

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

Anhang 2

Planungsleitfaden
Kühle Gebäude ohne
Technik (Kurzbrochure)

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

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

15b/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 (Kurzbrochure)

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
	Ausgangssituation	5
	Kühle Gebäude ohne Technik.....	5
	Das Projekt smartKB*	6
	Projektziele	6
2	Örtliche Entwicklungsplanung für kühle Gebäude ohne Technik	7
	Einflussfaktoren	8
	Ausgleichsmaßnahmen	8
	Beschattung des Straßenraums und der Außenwände	8
	Gute Durchlüftung des Außenraums versus Beschattung durch dichte Baumkronen..	9
	Grün- und Freiflächen.....	9
	Einsatz von Materialien mit hohem Reflexionsvermögen	11
3	Planungsstrategien für kühle Gebäude ohne Technik	12
	Entwurfs- und Gebäudeoptimierung.....	12
	Standort und Klima	12
	Baukörperorientierung	12
	Gebäudegeometrie	13
	Größe und Orientierung von Glasflächen.....	13
	Oberflächengestaltung von opaken Gebäudehüllen.....	13
	Sonnenschutz.....	13
	Wärmespeicherung.....	13
	Pflanzen.....	14
	Passive Kühlsysteme.....	14
	Subjektive Temperaturwahrnehmung	14
	Maßnahmenhierarchie	14
	Innere Lasten.....	15
	Integraler Planungsprozess	15
4	Zusammenfassung.....	17

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 Entstehung höherer Temperaturen als im Umland, was als "Hitzeinsel" bezeichnet wird. Für

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>

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 (Mittleuropäische 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 (Frischluftleitbahnen) 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 Begehrbarkeit 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

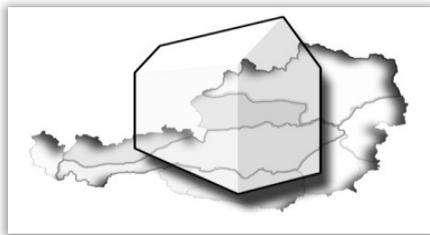
Durch die Klimaerwärmung, aber auch durch gesteigerte Komfortansprüche der NutzerInnen, gewinnt die Gebäudekühlung in den letzten Jahren auch im mitteleuropäischen Klima zunehmend an Bedeutung. Ausgeführte Beispiele zeigen jedoch, dass durch eine entsprechende Gebäudeplanung der Kühlbedarf von Gebäuden 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.

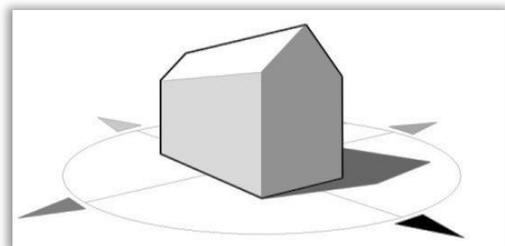


Standorte in größeren Seehöhen) die passive Solarenergienutzung im Winter mit großen südorientierten Glasflächen, denn unerwünschte Wärmeeinträge im Sommer können durch die niedrigeren Lufttemperaturen leichter wieder abgelüftet werden.

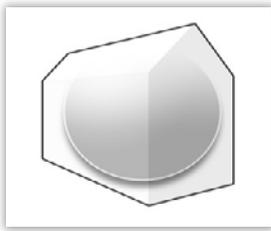
Baukörperorientierung

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.



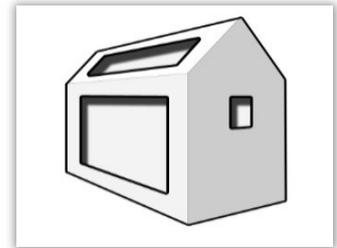
Gebäudegeometrie



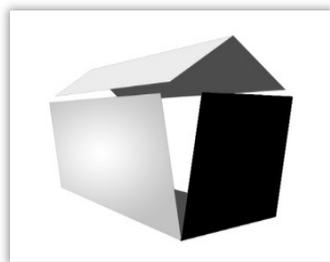
Innenhöfe, gegliederte Gebäudegrundrisse und gegliederte oder gefaltete Fassaden ermöglichen eine gezielte Verschattung der Fassade durch eigene Bauteile und erleichtern die Anordnung von Lüftungsöffnungen.

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.



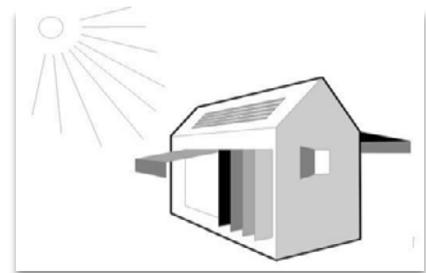
Oberflächengestaltung von opaken Gebäudehüllen



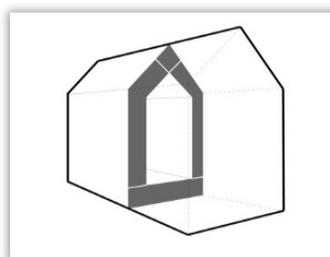
Die Oberflächentemperatur der opaken (nicht transparenten) Teile der Gebäudehülle lässt sich durch gezielte Auswahl von Farben, Materialien und Konstruktion beeinflussen. Dunkle Oberflächen heizen sich z.B. bei Sonneneinstrahlung stärker auf, während helle oder reflektierende Oberflächen einen höheren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



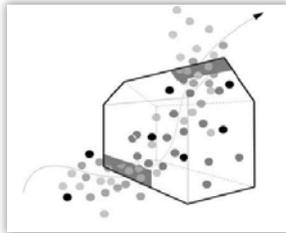
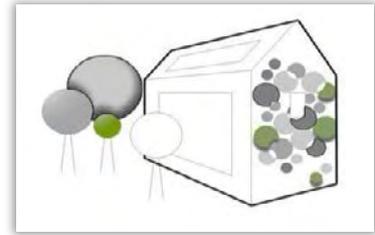
Wärmespeicherung



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.

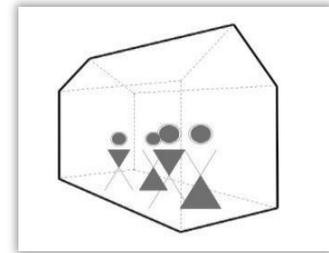


Passive Kühlsysteme

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.



Im Planungsleitfaden - Kühle Gebäude ohne Technik (Langfassung) 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 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.

5 Literatur

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

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

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.

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