



LANDES
ENERGIE
AGENTUR

Kühler Kopf trotz Sommerhitze

Sommerlicher Wärmeschutz

Aktiv und passiv – ein Leitfaden
für Unternehmen, kommunale
Verwaltungen und öffentliche
Einrichtungen

Inhalt

Vorwort Staatssekretär Jens Deutschendorf	1
Es wird wärmer ... Was können wir tun, damit wir weiterhin arbeitsfähig sind und uns die Wärme nicht zu Kopfe steigt?	2
Efficiency First	4
Effiziente Gebäudehülle notwendig?!	6
Klimawandel und Anpassung	8
Thermische Behaglichkeit	9
Normen für Nichtwohngebäude, Unternehmen, Altenheime etc.	10
Baurechtlich notwendige - privatrechtlich mögliche Nachweise	12
Thermische Simulationen - Sommerlicher Wärmeschutz	13
Maßnahmen zur Erleichterung bei sommerlicher Hitze	14
Nachtkühle zur Gebäudekühlung nutzen	16
Luftzirkulation	18
Sonnenschutz in der Architektur	19
Sonnenschutz durch Begrünung	20
Intelligente Gebäuderegulung im Sommer	22
Interne Wärmelasten reduzieren	23
Kühldecken	24
Individuelle und bedarfsabhängige Erwärmung und Kühlung durch VRF (Variable Refrigerant Flow)	25
Strukturelle Maßnahmen für verbesserten Schutz bei sommerlicher Hitze	26
Autoren, Kontakt, Impressum	28



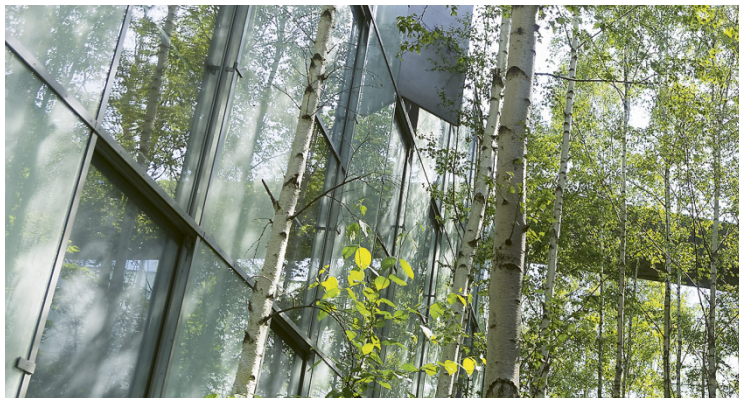
© HMWVW

Staatssekretär Jens Deutschendorf
Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Energie, Verkehr
und Wohnen

Der Klimawandel ist spürbar, auch bei uns in Hessen. Die Zahl heißer Tage in Hessen nimmt zu. Gebäude und Räume heizen sich viel stärker als bislang auf. Diese Entwicklung stellt Unternehmen und Kommunen vor neue Herausforderungen: Denn es gilt, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter vor zu großer Hitze am Arbeitsplatz zu schützen. Unter dem Schlagwort Sommerlicher Wärmeschutz verbergen sich verschiedene Maßnahmen, um das Aufheizen von Gebäuden zu reduzieren. Das energetische Bauen und Modernisieren ist hier die erste Wahl: Nicht nur, um den Heizenergiebedarf zu senken, sondern auch um für behaglichere Temperaturen und weniger Kühlbedarf im Sommer zu sorgen. Bei einer Kühlung wiederum gilt es, möglichst wenig Energie und Ressourcen zu verbrauchen.

Wir möchten Sie mit dieser Broschüre über die vielen verschiedenen Aspekte und Möglichkeiten des Sommerlichen Wärmeschutzes in Ihrem Unternehmen und den Kommunen informieren. So können Sie nachlesen, wie einer Überhitzung von Gebäuden und Räumen vorgebeugt und gleichzeitig der Energiebedarf für die Kühlung gering gehalten werden kann. Eine Reduzierung der Wärmeeinträge oder automatisierte Nachtlüftung stellen hier kostengünstige und effiziente Möglichkeiten dar, dabei Gebäude klimaverträglich kühl zu halten.

Kommunen steht mit der hessischen Kommunalrichtlinie eine Fördermöglichkeit für Verschattungen oder für energetische Sanierungen, beispielsweise durch Gebäudedämmung, als Beitrag zum Sommerlichen Wärmeschutz zur Verfügung.



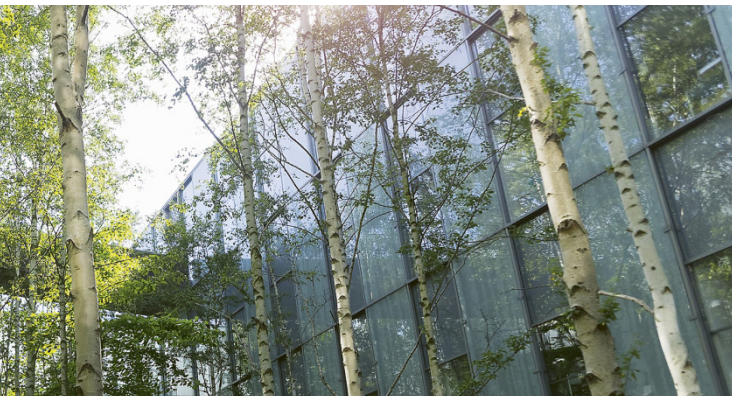
Es wird wärmer ...

Was können wir tun, damit wir weiterhin arbeitsfähig

Mit dem Klimawandel müssen wir neue Anforderungen an unsere Gebäude stellen und sie so planen, bauen und gestalten, dass wir weiterhin darin gut leben und arbeiten können. Ob in Büro-, Produktionsgebäude oder Schulen, es soll allen ermöglicht sein, geschützt vor Hitze, Kälte oder Regen ihre Leistung zu erbringen, ohne Gefahr einer gesundheitlichen Beeinträchtigung.

Es gibt nicht „die Maßnahme“ zum Sommerlichen Wärmeschutz, die alle Probleme auf einmal löst. Es gibt Faustregeln, die bei jeder Planung beachtet werden sollten: Solare und interne Wärmeeinträge reduzieren, möglichst passive Kühlung über Nachtlüftung anwenden und effiziente Kühlsysteme vorsehen, falls passive Kühlmaßnahmen nicht ausreichen.

Eine ausreichende Dämmung verringert den Heizwärmebedarf und schützt die Gebäude gleichzeitig im Sommer vor Wärmeeinträgen bei hohen Temperaturen und Sonneneinstrahlung auf die Fassade (Seite 6). Mit den in der Broschüre genannten passiven Maßnahmen lässt sich ein zusätzlicher Komfort erreichen.



sind und uns die Wärme nicht zu Kopfe steigt?

Eine Planung mit Blick auf hohen Sommerkomfort ist eine Grundanforderung (Seite 9). Gesetzliche Mindestanforderungen bieten Hilfestellung bei der Umsetzung, doch gilt das Augenmerk auch Maßnahmen, die darüber hinausführen. In Bestandsgebäuden und im Neubau sollte auf Nachtlüftung (Seite 16) und gute Luftzirkulation (Seite 18) geachtet werden. Beide Maßnahmen sind technisch simpel, haben aber großes Potenzial, da der Energieverbrauch im Vergleich zu einer Klimaanlage gering ist.

Darüber hinaus kann Erleichterung mit verschiedenen Verhaltensmaßnahmen (Seite 14) und passiven Maßnahmen, wie z. B. außenliegendem Sonnenschutz (Seite 19) und Sonnenschutz durch Begrünung (Seite 20), erreicht werden. Gleichzeitig wird die Atmosphäre verbessert sowie das Gebäude verschönert, was sich dann wiederum auch auf das psychische Wohlbefinden der Menschen positiv auswirkt.

Für die engagierte Mitarbeit an dieser Broschüre gilt ein besonderer Dank dem breit aufgestellten Team mit Vertreterinnen und Vertretern aus Architektur, Forschungsinstituten, Industrie und Ministerien.



Efficiency First

- Steffen Rettig, Referat Energieeffizienz, Energieberatung
Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen

Gemäß der Efficiency-First-Prämisse, dass jede Energie, die eingespart werden kann, nicht erzeugt werden muss, trägt jede Verbesserung der Energieeffizienz unseres Gebäudebestandes zur Senkung unserer Treibhausgasemissionen bei.

Zwar hat der Ausbau der erneuerbaren Energien als eine der tragenden Säulen unsere Klimaschutzanstrengungen in den letzten Jahren deutlich zugelegt, aber der Energieverbrauch insgesamt stagniert bzw. hat sich teilweise sogar erhöht.

Eine wichtige Voraussetzung zur Erreichung der Klimaschutzziele ist daher die Senkung des Energieverbrauchs. Efficiency First - der effiziente Umgang mit Energie - steht im Einklang mit dem nationalen Ziel eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestandes bis 2050 und senkt die Gesamtkosten des Energiesystems.

➔ **Zahlreiche Energieeffizienzmaßnahmen tragen dazu bei, das Leitprinzip von „Efficiency First“ umzusetzen.**

In Zeiten sommerlicher Hitze muss zum Beispiel ein Bürogebäude, das über keine passiven Vorrichtungen zur Kühlung bzw. über keinen ausreichenden Wärmeschutz verfügt, mit erheblichem Energieaufwand kostenintensiv heruntergekühlt werden, um die thermische Behaglichkeit zu erhalten.



Ein Gebäude hat viele Stellschrauben, an denen schon mit geringem Aufwand gedreht werden kann. Der Einsatz von aktiven Kühlsystemen lässt sich so nicht in Gänze verhindern, jedoch mitunter deutlich reduzieren. Dies ist in vielen Fällen nicht nur für den Klimaschutz sinnvoll, sondern auch hoch wirtschaftlich.

Außenliegende Sonnenschutzvorrichtungen, der Einsatz intelligenter Steuerungs- und Regelungstechnik, das Ausnutzen der kühleren Abend- und Nachtstunden zur automatisierten Nachtlüftung können einen wichtigen Beitrag zur Verringerung der Kühllasten im Gebäude leisten.

Auch der Einsatz von Wärmedämmung hilft nicht nur in der kalten Jahreszeit, die Wärme im Gebäude, sondern auch umgekehrt im Sommer die Wärme möglichst draußen zu halten.

➔ **Der Einsatz passiver Kühlungskonzepte statt aktiver Kühlung mit Klimaanlage führt zu behaglicheren, effizienteren Gebäuden und wirtschaftlichen Einsparungen.**



Effiziente Gebäudehülle notwendig?!

- Melanie Schlepütz, Hessische Energiespar-Aktion (HESA)
LandesEnergieAgentur Hessen GmbH

Ohne die Ertüchtigung der Gebäudehüllen bei Wohn- und Nichtwohngebäuden können die gesetzten Klimaschutzziele nicht erreicht werden. Umso wichtiger ist die Betrachtung der Gebäudehülle von Nichtwohngebäuden im Gebäudebestand, denn hier liegen die größten Energieeinsparpotenziale - auch im Hinblick auf den Sommerlichen Wärmeschutz. Strukturelle Dämmmaßnahmen, wie z.B. Dachdämmung oder Austausch alter Fenster, können dann aktiv mit dynamischen Maßnahmen ergänzt werden. So sind auch in heißen Sommern die Bestandsgebäude mit einer Nachtauskühlung am Tag behaglich und bieten hohen Arbeitskomfort.

Das erste Ziel sollte sein, die Wärme gar nicht erst in die Gebäude eindringen zu lassen.

Mit der Dämmung der Gebäudehülle lassen sich die Heizkosten im Winter und Kühlkosten im Sommer deutlich reduzieren, Heizkessel und Klimageräte können kleiner dimensioniert und Wärmebrücken vermieden werden. Mit dem Austausch älterer Fenster gegen hocheffiziente Fenster mit einer Dreifach-Wärmeschutzverglasung kann gleichzeitig eine Verschattung von außen angebracht werden, um so den sommerlichen Wärmeeintrag zu verringern. Das Dämmen und der Austausch von Fenstern wird staatlich gefördert.

Über Flachdächer werden relativ große Wärmeverluste im Winter und Wärmeeinträge im Sommer generiert. Durch eine

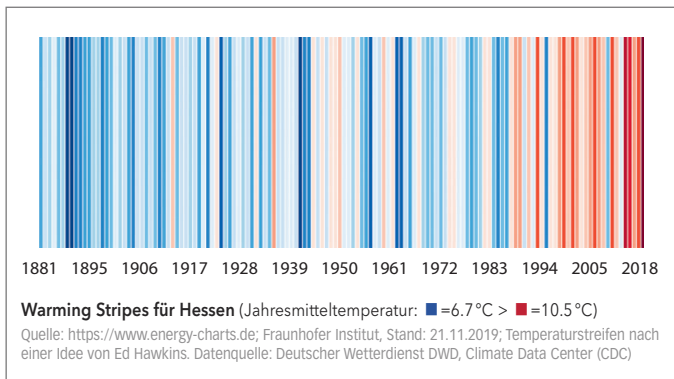


Dachsanierung können Flächen statisch so ertüchtigt werden, dass anschließend Photovoltaikanlagen und/oder eine Dachbegrünung installiert werden können. Ein verbesserter Wärmeschutz reduziert die Wärmeverluste im Winter und hilft im Sommer, das Innenklima in den Räumen kühl zu halten. Voraussetzung hierfür ist, dass eine ausreichende Lüftung im Sommer möglich ist, womit wir bei den dynamischen und aktiven Maßnahmen für den Sommerlichen Wärmeschutz angelangt sind.

Mit der Fensterlüftung besteht im Sommer die Möglichkeit, wirkungsvoll Überschusswärme „abzuführen“, wenn die Außentemperaturen niedrig genug sind, im Idealfall in der Nachtzeit. Über diese Maßnahme kühlt das Gebäude in der Nacht ab, und erwärmt sich am Folgetag langsamer. Damit kann das Gebäude insgesamt auf ein komfortables sommerliches Innenklima gebracht werden. Dies erfordert jedoch das aktive Öffnen der Fenster am Abend und über einen langen Zeitraum. Wichtig ist, dieses Lüftungsprinzip braucht Zeit und funktioniert nicht über einen „schnellen“ Luftaustausch am frühen Morgen. Die noch warmen Wände und Einrichtungen würden die getauschte Luft schnell wieder erwärmen.

Bei großer Hitze hingegen lässt man die hocheffizienten Fenster am Tag geschlossen. Gleichzeitig hilft die verbesserte Wärmedämmung sogar, den Wärmeeintrag über die lichtundurchlässigen Bauteile zu begrenzen. Ein solches Gebäude ist leichter „kühl“ zu halten, als bei schlechter bzw. nicht vorhandener Dämmung.

Im Verlauf der Broschüre wird auf das Thema Nachtentlüftung noch intensiver eingegangen.



Klimawandel und Anpassung

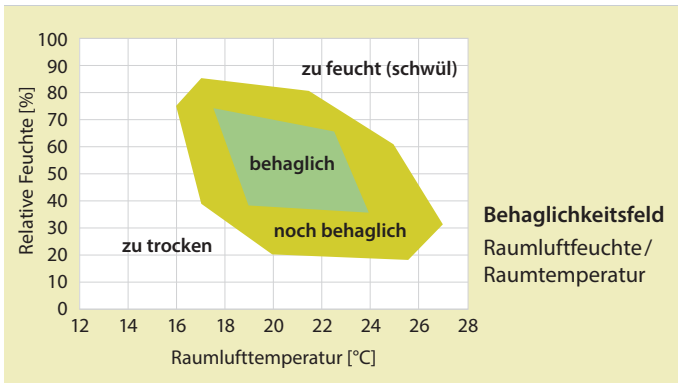
- Dr. Anna-Christine Sander, Fachzentrum Klimawandel und Anpassung, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Der Klimawandel zählt zu den größten gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit. Seit der zweiten Hälfte der 1980er Jahre wird es in Hessen zunehmend wärmer und einzelne Tage können immer heißer werden. Anhand der „Warming Stripes“ für Hessen ist diese Entwicklung sehr gut erkennbar. Die Jahresmitteltemperatur eines jeden Jahres ist in einem farbigen Strich dargestellt: je blauer, desto kühler, je roter, desto wärmer, so dass der Farbverlauf die Erwärmung in Hessen anzeigt.

Zusätzlich zur Durchschnittstemperatur steigt auch die Anzahl der heißen Tage pro Jahr (Temperatur $\geq 30^\circ\text{C}$; 24 Tage in Hessen für 2018) und die höchste gemessene Temperatur ($40,2^\circ\text{C}$ in Frankfurt für 2019).

In den Städten sind die Folgen dieses Temperaturanstiegs durch den Wärmeinseleffekt stärker ausgeprägt. Die zusätzliche Aufheizung der dunklen Verkehrsflächen, die dichte Bebauung und die wenigen oder fehlenden Grünflächen sowie die ausbleibende oder nur geringe nächtliche Abkühlung führen dazu, dass Gebäude und bauliche Infrastruktur sich aufheizen.

Anpassungsmaßnahmen im Gebäudebereich sind daher notwendig, um gesunde Arbeits-, Lebens- und Aufenthaltsbedingungen aufrechtzuerhalten. Dafür stehen zahlreiche technische und nicht-technische Lösungen bereit, die den Einsatz energieintensiver Klimaanlage vermeiden helfen.



Thermische Behaglichkeit

■ Jessica Grove-Smith, Passivhaus Institut Darmstadt

Die relevanten Einflussfaktoren für die Beurteilung der thermischen Behaglichkeit sind Luft- und Strahlungstemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftgeschwindigkeit sowie die jeweilige Aktivität und Bekleidung der Menschen. Als Regelwerk zur Beurteilung des thermischen Komforts weist die internationale Norm DIN EN ISO 7730 eine Rechenmethode zur Bestimmung des mittleren Komfortempfindens von Menschen aus, das mit dem sogenannten PMV-Wert (Predicted Mean Vote) angegeben wird.

Die empfundene Temperatur ist die Haupteinflussgröße für den thermischen Komfort und wird daher oft als Indikator herangezogen. Bis ca. 25°C werden im Sommer von den meisten Menschen als behaglich empfunden. Darüber hinaus wird es aus rein physiologischen Gründen unangenehm. Der Komfort kann schon während der Planungsphase bewertet werden, z. B. durch eine Berechnung der zu erwartenden Temperaturüberschreitung.

Insbesondere angesichts der durch den Klimawandel steigenden Außentemperaturen ist die Sicherstellung des Sommerkomforts eine entscheidende Aufgabe der Gebäudeplanung - z. B. durch die Dämmung, die Größe der Fenster, deren Orientierung und Verschattung sowie effektive Lüftungskonzepte. Wenn selbst bei optimierter Planung absehbar ist, dass keine komfortablen Temperaturen gewährleistet werden können, sollte eine effiziente aktive Kühlung vorgesehen werden.



Normen für Nichtwohngebäude, Unternehmen, Altenheime etc.

- Univ.-Prof. Dr.-Ing. Anton Maas, Universität Kassel
- Prof. Dr.-Ing. Thomas Ackermann
Fachhochschule Bielefeld - University of Applied Sciences

Bei Neuplanungen und Sanierungen sind die geltenden baurechtlichen Vorschriften einzuhalten.

Normenwelt

Die Energieeinsparverordnung definiert Anforderungen an den Sommerlichen Wärmeschutz und verweist auf die Verfahren der DIN 4108-2. Danach bestehen Mindestanforderungen für alle Räume in Hochbauten, die auf $\geq 19\text{ °C}$ beheizt werden und für Räume im Raumverbund. Im Bestand gelten die Anforderungen ebenfalls für Erweiterungen und neue Gebäudeteile mit einer zusätzlichen Nutzfläche $> 50\text{ m}^2$. Die Anforderungen an den Sommerlichen Wärmeschutz gelten nach EnEV* und DIN 4108-2 auch für niedrig beheizte Nichtwohngebäude, d.h. für Nichtwohngebäude mit einer Raumlufthtemperatur von mehr als 12 °C und weniger als 19 °C .

Nachweis mit dem Sonneneintragskennwertverfahren

Ein vereinfachter Nachweis über die Einhaltung der Normen kann über das Sonneneintragskennwertverfahren erfolgen. Dabei werden die Sonneneintragskennwerte mithilfe von pauschalen Faktoren bestimmt. Wesentliche Einflussgrößen zur Ermittlung des vorhandenen Sonneneintragskennwerts (S_{vorh})



sind die Fenstergröße, die Wirkung des Sonnenschutzes in Verbindung mit der Verglasung und die Raumgröße. Dem vorhandenen Sonneneintragskennwert (S_{vorh}) wird der zulässige Sonneneintragskennwert (S_{zul}) als Grenzanforderung gegenübergestellt. Dieser Höchstwert S_{zul} wird aus der Summe der anteiligen Sonneneintragskennwerte ermittelt. Hierbei werden unter anderem der Gebäudestandort, die Schwere der raumschließenden Bauteile, eine evtl. vorhandene Nachtlüftung und der ggf. vorgesehene Einsatz passiver Kühlung berücksichtigt.

Nachweis mittels dynamischer Gebäudesimulation

Alternativ zum Sonneneintragskennwertverfahren bietet die DIN 4108-2 den Nachweis anhand einer dynamischen Simulationsberechnung an. Zur Bewertung des sommerlichen Wärmeschutzes werden dabei Übertemperaturgradstunden bestimmt. Die Berechnung der Übertemperaturgradstunden berücksichtigt, wie hoch und wie lange ein Bezugswert der operativen Innentemperatur überschritten wird, aufsummiert über ein Jahr. Je nach Klimaregion (A, B, C) gelten Bezugswerte von 25, 26 oder 27 °C. Der Grenzwert der Übertemperaturgradstunden liegt für Wohngebäude bei 1200 Kelvinstunden pro Jahr (Kh/a), bei Nichtwohngebäuden beträgt er 500 Kh/a. Dieses Verfahren ist in der Bearbeitung aufwendiger als der vereinfachte Nachweis, kann aber Effekte wie Gebäudelüftung, Sonnenschutzsteuerung oder passive Kühlung realitätsnäher abbilden.

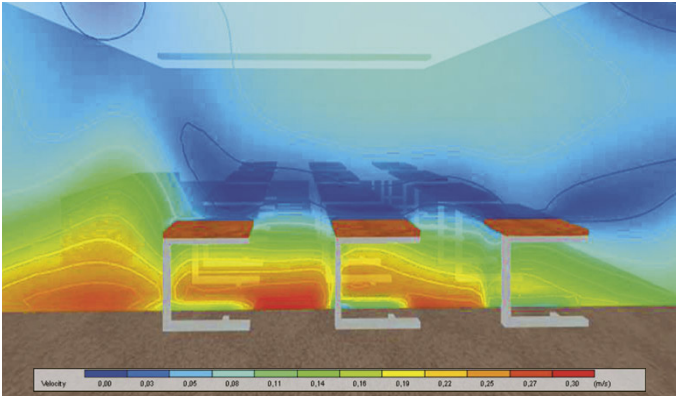
* Die Energieeinsparverordnung (EnEV) wird voraussichtlich im Jahr 2020 durch das Gebäudeenergiegesetz abgelöst. Das entsprechende Kapitel wird in einer zu aktualisierenden Auflage an das Gebäudeenergiegesetz angepasst.



Baurechtlich notwendige – privatrechtlich mögliche Nachweise

- Prof. Dr.-Ing. Thomas Ackermann
Fachhochschule Bielefeld - University of Applied Sciences

Hinsichtlich der Nachweise zum Sommerlichen Wärmeschutz muss zwischen baurechtlich notwendigen und privatrechtlich möglichen Nachweisen unterschieden werden. Gemäß Baurecht ist für den ungünstigsten Raum in einem Gebäude der Nachweis des Sommerlichen Wärmeschutzes zu führen. Baurechtlich relevant sind die Energieeinsparverordnung - EnEV (auf dem Energieeinspargesetz basierend) und DIN 4108-2 (von den Bundesländern baurechtlich eingeführt). Zu den Möglichkeiten einer Nachweisführung wird in der EnEV auf die Methoden in DIN 4108-2, Sonneneintragskennwertverfahren oder Simulation, verwiesen. DIN 4108-2 wiederum ist mit „Mindestanforderungen an den Wärmeschutz“ überschrieben. Damit ist DIN 4108-2 im Kontext mit § 3 der hessischen Landesbauordnung zu sehen. Die Mindestanforderungen zielen darauf ab, gesundheitliche Beeinträchtigungen von Nutzern in Gebäuden auch im Sinne des Sommerlichen Wärmeschutzes zu vermeiden. Darüber hinausgehende Nachweise oder Berechnungen, z.B. Untersuchungen zur Behaglichkeit in Gebäuden bzw. Räumen oder Untersuchungen zu Innenraumtemperaturen in Gebäuden zum Zweck der Energieeinsparung, sind nicht im Sinne von DIN 4108-2 und daher auch nicht baurechtlich erforderlich. Eine solche Beauftragung beruht auf einer privatrechtlichen Vereinbarung zwischen Bauherr und Planer.



Dynamische Raumsimulation zur Bewertung der Behaglichkeit

Thermische Simulationen – Sommerlicher Wärmeschutz

- Prof. Dipl.-Ing. M. Arch. BDA Anett-Maud Joppien
Technische Universität Darmstadt
- Dipl.-Ing. Architekt Thomas Wilken, Technische Universität Braunschweig

Die Relevanz gesundheitsfördernder, produktivitäts- und motivationssteigernder klimatischer Bedingungen für Räume steigt, weil neue Arbeitswelten stärker auf die Bedürfnisse der Menschen als Nutzer der Gebäude fokussieren. Komfort, Behaglichkeit und Energieeffizienz sind daher neben der Gestaltungsqualität wesentliche Merkmale, die wir zukünftig für eine ganzheitliche Planung voraussetzen. Architekten und Ingenieure arbeiten zunehmend in interdisziplinären Teams und nutzen thermisch-dynamische Simulationen, die den frühen Entwurfsprozess begleiten, um Alternativen zu überprüfen und Planungsentscheidungen im Prozess zu konkretisieren. Der Sommerliche Wärmeschutz sollte daher nicht länger auf der Basis statischer Verfahren mit Eintragskennwerten ermittelt werden, wenn innovative Tools für eine stete Rückkopplung im Entwurfsprozess zur Verfügung stehen. Als digitale Zwillinge können die Modelle von Gebäuden eine höhere Komplexität abbilden und die Einhaltung der Anforderungen dokumentieren. Durch Simulationsunterstützung wird daher die gestalterische Freiheit nicht eingeschränkt, sondern im Gegenteil werden frühzeitig soziokulturelle Bedingungen in Gebäuden nachhaltig optimiert. Neben der Abbildung zu erwartender Bedingungen in Räumen ist darüber hinaus eine genauere Kalkulation von Investition und Betrieb möglich.



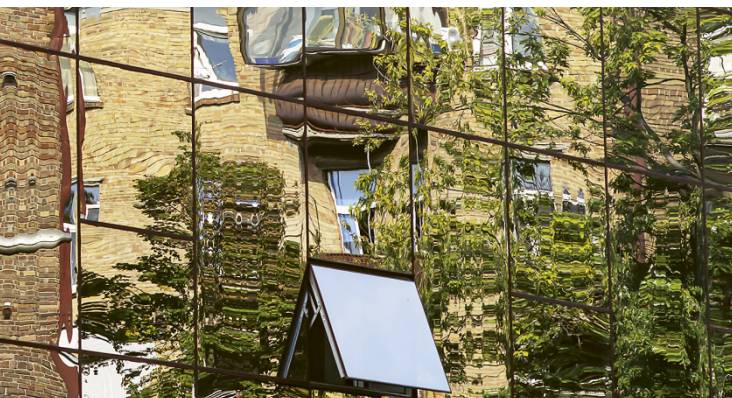
Maßnahmen zur Erleichterung bei sommerlicher Hitze

■ Michael Czak, M.Sc., Klimaschutzmanager, Landkreis Darmstadt-Dieburg

In geschlossenen Räumen wird von den Menschen, die darin arbeiten, Sauerstoff (O_2) eingeatmet und Kohlendioxid (CO_2) ausgeatmet. In Kombination mit der steigenden Luftfeuchtigkeit und dem Temperaturanstieg wird es in den Räumen dann schnell unbehaglich, wenn kein kontinuierlicher Luftaustausch gewährleistet wird. Sauerstoff ist im Allgemeinen immer genug in der Luft. Was jedoch nach außen abgeleitet werden muss, sind CO_2 und Luftfeuchtigkeit.

Stoßlüften: Das komplette Öffnen der Fenster führt zu einem schnellen Luftaustausch von verbrauchter zu frischer Luft. Bei bestimmten Nutzungen (viele Personen in kleinen Räumen oder hohe Aktivität) kann ein mehrmaliges Stoßlüften pro Stunde erforderlich sein, um gute Luft im Raum zu gewährleisten. Zu häufiges Stoßlüften in kurzen Abständen kann den Arbeitsablauf allerdings stören.

Kipplüften: Die Kippstellung der Fenster kann zu einem kontinuierlichen Luftaustausch führen und durch den Luftzug auch zu Kühleffekten auf der Haut. Allerdings kann dauerhaftes Lüften auch zu Zuglufterscheinungen führen und für manche Menschen unangenehm sein. Die Luftströme sind daher entsprechend zu lenken, um keinen Unzufriedenen zurückzulassen. Idealerweise können Oberlichter für das Lüften genutzt werden.



Querlüften: Eine verstärkte Form des Lüftens ist das Querlüften, bei dem quer durch das Stockwerk das Strömen der Luft erleichtert wird. Dies führt zu einem schnellen Luftaustausch und durch geschicktes Kipp- bzw. Halb-Öffnen von Türen kann die Zugluft gesteuert werden.

Hitzeräume: Zu vermeiden ist es, Räume, die sich aufheizen oder stark frequentiert werden, durch Schließen aller Zugänge vom Luftaustausch abzuschließen. Günstig ist es daher, auf der heißen Seite (Süden) die Fenster zu beschatten und ggf. zu schließen, so dass keine heiße Luft von außen eindringt, auf der kühlen Seite aber die Türen zum Flur offen zu lassen, um zumindest den Luftaustausch und eine leichte Luftbewegung in das Gebäude zu gewährleisten. Falls nötig, sollten bei längeren Besprechungen Pausen zum Querlüften eingelegt werden.

Treppenhäuser, Atrium, Flure: Treppenhäuser, Fahrstuhlschächte und ähnliche Räume, die ggf. über die Nachtentlüftung als Kühltluftspeicher für den Tag genutzt werden sollen, müssen über Luftaustausch aktiviert werden, wenn die Außenluft zu heiß ist. Dann ist eine Luftbewegung im Gebäude auch am Tag notwendig.

Lüftungszeit und -dauer: In Bauteilen gespeicherte Wärme und Kälte brauchen ihre Zeit, bis sie im Raum wirksam werden. Ein schnelles Lüften am frühen Morgen kühlt zwar die Luft im Raum, die Bauteile allerdings kühlen nur an den Oberflächen ab. Daher sollte ausgiebig gelüftet werden, solange die Außentemperatur noch unter der Innentemperatur liegt. Noch besser ist ein kontinuierlicher kühlender Luftaustausch über die Nacht, damit die gesamte Bauteilmasse als Speicher aktiviert werden kann.



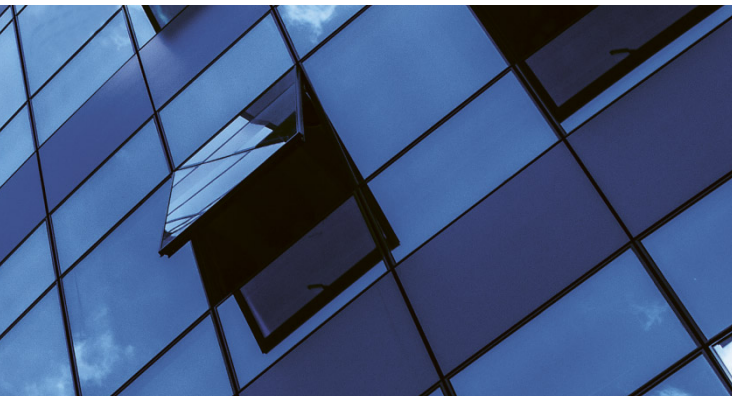
Nachkühle zur Gebäudekühlung nutzen

■ Prof. Dr. Ing. Volker Ritter, University of Applied Sciences Frankfurt am Main

Alle Kühlprozesse von Gebäuden benötigen passende Wärmesenken, die drei Kriterien erfüllen sollten: hohe thermische Kapazität, niedrige Temperaturen und kostengünstige Erschließbarkeit. Die Außenluft um Gebäude erfüllt dies an vielen Tagen im Jahr, wenn die Nachtlufttemperatur unterhalb der Raumlufttemperatur liegt. Dann kann die am Tage in den Bauteilen gespeicherte Wärme entladen werden, indem die Räume mit kühlerer Nachtluft durchströmt werden. Am Tage kann die Gebäudemasse wieder die überschüssige Wärme im Raum aufnehmen.

Dieser Prozess wird durch verschiedene Maßnahmen begünstigt:

- Für eine natürliche Konvektion ist i. d. R. ein Temperaturunterschied von ca. 7 K zwischen Raum- und Außenluft notwendig.
- Wenn die natürliche Konvektion nicht ausreicht, sollte der Prozess mit einer Lüftungsanlage unterstützt werden. Dafür sind ca. 5 K Temperaturunterschied zwischen Raum- und Außenluft notwendig.
- Möglichst viele raumumschließende Flächen sollten exponiert sein, so dass eine gute Wärmeübertragung möglich ist.



- Bei starker Emissionsbelastung der Außenluft (Verkehrsbelastung) sollte die Nachtlüftung kontrolliert über Filter geschehen, um keine Schadstoffbelastung im Innenraum zu erzeugen.
- Im Gebäudeinneren sollte die Luft möglichst ungehindert überall strömen können. Besonders bei Einzelbüroräumen sind entsprechende Maßnahmen zu treffen (Klappen, offene Türen oder große Überströmöffnungen).
- Die Dauer der Nachtlüftung ist entscheidend für die Aktivierung des Potenzials, da die ersten Schichten der Gebäudemasse relativ schnell abkühlen, die inneren Strukturen aber deutlich länger benötigen.
- Der Einbruchschutz muss gewährt bleiben. Ungesicherte offene Fenster erhöhen das Einbruchrisiko in der Nacht.

Das Kühlpotenzial über die Nachtlüftung ist zwischen Gebäuden sehr unterschiedlich. Eine individuelle Berechnung und eine Prüfung der lokalen Temperaturverläufe im Sommer sind immer empfehlenswert. Für eine erste grobe Abschätzung sind Kühlenergien bei natürlicher Konvektion über die Nacht von bis zu 150 Wh pro Tag und Energiebezugsfläche möglich. Bei erzwungener Konvektion steigt diese bis auf ca. 250 Wh pro Tag und Energiebezugsfläche.



Luftzirkulation

■ Prof. Dr. Ing. Volker Ritter, University of Applied Sciences Frankfurt am Main

Die thermische Behaglichkeit im Gebäude wird maßgeblich von der Luftbewegung in den Räumen beeinflusst. Während in der Heizperiode sich kühle Zuluft nur mit mäßigen Geschwindigkeiten im Raum bewegen sollte, sind stärkere Luftbewegungen in der Kühlperiode aus mehreren Gründen wichtig:

- Die Luftbewegung verstärkt die Wärmeübertragung bei Bauteilen. So kann eine höhere Luftzirkulation die in Bauteilen gespeicherte Wärme aus dem Raum transportieren.
- Stärkere Luftbewegung begünstigt die Wärmeübertragung an der Hautoberfläche der Menschen. Sie begünstigt außerdem die dort stattfindende Verdunstung (Verdunstungskühlung).
- Weiterhin kann durch Luftzirkulation in Kombination mit einem Luftwechsel eine zu hohe Luftfeuchtigkeit im Raum reduziert werden, was zu einer Behaglichkeitsverbesserung führt.

Daher sind besonders in tropischen Sommerperioden Luftbewegungen im Gebäude entscheidend zur Verbesserung der Behaglichkeit im Raum. Bei einer erhöhten Luftzirkulation im Raum in Kombination mit einem Luftaustausch sollen die Orte der Lufteinlässe günstig gewählt werden, damit keine lokale Zuglufterscheinung auftritt.



Sonnenschutz in der Architektur

■ Albert Dietz, Dipl.-Ing. M. Arch. BDA; Dietz·Joppien Planungsgesellschaft mbH

Bei starker Sonneneinstrahlung können durch die Installation von Sonnenschutzelementen die Nutzer vor Blendung und die Gebäude vor Überhitzung wirksam geschützt werden.

Mit großflächigem Einsatz von Glas in der Architektur spielt der Sonnenschutz eine wichtige Rolle in der Gestaltung von Fassaden. Auch bei Anwendung des Sonnenschutzes soll ein hoher Grad an Transparenz erhalten bleiben. Man unterscheidet nach Position und Funktionsweise unterschiedliche Sonnenschutzsysteme, mit denen verschiedene Vor- und Nachteile verbunden sind.

Außenliegender Sonnenschutz ist in vielfältiger Form herstellbar. Unterschieden wird in horizontal und vertikal orientierte Systeme, die ihre Funktion in erster Linie über die Reflexion der einfallenden Strahlung erfüllen. Außenliegender Sonnenschutz verhindert das Vordringen von Wärmestrahlung in den Innenraum. Er ist in der Regel mit einem beträchtlichen technischen Mehraufwand an der Fassade verbunden, wirkt jedoch weitaus effektiver als innenliegender Sonnenschutz.



Sonnenschutz durch Begrünung

- Dr. Anna-Christine Sander, Fachzentrum Klimawandel und Anpassung, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Schutz vor intensiver Sonneneinstrahlung ist unabdingbar, um ein angenehmes Klima im und am Gebäude während Hitzeperioden zu erhalten und eine Überhitzung zu vermeiden oder zu verringern. Neben zahlreichen technischen Lösungen, die teilweise kosten- und energieintensiv sind, kann Verschattung und Kühlung effektiv durch Begrünungsmaßnahmen an, vor und auf Gebäuden erreicht werden.

Gebäude und bauliche Infrastruktur bieten hierfür ein großes Flächenpotenzial. Besonders das Dach und die Fassade von Gebäuden, aber auch die oftmals begrenzte Fläche vor/hinter dem Gebäude bieten hierfür zahlreiche Möglichkeiten, um durch Begrünungsmaßnahmen Verschattung zu erzeugen und durch die Verdunstungsaktivität der Pflanzen für Kühlung zu sorgen.

Um eine natürliche Verschattung und bessere Durchlüftung zwischen Gebäuden zu erreichen, ist eine Lösung, bereits klimaaktive Flächen zu erhalten und zu entwickeln: Offene, vegetationsbedeckte Flächen sorgen für den notwendigen Kühlungseffekt durch entstehende Verdunstungskälte. Große Laubbäume können am Gebäude durch den Schattenwurf und die Verdunstungsaktivität ihrer Krone eine starke Überhitzung vermeiden. Dabei ist bei der Planung von Freiflächen am Gebäude darauf zu achten, dass die Großbäume so gepflanzt werden, dass entstehende Luftbahnen zur Abkühlung nicht blockiert werden.



Versiegelte Flächen können durch Entsiegelung bzw. durch Befestigung mit wasserdurchlässigem Pflaster eine Vegetationsschicht ausbilden, die ebenfalls lokal eine kühlende Wirkung hat. Nebenbei wird so die Außenfläche aufgewertet und man spart Niederschlagsgebühren ein, da das Regenwasser in den Boden versickern kann.

Ein großer Vorteil der Dach- und Fassadenbegrünung ist, dass deren Realisierung ohne zusätzlichen Bodenverbrauch einhergeht. Die Vegetation am und auf dem Gebäude mindert zudem starke Temperaturschwankungen, den Energiebedarf für Heizen und Kühlen und kann als Witterungsschutz an Dach und Fassade betrachtet werden.

Außerdem können mittels Gebäudebegrünung vielfältige zusätzliche Leistungen für eine nachhaltige Aufenthaltsqualität im und am Gebäude gegenüber konventionellen Konstruktionen erbracht werden. So wird die Wohn- und Aufenthaltsqualität eindeutig erhöht.

Bei der Wahl der richtigen und standortangepassten Lösung zur Begrünung muss die Fachplanung beurteilen, welche Wuchssysteme, Pflanzenarten und Begrünungsintensität (extensiv/intensiv) ausgewählt werden, damit die gewünschte klimatische und energetische Wirkung auftritt.

Weitere Informationen über den Klimawandel und seine Folgen finden Sie unter klimawandel.hlnug.de



Intelligente Gebäuderegelung im Sommer

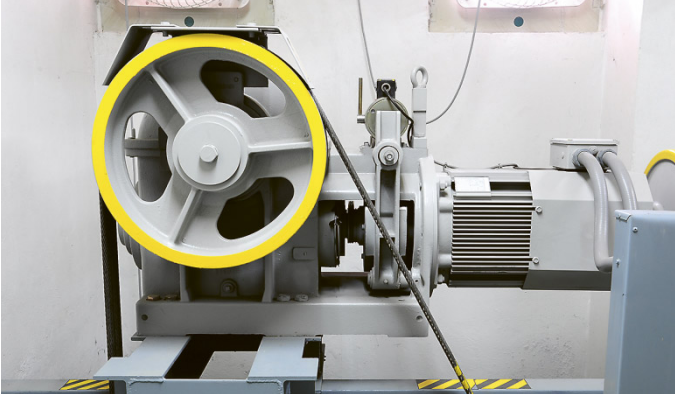
■ Timon Deisel, Thermokon Sensortechnik GmbH, Mittenaar

Mithilfe intelligenter Regelsysteme lassen sich Gebäude auch während der Sommermonate energieeffizient betreiben – der CO₂-Ausstoß und die Betriebskosten unnötig laufender Klimaanlage können durch automatisiert gesteuerte Lüftungs- und Kühlungsprozesse minimiert werden. Mittels zeitgesteuerter Nutzungsprofile lässt sich so z. B. die Nachtkühle sinnvoll nutzen, indem das gezielte Öffnen von Oberlichtern und Lichtkuppeln über die Gebäudeleittechnik veranlasst wird.

Wichtige Hilfestellung für die Gebäudenutzer leisten intelligente Raumbediengeräte zur Erfassung und Visualisierung von Temperatur, Feuchte sowie CO₂- und VOC*-Gehalt. Allein die Anzeige aktueller Messwerte mit Trendverläufen in Verbindung mit einem selbsterklärenden Ampelprinzip zur Visualisierung der Luftgüte führen in der Regel zu Einsparungen von bis zu 15% aufgrund der Sensibilisierung der Nutzer. Optimal sind folgende Klimawerte: Temperatur 20 bis 23 °C, Feuchte 40 bis 60 %, CO₂ 400 bis 800 ppm, VOC 0 bis 5 % („grüner Bereich“).

Übermäßige Nutzung von Klimaanlage kostet wertvolle Energie und führt zu unnötig hoher CO₂-Belastung. Neben einer intelligenten Regelstrategie ist deshalb vor Inbetriebnahme auch ein Funktionstest der Gebäudesysteme unerlässlich, um die maximale Effizienz gewährleisten zu können. Erst dadurch wird die Regelung ein wirkungsvolles Mittel zur Kostensenkung und steigert das Wohlbefinden sowie die Produktivität der Nutzer nachweislich.

* Flüchtige organische Verbindungen (englisch volatile organic compounds)



Interne Wärmelasten reduzieren

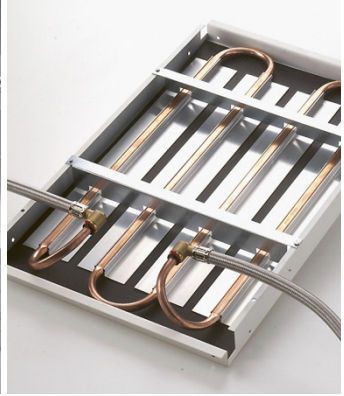
■ Prof. Dr. Ing. Volker Ritter, University of Applied Sciences Frankfurt am Main

Neben den Personen im Raum geben die oft zahlreichen elektrischen Geräte Wärme ab und erhöhen damit die Raumtemperatur. Auch Wärme aus Fluren, Sanitärräumen und Treppenhäusern sind belastende Faktoren. Mit folgenden Maßnahmen können diese internen Wärmelasten reduziert werden:

- Stromintensive Prozesse wie z. B. Backup-Prozesse von Servern während der Nacht ablaufen lassen, damit die Abwärme den Tagesbetrieb weniger belastet.
- Wärmeproduzierende Bereiche (z. B. Antriebe von Aufzügen, Server) einhausen und die anfallende Wärme direkt abführen; Abluftanlagen in Küchen und Bädern vorsehen.
- Umrüstung von Beleuchtungsanlagen mit effizienteren Leuchtmitteln und -anlagen.
- Standby von Geräten möglichst vermeiden.
- Möglichst das Infiltrieren von Abwärme aus anderen Räumen vermeiden. Allerdings ist eine Luftzirkulation im Gebäude im Sommer grundsätzlich wichtig. Generell sollte daher die Luftzirkulation im Gebäude ermöglicht werden, aber anfallende Wärmelasten aus den zu Anfang genannten Nebenräumen direkt abgeführt werden.



Kühlsegel mit Lampenabhängung



Kühlkassette mit Mäander

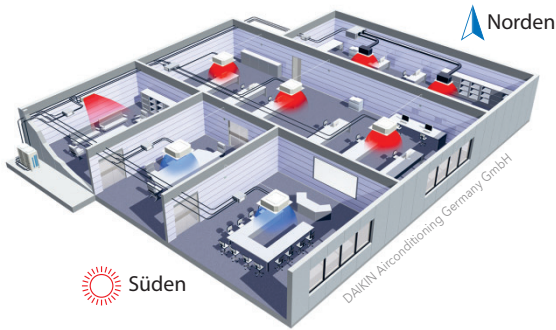
Kühldecken

■ Patrick Busch, Geschäftsfeldleiter Instandhaltung WISAG

Die Kühlung über ein Deckensystem (Flächenkühlung) basiert auf dem Funktionsprinzip der stillen Kühlung. Warme Raumluft steigt stets nach oben und wird an der kühleren Decke abgekühlt. Die abgekühlte Raumluft „fällt“ zurück nach unten, um die Wärmelasten des Raumes aufzunehmen. Die Luftbewegung vollzieht sich rein physikalisch und langsam, aber dennoch stetig. Der Wartungsaufwand von Kühldecken ist minimal und die Gebrauchstauglichkeit ist durch das Funktionsprinzip über die gesamte Nutzungsdauer gegeben. Kühldecken werden daher auch vorzugsweise in hygienisch sensiblen Bereichen eingesetzt.

Der Energietransport erfolgt über Wasser, so dass verschiedene Kälteerzeugungsarten mit Kühldecken kombiniert werden können. So kann beispielsweise bei Wärmepumpen mit Erdsonden in vielen Fällen eine direkte Kühlung durch die Geothermie ohne Energieeinsatz für den Kältekreislauf erfolgen.

Ein weiteres wichtiges Merkmal von Kühldecken ist das Behaglichkeitsgefühl. Die Wassertemperatur, mit der eine Kühldecke durchflossen wird, liegt bei ca. 16 °C. Die Oberflächentemperatur der Decke liegt damit stets wenige Grade unter der Raumlufttemperatur. Diese geringe Temperaturdifferenz und das Prinzip der Kältestrahlung führen zu einer Vermeidung von Zugluft und steigern das Wohlbefinden.



Extrahierte Wärme
liefert kostenlos
Warmwasser und
Heizung →



+



Individuelle und bedarfsabhängige Erwärmung und Kühlung durch VRF (Variable Refrigerant Flow = VRF-Technologie)

■ Patrick Busch, Geschäftsfeldleiter Instandhaltung WISAG

Klimatisierung mittels VRF-Technologie ermöglicht einen variablen Kältemittelstrom mit leistungsgeregelten Außengeräten. Die elektrische Leistungsaufnahme der Außeneinheit passt sich der aufgenommenen Wärmeleistung der Inneneinheiten an. Mittels der VRF-Technologie kann nicht nur die Raumluft gekühlt werden, sondern die Wärmepumpenfunktion ermöglicht es auch, die Raumluft zu beheizen.

Spezielle VRF-Systeme sind in der Lage, Wärmelasten entsprechend den Anforderungen zu verteilen. Dabei wird überschüssige Wärme (beispielsweise aus einem Technikraum) in zu beheizende Räumlichkeiten transportiert. Die entzogene Wärmeenergie aus dem Technikraum wird somit sinnvoll genutzt. Auch die Ausrichtung eines Gebäudes (Nord/Süd) kann dazu führen, dass es zu unterschiedlichen Nutzeranforderungen in Bezug auf heizen bzw. kühlen kommt.



Strukturelle Maßnahmen für verbesserten Schutz bei sommerlicher Hitze

■ Dipl.-Ing. Axel Bienhaus, GF Architekt AS+P

Dem Klimawandel muss auch im Bausektor auf zwei Ebenen begegnet werden. Einerseits muss durch deutliche Verminderung bzw. Vermeidung der Emission von Treibhausgasen die Klimaveränderung verlangsamt bzw. aufgehalten werden. Andererseits muss auf die veränderten klimatischen Rahmenbedingungen reagiert werden, um unsere Städte und Gebäude nutz- und bewohnbar zu halten. Auf dieser zweiten Ebene liegt hier der Fokus – mit dem Schwerpunkt auf dem Aspekt der sommerlichen Hitze. Die erste Ebene sollte ohnehin grundsätzlich bei allen planerischen Entscheidungen berücksichtigt werden, z. B. durch die Auswahl von Materialien oder Systemen sowie der Dämmung, die im Produktionsprozess, beim Transport und im Betrieb möglichst wenig Treibhausgasemissionen hervorrufen.

Die Maßnahmen, um Gebäude robust gegen sommerliche Hitze zu machen, beginnen im städtebaulichen Maßstab. Schon die Wahl des Standortes und die Ausrichtung von Gebäuden beeinflussen deren Robustheit gegen Hitzeperioden. Hierbei sind insbesondere Verschattung durch andere Gebäude, Exposition zur Sonne, Beeinflussung von Luftströmungen zu betrachten. Es kann z. B. sinnvoll sein, eine suboptimale Ausrichtung zur Sonne zu akzeptieren, um einen ungehinderten Kaltluftstrom aus einem benachbarten Grünzug zu ermöglichen, der das Binnenklima verbessert.



Die Standortwahl entscheidet auch über die Möglichkeit, Systeme wie Geothermie oder Saisonspeicher einsetzen zu können. Grundsätzlich ist deren Einsatz zu präferieren.

Die Volumetrie von Gebäuden entscheidet über die verbleibenden Freiflächen. Ein möglichst hoher Grünanteil kann das Binnenklima des Gebäudes positiv beeinflussen. Versiegelte Flächen sind so weit wie möglich zu vermeiden. Dies erhöht auch die Robustheit gegenüber Starkregenereignissen.

Bei der Gestaltung der Gebäudehülle sind die Fassaden entsprechend ihrer Ausrichtung zur Sonne zu betrachten. Die Fassaden mit einer starken Exposition zum Sonnenlicht bieten sich zur Integration aktiver Elemente zur Energiegewinnung (z. B. Photovoltaik) an. Durch den richtigen Öffnungsanteil und die Verschattung von Öffnungen muss eine gute Balance zwischen Tageslichtnutzung im Innenraum und geringem Wärmeenergieeintrag gefunden werden. Dabei ist auch die Positionierung und Detailausbildung von Öffnungen zu betrachten. Durch deren Anordnung unter auskragenden Bauteilen wie Balkonen, Arkaden und Fassadenvorsprüngen oder durch eine entsprechende Gestaltung von Laibungen können diese beispielsweise passiv verschattet werden, ohne die Sicht relevant zu beeinträchtigen.

Die Wirksamkeit der gewählten Maßnahmen kann durch einfache Verschattungsstudien geprüft werden, die sich mit den digitalen Gebäudemodellen sehr einfach erstellen lassen. Die weitere Minimierung des Wärmeeintrages kann ergänzend durch einen außenliegenden Sonnenschutz geschehen.

Autoren, Kontakt, Impressum



Prof. Dr.-Ing. Thomas Ackermann

Fachhochschule Bielefeld - University of Applied Sciences -
Telefon 0571 8385-111, thomas.ackermann@fh-bielefeld.de



Dipl.-Ing. Axel Bienhaus

Architekt, Geschäftsführer AS+P
Telefon 069 605011-259, a.bienhaus@as-p.de



Patrick Busch

Bereichsleitung Instandhaltung WISAG
Telefon 069 39001-225, patrick.busch@wisag.de



Michael Czak

Klimaschutzmanager
Kreisausschuss des Landkreises Darmstadt-Dieburg
Telefon 06151 881-1180, m.czak@ladadi.de



Timon Deisel

Thermokon Sensortechnik GmbH, Mittenaar
Telefon 02778 6960-166, timon.deisel@thermokon.de



Dipl.-Ing. M. Arch. BDA Albert Dietz

Dietz · Joppien Planungsgesellschaft mbH
Telefon 069 962449-60, frankfurt@dietz-joppien.de



Jessica Grove-Smith

Passivhaus Institut Darmstadt
Telefon 06151 82699-0, jessica.grovesmith@passiv.de

Ansprechpartner, Redaktion

Stefan Heyde, Projektmanager Energieeffizienz in Unternehmen
Telefon 0611 95017-8637, stefan.heyde@lea-hessen.de

Herausgeber

LandesEnergieAgentur Hessen GmbH

im Auftrag des Hessischen Ministeriums
für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen

LandesEnergieAgentur Hessen GmbH
Mainzer Straße 118, 65189 Wiesbaden
Telefon 0611 95017-8400, lea-hessen.de

Gestaltung: Theißen-Design, theissen-design.de

Lektorat: Uta Marini, uta-marini.de

Druck: A&M Service GmbH, a-m-service.de

Titelabbildung: Armin Hering | stock.adobe.com

Mai 2020 | 1. Auflage

Klimaneutraler Druck





Prof. Dipl.-Ing. M. Arch. BDA Anett-Maud Joppien

Technische Universität Darmstadt
Telefon 06151 16-22790, info@egt.tu-darmstadt.de



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Anton Maas

Universität Kassel
Telefon 0561 804-2414, maas@uni-kassel.de



Steffen Rettig, Referat Energieeffizienz, Energieberatung
Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen
Telefon 0611 815-2381
steffen.rettig@wirtschaft.hessen.de



Prof. Dr. Ing. Volker Ritter

University of Applied Sciences Frankfurt am Main
Telefon 069 1533-2320, volker.ritter@fb1.fra-uas.de



Dr. Anna-Christine Sander

Fachzentrum Klimawandel und Anpassung
Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Telefon 0611 6939-290, anna-christine.sander@hlnug.hessen.de



Melanie Schlepütz

Hessische Energiespar-Aktion (HESA)
LandesEnergieAgentur Hessen GmbH
Telefon 0611 95017-8673, melanie.schlepuetz@lea-hessen.de



Dipl.-Ing. Architekt Thomas Wilken

Technische Universität Braunschweig
Telefon 0531 391-3634, wilken@igs.tu-bs.de

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Hessischen Landesregierung herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlbewerberinnen und Wahlbewerbern, Wahlhelferinnen und Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Europa-, Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zu Gunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Die genannten Beschränkungen gelten unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Druckschrift dem Empfänger zugegangen ist. Den Parteien ist es jedoch gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird in der Regel auf eine geschlechtsspezifische Differenzierung von funktions- bzw. personenbezogenen Bezeichnungen, wie zum Beispiel Teilnehmer/innen, verzichtet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung für beide Geschlechter.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, Genauigkeit und Vollständigkeit der Informationen sowie für die Einhaltung der privaten Rechte Dritter. Die in der Veröffentlichung geäußerten Ansichten und Meinungen entsprechen nicht unbedingt denen des Herausgebers. Für die Richtigkeit der einzelnen Beiträge und die Nutzung der verwendeten Abbildungen sind die beteiligten Institutionen und Firmen verantwortlich.

HESSEN



Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Energie,
Verkehr und Wohnen

HESSEN



LANDES
ENERGIE
AGENTUR

In Zusammenarbeit mit:

AS+P



Dietz • Joppien
Planungsgesellschaft mbH



FH Bielefeld
University of
Applied Sciences



FRANKFURT
UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES



Für eine lebenswerte Zukunft



FACHZENTRUM
KLIMAWANDEL
UND ANPASSUNG



Region
der Zukunft

Landkreis
Darmstadt-Dieburg



Passivhaus
Institut



Technische
Universität
Braunschweig

siz energie+



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

e+gt

Fachgebiet Entwerfen
und Gebäudetechnologie

thermokon®

HOME OF SENSOR TECHNOLOGY

UNIKASSEL
VERSITÄT



wisag