

# SCHWIERIGKEITEN BEI DER VERWENDUNG DER TRY DATEN 2011 FÜR DEUTSCHLAND IN DER THERMISCHEN SIMULATION

J. Lam<sup>1</sup> und M. Hiller<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Transsolar Energietechnik GmbH, Stuttgart, Germany  
 jlam@transsolar.com, hillier@transsolar.com

## KURZFASSUNG

Im Auftrag des Bundesamts für Bauwesen und Raumordnung (BBR) wurden vom Deutschen Wetterdienst (DWD) neue Testreferenzjahre (TRY) erarbeitet und 2011 veröffentlicht. Dieser Artikel nimmt Bezug auf diese Datensätze und zeigt die uneinheitliche und von der bisher verwendeten Struktur (TRY 1985, TRY 2004) abweichende Aufbereitung der Strahlungsdaten auf.

Die systematische Abweichung wird anhand von Jahreseinstrahlungssummen und Strahlungsdaten an klaren Tagen belegt. Korrekturvorschläge in Abhängigkeit von der Datenerhebung werden hier beschrieben und die Auswirkungen auf Temperatur und Komfortbewertung am Beispiel eines Büroraums mit Ost- bzw. Westfassade untersucht.

## ABSTRACT

On behalf of the German Federal Office for Building and Regional Planning (BBR) new test reference years were developed (TRY) and published in 2011 by Deutscher Wetterdienst (DWD). This article refers to these data sets and shows the non-uniform and changed structure in preparing radiation data compared to previous published data sets (TRY 1985, TRY 2004).

The systematic deviation is demonstrated on the basis of annual radiation sums and radiation data of a clear day. Suggestions for correction depending on the kind of data collection are described. The effects on temperature and thermal comfort evaluation when misusing the weather data sets is shown by examples of office rooms with an east or west facade.

## EINLEITUNG

TRY sind speziell zusammengestellte Datensätze, die für jede Stunde eines Jahres verschiedene meteorologische Daten enthalten. Sie sollen einen mittleren, für das Jahr und eine bestimmte Region typischen Witterungsverlauf repräsentieren. Die Daten dienen als klimatologische Randbedingungen für Simulationen im heizungs- und raumluftechnischen Bereich (vgl. DWD 2011).

Der DWD stellte 1985 zum ersten Mal TRY Datensätze für Deutschland zur Verfügung. Es folgten 2004 und 2011 Neuveröffentlichungen, um die Datensätze den klimatischen Veränderungen in den vergangenen und kommenden Jahren anzupassen. In den 2011 erschienenen Datensätzen wurde u.a. eine strikte Unterscheidung zwischen berechneten und gemessenen Strahlungsdaten als Neuerung eingeführt.

Für die Bewertung des thermischen Komforts, der erforderlichen Leistung und des Energiebedarfs mittels thermischen Gebäudesimulationen sind neben der Lufttemperatur vor allem die solaren Strahlungsdaten entscheidend.

In der thermischen Simulation werden die solaren Strahlungsdaten auf eine horizontale Fläche aus den TRY Daten eingelesen und mit Hilfe von Ort- und Zeitangaben auf beliebig geneigte Flächen umgerechnet.

Bei der Verwendung der TRY Daten 2011 zeigen sich erhebliche Abweichungen in Hinblick auf die Einstrahlung auf eine vertikale Ost- und Westfassade, sowohl im Tagesgang bei klaren Tagen, als auch für die jährliche Einstrahlungssumme.

Diese Ergebnisse stehen im Widerspruch zu dem Erwarteten: eine ungefähr gleiche Einstrahlungssumme für Ost und West. Erfahrungsgemäß treten solche Verschiebungen bei einem falschen Orts- bzw. Zeitbezug auf.

Die nähere Untersuchung dieses Widerspruchs ist aufgrund des, seit Einführung der EnEV 2007 für Nichtwohngebäude und der EnEV 2009 für Wohngebäude, zugelassenen Wärmeschutznachweises durch Simulationen von erheblicher Relevanz. Nach der

EnEV 2014 müssen bedarfsorientierte Nachweise gemäß DIN V 18599 oder DIN 4108 und DIN 4701 erstellt werden. Die neuesten Fassungen dieser Normen beziehen sich auf die 2011 veröffentlichten TRY.

## GRUNDLAGEN

An dieser Stelle werden einige Grundlagen zur Einstrahlungsumrechnung auf vertikale Flächen vorgestellt und im Speziellen auf die Auswirkung eines zeitlichen Versatzes eingegangen.

### Strahlungsberechnung auf vertikale Flächen

In der Literatur finden sich unterschiedliche Gleichungen von verschiedenen Autoren. Die hier vorgestellten Formeln sind Duffie 2006 entnommen.

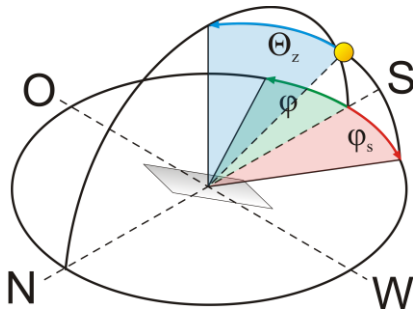


Abbildung 1: Solare Winkeldefinitionen

Bei der Umrechnung der horizontalen Direktstrahlung auf beliebige Oberflächen handelt es sich um eine reine Winkelbeziehung, in der das Verhältnis zwischen dem Einfallswinkel zur Flächennormalen  $\theta_x$  und dem solaren Zenitwinkel  $\theta_z$  verwendet wird.

$$I_{dir,x} = I_{dir,h} \cdot \frac{\cos \theta_x}{\cos \theta_z} \quad (1)$$

Der Einfallswinkel zur Flächennormalen kann für vertikale Flächen mit dem solaren Zenitwinkel und den Azimutwinkeln  $\psi_s$  der Sonne und der Oberfläche  $\psi_k$  dargestellt werden:

$$\cos \theta_x = \sin \theta_z \cos(\psi_s - \psi_k) \quad (2)$$

Der solare Azimut kann nach Gleichung (3) berechnet werden.

$$\sin \psi_s = \frac{\cos \delta \sin \omega}{\sin \theta_z} \quad (3)$$

Der solare Zenitwinkel tritt also verschachtelt mehrfach in der Gleichung (1) auf. Er wird berechnet mit

Gleichung (4) und ist abhängig vom Breitengrad  $\phi$ , der Deklination  $\delta$  und dem Stundenwinkel  $\omega$ :

$$\cos \theta_z = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos \omega \quad (4)$$

Eine zeitliche Verschiebung wirkt sich nach Gleichung (5) direkt auf den Stundenwinkel aus und hat damit seine größte Auswirkung auf den Zenitwinkel zu Beginn und zum Ende des Tages (größte Steigung von  $\cos \eta$ ), im März und Oktober ( $\delta \rightarrow 0^\circ$ ) und umso näher der Ort am Äquator ( $\phi \rightarrow 0^\circ$ ) liegt.

$$\eta = 15^\circ \cdot (WOZ - 12) \quad (5)$$

Die wahre Ortszeit  $WOZ$  gibt für einen Ort die tatsächliche Zeit nach dem Sonnenverlauf an. Der solare Mittag ist nach diesem Zeitsystem exakt um 12:00 Uhr. Die Umrechnung der wahren Ortszeit in die Zonenzeit wird im Wesentlichen von der Differenz des Längengrads des Untersuchungsorts  $L_x$  und des Standardmeridians  $L_{st}$  bestimmt.

$$WOZ - \text{Zonenzeit} = 4 \cdot (L_{st} - L_x) + E \quad (6)$$

Sie ist außerdem abhängig von der Zeitgleichung  $E$ , die jahreszyklische Abweichungen durch die elliptische Erdumlaufbahn und der schiefen Erdachse ausgleicht. Für die gebäudetechnische Anwendung ist folgende Näherungsgleichung nach Spencer ausreichend (vgl. Duffie 2006).

$$E = (229.2(0.000075 + 0.001868 \cos(B) - 0.032077 \sin(B) - 0.014615 \cos(2B) - 0.04089 \sin(2B))) \quad (7)$$

Worin  $B$  mit Gleichung (8) gegeben ist und  $n$  der Tag des Jahres bei fortlaufender Nummerierung ist.

$$B = (n - 1) \frac{360}{365} \quad (8)$$

## DEFINITION DES ZEITBEZUGS

Wetterdatensätze enthalten unterschiedliche meteorologische Messgrößen. Aufgrund ihrer unterschiedlichen Eigenschaften werden sie in den Datensätzen unterschiedlich kodiert und können eine andere Bezugszeit haben.

Strahlungsdaten werden üblicherweise als Mittelwerte der vergangenen Zeitperiode angegeben (vgl. WMO 2012). Entscheidend für die richtige Zuordnung der Strahlungsdaten ist außerdem die Information, ob es sich bei der Bezugszeit um die lokale Zeit oder um die wahre Ortszeit handelt, da beide Varianten in der Praxis Anwendung finden (vgl. VDI 6007 2012).

Das Handbuch für die TRY 2011 (DWD 2011) formuliert die Angabe der direkten Sonnenstrahlung folgendermaßen: „Stundenmittelwerte in  $\text{W/m}^2$  wurden aus dem ursprünglichen Bezugssystem der Wahren Ortszeit (WOZ) auf die volle Stunde in MEZ interpoliert. Berechnete Werte wurden zur vollen Stunde in MEZ bestimmt.“ Nach dieser Aussage und vor dem Hintergrund, dass es sich dabei um den wortgleichen Text wie im Handbuch für die TRY 2004 (Christoffer 2004) handelt, ist davon auszugehen, dass es sich bei den Strahlungsdaten um Mittelwerte der vergangenen Stunde in MEZ handelt.

Die VDI 6007 Blatt 1 2012 interpretiert den Bezugszeitpunkt der TRY Strahlungsdaten auf diese Weise: „Anmerkung zur zeitlichen Zuordnung der Klimadaten im TRY: Die zeitliche Zuordnung im Try gilt für MEZ [...] Die Daten eines Termins (z.B. 12.00 Uhr) sind dabei als Mittelwerte der vergangenen Stunde (also zwischen 11.00 Uhr und 12.00 Uhr) zu interpretieren [...]“

## SIMULATION STRAHLUNG

Die DIN V 18599 gibt in Anhang E jährliche Einstrahlungssummen auf verschieden orientierte Oberflächen für alle TRY 2011 Datensätze an. Die Tabelle 1 zeigt einen Auszug aus diesem Anhang. Dieser gibt die jährliche Einstrahlung auf ost- bzw. westorientierte, um  $90^\circ$  geneigte Oberflächen für Datensätze der Regionen 10 und 12 an. Diese weisen aufgrund der unterschiedlichen Datenerhebung (berechnete Strahlungsdaten TRY 10 Hof, gemessene Strahlungsdaten TRY 12 Mannheim), strukturelle Unterschiede auf.

Tabelle 1: Auszug aus DIN V 18599 Anhang E

Orien- tierung	Nei- gung	TRY 10 Hof $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	TRY 12 Mannheim $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
Ost	$90^\circ$	715	726
West	$90^\circ$	548	576

Die jährlichen Einstrahlungssummen für die Regionen 10 und 12 auf eine vertikale Ost- und Westfläche berechnet mit Trnsys 17.1 sind in Tabelle 2 dargestellt. Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass die TRY 2011 Strahlungsdaten für die vergangene Stunde nach MEZ gelten und es wird das Diffusstrahlungsmodell nach Perez 88 angewandt.

Tabelle 2: Berechnete jährliche Einstrahlung mit TRNSYS 17

Orien- tierung	Nei- gung	TRY 10 Hof $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	TRY 12 Mannheim $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
Ost	$90^\circ$	717	770
West	$90^\circ$	542	589

Es können ähnliche Ergebnisse, wie in DIN V 18599 Anhang E gegeben, erzielt werden. Deutlich zu erkennen ist die oben angesprochene Abweichung in der Jahreseinstrahlungssumme zwischen Ost- und Westfläche.

Dies war Anlass die TRY 2011 näher zu untersuchen und Parametervariationen durchzuführen. Die hier vorgestellten Ergebnisse zeigen, dass vermutlich ein anderer Zeitbezug für die TRY 2011 Datensätze im Vergleich zu ihren Vorgängern gewählt wurde. Dabei wurde zwischen berechneten und gemessenen Strahlungsdaten unterschieden.

Im Folgenden wird anhand der Berechnung der Direktstrahlung für ein TRY mit berechneten (Region 10) und für ein TRY mit gemessenen Strahlungsdaten (Region 12) der vermutete Zeitbezug in den TRY 2011 aufgezeigt.

Die Berechnung wurde dabei mit minütlichen Zeitschritten durchgeführt, entsprechend wurde die Einstrahlung zwischen den Stunden interpoliert.

### Region 10 – berechnete Strahlungsdaten

Die Region 10 repräsentiert die südöstlichen Mittelgebirge bis 1000 m. Es handelt sich, um einen Wetterdatensatz mit berechneten Strahlungsdaten nach VDI 3789-2 1994.

Die Abbildung 2 zeigt den Tagesverlauf der Direktstrahlung am 30. März auf die horizontale Ebene und auf vertikale nach Süden, Osten sowie Westen zugewandte Oberflächen.

Die Kurven mit durchgezogenen Linien wurden unter der Annahme berechnet, dass die angegebene horizontale Direktstrahlung für die vergangene Stunde gilt. Zu erkennen ist eine ungleiche Verteilung der Einstrahlung auf Ost- und Westfläche. Während die nach Westen orientierte Oberfläche eine Einstrahlung von  $2.5 \text{ kWh/m}^2$  aufweist, fällt lediglich  $1.2 \text{ kWh/m}^2$  auf die Ostfläche. Noch deutlicher ist der Unterschied im Tagesmaximum zu erkennen, diese unterscheiden sich um ca.  $230 \text{ W/m}^2$ .

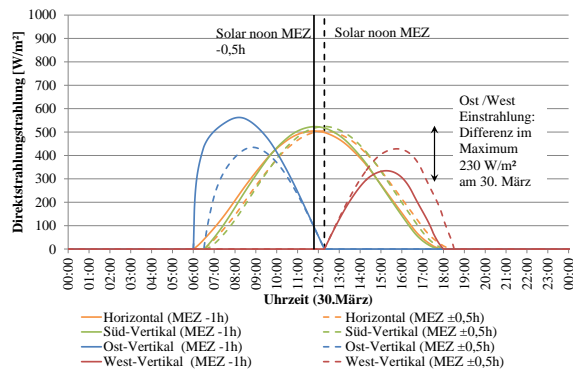


Abbildung 2: Vergleich unkorrigierter und korrigierter Direktstrahlung TRY 2010 Region 10 Hof

Eine einfache Möglichkeit, die zeitliche Zuordnung der Daten zu prüfen, ist die Berechnung des solaren Mittags (Gleichung 6 mit  $WOZ=12$  h). An klaren Tagen tritt das Tagesmaximum der Direktstrahlung auf die Horizontale im solaren Mittag auf. Die Abbildung 2 zeigt, dass das Maximum um genau 30 min zu früh eintritt. Das legt den Schluss nahe, dass es sich bei den Strahlungsdaten in den TRY mit berechneten Strahlungsdaten (Regionen 1, 5, 6, 7, 8, 10, 13, 14, 15) um Mittelwerte für das Zeitintervall  $-0.5$  h bis  $+0.5$  h der angegebenen Zeit handelt. Entsprechend kann die Korrektur über eine Verschiebung der Daten um 30 Minuten durch richtige Interpretation oder Interpolation auf die volle Stunde erfolgen.

Die gestrichelten Linien zeigen die Strahlungsverläufe, wenn die Strahlungsdaten als Mittelwert im Intervall  $\pm 0,5$  h um der angegebenen Zeit interpretiert werden. Das Maximum der Einstrahlung auf die Horizontale und auf eine südliche um  $90^\circ$  geneigte Fläche tritt dann im solaren Mittag auf. Die Tagessumme und das Maximum der Direktstrahlung auf die vertikalen Ost- und Westflächen sind annähernd gleich mit  $1,7 \text{ kWh/m}^2$  bzw.  $430 \text{ W/m}^2$ .

### Region 12 – gemessene Strahlungsdaten

Wie bereits oben erwähnt, wird zwischen gemessenen und berechneten Strahlungsdaten unterschieden. Im Folgenden wird am Beispiel der Region 12 gezeigt, inwiefern sich der Zeitbezug der gemessenen von den berechneten Strahlungsdaten unterscheidet. Das TRY für die Region 12 repräsentiert u.a. Oberrheingraben und unteres Neckartal Wetterau.

Die durchgezogenen Linien in Abbildung 3 zeigen die Verläufe der solaren Einstrahlung auf verschieden orientierte Oberflächen am 14. Juni nach TRY 12, wenn die Strahlungsdaten als Mittelwerte der vergangenen Stunde nach MEZ interpretiert werden. Es ist zu erkennen, dass der solare Mittag nach MEZ (12:25:45 Uhr) die Kurve der Direktstrahlung auf die horizontale Ebene zu spät schneidet. Zu erwarten ist, dass an einem klaren Tag der solare Mittag mit dem

Scheitelpunkt der Horizontalstrahlung zusammenfällt. Das Maximum der Horizontalstrahlung wird exakt um 12:00 Uhr erreicht. Dies legt den Schluss nahe, dass die Bezugszeit dieser Daten die WOZ ist.

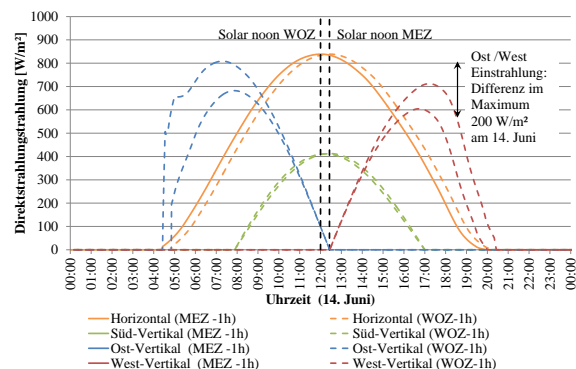


Abbildung 3: Vergleich unkorrigierter und korrigierter Direktstrahlung TRY 2010 Region 12 Mannheim

Der zeitliche Versatz führt an diesem Tag zu einer ungleichen Verteilung der Einstrahlung auf ost- und westorientierte Oberflächen. Die Tagessumme der Einstrahlung auf die nach Osten orientierte Fläche beträgt  $4.5 \text{ kWh/m}^2$ , während lediglich  $2.7 \text{ kWh/m}^2$  auf die nach Westen orientierte Oberfläche treffen. Deutliche Auswirkungen hat die Verschiebung ebenfalls auf die Differenz der Tagesmaxima auf Ost und West, diese unterscheiden sich um  $200 \text{ W/m}^2$ .

Es wird analog zu der Vorgehensweise bei Datensätzen mit berechneten Strahlungsdaten eine zeitliche Verschiebung der Horizontalstrahlung vorgenommen. Die Verschiebung von WOZ in MEZ erfolgt mit Hilfe von Gleichung (6) und ist im vorliegenden Beispiel  $25,75$  min. Das Maximum der direkten Horizontalstrahlung tritt danach am solaren Mittag nach MEZ auf. Nach diesem Vorgehen weisen die Einstrahlungssummen auf die Ost- bzw. Westoberflächen etwa den gleichen Wert von  $3,5 \text{ kWh/m}^2$  auf. Der Unterschied im Tagesmaxima liegt mit  $30 \text{ W/m}^2$  ebenfalls in einem realistischen Bereich.

Problematisch an den Datensätzen mit gemessenen Strahlungsdaten sind außerdem abgeschnittene Sequenzen am Tagesbeginn oder Tagesende je nach Verschiebung am entsprechenden Tag. Am Beispiel 14. Juni in Region 12 kann beobachtet werden, dass die Direktstrahlung am Tagesanfang abrupt ansteigt und die Umrechnung der Strahlung auf die vertikale Ostfläche am Tagesbeginn dadurch einen ungewöhnlichen Verlauf aufweist.

Es wird vermutet, dass die Strahlungsdaten in Abhängigkeit vom Sonnenstand korrigiert wurden und bereits im Nachbearbeitungsprozess des Datensatzes angenommen wurde, dass die Strahlungsdaten nach MEZ vorliegen. Dadurch sind Konflikte zwischen Sonnenposition und gemessener



Einstrahlung aufgetreten, die durch Entfernen der Sequenzen vor Sonnenaufgang bzw. nach Sonnenuntergang behoben wurden.

Die Problematik mit den gelöschten Sequenzen lässt sich mit den zur Verfügung stehenden Datensätzen nur aufwändig und ungenau lösen, daher wurde hier darauf verzichtet.

### Andere TRY mit gemessenen Strahlungsdaten

Die Wetterdatensätze für die TRY-Regionen 2, 3, 4, 9, 11, 12 beinhalten gemessene Datensätze. Die Abbildung 4 zeigt die durchschnittliche, minimale und maximale Abweichung zwischen MEZ und WOZ der TRY-Regionen mit gemessenen Strahlungsdaten.

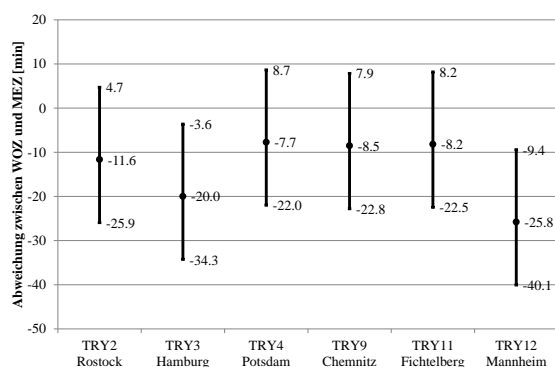


Abbildung 4: Differenz zwischen WOZ und MEZ für alle TRY Regionen mit gemessenen Strahlungsdaten

Im Durchschnitt ist die zeitliche Verschiebung geringer als in den Datensätzen mit berechneten Strahlungsdaten (30 min). Die Datensätze für die westlich gelegenen Referenzorte TRY 3 und TRY 12 weisen an einigen Tagen größere Verschiebungen als 30 min auf.

### Vergleich der Jahreseinstrahlungssummen

Der Wetterdatensatz für Potsdam TRY 4 ist von besonderer Bedeutung, da er als neuer Referenzstandort für die Berechnung der Stromerträge von PV-Anlagen nach EnEV 2014 §5 deutschlandweit verwendet wird, nach der DIN V 18599-10 als Referenzklima für Deutschland gilt und für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach EnEV 2014 bzw. DIN 4108-2:2013 für einen großen Teil Deutschlands verwendet wird. Dieser Datensatz weist günstigerweise den geringsten Zeitversatz von allen TRY auf.

Dennoch ist auch beim Datensatz für Potsdam in der Jahressumme der Einstrahlung auf vertikale Ost- und Westfläche ein signifikanter Unterschied festzustellen. Die Abbildung 5 zeigt die Jahressummen der globalen Einstrahlung auf die Horizontale, die Ost- und Westfläche für die TRY 4,

10, 12 und im Vergleich die Jahressummen (schraffiert) mit korrigierter Anwendung der Daten. Dargestellt ist außerdem die Differenz zwischen der Einstrahlung auf die Ost- und Westfläche in kWh/(m²a).

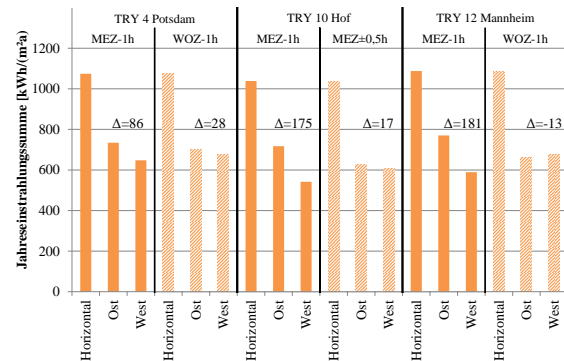


Abbildung 5: Jahreseinstrahlungssummen auf die Horizontale und auf 90° geneigte Oberflächen nach Ost und West für TRY 4, 10 und 12

Die Differenz der Einstrahlung auf Ost- und Westfläche im Wetterdatensatz für Potsdam ist 86 kWh/(m²a). Nach der zeitlichen Korrektur weist der Datensatz eine verringerte Differenz von 28 kWh/(m²a) auf. Aufgrund der Nähe von Potsdam zum Standardmeridian sind bei diesem Datensatz die geringsten Abweichungen zu erwarten.

Der Wetterdatensatz TRY 10 mit dem Referenzort Hof weist ohne Korrektur eine Differenz von 175 kWh/m² auf. Bei vorgeschlagener Anwendung der Daten beträgt der Unterschied nur 17 kWh/m². Aufgrund der konstanten zeitlichen Verschiebung in TRY-Datensätzen mit berechneten Strahlungsdaten ist dieser Datensatz repräsentativ für die Auswirkungen einer inkorrekten Anwendung der Strahlungsdaten auf alle anderen TRY-Wetterdatensätze mit berechneten Daten.

Für TRY 12 weist die Verschiebung den größten Effekt auf. Der Unterschied in der Differenz der Ost-West-Einstrahlung liegt bei 181 kWh/m² und nach der Verschiebung der Daten nur noch bei -14 kWh/m².

## SIMULATION BÜRORAUM

In diesem Abschnitt sollen die Auswirkungen einer fehlerhaften Interpretation des Zeitbezugs der Strahlungsdaten auf die Ergebnisse einer Gebäudesimulation und der daraus abgeleiteten Erkenntnisse verdeutlicht werden. Es wird anhand eines Beispielbürorums der Einfluss der Missinterpretation der Strahlungsdaten auf die operative Raumtemperatur gezeigt.

Die Simulation wurde mit TRNSYS 17.1 durchgeführt, jeweils für die Fassadenorientierungen West bzw. Ost, sowie mit den Wetterdatensatz für die Region 10 Hof.

## Randbedingungen

Bei der simulierten Zone handelt es sich um einen 4x5 m<sup>2</sup> großen Raum eines modernen Bürogebäudes mit einer Lichtenraumhöhe von 3 m. Es wurde jeweils ein Raum mit Ost- bzw. Westfassade berechnet (s. Abbildung 6).

Die simulierten Räume haben hochgedämmte Außenwände und Dächer, die einen U-Wert von 0.15 W/m<sup>2</sup>K aufweisen. Die Fassadenseiten haben jeweils einen Verglasungsanteil von 75 % mit einer Dreifach-Sonnenschutzverglasung ( $g = 0.4$ ;  $U_g = 0.7$  W/m<sup>2</sup>K) und einem außenliegenden Sonnenschutz ( $F_c = 0.3$ ). Dieser wird ab einer Strahlungsintensität von 150 W/m<sup>2</sup> in der Fassadenebene aktiviert.

Es wird von einer Belegung mit 2 Personen à 70 W und internen Lasten (2 PCs, etc.) von 10 W/m<sup>2</sup>, jeweils mit dem Belegungsplan bzw. Auslastungsplan nach SIA 2024:2006 3.1 ausgegangen ohne eine Verschiebung durch die Sommerzeit zu berücksichtigen. Die künstliche Beleuchtung ist mit 10 W/m<sup>2</sup> berücksichtigt und wird tageslichtabhängig geschaltet.

Für die Beispielsimulation wird eine einseitige Fensterlüftung mit einem belegungsabhängigen Luftwechsel von 35 m<sup>3</sup>/Person/h angenommen.

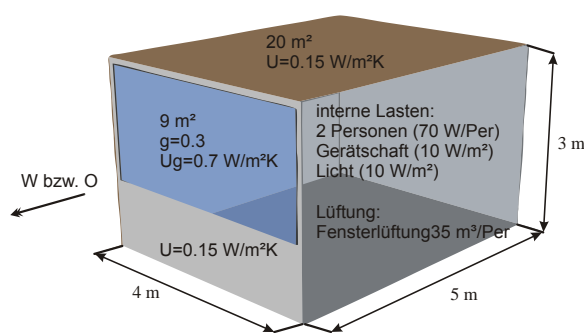


Abbildung 6: Randbedingungen für das Beispielsbüro

## Simulationsergebnisse

Die Abbildung 7 zeigt den Temperaturverlauf der Außentemperatur und der Büroräume am 9. Juli. Deutlich zu erkennen ist, dass die operative Temperatur im Ostbüro mit dem missinterpretierten Wetterdatensatz früher ansteigt und höhere Temperaturen erreicht werden. Auch beim Westbüro kann ein deutlicher Unterschied festgestellt werden. In dem Raum, der unter korrigierten

Wetterbedingungen simuliert wurde, ist die operative Temperatur über den gesamten Tag höher. Die zusätzlichen solaren Gewinne am Nachmittag führen zu einem wachsenden Temperaturunterschied.

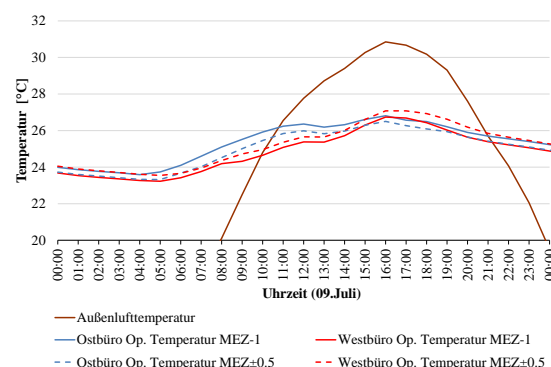


Abbildung 7: Temperaturverläufe am 09. Juli im Beispielsbüro

Die Abbildung 8 zeigt die Temperaturstatistiken für alle simulierten Fälle. Aufgeführt sind sowohl die Anzahl der Stunden, in der operative Temperaturen über 26°C, 27°C, etc. auftreten, als auch die Maximaltemperatur in der Betriebszeit. Für das Ostbüro werden bei Missinterpretation der Strahlungsdaten 201 h über 26 °C gezählt, während für das Westbüro in nur 116 h mehr als 26 °C ausgewiesen werden. Die maximalen Temperaturen unterscheiden sich um 0.5 K.

Die Ergebnisse in den Simulationen mit korrigierter Anwendung, nach oben beschriebenen Verfahren, zeigen, dass eine operative Raumtemperatur über 26 °C im Ost- und im Westbüro in etwa gleichhäufig auftritt. Die maximale Temperatur unterscheidet sich um 1,2 K.

Die Temperaturstatistik zeigt den enormen Einfluss der zeitlichen Verschiebung der Strahlungsdaten um 30 min. Die Verschiebung hätte eine unterschiedliche Bewertung der Büroräume zur Folge, so dass der sommerliche Komfort in den Ostbüros kritischer, als der in den Westbüros, bewertet wird. Dies widerspricht dem Erwarteten: Westbüros sind aufgrund der höheren Außentemperatur am Nachmittag, der ansteigenden Gebäudetemperatur über den Tag und der dann einfallenden direkten Einstrahlung, überhitzungsanfälliger.

	max. Temperatur	Anzahl Stunden				
		über 26 °C	über 27 °C	über 28 °C	über 29 °C	über 30 °C
Außentemperatur	30.9 °C	48	22	12	6	4
Ostbüro MEZ-1	29.1 °C	201	110	33	4	0
Westbüro MEZ-1	28.6 °C	116	42	5	0	0
Ostbüro MEZ±0.5	28.4 °C	152	73	10	0	0
Westbüro MEZ±0.5	29.2 °C	161	74	11	3	0

Abbildung 8: Temperaturstatistik für das Beispielsbüro

Die Ergebnisse zeigen, dass die Missinterpretation der Strahlungsdaten einen erheblichen Einfluss auf eine Gebäudebewertung haben kann.

Es wurde daher beim Herausgeber der Datensätze, um eine Klarstellung der Datenaufbereitung gebeten. Trotz mehrmaliger Kontaktaufnahme in den vergangenen Jahren gibt es noch keine offizielle Stellungnahme von Seiten des DWDs. Es ist daher hervorzuheben, dass die in diesem Artikel vorgestellte empfohlene Anwendung der Daten auf Basis eigener Erkenntnisse beruht und bisher keine offizielle Bestätigung der Vorgehensweise erfolgt ist.

Aufgrund des letzten Schriftverkehrs kann darauf geschlossen werden, dass die beschriebene Problematik beim DWD erkannt wurde und ernstgenommen wird. Die jüngsten Bemühungen lassen auf eine Lösung des Problems hoffen. Es bleibt abzuwarten, ob eine Reaktion, in Form eines korrigierten Datensatzes oder einer transparenten Dokumentation der Datenaufbereitung erfolgt.

## ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Beitrag werden die Schwierigkeiten bei der Anwendung der 2011 veröffentlichten TRY Datensätze diskutiert. Die unterschiedliche Aufbereitung gemessener und berechneter Strahlungsdaten, sowie der ungewöhnliche Zeitbezug ist bspw. für Simulationen eine wahrscheinliche Fehlerquelle.

Es wird zum einen gezeigt, aufgrund welcher Indikatoren auf einen veränderten Zeitbezug geschlossen werden konnte und zum anderen, wie aus Sicht der Autoren der Zeitbezug zu interpretieren ist.

Die Strahlungsdaten von 1985 und 2004 hatten sich jeweils auf die MEZ, sowie die vorangegangene Stunde („Endzeit“) bezogen. In den TRY 2011 Daten scheinen für TRY Regionen mit gemessenen Daten die wahre Ortszeit, sowie die vorangegangene Stunde die Bezugsgröße zu sein, während sich die berechneten Strahlungsdaten auf die MEZ, jedoch mit dem Zeitintervall -0.5 h bis +0.5 h, beziehen.

Die Auswirkungen einer falschen Anwendung der TRY werden anhand einer Gebäudesimulation beispielhaft dargestellt. Die Missinterpretation des Zeitbezugs der Strahlungsdaten kann einen signifikanten Einfluss auf die Simulationsergebnisse und damit auf die Bewertung von Gebäuden haben.

## LITERATUR

- Christoffer J. et. Al 2004, Testreferenzjahre von Deutschland für mittlere und extreme Witterungsverhältnisse TRY, DWD, Offenbach am Main, Deutschland
- DIN 4108 2013, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Beuth Verlag, Berlin, Deutschland
- DIN 4701 2003, Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen, Beuth Verlag, Berlin, Deutschland
- DIN V 18599 2011, Energetische Bewertung von Gebäuden, Beuth Verlag, Berlin, Deutschland
- Duffie J. A. und Beckman W.A. 2006, Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley & Sons, USA
- DWD 2011, TRY 2011 Handbuch, Deutschland
- EnEV 2007, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2007 Teil I Nr. 34, Bonn, Deutschland
- EnEV 2009, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2009 Teil I Nr. 23, Bonn, Deutschland
- EnEV 2014, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2013 Teil I Nr. 67, Bonn, Deutschland
- Klein, S.A. et al. 2012. TRNSYS 17.1: A Transient System Simulation Program, SEL, University of Wisconsin, Madison USA
- SIA Merkblatt 2024 2006, Standard-Nutzungsbedingungen für die Energie- und Gebäudetechnik
- VDI 3789-2 1994, Umweltmeteorologie – Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und Oberflächen - Berechnung der kurz- und der langwelligen Strahlung, Beuth Verlag, Berlin, Deutschland
- VDI 6007-1 2012, Berechnung des instationären thermischen Verhaltens von Räumen und Gebäuden, Beuth Verlag, Berlin, Deutschland
- WMO 2012, WMO-No.8 Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation 2008 edition, updated 2010, Genf, Schweiz