

Reduktion des Kühl- energiebedarfs durch optimierte Bebauungs- strukturen und Prozess- und Entwurfsoptimierung in der Gebäudeplanung

Anhang 3

Planungsleitfaden
Kühle Gebäude ohne
Technik (Langfassung)

C. Ipser,
G. Radinger,
M. Winkler,
H. Floegl,
S. Geissler

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

15c/2015

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Reduktion des Kühlenergiebedarfs durch optimierte Bebauungsstrukturen und Prozess- und Entwurfsoptimierung in der Gebäudeplanung

Planungsleitfaden: Kühle Gebäude
ohne Technik (Langfassung)

DI Christina Ipser, DI Arch. Gregor Radinger, MSc,
DI Markus Winkler, DI Dr. Helmut Floegl
Donau-Universität Krems
Department für Bauen und Umwelt

Mag. Dr. Susanne Geissler
SERA energy & resources

Krems/Wien, Oktober 2014

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“). Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse www.HAUSderZukunft.at Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhalt

1	Einleitung	5
2	Örtliche Entwicklungsplanung für kühle Gebäude ohne Technik.....	7
3	Planungsstrategien für kühle Gebäude ohne Technik	12
4	Einflussparameter auf den Kühlenergiebedarf von Gebäuden	16
4.1	Standort und Klima	19
4.1.1	Planungsentscheidung: Standort mit Fremdverschattung.....	19
4.1.2	Planungsentscheidung: Standortgestaltung zur Vermeidung bzw. Verringerung des Hitzeinseleffektes.....	20
4.1.3	Planungsentscheidung: Standort in größerer Höhenlage	22
4.2	Baukörperorientierung	23
4.2.1	Planungsentscheidung: Baukörperorientierung aufgrund von solaren Strahlungseinträgen.....	23
4.2.2	Planungsentscheidung: Baukörperorientierung aufgrund von lokalen Windrichtungen	24
4.3	Gebäudegeometrie	25
4.3.1	Planungsentscheidung: Gegliederter Gebäudegrundriss.....	25
4.3.2	Planungsentscheidung: Eigenverschattung	27
4.4	Größe und Orientierung von Verglasungen	28
4.4.1	Planungsentscheidung: Geringer Fensterflächenanteil in der Fassade.....	28
4.4.2	Planungsentscheidung: Vermeidung großer ost- und westorientierter Glasflächen.....	30
4.4.3	Planungsentscheidung: Vermeidung von Schräg- und Horizontalverglasungen.....	30
4.5	Oberflächengestaltung von opaken Gebäudehüllen	31
4.5.1	Planungsentscheidung: Verwendung heller Fassaden- und Dachfarben bzw. -materialien.....	31
4.6	Sonnenschutz	33
4.6.1	Planungsentscheidung: Verwendung von feststehendem Sonnenschutz (außen)	33
4.6.2	Planungsentscheidung: Verwendung von beweglichem Sonnenschutz (außen).....	35
4.6.3	Planungsentscheidung: Verwendung von innenliegendem beweglichem Sonnenschutz	36
4.6.4	Planungsentscheidung: Verwendung von Sonnenschutz im Zwischenraum von Doppelfassaden.....	37
4.6.5	Planungsentscheidung: Verwendung von beweglichem Sonnenschutz im Kasten- bzw. Verbundglasfenster.....	38
4.6.6	Planungsentscheidung: Verwendung von Sonnenschutzgläsern	39
4.6.7	Handlungsempfehlungen Sonnenschutz (Zusammenfassung).....	40
4.7	Wärmespeicherung	41
4.7.1	Planungsentscheidung: Einsatz von Speichermasse in Gebäuden	41
4.7.2	Planungsentscheidung: Einsatz von Phase-Change-Materials (PCM)	43
4.8	Pflanzen.....	44
4.8.1	Planungsentscheidung: Verwendung von Bäumen, Sträuchern, Gräsern zur Verschattung	44
4.8.2	Planungsentscheidung: Einsatz von Fassaden- und Dachbegrünungen.....	46
4.9	Passive Kühlsysteme	47
4.9.1	Planungsentscheidung: Gezielte Anordnung und Dimensionierung von Lüftungsöffnungen.....	47
4.9.2	Planungsentscheidung: Einsatz von Nachtlüftung	49
4.9.3	Planungsentscheidung: Einsatz von Lüftung durch thermischen Auftrieb	51
4.9.4	Planungsentscheidung: Einsatz von windunterstützter Lüftung	52
4.9.5	Planungsentscheidung: Einsatz von Verdunstungskühlung.....	53
4.10	Subjektive Temperaturwahrnehmung	54
4.10.1	Planungsentscheidung: Senkung der Anforderung an das Raumklima	54
5	Zusammenfassung	56
6	Empfohlene Literatur	56
6.1	Literatur zur Berücksichtigung des Kühlenergiebedarfs in der Bebauungsplanung	56
6.2	Literatur zur Berücksichtigung des Kühlenergiebedarfs in der Gebäudeplanung	58

6.3	Literatur zur Optimierung im Planungsprozess	63
7	Literaturverzeichnis	65
8	Anhang	69
8.1	Case Study – Velux Sunlighthouse	69
8.1.1	Projektbeschreibung	69
8.1.2	Anforderungen an die Gebäudeplanung.....	70
8.1.3	Gebäudecharakteristik.....	70
8.1.4	Innenraumkomfort.....	71
8.1.5	Ergebnisinterpretation.....	74
8.2	Glossar	75
8.2.1	Klimatische Charakteristik.....	75
8.2.2	Solarstrahlung.....	78
8.2.3	Temperatur	79
8.2.4	Luftfeuchte	79
8.2.5	Wind.....	79
8.2.6	Höhenlage	80
8.2.7	Sommertauglichkeit	81
8.2.8	Anforderung an das Raumklima (Temperaturbereich).....	82

1 Einleitung

Energieeffizienz und erneuerbare Energieträger sind wesentliche Bestandteile der österreichischen Energie- und Klimapolitik. Auf EU-Ebene werden die sogenannten 20-20-20 Ziele (20% weniger Energieverbrauch bzw. mehr Energieeffizienz, 20% weniger CO₂-Emissionen, 20% mehr erneuerbare Energieträger) durch folgende Richtlinien repräsentiert:

- Energieeffizienzrichtlinie, Richtlinie 2012/27/EU ¹
- Richtlinie Erneuerbare Energie, Richtlinie 2009/28/EG ²
- Gebäuderichtlinie EPBD, Richtlinie 2010/31/EU ³

Neben der zentral auf die energetische Optimierung von Gebäuden gerichtete Gebäuderichtlinie EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) sprechen auch die beiden anderen Richtlinien den Gebäudesektor als wichtigen Bereich für die Umsetzung der Zielsetzungen im Bereich Energieeffizienz und erneuerbare Energie an.

Empfohlene Strategien für die energetische Optimierung von Gebäuden sind:

- die Reduktion des Energiebedarfs,
- die Verminderung von Energieverlusten und
- die Deckung des restlichen Energiebedarfs mit erneuerbaren Energien.

Ausgangssituation

Während seit einigen Jahren hinsichtlich Reduktion des Heizwärmebedarfs große Effizienzsteigerungen zu verzeichnen sind, gewinnt die Gebäudekühlung aufgrund der Klimaerwärmung, aber auch durch gesteigerte Komfortansprüche der NutzerInnen, in den letzten Jahren auch im mitteleuropäischen Klima zunehmend an Bedeutung. Allerdings ist der potenzielle Einfluss von Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen (v.a. Effizienz steigernde Maßnahmen im Gebäudesektor) gerade im Bereich Gebäudekühlung sehr groß. (KRANZL u. a., 2010)

Kühle Gebäude ohne Technik

Ausgeführte Beispiele zeigen, dass durch eine entsprechende Gebäudeplanung der Kühlbedarf von Gebäuden stark reduziert und im Idealfall sogar ganz auf eine aktive Gebäudekühlung verzichtet werden kann – und das ohne Komforteinbußen.

Die Reduktion des Energiebedarfs für die Gebäudekühlung und die Deckung des restlichen Energiebedarfs mit erneuerbaren Energien sind jedoch nur dann effizient möglich, wenn die Optimierung nicht nur auf Gebäudeebene stattfindet, sondern das städtebauliche Umfeld miteinbezogen wird. In den Städten bzw. in manchen Stadtgebieten kommt es zur

¹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:DE:PDF>

² <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:de:PDF>

³ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:DE:PDF>

Entstehung höherer Temperaturen als im Umland, was als "Hitzeinsel" bezeichnet wird. Für das Stadtklima und damit die Ausbildung von städtischen Hitzeinseln sind neben den meteorologischen Bedingungen noch andere Einflussfaktoren maßgebend, etwa die Topographie, Bebauungsstrukturen, Vegetation, der Grad der Bodenversiegelung, sowie Kohlenwasserstoffemissionen und von Menschen verursachte Abwärme. (MAYER, 2011)

Die Überwärmung von bebauten Strukturen hat Auswirkungen auf den außeninduzierten Kühlenergiebedarf⁴ von Gebäuden. Die Möglichkeit passive Maßnahmen zu nutzen, wie beispielsweise das Abkühlen des Gebäudes mit kühler Nachtluft (Nachtlüftung), hängt vom Temperaturniveau und den herrschenden Luftströmungen in der jeweiligen urbanen Umgebung des Gebäudes ab. Es gibt also einen starken Zusammenhang zwischen der Ausgestaltung der Bebauungsplanung und den Möglichkeiten, sommertaugliche Gebäude zu planen, die ein angenehmes Innenraumklima ohne aktive Kühlung und somit ohne Stromverbrauch erzielen.

Das Projekt smartKB*

Das FFG-geförderte Forschungsprojekt „smartKB* - Reduktion des Kühlenergiebedarfs durch optimierte Bebauungsstrukturen und Prozess- und Entwurfsoptimierung in der Gebäudeplanung" befasst sich mit Planungsstrategien zur Reduktion des außeninduzierten Kühlbedarfs (KB*) in Gebäuden. Im Fokus stehen dabei vor allem die Schnittstellen zwischen Gebäude und städtischem Umfeld, aber auch die Wechselwirkungen von kühlbedarfsrelevanten Entwurfs- und Planungsentscheidungen mit anderen Anforderungen und Planungszielen moderner Gebäude.

Projektziele

Ziel des Projektes ist - neben der Identifikation des aktuellen Forschungsbedarfs - die Zusammenstellung von Vorgehensweisen und Handlungsempfehlungen auf drei Maßnahmenebenen:

- von der Optimierung und Verwendung geeigneter Bebauungsstrukturen (Ebene 1)
- über Entwurfsstrategien und passive Maßnahmen für Gebäudekonzepte (Ebene 2)
- bis zur Kühlenergiebedarfsreduktion durch integrale Planungsprozesse (Ebene 3).

Mehr Infos zum Projekt unter: <http://www.hausderzukunft.at/results.html/id7349>

⁴ Der außeninduzierte Kühlbedarf (KB*) ist jener Kühlbedarf, der ausschließlich durch Solareinträge und Transmission hervorgerufen wird. Innere Wärmelasten (Personenwärme, Abwärme von Geräten und Beleuchtung) und Wärmeeinträge über die Zuluft (Lüftungsanlage oder Fensterlüftung) werden dabei nicht berücksichtigt. (vgl. OIB-Richtlinie 6 – Erläuternde Bemerkungen. Ausgabe Oktober 2011)

2 Örtliche Entwicklungsplanung für kühle Gebäude ohne Technik

In den letzten Jahren ist eine Zunahme von Sommer- und Hitzetagen zu beobachten. In den Städten kommt es zu sogenannten "Hitzeinseln", das sind Bereiche mit zum Teil deutlich höheren Temperaturen als im Umland, vor allem in der Nacht. Die Entstehung von Hitzeinseln wird z.B. gefördert durch dichte Bebauungsstrukturen, einen hohen Bodenversiegelungsgrad und mangelnde Durchlüftung von städtischen Gebieten.

Damit wird auch der Kühlenergiebedarf von Gebäuden zu einem wichtigen Thema. Energieeffizienzstrategien sehen vor, Wohngebäude so zu planen, dass sie möglichst ohne aktive Kühlung, also ohne strombetriebene Klimageräte, auskommen. Es werden dabei passive Strategien wie beispielsweise die Auskühlung mit kühler Nachtluft (Nachtlüftung) angewendet. Wenn es nun zur Bildung lokaler Hitzeinseln kommt, muss die Gebäudeplanung darauf reagieren, z.B. durch den Einsatz aktiver Kühlsysteme. Das Resultat ist dann die Verschlechterung der Gebäude-Energiebilanz.

Hitzeinseln verursachen aber nicht nur einen erhöhten Energiebedarf für die Gebäudekühlung sondern beeinträchtigen in den betroffenen urbanen Bereichen auch die Aufenthaltsqualität im Freien. Daher sollten alle Möglichkeiten genutzt werden, die Entstehung städtischer Hitzeinseln zu vermeiden oder den Effekt zumindest zu verringern.

Hitzeinseln beeinflussen einerseits den Kühlenergiebedarf von Gebäuden, andererseits können Gebäude dazu beitragen, den Hitzeinseleffekt entweder zu verstärken oder zu entschärfen. Die Rahmenbedingungen dafür schaffen im Wesentlichen der Bebauungsplan und das zugrunde liegende örtliche Entwicklungskonzept von Städten und Gemeinden.

Stadtplanung muss zahlreiche Ziele vereinbar machen; das Ziel „Vermeidung von Hitzeinseln“ ist ein Planungsziel von vielen. Wichtig ist es, dieses Planungsziel als fixen Bestandteil in die Planungsprozesse zu integrieren.

Alle Maßnahmen zur Vermeidung und Reduzierung von Hitzeinseln lassen sich den folgenden Teilzielen zuordnen:

- **Vermeiden und Reduzieren der Sonneneinstrahlung** im Sommerhalbjahr (Beschattung durch Bäume mit geschlossenen Baumkronen und/oder durch gebaute Strukturen);
- **Vermeidung der Wärmespeicherung** bei gebauten Strukturen (Verwendung von Materialien mit wenig Speicherkapazität und hoher Albedo⁵);
- **Maximierung lokaler Kühleffekte durch Evapotranspiration** (Verdunstungskühlung mittels Grünflächen und Wasser);

⁵ Die Albedo ist ein Maß für die von Oberflächen reflektierte Strahlung. Helle oder stark reflektierende Materialien weisen eine hohe Albedo, also einen hohen Reflexionsgrad auf, was zu einer geringeren Absorption von Solarstrahlung und folglich zu einer geringeren Erwärmung der Oberfläche führt.

- **Abführen der tagsüber eingestrahnten Sonnenenergie und Wärme** durch nächtliche kühle Luftströmungen.

Einflussfaktoren

Es wird betont, dass die Wirkung spezifischer Maßnahmen von den jeweiligen topographischen und mikroklimatischen Bedingungen sowie von der Vegetation, der Bebauungs- und der Nutzungsstruktur vor Ort abhängt. Für genaue Angaben über die Auswirkung einzelner oder kombinierter Maßnahmen sind detaillierte Simulationen unter Berücksichtigung der jeweiligen Rahmenbedingungen erforderlich. In den letzten Jahren wurden dazu entsprechende geeignete Programme entwickelt (beispielsweise ENVI-met oder dessen Weiterentwicklung im Rahmen des Projekts Green4Cities). Dennoch lassen sich manche Aussagen verallgemeinern:

Zusätzlicher Baulandbedarf und dichte Bebauung begünstigen Hitzeinseln, wenn keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen werden.

In einem Projekt des Deutschen Wetterdienstes wurden am Beispiel der Stadt Frankfurt am Main die Auswirkungen einer zusätzlichen Bebauung simuliert und die Überschreitung folgender Schwellenwerte untersucht:

- Sommertage mit einer Tageshöchsttemperatur von 25°C oder höher
- Heiße Tage mit einer Tageshöchsttemperatur von 30°C oder höher
- Biergartenabende mit einer Lufttemperatur von 20°C oder höher um 20 Uhr MESZ (Mitteleuropäische Sommerzeit)
- Sommerabende mit einer Lufttemperatur von 20°C oder höher um 22 Uhr MESZ
- Warme Nächte mit einer Minimumtemperatur von 17°C oder höher
- Tropennächte mit einer Minimumtemperatur von 20°C oder höher

Die Simulationen zeigten, dass zusätzliche Bebauung zu einer Zunahme von Sommertagen und Sommerabenden wie oben definiert führen kann. (FRÜH u. a., 2011)

Ausgleichsmaßnahmen

Folgende Maßnahmen können zur Vermeidung und Reduktion von Hitzeinseleffekten beitragen:

- Beschattung des Straßenraums und der Außenwände
- Gute Durchlüftung des Außenraums
- Berücksichtigung ausreichender Grün- und Freiflächen
- Einsatz von Oberflächenmaterialien mit hohem Reflexionsvermögen

Beschattung des Straßenraums und der Außenwände

Die wirksamste Ausgleichsmaßnahme ist die **Beschattung des Straßenraums und der Außenwände** im Sommer, also die Vermeidung des Auftreffens der Sonneneinstrahlung auf die bebaute Struktur. (SANEINEJAD u. a., 2014)

Damit besteht jedoch ein Zielkonflikt mit den passiven Solargewinnen im Winter. Dieser Zielkonflikt lässt sich durch die Bepflanzung mit Laubbäumen auflösen. Laubbäume mit geschlossenen Baumkronen stellen eine wirksame Form der temporären Beschattung dar, die dann verfügbar ist, wenn sie notwendig ist. Laubbäume beschatten Straßenzüge (wichtig vor allem bei West-Ost verlaufenden Straßen) im Sommer und ermöglichen solare Gewinne im Winter. Damit wird der solare Eintrag im Sommer reduziert und die solaren Gewinne im Winter zur Reduktion des Energieverbrauchs für Raumheizung werden ermöglicht.

Durch die Bepflanzung mit Laubbäumen können jedoch andere Zielkonflikte mit folgenden Planungszielen der Stadtplanung entstehen:

- Hohe Verkehrssicherheit: Stürme und Starkregen können herabfallende Äste und umgestürzte Bäume verursachen und die Verkehrssicherheit beeinträchtigen.
- Geringe Kosten für Kommunale Dienstleistungen: Es kann ein Mehraufwand für die Straßenreinigung durch Blattfall im Herbst und ein Mehraufwand für die Bewässerung entstehen.
- Statische Gebäudesicherheit: Zu nahe an Gebäuden gepflanzte Bäume können mit ihren Wurzeln die Statik von Gebäuden beeinträchtigen.
- Gute Durchlüftung: Geschlossene Baumkronen können den Luftaustausch behindern.

Die Punkte 1 – 3 sind durch gute Planung und Bewirtschaftung zu bewältigen. Hinsichtlich Punkt 4 sind folgende Aspekte bei der Planung abzuwägen (Fuchs und Kern 2011):

Gute Durchlüftung des Außenraums versus Beschattung durch dichte Baumkronen

Eine funktionierende Belüftung ist wichtig, um die Entfernung der in der Luft enthaltenen Schadstoffe aus dem Straßenraum sicherzustellen und unerwünschte Wärme abzuführen. Das wird am besten durch die vertikale Durchmischung der belasteten mit frischer Luft aus oberen Luftschichten erreicht. Straßenbäume mit dichten Kronen sind zwar für die Beschattung vorteilhaft, können aber möglicherweise diese Durchlüftung behindern.

Neben der vertikalen Durchmischung kommt es durch zusammenhängende Grünräume (Frischlufteleitbahnen) zur horizontalen Durchmischung und damit zur Verbesserung der Luftqualität.

Grün- und Freiflächen

Grün- und Freiflächen sind multifunktional und tragen ebenfalls zur Reduzierung von Hitzeinseln bei. Sie erfüllen wichtige Funktionen für die Stadtgestaltung, die psychische und physische Gesundheit der Bewohnerinnen und Bewohner, den Arten- und Biotopschutz und

den Naturhaushalt. Darüber hinaus sind sie wichtig für das Mikroklima aufgrund von folgenden Effekten:

- **Verdunstungskälte:** Die Verdunstung von Wasser benötigt Energie. Die Energie wird der Luft entzogen. Das macht sich als Temperaturabsenkung bemerkbar. Man unterscheidet verschiedene Formen der Verdunstung:
 - **Evaporation** bezeichnet die Verdunstung von Wasser von freien Flächen (Wasserflächen, Boden, andere Oberflächen). Die verdunstete Wassermenge hängt vor allem von der verfügbaren Wassermenge, der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit ab.
 - **Transpiration** bezeichnet die Verdunstung von Wasser durch Pflanzen. Die verdunstete Wassermenge hängt vor allem von der Pflanzenart ab. Manche Pflanzenarten gedeihen bei heißen Temperaturen und wenig Wasser, während andere diese Bedingungen nicht überleben. Die Auswahl der Pflanzen für die Begrünung hat einen Einfluss auf den Kühleffekt.
 - **Evapotranspiration** bezeichnet die Verdunstung von begrünten Flächen, es handelt sich um eine Mischung aus Evaporation und Transpiration.
- **Beschattung** verhindert das Auftreffen der direkten Sonnenstrahlung, wodurch sich die betroffenen Oberflächen weniger stark erwärmen.
- Der **Luftaustausch** im Stadtbereich wird durch zusammenhängende Grünräume (Frischluftleitbahnen) begünstigt, was dazu beiträgt Schadstoffe und Wärme abzuführen.

Grünflächen am Gebäude sind multifunktional

Dach- und Fassadenbegrünungen verursachen Kosten in der Errichtung (Fassadenkonstruktion für die Bepflanzung, Substrat für das Gründach) und im Betrieb (Bewässerung, Pflege der Grünflächen). In der Kostenbilanz helfen sie jedoch Kühlenergie der begrünten Gebäude einzusparen. Weitere positive, nicht quantifizierbare Effekte sind Beiträge zur Wasserrückhaltung, Transpiration und Staubbindung.

Im Vorfeld einer geplanten Begrünung ist zu ermitteln, wo die Gebäudeflächen am effektivsten begrünt werden können bzw. wo die Kombination von Erholungsnutzung und Energiegewinnung vorgesehen werden soll.

Reduktion des Bodenversiegelungsgrads durch neue Materialien und Begrünung für ein besseres Mikroklima

Eine geringe Bodenversiegelung erhöht die Wasser- und Luftdurchlässigkeit des Bodens. Das ist für das Bodenleben wichtig, aber auch für das Regenwassermanagement, da so mehr Wasser versickern kann. Mehr Bodenfeuchtigkeit trägt zur Verdunstungskühlung bei: Wasser verdunstet und entzieht dabei dem Umgebungsmedium Wärme.

Materialien für die Bodenbefestigung wie Rasengittersteine und Rasenpflastersteine vermindern den Versiegelungsgrad und gewährleisten gleichzeitig die Begehbarkeit und Befahrbarkeit von Flächen. Neue hochfeste und gleichzeitig hohlraumreiche und luft- und

wasserdurchlässigen Beläge für Leichtverkehrswege, sowie Baumscheiben, etc. sind am Markt verfügbar. Unbepflanzter nicht versiegelter Boden ist zwar auch unversiegelt, aber weniger vorteilhaft als bepflanzter Boden: der Boden erwärmt sich durch die auftreffende Sonnenstrahlung, was negative mikroklimatische Auswirkungen nach sich ziehen kann. Bei Wind kommt es außerdem zu erhöhter Staubbelastung.

Einsatz von Materialien mit hohem Reflexionsvermögen

Materialien mit hoher Albedo (helle oder reflektierende Materialien) an Gebäuden und im städtischen Raum reflektieren die solare Einstrahlung. Die Reflexion bewirkt, dass die auftreffende Sonnenstrahlung zurückgeworfen wird und nicht dazu beiträgt, das Material zu erwärmen. Die Oberflächentemperaturen sind geringer als jene von Materialien mit niedriger *Albedo*. Materialien mit einem hohen Reflexionsgrad (Materialien mit hoher *Albedo*) können so das Aufheizen des Außenraums vermindern.

Folgende Faktoren sind zu berücksichtigen, wenn Oberflächen mit hoher Reflexionsfähigkeit eingesetzt werden:

- **Langlebigkeit, Wartungs- und Instandhaltungskosten:** Wie lange der gewünschte Effekt tatsächlich anhält und wann eine Erneuerung erfolgen muss, ist abhängig von verschiedenen Faktoren wie z.B. der Verschmutzung oder dem Abrieb von Oberflächen.
- **Umwelt- und Gesundheit:** Materialien sind dem Wetter ausgesetzt und es kann dadurch Abrieb entstehen. Das ist bei der Materialwahl zu berücksichtigen (Abriebfestigkeit).
- **Unerwünschte Erwärmung:** Bei dichter Bebauung kann sich das Umfeld des Gebäudes erwärmen, wenn der Sky View Faktor⁶ gering ist und die Strahlung in der Nacht nicht abgegeben werden kann.
- **Energieverbrauch für Raumheizung:** Oberflächenmaterialien mit hoher Albedo (z.B. stark reflektierende Materialien) können sich negativ auf den Energieverbrauch im Winter auswirken.

Die beschriebenen Aspekte sind auf allen Planungsebenen, beginnend bei der Erarbeitung bzw. Überarbeitung des örtlichen Entwicklungskonzepts über die Flächenwidmungsplanung bis zur Bebauungsplanung zu berücksichtigen. Damit kann die Entstehung von Hitzeinseln vermieden bzw. der Hitzeinseleffekt verringert werden und die Möglichkeiten zur Planung kühler Gebäude ohne Technik (oder mit möglichst wenig Technik) bleiben erhalten.

⁶ Der **Sky View Factor** (SVF) gibt den Grad der Sichtbarkeit des Himmels von einem bestimmten Punkt am Boden aus an und wird in einem Wertebereich von 0 bis 1 angegeben. Freigelände ermöglichen einen höheren Reflexionsgrad von Strahlung in Richtung Firmament als verbaute Stadtgebiete. Ist der SVF gering, so verbleibt ein hoher Anteil der Wärmestrahlung im Stadtgebiet und wird nicht abtransportiert.

3 Planungsstrategien für kühle Gebäude ohne Technik

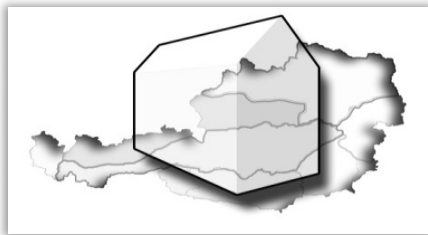
Durch die Klimaerwärmung, aber auch durch gesteigerte Komfortansprüche der NutzerInnen, gewinnt die Gebäudekühlung in den letzten Jahren auch im mitteleuropäischen Klima zunehmend an Bedeutung. Ausgeführte Beispiele zeigen jedoch, dass durch eine entsprechende Gebäudeplanung der Kühlbedarf von Gebäuden stark reduziert, oder sogar ganz auf eine aktive Gebäudekühlung verzichtet werden kann – und das ohne Komforteinbußen.

Entwurfs- und Gebäudeoptimierung

In Bezug auf den Gebäudeentwurf lassen sich unterschiedliche bauliche Maßnahmen identifizieren, die dazu beitragen können eine sommerliche Überhitzung zu vermeiden. Im Rahmen des smartKB* Projektes wurden zehn Themenbereiche definiert, denen sich einzelne kühlbedarfsrelevante Planungsmaßnahmen zuordnen lassen:

Standort und Klima

Lokal vorherrschende klimatische Bedingungen und spezifische Standortparameter bilden die Grundlage für einen (kühl-) energieeffizienten Gebäudeentwurf. Beispielsweise ermöglichen Standorte mit viel Sonnenstrahlung und niedrigen Außenlufttemperaturen (z.B.

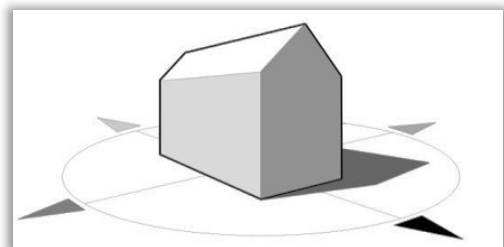


Standorte in größeren Seehöhen) die passive Solarenergienutzung im Winter mit großen südorientierten Glasflächen, denn unerwünschte Wärmeeinträge im Sommer können durch die niedrigeren Lufttemperaturen leichter wieder abgelüftet werden.

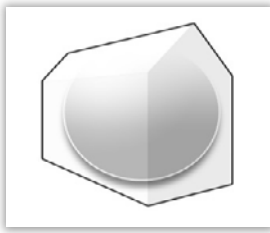
Baukörperorientierung

Durch gezielte Orientierung des Baukörpers zur Sonne und zu den lokalen Windrichtungen kann eine Raumüberwärmung in Sommer- und Übergangszeiten vermieden werden.

Südorientierte Glas- und Fassadenflächen lassen sich im Sommer z.B. leichter vor unerwünschter Sonneneinstrahlung schützen, als Ost- oder Westfassaden (niedriger Sonnenstand am Morgen und Abend). Richtig auftreffende Winde können für die Belüftung des Gebäudes und den Abtransport unerwünschter Wärmelasten genutzt werden.



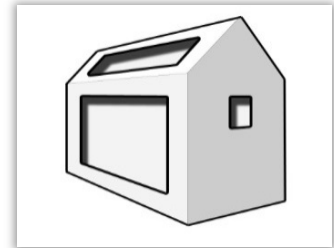
Gebäudegeometrie



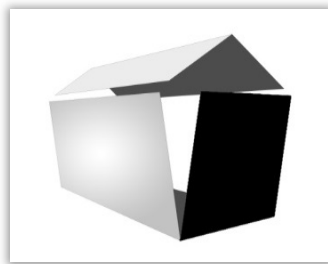
Innenhöfe, gegliederte Gebäudegrundrisse und gegliederte oder gefaltete Fassaden ermöglichen eine gezielte Verschattung der Fassade durch eigene Bauteile und erleichtern die Anordnung von Lüftungsöffnungen.

Größe und Orientierung von Glasflächen

Große Glasflächen ermöglichen die Tageslichtnutzung und die passive Solarenergienutzung im Winter, können jedoch zu unerwünschten Wärmeeinträgen im Sommer führen. Vor allem Glasflächen an Ost- und Westfassaden, sowie Horizontal- und Schrägverglasungen müssen sorgfältig dimensioniert werden um zu hohe Wärmeeinstrahlung im Sommer zu vermeiden.



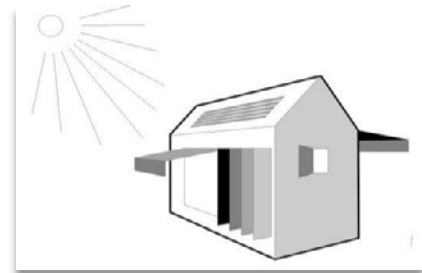
Oberflächengestaltung von opaken Gebäudehüllen



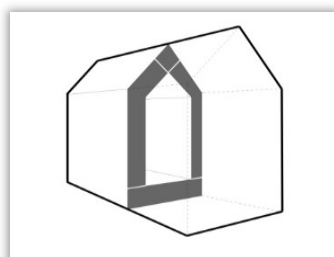
Die Oberflächentemperatur der opaken (nicht transparenten) Teile der Gebäudehülle lässt sich durch gezielte Auswahl von Farben, Materialien und Konstruktion beeinflussen. Dunkle Oberflächen heizen sich z.B. bei Sonneneinstrahlung stärker auf, während helle oder reflektierende Oberflächen einen höheren Strahlungsanteil in den Himmel oder ins Gebäudeumfeld zurückwerfen.

Sonnenschutz

Unterschiedliche Verschattungssysteme können eingesetzt werden um den Strahlungseintrag durch die Verglasung zu reduzieren und flexibel auf die jeweiligen klimatischen Bedingungen zu reagieren. Außenliegende Verschattungseinrichtungen schützen am wirksamsten vor Überhitzung.



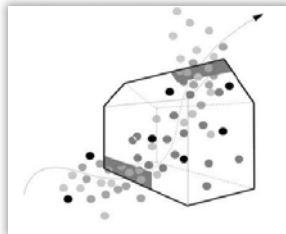
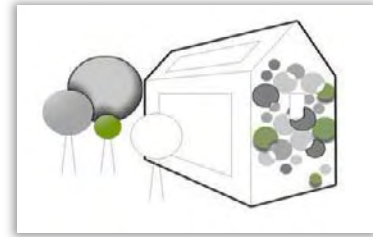
Wärmespeicherung



Durch die gezielte Anordnung von „speicherwirksamer Masse“ (massive Bauteile und Baustoffe an der Oberfläche von Innenräumen, z.B. unverkleidete Betondecken) können Temperaturspitzen in der Raumluft ausgeglichen und Temperaturextreme vermieden werden.

Pflanzen

Pflanzen können nicht nur das Mikroklima um das Gebäude verbessern, sondern auch als Fassadenbegrünung, oder vor Fenstern und Glasflächen angeordnet, zur gezielten Verschattung der Fassade eingesetzt werden.

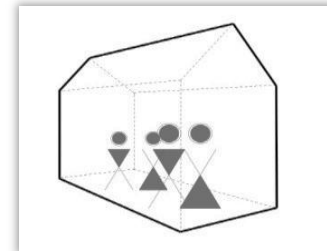


Passive Kühlsysteme

Passive Kühlsysteme halten Gebäude im Sommer mit natürlicher Lüftung oder Verdunstungskühlung ohne den Einsatz zusätzlicher Energie auf angenehmen Temperaturen.

Subjektive Temperaturwahrnehmung

Temperaturgrenzen für das Behaglichkeitsempfinden lassen sich durch Materialität und Struktur von Oberflächen, Farbgebung und Lichtsituation erweitern, z.B. empfinden die meisten Menschen mit roten Farbtönen gestaltete Räume wärmer als in blauen Tönen gehaltene.



In Kapitel 6 werden die Maßnahmenbereiche einzelner Einflussparameter, die sich auf den Kühlbedarf auswirken, detailliert beschrieben.

Maßnahmenhierarchie

Die wirkungsvolle und kosteneffiziente Umsetzung der meisten vorgeschlagenen baulichen Maßnahmen zur Reduktion des Kühlbedarfs erfordert ihre Berücksichtigung in den frühesten Planungsphasen. Viele Planungsentscheidungen, die zu diesem Zeitpunkt getroffen werden, haben einen wesentlichen Einfluss auf das sommerliche Temperaturverhalten des Gebäudes und können nachträglich kaum oder nur mit erhöhtem Aufwand geändert werden.

Eine ganz wesentliche Grundlage für einen kühlenergieeffizienten Gebäudeentwurf bildet immer die Berücksichtigung der klimatischen Rahmenbedingungen und spezifischen Standortparameter. An erster Stelle eines kühlenergieeffizienten Gebäudeentwurfs sollte die Wahl einer entsprechenden Gebäudegeometrie und Baukörperorientierung am Bauplatz stehen. Für die Vermeidung einer sommerlichen Überhitzung spielen außerdem die Größe und Orientierung von Verglasungen, die Oberflächengestaltung der opaken Teile der Gebäudehülle und der Einsatz wirksamer Sonnenschutzmaßnahmen eine wesentliche Rolle. Durch den Einsatz von speicherwirksamer Masse im Gebäude lassen sich Temperaturspitzen abmildern und Temperaturextreme können vermieden werden.

Schließlich können auch Pflanzen an oder vor der Fassade eingesetzt werden um das Mikroklima um das Gebäude zu verbessern und Teile der Fassade gezielt zu verschatten. Und in einem letzten Schritt können passive Kühlsysteme zum Einsatz kommen um die thermische Behaglichkeit im Sommer ohne zusätzlichen Energieeinsatz sicherzustellen.

Als weiterer Maßnahmenbereich wird außerdem die „subjektive Temperaturwahrnehmung“ angeführt, da sich z.B. durch gestalterische Maßnahmen im Innenraum die Temperaturgrenzen für das Behaglichkeitsempfinden erweitern lassen.

Innere Lasten

Eine wesentliche Rolle bei der Erzielung behaglicher Raumtemperaturen im Sommer spielt auch die Reduktion innerer Wärmelasten (Wärmeabgabe durch Beleuchtung, Maschinen usw.). Dieser Themenbereich war nicht Teil des smartKB* Projektes und wird hier der Vollständigkeit halber angeführt.

Integraler Planungsprozess

Die Weichenstellung zur Planung von kühlbedarfsoptimierten Gebäuden erfolgt bereits in den allerersten Planungsphasen. Entscheidungen, die hier getroffen werden, sind rückwirkend schwer und nur mit erhöhtem Aufwand zu ändern.

Unter "Integraler Planung" wird in der Literatur die simultane Mitwirkung aller am Planungsprozess Beteiligten (also InvestorInnen, ProjektentwicklerInnen, PlanerInnen und FachplanerInnen, BetreiberInnen sowie NutzerInnen) schon von den frühesten Planungsphasen an verstanden (vgl. KOVACIC & SEIBEL, 2010). Diese Planungsmethode eignet sich ausgezeichnet um eine Miteinbeziehung aller betroffenen Planungsbeteiligten in die jeweils relevanten Planungsentscheidungen sicherzustellen.

Obwohl die Methode der integralen oder vernetzten Planung in Fachkreisen seit vielen Jahren bekannt ist und auf theoretischer Ebene stetig diskutiert, analysiert und weiterentwickelt wird, erfolgen Planungsprozesse in der Praxis noch immer meist sequentiell und ohne klares Bewusstsein für die Wechselwirkungen verschiedener Architektur- und Fachplanungsentscheidungen. Am Beginn einer Gebäudeplanung steht oftmals der Vorentwurf eines ArchitektInnenenteams, der im Entwurf, der Einreichplanung, der Ausführungsplanung und letztendlich in der Detailplanung endet.

Neben den ArchitektInnen gibt es eine Vielzahl an FachplanerInnen und SonderkonsulentInnen, deren Planungsentscheidungen den Kühlenergiebedarf direkt (gezielt) oder indirekt beeinflussen können. Diese sollten ihr Spezialwissen bereits in frühen Planungsphasen einbringen, da hier noch der Planungsspielraum besteht um vorhandene Potentiale bestmöglich auszunutzen und Zielkonflikte unterschiedlicher Planungsanforderungen zu vermeiden oder bestmöglich zu lösen.

Deshalb sind folgende drei Faktoren für die Umsetzung kühlenergieeffizienter Gebäude essenziell:

- **Planungsziel "kein / niedriger Kühlenergiebedarf" bereits vor Planungsbeginn klar formulieren**
- **Kühlenergierelevante Aspekte bereits in den frühesten Planungsphasen** (Bedarfsplanung, Standortwahl, Standortanalyse ...) **berücksichtigen**
- **Fachplanung zeitgerecht** in Planungsentscheidungen **einbinden**, die sich auf den Kühlenergiebedarf des Gebäudes auswirken - idealerweise in einem "Integralen Planungsprozess"

4 Einflussparameter auf den Kühlenergiebedarf von Gebäuden

In den nachfolgenden Erläuterungen werden die wesentlichen Einflussparameter und Maßnahmenbereiche in Bezug auf die Reduktion des Kühlenergiebedarfs von Gebäuden sowie ihre Wechselwirkungen (Zielkonflikte und Synergien) mit bauklimatischen Planungszielen und anderen Zielgrößen der integralen und nachhaltigen Planung dargestellt.

Auf Basis einer durchgeführten Literaturrecherche und ExpertInnenbefragungen wurden jene Maßnahmenbereiche identifiziert, die auf Kühlbedarfseigenschaften von Gebäuden wesentlichen Einfluss nehmen (siehe Tabelle 1). Im Folgenden Abschnitt werden Planungsentscheidungen beschrieben, die zur Reduktion des Kühlenergiebedarfs von Gebäuden beitragen können.

Maßnahmenbereich	Planungsentscheidungen und Einflussparameter
Standort und Klima	Standort mit Fremdverschattung
	Standortgestaltung zur Vermeidung bzw. Verringerung des Hitzeinseleffektes
	Standort in größerer Höhenlage
Baukörperorientierung	Orientierung aufgrund von solaren Strahlungseinträgen
	Orientierung aufgrund von lokalen Windrichtungen
Gebäudegeometrie	Gegliedertter Gebäudegrundriss (Anordnung von Lichthöfen etc. für kühle Zuluft)
	Eigenverschattung (durch Fassadengliederung, Dachvorsprünge, Balkone, Loggien, Laibungstiefe, usw.)
Größe und Orientierung von Verglasungen	Geringer Fensterflächenanteil in der Fassade
	Vermeidung großer ost- und westorientierter Glasflächen

Maßnahmenbereich	Planungsentscheidungen und Einflussparameter
	Vermeidung von Schräg- und Horizontalverglasungen
Oberflächengestaltung der opaken Teile der Gebäudehülle	Verwendung heller Fassaden- und Dachfarben und Materialien
Sonnenschutz	Verwendung von feststehendem Sonnenschutz (außen)
	Verwendung von beweglichem Sonnenschutz (außen)
	Verwendung von innenliegendem, beweglichem Sonnenschutz
	Verwendung von Sonnenschutz im Scheibenzwischenraum
	Verwendung von beweglichem Sonnenschutz im Kasten- bzw. Verbundglasfenster
	Verwendung von Sonnenschutzgläsern
Wärmespeicherung	Einsatz von Speichermasse im Gebäude
	Verwendung von Phase-Change-Materials (PCM)
Pflanzen	Verwendung von Bäumen, Sträuchern, Gräsern zur Verschattung
	Einsatz von Fassaden- und Dachbegrünung
Passive Kühlsysteme	Gezielte Anordnung und Dimensionierung von Lüftungsöffnungen (z.B. für Querlüftung)
	Einsatz von Nachtlüftung
	Einsatz von Lüftung durch thermischen Auftrieb
	Einsatz von windunterstützter Lüftung
	Einsatz von Verdunstungsabkühlung
Subjektive Temperaturwahrnehmung	Senkung der Anforderung an das Raumklima (Zulassen höherer Temperaturbereiche)

Tabelle 1: Maßnahmenbereiche und Einflussparameter bzw. Planungsentscheidungen zur Reduktion des Kühlbedarfs durch Gebäudedesign und passive Maßnahmen

Handlungsempfehlungen

Abgeleitet von diesen Untersuchungen wurden jeweils Handlungsempfehlungen formuliert, die zur Unterstützung eines integralen Planungsprozesses mit dem Ziel der Kühlbedarfsreduktion in Gebäuden geeignet sind.

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

Ebenfalls genannt werden weiterführende Planungsziele des nachhaltigen Bauens, die mit den kühlbedarfsrelevanten Planungsmaßnahmen in Wechselwirkung stehen. Dabei wird zwischen möglichen Synergien oder Zielkonflikten unterschieden, die in der Planung berücksichtigt werden müssen.

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess

Für eine optimale Umsetzung der kühlbedarfsrelevanten Planungsmaßnahmen unter Berücksichtigung der möglichen auftretenden Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen ist ein integraler Planungsprozess Voraussetzung. Das Infocenter

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess

zeigt, welche planungsbeteiligten Personen (siehe Tabelle 1) jeweils in die Planungsentscheidung mit einbezogen werden sollten.

Abkürzung	Planungsbeteiligte im integralen Planungsprozess
BH	Bauherrschaft / AuftraggeberIn (Nutzung)
ARCH	Architekturplanung
EL	Fachplanung Elektrik
TW	Fachplanung Tragwerk
TGA	Fachplanung Technische Gebäudeausrüstung
BPH	Fachplanung Bauphysik
SIM	Thermisch-energetische Gebäudesimulation
FM	Facility Management
FP Brandschutz	Fachplanung Brandschutz
FP Außenraum	Fachplanung Außenraumgestaltung (Garten- und Landschaftsplanung)
SK Lichtplanung	SonderkonsulentIn für Licht- und Tageslichtplanung
SK Sonnenschutz	SonderkonsulentIn für Sonnenschutztechnik
SK Gebäudeautomation	SonderkonsulentIn für Gebäudeautomation
SK Schallschutz	SonderkonsulentIn für Schallschutz und Akustik
SK Gebäudebegrünung	SonderkonsulentIn für Vegetationstechnik (Dach- und Fassadenbegrünung)
SK Erneuerbare	SonderkonsulentIn für erneuerbare Energien (Photovoltaik, Solarthermie, Windenergie usw.)
SK Materialökologie	SonderkonsulentIn für Materialökologie
SK Mikroklima	SonderkonsulentIn für Klimatologie / Stadtklima (Wind, Strahlungsbilanz)

Tabelle 2: Planungsbeteiligte Personen mit Bezug zu Kühlenergiebedarfsrelevanten Planungsentscheidungen im integralen Planungsprozess und Abkürzungen

4.1 Standort und Klima

Die Entscheidung zur Standortwahl wird in der Praxis durch andere Kriterien beeinflusst werden, als durch das Standortklima. Dabei sollte aber berücksichtigt werden, dass dieses einen ganz wesentlichen Einfluss auf den außeninduzierten Kühlbedarf hat.

Jeder Standort bietet spezifische einzigartige Außenbedingungen, die eine sorgfältige Analyse erfordern. Eine genaue Kenntnis der wesentlichen Klimafaktoren und -elemente ist für den Planungserfolg von maßgeblicher Bedeutung. Sie bestimmen die Energie- und Stoffmengen, die für die Realisierung und den Betrieb von Gebäuden benötigt werden. (vgl. HERZOG u. a., 2004, S. 19ff)

Zu den wesentlichen standortbezogenen Einflussfaktoren auf den Kühlenergiebedarf von Gebäuden zählen etwa der Sky View Faktor (SVF, Grad der Sichtbarkeit des Himmels von einem bestimmten Punkt am Boden aus) bzw. Höhe und Abstand von benachbarten Objekten, Materialien und Oberflächenbeschaffenheiten, Grün- und Wasserflächen. (vgl. FREY, 2014, S. 17)

4.1.1 Planungsentscheidung: Standort mit Fremdverschattung

Höhe und Abstand von umgebenden Bebauungen sowie die Geländetopographie haben großen Einfluss auf das Solarstrahlungsangebot, das auf die Hülle eines Gebäudes auftrifft und damit auch auf die erzielbaren passiv solaren Gewinne bzw. die Möglichkeit zum Einsatz fassadenintegrierter Solartechnik. Gleichzeitig wirken sich diese Parameter auf den Luftaustausch im Stadtraum aus, wie etwa im Fall von zu enger Gebäudestaffelung, bei der die Gebäudezwischenräume aufgrund der verringerten Druckdifferenz an verschiedenen Seiten eines Gebäudes nicht mehr ausreichend durchlüftet werden. (vgl. REICHEL u. a., 2012, S. 33).

Unverbaute Gebiete und Freigelände weisen einen höheren Sky View Faktor (SVF) auf als dicht verbaute Stadtgebiete. Ein geringer SVF bedingt, dass Materialien mit hoher Albedo (mit einem hohen Reflexionsgrad) die Solarstrahlung nur eingeschränkt in Richtung Firmament reflektieren können. In der Nacht kann es dadurch zu einem verminderten Wärmeabstrahlvermögen aus den Gebäuden in Richtung Himmel kommen. Die Wärme verbleibt bei mangelnder Durchlüftung im Stadtgebiet und wird nicht abtransportiert. (vgl. FREY, 2014, S. 17)

Handlungsempfehlungen

In Bezug auf die erwünschten solaren Gewinne im Winter und die unerwünschte solare Einstrahlung im Sommer ist eine Nord-Süd-Ausrichtung von Baukörpern innerhalb von Bebauungsstrukturen sinnvoll. Der Gebäudeabstand in südlicher Richtung sollte etwas größer sein, in östlicher und westlicher Richtung kann eine engere Gebäudestellung solare Lasten im Sommer reduzieren. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2011, S. 68) Durch entsprechende Anpassung der Dachform kann der Gebäudeabstand optimiert und somit eine höhere Dichte

erreicht werden, wobei alle Aspekte einer nachhaltigen Stadtgestaltung gleichermaßen zu berücksichtigen sind. Als Optimum für eine gute Durchlüftung der Gebäudezwischenräume gilt: Gebäudeabstand > dreifache Gebäudehöhe (vgl. REICHEL u. a., 2012, S. 33)

Grundsätzlich gilt, je offener eine Bebauung strukturiert ist und je höher die Rückstrahlung auftreffender solarer Strahlung ist (Materialien mit hoher Albedo), desto geringere Oberflächentemperaturen werden erzielt. Hohe und dichte Bauweisen führen zu erhöhtem Wärmestau, sofern ein Abtransport der Wärme durch Winde nicht möglich ist. (vgl. FREY, 2014, S. 111)

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Zielkonflikte
 - **Passive Solarenergienutzung in der Heizperiode** – kann aufgrund von vermehrter Beschattung durch Nachbarbebauungen erschwert werden
 - **Minimierung der Lüftungs- und Transmissionswärmeverluste** – kann aufgrund geringerer Wärmespeicherung und Außentemperaturen erschwert werden (Materialien mit hoher Albedo, Bebauung mit hohem SVF, hohe Windgeschwindigkeiten)
 - **Tageslichtnutzung** – kann durch verminderte natürliche Lichteinträge aufgrund von Beschattung durch Nachbarbebauungen und eingeschränkter Sichtverbindung auf den freien Himmel erschwert werden, dadurch würde der erhöhte Einsatz künstlicher Beleuchtung notwendig
 - **Energiebereitstellung mit aufgeständerten oder gebäudeintegrierten Photovoltaik- oder Solarthermieranlagen** – kann aufgrund von vermehrter Beschattung durch Nachbarbebauungen u.a. erschwert werden
 - **Direktlichteintrag im Winter** – kann aufgrund von vermehrter Beschattung durch Nachbarbebauungen erschwert werden
 - **Visueller Komfort** – kann durch verminderte natürliche Lichteinträge, erhöhten Einsatz künstlicher Beleuchtung mit geringer visueller Qualität sowie eingeschränkten Außenraumbezug beeinträchtigt werden

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess

ARCH, BH, SK Lichtplanung, SK Mikroklima, BPH (solare Standortanalyse), falls vorgesehen: SK Erneuerbare

4.1.2 Planungsentscheidung: Standortgestaltung zur Vermeidung bzw. Verringerung des Hitzeinseleffektes

Der Hitzeinseleffekt ist dafür verantwortlich, dass sich die lokalen mikroklimatischen Bedingungen in städtischen Gebieten häufig von jenen in der Umgebung unterscheiden. Am deutlichsten zeigt sich dieser Effekt an höheren durchschnittlichen Umgebungstemperaturen in dicht bebauten innerstädtischen Lagen. Die größere Oberfläche der Bebauung, auf der

Solarstrahlung absorbiert wird, führt zu einer Aufheizung der Baukörper. Versiegelte Flächen leiten Wärme stärker in den Untergrund als unbebaute begrünte Flächen, die wie eine Dämmschicht eine Aufheizung des Bodens verzögern. Durch die Bodenversiegelung wird die Verdunstungskühlung durch Evaporation unterbunden. Die Abstrahlung von langwelliger Strahlung wird durch Kohlenwasserstoffemissionen aus Verkehr und Verbrennungsprozessen behindert. Bei mangelnder Durchlüftung kommt es in der Folge im Tages- und Jahresverlauf in der Stadt zu höheren Lufttemperaturen als im Umland (vgl. HAUSLADEN u. a., 2011, S. 28f).

Dadurch weisen bestimmte Gebäudetypen - v.a. Bürogebäude - dort auch im mitteleuropäischen Klima häufig einen höheren Kühl- als Heizwärmebedarf auf. Es ist anzunehmen, dass sich dieser Aufheizprozesse städtischer Mikroklimata durch den Klimawandel noch verstärken wird (vgl. BERGER u. a., 2011, S. 22).

Handlungsempfehlungen

Begrünte Außenflächen, Dächer und Fassaden sowie Bodenbeläge mit reduziertem Versiegelungsgrad erreichen einen spürbaren Kühlungseffekt und sollten als „naturnahe Klimaanlage“ eingesetzt werden (vgl. PITHA u. a., 2013, S. 8). Begrünte Flächen besitzen durch ihre Fähigkeit zur CO₂-Bindung, Sauerstoffproduktion, Verdunstungskühlung, Beschattung und Filterwirkung Eigenschaften zur Verbesserung der Luftqualität und des städtischen Mikroklimas. Bei der Bepflanzung mit Laubbäumen ist die Beschattung durch ein geschlossenes Kronendach effektiv und temporär, wenn sie erforderlich ist. Vor allem im Wohnbau stellen das Vorhandensein von Begrünung sowie die Verfügbarkeit und Großzügigkeit privater und halböffentlicher Freiräume zusätzlich wesentliche Merkmale der subjektiven Qualitätswahrnehmung dar (KEUL u. a., 2014).

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Zielkonflikte
 - **Niedrige Betriebskosten** – Begrünte Flächen brauchen Bewässerung und Pflege
- Mögliche Synergieeffekte
 - **Reduktion des Flächenverbrauchs und des Flächenversiegelungsgrades** kann durch begrünte Flächen und Flächen mit reduziertem Versiegelungsgrad (Rasengittersteine zur Bodenbefestigung) erreicht werden; dadurch wird ein Beitrag zur Wasserrückhaltung, Erhaltung von Bodenökosystemen und Erhaltung der Artenvielfalt im Allgemeinen geleistet

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess

ARCH, BH, BPH (solare Standortanalyse), FP Außenraum, SK Gebäudebegrünung

4.1.3 Planungsentscheidung: Standort in größerer Höhenlage

Die Höhenlage eines Standortes hat einen deutlichen Einfluss auf das lokale Klima und damit auf den außeninduzierten Kühlbedarf des Gebäudes. Während die auftretenden Lufttemperaturen aufgrund des geringeren Luftdrucks mit zunehmender Seehöhe in der Regel sinken (etwa um 1 K/100 m), nimmt die Strahlungsintensität in größeren Höhenlagen im Allgemeinen zu, da der Dunst in der Atmosphäre abnimmt und nebelige Wetterlagen seltener sind. Mit zunehmender Höhe nimmt außerdem die Häufigkeit von höheren Windgeschwindigkeiten zu, und die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht sind größer. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2011, S. 30).

Handlungsempfehlungen

Die höhenbezogenen klimatischen Eigenschaften eines Standortes sind nicht beeinflussbar. Bei der Wahl eines Projektstandortes und der Standortanalyse sollte jedoch berücksichtigt werden, dass sich das sommerliche Überhitzungspotenzial von Gebäuden mit zunehmender Höhe vermindert, gleichzeitig eignen sich Standorte in größeren Höhenlagen sehr gut für die passive Solarenergienutzung.

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Synergien
 - **Passive Solarenergienutzung im Winter** – kann durch das tendenziell höhere Strahlungsangebot in größeren Höhenlagen begünstigt werden
 - **Tageslichtnutzung** – kann aufgrund von erhöhten Strahlungs- und Lichteinträgen begünstigt werden und zu vermindertem erforderlichen Einsatz künstlicher Beleuchtung führen
 - **Energiebereitstellung mit aufgeständerten oder gebäudeintegrierten Photovoltaik- oder Solarthermieanlagen** – kann durch das tendenziell höhere Strahlungsangebot in größeren Höhenlagen begünstigt werden
 - **Direktlichteintrag im Winter** – kann durch das tendenziell höhere Strahlungsangebot in größeren Höhenlagen begünstigt werden

- Mögliche Zielkonflikte
 - **Minimierung der Lüftungs- und Transmissionswärmeverluste** – kann aufgrund von geringeren Außentemperaturen und häufiger auftretenden höheren Windgeschwindigkeiten im Winter erschwert werden

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess

ARCH, BH, BPH (solare Standortanalyse)

4.2 Baukörperorientierung

Ein wirksames bautechnisches Mittel zur Vermeidung der Raumüberwärmung durch Sonneneinstrahlung in Sommer- und Übergangszeiten ist insbesondere die geeignete Wahl der Baukörperorientierung. (vgl. , 2012, Pkt. 4)

4.2.1 Planungsentscheidung: Baukörperorientierung aufgrund von solaren Strahlungseinträgen

Die Solarstrahlung in Form von Licht und Wärmestrahlung beeinflusst den Heizwärmebedarf und das sommerliche Raumklima. Das Ziel einer guten Planung liegt in einer ausreichenden Tageslichtversorgung bei gleichzeitiger Steuerung der solaren Wärmeeinträge. Der Breitengrad bestimmt maßgeblich die Änderung der Tageslänge, des Einstrahlwinkels sowie die Art und Intensität der Solarstrahlung im Jahresverlauf. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2011, S. 7)

Die Globalstrahlung ist die auf die Erdoberfläche auftreffende Sonnenstrahlung, die in direkte und diffuse Strahlung (an der Atmosphäre an Wolken, Wasser und Staubteilen abgelenkte Direktstrahlung) eingeteilt ist. Die Globalstrahlung trägt als solare Wärmequelle zur Aufheizung von Gebäuden bei. In Mitteleuropa beträgt die Globalstrahlung an wolkenlosen Sommertagen etwa 900 W/m^2 , bei leichter Bewölkung kann dieser Wert auf über 1000 W/m^2 ansteigen. Bei starker Bewölkung können die Werte auf 100 W/m^2 absinken. Aufgrund des größeren Einstrahlwinkels steigt die Globalstrahlung mit der Annäherung an den Erdäquator. (vgl. REICHEL u. a., 2012, S. 28)

Handlungsempfehlungen

Unter den ortsspezifischen Außenbedingungen spielt die Sonne die zentrale und maßgebliche Rolle, sie ist die wichtigste Energiequelle. Um das solare Energieangebot nutzen zu können, ist eine Betrachtung von Strahlungsintensitäten und -dauer in Abhängigkeit von der Orientierung und Neigung insbesondere der Fassaden- und Verglasungsflächen von maßgeblicher Bedeutung. (vgl. HERZOG u. a., 2004, S. 21ff)

Sowohl die Orientierung des Gebäudes als auch die Höhe der gegenüberliegenden Bebauung haben Einfluss auf die Solarstrahlung, die auf eine Fassade trifft. In Bezug auf die solaren Gewinne im Winter und die unerwünschte Einstrahlung im Sommer ist eine Nord-Süd-Ausrichtung sinnvoll, auch deshalb, weil eine Südfassade gut durch horizontale Lamellen verschattet werden kann. In südlicher Richtung sollte der Gebäudeabstand etwas größer sein, in östlicher und westlicher Richtung kann eine engere Gebäudestellung solare Lasten im Sommer reduzieren. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2011, S. 68)

Eine exakte Südorientierung der Südfassade ist gegenüber einer leichten Schwenkung nach Osten oder Westen sowohl für den Heizwärmebedarf, als auch für die sommerlich auftretenden Temperaturen von Vorteil. (vgl. BOINTNER u. a., 2012, S. 79)

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Synergien
 - **Passive Solarenergienutzung im Winter** – kann durch die Nutzung der flach einfallenden, direkten Solarstrahlung auf großen bei Südfassaden begünstigt werden
 - **Energiebereitstellung mit aufgeständerten oder gebäudeintegrierten Photovoltaik- oder Solarthermieanlagen** – kann bei entsprechender Berücksichtigung von Neigung und Orientierung begünstigt werden, gleichzeitige Nutzung als Sonnenschutz möglich
 - **Direktlicheintrag im Winter** – begünstigt bei Nutzung der flach einfallenden, direkten Solarstrahlung (v.a. bei Südfassaden)

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess

ARCH, BPH (solare Standortanalyse), falls vorgesehen: SK Erneuerbare

4.2.2 Planungsentscheidung: Baukörperorientierung aufgrund von lokalen Windrichtungen

Die natürliche Be- und Entlüftung von Gebäuden ohne Energieeinsatz kann einerseits durch die Nutzung des thermischen Auftriebs erfolgen, andererseits mit Hilfe von Wind, der entweder Luft ins Gebäude drückt oder aus dem Gebäuden saugt. Die Lage von Zu- und Abluftöffnungen muss daher nach aerodynamischen Gesichtspunkten optimiert werden, aber auch die Orientierung des Baukörpers in Hinblick auf lokale Windrichtungen kann für das Lüftungskonzept eine wesentliche Rolle spielen.

Die Umströmung eines Gebäudes ist von den vorherrschenden Windverhältnissen, der Gebäudeform und den Umgebungsbeschaffenheiten abhängig. Dabei spielen die Geländeform, Form und Abstand der benachbarten Gebäude sowie der Bewuchs eine Rolle. Bei der Planung können Druck- und Sogbereiche für die natürliche Belüftung genutzt werden. Während übergeordnete Windsysteme in Abhängigkeit von der Jahreszeit wiederkehren, werden regionale Winde stark von der Topographie beeinflusst. Die Rolle dieser lokalen Winde wird dann offensichtlich, wenn sich Orte, die geographisch einer Klimazone zugeordnet werden, in ihrem Lokalklima deutlich unterscheiden. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2011, S. 16)

Handlungsempfehlungen

Bei der Entwicklung von natürlichen Lüftungskonzepten sollte neben der Anordnung und Größe von Zu- und Abluftöffnungen auch die Geometrie und Orientierung des Baukörpers zu den lokal vorherrschenden Windrichtungen berücksichtigt werden. Höhe und Abstand von Gebäuden wirken sich auf den Luftaustausch im Stadtraum aus. Bei zu engen Staffelungen werden die Gebäudezwischenräume aufgrund der verringerten Druckdifferenz an

verschiedenen Seiten eines Gebäudes nicht mehr ausreichend durchlüftet. Ein Optimum bei der Durchlüftung der Gebäudezwischenräume wird erreicht, wenn der Gebäudeabstand der dreifachen Gebäudehöhe entspricht (vgl. REICHEL u. a., 2012, S. 33).

Klimafunktionskarten und mikroklimatische Simulationen liefern dazu spezifische Informationen.

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Zielkonflikte
 - **Reduktion des Flächenverbrauches** – kann aufgrund des Platzbedarfs für notwendige Gebäudeabstände erschwert werden
- Mögliche weitere Wechselwirkungen mit Zielkonfliktpotenzial
 - **Minimierung der Lüftungs- und Transmissionswärmeverluste** – kann durch Druck- und Sogverhältnisse bzw. ungewollte Fugenlüftung erschwert werden
 - **Niedrige Instandhaltungskosten** – durch höhere Windgeschwindigkeiten werden Elemente an der Fassade erhöhten mechanischen Belastungen ausgesetzt, wodurch der Wartungs- und Instandhaltungsaufwand steigen kann

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess

ARCH, BPH, SK Windsimulation

4.3 Gebäudegeometrie

Durch suboptimale Entwurfsentscheidungen (z.B. betreffend Standortparameter, Gebäudegeometrie- und -orientierung, Oberflächen, Luftdichtheit, Bauweise, Fensterparameter) werden die Aufwendungen für den Geräteeinsatz zur Raumkonditionierung verdoppelt oder gar verdreifacht. Optimal gewählte Planungsstrategien führen hingegen zu Aufwandsreduktionen von bis zu 60 %. (vgl. LECHNER, 2009, S. 7ff)

In der gemäßigten Klimazone ist v.a. die Gebäudekubatur und das Oberflächen-Volumen-Verhältnis (A/V Verhältnis, ein Maß für die Kompaktheit) und damit ein Kompromiss zwischen Transmissionswärmeverlusten, Tageslichtversorgung und natürlicher Lüftung von besonderer Bedeutung. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2011, S. 68)

4.3.1 Planungsentscheidung: Gegliederter Gebäudegrundriss

Bei der Optimierung der Energieeffizienz von Gebäuden in Bezug auf den Heizwärmebedarf spielt die Kompaktheit des Baukörpers eine wesentliche Rolle (vgl. BOINTNER u. a., 2012, S. 24). Ein kompaktes Gebäude bietet gleichzeitig weniger Außenfläche für das Auftreffen von Sonnenstrahlung, was im Sommer zur Vermeidung der Überwärmung beitragen kann.

Eine geringe Kompaktheit kann hingegen die natürliche Belüftung und Kühlung von Gebäuden begünstigen, da sich Lüftungsöffnungen leichter gezielt anordnen lassen. Da sich Fassadenoberflächen bei direkter Sonneneinstrahlung stark aufheizen können, sollte die Zuluft im Sommer von sonnenabgewandten Fassadenöffnungen einströmen, dazu können z.B. kühle Innenhöfe gut genutzt werden (vgl. TREBERSPURG u. a., 2011, S. 42). Gegliederte Gebäudegrundrisse, wie z.B. H-, L-, T- oder U-förmige, ermöglichen ebenfalls eine Verschattung durch eigene Gebäudeteil oder -trakte.

Handlungsempfehlungen

Innenhöfe und gegliederte Gebäudegrundrisse (z.B. H-, L-, T- oder U-förmige), erleichtern die gezielte Anordnung von Lüftungsöffnungen für eine natürliche Belüftung und Kühlung und ermöglichen eine Verschattung durch eigene Gebäudeteile oder -trakte.

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Synergien
 - **Tageslichtnutzung** – kann durch erhöhten Lichteintrag (z.B. durch zwei- oder mehrseitige Raumbelichtung) bei gleichzeitig vermindertem Einsatz künstlicher Beleuchtung verbessert werden
 - **Verfügbarkeit privater und halböffentlicher Freiräume** – kann durch entsprechende Gestaltung von (Licht-)Höfen oder Fassadenvor- und -rücksprüngen etc. begünstigt werden
 - **Visueller Komfort** – kann durch natürliche Lichteinträge, vereinfachte Sicht ins Freie u.a. begünstigt werden
- Mögliche Zielkonflikte
 - **Minimierung von Lüftungs- und Transmissionswärmeverlusten** – kann durch verminderte Kompaktheit des Gebäudes erschwert werden
 - **Niedrige Investitionskosten** – Kosten können durch erhöhten Anteil an Fassadenfläche steigen
- Mögliche weitere Wechselwirkungen mit Zielkonfliktpotenzial
 - **Reduktion des Flächenverbrauches** – gegliederte Gebäudegrundrisse führen u.U. zu vergrößerten umbauten Raumvolumina und damit zu erweiterten bebauten Flächen
 - **Schallschutz und akustischer Komfort** – durch Innenhoflagen kann es zu Beeinträchtigungen von NutzerInnen mit Fensteröffnungen zu den (Licht-)Höfen kommen

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess

ARCH, BPH, SK Lichtplanung, falls vorgesehen: SK Erneuerbare, SK Gebäudebegrünung

4.3.2 Planungsentscheidung: Eigenverschattung

Einschnitte und Vorsprünge in der Gebäudehülle, spitze Winkel in der wärmeübertragenden Gebäudehülle sowie gegliederte Fassaden bewirken eine geringere Gebäudekompaktheit bzw. bedingen – je nach Orientierung – die Selbstverschattung des Baukörpers und tragen damit zur Verringerung der Gebäudekühllast bei. (vgl. REICHEL u. a., 2012, S. 68)

Handlungsempfehlungen

Durch eine Gliederung mit Vor- und Rücksprüngen bzw. durch "falten" der Fassade, oder mit Hilfe von Dachvorsprüngen, Balkonen, Loggien usw. kann eine gezielte Eigenverschattung von transparenten Fassadenflächen bewirkt werden. Eine solare Standortanalyse sowie genaue Kenntnisse der klimatischen und witterungsbedingten Einflüsse sind als Grundlage für den Entwurf einer geeigneten Gebäudegeometrie und der entsprechenden Eigenverschattungselemente heranzuziehen.

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Synergien
 - **Verfügbarkeit privater und halböffentlicher Freiräume** – kann durch Nutzung von Balkonen, Loggien u.a. begünstigt werden
- Mögliche Zielkonflikte
 - **Minimierung der Lüftungs- und Transmissionswärmeverluste** – kann durch verminderte Gebäudekompaktheit erschwert werden
 - **Tageslichtnutzung** – kann durch reduzierten Lichteintrag (z.B. Ausbildung einer Loggia) beeinträchtigt werden
 - **Niedrige Investitionskosten** – Kosten können durch zusätzliche Aufwendungen für Fassadengliederung, Balkone, Auskragungen etc. steigen
 - **Niedrige Kosten für Reinigung und Pflege** – Kosten können durch größere zu reinigende Oberflächen erhöht werden
- Mögliche weitere Wechselwirkungen mit Synergie-/Zielkonfliktpotenzial
 - **Passive Solarenergienutzung im Winter** – kann durch gegliederte Fassade erschwert werden
 - **Energiebereitstellung mit gebäudeintegrierten Photovoltaik- / Solarthermieanlagen** – kann durch kleinflächig strukturierte horizontale Gebäudeoberflächen erschwert werden
 - **Einbruchschutz** – Balkone, Loggien etc. können als Auf- bzw. Einstiegshilfe herangezogen werden
 - **Niedrige Instandhaltungskosten** – Kosten können durch vergrößerte Oberflächen, die Niederschlägen ausgesetzt sind, höher ausfallen
 - **Direktlicheintrag im Winter** – je nach Überstand auskragender Teile, Tiefe von einspringenden Gebäudeteilen usw. kann die Nutzung von Direktstrahlung auch im Winter beeinträchtigt sein

- **Visueller Komfort** – kann z.B. durch Behinderung der direkten Sichtverbindung zwischen Aufenthaltsort und freiem Himmel geringer ausfallen, aber auch ein reduziertes Blendrisiko kann die Folge sein

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess

ARCH, BPH, SK Lichtplanung, falls vorgesehen: SK Erneuerbare, SK Gebäudebegrünung, SK Mikroklima

4.4 Größe und Orientierung von Verglasungen

Gebäudeöffnungen und die Wärmebilanz des Gebäudes stehen in einem ambivalenten Verhältnis: Einerseits ist im Winter das Entweichen von Wärme durch die Öffnungen zu verhindern und gleichzeitig sind passive Wärmegewinne zu erwirtschaften, andererseits erfordert das sommerliche Klima einen Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung, um ein Aufheizen der Innenräume zu verhindern sowie Lüftung und Klimatisierung zu gewährleisten. Neben der Außentemperatur sind dabei Intensität und Dauer der Sonneneinstrahlung sowie der Sonneneinstrahlungswinkel auf die Fassade wichtig. (vgl. HAFKE u. a., 2010, S. 20)

4.4.1 Planungsentscheidung: Geringer Fensterflächenanteil in der Fassade

Der Fensterflächenanteil in der Fassade von Gebäuden beeinflusst das Innenraumklima in großem Maße.

Hoher sommerlicher Wärmeeintrag beeinträchtigt die Behaglichkeit im Gebäude und erhöht den Kühlenergiebedarf. Vor allem im Bürobau kommen häufig (unabhängig von der Orientierung) vollverglaste Fassaden zur Anwendung. Die hohen Glasanteile in der Fassade führen zusammen mit hohen inneren Wärmelasten dazu, dass auch in mitteleuropäischen Klimatalagen der jährliche Heizwärmebedarf in Bürogebäuden bereits heute häufig vom Kühlbedarf überstiegen wird (vgl. IPSER u. a., 2012, S. 88).

Wie stark sich große Glasflächen auf den Kühlbedarf des Gebäudes auswirken, ist auch von folgenden Einflussfaktoren abhängig:

- Standortklima
- g-Wert (Gesamtenergiedurchlassgrad) der Verglasung
- Fensterorientierung und Neigung
- Wirksamkeit der Sonnenschutzvorrichtung
- Verhältnis von Fensterfläche zu Raum-Grundfläche
- Wärmespeicherfähigkeit der raumumschließenden Flächen

Handlungsempfehlungen

Durch große Aperturflächen (Flächen, die den direkten Strahlungseintrag der Sonne ermöglichen) im Süden, Osten oder Westen können je nach geographischer Lage und

Grundstückssituation zu passiven Wärmegewinnen beitragen, gleichzeitig steigt aber mit zunehmender Größe der Verglasung das Risiko der sommerlichen Überwärmung. Mit der gezielten Wahl der Öffnungsgröße und Lage innerhalb der Wand lassen sich die solare Einstrahlung und damit der Energieeintrag regulieren. (vgl. HAFKE u. a., 2010, S. 20)

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Synergien
 - **Minimierung der Lüftungs- und Transmissionswärmeverluste** – kann durch verminderte Anteile von Fassadenflächen mit vergleichsweise geringeren Wärmeschutzeigenschaften begünstigt werden
 - **Energiebereitstellung mit fassadenintegrierten Photovoltaik- oder Solarthermieanlagen** – kann durch größere verfügbare Flächen an der Fassade begünstigt werden
 - **Niedrige Investitionskosten** – können durch geringere Kosten von opaken Fassadenbauteilen gegenüber transparenten begünstigt werden
 - **Niedrige Instandhaltungskosten** – können durch vergleichsweise geringere Kosten für Wartung und Instandhaltung von opaken Fassadenbauteilen begünstigt werden
 - **Geringe Kosten für Reinigung und Pflege** - können durch deutlich geringeren Reinigungsaufwand opaker Fassadenbauteile begünstigt werden
 - **Schallschutz** – kann durch in der Regel bessere Schallschutzeigenschaften opaker Fassadenbauteilen begünstigt werden
- Mögliche Zielkonflikte
 - **Passive Solarenergienutzung im Winter** – kann durch kleinere Fenster- und transparente Fassadenflächen eingeschränkt werden
 - **Tageslichtnutzung** – kann durch geringere Lichteintrittsflächen eingeschränkt werden
 - **Nutzungsflexibilität** – kann durch eingeschränkte natürliche Belichtung, Belüftung, fehlenden Außenraumbezug etc. eingeschränkt werden
 - **Direktlicheintrag im Winter** – kann durch eingeschränkte natürliche Belichtung eingeschränkt werden
 - **Visueller Komfort** – kann durch eingeschränkte natürliche Belichtung, verminderten Außenraumbezug etc. eingeschränkt werden

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess
ARCH, BPH, SIM, SK Lichtplanung, SK Sonnenschutz, FM

4.4.2 Planungsentscheidung: Vermeidung großer ost- und westorientierter Glasflächen

Neben Größe und Verglasungsqualität von Fenstern gehört auch deren Orientierung zu den wesentlichen Parametern für das Überhitzungspotenzial eines Gebäudes. Bedingt durch den steileren Einfallswinkel der Sonne auf die vertikale Ost- und Westfassade (und den dadurch geringeren reflektierten Strahlungsanteil) ermöglichen nach Osten und Westen orientierte Glasflächen einen höheren Energieeintrag ins Gebäude als vergleichbare südorientierte Glasflächen.

Handlungsempfehlungen

Fenster und Glasflächen an Ost- und Westfassaden sind in Bezug auf den Kühlenergiebedarf meist kritischer zu sehen als Glasflächen an der Südfassade. Eine Reduzierung des Fensterflächenanteils an Fassaden mit dieser Ausrichtung kann den Kühlenergiebedarf stark reduzieren. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2011, S. 75)

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

Hier ergeben sich im Planungsprozess im Wesentlichen die gleichen möglichen Synergien und Zielkonflikte wie in Kapitel 3.5.1 Planungsentscheidung: Geringer Fensterflächenanteil in der Fassade zu beachten.

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess
ARCH, BPH, SIM, SK Lichtplanung, SK Sonnenschutz, FM

4.4.3 Planungsentscheidung: Vermeidung von Schräg- und Horizontalverglasungen

Noch problematischer als ost- und westorientierte Verglasungen können in Bezug auf den Kühlbedarf von Gebäuden Schräg- und Horizontalverglasungen sein. Da die Sonnenstrahlung hier bedingt durch den hohen Sonnenstand im Sommer mit einem steilen Einfallswinkel auftrifft, wird (abhängig von der Art der Verglasung) nur ein relativ geringer Strahlungsanteil reflektiert und der unerwünschte Energieeintrag ins Gebäude ist hoch.

Die hohen Solarenergieeinträge erschweren es z.B. in Dachgeschoßräumen mit Schrägverglasungen angenehme Temperaturen im Sommer bzw. in der Übergangszeit zu erreichen. Selbst bei mindesterforderlicher Belichtungsfläche nach OIB Richtlinie 3 treten in der Sommertauglichkeitssimulation in Testräumen mit 45° geneigten Schrägverglasungen an Standorten wie Wien, Klagenfurt und Innsbruck weit über dem Grenzwert liegende Temperaturen auf. (vgl. IPSER u. a., 2012, S. 76)

Handlungsempfehlungen

Obwohl sich Schräg- und Horizontalverglasungen sehr gut für die Belichtung z.B. auch von im Gebäudeinneren liegenden Räumen eignen, sind sie in Hinblick auf die sommerliche Überhitzung als kritisch zu betrachten. Neben der Berücksichtigung dieses Aspekts bei der Dimensionierung, sind beim Einsatz schräger oder horizontaler Glasflächen entsprechende Sonnenschutzeinrichtungen vorzusehen.

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

Hier ergeben sich im Planungsprozess im Wesentlichen die gleichen möglichen Synergien und Zielkonflikte wie in Kapitel 3.5.1 Planungsentscheidung: Geringer Fensterflächenanteil in der Fassade zu beachten.

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess
ARCH, BPH, SIM, SK Lichtplanung, SK Sonnenschutz, FM

4.5 Oberflächengestaltung von opaken Gebäudehüllen

Fassadenoberflächen können sich bei direkter Sonneneinstrahlung auf bis zu 80°C aufheizen. Dadurch bildet sich eine Luft-Grenzschicht direkt vor der Fassade, deren Temperatur bis zu 10 K über der Umgebungstemperatur liegen kann (vgl. TREBERSPURG u. a., 2011, S. 11), was die Kühlung mittels natürlicher Lüftung durch Fenster oder Zuluftöffnungen in der Fassade erschwert.

4.5.1 Planungsentscheidung: Verwendung heller Fassaden- und Dachfarben bzw. -materialien

Wie stark sich eine Fassade unter Sonneneinstrahlung erwärmt, ist abhängig von den reflektierenden Eigenschaften der Farbpigmente. In der Regel heizen sich dunkle Farben unter Sonneneinstrahlung viel stärker auf als helle.

Der sogenannte Hellbezugswert (engl. Albedo) ist ein wichtiger Faktor bei der Farbwahl von Fassaden. Als Maß für den Reflexionsgrad eines Farbtons gibt er an, wie weit dessen Helligkeit von schwarz (minimale Reflexion = Wert 0) oder weiß (maximale Reflexion = Wert 100) entfernt ist. Je geringer die Werte (z.B. < 20) desto mehr Licht (und somit Wärme) wird absorbiert. (vgl. STO BASISWISSEN FASSADE, S. 6)

Farbpigmente besitzen jedoch auch im nicht sichtbaren Bereich der infraroten Strahlung unterschiedlich ausgeprägte Emissionseigenschaften. Als Indikator für das Aufheizverhalten von Fassadenfarben wird daher auch der TSR-Wert (Total Solar Reflectance) herangezogen, der das Verhalten einer Beschichtung hinsichtlich Strahlungsreflexion und Infrarotemission charakterisiert. (vgl. GOLDMANN, 2011)

Handlungsempfehlungen

Die Farbgebung einer Fassade hat wesentlichen Einfluss auf ihre äußere Oberflächentemperatur. Je dunkler eine Fassade, desto höher die Temperatur der Außenoberfläche. Empfohlen werden Hellbezugswerte (Albedo) von > 20 . (vgl. STO BASISWISSEN FASSADE, S. 11)

Auch durch die Wahl von Pigmentkombinationen, die einen hohen Reflexionsgrad und einen hohen Emissionsfaktor im infraroten Spektralbereich aufweisen, kann die Oberflächentemperatur der Fassade gesenkt werden. (vgl. GOLDMANN, 2011)

Bei sehr dunklen Fassaden hat die Ausführung als vorgehängte hinterlüftete Fassade den Vorteil, dass die erwärmte Luft durch den Hinterlüftungsraum zwischen Unterkonstruktion und Fassadenelementen kontinuierlich nach oben abzieht. (vgl. STO BASISWISSEN FASSADE, S. 11)

Zudem hat ein höherer Ausbaugrad an Photovoltaikanlagen einen positiven Einfluss auf das Mikroklima, da diese im Vergleich zu konventioneller Fassadengestaltung durch höhere Reflexionsgrade die Oberflächentemperaturen senken. (vgl. FREY, 2014, S. 110)

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Synergien
 - **Vermeidung des Hitzeinseleffekts** – kann durch reflektierte Solarstrahlung und geringere Bauteilauflheizung begünstigt werden
 - **Tageslichtnutzung** – kann durch vermehrte Tageslichteinträge aufgrund heller Laibungsflächen begünstigt werden
- Mögliche weitere Wechselwirkungen mit Zielkonfliktpotenzial
 - **Geringe Kosten für Reinigung und Pflege** – Kosten können durch die gute Sichtbarkeit von Verschmutzungen auf glatten, hellen Oberflächen ohne Musterung steigen
 - **Visueller Komfort (Blendschutz)** – Blendung kann durch helle (Fassaden-, Laibungs-) Oberflächen bei großen Außenbeleuchtungsstärken erhöht ein
 - **Vermeidung des Hitzeinseleffekts** – bei dichter Bebauung und geringem SVF kann es durch stark reflektierende Fassaden zu erhöhten Temperaturen im Außenraum kommen

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess

ARCH, SK Mikroklima, FM (v.a. bezüglich Reinigung)

4.6 Sonnenschutz

Verschattungssysteme eignen sich um den Strahlungseintrag durch die Verglasung zu reduzieren und flexibel auf die jeweiligen klimatischen Bedingungen zu reagieren. Optimal konzipierte Verschattungssysteme schützen die Innenräume vor Überhitzung und dienen als Blendschutz - ohne die Nutzung des Tageslichts, den Sichtkontakt zum Außenraum und die Nutzung solarer Wärmegevinne in der Heizperiode zu beeinträchtigen.

Die Leistungsfähigkeit des Sonnenschutzes hängt dabei von der jeweiligen Ausführung ab.

Grundsätzlich kann Sonnenschutz feststehend oder beweglich sein und an der Gebäudeaußenseite, raumseitig oder im Scheibenzwischenraum angebracht werden. Außerdem können entsprechende Sonnenschutzverglasungen (mit kleinen g-Werten) eingesetzt werden. Der Raum sollte dabei möglichst nicht im selben Maß verdunkelt werden um den Einsatz von künstlicher Beleuchtung zu vermeiden. (vgl. REICHEL u. a., 2012, S. 84)

Auswahlkriterien für den Sonnenschutz sind unter anderem (vgl. TREBERSPURG u. a., 2011, S. 14):

- die Orientierung,
- der Fensterflächenanteil,
- die Windexposition,
- die Anforderung an das Tageslicht,
- der visuelle Komfort und
- die Investitions- und Wartungskosten.

Relevante Handlungsempfehlungen für den Einsatz unterschiedlicher Sonnenschutzsysteme werden in Kapitel 3.7.7 Handlungsempfehlungen Sonnenschutz (Zusammenfassung) unter Berücksichtigung aller sonnenschutzbezogener Planungsentscheidungen angeführt.

4.6.1 Planungsentscheidung: Verwendung von feststehendem Sonnenschutz (außen)

Außenliegende Sonnenschutzsysteme weisen eine 3 bis 5-fach höhere Effizienz auf (TREBERSPURG u. a., 2011, S. 15) und können gegenüber innenliegenden Systemen eine Kühlbedarfshalbierung herbeiführen (VARGA u. a., 2013, S. 46). Durch die Witterungs- und Windexposition ist bei außenliegenden Systemen jedoch auch mit höheren Investitions- und Wartungskosten zu rechnen.

Feststehende Systeme lassen sich nicht an die äußeren Bedingungen anpassen und haben dadurch eine eingeschränkte Sonnenschutzwirkung. Feststehende horizontale Sonnenschutzelemente (z.B.: Balkone, Vorsprünge, Loggien, horizontal gestellte Sonnenschutzlamellen etc.) eignet sich durch den hohen Einstrahlungswinkel im Sommer vor allem für die Südfassade.

Die Kombination mit einem beweglichen Blendschutz ist bei fast allen Systemen zwingend erforderlich.

Beispiele für statische Systeme sind:

- feststehende, horizontale Elemente
- feststehende vertikale Elemente
(vgl. VARGA u. a., 2013)

Handlungsempfehlungen

Siehe Kapitel 3.7.7 Handlungsempfehlungen Sonnenschutz (Zusammenfassung).

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Zielkonflikte
 - **Niedrige Investitionskosten** – Kosten sind bei außenliegenden Systemen in der Regel höher als bei Innenliegenden
 - **Einflussnahmemöglichkeit der NutzerInnen** – ist bei unbeweglichen Elementen nicht gegeben
- Mögliche weitere Wechselwirkungen mit Synergie-/Zielkonfliktpotenzial
 - **Passive Solarenergienutzung im Winter** – kann eingeschränkt sein wenn nicht optimal dimensioniert
 - **Tageslichtnutzung** – kann durch die (Teil-)Verschattung von Verglasungen eingeschränkt sein
 - **Energiebereitstellung mit aufgeständerten Photovoltaik- oder Solarthermieanlagen** – kann durch die Nutzung von auskragenden Sonnenschutzelementen begünstigt werden
 - **Energiebereitstellung mit fassadenintegrierten Photovoltaik-Anlagen** – kann durch die Schattenbildung auskragender Sonnenschutzelemente beeinträchtigt werden
 - **Geringe Kosten für Reinigung und Pflege** – Kosten können durch zusätzliche Reinigungsflächen und Behinderung der Zugänglichkeit von Fenstern und Glasfassaden erhöht werden
 - **Direktlicheintrag im Winter** – kann durch feststehende Sonnenschutzelemente beeinträchtigt werden
 - **Visueller Komfort** – kann durch Behinderung der freien Sicht zum Außenraum (auch bei nicht benötigtem Sonnenschutz) beeinträchtigt sein

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess:
ARCH, BPH, SIM, FM, SK Lichtplanung, SK Sonnenschutz

4.6.2 Planungsentscheidung: Verwendung von beweglichem Sonnenschutz (außen)

Diese Systeme sind außerhalb der Glasflächen bzw. beim Einbau in die Fenster außerhalb der Isolierglasschicht angebracht. Sie haben mittlere bis hohe Sonnenschutzwirkung und werden folgendermaßen unterteilt:

- Jalousien, Lichtlenkjalousien und Raffstore
- Rollläden und Tageslichtrollläden
- Fassadenmarkisen, Markisoletten und Markisetten

Handlungsempfehlungen

Siehe Kapitel 3.7.7 Handlungsempfehlungen Sonnenschutz (Zusammenfassung).

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Synergien
 - **Passive Solarenergienutzung im Winter** – mit beweglichen Sonnenschutzelementen besser möglich
 - **Minimierung von Lüftungs- und Transmissionswärmeverlusten** – kann bei einigen Systemen aufgrund geringerer Wärmeabstrahlung und Reduktion der Luftgeschwindigkeiten bei geschlossenem Zustand im Winter (nachts) unterstützt werden
 - **Einbruchschutz** – einige Systemen erzeugen im geschlossenen Zustand eine zusätzliche Barrierewirkung vor dem Fenster
 - **Blendschutz** – durch Anpassung der beweglichen Elemente kann einfallendes Direktlicht bei Bedarf besser abgeschirmt werden
 - **Einflussnahmemöglichkeit der NutzerInnen** – ist bei beweglichem Sonnenschutz gegeben
- Mögliche Zielkonflikte
 - **Niedrige Investitionskosten** – Kosten können durch zusätzliche Aufwendungen für Sonnenschutztechnologien erhöht werden
- Mögliche weitere Wechselwirkungen mit Synergie-/Zielkonfliktpotenzial
 - **Tageslichtnutzung** – bewegliche Elemente können individuell durch NutzerInneneingriff gesteuert und optimiert werden, bei Abschattungsnotwendigkeit kann dennoch eine zusätzliche Leuchtquelle erforderlich sein
 - **Niedrige Instandhaltungskosten** – Kosten können durch Verschleißteile und bewegliche Teile erhöht werden
 - **Geringe Kosten für Reinigung und Pflege** – Kosten können durch die Bewitterung der außenliegenden Elemente erhöht werden
 - **Hohe Lebensdauer** – durch Bewitterung der bewegliche Elemente besteht ein höheres Schadensrisiko, daher haben außenliegende bewegliche Elementen in der Regel kürzere Lebensdauern

- **Zugänglichkeit für Wartung und Reinigung** – kann durch das Außenliegen der Sonnenschutzelemente erschwert sein
- **Direktlichteintrag im Winter** – kann durch Hochfahren des Sonnenschutzes individuell ermöglicht werden
- **Visueller Komfort** – kann einerseits individuell durch NutzerInneneingriff gesteuert und optimiert werden, andererseits kann bei Abschattungsnotwendigkeit die Durchsicht eingeschränkt bzw. der Außenraumbezug vermindert werden

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess

ARCH, BPH, SIM, FM, SK Lichtplanung, SK Sonnenschutz, bei Bedarf: SK
Gebäudeautomation

4.6.3 Planungsentscheidung: Verwendung von innenliegendem beweglichem Sonnenschutz

Der entscheidende Nachteil innenliegender Sonnenschutzsysteme liegt in der reduzierten Wirksamkeit im Vergleich zu außenliegenden System. Bei Auftreffen der Sonnenstrahlung auf den innenliegenden Sonnenschutz wird ein Teil der Strahlung durch Absorption in Infrarotstrahlung umgewandelt. Diese langwellige Strahlung kann die Fensterscheibe nicht mehr so gut nach außen passieren und trägt zu einer Erwärmung des Raumes bei. (vgl. HAFKE u. a., 2010, S. 83)

Handlungsempfehlungen

Siehe Kapitel 3.7.7 Handlungsempfehlungen Sonnenschutz (Zusammenfassung).

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Synergien
 - **Blendschutz** - durch Anpassung der beweglichen Elemente kann einfallendes Direktlicht bei Bedarf gut abgeschirmt werden
 - **Einflussnahmemöglichkeit der NutzerInnen** – ist bei beweglichem Sonnenschutz gegeben
- Mögliche weitere Wechselwirkungen mit Synergie-/Zielkonfliktpotenzial
 - **Visueller Komfort** – bei Notwendigkeit des Sonnenschutzes wird der Sichtbezug zum Außenraumbezug beeinträchtigt, dies ist jedoch bei beweglichen Systemen individuell durch NutzerInneneingriff steuer- und optimierbar
 - **Tageslichtnutzung** – bewegliche Elemente können individuell durch NutzerInneneingriff gesteuert und optimiert werden, bei Abschattungsnotwendigkeit kann dennoch eine zusätzliche Leuchtquelle erforderlich sein

4.6.4 Planungsentscheidung: Verwendung von Sonnenschutz im Zwischenraum von Doppelfassaden

Eine Möglichkeit den außen liegenden Sonnenschutz vor Bewitterung zu schützen besteht darin eine zweite Glasschicht vor dem Sonnenschutz anzubringen. Solche Doppelfassaden sind wesentlich teurer als einfache Fassaden mit außen liegendem Sonnenschutz, sie eignen sich jedoch gut z.B. für den Bürobau, wenn der optische Eindruck einer glatten Glasfassade erwünscht ist. Wichtig ist dabei, dass der Scheibenzwischenraum gut hinterlüftet ist, der Zwischenraum zwischen den Fassadenschichten muss also ausreichend dimensioniert sein.

Das gleiche Konzept liegt den Verbundfenstern mit integriertem Sonnenschutz zugrunde. Bei diesem System werden Isolierglas (2- bis 3-Scheibenwärmeschutzverglasung), Sonnenschutz und Prallscheibe in einem sogenannten Verbundfenster integriert. Dabei bleibt die Sonnenschutzwirkung des außen liegenden Sonnenschutzes erhalten, wenn dieser außerhalb der thermisch isolierenden Verglasung angebracht ist und eine ausreichende Belüftung des Scheibenzwischenraumes gewährleistet wird.

Für die Fensterintegration eignen sich am besten schmale Lichtlenk- und herkömmliche Jalousien sowie Textil- oder Folienrollos, dabei sind auch reflektierende Oberflächen zu bevorzugen. Nicht geeignet sind Rollläden, feststehende Elemente und Fassadenmarkisen. (vgl. VARGA u. a., 2013, S. 31f)

Handlungsempfehlungen

Siehe Kapitel 3.7.7 Handlungsempfehlungen Sonnenschutz (Zusammenfassung).

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Synergien
 - **Minimierung von Lüftungs- und Transmissionswärmeverlusten** – kann aufgrund geringerer Wärmeabstrahlung in geschlossenem Zustand im Winter begünstigt werden
 - **Blendschutz** – durch Anpassung der beweglichen Elemente kann einfallendes Direktlicht bei Bedarf gut abgeschirmt werden
- Mögliche Zielkonflikte
 - **Niedrige Investitionskosten** – Kosten können durch zusätzliche Aufwendungen für Sonnenschutztechnologien steigen
 - **Niedrige Instandhaltungskosten** – Kosten können durch eingeschränkte Zugänglichkeit bzw. schwierigen Komponententausch steigen, unbewegliche

Elemente im Scheibenzwischenraum sind durch die geschützte Lage jedoch relativ wartungsfrei

- **Langlebigkeit** – kann durch komplexe Mechanik, thermische Beanspruchung und erschwerte Zugänglichkeit eingeschränkt sein
- Mögliche weitere Wechselwirkungen mit Synergie-/Zielkonfliktpotenzial
 - **Visueller Komfort** – bei Notwendigkeit des Sonnenschutzes wird der Sichtbezug zum Außenraumbezug beeinträchtigt, dies ist jedoch bei beweglichen Systemen individuell durch NutzerInneneneingriff steuer- und optimierbar
 - **Tageslichtnutzung** – bewegliche Elemente können individuell durch NutzerInneneneingriff gesteuert und optimiert werden, bei Abschattungsnotwendigkeit kann dennoch eine zusätzliche Leuchtquelle erforderlich sein

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess

ARCH, BPH, SIM, FM, SK Lichtplanung, SK Sonnenschutz, bei Bedarf: SK Gebäudeautomation

4.6.5 Planungsentscheidung: Verwendung von beweglichem Sonnenschutz im Kasten- bzw. Verbundglasfenster

Historische Kastenfenster bieten in der Regel genügend Raum zwischen den Fensterflügeln, um dort Sonnenschutzsysteme unter zu bringen. Die Sonnenschutzwirkung wird dabei im Vergleich zu innenliegenden Sonnen- bzw. Blendschutzsystemen wesentlich verbessert. (vgl. VARGA u. a., 2013, S. 31f)

Wird beim inneren Fensterflügel gleichzeitig eine Isolierverglasung verwendet, so kann die Wirksamkeit zusätzlich verbessert werden.

Handlungsempfehlungen

Siehe Kapitel 3.7.7 Handlungsempfehlungen Sonnenschutz (Zusammenfassung).

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Synergien
 - **Minimierung von Lüftungs- und Transmissionswärmeverlusten** – kann im Winter aufgrund von geringerer Wärmeabstrahlung in geschlossenem Zustand begünstigt werden
 - **Blendschutz** – durch Anpassung der beweglichen Elemente kann einfallendes Direktlicht bei Bedarf gut abgeschirmt werden
 - **Einflussnahmemöglichkeit der NutzerInnen** – ist durch individuelle Manipulier- und Anpassungsmöglichkeit an NutzerInnenbedürfnisse gegeben

- Mögliche weitere Wechselwirkungen mit Synergie-/Zielkonfliktpotenzial
 - **Visueller Komfort** – bei Notwendigkeit des Sonnenschutzes wird der Sichtbezug zum Außenraumbezug beeinträchtigt, dies ist jedoch bei beweglichen Systemen individuell durch NutzerInneneingriff steuer- und optimierbar
 - **Tageslichtnutzung** – bewegliche Elemente können individuell durch NutzerInneneingriff gesteuert und optimiert werden, bei Abschattungsnotwendigkeit kann dennoch eine zusätzliche Leuchtquelle erforderlich sein

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess

ARCH, BPH, SIM, FM, SK Lichtplanung, SK Sonnenschutz, bei Bedarf: SK
Gebäudeautomation

4.6.6 Planungsentscheidung: Verwendung von Sonnenschutzgläsern

Die solaren Gewinne eines transparenten Bauteils werden mittels des Gesamtenergiedurchlassgrades (g-Wert) beschrieben. Dieser gibt den Prozentsatz der auftreffenden Solarenergie an, die durch das Fenster an den Raum abgegeben wird. Im Gegensatz zu opaken Bauteilen beeinflussen solare Gewinne bei transparenten Bauteilen maßgeblich die energetische Bilanz von Gebäuden. In den Wintermonaten übersteigen bei Fenstern in Abhängigkeit der Qualität und Ausrichtung der Verglasung die solaren Gewinne die Transmissionswärmeverluste. (vgl. REICHEL u. a., 2012, S. 82)

Sonnenschutzgläser mindern das Eindringen von Sonnenlicht und Wärmeeinstrahlung in den Innenraum. Die dafür notwendige Beschichtung befindet sich auf der Innenseite der äußeren Scheibe. Dieser spezielle Film reflektiert einen Teil der Solarstrahlung und kann farblich neutral, grünlich, silberschimmernd oder bläulich sein. (vgl. HAFKE u. a., 2010, S. 60)

Eine zusätzliche Möglichkeit zur Abminderung der Energieeinträge durch Fenster und Glasflächen bieten elektrochrome Verglasungen. Für ihre Herstellung werden oxidbeschichtete Gläser durch eine Polymerfolie miteinander verbunden, sodass bei Anlegen einer elektrischen Spannung eine Blaufärbung entsteht, die den Licht- und Energiedurchlass verringert. Bei bedecktem Himmel herrscht somit klare Sicht, während bei direkter Sonneneinstrahlung durch den elektrischen Impuls eine Sonnenschutzwirkung erzeugt werden kann. (vgl. HAAS-ARNDT & RANFT, 2007, S. 59)

Sonnenschutzgläser mit üblichen g-Werten (zwischen 0,3 und 0,5) reichen in der Regel jedoch nicht aus, um eine Überhitzung im Sommer zu vermeiden, weshalb zur Abdeckung der Spitzenlasten zusätzliche Verschattungssysteme (oder Kühlsysteme) erforderlich sein können. Bei Besonnung erhöht sich außerdem die Oberflächentemperatur der Gläser, was zu Komforteinbußen im Sommer führen kann. Sie sollten daher nur zum Einsatz kommen, wenn aus technischen oder ästhetischen Gründen keine Außenverschattung möglich oder

erwünscht ist (z.B. wegen hoher Windlasten oder wenn eine vollkommen glatte Fassade erzielt werden soll). (vgl. VARGA u. a., 2013, S. 28)

Handlungsempfehlungen

Siehe Kapitel 3.7.7 Handlungsempfehlungen Sonnenschutz (Zusammenfassung).

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Zielkonflikte
 - **Passive Solarenergienutzung im Winter** – wird aufgrund des verminderten solaren Energieeintrages erschwert
 - **Tageslichtnutzung** – kann aufgrund des verminderten Lichteintrages erschwert werden, je höher die Sonnenschutzwirkung, desto niedriger wird der Tageslichteintrag
 - **Blendschutz** – ist bei tief stehender Sonne durch die Sonnenschutzverglasung nicht gegeben
 - **Direktlicht im Winter** – kann aufgrund des verminderten Lichteintrages erschwert werden
- Mögliche weitere Wechselwirkungen mit Synergie-/Zielkonfliktpotenzial
 - Visueller Komfort – Sichtkontakt ins Freie wird nicht behindert, aber der visuelle Komfort kann durch veränderte spektrale Zusammensetzung des transmittierten natürlichen Lichts (Farbverfälschung) beeinträchtigt werden
 - **Niedrige Instandhaltungskosten** – im Vergleich zu anderen Sonnenschutzsystemen sind Sonnenschutzgläser relativ wartungsfrei
 - **Einflussnahmemöglichkeit der NutzerInnen** – ist praktisch nicht gegeben, es erfolgt zu jeder Zeit eine Abschattung, auch im Winter
 - **Behaglichkeit** - hohe Oberflächentemperaturen der Gläser bei Besonnung können zu Komforteinbußen im Sommer führen

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess
ARCH, BPH, SIM, FM, SK Lichtplanung, SK Sonnenschutz

4.6.7 Handlungsempfehlungen Sonnenschutz (Zusammenfassung)

Neben der bewussten Dimensionierung und Anordnung von Fenstern und transparenten Flächen in der Gebäudehülle, stellt die gezielte Anordnung (vor allem außenliegender) Sonnenschutzvorrichtungen ein wirksames Mittel zur Reduktion oder Vermeidung des Kühlbedarfs dar.

Aus den Kenntnissen des Standortes, der klimatischen und witterungsbedingten Einflüsse sowie der Lage der Fensteröffnungen in Bezug zur Himmelsrichtung lässt sich die Wahl des geeigneten Sonnenschutzes herleiten. Wie stark die Sonneneinstrahlung auf die Fassade

wirkt, ist abhängig von der Himmelsausrichtung und dem tages- und jahreszeitlichen Sonnenstand. (vgl. HAFKE u. a., 2010, S. 82)

Bewegliche Lamellenstrukturen ermöglichen es, auf den sich verändernden Sonnenstand zu reagieren indem sie diesem nachgeführt werden. Horizontal angeordnete Lamellen sind in der Lage, im Sommer die in steilem Winkel einfallende Sonneneinstrahlung auszublenden oder gelenkt in die Raumtiefe zu reflektieren. Eine Anordnung dieser Systeme erfolgt daher idealerweise nach Süden. Vertikal angeordnete Lamellensysteme sind in der Lage, flach auftreffende Sonnenstrahlen abzuhalten und einigen sich eher für ost- oder westorientierte Fassaden. (vgl. HAFKE u. a., 2010, S. 84)

Sonnenschutzgläser eignen sich wenig für den Einsatz im mitteleuropäischen Raum und sollten nur zur Anwendung kommen, wenn aus technischen oder ästhetischen Gründen keine außenliegende Verschattung möglich oder erwünscht ist. Kommen sie dennoch zur Anwendung, so ist auf ihre Lichttransmissionseigenschaften zu achten, um den Nachteil einer dauerhaften Raumverdunkelung und die Beeinträchtigung des visuellen Komforts aufgrund von Farbverschiebung einzuschränken.

Grundsätzlich gilt es abzuwägen, ob das Sonnenschutzsystem individuell verstellbar und daher an verschiedenste Bedingungen anpassbar oder möglichst dauerhaft und wartungsfrei, dafür aber statisch sein soll.

4.7 Wärmespeicherung

Durch Transmission von strahlungsdurchlässigen Baumaterialien kommt es zu Energieeinträgen ins Gebäude. Trifft die Strahlung auf Oberflächen im Rauminnen, wird ein Teil der Energie durch Absorption auf das Material übertragen und von dort über Wärmeleitung weitertransportiert bzw. wieder abgestrahlt. Der solare Energieeintrag auf strahlungsundurchlässiges Baumaterial wird entsprechend der Materialeigenschaften „eingelagert“. Dieses Potenzial wird als thermische Speicherkapazität bezeichnet. Die Energie wird mehr oder weniger zeitversetzt über Wärmestrahlung in den Raum zurückgeführt. Durch geeignete Materialwahl und Bauteildimensionierung kann dieser Effekt dazu genutzt werden, Temperaturspitzen abzufedern ohne dass neue Energie für Heizen oder Kühlen zugeführt werden muss. (vgl. HERZOG u. a., 2004, S. 25)

4.7.1 Planungsentscheidung: Einsatz von Speichermasse in Gebäuden

Wärmespeichernde Baumaterialien wirken bei Temperaturschwankungen ausgleichend. So können Raumlufttemperaturspitzen z.B. durch plötzliche Sonnenstrahlung gekappt werden. Die Speicherwirkung eines Baustoffes ist abhängig von dessen Dichte und der spezifischen Wärmekapazität. Daraus kann die volumsbezogene Wärmespeicherzahl ermittelt werden. Diese drückt aus, wieviel Wärme in einem Kubikmeter eines Baustoffes gespeichert werden kann. Die Eignung eines Baustoffes, Schwankungen der Raumlufttemperatur ausgleichen zu können, ist außerdem von der Geschwindigkeit der Wärmeaufnahme abhängig. Wenn die

Wärmespeicherfähigkeit und die Wärmeeindringgeschwindigkeit der direkt bestrahlten, primär speichernden Flächen gering sind, können sie wenig Wärme aufnehmen sodass sich nur ihre Oberfläche erwärmt und die Wärme rasch wieder an den Raum abgegeben wird. Ideale Wärmespeicher sind somit z.B. unverkleidete Betondecken oder schwere Ziegelwände. Schwere Bauteilschichten sind bis zu einer Tiefe von 8 bis 10 cm zur Wärmespeicherung geeignet. (vgl. REICHEL u. a., 2012, S. 76)

Handlungsempfehlungen

Durch gezielte Anordnung speicherwirksamer Masse können Temperaturspitzen in der Raumluft ausgeglichen werden, damit hat die verfügbare Speichermasse einen wesentlichen Einfluss auf das sommerliche Temperaturverhalten von Innenräumen. Das Vorhandensein ausreichender Speichermasse ist zugleich Voraussetzung für passive Kühlkonzepte mit Nachtlüftung.

In der ÖNORM B 8110-3 sind unter Pkt. 8.1 Größenordnungen für immissionsflächenbezogene speicherwirksame Massen in Abhängigkeit von immissionsflächenbezogenen Luftströmen dargestellt (Immissionsfläche = Fläche der transparenten Außenbauteile [m²] * Gesamtenergiedurchlassgrad g [-] * Abschattungsfaktor F_c [-]):

Immissionsflächenbezogener stündlicher Luftvolumenstrom V [m ³ /(h*m ²)]	Immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse m [kg/m ²]
≥ 100	≥ 2000
75	≥ 4000
50 (zu vermeiden)	≥ 8000

Tabelle 3: Immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse nach ÖNORM B 8110-3:2012

Bei Verwendung von Speichermasse als Strategie zur Kühlbedarfsreduktion sind die Oberflächen möglichst unverkleidet und unverstellt (z.B. durch Möblierung) zu belassen, da eine schnelle Entwärmung dieser Elemente bei vorwiegend natürlicher (Nacht-)Lüftung wichtig ist. (vgl. HAAS-ARNDT & RANFT, 2007, S. 94)

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Synergien
 - **Passive Solarenergienutzung im Winter** – kann durch Speicherung und Abgabe von Wärme im Innenraum begünstigt werden
 - **Schallschutz** – kann durch i.d.R. gute Luftschallschutzeigenschaften von Massivbauteilen begünstigt werden
- Mögliche weitere Wechselwirkungen mit Zielkonfliktpotenzial
 - **Verwendung ökologischer Baustoffe und Materialien** – der Einsatz von massiven Baustoffen kann in Bezug auf die Primärenergie („graue Energie“) nachteilig sein
 - **Nutzungsflexibilität** – kann bei Verwendung massiver Wände und Decken bzw. Aufbauten eingeschränkt werden, speicherwirksame Bauteilschichten

müssen außerdem oberflächennah und möglichst frei von wärmedämmenden Vorsatzschalen oder Möblierung bleiben und können so die Nutzungsflexibilität einschränken

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess

ARCH, TWP, BPH/SIM, SK Materialökologie, FM (speicherwirksame Flächen frei halten)

4.7.2 Planungsentscheidung: Einsatz von Phase-Change-Materials (PCM)

PCM, z.B. mikroverkapselte Paraffine, nutzen das Latentwärmespeichervermögen von (Bau-) Stoffen. In Gebäuden mit geringer Wärmekapazität ist im Sommer ein schnellerer Anstieg der Empfindungstemperatur zu beobachten, da nur wenig Wärme in den Bauteilen gespeichert werden kann. Zwischenwände bestehen zumeist aus weniger speicherfähigen oder dünnen Schichten wie Glas oder Gipskartonbauplatten. Zudem können massive Gebäudeteile wie Betondecken durch Teppichböden, Verkleidungen bzw. abgehängte Decken thermisch von der Raumluft entkoppelt sein. Durch Einlagerung von Latentwärmespeichermaterialien in Bauteiloberflächen kann die Wärmekapazität deutlich erhöht werden.

Diese können in bestimmten Grenzen Wärme aufnehmen, ohne dass sich ihre Temperatur erhöht. Stattdessen ändert sich der Aggregatzustand des Materials. Daher werden diese Materialien auch Phasenwechselmaterialien genannt.

Bei der latenten (versteckten) Wärmespeicherung erfolgt nach dem Erreichen der Phasenübergangstemperatur eine Zeit lang keine Erhöhung der Temperatur des Materials, so lange, bis das Speichermaterial vollständig seinen Aggregatzustand geändert hat. Der Vorgang ist umkehrbar (Wärme wird wieder abgegeben) und beliebig oft wiederholbar. (vgl. HAAS-ARNDT & RANFT, 2007, S. 95)

Handlungsempfehlungen

Leichte Gebäude unterliegen in der Regel größeren Temperaturschwankungen als Massivbauten. Die Gebäude können schneller aufgeheizt bzw. abgekühlt werden (z.B. durch nächtliche Querlüftung). Aufgrund der starken Schwankungen und hohen Temperaturspitzen besteht im Sommer die Gefahr der Überhitzung. Dieser Effekt kann durch den Einsatz von PCM reduziert werden. (vgl. REICHEL u. a., 2012, S. 76)

PCM können beispielsweise als Spachtelmasse auf Dispersionsbasis mit 25-Gewichtsprozent eines mikroverkapselten Paraffins auf Raumboflächen aufgetragen werden. (vgl. HAAS-ARNDT & RANFT, 2007, S. 95)

Ebenso ist eine Modifizierung von Gipsbauplatten im Zuge der Herstellung oder von werkgemischtem Putzen möglich.

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Synergien
 - **Passive Solarenergienutzung im Winter** – kann durch Speicherung und Abgabe von Wärme im Innenraum begünstigt werden
- Mögliche Zielkonflikte
 - **Niedrige Investitionskosten** – Kosten für PCM-Materialien können relativ hoch sein
- Mögliche weitere Wechselwirkungen mit Zielkonfliktpotenzial
 - **Nutzungsflexibilität** – Oberflächen mit PCM müssen unverkleidet und möglichst frei von wärmedämmender Möblierung bleiben und können so die Nutzungsflexibilität einschränken

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess
ARCH, TWP, BPH/SIM, FM (speicherwirksame Flächen frei halten)

4.8 Pflanzen

4.8.1 Planungsentscheidung: Verwendung von Bäumen, Sträuchern, Gräsern zur Verschattung

Durch gezielte Bepflanzung im Außenraum kann nicht nur das Mikroklima um das Gebäude verbessert werden, Pflanzen können zugleich auch zur gezielten Verschattung von Gebäuden eingesetzt werden. Neben Bäumen eignen sich dazu je nach Anordnung (z.B. in Trögen vor der Fassade) auch Sträucher, Büsche und Gräser.

Bei der Pflanzung von Bäumen ist neben der Standortwahl auch die Wahl einer geeigneten Baumart zu beachten (Belaubungsdauer und Lichtdurchlässigkeit der Krone im Jahresverlauf, sowie Wasserbedarf und Eignung für das städtische Umfeld). Durch die Standortwahl sollte die Besonnung privater Freiflächen nicht zwangsweise eingeschränkt und im Winter die passive Sonnenenergienutzung nicht behindern werden. (vgl. TREBERSPURG u. a., 2011, S. 20)

Die Besonnung von Gebäuden wird auch durch Höhe und Art der Bepflanzung in der Umgebung beeinflusst.

Handlungsempfehlungen

Pflanzen können nicht nur das Mikroklima um das Gebäude verbessern, sondern auch zur gezielten Verschattung der Fassade eingesetzt werden, wobei neben Bäumen je nach Anordnung auch Sträucher, Büsche und Gräser zur Anwendung kommen können. Dabei ist neben der Anordnung auch die Auswahl geeigneter Arten zu beachten.

Hinsichtlich ihrer Höhe sollten bei der Pflanzung von Bäumen die Abstandsregeln wie bei Gebäuden untereinander eingehalten werden (Abstand ~ Höhe der Bepflanzung * 1 bis 1,3).

Laubbäume stellen im Winter ein geringeres Hindernis für Solarstrahlung dar. Sie ermöglichen die passive Solarenergienutzung im Winter und verhindern gleichzeitig eine unerwünschte Überhitzung im Sommer. Nadelbäume hingegen verschatten ein Gebäude ganzjährig. (vgl. REICHEL u. a., 2012, S. 33)

Im Zusammenhang mit Baumpflanzungen ist neben der Gebäudeverschattung auch die Durchlüftung des Gebäudezwischenraumes zu berücksichtigen. (vgl. REICHEL u. a., 2012, S. 33)

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Synergien
 - **Vermeidung von Hitzeinseln** – kann durch Verdunstungskühlung, Beschattung, u.a. begünstigt werden
 - **Schallschutz** – kann durch höhere Schallabsorption und geringere Schallreflexion begünstigt werden
 - **Private und halböffentlicher Freiräume** – können durch Bepflanzung attraktiv gestaltet werden
 - **Visueller Komfort** – kann durch attraktiven Außenraumbezug und hinsichtlich des Blendschutzes begünstigt werden
- Mögliche Zielkonflikte
 - **Passiv solare Sonnenenergienutzung im Winter** – kann durch Verschattung der transparenten Fassadenflächen in der Heizperiode erschwert werden
 - **Geringe Kosten für Pflege und Instandhaltung** – bei Pflanzungen und Grünflächen sind je nach Art unterschiedlich kostenintensive regelmäßige Pflege- und Instandhaltungsmaßnahmen erforderlich
- Mögliche weitere Wechselwirkungen mit Synergie-/Zielkonfliktpotenzial
 - **Tageslichtnutzung** – kann aufgrund der Pflanzen erschwert werden
 - **Energiebereitstellung mit aufgeständerten Photovoltaik- oder Solarthermieranlagen** – kann je nach Aufstellungsort (Gelände, Dach...) erschwert werden
 - **Energiebereitstellung mit dach- bzw. fassadenintegrierten Photovoltaik- oder Solarthermieranlagen** – kann bei Beschattung der Fassade und ggf. des Daches erschwert werden
 - **Niedrige Investitionskosten** – können durch (Teil-)Ersatz der Sonnenschutzsysteme mit Pflanzen begünstigt werden

4.8.2 Planungsentscheidung: Einsatz von Fassaden- und Dachbegrünungen

Durch die verminderte sommerliche Aufheizung der Gebäudehülle und durch die Verdunstungsleistung von Pflanzen und Substrat erreichen begrünte Fassaden einen spürbaren Kühlungseffekt und wirken als „naturnahe Klimaanlage“.

Vor allem fassadengebundene Begrünungen wirken wie ein zusätzlicher Teil der Wärmedämmung auf Basis geringerer oberflächennaher Luftgeschwindigkeiten und vermindern durch ihre Pufferwirkung temperaturbedingte Spitzenwerte. Dadurch können je nach Gebäudeart Kosten für das Kühlen im Sommer und das Heizen im Winter eingespart werden. (vgl. PITHA u. a., 2013, S. 8)

Durch Fassadenbegrünungen wird im Sommer weniger Wärme im Mauerwerk gespeichert bzw. ins Innere des Gebäudes geleitet. Zudem kommt es durch pflanzenbedingte Verdunstung zu einer Kühlung der Fassade. (vgl. WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG MA22, S. 39)

Handlungsempfehlungen

Werden Vertikal- und Horizontalflächen durch Grünfassaden bzw. -dächer ersetzt, führt dies zu einer Verbesserung der gesamtheitlichen Stadtalbedo, einer Verringerung der Oberflächentemperatur und einer Reduktion der Innenraumtemperatur. (vgl. FREY, 2014, S. 110)

Herausforderungen bei der Errichtung von Fassaden- und Dachbegrünungen ergeben sich hinsichtlich Pflanzenauswahl, Gebäudestatik, Haustechnik, Bauphysik sowie Wartung und Instandhaltung. Kosten für Fassadenbegrünungen können sehr stark schwanken und sind von vielen verschiedenen Faktoren abhängig: z.B. der Größe der zu begrünenden Fläche, der Art der Bepflanzung (z.B. Kletterpflanze als Selbstklimmer oder Gerüstkletterer), eventuell erforderlichen technischen Maßnahmen an der Fassade, dem Anteil der Eigenleistung, Möglichkeiten der öffentlichen Förderungen etc. Durchschnittlich kann für die Herstellung bodengebundener Begrünungen mit 15 – 35 € pro m² gerechnet werden. Fassadengebundene Systeme sind aufwendiger und kosten je nach System zwischen 400 und 2.000 € pro m². Pflege- und Wartungskosten schwanken sehr stark und können jährlich ca. 5 -70 € pro Laufmeter betragen. (vgl. PITHA u. a., 2013, S. 13)

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Synergie
 - **Vermeidung von Hitzeinseln** – kann durch Verdunstungskühlung, Beschattung u.a. begünstigt werden

- **Minimierung von Transmissionswärmeverlusten** – kann durch verbesserten U-Wert von begrünten Außenbauteilen begünstigt werden
- **Schallschutz** – kann durch höhere Schallabsorption und geringere Schallreflexion begünstigt werden
- **Visueller Komfort** – kann durch attraktiven Außenraumbezug und hinsichtlich des Blendschutzes begünstigt werden
- Mögliche Zielkonflikte
 - **Energiebereitstellung mit dach- bzw. fassadenintegrierten Photovoltaik- oder Solarthermieanlagen** – kann durch vermindertes Flächenangebot sowie Verschattung von Paneelen durch Bepflanzung erschwert werden
 - **Niedrige Investitionskosten** – Kosten werden durch zusätzliche Kosten für Unterkonstruktion, Pflanzenmaterial etc. erhöht
 - **Geringe Kosten für Reinigung und Pflege** – Kosten können durch notwendige Pflegeaufwendungen erhöht werden
- Mögliche weitere Wechselwirkungen mit Synergie-/Zielkonfliktpotenzial
 - **Niedrige Instandhaltungskosten** – können durch Begrünungsmaßnahmen erhöht werden
 - **Zugänglichkeit für Wartung und Reinigung** – kann je nach Ausführung/Konstruktion erschwert sein

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess

ARCH, SK Gebäudebegrünung/FP Freiraum, BPH, SK Lichtplanung, FM (Pflege), FP Brandschutz, falls vorgesehen: SK Erneuerbare, falls statisch relevant: TWP

4.9 Passive Kühlsysteme

Durch Klimaerwärmung und gesteigerte Komfortansprüche gewinnt die Gebäudekühlung auch im mitteleuropäischen Klima zunehmend an Bedeutung. An erster Stelle eines kühlenergieeffizienten Gebäudeentwurfs sollte die Vermeidung von Überhitzung durch ein das Gebäudedesign stehen. In einem weiteren Schritt können aber auch passive Kühlsysteme zum Einsatz kommen um die thermischen Behaglichkeit im Sommer ohne zusätzlichen Energieeinsatz sicherzustellen.

Unter passiven Kühlsystemen versteht man Klimatisierungssysteme, die ein Gebäude im Sommer ohne den Einsatz von Kältemaschinen auf angenehmen Temperaturen halten können und daher keine Energie benötigen (vgl. CODY u. a., 2008, S. 91). Sie nutzen dazu natürliche Umweltgegebenheiten und Wärmesenken.

4.9.1 Planungsentscheidung: Gezielte Anordnung und Dimensionierung von Lüftungsöffnungen

Die Lüftung spielt beim Einsatz passiver Kühlsysteme eine ganz wesentliche Rolle. Durch richtige Lüftung zum richtigen Zeitpunkt können nicht nur Wärmelasten effizient abgeführt

werden, eine erhöhte Luftbewegung führt auch zur Steigerung der Verdunstung auf der Haut und kann so einen zusätzlichen Behaglichkeitsgewinn für die NutzerInnen erzielen.

Lüftung bedeutet Austausch von Raumlufte gegen Außenluft. Dabei kann zwischen mechanischer Lüftung (Antrieb der Luftbewegung durch mechanische Kräfte) und natürlicher Lüftung unterschieden werden. Bei der natürlichen Lüftung erfolgt der Antrieb der Luftbewegung durch Druckunterschiede zwischen dem Innen- und Außenraum, die aus folgenden Kräften resultieren:

- Windkräfte: Druckdifferenzen zwischen innen und außen
- Thermische Auftriebskräfte: Kräfte, die durch unterschiedliche Dichten aufgrund von Temperaturunterschieden in Luftschichten entstehen

Folgende Elemente sind zur Sicherstellung natürlicher Belüftung geeignet (vgl. REICHEL u. a., 2012, S. 86f):

- Öffnbare Fenster
- Zweischalige Fassade – erwärmte Luft im Zwischenraum wird durch Lüftungsklappen in der äußeren Schale wieder abgelüftet, die Funktion des Luftwechsels über die Lüftungsklappen wird dabei getrennt von der Fensterfunktionen erfüllt
- Fugenlüftung – Lüftung durch permanente und „geplante“ Undichtigkeiten in der Gebäudehülle (nicht zu verwechseln mit undichten Bauanschlussfugen)
- Schachtlüftung – Lüftung wird durch thermischen Auftrieb und Zu- bzw. Abluftelemente in der Fassade ermöglicht. Auf diese Weise können auch innenliegende Räume belüftet werden.

Die Größe der verwendeten Lüftungsöffnungen und ihre Anordnung in der Gebäudehülle spielen eine wesentliche Rolle für ein funktionierendes Lüftungskonzept.

Handlungsempfehlungen

Durch gezielte Lüftung in Gebäuden können Wärmelasten effizient abgeführt und die Behaglichkeit durch Luftbewegung erhöhte werden. Die Dimensionierung der Lüftungsöffnungen und ihre Anordnung in der Fassade spielen dabei eine wesentliche Rolle.

Die Zuluft sollte im Sommer immer von sonnenabgewandten Fassadenseiten oder aus kühlen Innenhöfen einströmen. (vgl. TREBERSPURG u. a., 2011, S. 18)

Bei einseitiger Lüftung (über eine Fassadenfläche) sollten zur effizienten Nutzung des thermischen Auftriebes zwei Öffnungen mit möglichst großem, vertikalem Abstand zueinander angeordnet sein. Bei Vorhandensein von nur einer Öffnung sollte diese in der neutralen Zone in der Mitte zweigeteilt sein, mit vertikalem Abstand der Teilflächen.

Durch Querlüftung können erhöhte Luftwechselraten und Luftbewegungen für einen zusätzlichen Behaglichkeitsgewinn erzielt werden, dabei sollte zwischen Lufteintritts- und -austrittsstelle ein möglichst großer vertikaler Abstand vorhanden sein.

Stoßlüftung erfordert Öffnungen mit möglichst großem Lüftungsquerschnitt. (vgl. HERZOG u. a., 2004, S. 41)

Für eine Dauerlüftung sind kleine und gut dosierbare Lüftungsöffnungen erforderlich. Die Luftführung im Raum ist dabei besonders zu beachten, da diese Lüftungsart über einen längeren Zeitabschnitt erfolgt. (vgl. HERZOG u. a., 2004, S. 41) Zur Sicherstellung der Raumbehaglichkeit ist auch der Grenzwert für die maximale Luftgeschwindigkeit zu berücksichtigen. Dieser beträgt etwa 0,2 m/s (ab diesem Wert ist mit Aufwirbelungen von Papier zu rechnen). (vgl. HERZOG u. a., 2004, S. 41)

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Synergien
 - **Hohe Raumlufqualität** – kann durch entsprechenden Luftwechsel begünstigt werden
- Mögliche weitere Wechselwirkungen mit Zielkonfliktpotenzial
 - **Minimierung von Lüftungs- und Transmissionswärmeverlusten** im Winter – die Luftdichtheit der Gebäudehülle darf durch Lüftungsöffnungen nicht beeinträchtigt werden
 - **Brandschutzsicherheit** – Aspekte der Brandschutzsicherheit (z.B. die Bildung von Brandabschnitten) müssen bei der Entwicklung von Lüftungskonzepten berücksichtigt werden
 - **Einbruchschutz** – muss bei großen Lüftungsöffnungen oder Fensterlüftung gesichert sein
 - **Schallschutz** – unerwünschte Beeinträchtigungen durch Schallimmissionen von außen oder zwischen den Nutzungseinheiten müssen im Lüftungskonzept vermieden werden

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess

ARCH, BPH, SIM, FM, FP Brandschutz, SK Windsimulation, SK Schallschutz, SK Einbruchschutz

4.9.2 Planungsentscheidung: Einsatz von Nachtlüftung

Da die Nächte hier auch während der heißen Sommertage meist auf unter 20°C abkühlen, eignet sich das mitteleuropäische Klima verhältnismäßig gut für eine passive Kühlung mittels Nachtlüftung. (vgl. CODY u. a., 2008, S. 105)

Eine wichtige Voraussetzung dafür ist ausreichend vorhandene und aktivierbare thermische Masse (z.B. Speichermasse von Bauteilen). Speicherfähige Bauteile nehmen tagsüber die eingestrahlte Wärme auf bzw. puffern diese und werden in der Nacht dann durch vorbeistreichende kühle Nachtluft wieder thermisch entladen.

Die zweite wichtige Voraussetzung für die Wirksamkeit der Nachtlüftung ist die Möglichkeit große Mengen kühler Luft in das Gebäude und direkt an den thermisch aktiven Bauteilen entlang zu führen. Es ist also wichtig, in der zweiten Nachthälfte große Flächen zu öffnen und im Gebäude eine Querlüftung, z.B. durch geöffnete Innentüren oder Überströmöffnungen in Türen, zu ermöglichen. Die Wirkung der Nachtlüftung ist im Besonderen in den Vormittagsstunden spürbar. (vgl. HAAS-ARNDT & RANFT, 2007, S. 88)

Die Vorteile der Nachtkühlung über mechanische Lüftungsanlagen liegen in der Kontrollierbarkeit, der Möglichkeit Filter zur Verbesserung der Luftqualität zu installieren und der Reduktion von Lärmimmissionen aus dem Außenraum. In Bezug auf Luftwechselraten sind mechanischen Lüftungssystemen jedoch Grenzen gesetzt.

Die nächtliche Fensterlüftung hat den Vorteil bei guter Effizienz sehr einfach und kostengünstig zu sein. Sie erfordert jedoch ein entsprechendes Nutzerverhalten und geeigneten Witterungs- und Einbruchschutz. Für die erforderlichen Luftwechselraten spielen Lage und Größe der Lüftungsöffnungen eine wesentliche Rolle. (vgl. CODY u. a., 2008, S. 105)

Handlungsempfehlungen

Das Konzept der Nachtlüftung eignet sich gut für das mitteleuropäische Klima mit verhältnismäßig kühlen Nächten. Soll im Sommer eine Nachtlüftung die Klimatisierung des Gebäudes unterstützen, so ist das Vorhandensein speicherwirksamer Bauteile, die tagsüber entsprechend viel Wärme aufnehmen können und diese nachts wieder abgeben, Voraussetzung.

Die zweite Voraussetzung ist ein auf die Nachtlüftung abgestimmtes Lüftungskonzept mit hohen Luftwechselraten in der zweiten Nachthälfte und einer entsprechenden Gebäudedurchströmung, die große Mengen kühler Luft an den thermisch aktiven Bauteilen entlang führt. Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Synergien
 - **Hohe Raumluftqualität** – kann durch entsprechenden Luftwechsel begünstigt werden
- Mögliche Zielkonflikte
 - **Nutzungsflexibilität** – kann durch die erforderliche nächtliche Luftdurchströmung beeinträchtigt werden
- Mögliche weitere Wechselwirkungen mit Synergie-/Zielkonfliktpotenzial
 - **Brandschutzsicherheit** – Aspekte der Brandschutzsicherheit (z.B. die Bildung von Brandabschnitten) müssen bei der Entwicklung von Lüftungskonzepten berücksichtigt werden
 - **Einbruchschutz** – muss bei großen Lüftungsöffnungen oder Fensterlüftung gesichert sein

- **Schallschutz** – unerwünschte Beeinträchtigungen durch Schallimmissionen von außen oder zwischen den Nutzungseinheiten müssen im Lüftungskonzept vermieden werden

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess

ARCH, BPH, SIM, FM, FP Brandschutz, SK Einbruchschutz, SK Schallschutz, bei Bedarf:
SK Gebäudeautomation

4.9.3 Planungsentscheidung: Einsatz von Lüftung durch thermischen Auftrieb

Der thermische Auftrieb ist eine alte Methode zur Gebäudelüftung. Druckunterschiede von kalter und warmer Luft führen zu einer Ausgleichsströmung, die gezielt für die Gebäudekühlung eingesetzt werden kann. Dafür sind im unteren Bereich von Gebäuden Zuluftöffnungen und im oberen Bereich Abluftöffnungen notwendig. Zusätzlich ist eine ausreichende Höhe der erwärmten Luftsäule und ein möglichst großer Temperaturunterschied zur Außenluft günstig. (vgl. HAAS-ARNDT & RANFT, 2007, S. 89)

Hohe Räume, wie z.B. mehrgeschossige Atrien, Doppelfassaden oder entsprechende Lüftungsschächte lassen sich für die effektive Nutzung des thermischen Auftriebs einsetzen. Beispiele aus traditionellen Bauweisen sind Solarkamine oder Windtürme. (vgl. TREBERSPURG u. a., 2011, S. 18) Handlungsempfehlungen

Die Nutzung des thermischen Auftriebs zur Gebäudelüftung erfordert hohe Räume wie Atrien, Doppelfassaden oder Lüftungsschächte, sowie Zuluftöffnungen und im unteren und Abluftöffnungen im oberen Bereich.

Der thermische Auftrieb kann auch mit Hilfe von Kaminen verstärkt werden. Lässt man diese über Dach hinausragen, kann die Sonne diesen Teil erwärmen. Als besonders wirksam erweist sich, wenn dieser Teil aus dunklem Metall oder Glas besteht. Die im so genannten Solarkamin erwärmte und dadurch aufsteigende Luft saugt die Raumluft bei entsprechenden Zuluftöffnungen aus dem Gebäude und führt sie ins Freie. (vgl. HAAS-ARNDT & RANFT, 2007, S. 89)

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Synergien
 - **Hohe Raumluftqualität** – kann durch entsprechenden Luftwechsel begünstigt werden
- Mögliche weitere Wechselwirkungen mit Zielkonfliktpotenzial
 - **Brandschutzsicherheit** – Aspekte der Brandschutzsicherheit (z.B. die Bildung von Brandabschnitten) müssen bei der Entwicklung von Lüftungskonzepten berücksichtigt werden
 - **Einbruchschutz** – muss bei großen Lüftungsöffnungen gesichert sein

- **Schallschutz** – unerwünschte Beeinträchtigungen durch Schallimmissionen von außen oder zwischen den Nutzungseinheiten müssen im Lüftungskonzept vermieden werden

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess

ARCH, BPH, SIM, FM, SK Schallschutz, SK Brandschutz

4.9.4 Planungsentscheidung: Einsatz von windunterstützter Lüftung

Bei gleichen Temperaturen innerhalb und außerhalb eines Gebäudes versagt die Thermik. Vorhandene Luftbewegungen im Außenraum können jedoch zur Unterstützung der Gebäudelüftung genutzt werden. Versieht man z.B. die Öffnung eines Luftschachtes mit einer drehbaren Haube so erzeugt der vorbei streichende Wind zusätzlich Unterdruck, die Entlüftung wird dadurch verstärkt. Eine effiziente Möglichkeit, die Windgeschwindigkeit im Bereich von Abluftöffnungen zu erhöhen, ist der so genannte Venturi Flügel, ein Windblech. Durch seine gewölbte Form werden unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten der anströmenden Luft erzeugt, wodurch die Abluft aus dem Gebäude gesaugt werden kann. (vgl. HAAS-ARNDT & RANFT, 2007, S. 89)

Handlungsempfehlungen

Vorhandene Luftbewegungen im Außenraum können durch entsprechende Vorrichtungen im Bereich der Zu- und Abluftöffnungen zur Unterstützung der Gebäudelüftung genutzt werden. Die klimatischen Bedingungen am Standort (vorherrschende Windrichtungen und Windstärken) müssen dabei berücksichtigt werden.

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Synergien
 - **Hohe Raumlufthqualität** - kann durch entsprechenden Luftwechsel begünstigt werden
- Mögliche weitere Wechselwirkungen mit Synergie-/Zielkonfliktpotenzial
 - **Schallschutz** – unerwünschte Beeinträchtigungen durch Schallimmissionen von außen oder zwischen den Nutzungseinheiten müssen im Lüftungskonzept vermieden werden

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess

ARCH, BPH, SIM, FM, SK Schallschutz, SK Brandschutz, SK Mikroklima (Windsimulation)

4.9.5 Planungsentscheidung: Einsatz von Verdunstungskühlung

Durch Befeuchtung der Luft sinkt die Lufttemperatur. Wasser wird verdunstet, durch diesen Phasenwechsel wird der Luft Wärme entzogen. Die Kühlung der Luft durch Befeuchtung ist allerdings nur in sehr trockenen Klimaten möglich, da ansonsten die erhöhte Luftfeuchtigkeit die Abkühlung des Menschen erschwert. Schweiß verdunstet und nimmt dadurch große Mengen Wärme aus dem Körper auf. Dieser Effekt funktioniert gut, wenn die umgebende Luft in der Lage ist, Flüssigkeit aufzunehmen. Ist die relative Luftfeuchtigkeit hoch, kann die Luft kaum Feuchtigkeit aufnehmen, die Abkühlung über das Schwitzen ist nicht mehr in ausreichendem Maße möglich. (vg. HAAS-ARNDT & RANFT, 2007, S. 90)

Handlungsempfehlungen

Bei Vorhandensein von Wasser mit sehr niedrigen Temperaturen von 12 - 13°C (das z.B. an einer Wasserwand herunterrieselt) wird der in der Raumluft enthaltene Wasserdampf an der kalten Wasseroberfläche kondensiert, die Raumluft wird getrocknet und gleichzeitig durch die Strahlungskälte des Wassers gekühlt. Damit steigt die sommerliche Behaglichkeit gleich auf zweierlei Wegen. (vgl. HAAS-ARNDT & RANFT, 2007, S. 90)

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Synergien
 - **Hohe Raumluftqualität** - kann durch Wasserflächen begünstigt werden (Einfluss auf Lufttemperatur- und -feuchte, Effekt der Bindung von Staub etc.)
 - **Visueller Komfort** - Wasserflächen können bei attraktiver Gestaltung den visuellen Komfort erhöhen
- Mögliche Zielkonflikte
 - **Niedrige Investitionskosten** – Kosten können durch den Einbau von Wasserflächen und die damit verbundenen Technikkomponenten steigen
- Mögliche weitere Wechselwirkungen mit Synergie-/Zielkonfliktpotenzial
 - **Niedrige Instandhaltungskosten und Kosten für Reinigung und Pflege** – Kosten können je nach Komplexität der Anlage (Wasserflächen, Pumpsysteme etc.) steigen
 - **Nutzungsflexibilität** – kann u.U. durch den Platzbedarf und die Positionierung der Anlage beeinträchtigt werden

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess

ARCH, BPH, SIM, FM, FP Freiraum

4.10 Subjektive Temperaturwahrnehmung

Thermische Behaglichkeit ist definiert als das Gefühl, das Zufriedenheit mit dem Umgebungsklima, speziell mit der Temperatur, ausdrückt. Aufgrund individueller Unterschiede in der Bevölkerung ist es unmöglich, ein einziges Umgebungsklima festzulegen, das jedermann zufrieden stellt. Es wird stets einen Prozentsatz an Unzufriedenen geben. Es ist jedoch möglich ein Umgebungsklima festzulegen, von dem vorausgesagt werden kann, dass es von einem gewissen Prozentsatz der dem Klima ausgesetzten Personen als annehmbar empfunden wird. (vgl. ÖNORM EN ISO 7730, 2006, Pkt. 7)

Entsprechend ÖNORM 8110 Teil 3 gilt sommerliche Überwärmung in Wohngebäuden als vermieden, wenn die empfundene Raumtemperatur während Hitzeperioden im jeweiligen Nutzungszeitraum eine festgelegte Grenztemperatur von 27°C am Tag und 25°C in der Nacht nicht überschreitet.

4.10.1 Planungsentscheidung: Senkung der Anforderung an das Raumklima

Anforderungen an Räume für das Wohnen und Arbeiten resultieren aus den physiologischen Notwendigkeiten und den Komfortansprüchen der Menschen. Die Anpassung des Raumklimas an individuelle Bedürfnisse hat erheblichen Einfluss auf die Behaglichkeit. Bereits die Möglichkeit zur individuellen Regelung des Klimas steigert die Zufriedenheit. Bei der Behaglichkeit existiert demnach eine psychologische Wahrnehmungsebene jenseits der messbaren Größen. Materialität und Struktur von Oberflächen, Farbgebung und Lichtsituation verändern das Behaglichkeitsempfinden im Raum. Räume werden als kalt oder warm beschrieben, ohne dass damit ein messbarer thermischer Zustand bezeichnet wird. (vgl. REICHEL u. a., 2012, S. 46)

Handlungsempfehlungen

Mit Hilfe entsprechende Raumgestaltungsmaßnahmen können subjektive Wärme- und Kälteempfinden beeinflusst und die Temperaturgrenzen für das Behaglichkeitsempfinden erweitert werden.

Bei erhöhten operativen Innenraumtemperaturen (empfundene Temperatur > 25 °C, Mittelwert aus Luft und Strahlungstemperatur) kann eine höhere Luftgeschwindigkeit (z.B. Ventilator) eingesetzt werden, um den Raum behaglicher werden zu lassen. Zudem ist es wichtig, strenge Bekleidungs Vorschriften im Gebäude zu vermeiden, damit die NutzerInnen die Wärmedämmung ihrer Bekleidung nach Wunsch anpassen können. (vgl. ÖNORM EN ISO 7730, 2006)

Wechselwirkungen mit anderen Planungszielen des nachhaltigen Bauens

- Mögliche Synergien

- **Minimierung von Lüftungs- und Transmissionswärmeverlusten im Winter** – können durch erweiterte Toleranzgrenzen auch nach unten bezüglich Raumlufttemperatur erzielt werden
- **Niedrigere Investitionskosten** – können durch geringere Dimensionierungsgrößen für Raumkühlsysteme infolge geringere Kühllasten erzielt werden
- **Niedrigere Instandhaltungskosten** – können durch verminderten Einsatz gebäudetechnischer Anlagen zur Raumkonditionierung erzielt werden

Planungsgruppe für den integralen Planungsprozess
ARCH, BH, FM, TGA (Anlagendimensionierung), BPH, SIM

5 Zusammenfassung

Die zunehmende Klimaerwärmung und die Bildung von Hitzeinseln in dicht bebauten Stadtgebieten stellen Stadt-, Freiraum- und GebäudeplanerInnen vor neue Herausforderungen. Durch die Berücksichtigung der geänderten Rahmenbedingungen und die Bündelung geeigneter Maßnahmen auf den verschiedenen Planungsebenen - von der Bebauungsplanung über die Stadtraumgestaltung bis hin zur Gebäudeplanung - können diese jedoch bewältigt werden.

Voraussetzung dafür ist das Bewusstsein aller Planungsbeteiligten für die bestehende Problematik und ein Verständnis für die möglichen Wechselwirkungen zwischen einzelnen Planungsentscheidungen über die verschiedenen Maßnahmenebenen hinweg. Die Anordnung baulicher Strukturen und die Gestaltung der städtischen Freiräume haben einen starken Einfluss auf den Kühlenergiebedarf von Gebäuden und die Möglichkeiten passive Maßnahmen zur Gebäudekühlung zu nutzen. Zugleich wirkt sich die Gestaltung der einzelnen Gebäude auf die mikroklimatischen Bedingungen im Umfeld des Gebäudes aus.

Sowohl die Stadt- als auch die Gebäudeplanung müssen zahlreiche und teilweise gegensätzlich Ziele vereinbar machen um ein lebenswertes urbanes Umfeld und moderne, nachhaltige Gebäude zu gewährleisten. Wichtig ist es die Planungsziele „Vermeidung von Hitzeinseln“ und „Gebäude ohne erforderliche aktive Kühlung bzw. mit stark reduziertem Kühlbedarf“ als fixen Bestandteil in die Planungsprozesse zu integrieren und den Dialog zwischen allen Planungsbeteiligten auf allen Planungsebenen zu sichern.

6 Empfohlene Literatur

6.1 Literatur zur Berücksichtigung des Kühlenergiebedarfs in der Bebauungsplanung

Das kleinskalige Strömungsmodell MUKLIMO_3 Teil 1: Theoretische Grundlagen, PC-Basisversion und Validierung

Autor: Uwe Sievers

Verlag: Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 240, 2012, Offenbach am Main

Das Stadtklimamodell MUKLIMO_3 (3-dimensionales mikroskaliges urbanes Klimamodell) des Deutschen Wetterdienstes wurde speziell zur Untersuchung stadtklimatologischer und geländeklimatologischer Fragestellungen entwickelt. Basierend auf den Prinzipien der

Massenerhaltung, Energieerhaltung und Impulserhaltung berechnet MUKLIMO_3 auf einem 3-dimensionalen Rechengitter den Tagesgang des Windes, der Temperatur und Feuchtigkeit in der Atmosphäre und im Erdboden, der solaren und thermischen Strahlung sowie vieler weiterer relevanter Parameter. Die räumliche Auflösung des Modells liegt typischerweise zwischen wenigen Metern und mehreren hundert Metern.

Methoden und Werkzeuge zur Anpassung an den Klimawandel. Ein Handbuch für Bundesländer, Regionen und Städte

AutorInnen: Andrea Prutsch, Astrid Felderer, Maria Balas, Martin König, Christoph Clar, Reinhard Steuerer

Verlag: Eigenverlag Umweltbundesamt, 2014, Wien

Das Handbuch gibt eine Anleitung zur strategischen und proaktiven Auseinandersetzung mit den Folgen des Klimawandels. Es stellt eine umfangreiche Sammlung an Methoden und Werkzeugen zur Verfügung, welche den verantwortlichen AkteurlInnen eine Hilfestellung im Zuge des Anpassungsprozesses bietet.

HdZ Leitprojekt „Aspern Die Seestadt Wiens – nachhaltige Stadtentwicklung“, erstellt im Subprojekt 1 „Freiraum und Mikroklima: Grundlagen für Klima sensitive Planung in Aspern“

AutorInnen: Richard Stiles, Katrin Hagen, Heidelinde Trimmel

TU Wien, Fachbereich Landschaftsplanung und Gartenkunst, Institut für Städtebau, Landschaftsarchitektur und Entwerfen, Wien, November 2010, Eine Publikation im Rahmen des HdZ-Leitprojektes

Der Forschungsbericht behandelt städtische klimatischen Aspekte und die dabei bedeutende Rolle städtischer Freiräume. Es bestehen enge Wechselbeziehungen zwischen den klimatischen Grundbedingungen, der Bebauung (v.a. der Fassaden) und der Ausgestaltung der einzelnen Freiräume. Diese haben direkte Auswirkungen sowohl auf das (thermische) Wohlbefinden im Sinne der Aufenthaltsqualität als auch auf die Energieeffizienz der angrenzenden Bebauung.

Urban fabric types and microclimate response - assessment and design improvement

AutorInnen: Richard Stiles, Katrin Hagen, Heidelinde Trimmel, Beatrix Gasienica-Wawrytko, Wolfgang Loibl, Tanja Tötzer, Mario Köstl, Stephan Pauleit, Annike Schirmann

ACRP3 Projekt des Klima- und Energiefonds, TU Wien / AIT/ TU München, Projektbericht im Internet, 2014 <http://urbanfabric.tuwien.ac.at/index.php>, letzter Zugriff am 08.10.2014

Städte sind besonders empfindlich gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels, da die globale Erwärmung in verdichteten und stark versiegelten Stadträumen zu besonders starken Effekten führen kann (Stichwort Wärminseleffekt). Das Projekt befasste sich mit der

Stadtmorphologie, als Ausdruck der kleinteiligen Bebauungs- und Freiraumstruktur, den verschiedenen mikroklimatischen Phänomenen und deren Wahrnehmung durch die Bevölkerung. Daraus wurden differenzierte Strategien entwickelt, die die negativen Effekte auf lokaler Ebene lindern können. Am Beispiel der Stadt Wien wurden Stadtraumtypen gebildet und für die besonders kritischen Typen jeweils klimatisch charakteristische und empfindliche Stadtraumsituationen identifiziert. Für diese wurden beispielhaft maßgeschneiderte, konkrete Gestaltungsmaßnahmen im Freiraum vorgeschlagen, die vor allem einer lokalen Überhitzung während der Sommermonate entgegensteuern sollen.

Klimaschutz und Anpassung in der integrierten Stadtentwicklung - Arbeitshilfe für schleswig-holsteinische Städte und Gemeinden. Innenministerium des Landes Schleswig-Holstein

AutorInnen: Ralf Schüle, Ulrich Jansen, Thomas Madry, Runrid Fox-Kämper, Burkhard Kelberlau, Tanja Freund, Sebastina Hilgert, Maren Zellin

Verlag: Eigenverlag Innenministerium des Landes Schleswig-Holstein 2011, Online, http://www.schleswig-holstein.de/Klimapakt/DE/DownloadLinks/arbeitshilfeStadtentwicklung__blob=publicationFile.pdf, letzter Zugriff am 08.10.2014

Die Arbeitshilfe für schleswig-holsteinische Städte und Gemeinden in Deutschland zur Integration von Klimaschutz und Energieeffizienz in die Stadtentwicklung wurde im Jahr 2011 vom Innenministerium des Landes Schleswig-Holstein als Nachschlagewerk und Orientierungshilfe für Städte und Gemeinden erstellt. Es wurden fünf Handlungsfelder für eine zukünftige klimagerechte Stadtentwicklung identifiziert. Das Handlungsfeld 5 behandelt das Thema „Anpassung an den Klimawandel“ in Bezug auf die Entstehung von Hitzeinseln in der Stadt. Nachfolgende Maßnahmen zur Vermeidung von Hitzeinseln werden beschrieben

6.2 Literatur zur Berücksichtigung des Kühlenergiebedarfs in der Gebäudeplanung

Empfehlungen und Zusammenstellung an relevanter Fachliteratur, Studien und Forschungsarbeiten, Leitfäden und relevante Normen

Parameterstudie Kühlenergiebedarf von mehrgeschossigen Wohngebäuden: Wechselwirkungen zwischen Bebauungsstrukturen und Kühlenergiebedarf von Gebäuden

Autorin: Simone Frey, MSc

Master Thesis an der Fachhochschule Technikum Wien, August 2014

Die Studie erläutert die positiven Effekte konkreter Planungsmaßnahmen auf Mikroklima und außeninduzierten Kühlenergiebedarf von mehrgeschossigen Wohnbauten.

Faustformel Gebäudetechnik

Autoren: Michael Hayner, Jo Ruoff, Dieter Thiel

Verlag: München, DVA, 1. Ausgabe, 2010

Das Buch bietet entwerfenden ArchitektInnen ein Werkzeug für Praxis und Studium, das sie befähigt, mithilfe von Schaubildern, kurzen überschlägigen Rechenbeispielen und übersichtlichen Tabellen wesentliche bauphysikalische und gebäudetechnische Größenordnungen zu ermitteln. Abgewogen wird zwischen anwenderfreundlicher Einfachheit und wissenschaftlicher Genauigkeit. Die Inhalte bilden die Grundlage für einen qualifizierten Dialog zwischen ArchitektInnen und FachingenieurInnen.

Heating Cooling Lighting, Sustainable Design Methods for Architects

Autor: Norbert Lechner

Verlag: Hoboken, Wiley, 3. Ausgabe, 2008

Das Buch berücksichtigt Fragestellungen der Gebäudebeheizung, -kühlung und -belichtung nicht als voneinander isolierte Themenbereiche, sondern als wesentliche Bestandteile einer ganzheitlichen und integralen Planung. Gesundheit, NutzerInnenkomfort, Dauerhaftigkeit und kulturelle Aspekte stehen dabei ebenso im Betrachtungsfokus wie Energieeffizienz und ökonomische Aufgabenstellungen in der Gebäudekonzeption.

Fassadenatlas

Autoren: Thomas Herzog, Roland Krippner, Werner Lang

Verlag: Basel, Birkhäuser, Edition Detail, 1. Ausgabe, 2004

Das Buch beleuchtet die zentrale Rolle von Fassaden bei Fragestellungen in Bezug auf den Energieverbrauch von Gebäuden bzw. den Möglichkeiten zur Nutzung von Umweltenergien.

Öffnen und Schließen

Hrsg.: Alexander Reichel, Kerstin Schultz

AutorInnen: Anette Hochbert, Jan-Henrik Hafke, Joachim Raab

Verlag: Basel, Birkhäuser, 2010

Das Buch erläutert den entwurfsbestimmten Konstruktionsprozess einzelner Elemente eines Gebäudes. Gebäudeöffnungen (Fenster, Türen, Toren, Loggien Filter, etc. und ihre konstruktiven und gestalterischen Eigenschaften sowie ihre Zusammenhänge mit weiteren Betrachtungsebenen in der Architektur werden aufgezeigt.

Tageslichttechnik in Gebäuden

AutorInnen: Doris Haas-Arndt, Fred Ranft

Verlag: Heidelberg, C.F. Müller, 2007

Das Buch verdeutlicht die vielfältige Rolle von Tageslicht bzw. solarer Strahlung in Bezug auf lichttechnische und raumklimatische Gebäudeoptimierung sowie Reduktion von Wärmelasten.

Klimagerecht Bauen

AutorInnen: Gerhard Hausladen, Petra Liedl, Mike de Saldanha

Verlag: Basel, Birkhäuser, 2011

Das Buch weist auf die Tatsache hin, dass eine von klimatischen Aspekten losgelöste Architektur den Anforderungen an Innenraumkomfort mit Technik und Energieeinsatz begegnet. Aufgezeigt werden daher Möglichkeiten, um mit entsprechenden Bauweisen und Entwurfsstrategien auf unterschiedliche klimatische Gegebenheiten zu reagieren.

Wärmen und Kühlen

Hrsg.: Alexander Reichel, Kerstin Schultz

Autoren: Manfred Hegger, Joost Hartwig, Michael Keller

Verlag: Basel, Birkhäuser, 2012

Das Buch vermittelt Strategien für eine energetisch sinnvolle und angemessene Gebäudekonzeption, in der die Konditionierung von Räumen als integraler Bestandteil der Entwurfs und Ausführungsplanung gesehen wird. Dabei stehen neben der notwendigen Haus- und Anlagentechnik besonders die gestalterisch konstruktiven Abhängigkeiten und Maßnahmen im Vordergrund.

Planungsleitfaden Plusenergie Teil 3 - Parameterstudien und Planungsempfehlungen zur Entwurfsoptimierung und Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden

AutorInnen: Christina Ipser, Tobias Steiner, Klaus Kreč, Karin Stieldorf

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, 2012

Die Forschungsarbeit beinhaltet Parameterstudien und Planungsempfehlungen zur Entwurfsoptimierung und Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden, beispielsweise durch Berücksichtigung von Standortparametern, Gebäudegeometrie, Fassadenstrukturen, Speichermassen, passive Maßnahmen zur Gebäudekühlung und u.a.

Leitfaden Fassadenbegrünung

AutorInnen: Ulrike Pitha, Bernhard Scharf, Vera Enzi, Stephanie Oberarzbacher, Georg Hancvenci und Daniel Wenk (Universität für Bodenkultur Wien), Gerold Steinbauer, Christian Oberbichler, Andreas Lichtblau, Gunter Erker, Jörg Fricke, Sascha Haas und Vera Enzi (Verband für Bauwerksbegrünung Österreich), Jürgen Preiss (Wiener Umweltschutzabteilung)

Im Auftrag von Ökokauf Wien, Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume, Wiener Umweltschutzabteilung – MA22, 2013

Der Leitfaden beleuchtet u.a. die Vorteile von Fassadenbegrünungen auf bauklimatische Planungsaspekte aber auch Risiken und Nachteile, die durch Vegetationsflächen an Gebäuden zu beachten sind.

Sommertauglichkeit im Gebäudebestand (Broschüre)

AutorInnen: Martin Treberspurg, Miriam Djalili, Ulla Ertl-Balga, Wilhelm Hofbauer,
Arbeitsgruppe ressourcenorientiertes Bauen, Institut für Konstruktiven
Ingenieurbau, Universität für Bodenkultur Wien

Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, Familie und Jugend, 2011

Neben der Beschreibung der Ausgangslage zu klimatischen und energiepolitischen Rahmenbedingungen beschreibt der Bericht Strategien zur Verbesserung und Optimierung raumklimatischer Bedingungen durch adäquate Gestaltung der Gebäudehülle, Einsatz von Speichermassen, Verschattungssystemen und Pflanzen sowie gezielter Lüftung und Minimierung interner Lasten.

Neues Bauen mit der Sonne

Autor: Martin Treberspurg
Verlag: Wien/New York, Springer, 1994

Das Buch gibt eine Übersicht über Grundlagen, Methoden und Erkenntnisse der Solararchitektur und soll als Handbuch für ArchitektInnen und PlanerInnen sowie alle am Bauen sowie an Umweltfragen Interessierte dienen.

Leitfaden Sonnenschutz voraus

Autoren: Márton Varga, Johann Gerstmann, Christoph Kuh, Gerhard Hofer
Hrsg.: Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 20 – Energieplanung

Der Leitfaden beschreibt und erklärt die Zusammenhänge zwischen Sonnenschutz, Blendschutz, Tageslichtversorgung und Energiebedarf für Heizung und Kühlung. Als Grundlage für die richtige Auswahl von geeignetem Sonnenschutz werden die Funktionsweisen sowie Vor- und Nachteile der gängigen Systeme aufgezeigt.

Subjektive Dichte und Grün von Wohnsiedlungen aus Sicht der Bevölkerung

AutorInnen: Alexander Keul, Elisabeth Nowak, Mathias Kiefer, 2014
Vortrag BauZ! Wiener Kongress für zukunftsfähiges Bauen 2014

Die Studie erläutert die Zusammenhänge von subjektivem Raumempfinden und dem Vorhandensein von Grünflächen im Frei- und Zwischenraumbereich von Wohnhäusern.

Auswirkungen des Klimawandels auf den thermischen Komfort in Bürogebäuden

AutorInnen: Tania Berger, Herbert Formayer, Roman Smutny, Christoph Neururer, Rudolf Passawa

Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2012

Die Forschungsarbeit thematisiert die Einflussnahme des Klimawandels auf die Errichtung bzw. Erhaltung und den Betrieb bestehende und zukünftige Bürogebäude. Beschrieben wird eine Untersuchungsroutine für die Auswirkungen des Klimawandels auf den thermischen Komfort mit Augenmerk auf die zu erwartenden Veränderungen des NutzerInnenverhaltens und Möglichkeiten zur positiven Veränderung desselben.

Sunlighthouse Monitoring Report

Autoren: Gregor Radinger, Rudolf Passawa

Im Auftrag von Velux Österreich, 2013

Der Bericht beinhaltet die Ergebnisse eines einjährigen Gebäudemonitorings des Velux Sunlighthouse (dem österreichischen Beitrag des Velux Projektes Model Home 2020) unter Berücksichtigung der Energieverbräuche und wesentlicher Innenraumkomfortparameter.

Nachhaltige Wohnkonzepte

Autoren: Hans Drexler, Sebastian El khouli

Verlag: München, Edition Detail, Institut für internat. Architekturdokumentation, 2012

Das Buch beinhaltet einerseits einen theoretischen Teil mit Erläuterungen zu Strategien, Methoden und Prozesse des nachhaltigen Bauens, andererseits werden die Grundlagen an 15 beispielhaften internationalen Objekten (u.a. Velux Sunlighthouse) illustriert und erklärt.

DIN 4108-2: Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz, 2003-2004

Diese Norm beinhaltet u.a. Grundlagen des Wärmeschutzes, Informationen zu Sonneneintragskennwerten von Außenbauteilen bzw. transparenten Flächen sowie wirksamer Wärmespeicherfähigkeit und Gebäudelüftung.

Mindestanforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz und Möglichkeiten des sommerlichen Wärmeschutznachweises sind weitere projektrelevante Inhalte.

EN 15251: Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik

Die projektrelevanten Inhalte der Norm nehmen Bezug auf die Bewertungen des Innenraumklimas und die Kriterien der allgemeinen thermischen Behaglichkeit, Lüftung sowie die subjektive Bewertung des thermischen Raumklimas.

ÖNORM EN ISO 7730: Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit, 2006

Die Norm kann für die Bewertung eines gemäßigten Umgebungsklimas herangezogen werden.

Im Betrachtungsfokus stehen u.a. Prognosen zum Wärmeempfinden für den Körper auf Basis von messbaren Faktoren wie etwa körperliche Tätigkeit, Bekleidung, Luft- und Strahlungstemperatur, Luftgeschwindigkeit und -feuchte u.a.

ÖNORM 8110-3: Wärmeschutz im Hochbau – Teil 3: Vermeidung sommerlicher Überwärmung, 1999 bzw. 2012

Themenbezogene Projektinhalte der Norm sind u.a. die Definition von Temperaturgrenzwerten, Dimensionierung von Immissionsflächen und speicherwirksamen Massen, Glas und Sonnenschutzqualitäten sowie der Nachweis zur Vermeidung der sommerlichen Überwärmung.

DIN EN 410: Glas im Bauwesen – Bestimmungen der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen

Die Norm beinhaltet Definitionen und Berechnungsverfahren für Licht- und Strahlungstransmissionseigenschaften von Verglasungen. Diese Kenngrößen können als Grundlage für licht-, heizungs- und klimatechnische Berechnungen dienen.

6.3 Literatur zur Optimierung im Planungsprozess

Prozessleitfaden Integrale Planung (2014)

Der im Rahmen des EU-geförderten MaTrID-Projektes entwickelte Leitfaden (NORDBY u. a., 2014) beschreibt den integralen Planungsprozess anhand einzelner definierter Arbeitsschritte. Vorteile und Besonderheiten im Ablauf integraler Planungsprozesse werden anhand von Projektbeispielen dargestellt.

Der Leitfaden steht auf der Projektseite zum kostenlosen Download zur Verfügung:

<http://www.integrateddesign.eu/downloads/Prozessleitfaden-Integrale-Planung.pdf>

Integrale Planung - Leitfaden für Public Policy, Planer und Bauherrn (2012)

Der umfangreiche Leitfaden (KOVACIC u. a., 2012) enthält die Ergebnisse des Forschungsprojektes Co_Be - Cost Benefits of Integrated Planning und ist in mehrere Abschnitte gegliedert. Er enthält Hintergrundinformationen zur Public Policy, eine Zusammenstellung an Tools und Werkzeugen für Planer und Bauherren, einen Gebäudekatalog mit Beispielgebäuden, mehrere Fallstudien, anhand derer der

Prozessablauf unterschiedlicher Planungsprozesse dargestellt und analysiert wird, sowie die Ergebnisse der qualitativen Befragung verschiedener Planungsbeteiligter.

Der Leitfaden kann über die Publikationsdatenbank der Technischen Universität Wien kostenlos heruntergeladen werden:

http://publik.tuwien.ac.at/files/PubDat_219310.pdf

Leitfaden vernetzte Planung (2002)

Der Ergebnisbericht zum Forschungsprojekt "Vernetzte Planung als Strategie zur Behebung von Lern- und Diffusionsdefiziten bei der Realisierung ökologischer Gebäude" (BRUNER u. a., 2002) enthält unter anderem einen Leitfaden, in welchem Ablauf und Arbeitsschritte der vernetzten Planung in drei Phasen erläutert und anhand zahlreicher Praxisbeispiele veranschaulicht werden.

Der Ergebnisbericht steht auf der Projektseite zum kostenlosen Download:

http://www.nachhaltigwirtschaften.at/download/endbericht_tritthart_2802.pdf

TOP - Teamorientiertes Planen mit dem neuen Leistungsmodell 95 des SIA (1996)

Dieses 1996 vom Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Verein zusammengestellte und vom Schweizer Bundesamt für Konjunkturfragen herausgegebene Dokument (BAUMGARTNER u. a., 1996) befasst sich, neben der Beschreibung des Leistungsmodells 95 des SIA, sehr detailliert mit der Teamzusammenarbeit im Planungsprozess. Es zeigt wie Teams funktionieren, was die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Zusammenarbeit sind und wo die Schwierigkeiten und Herausforderungen der Teamarbeit liegen. In einem eigenen Kapitel werden verschiedene Planungsinstrumente vorgestellt, die helfen können, den interdisziplinären Planungsprozess effizient zu gestalten.

Das Dokument kann kostenlos aus der Publikationsdatenbank des Schweizer Bundesamtes für Energie heruntergeladen werden:

http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_424_080680.PDF

A Guide to Integrated Energy Design (2009)

Das in der "Intelligent Energy – Europe" Programmschiene geförderte und 2009 abgeschlossene Projekt „INTEND-Integrated energy design in public buildings“ befasste sich speziell mit der integralen Planung energieeffizienter Gebäude (Integrated Energy Design, IED). Im Rahmen des Projektes wurde dazu ein Leitfaden mit 9 Stufen zur Umsetzung integraler Planungsprozesse für energieeffiziente Gebäude entwickelt.

Der Leitfaden „A Guide to Integrated Energy Design“ (INGER ANDRESEN u. a., 2009a) kann zusammen mit dem ergänzenden Leitfaden „Some Principles of low Energy Building Design“ (INGER ANDRESEN u. a., 2009b) kostenlos auf der Projektseite heruntergeladen werden:

<http://www.intendesign.com/>

Der Weg zum lebenszyklusorientierten Hochbau - Leitfaden für öffentliche und private Bauherren sowie Vertreter der Bau- und Immobilienbranche (2013)

Der Leitfaden (ACHAMMER u. a., 2013) richtet sich an Bauherren und alle Akteure, die am Lebenszyklus eines Gebäudes beteiligt sind und soll als Nachschlagewerk für eine transparente Abwicklung von Hochbauprojekten dienen. Verantwortungen der am Bauprozess beteiligten Bereiche werden schnittstellenübergreifend definiert und sichtbar für alle Beteiligten über den eigenen Leistungsbereich hinaus übersichtlich dargestellt.

Der Leitfaden kann bei der IG Lebenszyklus Hochbau kostenfrei bezogen werden:

<http://www.ig-lebenszyklus.at/>

7 Literaturverzeichnis

ACHAMMER, CHRISTOPH ; FRIEDL, KARL ; HEID, STEPHAN ; KRADISCHNIG, WOLFGANG ; MORLOCK, MANUELA: Der Weg zum lebenszyklusorientierten Hochbau - Leitfaden für öffentliche und private Bauherren sowie Vertreter der Bau- und Immobilienbranche. In: IG LEBENSZYKLUS HOCHBAU (Hrsg.) (2013)

BAUMGARTNER, WALTER, SCHWEIZERISCHER INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREIN ; BEYELER, ULRICH ; BÜRKI, THOMAS ; ERB, ANDREAS ; ET AL.: *TOP - Teamorientiertes Planen mit dem neuen Leistungsmodell 95 des SIA (LM 95)*. Bern : Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, 1996 — ISBN 3905251043 9783905251043

BERGER, TANIA ; FORMAYER, HERBERT ; SMUTNY, ROMAN ; NEURURER, CHRISTOPH ; PASSAWA, RUDOLF: *Auswirkungen des Klimawandels auf den thermischen Komfort in Bürogebäuden, Berichte aus Energie- und Umweltforschung* (im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie Nr. 7/2012). Wien, 2011

BOINTNER ; BEDNAR ; EIKEMEIER ; GHAEMI ; HAAS ; HARREITHER ; HUBER-FAULAND ; IPSER ; KREC ; U. A.: Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung, Bundesministerium für Verkehr Innovation und Technologie (2012)

BRUNER, SUSANNE E. ; GEISSLER, SUSANNE ; SCHÖBERL, HELMUT: *Vernetzte Planung als Strategie zur Behebung von Lern- und Diffusions- defiziten bei der Realisierung ökologischer Gebäude, Berichte aus Energie- und Umweltforschung* (Nr. 28/2002). Graz/Wien : im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, 2002

CODY, BRIAN ; FERK, HEINZ J. ; GOBIET, ANDREAS ; HABSBURG-LOTHRINGEN, CLEMENS ; HEIMRATH, RICHARD ; HEINZ, ANDREAS ; REINHARD, PADINGER ; PEITLER, JOHANNES ; PODESSER, ERICH ; U. A. ; PRETTENTHALER, F. ; GOBIET, A. (Hrsg.): *Heizen und Kühlen im Klimawandel*. Wien : Verlag der österreichischen Akademie der Wissenschaften, 2008 — ISBN 9783700140016 3700140010

DIN 4108-2: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz (2013)

FREY, SIMONE: *Parameterstudie Kühlenergiebedarf von mehrgeschossigen Wohngebäuden: Wechselwirkungen zwischen Bebauungsstrukturen und Kühlenergiebedarf von Gebäuden*.

Wien, Fachhochschule Technikum Wien, Master Thesis zur Erlangung des akademischen Grades „Master of Science in Engineering“ im Masterstudiengang Erneuerbare Urbane Energiesysteme, 2014

FRÜH, BARBARA ; KOßMANN, MEINOLF ; ROOS, MARITA ; SELBSTVERLAG DES DEUTSCHEN WETTERDIENSTES (Hrsg.): *Frankfurt am Main im Klimawandel - Eine Untersuchung zur städtischen Wärmebelastung* (Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. Nr. 237). Offenbach am Main, 2011

GOLDMANN, MARION: Farbgestaltung von WDVS - Dunkles auf der Dämmung. In: *Deutsches Architektenblatt* (2011), Nr. DAB 07-08/2011

HAAS-ARNDT, DORIS ; RANFT, FRED: *Tageslichttechnik in Gebäuden*. Heidelberg : Müller, 2007 — ISBN 9783788077907 3788077905

HAFKE, JAN-HENDRIK ; HOCHBERG, ANETTE ; RAAB, JOACHIM: *Open/close*. Basel, Switzerland : Birkhäuser Verlag, 2010 — ISBN 9783764399610 3764399619 9783764399603 3764399600

HAUSLADEN, GERHARD ; LIEDL, PETRA ; DE SALDANHA, MIKE: *Klimagerecht Bauen. Ein Handbuch*. Basel : Birkhäuser, 2011. — Sehr empfehlenswert! Exzellente Übersichtstafeln — ISBN 978-3-0346-0727-8

HERZOG, THOMAS ; KRIPPNER, ROLAND ; LANG, WERNER: *Facade construction manual*. 1st ed. Aufl. Basel ; Boston : Birkhauser-Publishers for Architecture, 2004 — ISBN 3764371099

INGER ANDRESEN ; ANNE GRETE HESTNES ; SIMON KAMPER ; PER F. JØRGENSEN ; KATHARINA BRAMSLEV ; ERIK HAMMER ; ARNE FØRLAND-LARSEN ; HANNE LEHRSKOV ; DAGNY RYNSKA ; U. A.: *Integrated Energy Design IED - A Guide to integrated Energy Design* (2009a)

INGER ANDRESEN ; ANNE GRETE HESTNES ; SIMON KAMPER ; PER F. JØRGENSEN ; KATHARINA BRAMSLEV ; ERIK HAMMER ; ARNE FØRLAND-LARSEN ; HANNE LEHRSKOV ; DAGNY RYNSKA ; U. A.: *Integrated Energy Design IED - Some Principles of Low Energy Building Design* (2009b)

IPSER, CHRISTINA ; STEINER, TOBIAS ; KREČ, KLAUS ; STIELDORF, KARIN: *Planungsleitfaden Plusenergie Teil 3 - Parameterstudien und Planungsempfehlungen zur Entwurfsoptimierung und Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden, Berichte aus Energie - und Umweltforschung* (ein Projektbericht im Rahmen des Programms Haus der Zukunft Nr. 56d/2012). Wien : im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, 2012

KEUL, ALEXANDER ; NOWAK, ELISABETH ; KIEFER, MATHIAS: *Subjektive Dichte und Grün von Wohnsiedlungen aus Sicht der Bevölkerung*.

KOVACIC, IVA ; ACHAMMER, CHRISTOPH ; MÜLLER, CHRISTOPH ; SEIBEL, HENDRIK ; SRECKOVIC, MARIJANA ; WIEGAND, DIETMAR ; FILZMOSER, MICHAEL ; KÖSZEGI, THERESIA: *Integrale Planung - Leitfaden für Public Policy, Planer und Bauherrn*. In: INSTITUT FÜR INTERDISZIPLINÄRES BAUPROZESSMANAGEMENT, FORSCHUNGSBEREICH INTERDISZIPLINÄRE BAUPLANUNG UND INDUSTRIEBAU, TU WIEN (Hrsg.) , *Entwickelt im Rahmen des Forschungsprojektes Co_Be (Cost Benefits of Integrated Planning)* (2012)

KOVACIC, IVA ; SEIBEL, HENDRIK: *Methodik Systemisch-Integraler Planungsprozesse* (2010)

KRANZL, LUKAS ; HAAS, REINHARD ; KALT, GERALD ; MÜLLER, ANDREAS ; NAKICENOVIC, NEBOJSA ; REDL, CHRISTIAN ; FORMAYER, HERBERT ; HAAS, PATRICK ; LEXER, MANFRED-JOSEF ;

U. A.: *KlimAdapt - Ableitung von prioritären Maßnahmen zur Adaption des Energiesystems an den Klimawandel, ENERGIE DER ZUKUNFT* (Endbericht). Wien, 2010

LECHNER, NORBERT: *Heating, cooling, lighting: sustainable design methods for architects*. 3rd ed. Aufl. Hoboken, N.J : John Wiley & Sons, 2009 — ISBN 9780470048092

MAYER, HELMUT: Hitzestress im Stadtquartier, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Meteorologisches Institut, Online, http://www.dmg-ev.de/zweigvereine/zvbb/veranstaltungen/pdf/Vortrag_Mayer_170111.pdf, Zugriff am 4.3.2014.

NORDBY, ANNE SIGRID ; JØRGENSEN, PER F. ; GRIM, MARGOT ; BACHNER, DANIELA ; AMANN, STEFAN ; HOFER, GERHARD ; LEUTGÖB, KLEMENS ; GANAHL, JENNIFER: Prozessleitfaden Integrale Planung. In: E7 ENERGIE MARKT ANALYSE GMBH (Hrsg.) (2014)

ÖNORM B 8110-3: Wärmeschutz im Hochbau - Teil 3: Vermeidung sommerlicher Überwärmung (2012). — Wärmeschutz im Hochbau - Teil 3: Vermeidung sommerlicher Überwärmung

ÖNORM EN ISO 7730: Ergonomie der thermischen Umgebung (2006)

ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK: Erläuternde Bemerkungen zu OIB-Richtlinie 6 „Energieeinsparung und Wärmeschutz“ und zum OIB-Leitfaden „Energietechnisches Verhalten von Gebäuden“ (2001)

ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK: OIB-Richtlinie 3: Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz, 2011a

ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK: OIB-Richtlinie 6: Energieeinsparung und Wärmeschutz. Bd. OIB-Richtlinie 6, 2011b

PITHA, ULRIKE ; SCHARF, BERNHARD ; ENZI, VERA ; OBERAZBACHER, STEFANIE ; HANCVENCL, GEORG ; WENK, DANIEL ; STEINBAUER, GEROLD ; OBERBICHLER, CHRISTIAN ; LICHTBLAU, ANDREAS ; U. A.: Leitfaden Fassadenbegrünung, ÖkoKauf Wien, Wiener Umweltschutzabteilung MA 22 (2013)

REICHEL, ALEXANDER ; SCHULTZ, KERSTIN ; HEGGER, MANFRED ; HARTWIG, JOST ; KELLER, MICHAEL: *Wärmen und Kühlen: Energiekonzepte, Prinzipien, Anlagen*. Basel : Birkhäuser, 2012 — ISBN 9783034605113 3034605110

SANEINEJAD, SABA ; MOONEN, PETER ; CARMELIET, JAN SOURCE: Comparative assessment of various heat island mitigation measures. In: *Elsevier Online, Building and Environment*. (2014), Nr. 73, S. 162–170

STO BASISWISSEN FASSADE: Bauphysik, <http://www.mm-fassaden.at/downloads/BasiswissenFassade.pdf>, Zugriff: 04.10.2014, Broschüre herausgegeben von Sto

TREBERSPURG, MARTIN ; DJALILI, MARIAM ; ERTL-BALGA, ULLA ; HOFBAUER, WILHELM: *Sommertauglichkeit im Gebäudebestand* (Gefördert aus Mitteln der Wohnbauforschung des Bundesministeriums für Wirtschaft , Familie und Jugend). Wien : Arbeitsgruppe Ressourcenorientiertes Bauen, Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, Universität für Bodenkultur Wien, 2011

VARGA, MÁRTON ; GERSTMANN, JOHANNES ; KUH, CHRISTOPH ; HOFER, GERHARD: MA20
Sonneschutz! voraus - leitfaden-sonnenschutz.pdf, Hrg. Magistratasabteilung 20 (2013)

WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG MA22: Wiener Umweltbericht 2010/2011

8 Anhang

8.1 Case Study – Velux Sunlighthouse

8.1.1 Projektbeschreibung

Das Sunlighthouse ist der österreichische Beitrag des von der Firma VELUX initiierten, europaweiten Projekts ModelHome 2020 und wurde in Pressbaum, Niederösterreich, errichtet (Klimaregion Nord, N, außerhalb von Föhngebieten). Die Lage zeichnet sich durch die walddreie Hügellandschaft inmitten des Wienerwaldes und durch den Blickbezug zum Wienerwaldsee aus. Das Projekt ist das Ergebnis eines Architekturwettbewerbes, den HEIN-TROY Architekten aus Vorarlberg, Österreich, für sich entscheiden konnten. Ihr Entwurf ist auf die besondere topographische Situation am Bauplatz ideal abgestimmt.

Gebäudegeometrie und Positionierung am Grundstück ermöglichen die Schaffung von attraktiven Außen- und Innenräumen sowie besondere Belichtungsqualitäten und Blickbezüge. Das Sunlighthouse wurde in einem integralen Planungsprozess von der Donau-Universität Krems, Department für Bauen und Umwelt, und dem Österreichischen Institut für Baubiologie und -ökologie (IBO) gemeinsam mit Hein-Troy Architekten, Bregenz/Wien, entwickelt und wissenschaftlich begleitet. Im Zuge eines einjährigen Gebäudemonitorings von 1. März 2012 bis 28. Februar 2013 wurden die Innenraumklimatischen Eigenschaften des Gebäudes sowie die Performance der haustechnischen Anlagen unter realen Nutzungsbedingungen kontinuierlich überwacht und ausgewertet.



Abbildung 1: Velux Sunlighthouse, Pressbaum, Niederösterreich, Blick von Süden

8.1.2 Anforderungen an die Gebäudeplanung

Folgende Erwartungen an die Innenraumklimatik und Energieperformance wurden gestellt, die durch das Gebäude, die Haustechnik und die Ausstattung zu erfüllen waren:

- Ganzjährig angenehmes Raumklima
- Vermeidung sommerlicher Überhitzung (kein Energiebedarf zur Gebäudekühlung)
- Hoher Anteil an Tageslichteinträgen zur natürlichen Raumbelichtung
- Hohe Luftqualität
- Ausgeglichene CO₂-Bilanz
- Verwendung von ausschließlich erneuerbaren Energieträgern
- Mehr Energieproduktion als -verbrauch

8.1.3 Gebäudecharakteristik

Folgende geometrische und bauphysikalische Gebäudeeigenschaften wurden den Untersuchungen zugrunde gelegt:

Gebäudegeometrie

- Bebaute Fläche: 122 m²
- Bruttogrundfläche: 272 m²
- Wohnnutzfläche: 166 m² (ohne Keller), 200 m² (inkl. Keller)
- beheiztes Bruttovolumen: 891 m³
- Kompaktheit (A/V): 0,71
- charakteristische Länge (l_c): 1,41 m
- Fensterflächenanteile ~55 % der bebauten Fläche

Bauphysikalische Eigenschaften

Wärmetransmissionseigenschaften der Gebäudehülle

- Außenwand UG gegen außen: 0,18 W/m²K
- Außenwand EG und OG gegen außen: 0,13 W/m²K
- Dach: 0,11 W/m²K
- Fenster Fassade (je nach Fenstergröße): 0,88 – 1,04 W/m²K
- Dachflächenfenster (je nach Fenstergröße): 1,06 – 1,16 W/m²K
- Bauweise Leichtbauweise, massiver Unterbau

Haustechnische Ausstattung

Zur Minimierung des Gesamtenergiebedarfs und der Treibhausgasemissionen sowie für die Energieversorgung durch ausschließlich erneuerbare Energieträger wurde folgendes Haustechnikkonzept vorgeschlagen und umgesetzt:

Heizung und Warmwasseraufbereitung

- Sole-Wasser-Wärmepumpe zur Raumheizung und teilweisen Warmwasseraufbereitung
Nennleistung 3,3 kW, Jahresarbeitszahl 4,3
- 8 m² Solarkollektoren zur Warmwasseraufbereitung (solarer Deckungsgrad ca. 70 %) und Heizungsunterstützung
- 560 Liter Warmwasserspeicher

Lüftung

- Kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung
- Kontrollierte Fensterlüftung

Stromproduktion

- Photovoltaik-Elemente aus monokristallinem Silizium, 7,6 kW_{peak}, 43,55 m²

Zur konsequenten Weiterführung des Haustechnikkonzeptes wurden ausschließlich stromsparende Elektrogeräte und wassersparende Armaturen verwendet. Zudem wurde auf einen Wäschetrockner und einen elektrischen Dunstabzug verzichtet.

Das Gebäudemonitoring zur Erfassung der Energiebilanz, des Innenraumklimas und der Anlagenfunktionen stützt sich auf Daten, die von Messsensoren in definierten Zeitintervallen (viertelstündlich, stündlich, tageweise) eruiert und gesammelt wurden.

Informationen zur subjektiv empfundenen Wohnqualität wurden mit Hilfe von Fragebögen, die in Tagesintervallen ausgefüllt wurden, erfasst.

8.1.4 Innenraumkomfort

Als wichtige Indikatoren zur Beurteilung der Raumbehaglichkeit wurden die gesammelten Daten zu Innen- und Außentemperatur, Luftqualität und Tageslichteintrag untersucht und ausgewertet. Die Ergebnisse wurden den aus den Fragebögen zur subjektiven Beurteilung des Innenraumklimas gewonnenen Informationen gegenübergestellt und interpretiert.

Die gemessenen Innenraumtemperaturen im Sunlighthouse wiesen Monatsmittelwerte zwischen 21,7°C und 26,5°C auf. Gleichzeitig betragen die durchschnittlichen Außentemperaturen zwischen -1,66°C im Jänner und 26,01°C im Juli.

Die monats- bzw. jahresbezogenen Stundenanteile unterschiedlicher thermischer Komfortkategorien (basierend auf EN 15251, Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden, Anhang A) werden auf Basis der im Wohnbereich gemessenen Temperaturwerte nachstehend verdeutlicht.

Die Ergebnisse werden in vier Kategorien unterteilt:

- Category I Best
- Category II Good
- Category III Acceptable
- Category IV Overheating

Die nachfolgende Abbildung zeigt auf Basis stündlicher Messungen die kategorisierten Temperaturniveaus im Wohnbereich.

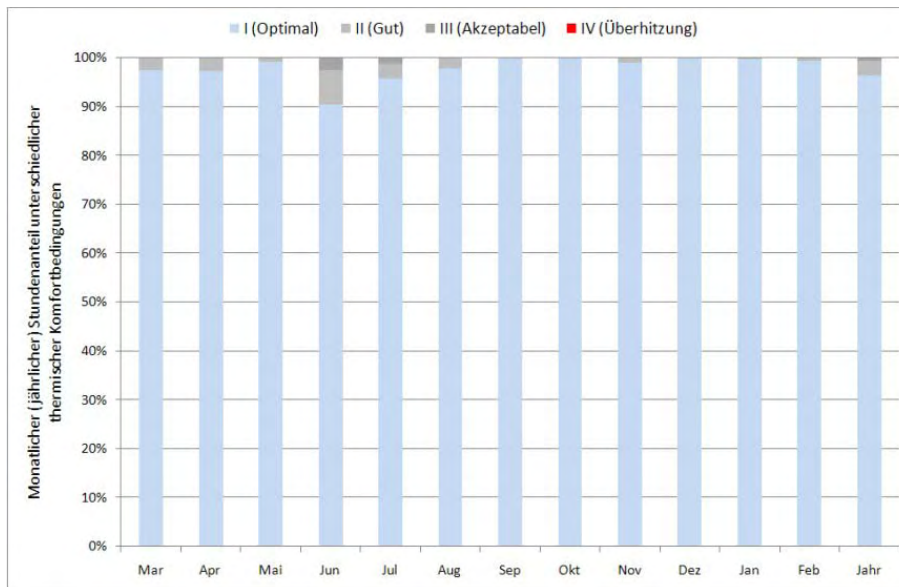


Abbildung 2: Kategorisierte Temperaturniveaus im Wohnbereich

Die Verteilung der stündlich gemessenen Temperaturwerte im Wohnbereich und die Schwellenwerte der in EN15251 beschriebenen Komfortkategorien werden im nachfolgenden gezeigten Diagramm verdeutlicht. Die Kategorisierung I (optimal), II (gut), III (akzeptabel) erfolgt durch Angabe des jeweiligen Temperaturbereiches: I Hellgrau, II Dunkelgrau, III Rot.

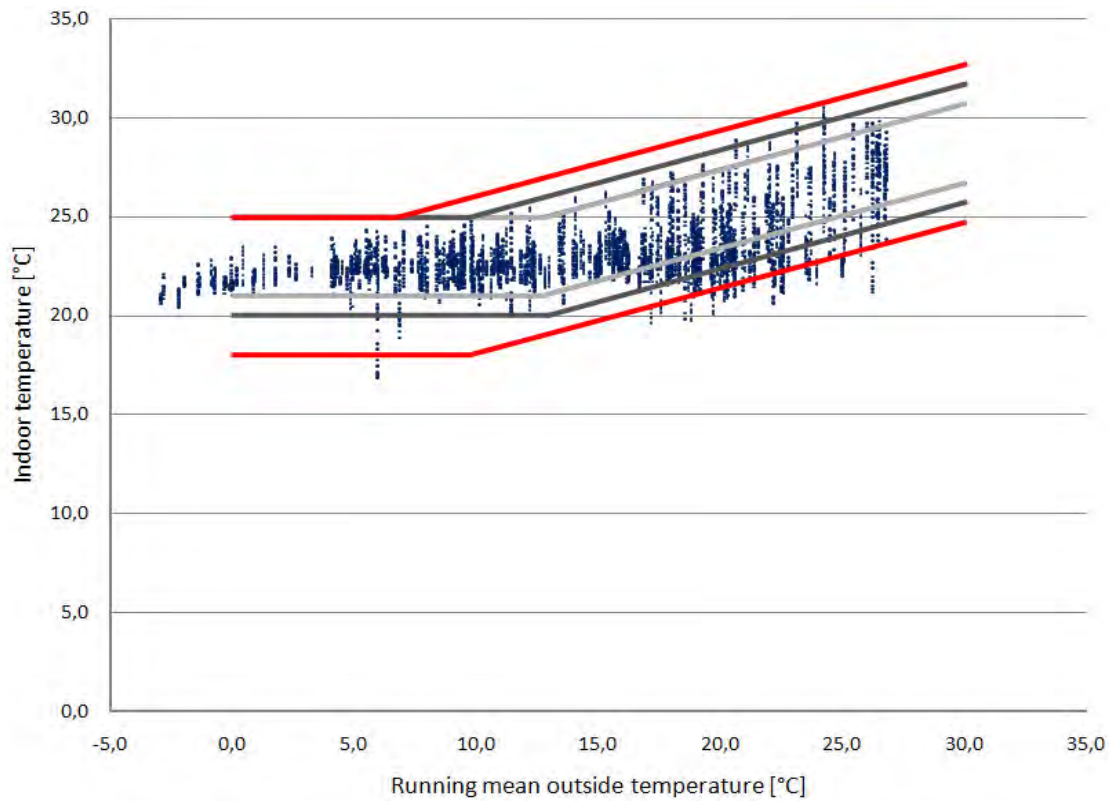


Abbildung 3: Kategorisierung der gemessenen Innenraumtemperaturen nach EN 15251

Gleichzeitig werden die anhand der BewohnerInnenbefragung erhobenen Informationen über das subjektive Empfinden der Raumtemperatur den gemessenen Tagesdurchschnittswerten der Innen- und Außentemperatur gegenübergestellt.

Die Auswertung erfolgt dabei mittels folgender Farbcodierung:

Hot	Rote Markierung
Warm	Gelbe Markierung
Neutral	Grüne Markierung
Cool	Hellblaue Markierung
Cold	Blaue Markierung
BewohnerInnen abwesend	Weißer Markierung

Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht das tägliche subjektive Empfinden der Raumtemperatur während der Betrachtungsperiode sowie die Tagesmittelwerte der vorherrschenden Innen- und Außentemperaturen [°C].

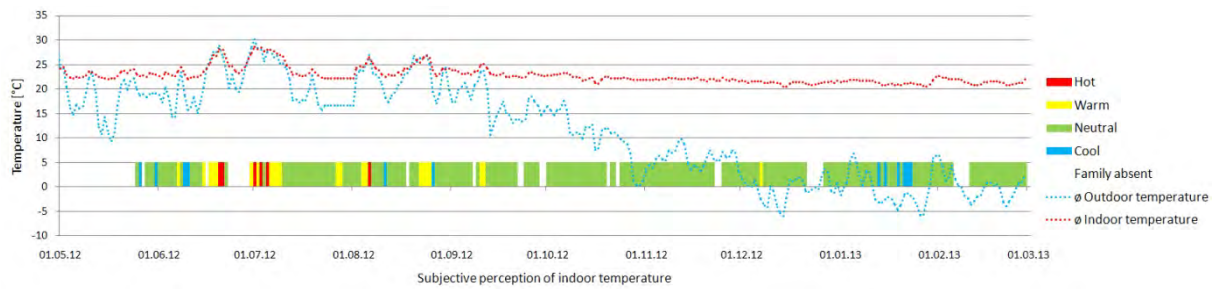


Abbildung 4: Subjektives Empfinden der Innenraumtemperatur

8.1.5 Ergebnisinterpretation

Die ermittelten Monatsmittelwerte der Innenraumtemperaturen zwischen 21,7 und 26,6°C werden mehrheitlich als „Neutral“ empfunden. Während der Hitzeperioden ist ein gewisses Überhitzungspotential erkennbar, dem jedoch durch entsprechendes Nutzungs- bzw. Lüftungsverhalten entgegengewirkt werden kann.

Der Schlüssel zum Erfolg des Projektes Sunlighthouse liegt in einer angemessenen architektonischen Planung unter Berücksichtigung von Standortparametern und die darauf abgestimmte Gebäudegeometrie, Funktionalität, Ästhetik und der Bedürfnisse der BewohnerInnen. Die einfache und intuitive Bedienbarkeit einer effizienten Haustechnik, ihre fortlaufende Überwachung sowie ein geringer Wartungsaufwand ermöglichen einen ressourcenschonenden Gebäudebetrieb ohne Fehlfunktionen.

8.2 Glossar

8.2.1 Klimatische Charakteristik

Die klimatischen Bedingungen eines Ortes zählen zu jenen äußeren Rahmenbedingungen, die die Entwicklung eines Entwurfes und damit auch die konkrete Planung des Energiekonzeptes eines Gebäudes beeinflussen.

Als Klima bezeichnet man die an einem Ort über einen langen Zeitraum (mehrere Jahrzehnte, 30 Jahre) möglichen Wetterzustände mit ihren typischen Aufeinanderfolgen und tages- sowie jahreszeitlichen Schwankungen.

Das Klima eines Ortes wird durch Klimafaktoren und Klimaelemente beeinflusst.

Zu den Klimafaktoren zählen die Solarstrahlung, die Landmassen- und Meerverteilung, die Höhe über dem Meeresspiegel aber auch die Folgen menschlicher Tätigkeit (anthropogene Einflüsse wie Rodungen, Emissionen...) welche die Entstehung, Erhaltung und Variabilität des Klimas beeinflussen.

Klimaelemente sind meteorologische Größen, die durch ihr Zusammenwirken das Klima kennzeichnen. Zu ihnen gehören Lufttemperatur, Luftfeuchte, Wind, Niederschläge, Bedeckungsgrad und Sonnenscheindauer.

Je nach Betrachtungsebene wird zwischen Makro-, Meso- und Mikroklima unterscheiden.

Klima ist immer ortsbezogen. Weltweit gibt es große Gebiete, in denen ähnliche klimatische Bedingungen herrschen. Diese bestimmen das Makroklima der Erde.

ÖNORM B 8110-2 Wärmeschutz im Hochbau nennt für Österreich 7 Klimazonen, deren mittlere monatliche Lufttemperaturen hauptsächlich von der Höhe bestimmt sind.

Demnach gibt es große regionale Unterschiede zwischen dem eher maritim beeinflussten Westen und dem kontinentalen Osten des Landes, nördlich des Alpenhauptkammes zwischen Föhngebieten und solchen ohne Föhneinfluss, durch alpine Zentrallage, außerdem durch Beckenlandschaften im Süden und Hügellandschaften am Alpenostrand.

Die Monatsmittelwerte der Lufttemperaturen werden für jede Klimaregion (West, Nord-Föhngebiet, Nord-außerhalb von Föhngebieten, alpine Zentrallage, Beckenlandschaften im Süden, Südost-südlicher Teil, Südost-nördlicher Teil) in einem Dreischichten- Regressionsmodell bestimmt. Dabei werden jeweils Lagen unterhalb von 750 m Seehöhe, 750-1499 m Seehöhe und ab 1500 m Seehöhe berücksichtigt.

Als Mesoklima wird das spezifische Klima einer überschaubaren Raumeinheit (Region, Ballungsraum..) bezeichnet. Der Übergang zum Makro- bzw. Mikroklima ist fließend.

Lokale Parameter wie Vegetation, Oberflächen, Niederschlagsmengen oder menschliche Aktivitäten beeinflussen das Mesoklima. Vielfach entwickeln sich daraus Bautypologien, die die Gestaltung der Gebäude prägen und Stadtbilder vereinheitlichen.

Die Menge von Regen bzw. Niederschlag im Allgemeinen wird durch Topographie und geographische Lage wesentlich beeinflusst. Windsysteme und deren unterschiedliche Entstehung nehmen Einfluss auf das Mesoklima einer Region. So können in Küstennähe oder im Bereich von großen Binnenseen Land-See-Winde auftreten und an heißen Küsten Temperaturunterschiede von bis zu 10°C bewirken.

(vgl. REICHEL u. a., 2012, S. 27)

Das Mikroklima umfasst das Klima eines lokal eng begrenzten Bereiches z.B. eines Gebäudekomplexes, es hat unmittelbaren Einfluss auf die thermischen Bedingungen in Innenräumen. Das innerstädtische Klima ist insbesondere von folgenden Faktoren beeinflusst:

- Verdichtung und Versiegelung, dadurch erhöhte Temperaturen im Vergleich zum Umland von 1 - 3 Kelvin
- Aufheizung durch anthropogene Wärmeerzeugung (Emissionen aus Heizungsanlagen, Industrie...)
- stärkere Bewölkung und dadurch erhöhte Absorption langwelliger Strahlung
- um bis zu 30 % abgeschwächte Windstärken, Wärme wird dadurch nicht ausreichende abgeführt
- reduzierter Grünflächenanteil (ca. 5 - 20 % des Stadtraumes), dadurch Einschränkung der kühlenden Verdunstung

Wirksame Strategien zur Vermeidung von sommerlicher Überwärmung sind daher

- Schaffung und Erhalt von möglichst großen zusammenhängenden Grünflächen
 - Freihaltung von Frischluftschneisen und Nutzung von Hangwindsituationen
 - hohe Reflexion und geringe Absorption der Solarstrahlung von Oberflächen
- (vgl. REICHEL u. a., 2012, S. 28)

Die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) definierte im Jahr 1981 das Stadtklima durch ihre Kommission für Klimatologie wie folgt (WMO 1983): „Das Stadtklima ist das durch die Wechselwirkung mit der Bebauung und deren Auswirkungen (einschließlich Abwärme und Emission von luftverunreinigenden Stoffen) modifizierte Klima.“

Infolge der unterschiedlichen Oberflächenbedeckungstypen und Baukörperstrukturen bilden sich innerhalb des Mesoklimaraumes „Stadt“ verschiedene urbane Mikroklimata (Mikro-Skala α , β und γ) aus, wie z.B. das Mikroklima in Straßenschluchten, das Mikroklima in verschiedenen Typen von Innenhöfen, in Parkanlagen, innerhalb von Blockbaubereichen oder innerhalb von Einfamilienhaussiedlungen. (Matzarakis 2001)

Abbildung 5: Atmosphärische Phänomene in der Meso- und Mikroskala und Skalen der räumlichen Planung (Matzarakis 2001)

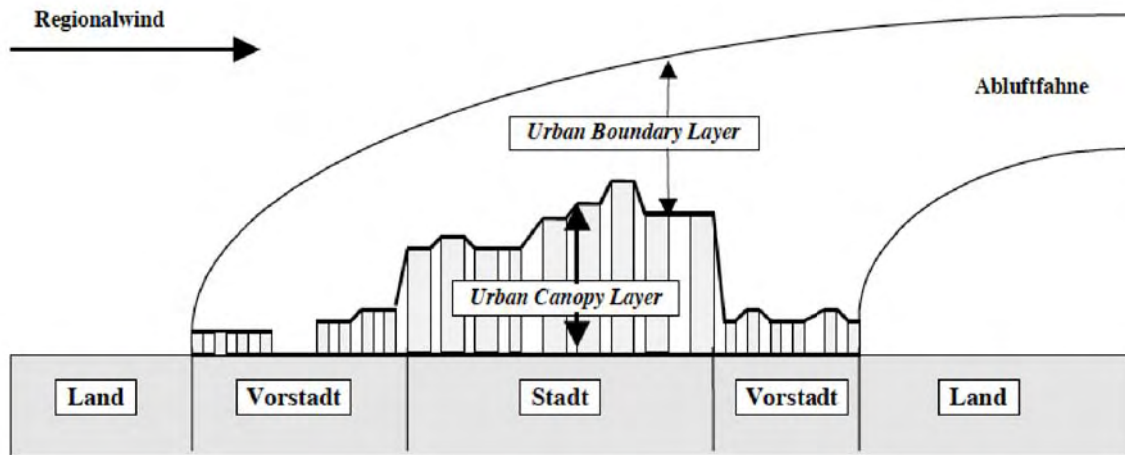
Horizontale Erstreckung	Atmosphärische Phänomene	Skalenbezeichnung	Planungsebene	Üblicher Kartenmaßstab
---200 km---	Gebirgseinflüsse, Land-/Seewind, Wolkencluster	Meso-Skala β	Landesplanung	1 : 500 000
--- 20 km ---	urbane Wärmeinsel, Gewitterzellen	Meso-Skala γ	Regionalplanung	1 : 50 000
--- 2 km ---	Kühlturmschwaden, Konvektion, Tornados	Mikro-Skala α	Standort-, Flächennutzungsplanung	1 : 10 000
--- 200 m ---	Staubtromben, Thermik, Bauwerkseffekte	Mikro-Skala β	Bebauungsplanung	1 : 500
--- 20 m ---	Kleinräumige Turbulenz, Bauwerkseffekte	Mikro-Skala γ		

Das Stadtklima weist eine lufthygienische Komponente (chemisch und physikalisch bedingte Qualität der Stadtluft) und eine thermische Komponente auf. Bei der thermischen Komponente geht es um die gesamte Energetik der Stadtluft, nämlich um die Strahlung, fühlbare Wärme, latente Wärme, Gebäudewärme, Bodenwärme und anthropogen freigesetzte Wärme. (Kupski et al. 2013)

Hinsichtlich Vertikalkomponente wird das Stadtklima in zwei Schichten unterteilt (Oke 1984, zitiert in Matzarakis 2001):

- Urban Canopy Layer (UCL): Schicht von der Bodenoberfläche bis zur mittleren Hausdachhöhe. Aufgrund der unterschiedlichen Oberflächenbedeckungstypen und der variierenden vertikalen Erstreckungen bilden sich differenzierte urbane Mikroklimata aus.
- Urban Boundary Layer (UBL): Schicht oberhalb der UCL.

Abbildung 6: Idealierte Verteilung der Grenzschichten einer Stadt (Matzarakis 2001)



Die thermische Komponente des Stadtklimas ist relevant für die Fragestellung des Projekts und wird in der Folge weiter behandelt.

8.2.2 Solarstrahlung

Die Globalstrahlung ist die auf die Erdoberfläche auftreffende Solarstrahlung, die in direkte und diffuse Strahlung (an der Atmosphäre an Wolken, Wasser und Staubeile abgelenkte Direktstrahlung) eingeteilt ist. Die Globalstrahlung trägt als solare Wärmequelle zur Aufheizung von Gebäuden bei. In Mitteleuropa beträgt die Globalstrahlung an wolkenlosen Sommertagen etwa 900 W/m^2 , bei leichter Bewölkung kann dieser Wert auf über 1000 W/m^2 ansteigen. Bei starker Bewölkung können die Werte auf 100 W/m^2 absinken. Die Jahressumme der Globalstrahlung liegt in Deutschland zwischen 900 und $1200 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Aufgrund des größeren Einstrahlwinkels steigt die Globalstrahlung mit der Annäherung an den Erdäquator. (vgl. REICHEL u. a., 2012, S. 28)

Unter den ortsspezifischen Außenbedingungen spielt die Sonne die zentrale und maßgebliche Rolle, sie ist die wichtigste direkte und indirekte Energiequelle.

Die Energiemenge, die von der Sonne auf die Erde gesendet wird, entspricht etwa dem 10.000fachen des derzeitigen Weltenergieverbrauchs. Um dieses Energieangebot nutzen zu können, ist eine Betrachtung von Strahlungsintensitäten und -dauern in Abhängigkeit von Fassadenausrichtung und -neigung von maßgeblicher Bedeutung. (vgl. HERZOG u. a., 2004, S. 21ff)

Die Solarstrahlung als Licht und Energiequelle beeinflusst den Heizwärmebedarf und das sommerliche Raumklima. Das Ziel einer guten Planung liegt in einer ausreichenden Tageslichtversorgung bei gleichzeitiger Steuerung der solaren Wärmeeinträge. Die Helligkeit im Außenraum bestimmt zusammen mit dem Fensterflächenanteil und der Art der Verglasung die Tageslichtversorgung im Innenraum. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2011, S. 7)

8.2.3 Temperatur

In Mitteleuropa kann die Außentemperatur im Winter unter -10°C sinken, im Sommer werden Temperaturen über 40°C erreicht. Der Temperaturbereich, den Menschen als angenehm empfinden, liegt je nach Tätigkeitsbereich und Luftfeuchtigkeit zwischen 16 und 26°C . Die Differenz zur Umgebungstemperatur kann durch Maßnahmen an Gebäuden (Wärmedämmung, Sonnenschutz, Speichermasse) gemindert werden. Reichen passive gebäudeintegrierte Maßnahmen nicht aus, kann die Temperatur nur durch den Einsatz von anlagentechnischen Komponenten innerhalb der Komfortanforderungen gehalten werden.

(vgl. REICHEL u. a., 2012, S. 14)

Die Temperaturdifferenz innerhalb eines Jahres hängt primär von der geographischen Breite ab. Die Maximaltemperaturen verändern sich während des Jahres in Abhängigkeit vom Sonnenstand. Sie werden aber nicht im Juni bzw. Dezember erreicht. Da sich Boden, Luft und Wasser erst aufheizen bzw. abkühlen geschieht dies mit einer Zeitverzögerung von ein bis vier Monaten.

Die Außenlufttemperatur ist abhängig von der solaren Einstrahlung und der Temperatur der zufließenden Luftmassen. Der Jahresgang der Temperatur beeinflusst in der Planung die Baukörpergeometrie, den Wärmeschutz und die erforderlichen Lüftungs- und Kühlsysteme.

Der Tagesgang der Temperatur hat Auswirkungen auf die Realisierbarkeit von passiven Kühlstrategien wie Nachtlüftung oder Bauteilaktivierung. Für eine effiziente Nachtauskühlung sind niedrige Nachttemperaturen in Verbindung mit frei liegenden Speichermassen erforderlich. Zudem ist auch die Häufigkeitsverteilung von Tagen mit extremer Witterung zu analysieren. Sie hat Auswirkung auf die Wirksamkeit von passiven Kühlsystemen und die Auslegung technischer Systeme. Die Beschaffenheit des Baugrundes und der darunter liegenden Schichten kann die Nutzung von regenerativer Wärme oder Kälte für Gebäude beeinflussen. Für die thermische Nutzung ist die Feuchte des Bodens entscheidend, ideal ist fließendes Grundwasser. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2011, S. 20)

8.2.4 Luftfeuchte

Bei Luftfeuchtigkeit wird zwischen relativer und absoluter Luftfeuchtigkeit unterschieden. Die absolute Luftfeuchtigkeit ist standortspezifisch und wird maßgeblich von der Nähe zum Meer und den Niederschlägen bestimmt. Während der absolute Gehalt an Wasserdampf im Lauf eines Tages nur geringen Schwankungen unterliegt, verändert sich die relative Luftfeuchtigkeit mit der Temperatur. Minimalwerte absoluter Feuchte treten an besonders kalten Tagen auf, Maximalwerte bei hohen Temperaturen.

(vgl. HAUSLADEN u. a., 2011, S. 16)

8.2.5 Wind

Die Umströmung eines Gebäudes ist von den vorherrschenden Windverhältnissen, von der Gebäudeform und der Umgebung abhängig. Meteorologische Angaben geben nur ein

allgemeines Bild von der Richtung und Stärke des Windes am Standort. Entscheidend sind mikroklimatische Verhältnisse. Dabei spielen die Geländeform, Form und Abstand der benachbarten Gebäude sowie der Bewuchs eine Rolle. Bei der Planung können Druck- und Sogbereiche für die natürliche Belüftung genutzt werden. Die Lage von Zu- und Abluftöffnungen müssen dabei nach aerodynamischen Gesichtspunkten optimiert werden.

Während übergeordnete Windsysteme in Abhängigkeit von der Jahreszeit wiederkehren, werden regionale Winde stark von der Topographie beeinflusst. Die Rolle der lokalen Winde wird offensichtlich, wenn sich Orte, die geographisch einer Klimazone zugeordnet werden, in ihrem Lokalklima deutlich unterscheiden. (vgl. HAUSLADEN u. a., 2011, S. 16)

8.2.6 Höhenlage

Gebirge wirken aufgrund ihrer Ausdehnung und Höhe oft als Klimazonengrenze. Im Luv-Bereich eines Gebirges bilden sich Wolken, und es fallen Niederschläge. Daher ist es im Lee-Bereich meist trockener. Mit zunehmender Höhe nimmt die Häufigkeit von höheren Windgeschwindigkeiten zu, die solare Strahlung ist höher, da der Dunst der Atmosphäre abnimmt und nebelige Wetterlagen seltener sind. Die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht sind größer. Jedes Auf- und Absteigen der Luft ist mit Temperaturänderungen verbunden, da sich jedes Gas abkühlt, wenn es vom Druck entlastet wird. Steigt trockene Luft von der Erdoberfläche in dünnere Luftschichten auf, kühlt sie sich infolge des geringeren Luftdrucks um ca. 1 K/100 m ab. Beim Absinken steigt die Temperatur an, da die Masse der Atmosphäre stärker auf ihr lastet. Zudem entwickelt sich ein thermisch bedingtes Windsystem, bei dem sich Hangwinde sowie Berg- und Talwinde, die parallel zum Tal zirkulieren, abwechseln. Das Auftreten der Berg- und Talwinde verläuft tagesperiodisch. Am Morgen werden die nach Osten abfallenden Hänge durch die Sonneneinstrahlung erwärmt, es entstehen Hangaufwinde. Während der Nachtstunden kühlt sich die Luft in den Bergen schneller ab. Sie strömt Richtung Tal und die Zirkulationrichtung dreht sich um.

Das Klima in den Bergen erfordert daher bei der Standortwahl eine differenzierte Betrachtung. In hohen Lagen erhöhen sich die Anforderungen an die Wärmedämmung, gleichzeitig kann Solarenergie gewonnen werden. Kaltluftschneisen wirken sich positiv auf die Stadtbelüftung und die Abfuhr von Emissionen aus.

(vgl. HAUSLADEN u. a., 2011, S. 27)

Im Mittel- und Hochgebirge treten zwei verschiedene Windsysteme in Kombination auf:

- Hangwindzirkulationen entstehen tagsüber durch Erwärmung der sonnenzugewandten Hangseite. Quellwolken über den Gipfeln bilden sich aufgrund des hohen Wasserdampfgehaltes der erwärmten Luft.
- Berg-Tal-Windsysteme haben Einfluss auf Temperaturen in den Tälern. Die Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht fällt in Gebirgstälern etwa doppelt so hoch aus wie im Gebirgsvorland. Massive Gebäude mit hohen Speichermassen können diesen Effekt wirksam dämpfen.

(vgl. REICHEL u. a., 2012, S. 28)

8.2.7 Sommertauglichkeit

Der Energiebedarf für Gebäudekühlung steigt seit einigen Jahrzehnten immer mehr an. Umfassende internationale Studien sagen eine Vervierfachung des Kühlenergiebedarfs innerhalb von 30 Jahren voraus (Adnot et al., 1999; 2003). Gemäß der Internationalen Energieagentur gehört Gebäudekühlung sogar zu den am schnellsten wachsenden Stromverbrauchssegmenten überhaupt (IEA, 2004). (vgl. VARGA u. a., 2013, S. 6)

Wirksame bautechnische Mittel zur Vermeidung der Raumüberwärmung durch Sonneneinstrahlung in Sommer- und Übergangszeiten sind beispielsweise:

- Orientierung, Größe und Qualität der strahlungsdurchlässigen Flächen
 - speicherwirksame Masse der raumumschließenden Bauteile sowie der Einrichtung
 - Raumlüftung, insbesondere die Nachtlüftung und
 - Sonnenschutz
- (vgl. ÖNORM B 8110-3, 2012, Pkt. 4)

Entsprechend ÖNORM 8110-3 gilt sommerliche Überwärmung in Wohngebäuden als vermieden, wenn die empfundene Raumtemperatur während der Hitzeperiode im jeweiligen Nutzungszeitraum eine festgelegte Grenztemperatur von 27°C am Tag und 25°C in der Nacht nicht überschreitet. Wird dieser Nachweis für einen als kritisch zu betrachtenden Einzelraum des Gebäudes erbracht, so kann auch für alle übrigen Räume von einer Unterschreitung der Grenztemperaturen ausgegangen werden.

Der vereinfachte Nachweis für die Begrenzung der solaren Wärmeeinträge ist für kritische Räume bzw. Raumbereiche an der Außenfassade, die der Sonneneinstrahlung besonders ausgesetzt sind, durchzuführen. Dabei sind auch Dachflächen, sofern sie zu Wärmeeinträgen beitragen, mit zu berücksichtigen. Damit in Gebäuden zumutbare Temperaturen nur selten überschritten werden und möglichst keine Anlagentechnik zur Kühlung benötigt wird, darf der raumbezogene Sonneneintragskennwert S einen Höchstwert nicht überschreiten.

(DIN 4108-2, 2013, Pkt. 8.3)

Dieser hängt von folgenden Größen ab:

- Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) der transparenten Außenbauteile (Fenster und feste Verglasungen)
- Wirksamkeit der Sonnenschutzvorrichtung
- dem Verhältnis von Fensterfläche zu Grundfläche des Raumes

Weitere Einflussgrößen auf den höchstens zulässigen Sonneneintragskennwert S sind:

- Wärmespeicherfähigkeit der raumumschließenden Flächen
- Lüftung, insbesondere in der zweiten Nachthälfte
- Fensterorientierung und -neigung
- interne Wärmequellen

Der Kühlbedarf sollte in Wohngebäuden in Österreich durch planerische Maßnahmen gänzlich vermieden werden, was in den Modellgebäuden an den im Planungsleitfaden „Plusenergie Teil 3 - Parameterstudien und Planungsempfehlungen zur Entwurfsoptimierung und Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden“ untersuchten Standorten realisiert werden konnte. In Bürogebäuden wird sich ein Kühlbedarf selbst unter Einsatz entsprechender Sonnenschutzeinrichtungen und effizienten Geräten nicht vollständig vermeiden lassen. Einfache Maßnahmen zur Deckung dieses Kühlbedarfs wie z.B. Nachtlüftungssysteme sind daher anzustreben. (vgl. BOINTNER u. a., 2012, S. 24)

8.2.8 Anforderung an das Raumklima (Temperaturbereich)

Die wichtigsten Einflussfaktoren in Bezug auf klimatische Innenraum- und Komfortbedingungen, die im Zusammenhang mit der Ausbildung von Fassaden stehen, sind:

- Temperatur
- relative Raumluftfeuchtigkeit
- Oberflächentemperatur der den Raum umgrenzenden Bauteile
- Luftströmung am Körper

Weitere Einflussfaktoren sind Region, Gewohnheit, Kleidung, Tätigkeit und individuelles Empfinden. Die empfundene Raumtemperatur ergibt sich aus Raumlufttemperatur und mittlerer Strahlungstemperatur der Raumumschließungsflächen. (vgl. HERZOG u. a., 2004, S. 22)

Anforderungen an Räume für das Wohnen und Arbeiten resultieren aus der Physis und den Komfortansprüchen der Menschen. Aufgrund der Individualität der Nutzer erzielen optimale Rahmenbedingungen keine hundertprozentige Nutzerzufriedenheit. Eine Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD), also der Anteil an NutzerInnen, die mit dem vorhandenen Raumklima unzufriedenen sind, von unter 10 % ist nach ÖNORM EN ISO 7730 anzustreben.

Die Anpassung des Raumklimas an individuelle Bedürfnisse besitzt einen erheblichen Einfluss auf die Behaglichkeit. Bereits die Möglichkeit zur individuellen Regelung des Klimas steigert die Zufriedenheit. Bei der Behaglichkeit existiert demnach eine psychologische Wahrnehmungsebene jenseits der messbaren Größen.

Psychologische Bedingungen komplettieren die an das Raumklima gerichteten Anforderungen. Materialität und Struktur von Oberflächen, Farbgebung und Lichtsituation verändern das Behaglichkeitsempfinden im Raum. Räume werden als kalt oder warm beschrieben, ohne dass damit der messbare thermische Zustand bezeichnet wird. Die Ausformulierung und Innenraumgestaltung kann daher das subjektive Wärme- und Kälteempfinden prägen. (vgl. REICHEL u. a., 2012, S. 46)

Je nach Tätigkeit werden 17°C (bei schwerer handwerklicher Arbeit) und 26°C (im Badezimmer) als behaglich wahrgenommen. Aber auch möglichst geringe Differenzen zwischen den verschiedenen Temperaturen der Luft und den Umschließungsflächen sind das Ziel. Generell nimmt der Mensch den Wärmeaustausch über Strahlung als behaglicher

wahr als eine Veränderung der Raumlufttemperatur. Auch sollte der Fußbereich wärmer als der Kopfbereich sein. Fußbodenheizungen und Deckenkühlungen nähern sich diesem Ideal.

- Temperaturdifferenz zwischen Bauteil und Raumluft im Deckenbereich: ΔT_{\max} : 4°C
- Temperaturdifferenz zwischen Bauteil und Raumluft im Bodenbereich:

$$\Delta T_{\max}: 5^{\circ}\text{C}$$

(vgl. REICHEL u. a., 2012, S. 47)

Das thermische Empfinden steht in enger Wechselwirkung zur Raumluftfeuchte. Bei einer Raumlufttemperatur von 19°C - 22°C wird eine Raumfeuchte von 35 - 70 % als behaglich wahrgenommen. Unterhalb von 16°C wird das Innenklima unabhängig von der Luftfeuchte unbehaglich, über 26°C wird es meist als schwülwarm wahrgenommen, besonders in gekühlten Räumen ohne Feuchteregulation (aktive Entfeuchtung der Zuluft oder diffusionsoffene und feuchtespeichernde Oberflächen).

Die Erhöhung der relativen Feuchte um 10 % bewirkt bei üblichen Raumlufttemperaturen eine Erhöhung der Empfindungstemperaturen von ca. 0,3°C. Bei einer um 60 % höheren relativen Luftfeuchtigkeit wird die Innentemperatur daher ca. um 2°C wärmer wahrgenommen. (vgl. REICHEL u. a., 2012, S. 48)

Verschiedene Feldversuche haben gezeigt, dass die thermische Reaktion der Nutzer zum Teil vom Außenklima abhängt und sich von der thermischen Reaktion in Gebäuden mit RLT-Anlagen unterscheidet, was vor allem auf Unterschiede im thermischen Empfinden, der Verfügbarkeit von Regeleinrichtungen und einer Verschiebung der Erwartungen der Nutzer zurückzuführen ist. Damit dieses optionale Verfahren angewendet werden kann, müssen die betreffenden Räume über Fenster verfügen, die sich zur Außenluft öffnen lassen und von den Nutzern leicht geöffnet und angepasst werden können.

Im Raum darf keine maschinelle Kühlung zum Einsatz kommen. Eine maschinelle Lüftung mit ungekühlter Luft (im Sommer) darf verwendet werden, jedoch muss dem Öffnen und Schließen von Fenstern zur Regelung des Raumklimas der Vorzug gegeben werden.

Zusätzlich können weitere energieeffiziente Möglichkeiten zur persönlichen Regelung der Innentemperatur angewendet werden, zum Beispiel Ventilatoren, Jalousien, Nachtlüftung usw.

Dieses optionale Verfahren gilt nur für Räume, in denen die Nutzer mit nahezu ausschließlich sitzenden Tätigkeiten beschäftigt sind, bei denen die Stoffwechselrate zwischen 1,0 met und 1,3 met (metabolische Einheit = 1 met, 58 W/m²) liegt. Es ist auch wichtig, strenge Bekleidungs Vorschriften im Gebäude zu vermeiden, damit die Nutzer die Wärmedämmung ihrer Bekleidung nach Wunsch anpassen können.

Bei Behaglichkeitsbedingungen im Sommer (operative Innentemperatur > 25 °C) kann eine erhöhte Luftgeschwindigkeit genutzt werden, um erhöhte Lufttemperaturen auszugleichen. Bei Verwendung von Ventilatoren (die unmittelbar durch die Nutzer eingestellt werden können) oder anderen Mitteln der persönlichen Anpassung der Luftgeschwindigkeit (z.B. persönliche Lüftungsanlagen) können die in Abb.23 (EN 15251 Bild A.1) angegebenen oberen Grenzwerte um einige Grad erhöht werden.