

TRY-Klimadatensätze – offizielles Verbot für solarthermische Simulationen

Dipl.-Ing. (FH) Kai Schäfer ¹⁾, Dipl.-Ing. Marion Hiller ²⁾

¹⁾ Solites - Steinbeis Forschungsinstitut

Tel.: +49 711 6732000 0, E-Mail: schaefer@solites.de, Internet: www.solites.de

²⁾ Transsolar Energietechnik GmbH

Tel.: +49 711 67976 0, E-Mail: hiller@transsolar.de, Internet: www.transsolar.com

1. Einleitung

Bei den Testreferenzjahren (TRY) handelt es sich um eine Sammlung von Klimadatensätzen für das Bundesgebiet Deutschland. Die Anwendung der TRY in thermischen Simulationen ist bei der Analyse deutscher Standorte weit verbreitet. Nicht zuletzt, da die Verwendung der Testreferenzjahre in der neusten Version von 2011 seit Inkrafttreten der EnEV 2014 für die Erstellung von Wärmeschutznachweisen im Gebäudesektor sowie Ertragsberechnungen von PV-Anlagen vorgeschrieben ist. Eine ähnliche gesetzliche Festlegung gibt es trotz der thematischen Parallelen für solarthermische Kollektoranlagen nicht. Allerdings liegt es nahe, auch derartige Anlagen mit den Klimadaten der Testreferenzjahre zu berechnen.

Konkrete Anwendungsfälle der TRY 2011 in thermischen Simulationen von Gebäuden sowie solarthermischen Kollektoranlagen haben in der Simulationsumgebung TRNSYS 17.1 /TRNSYS/ zu unplausiblen Ergebnissen geführt. Die Einstrahlungsbeiträge in Ebenen mit Orientierung nach Osten unterscheiden sich von denen in achsensymmetrisch ausgerichteten Ebenen nach Westen deutlich (z.T. bis zu 30 %). Erfahrungsgemäß treten solche Ost/West-Verschiebungen bei einem falschen Orts- bzw. Zeitbezug der Strahlungsdaten auf. Eine Aufarbeitung möglicher Ursachen für die Klimadatensätze der TRY 2011 erfolgte durch /Lam 2014/. Eine Verifizierung der von /Lam 2014/ getroffenen Aussagen konnte zum damaligen Zeitpunkt, bedingt durch eine ausstehende Stellungnahme des Deutschen Wetterdienstes (Herausgeber der TRY), nicht erfolgen. Auf Drängen mehrerer Anwender konnte im September 2014 der Deutsche Wetterdienst zu einer offiziellen Stellungnahme der verwendeten Datenbasis in den TRY 2011 bewegt werden. Desweiteren wurde im Zusammenhang der Stellungnahme die Verwendung der TRY in solarthermischen Kollektorsimulationen offiziell untersagt. Die folgende Veröffentlichung arbeitet den stattgefundenen Vorgang auf.

2. Grundlagen

In den anschließend aufgeführten Grundlagen wird zunächst die Begrifflichkeit Klimadatensatz vorgestellt sowie auf den Inhalt eines derartigen Datensatzes einge-

gangen. Für das Beispiel der Testreferenzjahre werden wesentliche Eckdaten bezüglich der Erstellung und Verwendung genannt. Desweiteren werden ausgewählte Berechnungsgrundlagen für die Umrechnung zweier Zeitsysteme vorgestellt.

2.1. Klimadatensatz

Im Allgemeinen bezeichnet der Begriff Klimadatensatz einen Datensatz, welcher Klimadaten in einer gleichbleibenden Zeitauflösung enthält. Entsprechend dem Herausgeber bzw. Ersteller eines Klimadatensatzes können die enthaltenen Angaben sowie deren zeitliche Auflösung stark voneinander abweichen. Die für gewöhnlich ausgeprägte Ortsabhängigkeit des Klimas führt zu einer örtlich bzw. regional beschränkten Gültigkeit von Klimadatensätzen. Die Bezugszeit der im Datensatz enthaltenen klimatologischen Angaben ist üblicherweise einheitlich. Sollten im Klimadatensatz Strahlungswerte aufgeführt sein, so beziehen sich diese in der Regel auf eine horizontale Fläche. Anwendung finden Klimadatensätze unter anderem als Randbedingung für dynamische Simulationen. Die jeweilige Zielsetzung der Simulation bestimmt die notwendigen klimatologischen Randbedingungen.

2.2. Testreferenzjahre (TRY)

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) erarbeitet und veröffentlicht im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) Klimadatensätze, welche sich auf das Bundesgebiet Deutschlands beschränken. Diese Klimadatensätze werden als Testreferenzjahre bezeichnet und tragen die Abkürzung TRY (**T**est **R**eference **Y**ear). Die speziell zusammengestellten Datensätze enthalten für jede Stunde eines Jahres verschiedene meteorologische Größen, welche für definierte Klimaregionen in Deutschland einen charakteristischen Witterungsverlauf repräsentieren sollen. Als Verwendungszweck nennt der DWD die Bereitstellung klimatologischer Randbedingungen für die Simulation von heiz- und raumluftechnischen Anlagen sowie des thermischen Verhaltens von Gebäuden /DWD 2014/.

Im Jahr 1985 stellte der DWD die TRY-Datensätze erstmalig zur Verfügung. Es folgten im Jahr 2004 und 2011 Neuveröffentlichungen, um die Datensätze den klimatischen Veränderungen der vergangenen Zeitperiode anzupassen. Fortwährend sind die veröffentlichten Datensätze durch einen besonders starken Fokus auf die repräsentative Abbildung der Lufttemperatur geprägt. Für die Erstellung der TRY-Datensätze wird Deutschland in 15 Klimaregionen unterteilt (siehe Bild 1, folgende Seite). Der Witterungsverlauf einer jeden Klimaregion wird über Daten einer Repräsentanzstation ermittelt, welche sich innerhalb der Klimaregion befindet und das mittlere Klima der Region repräsentiert. Seit den TRY 2011 werden neben den Klimadatensätzen zur Beschreibung des mittleren Witterungsverlaufs einer Region auch extreme und zukünftige TRY für einen vollständigen Jahreszeitraum veröffentlicht. Sowohl die mittleren TRY als auch die extremen TRY basieren auf konkret aufgetretenen Witterungsverhältnissen.

Bedingt durch unterschiedliche messtechnische Ausstattungen können in einigen der 15 Repräsentanzstation nicht alle für die TRY-Datensätze notwendigen meteorologischen Größen erfasst werden. Dies betrifft in den veröffentlichten TRY 2011 insgesamt neun Repräsentanzstationen, in welchen keine Messung der solaren Einstrahlung stattfindet. Entgegen der Praxis aus früheren Versionen der TRY, nicht erfasste Größen betroffener Repräsentanzstationen über Messwerte nahegelegener Messstationen zu ergänzen, erfolgte in den TRY 2011 eine rechnerische Ermittlung. Folglich wird in den Klimadatensätzen der TRY 2011 zwischen Datensätzen mit berechneter oder gemessener Strahlung unterschieden. Zur Kennzeichnung wird der im Datensatz aufgeführte Parameter IK (Datensatzspalte 16) verwendet, welcher die Werte 1 (Strahlung entspricht Messwert) und 9 einnehmen kann. Bis zum Zeitpunkt der Veröffentlichung konnte nicht abschließend geklärt werden, welche Aussage mit dem IK-Wert gleich 9 verbunden ist. Im Handbuch der TRY werden hierzu keine Angaben gemacht. Überprüfungen lassen vermuten, dass ein IK-Wert von 9 auf rechnerisch ermittelte Strahlungswerte hinweist.

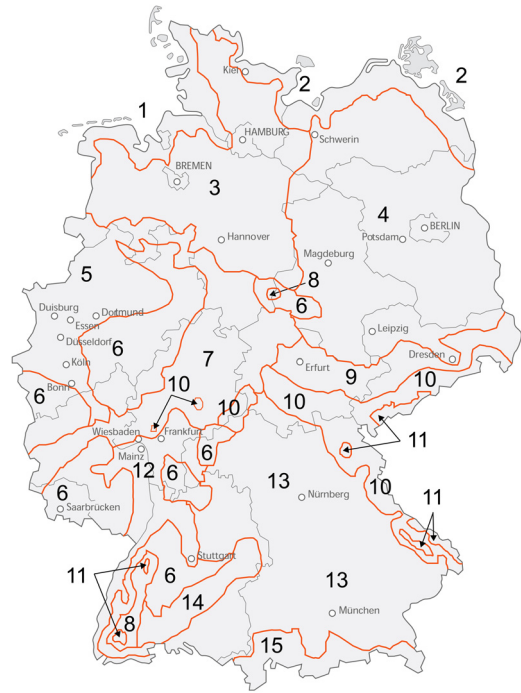


Bild 1: Zur Erstellung der TRY vorgenommene Einteilung Deutschlands in 15 Klimaregionen; Grafik basiert auf /DWD 2014/

2.3. Umrechnung der Zeitsysteme Mitteleuropäische Zeit (MEZ) und wahre Ortszeit (WOZ)

Die Angabe von meteorologischen Größen in Klimadatensätzen erfolgt mit Nennung eines Zeitsystems, auf welches sich die Datenangaben beziehen. Für die Datensätze der TRY 2011 sind die beiden Bezugszeiten Mitteleuropäische Zeit (MEZ) und wahre Ortszeit (WOZ) von Relevanz. Bei der MEZ handelt es sich um die in Deutschland gesetzlich festgelegte Zeit ohne Berücksichtigung der sommerlichen Zeitverschiebung. Die WOZ beschreibt die Zeit basierend auf dem Verlauf der Sonne und definiert den Zeitpunkt des täglichen Sonnenhöchststandes als solaren Mittag (12:00 Uhr). Die Umrechnung beider Zeitsysteme kann über folgende Formelbeziehungen erfolgen.

$$WOZ = 4 * (L_{\text{Zeitzone}} - L_x) + MEZ + E$$

Die Gleichung besitzt einen konstant bleibenden Term, welcher von der Differenz des Standardlängengrades der Zeitzone (L_{Zeitzone}) und dem Längengrad des Standort-

tes (L_x) bestimmt wird. Als weiteres weist die Gleichung die im Betrag veränderliche Zeitgleichung E auf. Diese gleicht die jahreszyklischen Abweichungen, verursacht durch die elliptische Erdumlaufbahn und die schiefe Erdachse aus. Demzufolge variiert die Dauer eines Tages im Zeitsystem der WOZ und beträgt nicht wie im Zeitsystem der MEZ eine gleichmäßige Dauer (24 h). Der Betrag der Zeitgleichung kann über die Näherungsgleichung nach Spencer berechnet werden, welche nachstehend aufgeführt ist und die Winkelberechnungen in Grad vorsieht /Duffie 2006/.

$$E = 229,2 * [0,000075 + 0,001868 * \cos(B) - 0,032077 * \sin(B) - 0,014615 * \cos(2B) - 0,04089 * \sin(2B)]$$

Der zur Berechnung von E notwendige Parameter B ist über die folgende Gleichung definiert, wobei n der Tag des Jahres bei fortlaufender Nummerierung ist.

$$B = (n - 1) * 360/365$$

3. Unstimmigkeiten der TRY 2011 – Feststellung und offizielle Stellungnahme

Die Anwendung der klimatischen Randbedingungen der TRY 2011 in dynamischen Simulationen von Gebäuden sowie solarthermischen Kollektoranlagen führte zu physikalisch nicht erklärbaren Ergebnissen. Nachfolgend werden an einem konkreten Beispiel die aufgetretenen Effekte erläutert und durchgeführte Maßnahmen umrissen. Anschließend folgt die Darstellung der vom DWD veröffentlichten Stellungnahme zur Datenbasis in den TRY 2011. Diese wird um die Erkenntnisse weiterführender Überprüfungen ergänzt, welche eindeutige Fehler in der offiziellen Stellungnahme erkennen lassen.

3.1. Widersprüchliche Simulationsergebnisse bei Verwendung der TRY 2011

Für die Bearbeitung des vom BMWi geförderten Forschungsvorhabens DEZENTRAL ist die Erstellung geeigneter solarthermischer Anlagenkonzepte und deren Implementierung in der Simulationsumgebung TRNSYS notwendig, siehe hierzu /Schäfer 2015/. Eines der erarbeiteten Anlagenmodelle ist in Bild 2 schematisch dargestellt. Zur hydraulischen Trennung von Kollektor- und Lastkreis wird ein Wärmeübertrager verwendet. Die Einspeisung der solaren Wärmeerträge erfolgt in ein Wärmenetz.

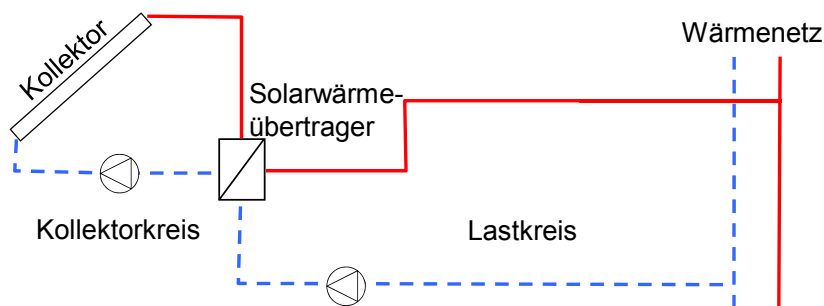


Bild 2: Schematische Darstellung des untersuchten solarthermischen Anlagenmodells

Die Aufarbeitung einer Sensitivitätsanalyse des dargestellten Anlagenmodells zeigt bei Verwendung der Klimadatensätze TRY 2011 für den Parameter der Kollektororientierung unerwartete Ergebnisse. Die Anlage mit einer um 45° geneigten Kollektorebene kann bei einer nach Osten orientierten Kollektorfläche deutlich höhere Systemerträge (ca. 30 %) als bei einer achsensymmetrischen Ausrichtung nach Westen erreichen. Als Ursache werden erheblich unterschiedliche solare Einstrahlungsbeträge in den jeweiligen Kollektorebenen festgestellt. Bedingt durch den zur Nord-Süd-Achse symmetrischen Sonnenbahnverlauf werden, unter der Vernachlässigung von Bewölkungseffekten, achsensymmetrische Einstrahlungsbeträge erwartet.

Der resultierende Verlauf der Einstrahlungsbeträge für eine Orientierung der Kollektorebene von Ost nach West ist in Bild 3 beispielhaft für den mittleren Witterungsverlauf der Region 12 aus den TRY 2011 (Repräsentanzstation Mannheim) dargestellt. Ein Vergleich der Einstrahlungsbeträge in Kollektorebene, welche zur Nord-Süd-Achse symmetrisch ausgerichtet ist, zeigt bei einer Orientierung gegen Osten deutlich höhere Werte auf. Zyklisch abweichende Bewölkungseffekte in den Vor- und Nachmittagsstunden haben Einfluss auf die dargestellten jährlichen Einstrahlungsbeträge. Erfahrungsgemäß führt dieser Effekt an deutschen Standorten im Flachland zu deutlich geringeren Einstrahlungsunterschieden als für die Region 12 aufgezeigt. Die in Bild 3 klar erkennbare Differenz zwischen der nach Ost (-90°) und West (90°) ausgerichteten Kollektorebene von mehr als $200 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ist physikalisch nicht erklärbar.

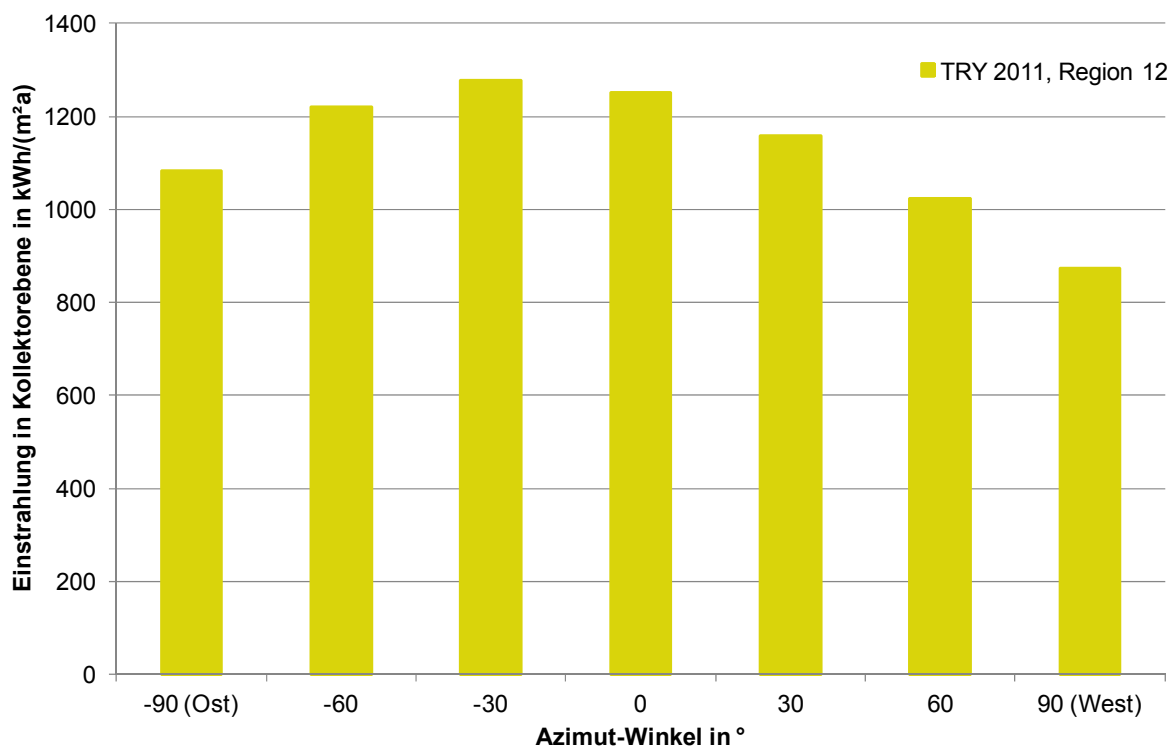


Bild 3: Verlauf der jährlichen Gesamtstrahlungsbeträge in einer um 45° geneigten Kollektorebene mit Ausrichtung von Ost nach West; berechnet für den mittleren Witterungsverlauf der Region 12 aus den TRY 2011 mit dem Strahlungsprozessor Type 99 in TRNSYS

Eine auf dem diskutierten Effekt aufbauende Untersuchung konnte ähnlich starke Ost/West-Verschiebungen für die um 45° geneigte Ebene in weiteren Regionen der TRY 2011 aufzeigen. Erfahrungsgemäß treten solche Ost/West-Verschiebungen bei einem falschen Orts- bzw. Zeitbezug der Strahlungsdaten auf. Die Feststellungen sowie die resultierenden Probleme wurden bereits zum Jahresende 2012 mit dem Herausgeber der TRY 2011 (DWD) diskutiert, welcher zum damaligen Zeitpunkt zu keiner offiziellen Stellungnahme bereit war. Es folgte eine Aufarbeitung möglicher Ursachen der Ost/West-Verschiebung durch Mitarbeiter von Transsolar. Die Erkenntnisse der Aufarbeitung wurden zunächst Mitte 2013 an die TRNSYS-Nutzer weitergeleitet und anschließend im Jahr 2014 publiziert [Lam 2014]. Eine Verifizierung der getroffenen Aussagen war zu dieser Zeit, bedingt durch eine ausstehende Stellungnahme des DWD, nicht möglich. Eine personelle Umstrukturierung im DWD und das anhaltende Drängen von Anwendern führten im September 2014 zu einer offiziellen Stellungnahme der verwendeten Datenbasis in den TRY 2011. Der anschließende Unterpunkt (Kapitel 3.2.) diskutiert diese ausführlich.

3.2. Offizielle Stellungnahme zur Datenbasis der TRY 2011 und Erkenntnisse weiterführender Überprüfungen

Die im vorausgehenden Unterpunkt beschriebenen physikalisch unplausiblen Simulationsergebnisse wurden von verschiedenen Anwendern zweifelsfrei auf Fehler im Datensatz der TRY 2011 zurückgeführt. Nach langem Warten räumte der DWD als Ursache der unplausiblen Simulationsergebnisse zwei Probleme in den Datensätzen ein, welche durch eine Aktualisierung des Handbuchs der TRY 2011 im September 2014 kommuniziert wurden. Im Folgenden werden beide bekanntgemachten Ursachen näher beschrieben sowie die weiteren wesentlichen Änderungen in der aktualisierten Version des Handbuchs genannt. Zusätzlich werden die Erkenntnisse weiterführender Überprüfungen zur Stellungnahme vorgestellt.

a) Angabe von instantanen Strahlungswerten

Im Widerspruch zu der bis 2014 veröffentlichten Version des Handbuchs repräsentieren die Strahlungswerte in den Datensätzen der TRY 2011 nicht einheitlich den Stundenmittelwert der Strahlungsleistung. Sehr häufig entspricht der aufgeführte Strahlungswert der instantanen Leistung zur vollen Stunde. Betroffen sind alle Strahlungswerte in den TRY 2011, welche rechnerisch bestimmt wurden (Kennzeichnung mit dem Parameter IK gleich 9, siehe Kapitel 2.2.). Wie seit der Aktualisierung des Handbuchs im September 2014 bekannt, erfolgte die Berechnung der Strahlungswerte am Standort der Repräsentanzstationen anhand der erfassten Informationen des Wolkenbedeckungsgrades. Dieser wurde an den Repräsentanzstationen zur vollen Stunde bestimmt, wodurch die berechneten Strahlungswerte den stündlichen Instantanwert repräsentieren. Ausgangswert und Berechnungsergebnis nutzen die Bezugszeit MEZ, wodurch ein einheitlicher Zeitbezug mit den weiteren klimatologischen

Angaben der Datensätze resultiert. Das in den TRY 2011 angewendete neue Vorgehen weicht von den früheren Versionen ab. In diesen wurden fehlende Strahlungsmesswerte über nahegelegene Wetterstationen ergänzt, was unweigerlich zu Konsistenzproblemen in den Datensätzen führte.

Allgemein ist die Angabe von Strahlungswerten als Instantanwert in Klimadaten­sätzen äußerst unüblich. Für gewöhnlich werden Mittelwerte über das vergangene Zeitintervall verwendet /WMO 2010/. Bezüglich der vom Problem der instantanen Strahlungsleistung betroffenen Regionen sorgt ein im Handbuch ergänzter Vermerk für Unklarheiten. Dieser kategorisiert die vermeintlich betroffenen Regionen und weist lediglich den Regionen 1, 6, 8, 10, 13, 14 und 15 die Instantanwert-Problematik zu. Allerdings zeigen die Datensätze der beiden Regionen 5 und 7 ausschließlich rechnerisch ermittelte Strahlungswerte (IK-Wert gleich 9) auf und sollten demnach ebenfalls die hier beschriebene Problematik aufweisen.

b) Falsch ausgewiesene Bezugszeit der Strahlungswerte

Gemäß dem von 2011 bis 2014 gültigen Handbuch sollten sich alle klimatologischen Datenangaben in den TRY 2011 einheitlich auf die MEZ beziehen. Nach interner Überprüfung der TRY 2011 durch den DWD trifft dies jedoch nicht für alle Datensätze der 15 Klimaregionen zu. Betroffen sind die Datensätze der Regionen, welche Messwerte der Strahlung aufführen (Kennzeichnung mit dem Parameter IK gleich 1, siehe Kapitel 2.2.). Die in diesen Datensätzen enthaltenen klimatologischen Angaben weisen zwei unterschiedliche Bezugszeiten auf. So sind die Strahlungswerte auf die WOZ und die übrigen klimatologischen Angaben auf die MEZ bezogen. Die Angabe der Strahlungswerte erfolgt, bedingt durch die Bezugszeit, als mittlere Leistung über die vorangegangene Stunde WOZ. Dieser neue Aufbau der Datensätze weicht von dem der TRY-Vorgängerversionen aus dem Jahr 1985 und 2004 ab, in welchem alle klimatologischen Angaben auf die MEZ bezogen sind.

In der aktualisierten Version des Handbuchs wurden die falschen Aussagen bezüglich der Datenbasis korrigiert. Wie bereits im vorangestellten Unterpunkt der Angabe von instantanen Strahlungswerten geschildert, führt der im Handbuch vorgenommene Vermerk mit einer Auflistung von betroffenen Regionen zu Unklarheiten. Entgegen der dort aufgeführten Kategorisierung der Regionen, sollten die beiden Regionen 5 und 7 nicht die hier beschriebene Problematik der falsch ausgewiesenen Bezugszeit aufweisen. Überprüfungen können ausschließlich in den Datensätzen der Regionen 2, 3, 4, 9, 11 und 12 gemessene Strahlungswerte feststellen.

Desweiteren haben die Überprüfungen gezeigt, dass kein einziger Datensatz der verbleibenden sechs Regionen einheitlich aus gemessenen Strahlungswerten besteht. Je nach Region und Witterungsverlauf (mittel oder extrem) zeigen die Datensätze eine abweichende Durchmischung von gemessenen und berechneten Strahlungswerten auf. Somit wechselt die Bezugszeit der Strahlungswerte in den betroffenen Datensätzen mehrfach zwischen MEZ und WOZ. Am stärksten scheinen die Datensätze der Region 11 betroffen zu sein, welche im Fall des mittleren Witterungsver-

laufs nahezu die Hälfte der Strahlungswerte als Rechenwert ausweist. Dementgegen sind die mittleren Witterungsverläufe der Regionen 3, 4 und 12 mit weniger als zehn Rechenwerten im Jahresverlauf geringfügig betroffen.

c) Offizielle Nichteignung der TRY 2011 für solarthermische Kollektorsimulationen

Im Rahmen der Überarbeitung des Handbuchs der TRY 2011 wurden weitere Ergänzungen getätigt. Die dabei aus Sicht der Solarthermiebranche wesentlichste Änderung stellt die erweiterte Einschränkung des Verwendungszwecks der Klimadaten-sätze dar. Entsprechend der aktuellen Version des Handbuchs (Sept. 2014) sind die TRY-Datensätze nicht für die Berechnung solarer Gewinne mittels solarthermischer Kollektorsimulation geeignet. Eine Begründung für die getroffene Entscheidung fehlt.

4. Folgen der aktuellen Datenbasis in den TRY 2011 im Fokus von Simulationen mit notwendiger Strahlungsberücksichtigung

Das Kapitel geht auf die Folgen der seit September 2014 veränderten Deklaration der Datenbasis in den TRY 2011 ein. Hierbei wird der Fokus auf die Anwendung der TRY-Datensätze in Simulationen gesetzt, welche zwingend die Berücksichtigung von Strahlungsdaten erfordern. Im Speziellen wird auf die Anwendung in der Simulationsumgebung TRNSYS eingegangen. Es findet eine Gliederung entsprechend den beiden vom DWD aufgefundenen Problemursachen der TRY 2011 statt.

4.1. Stündliche Instantanwerte der Strahlung in den Datensätzen der TRY 2011

Bei der Erstellung der TRY 2011 wurden die Strahlungswerte für insgesamt neun von 15 Repräsentanzstationen vollständig rechnerisch bestimmt. Die vorhandene Datengrundlage ermöglichte lediglich die Berechnung stündlicher Instantanwerte der Strahlungsleistung, welche in die TRY-Datensätze aufgenommen wurden. Hiervon scheinen die Regionen 1, 5, 6, 7, 8, 10, 13, 14 und 15 betroffen.

Wie bereits im Kapitel 3.2. geschildert, beziehen sich Strahlungswerte in Klimadaten-sätze für gewöhnlich auf die vorausgehende Zeitperiode. Hierbei ist sowohl die Angabe der integrierten Energiemenge oder ein Mittelwert der Leistung über die Zeitperiode üblich. In beiden Fällen berücksichtigt der angegebene Wert die auftretenden Einstrahlungsleistungen über die gesamte Dauer der Zeitperiode. Dementgegen ist ein Instantanwert lediglich in der Lage, den momentanen Zustand zu beschreiben. Ein derartiger Wert beinhaltet keinerlei Information über möglicherweise stattgefundenen Veränderungen der zu beschreibenden Größe während der Dauer einer vergangenen Zeitperiode. Für den konkreten Fall der solaren Strahlung, welche eine stark ausgeprägte Dynamik aufweist, kann dies bei kurzen Zeitperioden (wenige Minuten) als unkritisch angesehen werden. Das in den TRY 2011 verwendete stündliche Zeitintervall ist allerdings entschieden zu lang.

Eine physikalisch sinnvolle Simulation von Strahlungsenergien ist mit den über die TRY-Datensätze zur Verfügung gestellten instantanen Strahlungsleistungen nicht möglich. Dies ist als allgemeine Aussage zu verstehen und trifft somit gleichermaßen für Simulationen im Gebäudebereich, dem Bereich der PV-Anlagen als auch für solarthermische Kollektoranlagen zu. Der eigentliche Zweck der Angabe von Strahlungswerten in den TRY 2011, eine klimatologische Randbedingungen für Simulationen zur Verfügung zu stellen, ist somit verfehlt. Die genannten neun der 15 Regionen sind für Simulationen jeglicher Art, welche eine Berücksichtigung der Strahlung erfordern, unbrauchbar und sollten keine Anwendung erfahren. Die in Bild 4 dargestellte Grafik zeigt die betroffenen Regionen rot hinterlegt.

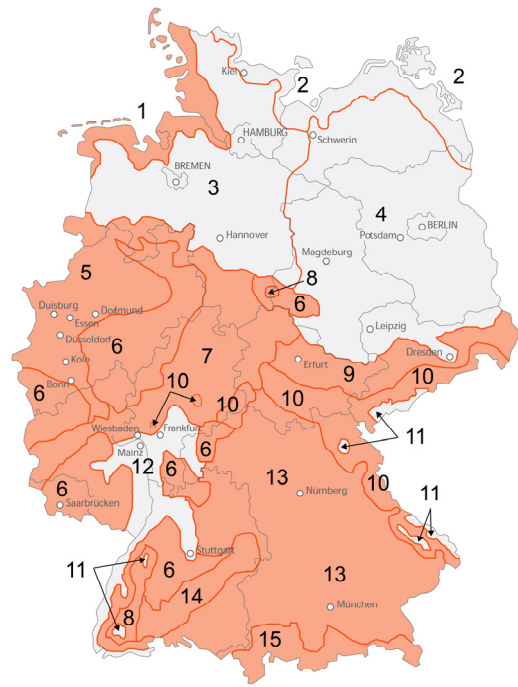


Bild 4: Kennzeichnung der nicht für Simulationen mit erforderlicher Strahlungsberücksichtigung geeigneten Regionen der TRY 2011

4.2. Unterschiedliche Bezugszeiten der klimatologischen Angaben in den Datensätzen der TRY 2011

In den TRY 2011 weisen in Summe die Datensätze von sechs Regionen (2, 3, 4, 9, 11 und 12) eine nicht einheitliche Bezugszeit auf. Von der in den TRY-Datensätzen üblicherweise verwendeten Bezugszeit der MEZ weichen ausschließlich die Strahlungsangaben ab. Diese zeigen in den Datensätzen der betroffenen Regionen eine stark variierende Durchmischung zwischen Mess- und Rechenwert auf. Somit sind die aufgeführten Strahlungswerte nur zum Teil mittlere Leistungen mit Bezug auf die WOZ. Die ebenfalls enthaltenen rechnerisch ermittelten Strahlungswerte repräsentieren die stündliche instantane Strahlungsleistung mit der MEZ als Bezugszeit. Die Folgen der rechnerisch ermittelten Strahlungswerte wurden bereits in Kapitel 4.1. aufgeführt und sind in den hier diskutierten durchmischten Datensätzen ebenfalls anzutreffen.

Die Bezugszeit der in den Datensätzen aufgeführten gemessenen Strahlungswerte (WOZ) unterscheidet sich von den übrigen klimatologischen Angaben (MEZ). Das Vorkommen unterschiedlicher Bezugszeiten in einem Datensatz führt zwangsweise zur zeitlichen Verschiebung zwischen den Datenangaben. Der resultierende Zeitversatz variiert im Jahresverlauf und ist des Weiteren vom Standort abhängig. Eine Berechnung kann über die im Grundlagenkapitel aufgeführten Formelbeziehungen stattfinden. Für die betroffenen sechs Regionen zeigt Bild 5 die jeweils durchschnittlichen, minimalen und maximalen Beträge der zeitlichen Verschiebung zwischen MEZ und

WOZ am Standort der Repräsentanzstation. Die größten Auswirkungen können für die Region 12 mit einem Maximalwert von ca. 40 min beobachtet werden.

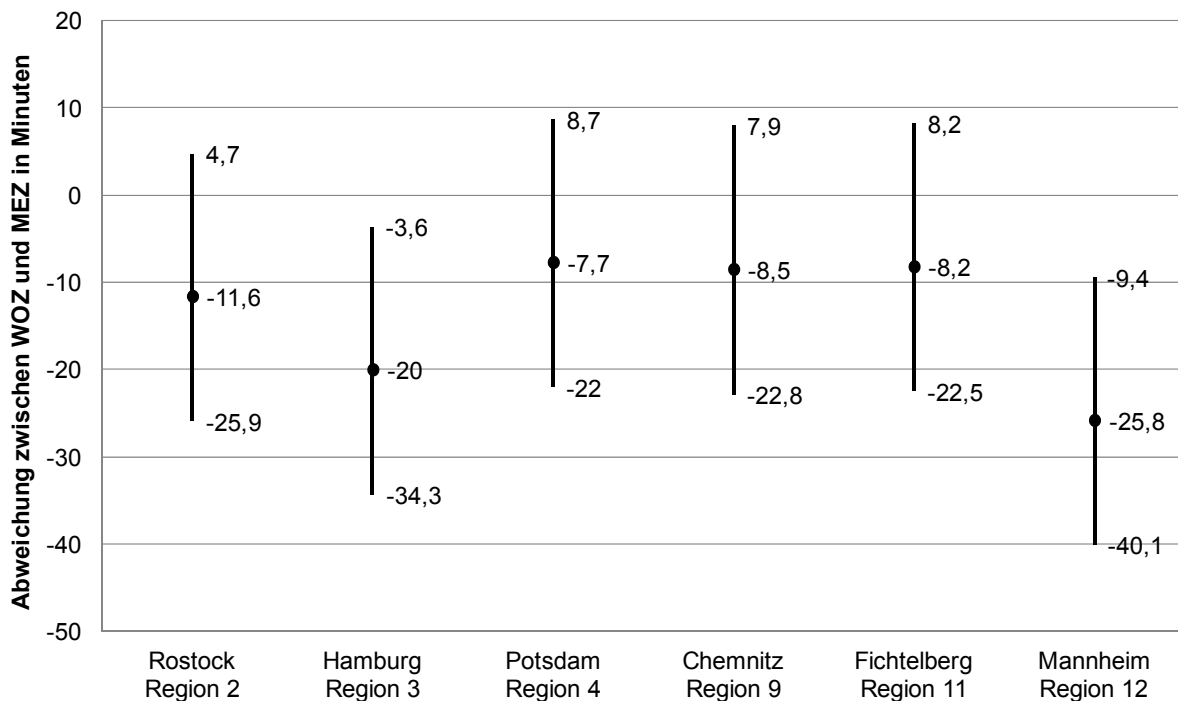


Bild 5: Abweichung zwischen WOZ und MEZ für alle Repräsentanzstationen der TRY-Klimaregionen mit gemessenen Strahlungswerten

Bei zweckgemäßer Verwendung der TRY-Datensätze in der Simulationsumgebung TRNSYS (z.B. thermische Gebäudesimulation) werden diese üblicherweise durch einen Strahlungsprozessor eingelesen und die enthaltenen Angaben weiteren Komponenten zur Verfügung gestellt. In der Standard-Komponentenbibliothek stehen hierfür zwei Modelle, Type 15 und Type 99, zur Verfügung. Die zwingend notwendige Korrektur der Bezugszeit für die in den TRY 2011 enthaltenen Strahlungswerte kann in keinem der beiden Modelle vollständig richtig durchgeführt werden. Beide Modelle supponieren eine einheitliche Bezugszeit der eingelesenen Strahlungsdaten und sind nicht in der Lage, einer wechselnden Bezugszeit der Datenbasis Rechnung zu tragen. Generell resultiert die Veränderung der Bezugszeit im Strahlungsprozessor in einer zeitlichen Anpassung des berechneten Sonnenbahnverlaufs. Für die korrekte Umrechnung der im Klimadatensatz enthaltenen Strahlungswerte in geneigte Ebenen ist die Übereinstimmung der Zeitbasis von Sonnenbahnverlauf und Datenbasis zwingend notwendig.

In einigen Datensätzen der TRY 2011 ist die Durchmischung der Strahlungswerte (Mess- und Rechenwert) gering. Für diese können nach Anpassung der Bezugszeit im Strahlungsprozessor auf die WOZ verwendbare Ergebnisse mit lediglich geringen Fehlern in der Strahlungsberechnung erzielt werden. Dies trifft beispielsweise für den Datensatz des mittleren Witterungsverlaufs der Region 12 zu, welcher lediglich fünf berechnete Strahlungswerte im Jahresverlauf aufweist. Eine Wiederholung der anfangs aufgeführten Untersuchung bezüglich der jährlichen Einstrahlungsbeträge in

geneigte Ebenen führt nach Korrektur der Bezugszeit im Strahlungsprozessor (Umstellung von MEZ auf WOZ) zu den erwarteten Ergebnissen. Ein Vergleich der simulierten Gesamtstrahlungsbeträge ist in Bild 6 aufgezeigt. Die, bei einem nicht korrigierten Bezug der Strahlungsdaten auf die MEZ, resultierende stark ausgeprägte Ost/West-Verschiebung der Beträge verschwindet nahezu vollständig.

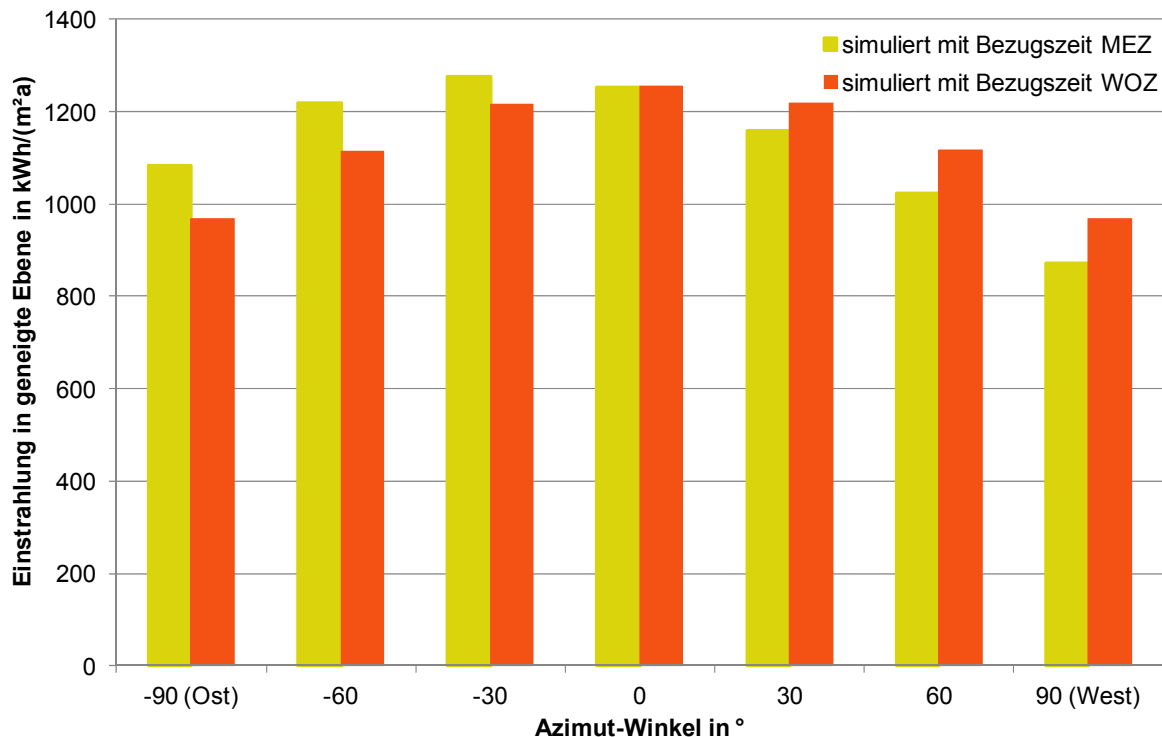


Bild 6: Verlauf der jährlichen Gesamtstrahlungsbeträge in einer um 45° geneigten Ebene mit Ausrichtung von Ost nach West; berechnet für den mittleren Witterungsverlauf der Region 12 aus den TRY 2011 mit dem Strahlungsprozessor Type 99 in TRNSYS bei einer Vorgabe der Bezugszeit auf MEZ und WOZ

Die Anpassung der Bezugszeit im Strahlungsprozessor kann die festgestellte Ost/West-Verschiebungen in den Einstrahlungsbeträgen nicht nur im Beispielfall aus Bild 6, sondern auch in weiteren betroffenen Datensätzen der TRY 2011 mit geringer Durchmischung der Strahlungswerte (Mess- und Rechenwert) beheben. Dennoch bleibt die Problematik der zeitlichen Verschiebung zwischen den Strahlungswerten (WOZ) und den weiteren klimatologischen Angaben der TRY-Datensätze (MEZ) zumindest bei der Verwendung in TRNSYS bestehen. Die beschriebene Änderung der Bezugszeit im Strahlungsprozessor wirkt sich lediglich auf die Verarbeitung der Strahlungswerte aus. In der Berechnungsroutine des Strahlungsprozessors findet keine Anpassung der Bezugszeiten der eingelesenen Daten statt, weshalb die ausgegebenen Strahlungswerte weiterhin einen Zeitversatz zu den übrigen klimatischen Ausgabewerten (z.B. Lufttemperatur) aufweisen.

Günstigerweise ist für den Standort Potsdam der resultierende Zeitversatz zwischen den klimatologischen Angaben in den Datensätzen der TRY 2011 am geringsten und die Durchmischung der Strahlungswerte (Mess- und Rechenwert) mit weniger als

zehn Rechenwerten im Jahresverlauf ebenfalls gering. Diesem Standort und der zugehörigen Klimaregion (Region 4) kommt eine besondere Bedeutung zu. Zum einen ist der Standort Potsdam für die Berechnung der Stromerträge von PV-Anlagen nach EnEV 2014 §5 als Referenzstandort deutschlandweit anzuwenden. Zum anderen ist die Verwendung der Klimadaten von Region 4 für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes im Gebäudesektor nach EnEV 2014 bzw. DIN 4108-2:2013 für große Teile Deutschlands vorgeschrieben und gilt zusätzlich nach DIN V 18599-10 als Referenzklima für Deutschland.

5. Forderungen

Die aktuelle Datenbasis der TRY 2011 und die untersagte Verwendung für Simulationen mit solarthermischen Kollektoranlagen ist aus Sicht von Anwendern branchenübergreifend äußert unbefriedigend. Auf die vom DWD durchgeführte veränderte Deklaration der Datenbasis sollten weitere Schritte folgen. Die nach Auffassung der Autoren notwendigen Schritte werden anschließend erläutert.

5.1. Klarstellung der widersprüchlichen Eignung der TRY 2011

Entsprechend dem aktualisierten Handbuch der TRY 2011 eignen sich die Klimadatenätze zur Anwendung in thermischen Simulationen von Gebäuden. Ausgelöst durch steigende Dämmstandards im Gebäudesektor steigt der Einfluss solarer Gewinne durch verglaste Fassadenflächen auf das Raumklima an. Die Auswirkungen können ganzjährig beobachtet werden. Zum einen beim Heizwärmebedarf über die kalte Jahreszeit (Extrembeispiel Passivhaus), zum anderen beim Kühlbedarf über die warme Jahreszeit (Extrembeispiel vollverglastes Gebäude). Demzufolge sind belastbare Strahlungsdaten, welche Rückschlüsse auf die Strahlungsenergie ermöglichen, als klimatologische Randbedingung für thermische Simulationen im Gebäudebereich unabdingbar. Gleiche Anforderungen an klimatologische Randbedingungen bestehen für die Simulation solarthermischer Kollektoranlagen. Zudem ist das zugrundeliegende Interesse nach den Energieerträgen hinter einer möglicherweise geneigten Glas-scheibe für beide Anwendungsbereiche (Gebäude / th. Kollektor) identisch, ein Unterschied in den physikalischen Gesetzmäßigkeiten der Strahlungsberechnung besteht nicht. Die im Handbuch ausgewiesene Eignung der TRY 2011 in Gebäudesimulationen und die ausdrückliche Nichteignung in Simulationen von solarthermischen Anlagen bedarf einer offiziellen Klarstellung.

Desweiteren ist unklar, wie der DWD die Anwendung der TRY 2011 für die Ertragsberechnung von PV-Anlagen sieht. Seit Inkrafttreten der EnEV 2014 sind derartige Anlagenberechnungen standortunabhängig mit den Klimadaten der Region 4 durchzuführen. Im aktualisierten Handbuch wird zu diesem Anwendungsfall keine Stellung bezogen.

5.2. Überarbeitung der Datensätze in den TRY 2011

Die Datensätze der TRY 2011 erfordern im Umgang mehr Verständnis und Sorgsamkeit vom Anwender entgegen den früheren Versionen aus dem Jahr 1985 und 2004. Eine bloße Verknüpfung des benötigten Datensatzes in der Simulationsumgebung genügt nicht mehr. Entsprechend der Region können die Datensätze der TRY 2011 für Simulationen mit notwendiger Strahlungsberücksichtigung nicht oder erst nach einer vom Anwender vorzunehmenden Modifikation zielführend angewendet werden. Das Potential für Anwendungsfehler ist extrem hoch, weshalb eine zeitnahe zentrale Überarbeitung der Datensätze notwendig ist. Eine Möglichkeit ist im Folgenden für die beiden Problemursachen der TRY 2011 aufgeführt.

a) Instantanwerte der Strahlung

Wie zuvor beschrieben, ist über die Angabe eines stündlichen Instantanwertes der Strahlungsleistung keine Aussage über die Strahlungsenergie im vorausgehenden Zeitintervall möglich. Die Verwendung der in den betroffenen Datensätzen aufgeführten Strahlungsdaten als klimatologische Randbedingung in Simulationen, welche eine Berücksichtigung der Strahlung erfordern, ist nicht gegeben. Zur sicheren Vermeidung einer fehlerhaften Anwendung und die möglicherweise fehlerhafte Interpretation der resultierenden Simulationsergebnisse sollten die Strahlungsdaten aus den betroffenen Datensätzen vom DWD durch Stundenmittelwerte der vorangegangenen Stunde ersetzt werden.

b) Unterschiedliche Bezugszeiten der Datenangaben

Betroffene Datensätze weisen sowohl mittlere Strahlungsleistungen in WOZ als auch instantane Strahlungsleistungen in MEZ auf. Lediglich bei geringer Durchmischung beider Angaben kann eine zielführende Anwendung der betroffenen Datensätze erfolgen. Hierfür ist zum einen die WOZ als Bezugszeit im Strahlungsprozessor durch den Anwender vorzugeben. Zum anderen ist für die Behebung des Zeitversatzes zwischen den Strahlungsdaten und den weiteren klimatologischen Angaben der TRY 2011 eine vorausgehende Bearbeitung der Daten durchzuführen. Zur Wiederherstellung der Anwenderfreundlichkeit und Vermeidung von Anwendungsfehlern sollten die betroffenen Datensätze zentral vom DWD auf eine einheitliche Bezugszeit umgerechnet werden. Es empfiehlt sich die bereits in den TRY 1985 und TRY 2004 verwendete MEZ. Die zielführende Anwendung der bedeutsamen Klimadaten von Region 4 mit der Repräsentanzstation in Potsdam könnte durch das vorgeschlagene Vorgehen erleichtert werden.

5.3. Flagrante Bekanntmachung der Änderungen in den TRY 2011

Bisher erfolgte die Bekanntmachung der vom DWD vollzogenen Neu-Deklaration der TRY-Datenbasis ausschließlich durch eine Aktualisierung des zugehörigen Handbuchs. Als Folge wurde nur eine geringe Anzahl von Anwendern der TRY 2011 über die Veränderungen der Datenbasis und die eingeschränkte Verwendbarkeit der

Datensätze informiert. Eine große Dunkelziffer von Anwendern arbeitet weiterhin mit den TRY 2011 als klimatologische Randbedingung in Simulationen, für die die Datensätze nicht geeignet sind oder ohne die notwendigen Modifikationen bei der Anwendung der Datensätze durchzuführen. Diese Situation sollte schnellst möglich mittels einer flagranten Bekanntmachung der erfolgten Neu-Deklaration verändert werden. Als erste Maßnahme könnte ein deutlicher Hinweis auf der offiziellen Internetseite der TRY erfolgen.

6. Fazit

Die vom DWD im September 2014 veröffentlichte Aktualisierung des Handbuchs entspricht keineswegs einer Richtigstellung der Datenbasis in den TRY 2011 und kann lediglich als fehlerhafte Neu-Deklaration aufgefasst werden. Mit der bisher erfolgten offiziellen Stellungnahme des DWD konnte die beobachtete Ost/West-Verschiebung der Einstrahlungsbeträge geklärt werden. Allerdings haben seither die TRY 2011 ihre gewohnte Anwenderfreundlichkeit eingebüßt sowie Widersprüche in der zweckmäßigen Verwendung erkennen lassen. Zur dringend notwendigen Verbesserung der aktuellen Situation besteht weiterer Handlungsbedarf durch den DWD.

7. Quellen

- | | |
|----------------|--|
| /DWD 2014/ | Deutscher Wetterdienst; Handbuch - Testreferenzjahre von Deutschland für mittlere, extreme und zukünftige Witterungsverhältnisse [online]; aktualisiert im September 2014 [Zugriff am: 27.02.2015]; Verfügbar unter: http://www.bbsr-energieeinsparung.de/EnEVPortal/DE/Regelungen/Testreferenzjahre/Testreferenzjahre/TRY_Handbuch.pdf?__blob=publicationFile&v=2 |
| /Duffie 2006/ | Duffie J. A., Beckmann W. A.; Solar Engineering of Thermal Processes; 3. Auflage; New Jersey: John Wiley & Sons; 2006 |
| /Lam 2014/ | Lam J., Hiller M.; Schwierigkeiten bei der Verwendung der TRY Daten 2011 für Deutschland in der thermischen Simulation; Transsolar Energietechnik GmbH; Veröffentlichung bei BauSIM 2014; 2014 |
| /Schäfer 2015/ | Schäfer K., Mangold D.; Ergebnisse des dreijährigen nationalen Verbundforschungsvorhabens DEZENTRAL; Solites – Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme; Veröffentlichung beim 25. Symposium Thermische Solarenergie; 2015 |
| /TRNSYS/ | Klein S. A. et al.; A Transient System Simulation Program; University of Wisconsin, Madison USA; Software; 2012 |

/WMO 2010/

World Meteorological Organization; Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation; 7. Auflage; aktualisiert im Jahr 2010; Genf: WMO

Teile dieser Veröffentlichung wurden durch das Vorhaben „Dezentrale Einspeisung in Nah- und Fernwärmesysteme unter besonderer Berücksichtigung der Solarthermie“ (FKZ 03ET1039C) mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Die Autoren danken für diese Unterstützung. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.