

Building Design Days + Energy

Heizung und Kühlung realitätsnah am extremen Tagesgang dimensionieren

Teil 1: Wie aus stündlichen Klimadaten sichere Design Days für Winter, Sommer und Energie werden.

Building Design Days + Energy ist eine neue Methode, mit der Gebäude und deren Räume genauer und realitätsnäher als mit bisherigen Verfahren energetisch dimensioniert werden können.

In den sechs Beiträgen dieser Serie erläutern wir, wie damit Heizung, Kühlung, Energiebedarf, Wärmepumpen und PV-Systeme effizient geplant werden können. Teil 1 zeigt, wie aus wenigen Klimaparametern stündliche Datensätze entstehen (Climate Design Days), die den stündlichen Originalklimadaten in Extrem, Häufigkeit und Summe entsprechen.

Entwerfen am Tagesgang

Bislang übliche konventionelle Verfahren der Dimensionierung von Heizung und Kühlung basieren auf einem Spitzenwertdenken. Bei diesen Verfahren erhält man je einen Spitzenwert aus der Heizlastberechnung und der Kühllastberechnung. Diese Werte werden für die Dimensionierung von Heizung und Kühlung verwendet. Das Resultat ist in der Regel eine Überdimensionierung der Anlagen, eine nachhaltige Dimensionierung erfolgt nicht. Für die Methode Building Design Days + Energy (BDD+E, Überblick siehe Kasten auf S. 12) wurde ein neuer Ansatz gewählt: Am Tagesgang verstehen und dimensionieren. Das heißt, zur Bewertung und Dimensionierung der Heizung und Kühlung benötigt man nur den extremen Tagesgang. Dabei gilt: Wenn die Dimensionierung von Heizung bzw. Kühlung am jeweiligen extremen Tag passt, dann passt sie für das ganze Jahr.

Schwierig ist die Festlegung, zu welchem Zeitpunkt im Klimadatensatz (Jahresgang) dieser extreme Tag (extremer Wintertag für Heizung, extremer Sommertag für Kühlung) stattfindet, denn in einem Klimadatensatz, der auf realen Messdaten basiert, ist eine starke stündliche Fluktuation der Werte zu beobachten. Daher arbeiten wir mit systematisierten Climate Design Days (CDD): Sie bilden das Klima prinzipiell und nachvollziehbar hinreichend genau ab. Mittels BDD+E wird die Heizung am extremen Wintertagesgang, die Kühlung am extremen Sommertagesgang dimensioniert. Die Climate Design Days stellen dafür die ideale Klimarandbedingung zur Verfügung.

Climate Design Days

Die wesentliche Randbedingung zur Auslegung der Heizung und Kühlung ist neben den relevanten Gebäudeeigenschaften das am Standort herrschende Klima. Die Climate Design Days liefern diese Randbedingung als idealisierten schematischen Klimadatensatz.

Der Nutzen besteht darin, einen einzigen schematisch-prinzipiellen Klimastandpunkt verwenden zu können anstatt eines von hoher Variabilität gekennzeichneten realen Klimadatensatzes. Ein weiterer Vorteil ist, dass der CDD-Datensatz mit sehr geringem Aufwand an eigene Erfordernisse angepasst werden kann. Das erlaubt ein schnelles Prüfen von „was-wäre-wenn“-Szenarien für das angesetzte Klima oder ein Klima unter Klimawandelbedingungen.

Erstellen und Nutzen von Climate Design Days

Zur Erstellung der Climate Design Days wird auf Basis messdatengenerierter Datensätze – z. B. TRY (test reference year), PVGIS (photovoltaic geographical information system) usw. – aus wenigen Eingabeparametern ein systematisierter (prinzipieller) Verlauf von Klimagrößen wie Außentemperatur, solare Global- und Direktstrahlung und Feuchte erzeugt.



Dipl. Phys.-Ing. Andreas Lahme, Gründer und Geschäftsführer alware Ingenieurbüro für Bauphysik und Simulation von Gebäuden und Energiekonzepten, Braunschweig

Die Serie in sechs Teilen

Teil 1: Climate Design Days (CDD) – Erstellen eines systematisierten Klimadatensatzes über wenige Parameter sowie Vergleich mit dem Originaldatensatz und den Normvorgaben.

Teil 2: Dimensionierung der Heizung mittels BDD+E und Vergleich zur Heizlastberechnung.

Teil 3: Dimensionierung der Kühlung mittels BDD+E und Vergleich mit der Kühllastberechnung.

Teil 4: Berechnung der Jahresenergie für Heizung und Kühlung mittels BDD+E im Vergleich zum GEG.

Teil 5 und 6: Einblicke in die Dimensionierung von Wärmepumpen und PV-Anlagen (z. B. Balkonkraftwerke) mittels BDD+E.

Tabelle 1 Außenlufttemperatur – Designparameter der Climate Design Days im Vergleich

Klimadaten Ort: Potsdam				Außenlufttemperatur								
				Design Parameter								
Ziel	Jahr	Beschreibung	Region	Winter			Sommer			Jahr	Monat	
				T x win	T m d win	t x win	T x som	T m d som	t x som			
				°C	°C	–	°C	°C	–			
1. heute	2020	CDD, TRY 04, Potsdam	TRY 04, extrem	–15,5	–11,9	6	35,9	28,4	15	9,2	4,83	
2. Heizlast	2024-12	DIN EN 12831	Potsdam	–12,5	–12,5					9,6		
3. Kühllast	2015-06	VDI 2078	KLZ 3: Juli				33,0	25,0	15			
4. Energie	2018-09	DIN EN 18599 für GEG	TRY 04, normal	–12,0	–12,0		25,0	25,0		9,5		
5. Komfort	2013-02	DIN 4108-2	Region B, TRY 04, normal	–13,4	–9,4	7	35,4	26,5	15	9,5	3,48	
6. Zukunft	2035	CDD, TRY 04, Potsdam	TRY 04, extrem	–9,8	–8,1	6	37,3	28,8	15	10,8	3,90	

Tabelle 2 Globaleinstrahlung – Designparameter der Climate Design Days im Vergleich

Klimadaten Ort: Potsdam				Globaleinstrahlung									
				Design Parameter									
Ziel	Jahr	Beschreibung	Region	Winter			Sommer			Jahr		Ergebnis	
				Gh win	t x win	fD win	Gh som	t x som	fD som	Gh m y	dGh	Design	TRY
				W/m ²	–	–	W/m ²	–	–	W/m ²	/mon	kWh/m ² a	kWh/m ² a
1. heute	2020	CDD, TRY 04, Potsdam	TRY 04, extrem	21	12	0,85	900	12	0,19	391	113	1.109	1.141
2. Heizlast	2024-12	DIN EN 12831	Potsdam	0									
3. Kühllast	2015-06	VDI 2078	KLZ 3: Juli				927						
4. Energie	2018-09	DIN EN 18599 für GEG	TRY 04, normal	0			927					1.072	
5. Komfort	2013-02	DIN EN 4108-2	Region B, TRY 04, normal	33	12	0,99	852	12	0,19	388	103	1.075	1.075
6. Zukunft	2035	CDD, TRY 04, Potsdam	TRY 04, extrem	21	12	0,90	850	12	0,15	394	105	1.096	1.143

Tabelle 3 Feuchte – Designparameter der Climate Design Days im Vergleich

Klimadaten Ort: Potsdam				Außenluftfeuchte					
				Design Parameter					
Ziel	Jahr	Beschreibung	Region	Winter		Sommer		Jahr	
				x x win	h x win	x x som	h x som	x m y	dx
				g/kg	kJ/kg	g/kg	kJ/kg	g/kg	/Mon
1. heute	2020	CDD, TRY 04, Potsdam	TRY 04, extrem	1,3	–8,5	13,7	59,6	6,0	1,36
2. Heizlast	2024-12	DIN EN 12831	Potsdam						
3. Kühllast	2015-06	VDI 2078	KLZ 3: Juli			12,5	65,2		
4. Energie	2018-09	DIN EN 18599 für GEG	TRY 04, normal						
5. Komfort	2013-02	DIN 4108-2	Region B, TRY 04, normal	1,5	–4,1	14,3	61,5	6,2	1,13
6. Zukunft	2035	CDD, TRY 04, Potsdam	TRY 04, extrem	1,7	–3,0	13,9	60,5	6,3	1,05

Legende Formelzeichen:

T °C Außenlufttemperatur
 Gh W/m² Globaleinstrahlung, horizontal
 fD – Diffusanteil
 x g/kg Feuchtebelastung
 h kJ/kg Enthalpie

Index:

x extrem
 m mittel

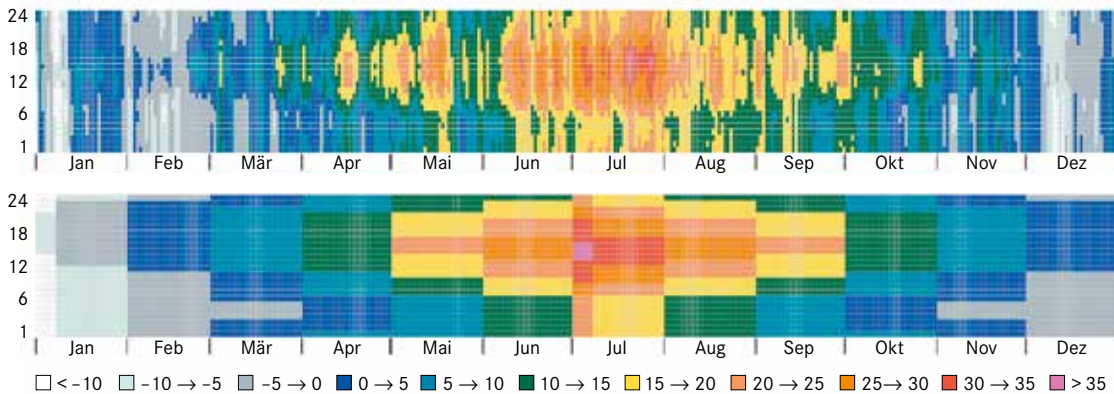
Zeitlich:

d daily
 y yearly
 mon monthly
 win Winter
 som Sommer

Prefix:

d Delta, Differenz, Änderung

Außenlufttemperatur in °C



① Die Teppichdarstellungen zeigen jeden Außentemperaturwert der 8.760 h des Jahres aufgeteilt nach 365 Tagen (x-Achse) und Tageszeit (y-Achse). Je nach Größe wird der Zeitpunkt in der entsprechenden Farbe dargestellt. Die Originaldaten zeigen eine hohe Variabilität, während die Design Days systematisch dieselbe Häufigkeit abbilden. Typischerweise wird der extreme Design Day Winter für eine Woche im Januar, der extreme Design Day Sommer für eine Woche im Juli platziert und durch die mittleren monatlichen Design Days ergänzt.

Meteorologen haben aus stündlichen Messwerten vergangener Jahre aktuelle Klimadaten erstellt und künftige Werte unter Klimawandeleinfluss berechnet. Die Methode Climate Design Days (CDD) erzeugt daraus jeweils einen extremen Winter- und Sommertag sowie typische Monatstage. Aus den 8.760 h eines Jahres werden so eine überschaubare Anzahl repräsentativer Tage (zwei für den extremen Winter und Sommer sowie sieben für normale mittlere Monate) abgeleitet und wieder zu einem Jahr zusammengesetzt. Spitzenwerte und Häufigkeitsverteilungen bleiben damit erhalten.

Planer müssen sich lediglich auf die 24 h der beiden Extremtage konzentrieren und erhalten verlässliche Grundlagen für die Heiz- und Kühldimensionierung sowie Lastgang, Häufigkeit und Energie. CDD liefern Temperatur, Strahlung und Feuchte und ermöglichen u. a. die Berechnung von Wärmepumpenteillast, Entfeuchtungsleistungen oder Photovoltaikerträgen. Mit wenigen Eingaben werden Unterschiede zwischen Klimadaten sichtbar und Szenarien („Was-wäre-wenn“) direkt als stündliche Datensätze erzeugt. So lassen sich Änderungen – etwa eine um 2 °C niedrigere Außentemperatur – gezielt auf ihre Auswirkungen prüfen.

Climate Design Days für Deutschland

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) /2/ veröffentlichte im Jahr 2010 Testreferenzjahre (TRY) für 15 Regionen: je ein mittleres Jahr, ein extremes Winterjahr und ein extremes Sommerjahr, basierend auf Daten von 1988–2007. Extreme Jahre enthalten Werte, die nur alle zehn Jahre auftreten, und können auch mit Klimawandelprojektionen (2021–2050) erzeugt werden.

Für unseren Ansatz wurden Wintermonate aus dem extremen Winterjahr, Sommermonate aus dem extremen Sommerjahr und Übergangsmonate aus dem mittleren Jahr kombiniert („Klima heute“). So entsteht ein Datensatz, der sowohl für Heiz- und Kühllastdimensionierungen als auch für energeti-

sche Auslegungen (z. B. Erdsonden, Wärmepumpen-Teillast) geeignet ist. Analog wurde „Klima Zukunft“ (z. B. Jahr 2035) erstellt.

Aus diesen Daten wurden Climate Design Days für die gegenwärtigen Bedingungen und die Zukunft ermittelt und bereitgestellt.

Seit 2017 stellt der DWD zudem auf 1 × 1 km Raster aufgelöste Klimadaten (2031–2060) bereit, die ebenfalls analysiert und für den Vergleich zwischen Original- und Designdatensätzen genutzt werden können.

Building Design Days + Energy

Die Methode Building Design Days + Energy (BDD+E) ist ein neues Verfahren, das sich zwar der Mathematik der üblichen Regelwerke (DIN, VDI-Richtlinien usw.) bedient, aber aufgrund einer alternativen Herangehensweise eine wirtschaftlich nachhaltigere sichere Dimensionierung von Heizung und Kühlung ermöglicht. Die Auslegung erfolgt lediglich anhand eines einzigen extremen Tagesgangs im Winter und im Sommer.

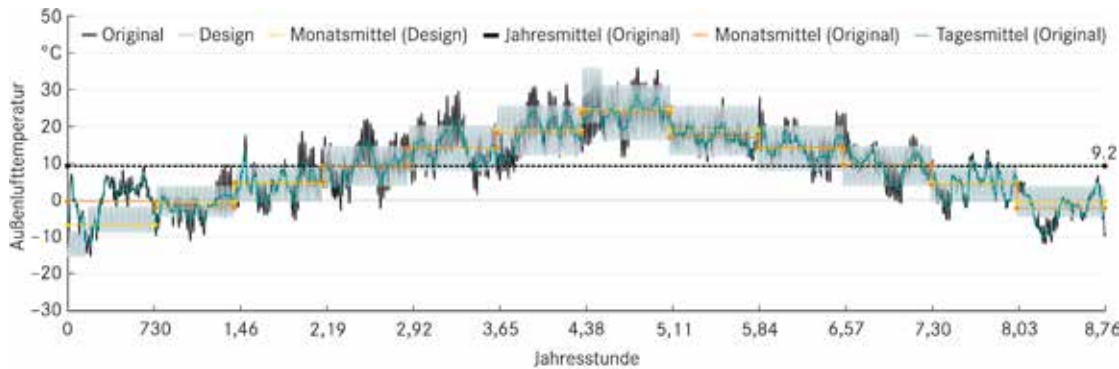
Das vorgestellte Verfahren dient zur entwurfsmäßigen Dimensionierung von Heizung und Kühlung bis hin zu den Raumübertragungssystemen und deren Betriebsweise. Zudem können daraus konkrete Vorgaben für die Gebäudeautomation abgeleitet werden.

Auf Basis eines stündlich aufgelösten Tagesgangs ist das Verfahren genauer und liefert realitätsnähere Ergebnisse als die Heizlast- und Kühllastberechnung. Damit wird die übliche Überdimensionierung vermieden.

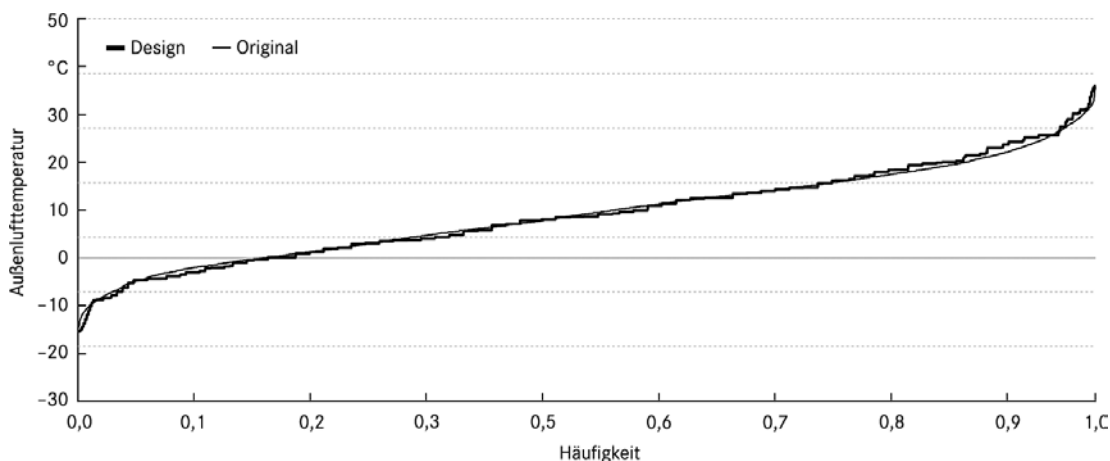
Die grundsätzliche Rechenmethode besteht in der Bildung stündlicher statischer Bilanzen von Wärmequellen und Wärmesenken.

Es entstehen stündliche Lastgänge für Heizen und Kühlen für jede der 8.760 h des Jahres.

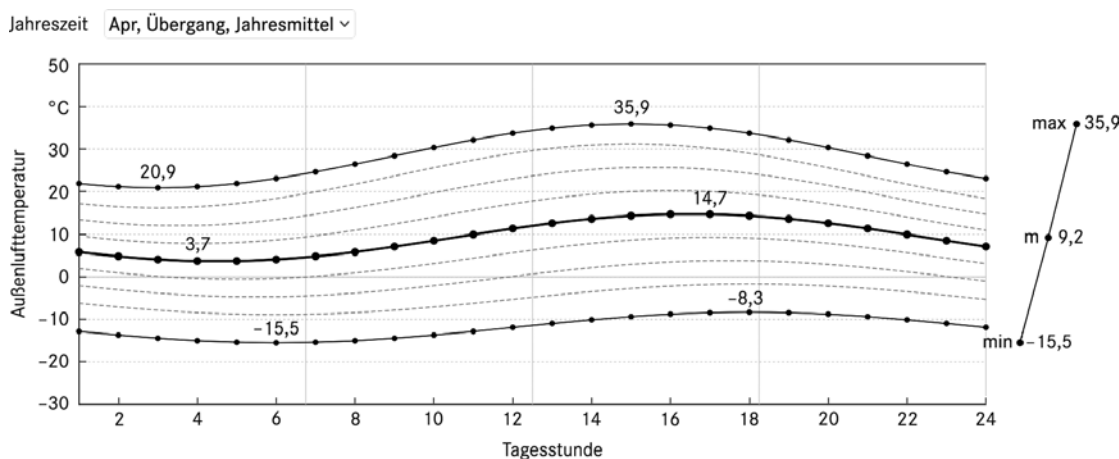
Das Verfahren BDD+E berechnet Leistung und Energie aus einer Hand – und nicht getrennt voneinander, wie es die Regelwerke DIN EN 12831, VDI 2078 und DIN EN 18599 für das Gebäudeenergiegesetz (GEG) sowie DIN 4108 Teil 2 vorgeben – und bietet damit eine Alternative zu den bisherigen Bestimmungen.



② Das Diagramm zeigt den Vergleich der stündlichen Original-Außentemperatur-Daten als schwankende Kurve vor den Design Days im Hintergrund. Es gibt keinen zeitlichen Zusammenhang. Die im Jahr vorhandenen extremen Zeitpunkte sind in den extremen Design Days vorhanden.



③ Die stündlichen Außentemperaturwerte sind jeweils der Größe nach aufsteigend sortiert und als Kurve im Vergleich dargestellt. Die gleiche Häufigkeit der Werte ist vorhanden, wenn die Kurven genau übereinanderliegen. Auf der sicheren Seite ist man, wenn die Design-Days-Kurve im Sommer leicht über und im Winter leicht unter den Originaldaten liegt.



④ Die Tagesgänge der Außentemperatur als Design Days sind in einem Diagramm zusammengestellt. Damit sind die Jahreszeiten monatlich vergleichbar. Zu sehen sind die Tageszeiten der niedrigsten und der höchsten Werte und wie diese Zeitpunkte sich jahreszeitlich verschieben.

Climate Design Days für Europa

Über die EU-Datenbank PVGIS [1] lassen sich stündliche Klimadaten für jeden Ort in Europa herunterladen. Die Methode Climate Design Days liest dieses Format, ermittelt automatisch die erforderlichen Parameter und stellt Original- und Designdatensätze vergleichend gegenüber.

Climate Design Days weltweit

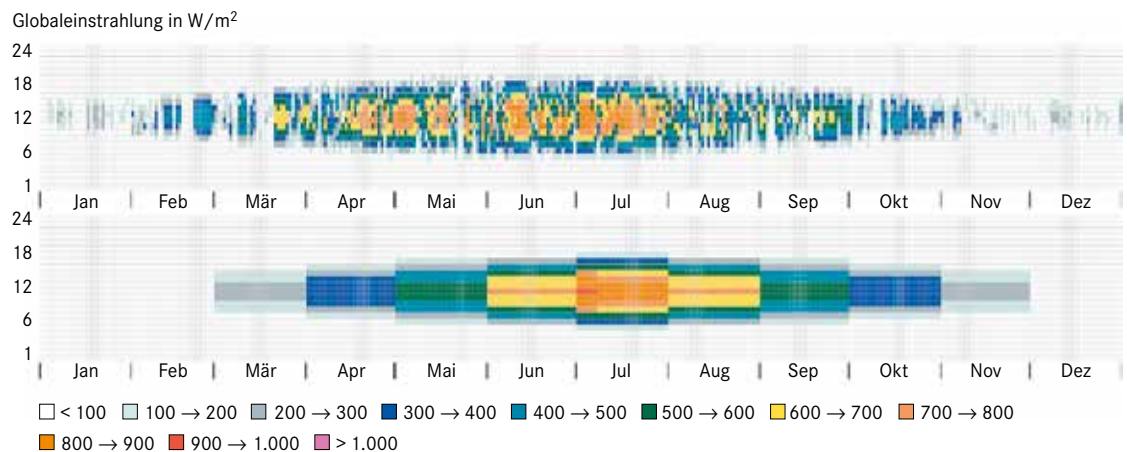
Mit der Software Meteonorm lassen sich stündliche Klimadaten für jeden Standort weltweit – für heute und mit Klimawandelszenarien – erzeugen. Climate Design Days liest diese Daten, ermittelt automa-

tisch die nötigen Parameter und stellt Original- und Designdatensätze vergleichend dar.

Physikalische Größen in den Climate Design Days

Für CDD werden die folgenden physikalischen Größen berücksichtigt:

- Außentemperatur (°C)
- Solare Globaleinstrahlung (W/m^2)
- Solare Direkteinstrahlung (W/m^2)
- Feuchtebelastung (g/kg) (absolute Feuchte)
- Relative Feuchte (%)
- Enthalpie (kJ/kg)

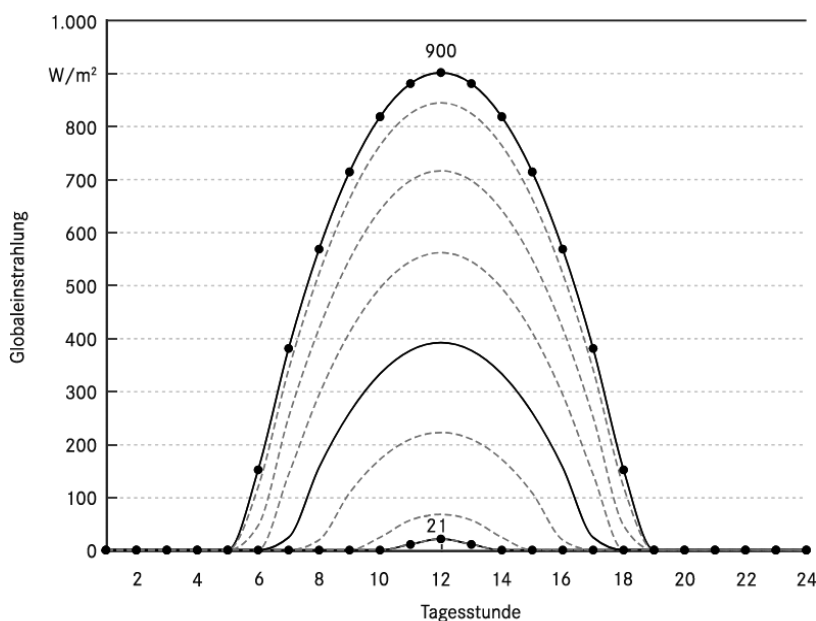


⑤ Die Teppichdarstellungen zeigen jeden Wert der solaren Globalstrahlung der 8.760 h des Jahres aufgeteilt nach 365 Tagen (x-Achse) und Tageszeit (y-Achse). Je nach Größe wird der Zeitpunkt in der entsprechenden Farbe dargestellt. Die Originaldaten zeigen eine hohe Variabilität, während die Design Days systematisch dieselbe Häufigkeit abbilden. Typischerweise wird der extreme Design Day Winter für eine Woche im Januar, der extreme Design Day Sommer für eine Woche im Juli platziert und durch die mittleren monatlichen Design Days ergänzt.

Die Einbeziehung weiterer Größen wie etwa der Himmelstemperatur ($^{\circ}\text{C}$) ist beabsichtigt, z. B. für Bewertung von Kühlwirkungen in klaren wolkenlosen Sommernächten.

Mathematische Ansätze zum Generieren der Climate Design Days

Aus den Eingaben für Climate Design Days werden Tagesgänge gebildet und zu einem Jahr mit 365 Tagen zusammengesetzt, so dass Extremwerte, Mittelwerte, Jahressummen und Häufigkeitsverteilungen den Originaldaten weitgehend entsprechen.



⑥ Die Tagesgänge der solaren Globalstrahlung als Design Days sind in einem Diagramm zusammengestellt. Damit sind die Jahreszeiten monatlich vergleichbar. Zu sehen sind die Tageszeiten der niedrigsten und der höchsten Werte und wie diese Zeitpunkte sich jahreszeitlich verschieben.

Die Außenlufttemperatur wird aus Extremwerten per Sinusfunktion um das extremste Tagesmittel gebildet, mittlere Monatswerte werden linear zwischen Winter- und Sommerextremen interpoliert („Wippe“-Prinzip).

Die Globalstrahlung wird aus dem Maximum um 12:00 Uhr über eine Parabelkurve gebildet; Extremtage basieren auf dem zehntgrößten bzw. -kleinsten Wert von 365 Tagen, mittlere monatliche Tagesgänge entstehen aus dem Jahresmittelwert um 12 Uhr („Wippe“-Prinzip). Die Direkteinstrahlung folgt aus dem Diffusanteil, um Jahressummenabweichungen unter 5 % zu halten.

Die Feuchtebelastung bleibt je Design Day konstant; Extreme sind der 40.-kleinste/größte Wert der Originaldaten. Begrenzungen stellen sicher, dass die relative Feuchte $\leq 100\%$ bleibt und die Enthalpie im Sommer nicht über den 40.-größten Wert steigt – um z. B. bei Kühlregistern unrealistisch hohe Leistungen zu vermeiden.

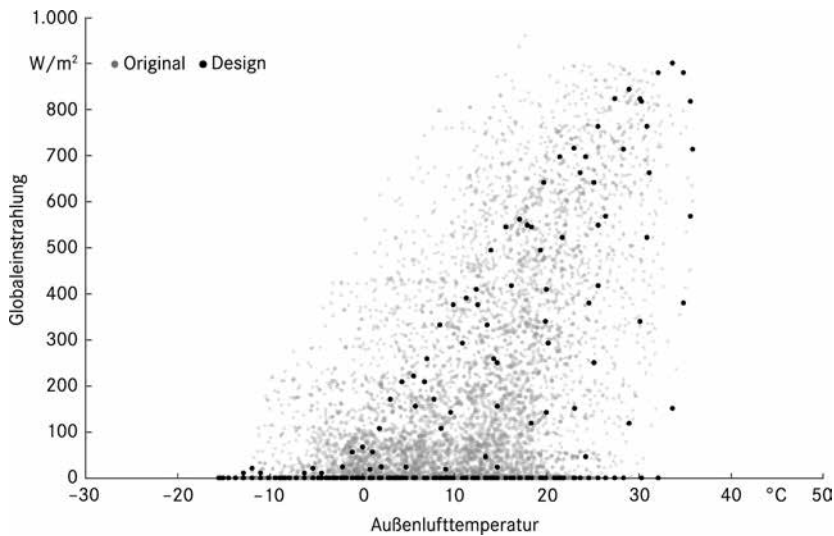
Climate Design Days kann diese Parameter automatisch aus TRY- und PVGIS-Daten erzeugen und Original- mit Designwerten vergleichen.

Vergleich zum Normendesign

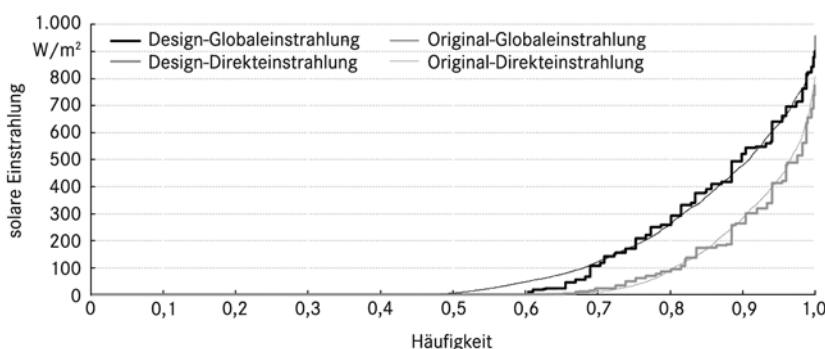
Für den Ort Potsdam werden in den Tabellen ① bis ③ exemplarisch die Eingaben für CDD im Vergleich zu denen für bestehende Normen, Richtlinien und weitere Nachweise dargestellt.

Vergleichsübersichten

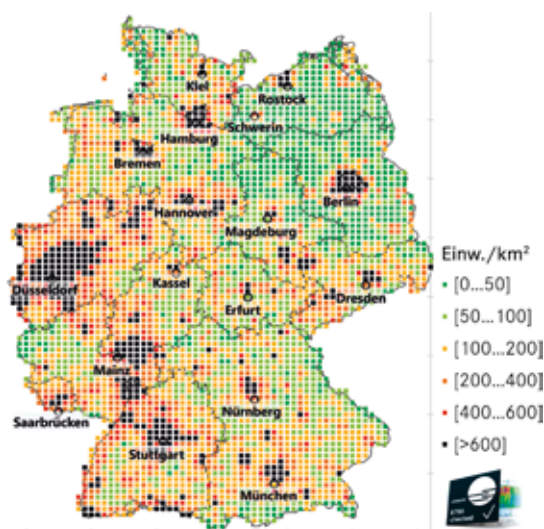
Die Grafiken ① bis ⑧ zeigen wesentliche Werte des Originaldatensatzes (hier: TRY-Region 4 heute, extremes Jahr) und der Design Days. Das Ziel ist der Abgleich zwischen den originalen Daten und den erzeugten Design Day Daten. Die Unterschiede zwischen beiden Datensätzen sollten möglichst klein sein.



⑦ Die stündlichen Werte der solaren Globalstrahlung sind zeitlich korreliert über der Außentemperatur als Punkte aufgetragen (Original in grau transparent und Design in schwarz). Die Häufigkeit der Originaldaten ist durch dunkleres Grau zu erkennen.



⑧ Die stündlichen Werte der solaren Globaleinstrahlung sind jeweils der Größe nach aufsteigend sortiert und als Kurve im Vergleich dargestellt. Die gleiche Häufigkeit der Werte ist vorhanden, wenn die Kurven genau übereinanderliegen. Auf der sicheren Seite ist man, wenn die Design-Days-Kurve im Sommer leicht über und im Winter leicht unter den Originaldaten liegt.



⑨ Deutschlandkarte mit Teppichdarstellung der Einwohnerdichte

Darstellung von klimatischen Randbedingungen in der Deutschlandkarte

Deutschland wurde in rund 5.000 Rasterpunkte à 10×10 km unterteilt. Ziel ist es, für alle relevanten deutschen Regelwerke bzw. Normen die entsprechenden Vorgaben der Randbedingungen darzustellen und zu vergleichen. So lassen sich Randbedingungen aus verschiedenen Regelwerken und Quellen, z. B.:

- DIN EN 12831 Energetische Bewertung von Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast
- VDI 2078 Berechnung der thermischen Lasten und Raumtemperaturen (Auslegung Kühllast und Jahressimulation)
- DIN 4108 Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden (Sommerklimaregionen)
- DIN V 18599- und GEG-Referenzklima Potsdam
- TRY-Regionen

ortsgenau darstellen und transparent vergleichen. Ergänzend können u. a. Höhenlagen, Bundesländer, Kreise, Postleitzahlgebiete und Ortsnamen eingeblendet werden. Die installierten Peak-Leistungen zur Stromerzeugung aus dem Marktstammregister werden ebenfalls dargestellt.

Die Karte befindet sich derzeit in der Bearbeitung.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Methode Building Design Days + Energy ermöglicht die Dimensionierung von Heizung, Kühlung und Raumübertragungssystemen sowie RLT-Registern auf Basis extremer Tagesgänge und bietet gleichzeitig stündliche Jahresgänge. Die nötigen Klimadaten werden als generische Climate Design Days erzeugt und bereitgestellt.

Im zweiten Teil der Serie wird die Heizungsdimensionierung im Building Design Day mit Day View 24 im Vergleich zur klassischen DIN-12831-Heizlast betrachtet. Mit Year View 8.760 stehen zusätzlich Heizlastgang und Jahresenergie bereit.

Unter www.klimdim.de finden sich aktuelle Ergebnisse, alle Klimadaten der 15 TRY-Regionen sowie Informationen zum heutigen und künftigen Klima. Rückmeldungen und Ideen sind willkommen. 

Literatur

- /1/ [PVGIS, 2022] Europäische Klimadaten (https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#TMY)
- /2/ [DWD, 2010] Testreferenzjahre von Deutschland für mittlere, extreme und zukünftige Witterungsverhältnisse, Deutscher Wetterdienst (DWD), Handbuch, Sept. 2014
- /3/ [klimdim, 2025] Internetseite zum wissenschaftlichen Austausch für die neuen Methoden Climate Design Days und Building Design Days + Energy (www.klimdim.de, User: Leser, Passwort: Lahme2025)