



Sommerkomfort im Passivhaus: Leitfaden

Inhalte gefördert durch:



Autor:



Inhalt

1	Einleitung	3
2	Bewertung des Sommerkomforts	4
3	Planungshilfe für den Sommerkomfort	5
4	Passive Kühlmaßnahmen	6
4.1	Entwurfsparameter	6
a)	Verschattung zur Reduktion solarer Strahlungseinträge	6
b)	Interne Wärmequellen	7
c)	Wärmedämmung	8
d)	Nachtlüftung	8
e)	Weitere Maßnahmen zur Steigerung des Sommerkomforts	11
4.2	Risikobewertung mittels Sommer-Stresstest	13
a)	Nutzungseinfluss	14
b)	Klimaeinfluss	14
4.3	Lösungsansätze für Bereiche mit hohem Überhitzungsrisiko	15
4.3.1	Analyse des lokalen Überhitzungsrisikos	16
4.3.2	Aktive Kühlung	18
4.4	Validierung des sommerlichen Komforts	19
5	Referenzen und weiterführende Literatur	20

1 Einleitung

Im Zuge der Klimaerwärmung gewinnt das Thema *Überhitzungsschutz* von Gebäuden zunehmend an Bedeutung, zumal hohe Innentemperaturen nicht nur eine Frage des Komforts sind, sondern auch in hohem Maße die Gesundheit beeinträchtigen können. Die sommerlichen Innentemperaturen eines Gebäudes werden maßgeblich durch die solaren Lasten, die internen Wärmequellen und die Lüftungsstrategie beeinflusst. Eine an die örtlichen Klimabedingungen angepasste Optimierung des Gebäudeentwurfs beeinflusst grundlegend (a) den erreichten thermischen Sommerkomfort und (b) die Robustheit des Gebäudes gegenüber dem Risiko einer Überhitzung unter ungünstigen Umständen.

Der Nachweis einer hohen Behaglichkeit über das ganze Jahr hinweg ist fester Bestandteil des Passivhaus-Konzepts. Das Thema der Wahrnehmung und objektiver Messung thermischer Behaglichkeit ist jedoch ein komplexes Thema, da sie von vielen Aspekten beeinflusst wird, z. B. von Temperatur und Luftfeuchtigkeit, Luftbewegung, Art der Bekleidung, Bewegungsaktivität und sogar persönlichen Vorlieben. Ein aussagekräftiger Indikator für die sommerliche Behaglichkeit, der sich in der Praxis bewährt hat, ist die Raum-Temperatur, die das Behaglichkeitsniveau über längere Zeiträume nicht überschreiten sollte. Im Rahmen qualitätssichernder Maßnahmen zur Gewährleistung einer hohen thermischen Behaglichkeit im Sommer wird bei Passivhäusern die Übertemperaturhäufigkeit begrenzt: Die Innentemperaturen eines Passivhauses dürfen 25 °C für nicht mehr als 10 % der Stunden eines Jahres überschreiten, es wird empfohlen, dass die Übertemperaturhäufigkeit unter 5 % liegt. Der Nachweis hierfür wird während des Planungsprozesses mit dem Passivhaus-Projektierungspaket [PHPP] erbracht. Einige Annahmen für die Randbedingungen, die für die Berechnungen während der Entwurfsphase verwendet werden, können jedoch von der tatsächlichen Gebäudenutzung abweichen, z. B. das tatsächlichen Wetter und das Nutzungsverhalten. Eine Risikoanalyse mittels Stresstests ist unerlässlich für eine robuste Strategie für den sommerlichen Komfort. Wenn in der Planung absehbar ist, dass das Überhitzungsrisiko nicht zuverlässig begrenzt werden kann, ist eine aktive Kühlung unabdingbar, um einen hohen sommerlichen Komfort zu gewährleisten. In diesem Fall muss der Energiebedarf für aktive Kühlung unter einem bestimmten Schwellenwert gehalten werden [PHI 2016].

Dieser Leitfaden für Sommerkomfort wurde verfasst, um das Bewusstsein für die Thematik zu schärfen und Gebäudeplaner*innen bei der Entwicklung einer robusten Strategie zu helfen, mit der die thermische Behaglichkeit das ganze Jahr über gewährleistet werden kann. Die bereitgestellte Planungshilfe unterstützt bei der Identifizierung effektiver passiver Kühltechniken und der Analyse potenzieller Risiken für den sommerlichen Komfort eines Projekts.

Um sicherzustellen, dass das Gebäude den beabsichtigten sommerlichen Komfort bietet, muss die gewählte Strategie mit der Bauherrschaft besprochen und von dieser auch akzeptiert werden. Aus diesem Grund sollte das endgültige Konzept, das die Strategie für den sommerlichen Komfort des Projekts beschreibt, in einem eigenen Dokument zusammengefasst werden, inklusive der Risikoanalyse und Erläuterungen zu den gewählten Entwurfsannahmen der einzelnen passiven Kühlmaßnahmen (z. B. Wärmeverluste durch manuelle Fensterlüftung bei Nacht unter Berücksichtigung des spezifischen Projektkontexts). Es ist auch ratsam, eine zusätzliche Resilienz für prognostizierte wärmere Klimabedingungen zu schaffen, indem ein Ausblick auf weitere Optimierungspotenziale des spezifischen Projekts gegeben wird. Gebäude, die unter den heutigen Klimabedingungen nur mit passiven Kühlmechanismen

komfortabel gehalten werden können, werden Mitte des Jahrhunderts möglicherweise eine aktive Kühlung benötigen. Eine mögliche, künftige Nachrüstung mit aktiver Kühlung sollte idealerweise bei der Planung berücksichtigt werden, um sicherzustellen, dass das Gebäude für eine geringe Kühllast geplant ist. Schließlich ist es wichtig, den Bewohner*innen einschlägige Informationen und Bedienungsanleitungen zur Verfügung zu stellen, z. B. in Form eines Nutzungshandbuchs für den Sommerkomfort.

2 Bewertung des Sommerkomforts

Die Planungshilfe für den Sommerkomfort im nächsten Abschnitt bietet einen umfassenden Überblick über die entscheidenden Faktoren, die den Sommerkomfort des Gebäudes mit passiver Kühlung beeinflussen, sowie eine Anleitung zur Risikobewertung. Die Planungshilfe umfasst drei Hauptschritten und unterstützt die Bewertung des projektspezifischen sommerlichen Komforts. Sie dient zur Entscheidungsfindung bei der Planung, bei der Übergabe des Gebäudes und bei der Kommunikation gegenüber den Endnutzer*innen, wie das Gebäude zu betreiben ist.

1. Identifizierung und Optimierung passiver Kühlmaßnahmen:

- Entwurfparameter: Verständnis und Optimierung passiver Kühlmaßnahmen für eine robuste Strategie hinsichtlich des sommerlichen Komforts
- Risikobewertung mittels Sommer-Stresstest: Bewertung des Einflusses von Nutzungsverhalten und Wetter-/Klimabedingungen auf den sommerlichen Komfort des Gebäudes

2. Entwicklung von Lösungen für Bereiche mit hohem Überhitzungsrisiko

- Untersuchung, ob in Bereichen mit hohem Überhitzungsrisiko weitere Maßnahmen zur Vermeidung von Überhitzung nötig sind
- Falls erforderlich, aktive Kühlmaßnahmen vorsehen

3. Validierung des sommerlichen Komforts

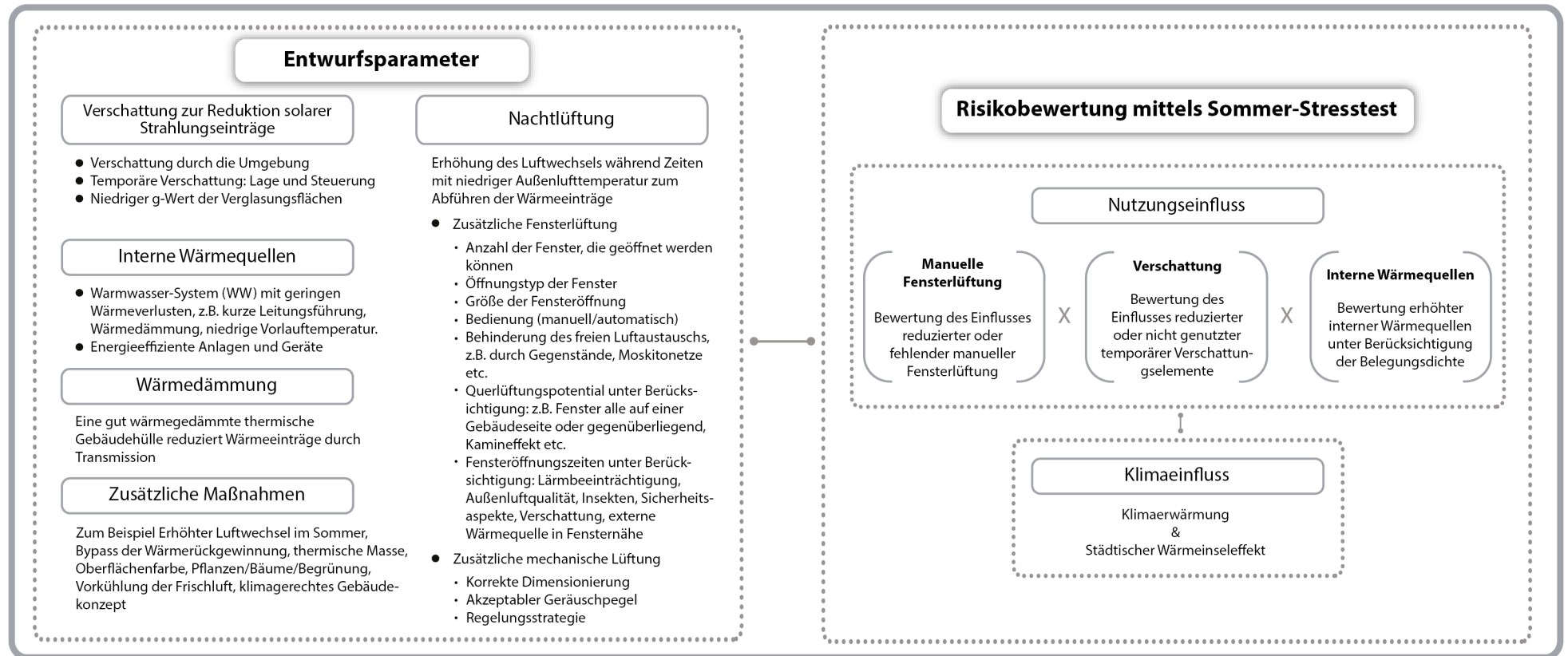
- Nachweis des ganzjährigen sommerlichen Komforts im Gebäude unter Berücksichtigung der entwickelten Strategie



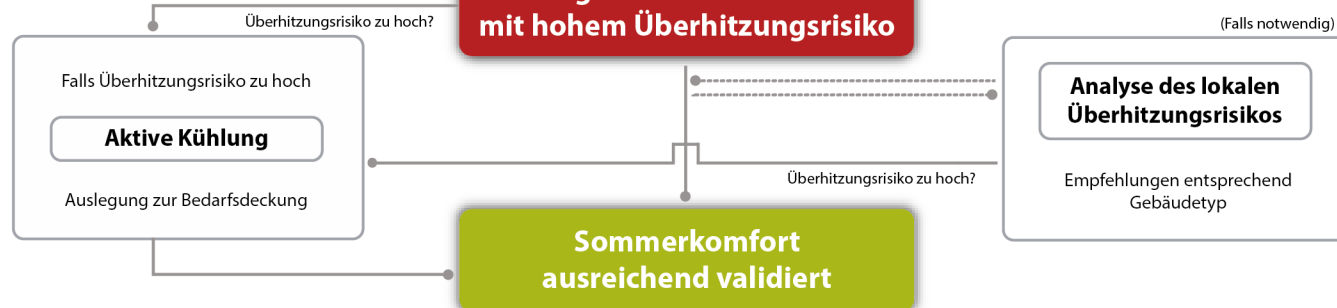
Abbildung 1: Mehrfamilienhaus in der Bahnhofstadt Heidelberg, Deutschland

PLANUNGSHILFE FÜR DEN SOMMERKOMFORT

Passive Kühlmaßnahmen



Lösungsansätze für Bereiche mit hohem Überhitzungsrisiko



4 Passive Kühlmaßnahmen

Ein Temperaturanstieg in einem Gebäude wird durch Nettowärmegewinne verursacht. Das allererste Prinzip der passiven Kühlung besteht daher darin, alle potenziellen Wärmequellen zu reduzieren, z. B. solare Gewinne und interne Wärmequellen. Wenn die Temperatur über das Komfortniveau hinaus ansteigt, ist die einzig wirksame Möglichkeit die überschüssige Wärme passiv abzuführen, über Lüftung zu Zeiten in denen die Außentemperatur ausreichend niedrig ist.

4.1 Entwurfsparameter

Die Konzipierung des Gebäudes hat einen großen Einfluss auf den Sommerkomfort. Daher sollten die folgenden Parameter in der Planungsphase sorgfältig und realistisch berücksichtigt werden

a) Verschattung zur Reduktion solarer Strahlungseinträge

Das Gebäude sollte so konzipiert sein, dass die Sonneneinstrahlung im Sommer reduziert wird. Die Verglasungsfläche sollte sorgfältig evaluiert werden, um das Optimum zwischen Ausnutzungsgrad des Tageslichts, günstigen solaren Gewinnen im Winter und der Vermeidung hoher Lasten im Sommer zu finden. Eine große Verglasungsfläche ohne außenliegende Verschattung im Verhältnis zur Grundfläche deutet auf eine hohe Sonneneinstrahlung hin, die ein Überhitzungsrisiko darstellen kann. Die Kontrolle der Sonneneinstrahlung kann durch folgende Maßnahmen erreicht werden.

Verschattung durch die Umgebung

Die natürliche und bauliche Umgebung, wie z. B. benachbarte Gebäude, Gebirgszüge oder der Waldrand, haben einen großen Einfluss auf die Verschattung. Die Wirkung ist bei schmalen Objekten und mit zunehmender Entfernung geringer. Dabei unterstützt [designPH] die detaillierte Analyse komplexer Verschattungssituationen für jedes einzelne Fenster und berechnet Reduktionsfaktoren für die Verschattung im Sommer und Winter.

Die Verschattung kann sich in der Zukunft aufgrund von Neubauten oder Bäumen ändern. Bei der Auslegung des Gebäudes und der Berechnung der Energiebilanz sollten konservative Annahmen, sowohl für den Winter- als auch für den Sommerbetrieb, berücksichtigt werden.

Temporäre Verschattung:

Außenliegende temporäre Verschattung wie Vertikallamellen, Rollos oder Markisen schützen vor Sonneneinstrahlung. Die Wirksamkeit ist abhängig von der Reduktion der einfallenden Strahlungsmenge, der Regelungsstrategie (manuell oder automatisch) sowie vom Nutzungsverhalten. Die Bewohner*innen verwenden eher Verschattungsvorrichtungen mit einem gewissen Grad an Transparenz, die auch im geschlossenen Zustand eine Sichtverbindung nach draußen zulassen. Die Verschattungselemente sollten einfach zu bedienen sein. Automatisch geregelte Verschattungsvorrichtungen sollten ihren Zustand nicht öfter als dreimal pro Tag ändern, um die Bewohner*innen nicht zu beeinträchtigen. Die Regelungsstrategie sollte sorgfältig durchdacht werden. Falls z.B. die Verschattungsvorrichtungen in Abhängigkeit der Sonneneinstrahlung und der Fassadenausrichtung geschlossen werden, ist die Steuerungslogik für die Nutzer*innen in den

unteren Stockwerken, die sowieso durch Umgebungselemente verschattet werden, nicht nachvollziehbar.

Falls das Anbringen externer Verschattungsvorrichtungen nicht möglich ist, können die Elemente auch im Innenraum angebracht werden. Eine **innenliegende temporäre Verschattung** ist jedoch weniger wirksam, da die Solarstrahlung bereits in das Gebäude eingedrungen ist.

Niedriger g-Wert der Verglasungsflächen

Je niedriger der g-Wert der Verglasung ist, desto geringer sind die solaren Strahlungseinträge durch das Fenster. Der g-Wert sollte für die Heiz- und Kühlperiode des Gebäudes optimiert werden. Aufgrund der Auswirkungen auf den Heizwärmebedarf werden niedrige g-Werte als Strategie für den sommerlichen Komfort nur für Risikobereiche (z. B. Räume mit großen Fensterflächen oder geringer Verschattung) empfohlen.

b) Interne Wärmequellen

Interne Wärmequellen beeinflussen die interne Last im Sommer und sollten so gering wie möglich gehalten werden. Die folgenden beiden Aspekte sollten daher sorgfältig geplant werden.

Warmwasser-System (WW) mit geringen Wärmeverlusten, z.B. kurze Leitungsführung, gut wärmegeämmt, niedrige Vorlauftemperatur.

- Die Leitungsführung des WW-Systems sollte kurz und gut überdämmt sein (inklusive Ventile und Befestigungen). Ein „guter Wärmedämmstandard“ bedeutet eine Dämmdicke von mindestens dem doppelten Nenndurchmesser des Rohres (2 x DN) [AKKP49].
- Zentrale WW-Systeme haben typischerweise höhere Wärmeverluste aufgrund der längeren Verteil- und Zirkulationsleitungen. Niedrige Vorlauftemperaturen und verbrauchsbasierte Regelstrategien können die Wärmeverluste reduzieren. Hygienische Anforderungen müssen berücksichtigt werden, z.B. durch Ultrafiltration, wohnungsweise Wärmetauscher oder Chlorierung.
- Warmwasserspeicher müssen ausreichend wärmegeämmt und bei niedrigen Temperaturen betrieben werden.

Energieeffiziente Anlagen und Geräte

Interne Wärmelasten werden von den Bewohner*innen selbst sowie von technischen Geräten im Gebäude verursacht, z. B. Beleuchtung, Haushalts- oder Bürogeräte und Hilfsenergie. Bei der Gebäudeplanung müssen diese Parameter in der Energiebilanz sorgfältig berücksichtigt werden. Außerdem sollten die internen Wärmelasten durch den Einbau energieeffizienter Beleuchtung und Geräte niedrig gehalten werden.

c) Wärmedämmung

Im Allgemeinen verringert eine verbesserte Wärmedämmung den Wärmeaustausch mit der Umgebung. Sie schützt damit auch ein kühles Innenvolumen vor einer heißen Umgebung, wie es bei einer Kühlbox der Fall ist. Wenn die Außentemperaturen höher sind als die Innentemperaturen des Gebäudes, werden die Transmissionsbelastungen durch die Bauteile (z. B. Wand, Dach oder Fenster) reduziert, wenn Dämmstärken auf Passivhaus-Niveau verwendet werden. Eine verbesserte Dämmung bedeutet aber auch, dass die potenziell vorteilhaften Transmissionsverluste in den Sommermonaten, in denen es draußen kühler ist als drinnen (z.B. nachts), reduziert werden. In diesen Zeiten ist die Belüftung jedoch immer ein deutlich wirksameres Mittel zur Senkung der Innentemperatur. In Verbindung mit einem adäquaten Lüftungs- und Verschattungskonzept trägt die Wärmedämmung dazu bei, die Innenräume kühl zu halten [PHI 2021b]. Sie kann auch als Resilienzmaßnahme gegen die Erwärmung des Klimas betrachtet werden, da eine verbesserte Dämmung den aktiven Kühlbedarf niedrig hält.

d) Nachtlüftung

Die Erhöhung des Luftwechsels zu Zeiten, in denen es draußen kühler ist als drinnen, trägt zur passiven Kühlung des Gebäudes bei. So kann die kühle Luft in der Nacht genutzt werden, um die tagsüber gewonnene, überschüssige Wärme abzuführen. Es gibt zwei Hauptstrategien: Zusätzliche Fensterlüftung oder zusätzliche mechanische Lüftung (mit Umgehung der Wärmerückgewinnung) zu den Zeiten, in denen die Außentemperatur und die Luftfeuchtigkeit niedriger sind als die Innentemperatur (d.h. insbesondere während der Nacht- und frühen Morgenstunden). Die Nachtlüftung ist am wirksamsten, wenn sie über einen längeren Zeitraum durchgeführt wird, z. B. während der gesamten Nacht und nicht nur in den Abend- oder Morgenstunden. Kurze Lüftungsperioden kühlen die Luft ab und verbessern das unmittelbare Temperaturempfinden, aber die gespeicherte Wärme in den Baumaterialien (thermische Masse) kann nur bei längeren Lüftungsperioden abgeführt werden.

Eine hohe Fensterluftwechselrate könnte darauf hindeuten, dass die Kühlstrategie zu sehr vom Luftwechsel durch das Öffnen der Fenster in der Nacht oder am Tag abhängig ist, was wiederum vom Verhalten der Bewohner*innen abhängt. Praktische Gründe (z. B. Lärm- oder Luftverschmutzung) oder persönliche Vorlieben können dazu führen, dass die Bewohner*innen weniger lüften, was ein Risiko für den Sommerkomfort des Gebäudes darstellt. Aus diesem Grund ist eine Risikoanalyse (siehe 4.2) sehr wichtig, um festzustellen, wie empfindlich der sommerliche Komfort auf das Nutzungsverhalten reagiert, und um zu robusteren Gebäudekonzepten zu gelangen.

Zusätzliche Fensterlüftung

Die Luftwechselrate durch ein vollständig geöffnetes Fenster ist weit höher als durch ein gekipptes Fenster. Darüber hinaus beeinflussen innen- oder außenliegende Verschattungselemente, Insektenschutzgitter und die Möglichkeit der Querlüftung die Luftwechselrate und müssen bei der Energiebilanzierung realistisch berücksichtigt werden [PHPP]. Weitere Aspekte wie Sicherheit, Insekten, Außenlärm und Außenluftqualität beeinflussen die **Fensteröffnungszeiten** und damit die Machbarkeit der zusätzlichen Fensterlüftung während der Nacht.

Für die Berechnung der Luftwechselrate durch Fensterlüftung sollten die folgenden Aspekte sorgfältig bewertet und in Schnitten und Grundrissen des Gebäudes sowie in einem Nutzungshandbuch für die Bewohner*innen dokumentiert werden.

- **Anzahl der Fenster**, die **geöffnet** werden können unter realistischer Berücksichtigung von Sicherheitsaspekten, Insektenschutz, Lärmbelästigung und Außenluftqualität.
- **Öffnungstyp** (Dreh-/Kipp-/Klappflügel, Schiebetür etc.): Die unterschiedlichen Fenstertypen ermöglichen unterschiedlich hohe Luftwechselraten in Abhängigkeit der Öffnungsweite.
- **Öffnungsweite**: Informationen zur lichten Weite der Fensteröffnung müssen evaluiert werden, um die Luftwechselrate zu bestimmen. Ein Beispiel für die relevanten Abmessungen bei gekippten Fenstern ist in Abbildung 2 dargestellt.
- **Öffnungsmechanismus**: Fenster werden entweder **manuell oder automatisch** betätigt. Die manuelle Bedienung hängt von den Bewohner*innen ab. Anleitungen und Hilfestellungen können den Bewohner*innen helfen die Nachtlüftung zur Kühlung effektiv einzusetzen (z.B. durch ein Nutzungshandbuch für den Sommerkomfort). Für den automatischen Betrieb können die Fenster so programmiert werden, dass sie sich in Abhängigkeit der Zeit, CO₂-Konzentration, Luftfeuchtigkeit usw. öffnen und schließen.
- **Hindernisse**: Alle Elemente, die den freien Luftaustausch durch geöffnete Fenster behindern, müssen als Reduktionsfaktor für die effektive Luftwechselrate berücksichtigt werden, z.B. Insektenschutzgitter, feststehende Verschattungselemente, Vorhänge/Jalousien usw.

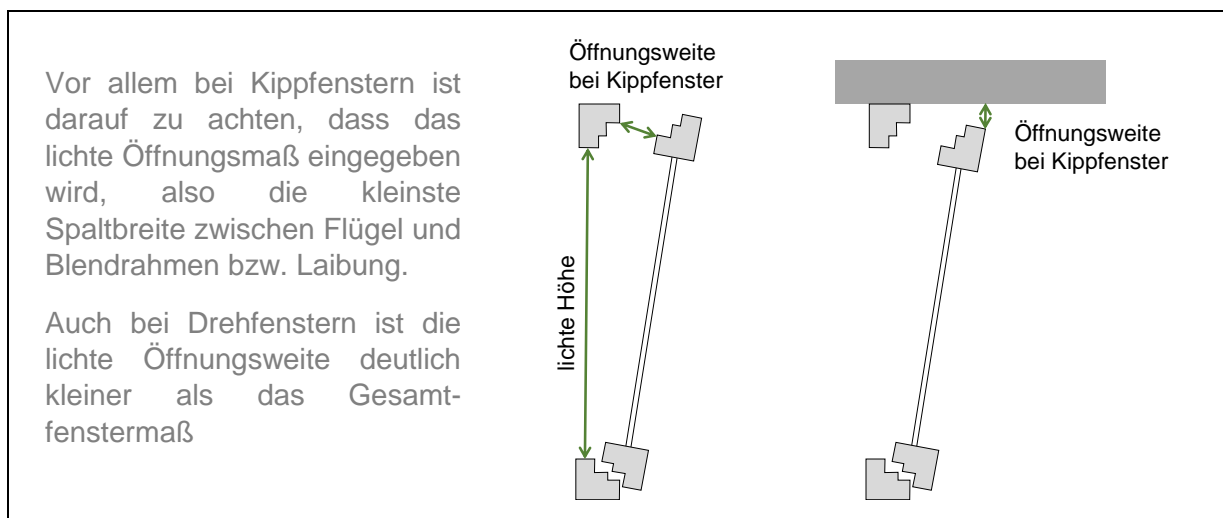


Abbildung 2: Messung der lichten Öffnungsweite t_L für Kippfenster

- **Querlüftung** kann sehr effektiv sein, um die Luftwechselrate für die passive Kühlung zu erhöhen. Das Querlüftungspotenzial muss unter Berücksichtigung der Lage der Fenster (z.B. Öffnungen auf gegenüberliegenden Seiten und Höhenunterschiede) und des Luftstroms zwischen den Räumen sorgfältig geprüft werden. Der Grundriss des Gebäudes hat einen erheblichen Einfluss. Die Querlüftung ist in einer Wohnung mit mehreren Stockwerken und Fenstern auf gegenüberliegenden Seiten effektiver als in einer Wohnung, in der die Fenster nur auf eine Seite ausgerichtet sind. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass Innentüren die Luftwechselrate der Querlüftung verringern und daher offengehalten oder mit speziellen Überströmöffnungen versehen werden sollten.



Zusätzliche mechanische Lüftung

Eine zusätzliche mechanische Belüftung ist eine Option wenn eine nächtliche Fensterlüftung nicht möglich ist (z. B. aus Lärm-, Insekten- oder Lichtbelastung). Außerdem gewährleistet diese Strategie eine kontrollierte Luftverteilung in der gesamten Wohnung. Natürlich verbraucht die mechanische Lüftung Strom für den Betrieb der Ventilatoren, der in der Gesamtenergiebilanz und beim Kühleffekt berücksichtigt werden muss. Die folgenden Aspekte sollten sorgfältig geprüft werden, wenn eine zusätzliche Nachtlüftung durch ein mechanisches Lüftungssystem vorgesehen ist.

- **Korrekte Dimensionierung:** Das Lüftungsgerät muss den erhöhten Luftvolumenstrom während der zusätzlichen Nachtlüftung bereitstellen können.
- **Niedrige Geräuschemissionen:** Die Geräuschemissionen sollten den Richtlinien und Kriterien des Passivhauses entsprechen [PHI 2021c].
- **Regelungsstrategie:** Die zusätzliche mechanische Lüftungsanlage sollte nur dann betrieben werden, wenn sie vorteilhaft ist, z. B. wenn die Außentemperaturen hinreichend geringer als die Innenraumtemperaturen sind. Dies kann mit einer automatisierten Steuerung über die Temperaturdifferenz und je nach Klima auch unter Berücksichtigung der Luftfeuchtigkeit sichergestellt werden. Eine Umgehung der Wärmerückgewinnung (Bypass) innerhalb der Lüftungsanlage sorgt dafür, dass die kühle Außenluft die warme Innenluft ersetzt.

Eine zusätzliche mechanische Lüftung kann leicht eine Leistungszahl (EER) für effektive Kühlung haben, die viel niedriger ist als die eines Split-Geräts. Um beispielsweise mit einem Abluftsystem einen EER von 5 zu erreichen (elektrischer Stromaufnahme von $0,2 \text{ Wh/m}^3$), muss die Temperaturdifferenz größer als 3 K sein.

e) Weitere Maßnahmen zur Steigerung des Sommerkomforts

Es gibt zusätzliche Maßnahmen, die dazu beitragen, den thermischen Komfort der Bewohner*innen im Sommer zu erhöhen oder die Kühllasten im Falle einer aktiven Kühlung zu reduzieren. Einige Beispiele werden im folgenden Abschnitt beschrieben. Inwieweit ein bestimmter Aspekt für ein Projekt genutzt werden kann, muss im Kontext des Gebäudes und seiner Nutzung bewertet werden.

Erhöhter Luftwechsel im Sommer: In jedem Gebäude ist aus hygienischen Gründen eine Grundlüftungsrate erforderlich, die entweder über die mechanische Lüftungsanlage, über eine Abluftanlage, über Fensterlüftung oder über eine Kombination der drei Möglichkeiten erfolgen kann. Sind die durchschnittlichen Außentemperaturen kleiner als die Behaglichkeitsschwelle von 25 °C , kann eine höhere Grundlüftungsrate im Sommer von Vorteil sein, um das Gebäude kühl zu halten. Die Wirksamkeit einer höheren Luftwechselrate und deren Auswirkung auf die Behaglichkeit, hängt vom lokalen Klima ab, d.h. von den Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen.

Bypass der Wärmerückgewinnung: Das mechanische Lüftungssystem sollte eine Bypass-Funktion haben. Immer wenn die Außentemperatur niedriger als die Innentemperatur ist, sollte die Wärmerückgewinnung umgangen werden, so dass die kühlere Luft direkt in das Gebäude

gelangen kann (siehe Abbildung 3). Viele Lüftungsanlagen verfügen heutzutage über eine automatische Bypass-Funktion, die auf Basis der Außentemperatur gesteuert wird. Wenn die Außentemperatur die Innentemperatur übersteigt, kann die Wärmerückgewinnung der mechanischen Lüftung helfen, die einströmende Zuluft vorzukühlen.

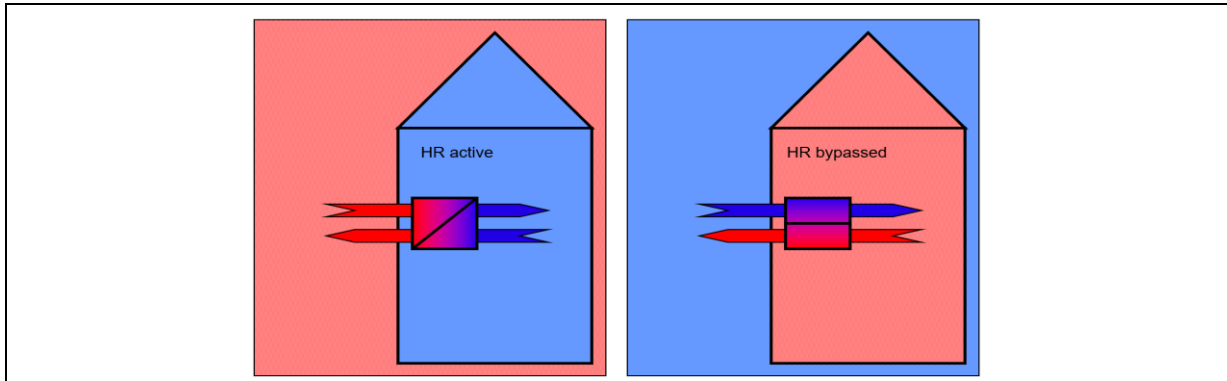


Abbildung 3: Übersicht über den Sommerbetrieb des Lüftungsgeräts mit Wärmerückgewinnung (links), wenn es draußen wärmer ist als drinnen, oder mit Bypass der Wärmerückgewinnung (rechts), bei der die kühle Außenluft die wärmere Luft, die aus dem Raum abgesaugt wird, direkt ersetzt.

Thermische Masse: Thermische Masse erhöht die Trägheit des Gebäudes, d.h. das Gebäude heizt sich langsamer auf und kühlt langsamer ab. Die Absorption solarer oder interner Lasten durch die thermische Masse des Gebäudes trägt dazu bei, dass Temperaturspitzen während sonniger Perioden oder Zeiten mit hoher Belegung gedämpft werden. Um ein angenehmes Raumklima aufrechtzuerhalten muss überschüssig absorbierte Wärme effektiv abgeführt werden. Das einzige passive Mittel zum "Nachladen" der thermischen Speichermasse ist die Nachtlüftung über einen längeren Zeitraum (die ganze Nacht). Die thermische Masse sollte daher für das jeweilige Projekt unter Berücksichtigung des Lastprofils und des Nachtlüftungspotenzials optimiert werden.

Oberflächenfarbe: Dunkle Oberflächen haben ein höheres Absorptionsvermögen als Oberflächen mit hellen Farben und heizen sich daher bei Sonneneinstrahlung deutlich stärker auf. Die Verwendung von Oberflächenbeschichtungen mit geringem Absorptionsvermögen ist eine einfache und wirksame Maßnahme zur passiven Kühlung. Ein günstiger Nebeneffekt der Verwendung heller Farben ist der positive Einfluss auf den städtischen Wärmeinseleffekt. Neben der sichtbaren Oberflächenfarbe tragen Beschichtungen mit so genannten "Cool Colours" aufgrund des hohen Reflexionsvermögens im Infrarotspektrum dazu bei, dass Oberflächen kühl bleiben.

Pflanzen / Bäume / Begrünung: Bäume oder andere Pflanzen können ästhetisch in das Verschattungskonzept für den Sommerkomfort integriert werden. Darüber hinaus kann die Verdunstungswirkung von Pflanzen einen positiven Einfluss auf die Aufrechterhaltung eines kühlen Mikroklimas in der Umgebung von Gebäuden haben. Die Bepflanzung und Begrünung ist eine empfohlene Maßnahme zur Verringerung des städtischen Wärmeinseleffekts.

Vorkühlung der Frischluft: Für die Vorkühlung der Frischluft mechanischer Lüftungsanlagen stehen verschiedene Techniken unterschiedlicher Komplexität zur Verfügung, z.B. Erdwärmetauscher (Verlegung der Frischluftkanäle vor dem Eintritt in das Gebäude im Untergrund oder alternativ ein Solekreislauf mit Wärmetauscher).

Klimagerechtes Gebäudekonzept: Die Anordnung, Aufteilung, Ausrichtung und Position der Fenster eines Gebäudes haben einen wesentlichen Einfluss auf den, mit passiven Mitteln erreichbaren, Sommerkomfort. Entwurfsüberlegungen, die in warmen und heißen Klimaregionen gut etabliert sind und eine lange Tradition haben können kosteneffiziente und zuverlässige Methoden zur Kühlung eines Gebäudes bieten. Architekturbeispiele hierfür sind schattenspendende Balkone und Überhänge, beschattete Innenhöfe oder Gebäudekonzepte, die für den Kamineffekt (stack effect) und eine effektive Querlüftung optimiert sind.

4.2 Risikobewertung mittels Sommer-Stresstest

Die tatsächliche Sommertemperatur in einem bewohnten Gebäude ist sehr empfindlich gegenüber einer Reihe von Einflussfaktoren. Diese Faktoren wirken sich stark aus, schwanken jedoch während der gesamten Nutzungsdauer des Gebäudes. Dazu gehören vor allem das Wetter (manche Sommer sind wärmer als andere und es wird allgemein eine Erwärmung des Klimas prognostiziert) sowie das Nutzungsverhalten (insbesondere manuelle Nachtlüftung und Verschattung). Stresstests des Gebäudeentwurfs, unter einer Reihe von Randbedingungen, liefern ein wertvolles Feedback sowie ein besseres Verständnis der Risikofaktoren für Überhitzung und können so zu robusteren und widerstandsfähigeren Entwurfsentscheidungen führen.

Tabelle 1 enthält eine Zusammenfassung der empfohlenen Parametervariationen für Stresstests des Sommerkomforts mit dem PHPP, gefolgt von einer Beschreibung der einzelnen Faktoren in den nächsten Unterkapiteln des Leitfadens.

Tabelle 1: Matrix mit empfohlenen Parametervariationen für den Sommer-Stresstest mit dem PHPP. Die mit einem Sternchen versehenen Einträge weisen auf Annahmen gemäß den projektspezifischen Auslegungsannahmen hin. Quelle: [PHPP v10].

	1	2	3	4	5
	Kombinierter Stresstest	Fenster-Lüftung	Temporäre Verschattung	Interne Wärmequellen	Klima
Nutzungseinfluss					
Grundlegende Sommerlüftung über Fenster	Winter Luftwechsel ²⁾	Winter Luftwechsel ²⁾	*	*	*
Zusätzliche Fensterlüftung, nachts ¹⁾	≤ 0.1 h ⁻¹	0 h ⁻¹	*	*	*
Reduktionsfaktor für den Einsatz temporärer Verschattung	automatisch: 80% manuell: 70%	*	0%	*	*
Interne Wärmequellen	125%	*	*	200%	*
Klimaeinfluss					
Temperaturanstieg im Sommer	+1.5 K	*	*	*	+2.0 K

¹⁾ Luftwechselrate bei 1K Differenz zwischen Innen- und Außentemperatur, gemäß PHPP-Konventionen.

²⁾ Die gesamte Grundluftwechselrate, die im Sommer hygienisch notwendig ist, darf nicht höher sein als die im Winter angenommene durchschnittliche Luftwechselrate..

a) Nutzungseinfluss

Manuelle Fensterlüftung

Bei den meisten Projekten hängt die Fensterlüftung davon ab, dass die Bewohner*innen die Fenster manuell öffnen und schließen - sowohl tagsüber für die Grundlüftung als auch nachts für die zusätzliche passive Kühlung. Wenn die Nutzer*innen weniger Fenster oder für einen kürzeren Zeitraum öffnen als in der Energiebilanz angenommen (z. B. nur in den Abendstunden und nicht die ganze Nacht hindurch), ist die Wirkung der passiven Kühlung geringer und die Temperaturen im Gebäude werden wahrscheinlich höher. Um das Risiko besser einschätzen zu können ist es sinnvoll die Auswirkungen einer reduzierten oder sogar unterlassenen zusätzlichen Fensterlüftung auf das Gebäude zu untersuchen. Bei der Grundlüftungsrate sollte für den Stresstest davon ausgegangen werden, dass der Gesamtluftwechsel im Sommer nicht höher angenommen werden darf als aus hygienischen Gründen auch im Winter erforderlich. Für die zusätzliche Nachtlüftung wird empfohlen, die Auswirkungen reduzierter Fensteröffnungen (z.B. ein gekipptes Fenster, geringere Öffnungszeit) oder ausbleibender Fensteröffnung zu testen.

Verschattung

Analog ist die Wirkung manueller Verschattungselemente in hohem Maße vom Nutzungsverhalten abhängig. So kann es beispielsweise vorkommen, dass Bewohnende an einem sonnigen Sommertag morgens die Jalousien nicht schließen, bevor diese das Haus verlassen, um dem Alltag nachzugehen, oder dass die Verschattung aufgrund persönlicher Vorlieben teilweise geöffnet bleibt, um den Innenraum natürlich auszuleuchten. Die Auswirkung reduzierter oder fehlender Benutzung manueller Verschattung auf den Gebäude-Sommerkomfort sollten mithilfe eines Stresstests untersucht werden.

Interne Wärmequellen

Die Wirkung interner Wärmequellen hängt von den Bewohner*innen, ihren Gewohnheiten und allen elektrischen oder wärmeabgebenden Geräten im Gebäude ab. Die Belegung oder Nutzung des Gebäudes kann von den bei der Planung getroffenen Annahmen abweichen. Insbesondere der Umfang und die Effizienz von Geräten kann je nach Lebensstil, Bewusstsein und Vorlieben der Bewohner*innen erheblich variieren (z.B. Küchengeräte, Unterhaltungselektronik, Bürogeräte usw.). Aus diesem Grund ist es wichtig, die Robustheit des Gebäudeentwurfs gegenüber erhöhten internen Wärmequellen zu prüfen

b) Klimaeinfluss

Gebäude werden in der Regel auf der Grundlage historischer und regional repräsentativer, durchschnittlicher Klimabedingungen entworfen. Der Stresstest des Sommerkomforts unter wärmeren Außenbedingungen wird dringend empfohlen. Denn die einzige Möglichkeit, das „Verhalten“ und die zu erwartenden Innentemperaturen eines Gebäudes in einem extremen Sommer oder einer extremen Hitzeperiode zu verstehen, besteht darin, den Entwurf unter wärmeren Verhältnissen zu testen. Dies ist angesichts des allgemeinen Trends der globalen Erwärmung umso wichtiger. Stresstests mit wärmeren Randbedingungen bieten auch Puffer für lokale Mikroklimata in städtischen Gebieten, die aufgrund des so genannten städtischen Wärmeinseleffekts oft wärmer sind. Zu den typischen Auswirkungen wärmerer Bedingungen gehören eine erhöhte Anzahl allgemein heißerer Tage und so genannter Tropennächte (Tage, an denen die Temperatur nachts nicht unter 20 °C fällt), was das Potenzial für eine nächtliche

Kühlung durch natürliche Lüftung erheblich einschränken kann. Für die Zwecke des Stresstests ist ein vereinfachter Ansatz mit wärmeren Sommerbedingungen hinreichend genau, z.B. unter Verwendung des Sommertemperatur-Modifikationstools für PHPP-Klimadaten [PHI 2021a].

Klimaerwärmung

Der Weltklimarat (IPCC) hat mehrere Szenarien veröffentlicht, die je nach Standort und klimapolitischem Szenario eine unterschiedlich starke Erwärmung des Klimas prognostizieren. Künftige Klimaprojektionen sind von Natur aus mit einer gewissen Unsicherheit behaftet, aber ein gewisses Maß an Erwärmung ist während der Lebensdauer heute gebauter Gebäude in jedem Fall zu erwarten. Für den Sommer-Stresstest ist eine angemessene Annahme für den landesweiten durchschnittlichen Anstieg der Sommertemperatur bis zur Mitte des Jahrhunderts von 1°C bis 1,5 °C (bezogen auf den Referenzzeitraum 1981-2010).

Städtische Wärmeinsel

Der größte Teil der Bautätigkeit findet in urbanen Gebieten statt, wo aufgrund des städtischen Wärmeinseleffekts sehr warme Bedingungen herrschen. Ein Hauptfaktor für diesen Effekt ist die höhere Absorption, weitere Einflussfaktoren sind die Bebauungsdichte, der Grad der Bodenversiegelung und Grünflächen, die Bewölkung und der Windzugang. Da die Erwärmung sowohl örtlich als auch zeitlich stark variiert, sind verallgemeinerte Schätzungen des Temperaturanstiegs schwierig. Nach Angaben in der Literatur sind Temperaturerhöhungen von bis zu 2 °C (Jahresdurchschnitt) keine Seltenheit. Für eine realistische Abschätzung muss der Einzelfall genauer untersucht und in den Klimadaten, die als Randbedingung für die Gebäudeanalyse verwendet werden, entsprechend berücksichtigt werden. Infrarotbilder von Städten werden häufig verwendet, um die Stärke des Wärmeinseleffekts in verschiedenen Teilen der Stadt sichtbar zu machen.

4.3 Lösungsansätze für Bereiche mit hohem Überhitzungsrisiko

Bestimmte Schlüsselindikatoren sind für die Bewertung und Optimierung in einem frühen Planungsstadium entscheidend, wie im vorherigen Kapitel beschrieben. Eine weitere nützliche Informationsquelle, die für den klimatischen Kontext des Vereinigten Königreichs entwickelt wurde, ist [Passivhaus Trust 2021].

Die Identifizierung und Optimierung von Maßnahmen zur passiven Kühlung ist in der Regel ein iterativer Prozess. Ziel ist es, einen abgestimmten Entwurf mit optimierten passiven Kühlstrategien zu erreichen, um das Gebäude zuverlässig behaglich zu halten. Robuste und belastbare Entwurfslösungen bieten ausreichend Spielraum für den Fall extremerer Sommerbedingungen und/oder unvorhergesehenes Nutzungsverhalten. Stresstests des Entwurfs unter Berücksichtigung möglicher Nutzungsvariationen und Klimaerwärmung helfen dabei, Parameter im Gebäudeentwurf zu identifizieren und abzuändern, die ein hohes Risiko für eine Beeinträchtigung des sommerlichen Komforts darstellen und so eine Resilienz gegenüber Unsicherheiten zu entwickeln.

Der Entwurf muss immer wieder anhand der Ziele für den sommerlichen Komfort neu bewertet werden. Ergänzende Berechnungen und Simulationen (z. B. dynamische Simulation) können für die Analyse von Bereichen mit hohem Risiko oder besonders komplexen Projekten erforderlich sein (siehe Abschnitt 4.3.1). Die Bewertung muss immer im Kontext des jeweiligen Projekts und dessen Nutzung erfolgen. Mehrfamilienhäuser sind oft dicht bewohnt, mit großen Schwankungen bei den internen Wärmegewinnen pro Wohnung, unterschiedlichem

Nutzungsverhalten und oft eingeschränkten Ausweichmöglichkeiten (z.B. Balkon oder Garten). In solchen Fällen ist es wichtig, eine Übertemperaturhäufigkeit anzustreben, die deutlich unter dem Schwellenwert von 10 % (Zertifizierungskriterium für Passivhäuser) liegt [PHI 2016]. In einem freistehenden Haus mit Gartenzugang ist dies hingegen weit weniger kritisch. Überhitzung ist eine Frage des Komforts, kann aber auch ein Gesundheitsrisiko darstellen und muss bei Projekten für gefährdete Bewohner*innen, z.B. in einem Seniorenheim, besonders ernst genommen werden. Wenn der sommerliche Komfort auch nach Optimierung des Gebäudeentwurfs mit passiven Kühlmechanismen nicht mit Sicherheit gewährleistet werden kann, ist die aktive Kühlung möglicherweise die bessere Lösung (siehe Abschnitt 4.3.2).

4.3.1 Analyse des lokalen Überhitzungsrisikos

Als schnelles und zuverlässiges Planungsinstrument ist das PHPP für die energetische Bilanzierung einer einzelnen Zone konzipiert. Als solches spiegeln die Ergebnisse die erwarteten durchschnittlichen Temperaturbedingungen im gesamten Gebäude wider. Die Übertemperaturalgorithmen im PHPP haben sich in der Praxis bewährt - sie wurden durch Vergleiche mit dynamischen Simulationen und mit gemessenen Temperaturdaten in verschiedenen Projekten validiert. Die Methodik funktioniert für typische Planungsanwendungen sehr gut, stößt aber bei starken Schwankungen an ihre Grenzen, z.B. bei intermittierender Nutzung mit temporär hohen internen Wärmequellen oder bei großer Sonneneinstrahlung ohne Verschattung (die in jedem Fall vermieden werden sollte) [Schnieders 2012]. Mittels dynamischer Simulation können detailliertere Temperaturprofile in einzelnen Gebäudeteilen berechnet und untersucht werden. Dynamische Simulationen sind aber in der Regel deutlich komplexer und zeitaufwändiger in der Anwendung, und die Ergebnisse schwieriger zu interpretieren. Darüber hinaus ist zu beachten, dass die in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen generellen Unsicherheiten bei der Berechnung des sommerlichen Komforts (bzgl. Annahmen der Randbedingungen und Gebäudenutzung) auch für dynamische Simulationen gelten. Eine höhere zeitliche und räumliche Auflösung bedeutet nicht unbedingt eine höhere Genauigkeit. Auch für diese detaillierteren dynamischen Modelle ist eine Risikoanalyse (d.h. ein Stresstest) unbedingt erforderlich.

Je nach Größe und Komplexität des Gebäudes kann es erforderlich sein, zusätzliche Bewertungen vorzunehmen, um den sommerlichen Komfort auch in Gebäudebereichen mit hohem Überhitzungsrisiko zu gewährleisten. In nachstehender Liste sind Indikatoren aufgeführt, die bei der Identifizierung solcher Bereiche helfen. Bei Unklarheiten sollte der jeweilige Bereich genauer untersucht werden. In einem ersten Schritt kann dies z.B. mit einer PHPP-Energiebilanz geschehen, die sich auf den betreffenden Bereich konzentriert (mit geeigneten Annahmen zu den Randbedingungen zu angrenzenden Zonen) oder mit zusätzlichen qualitativen Bewertungen. Ist das Risiko immer noch hoch oder wird es als unsicher eingestuft, kann die dynamische Simulation den Entscheidungs- und Planungsprozess unterstützen.

Indikatoren für Gebäudezonen mit höherem Risiko für Überhitzung als das gesamte Gebäude im Durchschnitt:

- Lokal höhere solare Einträge
 - Höhere Verglasungsanteile im Vergleich zur Gesamtfassade des Gebäudes
 - Geringere Verschattung im Vergleich zur Gesamtfassade des Gebäudes
 - Ungünstige Ausrichtung der Wohnung/Gebäudezone z.B. Eckzimmer
- Eingeschränkte Fensterlüftung:
 - Gebäudezonen ohne Potential zur Querlüftung
 - Gebäudezonen, die Lärmexponiert sind, z.B. ausgerichtet zur Straße hin
 - Sicherheitsaspekte
- Lokale interne Wärmequellen:
 - Technikräume, Serverräume oder andere Zonen mit energieintensiver Technik auf relativ geringer Gebäudegrundfläche
 - Wohn-/Arbeitsbereiche, die an wärmere Technikzonen angrenzen
 - Intermittierende und intensive Nutzung von bestimmten Räumen, z.B. Seminarräumen
- Bereiche/Räume, die im Hinblick auf Überhitzung kritisch zu beurteilen sind, z.B. bevorzugen Menschen kühlere Temperaturen im Schlafzimmer

4.3.2 Aktive Kühlung

Wenn sich während des Planungsprozesses herausstellt, dass das Gebäude (oder einzelne Räume) mit passiven Kühltechniken allein nicht angenehm kühl gehalten werden können, kommt die aktive Kühlung ins Spiel. In diesem Fall ist es wichtig, passive Kühlmaßnahmen zu nutzen und das Gebäude ganzheitlich mit dem Ziel zu planen, den Kühlbedarf möglichst gering zu halten. Je nach Gebäude und Nutzung kann bereits eine geringe Temperierung (z.B. über die Zuluft) helfen, Unbehagen und gesundheitliche Bedenken zu reduzieren.

Für die aktive Kühlung stehen verschiedene technische Lösungen zur Verfügung - von der dezentralen Klimatisierung bis hin zu zentralen Kühllösungen. Für die Auslegung eines geeigneten und effizienten Systems sollte ein Gebäudetechniker hinzugezogen werden.

Insbesondere vor dem Hintergrund der Klimaerwärmung ist es zunehmend sinnvoll, eine aktive Kühlung vorzusehen, selbst wenn die Bewertung ergibt, dass unter den derzeitigen Klimabedingungen komfortable Sommerbedingungen erreicht werden können. Die Zeiten, in denen eine aktive Kühlung erforderlich ist, stimmen in der Regel gut mit der Verfügbarkeit von erneuerbarer Solarenergie überein. Das bedeutet, dass der zusätzliche Energiebedarf recht einfach und effizient aus nachhaltigen Ressourcen gedeckt werden kann. Voraussetzung dafür ist jedoch die Energieeffizienz, d.h. die Optimierung und Auslegung des Gebäudes, um den aktiven Kühlbedarf gering zu halten. Die Nutzung der in diesem Leitfaden beschriebenen passiven Kühltechniken und Stresstests sind für energieeffizientes Bauen unerlässlich.



© PHOTOLIFESTYLE-stock.adobe.com

4.4 Validierung des sommerlichen Komforts

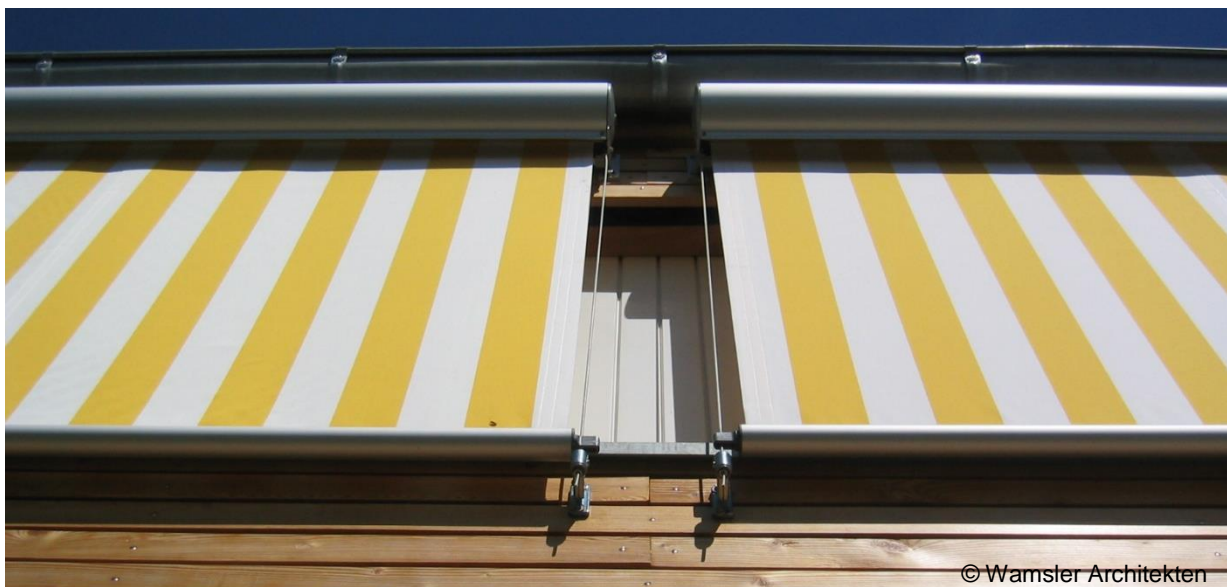
Erst wenn die Maßnahmen zur passiven Kühlung optimiert, der Entwurf einem Stresstest unterzogen und sorgfältig hinsichtlich des Überhitzungsrisikos und des Bedarfs an aktiver Kühlung bewertet wurde, ist der sommerliche Komfort des Gebäudes ausreichend validiert.

Die Bewertung der Überhitzung ist in hohem Maße projektspezifisch und sollte auch den individuellen Kontext berücksichtigen. So muss beispielsweise bei dicht belegten Gebäuden mit stark schwankenden internen Wärmequellen und wechselndem Nutzungsverhalten (z.B. Mehrfamilienhäuser, Hotels, Wohnheime) oder bei Gebäuden mit besonders empfindlichen und schutzbedürftigen Bewohner*innen (z.B. Seniorenheime) ausreichend Spielraum eingeplant werden. Darüber hinaus müssen die langfristige Zufriedenheit der Bewohner*innen sowie die Durchführbarkeit der Strategie für den sommerlichen Komfort in der geplanten Form berücksichtigt werden. Die sorgfältige Bewertung und Entwicklung einer zuverlässigen Strategie für die sommerliche Behaglichkeit, um komfortable und gesunde Gebäude zu schaffen, liegt in erster Linie in der Verantwortung der Planer*innen.

Die verschiedenen Maßnahmen zur passiven Kühlung und die Optimierungsstrategien, die in diesem Leitfaden erwähnt werden (siehe Kapitel 3), sind voneinander abhängig und müssen in der Regel während des Entwurfsprozesses iterativ bewertet werden. Dabei bietet die Überprüfung durch unabhängige Dritte, z.B. mittels Passivhaus-Zertifizierung, zusätzliche Sicherheit, dass das Gebäude das ganze Jahr über komfortabel nutzbar ist.

Um Missverständnissen vorzubeugen und sicherzustellen, dass das Gebäude nach der Nutzung wie vorgesehen funktioniert, sollte die gewählte Strategie für den sommerlichen Komfort in einem speziellen Dokument zusammengefasst und von der Bauherrschaft akzeptiert sowie den künftigen Nutzer*innen ausreichend erläutert werden, z. B. in einem Nutzungshandbuch.

Die Steuerung der Innentemperaturen im Sommer ist eine Frage des Komforts und der Gesundheit und muss bei jedem einzelnen Projekt berücksichtigt werden. Das Verständnis des Gebäudes und seiner wahrscheinlichen Nutzung, Stresstest des Entwurfs und der Annahmen sowie die entsprechende Anpassung der wichtigsten Einflussfaktoren sind von grundlegender Bedeutung, um einen Gebäudeentwurf zu erreichen, der gegen Überhitzung resistent ist.



5 Referenzen und weiterführende Literatur

[AkkP 15]	Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 15: Passivhaus-Sommerfall. Passivhaus Institut, Darmstadt, 1999
[AkkP 22]	Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 22: Lüftungsstrategien für den Sommer. Passivhaus Institut, Darmstadt, 2003
[AkkP 31]	Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 31: Energieeffiziente Raumkühlung. Passivhaus Institut, Darmstadt, 2005
[AkkP 41]	Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 41: Sommerverhalten von Nichtwohngebäuden im Passivhaus-Standard; Projekterfahrungen und neue Erkenntnisse. Passivhaus Institut, Darmstadt, 2012 (einige Artikel sind auch auf Englisch verfügbar unter: https://passipedia.org/phi_publications/research_group_for_cost-effective_passive_houses_proceedings)
[AkkP 48]	Research Group Cost-efficient Passive Houses, Volume 48: Summer situations in refurbished non-residential buildings . Passivhaus Institut, Darmstadt, 2012. Abgerufen von: https://passipedia.org/phi_publications/summer_situations_in_refurbished_non-residential_buildings
[AkkP 49]	Research Group Cost-efficient Passive Houses, Volume 49: Energy-efficient hot water systems . Passivhaus Institut, Darmstadt, 2015. Abgerufen von: https://passipedia.org/phi_publications/nr.49_summary_of_protocol_volume_49
[AkkP 53]	Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 53: Sommerkomfort – bezahlbar und energieeffizient. Passivhaus Institut, Darmstadt, 2018.
[AkkP 57]	Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 57: Gebäudekonzepte für heiße Sommer: Schwerpunkt Passivhaus-Nichtwohngebäude. Passivhaus Institut, Darmstadt, 2021.
[desingPH]	Passivhaus Institut: designPH – 3D- Tool zur grafischen Dateneingabe für das Passivhaus-Projektierungspaket . Darmstadt 2013- 2021. Aktuelle Version: desingPH2 (2019)
[PHI 2021a]	Passivhaus Institut: Sommertemperatur Tool zur Modifikation von PHPP-Klimadaten . Juni 2021. Abgerufen von: https://passiv.de/de/05_service/02_tools/02_tools.htm

[PHI 2021b]	Passivhaus Institut: Das Passivhaus-Konzept für den Sommerfall. Sommerklima im Passivhaus – eine entscheidende Fragestellung Mai 2021. Abgerufen von: https://passipedia.de/grundlagen/sommerfall/passivhaus_im_sommer
[PHI 2021c]	Passivhaus Institut: Kriterien für den Passivhaus-, EnerPHit- und PHI-Energiesparhaus-Standard . 6. Dezember 2021. Abgerufen von: https://passiv.de/downloads/03_zertifizierungskriterien_gebaeude_de.pdf
[PHTrust 2016]	Passivhaus Trust: Designing for Summer Comfort in the UK . Oktober 2016. Abgerufen von: https://passivhaustrust.org.uk/UserFiles/File/Technical%20Papers/PHT%20Summer%20Comfort_version%200.1.pdf
[PHTrust 2021]	Passivhaus Trust: Technical Guidance - Avoiding summer overheating . Mai 2021. Abgerufen von: https://passivhaustrust.org.uk/guidance_detail.php?gId=49https://passivhaustrust.org.uk/UserFiles/File/Technical%20Papers/Avoiding%20summer%20overheating.pdf
[PHPP]	Passivhaus Institut: Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP) Das Energiebilanzierungs- und Planungstool für effiziente Gebäude und Modernisierungen . Darmstadt 1998-2022. Aktuelle Version: PHPP 10 (2021).
[PHPP v10]	Passive House Institute: Passive House Planning Package (PHPP) Das Energiebilanzierungs- und Planungstool für effiziente Gebäude und Modernisierungen . Veröffentlicht 15. September 2021.
[Schnieders 2012]	Schnieders, J.: Planning tools for the summer situation in non-residential buildings , In: Research Group Cost-efficient Passive Houses, Volume 41: Cooling in non-residential Passive House buildings. Passivhaus Institut, Darmstadt, 2012. Abgerufen von: https://passipedia.org/phi_publications/pb_41/planning_tools_for_the_summer_situation_in_non-residential_buildings

Impressum

Veröffentlicht von:



Passivhaus Institut
Rheinstraße 44/46
64283 Darmstadt
Germany
Tel.: 06151-82699-0
mail@passiv.de
www.passiv.de

1. Ausgabe Januar 2022
© 2022 Passivhaus Institut

Übersetzung
Universität Innsbruck
(Lehrstuhl für Energieeffiziente Gebäude)

Zielsetzung

Dieser Leitfaden wurde verfasst, um das Bewusstsein für Sommerkomfort zu schärfen und Gebäudeplaner*innen bei der Entwicklung einer robusten Strategie zu helfen, mit der die thermische Behaglichkeit das ganze Jahr über gewährleistet werden kann.

Urheberrecht und Haftungsausschluss

Dieser Leitfaden wurde vom Passivhaus Institut (PHI) veröffentlicht. Elektronische Kopien dürfen nur in vollständiger und unveränderter Form verbreitet werden. Übersetzungen sind nur nach schriftlicher Vereinbarung mit dem PHI zulässig. Sofern nicht anders angegeben, liegen die Urheberrechte für alle Abbildungen und Grafiken in diesem Bericht beim PHI.

Der Leitfaden wurde mit größter Sorgfalt und nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt. Jegliche Haftung für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Inhalte, Daten und insbesondere für eventuelle Schäden oder Konsequenzen, die durch die Nutzung der hier dargestellten Informationen entstehen, ist ausgeschlossen.

Danksagung

Der Leitfaden wurde im H2020- Förderprojekt outPHit entwickelt und in verschiedene Sprachen übersetzt:



outPHit unterstützt tiefgreifende, kosteneffiziente und zuverlässige Sanierungen nach den Passivhaus-Prinzipien. Auf der Basis von Modellprojekten und mit zahlreichen Partnern zeigt outPHit Wege auf, tiefgreifende energetische Sanierungen umzusetzen. Dabei reduzieren Lösungen aus einer Hand den Aufwand für Planung, Ausführung und Qualitätssicherung. outphit.eu



Das Projekt wurde im Rahmen des Horizon 2020 Forschungs- und Innovationsprogramms der Europäischen Union unter der Finanzhilfvereinbarung Nr. 957175 finanziert. Die gezeigten Inhalte repräsentieren allein die Ansicht des Autors und nicht notwendigerweise die der Europäischen Union. Weder EASME noch die Europäische Kommission sind verantwortlich für jegliche Verwendung der dargestellten Inhalte.