

AUSWIRKUNGEN KLIMATISCHER VERÄNDERUNGEN AUF DIE ÜBERHITZUNG VON GEBÄUDEN

M. Vukadinovic¹, C. Kempkes² und A. Maas¹

¹Fachgebiet Bauphysik, Universität Kassel, Kassel, Deutschland

²Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH, Kassel, Deutschland

KURZFASSUNG

Vor dem Hintergrund klimatischer Veränderungen, verbunden mit steigenden Außenlufttemperaturen und länger anhaltenden Hitzeperioden, kommt dem sommerlichen Wärmeschutz von Gebäuden künftig ein noch höherer Stellenwert zu. Eine wesentliche Bedeutung zur realistischen Bewertung des thermischen Komforts im Sommer hat die ortsgenaue Erfassung meteorologischer Expositionen. Die durchgeführten Untersuchungen beschäftigen sich mit deutschlandweiten thermisch-dynamischen Simulationen und sich daraus ergebenden Auswirkungen auf das sommerliche Wärmeverhalten von Gebäuden im Klimawandel. Es werden die sich in einem definierten Prüfraum ergebenden Übertemperaturgradstunden (Gh26-Werte) für ein Jahr berechnet. Dabei werden verschiedene Verteilungen von Sommerklimaregionen in den unterschiedlichen Zeiträumen 1995-2012 (TRY 2015) und 2030-2060 (TRY 2045) betrachtet. Die Untersuchungen der TRY 2015 und TRY 2045 zeigen, dass bei Weiterentwicklungen der planerischen und normativen Anforderungen eine differenzierte Berücksichtigung der Klimaregionen erfolgen sollte.

ABSTRACT

Against the background of climatic changes, combined with rising outside air temperatures and prolonged hot spells, the summer thermal protection of buildings will become even more important in the future. The localised recording of meteorological exposures is of major importance for the realistic assessment of thermal comfort in summer. The conducted investigations deal with Germany-wide thermal-dynamic simulations and the resulting effects on the summer thermal behaviour of buildings in climate change. The overtemperature degree hours (Gh26-values) resulting in a defined test room are calculated for one year. Different distributions of summer climate regions in the different periods 1995-2012 (TRY 2015) and 2030-2060 (TRY 2045) are considered. The investigations of TRY 2015 and TRY 2045 show that a differentiated consideration of the climate regions should be made in further developments of the planning and normative requirements.

EINLEITUNG

In Deutschland ist in den Sommermonaten eine zunehmend steigende Hitzebelastung zu beobachten. Laut Deutschem Wetterdienst (DWD) war das Jahr 2018 das bisher wärmste in Deutschland beobachtete Jahr seit Beginn regelmäßiger Aufzeichnungen im Jahr 1881 (K. Friedrich und F. Kaspar 2019). In einigen Regionen Deutschlands führen extreme Wetterlagen zunehmend dazu, dass die als komfortabel empfundenen Raumlufttemperaturen (i. d. R. zwischen 22 °C und 25 °C (Petzold 1983)) über mehrere Wochen hinweg überschritten werden. Dies führt zu einer Verminderung der klimatischen Behaglichkeit im Innenraum und hat negative Auswirkungen auf die Luftqualität (Kommission Innenraumlufthygiene (Hg.) 2019) und die Leistungsfähigkeit der sich im Gebäude befindenden Personen (Hellwig et al. 2012; Fitzner 2013). Zusätzlich führen im Trend steigende Fensterflächenanteile von Gebäuden, gepaart mit hohem Wärmeschutz, zu sommerlichen Überhitzungen (Rouvel 2000). Daraus ergibt sich ein Handlungsbedarf, die Empfehlungen zur Vermeidung sommerlicher Überhitzung an die sich verändernden klimatischen Einflussgrößen anzupassen, sowohl im Neubau als auch im Bestandsbau. Für die öffentlich-rechtliche Bewertung des sommerlichen Wärmeschutzes wird in Deutschland die DIN 4108-2:2013-02 verwendet (Bundesregierung (Hg.) 2015). Anforderungswerte zur Vermeidung sommerlicher Überhitzung werden bundesweit nach drei verschiedenen Klimaregionen unterschieden. Dies ergibt eine einfache Form der Berücksichtigung meteorologischer Einflüsse. Auftretende Hitzeperioden sind jedoch regional sehr unterschiedlich. Daher ist es von besonderer Bedeutung, meteorologische Expositionen ortsgenau zu erfassen, um eine realistische Bewertung vornehmen zu können.

Es gibt verschiedene Faktoren, welche das Sommerklima im Inneren von Gebäuden beeinflussen. Planerische Möglichkeiten zur Anpassung klimatischer Verhältnisse sind der Fensterflächenanteil, die Orientierung der Fenster, die Energietransmission durch Fenster (g-Wert und F_c-Wert), die Möglichkeit zur Nachtlüftung, der

Wärmeschutz der Gebäudehülle und die Wärmespeicherfähigkeit der Baustoffe (Borsch-Laaks 2011; Kehl 2010). Die beiden letztgenannten Möglichkeiten sind bei zunehmend lang anhaltenden Hitzeperioden jedoch in geringerem Maße relevant. Nicht beeinflussbar sind mesoklimatische Standorte und damit die Sommerklimaregionen.

Die durch (Schlitzberger 2014) durchgeführten Untersuchungen haben sich mit der Weiterentwicklung der Nachweisverfahren zum sommerlichen Wärmeschutz gem. DIN 4108-02:2003-07 unter Berücksichtigung damals aktueller meteorologischer Veränderungen beschäftigt. Daraus ging unter anderm eine Novellierung zur aktuell gültigen DIN 4108-2 hervor, welche auch eine Überarbeitung der Sommerklimaregionen beinhaltet.

Im Jahr 2017 hat der Deutsche Wetterdienst (Deutscher Wetterdienst (Hg.) 2016) für das Bundesgebiet flächendeckend neue Testreferenzjahre TRY 2015 und TRY 2045 mit einer bis dahin nicht erreichten räumlichen, fein gegliederten Auflösung von 1km² veröffentlicht. Diese Klimadaten ermöglichen eine Bestimmung sommerlicher Übertemperaturen in Aufenthaltsräumen unter Berücksichtigung regional differenzierter klimatischer Expositionen. Mit den Klimadaten der TRY 2015 und TRY 2045 sind zum Teil signifikante Abweichungen hinsichtlich einer möglichen Einteilung von Sommerklimaregionen im Vergleich zur bisherigen Bewertung gem. DIN 4108-2:2013-02 zu erwarten.

METHODE UND SIMULATIONEN

Klimatologische Entwicklung am Standort Kassel

Eine 2006 (Hauser et al. 2006) veröffentlichte Untersuchung vergleicht für den innerstädtischen Standort Kassel zehn zwischen 1994 und 2003 messtechnisch gewonnene Datensätze mit dem damals aktuellen DWD TRY 2004 Nr. 7, welches einer Messstation am Stadtrand von Kassel zugeordnet ist. Die vom DWD in 2004 veröffentlichten TRY setzen sich aus meteorologischen Messdaten des Zeitraums 1961 bis 1990 zusammen.

Es stellt sich heraus, dass die innerstädtisch gewonnenen Datensätze bei den Temperaturwerten und bei der Dauer der Hitzeperioden weit über den Werten des extrem warmen Sommers DWD TRY Nr. 7 liegen. Dies ist zum einen auf den stadtklimatischen Effekt und zum andern auf Auswirkungen des Klimawandels zurückzuführen (Hauser et al. 2006). Testreferenzjahre des DWD sind mittelwerttreu erstellt worden, d. h. sie spiegeln annähernd die Mittelwerte des repräsentierten

Zeitraums wieder (Webs et al. 2004). In diesem Fall entspricht das etwa dem durchschnittlichen Klima um das Jahr 1975.

Mit den vom DWD 2017 veröffentlichten TRY sind erstmals stadtklimatologische Effekte und die Abhängigkeit von Lufttemperatur und Höhenlage direkt in den Datensätzen implementiert (Deutscher Wetterdienst (Hg.) 2017). Vorherige Betrachtungen der DWD TRY sind normativ ohne Stadtklimaeffekt und Höhenabhängigkeit ausgeführt. Laut DWD können Großstädte zeitweise 6 – 8 K wärmer als das Stadtumland sein. Im Jahresmittel sind Abweichungen von 0,5 – 2 K üblich (Deutscher Wetterdienst (Hg.) 2017).

Dementsprechend soll das ortsgenaue DWD TRY 2015 für einen innerstädtischen Standort in Kassel annähernd das Klima zwischen 1995 und 2012 widerspiegeln und dabei eine stadtklimatologische Bewertung beinhalten. Es lässt sich annehmen, dass mittlere Temperaturwerte und die Dauer von Hitzeperioden in guter Näherung mit gemessenen Werten aus diesem Zeitraum korrelieren.

Das ortsgenaue DWD TRY 2045 soll das zukünftige Klima vorhersagen. Mit fortschreitendem Klimawandel ist zu erwarten, dass mittlere Temperaturwerte und die Dauer von Hitzeperioden in diesen TRY oberhalb aktuell gemessener Werte für einen innerstädtischen Standort liegen. Besonders dann, wenn man extreme Sommer TRY vergleicht. Um dies zu untersuchen, sind in Abbildung 1 auf das Außenklima (!) bezogene Übertemperaturgradstunden über 26 °C (Gh26-Werte), die Mittelwerte der Jahres- und Sommer Außentemperaturen für den Zeitraum 1995 bis 2012 und das für diesen Zeitraum repräsentative, drittwärmste Jahr 1997 sowie das Jahr 2018 dargestellt (die mit „Messung“ bezeichneten Säulengruppen). Ebenso aufgeführt sind Daten und Auswertungen der Testreferenzjahre für die Zeiträume 1988 bis 2007 (TRY 2011), 1995 bis 2012 (TRY 2015) und 2030 bis 2060 (TRY 2045).

Bezüglich der Angaben der Testreferenzjahre ist zu berücksichtigen, dass die Daten des TRY 2011 aus den Messdaten einer Station am Stadtrand generiert wurden. Die Werte für die TRY 2015 hingegen repräsentieren „ortsgenau“ den Standort der Universität Kassel und sind damit direkt mit den zuvor genannten Messungen vergleichbar.

Die Messdaten stammen von der Universität Kassel. Die Jahre 2011 bis 2016 und fehlende Werte aufgrund stunden- bis tageweiser Messausfälle wurden mittels Datenbanken vom HLUNG und dem Fraunhofer IWES ergänzt.

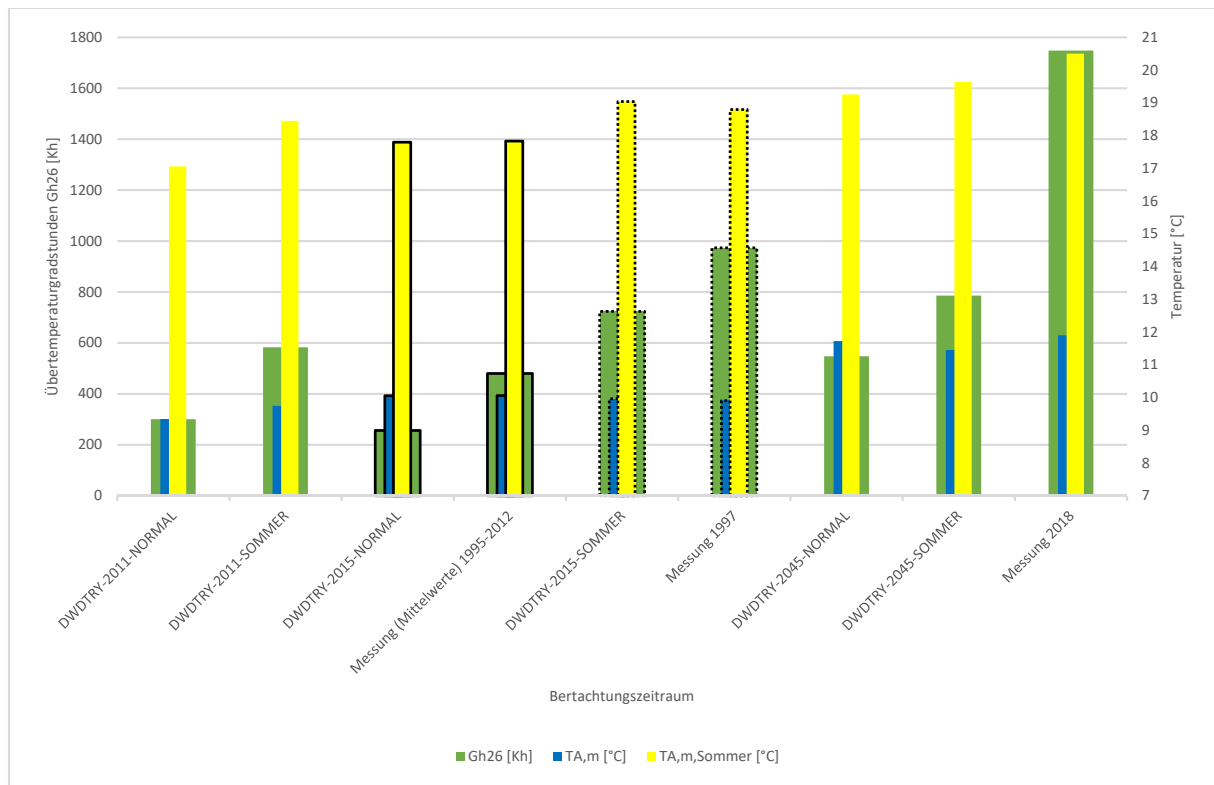


Abbildung 1: Klimata der DWD TRY und Messungen für Kassel Stadtmitte im Vergleich – Übertemperaturgradstunden über 26 °C Außenklima

Wie Abbildung 1 zeigt, ist im Messzeitraum 1995 bis 2012 eine gute Übereinstimmung der Mittelwerte der gemessenen Temperaturen mit den Daten des TRY 2015 Normaljahrs für den gleichen Standort zu erkennen (schwarze durchgezogene Rahmen). Dies gilt sowohl für die über den Messzeitraum gemittelten Jahres-Mitteltemperaturen (blaue Säule – jeweils ca. 10 °C) als auch für die über den Messzeitraum gemittelten Sommer-Mitteltemperaturen (gelbe Säule – jeweils ca. 18 °C). Allerdings ist bei den auf das Außenklima bezogenen Übertemperaturgradstunden über 26 °C (grüne Säule) eine deutliche Abweichung zu sehen. Für das TRY 2015 Normaljahr am Standort der Universität Kassel ergeben sich 256 Kh über 26 °C. Der Mittelwert der Gh26-Werte aus den Messungen für den gleichen Standort beträgt 480 Kh und ist damit in etwa doppelt so groß. Folglich sind am innerstädtischen Standort Kassel exemplarisch längere Hitzeperioden bzw. zeitweise größere Außentemperaturen aufgetreten als mit den DWD TRY zu erwarten sind. Auf Basis von Messwerten bestimmte Übertemperaturgradstunden in den jeweils repräsentativen wärmsten Jahren (schwarze gestrichelte Rahmen) der betrachteten Zeiträume liegen zusammen mit einer Messung aus dem Jahr 2018 sogar deutlich oberhalb der TRY Werte eines extrem warmen Sommers für das Jahr 2045.

Die besonders hohen Abweichungen werfen die grundsätzliche Frage auf, welche der DWD TRY im Jahr 2020 und für die nähere Zukunft zu einer

realistischen Bewertung von Raumüberhitzungen herangezogen werden können.

Deutschlandweite Simulationen eines Modellraums mit den normal TRY 2011, 2015 und 2045

Das thermische Verhalten und der Energiebedarf für Heizen resp. Kühlen des Modellraums wird mittels thermisch-dynamischer Simulationsrechnung aufgrund der sehr guten Stapelverarbeitbarkeit mit dem Programm HAUSER ermittelt. Dieses ist erstmalig in (Hauser 1977; Hauser 1978) beschrieben und dokumentiert. Das Programm ist im Fortranquellcode geschrieben, somit besteht auf einfache Weise die Möglichkeit, Ausgabedateien in beliebiger Formatierung für die Weiterverarbeitung zu generieren. Das Compilat weist bei extrem geringen Systemressourcen eine sehr gute Rechenperformance auf. Die Eingabe der Randbedingungen und die Auswertung erfolgt in Stundenwerten (8760 Werte für das Jahr), der eigentliche Berechnungszeitschritt liegt mindestens eine Größenordnung darunter, d. h. standardmäßig bei 6 Minuten. In jedem Zeitschritt werden die Temperaturverläufe sämtlicher Bauteile unter den momentanen Randbedingungen durch numerisches Lösen der eindimensionalen Fourier Wärmeleitungsgleichung mit Hilfe eines Finite-Differenzen-Verfahrens nach Crank-Nicolson bestimmt und für die jeweilige Gebäudezone die Bilanz aus Wärmegewinnen (solare und interne Wärmeeinträge) und Wärmeverlusten (Transmission

und Lüftung) gebildet. Das im Rechenmodell gewählte numerische Lösungsverfahren mit bekanntem Stabilitätskriterium liefert für baupraktisch übliche Bauteilkonstruktionen ab der Zeitschrittweite von 6 Minuten regelmäßig stabile Lösungen. Nur in Ausnahmefällen – d.h. Wärmequellen oder -senken auf extrem leichten Bauteilschichten mit geringer Wärmeleitfähigkeit – tritt die für das Crank-Nicolson-Verfahren bekannte Oszillation auf, was in den meisten Fällen durch eine Reduktion des Berechnungsschrittes bei entsprechender Erhöhung der Rechenzeit kompensiert werden kann. Eine Validation des zugrunde gelegten Rechenmodells erfolgte u. a. im Rahmen der Mitarbeit in den einschlägigen Normungsgremien zu den internationalen Normen DIN EN ISO 13790-13792, die neben einer Überprüfung des Gesamtmodells auch Testfälle zu den einzelnen Phänomenen Wärmeleitung, Wärmespeicherung und -strahlung beinhalten.

Die durchgeführte Untersuchung beschäftigt sich mit sommerlichen Überhitzungen eines definierten Prüfraumes unter Zugrundelegung der DWD TRY 2015 und TRY 2045. Das Kernelement bildet eine relativ zueinander betrachtete Analyse und anschließende Bewertungen von Raumüberhitzungen mittels der flächendeckend vorliegenden Klimadaten für das Bundesgebiet im 1 km² Raster. Dabei werden Differenzen identifiziert, welche sich im Vergleich zur bisherigen Annahme eines Referenzklimas gemäß Sommerklimaregion ergeben. Neben einem Datensatz für mittlere TRY beinhaltet die Veröffentlichung des DWD auch extreme Sommer und Winter TRY. Die Untersuchungen werden hier ausschließlich mit den mittleren TRY durchgeführt. Ergebnisgrößen sind im Sinne einer Raumantwort auf Überhitzungen (Schlitzberger 2014) Übertemperaturgradstunden über 26 °C, diesmal aber – gegenüber den Auswertungen zu Abbildung 1 – wie üblich bezogen auf die operative Raumtemperatur (DIN 4108-2:2013-02).

Die Identifikation der Raumüberhitzungen erfolgt in einem Modellraum in Anlehnung an DIN EN ISO 13792:2012-08 (Abbildung 2). Die Wahl der Raumgeometrie ist für die hier vorliegende relative (!) Untersuchung klimatischer Randbedingungen zunächst nicht relevant. Der Raum wurde bewusst mit einem horizontalen Dachfenster gerechnet, um klimatische Auswirkungen, insbesondere der Globalstrahlung, orientierungsunabhängig zu bewerten und das sogenannte „Ost-West-Problem“ auszuschließen (Lam und Hiller 2014).

Die Fensterfläche beträgt 5,04 m², so dass sich ein grundflächenbezogener Fensterflächenanteil von 25 % ergibt. Die Simulationsrandbedingungen sind gemäß DIN 4108-02:2013-02 gewählt. Dabei wird ein Wohngebäude mit erhöhter Nachtlüftung ($n = 2 \text{ h}^{-1}$), einem g-Wert von 0,6 und einem variablen Sonnenschutz mit einem F_c-Wert von 0,75 betrachtet. Die Steuerung des Sonnenschutzes erfolgt analog zu den Randbedingungen der Norm. Das Wärmeschutz-

niveau der Außenbauteile entspricht der EnEV 2014 (Bundesregierung (Hg.) 2015). Die Speichermasse der Innen- und Außenbauteile ist so gewählt, dass sich für die betrachtete Gebäudezone eine mittelschwere Bauart ergibt.

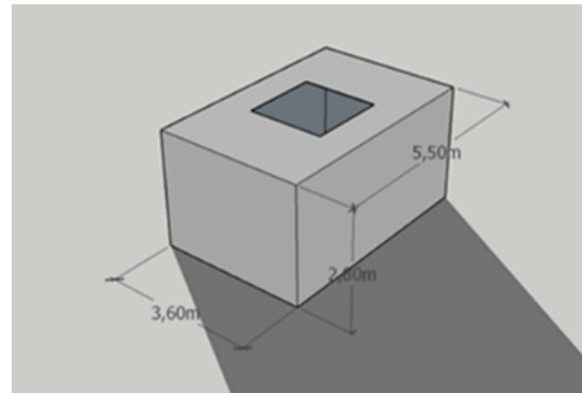


Abbildung 2: Raummodell in Anlehnung an DIN EN ISO 13792:2012-08

Für alle vom DWD für das Bundesgebiet bereitgestellten 333.313 TRY-Datensätze werden jeweils für 2015 als auch für 2045 die Gh26-Werte berechnet. Um einen Vergleich zwischen unterschiedlichen Klimadatensätzen anstellen zu können, ist die Anwendung eines einheitlichen Kriteriums zur Festlegung von Sommerklimaregionen sinnvoll.

Daher werden die Ergebnisse zunächst deskriptiv statistisch untersucht, um ein Bewertungs- und Unterscheidungskriterium für Sommerklimaregionen zu bilden. Erwartungsgemäß ergibt sich eine große Bandbreite an Gh26-Werten für Deutschland, die sich wie in den in Abbildung 3 dargestellten Histogrammen verteilt. Die Ergebnisse wurden zunächst mit Unterscheidung zwischen verschiedenen Gh26-Quantilwerten verglichen. Die Häufigkeitsverteilung der Ergebnisse weist eine auffallende Nähe zur Normalverteilung auf. Als ein mögliches Unterscheidungskriterium für Sommerklimaregionen bieten sich die Standardabweichungen der ermittelten Grundgesamtheiten an.

Im Ergebnis zeigt sich bei einer Unterscheidung der Ergebnisse mittels Standardabweichung in drei Klimaregionen die höchste Annäherung in Anlehnung an die Sommerklimaregionen der DIN 4108-02:2013-02. Um einen Bezug zur bestehenden Bewertung der Sommerklimaregionen gemäß Norm herstellen zu können, wurde dieses Unterscheidungskriterium mittels Standardabweichung in drei Klimaregionen gewählt. Die sich somit ergebenden Verteilungen und Ergebnisse sind in den Abbildungen 3 und 4 dargestellt.

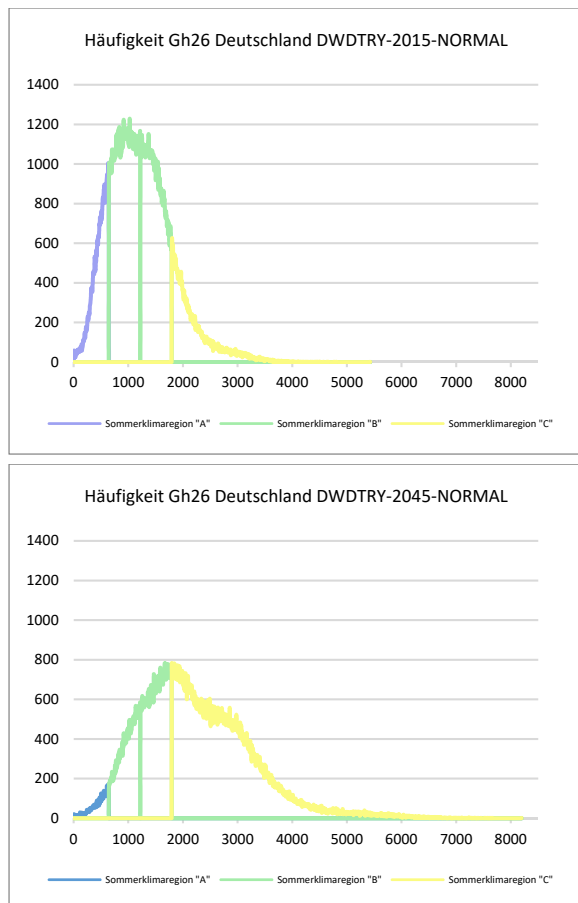


Abbildung 3: Häufigkeitsverteilungen Gh26-Werte in Deutschland für mittlere TRY 2015 (oben) und 2045 (unten)

Für weitere Unterscheidungen wird ausschließlich die Datenbasis der TRY 2015 mit dem Mittelwert der Ergebnisse von 1219 Kh, der Standardabweichung von 574 Kh, dem Minimalwert von 0 Kh und dem Maximalwert von 5424 Kh gewählt. A (kühl) zwischen 0 und 645 Kh, B zwischen 645 und 1793 Kh (Sigmaumgebung) und C (warm) bei Werten über 1793 Kh.

Die Farbgebung der dargestellten Bereiche in Abbildung 3 und 4 ist analog zur DIN 4108-02:2013-02 nach zuvor genannten Kriterien gewählt: Blau Region A, Grün B und Gelb C (von kühler nach wärmer).

In Abbildung 4 ist oben die Aufteilung der Ergebnisse für das TRY 2015 zu sehen. Unten sind die Ergebnisse für die Berechnungen mit dem TRY 2045 und der Standardabweichung aus den 2015er Daten dargestellt.

Es ist zu erkennen, dass mit fortschreitendem Klimawandel, welcher in den TRY 2045 bereits berücksichtigt ist, warme Klimaregionen C deutlich an Fläche zunehmen und dass kühle Klimaregionen A nur noch vereinzelt in Höhenlagen, wie beispielsweise dem Alpenvorland auftreten.

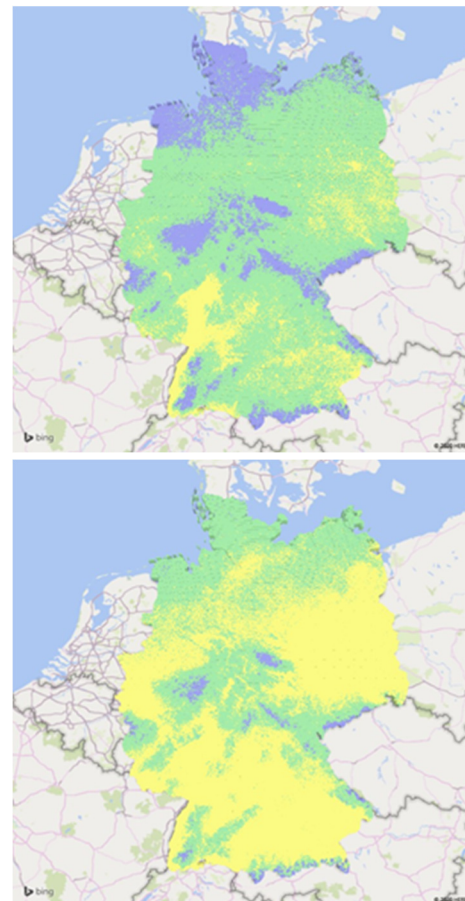


Abbildung 4: Ergebnisse der TRY 2015 (oben) und 2045 (unten) Simulationen mit Aufteilung der Gh26-Werte über die Standardabweichung der Grundgesamtheit TRY 2015

Bei näherer Betrachtung der Abbildung 4 oben ergibt sich z. B. für Berlin, vor allem für die Region um das Stadtzentrum, überwiegend ein wärmeres Klima in Region C. Nach Klimakarte der DIN 4108-02:2013-02 ist die Stadt der Region B zugeordnet. An dieser Stelle zeigen sich stadtklimatische Erkenntnisse, die aus der Anwendung der ortsgenauen Klimadaten resultieren.

FAZIT UND AUSBLICK

Vor dem Hintergrund einer zu beobachtenden globalen Klimaveränderung werden die Herausforderungen der Temperaturbegrenzungen in Gebäuden künftig noch anspruchsvoller. Grundsätzlich ergeben sich für die verschiedenen Testreferenzjahre unterschiedliche Situationen. Bei einer Betrachtung der TRY 2015 stellt sich die Situation näherungsweise unverändert im Vergleich zur bisherigen Bewertung in der Nachweisführung mit den TRY 2011 dar. Hingegen ist bei einer zukünftigen Bewertung mit den TRY 2045 ein deutlicher Temperaturanstieg zu erwarten. Insbesondere im urbanen Raum werden sommerklimatische Einflüsse durch Siedlungsstrukturen verstärkt und dort sind, bedingt durch eine hohe Stadtbevölkerung, besonders viele Menschen von den negativen Folgen des Klimawandels betroffen.

Es ergibt sich die grundsätzliche Frage, ob eine Bewertung gemäß bisheriger Vorgehensweise – also die Verwendung von Klimadaten aus der Vergangenheit – oder für die Zukunft prognostizierter Klimadaten sinnvoll ist. Nicht zuletzt die Tatsache, dass einzelne gemessene Klimadaten (hier dargestellt Kassel 1997 und 2018) sogar höhere Übertemperaturgradstunden der Außenlufttemperaturen aufweisen als der extreme Sommer des prognostizierten Testreferenzjahres 2045, werfen Fragen nach geeigneten Randbedingungen und Anforderungen sowie einem geeigneten Maßstab zur Bewertung sommerlicher Raum- und Gebäudeüberhitzung auf.

Bei Neubauvorhaben sollten bereits jetzt die ortsgenauen Testreferenzjahre 2015 zur Anwendung kommen – insbesondere um die Effekte des Stadtklimas zu berücksichtigen. Darüber hinaus sollten zumindest in einer Beratungsvariante die Effekte des Klimawandels durch Verwendung der Zukunfts-TRY-Daten aufgezeigt werden. Beim Nachrüsten von Verschattungseinrichtungen und weiteren Maßnahmen zur Begrenzung von Übertemperaturen bei Bestandsgebäuden sollten möglichst die normativen Anforderungen (für Neubauten) berücksichtigt werden – auch wenn die praktische Ausführung oftmals mit einem hohen Aufwand verbunden ist.

Die durchgeführten Untersuchungen stellen deutschlandweit zunächst einen relativen Unterschied im Klimawandel dar. Zur baulichen Bewertung von zukünftigen Überhitzungen sind weitere, realistischere Raumkonfigurationen zu untersuchen.

Für weitere Standorte sind Temperaturmessreihen mit den Daten des DWD abzugleichen, um zu prüfen, wie sich in anderen Regionen die klimatischen Situationen im Vergleich zu den DWD TRY ergeben.

Darüber hinaus sind weiterführende Fragestellungen an den thermischen Komfort im Sommer zu beantworten. Um ohne gravierende bauliche Veränderungen ein heute übliches Komfortniveau auch zukünftig einhalten zu können, werden voraussichtlich deutlich häufiger als heute Maßnahmen zur Kühlung sowohl bei Nichtwohngebäuden als auch bei Wohngebäuden erforderlich sein.

ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Beitrag werden die Auswirkungen von klimatologischen Veränderungen auf Gebäude mit Anwendung der DWD Testreferenzjahre 2015 und 2045 analysiert. Zunächst werden klimatologische Messdaten am Standort Kassel mit den DWD TRY verglichen und beurteilt. Anknüpfend werden thermisch-dynamische Simulationen mit den neuen

TRY durchgeführt. Erstmals werden Klimadaten mit einer räumlichen Auflösung von 1 km² mit entsprechendem Rechenaufwand im Rahmen von über 600.000 Jahressimulationen verwendet. Im Ergebnis werden relative Differenzen der Betrachtungszeiträume dargestellt und miteinander verglichen.

Die Untersuchungen bilden eine Grundlage für weitergehende Analysen von Klimadaten und deren Verwendung bei der Planung des sommerlichen Wärmeschutzes von Gebäuden.

DANKSAGUNGEN

Wir danken dem Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie und dem Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik für die Bereitstellung der zur Vervollständigung genutzten externen Klimadaten.

LITERATUR

- Borsch-Laaks (2011): Sommerkomfort planen: Nachweis nach dem Passivhaus-Projektierungspaket. Hg. v. 4. Europäischer Kongress für energieeffizientes Bauen mit Holz.
- Bundesregierung (Hg.) (2015): Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV). Energieeinsparverordnung vom 24. Juli 2007 (BGBl. I S. 1519), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 24. Oktober 2015 (BGBl. I S. 1789) geändert worden ist.
- Deutscher Wetterdienst (Hg.) (2016): Projektbericht. Ortsgenaue Testreferenzjahre von Deutschland für mittlere und extreme Witterungsverhältnisse.
- Deutscher Wetterdienst (Hg.) (2017): Handbuch. Ortsgenaue Testreferenzjahre von Deutschland für mittlere und extreme Witterungsverhältnisse.
- DIN 4108-2 2003-07 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden.
- DIN 4108-2 2013-02 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden.
- DIN EN ISO 13790 2008-09 Energieeffizienz von Gebäuden – Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung (ISO 13790:2008); Deutsche Fassung EN ISO 13790:2008.
- DIN EN ISO 13791 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik – Allgemeine Kriterien und Validierungsverfahren (ISO 13791:2012); Deutsche Fassung EN ISO 13791:2012.

- DIN EN ISO 13792 2012-08 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung von sommerlichen Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik – Vereinfachtes Berechnungsverfahren (ISO 13792:2012); Deutsche Fassung EN ISO 13792:2012 Deutsche Fassung EN ISO 13792:2012.
- Fitzner (2013): Leistungsfähigkeit bei unterschiedlichen Raumtemperaturen. Diskussionsbeitrag zur HESO-Studie (Projekt F 2039). In: KI Kälte · Luft · Klimatechnik (05-2013), S. 20–26.
- Hauser; Kempkes; Schlitzberger (2006): Vergleichende Untersuchungen von Standard-Klimadatensätzen (Testreferenzjahren) mit gemessenen Langzeit-Klimadatensätzen für den Standort Kassel. In: Bauphysik 28 (4), S. 221–232.
- Hauser, G. (1977): Rechnerische Vorherbestimmung des Wärmeverhaltens großer Bauten. Dissertation. Hg. v. Universität Stuttgart.
- Hauser, Gerd (1978): Method for calculating of thermal behaviour of buildings. Proceedings ICHMT-Seminar. Hg. v. Hemisphere Publishing Comp. Washington.
- Hellwig; Nöske; Brasche; Gebhardt; Levchuk; Bischof (2012): Bericht "Hitzebeanspruchung und Leistungsfähigkeit in Büroräumen bei erhöhten Außentemperaturen". Projekt F 2039.
- K. Friedrich; F. Kaspar (2019): Rückblick auf das Jahr 2018. Deutscher Wetterdienst Abteilung Klimaüberwachung.
- Kehl (2010): Sommerliches Komfortklima. Plan- und nachweisbar?! Hg. v. Holzbautag Biel.
- Kommission Innenraumlufthygiene (Hg.) (2019): Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Luftqualität in Innenräumen. Stellungnahme der Kommission Innenraumlufthygiene (IRK) am Umweltbundesamt. Bekanntmachung des Umweltbundesamtes. In: Bundesgesundheitsblatt (62), S. 232–234. DOI: 10.1007/s00103-018-2870-4.
- Lam; Hiller (Hg.) (2014): Schwierigkeiten bei der Verwendung der TRY Daten 2011 für Deutschland in der thermischen Simulation. BauSIM. Aachen.
- Petzold (1983): Raumlufthtemperatur. 2., stark bearb. Aufl.
- Rouvel (2000): Sommerlicher Waermeschutz. In: Bauphysik 22 (5), S. 321–324.
- Schlitzberger (2014): Anpassung und Entwicklung von Planungswerkzeugen für den sommerlichen Mindestwärmeschutz und zur Komfortbewertung des Sommerfalls. Kassel.
- Webs; Deuschländer; Christoffer (2004): Klimastatusbericht 2004. Testreferenzjahre von Deutschland für mittlere und extreme Witterungsverhältnisse TRY, S. 199–204.