



Wegleitung **Sommerlicher Wärmeschutz** bei Bauvorhaben der Stadt Zürich

Verfasser

Thomas Kessler

Zürich, Oktober 2023

Impressum

Herausgeberin

Stadt Zürich
Amt für Hochbauten
Fachstelle umweltgerechtes Bauen
Postfach, 8021 Zürich
stadt-zuerich.ch/hochbau

T +41 44 412 11 11

Version 1.3, Oktober 2023

Genehmigt von der Geschäftsleitung AHB am 29. September 2021

Autor

Thomas Kessler, Amt für Hochbauten

Mitwirkung

Annette Aumann, Amt für Hochbauten
Therese Fankhauser, Amt für Hochbauten
Niko Heeren, Amt für Hochbauten
Philipp Noger, Amt für Hochbauten
Michael Pöll, Amt für Hochbauten
Marcel Nufer, Amt für Hochbauten
Franz Sprecher, Amt für Hochbauten
Markus Hilpert, Amt für Hochbauten
Massimo Marazzi, Amt für Hochbauten
Oliver Bolli, Amt für Hochbauten
Susanne Pfeifer, Amt für Hochbauten
Helga Schützeichel, Amt für Hochbauten
Ralf Becht, Immobilien
Raffael Hegglin, Immobilien
Annick Lalive, Liegenschaften
Yvonne Züger, Liegenschaften

Fotografie

Titelblatt: Hannes Henz, Zürich

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
1.1	Zweck des Dokuments	4
1.2	Grundlagen und Einordnung	4
1.3	Wichtige Begriffe	5
2	Grundsätze	7
3	Massnahmen	8
3.1	Übersicht	8
3.2	Die Massnahmen im Einzelnen	8
3.3	Optimierung	16
3.4	Nutzungsspezifische Anforderungen	17
4	Beurteilung und Nachweis	18
4.1	Grundlagen	18
4.1.1	Anforderungen an die thermische Behaglichkeit	18
4.1.2	Klimadaten	18
4.1.3	Interne Wärmelasten	19
4.2	Identifikation kritischer Räume	19
4.3	Beurteilung in frühen Projektphasen	20
4.3.2	Abschätzung der Wärmespeicherfähigkeit	21
4.4	Nachweis ab Vorprojekt	22
4.4.1	Nachweis anhand einfacher Kriterien	23
4.4.2	Nachweis durch Berechnung	23
4.4.3	Nachweis mittels dynamischer Simulation	25
5	Abwicklung in Bauvorhaben	29
5.1	Vorstudien (Instandsetzungen/Umbauten)	29
5.2	Wettbewerbsverfahren (Neubauten)	29
5.3	Vorprojekt	29
5.4	Bauprojekt	30
5.5	Ausschreibung und Realisierung	30

1 Einleitung

1.1 Zweck des Dokuments

Die Gewährleistung der thermischen Behaglichkeit von Innenräumen im Sommer ist eine wichtige Bauaufgabe und erhält angesichts der Klimaerwärmung eine immer grössere Bedeutung. Dabei gilt es, dieses Ziel ohne zusätzliche Treibhausgas-Emissionen und mit bestmöglichem Kosten/Nutzen-Verhältnis zu erreichen.

Diese Wegleitung enthält die relevanten Informationen zur Sicherstellung des sommerlichen Wärmeschutzes bei Bauvorhaben der Stadt Zürich. Sie gilt grundsätzlich für alle Neubau-, Umbau- und Instandsetzungsvorhaben, die durch das Amt für Hochbauten abgewickelt werden.

Die Wegleitung behandelt die Aspekte des sommerlichen Wärmeschutzes, die für die Projektierung und Realisierung von Bauvorhaben von Bedeutung sind. Dabei wird ein bestimmungsgemässer Betrieb der Gebäude und ein die thermische Behaglichkeit berücksichtigendes Benutzerverhalten vorausgesetzt. Betriebliche Massnahmen sind nicht Gegenstand des Dokuments.¹

Gute Lösungen zur Gewährleistung des sommerlichen Wärmeschutzes erfordern eine interdisziplinäre Zusammenarbeit über alle Projektphasen. In diesem Sinne richtet sich die Wegleitung an alle Projektbeteiligten, welche direkt oder indirekt von der Thematik betroffen sind und in irgendeiner Weise einen Beitrag zu solchen guten Lösungen leisten können.

1.2 Grundlagen und Einordnung

Folgende Dokumente und Informationen wurden für die Erarbeitung der Wegleitung beigezogen und sind teilweise referenziert:

SIA 180:2014 ²	Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden
SIA 342:2009	Sonnen- und Wetterschutzanlagen
SIA 382/1:2014	Lüftungs- und Klimaanlage - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen
SIA 2024:2015	Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik
SIA 2028:2010	Klimadaten für Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik Anwendungsempfehlung zu den stündlichen Klimadaten für die Zukunft in Ergänzung zu SIA 2028 (www.sia.ch/innenraumklima)
www.minergie.ch	- Produktreglement Minergie-Gebäudestandards - Anwendungshilfe zu den Minergie-Gebäudestandards - Nachweis Sommerlicher Wärmeschutz

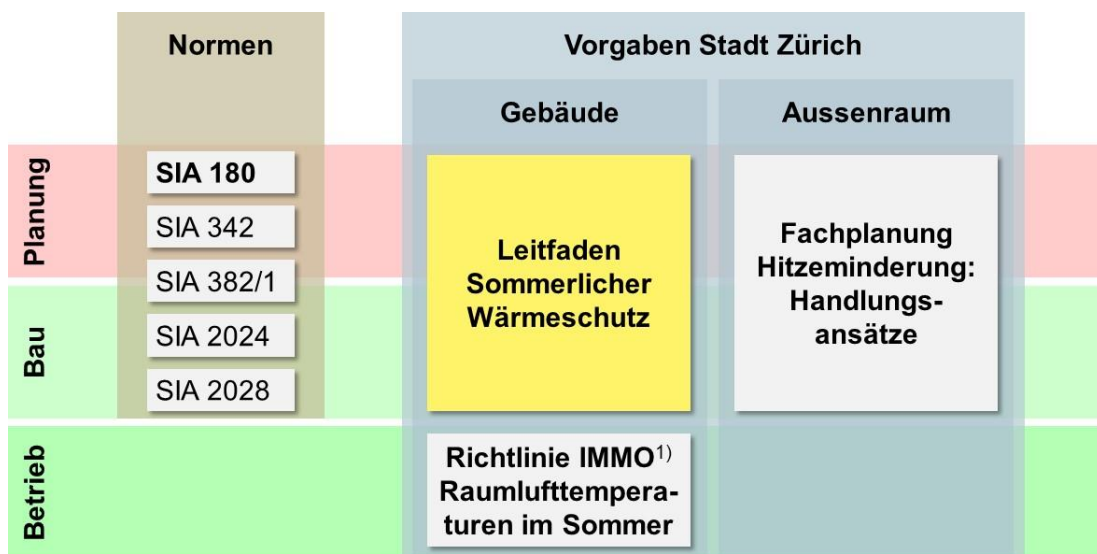
¹ Hinweise zu betrieblichen Massnahmen sowie zum optimalen Nutzerverhalten sind in der Richtlinie IMMO «Raumlufttemperaturen im Sommer» zu finden.

² inkl. Korrigenda C1:2015 und Korrigenda C2:2020. Die Norm SIA 180 wird zurzeit revidiert.

Fachplanung Hitzeminderung der Stadt Zürich

Richtlinie IMMO Raumlufthtemperaturen im Sommer

Die Wegleitung basiert auf den einschlägigen Normen der SIA, insbesondere der SIA 180. Abweichungen zu normativen Vorgaben sind an den entsprechenden Stellen im Dokument vermerkt.



¹⁾ Gilt für von Immobilien Stadt Zürich (IMMO) bewirtschaftete Gebäude

1.3 Wichtige Begriffe

Im Folgenden sind die wichtigsten themenbezogenen Begriffe erläutert. Die Erläuterungen dienen in erster Linie zur Verständigung im Kontext dieses Dokuments und erheben keinen Anspruch auf wissenschaftliche Exaktheit.

<i>Sommerlicher Wärmeschutz</i>	Summe aller Massnahmen zum Schutz eines Gebäudes vor übermässiger Erwärmung und zur Gewährleistung der thermischen Behaglichkeit der Innenräume im Sommer.
<i>Thermische Behaglichkeit</i>	Auf das Temperaturempfinden bezogene Aufenthaltsqualität in Innenräumen, die vom überwiegenden Teil der Nutzenden als angenehm beurteilt wird. Nebst der Raumlufthtemperatur beeinflussen auch die Oberflächentemperaturen der Umschliessungsflächen, das vertikale Temperaturgefälle im Aufenthaltsbereich (Gradient), die Luftbewegung sowie die Luftfeuchtigkeit die thermische Behaglichkeit.
<i>Raumtemperatur</i>	Wird in diesem Dokument als Synonym für die empfundene Temperatur (Definition siehe SIA 180) verwendet. Solange keine extremen Bedingungen (sehr warme oder kalte Bauteilflächen, Durchzug) herrschen, kann sie in genügender Näherung mit der Raumlufthtemperatur (als einfach zu messender Grösse) gleichgesetzt werden.

<i>Raumkühlung</i>	Wärmeentzug aus einem Raum zwecks Absenkung der Raumtemperatur. Dabei wird zwischen aktiver und passiver Kühlung unterschieden.
<i>Aktive Kühlung</i>	Jede Form der Kühlung, die mit zusätzlichem Energieverbrauch verbunden ist (siehe SIA 180, Ziffer 5.1.1).
<i>Passive Kühlung</i>	Nutzung natürlicher, physikalischer Gegebenheiten zur Wärmeabfuhr aus einem Raum (z. B. Temperaturgefälle zwischen Raum- und Aussenluft in der Nacht).

2 Grundsätze

Leitsatz

Die Bauten der Stadt Zürich sind fit für die Klimaerwärmung, ohne diese weiter anzuheizen.

Sommerlicher Wärmeschutz als Entwurfsfaktor

So selbstverständlich wie heute jedes Gebäude gegen Wärmeverlust im Winter geschützt wird, fliessen die Aspekte des sommerlichen Wärmeschutzes in den Entwurf ein. Ein guter sommerlicher Raumkomfort wird ebenso als immanente Eigenschaft des Gebäudes verstanden wie ein niedriger Heizenergiebedarf. Dies gilt sowohl für Neubauten als auch für das Bauen im Bestand.

Bauliche vor technischen Massnahmen

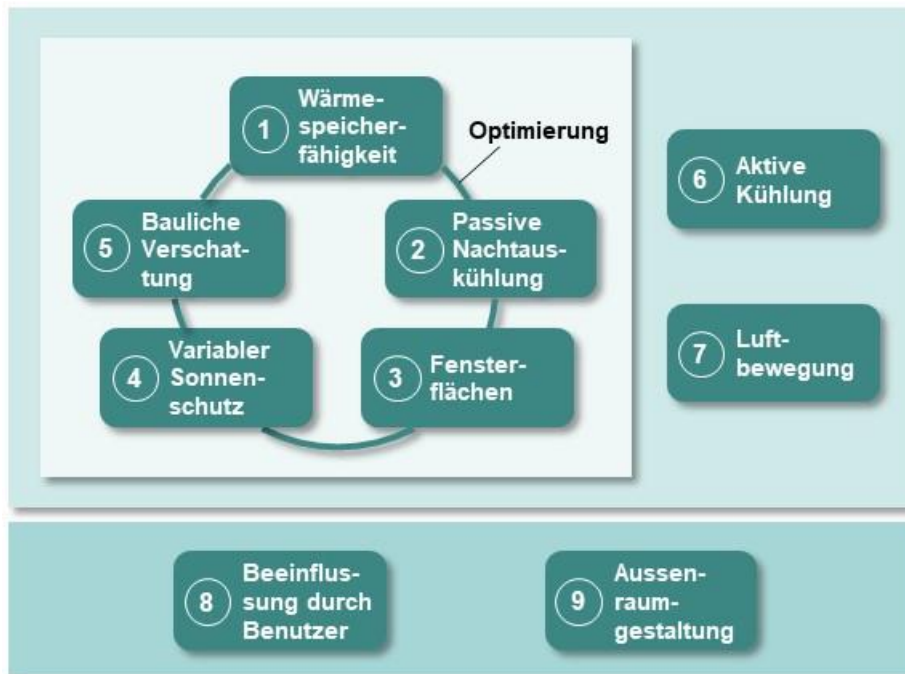
Die thermische Behaglichkeit im Sommer wird in erster Linie mit baulichen Massnahmen sichergestellt. Technik zur Raumkühlung wird nur eingesetzt, wenn die baulichen Mittel nicht ausreichen oder (ökonomisch und/oder ökologisch) unverhältnismässig aufwändig wären.

Technik nach Mass

Technische Mittel zur Raumkühlung werden sorgfältig auf die Eigenschaften des Gebäudes und die Bedürfnisse der Benutzer abgestimmt. Sie nutzen soweit als möglich natürliche Kühleffekte und weisen eine optimale Umweltbilanz über Erstellung und Betrieb auf.

3 Massnahmen

3.1 Übersicht



Die baulichen Massnahmen 1 bis 5 entscheiden über die langfristige Robustheit und Resilienz eines Gebäudes. Sie haben gegenseitige Abhängigkeiten und sollen in einem ersten Schritt untereinander optimiert werden (siehe 3.3).

Technische Mittel (Massnahme 6 oder 7) werden eingesetzt, wenn die baulichen Massnahmen für sich allein nicht genügen oder (ökonomisch und/oder ökologisch) unverhältnismässig aufwändig wären.

Die Massnahmen 8 und 9 ergänzen und unterstützen die übrigen.

3.2 Die Massnahmen im Einzelnen

Dieser Abschnitt enthält Kurzbeschriebe der relevanten Massnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz mit Anforderungen und Hinweisen für die Projektierung.

① Wärmespeicherfähigkeit	
Wirkung	Steigt die Raumtemperatur an, geht ein Teil der Wärme in die den Raum umschliessenden Bauteile über, wodurch sich der Temperaturanstieg verlangsamt. Je grösser die Speicherfähigkeit und je besser die Leitfähigkeit der Materialien, desto mehr Wärme kann auf diese Weise gepuffert werden. Der Raum verhält sich dadurch thermisch träge und überhitzt weniger schnell. Vo-

① Wärmespeicherfähigkeit	
	raussetzung ist allerdings, dass der Speicher regelmässig auch wieder entladen wird, d.h. die tagsüber eingespeicherte Wärme muss in der Nacht wieder abgeführt werden können (siehe Massnahme 2). Thermisch träge Räume sind auch in den übrigen Jahreszeiten von Vorteil, indem sie Temperaturschwankungen ausgleichen und im Winter Heizenergie sparen.
Anforderungen	Die Räume sollen mindestens eine mittlere Wärmespeicherfähigkeit aufweisen. Die flächenbezogene Wärmespeicherfähigkeit (C_R/A_{NGF}) soll mindestens 45 Wh/(m²K) betragen (Berechnung nach SIA 180, Anhang D, oder Abschätzung z. B. mit dem Minergie-Tool³). Im Rahmen einer Optimierung (siehe 3.3) kann von den Anforderungen abgewichen werden, indem zum Beispiel eine geringere Wärmespeicherfähigkeit durch eine Reduktion der Fensterfläche ausgeglichen wird.
Hinweise	Massgebend sind alle dem Raum zugewandten Bauteilflächen (Böden, Decken, Aussen- und Innenwände). Massive Bauteile weisen in der Regel eine höhere Wärmespeicherfähigkeit auf als leichte. Zu beachten ist jedoch, dass bei üblichen Baumaterialien nur die ersten 10 cm für die Wärmespeichervorgänge im Tageszyklus von Bedeutung sind. Möglichst grosse Materialstärken zur Erhöhung der Wärmespeicherfähigkeit machen deshalb wenig Sinn. Viel mehr bringen grosse Flächen, die weder verkleidet noch mit schlecht wärmeleitenden Materialien (z. B. Teppichen) belegt sind. Akustikpaneele bewirken in der Regel eine thermische Abkopplung der damit belegten Bauteile. Das ist auch der Fall, wenn sie von der Decke abgehängt sind (siehe SIA 180, Anhang D.2). Akustikmassnahmen sind deshalb frühzeitig einzuplanen und sorgfältig auf die Erfordernisse der Wärmespeicherfähigkeit abzustimmen. Beim Bauen im Bestand ist der Wärmespeicherfähigkeit ebenfalls grosse Beachtung zu schenken. Abhängig vom Istzustand ist unter Umständen eine Verbesserung anzustreben. Auf jeden Fall ist bei Massnahmen, die zu einer Verringerung der Wärmespeicherfähigkeit führen, Vorsicht geboten. Nebst den obgenannten Akustikmassnahmen sind dies namentlich Innenwärmedämmungen. Allenfalls können auch angrenzende Räume (z. B. Korridore) mit einbezogen werden, um die Wärmespeicherfähigkeit zu erhöhen. In diesem Fall muss sichergestellt werden, dass zwischen beiden Räumen ein genügend hoher Luftaustausch stattfindet.

³ Kostenloser Download unter www.minergie.ch. Eine ausführliche Anleitung ist in der [Minergie-Anwendungshilfe](#) zu finden.

② Passive Nachtauskühlung

Wirkung	Sinkt die Aussentemperatur nachts unter diejenige der Innenräume, lässt man Aussenluft durch das Gebäude zirkulieren, um die darin gespeicherte Wärme wieder abzuführen. Eine effiziente Nachtauskühlung in Kombination mit genügend grosser Wärmespeicherfähigkeit (Massnahme 1) ist eine der wirkungsvollsten und nachhaltigsten Massnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz. Sofern die Zielsetzung des Pariser Abkommens zur Begrenzung der Klimaerwärmung erreicht wird, funktioniert die Nachtauskühlung auch bei wärmer werdenden Sommernächten.
Anforderungen	Die Aussenluft soll, wenn immer möglich, in freier Zirkulation durch die Räume geführt werden. Damit das auch in windarmen Nächten funktioniert, ist die thermische Auftriebskraft zu nutzen, indem die Luft möglichst unten in die Räume eingebracht und oben wieder abgeführt wird oder ein Konzept mit raumübergreifender Durchströmung und Abführung im Dachbereich zur Anwendung kommt. Dabei ist dem Witterungs-, Einbruch- und ggf. auch Einwurfschutz Rechnung zu tragen. Bei Schlafräumen ist überdies eine Beeinträchtigung durch allfälligen Aussenlärm oder Lichtimmissionen (z.B. Laubengänge) zu berücksichtigen. Für die wirksame Nachtauskühlung eines Raumes über die Fassade müssen die entsprechenden Öffnungen einen freien Querschnitt von mindestens 5 % der Bodenfläche aufweisen. Das Konzept für die passive Nachtauskühlung muss in Absprache mit der Eigentümervertretung festgelegt werden und ist im Betriebskonzept zu dokumentieren. Sollte keine wirksame Nachtauskühlung realisierbar sein, ist im Rahmen einer Optimierung (siehe 3.3) eine Kompensation, beispielsweise durch Reduktion der externen Wärmeeinträge (Fensterflächen, Sonnenschutz), anzustreben.
Hinweise	Die einfachste Art und Weise der Nachtauskühlung ist das manuelle Öffnen von Fenstern. In Wohnbauten ist das meist die richtige Wahl und funktioniert ohne weitere Massnahmen, sofern eine Querdurchströmung der Wohnungen möglich ist (Entwurfsfaktor). Bei Gebäuden, die nachts unbeaufsichtigt sind, müssen die Lüftungsöffnungen ausserhalb der Nutzungszeit gefahrlos offenstehen können. Da dies bei normalen Fenstern meist nicht der Fall ist, empfiehlt sich der Einsatz separater Lüftungsflügel, welche so ausgebildet oder platziert werden, dass Witterungs- und Einbruchschutz gewährleistet sind. Sind witterungsgeschützte Lüftungsöffnungen nicht realisierbar (vor allem im Bestand), kann die Lösung auch in einer Automatisierung normaler Fensterflügel bestehen. Automatisierte Fenster- oder Lüftungsflügel sind in der Planung und Realisierung sowie im Betrieb anspruchsvoll. Dabei ist insbesondere auch dem Aspekt der Personensicherheit (Einklemmschutz) Rechnung zu tragen.

② Passive Nachtauskühlung

Querlüftung, von Fassade zu Fassade oder von Fassade über Dach, ist grundsätzlich anzustreben, weil damit eine sehr effiziente Nachtauskühlung erzielt werden kann. Um allen Sicherheitsaspekten gerecht zu werden (Brand-schutz, offene Türen, Vermeidung von Sturmschäden, usw.) bedarf diese Lösung einer sehr sorgfältigen Planung.

③ Fensterflächen

Wirkung	Fenster sind das Einfallstor der Solarstrahlung in das Gebäude. Während die solaren Gewinne im Winter willkommen sind, werden sie im Sommer (und teilweise auch in der Übergangszeit) zum Problem. An klaren Tagen beträgt die Solarstrahlung rund 1'000 Watt pro m². Selbst mit einem guten Sonnenschutz ($g_{\text{tot}} = 0.1$) beträgt damit die «Heizleistung» eines direkt von der Sonne beschienen Fensters immer noch 100 Watt pro m². Wieviel Solarwärme im Tagesverlauf über die Fenster eindringt, hängt von deren Grösse und Ausrichtung ab. Nicht vernachlässigt werden darf auch die indirekte Einstrahlung, insbesondere durch Reflexionen an hellen oder spiegelnden Oberflächen in der Umgebung.
Anforderungen	Aus Sicht des sommerlichen Wärmeschutzes sollten Fensterflächen möglichst klein gehalten werden. Unter Berücksichtigung der weiteren Anforderungen (Tageslichtversorgung, Aussenbezug, winterliche Wärmegevinne) sowie der baulichen und technischen Umsetzung (Bauweise, Lüftungskonzept, Entwärmungskonzept) soll der Fensterflächenanteil nicht mehr als 30 - 50 % der Fassadenfläche betragen. Die transparenten Flächen von Oberlichtern oder Dachflächenfenstern sollen in der Summe nicht mehr als 5 % der Raumgrundfläche betragen. Räume mit mittleren bis hohen internen Wärmelasten ($> 175 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{d})$)⁴ sollen keine Fenster an mehr als einer Fassade mit Ausrichtung im Bereich Ost-Süd-West aufweisen. Falls doch, soll die gesamte Glasfläche aller Fassaden nicht mehr als 50 % der Fläche der grössten Fassade betragen. Im Rahmen einer Optimierung (siehe 3.3) kann von den Anforderungen abgewichen werden, indem beispielsweise ein erhöhter Wärmeeintrag über die Fenster durch eine grössere Speicherfähigkeit kompensiert wird.
Hinweise	Mit einer geeigneten Ausrichtung kritischer Räume kann die Überhitzungsproblematik wesentlich entschärft werden. So sollen Räume mit hohen internen Wärmelasten (z. B. Mehrzwecksäle) wenn möglich in nördlicher Richtung ausgerichtet werden.

⁴ Typische Werte nach SIA 2024:2021 (jeweils in Wh/(m²d)):

Wohnen MFH: 113 / Einzel-, Gruppenbüro: 175 / Grossraumbüro: 307 / Schulzimmer: 255 / Mehrzwecksaal: 367

④ Variabler Sonnenschutz

Wirkung	Mit verstellbaren Vorrichtungen wird die Solareinstrahlung durch die Fenster nach Bedarf reduziert. Am wirkungsvollsten sind aussenliegende Beschattungseinrichtungen wie Läden, Jalousien und Markisen. Die Fensterindustrie bietet auch elektrochrome Gläser an, deren Energiedurchlassgrad sich durch Anlegen einer elektrischen Spannung variieren lässt (wobei jedoch auf den entsprechenden Stromverbrauch zu achten ist). Innenliegende Vorrichtungen taugen zumindest bei modernen Fenstern nicht als Sonnenschutz, weil die selektiven Beschichtungen heutiger Wärmeschutzgläser verhindern, dass eingedrungene Wärme wieder durch die Fenster zurückgestrahlt wird.
Anforderungen	Grundsätzlich sollen alle Fenster mit einem variablen Sonnenschutz ausgerüstet werden. Darauf verzichtet werden kann lediglich bei kleinen Fenstern mit Nordausrichtung oder solchen, die ganztags verschattet sind und keine Reflexionen aus der Umgebung erhalten. Variable Sonnenschutzeinrichtungen sollen auf einen Gesamtenergiedurchlassgrad (inkl. Fenster) von maximal 10 % ausgelegt werden ($g_{\text{tot}} \leq 0.1$). Im Weiteren muss bei geschlossenem Sonnenschutz eine genügende Hinterlüftung gewährleistet sein. Bei Nichtwohnnutzungen soll der variable Sonnenschutz in der Regel mit einer automatischen Steuerung ausgerüstet werden. Aussenliegende, bewegliche Systeme müssen, der Einbausituation entsprechend (Windexposition, Höhe über Boden), eine ausreichende Windfestigkeit aufweisen. Als Minimalanforderung ist die Windwiderstandsklasse 4 nach SN EN 13659+A1 einzuhalten (siehe auch SIA 342, Anhang B, Tabelle 5). Wird auf eine automatische Steuerung verzichtet, muss die Windwiderstandsfähigkeit mindestens eine Klasse höher sein. Im Rahmen einer Optimierung (siehe 3.3) kann von der Anforderung an den g-Wert abgewichen werden, indem beispielsweise die Wirkung einer baulichen Verschattung berücksichtigt wird.
Hinweise	Für die Planung aussenliegender Sonnenschutzeinrichtungen wird auf das Merkblatt Storensteuerung verwiesen (www.stadt-zuerich.ch/egt > Vorgaben) Fenster mit reduziertem g-Wert (durch speziell beschichtete Gläser, einlamierte Gewebe, o.ä.) sind kein valabler Ersatz für einen variablen Sonnenschutz. Sie bilden aus physikalischen Gründen einen Kompromiss zwischen tiefer Wärme- und hoher Lichtdurchlässigkeit. Ausserdem bewirken sie eine wesentliche Reduktion der winterlichen Wärmegewinne.

⑤ Bauliche Verschattung

Wirkung	Verschattung der Fenster durch Balkonplatten, Laubengänge, Seitenblenden, etc. ist ein wirksames Mittel zur Verringerung der Solareinstrahlung in Ergänzung zum oder allenfalls sogar anstelle eines variablen Sonnenschutzes (Massnahme 4). Nicht zu unterschätzen ist auch, wie sich die Lage der Fenster in der Wand auswirkt. Je tiefer Sturz und Laibungen (im Verhältnis zur Fensterhöhe und -breite) sind, desto kürzer ist die Besonnungsdauer und damit der Wärmeeintrag durch ein Fenster.
Anforderungen	Bauliche Verschattung kann und soll als bewusstes Element in den Entwurf einfließen. Entscheidend ist, dass dabei die Sonnenbahn sowohl im Tages- als auch im Jahresverlauf berücksichtigt wird. Hierbei ist nicht nur dem Sonnenschutz, sondern auch den Auswirkungen auf die Tageslichtnutzung und die winterlichen Wärmegewinne Beachtung zu schenken. Im Rahmen einer Optimierung (siehe 3.3) kann dank baulicher Verschattung allenfalls bei anderen Massnahmen (z. B. Fensterflächen) von den Vorgaben abgewichen werden. Nebst baulichen Verschattungsmassnahmen leisten auch Fassadenbegrünungen einen wichtigen Beitrag zum sommerlichen Wärmeschutz, weshalb sie bei jedem Bauvorhaben zu prüfen sind. Es bietet sich auch an, beides miteinander zu kombinieren (z. B. begrünte Laubengänge).
Hinweise	Bauliche Verschattung sollen aufgrund des Sonnenverlaufs bezüglich dem Kontext (Himmelsrichtung, Umgebung etc.) Fassadenweise differenziert werden, damit allfällige negativen Effekte (Tageslichtnutzung, graue Treibhausgasemissionen, reduzierte winterliche Wärmegewinne) nicht überwiegen. Insbesondere Brise Soleil sind in unseren Breitengraden differenziert in ihrer Dimension und Lage bezüglich des Nutzens zu entwickeln, wobei die Vorteile an der Südfassade am ausgeprägtesten sind.

⑥ Aktive Kühlung

Wirkung	Die einfachste Methode ist die freie Kühlung, die ein natürliches Temperaturgefälle nutzt, indem die Raumwärme auf ein kühleres Medium (Erdreich, Nachtluft, Grundwasser, Oberflächenwasser) übertragen und von diesem absorbiert wird (Wärmesenke). Die Leistungsfähigkeit der freien Kühlung ist begrenzt durch die (variable und nicht beeinflussbare) Temperaturdifferenz zwischen der Raumluft und der Wärmesenke. Bei der maschinellen Kühlung wird das Temperaturgefälle durch eine Kältemaschine künstlich vergrössert, was mit zusätzlichem Energieaufwand verbunden ist. Sie funktioniert (in gewissen Grenzen) unabhängig vom Temperaturniveau der Wärmesenke.
----------------	---

⑥ Aktive Kühlung

Anforderungen	Aktive Kühlung wird eingesetzt, wenn die Massnahmen 1 bis 5 nicht genügen oder mit unverhältnismässigem ökonomischen und/oder ökologischen Aufwand verbunden wären. Deren Notwendigkeit muss mit einer dynamischen Simulation nachgewiesen werden (siehe 4.4). Ist ein Erdsondenfeld geplant, soll im Rahmen der Optimierung (siehe 3.3) eine massvolle Reduktion der baulichen Massnahmen zugunsten einer bestmöglichen Regeneration der Erdsonden geprüft werden.
Hinweise	Für die Planung einer aktiven Kühlung wird auf die Vorgaben der Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik verwiesen (www.stadt-zuerich.ch/egt > Vorgaben). Aktiv gekühlte Flächen sollen grundsätzlich auf das Notwendige beschränkt werden. Falls sich beim Bauen im Bestand zeigt, dass eine "flächendeckende", aktive Kühlung unverhältnismässig ist, können mit «Kühlinseln» Rückzugsorte während der Stunden mit besonders hoher Hitzebelastung geschaffen werden. Dies bedingt eine entsprechende Flexibilität der Benutzer und hat Einfluss auf weitere Rahmenbedingungen (SIA- / Eigentümergegebenen, Zertifizierung, etc.). Deshalb ist diese Lösung in Absprache mit der Eigentümervertretung festzulegen und im Betriebskonzept zu dokumentieren.

⑦ Luftbewegung

Wirkung	Bewegte Luft erhöht die Wärmeabfuhr über die Haut. Dadurch werden höhere Temperaturen noch als angenehm empfunden als bei stillstehender Luft.
Anforderungen	Falls sich beim Bauen im Bestand zeigt, dass die Massnahmen 1 bis 5 nicht ausreichen und, eine ausreichende aktive Kühlung nicht mit verhältnismässigem Aufwand umsetzbar ist, soll die Installation von Deckenventilatoren geprüft werden. Sollten diese (z. B. mangels genügend Raumhöhe) nicht realisierbar sein, ist zu prüfen, ob im Rahmen des Betriebskonzepts der Einsatz mobiler Ventilatoren vorgesehen und in der Beurteilung (siehe 4.1.1) berücksichtigt werden kann. Deckenventilatoren sind so zu platzieren und auszulegen, dass der ganze Aufenthaltsbereich abgedeckt wird und dass keine unangenehmen Luftgeschwindigkeiten auftreten (max. 0.8 m/s auf Kopfhöhe bei sitzender Tätigkeit). Diese Massnahme muss in Absprache mit der Eigentümervertretung festgelegt werden und ist im Betriebskonzept zu dokumentieren.
Hinweise	---

⑧ Beeinflussung durch Benutzer

Wirkung	Die Benutzer fühlen sich erwiesenermassen wohler und sind auch toleranter gegenüber hohen Temperaturen, wenn sie ihre Umgebung beeinflussen können und wenn sie sich nicht durch gebäudeseitige Automatismen bevormundet fühlen.
Anforderungen	Variable Sonnenschutzeinrichtungen sollen durch die Benutzer einfach und intuitiv bedient werden können. Die Bedienelemente sind sorgfältig auf die jeweilige Nutzung abzustimmen. Automatikfunktionen sind während der Nutzungszeiten auf ein Minimum zu beschränken und müssen jederzeit durch die Benutzer übersteuert werden können (ausser bei Sicherheitsfunktionen). Fenster und andere Lüftungsöffnungen sollen jederzeit durch die Benutzer geöffnet werden können. Bei einer allfälligen Automatisierung gelten dieselben Anforderungen wie bei den variablen Sonnenschutzeinrichtungen. Bei aktiver Kühlung soll die Möglichkeit bestehen, die Raumtemperatur individuell zu beeinflussen.
Hinweise	---

⑨ Aussenraumgestaltung

Wirkung	Hitzemindernde Massnahmen im Aussenraum (Begrünung, Entsiegelung, Wasserflächen, beschattete Flächen, etc.) kommen auch dem Innenraumklima zugute: – Verschattung durch Bäume und/oder Fassadenbegrünung reduziert die Sonneneinstrahlung auf das Gebäude. – Dank kühlender Effekte ist die zu Lüftungszwecken in das Gebäude eingebrachte Aussenluft weniger warm. – Mit dem Erhalt von Kaltluftströmen wird die passive Nachtauskühlung (Massnahme 2) unterstützt.
Anforderungen	Die Handlungsansätze gemäss städtischer Fachplanung Hitzeminderung sollen konsequent umgesetzt werden.
Hinweise	Weitere Informationen für die Umsetzung in Bauvorhaben sind im Bericht zur Fachplanung Hitzeminderung (Kapitel 5, Handlungsansätze) zu finden. Eine hitzemindernde Aussenraumgestaltung kann die übrigen Massnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz wirkungsvoll ergänzen und unterstützen. Es ist jedoch schwierig, diese Wirkung zu quantifizieren, weshalb sie vorläufig bei den Nachweisen (siehe 4.4) nicht berücksichtigt wird.

3.3 Optimierung

In der Entwurfsphase bzw. im Rahmen der Festlegung von Instandsetzungsmassnahmen kann und soll eine Optimierung der baulichen Vorkehrungen zum sommerlichen Wärmeschutz erfolgen. Dabei gilt es, die gegenseitigen Abhängigkeiten zu berücksichtigen und Zielkonflikte soweit als möglich aufzulösen. Dies sind insbesondere (Aufzählung nicht abschliessend):

- Das Konzept der Nachtauskühlung (Massnahme 2) bedingt eine ausreichende Wärmespeicherfähigkeit (Massnahme 1).
- Wärmespeicherfähigkeit (Massnahme 1), Fensterflächen (Massnahme 3) und bauliche Verschattung (Massnahme 5) haben nicht nur einen Einfluss auf den sommerlichen Wärmeschutz, sondern auch auf die Graue Energie und die Treibhausgasemissionen aus der Erstellung. Insbesondere bei Leichtbauweise mit geringer Wärmespeicherfähigkeit (typischerweise Holzbauten) ist eine Gesamtbetrachtung unter Einbezug der Betriebsenergie erforderlich. Hier stellt sich die Frage, ob diese trotz allfällig notwendiger aktiver Kühlung eine bessere Treibhausgasbilanz aufweist als ein Massivbau.
- Eine bauliche Verschattung (Massnahme 5) wirkt sich auch auf die Wärmegewinne im Winter aus, welche auch in Zukunft (trotz Klimaerwärmung) in unseren Breitengraden willkommen sind und die Betriebsenergiebilanz wesentlich beeinflussen.
- Die Ausrichtung und Grösse der Fensterflächen (Massnahme 3), der variable Sonnenschutz (Massnahme 4) und die bauliche Verschattung (Massnahme 5) haben auch Einfluss auf die Tageslichtversorgung, die Aussicht, die Besonnungsdauer und den Blendenschutz. Die Norm SN EN 17037:2019 «Tageslicht in Gebäuden» definiert Anforderungen für diese Parameter.
- Die gebäudebezogenen Auswirkungen hitzemindernder Massnahmen im Aussenraum (siehe Massnahme 9) sollen im Rahmen der Optimierung ebenfalls mit berücksichtigt werden.
- Die Massnahmen sollen in ihrer Gesamtheit ein gutes Kosten/Nutzen-Verhältnis aufweisen. Hierbei sind nicht nur die Erstellungs- sondern auch die Betriebskosten zu berücksichtigen. Durch sorgfältige Abstimmung aller Einflussfaktoren (auch unter Einbezug des winterlichen Wärmeschutzes) sollen Mehrkosten infolge Berücksichtigung der Klimaerwärmung möglichst vermieden werden. Falls Mehrkosten unvermeidlich sind, müssen diese separat ausgewiesen werden (siehe Kapitel 5).



Ein einfaches Mittel, um die Wirksamkeit der verschiedenen Massnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz in ihrem Zusammenspiel zu beurteilen und in Varianten zu untersuchen, ist das [Minergie-Tool](#). Dieses ermöglicht mit wenig Aufwand das Erfassen aller wesentlichen Parameter und macht die Auswirkungen von Variationen derselben sofort sichtbar.

Falls der Nachweis mittels dynamischer Simulation geführt werden muss (siehe 4.4.3), macht es Sinn, selbige auch für die Optimierung zu nutzen, indem in der Vorprojektphase mehrere Varianten simuliert werden.

3.4 Nutzungsspezifische Anforderungen

Für gewisse Nutzungen bestehen spezielle Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz, die bei der Projektierung zu berücksichtigen sind.

Gesundheitszentren für das Alter Ältere Menschen haben im Vergleich zur Durchschnittsbevölkerung mehr Mühe, hohe Temperaturen zu bewältigen. Sie schwitzen weniger und haben ein verringertes Durstgefühl, was sie anfällig für Hitzestress macht. Diese Rahmenbedingungen sollen beim Bauen für Hochaltrige berücksichtigt werden. Die entsprechenden Vorgaben sind dem Merkblatt «Sommerlicher Wärmeschutz in Alterszentren» (www.stadt-zuerich.ch/bauen2000watt > Grundlagen und Studienergebnisse) zu entnehmen.

4 Beurteilung und Nachweis

4.1 Grundlagen

4.1.1 Anforderungen an die thermische Behaglichkeit

Es gelten die Anforderungen nach SIA 180 (inkl. Korrigenda C2:2020) mit folgenden Änderungen und Präzisierungen⁵:

- Die Beurteilung der thermischen Behaglichkeit erfolgt immer (auch ohne maschinelle Kühlanlage) nach Figur 4 (Ziffer 2.3.2). Dabei darf die obere Grenzwertkurve innerhalb der Nutzungszeiten während maximal
 - 100 Stunden pro Jahr bei Neubauten und Gesamtinstandsetzungen
 - 400 Stunden pro Jahr bei den übrigen Bauvorhaben (Teilinstandsetzungen, kleinere Umbauten, usw.)überschritten werden. Treten mehr Überschreitungsstunden auf, ist eine aktive Kühlung erforderlich und es gelten die normativen Anforderungen (keine Überschreitungsstunden).
- Figur 4 (Ziffer 2.3.2) kommt nicht nur für Wohn- und Büroräume zur Anwendung, sondern auch für andere Nutzungen, die bezüglich Behaglichkeitsanforderungen sowie Aktivität und Bekleidung der Nutzer mit diesen vergleichbar sind.
- Gemäss Ziffer 2.4.1.4 erhöhen sich die maximal zulässigen empfundenen Temperaturen, wenn die Benutzer die Luftgeschwindigkeit an ihre Bedürfnisse anpassen können. Dies ist der Fall, wenn entweder fest installierte Deckenventilatoren vorhanden sind oder im Rahmen betrieblicher Massnahmen mobile Ventilatoren zur Verfügung stehen (siehe Massnahme 7.7). In Anwendung von Figur 7 wird in diesen Fällen die obere Grenzwertkurve von Figur 4 um 2.0 K nach oben verschoben.

Die Anforderungen gelten für Räume, die dem dauernden Aufenthalt von Personen dienen (> 1h pro Tag). Das sind in der Regel diejenigen, die zur Hauptnutzfläche zählen. Alle übrigen Räume sowie solche mit speziellen Anforderungen an die Raumtemperatur (Hallenbäder, IT-Räume, Labors, etc.) sind nicht Gegenstand dieser Wegleitung.

4.1.2 Klimadaten

Aufgrund der Klimaerwärmung sind für die Beurteilung und den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes die zukunftsgerichteten Klimadaten zu verwenden, die auf [map.geo.admin](https://map.geo.admin.ch) kostenlos zum Download zur Verfügung stehen. Ein Überblick über die verfügbaren Datensätze und deren Anwendung ist in der vom SIA herausgegebenen Anwendungsempfehlung zu finden (Download unter www.sia.ch/innenraumklima).

Da die aktuellen Normen noch keine Angaben zur Verwendung der zukunftsgerichteten Klimadaten machen, sind entsprechende Vorgaben für den Nachweis bei Bauvorhaben der Stadt Zürich im Kapitel 4.4 dieser Wegleitung enthalten.

⁵ Die Richtlinie IMMO «Raumlufttemperaturen im Sommer» enthält ebenfalls Vorgaben zum thermischen Raumkomfort. Diese betreffen ausschliesslich die Betriebsphase und sind keine Planungsgrundlage. Mit den hierin definierten Anforderungen wird sichergestellt, dass die Vorgaben gemäss Richtlinie IMMO eingehalten werden.

4.1.3 Interne Wärmelasten

Sofern keine genaueren Daten vorliegen, werden für die internen Wärmelasten (Personen, Geräte, Beleuchtung) die Standardwerte und Nutzungsprofile nach SIA 2024 eingesetzt. Diese sind jedoch immer kritisch zu hinterfragen, vor allem wenn keine passende Raumnutzung vorhanden ist (z. B. Pensionärzimmer in Alters- und Pflegezentren).

Für Räume, in denen eine neue Beleuchtung installiert wird, wird das arithmetische Mittel des Ziel- und Standardwerts nach SIA 2024 eingesetzt, sofern keine projektspezifischen Werte vorliegen. Dasselbe gilt sinngemäss für die Geräte.

Die Belegungsprofile, die der Beurteilung des sommerlichen Wärmeschutzes zu Grunde gelegt werden, sind in jedem Fall mit der Eigentümerversammlung abzusprechen und nachvollziehbar zu dokumentieren.

4.2 Identifikation kritischer Räume

Die Beurteilung und der Nachweis erfolgen anhand ausgewählter Räume, die im Vergleich mit anderen als besonders kritisch für die Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutzes einzustufen sind. Dabei sind folgende Faktoren zu berücksichtigen:

Ausrichtung	Räume an Fassaden mit Ausrichtung im Bereich Nordwest-Nord-Nordost sind in der Regel als unkritisch zu beurteilen.
Eckräume	Kritisch sind insbesondere Räume mit zwei befensterten Fassaden, die beide im Bereich Ost-Süd-West ausgerichtet sind. Räume mit drei befensterten Fassaden sind in jeder Ausrichtung als kritisch zu beurteilen.
Dachgeschoss	Direkt unter dem Dach liegende Räume sind kritischer als die darunterliegenden. Dies gilt insbesondere, wenn auch noch Dachflächenfenster oder Oberlichter vorhanden sind.
Fensterfläche	Je grösser die Fensterfläche im Verhältnis zur Raumgrundfläche, desto kritischer ist der Raum.
Verschattung	Zu beachten ist auch die bauliche Verschattung durch Balkone, Laubengänge, Dachvorsprünge, etc. sowie die Verschattung durch Nachbargebäude. Bestehende Grossbäume können ebenfalls berücksichtigt werden, sofern deren langfristiger Erhalt zu erwarten ist.
Interne Lasten	Je höher die internen Lasten (durch Personenbelegung, Beleuchtung und Geräteausstattung) im Verhältnis zur Raumgrundfläche, desto kritischer ist der Raum.

4.3 Beurteilung in frühen Projektphasen

Im Rahmen von Vorstudien und Wettbewerben, ist eine erste Beurteilung des sommerlichen Wärmeschutzes anhand folgender Kriterien durchzuführen:

Kriterium	Anforderungen
Wärmespeicherfähigkeit	Der Raum weist mindestens eine mittlere Wärmespeicherfähigkeit auf (siehe auch Anforderungen gemäss Massnahme 1). Eine grobe Abschätzung kann nach der in Abschnitt 4.3.1 definierten Methode erfolgen.
Nachtauskühlung	Eine passive Nachtauskühlung, die den Anforderungen gemäss Massnahme 2 genügt, ist möglich.
Fensterflächen	Der Fensterflächenanteil beträgt nicht mehr als ca. 45 % der Fassadenfläche (siehe zudem Anforderungen zu Massnahme 3).
Sonnenschutz	An allen Fenstern ist ein aussenliegender, beweglicher Sonnenschutz in Form von Lamellenstoren, Rollläden, Fensterläden oder Markisen vorhanden. Letztere sind bezüglich Windfestigkeit suboptimal, es sei denn sie sind seitlich durchgehend geführt (ZIP-System).
Verschattung	Fenster ohne beweglichen Sonnenschutz werden durch bauliche Elemente wie Balkone, Laubengänge, Dach- oder Fassadenvorsprünge, etc. derart beschattet, dass sie im Sommerhalbjahr nicht während längerer Zeit von der Sonne beschienen werden können.
Interne Wärmeeinträge	Die internen Wärmeeinträge (durch Personen, Geräte und Beleuchtung) betragen nicht mehr als 180 Wh/(m ² d) (Standardwerte für typische Raumnutzungen siehe SIA 2024, Tabelle 15 ⁶).

Sind alle obigen Anforderungen erfüllt, kann davon ausgegangen werden, dass der sommerliche Wärmeschutz ohne aktive Kühlung gewährleistet ist. Ist dem nicht so, bedarf es einer differenzierteren Betrachtung (z. B. mit dem [Minergie-Tool -> gemäss Kapitel 4.4 Nachweis ab Vorprojekt](#)).

⁶ Typische Werte nach SIA 2024:2021 (jeweils in Wh/(m²d)):

Wohnen MFH: 113 / Einzel-, Gruppenbüro: 175 / Grossraumbüro: 307 / Schulzimmer: 255 / Mehrzwecksaal: 367

4.3.2 Abschätzung der Wärmespeicherfähigkeit

Für Räume mit maximal zwei Fassaden und einer Raumtiefe zwischen dem 1.5- und dem 3.5-fachen der Raumhöhe kann eine qualitative Beurteilung anhand folgenden Tabellen vorgenommen werden:

Beurteilung einzelne Bauteile (raumzugewandte Schichten)

Bauteile	Wärmespeicherfähigkeit Bauteil		
	hoch	mittel	gering
Decke	Massivbau (Beton) und $\geq 80\%$ freiliegend	Massivbau (Beton) und $\geq 50\%$ freiliegend oder Holz-Beton-Verbund oder Vollholz	Leichtbau (Holz, Metall) oder heruntergehängt
Boden	Unterlagsboden oder massiv mit Hartbelag oder Linoleum	Unterlagsboden oder massiv mit Parkett oder Teppich	Leichtbau (Holz, Metall) oder Doppelboden
Innenwände	Beton (verputzt)	Mauerwerk (verputzt)	Leichtbau (Gipskarton, Holz, Glas)
Aussenwand	Beton (verputzt)	Mauerwerk (verputzt)	Leichtbau (Holzständer) oder Innenwärmedämmung

Beurteilung Raum

Wärmespeicherfähigkeit	Anzahl Bauteile mit Speicherfähigkeit		
	hoch	mittel	gering
hoch	4	-	-
hoch	3	1	-
hoch	3	-	1
hoch	2	2	-
mittel	2	1	1
mittel	2	-	2
mittel	1	3	-
mittel	1	2	1
mittel	-	4	-
gering	1	1	2
gering	1	-	3
gering	-	3	1
gering	-	2	2
gering	-	1	3
gering	-	-	4

Für jedes Bauteil (Decke, Boden, Innenwände, Aussenwand) wird zunächst seine Wärmespeicherfähigkeit (hoch, mittel, gering) gemäss der oberen Tabelle ermittelt. Die Wärmespeicherfähigkeit des ganzen Raumes (hoch, mittel, gering) wird anschliessend aufgrund der Anzahl seiner Bauteile (Decke, Boden, Innenwände, Aussenwand) mit jeweils hoher, mittlerer oder geringer Wärmespeicherfähigkeit aus der unteren Tabelle ausgelesen.

Bei Räumen mit mehr als zwei Fassaden, sehr grosser oder sehr geringer Raumtiefe kann diese einfache Methode nicht angewendet werden. In diesen Fällen ist eine genauere Abschätzung, z. B. mit dem [Minergie-Tool](#), vorzunehmen.

4.4 Nachweis ab Vorprojekt

Die Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutzes bei Bauvorhaben der Stadt Zürich muss anhand kritischer Räume (siehe 4.2) nachgewiesen werden.

In Anlehnung an die Norm SIA 180 und Minergie sind drei verschiedene Verfahren für den Nachweis möglich:

- A) Nachweis anhand einfacher Kriterien (4.4.1)
- B) Nachweis durch Berechnung (4.4.2)
- C) Nachweis mittels dynamischer Simulation (4.4.3)

Bei Verfahren A) und B) ist keine aktive Kühlung (inkl. Geocooling) erlaubt. Die Notwendigkeit einer solchen kann nur mittels dynamischer Simulation nachgewiesen werden.

Werden Ventilatoren im Raum eingesetzt (Massnahme 7), muss der Nachweis ebenfalls mittels dynamischer Simulation geführt werden. Mit den anderen Verfahren kann die Wirkung dieser Massnahme nicht beurteilt werden.

Die Auswahl kritischer Räume und das Nachweisverfahren sind in Absprache mit der AHB Fachstelle umweltgerechtes Bauen festzulegen und durch die AHB Projektleitung zu genehmigen (siehe 5.3b)).

Im Vorprojekt ist ein provisorischer und im Bauprojekt der definitive Nachweis für den sommerlichen Wärmeschutz zu erbringen. In beiden Phasen wird jeweils im Projektteam über die Erbringung des Nachweises entschieden (siehe 5.3e) und 5.4c)).

Nachweise aufgrund gesetzlicher Vorgaben⁷ oder im Rahmen einer Zertifizierung sind hierin nicht abgedeckt und müssen separat erbracht werden. Verfahren B) und C) sind jedoch so angelegt, dass sie für solche Nachweise ebenfalls verwendet werden können.

⁷ Eine gute Übersicht und Anleitung zum gesetzlichen Nachweis ist im Merkblatt «Sommerlicher Wärmeschutz: Bauliche Anforderungen» von UGZ zu finden (stadt-zuerich.ch/ugz-baubewilligung > Formulare und Merkblätter > Energetische Massnahmen)

4.4.1 Nachweis anhand einfacher Kriterien

Sind alle Kriterien, die zur Beurteilung in frühen Projektphasen (siehe 4.3) dienen, erfüllt, gilt der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes damit als erbracht. Hierzu ist die beim AHB erhältliche Checkliste vollständig auszufüllen und mit einschlägigen Plänen sowie allfälligen Erläuterungen zu ergänzen.

Sind nicht alle Kriterien gemäss Abschnitt 4.3 erfüllt oder sind die Voraussetzungen zur einfachen Abschätzung der Wärmespeicherfähigkeit gemäss Abschnitt 4.3.1 nicht gegeben, ist der Nachweis durch Berechnung zu führen.

Alternativ kann der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes auch nach der Variante 1 von Minergie (Globalbeurteilung von Standardfällen) erbracht werden.

4.4.2 Nachweis durch Berechnung

Der Nachweis durch Berechnung gliedert sich in zwei Teile:

Bauliche Grundanforderungen	Kriterien sind Wärmespeicherfähigkeit, Fensterflächen und deren Orientierung, g-Wert von Verglasung + Sonnenschutz sowie bauliche Verschattung.
Sommerlicher Komfort	Basierend auf den baulichen Grundanforderungen werden die auftretenden Raumtemperaturen in Abhängigkeit der internen Lasten und der Lüftungsstrategie bezüglich Wärmeabfuhr ermittelt. Die Beurteilung erfolgt nach SIA 180, Figur 4.

4.4.2.1 Nachweis der baulichen Grundanforderungen

Der rechnerische Nachweis der baulichen Grundanforderungen wird mit dem [Minergie-Tool](#) geführt. Alle Informationen zu dessen Handhabung sind der [Anwendungshilfe zur den Minergie-Gebäudestandards](#) zu entnehmen.

Da die baulichen Grundanforderungen das thermische Verhalten eines Gebäudes langfristig bestimmen, erfolgt deren Beurteilung nach den Klimadaten "2060". Dabei gelten folgende Vorgaben:

- Einhaltung mit dem Datensatz "2060 high".
- Bei Bestandsbauten ist die Verhältnismässigkeit der Massnahmen zum Erreichen der baulichen Grundanforderungen projektspezifisch zu beurteilen.

Gebäudedaten	Klimastation:	Zürich-MeteoSchweiz	Klimadaten	2060 low
	Lage des Projektes:	Grossflächige Stadtgebiete		2010
	Lage in Föhngebiet:	Nein		2035
				2060 low
				2060 high

Auswahl der Klimadaten im Minergie-Tool

4.4.2.2 Nachweis des sommerlichen Komforts

Der rechnerische Nachweis des sommerlichen Komforts soll nach Möglichkeit ebenfalls mit dem Minergie-Tool geführt werden:

- Bei Neubauten und Gesamtinstandsetzungen (und grundsätzlich allen Bauvorhaben, die nach Minergie zertifiziert werden) ist dies ohne weiteres möglich, da die Anforderungen an die thermische Behaglichkeit mit denjenigen gemäss Abschnitt 4.1.1 übereinstimmen (SIA 180, Figur 4, maximal 100 Übertemperaturstunden).
- Bei den übrigen Bauvorhaben kann eine erste Beurteilung ebenfalls anhand des Minergie-Tools erfolgen. Falls das Resultat mindestens mit "knapp nicht eingehalten" (< 130 Übertemperaturstunden) ausfällt, gilt der Nachweis als erbracht. Andernfalls ist ein Verfahren anzuwenden, welches eine genauere Beurteilung der Anzahl Übertemperaturstunden zulässt.

Der Nachweis des sommerlichen Komforts mittels Minergie-Tool ist für alle Räume anwendbar, für die im Tool eine passende Nutzungskategorie hinterlegt ist und deren interne Lasten bezüglich Eintragsleistung und Lastprofil nicht stark von den Standardwerten gemäss SIA 2024 abweichen. Sind diese Voraussetzungen nicht erfüllt, ist der Nachweis mittels dynamischer Simulation zu erbringen.

Für den Nachweis des sommerlichen Komforts sind im Minergie-Tool die Klimadaten "2035" anzuwählen. Zudem ist das Auswahlfeld zum Wärmeinseleffekt aufgrund der Informationen im "Planungstool Hitze im Siedlungsraum" (geopartner.ch/stadtklimatool) wie folgt einzustellen:

- Die Überwärmung am Objektstandort ist "sehr hoch" oder "hoch": Auswahl = "ja"
- In allen übrigen Fällen: Auswahl = "nein"

Gebäudedaten	Klimastation:	Zürich-MeteoSchweiz	Klimadaten	2035
	Lage des Projektes:	Grossflächige Stadtgebiete	Wärmeinseleffekt	Nein
	Lage in Föhngebiet:	Nein		Ja Nein

Auswahl des Wärmeinseleffekts im Minergie-Tool

Kann der thermische Komfort ohne aktive Kühlung gewährleistet werden, muss dieser zusätzlich mit dem "Klimadatensatz 2060 High" nachgewiesen werden⁸. Braucht es mit dem noch wärmeren Datensatz eine Kühlung, müssen die baulichen und langfristigen technischen Massnahmen in Absprache mit der FS EGT geprüft werden.

⁸ Sobald diese Funktion im Minergie-Tool implementiert ist.

4.4.3 Nachweis mittels dynamischer Simulation

Analog dem Nachweis durch Berechnung wird bei der dynamischen Simulation unterschieden zwischen dem Nachweis der baulichen Grundanforderungen und demjenigen der thermischen Behaglichkeit:

Bauliche Grundanforderungen	Die Simulation zum Nachweis der baulichen Grundanforderungen ist nach den Vorgaben der SIA 180, Ziffer 5.2.6, durchzuführen. Dabei gelten Standard-Randbedingungen gemäss SIA 180, Anhang C.1.
Thermische Behaglichkeit	Mit einer zweiten Simulation wird überprüft, ob die Anforderungen an die thermische Behaglichkeit, wie sie in Abschnitt 4.1.1 vorgegeben sind, eingehalten werden. Hierfür sind projektspezifische, möglichst realitätsnahe Randbedingungen anzuwenden (siehe Abschnitte 4.1.3 und 4.4.3.2).

Nebst dem Nachweis können dynamische Simulationen auch der baulichen Optimierung dienen (siehe 3.3). Diesbezügliche Varianten sind in Absprache mit der AHB Fachstelle umweltgerechtes Bauen festzulegen. Gleichzeitig können die technischen Installationen in Absprache mit der FS EGT optimiert werden. Anwendung der zukunftsgerichteten Klimadaten

Gemäss den Vorgaben im Abschnitt 4.1.2 sind dynamische Simulationen mit den zukunftsgerichteten Klimadaten (Download: map.geo.admin) durchzuführen.



Für das Stadtgebiet von Zürich stehen 3 Klimastationen mit je 6 Datensätzen zur Verfügung. Nachfolgend ist beschrieben, welche dieser Datensätze für die Durchführung thermischer Simulationen verwendet werden sollen.

Wahl der Klimastation

Mit der Wahl der Klimastation (Kaserne: Zentrum; Fluntern: Hanglage; Affoltern: Stadtrand) wird der Wärmeinseleffekt berücksichtigt. Aufgrund der Überwärmung am Objektstandort gemäss "Planungstool Hitze im Siedlungsraum" (geopartner.ch/stadtklimatool) ist die Klimastation wie folgt zu wählen:

- | | |
|--|--------------------------|
| - Überwärmung "sehr hoch" oder "hoch": | Klimastation = Kaserne |
| - Überwärmung "mässig" oder "schwach": | Klimastation = Fluntern |
| - Keine Überwärmung: | Klimastation = Affoltern |

Nachweis der baulichen Grundanforderungen

Da die baulichen Grundanforderungen das thermische Verhalten eines Gebäudes langfristig bestimmen, erfolgt deren Beurteilung nach den Klimadaten "2060". Dabei gelten folgende Vorgaben:

- Einhaltung mit dem Datensatz "2060 RCP8.5 DRY".
- Bei Bestandsbauten ist die Verhältnismässigkeit der Massnahmen zum Erreichen der baulichen Grundanforderungen projektspezifisch zu beurteilen. Zur Überprüfung kann allenfalls eine zusätzliche Simulation mit dem Datensatz "2035 RCP8.5 DRY" durchgeführt werden.

Nachweis der thermischen Behaglichkeit

Der Nachweis der thermischen Behaglichkeit erfolgt mit dem Datensatz "2035 RCP8.5 DRY".

4.4.3.1 Grundlagen für die Dimensionierung von Kühlung und Heizung

Nebst dem Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes sollen dynamische Simulationen auch Grundlagen für die Dimensionierung der technischen Komponenten zur Kühlung und Beheizung der simulierten Räume liefern. Hierzu sind zusätzliche Simulationsläufe und Auswertungen gemäss den Vorgaben der AHB Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik durchzuführen.

4.4.3.2 Simulationsparameter

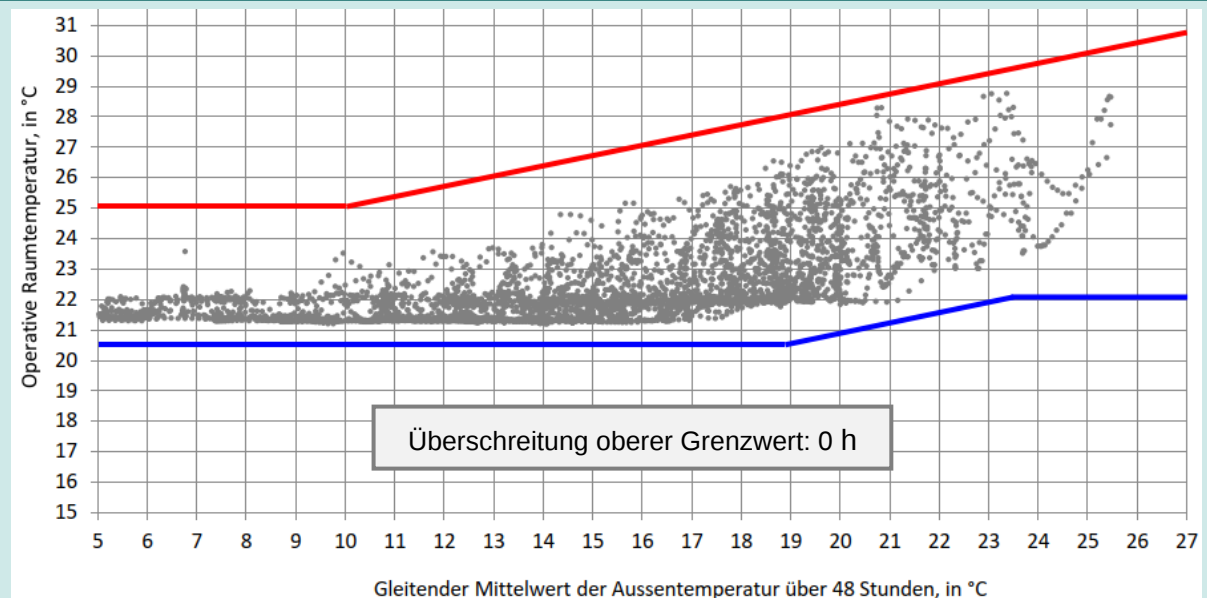
Vor der Durchführung von Simulationen sind sämtliche relevanten Parameter sorgfältig zu ermitteln, zu dokumentieren und mit den AHB Fachstellen umweltgerechtes Bauen und Energie- und Gebäudetechnik abzustimmen:

- Ausrichtung, Abmessungen und Materialisierung der zu simulierenden Räume
- Physikalische Eigenschaften der Fenster und der Sonnenschutzeinrichtungen
- Bauliche Verschattung sowie Verschattung und allenfalls Reflexionen durch Nachbargebäude
- Interne Wärmelasten und deren zeitliche Profile (siehe 4.1.3). Bei Schulen Ferien berücksichtigen!
- Kriterien für die Aktivierung des variablen Sonnenschutzes (Solarstrahlung, Wind, Benutzereingriffe)
- Natürliche Lüftung: Anordnung, Querschnitte sowie Öffnungszeiten und –dauer der Lüftungsöffnungen
- Mechanische Lüftung: Luftmengen, Zulufttemperaturen und Betriebsregime der Lüftungsanlage
- Leistung und Regelverhalten der Raumheizung
- Leistung und Regelverhalten einer allfälligen aktiven Kühlung

4.4.3.3 Darstellung der Resultate

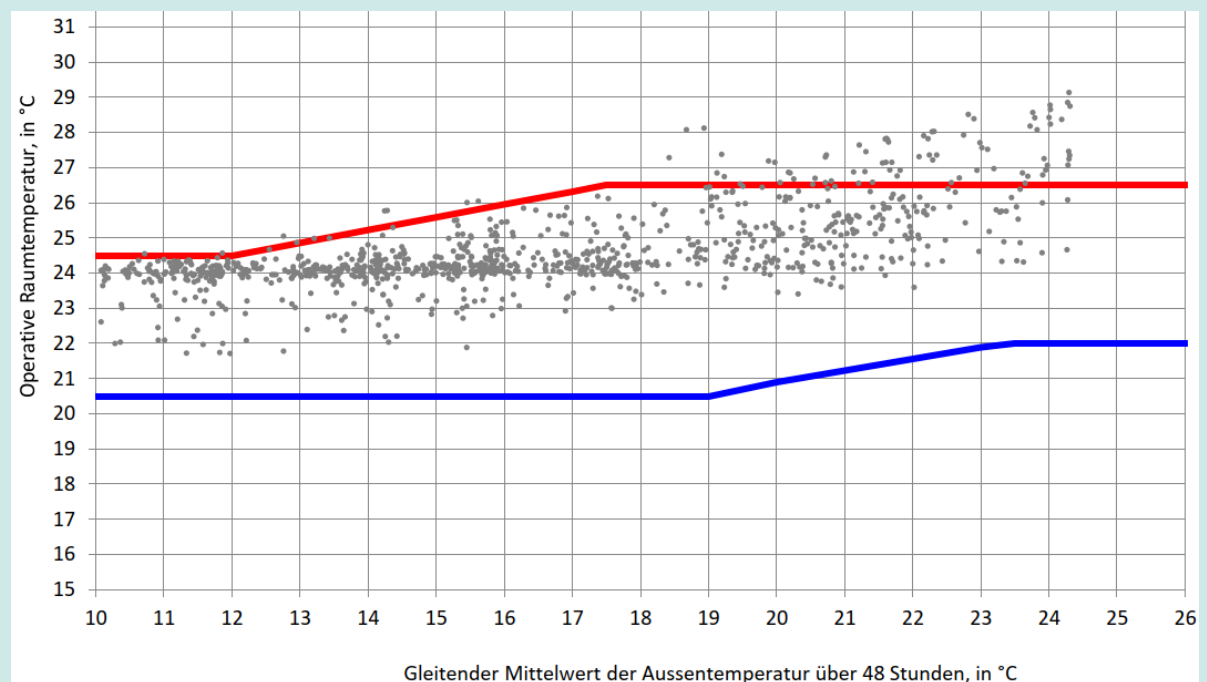
Für jeden Raum und jede Variante sind die Simulationsergebnisse wie folgt darzustellen:

Bauliche Grundanforderungen



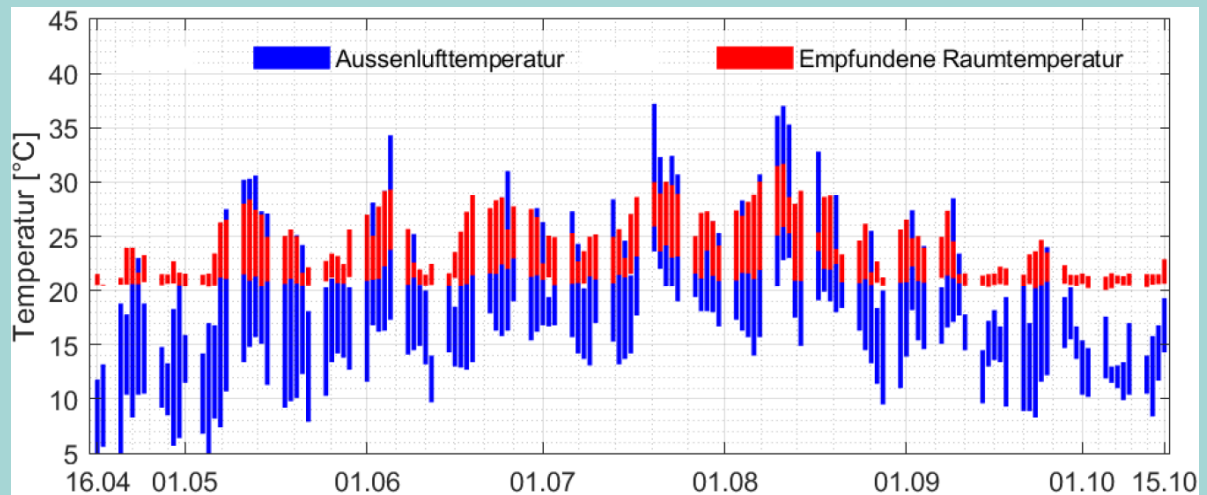
Grafik mit Stundenwerten als Punktwolke und Grenzwerten gemäss SIA 180 Figur 3 sowie Anzahl Überschreitungsstunden des oberen Grenzwerts.

Thermische Behaglichkeit



Thermische Behaglichkeit

Grafik mit Stundenwerten während der Nutzungszeiten als Punktwolke und Grenzwerten gemäss SIA 180 Figur 4 sowie Anzahl Überschreitungsstunden des oberen Grenzwerts. Bei Vorhandensein einer Raumventilation ist die obere Grenzwertkurve entsprechend anzupassen (siehe 4.1.1).



Zeitdiagramm über den Betrachtungszeitraum mit Tagesmaxima und -minima der operativen Raumtemperatur innerhalb der Nutzungszeiten zusammen mit denjenigen der Aussenlufttemperatur.

5 Abwicklung in Bauvorhaben

Legende		Eigentümergevertretung	AHB Projektleitung	AHB FS umweltger. B.	AHB FS EGT ⁹	Planung GL Bau	Planung Architektur	Planung Bauphysik	Planung HLK
E	Entscheiden (auch: genehmigen, keine vollständige Prüfung, Stichproben, auswählen)								
D	Durchführen mit Führungsverantwortung (auch: erarbeiten, planen, abwickeln)								
P	Prüfen, Kontrollieren								
M	Mitarbeiten (auch: unterstützen, beraten, kommentieren)								
()	fallweise (je nach Umfang und Komplexität der Aufgabe)								

5.1 Vorstudien (Instandsetzungen/Umbauten)

a) Kritische Räume identifizieren (siehe 4.2) und bezüglich sommerlichem Wärmeschutz beurteilen (siehe 4.3)		P	D	(M)		(D)	(D)	
b) Nutzererfahrungen einbringen	D							
c) Raumtemperaturmessungen durchführen	(D)							
d) Massnahmen definieren ¹ und dokumentieren ²	E	D	M	(M)		(D)	(M)	(M)

¹ Bei inventarisierten oder denkmalgeschützten Objekten Denkmalpflege mit einbeziehen

² Allfällige Mehrkosten durch die Berücksichtigung der Klimaerwärmung sind separat auszuweisen

5.2 Wettbewerbsverfahren (Neubauten)

a) Vorgaben zum sommerlichen Wärmeschutz im Wettbewerbsprogramm festlegen	E	P	D	(M)				
b) Fragen der Teilnehmer bezüglich der Vorgaben zum sommerlichen Wärmeschutz beantworten		P	D	(M)				
c) Wettbewerbsprojekte bezüglich sommerlichem Wärmeschutz vorprüfen			D	(M)				
d) Beurteilungsgremium bezüglich sommerlichem Wärmeschutz beraten		M	D	(M)				

5.3 Vorprojekt

a) Instandsetzungen/Umbauten: Sommerlichen Wärmeschutz im Rahmen der Zustandsanalyse beurteilen (Vertiefung und Ergänzung Vorstudie, falls vorhanden)					P	M	D	
b) Kritische Räume identifizieren (siehe 4.2) und Nachweisverfahren festlegen (siehe 4.4)		E	M	(M)	M		D	

⁹ Bezug FS EGT fallweise, bei thermischen Simulationen und sobald Kühlung wahrscheinlich ist.

Legende		Eigentümergeververtretung	AHB Projektleitung	AHB FS umweltger. B.	AHB FS EGT ⁹	Planung GL Bau	Planung Architektur	Planung Bauphysik	Planung HLK
E	Entscheiden (auch: genehmigen, keine vollständige Prüfung, Stichproben, auswählen)								
D	Durchführen mit Führungsverantwortung (auch: erarbeiten, planen, abwickeln)								
P	Prüfen, Kontrollieren								
M	Mitarbeiten (auch: unterstützen, beraten, kommentieren)								
()	fallweise (je nach Umfang und Komplexität der Aufgabe)								
c)	Massnahmen provisorisch festlegen (allenfalls in Varianten) und optimieren (siehe 3.3)	E	E	M	(M)	D	M	M	(M)
d)	Provisorischen Nachweis erstellen und dokumentieren (allenfalls in Varianten)			P	(P)		M	D	(M)
e)	Entscheid im Projektteam, ob Nachweis erfüllt: Falls NEIN ⇒ c)	E	E	M	(M)	E		M	
f)	Massnahmen und Nachweis sommerlicher Wärmeschutz im Rahmen Vorprojekt-Abschluss dokumentieren ¹		P	P	(P)	D	M	M	(M)

¹ Allfällige Mehrkosten durch die Berücksichtigung der Klimaerwärmung sind separat auszuweisen

5.4 Bauprojekt

a)	Im Vorprojekt festgelegte Massnahmen weiterentwickeln und präzisieren	E	E	M	(M)	D	M	M	(M)
b)	Definitiven Nachweis erstellen und dokumentieren			P	(P)		M	D	(M)
c)	Entscheid im Projektteam, ob Nachweis erfüllt: Falls NEIN ⇒ a)	E	E	M	(M)	E		M	
d)	Massnahmen und Nachweis sommerlicher Wärmeschutz im Rahmen Bauprojekt-Abschluss dokumentieren ¹		P	P	(P)	D	M	M	(M)
e)	Nachweis sommerlicher Wärmeschutz im Rahmen Miner-gie-Zertifizierung					P	M	D	(M)

¹ Allfällige Mehrkosten durch die Berücksichtigung der Klimaerwärmung sind separat auszuweisen

5.5 Ausschreibung und Realisierung

a)	Im Bauprojekt festgelegte Massnahmen weiter planen und umsetzen					P	D	M	(D)
b)	Projektänderungen bezüglich Auswirkungen auf den sommerlichen Wärmeschutz beurteilen und nötigenfalls Korrekturen veranlassen		P	(M)	(M)	D	M	M	(M)
c)	Planungsgemässe Umsetzung der Massnahmen sicherstellen					D	M	M	(M)
d)	Massnahmen und Nachweis sommerlicher Wärmeschutz im Rahmen der Schlusssdokumentation nachführen		P	P	(P)	D	M	M	(M)

