

# 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

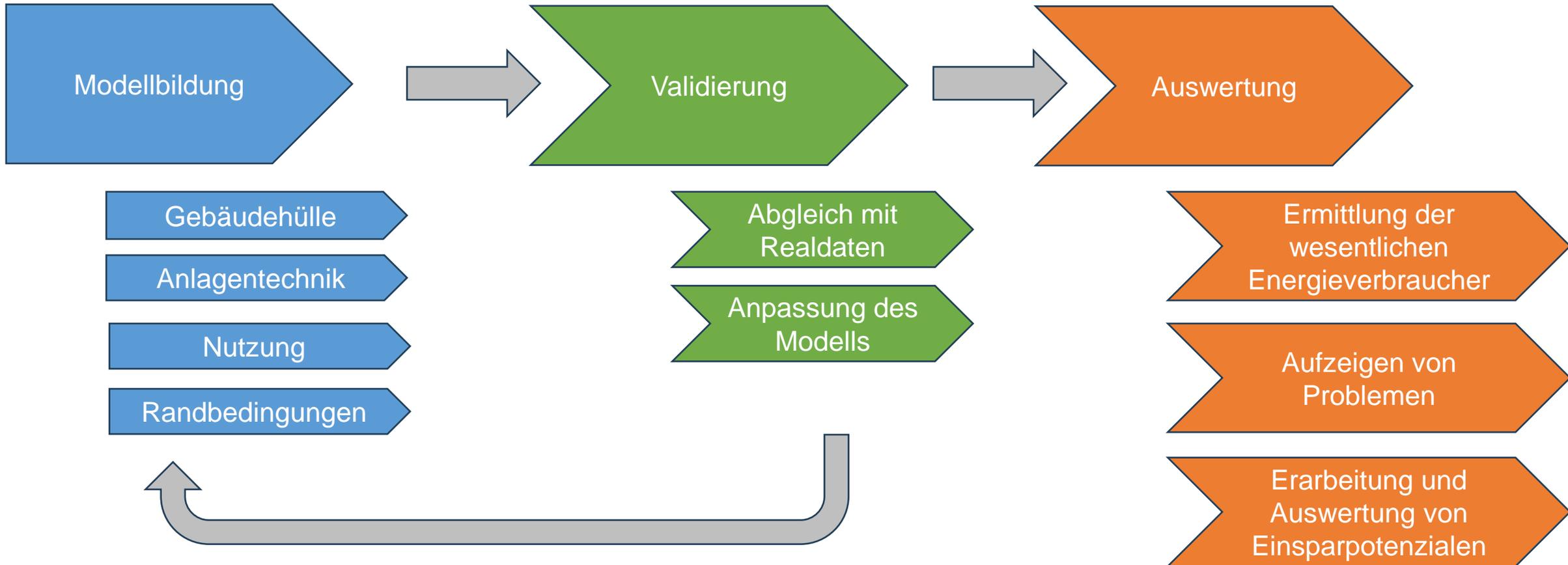
perpendere (lat.) – untersuchen, prüfen, genau erwägen  
**perpendo** – ich untersuche, ich prüfe

# Modellbasierte Analysen von Gebäuden

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

# Modellbasierte Analysen von Gebäuden

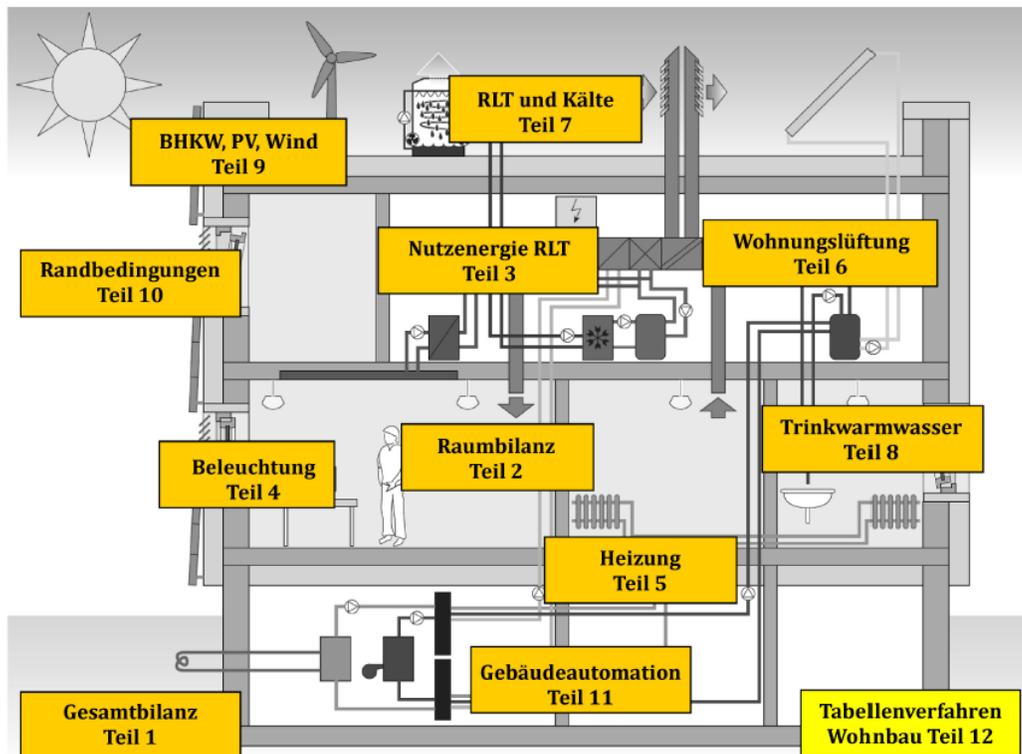
## Allgemeines Vorgehen



# Modellbasierte Analysen von Gebäuden

## Optionen

### Berechnung nach DIN V 18599



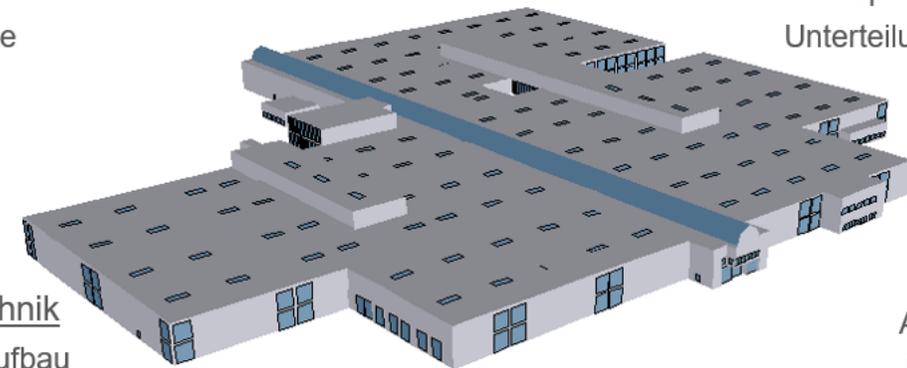
DIN V 18599-1:2018-09

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

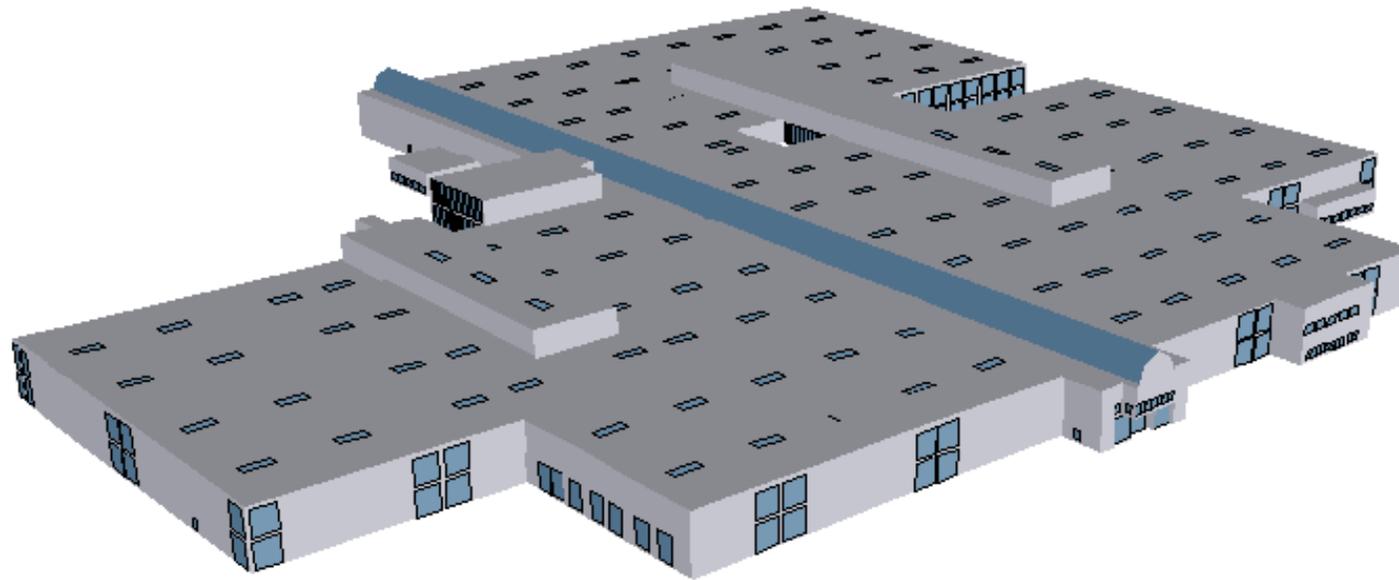
## Grundidee der Berechnungsmethode

### 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

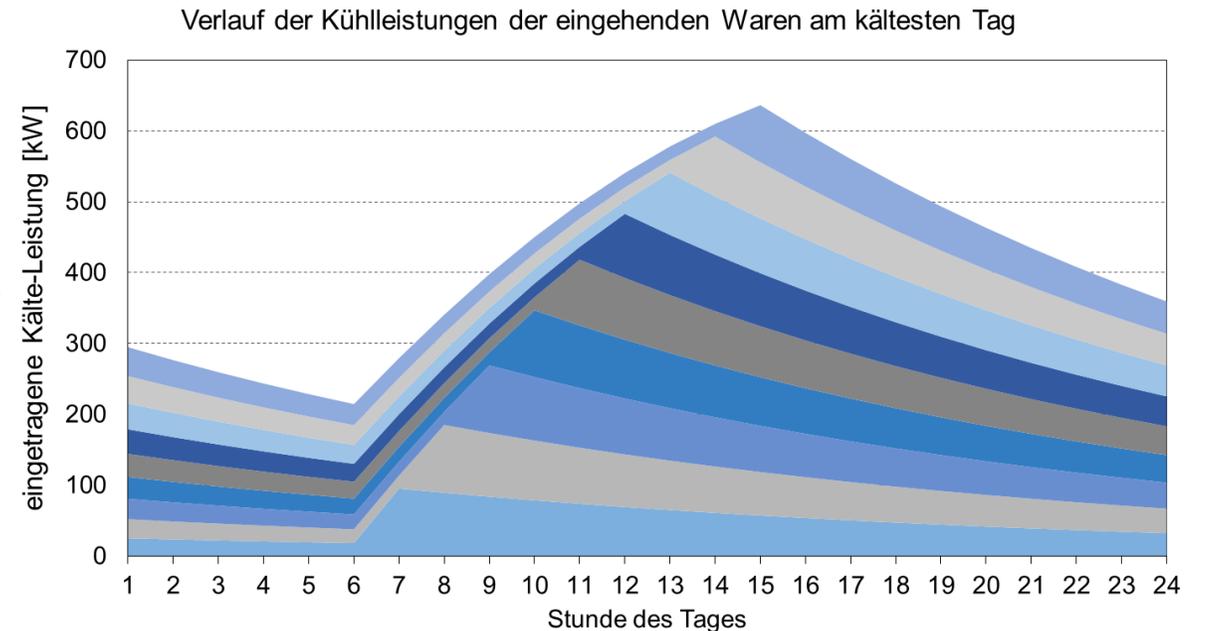
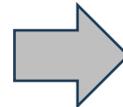
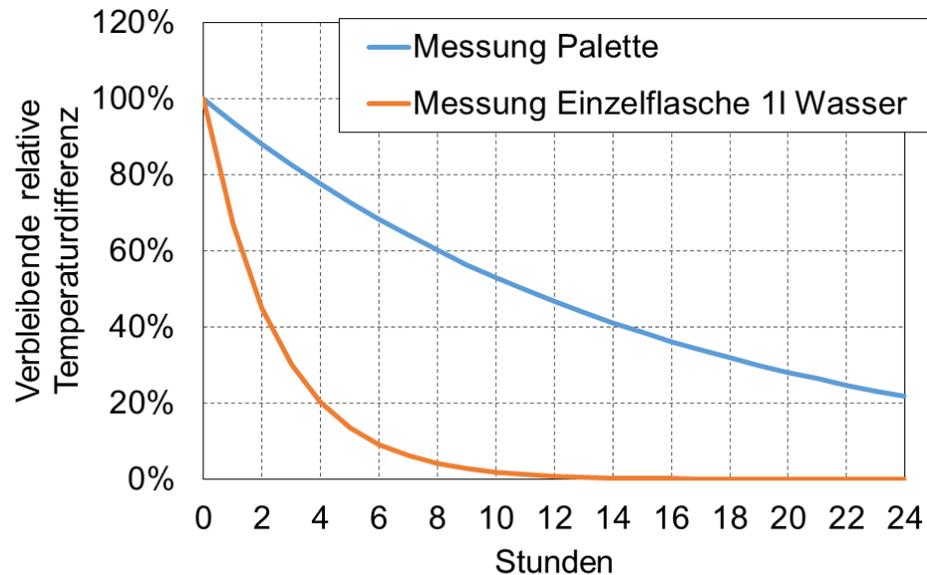
## Gebäudesimulation ermöglicht:

- ⇒ 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

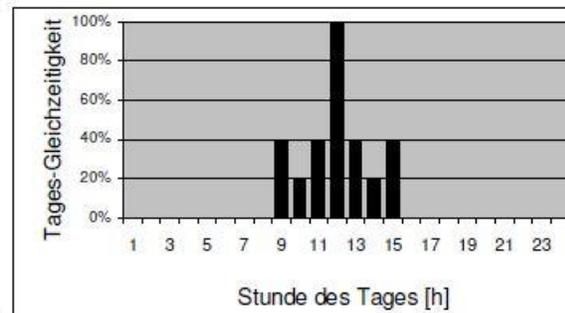
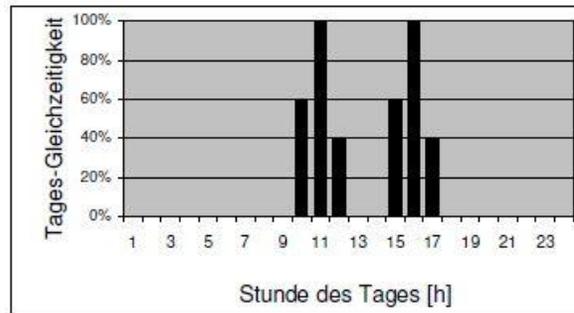
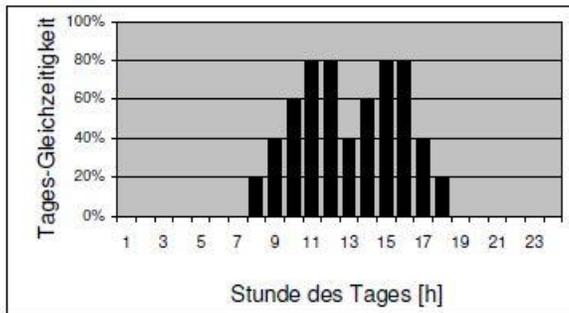
### Nutzungszeiten und Gleichzeitigkeitsfaktoren (GLZ)

- 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

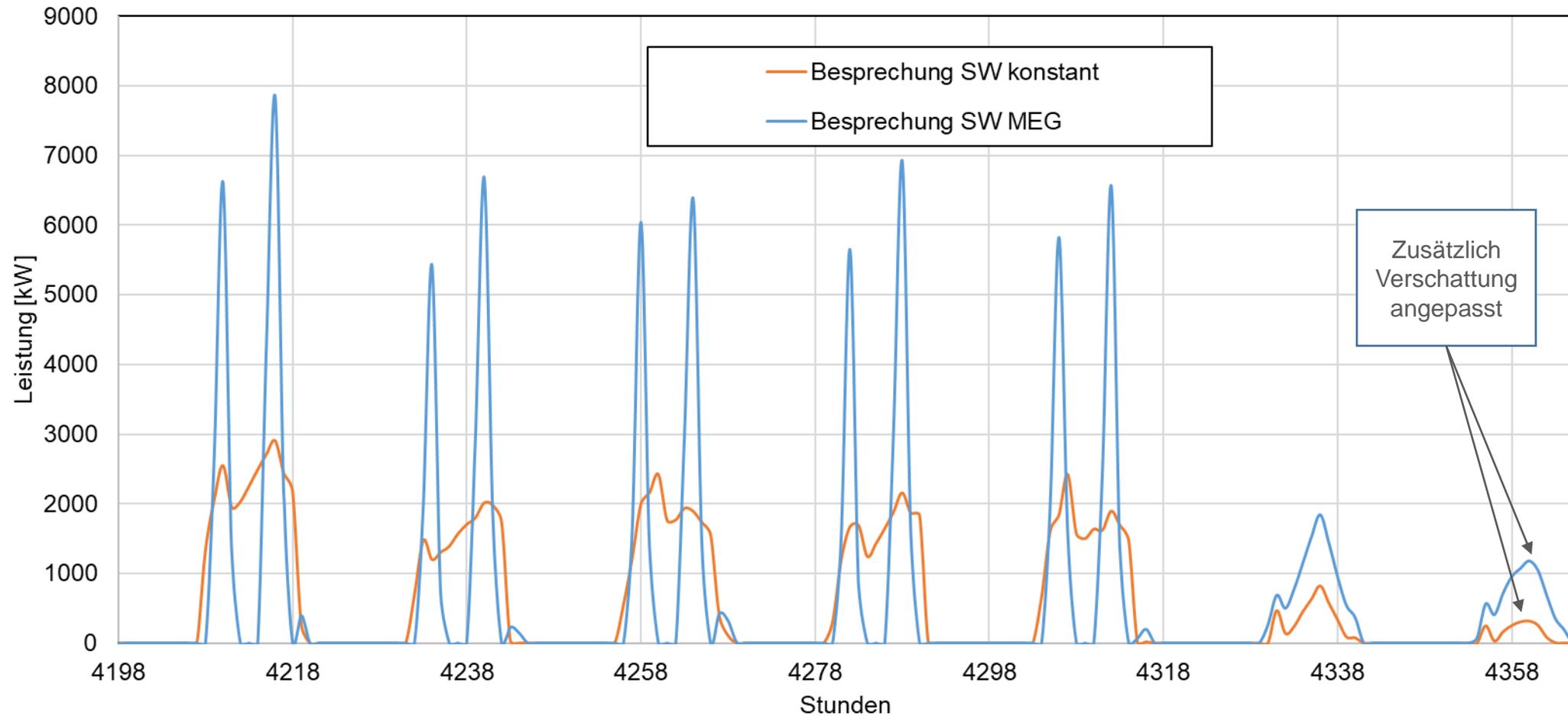


- Die Vollbenutzungsstunden bei der MEG-Studie entsprechen denen aus der DIN V 18599 aber mit einem realistischeren zeitvariablen Nutzungsverlauf.

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

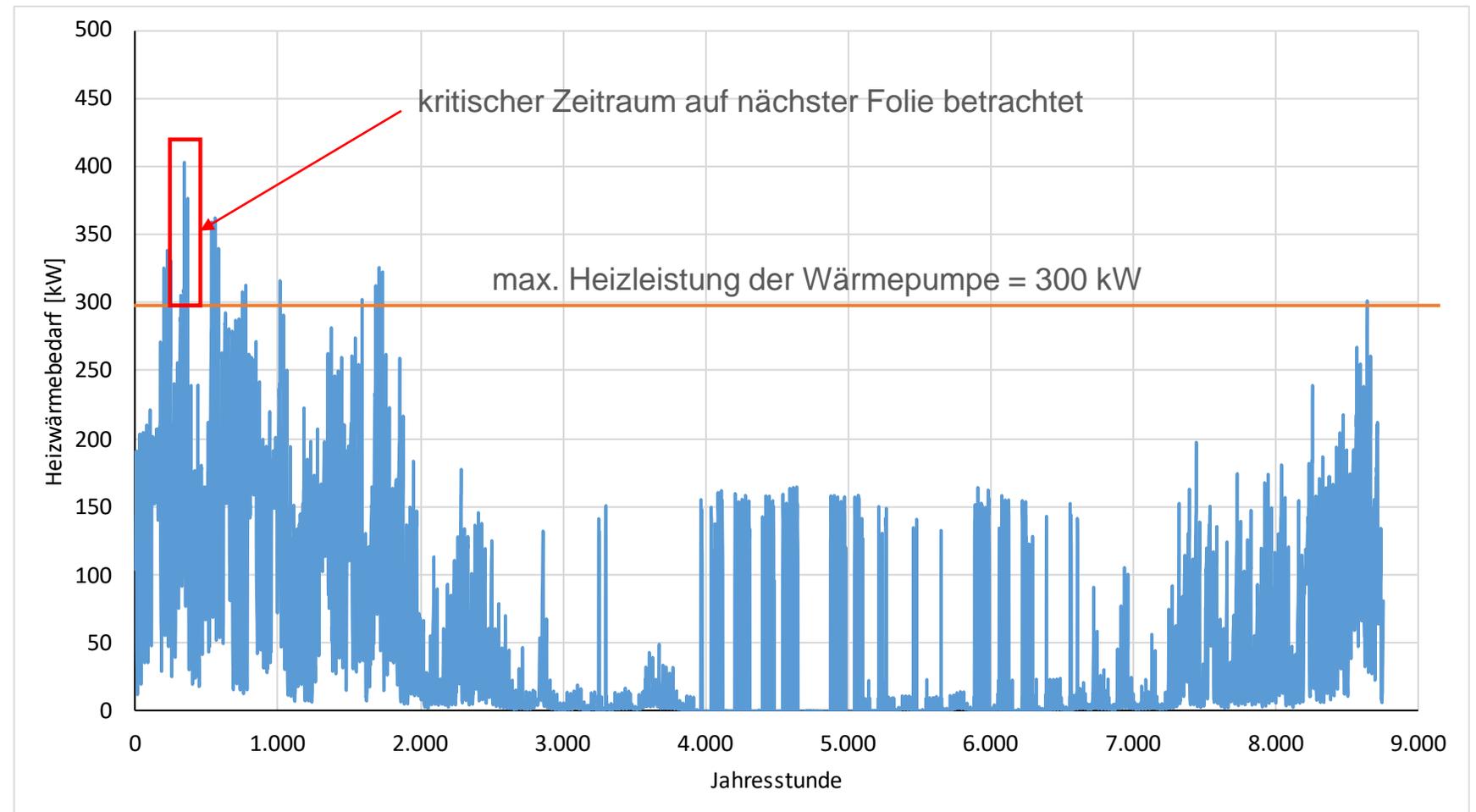
# Beispielhafte Randbedingungen der Gebäudesimulation

## Dynamische Nutzungsrandbedingungen



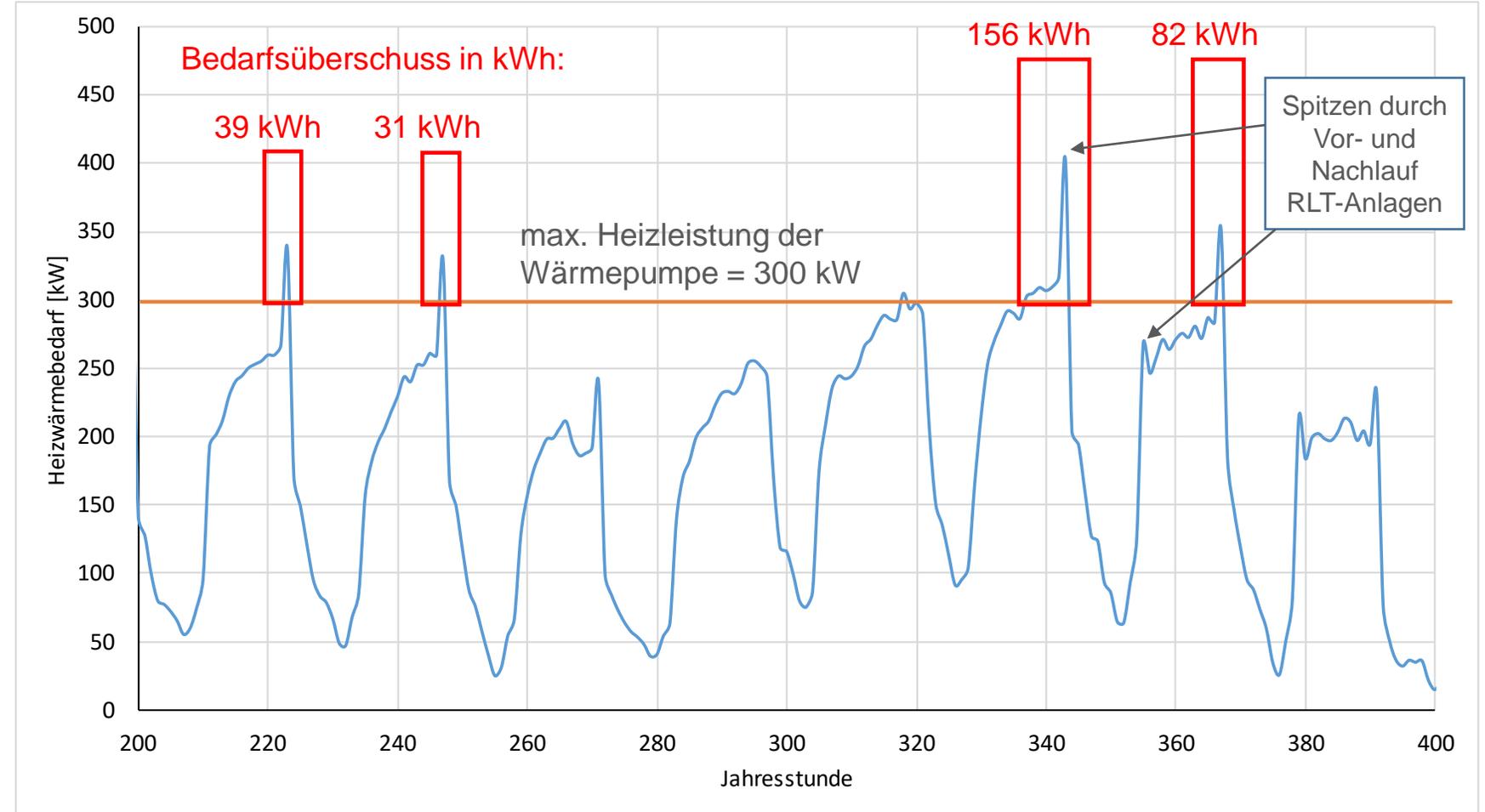
## Beispielhafte Ergebnisse: Lastspitzenuntersuchung

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

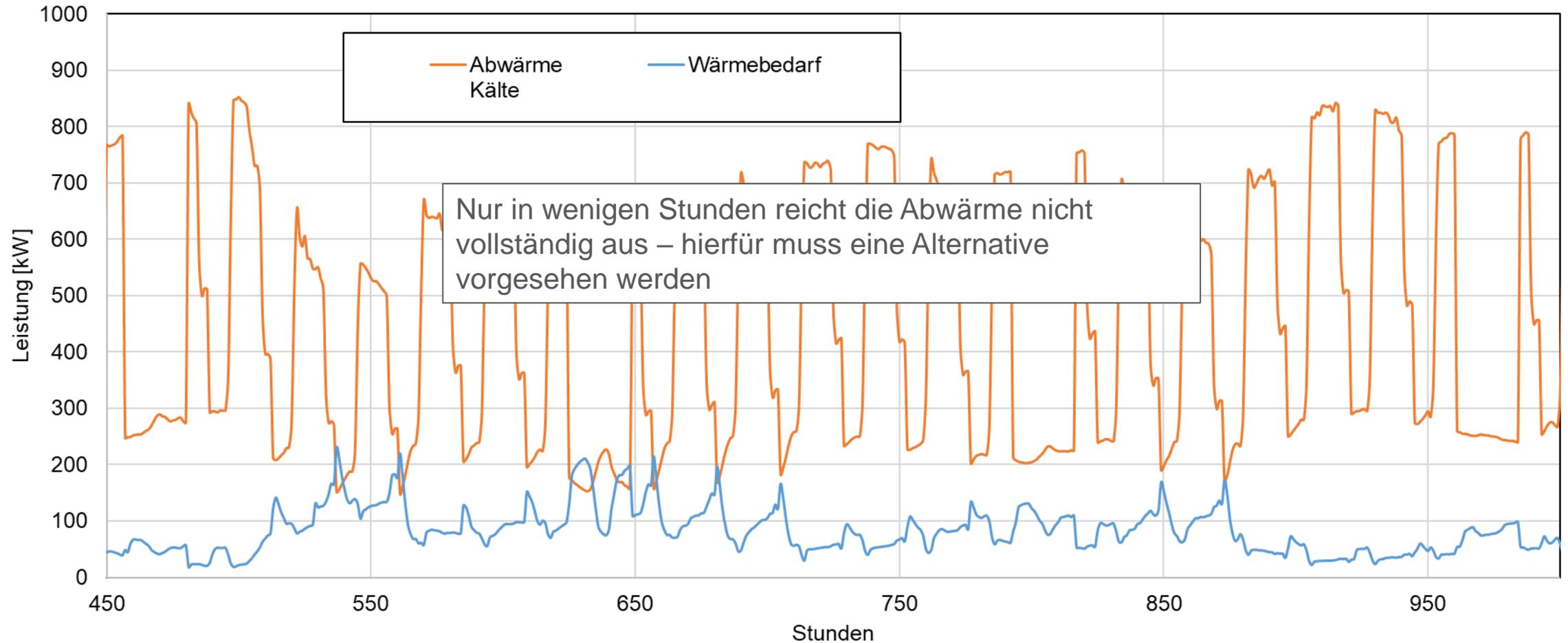


## Beispielhafte Ergebnisse: Lastspitzenuntersuchung

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

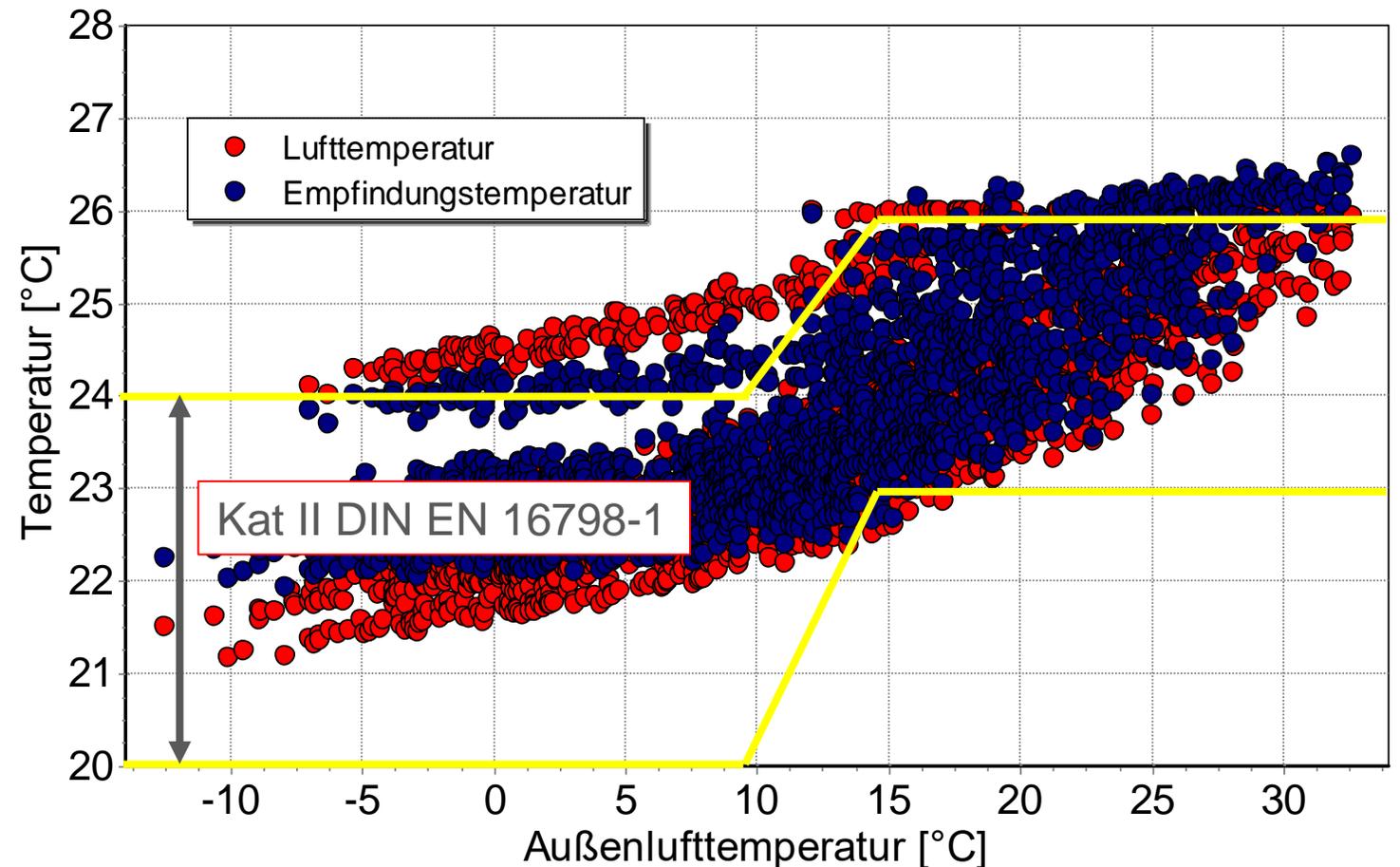


## Beispielhafte Ergebnisse: Abgleich Heiz- und Kühlbedarf



## 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

---

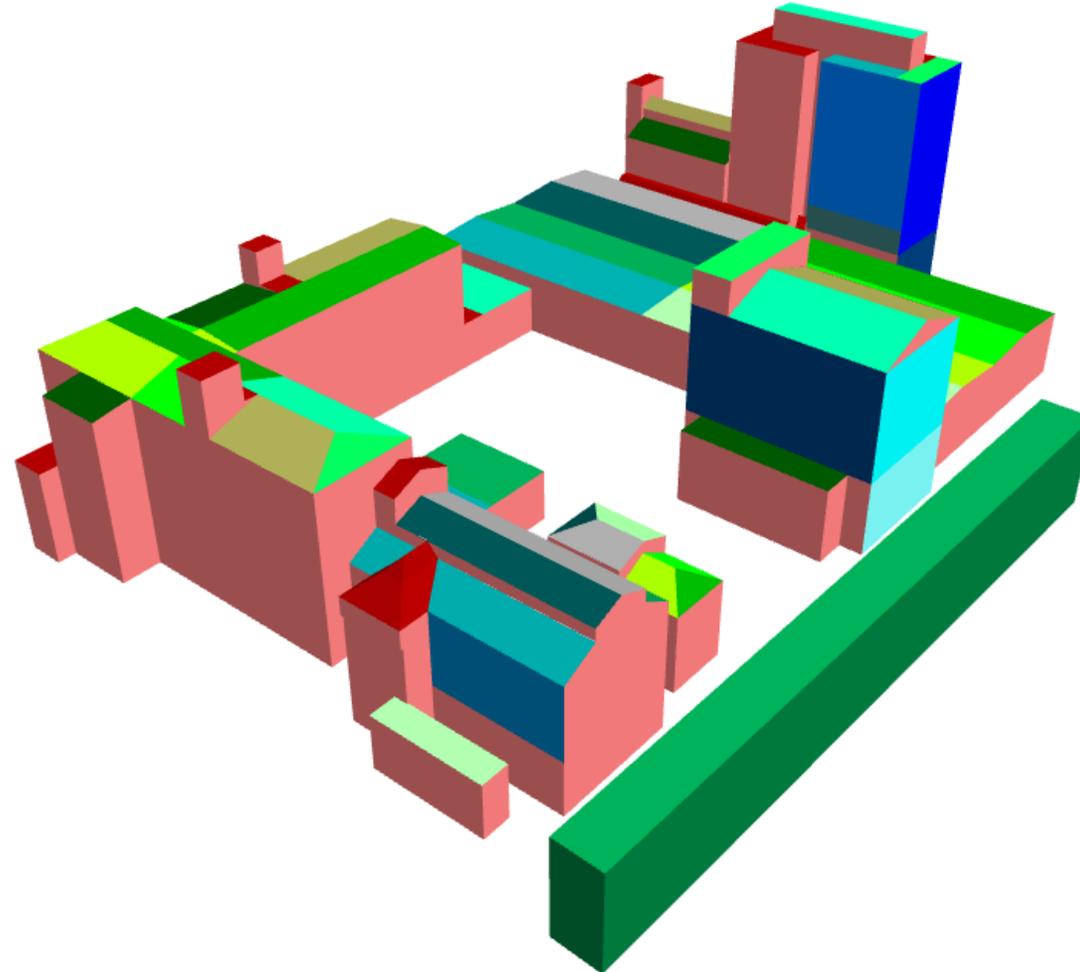
### Gebäudesimulation ...

- 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

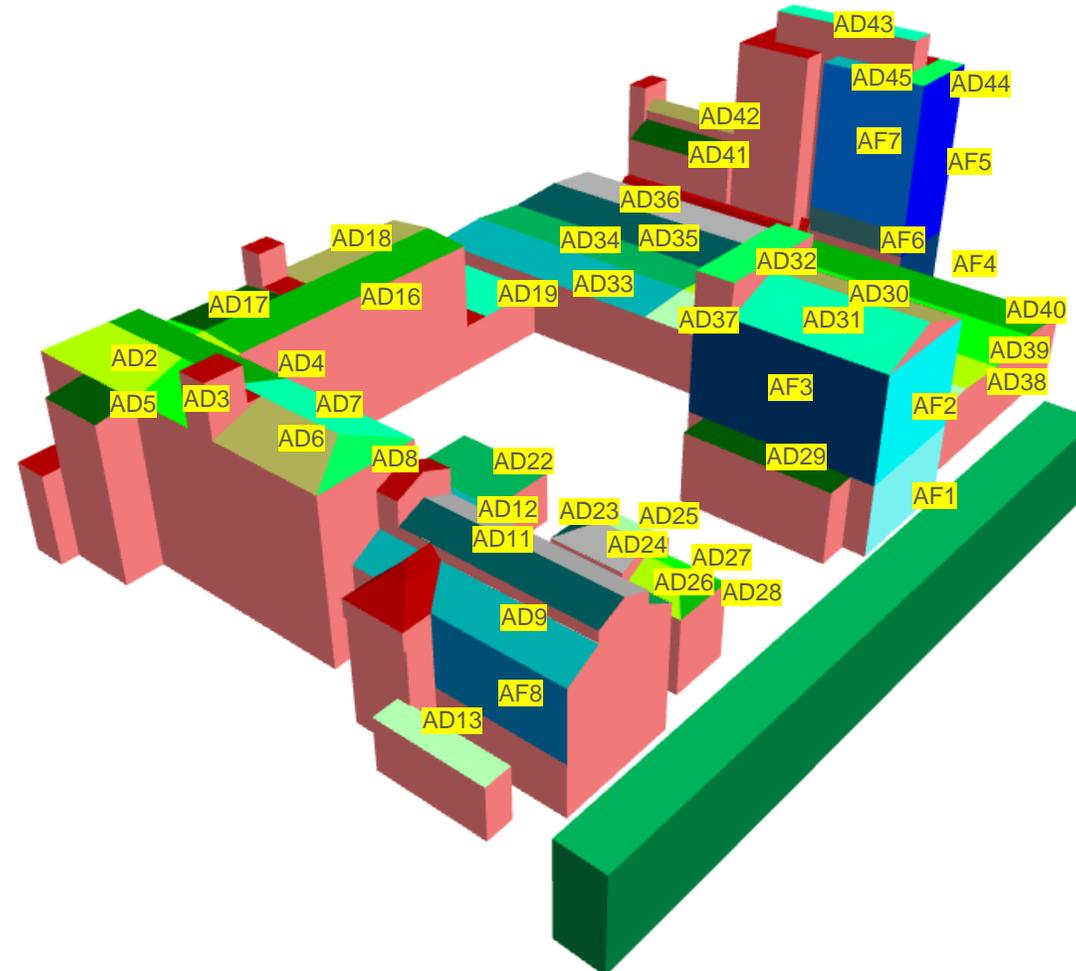
## Analyse von PV-Potenzialen

---



# Weitere Möglichkeiten der Gebäudesimulation

## Analyse von PV-Potenzialen



# Weitere Möglichkeiten der Gebäudesimulation

## Analyse von PV-Potenzialen

Flächenbezeichnung	Auswahl	Orientierung	Nutzbare Modulfläche [m <sup>2</sup> ]	Installierte Leistung [kWp]	spez. Ertrag [kWh/m <sup>2</sup> *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
<b>Teilsumme</b>	<b>23</b>		<b>Σ = 6.439</b>	<b>Σ = 1.288</b>	<b>Ø=164</b>		<b>Σ = 1.054</b>	<b>Ø=819</b>
<b>GESAMT</b>	<b>48</b>		<b>Σ = 12.681</b>	<b>Σ = 2.536</b>	<b>Ø=142</b>		<b>Σ = 1.804</b>	<b>Ø=711</b>

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

Ihr Ansprechpartner für weitere Fragen:

Hendrik Fuhrmann M.Sc.