

Energieeffizienz bei der Gebäudesanierung

Simulation als Werkzeug

perpendere (lat.) – untersuchen, prüfen, genau erwägen
perpendo – ich untersuche, ich prüfe

Hendrik Fuhrmann M. Sc.

perpendo Energie- und Verfahrenstechnik GmbH
Am Viadukt 3 | 52066 Aachen
Telefon 0241/412 50012 | Fax 0241/412 50019
h.fuhrmann@perpendo.de | www.perpendo.de

Wer ist perpendo – Unser Leistungsspektrum

- Ingenieurtechnische Beratung zu innerbetrieblichen Energieeffizienzthemen in der Industrie und Gewerbe
- Spezialisten für Analyse & Optimierung komplexer energetischer Situationen
- Erfahrung aus über 800 Projekte!

Bau und Energie

- Energiekonzepte Neubau
- Energetische Sanierung im Bestand
- GEG-Nachweise
- Energieausweise
- Gebäudesimulation
- Bauphysikalische Beratung
- Energetische Inspektion Klimaanlage (§74 GEG)
- Förderprogramme (BEG)

Technische Studien

- Energieeffizienzanalysen und Optimierung
- Versorgungskonzepte
- Einsatz erneuerbarer Energien
- Optimierung thermischer Prozesse
- Energieaudits EDL-G
- Anlagensimulation
- Förderprogramme (EBN, EEW, PIUS)

Energiemanagement

- Aufbau und Betreuung EnMS gemäß ISO 50001
- SpaEfV
- Entwicklung Energieleistungskennzahlen
- Interne Audits
- Aktualisierungsservice Energierechtsvorschriften
- Aufbau und Betreuung Energiemonitoringsysteme

Klimaschutz

- Carbon Accounting (PCF und CCF)
- Klimaschutzstrategien
- Kompensationsmöglichkeiten
- Aufbau Klimaschutzmanagementsysteme
- Förderprogramm Transformationskonzepte
- Maßnahmenpläne

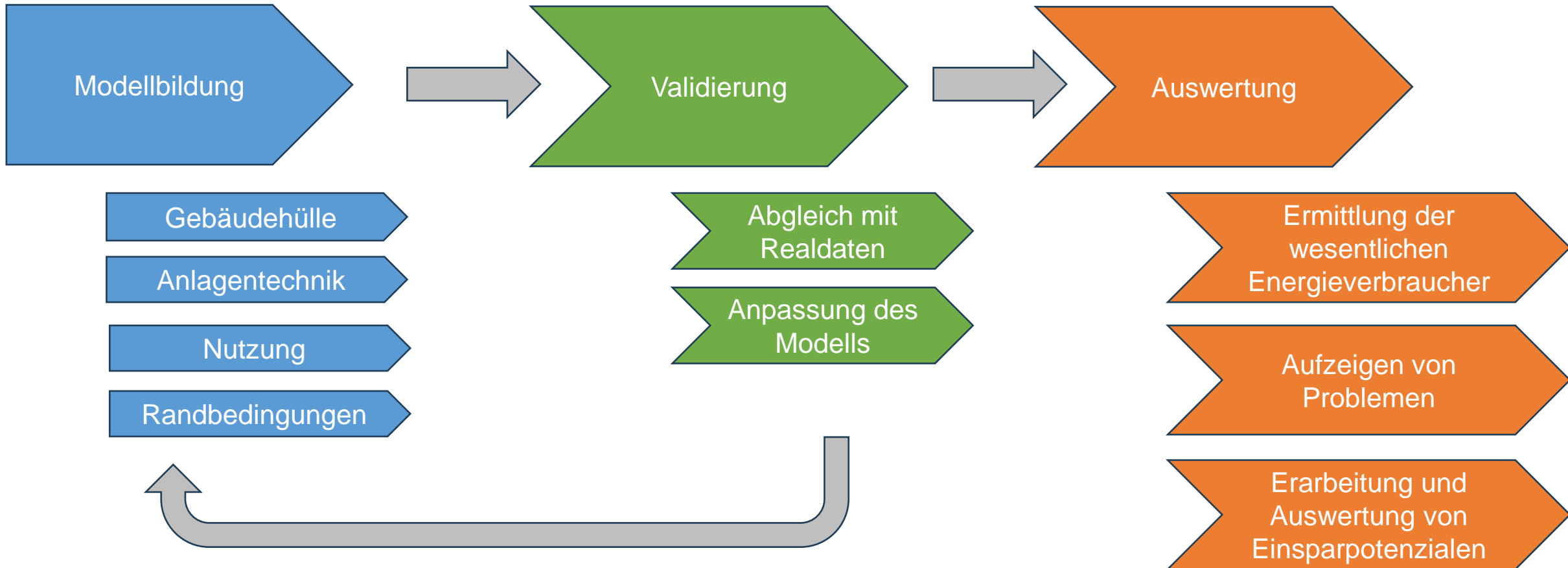
perpendere (lat.) – untersuchen, prüfen, genau erwägen
perpendo – ich untersuche, ich prüfe

Modellbasierte Analysen von Gebäuden

perpendere (lat.) – untersuchen, prüfen, genau erwägen
perpendo – ich untersuche, ich prüfe

Modellbasierte Analysen von Gebäuden

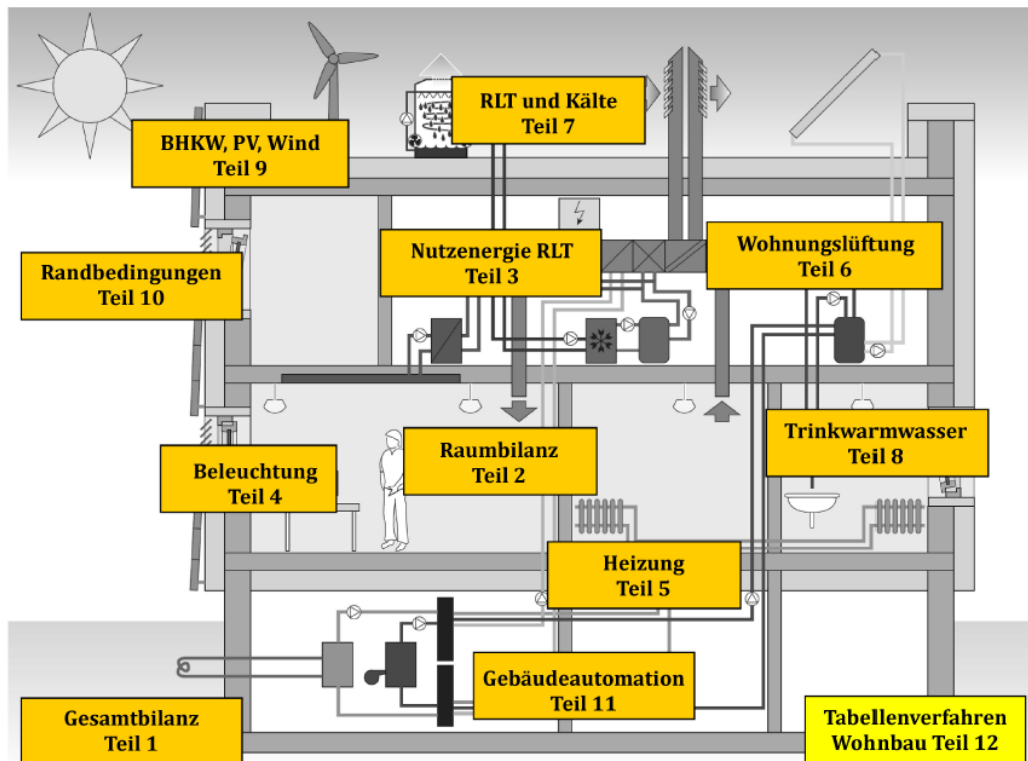
Allgemeines Vorgehen



Modellbasierte Analysen von Gebäuden

Optionen

Berechnung nach DIN V 18599



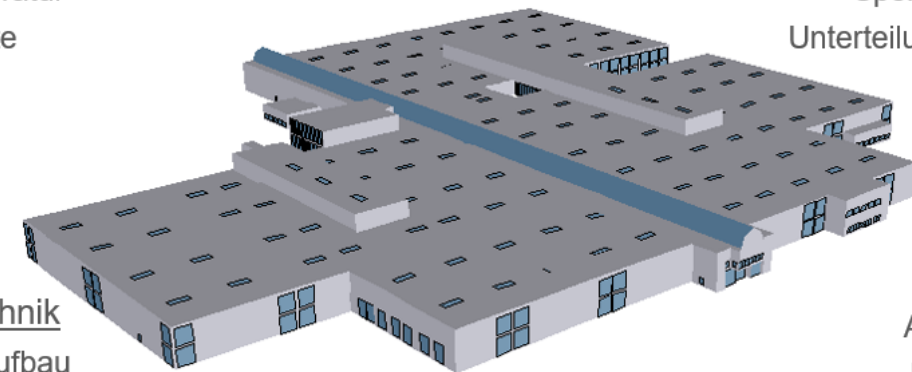
DIN V 18599-1:2018-09

oder

Dynamische Gebäudesimulation

Standort
Ausrichtung
Einstrahlung
Lufttemperatur
Luftfeuchte
Wind

Gebäude
Geometrie
Bauteilaufbauten
Speichermassen
Unterteilung in Zonen



HLK-Technik
Anlagenaufbau
Leistung der Komponenten
Teillastverhalten
Regelungsstrategien

Nutzung
Arbeitszeiten
Beleuchtung
Personenwärme
Maschinenabwärme
Senke durch Kühlwasser

⇒ Alle Einflussgrößen werden in Stundenschritten über ein Jahr bilanziert

DIN V 18599 – Berechnung nach Norm

Eine sinnvolle Sache?

Die DIN V 18599 beschreibt ein Verfahren zur reproduzierbaren Vergleichbarkeit der energetischen Qualität von Gebäuden und bildet die Grundlage für öffentlich-rechtliche Nachweise:

- GEG-Nachweis
- Nachweise für Effizienzgebäude (Förderung)

GEG-Nachweise und Nachweise von Effizienzgebäuden für Förderanträge (DIN V 18599):

- Statisches Verfahren (Monatsbilanzen), mit dem eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse (z. B. gegenüber Referenzgebäude) sichergestellt werden soll
 - Eingabe der Gebäudedaten in den Grenzen der Standardwerte
 - Nutzungsrandbedingungen als Standardnutzungsprofile
 - Standardisierte Wetterdaten auf Monatsbasis
- ⇒ Nicht geeignet zur Auslegung von Systemen oder in Gebäuden, deren Nutzung von den Standardprofilen abweicht

DIN V 18599 – Berechnung nach Norm

Eine sinnvolle Sache?

Die DIN V 18599 beschreibt ein Verfahren zur reproduzierbaren Vergleichbarkeit der energetischen Qualität von Gebäuden und bildet die Grundlage für öffentlich-rechtliche Nachweise:

- GEG-Nachweis
- Nachweise für Effizienzgebäude

Freie Energieberatung (DIN V 18599):

- Statisches Verfahren (Monatsbilanzen), mit Abgleich mit realen Verbrauchsdaten, um grobe Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchführen zu können
 - Eingabe der Gebäudedaten in den Grenzen der Standardwerte
 - **begrenzt anpassbare Nutzungsprofile**
 - Wetterdaten (**Anpassung des Standortes über Korrekturfaktoren**, Monatsmittelwerte)
 - Abgleich der Modelldaten mit realen Verbrauchsdaten
- ⇒ Nicht geeignet zur Auslegung von Systemen, nicht geeignet zur Bewertung der thermischen Behaglichkeit oder systemischen Maßnahmen der Versorgung (Regelstrategien, dynamische Bedarfsprofile, Speichernutzung)

DIN V 18599 – Berechnung nach Norm

Eine sinnvolle Sache?

Fazit:

Die DIN V 18599 ist geeignet für:

- eine Vergleichbare Bewertung der energetischen Gebäudequalität für rechtliche Nachweise
- eine grobe energetische Bewertung von Sanierungsmaßnahmen (z.B. Dämmung)

Die DIN V 18599 ist **nicht geeignet** für:

- die Abbildung jeglicher dynamischer Effekte
- die Abbildung von Industriegebäuden mit komplexeren Randbedingungen und Versorgungsstrukturen
- die Optimierung von Versorgungsvarianten, Technikeinsatz und Regelungsstrategien

Gebäudesimulation

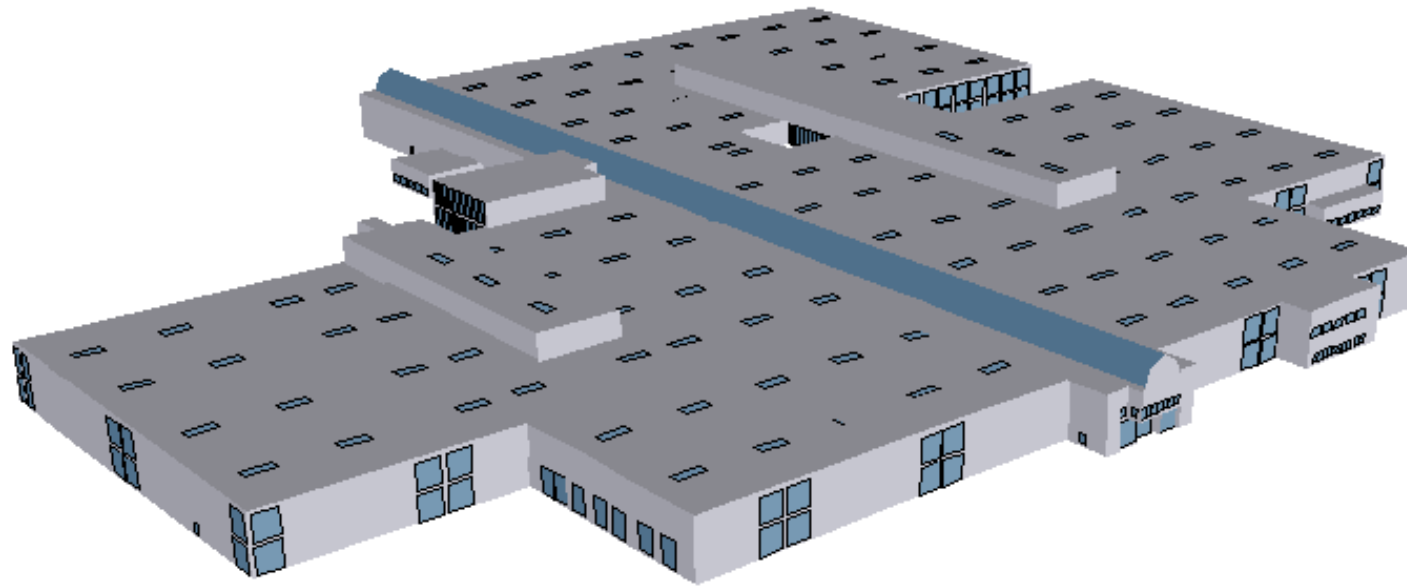
Grundidee der Berechnungsmethode

Standort

Ausrichtung
Einstrahlung
Lufttemperatur
Luftfeuchte
Wind

HLK-Technik

Anlagenaufbau
Leistung der Komponenten
Teillastverhalten
Regelungsstrategien



⇒ **Alle Einflussgrößen werden
in Stundenschritten über ein
Jahr bilanziert**

Gebäude

Bauteilaufbauten
Speichermassen
Öffnungsquerschnitte
Unterteilung in Zonen

Nutzung

Arbeitszeiten
Beleuchtung
Personenwärme
Maschinenabwärme
Warenströme

Gebäudesimulation:

- Mit der Simulation wird versucht, für möglichst reale Randbedingungen (Wetter, Nutzung etc.) sicherzustellen, dass
 - die technischen Systeme „richtig“ für die geplante Nutzung dimensioniert werden (Aufzeigen des notwendigen Minimums, um Größe von Sicherheitszuschlägen diskutieren zu können)
 - belastbare Entscheidungsgrundlagen über die Investitionen und Jahresenergiekosten / Treibhausgasemissionen bereitgestellt werden
 - die gewünschten Eigenschaften des Gebäudes (Behaglichkeit, Temperatur- oder Feuchteanforderungen) eingehalten werden

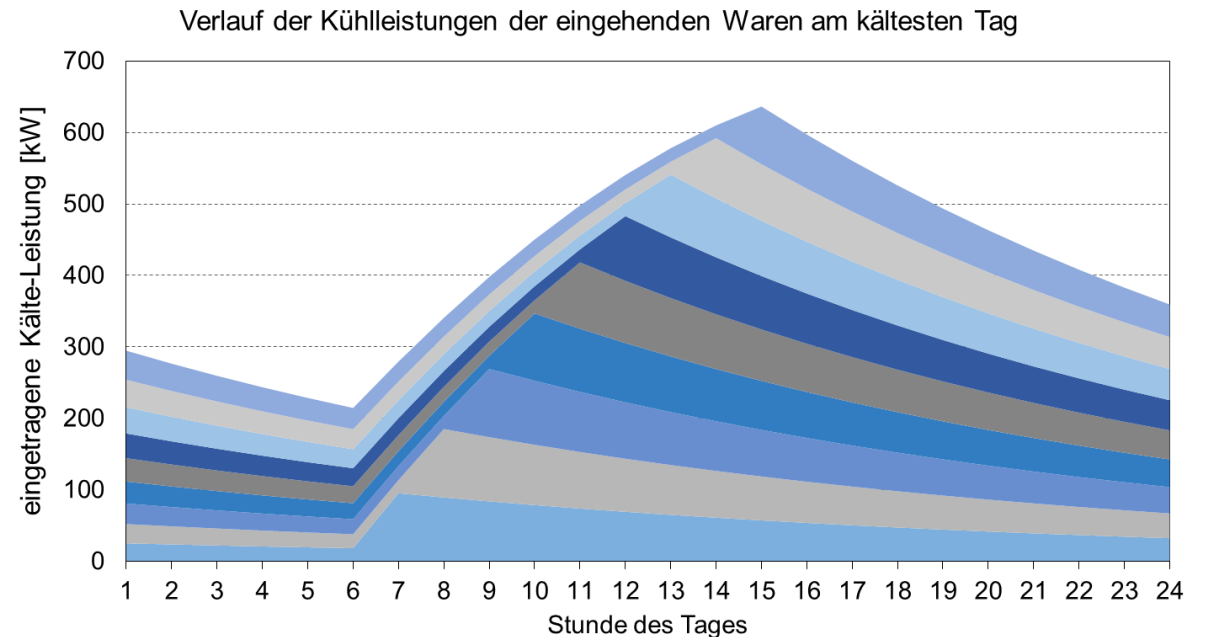
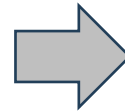
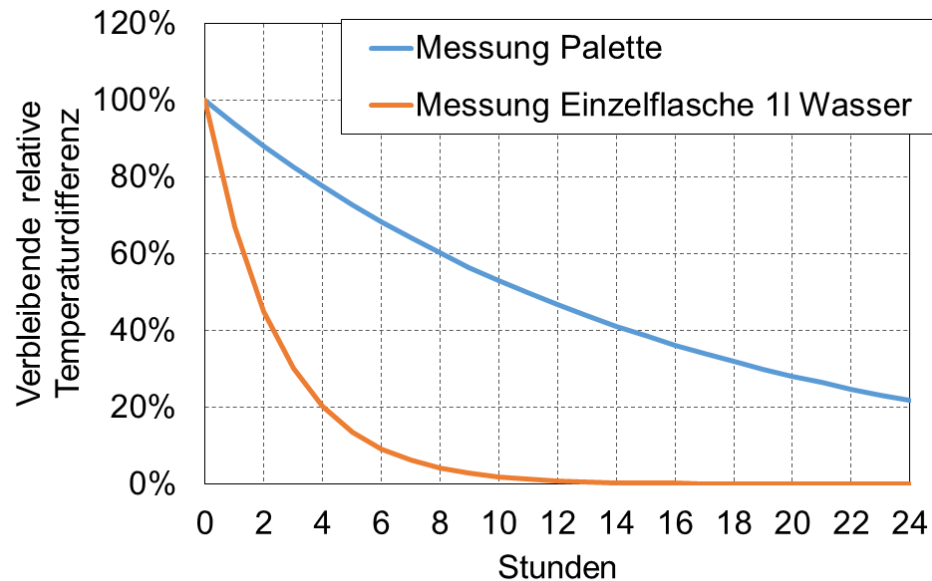
Gebäudesimulation ermöglicht:

- ⇒ Stundenscharfe Simulation des Gesamtsystems über das ganze Jahr
- ⇒ Dynamische Berücksichtigung aller Nutzungsrandbedingungen, sowie der Betriebsstrategie für die technischen Systeme
- ⇒ Bewertung der thermischen Behaglichkeit auf Grundlage stundenscharfer Zustände

Beispielhafte Randbedingungen der Gebäudesimulation

Wärmeströme durch Warentransport

- Eine wesentliche Randbedingung für die Systemauswahl und -dimensionierung in Logistikgebäuden ist die Größe der eingelagerten (und zwischen den einzelnen Zonen bewegten) Warenströme, wenn Eingangs- und Zieltemperatur nicht gleich sind (z. B. Anlieferung kalter Ware im Winter)
- Zu berücksichtigen sind verschiedene Szenarien der Eingangstemperatur und der Masse aller Wärmeströme, um daraus die erforderlichen Leistungen der raumseitigen Systeme ableiten zu können.



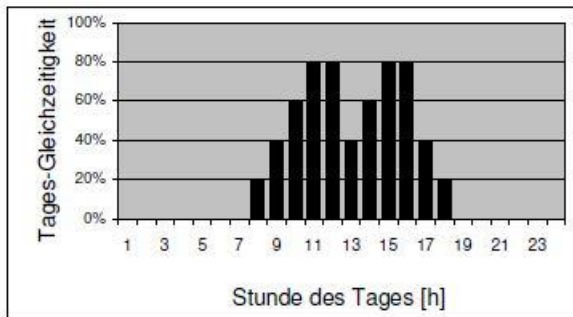
Beispielhafte Randbedingungen der Gebäudesimulation

Dynamische Nutzungsrandbedingungen

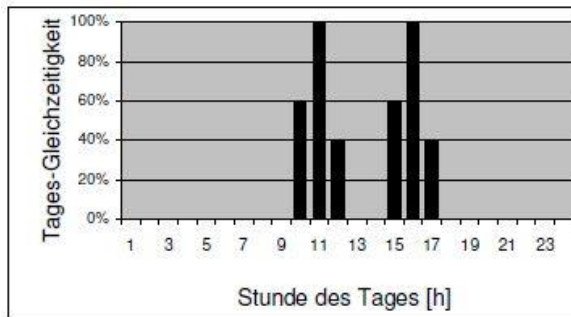
Nutzungszeiten und Gleichzeitigkeitsfaktoren (GLZ)

- Um den Einfluss von geringen und hohen Belegungsdichten geeignet abzubilden, wird ein tageszeitlicher Verlauf der inneren Wärmelasten (Personen und Geräte) entsprechend der Studie MEG verwendet.

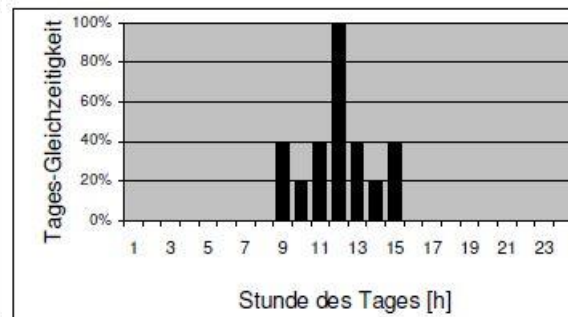
Büro:
6 Vollbenutzungsstunden



Bespr. / Aufenth. / Konferenz :
4 Vollbenutzungsstunden



Kantine:
3 Vollbenutzungsstunden

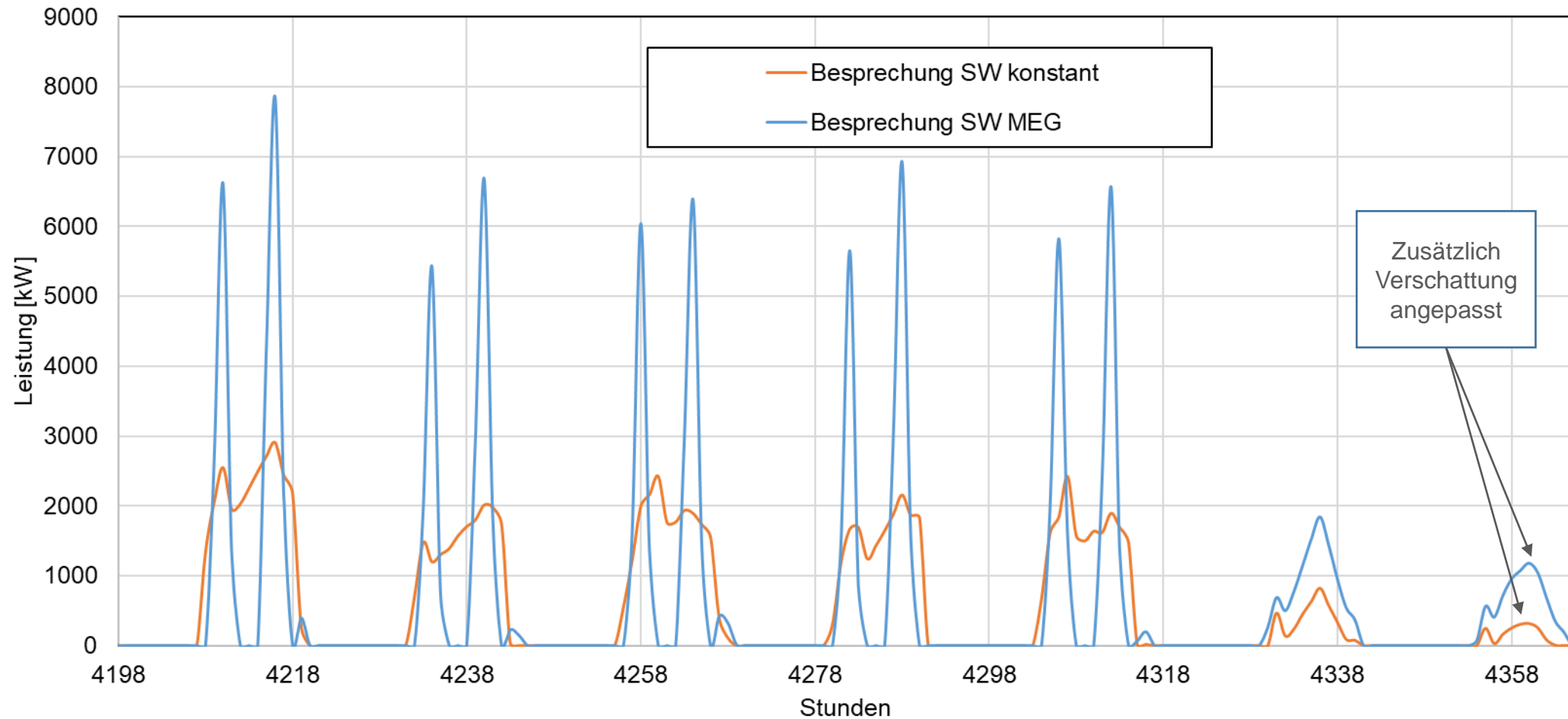


- Die Vollbenutzungsstunden bei der MEG-Studie entsprechen denen aus der DIN V 18599 aber mit einem realistischeren zeitvariablen Nutzungsverlauf.

Quelle: Methodik zur Erfassung, Beurteilung und Optimierung des Elektrizitätsbedarfs von Gebäuden (IWU Institut für Wohnen und Umwelt)

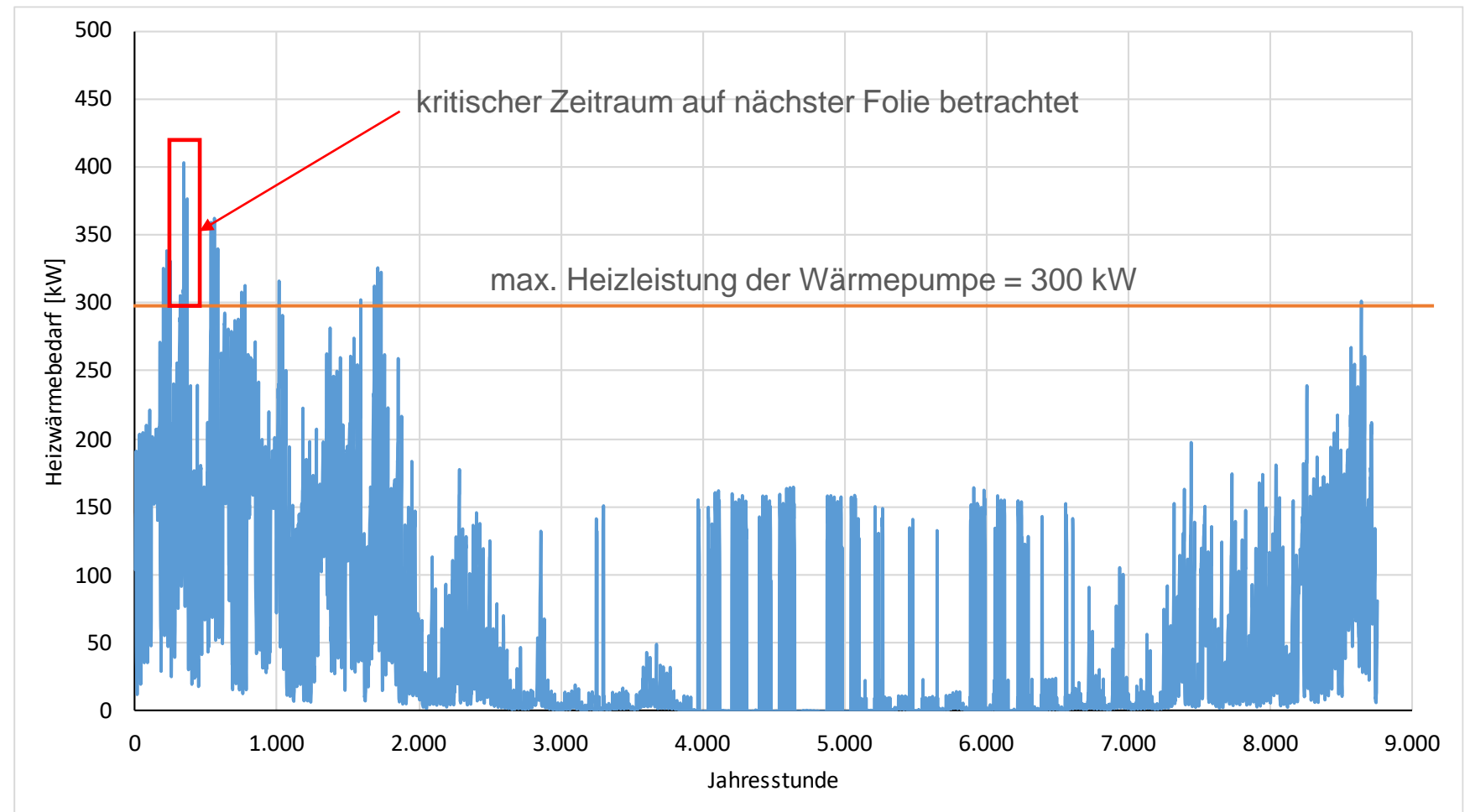
Beispielhafte Randbedingungen der Gebäudesimulation

Dynamische Nutzungsrandbedingungen



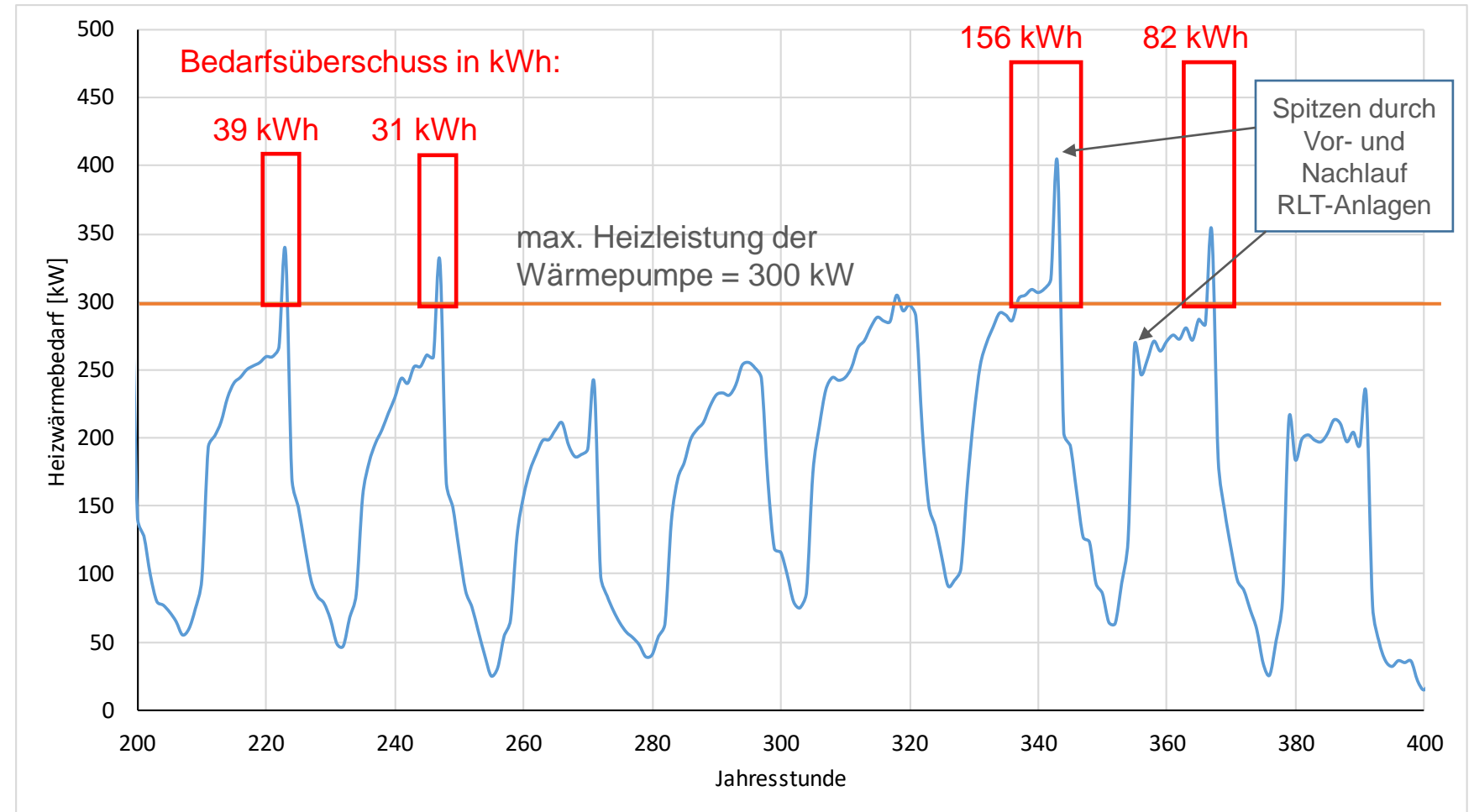
Beispielhafte Ergebnisse: Lastspitzenuntersuchung

- Die stundenscharfe Auswertung offenbart einzelne Lastspitzen.
- Eine Detailanalyse dieser Lastspitzen kann eine Entscheidungsgrundlage zur Systemauslegung bieten.

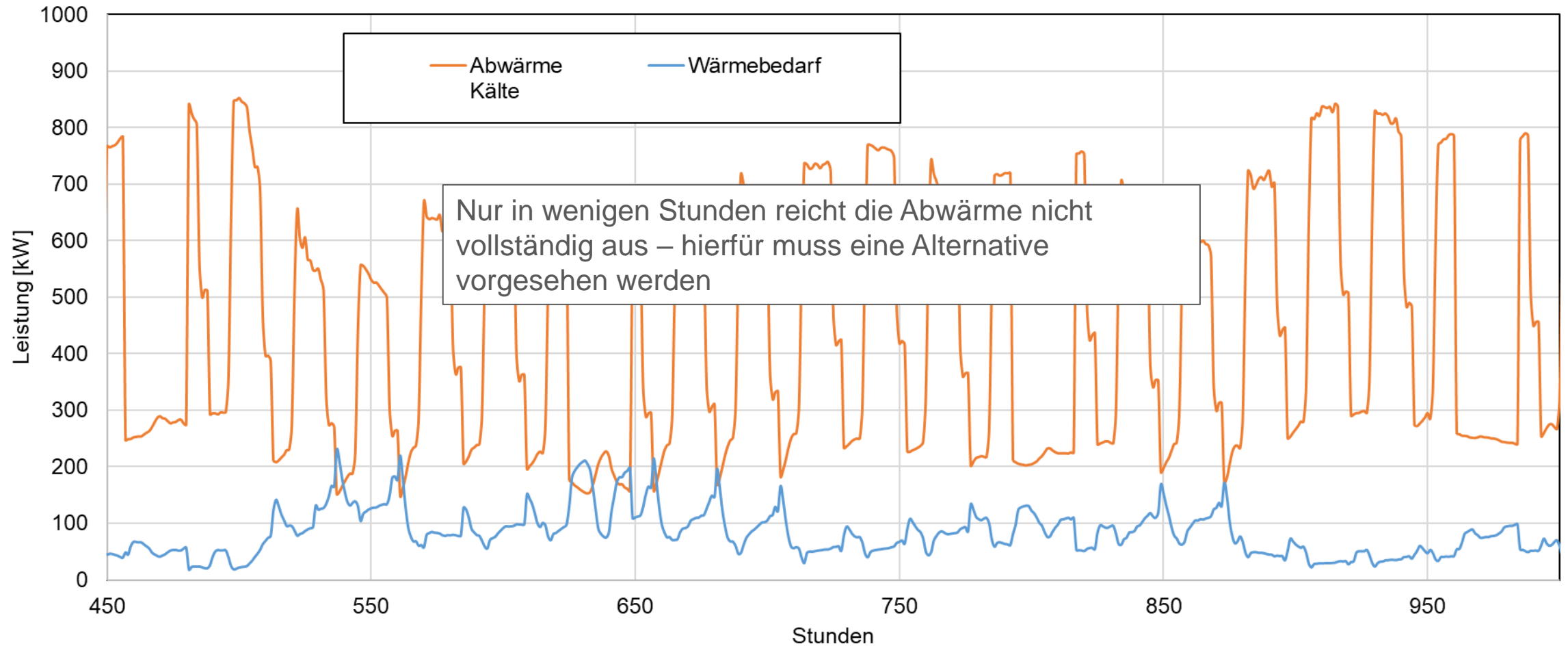


Beispielhafte Ergebnisse: Lastspitzenuntersuchung

- Der stundenscharfe Lastgang ermöglicht die Ursachenfindung von Lastspitzen.
- Darüber hinaus ermöglicht die Simulation die Dimensionierung von ergänzenden Systemen wie Speichern oder Spitzenlastsystemen.

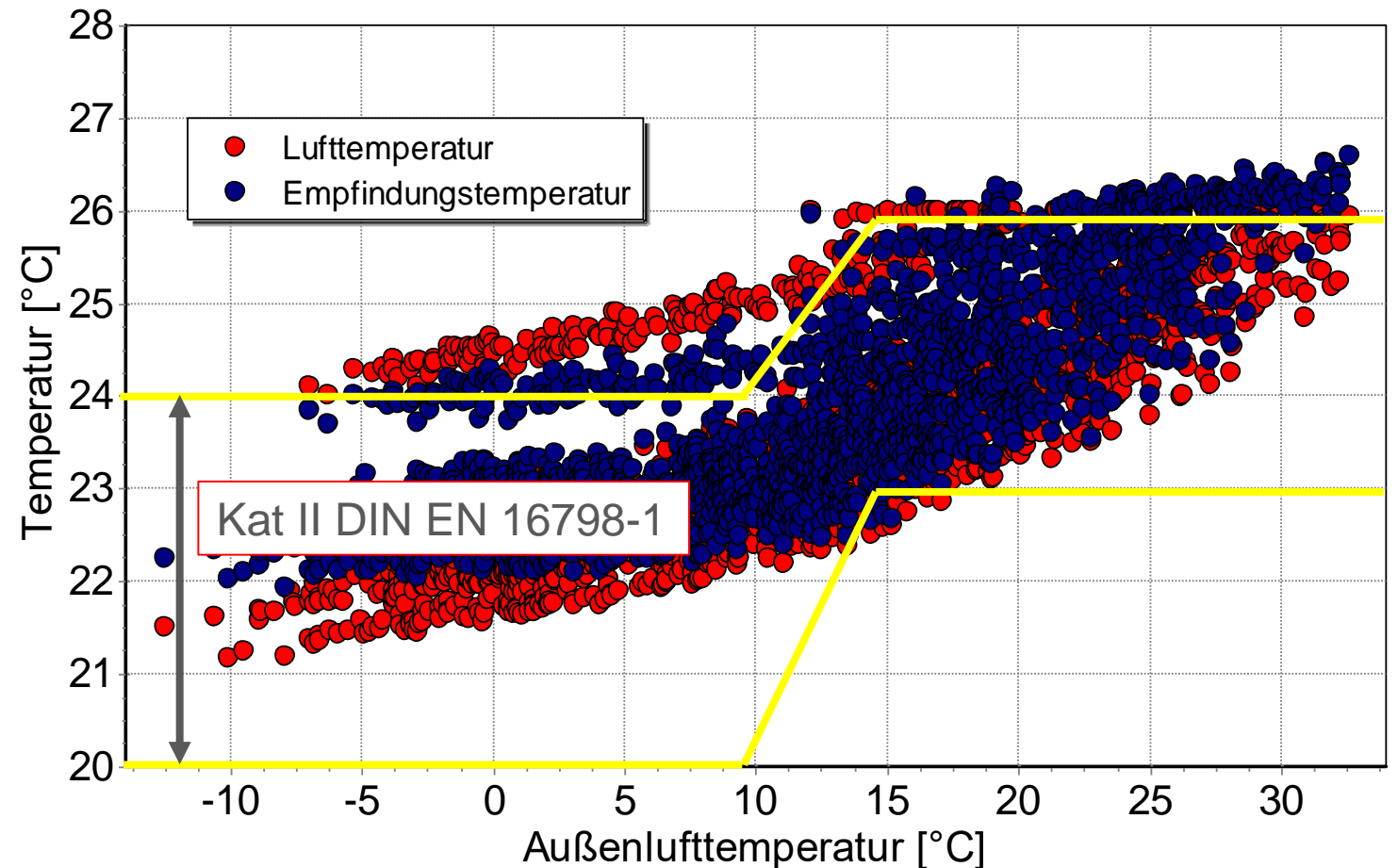


Beispielhafte Ergebnisse: Abgleich Heiz- und Kühlbedarf



Beispielhafte Ergebnisse: thermische Behaglichkeit

- Die Simulation ermöglicht die Auswertung der Empfindungstemperatur (operative Temperatur) unter Berücksichtigung dynamischer Speichereffekte der Bauteile.
- Die Simulation ermöglicht damit zielgerichtet Sicherheitszuschläge (und damit Investitionskosten) in der Auslegung von Anlagen zu reduzieren indem punktuelle Überschreitungen zugelassen werden.



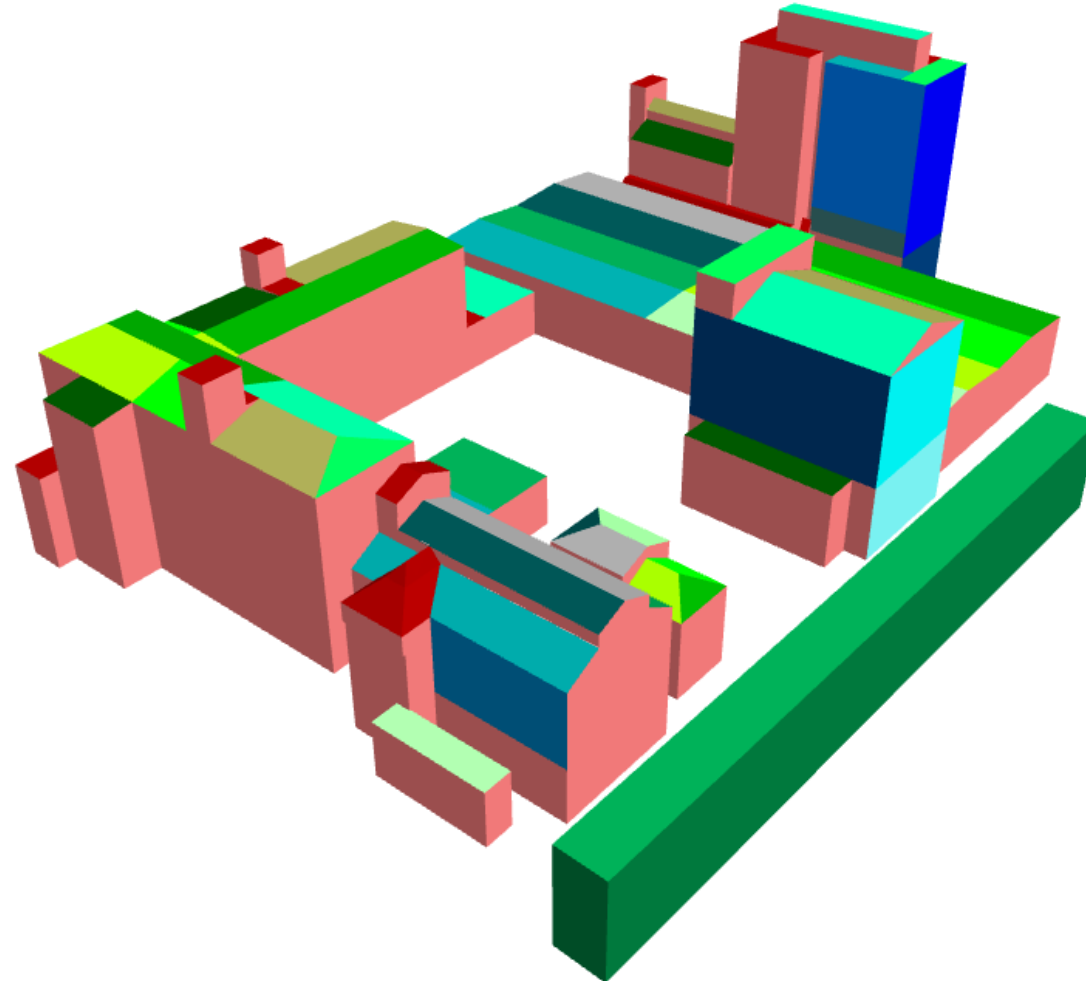
Fazit Gebäudesimulation

Gebäudesimulation ...

- ist ein sinnvolles Werkzeug zur Erarbeitung von Energiekonzepten.
- bietet die Möglichkeit Investitionskosten in Anlagentechnik zu reduzieren indem Sicherheitszuschläge auf das Minimum beschränkt werden.
- bietet Entscheidungsgrundlagen zur Auswahl der Systemkomponenten.
- bietet Entscheidungsgrundlagen zur Umsetzung von energetischen Verbesserungsmaßnahmen.
- ermöglicht die Bewertung von thermischer Behaglichkeit.

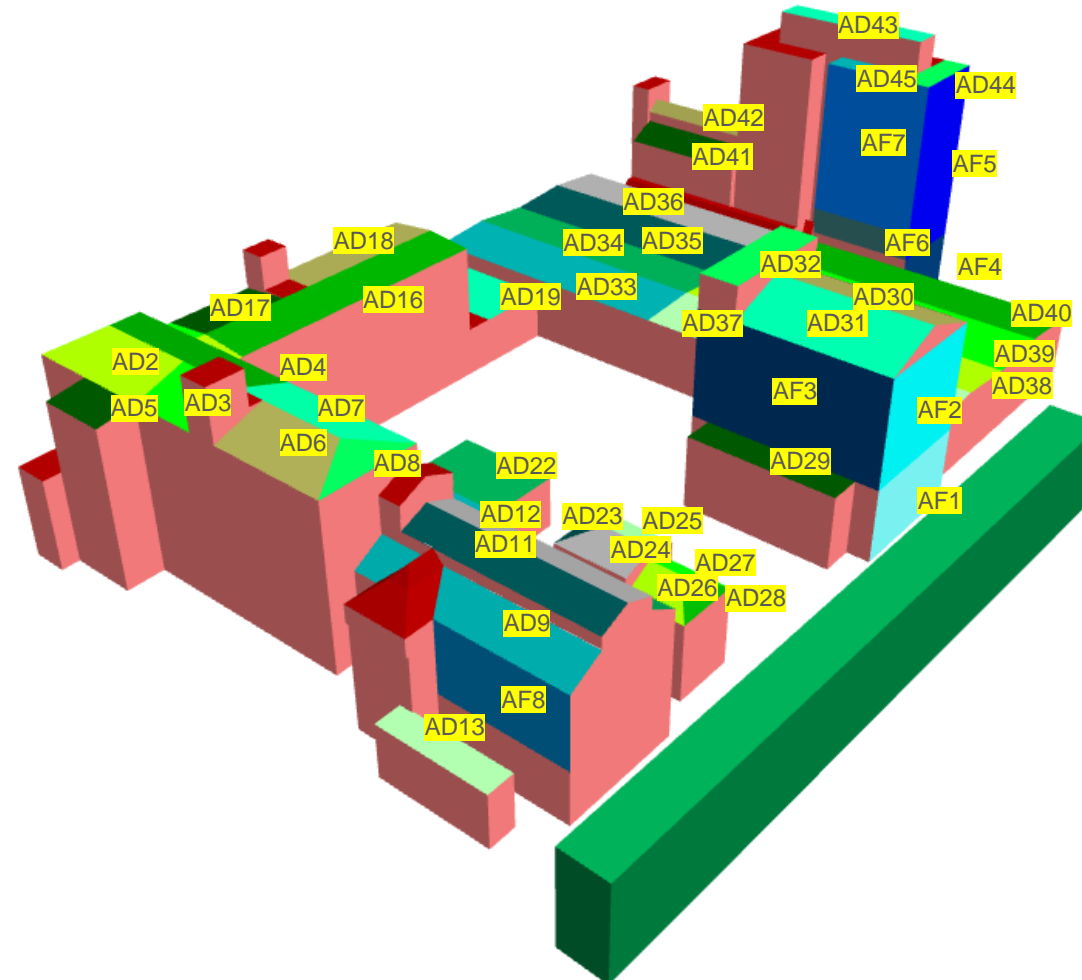
Weitere Möglichkeiten der Gebäudesimulation

Analyse von PV-Potenzialen



Weitere Möglichkeiten der Gebäudesimulation

Analyse von PV-Potenzialen



Weitere Möglichkeiten der Gebäudesimulation

Analyse von PV-Potenzialen

Flächenbezeichnung	Auswahl	Orientierung	Nutzbare Modulfläche [m ²]	Installierte Leistung [kWp]	spez. Ertrag [kWh/m ² *a-Modulfläche]	Anteil des Maximums [%]	abs. Ertrag [MWh/a]	spez. Ertrag [kWh/kWp*a]
AD12	1	Flachdach	168,9	33,8	173,0	100%	29,2	864,8
AD7	1	Flachdach	53,5	10,7	173,0	100%	9,3	864,8
AD24	1	Flachdach	545,7	109,1	172,9	100%	94,4	864,5
AD6	1	Flachdach	286,2	57,2	171,7	99%	49,1	858,4
AD17	1	Flachdach	156,7	31,3	171,1	99%	26,8	855,3
AF1	0	Fassade Südost	64,5	12,9	113,7	66%	7,3	568,7
AF12	0	Fassade Süd	107,2	21,4	113,7	66%	12,2	568,7
AF17	0	Fassade Südwest	86,4	17,3	111,6	65%	9,6	558,1
AF8	0	Fassade Ost	178,5	35,7	109,2	63%	19,5	545,9
AF15	0	Fassade Südost	314,1	62,8	106,2	61%	33,3	530,8
AF7	0	Fassade Ost	102,5	20,5	101,7	59%	10,4	508,3
AF9	0	Fassade Ost	129,7	25,9	100,8	58%	13,1	504,2
AF4	0	Fassade Nordost	439,2	87,8	88,8	51%	39,0	444,1
AF3	0	Fassade Nordost	200,4	40,1	88,5	51%	17,7	442,5
Teilsumme	23		Σ = 6.439	Σ = 1.288	Ø=164		Σ = 1.054	Ø=819
GESAMT	48		Σ = 12.681	Σ = 2.536	Ø=142		Σ = 1.804	Ø=711

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Ihr Ansprechpartner für weitere Fragen:

Hendrik Fuhrmann M.Sc.