



PROBLEME BEI DER ANWENDUNG DER ORTSGENAUEM TESTREFERENZJAHRE FÜR DIE PLANUNG ZUKUNFTSFÄHIGER GEBÄUDE

Bianca Hettinger¹, Marion Hiller²

¹ Transsolar Energietechnik GmbH, Stuttgart, Deutschland, E-Mail: hettinger@transsolar.com

² Transsolar Energietechnik GmbH, Stuttgart, Deutschland, E-Mail: hiller@transsolar.com

Kurzfassung

Als Datenbasis für die Evaluierung von Gebäudekonzepten für Deutschland stehen ortsgenau Testreferenzjahre (TRY) für ein normales, ein sommer- bzw. winter-orientiert extremes Jahr für die Gegenwart (TRY2015) und die Zukunft (TRY2045) zur Verfügung. Obwohl die Erstellung der Testreferenzjahre für die Simulationen und Berechnungen im gebäudetechnischen Bereich erfolgt, zeigt dieser Beitrag, dass die zukünftigen Extremdaten (TRY2045s), welche als die wärmsten zu erwarten sind, diese Extremität für die untersuchten Innenstädte nicht darstellen. Zur Abschätzung der zu erwartenden sommerlichen Extremität eines Datensatzes haben sich die verwendeten Kennwerte als aussagekräftige Indikatoren erwiesen. Die widersprüchlichen Ergebnisse der Studie stellen die Anwendung der sommer-fokussierten Extremjahre TRY2045s als Grundlage für eine realistische Abschätzung des thermischen Verhaltens von Gebäuden in der Zukunft in Frage.

Abstract

Test reference years (TRY) for a normal, a summer- or winter-oriented extreme year for the present (2015) and the future (2045) are available as a data basis for the evaluation of building concepts for Germany. Although the generation of the test reference years for the simulations and calculations was done in the building engineering domain, this paper shows that the future extreme data (TRY 2045s), which are expected to be the warmest, do not represent this extremity for the studied inner cities. In order to estimate the expected summer extremity of a data set, the used parameters have proven to be meaningful indicators. The contradictory results of the study question the application of the summer-focused extreme years TRY2045s as a basis for a realistic estimation of the thermal behavior of buildings in the future.

Einleitung

Als Datenbasis für die Evaluierung von Gebäudekonzepten für Deutschland stehen ortsgenau

Testreferenzjahre (TRY) mit stündlichen Daten für ein normales, ein sommer-orientiertes und ein winter-orientiertes extremes Jahr für die Gegenwart (TRY2015) und die Zukunft (TRY2045) zur Verfügung.

Die Klimaentwicklung für Deutschland zeigt einen Anstieg der Tagesmitteltemperaturen und der warmen Temperaturextreme (Knote et al., 2010) auf. Letztere nimmt nicht nur in ihrem Wert, sondern auch in der Auftrittswahrscheinlichkeit zu. Außerdem ist bis 2100 eine erhöhte Anzahl an tropischen Nächten zu erwarten (Fischer und Schär, 2010). Gleichzeitig nehmen die kalten Temperaturextreme ab. Auch wenn sich diese Untersuchungen auf das Jahr 2100 beziehen, sind die Entwicklungstrends auch für das angesetzte TRY-Jahr 2045 dieselben. Entsprechend kann bei einer Kennwertanalyse von einer Erhöhung aller Mittelwerte und einem Anstieg der sommerlichen bzw. einem Rückgang der winterlichen Kennwerte gerechnet werden. Insbesondere sollte die Anzahl der Tropischen Nächte steigen und die maximale Dauer der Hitzeperioden zunehmen.

Wie Vukadinovic et al 2020 für den Standort Kassel feststellten, zeigt sich bei der projektbezogenen Anwendung der TRY Wetterdaten, dass insbesondere die zukünftigen sommer-fokussierten Extremjahre TRY2045s die zu erwartende Klimaentwicklung für Innenstadtlagen nicht ausreichend abbilden, obwohl die Erstellung der Testreferenzjahre für Simulationen und Berechnungen im gebäudetechnischen Bereich erfolgte. Dies ist besonders schwerwiegend, da gerade das sommer-fokussierte Extremjahr TRY2045s in der Praxis oft als Extremtest mit der Erwartung herangezogen wird, dass hier die höchste Überhitzungsgefahr besteht.

In diesem Beitrag werden ortsgenaue TRY-Datensätze für vier Städte in Deutschland (München, Stuttgart, Köln und Berlin) hinsichtlich der zu erwartenden klimatischen Veränderungen bzgl. sommerlicher Temperaturwerte und Hitzeperioden und der daraus resultierenden Überhitzungssituation näher untersucht.

Grundlagen

Testreferenzjahre (TRY) für Deutschland

Die Testreferenzjahre (TRY) sind vom Deutschen Wetterdienst (DWD) speziell zusammengestellte Wetterdatensätze für Deutschland. Erstmals 1985 veröffentlicht, wurden sie immer wieder überarbeitet und zuletzt 2017 neu zur Verfügung gestellt (DWD, 2017). Diese Testreferenzjahre bieten erstmals eine hohe räumliche Auflösung (für jeden km² in Deutschland) und beinhalten sowohl die Höhenabhängigkeit als auch den Stadtklimaeffekt (UHI – Urban Heat Island effect). Die maßgebliche Größe zur Bestimmung des sich maximal einstellenden UHI- Effektes ist die Dichte der Stadt, die in den neuen Datensätzen mithilfe von Landnutzungsdaten ermittelt wird (DWD, 2017). Für jeden Standort sind stündliche Daten für ein normales, ein sommer-orientiertes und ein winter-orientiertes extremes Jahr für die Gegenwart (TRY2015) und die Zukunft (TRY2045) verfügbar.

Das gegenwärtige Normaljahr (TRY2015y) ist eine standortspezifische Zusammenstellung aus individuellen Witterungsabschnitten der Jahre 1995-2012. Die Auswahl der Abschnitte erfolgt mithilfe eines Kriterienkatalogs. Im Gegensatz zu den Normaljahren sind die gegenwärtigen Extremjahre nicht aus Segmenten verschiedener Jahre zusammengesetzt, sondern sind reale Daten eines Jahres. Als Grundlage zur Ermittlung der Extremjahre der Gegenwart dient eine Sortierung der Jahre 1995-2012 nach ihrer Extremität der fokussierten Halbjahre. Ausgewählt als extremes sommer-fokussiertes Jahr (TRY2015s) wurde das reale Jahr, welches über die drittwärmsten Sommermonate (April- September) für den spezifischen Standort verfügt (DWD, 2017).

Die Basis der zukünftigen Wetterdatensätze sind Simulationen von Klimamodellen für die Jahre 2031-2060. Die Daten aus den Klimamodellen können jedoch nicht direkt verwendet werden, da diese nur Tagesmittelwerte berechnen und die TRY- Datensätze stündliche Angaben liefern sollen. Darum sind alle Zukunftswetterdaten aus Witterungsperioden der Jahre 1995- 2012 zusammengesetzt. Die Auswahl der Zeitabschnitte für das zukünftige Normaljahr (TRY2045y) soll die, durch die Klimamodelle

ermittelte, zukünftige mittlere und gestreute Lufttemperatur wiedergeben. Die Globalstrahlung ist trotz ihres hohen Einflusses auf die Innentemperatur eines Gebäudes nicht Teil des Kriterienkatalogs, da „regionale Klimamodelle keine zuverlässigen Aussagen bezüglich der zukünftigen Änderung der kurzwelligen Strahlungsparameter zulassen.“ (DWD, 2017). Für die Ermittlung zukünftiger extremer Wetterdatensätze fand zunächst eine Sortierung der Simulationsergebnisse statt. Von den sieben wärmsten Sommerhalbjahren wurden sowohl von der Tagesmitteltemperatur wie auch von der Streuung die mittlere Abweichung zum Kontrollzeitraum (1971-2000) ermittelt und auf dessen mittleren Jahresgang addiert. Auf diese Weise entstehen zukünftige extreme Temperaturjahresgänge, welche wiederum mit realen Witterungsabschnitten abgebildet werden.

Kennwerte

Zum Vergleich der verschiedenen Wetterdatensätze eines Standortes hinsichtlich sommerlicher Temperaturwerte und Hitzeperioden werden Kennwerte verwendet, welche das Climate Service Center Germany (GERICS) in dessen Klimaausblick auf Bundesland- und Landkreisebene definiert hat (Pfeifer et al, 2021). Die Definition der Kennwerte ist in Tabelle 1 dargestellt. Sie basieren im Wesentlichen auf Anzahlen an Tagen, an welchen bestimmte Temperaturgrenzen über- oder nicht unterschritten werden. So sind „Sommertage“, „heiße Tage“ und „tropische Nächte“ definiert. Zusätzlich wird die maximale Dauer von Hitzeperioden betrachtet.

Für die Bewertung der resultierenden sommerlichen Behaglichkeit in einem Referenzraum wird der Kennwert der Übertemperaturgradstunden verwendet. Nach DIN 4108-2:2013-02 stellen die Übertemperaturgradstunden eine gewichtete jährliche Überschreitung eines Bezugswertes der operativen Innenraumtemperatur dar. Der dort zugrundegelegte Bezugswert der operativen Innenraumtemperatur beträgt 25 °C für die Sommerklima-Region A, 26 °C für Region B und 27 °C für Region C. Im Gegensatz zur DIN 4801-2 werden zur Ermittlung jedoch nicht die in der Norm vorgegebenen Wetterdaten verwendet, sondern die 2017 veröffentlichten ortsgenauen TRY.

Tabelle 1: Übersicht der sommerlichen Kennwerte nach Pfeifer et al. 2021

KENNWERT	DEFINITION
Sommertage	Anzahl an Tagen pro Jahr mit max. Temperatur > 25 °C
Heisse Tage	Anzahl an Tagen pro Jahr mit max. Temperatur > 30 °C.
Tropische Nächte	Anzahl Nächten pro Jahr mit min. Temperatur > 20 °C
max. Dauer Hitzeperioden	Maximale Andauer in Tagen von Perioden „Heisser Tage“
Sommermitteltemperatur	Mittelwert der Lufttemperatur von Juni bis- Augst auf Basis der Tagesmittelwerte

Methode und Simulation

Zur Untersuchung inwieweit die ortsgenauen TRY2045 den fortschreitenden Klimawandel mit höheren sommerlichen Temperaturen und längeren Hitzeperioden abbilden, werden exemplarisch für vier Standorte die Kennwerte ermittelt und verglichen.

Als Standorte werden die Innenstadtlagen von München, Stuttgart, Köln und Berlin betrachtet. (siehe Tabelle 2). München liegt im südwestlichen Deutschland und gehört zur Sommerklimaregion B (DIN 4108-2, 2013). Es ist die deutsche Stadt mit der höchsten Bevölkerungsdichte. Das Stadtgebiet zeichnet sich durch eine flache Topografie aus. Im Gegensatz dazu liegt das Zentrum des südostdeutschen Stuttgarts in einem Talkessel mit teils über 300 m Höhenunterschied zu den Stadtrandgebieten. Des weiteren wurde Köln als größte Stadt Nordrhein-Westfalens in die Auswahl integriert. Köln gehört wie Stuttgart zur Sommerklimaregion C, liegt jedoch wesentlich weiter nördlich bzw. westlich. Berlin ist die deutsche Stadt mit der größten Fläche und Einwohnerzahl. Weiter nördlich und östlich als München gelegen, zählen dennoch beide Städte zur Sommerklimaregion B.

Tabelle 2: Übersicht der betrachteten Standorte

STANDORT	LATITUDE	LONGITUDE
MÜNCHEN	N48.1302°	E11.6007°
STUTT GART	N48.7622°	E9.1624°
BERLIN	N52.5242°	E13.4099°
KÖLN	N50.9412°	E6.9566°

Im zweiten Teil werden die Auswirkungen der Anwendung der ortsgenauen Testreferenzjahre auf das sommerliche thermische Verhalten eines Referenzraumes anhand des Kennwertes der Übertemperaturgradstunden untersucht und mit den Erkenntnissen der vorausgehenden kennwertbasierten Analyse der Datensätze verglichen.

Sommerliche Kennwerte der ortsgenauen TRY

In Abbildung 1 sind für die gewählten Standorte die sommerlichen Kennwerte für die ortsgenauen normal- und sommer-orientiert extremen TRY der Gegenwart und Zukunft dargestellt. Sofern verfügbar sind neben den TRY Messdaten des DWD für das heiße Jahr 2003 aufgeführt. Diese Auswahl ist durch den 4. IPCC Bericht (IPCC, 2007) begründet, welcher dieses extreme Jahr als „Fallbeispiel für kommende Sommer“ bezeichnete.

Werden die Werte der verschiedenen Standorte für den Kennwert **Sommertage** verglichen, so fällt auf, dass nicht wie erwartet das sommer-orientierte extreme TRY 2045s die höchsten Werte aufweist, sondern das Normaljahr TRY2045y. Dieser

unerwartete Trend ist für alle Standorte erkennbar. Die Differenz des TRY2045s bezogen auf TRY2045y ist für den Standort München mit knapp 25 % maximal. Das Normaljahr TRY2045y verfügt tendenziell auch über mehr Sommertage als das TRY2015s. Betrachtet man das Normaljahr TRY2015y im Vergleich zum sommer-orientiert extremen TRY2015s, so ist eine deutliche Zunahme zu erkennen. Dies entspricht den Erwartungen, da die Normaldatensätze die Mittelwerte und die Extremdatensätze das drittwärmste Jahr des Kontrollzeitraums abbilden. Die Messdaten des heißen Jahres 2003 zeigen für Stuttgart den höchsten Wert mit 95 Tagen auf und sind um 57 % höher als für das TRY2015s bzw. TRY2045s.

Auch für den Kennwert der **heißen Tage** zeigt sich der erwartete Unterschied zwischen den zukünftigen Datensätzen (TRY2045y und 2045s) nicht. Im Vergleich zwischen den Standorten ist hier wiederum der Unterschied bezogen auf den Wert des TRY2045y mit 30 % für den Standort München am größten, die anderen Standorte verzeichnen teilweise leichte Anstiege, jedoch nur in zu vernachlässigendem Maß. Ein erwarteter, zukünftiger Anstieg der Temperaturextreme (Knote et al., 2010) lässt sich für diesen Kennwert nur im Vergleich der Normaljahre (TRY2015y und TRY2045y), nicht aber der Extremjahre (TRY2015s und TRY2045s) erkennen. Im geringsten Fall von Berlin stagniert der Wert; für Köln beträgt der Rückgang zwischen dem TRY2015s und TRY2045s 42 %. Dabei ist zu beachten, dass lediglich die Messdaten Stuttgarts mit 31 Tagen den hohen Wert des sommer-orientierten Extremjahres TRY2015s mit 26 Tagen übersteigt.

Die Zahl der **Tropischen Nächte** wird sich bis 2100 erhöhen (Fischer und Schär, 2010). Auch wenn sich diese Untersuchungen auf das Jahr 2100 beziehen, kann dieser Trend auch für das in den Zukunftswetterdaten angesetzte Jahr 2045 angenommen werden. Während diese Erwartung für die Normaljahre für alle Standorte erfüllt wird, ist dies für die Extremjahre (TRY2015s und TRY2045s) nicht der Fall. Es ist sogar eine gegenläufige Entwicklung zu erkennen. Das sommer-orientierte TRY2015s und die Messdaten 2003 von Stuttgart weisen mit 17 und 18 Nächten die höchsten absoluten Anzahlen auf, während das sommer-orientierte TRY2045s lediglich 9 Nächte verzeichnet. Für Köln und Berlin liegen die Werte für das sommer-orientierte TRY2045s noch unter denen des Normaljahres TRY2045y. Am Standort München weist keines der betrachteten TRY-Jahre eine signifikante Anzahl an tropischen Nächten auf, obwohl die Messdaten von 2003 10 tropische Nächte angeben.

Temperaturextreme werden zukünftig nicht nur in ihrem Wert ansteigen, sondern auch in ihrer Auftrittswahrscheinlichkeit (Fischer und Schär, 2010)

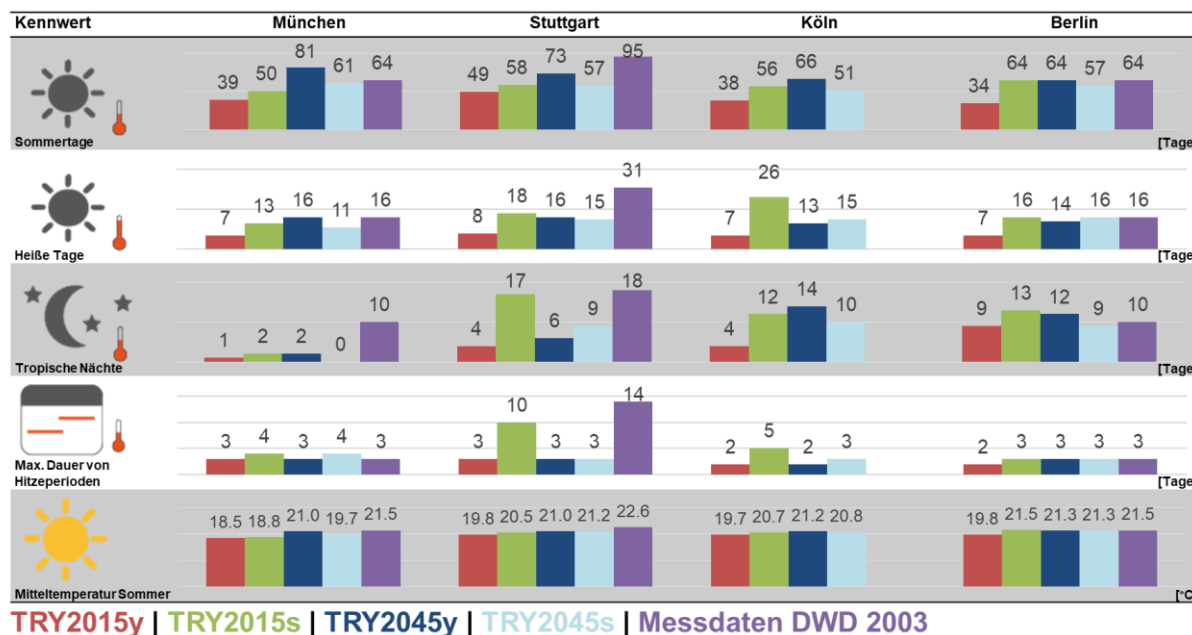


Abbildung 1: Kennwerte für die verschiedenen Standorte und TRY-Datensätze

So ist mit einer zunehmenden Dauer von Hitzeperioden zu rechnen. Betrachtet man den Kennwert der **maximalen Dauer von Hitzeperioden**, ist dieser Trend für keinen der Standorte erkennbar. Für München, Köln und Berlin liegt die Dauer der TRY-Daten lediglich zwischen 2 und 5 Tagen. Für Stuttgart zeigt zwar sowohl das Extremjahr TRY2015s als auch die Messdaten 2003 deutlich höhere Werte von 10 bzw. 14 Tagen auf, allerdings liegt auch hier die Dauer für die zukünftigen TRYs nur bei 3 Tagen und entspricht somit der des gegenwärtigen Normaljahres.

Als letzter Kennwert wird die **sommerliche Mitteltemperatur** betrachtet. Neben einer Steigerung des Kennwerts zwischen den Normal- und Extremjahren ist aufgrund der zukünftig höheren Mitteltemperaturen des Tages (Knote et al., 2010) auch von einem Anstieg zwischen den Gegenwarts- und Zukunftswetterdaten auszugehen. Dieser Zusammenhang lässt sich für die meisten Standorte sowohl für die Normal- (TRY2015y und TRY2045y) als auch die Extremjahre (TRY2045y und TRY2045s) Stuttgarts und Münchens erkennen. Der Vergleich zwischen TRY2015s und TRY2045s verzeichnet für den Standort Berlin einen Rückgang um 0.2 K. Bei den Zukunftswetterdaten (TRY2045y und TRY2045s) ist lediglich in Stuttgart ein Anstieg erkennbar. Für die anderen Standorte bleibt der Wert konstant oder verzeichnet wie in München sogar einen Rückgang um 1.3 K.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die zukünftigen Extremdaten TRY2045s, welche als die wärmsten zu erwarten sind, diese Extremität nicht abbilden. Wird das gegenwärtige Normaljahr außen vorgelassen, werden im Gegenteil für viele der betrachteten Kennwerte im Jahr TRY2045s standortübergreifend die niedrigsten Werte ausgegeben.

Insbesondere der Kennwert der maximalen Dauer von Hitzeperioden scheint von den Zukunftswetterdaten nicht ausreichend abgebildet werden zu können. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass die Zukunftswetterdaten aus vergangenen Witterungsabschnitten Deutschlands zusammengesetzt sind, welche einerseits dieses Phänomen nicht in der zukünftigen Weise abbilden und andererseits so zusammengesetzt werden können, dass Hitzeperioden unterbrochen werden. Die Beziehung zwischen den gegenwärtigen Datensätzen TRY2015y und TRY2015s erscheinen plausibel.

Thermische Gebäudesimulation

Im Folgenden werden die Auswirkungen der Anwendung der ortsgenauen Testreferenzjahre auf das sommerliche thermische Verhalten eines Referenzraumes anhand des Kennwertes der Übertemperaturgradstunden mittels thermischer Gebäudesimulation untersucht. Für die Simulation wird die aktuelle Version 18.04 des Softwarepakets TRNSYS verwendet (TRNSYS, 2022).

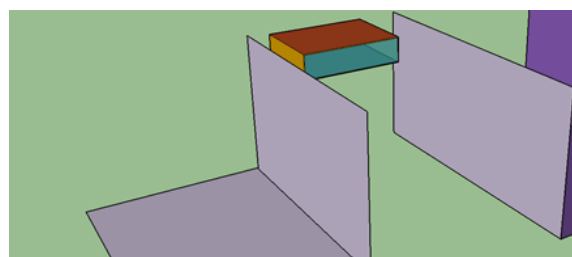


Abbildung 2: Modell des Referenzraums

Der Referenzraum entspricht einem Raum im Dachgeschoss eines Nichtwohngebäudes mit einer Grundfläche von 108 m² und 3 m Raumhöhe. Die einzige Außenwand ist nach Süden orientiert. Sie besteht aus einer leichten Holzkonstruktion mit einem

U-Wert von 0.6 W/m²/K. Der Verglasungsanteil der Wand liegt bei 95 %. Das Fenster hat einen U-Wert von 0.64 W/m²/K und einen g-Wert von 0.25. Es wird kein beweglicher Sonnenschutz betrachtet, jedoch eine bauliche Verschattung, welche in Abbildung 2 erkennbar ist. Das Dach wird als schwere Konstruktion mit 16 cm Beton sowie 30 cm Dämmung und einem resultierenden U-Wert von 0.12 W/m²/K angesetzt. Alle restlichen begrenzenden Bauteile sind Innenbauteile. Die Einstellungen des Gebäudebetriebs werden aus den Vorgaben der DIN 4108-2:2013-02 zum Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes über eine thermische Gebäudesimulation übernommen. Die internen Wärmelasten liegen bei 144 Wh/m²/d (100 % konvektiv) und der normale Tagluftwechsel bei 1.3 h⁻¹. Es ist eine erhöhte Taglüftung angesetzt, welche bei einer Überschreitung der Innenraumlufttemperatur von 23 °C greift und bei 3 h⁻¹ liegt. In einer Variante 2 wird zudem die Nachtlüftung mit einem zweifachen stündlichen Luftwechsel definiert. Eine passive Kühlung wird nicht angesetzt.

In Abbildung 3 sind die resultierenden Übertemperaturgradstunden für die zwei betrachteten Varianten sowie die verschiedenen TRY- Datensätze der vier Standorte (siehe Tabelle 2) abgebildet. Da die verwendeten innerstädtischen Messdaten des DWD von 2003 keine Strahlungsdaten enthalten, konnten hierfür keine Simulationen durchgeführt werden.

Wie schon die kennwertbasierten Wetterdatenanalyse zeigte, wird die Erwartung, dass die Anwendung des sommer-fokussierten Extremdatensatz TRY2045s für den Referenzraum aufgrund der zukünftigen Klimaentwicklung zu den höchsten Übertemperaturgradstunden führt, für keinen der betrachteten Standorte erfüllt. Mit Ausnahme des gegenwärtigen Normaljahres TRY2015y, weisen im Gegenteil die Simulationen mit dem TRY2045s standortübergreifend sogar die niedrigsten Werte der Überhitzung auf. Besonders deutlich ist dies für den Standort Stuttgart erkennbar. Hier erreicht der Kennwert der Übertemperaturgradstunden für TRY2045s je nach Variante nur 55 bzw. 25 % des

Wertes vom TRY2015s. Eine große Differenz dieser beiden Datensätze für Stuttgart hat sich bereits in den Kennwerten der Tropischen Nächten, maximalen Dauer von Hitzeperioden und heißen Tage gezeigt (siehe Abbildung 1). Im Gegensatz zu den anderen Standorten weist die Simulation mit dem zukünftigen Normaljahr TRY2045y für München standortspezifisch den höchsten Wert für die Übertemperaturgradstunden auf. Dieses Ergebnis ist wohl durch die vergleichsweise sehr hohe Anzahl der Sommertage bzw. heißen Tage bedingt (vgl. Abbildung 1).

Für Stuttgart, Köln und Berlin fallen die höchsten Übertemperaturgradstunden für das sommerorientierte Extremjahr TRY2015s an. Während dieser Wetterdatensatz standortspezifisch für Stuttgart als auch für Köln bestimmte erhöhte sommerliche Kennwerte aufweist, ist dies für Berlin nicht eindeutig auf die untersuchten Kennwerte zurückzuführen.

Für die zukünftigen TRY-Datensätze sind bei der globalen Einstrahlung aufgrund der Generierungsmethode keine großen Unterschiede zu erwarten, dagegen kann insbesondere für das auf einem realen Jahr mit den drittwärmsten Sommermonaten basierte TRY2015s die monatliche globale Einstrahlung eine bedeutende Rolle spielen. Im Fall Berlin zeigt sich, dass vor allem die im Juni auftretenden Übertemperaturgradstunden mit einer erhöhten globalen Einstrahlung korrelieren.

Wird ein Anforderungswert für die thermische Behaglichkeit wie in der DIN4108-2:2013-02 mit 500 Kh/a für ein Nichtwohngebäude angesetzt, kann dieser für die Standorte München, Stuttgart und Köln durch Anwendung einer erhöhten Nachtlüftung sichergestellt werden. Wird jedoch der Wetterdatensatz TRY2015s zur Simulation verwendet, der auf den drittwärmsten Sommermonaten (April- September) eines realen Jahres von 1995-2012 basiert, sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich, um die Grenze von 500 Kh/a nicht zu überschreiten.

Solch widersprüchlichen Ergebnisse sind nicht vermittelbar und stellen die Anwendung der aktuellen

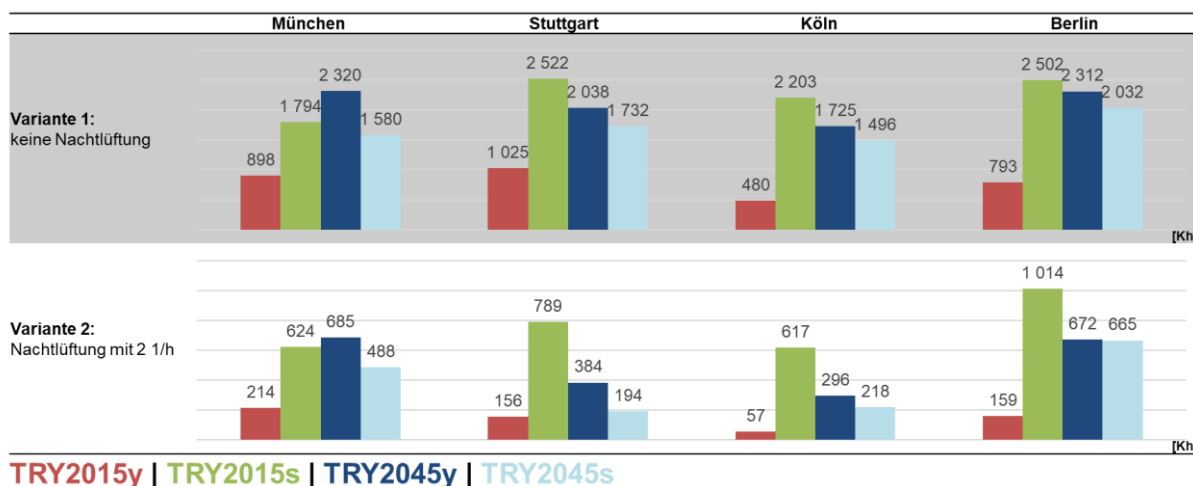


Abbildung 3: Übertemperaturgradstunden für beispielhafte Varianten der verschiedenen TRY- Datensätze

ortsgenauen zukünftigen sommer-fokussierten Extremjahre TRY2045s als solide Grundlage für eine realistische Bewertung von Gebäuden in der Planung in Frage.

Fazit und Ausblick

In der Studie zeigt sich, dass die zukünftigen Extremdaten TRY2045s, welche als die wärmsten zu erwarten sind, diese Extremität für die untersuchten Innenstädte nicht darstellen. Wird das gegenwärtige Normaljahr außen vorgelassen, weist das TRY2045s für viele der betrachteten Kennwerte standortübergreifend die niedrigsten Werte auf. Insbesondere der Kennwert der maximalen Dauer von Hitzeperioden wird von den Zukunftswetterdaten nicht ausreichend abgebildet. Die Beziehung zwischen den gegenwärtigen Datensätzen TRY2015y und TRY2015s erscheinen plausibel. Die verwendeten Kennwerte haben sich als aussagekräftige Indikatoren für den Vergleich der sommerliche Extremität von Wetterdaten erweisen. Die aufgezeigten widersprüchlichen Ergebnisse stellen die Anwendung der ortsgenauen zukünftigen sommer-fokussierten Extremjahre TRY2045s als Grundlage für eine realistische Abschätzung des thermischen Verhaltens von Gebäuden in der Zukunft in Frage.

Um eine allgemeinere Aussage zu treffen, sollten umfangreiche Studien mit vielen Standorten durchgeführt werden. Dabei ist insbesondere die Evaluierung des Effekts der urbanen Hitzeinsel gegenüber Stadtrandlagen, sowie der Gleichartigkeit der Aussage der Daten für benachbarte Standorte interessant. Im Zuge einer Überarbeitung der aktuellen TRY wäre es sinnvoll zu hinterfragen, ob die aktuell angewandte Methodik der Generierung der Zukunftswetterdaten auf Grundlage von vergangenen Witterungsabschnitten für Deutschland in der Lage ist, zukünftige Wetterphänomene ausreichend abzubilden, welche in dem betrachteten Zeitraum nicht oder nur vereinzelt auftreten.

Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden ortsgenaue TRY-Datensätze von vier Städten in Deutschland (München, Stuttgart, Köln und Berlin) hinsichtlich der zu erwartenden klimatischen Veränderungen bzgl. sommerlicher Temperaturwerte und Hitzeperioden untersucht. Hierfür werden zunächst die für Klima- ausblicke definierten sommerlichen Kennwerte des Climate Service Center Germany (GERICS) verwendet. Beispiele sind die Anzahl heißer Tage bzw. tropischer Nächte sowie die maximale Dauer von Hitzeperioden. Anschließend werden durch thermisch-dynamische Simulationen die Auswirkungen auf die thermische Behaglichkeit in einem Referenzraum anhand des Kennwertes der Übertemperaturgradstunden ermittelt. Eine anschließende Gegenüberstellung der Ergebnisse zeigt Korrelationen in den Kernaussagen auf. Die

Erwartung, dass der zukünftige sommer-fokussierte Extremdatensatz TRY2045s höhere sommerliche Kennwerte aufweist sowie zu höheren Übertemperaturgradstunden führt, wurde für keinen der betrachteten Standorte erfüllt. Im Gegenteil, die ermittelten Kennwerte weisen mit Ausnahme des Normaljahres TRY2015y standortübergreifend sogar die niedrigsten Werte auf.

Literatur

- Pfeifer, S.; Bethiany, S.; Rechid, D. 2021. Klima- ausblicke der Landkreise. Juni 2021, Climate Service Center Germany (GERICS)
- Deutscher Wetterdienst (HG.) 2017. Hand- buch.Ortsgenaue Testreferenzjahre von Deutschland für mittlere und extreme Witterungs- verhältnisse.
- Fischer, EM.; Schär, C. 2010. Consistent geographical patterns of changes in high-impact European heatwaves. *Nature Geoscience* 3:398–403.
- Knote, C.; Heinemann, G.; Rockel, B. 2010. Changes in weather extremes: Assessment of return values using high resolution climate simulations at convection-resolving scale. *Meteorologische Zeitschrift* 19:11–23.
- SenSBW Berlin 2017. Neue Stadtquartiere für Berlin. Wohnungs- und Städtebauprogramm Wachsende Stadt.
- EU Projekt 2007-2013. UHI, Development and application of mitigation and adaptation strategies and measures for counteracting the global Urban Heat Islands phenomenon
- Tappler, P. 2010. Innovative Bauprodukte für die Sanierung, Sanieren oder Abreißen?, Tagungs- band BauZ!- Wiener Kongress für zukunfts- fähiges Bauen, Wien (Österreich)
- Klein, S.A. et al. 2011. TRNSYS 18.04: A Transient System Simulation Program, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, Madison, USA, <http://sel.me.wisc.edu/trnsys>.
- DIN (Hrsg.). 2013. DIN4108-2, Wärmeschutz und Energie- Einsparung in Gebäuden- Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Inter- governmental Panel on Climate Change
- Vukadinovic, M., Kempkes, C., Maas, A. 2020. Aus- wirkungen klimatischer Veränderungen auf die Überhitzung von Gebäuden, BauSIM 2020, Online- Conference, Graz, Österreich