abhängig. Der Begriff „Warme Nacht“ wird hier als die Abfolge von Tag ($T_{\max} \geq 30\text{ °C}$) – Nacht ($T_{\min} \geq 18\text{ °C}$) – Tag ($T_{\max} \geq 30\text{ °C}$) definiert und zeigt das größte Risiko für die Gesundheit.

Der Einfluss der Temperatur auf die Physiologie des Menschen sollte nicht unterschätzt werden. Im Wohnbau müssen diese Effekte daher besonders berücksichtigt und die Überhitzung im Gebäude durch eine gute Planung abgegrenzt werden. Die Einhaltung einer angenehmen Temperatur in Aufenthalts- und Schlafräumen soll gewährleistet sein.

2.4 Nachweis der Sommertauglichkeit

In Österreich erfolgt die Nachweisführung der Sommertauglichkeit in Gebäuden gemäß ÖNORM B 8110-3.

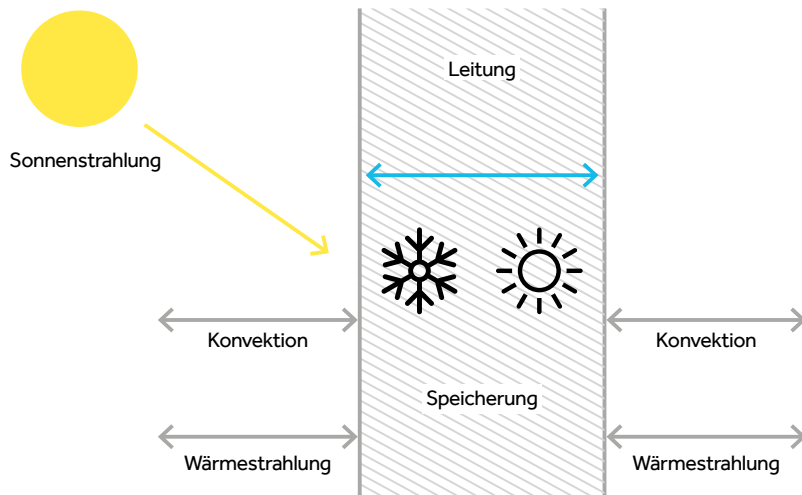
Für Wohngebäude kann die Sommertauglichkeit eines Gebäudes durch folgende Verfahren nachgewiesen werden:

- Durch die Berechnung des Tagesverlaufs der operativen Temperatur. Die operative Temperatur darf den Maximalwert von 27 °C nicht überschreiten. In Schlaf- und Ruheräumen darf die Nachttemperatur (22:00 bis 06:00) höchstens 25 °C betragen.
- Durch die Berechnung der immissionsflächenbezogenen speicherwirksamen Masse (vereinfachtes Verfahren).

2.4.1 Berechnung der immissionsflächenbezogenen speicherwirksamen Masse

Das vereinfachte Verfahren darf angewendet werden, wenn der Tagesmittelwert der Außentemperatur höchstens 23 °C beträgt und die Fenster des Raumes nachts geöffnet bleiben können.

Abb. 4
Instationäres Wärmeverhalten von Bauteilen
[eigene Darstellung nach WILLEMS, M. 2013]



In einem Bauteil verändern sich über die Zeit die inneren und äußeren Randbedingungen d.h. der Bauteil ist z.B. innerhalb eines Tages verschiedenen Temperaturen und unterschiedlicher Intensität von Solarstrahlung ausgesetzt. Abbildung 4 zeigt schematisch die Einflussgrößen, die auf das Wärmeverhalten des Bauteils wirken.

In der ÖNORM B 8110-3 wird die Speichermasse durch ein vereinfachtes Verfahren berechnet. Dabei wird die Immissionsfläche eines Raumes und der immissionsflächenbezogene stündliche Luftvolumenstrom mit den Anforderungen aus der Norm verglichen.

Die Immissionsfläche ist von der Fläche und Orientierung der transparenten Bauteile, der Verschattung sowie dem Gesamtenergiedurchlassgrad abhängig. Der immissionsflächenbezogene stündliche Luftvolumenstrom wird anhand vorgeschriebener Luftwechselzahlen in Abhängigkeit der Fassadenöffnungen berechnet. Die Norm ist dann erfüllt, wenn Verglasung, Verschattung, Durchlüftung des Raumes und Speichermasse so aufeinander abgestimmt sind, dass der Raum nicht überhitzt.

2.4.2 Berechnung des Tagesverlaufs der operativen Temperatur

Alternativ zu den vereinfachten Verfahren kann die Sommertauglichkeit des Gebäudes über die Berechnung der operativen Temperatur nachgewiesen werden. Hierbei wird ein sich periodisch wiederholender (24 Stunden) Außenlufttemperaturverlauf angesetzt und der sich einstellende Tagesgang der operativen Temperatur berechnet.

Folgende Randbedingungen sind in der Norm festgelegt:

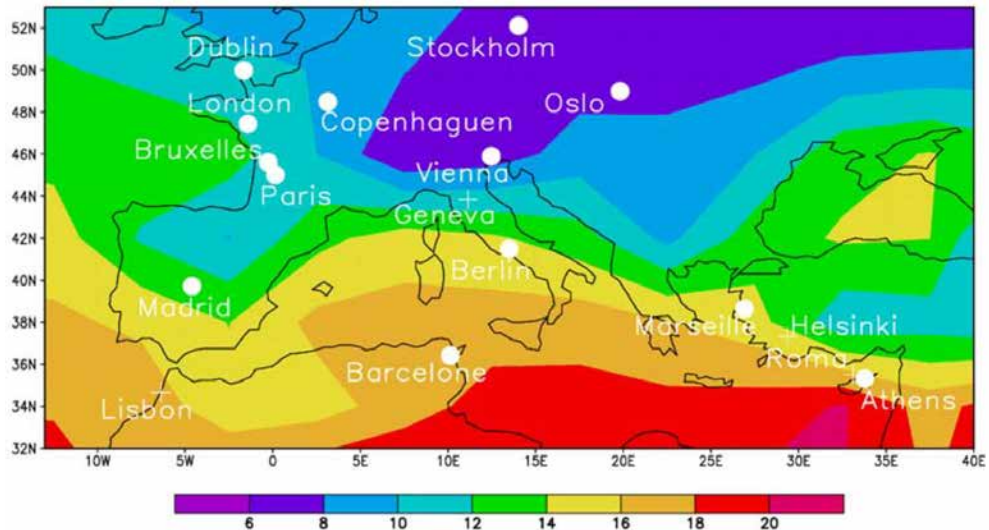
- Außenklima: Tagesverlauf der Temperatur, langwellige und kurzwellige Strahlung.
- Minimal anzunehmende innere Lasten: Tagesverlauf der Lasten durch Personen, Geräte und Beleuchtung.
- Luftwechsel durch Fensterlüftung: Hier wird auch eine Nachtlüftung berücksichtigt.
- Sonnenschutz-Faktoren

Aufgrund der steigenden Nachttemperaturen im Sommer und der sich ändernden Klimabedingungen in der Stadt kann es, trotz eines Nachweises der Sommertauglichkeit, zu Überwärmungserscheinungen in den Wohnungen kommen. In heißen Sommernächten liegt die tiefste Außentemperatur bereits über 23 °C. Besonders in Dachgeschossausbauten werden im Sommer hohe Temperaturen erreicht. Dies ergibt sich als Konsequenz unterschiedlicher Faktoren, wie z.B. fehlender Sonnenschutz, erhöhte solare Energieeinträge im Sommer aufgrund der Neigung des Fensters, mangelhafte Nachtlüftung, geringe Wärmespeichermasse, Nutzerverhalten, Farbe und Material des Daches.

3 ANALYSE DER AKTUELLEN LAGE IM URBANEN RAUM

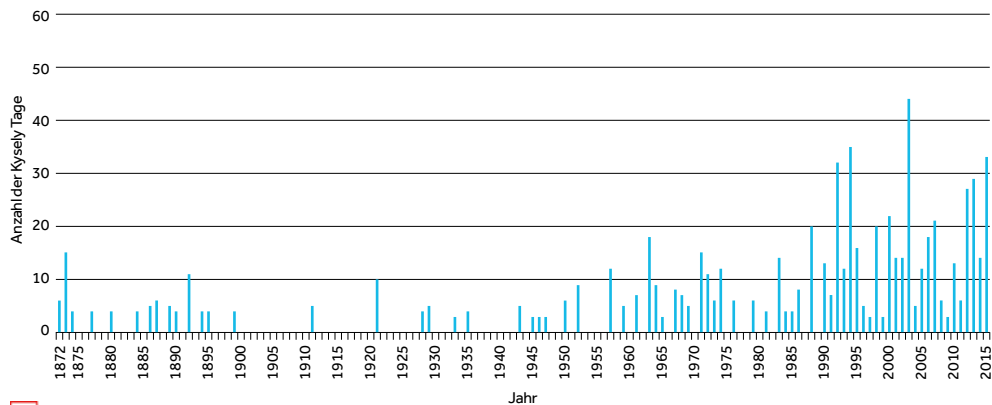
In diesem Kapitel werden der urbane Kontext und die Auswirkungen auf die sommerliche Überwärmung im Wohnbau beschrieben. Dazu werden die Gründe der sommerlichen Überwärmung, der steigende Kühlenergiebedarf im Wohnbau sowie die zukünftigen Klimaszenarien im urbanen Raum analysiert und für weitere Empfehlungen bewertet.

Abb. 5
Vergleichsklimaszenario 2070, Météo-France Modell, SRES A2. [HALLEGATTE, S. 2007]



In der Abbildung 5 sind die Vergleichsklimaszenarien für das Jahr 2070 in Europa abgebildet. Die Veränderungen der lokalen Klimabedingungen für die europäischen Hauptstädte werden durch die Positionierung an ihren klimatisch vergleichbaren Standorten angezeigt. Zum Beispiel liegt Berlin 2070 klimatisch an der italienischen Küste und Barcelona 2070 an der afrikanischen Küste.

Abb. 6
Hitzewellen-Tage Wien
Hohe Werte (1872–2015)
Auswertung nach Kysely (bis 12.05.2015) [ZAMG, 2015]



Eine Untersuchung der ZAMG ergab, dass in 100 Jahren Messgeschichte Hitzewellen mit einer Serie von Maximaltemperaturen um und über 30 °C in den letzten Jahrzehnten häufiger wurden. In Wien wurden nach dem Jahr 2003 im Jahr 2015 die meisten Hitzewellen-Tage gemessen, wie Abbildung 6 zeigt..

Der tschechische Meteorologe Jan Kysely definiert in einer vereinfachten Methode den Kysely-Tag bzw. die Hitzewelle oder Hitzeperiode. Der Begriff „Hitzeperiode“ wurde von Kysely (2004) wie folgt definiert: „Eine ‚Hitzeperiode‘ wird festgestellt, sobald an mindestens 3 Tagen in Folge die Maximaltemperatur 30 °C überschreitet, und hält so lange an, wie die mittlere Maximaltemperatur über die gesamte Periode über 30 °C bleibt und an keinem Tag eine Maximaltemperatur von 25 °C unterschritten wird.“ [MOSHAMMER, H. 2009]

Damit können Hitzewellen bzw. Hitzeperioden basierend auf historischen Daten gut verglichen werden (ZAMG, 2015).

3.1 Gründe der sommerlichen Überwärmung

3.1.1 Klima

Das Klima ist einer der bedeutsamsten Faktoren, da wir dieses nur begrenzt unmittelbar beeinflussen können. So wie im Winter das Gebäude als Schutz gegen unbehagliche Außentemperaturen dient, soll es auch im Sommer diesem Zweck entsprechen.

Die Bauart und Bauweise einer Region hat sich über Jahrtausende an die lokalen klimatischen Bedingungen angepasst. Die lokale Architektur hat sich demzufolge ursprünglich auch als Folge des regionalen Klimas entwickelt. Aber die Folgen des Klimawandels sind bereits spürbar und die lokalen Bedingungen ändern sich. Vergleichsklimaszenarien bis 2070 zeigen z.B., dass Wien in Zukunft klimatisch am Mittelmeer liegt (siehe Abbildung 5). Zudem sind in dicht bebauten Städten die Konsequenzen noch verstärkt. In diesem Sinne muss die Bauweise an diese Änderungen angepasst werden. Worauf sollen Adaptierungen fokussieren? Welche Effekte bringt der Klimawandel?

- Steigende Temperaturen im Sommer
- Steigende Häufigkeit der erhöhten Temperaturen
- Urbaner Hitzeinseleffekt
- Reduzierte Abkühlung der Temperaturen in der Nacht

3.1.2 Bautechnik

Die Bautechnik hat sich in den letzten Jahren sukzessive geändert und die Qualität der Gebäudehülle wird kontinuierlich verbessert. Grund dafür sind die steigenden Anforderungen an die thermische Qualität der Gebäudehülle, die zur Erhöhung der Wohnqualität bei gleichzeitiger Reduzierung des Gesamtenergieverbrauchs führen. Um die Wärmeverluste im Winter zu minimieren, wird die Gebäudehülle mit einer durchgehenden Dämmebene gebaut. Im Sommer kann dadurch die im Gebäude entstehende Wärme weniger rasch durch die Gebäudehülle abströmen. Demzufolge sind zusätzliche Maßnahmen zur Abminderung der externen Wärmegewinne (z.B. durch Sonnenschutz) und zur Abführung der im Gebäude entstehenden Wärme (z.B. durch Nachtlüftung) von großer Bedeutung.

Dazu kommt, dass in der Praxis oft am falschen Ende gespart wird. Die Baukosten werden immer mehr nach unten gedrückt, ohne Berücksichtigung der Folgen für die Nutzerinnen bzw. Nutzer. Oft wird aufgrund der Kosten auf passive Maßnahmen (z.B. außenliegenden Sonnenschutz) verzichtet, was zur Folge hat, dass die Nutzerin bzw. der Nutzer nachträgliche Maßnahmen gegen Überhitzung durchführen muss. In einer solchen Situation wird die Installation einer Klimaanlage häufig als die einfachste und kostengünstigste Variante durch die Nutzerin bzw. den Nutzer gesehen.

3.1.3 Nutzerverhalten

Die Nutzerin bzw. der Nutzer hat durch sein Verhalten einen großen Einfluss auf das Innenraumklima. Durch die Steuerung des Sonnenschutzes, der Fensterlüftung und der inneren Lasten hängt der Erfolg thermisch behaglicher Räume auch von der Nutzerin bzw. vom Nutzer ab. So kommt es mitunter vor, dass trotz Berücksichtigung aller bautechnischen Faktoren und der Integration von passiven Maßnahmen, im Gebäude kein akzeptabler Innenraumkomfort erreicht wird.

Ziel ist es, die Nutzerin bzw. den Nutzer darauf aufmerksam zu machen, dass ihr bzw. sein Verhalten ein entscheidender Faktor für ein gutes Innenraumklima ist. Folgende Aspekte werden im Laufe des Berichtes beantwortet und unter Kapitel 9 in Form von Empfehlungen überarbeitet:

- Steuerung des Sonnenschutzes
- Lüftungsstrategien
- Maßnahmen zur Reduktion der inneren Lasten

3.1.4 Design

Das Design des Gebäudes ist der Faktor, der die Überhitzung maßgeblich beeinflusst. Wie ein Gebäude am besten zu planen ist, hängt von vielen Faktoren ab. Wie sich passive Maßnahmen bautechnisch und architektonisch am besten integrieren lassen, ist daher für jede Planungssituation unterschiedlich.

Allgemeingültig kann jedoch zusammengefasst werden, dass nachfolgende Faktoren einen großen Einfluss auf das Innenraumklima haben und demnach jedenfalls in der Planung berücksichtigt werden sollten:

- Anteil transparenter Flächen an der Gebäudehülle
- Neigung der transparenten Flächen
- Orientierung der Gebäude und Fenster
- Beschattungsmaßnahmen
- Lüftungsmöglichkeiten
- Qualität der Verglasung
- Bauweise

In diesem Zusammenhang ist es wichtig, Maßnahmen zur Reduktion der Sommertemperaturen im Gebäude zu implementieren. Die aktuelle Zunahme an installierten Klimageräten könnte so gebremst werden.

3.2 Steigender Kühlenergieverbrauch im Wohnbau

Das Thema der Gebäudekühlung nimmt in Mitteleuropa auch im Wohnbau stetig an Relevanz zu. Der Kühlenergiebedarf in Europa steigt zunehmend. Für 2020 wurde der Kühlenergiebedarf in EU-15 mit 115.000 GWh/a prognostiziert, mehr als der 4,5-fache Wert von 1990 (siehe Abbildung 7) [ADNOT, J. 2003].

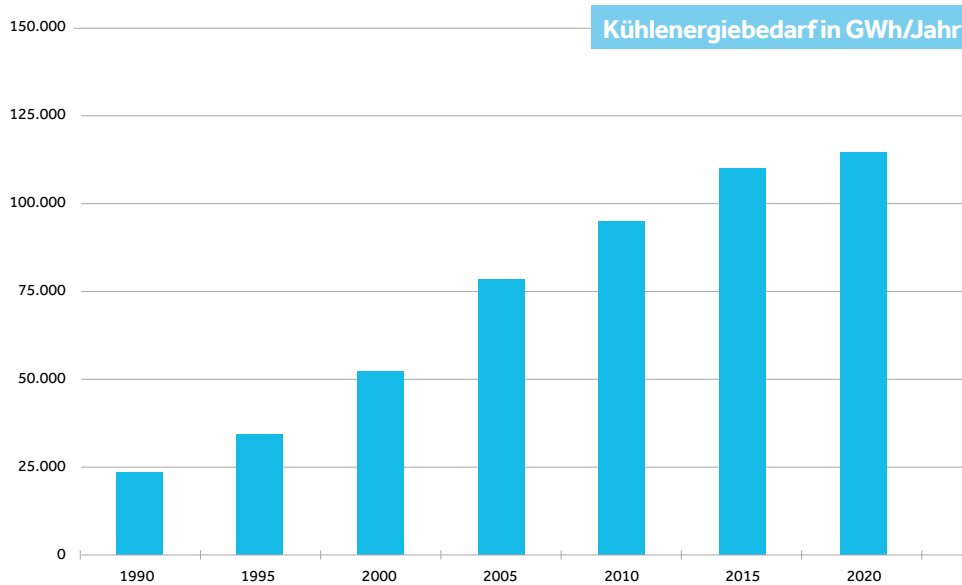


Abb. 7
Entwicklung des Kühlenergiebedarfs in der EU-15 zwischen 1990 und 2020
[ADNOT, J. 2003]

Auch in Österreich sind die Auswirkungen des Klimawandels bereits spürbar. Der Stromverbrauch für Klimaanlage und Ventilatoren in Wien stieg im Zeitraum 1995–2012 von 27,1 GWh/a auf 210,3 GWh/a [MA20, 2014]. Dies ist zum Teil auf das Bevölkerungswachstum zurückzuführen, im Wohnbau erhöhte sich in den letzten Jahren die Anschaffung von elektrisch betriebenen Kleinklimaanlagen. Die häufig eingesetzten mobilen Klimageräte weisen leider eine sehr geringe Energieeffizienz auf. Der Anteil des Stromverbrauches von privaten Klimaanlagen betrug für das Jahr 2012 13% des im Jahr verbrauchten Stroms für Klimaanlagen und Ventilatoren in Wien [MA20, 2014].

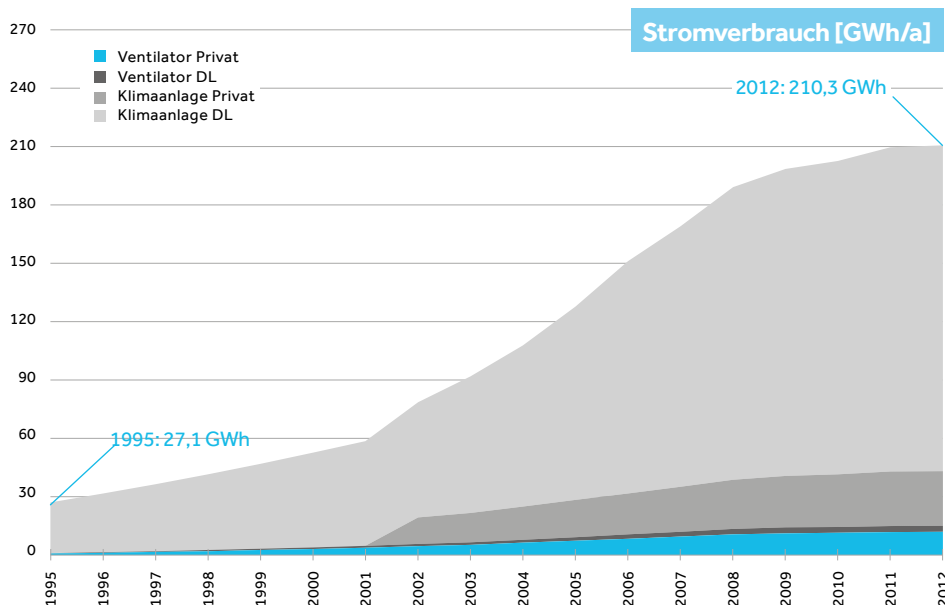


Abb. 8
Stromverbrauch für Klimaanlagen und Ventilatoren 1995–2012 in Wien
(Quelle: Berechnungen EEG (TU Wien) [MA 20, 2014 – Energiebericht])

Diese Tendenz zeigt ein wachsendes Problem im städtischen Raum und fordert die Implementierung von alternativen Strategien zur Reduzierung des Stromverbrauchs für Kühleenergie.

Zu berücksichtigen ist auch der Beitrag der Klimaanlage zum Wärmeinseleffekt. Die Nutzung von privaten Klimaanlage verschlechtert die Situation der Wärmeinseln, da die Abwärme während der heißesten Stunden des Tages direkt an die Umgebung abgegeben wird. Häufig führt der Einsatz der Klimaanlage auch zu zusätzlichen Lärmbelastungen insbesondere in Innenhöfen.

Vor allem bei sehr dichter Bebauung, wie im 1. Wiener Gemeindebezirk, belastet die Abwärme aus Kleinklimageräten von Geschäftslokalen das Klima der begrünten Innenhöfe, was eine Kühlung durch Lüftung in der Nacht verunmöglicht [TREBERSPURG, M. 2007 – Teil 1]. Eine baubehördliche Genehmigung dieser Geräte wäre wünschenswert.

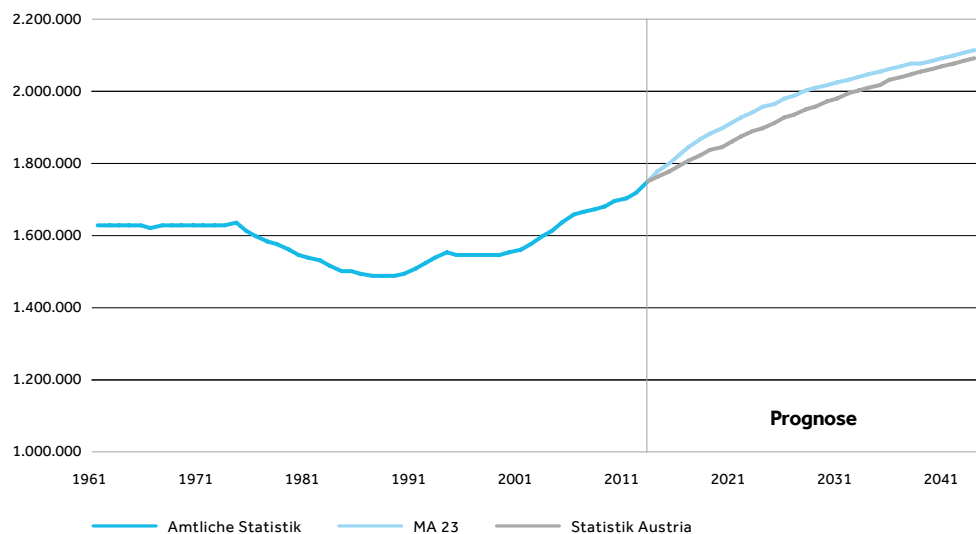
3.3 Zukünftige Klimaszenarien im urbanen Raum

3.3.1 Urbaner Hitzeinseleffekt

Die Bevölkerungsentwicklung in Wien ist in Abbildung 9 dargestellt. Ein Anstieg von aktuell 1,8 Millionen Einwohnerinnen und Einwohnern bis zu über 2 Millionen in 2029 wurde von der Statistik Austria und der MA 23 prognostiziert. Diese zunehmende Zahl der Bevölkerung im städtischen Raum führt zu einer Nachverdichtung der bestehenden Siedlungen. Gleichzeitig werden die Freiflächen reduziert. Dabei sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Hinsichtlich der Stadtplanung sind Maßnahmen zur Reduzierung der Wärmeinseleffekte zu fordern, wie z.B. die Sicherung, Erweiterung und Vernetzung der Grün- und Wasserflächen in der Stadt sowie Begrünung der Gebäude mit Gründächern, Dachgarten und grünen Fassaden.
- Hinsichtlich der neu zu schaffenden Wohnräume sind passive Maßnahmen zur Vermeidung von Überhitzung bei Sanierungen und Neubau einzusetzen.
- Bei der urbanen Nachverdichtung ist die urbane Morphologie besonders hinsichtlich zusätzlicher Wärmeeffekte zu berücksichtigen, z.B.:
 - Gewährleistung von Durchlüftung von Straßenzügen und Wohnungen
 - Freihalten von übergeordneten Frischluftschneisen wie das Wiental, die kühle Luftströme in das Stadtzentrum führen.

Abb. 9
Bevölkerungsentwicklung in Wien
[MA 23 2014]



Der urbane Hitzeinseleffekt beschreibt das Phänomen, dass die Temperaturen im städtischen Raum die im ländlichen Umfeld übersteigen. Die dichtgebauten Siedlungen, die reduzierte freie und grüne Fläche sowie die Oberflächen der Baumaterialien erklären diesen Effekt.

Im Vergleich zum ländlichen Umfeld sind in der Stadt andere Voraussetzungen gegeben [MA 22, 2015]:

- Geringere Verdunstungskühlung verfügbar, da die verbauten Materialien wasserundurchlässig sind (Versiegelung der Flächen)
- Reduzierte Luftzirkulation und geringere Windstärken
- Größere wärmeabsorbierende Flächen, durch vertikale und horizontale Flächen der Gebäude
- Nicht ausreichende Beschattung der Gebäude aufgrund von fehlender Vegetation
- Diffuse Sonneneinstrahlung durch Reflexion von anderen Gebäuden
- Abwärme von Klimaanlage, industriellen Prozessen, Verkehr usw.

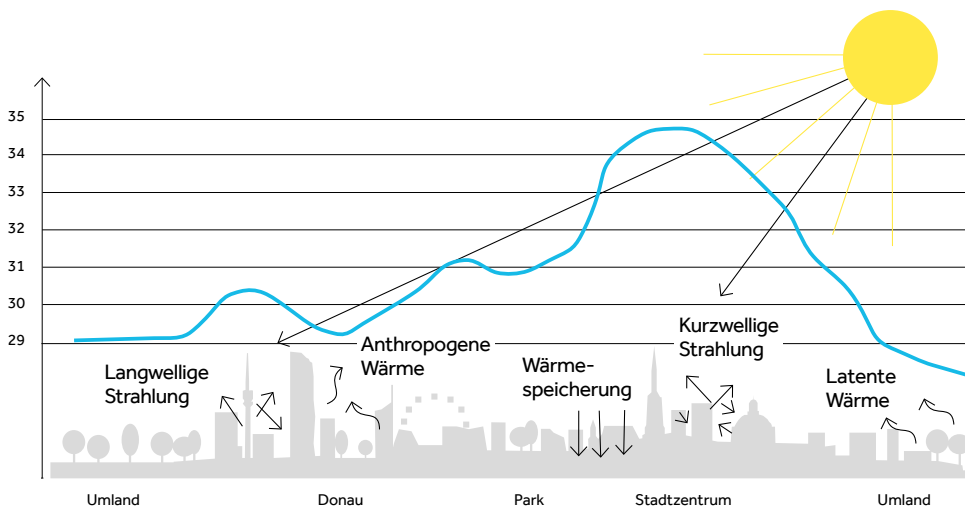


Abb. 10
Wärmeinsel-Effekte
[MA22, 2015]

Eine Studie zu Stadtraumtypologien und Mikroklimasimulationen [STILES, R. 2014] hat gezeigt, dass die Bepflanzung von Bäumen in der Stadt die wirksamste Maßnahme zur Verbesserung des thermischen Komforts im urbanen Raum ist. Die Bäume bewirken einerseits eine Erhöhung der Verdunstungskühlung und andererseits eine Beschattung der Gebäude, was wiederum zu einer Reduktion der Oberflächentemperaturen und der Strahlung führt.

In Wien sind derzeit nur 2% bis 3% der Dächer begrünt. In der Stadt könnten etwa 45% der Dachflächen begrünt werden und zur Reduzierung der Wärmeinseleffekte beitragen. So könnte eine flächendeckende Umsetzung der Begrünung eine Reduktion von 1 bis 2 K in der Stadt bewirken. [ZUVELA-ALOISE, 2017]

Dach-Begrünungen müssen auch nicht notwendigerweise in Konkurrenz zu der Anwendung von Photovoltaik-Paneelen am Dach stehen: Lösungsansätze bieten z.B. PV-Elemente als Verschattung oder Pergola über den Pflanzen, womit Energieerzeugung und Begrünung auf der gleichen Fläche stattfinden können (siehe auch Projekt PV-Dachgarten [Tatwort, 2015]).

3.3.2 Klimaszenarien für Wien

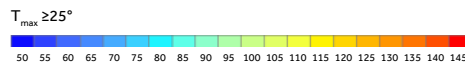
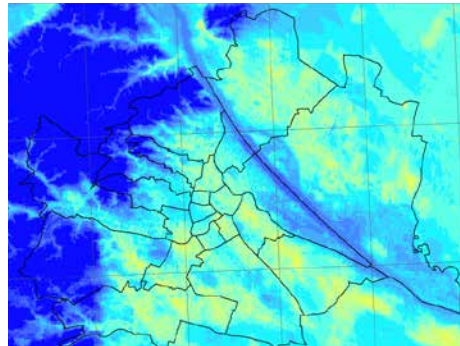
Zur Beschreibung der zukünftigen Klimaszenarien in Wien sollen hier zwei aktuelle Forschungsprojekte dargestellt werden.

Projekt FOCUS I – Future of Climatic Urban Heat Stress Impacts

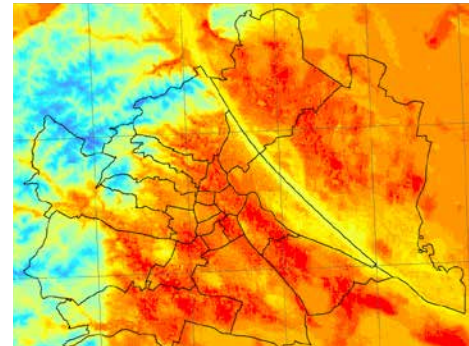
Abb. 11
Darstellung der mittleren Anzahl der Sommertage für Wien und Umgebung im Zeitraum von 1971-2000 (links) und Simulation der mittleren Anzahl der Sommertage für den Zeitraum 2071-2100 (rechts) mit dem zugrundeliegenden Klimaszenario: IPCC Szenario A2 von UBA-REMO basierend auf ECHAM5 Simulationen

[JACOB, D. 2008],
Ergebnisse aus dem
„Projekt FOCUS I“
[MA 22, 2015]

Mittlere Anzahl der Sommertage
($T_{\max} \geq 25^\circ$) 1971-2000



Mittlere Anzahl der Sommertage
($T_{\max} \geq 25^\circ$) 2071-2100



Projekt ÖKS15 – Klimaszenarien für Österreich

Die Ergebnisse des Projektes basieren auf Simulationen für zwei Szenarien. Ein business-as-usual-Szenario (RCP8.5) und ein Szenario mit Klimaschutzmaßnahmen (RCP4.5). In den Szenarien werden städtische Randbedingungen (Hitzeinseleffekte) nicht berücksichtigt.

Beide Szenarien zeigen eine steigende mittlere Lufttemperatur. Für den Zeitraum 1971–2000 betrug die mittlere Lufttemperatur 10,2 °C. Für den Zeitraum 2021–2050 ist mit einer Änderung der mittleren Lufttemperatur von +1,2 °C bis +1,5 °C zu rechnen. Für die Periode 2071–2100 sind höhere Werte zu erwarten (+2,2 °C bis +3,8 °C) [ÖKS15].

In den Simulationen ist klar zu erkennen, dass sich die Anzahl der Sommertage mit Temperaturen über 25 °C vor allem in den dicht bebauten Gebieten stark erhöhen wird.

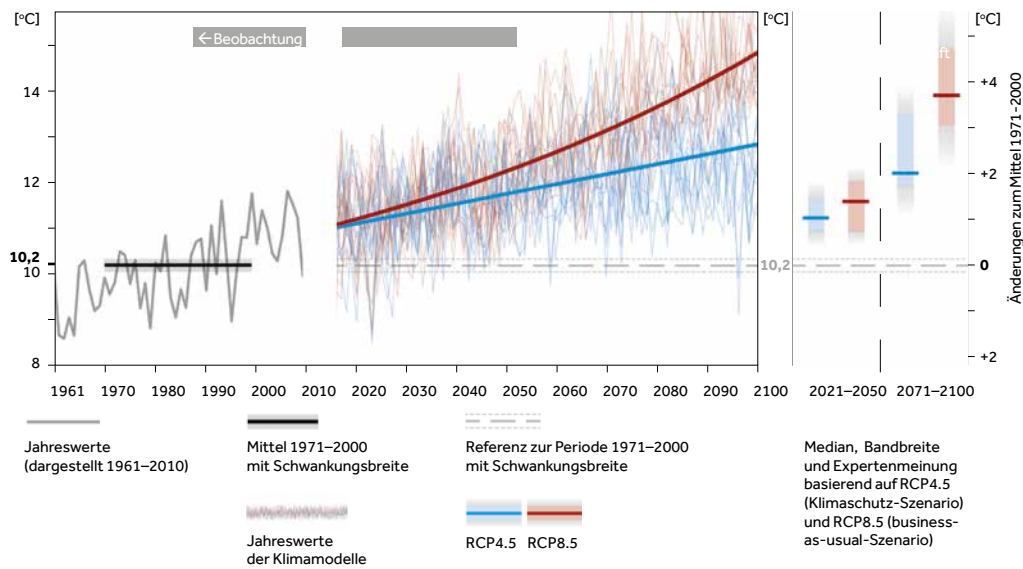


Abb. 12
Vergangene und simulierte Entwicklung der mittleren Lufttemperatur [ÖKS15]

Wie das Projekt ÖKS15 - Klimaszenarien für Österreich zeigt, kann künftig von einem deutlichen Temperaturanstieg in Wien ausgegangen werden. Diese Annahme wird auch von anderen Projekten wie z. B. "FOCUS-I" (Future Of Climatic Urban heat Stress Impacts) bekräftigt (siehe Abbildung 11).

Im Gebäudebereich sind Anpassungsstrategien erforderlich, um einer Überwärmung im Innenraum entgegenzuwirken. Berücksichtigt werden muss darüber hinaus, dass heutige Neubauten weitestgehend unverändert den Bedingungen von 2050 bis 2100 ausgesetzt sein werden. Das heißt, es muss mit Ausblick auf die zukünftigen Klimabedingungen gebaut werden.

In diesem Sinne sollte bereits bei der Planung besonderes Augenmerk auf passive Maßnahmen gelegt werden.

4 RELEVANTE MASSNAHMEN GEGEN SOMMERLICHE ÜBERWÄRMUNG

In diesem Kapitel werden die relevanten Maßnahmen zur (vorrangig) passiven Kühlung im Wohnbau analysiert. Für jede Maßnahme werden die Einsatzmöglichkeiten im Neubau und Gebäudebestand dargestellt sowie die relevanten Einflussfaktoren zusammengefasst. Die Vor- und Nachteile jeder Maßnahme werden diskutiert.

4.1 Sonnenschutz

Beschreibung – Sonnenschutzsysteme sind für den Innenraumkomfort wesentlich. Sie tragen dazu bei, in konditionierten Gebäuden den thermischen Komfort zu gewährleisten und in klimatisierten Räumen den Kühlenergiebedarf zu reduzieren. Sonnenschutzsysteme können in drei Kategorien unterteilt werden:

- **Außenliegend:** Diese Systeme haben die höchste Auswirkung auf das Innenraumklima. Durch die Wahl eines geeigneten außenliegenden Sonnenschutzes kann die solare Einstrahlung effektiv abgegrenzt werden und Wärmeeinträge können im Gebäude abgemindert werden. Beispiele für externe Sonnenschutzsysteme sind Jalousien, Markisen, Rollläden, Lamellen sowie architektonisch fixe Verschattungen (z.B. Balkone). Es besteht die Anforderung, dass die Elemente wind- und wetterfest sein sollen sowie möglichst wartungsarm.¹
- **Zwischenliegend:** Ein zwischenliegender Sonnenschutz ist besser geeignet als ein innenliegender Sonnenschutz, aber schlechter als ein außenliegender. Im Wohnbau kommen z.B. Kastenfenster und Doppelfassaden mit zwischenliegendem Sonnenschutz zum Einsatz. Die Wärmeschutzverglasung (innen) verhindert das Eindringen der Wärme und die Einfachverglasung (außen) bietet Windschutz und erfüllt die Anforderungen des Denkmalschutzes (Abbildung 14).
- **Innenliegend:** Diese Systeme weisen eine geringere Sonnenschutzwirkung auf. Sie werden oft in Wohngebäuden als textile Elemente oder Jalousien nachträglich (Sonnenschutz und Sichtschutz) durch den Nutzer eingesetzt.

Die Steuerung erfolgt meistens manuell, wobei für größere Wohngebäude sowie Hochhäuser auch automatische Steuerungen zum Einsatz kommen.

Einsatz – Empfohlen wird, wenn möglich, die Verwendung von einem außenliegenden Sonnenschutz. Wenn ein außenliegender Sonnenschutz nicht in Frage kommt (z.B. Denkmalschutz im Altbau) ist, wenn möglich, ein Sonnenschutz vor der Innenverglasung zu bevorzugen (zwischenliegender Sonnenschutz im Kastenfenster). Ansonsten kann ein innenliegender Sonnenschutz eingesetzt werden. In diesem Fall ist die Kombination mit anderen Maßnahmen (z.B. wirksame Nachtlüftung) einzuplanen. Um die solaren Einträge im Winter nutzen zu können, wird ein beweglicher Sonnenschutz bevorzugt.

In Abhängigkeit von der Lage der Sonne sind vertikale Systeme für tiefstehende Sonne (östliche und westliche Orientierungen) und horizontale Systeme für hochstehende Sonne (südliche Orientierungen) am wirksamsten. Besonderes Augenmerk soll auf die Ost- und Westfassade gelegt werden. So ist der solare Eintrag auf einer Ostfassade bereits am Vormittag relativ hoch und heizt demnach das Gebäude bereits auf. Der Einsatz im Gebäude

¹ Siehe auch „Technologieleitfaden Sonnenschutzsysteme“ der MA20, zu finden unter <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/pdf/leitfaden-sonnenschutz.pdf>

sollte idealerweise bei der Planung berücksichtigt, kann aber auch nachträglich im Bestandsgebäude eingerichtet werden.

Vorteile – Ein effektiver Sonnenschutz ist die wirksamste Maßnahme gegen solare Wärmeinträge und die damit verbundene Erhöhung der Innenraumtemperatur. Es handelt sich um eine passive Maßnahme ohne Energiebedarf im Betrieb (ausgenommen ein geringer elektrischer Energiebedarf bei automatischer Steuerung). Im Fall einer aktiven Kühlung des Gebäudes kann dadurch der Kühlenergiebedarf reduziert werden. Diese Maßnahme kann zusätzliche Funktionen wie Tageslicht-Steuerung und Schichtschutz aufweisen.

Barrieren – In Wohngebäuden wird ein außenliegender Sonnenschutz oft aufgrund von Investitions- und Wartungskosten nicht eingesetzt. Bei diesen Entscheidungen wird jedoch nur selten auch der Innenraumkomfort der Nutzerinnen und Nutzer berücksichtigt.

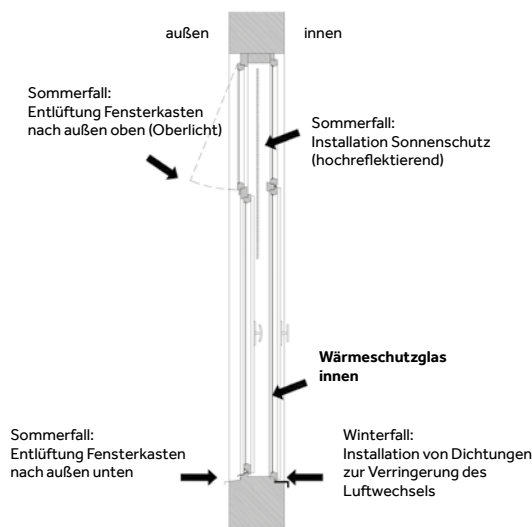
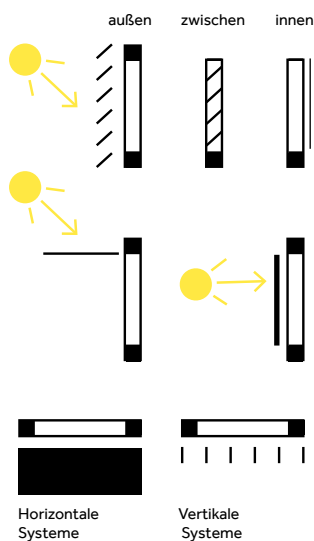


Abb. 13 (links)
Beispieldarstellung von Verschattungsmaßnahmen
[ÖSTERREICHER, D.]

Abb. 14 (rechts)
Fensterschnitt: Mögliche Maßnahmen zur Verbesserung eines Kastenfensers und die Funktionsweisen im Sommer- bzw. Winterfall
[TREBERSPURG, M. 2007 – Teil 1]

Richtwerte	Fc-Werte ² abhängig von dem Verschattungssystem [MA 20, 2013] <ul style="list-style-type: none"> • Außenjalousien: $F_c < 0,15$ • Markisen: $F_c < 0,20$ • Rollläden: $F_c < 0,25$ • Innenliegend: $F_c > 0,50$
-------------------	--

Einsatz	Außenliegender Sonnenschutz sollte auf Grund der hohen Wirksamkeit bevorzugt angewendet werden Empfehlung für manuellen Snnenschutz: <ul style="list-style-type: none"> • Bei Verlassen der Wohnung aktivieren • In der Nacht sollte der Sonnenschutz nicht aktiviert sein, um die Nachtlüftung nicht zu beeinträchtigen
----------------	---

Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Kein Energiebedarf (bei manueller Bedienung) • Wirksamkeit sehr hoch • Reduzierung des Energiebedarfs bei aktiver Kühlung
-----------------	---

Barrieren	<ul style="list-style-type: none"> • Investitionskosten • Wartungskosten • Reinigung
------------------	---

² Der Fc-Wert beschreibt lt. ÖNORM B8110, wie viel der Sonnenenergie vom Sonnenschutzsystem zum Raum durchgelassen wird. Niedriger ist effektiver.

4.2 Bauweise – Speichermasse

Beschreibung – Die Wärmespeicherfähigkeit (Q) gibt an, wie viel Wärme ein Bauteil speichern kann. Dies wird durch die Rohdichte, Dicke und spezifische Wärmespeicherkapazität eines Materials bestimmt.

$$Q = d \cdot p \cdot c \text{ [kJ/m}^2\text{K]}$$

d = Wanddicke m; p = spezifisches Gewicht kg/m³,
c = spezifische Wärmespeicherkapazität kJ/(kg K)

Die Speichermasse eines Gebäudes ist maßgebend für die Trägheit des Bauteils. Je höher die Speichermasse eines Bauteils, desto mehr Wärme kann dieser aufnehmen, ohne dass die Temperatur im Bauteil stark verändert wird. Ein Gebäude mit schwerer Bauweise weist längere Reaktionszeiten bei Temperaturänderungen auf, hat eine dämpfende Wirkung und kann daher die Temperaturspitzen reduzieren. In diesem Fall ist es notwendig, die im Bauteil gespeicherte Wärme in der Nacht abzuführen.

Eine Leichtbauweise reagiert schneller auf Temperaturänderungen. Sie hat geringere Reaktionszeiten und wird schneller erwärmt, sodass die hohen Temperaturen nicht so effektiv reduziert werden können. Eine schnelle Abkühlung des Bauteils aufgrund von niedrigeren Nachttemperaturen, ist bei heutigen Dämmstandards (Außendämmung) nur bei entsprechender Durchlüftungsmöglichkeiten zu erwarten.

Einsatz – Bei hoher Speichermasse wird empfohlen, dass eine Nachtfensterlüftung (Free-Cooling) zur Reaktivierung der Masse eingesetzt werden kann. Dies soll bereits in der frühen Planungsphase berücksichtigt werden. Eine hohe Speichermasse kann sich negativ auswirken, wenn eine Nachtlüftung nicht eingeplant wird oder aufgrund von hohen Nachttemperaturen nicht eingesetzt werden kann.

Die Bauweise wird in der Planung definiert und kann daher nicht nachträglich modifiziert werden. Anzumerken ist, dass die raumseitige Masse am wirksamsten ist. So kann die Schichtanordnung die Speichermasse eines Bauteils beeinflussen. Um die raumseitige Speichermasse eines Leichtbauteils zu erhöhen, können z.B. Lehmbauplatten und Latentspeicherplatten eingesetzt werden (siehe Kapitel 4.5).

Bei der Sanierung eines Gebäudes werden oft die Bauteile von außen gedämmt. Manchmal ist ein Eingriff von außen nicht möglich (z.B. Denkmalschutz) und eine Innendämmung kommt zum Einsatz. In diesem Fall ist mit einer Reduktion der speicherwirksamen Masse zu rechnen. Mit einer Klimaanlage ist in diesem Fall eine schnellere Abkühlung möglich, da nur die Raumluft abgekühlt wird. Dies kann vorteilhaft für Räume ohne tägliche Nutzung sein, die schnell abgekühlt werden müssen.

Vorteile – Die Temperaturspitzen können mit einer hohen Speichermasse ohne zusätzliche Kosten abgedämpft werden.

Barrieren – Eine hohe Speichermasse wirkt sich nicht immer positiv auf die Raumtemperatur aus. Die Tagesmitteltemperatur ändert sich nicht, deswegen ist sicherzustellen, dass die gespeicherte Wärme wieder abgeführt werden kann. Bei zu erwartenden sehr hohen Nachttemperaturen ist eine hohe wirksame Speichermasse nicht zu empfehlen.

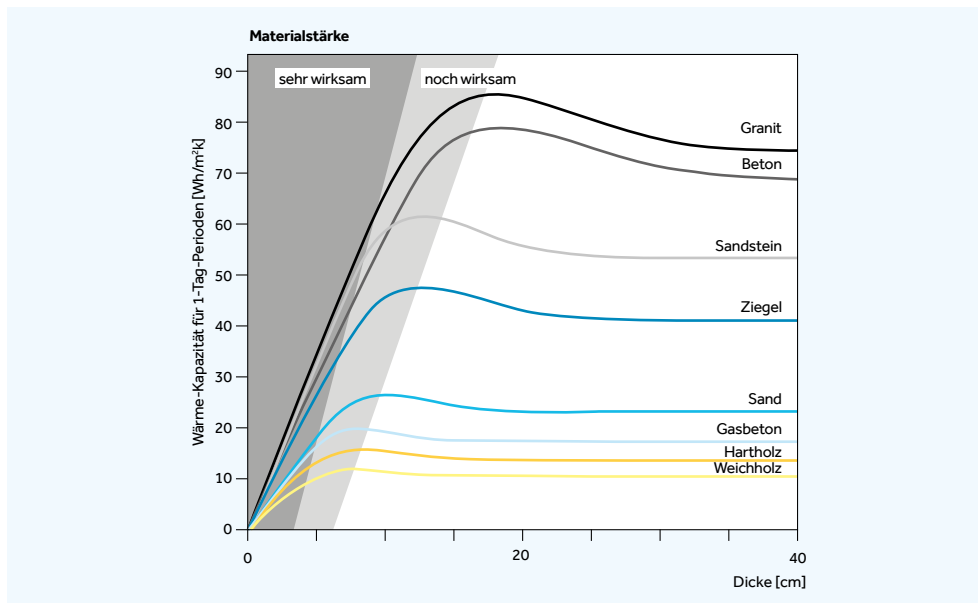


Abb. 15
Speicherfähigkeit
verschiedener
Werkstoffe
[GERHARDT, M.
2012]

Beton weist eine viel höhere Wärmekapazität als Holz auf. Die ersten raumseitigen 5 bis 15 cm sind am wirksamsten für die speicherwirksame Masse.

Richtwerte	<p>Spezifische Wärmespeicherfähigkeit je nach Bauweise (Abb. 15):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leicht • Mittel • Schwer <p>Wirksame Dicke: raumseitig ca. 10 cm</p>
Einsatz	<p>Hohe Speichermasse in Kombination mit anderen Maßnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nachtlüftung • Sonnenschutz <p>Bestand: keine Änderung möglich (außer PCM = Phase Change Materials, Phasenwechselmaterialien), siehe auch Kapitel 4.5</p> <p>Neubau: Berücksichtigung in der Planungsphase</p>
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Keine zusätzliche Investitions- oder Betriebskosten • Geringe Temperaturunterschiede → Behaglichkeit • Reduktion der Temperaturspitzen im Raum • Auch wirksam im Winter – solare Wärmegewinne
Barrieren	<ul style="list-style-type: none"> • Nicht wirksam bei hohen Nachttemperaturen, falls Wärme nicht abgeführt werden kann

4.3 Orientierung von Bauteilen

Beschreibung – Die Orientierung von Bauteilen und transparenten Elementen bildet einen wesentlichen Schwerpunkt zur Erreichung der Sommertauglichkeit. Dies sollte bereits bei den ersten Schritten der Planung berücksichtigt werden und erfordert daher eine integrale Planung des Gebäudes.

Einsatz – Die Maßnahme ist lediglich bei neuen Gebäuden anwendbar, und nur dann, wenn die Rahmenbedingungen es erlauben. In dichtbebaute Gebieten bleibt zwar oft keine Wahl zur Orientierung des Gebäudes, jedoch können andere Maßnahmen ergriffen werden. Strategien zur Reduzierung der Überhitzung werden in Folge dargestellt.

- **Solare Einstrahlung:** Südorientierte Fenster sind am günstigsten, da die Sommersonne mittags am höchsten ist. Das Gebäude kann am einfachsten durch feststehende horizontale Sonnenschutzmaßnahmen geschützt werden. Damit sind dann die Energieeinträge in der Südfassade im Sommer am geringsten. Im Winter können die solaren Energiegewinne genutzt werden. Die Morgen- und Abendsonne steht jeweils niedriger. So sind Ost- und West-Orientierungen am kritischsten für die Überhitzung. Bei Dachflächenfenstern ist die Ausrichtung zu beachten, da dort durch die Orientierung und Neigung hohe Wärmeeinträge zu erwarten sind.
- **Nutzung:** Je nach Raumnutzung sollten unterschiedliche Orientierungen bevorzugt werden. So ist bei tagsüber genutzten Zimmern mit hohem Lichtbedarf die Südausrichtung zu bevorzugen (Wohnzimmer). Bei Ost-West-orientierten Gebäuden ist die Ost-Ausrichtung für am Morgen genutzte Räume und die westliche Seite für abends genutzte Räume einzusetzen. Die Nordseite ist der kühlste und lichtärmste Bereich.
- **Wind:** Für die Implementierung einer wirksamen Lüftungsstrategie ist die Windrichtung zu berücksichtigen. Dies ist sowohl vom Standort als auch von lokalen Randbedingungen abhängig. Generell empfiehlt es sich, auf eine gute Durchlüftungsmöglichkeit der Räume (z.B. durch zweiseitige Belüftung) zu achten (siehe auch 4.4).

Vorteile – Eine adäquate Orientierung des Gebäudes und Ausrichtung der Fenster leistet einen Beitrag zur Reduzierung des Überhitzungspotenzials im Gebäude.

Barrieren – Die Implementierung dieser Maßnahmen ist abhängig von Standort und lokalen Randbedingungen.

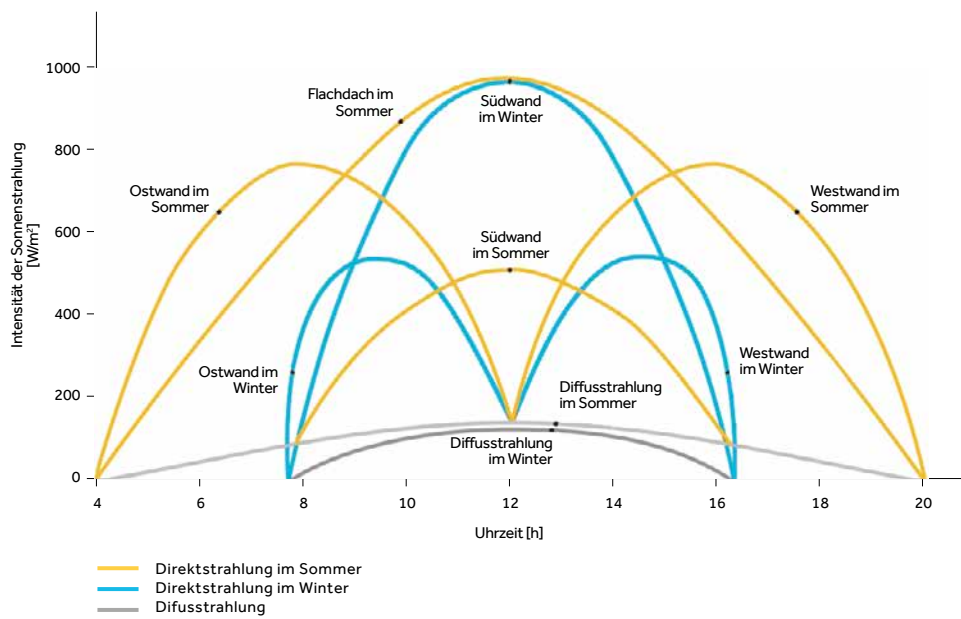


Abb. 16
Intensität der
Sonnenstrahlung
auf Gebäudeflä-
chen:
[GLÜCKLICH, D.
2001]

Richtwerte	Südfassade – hohe Sonne, geringe Strahlung Ost-, Westfassade – niedrige Sonne, Morgen- und Abend-Strahlung Schräges Dach – direkte Strahlung
Einsatz	Solare Einstrahlung, Nutzung und Wind berücksichtigen Bestand: keine Änderung möglich Neubau: Berücksichtigung in der Planungsphase
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> Keine Investitions- oder Betriebskosten Kein Energiebedarf Einfluss auf die Sonnenschutzstrategie Einfluss auf die Lüftungsstrategie
Barrieren	<ul style="list-style-type: none"> Standort Von lokalen Rahmenbedingungen abhängig

4.4 Kühlung durch natürliche Belüftung

Beschreibung – Das Kühlpotenzial der Lüftung ist abhängig vom Temperaturunterschied, Luftvolumenstrom und der Speicherkapazität des Gebäudes. Genügend Temperaturunterschied ist in Hitzeperioden meistens nur während der Nacht gegeben. Der natürliche Volumenstrom ist höher, je größer der Unterschied zwischen Innen- und Außentemperatur ist. Er ist aber auch abhängig von der Anordnung und Größe der Öffnungen. Wenn die Gegebenheiten im Gebäude es erlauben, erfolgt die Belüftung manuell. Falls diese Voraussetzungen nicht gegeben sind, kann die Lüftung durch einen Ventilator unterstützt werden, wobei hier Stromverbrauch und Lärmbeeinträchtigung berücksichtigt werden sollten.

Eine hohe Speicherkapazität des Gebäudes erlaubt eine Reduzierung der Temperaturspitzen während des Tages, vorausgesetzt die gespeicherte Wärme kann während der Nacht abgeführt werden. Umgekehrt hat eine Nachtlüftung wenig Einfluss auf die Tagestemperatur, wenn die Speichermasse nicht vorhanden ist. Zu berücksichtigen sind die hohen Nachttemperaturen in der Stadt (siehe Kapitel 3.3), die das Kühlpotenzial der Lüftung begrenzen.

Einsatz – Mit natürlicher Lüftung können Luftwechselraten von über 10 pro Stunde erreicht werden. Je nach Raumnutzung sind die Lüftungskonzepte unterschiedlich. Besonders in Schlafräumen ist ein zu hoher Luftzug während der Nacht mit kühlen Temperaturen nicht erwünscht. Dazu kommt eine mögliche Lärmbeeinträchtigung bei offenem Fenster. Die Öffnungen sollen witterungs- und einbruchssicher ausgeführt werden. Alle diese Aspekte sollen bei der Planung eines Nachtlüftungskonzeptes berücksichtigt werden.

Um das Potenzial nutzen zu können, ist ein Mindesttemperaturunterschied von 2 Kelvin (K) zwischen innen und außen notwendig. Empfohlen wird, wenn möglich, die Lüftung mit ganzflächig geöffneten Fenstern und Türen während der Nacht. So kann die tagsüber durch solare Wärmeeinträge und innere Lasten entstehende Hitze abgeführt werden. Im Wohnbau wird meistens die Lüftung durch die Nutzerin bzw. den Nutzer gesteuert. Es gibt aber am Markt automatische Steuerungssysteme, die abhängig von Außentemperatur und Witterung das Öffnen der Fenster optimal steuern.

Bei der Planung eines Gebäudes soll auf die Anordnung der Fenster geachtet werden. Die Möglichkeit zur Querlüftung soll bevorzugt werden. Eine nachträgliche Änderung des Konzeptes ist in den meisten Fällen nur schwer möglich. Die Lüftung kann lediglich mit Ventilatoren unterstützt werden. Bei der Planung von mechanisch unterstützter Lüftung sind der Verbrauch sowie der Druckverlust bei Ventilatoren und Filter zu berücksichtigen. Bei mechanisch gelüfteten Gebäuden ist eine Vorkühlung der Zuluft mit Erdwärmetauscher möglich.

Vorteile – Bei der Berücksichtigung in der Planungsphase und bei manueller Steuerung gibt es keine zusätzlichen Investitionskosten und das Konzept ist wartungsfrei. Die Fensterlüftung im Sommer und in den Übergangszeiten trägt im Fall einer aktiven Kühlung zur Reduzierung der Kühlenergie bei.

Barrieren – In Städten treten geringere Windstärken sowie eine hohe Lärm- und Verschmutzungsbelastung auf, was das Potenzial der natürlichen Lüftung einschränkt. Zu einer weiteren Senkung des Potenzials tragen die steigenden Temperaturen und die Anzahl der Nächte mit Temperaturen über 20 °C (tropische Nächte) bei. Das Konzept ist klimaabhängig und daher nicht kontrollierbar. In Schlafräumen ist das Konzept aufgrund von Zugluft und Schallschutz zumeist nur begrenzt anwendbar.

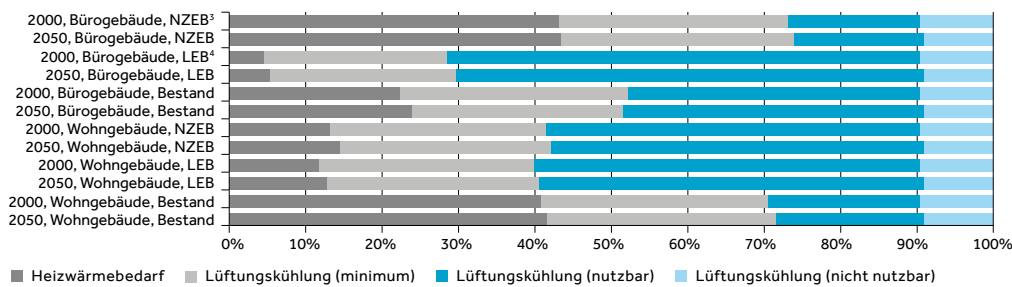


Abb. 17
Lüftungskühlung-
Potenzial
für Wien
[HOLZER, P. 2016]

Die Abbildung 17 zeigt das Potenzial von Lüftungskühlung für Büros und Wohngebäude in Wien. Dargestellt (dunkelblau) sind die Stunden im Jahr, während derer die passive Kühlung durch Fensterlüftung bzw. Nachtlüftung bei entsprechendem Gebäudetyp und -standard nutzbar ist. Dabei bezieht sich die Erhebung einmal auf das Jahr 2000 und einmal auf Klimabedingungen, die für 2050 prognostizierte werden. [HOLZER, P. 2016].

Das Potenzial im Wohnbau (in nutzbarem Anteil der Jahresstunden) liegt zwischen 20% für den Gebäudebestand und ca. 50% für Niedrigenergiegebäude.

Fakten / Richtwerte	<p>Temperaturunterschied (innen-außen) von mind. 2 K erforderlich. Wirksamkeit abhängig von Öffnungsfläche und Anordnung der Fenster [BORSCH-LAAKS, R. 2009]:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gekippte Fenster (ohne Querlüftung): LW 0,8–2,5 (1/h) • Gekippte Fenster (mit Querlüftung): LW 2–4 (1/h) • Ganz offen (ohne Querlüftung): LW 9–15 (1/h) • Ganz offen (mit Querlüftung): LW >20 (1/h)
Einsatz	<p>Manuelle oder automatische Steuerung möglich in Kombination mit anderen Maßnahmen</p> <ul style="list-style-type: none"> • mit Sonnenschutz • zur Reaktivierung der Speichermasse erforderlich <p>Bestand: Erhöhung des Luftwechselrate nur mit Ventilatoren möglich Neubau: Möglichkeit der Querlüftung in der Planungsphase berücksichtigen</p>
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Geringe Investitions- und Betriebskosten • Zur Reaktivierung von Speichermassen • Null Energiebedarf (bei manueller Aktivierung) • In Kombination mit aktiver Kühlung → reduzierter Energiebedarf
Barrieren	<ul style="list-style-type: none"> • Einbruchsicherheit und Wetterschutz • Reduzierte Steuerungsmöglichkeiten – temperaturabhängig • Nicht wirksam bei hohen Nachttemperaturen • Schallschutz, Insekten

3 NZEB = Nearly Zero Energy Buildings (Niedrigstenergiegebäude)

4 LEB = Low Energy Buildings (Niedrigenergiegebäude)

4.5 Phase Change Materials – PCM

Beschreibung – Phasenwechselmaterialien (Phase Change Materials, PCM) sind Materialien mit einer hohen Wärmespeicherkapazität im Bereich ihres Schmelzpunktes. Die Wärme wird in Form von Latentwärme gespeichert. Wenn die Raumtemperatur den Schmelzpunkt des Materials erreicht, schmilzt das Material und kann Wärme aufnehmen, ohne die Temperatur im Bauteil zu erhöhen. So können Temperaturspitzen abgedämpft werden. Bei sinkender Temperatur wird die Wärme wieder an den Raum abgegeben und das Material in den Anfangszustand zurückversetzt. Deswegen muss sichergestellt werden, dass die Wärme in der Nacht wieder abgeführt werden kann.

PCM-Materialien werden in Wänden und Decken auf der raumseitigen Oberfläche integriert, um die Wärmespeicherfähigkeit des Bauteils zu erhöhen. Im Gebäude werden Materialien eingesetzt, bei denen ein Phasenübergang bei Raumtemperatur erfolgt. Dazu gehören Paraffine und Salzhydrate, die je nach Mischung bei einer Temperatur zwischen 20 und 30 °C schmelzen. Diese werden in Form von verkapselten PCM-Materialien in Putzen, Farben und Gipskartonplatten verbaut.

Einsatz – Bei der Verwendung von PCM-Materialien ist auf genügend Nachtlüftung zu achten, da das Material in flüssigem Zustand keine Wärme mehr aufnehmen kann. Die Nachtlüftung dient zur Reaktivierung der Speicherkapazität durch die Abführung der Wärme.

Zusätzliche Maßnahmen, die die Wärmeeinträge minimieren, sind einzuplanen (wie z.B. Sonnenschutz). Das Material sollte im Sommer keiner direkten solaren Einstrahlung ausgesetzt werden. Es wird oft bei Sanierungen von Leichtbauten eingesetzt, um die Speicherkapazität der Bauteile zu erhöhen. Die Kapazität, Wärme aufzunehmen, steigt mit der Größe der Fläche.

Vorteile – Reduktion der Temperaturspitzen bei geringem Platzbedarf dank der hohen Speicherfähigkeit. Im Vergleich zu klassischen Speichermassen (z.B. Betonwand) wird hier wenig Masse benötigt, um eine hohe Speicherwirkung zu erreichen. Die Reaktionszeiten sind kürzer als bei klassischen Speichermassen (Trägheit).

Der nachträgliche Einbau in Bestandsgebäuden ist möglich, und durch den geringen Platzbedarf ist nur mit einer geringen Reduktion der Nutzfläche zu rechnen.

Barrieren – Die größte Barriere für diese Produkte stellen die hohen Investitionskosten dar.

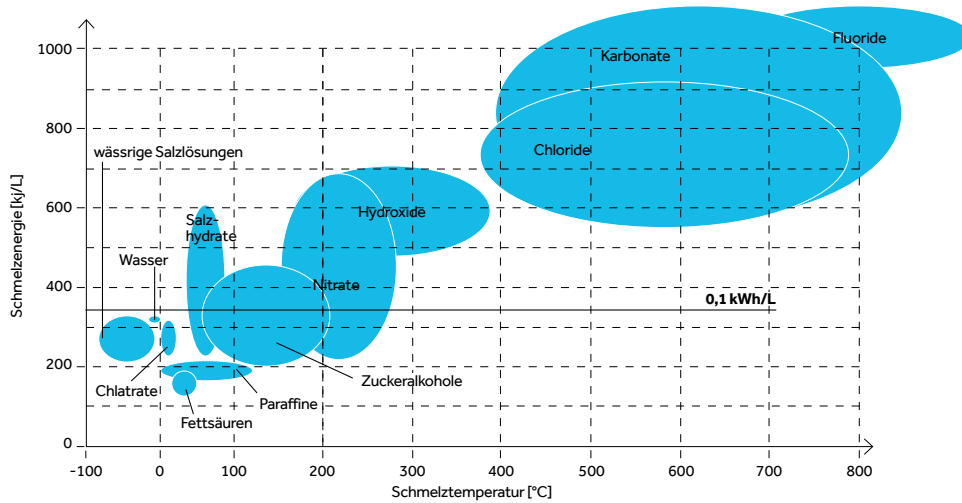


Abb. 18
Materialklassen,
die als PCM unter-
sucht und einge-
setzt werden
[BINE 2009]

Paraffine und Salzhydrate werden in Form von verkapselten PCM-Materialien in Putzen, Farben und Gipskartonplatten verbaut.

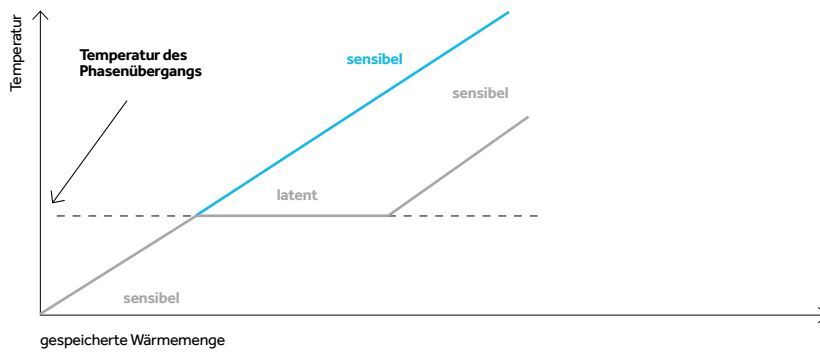


Abb. 19
Temperaturver-
lauf als Funktion
der gespeicherten
Wärmemenge
bei sensibler und
latenter Wärme-
speicherung
[BINE 2009]

Die Erhöhung der Raumtemperatur verursacht in der Sensibel-Phase eine Erhöhung der Materialtemperatur. Bei Erreichen der Temperatur des Phasenübergangs (Latent-Phase) bleibt die Temperatur konstant, bis das Material geschmolzen ist. So werden Temperaturspitzen abgedämpft.

Fakten/Richtwerte	Paraffine und Salzhydrate als verkapselte PCM (Putze, Farben, Platten) Schmelztemperatur zwischen 20 und 30 °C
Einsatz	In Putzen, Farben und Gipskartonplatten In Kombination mit anderen Maßnahmen <ul style="list-style-type: none"> • mit Sonnenschutz • Nachtlüftung zur Reaktivierung der PCM notwendig Bestand: einfacher nachträglicher Einbau Neubau: interessant, da geringer Platzbedarf
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Wenig Platzbedarf • Hohe Speicherkapazität bei geringer Schichtdicke • Keine Betriebskosten
Barrieren	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Investitionskosten

4.6 Thermische Bauteilaktivierung⁵

Beschreibung – Die thermische Bauteilaktivierung wird zum Heizen und Kühlen von Gebäuden eingesetzt. Die Gebäudemassen werden benutzt, um die Temperatur im Raum zu regulieren. Dabei wird ein Rohrsystem im Bauteil verlegt. Ein Wärmeträger sorgt dafür, dass die Temperatur im Bauteil reguliert wird. Da Beton eine hohe Speicherkapazität und gute Wärmeleitfähigkeit hat, werden generell die Geschossdecken zu diesem Zweck genutzt. Es ist aber auch an Massivwänden einsetzbar.

Im Kühlfall nimmt der Bauteil die Wärme vom Raum auf, speichert diese im Material und führt diese mit dem kühleren Wärmeträger aus dem Bauteil ab. Da es sich um ein ganzflächiges und träges Kühlsystem handelt, kann dieses System mit höheren Vorlauftemperaturen (nicht unter 19 °C, um Kondensatgefahr zu vermeiden) betrieben werden. Es eignet sich deswegen für die Nutzung in Kombination mit erneuerbaren Energiequellen, wie z.B. Grundwasser- und Erdreichwärmetauscher. Aufgrund der Trägheit des Bauteils können die Kühllasten reduziert und verschoben werden und so die Energie direkt genutzt werden (wie z.B. die Umwälzpumpe in Kombination mit PV).

Einsatz – Für die thermische Bauteilaktivierung werden in der Regel die Geschossdecken genutzt. Grund dafür ist die Möglichkeit zur Nutzung der gesamten Fläche ohne Barrieren (wie z.B. Möbel und andere Wohnungseinrichtungen), die den Wärmeaustausch zwischen Raum und Oberfläche beeinflussen können. Bei der Verlegung auf Fußböden oder in Wänden müssen diese Aspekte berücksichtigt werden.

Aufgrund der limitierten Vorlauftemperatur ist die Leistung begrenzt. Eine Minimierung der solaren Wärmeeinträge (mit Sonnenschutzmaßnahmen) und inneren Lasten ist anzustreben, um die Temperatur im Komfortbereich halten zu können.

Vorteile – Besonders wichtig für die Behaglichkeit ist, dass mit der Bauteilaktivierung große Temperaturunterschiede zwischen Raumluft und Oberfläche vermieden werden können. Durch die verschwindenden Strahlungsasymmetrien werden bereits geringere Temperaturen (im Winter) als angenehm empfunden.

Das System wirkt selbstregulierend und verursacht keinen unbehaglichen Luftzug und keinen Lärm in Vergleich zu anderen aktiven Kühlsysteme. Damit können die Temperaturspitzen im Raum wirksam reduziert und die Lasten verschoben werden.

Das System kann während des Bauprozesses kostengünstig verlegt werden und kann sowohl für Heizen als auch für Kühlen genutzt werden. In Kombination mit einer Wärmepumpe für den Heizfall kann das System zur Regenerierung der Wärmesenke im Sommer genutzt werden. Dabei fällt lediglich ein sehr geringer Energieverbrauch für den Betrieb der Umwälzpumpe an.

Barrieren – In Bestandsgebäuden kann das System nur unter großem Aufwand nachgerüstet werden. In diesem Fall können Putz- und Gipskarton Kühldecken zum Einsatz kommen. Das System eignet sich für Niedrig- und Niedrigstenergie-Gebäude. Für Gebäude mit höherem Energiebedarf ist es weniger geeignet.

⁵ Die in diesem Kapitel angeführte Bauteilaktivierung ist als Teil des Haustechniksystems keine rein passive Maßnahme. Da dafür jedoch Speichermassen im Gebäude benötigt werden, die den passiven Maßnahmen zugerechnet werden, ist dieses System auch hier angeführt.

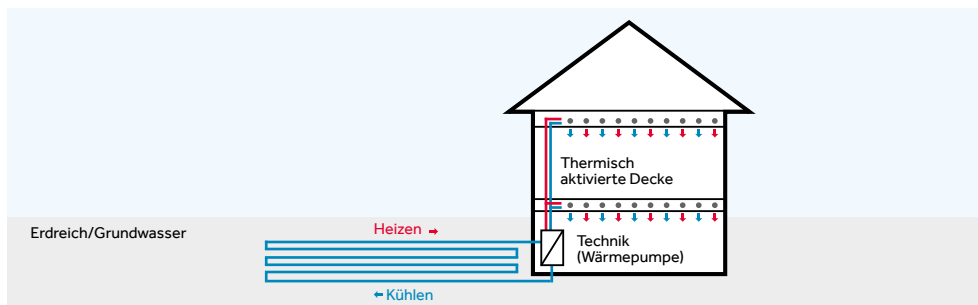


Abb. 20
Thermische Bauteilaktivierung zum Heizen und passiven Kühlen
[© FIN – Future is Now, Kuster Energielösungen GmbH]

Die thermische Bauteilaktivierung eignet sich für die Kühlung mit vergleichsweise hohen Vorlauftemperaturen. Im Sommer kann das System als Freie-Kühlung betrieben werden (keine Nutzung einer reversiblen Wärmepumpe oder Kältemaschine notwendig). Der Strombedarf für die Umwälzpumpe ist sehr gering.

Fakten / Richtwerte	Vorlauftemperatur: $T > 19 \text{ }^\circ\text{C}$, sonst Kondensatgefahr. Leistung ist abhängig von Temperaturunterschied zwischen Wärmequelle und Wärmesenke
Einsatz	Die thermische Bauteilaktivierung kann in Kombination mit einer Wärmepumpe mit folgenden Quellen zum Einsatz kommen: <ul style="list-style-type: none"> • Grundwasser • Erdreich (Nutzung sowohl im Sommer als auch im Winter zur Reaktivierung des Erdreichs) Luft als Quelle ist für den Einsatz zur Kühlung auf Grund der relativ hohen Temperaturen nicht zu empfehlen. In Kombination mit Fernwärme Bestand: nur unter großem Aufwand einsetzbar Neubau: Berücksichtigung in der Planungsphase
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Geringe Betriebskosten • Reduzierung der Spitzenlasten (als Alternative zur konventionellen Kältemaschine) • Radiatives System, daher kein Luftzug (erhöhter Komfort) • geräuschlos
Barrieren	<ul style="list-style-type: none"> • Nur für Gebäude mit niedrigem (Kühl-)Energiebedarf geeignet • Bei Nutzung mit einer Wärmepumpe (Grundwasser, Erdreich) ist eine Genehmigung erforderlich (dies kann unter Umständen einen längeren Zeitraum in Anspruch nehmen)

4.7 Bauwerksbegrünung

Beschreibung – Bei der Bauwerksbegrünung handelt es sich um Gründächer, Dachgärten und begrünte Fassaden. Diese tragen zur Verbesserung des Mikroklimas in den immer wärmeren Städten bei. Diese Maßnahme löst zwar nicht das Problem der Wärmeinseleffekte, trägt jedoch zur Verbesserung der Klimabedingungen in der Stadt und in den Gebäuden bei.

Bauwerksbegrünungen dienen zum Schutz vor solarer Einstrahlung. Durch die Beschattung der Oberflächen leisten sie einen Beitrag zur Reduzierung der Temperaturen im Raum. In Gründächern sind die erreichten Oberflächentemperaturen (20–25 °C) deutlich unter den Werten von Bitumen und Kiesdächern (bis über 80 °C) [GREEN CITY, 2015]. Zusätzlich werden die Lichtreflexionen durch die Vegetation vermieden.

Durch die Verdunstungskälte wird Energie aus der Umgebung entzogen und die Lufttemperatur verringert. Damit werden günstigere Außenklimabedingungen erreicht, die z.B. durch adäquate Lüftung eine Reduktion der Innenraumtemperaturen bewirken. Zusätzlich dienen Pflanzen zur Schallabsorption und Staubbindung.

Einsatz – Eine gezielte Bepflanzung im Außenraum verbessert das Klima um das Gebäude. Bei Menschen lässt sich eine physikalische und psychische Verbesserung der Wohnsituation erkennen. Bei der Pflanzung von Bäumen sollte darauf geachtet werden, dass die passive Sonnenenergienutzung im Winter nicht behindert wird. Bei einer Fassadenbegrünung werden für Südwände Kletterpflanzen empfohlen, die im Herbst ihr Laub abwerfen [TREBERSPURG, M. 2011].

Je nach System und Pflanzenart sollen unterschiedliche Kriterien berücksichtigt werden.

- Art der Pflanze: Sommergrün vs. Immergrün, Wuchshöhe, Standort, Gestaltung, Pflege
- Befestigungssysteme und statische Voraussetzungen
- Bauphysikalische Eigenschaften der Gebäudehülle: Material, Feuchte

Vorteile – Der größte Vorteil ist der Beitrag zur Reduktion der Temperaturen im Innenraum und im städtischen Raum. Zusätzlich sind die Steigerung der Luftqualität und die Reduktion des Lärmschutzes im Wohngebäude von großer Bedeutung.

Barrieren – Kosten und Aufwand der Instandhaltung. Durch einen falschen Einsatz der Pflanzen kann es zu Problemen in den Bauteilen kommen (z. B. Eindringen in die Dachrinne, Risse des Putzes, Einwuchs der Pflanzen in die benachbarten Fassaden ...). Es soll auf eine korrekte Auswahl der Pflanze und der bautechnischen Voraussetzungen geachtet werden. Siehe auch „Leitfaden Fassadenbegrünung“ herausgegeben von der MA 22 der Stadt Wien.

Gebäudebetrieb

Bedarf



Maßnahmen **Passiv**

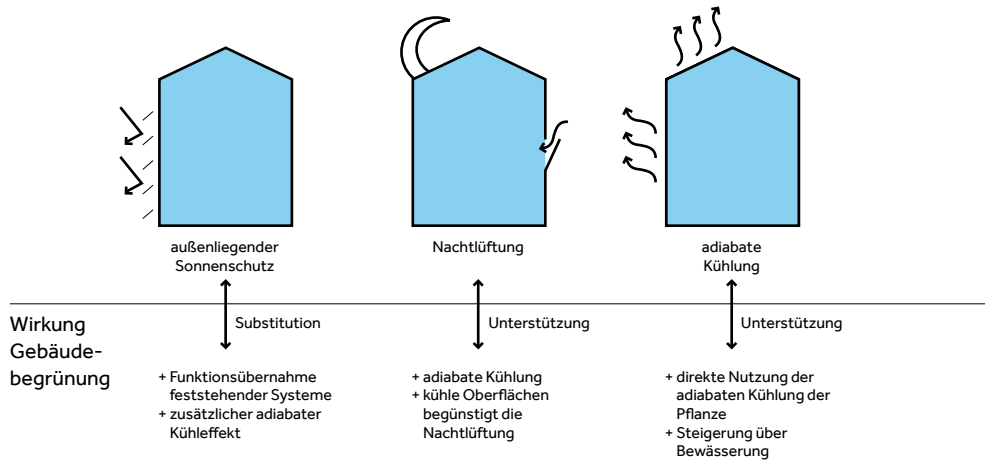


Abb. 21
Nutzung des Kühleffektes der Baubegrünung
[PFOSER, N. 2013]

Die Bauwerksbegrünung kann als Sonnenschutz genutzt werden. Durch die erhöhte adiabate Kühlung und die kühleren Oberflächen kann der Effekt durch Nachtlüftung noch zusätzlich erhöht werden.

Fakten / Richtwerte Reduktion der Oberflächentemperatur im Bauteil
Schaffung des Potenzials zur Verdunstungskühlung

Einsatz Berücksichtigung von:

- Statik
- Bauphysik
- Brandschutz

Bestand: Berücksichtigung der statischen und bauphysikalischen Eigenschaften des Gebäudes
Neubau: Integrierte Konzepte

Vorteile

- Keine Energiekosten
- Luftqualität
- Lärmschutz
- Erhöhung des Innenraumkomforts

Barrieren

- Aufwand der Instandhaltung bzw. Wartungskosten
- Investitionskosten

4.8 Innere Lasten

Beschreibung – Die inneren Lasten tragen ebenso wie das Klima zur Überhitzung in Gebäuden bei. Im Wohngebäude werden sie durch den Nutzer beeinflusst und können nur begrenzt reduziert werden.

Einsatz – Folgende Punkte sollten beachtet werden, um die inneren Lasten möglichst zu reduzieren:

- **Beleuchtung:** Die Wahl der Beleuchtung hat einen großen Einfluss auf die inneren Lasten. Im Wohnbau kommen am häufigsten Halogen- und LED-Lampen zum Einsatz. Bei den LED-Lampen, die die höchste Energieeffizienz erreichen, sollte eine Lichtausbeute von mindestens 120 lm/W angestrebt werden. Es gibt auf dem Markt eine Vielzahl von Formen und Farbtemperaturen, die alle Anforderungen im Wohngebäude erfüllen. Halogen-Lampen sollten auf Grund der niedrigen Effizienz grundsätzlich vermieden werden. Bei nahezu allen vorhandenen Lampen können und sollen alte Leuchtmittel durch LED-Leuchtmittel ersetzt werden.
- **Tageslicht:** Nicht nur die Beleuchtungsart, sondern auch das Beleuchtungskonzept kann die Wärmeabgabe reduzieren. Besonders im Sommer sollte tagsüber durch die Nutzung von Tageslicht auf die künstliche Beleuchtung verzichtet werden. Ein Tageslichtkonzept mit lichtlenkenden Sonnenschutzsystemen erhöht den Anteil an Tageslicht bei gleichzeitiger Begrenzung der solaren Wärmegewinne. Zusätzlich verbessern hochreflektierende und helle Oberflächen die Tageslichtversorgung im Raum.
- **Geräte:** Die Verwendung von bzw. die Umrüstung auf energieeffiziente Haushaltsgeräte reduziert die Wärmeabgabe.

Ziel ist es, die inneren Lasten zu reduzieren. Wenn diese sehr hoch sind, können folgende Maßnahmen zur Abfuhr der Wärme eingesetzt werden:

- Bauteilaktivierung
- Fensterlüftung
- Hohe Speichermasse

Vorteile – Die reduzierte Nutzung der Beleuchtung und der Einsatz von effizienten Geräten reduzieren nicht nur den internen Wärmeertrag, sondern haben auch geringere Energiekosten und geringeren Energieverbrauch zur Folge.

Barriere – Kosten bei der Umstellung auf energiesparende Geräte im Haushalt.

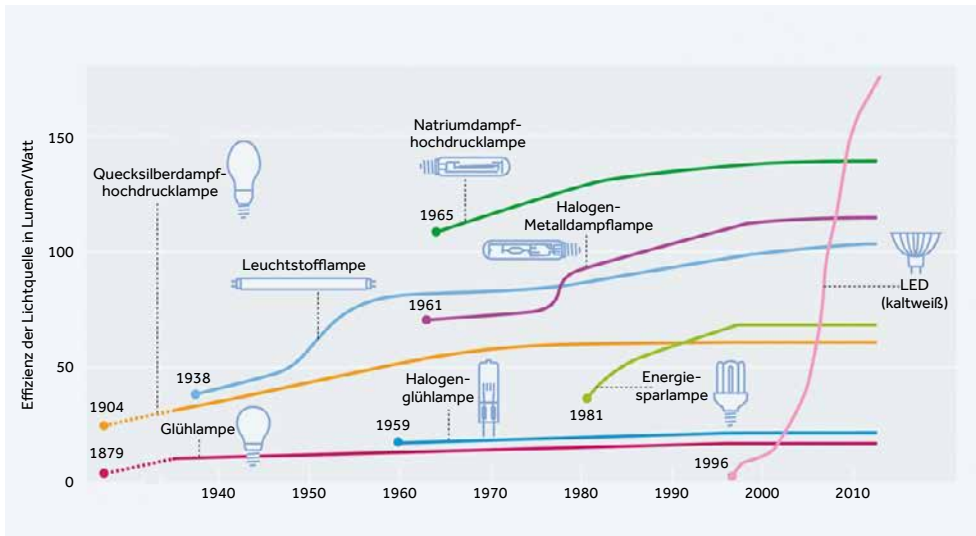


Abb. 22
Effizienz-
steigerung
verschiedener
Leuchtmittel
[Bild: F.A.Z.-Grafik
Kaiser]

Fakten / Richtwerte

	Halogen	LED
• Lebensdauer:	2000–3000 h	10000–30000 h
• Lichtstrom (lm)	250–2800	100–3000
• Effizienz (lm/W)	10–20	80–130

Einsatz

- Beachtung von:
- Beleuchtung
 - Geräten
 - Tageslichtkonzept

In Kombination mit folgenden Maßnahmen:

- Fensterlüftung
- Bauteilaktivierung
- Speichermasse

Vorteile

- Reduktion des Energieverbrauchs und der Energiekosten
- Direkte Beeinflussung der Wärmeabgabe

Barrieren

- Investitionskosten

5 AKTIVE KÜHLUNG EFFEKTIV NUTZEN

Aktive Kühlsysteme sind Kältemaschinen, die Gebäuden Wärme entziehen und an die Umgebung abführen. Entsteht der Fall, dass trotz einer optimierten Gebäudekonfiguration unzumutbare Raumtemperaturen entstehen, kann eine aktive Kühlung zugeschaltet werden, um den menschlichen Komfort zu gewährleisten.

Grundsätzlich sollte ein aktives Kühlsystem immer als letzte Maßnahme hinter dem baulichen Überwärmungsschutz und den passiven Kühlstrategien gesehen werden, da dies seitens der Investitionen und des Betriebs einen deutlichen Mehraufwand bedeutet [TREBERSPURG, M. 2007 – Teil 2].

Wenn die passiven Maßnahmen (besonders bei Sanierungsvorhaben) nicht ausreichen, ist die sparsame Nutzung von aktiven Kühlungssystemen zu empfehlen. Nachfolgend werden Maßnahmen zur Reduktion der Energieverbrauch von aktiven Systeme dargestellt.

5.1 Wärmepumpe

Bei der Installation einer Wärmepumpe kann das Gebäude im Winter beheizt und im Sommer gekühlt werden. In Wien soll der Marktanteil installierter Wärmepumpen bis 2030 im Wohnungsneubau auf 50% steigen. [MA 20, 2014 - Wärmepumpen]

Der Kühlstrombedarf bei einer aktiven Nutzung der Wärmepumpe soll berücksichtigt werden. Durch folgende nutzungsrelevanten Maßnahmen lässt sich der Stromverbrauch der Wärmepumpe reduzieren:

- **Freie Kühlung:**
Nutzung der Wärmepumpe ohne Betrieb des Kompressors.
- **Kombination mit PV für aktive Kühlung**
Betrieb des Verdichters, unterstützt durch einer Photovoltaik-Anlage
→ reduzierter Strombezug aus dem Netz

Das Abgabesystem soll so ausgelegt werden, dass es mit niedrigen (im Heizfall) bzw. hohen (im Kühlfall) Vorlauftemperaturen arbeiten kann. Dies eignet sich für die Nutzung in Kombination mit thermischer Bauteilaktivierung.

- **Wasser-Wasser-Wärmepumpe:**
Die Nutzung von Grundwasser als Wärmequelle muss bewilligt werden.
„Freie Kühlung mit Grundwasser stößt in Wien häufig an ihre Grenzen, da die Temperatur des Grundwassers dafür teilweise zu hoch ist“ [MA 20, 2014 - Wärmepumpen]
- **Sole-Wasser-Wärmepumpe:**
Der Vorteil einer Nutzung der Wärmepumpe für Heizen und Kühlen ist, dass die im Winter entnommene Wärme des Erdreiches während der Sommermonate regeneriert werden kann. Die Temperatur tief im Erdreich ist niedrig genug, um das Gebäude im Free-Cooling-Betrieb abzukühlen.

◦ **Luft-Wasser-Wärmepumpe:**

Aufgrund der hohen Außentemperaturen im Sommer kann die Wärmepumpe nicht für freie Kühlung (ohne Betrieb des Verdichters) genutzt werden.

Ein weiterer Nachteil ist, dass die warme Abluft an die Umgebung abgegeben wird, was den Wärmeinseleffekt im städtischen Raum verschlechtert.

5.2 Solare Kühlung

Eine Alternative zu Standard-Kühlsystemen stellt die solare Kühlung dar. Der Kühlenergiebedarf in Gebäuden ist zumeist dann am höchsten, wenn auch eine hohe solare Einstrahlung verfügbar ist.

41

Kälte kann mit solarer Energie erzeugt werden:

◦ **Photovoltaik:**

Direkte Nutzung von Strom zum Betrieb der Kältemaschine

Vorteile:

- Reduktion des Energieverbrauchs durch Nutzung erneuerbarer Energiequellen
- Geringe Betriebskosten
- Sinkende Investitionskosten

Barriere:

- Platzbedarf

◦ **Solarthermische Anlagen:**

Eine thermisch betriebene Kältemaschine hat gegenüber der Nutzung von Photovoltaik den Vorteil, dass sie das Stromnetz entlastet. Allerdings ist die korrekte Auslegung des Systems sehr anspruchsvoll. Dies und die hohen Investitionskosten sind Barrieren für die Verbreitung dieser Systeme [BINE 2016]. Solarthermische Kühlanlagen sind zumeist dann effizient, wenn zugleich auch ein hoher Bedarf an Warmwasser im Gebäude besteht (z.B. Hotels oder Fitnesscenter).

Es gibt zwei Verfahren zur Erzeugung von Kälte:

- Geschlossene Verfahren: Kaltwassererzeugung
 - Absorptionskältemaschinen
 - Adsorptionskältemaschinen
- Offene Verfahren: direkte Luftkonditionierung (Temperatur und Feuchte)
 - Sorptionsgestützte Klimatisierung

Vorteile:

- Reduktion des Energieverbrauchs durch Nutzung erneuerbarer Energiequellen
- Geringe Betriebskosten

Barriere:

- Komplexe Systemtechnik
- Hohe Investitionskosten
- Platzbedarf
- Regelung

5.3 Fernkälte

Mit Fernkälte wird, analog zu Fernwärme, Kälte über ein Rohrnetz an den Endverbraucher geliefert.

Die Kälteproduktion erfolgt in Kältezentralen. Durch den Einsatz von Absorptionskältemaschinen besteht das Potenzial, Abwärme aus industriellen Prozessen und Wärme aus erneuerbaren Energiequellen für die Kälteerzeugung zu nutzen. Allerdings ist die Reichweite des Rohrnetzes begrenzt, sodass bei flächendeckender Versorgung mehrere Kältezentralen erforderlich sind.

Mögliche Wärmequellen:

- Müllverbrennungsanlage
- Solarthermische Anlagen
- Industrielle Prozesse

Vorteile:

- Steigende Effizienz bei Großanlagen
- Reduktion des Platzbedarfs im Gebäude
- Versorgungssicherheit

Barriere:

- Verfügbarkeit zentraler Kältenetze

6 SENSITIVITÄTSANALYSE

6.1 Methodik

Mittels einer thermischen Gebäudesimulation werden verschiedene passive Maßnahmen zur Vermeidung von sommerlicher Überwärmung analysiert und verglichen. Die Simulation wird mit dem Softwarepaket Trnsys durchgeführt. *Trnsys (TRaNsient SYstems Simulation) ist ein Simulationsprogramm, mit dem das dynamische thermische Verhalten von Gebäuden analysiert werden kann [TRANSSOLAR, 2017].*

6.1.1 Raummodell

Anhand eines Ein-Zonen-Modells werden die Auswirkungen von unterschiedlichen Maßnahmen ausgewertet und detailliert dargestellt. Das Modell bildet einem 20 m² Raum mit 2,5 m Raumhöhe und 30% Fensteranteil der Fassade ab. Dies entspricht einem typischen Aufenthaltsraum in Wohnbau. Das Modell ist stark vereinfacht, um den Fokus auf die Auswirkung der unterschiedlichen Maßnahmen zu setzen. Analysiert werden Maßnahmen, die die sommerliche Überwärmung maßgeblich beeinflussen. Die Auswirkung der einzelnen Maßnahmen und Kombinationen von Maßnahmen werden quantitativ dargestellt.

In der Simulation wird eine Reihe von Annahmen getroffen, welche die Ergebnisse beeinflussen. Diese werden unter Festlegung der Randbedingungen detailliert beschrieben. Durch diese exemplarische Darstellung des Modells können relevante Rückschlüsse auf die eingesetzten Maßnahmen gezogen werden.

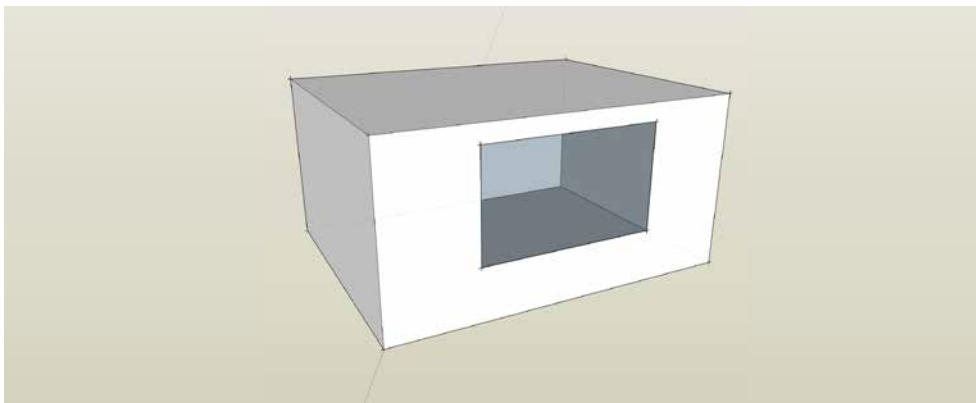


Abb. 23
Beispieldarstellung des 3D-Gebäudemodells

6.1.2 Randbedingungen

Folgende Parameter werden für die Simulation als unveränderbare Randbedingungen festgelegt:

Raumabmessung	$l = 500 \text{ cm}, h = 250 \text{ cm}, b = 400 \text{ cm}$
Ort	Wien
Fensteranteil	30% der Fassade
Fensterrahmen	$U_f = 1,1 \text{ W/m}^2$, 25% der Fensterfläche
Außenwände U-Werte	$U = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$
Innere Lasten	laut ÖNORM B 8110-5
Lüftung	laut ÖNORM B 8110-5

6.2 Klimadaten

Verglichen werden die Ergebnisse für zwei verschiedene Klimadatenkataloge, die sich einerseits auf gemessene Daten beziehen (Ist-Klimaszenario) und andererseits auf zukünftige Klimaszenarien (Zukunft-Klimaszenario). Diese Szenarien wurden aus dem Programm Meteonorm erstellt [METEONORM 2017]. Die Klimadaten für das Ist-Klimaszenario basieren auf langjährigen Messungen (1991–2010) für den Standort Wien Hohe Warte. Die Klimadaten für das Zukunft-Klimaszenario werden unter Berücksichtigung des Klimawandels für den Standort Wien und das Jahr 2050 durch Meteonorm entwickelt.

	Ist-Klimaszenario	Zukunft-Klimaszenario
Maximale Temperatur	33,75 °C	36,50 °C
Monatliche Mitteltemperatur Juli	21,1 °C	23,7 °C
Mittlere Globalstrahlung Juli	240 W/m ²	267 W/m ²

Nachfolgende Abbildungen zeigen die monatliche Mitteltemperatur und die Globale Strahlung für die untersuchten Klimaszenarien.

Abb. 24
Monatliche Mitteltemperatur der Klimaszenarien

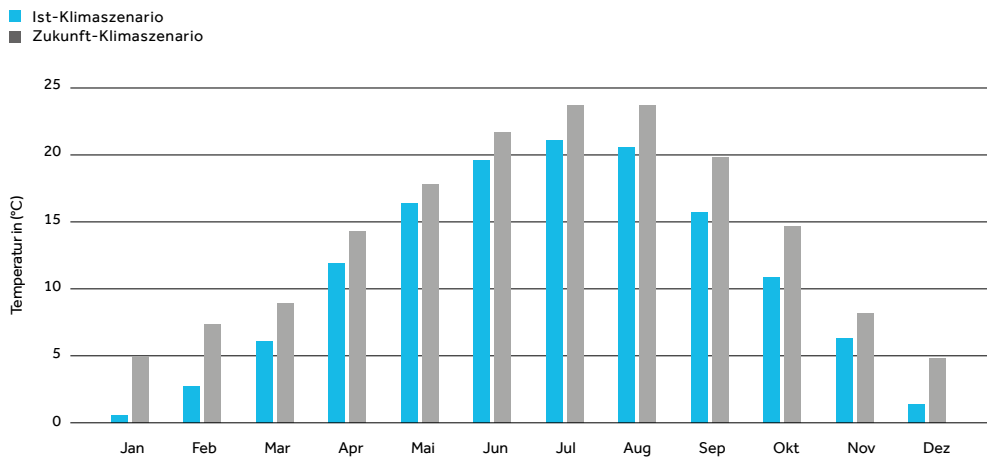
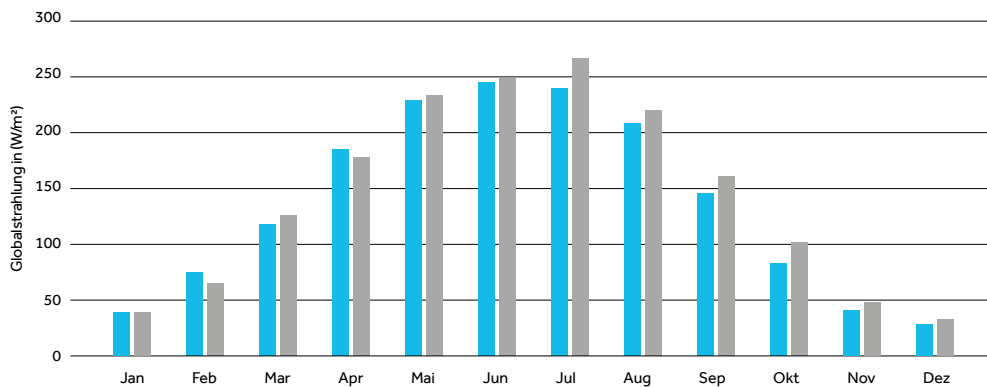


Abb. 25
Monatliche Globale Strahlung der Klimaszenarien



Die Mitteltemperatur für das Zukunft-Klimaszenario liegt im Juli 2,6 °C über dem Ist-Klimaszenario. Bei dem Zukunft-Klimaszenario sind die warmen Perioden durchgehend heißer als im Ist-Klimaszenario. Es gibt weniger Stunden, wo eine Nachtabkühlung stattfindet (siehe Kapitel 6.4, Ergebnisse für das Zukunft-Klimaszenario).

Die globale Strahlung in den Sommermonaten ist auch höher bei dem Zukunft-Klimaszenario. Dieses liegt im Juli um ca. 10% höher als das Ist-Klimaszenario.

6.3 Untersuchte Szenarien

Folgende Parameter werden variiert, um den Einfluss von jeder Maßnahme oder Kombination von Maßnahmen auf das Innenraumklima zu analysieren:

- Speichermasse
- Verglasung
- Nachtlüftung
- Orientierung
- Sonnenschutz

Die Randbedingungen und Szenarien basieren auf einer Bachelor-Arbeit zur Sommer-tauglichkeit im großvolumigen Wohnbau, die im Rahmen dieser Studie bearbeitet wurde [BRUNNER, C. & SPARR, J. 2017]. Die variierbaren Randbedingungen sind in nachfolgender Tabelle dargestellt:

Speichermasse	Holz Beton Ziegel
Verglasung	Zweischeibenverglasung: $U = 1,1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, $g = 0,62$ Dreischeibenverglasung: $U = 0,5 \text{ W/m}^2$, $g = 0,47$.
Nachtlüftung	20:00 bis 8:00 Uhr Keine: $LW = 0 \text{ (1/h)}$ Gekippt: $LW = 2 \text{ (1/h)}$ Offen: $LW = 8 \text{ (1/h)}$
Orientierung	Ost Süd West
Sonnenschutz	Aktiv: 8:00 bis 20:00 Uhr Außenliegender Sonnenschutz: $F_c = 0,3$ Innenliegender Sonnenschutz $F_c = 0,7$

Anhand dieser Parameter werden vier Fälle untersucht. Aufgrund des starken Einflusses des Sonnenschutzes wird dieser Parameter zusätzlich bei jedem Fall variiert:

- Speichermasse + Sonnenschutz
- Verglasung + Sonnenschutz
- Nachtlüftung + Sonnenschutz
- Orientierung + Sonnenschutz

Das Basis-Modell wurde wie folgt festgelegt:

Bezeichnung	Orientierung	Fensterlüftung	Bauart	Verglasung	Sonnenschutz
xxx + außen	Süd	gekippt	Beton	2-fach-Verglasung	außen
xxx + innen	Süd	gekippt	Beton	2-fach-Verglasung	innen

Darauf aufbauend werden die Parameter verändert, um die untersuchten Szenarien abzubilden. Für die unten angeführten Darstellungen und Tabellen gilt folgender Farbcode:

- Variable Parameter: weiß
- Außenliegender Sonnenschutz: blau
- Innenliegender Sonnenschutz: grau

6.4 Ergebnisse – Ist-Klimaszenario

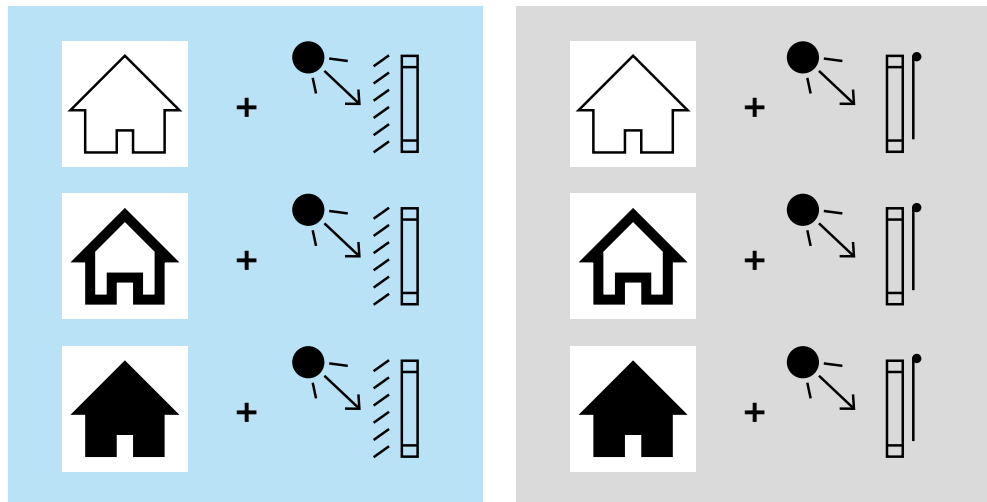
Ausgewertet wird die operative Temperatur im Raum, ohne Berücksichtigung einer Kühlleistung im Gebäude. Analysiert wird der Verlauf der Empfindungstemperatur während einer Hitzeperiode.

Die Ergebnisse werden für folgende Klimadatenkataloge dargestellt:

- Ist-Klimaszenario
- Zukunft-Klimaszenario

6.4.1 Speichermasse + Sonnenschutz

Hier wird der Einfluss von der Speichermasse auf die Innentemperaturen untersucht. Dafür wurden drei Aufbauten definiert: Holz, Ziegel und Beton. Bei der Variation der Bauart ändert sich die Speichermasse des Gebäudes.



Speichermasse + Sonnenschutz

Bezeichnung	Orientierung	Fensterlüftung	Bauart	Verglasung	Sonnenschutz
Holz + SS Außen	Süd	gekippt	Holz	2-fach-Verglasung	außen
Ziegel + SS Außen	Süd	gekippt	Ziegel	2-fach-Verglasung	außen
Beton + SS Außen	Süd	gekippt	Beton	2-fach-Verglasung	außen
Holz + SS Innen	Süd	gekippt	Holz	2-fach-Verglasung	innen
Ziegel + SS Innen	Süd	gekippt	Ziegel	2-fach-Verglasung	innen
Beton + SS Innen	Süd	gekippt	Beton	2-fach-Verglasung	innen

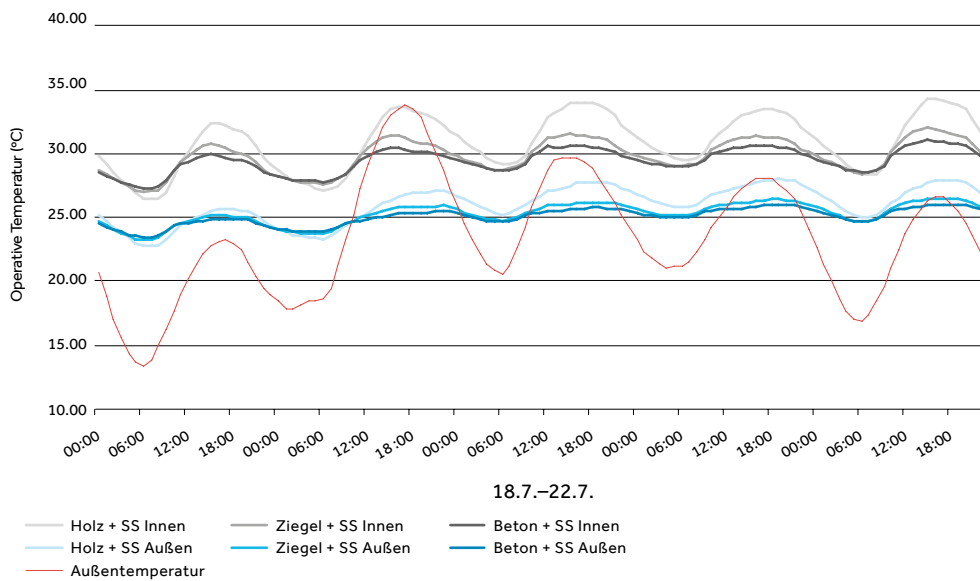


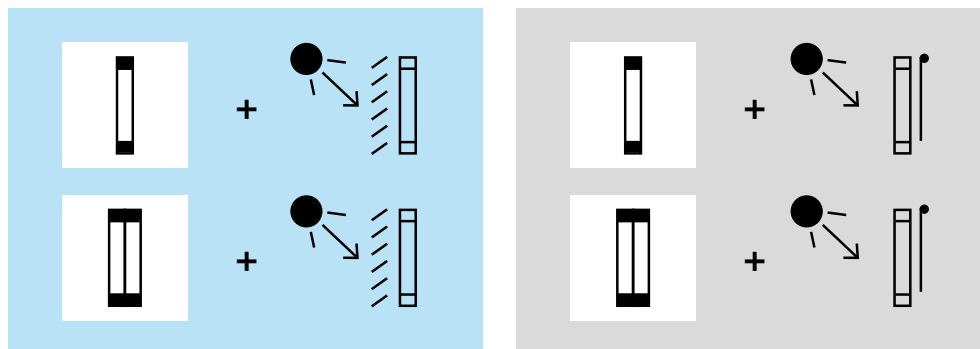
Abb. 26
Temperaturver-
lauf: Szenario
Speichermasse +
Sonnenschutz /
Ist-Klimaszenario

In der Abbildung ist zu erkennen:

- Bei der Variante mit innenliegendem Sonnenschutz liegt die Raumtemperatur fast immer über der Außentemperatur. In diesem Fall kann trotz einer hohen Speichermasse (Beton) keine komfortable Temperatur erreicht werden.
- Ein außenliegender Sonnenschutz ist die wirksamste Maßnahme. In diesem Fall liegen die Temperaturunterschiede zwischen Holz und Beton bei nur ca. 2 K.
- Die Varianten mit Holz weisen die größten Temperaturspitzen auf. Die Temperaturspitzen lassen sich bei einem Einsatz von mehr Speichermasse (Ziegel, Beton) reduzieren.

6.4.2 Verglasung + Sonnenschutz

Untersucht wird der Einfluss der Verglasung auf die Sommertauglichkeit. Eingesetzt für die Berechnungen werden eine Zweischeiben- und eine Dreischeibenverglasung. Ausschlaggebend für die Beurteilung der solaren Energieeinträge im Sommer ist der g-Wert der Verglasung.



Verglasung + Sonnenschutz

Bezeichnung	Orientierung	Fensterlüftung	Bauart	Verglasung	Sonnenschutz
2-fach + SS Außen	Süd	gekippt	Beton	2-fach-Verglasung	außen
3-fach + SS Außen	Süd	gekippt	Beton	3-fach-Verglasung	außen
2-fach + SS Innen	Süd	gekippt	Beton	2-fach-Verglasung	innen
3-fach + SS Innen	Süd	gekippt	Beton	3-fach-Verglasung	innen

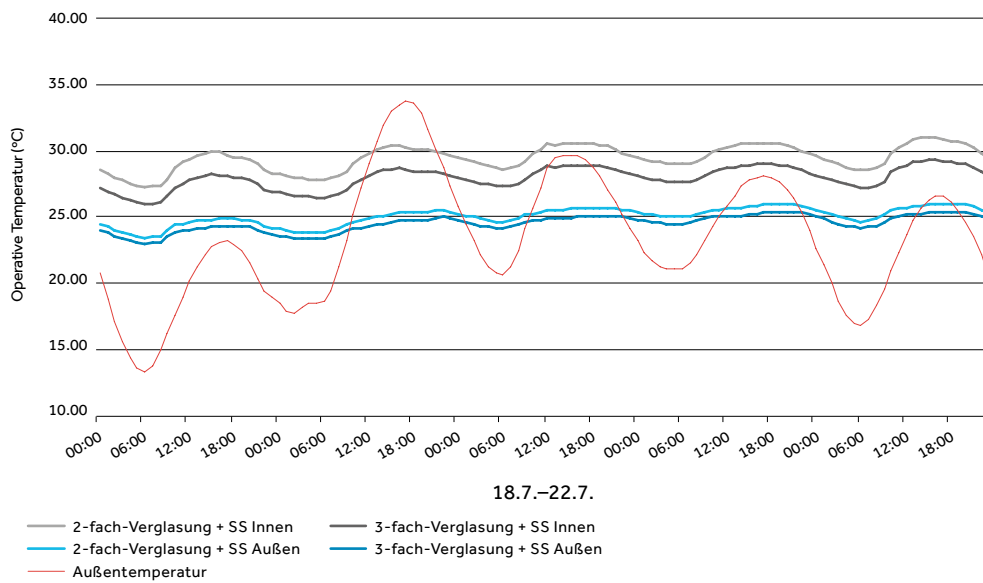


Abb. 27
Temperaturver-
lauf: Szenario
Verglasung +
Sonnenschutz /
Ist-Klimaszenario

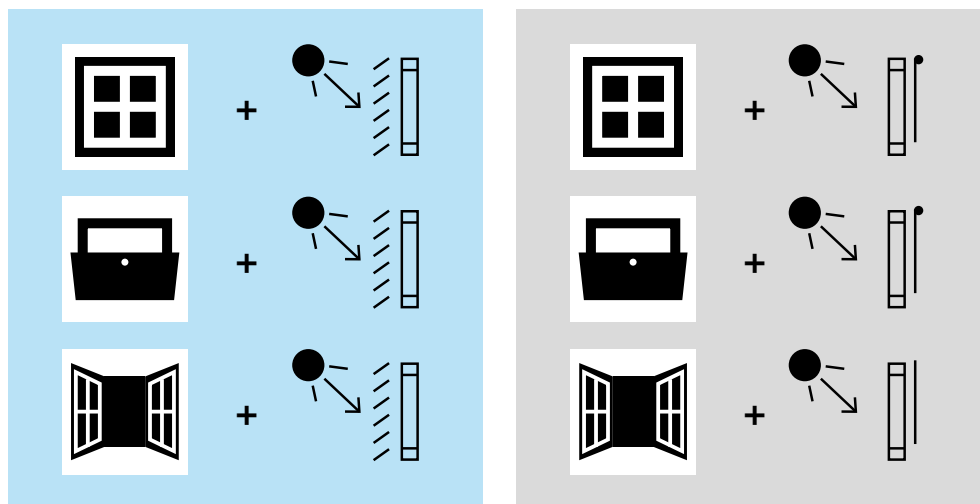
In der Abbildung ist zu erkennen:

- Lediglich bei der Variante mit außenliegendem Sonnenschutz kann die Temperatur im Komfortbereich eingehalten werden.
- Eine Kombination von außenliegendem Sonnenschutz und 3-fach-Verglasung hat einen geringen Einfluss auf die Temperatur im Vergleich zu der Variante mit 2-fach-Verglasung.
- Die Reduktion des g-Werts bei der 3-fach-Verglasung hat eine höhere Wirkung bei der Variante mit innenliegendem Sonnenschutz. Die solaren Wärmeeinträge werden durch den geringeren Energiedurchlassgrad reduziert.

6.4.3 Nachtlüftung + Sonnenschutz

Die Wirksamkeit der Nachtlüftung ist abhängig von der Außentemperatur und der Luftwechselrate. Für die Simulation werden 3 Szenarien untersucht:

- Keine: Die Fenster bleiben nachts geschlossen.
- Gekippt: Die Fenster sind nachts nur teilweise geöffnet.
- Offen: Die Fensterflügel sind nachts ganz geöffnet.



Nachtlüftung + Sonnenschutz

Bezeichnung	Orientierung	Fensterlüftung	Bauart	Verglasung	Sonnenschutz
Keine + SS Außen	Süd	keine	Beton	2-fach-Verglasung	außen
Gekippt + SS Außen	Süd	gekippt	Beton	2-fach-Verglasung	außen
Offen + SS Außen	Süd	offen	Beton	2-fach-Verglasung	außen
Keine + SS Innen	Süd	keine	Beton	2-fach-Verglasung	innen
Gekippt + SS Innen	Süd	gekippt	Beton	2-fach-Verglasung	innen
Offen + SS Innen	Süd	offen	Beton	2-fach-Verglasung	innen

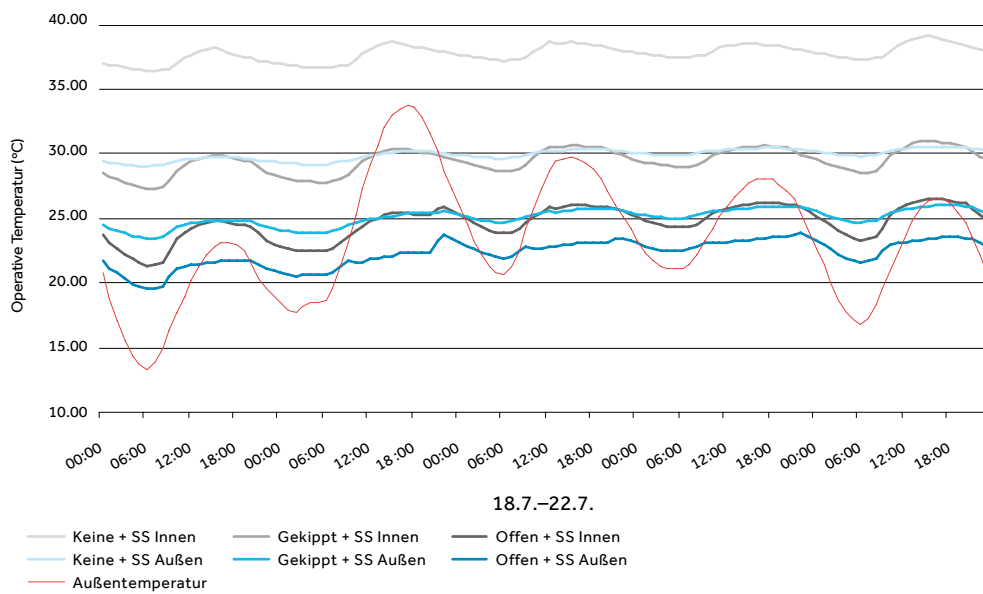


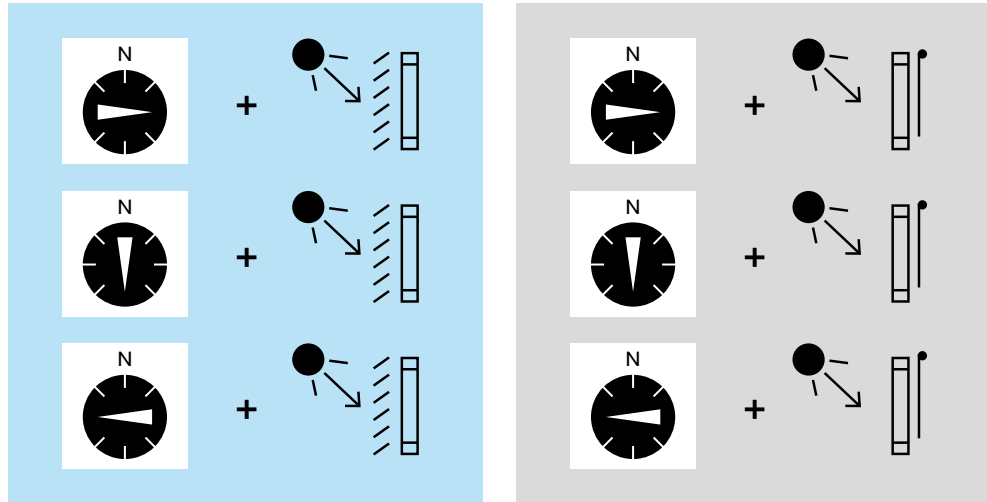
Abb. 28
Temperaturver-
lauf: Szenario
Nachtlüftung +
Sonnenschutz /
Ist-Klimaszenario

In der Abbildung ist zu erkennen:

- Die Nachtlüftung ist eine sehr wirksame Maßnahme. Bei hohen Luftwechselraten (ganz offenes Fenster) kann die Raumtemperatur tagsüber unter der Außentemperatur gehalten werden. Dies gilt für beide Sonnenschutzsysteme.
- Bei niedrigeren Luftwechselraten (gekipptes Fenster) ist der Sonnenschutz ausschlaggebend. Ein Unterschied von 5 K ist zwischen der Variante mit außenliegendem und mit innenliegendem Sonnenschutz zu erkennen.
- Nur mit außenliegendem Sonnenschutz lassen sich die Temperaturen nicht reduzieren. Die Kombination mit einer Nachtlüftung ist in diesem Fall in den heißen Tagen notwendig.

6.4.4 Orientierung + Sonnenschutz

Untersucht wird das Gebäude für die Ost-, Süd- und West-Orientierung. So wird der Einfluss der solaren Einstrahlung aus unterschiedlichen Orientierungen bewertet.



Orientierung + Sonnenschutz

Bezeichnung	Orientierung	Fensterlüftung	Bauart	Verglasung	Sonnenschutz
Ost + SS Außen	Ost	gekippt	Beton	2-fach-Verglasung	außen
Süd + SS Außen	Süd	gekippt	Beton	2-fach-Verglasung	außen
West + SS Außen	West	gekippt	Beton	2-fach-Verglasung	außen
Ost + SS Innen	Ost	gekippt	Beton	2-fach-Verglasung	innen
Süd + SS Innen	Süd	gekippt	Beton	2-fach-Verglasung	innen
West + SS Innen	West	gekippt	Beton	2-fach-Verglasung	innen

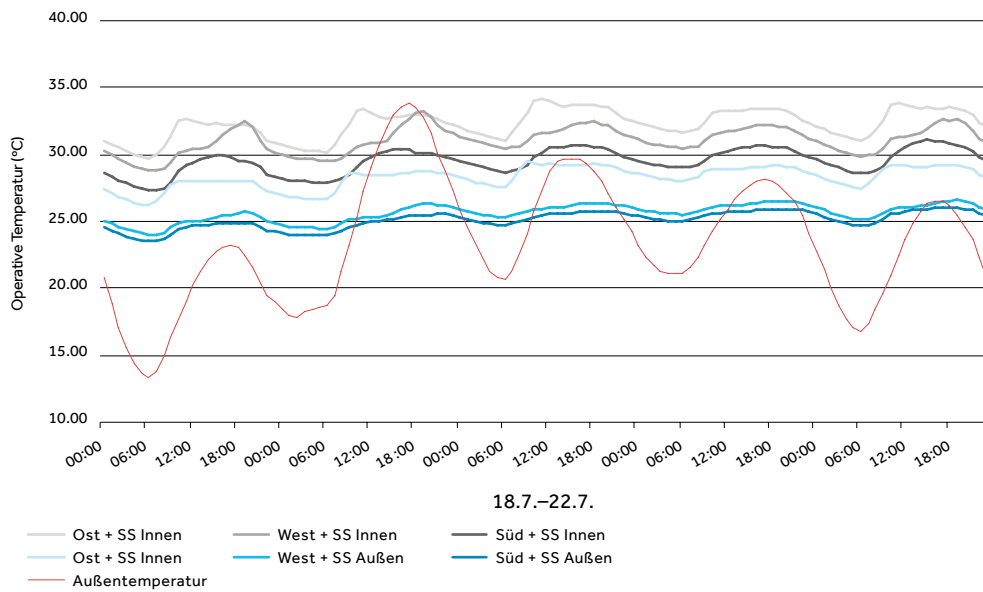


Abb. 29
Temperaturver-
lauf: Szenario
Orientierung +
Sonnenschutz /
Ist-Klimaszenario

In der Abbildung ist zu erkennen:

- Bei der Variante mit innenliegendem Sonnenschutz ist der Verlauf der Sonne in der Temperatur zu erkennen.
 - Die Ost-Orientierung weist die höchsten Temperaturen in den Morgenstunden auf.
 - Bei der West-Orientierung steigt die Temperatur erst am Nachmittag.
 - Aufgrund des hohen Sonnenwinkels sind bei der Süd-Orientierung die niedrigsten Temperaturen zu erwarten.
- Die hohe Wirksamkeit des außenliegenden Sonnenschutzes ist in der Grafik zu erkennen.

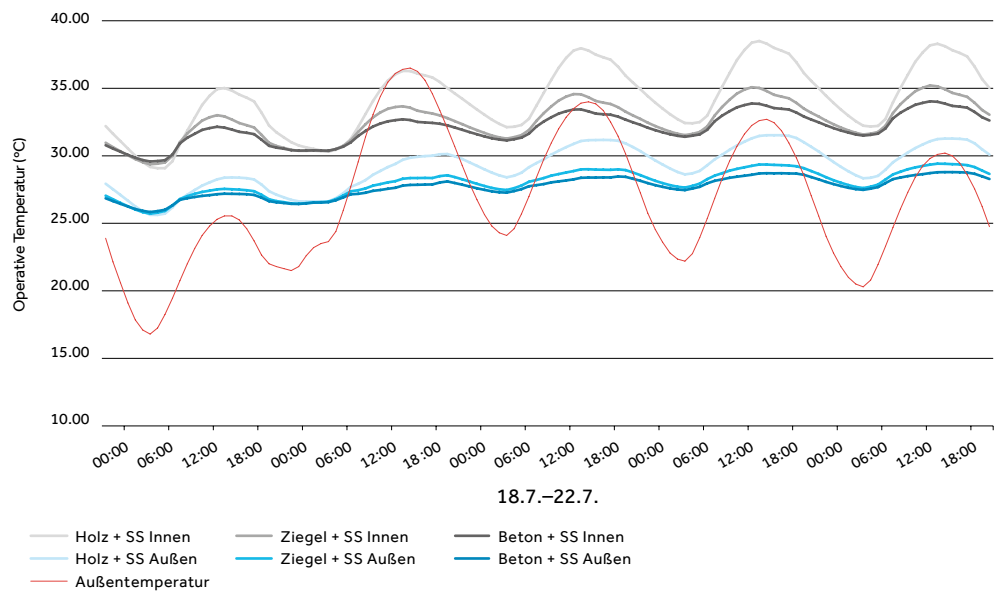
6.5 Ergebnisse – Zukunft-Klimaszenario

Beim Zukunft-Klimaszenario ist zu erkennen, dass die Außentemperatur durchgehend hoch bleibt und in der Hitzeperiode nicht unter 20 °C fällt. Eine Abkühlung ist daher kaum möglich.

Generell ist bei den Ergebnissen des Zukunft-Klimaszenarios Folgendes zu erkennen:

- Bei allen Szenarien ist das gleiche Temperaturprofil zu erkennen wie beim Ist-Klimaszenario.
- Aufgrund der steigenden Außentemperaturen verschiebt sich dieses Profil ca. 2–3 K nach oben in der Skala.

Nicht jede Variante mit außenliegendem Sonnenschutz liegt im Temperaturkomfortbereich. Das heißt gegebenenfalls, dass die Raumtemperatur nur durch eine Kombination von Maßnahmen unter 28 °C eingehalten werden kann.



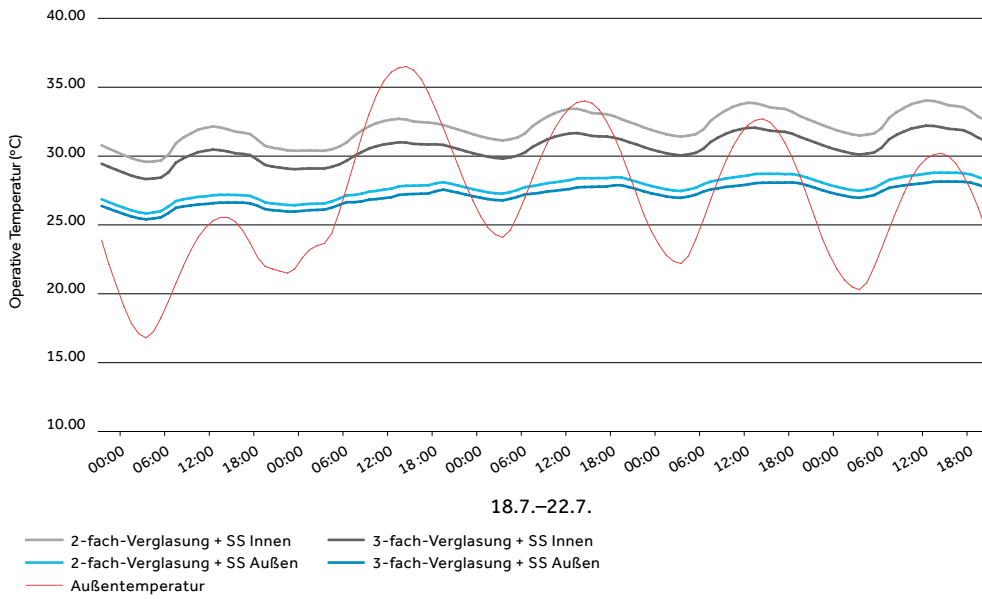


Abb. 31
Temperaturverlauf: Szenario Verglasung + Sonnenschutz / Zukunft-Klimaszenario

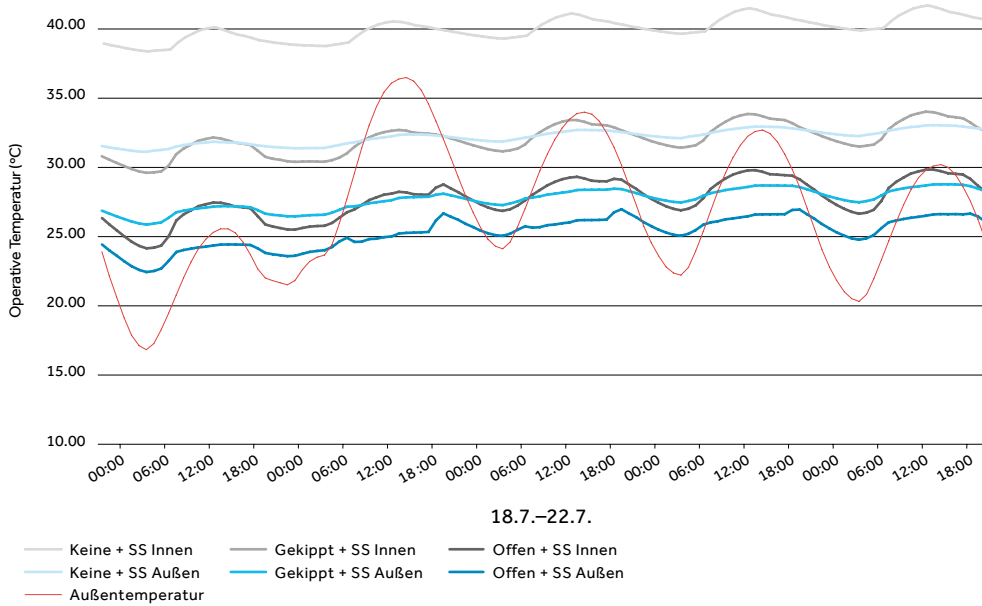
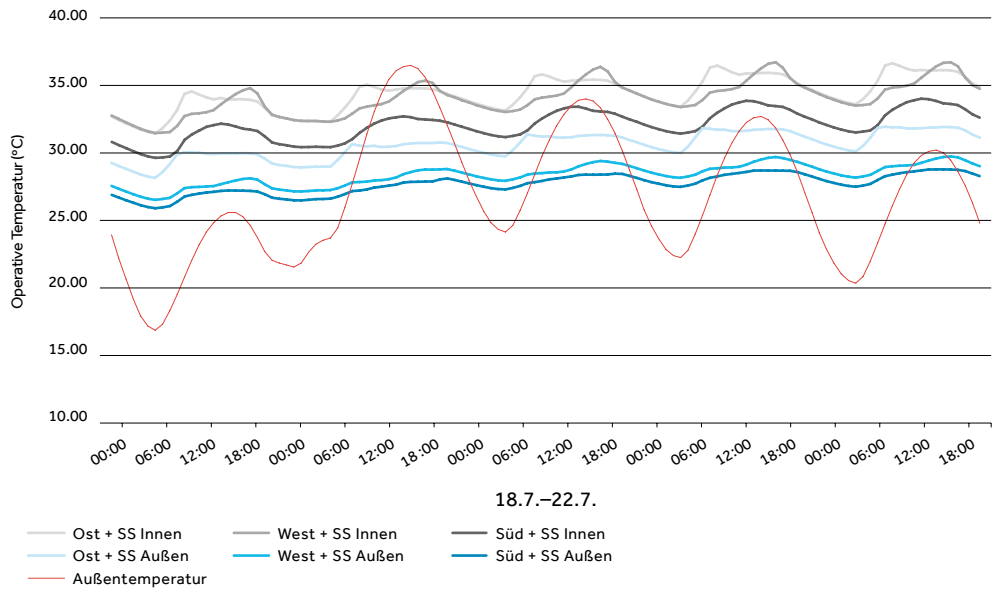


Abb. 32
Temperaturverlauf: Szenario Nachtlüftung + Sonnenschutz / Zukunft-Klimaszenario

Abb. 33
Temperaturverlauf: Szenario Orientierung + Sonnenschutz / Zukunft-Klimaszenario



6.6 Schlussfolgerungen

- In Wien lässt sich eine aktive Kühlung im Wohnbau vermeiden. Durch eine gute Planung und durch den Einsatz passiver Maßnahmen lässt sich der Kühlenergiebedarf abgrenzen und die Temperaturen können im Komfortbereich gehalten werden.
- Außenliegender Sonnenschutz und Nachtlüftung sind die wirksamsten Maßnahmen. Jedoch sind die zukünftigen Randbedingungen in der Stadt zu berücksichtigen. Bei sehr warmen Nächten ist die Nachtlüftung weniger wirksam. Dazu kommt ein mögliches Lärmproblem bei offenen Fenstern in Schlafräumen.
- Ein außenliegender Sonnenschutz kann nicht durch einen niedrigeren g-Wert der Verglasung ersetzt werden.
- Der Vergleich der zwei Klimadatensätze (Ist- und Zukunft-Klimaszenario) zeigt auf, dass besonders bei sehr hohen Außentemperaturen und erhöhter solarer Einstrahlung die Wirkung des außenliegenden Sonnenschutzes an Bedeutung zunimmt.
- Bei der Sanierung von Gebäuden gestaltet sich die Einhaltung der Temperatur im Komfortbereich schwieriger, da nicht alle möglichen Maßnahmen (z.B. Orientierung, Speichermasse) implementiert werden können.

7 WIRTSCHAFTLICHKEIT

Die Wirtschaftlichkeit von passiven Maßnahmen kann auf Grund der vielfältigen Doppelfunktionen nicht einfach abgegrenzt und damit nicht leicht berechnet werden. Darüber hinaus ist für den Wohnbau vorgesehen, dass dieser ohne aktive Maßnahmen zur Kühlung auskommen sollte. Aktive Maßnahmen kommen damit lediglich erhöhten Komfortanforderungen zugute. Da sich Komfortanforderungen generell nur bedingt quantifizieren lassen, ergeben sich für die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit von passiven Maßnahmen folgende Fragen:

- Kann der Komfort im Wohnbau wirtschaftlich betrachtet werden?
- Wie können passive Maßnahmen in Bezug auf ihre Wirtschaftlichkeit verglichen werden?

Bei Fehlen ausreichender passiver Maßnahmen wird den steigenden Temperaturen im Wohnbau oft durch die Installation von Kleinklimageräten begegnet. Um einen vereinfachten Vergleich passiver Maßnahmen zu ermöglichen, wird nachfolgend ein hypothetischer Vergleich angeführt, bei dem dargestellt wird, welcher zusätzliche Kühlenergiebedarf erforderlich wäre, um bei gegebenen passiven Maßnahmen eine gewünschte Solltemperatur nicht zu überschreiten. Dabei sind jene Varianten besser, die weniger Kühlenergiebedarf verursachen.

7.1 Vergleich über hypothetischen Kühlenergiebedarf

Ausgewertet wird der Kühlenergiebedarf [kWh/m²a] im Raum für das Ist-Klimaszenario. Angenommen wird eine unbegrenzte Kühlleistung mit einer fixierten Sollraumlufttemperatur von 26 °C. D.h., wenn die Raumtemperatur 26 °C übersteigt, schaltet sich das Kühlsystem ein, unabhängig von der Tageszeit und Anwesenheit der Personen. Es handelt sich demnach um einen fiktiven Kühlenergiebedarf, der einen Vergleich der unterschiedlichen baulichen Varianten ermöglicht.

Nachfolgende Abbildung zeigt den Kühlenergiebedarf für die untersuchten Varianten.

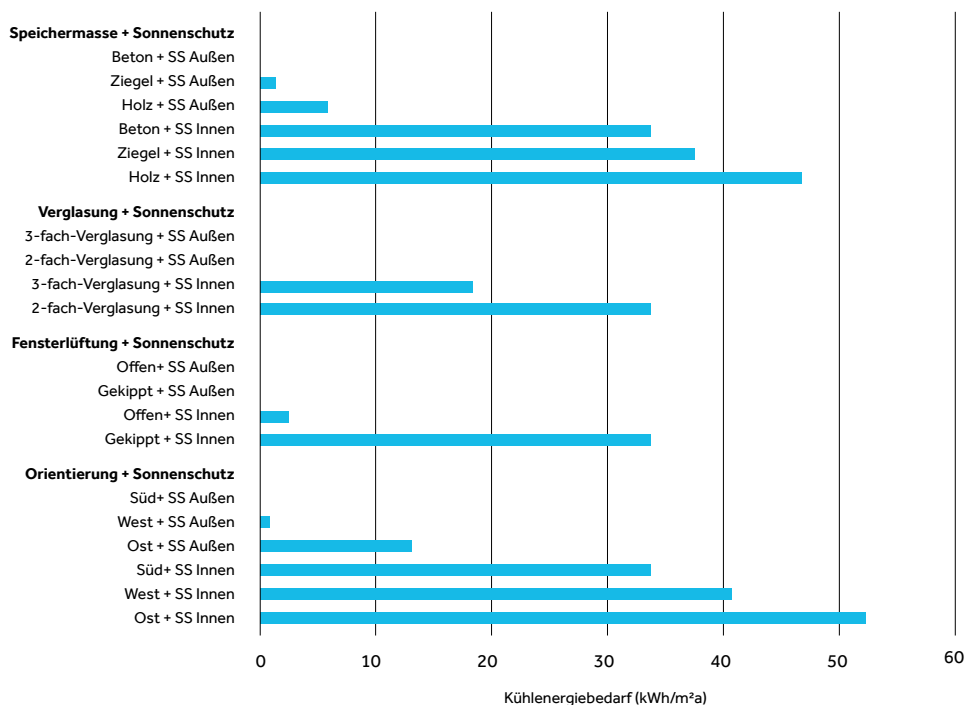


Abb. 34
Kühlenergiebedarf der untersuchten Varianten

Die Berechnung des Kühlenergiebedarfs bestätigt die Schlussfolgerungen in Kapitel 6.6. Aus den Ergebnissen ist Folgendes zu erkennen:

- Die Maßnahmen mit außenliegendem Sonnenschutz weisen einen deutlich geringeren Energiebedarf auf.
- Eine Klimatisierung von Wohngebäuden lässt sich durch die Kombination von einem außenliegenden Sonnenschutz mit Fensterlüftung, Süd-Orientierung und hoher Speichermasse vermeiden.

7.2 Mehrkosten

Nachfolgend werden grobe Angaben zu Investitionskosten sowie mögliche Mehrkosten für die unterschiedlichen Maßnahmen erläutert.

0 keine Mehrkosten € geringe Mehrkosten €€ mittlere Mehrkosten €€€ hohe Mehrkosten

Sonnenschutz

- Investitionskosten
 - Innenliegender Sonnenschutz €
 - Außenliegender Sonnenschutz €€
- Wartungskosten
 - Bei manueller Sonnenschutz-Aktivierung: keine Kosten 0
 - Bei automatischer Sonnenschutz-Aktivierung: Sensoren + Motor €
- Lebensdauer: 15–30 Jahre

Nachtlüftung

- Investitionskosten
 - Bei manueller Nachtlüftung: Keine Kosten 0
 - Bei unterstützter Nachtlüftung: Installation €
 - Bei automatischer Fensteröffnung: Sensoren + Motor €€
- Wartungskosten:
 - Bei manueller Nachtlüftung: Keine Kosten 0
 - Bei unterstützter Nachtlüftung: Stromkosten für Ventilator €
 - Bei automatischer Fensteröffnung: Stromkosten €

Phase-Change Materials – PCM

- Investitionskosten €€€
- Wartungskosten 0

Thermische Bauteilaktivierung:

- Investitionskosten €
- Wartungskosten: Pumpen €

Baubegrünung

- Investitionskosten abhängig vom System
 - Bodengebundene Begrünung 0 - €
 - Fassadengebundene Begrünung € - €€
 - Gründächer € - €€
- Wartungskosten € - €€

Bei einer Lebensdauer der Gebäude von 50–100 Jahren fallen die Mehrkosten der passiven Maßnahmen im gesamten Lebenszyklus weniger ins Gewicht. Im Hinblick auf steigende Temperaturen und höhere Strompreise für die Kühlung machen die zusätzlichen Investitionskosten in den meisten Fällen nur einen Bruchteil der gesamten Lebenszykluskosten aus.

8 BEISPIELPROJEKTE

8.1 Neubau

8.1.1 CO-living JAspern

Abb. 35 (links)
JAspern,
POS architekten

Abb. 36
(rechts oben)
Verschattung
durch auskragen-
de Balkone

Abb. 37
(rechts unten)
Querschnitt mit
Sonnenstrahlung,
Sommer



Foto: Markus Kaiser



Foto: POS architekten



Foto: POS architekten

- Passivhaus Wohnhausanlage – Neubau
- Hannah-Arendt-Platz 10, 1220 Wien
- Fertigstellung: 2014
- Auftraggeber: Baugruppe Jaspersn GesbR
- Projektentwickler: Fritz Oettl, COFABRIC
- Architektur: POS architekten
- Größe: 3.696 m² BGF

Gänzlich ohne Bauträger, aber dafür mit maximaler Personalisierung konnte sich eine Baugruppe aus 18 Familien ihr eigenes, nachhaltiges Wohnmodell verwirklichen. Die hohe Raumhöhe vom 2,80 m ermöglicht bis zu 2,30 m tiefe Balkone. Diese wirken als konstruktiver Überhitzungsschutz im Hochsommer. Nicht nur die Innenräume bleiben im Sommer schön kühl, auch die Balkone selbst sind teilweise verschattet. Für individuellen Schatten im Sommer sorgen die inneren und äußeren Sonnenschutzvorrichtungen.

Sinnvolle Fenstergrößen, 3-Scheiben-Verglasung, Querlüftbarkeit und die Belüftbarkeit des Treppenhauses tragen weiters zum angenehmen Raumklima bei. [POS architekten]

Passive Maßnahmen

- Lüftung:
 - Möglichkeit zur Querlüftung
 - Belüftbarkeit des Treppenhauses
- Konstruktiver Sonnenschutz
 - Verschattung durch auskragende Balkone oder/und außen liegende Jalousien, in den Dachgeschossen beides
- Speichermassen
 - Betonkonstruktion
- Orientierung:
 - Vorwiegend SSW- und NNO-Orientierung, an der OSO-Seite bauliche Vorsprünge

8.1.2 WHA Kaisermühlenstraße



Abb. 38 (links)
Geschoßhohe
Verschattungs-
elemente

Abb. 39 (rechts)
Verschattung
durch fixe
Lamellen

- Passivhaus Wohnhausanlage – Neubau
- Kaisermühlenstr. 22–24, 1220 Wien
- Fertigstellung: 2014
- Bauträger: BWS Gruppe
- Architektur: Treberspurg & Partner Architekten ZT GmbH
- Nutzfläche: 24.500 m²

Die Wohnhausanlage besteht aus einem langgestreckten Baukörper zur stark befahrenen Kaisermühlenstraße und fünf weitgehend nach Süden orientierten Zeilen. Die Wohnungen im Riegel sind durch einen verglasten Laubengang an der Westseite von der Straße getrennt. Zur Vermeidung einer Überhitzung des Laubenganges sind der Fassade geschoßhohe Sonnenschutzlamellen aus Lochblechelementen vorgelagert, die gemeinsam mit den an den Laubengängen situierten Nebenräumen das Erscheinungsbild des Gebäudes prägen. Hofseitig ist dem Gebäude über die gesamte Länge eine Loggienzone vorgelagert, die auch der Beschattung der Aufenthaltsräume dient. Die Wohnungen des Dachgeschosses werden mit fixen Sonnenschutzlamellen beschattet. Das Gebäude verfügt als Passivhaus über eine Anlage zur kontrollierten Wohnraumlüftung.

Passive Maßnahmen

- Konstruktiver Sonnenschutz
 - Verschattung durch fixe Sonnenschutzlamellen im Dachgeschoss
 - Verschattung der Ostfassade durch vorgesetzte Loggienzone
 - Verschattung des Laubenganges durch geschoßhohe Lochblechelemente
- Speichermassen
 - Betonkonstruktion
- Orientierung
 - Südorientierung der Zeilen

8.1.3 Wiener Gasse 8

Abb. 40 und 41
Vertikale und
horizontale
Verschattungs-
elemente Wiener
Gasse 8



- Wohnhaus Wien
- Wiener Gasse 8, 1210 Wien
- Fertigstellung 2015
- BWG Wohnen und Bauen GmbH
- Architekt: Treberspurg & Partner Architekten ZT GmbH
- Umfang: ca. 680 m² Wohnnutzfläche

Die Baulücke weist eine Orientierung nach Westen und Osten auf. Aufgrund der flach einfallenden Sonne können die Aufenthaltsräume nur durch geschoßhohe Elemente effektiv abgeschattet werden. Hier wurden bewegliche Fensterläden aus Holz gewählt, die gemeinsam mit der Plattenfassade das Erscheinungsbild wesentlich prägen. Die hofseitigen Loggien kragen weit aus, um auch hier eine optimale Beschattung zu erzielen.

Passive Maßnahmen

- Konstruktiver Sonnenschutz
 - Verschattung durch bewegliche Fensterläden
 - Verschattung durch Balkonplatten (Hofseite)
 - Außenliegender Sonnenschutz der Dachflächenfenster
- Speichermassen
 - Betonkonstruktion

8.1.4 Am Hirschenfeld



Abb. 42 (links)
Grüne Fassade als
Verschattungselement

Abb. 43 (rechts)
Auskragende
Geschosse der
Zeilen; Loggienzone
im Riegel (im
Hintergrund)

- Passivhaus Wohnhausanlage – Neubau
- Brünner Straße 190, 1210 Wien
- Fertigstellung: 1996
- Bauträger: GESIBA, Gemeinnützige Siedlungs- und Bau AG
- Architekt: Arge Architekten Reinberg – Treberspurg – Raith

Die Anlage besteht aus einem langgestreckten Baukörper entlang der stark befahrenen Brünner Straße im Westen und mehreren südorientierten Zeilenbauten. Die Wohnungen im Riegel sind wegen der Emissionen nicht quergelüftet und durch einen verglasten Laubengang an der N-W-Seite von dieser getrennt. Zur Vermeidung einer Überhitzung des Laubenganges ist der Fassade ein begrüntes Rankgerüst vorgelagert. Hofseitig ist dem Gebäude über die gesamte Länge eine Loggienzone vorgelagert, die auch der Beschattung der Aufenthaltsräume dient.

Die Obergeschosse der nach Süden gerichteten Zeilen kragen jeweils vor, um das darunterliegende Geschoß zu beschatten.

Um trotz der dichten Fenster einen hygienischen Luftwechsel zu erreichen, wurde eine Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung eingebaut.

Passive Maßnahmen

- Konstruktiver Sonnenschutz
 - Verschattung durch auskragende Obergeschosse (Zeilen)
 - Verschattung durch vorgesetzte Loggienzone (Riegel)
- Speichermassen
 - Betonkonstruktion
- Orientierung
 - Südorientierung der Zeilen
- Bauwerksbegrünung
 - Sonnenschutz
 - Schallabsorption
 - Staubbindung
 - Verdunstungskühlung

8.2 Sanierung

Bei Bestandsgebäuden gestaltet sich die Einhaltung der Sommertauglichkeit oft schwieriger als im Neubau. Aufgrund der gegebenen Architektur, Orientierung und Bauweise ist die Implementierung von passiven Maßnahmen begrenzt möglich. Dafür können folgende Maßnahmen eingesetzt werden:

- Fenstersanierung:
 - Reduktion der Fenstergröße
 - Dachgauben statt Dachflächenfenstern
 - Lüftungsstrategien
- Sonnenschutz
 - Außenliegender Sonnenschutz, auch möglich bei denkmalgeschützten Fassaden
 - Zwischenliegender Sonnenschutz im Kastenfenster mit Entlüftung des Fensterzwischenraums nach außen
- Bauwerksbegrünung

8.2.1 Lenaugasse 10

Abb. 44
Außenliegender
Sonnenschutz im
Denkmalschutz



- Öffentliches Gebäude – Wohnfonds Wien
- Lenaugasse 10, 1080 Wien
- Baufertigstellung: September 2015
- Auftraggeber: wohnfonds_wien
- Architekt: Architektur und Stadtgestaltung (MA 19 Stadt Wien)
- Nutzfläche: 686 m² (GFA)

Im Zuge der Sanierung der denkmalgeschützten Gebäude des Wohnfonds Wien wurde ein außenliegender Sonnenschutz gegen sommerlicher Überwärmung angebracht. Eingesetzt wurde ein textiler Sonnenschutz, der sich in die historische Fassade eingliedert.

Passive Maßnahmen:

- Errichtung von Außenverschattung an einer denkmalgeschützten Fassade

8.2.2 Penzinger Straße 58



Foto: Treberspurg und Partner

Abb. 45
Zwischenliegender Sonnenschutz bei erhaltenswerter Fassade (Schutzzone)

- Privates Wohngebäude aus dem 19. Jahrhundert
- Penzinger Straße 58, 1140 Wien
- Fertigstellung Renovierung November 2017
- Auftraggeber: privat
- Architekt: Treberspurg & Partner Architekten Zt GmbH

Im Zuge der Generalsanierung des Wohngebäudes, in der Schutzzone Penzinger Straße werden die Kastenfenster erneuert. Die äußeren Fenster erhalten das historische Erscheinungsbild. Die Inneren Fensterflügel werden mit zeitgemäßer Wärmeschutzverglasung ausgeführt. Dazwischen wird ein mobiler Sonnenschutz installiert. Die äußeren Flügel der Oberlichten öffnen nach Außen, um die warme Luft aus dem Zwischenraum abführen zu können.

Passive Maßnahmen

- Sonnenschutzmaßnahme
 - Zwischenliegender Sonnenschutz
 - Entlüftung des Fensterkastens nach außen
 - Wärmeschutzverglasung des Innenflügels
- Speichermassen
 - bis zu 60 cm Mauerstärken sorgen für ausreichend Speichermasse im Gebäude

8.2.3 MA 48 – grüne Fassade

Abb. 46
MA 48 – grüne
Fassade.



- Öffentliches Gebäude
- Einsiedlergasse 2, 1050 Wien
- Begrünungsmaßnahme erfolgt: 2011
- Partner: Magistratsabteilung 48 der Stadt Wien (Abfallwirtschaft), Magistratsabteilung 22 der Stadt Wien (Umweltschutz), Institut f. Ingenieurbiologie und Landschaftsbau - BOKU Wien, Techmetall Erzeugungs-, Handel- u. Montage GesmbH, Dachgrün GmbH
- Anlagengröße: ca. 800 m²

Das Pilotprojekt zur Sanierung der Fassade des Bürogebäudes der Magistratsabteilung 48 im 5. Bezirk wurde im Jahr 2010 fertiggestellt und wird seither einem detaillierten Monitoring unterzogen.

„Zahlreiche Sensoren erheben die Transpirationsleistung des grünen Mantels in den Sommermonaten: die 850 m² Fassadenbegrünung erbringen die Leistung von 4 ausgewachsenen 100-jährigen Buchen bzw. 47 Klimakühlgeräten mit 8 Stunden Betriebsdauer und einer Leistung von 3.000 Watt“. [GREEN4CITIES]

Passive Maßnahmen

- Bauwerksbegrünung
 - Staubfilterung
 - Luftverbesserung
 - Regen- und Windschutz
 - Schall- und Wärmeschutz

9 EMPFEHLUNGEN

Im Folgenden werden grundlegende Empfehlungen für die drei wesentlichen Stakeholder-Gruppen der Stadtplanerinnen und Stadtplaner, Bauträger und Nutzerinnen und Nutzer basierend auf den vorangehenden detaillierten Beschreibungen der einzelnen Maßnahmen nochmals zusammengefasst.

9.1 Stadtplanung

Das städtische Mikroklima stellt im Bereich der sommerlichen Überwärmung im Gebäude eine große Herausforderung dar. Einerseits ist eine Nachverdichtung der Städte aufgrund des Bevölkerungswachstums nicht zu vermeiden. Andererseits trägt eine starke Versiegelung der Flächen zu einem Wärmeinseleffekt bei. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, stehen der Stadtplanung unterschiedliche Maßnahmen zur Verfügung. Welche Maßnahme sich am besten eignet, lässt sich nicht pauschal sagen und ist für jeden Fall einzeln zu betrachten.

Neubau: Welche Maßnahmen können auf Stadtebene implementiert werden?

- Einsatz von grünen Freiflächen, Gründächern und Fassadenbegrünung
- Verbindung von Gewässern und Grünflächen
- Erhöhung der Luftzirkulation in der Stadt (Durchlüftungsschneisen)
- Abwärme aus Industrie und Gebäuden reduzieren
- Einsatz von helleren Flächen, die Wärme weniger stark absorbieren
- Aktive Solarnutzung und Photovoltaik

Sanierung: Welche Maßnahmen sollen bei der Nachverdichtung von Stadtgebieten berücksichtigt werden?

- Eine komplette Versiegelung der Bodenfläche soll vermieden werden.
- Nachverdichtung in der Höhe
- Ausweitung der grünen Freiflächen in der Stadt: nicht nur an Gebäuden, sondern auch als frei zugängliche Flächen im urbanen Raum
- Pflanzung von Bäumen: Die Vegetation dient als Verschattung der bebauten Flächen und trägt zur Senkung der Temperatur bei

9.2 Bauträger

Der sommerliche Komfort kann im Neubau durch die Implementierung von unterschiedlichen passiven Maßnahmen gewährleistet werden. Durch eine gezielte Planung, mit dem Fokus auf der Behaglichkeit der Bewohner, kann auf eine aktive Kühlung im Wohnbau verzichtet werden.

In der Sanierung ist die Einhaltung der Behaglichkeitsgrenzen nicht immer leicht erreichbar. Grund dafür sind die örtlichen Gegebenheiten wie die gegebene Orientierung und baulichen Eigenschaften sowie mögliche Einschränkungen aufgrund von Denkmalschutzvorschriften. Nichtsdestotrotz kann durch den Einsatz von passiven Maßnahmen die Behaglichkeit im Sommer erhöht werden.

Die steigenden Sommertemperaturen in der Stadt sorgen für Unbehaglichkeit in den Gebäuden. Die thermische Bauteilaktivierung nimmt bei der steigenden Anzahl an Tropennächten an Bedeutung zu.

Allgemein: Welche Sonnenschutzstrategie ist einzusetzen?

- Ein außenliegender Sonnenschutz ist – sofern baulich möglich – in jedem Fall zu bevorzugen. Es ist die wirksamste Maßnahme, um die solaren Energieeinträge im Sommer zu reduzieren. Das System soll so ausgewählt werden, dass es im Winter solare Wärmegewinne ermöglicht. Bei Dachflächenfenstern ist dieser unbedingt erforderlich.
- Besonderes Augenmerk soll auf die West- und Ost-Fassade gelegt werden

Neubau: Welche Maßnahmen haben keine oder nur geringe zusätzlichen Kosten und sollen bereits in der Planungsphase berücksichtigt werden?

- Lüftungsstrategien
- Orientierung des Gebäudes
- Ausrichtung und Anordnung der Wohnungen (idealerweise Querlüftung ermöglichen)
- Orientierung und Größe der Fenster
- Ausrichtung der Dachflächenfenster
- Bauweise (Speichermasse)
- Außenliegender Sonnenschutz durch architektonische Elemente

Neubau: Welche Maßnahmen sind mit Ausblick auf den Klimawandel zu empfehlen?

- Architektur, außenliegender Sonnenschutz und thermische Bauteilaktivierung
- Die Bauteilaktivierung wird immer relevanter, je mehr Tropennächte es gibt.

Neubau: Wie kann durch die Bauweise die Überwärmung beeinflusst werden?

- Durch hohe Speichermassen können die Temperaturspitzen im Innenraum im Sommer reduziert werden. Es ist allerdings zu beachten, dass sich eine hohe Speichermasse bei fehlender Nachtlüftung und kontinuierlich hohen Nachttemperaturen auch negativ auswirken kann.
- Gründächer und begrünte Fassadenflächen reduzieren die Bauteiltemperatur

Sanierung: Welche Maßnahmen sollen in der Planungsphase berücksichtigt werden?

- Lüftungsstrategien
- Größe der Fenster
- Ausrichtung der Dachflächenfenster
- Kastenfenstersanierung
- Außenliegender Sonnenschutz
- Bauwerksbegrünung

9.3 Nutzerinnen und Nutzer

Primär sind die Nutzerinnen und Nutzer für die korrekte Anwendung der Maßnahmen verantwortlich. Sie sind für die Aktivierung der Sonnenschutzsysteme, die Reduktion der inneren Lasten sowie die Lüftungsstrategie zuständig.

Allgemein: Wie gehe ich mit dem Sonnenschutz am besten um?

- Der Sonnenschutz soll gleich in der Früh aktiviert werden. Bei Verlassen des Hauses soll sichergestellt sein, dass alle Sonnenschutzmaßnahmen aktiviert sind.

Allgemein: Wie soll im Sommer gelüftet werden?

- Die Fenster sollen tagsüber (bei hohen Tagestemperaturen) geschlossen bleiben, außer bei kurzzeitiger hygienischer Lüftung.
- Während der Nacht ist eine Durchlüftung des Hauses sehr hilfreich (bei ausreichend kühlen Nachttemperaturen – mindestens 2-3 K unter der Innentemperatur)
- Besonders in Schlafräumen hilft eine Lüftung vor dem Schlafen und in den ersten Stunden des Tages, die Temperaturen im Komfortbereich zu halten.

Allgemein: Wie kann ich die inneren Lasten reduzieren?

- Unbenutzte Geräte ausschalten
- Beleuchtung tagsüber ausschalten und Tageslicht nutzen
- Nutzung von energiesparenden Geräten und Beleuchtung
- Intensives Kochen vermeiden

10 AUSBLICK

Zur Lösung des Problems der Überwärmung in Gebäuden ist die Implementierung von Maßnahmen auf unterschiedlichen Ebenen notwendig. Die steigende Bevölkerungszahl in den Städten fördert Entwicklungsstrategien wie z.B. die Nachverdichtung von bestehender Bebauung oder die Umwidmung von bislang unbebauten Flächen. Um der steigenden sommerlichen Überwärmung in Gebäuden entgegenzuwirken, ist die Erhaltung und neue Planung von Grün- und Wasserflächen entscheidend. Der Fokus der Stadtplanung soll dabei auch auf der Abminderung der Wärmeinseleffekte liegen.

Der erhöhte Stromverbrauch durch Klimaanlage im Wohnbau lässt sich durch unterschiedliche Strategien reduzieren. Maßnahmen auf Gebäudeebene wurden in dieser Studie präsentiert. Neue Entwicklungen, wie z.B. die Nutzung von thermischer Bauteilaktivierung in Verbindung mit erneuerbaren Energien im Gebäudeverbund, zeigen, dass eine nachhaltige Entwicklung der Gebäude und eine Reduktion des Kühlenergiebedarfs mit erhöhtem thermischem Komfort in Wohngebäuden möglich sind.

Betrachtet man das Gebäude im gesamten Versorgungsnetz der Stadt, wird das Bedürfnis zur Reduktion der elektrischen Spitzenlasten verdeutlicht. Das Thema der Lastverschiebung nimmt an Bedeutung zu. Die Verbindung von Gebäuden mit unterschiedlichen Nutzungen ermöglicht die Verschiebung von thermischen und elektrischen Lasten über die Gebäudegrenzen hinweg. Die Speichermasse der Gebäude kann dabei in Kombination mit erneuerbaren Energien als urbaner Energiespeicher genutzt werden. Die Wärme- und Kälteversorgung der Gebäude wird durch die steigende Qualität der Niedrigstenergie- und Passivhäuser maßgeblich begünstigt. So ist eine Versorgung mit niedrigen Temperaturen im Heizfall und moderaten Vorlauftemperaturen im Kühlfall ausreichend, um einen hohen thermischen Komfort zu erreichen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass durch eine adäquate Planung, die vor allem passive Maßnahmen mit keinen oder nur geringen Mehrkosten inkludiert, ein thermischer Komfort in Wohngebäuden ohne energieintensive Klimageräte auch für zukünftige Klimaszenarien erreicht werden kann. Künftig werden neue, innovative Energiekonzepte noch effizientere und wirtschaftlichere Lösungen für ganzjährig behagliche Gebäude liefern.

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS UND GLOSSAR

Abk.	Erläuterung	Quelle
A_i	Immissionsfläche. Fiktive Fläche, die zur Quantifizierung der durch Sonnenenergiezufuhr hervorgerufenen Wärmequellen dient. Die Immissionsfläche wird aus der Fläche der transparenten Teile der Außenbauteile, multipliziert mit deren Gesamtenergie-Durchlassgrad und dem Abminderungsfaktor einer Abschattungseinrichtung, ermittelt. Die Berücksichtigung der Orientierung transparenter Flächen in der Außenhülle des Raumes erfolgt über einen Orientierungs- und Neigungsfaktor.	ÖN B 8110-3
c_p	spezifische Wärmespeicherkapazität [kJ/kgK]	
F_c	Abminderungsfaktor einer Abschattungseinrichtung [-]	ÖN B 8110-3
g-Wert	Gesamtenergiedurchlassgrad für Solarstrahlung [-]	
LW	Luftwechsel	
m_w	Speicherwirksame Masse. Masse, die zur Kennzeichnung der wirk-samen Wärmespeicherkapazität von Bauteilen für eine Periode von 24 Stunden herangezogen wird.	ÖN B 8110-3
n_{50}	Luftwechselzahl gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz zwischen innen und außen [1/h]	ÖN B 8110-1
PCM	Phasenwechselmaterial (Phase Change Material)	
PMV	Vorausgesagtes mittleres Votum (Predicted Mean Vote). Das PMV ist ein Index, der den Durchschnittswert für die Klimabeurteilung durch eine große Personengruppe anhand einer 7-stufigen Klimabeurteilungsskala vorhersagt.	EN ISO 7730
PPD	Vorausgesagter Prozentsatz an Unzufriedenen (Predicted Percentage of Dissatisfied). Der PPD ist ein Index, der eine quantitative Voraussage des Prozentsatzes der mit einem bestimmten Umgebungsklima unzufriedenen Personen darstellt, die es als zu kalt oder zu warm empfinden.	EN ISO 7730
t_{op}	operative Temperatur. Gleichmäßige Temperatur eines imaginären schwarzen Raumes, in dem eine Person die gleiche Wärmemenge durch Strahlung und Konvektion austauschen würde wie in der bestehenden nicht gleichmäßigen Umgebung.	ÖN B 8110-3
Trnsys	TRaNsient SYstems Simulation	
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient [W/(m ² K)]	
VL_s	immissionsflächenbezogener stündlicher Luftvolumenstrom [m ³ /h.m ²]	ÖN B 8110-3
WRG	Wärmerückgewinnung	

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Thermische Behaglichkeit _ Raumlufthemperatur – mittlere Oberflächentemperatur [FRANK, W. 1975] (Bildquelle: BDH – Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie)	11
Abbildung 2: Thermische Behaglichkeit _ relative Luftfeuchtigkeit – Lufttemperatur [FRANK, W. 1975] (Bild: raumluft.org)	12
Abbildung 3: Klimatologische Kenntage in Wien 1954 bis 2016; Hitzetage [ZAMG – Klimaabteilung]	13
Abbildung 4: Instationäres Wärmeverhalten von Bauteilen [eigene Darstellung nach WILLEMS, M. 2013]	14
Abbildung 5: Vergleichsklimaszenario 2070, Météo-France Modell, SRES A2. [HALLEGATTE, S. 2007]	16
Abbildung 6: Hitzewellen-Tage Wien Hohe Warte (1872–2015), Auswertung nach Kysely (bis 12.05.2015) [ZAMG, 2015]	16
Abbildung 7: Entwicklung des Kühlenergiebedarfs in der EU-15 zwischen 1990 und 2020 [ADNOT, J. 2003]	19
Abbildung 8: Stromverbrauch für Klimaanlage und Ventilatoren 1995–2012 in Wien (Quelle: Berechnungen EEG (TU Wien) [MA 20, 2014 – Energiebericht])	19
Abbildung 9: Bevölkerungsentwicklung in Wien [MA 23 2014]	20
Abbildung 10: Wärmeinsel-Effekte [MA 22, 2015]	21
Abbildung 11: Darstellung der mittleren Anzahl der Sommertage für Wien und Umgebung im Zeitraum von 1971–2000 (links) und Simulation der mittleren Anzahl der Sommertage für den Zeitraum 2071–2100 (rechts) mit dem zugrundeliegenden Klimaszenario: IPCC Szenario A2 von UBA-REMO basierend auf ECHAM5 Simulationen [JACOB, D. 2008], Ergebnisse aus dem „Projekt FOCUS I“ [MA 22, 2015]	22
Abbildung 12: Vergangene und simulierte Entwicklung der mittleren Lufttemperatur [ÖKS15]	23
Abbildung 13: Beispieldarstellung von Verschattungsmaßnahmen [ÖSTERREICHER, D.]	25
Abbildung 14: Fensterschnitt: Mögliche Maßnahmen zur Verbesserung eines Kastenfensters und die Funktionsweisen im Sommer- bzw. Winterfall [TREBERSPURG, M. 2007 – Teil 1]	25
Abbildung 15: Speicherefähigkeit verschiedener Werkstoffe [GERHARDT, M. 2012]	27

Abbildung 16: Intensität der Sonnenstrahlung auf Gebäudeflächen [GLÜCKLICH, D. 2001]	29
Abbildung 17: Lüftungskühlung-Potenzial für Wien [HOLZER, P. 2016]	31
Abbildung 18: Materialklassen, die als PCM untersucht und eingesetzt werden [BINE 2009]	33
Abbildung 19: Temperaturverlauf als Funktion der gespeicherten Wärmemenge bei sensibler und latenter Wärmespeicherung [BINE 2009]	33
Abbildung 20: Thermische Bauteilaktivierung zum Heizen und passiven Kühlen [© FIN – Future is Now, Kuster Energielösungen GmbH]	35
Abbildung 21: Nutzung des Kühleffektes der Baubegrünung [PFOSER, N. 2013]	37
Abbildung 22: Effizienzsteigerung verschiedener Leuchtmittel [Bild: F.A.Z. -Grafik Kaiser]	39
Abbildung 23: Beispieldarstellung des 3D-Gebäudemodells	43
Abbildung 24: Monatliche Mitteltemperatur der Klimaszenarien	44
Abbildung 25: Monatliche Globale Strahlung der Klimaszenarien	44
Abbildung 26: Temperaturverlauf: Szenario Speichermasse + Sonnenschutz / Ist-Klimaszenario	47
Abbildung 27: Temperaturverlauf: Szenario Verglasung + Sonnenschutz / Ist-Klimaszenario	49
Abbildung 28: Temperaturverlauf: Szenario Nachtlüftung + Sonnenschutz / Ist-Klimaszenario	51
Abbildung 29: Temperaturverlauf: Szenario Orientierung + Sonnenschutz / Ist-Klimaszenario	53
Abbildung 30: Temperaturverlauf: Szenario Speichermasse + Sonnenschutz / Zukunft-Klimaszenario	54
Abbildung 31: Temperaturverlauf: Szenario Verglasung + Sonnenschutz / Zukunft-Klimaszenario	55
Abbildung 32: Temperaturverlauf: Szenario Nachtlüftung + Sonnenschutz / Zukunft-Klimaszenario	55

Abbildung 33: Temperaturverlauf: Szenario Orientierung + Sonnenschutz / Zukunft-Klimaszenario	56
Abbildung 34: Kühlenergiebedarf der untersuchten Varianten	57
Abbildung 35: JAspern, POS architekten (Foto: Markus Kaiser)	60
Abbildung 36: Verschattung durch auskragende Balkone (Foto: POS architekten)	60
Abbildung 37: Querschnitt mit Sonnenstrahlung, Sommer (Foto: POS architekten)	60
Abbildung 38 und 39: Geschoßhohe Verschattungselemente, Verschattung durch fixe Lamellen (Fotos: Lukas Schaller)	61
Abbildung 40 und 41: vertikale und horizontale Verschattungselemente Wiener Gasse 8 (Foto: Treberspurg & Partner)	62
Abbildung 42 und 43: Grüne Fassade als Verschattungselement (Foto: WKO Bauinnung Wien), auskragende Geschosse der Zeilen; Loggienzone im Riegel (im Hintergrund) (Foto: Treberspurg & Partner)	63
Abbildung 44: Außenliegender Sonnenschutz im Denkmalschutz (Foto: Wohnfonds Wien)	64
Abbildung 45: Zwischenliegender Sonnenschutz bei erhaltenswerter Fassade (Schutzzone) (Foto: Treberspurg und Partner)	65
Abbildung 46: MA 48 – grüne Fassade (Foto: TU Wien)	66

LITERATURVERZEICHNIS

ADNOT, J. et al. (2003).

Energy Efficiency and certification of central Air conditioners (EEc-cAc). Study for the D. G. Transportation-Energy (DGTREN) of the commission of the E.U. Final report.

BINE (2009).

Latentwärmespeicher in Gebäuden. Wärme und Kälte kompakt und bedarfsgerecht speichern. BINE Informationsdienst. Themeninfo I/2009, Energieforschung kompakt.

BINE (2016).

Mit solarer Wärme kühlen. Konzepte und Technologien für die Klimatisierung von Gebäuden. BINE Informationsdienst. Themeninfo III/2016, Energieforschung kompakt.

BORSCH-LAAKS, R. (2009).

Lüftung im Wohngebäude: Wissenswertes über den Luftwechsel und moderne Lüftungsmethoden. Hessen Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.

DENTEL, A., DIETRICH, U. 2006.

Thermische Behaglichkeit – Komfort in Gebäuden. Dokumentation Primero – Komfort. HafenCity Universität, Hamburg.

DIN 1946-2 (1994).

Raumlufttechnik; Gesundheitstechnische Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln).

DIN EN 15251 (2012).

Eingangsparemeter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden - Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik. Deutsche Fassung EN 15251:2007.

EN ISO 7730 (2005).

Ergonomie der thermischen Umgebung Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit.

FANGER, P.O. (1970).

Thermal Comfort - Analysis and Application in Environmental Engineering. Copenhagen: Danish Technical Press.

FERK, H., RÜDISSER, D., RIEDERER, G., MAIR AM TINKHOF, O.,

EGGLER, L., MÖHRING, G. (2015).

RIOPT Risikooptimierte Gebäudeentwicklung im Holzbau aufgrund des Klimawandels. Graz: Eigenverlag.

FRANK, W. (1975). Raumklima und thermische Behaglichkeit. Berichte aus der Bauforschung, Heft 104, Berlin.

- FRIEMBICHLER, F., HANDLER, S., KREC, K., KUSTER, H. (2016).
Energiespeicher Beton – Thermische Bauteilaktivierung. Planungsleitfaden Einfamilien- und Reihenhäuser. Berichte aus der Energie- und Umweltforschung.
- GERERSDORFER, T., FRANK, A., FORMAYER, H., HAAS, P., MOSHAMMER, H. (2009):
Untersuchung zur nächtlichen Abkühlung in einem sich ändernden Klima. Endbericht StartClim2005.A1b, November 2006.
- GERHARDT, M. (2012).
Energieautarkes Wohnen. Die Sonne als Energielieferant im Wohnbereich. 2012.
- GLÜCKLICH, D. (2001).
Grundlagen des Ökologischen Bauens. Bauhaus
Universität Weimar, Juli 2001. <http://www.ecobine.de/print.php?SESSID=5d7092d85d384778d6c3226dcb5d3204&id=2.2.3&kurs=11&l=de>, letzter Zugriff: 13.06.2017.
- GREEN CITY (2015).
Vorteile der Gebäudebegrünung – Überschicht für die Münchner Stadtgesellschaft.
Landeshauptstadt München. Referat für Gesundheit und Umwelt. Februar 2015, 2. Auflage.
- HALLEGATTE, S., HOURCADE, J.-C., AMBROSI, P. (2007).
Using Climate Analogues for Assessing Climate Change Economic Impacts in Urban Areas, Climatic Change 82 (1–2).
- HOLZER, P., HAMMER, R. (2016).
Ventilative Cooling Potential. Sustainable Building Europe SBE16, Hamburg.
- IEA Task 62 (2015).
Ventilative Cooling. State of the Art Review. IEA – EBC Programme – Annex 62 Ventilative Cooling. Aalborg, Denmark.
- JACOB, D., GÖTTEL, H., KOTLARSKI, S., LORENZ, P., SIECK, K. (2008).
Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland - Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland. (Climate impact and adaption in Germany - Phase 1: Compilation of regional climate scenarios for Germany. Tech. Rep. Abschlussbericht zum UFOPLAN Vorhaben 204 41 138, 11, 154pp, UBA-Reihe Climate Change, Dessau.
- LIPP, B. (2006).
Thermische Behaglichkeit. IBO Verlag, Wien.
- MA 20 (2014).
Energiebericht der Stadt Wien. Daten 2012 – Berichtsjahr 2014, Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 20 – Energieplanung, Wien. S. 70.
- MA 20 (2014).
Wärmepumpen. Zur energieeffizienten Wärmeversorgung. Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 20 – Energieplanung, Wien

MA 20 (2013).

Sonnenschutz! Voraus. Verschattungssysteme und Blendschutz richtig eingesetzt. Technologieleitfaden Sonnenschutzsysteme. Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 20 – Energieplanung, Wien.

MA 22 (2013).

Leitfaden Fassadenbegrünung. Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22.

MA22 (2015).

Urban Heat Islands – Strategieplan Wien. Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22. Wien. S.13.

MA23 (2014).

Wien wächst... Bevölkerungsentwicklung in Wien und den 23 Gemeinde- und 250 Zählbezirken. Wirtschaft, Arbeit und Statistik. Statistik Journal Wien 1/2014. Magistratsabteilung 23. Wien.

METEONORM (2017).

Meteonorm-Software 7.1 <http://www.meteororm.com/de/features/features>, letzter Zugriff: 13.06.2017.

MOSHAMMER, H., GERERSDORFER, T., HUTTER, H-P., FORMAYER, H., KROMP-KOLB, H., SCHWARZL, I. (2009).

Abschätzung der Auswirkungen von Hitze auf die Sterblichkeit in Oberösterreich. Endbericht Band 3 der Forschungsreihe „Auswirkungen des Klimawandels auf Oberösterreich“, Juli 2007. OIB RL 6 (2015). Energieeinsparung und Wärmeschutz.

ÖNORM EN ISO 13786.

Wärmetechnisches Verhalten von Bauteilen – Dynamisch-thermische Kenngrößen – Berechnungsverfahren (ISO 13786:2007).

ÖNORM B 8110-3 (2012).

Wärmeschutz im Hochbau – Teil 3: Vermeidung sommerlicher Überwärmung.

ÖNORM B 8110-5 (2011).

Wärmeschutz im Hochbau – Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile.

ÖKS15. Klimaszenarien für das Bundesland Wien bis 2100.

PÖHN, C. (2003).

Wärmespeicherung – Die ÖNORM B 8110-3. MA39 - VFA, Bauphysiklabor, Wien.

PFOSE, N. (2013).

Gebäude, Begrünung und Energie: Potenziale und Wechselwirkungen. Kurzbericht zum Forschungsprojekt, 31. August 2013.

RICHTER, W. u. a. (2007).

Handbuch der thermischen Behaglichkeit – sommerlicher Kühlbetrieb. Abschlussbericht zum Projekt „Entwicklung eines Handbuches zur optimalen Beeinflussung der klimatischen Bedingungen in Arbeitsräumen unter sommerlichen Bedingungen“ – Projekt F 2071 – im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Dortmund/Berlin/Dresden.

STILES, R. (2014).

Urban fabric types and microclimate response – assessment and design improvement. Endbericht zum Projekt UFT-ADI, Klima- und Energiefonds, Wien.

TRANSSOLAR. (2017).

Trnsys 17. http://trnsys.de/docs/trnsys/trnsys_uebersicht_de.htm, letzter Zugriff 12.06.2017.

TREBERSPURG, M. (2013).

Ressourcenorientiertes Bauen. Arbeitsunterlagen zur Lehrveranstaltung, 3. Auflage, Wien, 2013.

TREBERSPURG, M., STREICHER, W., REIM, T., HOFBAUER, W. (2007).

Sommertauglichkeit im Wohnbau – Teil 1 – Optimierte Fenster und Verschattungen. Wohnbauforschung des Bundes, F1477, Wien, 2007.

TREBERSPURG, M., STREICHER, W., REIM, T., HOFBAUER, W. (2007).

Sommertauglichkeit im Wohnbau – Teil 2 – Umweltfreundliche und CO₂-neutrale Kühlstrategien. Wohnbauforschung des Bundes, F1477, Wien, 2007.

TREBERSPURG, M., STREICHER, W., REIM, T., HOFBAUER, W. (2011).

Sommertauglichkeit im Gebäudebestand. Wohnbauforschung des Bundes, F1494, Wien, 2011.

ZAMG (2015).

Hitzewellen: 2015 eines der extremsten Jahre der Messgeschichte. Abgerufen am 08. Mai 2017: <http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/hitzewellen-2015-eines-der-extremsten-jahre-der-messgeschichte>

ZUVELA-ALOISE, M. et al. (2013).

Future of Climatic Urban Heat Stress Impacts – Adaption and mitigation of the climate change impact on urban heat stress based on model runs derived with an urban climate model. Endbericht zum Projekt FOCUS I, Klima- und Energiefonds, Wien.

ZUVELA-ALOISE, M. (2017).

Stadtklima – Wie kühlen wir die Stadt der Zukunft? Nachbericht – Podiumsdiskussion der Bundeskammer der ZiviltechnikerInnen. Wien, Juni 2017.

IMPRESSUM

Medieninhaber und Herausgeber:

Magistrat der Stadt Wien
Magistratsabteilung 20 – Energieplanung

Strategische Gesamtkoordination:

Mag. Bernd Vogl, DI Herbert Ritter,
Thomas Kreitmayer, MSc MA 20 – Energieplanung
www.energieplanung.wien.at

Erstellt durch:

Universität für Bodenkultur Wien (BOKU)
Department für Bautechnik und Naturgefahren
Institut für Konstruktiven Ingenieurbau
Arbeitsgruppe Ressourcenorientiertes Bauen
www.baunat.boku.ac.at

Layout: Erdgeschoss GmbH

Lektorat: Mag.^a Ulrike Zdimal-Lang

Verlags- und Herstellungsort: Wien, November 2017

