

## Energieaudits - Simulation und Realität

EQUA Fachtag Gebäudesimulation, Frankfurt a.M.

18.04.2018 aenergen GmbH, Dr.-Ing. Justus Medgenberg



Heizung:  
8.000 kWh

Warmwasser:  
8.000 kWh

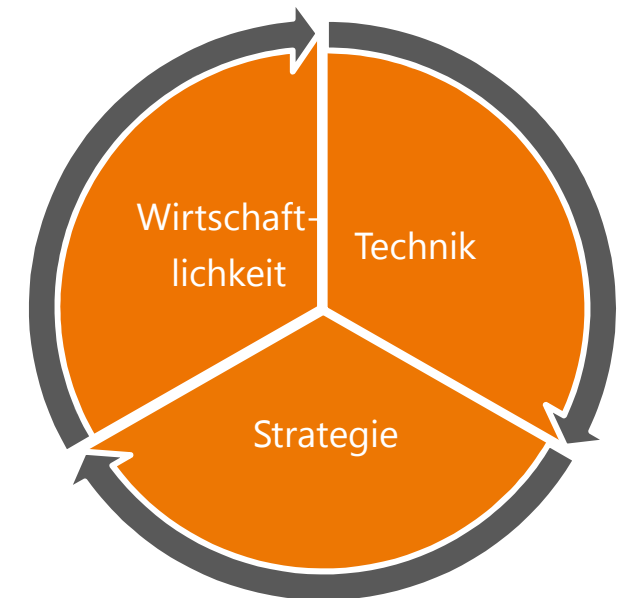
Kühlung,  
Lüftung:  
11.000 kWh

Verluste:  
1.000 kWh

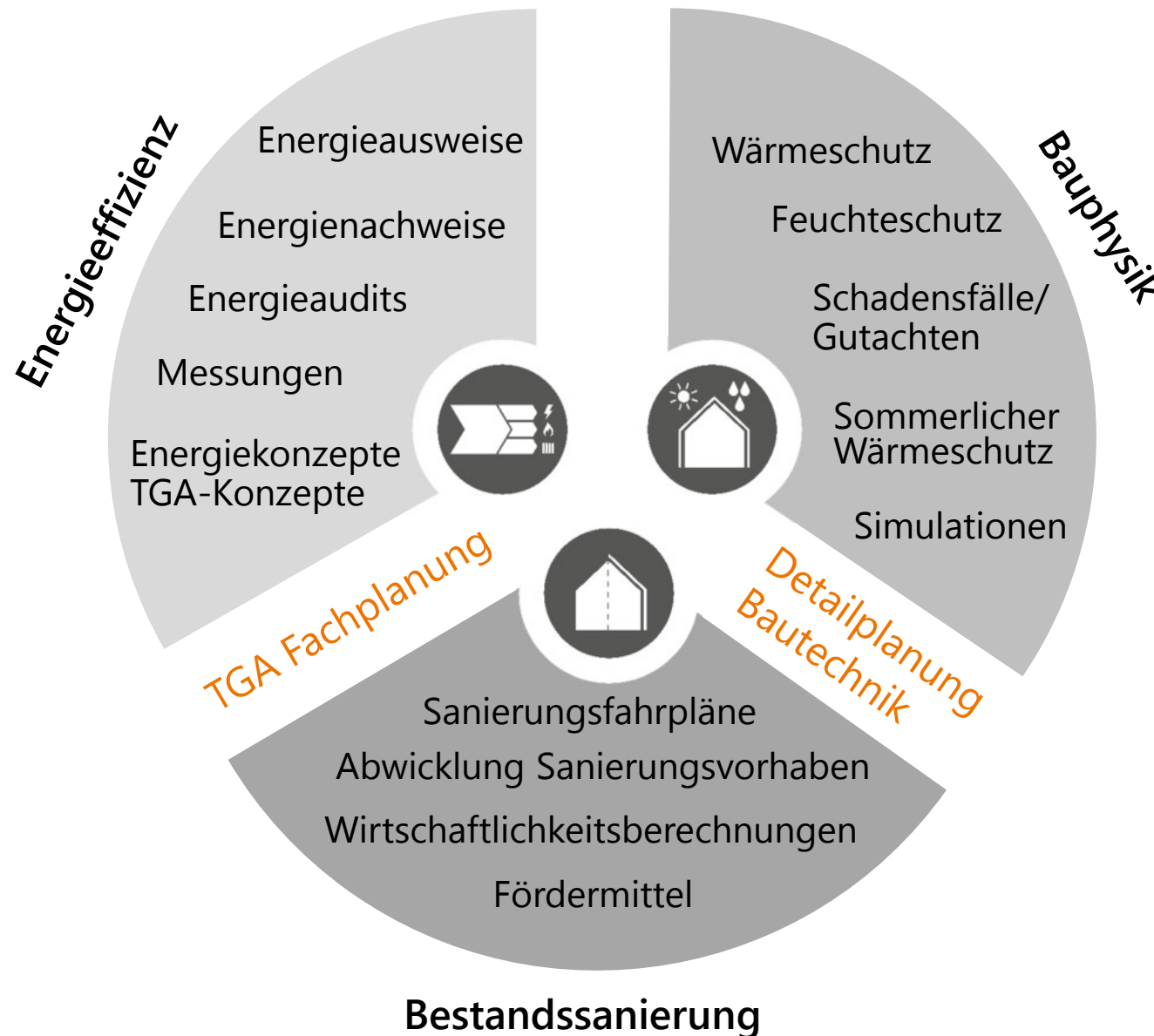
Verluste:  
1.000 kWh

## Die aenergen GmbH

- ist spezialisiert auf
  - ✓ Energieeffizienz
  - ✓ Bauphysik
  - ✓ Bestandssanierung
- berät unabhängig, technologieoffen und ganzheitlich,
- berücksichtigt technische, wirtschaftliche und strategische Abhängigkeiten.



# Leistungsspektrum



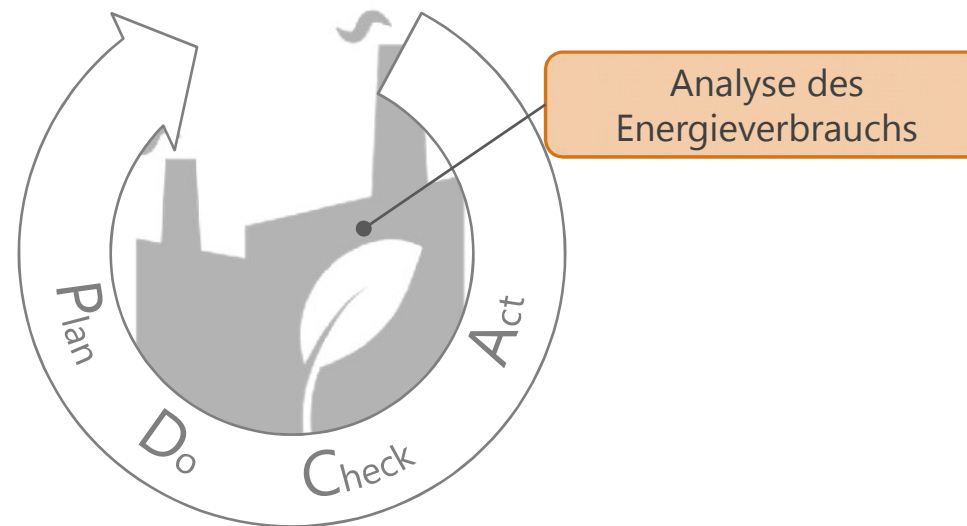
## Zulassungen und Qualifikationen

- EnEV Nachweisberechtigung für Wohn- und Nichtwohngebäude
- Zertifizierung für Passivhausplanungen
- BAFA: Programm „Energieaudits nach dem Energiedienstleistungsgesetz (EDL-G)“
- BAFA: Programm „Energieberatung im Mittelstand“
- BAFA: Programm „Energieberatung für kommunale Nichtwohngebäude“
- KfW: Förderprogramme zur Energieeffizienz (Neubau- und Bestandsprogramme, Wohn- und Nichtwohngebäude)
- KfW: Energieberatung in Unternehmen
- Nachweis- und Antragsberechtigung für zahlreiche Förderprogramme und Vorgaben seitens der Bauaufsicht, des Bundes und der Länder

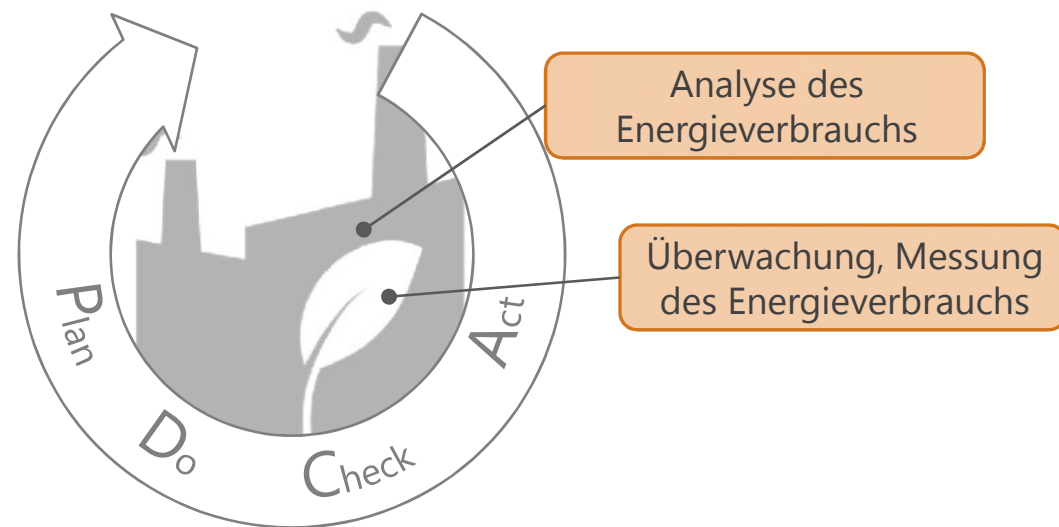
## Energieaudits für Unternehmen

- Hintergrund: RICHTLINIE 2012/27/EU: „Energieeffizienzrichtlinie“ , dient der Erfüllung der EU-Energieeffizienzziele bis 2020
- Artikel 8, Absatz 4:  
*„Die Mitgliedstaaten stellen sicher, dass Unternehmen, die kein KMU sind, Gegenstand eines Energieaudits sind, das bis zum 5. **Dezember 2015** und **mindestens alle vier Jahre** nach dem vorangegangenen Energieaudit in unabhängiger und kostenwirksamer Weise von qualifizierten und/oder akkreditierten Experten durchgeführt oder nach innerstaatlichem Recht von unabhängigen Behörden durchgeführt und überwacht wird.“*
- Unternehmensbegriff weit gefasst: → Wirtschaftliche Tätigkeit
- Umsetzung in Deutschland über Novelle des Energiedienstleistungsgesetzes (EDL-G)
- In Kraft getreten im April/Mai 2015 → sehr kurze Zeitspanne zur ersten Umsetzung des Audits für die Unternehmen
- Alternativ zum Energieaudit: Umsetzung eines Energiemanagementsystems bis Ende 2016
- Kontrollinstanz in Deutschland: BAFA; stichprobenartige Prüfungen haben bereits begonnen

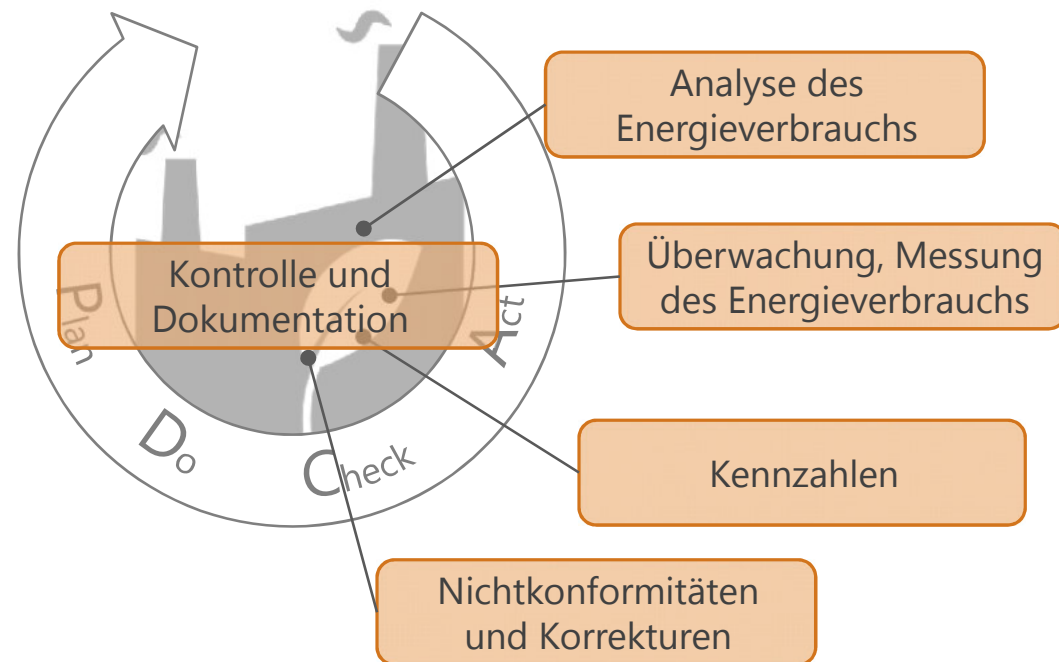
# Energieaudit, Energiemonitoring, Energiecontrolling, Energiemanagement



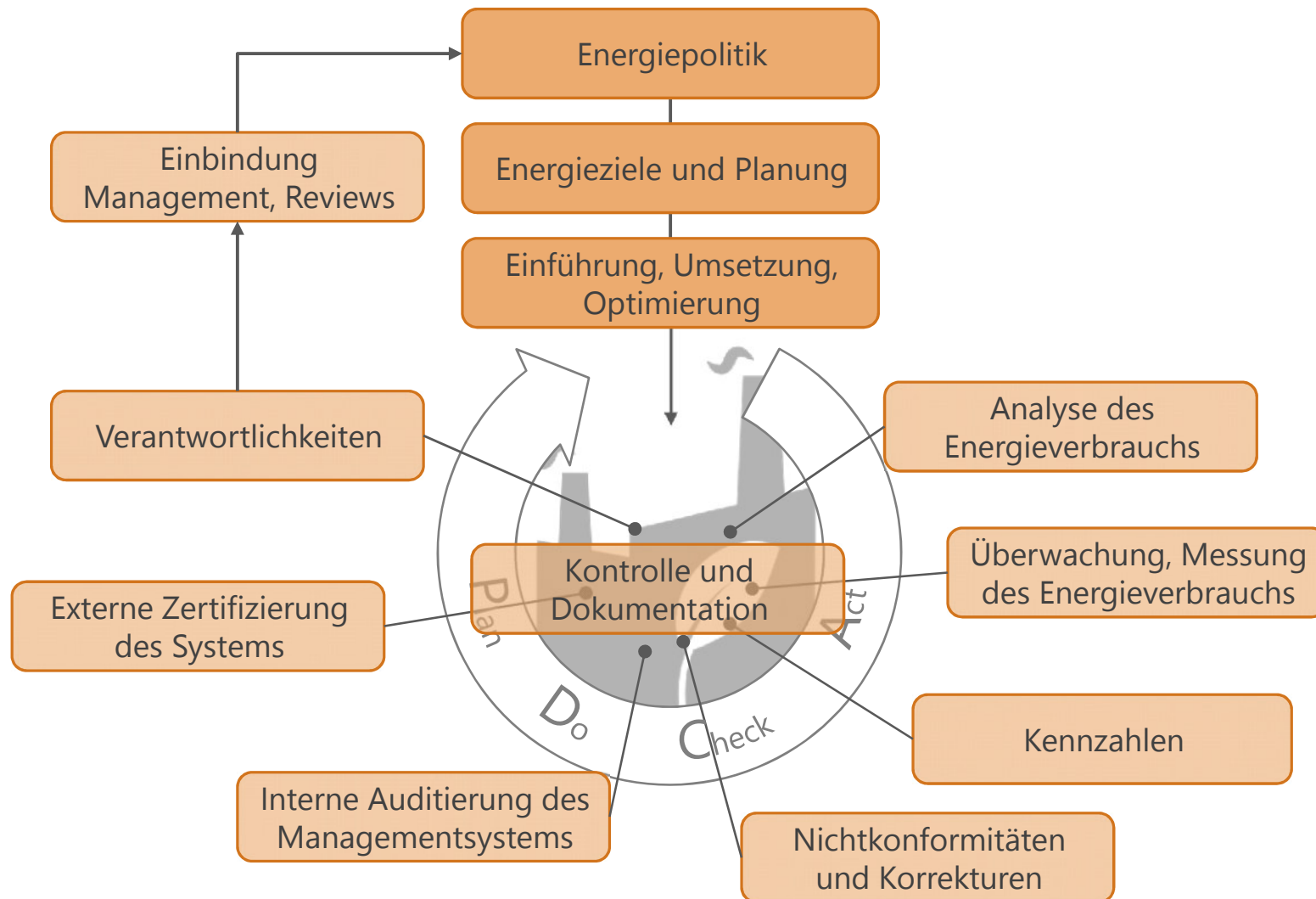
# Energieaudit, Energiemonitoring, Energiecontrolling, Energiemanagement



# Energieaudit, Energiemonitoring, Energiecontrolling, Energiemanagement

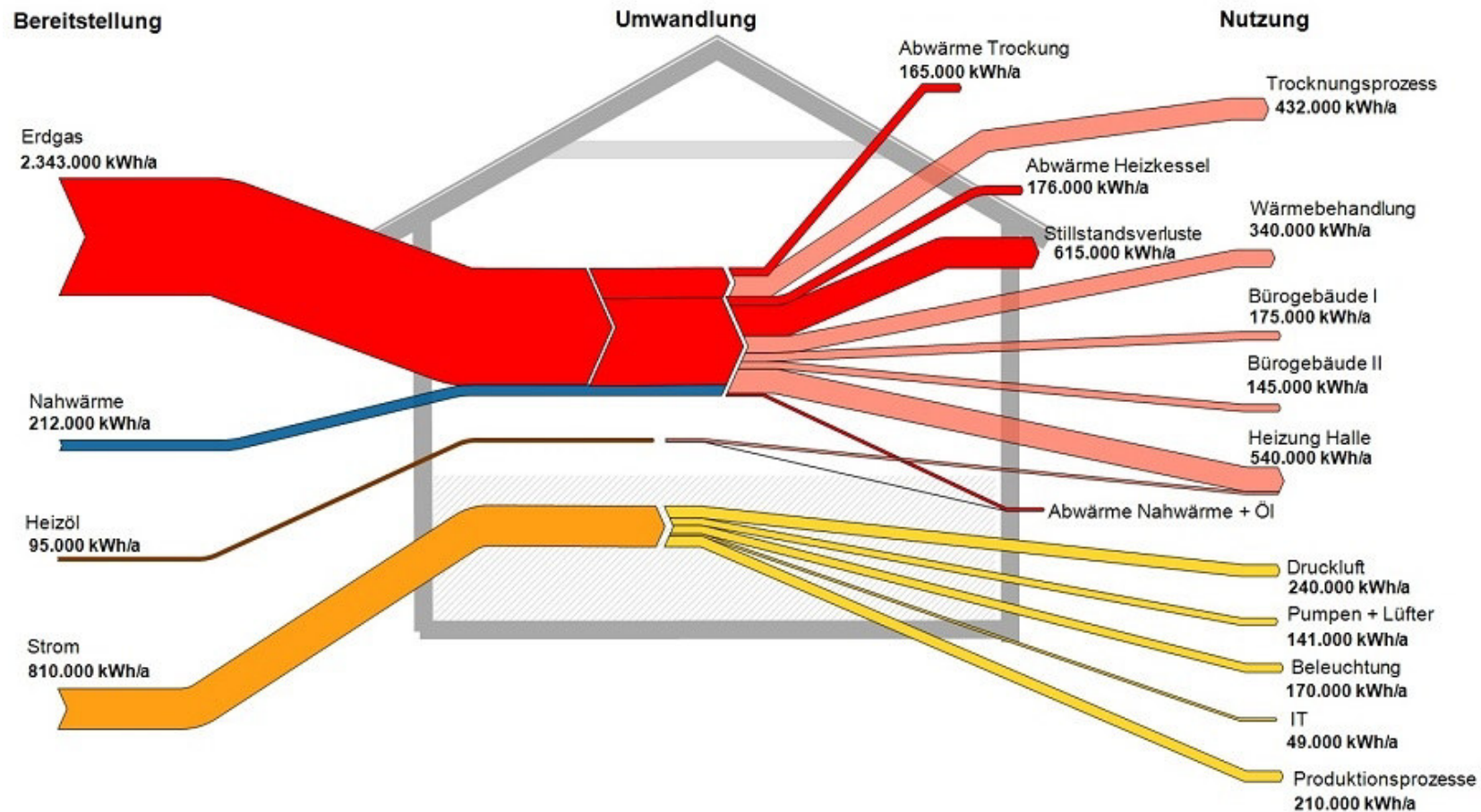
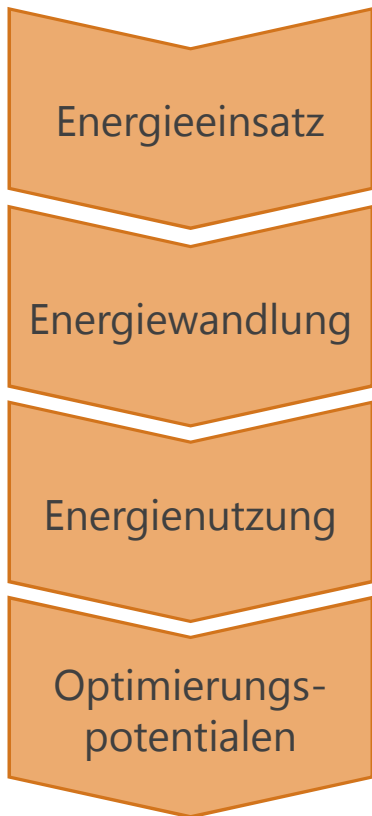


# Energieaudit, Energiemonitoring, Energiecontrolling, Energiemanagement



# Zielsetzung eines Energieaudits

Analyse von:



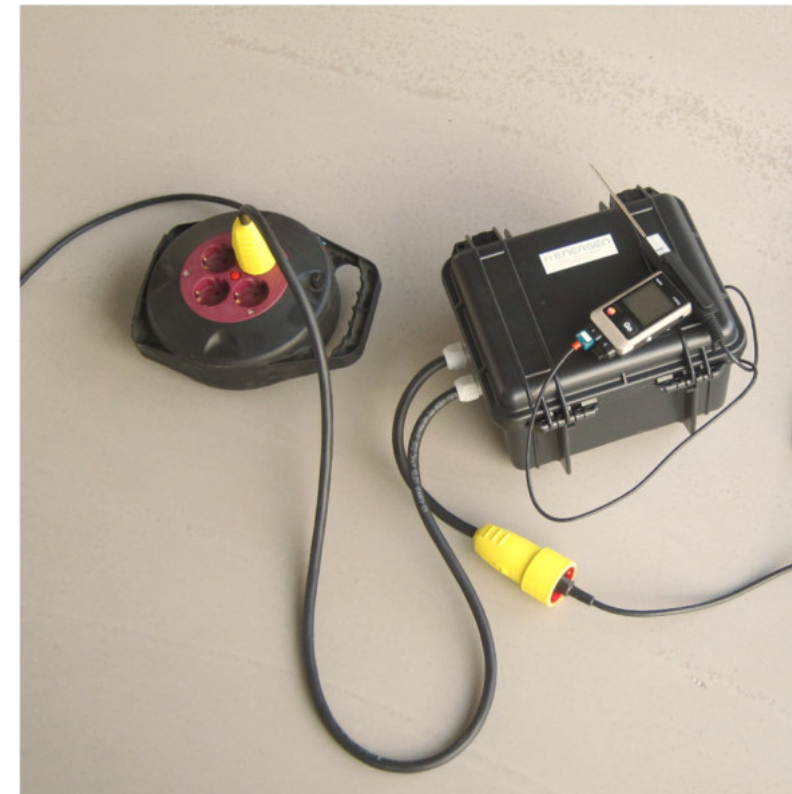
## Woher kommen die Daten?

Erforderlicher Aufwand

- Energiekostenabrechnung / Energieversorger
- Verfügbare Zwischenzähler
- Berechnungen und Abschätzungen
- Analysen zum Nutzungsverhalten
- Temporäre Messungen
- Dauerhafte installierte Messpunkte

**Unser Motto:** Viel ist schon vorhanden ... nur nicht immer direkt greifbar.

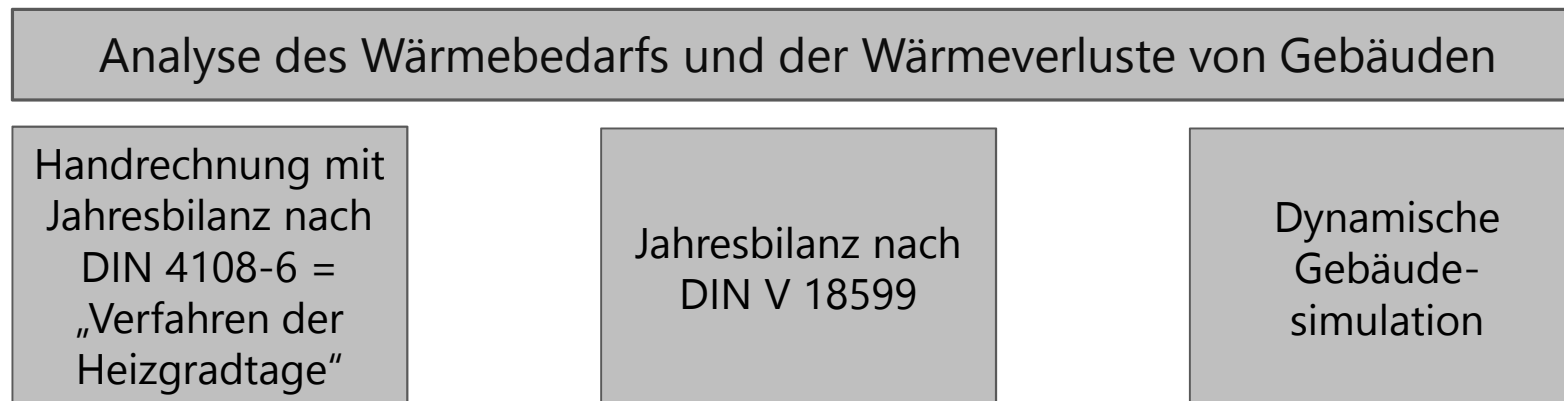
**Unser Ziel:** Soviel Aufwand wie nötig, so wenig wie möglich.



Temporär einsetzbarer Energiedatenlogger (Strom)

## Erfahrungen der letzten Jahre

- Bei „gebäudelastigen“ Kunden: im allgemeinen **gute Aufschlüsselung des Strombedarfs**, d.h. gute Übereinstimmung zwischen aufgenommenen Stromverbrauchern und daraus hochgerechnetem Stromverbrauch
- **Problematisch** ist vor allem die Aufschlüsselung des **Wärmebedarfs**



- Im Falle freiwilliger Audits: Fördermittelgeber (z.B. BAFA) fordern in der Regel die Anwendung der DIN V 18599

## 1. Praxisbeispiel

Energie-Audit für ein gemischt genutztes Gebäude (Veranstaltungen, Kultur, Gastronomie)

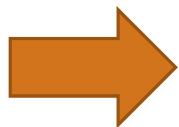
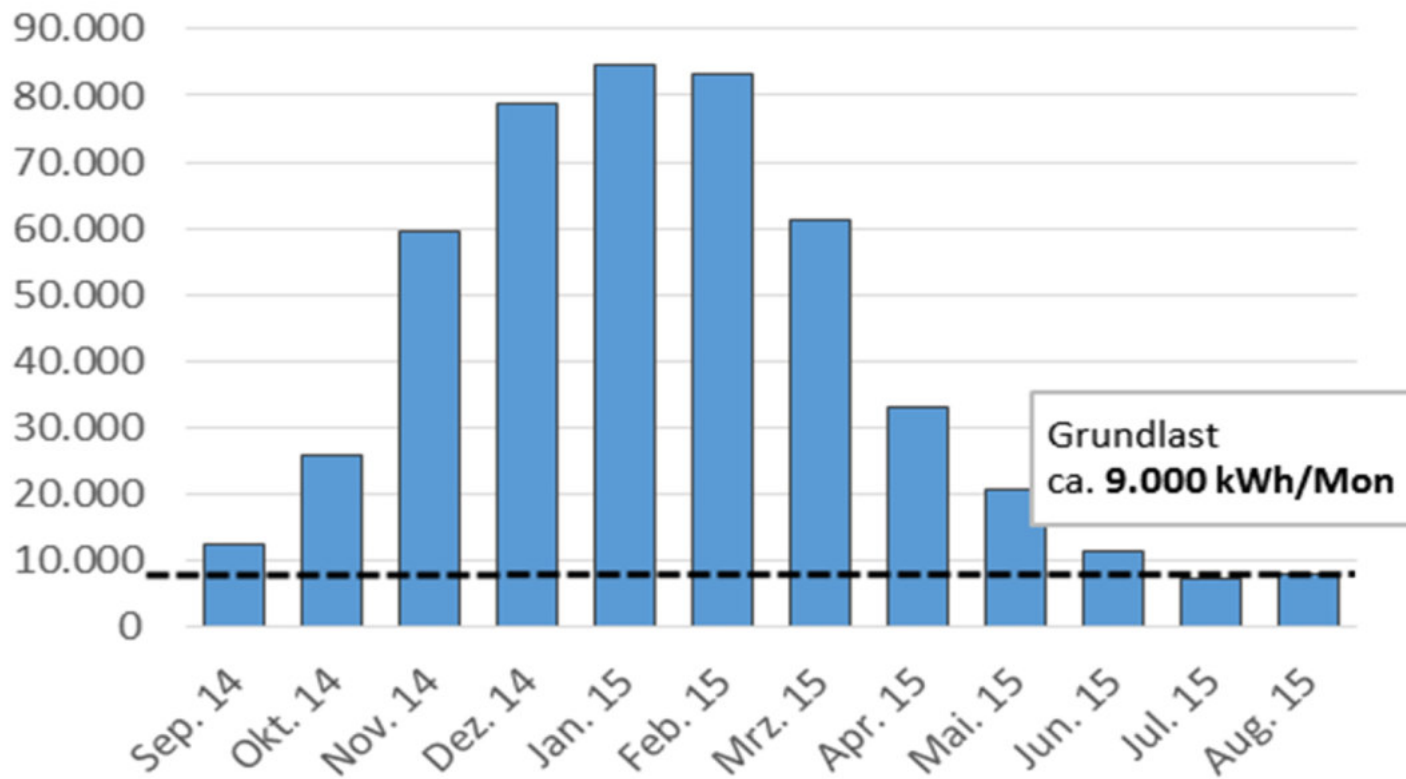


## Gebäudedaten

<b>Allgemeine Beschreibung der/des Gebäude(s)</b>	Denkmalgeschütztes Gründerzeitgebäude um 1911, Massivbauweise, ausgebautes und genutztes Dachgeschoss
<b>Wesentliche Bauteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Massives Außenmauerwerk zwischen 30 und 100 cm</li> <li>• Dach gedämmt mit ca. 12 cm Mineralwolle</li> <li>• im unteren Teil großformatige Massivholztore, ca. 14 cm Dicke</li> <li>• 2-fach verglaste (Kasten-)Fenster mit Holzrahmen, zum Teil sprossenverglast um 1970</li> </ul>
<b>Heizungsanlage</b>	direkte Fernwärmeeinspeisung, Übergabe durch statische Heizkörper und Vor- bzw. Nacherhitzer der Lüftung
<b>Warmwasserbereitung</b>	indirekt beheizter Brauchwasserbereiter mit Fernwärmeeinspeisung
<b>Gebäudelüftung</b>	<p>Zentrale Mechanische Belüftung in den Bereichen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• UG/EG/ZG/OG/DG: Übungsräume + Nebenräume (Zuluft/Abluft)</li> <li>• UG/EG/ZG/OG/DG: WC's (separate Abluft)</li> <li>• EG: Fahrzeughalle (Zuluft/Abluft)</li> <li>• OG: Siebdruck (separate Abluft)</li> <li>• OG/DG: Theater (Zuluft/Abluft)</li> </ul> <p>Sonst: Fensterlüftung und Infiltration</p>
<b>Klimatisierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• OG/DG: Theater (Teilklimagerät über Lüftung)</li> <li>• OG: Ausstellung + Veranstaltungsraum (dezentrales Klimagerät)</li> </ul>

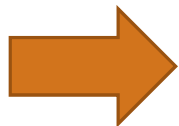
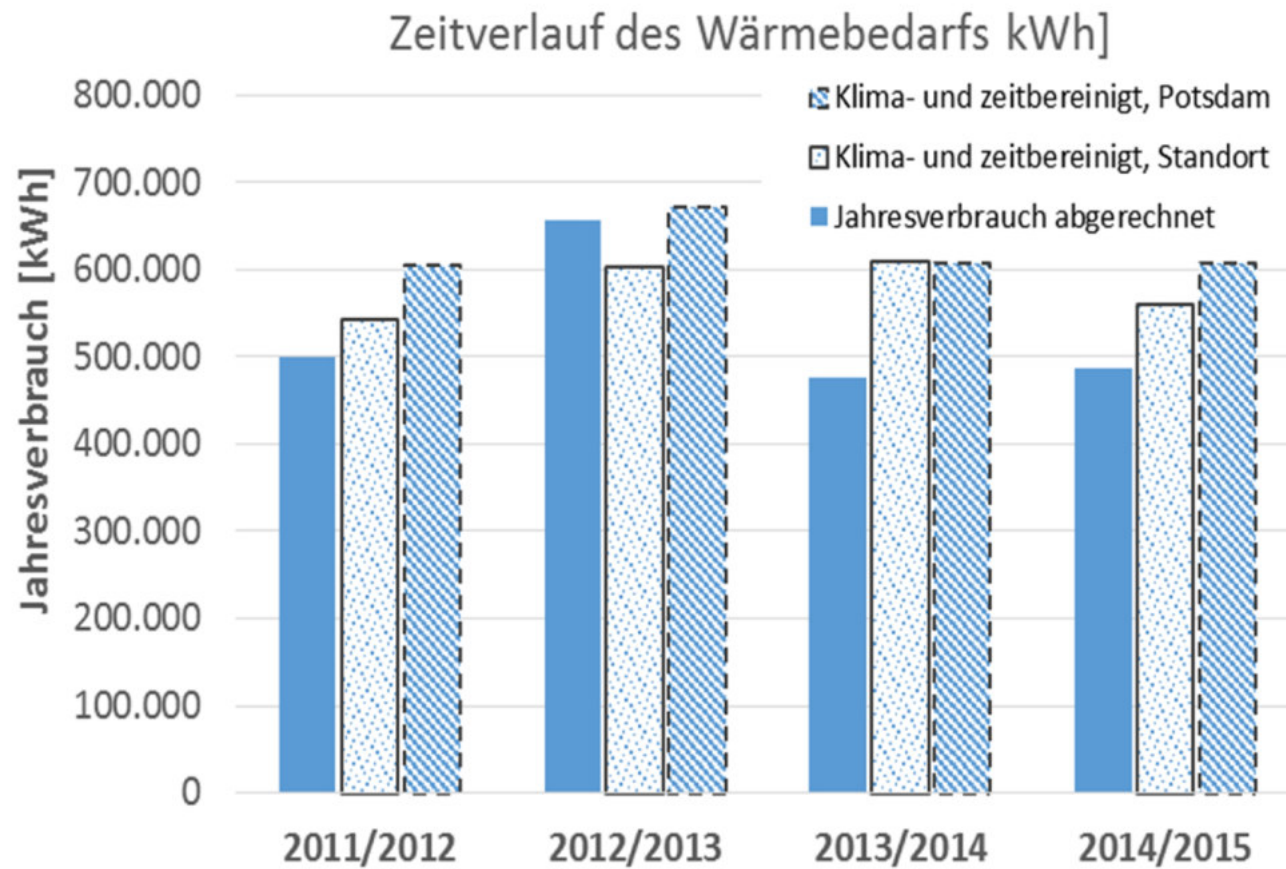
# Tatsächlicher Wärmebedarf des Gebäudes

Verteilung Wärme-Energieverbrauch  
2014/2015 [kWh]



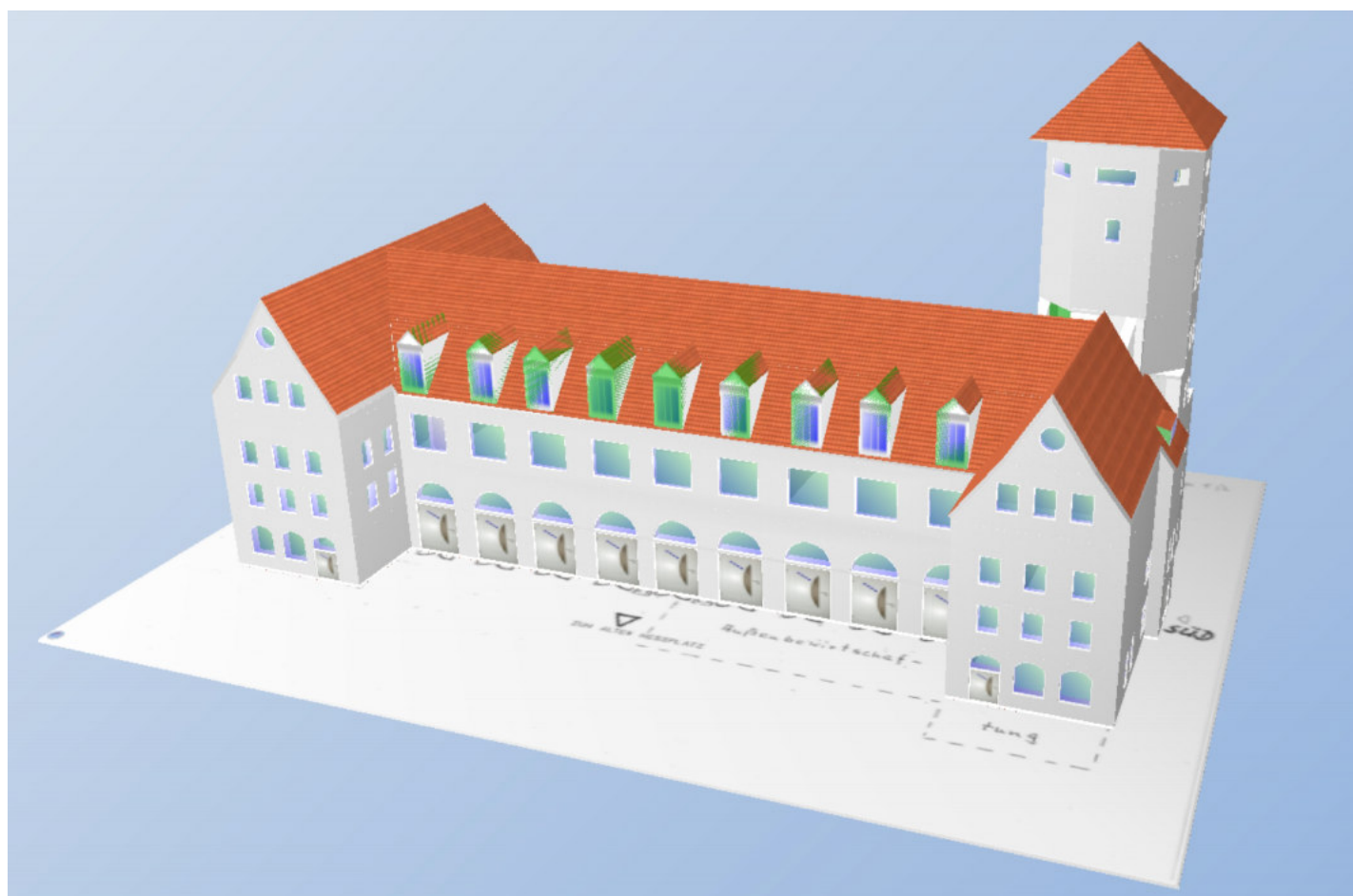
Relativ hoher Grundbedarf an Wärme. Für was?

# Wärmeverbrauch über mehrere Jahre

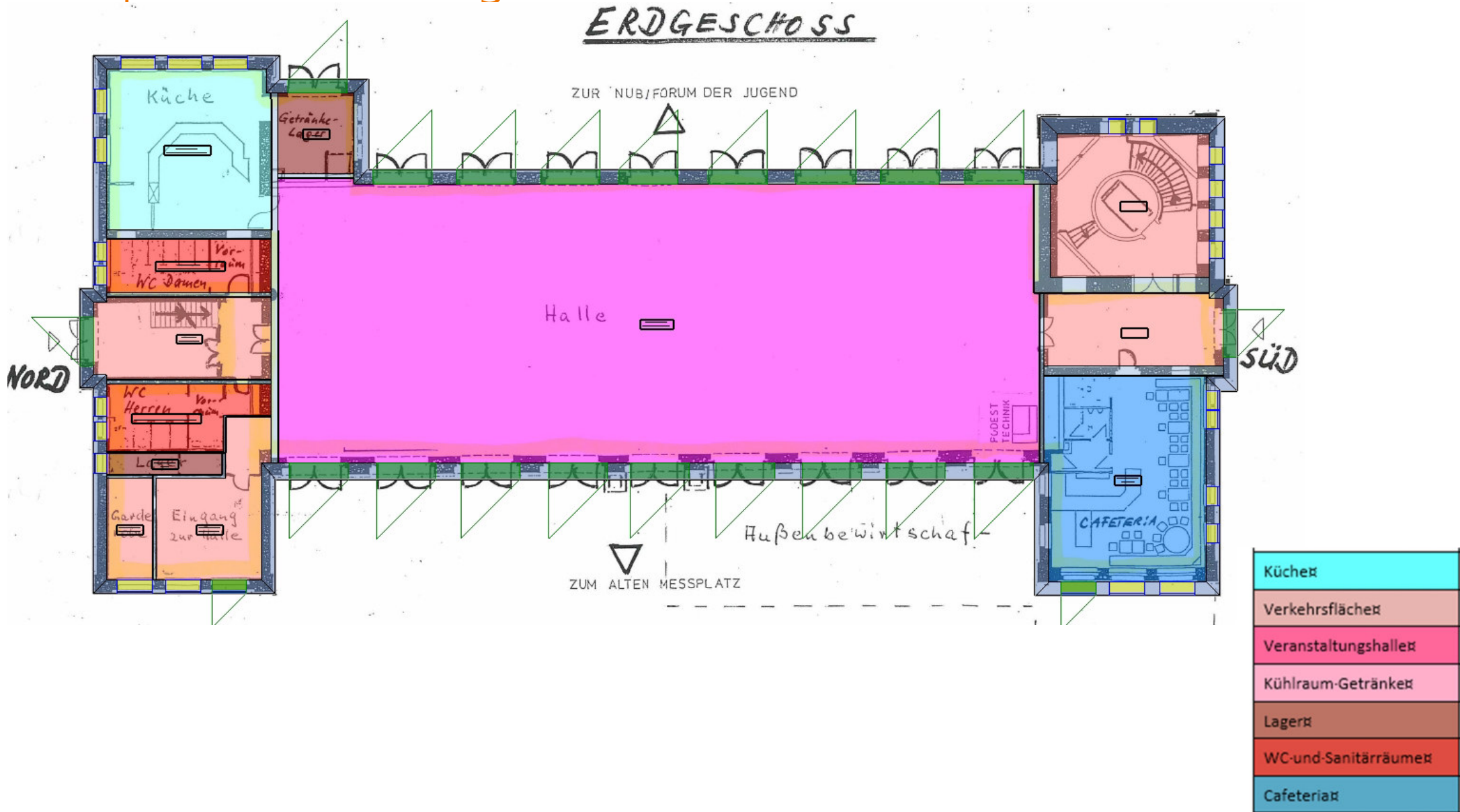


Im Mittel ca. 600.000 kWh/a

## Gebäudemodell für Analyse nach DIN V 18599

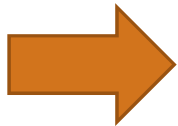


# Beispiel der Zonierung



## Ergebnisse der Bilanzierung

- Trotz Anpassungen an den Nutzungsprofilen ergeben die Berechnung mit ca. 1.300.000 kWh/a einen **um Faktor 2,17** höheren Endenergiebedarf gegenüber dem tatsächlichen Bedarf.
- Erfahrungen mit anderen Projekten zeigen: Faktoren zwischen berechnetem Bedarf und tatsächlichem Verbrauch **zwischen 1,5 und 2,1** sind üblich.
- Der tatsächliche Verbrauch wird im Bestand (sowohl Wohn- als auch Nichtwohngebäude) so gut wie nie gut getroffen. Vor allem wird im Bestand der Verbrauch so gut wie immer überschätzt



- energetische Berechnungen und Beratungen auf Basis der DIN V 18599 sind üblich und werden in der Regel für viele Förderprogramme, Standards etc. explizit gefordert.
- In Anbetracht der großen Abweichungen zwischen Verbrauch und berechnetem Bedarf im Bestand stellt sich die Frage der Aussagekraft weitergehender Bewertung zur Wirtschaftlichkeit etc.
- als alleinige Möglichkeit zur Verbesserung der Aussagekraft bleibt eine Skalierung der berechneten Ergebnisse. Ist das sinnvoll?

# Erfahrungen anderer

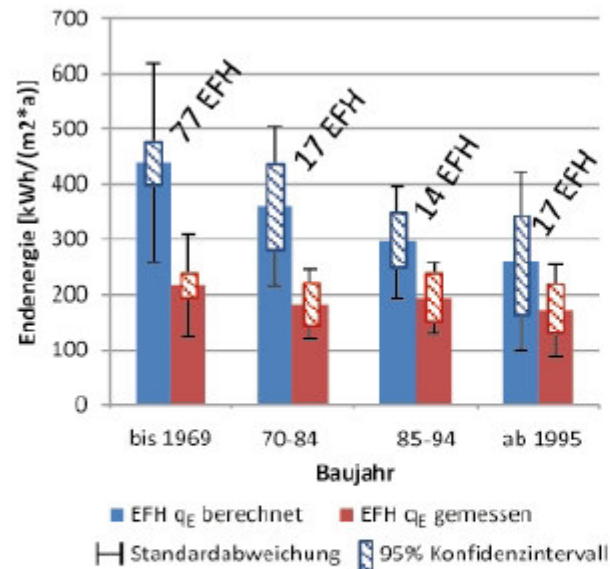


Bild 1. Berechnete und gemessene Endenergie  $q_E$  in 125 Einfamilienhäusern (EFH) bezogen auf die Nettogrundfläche  
 Fig. 1. Calculated and measured final energy  $q_E$  in 125 single-family homes related to the net floor area

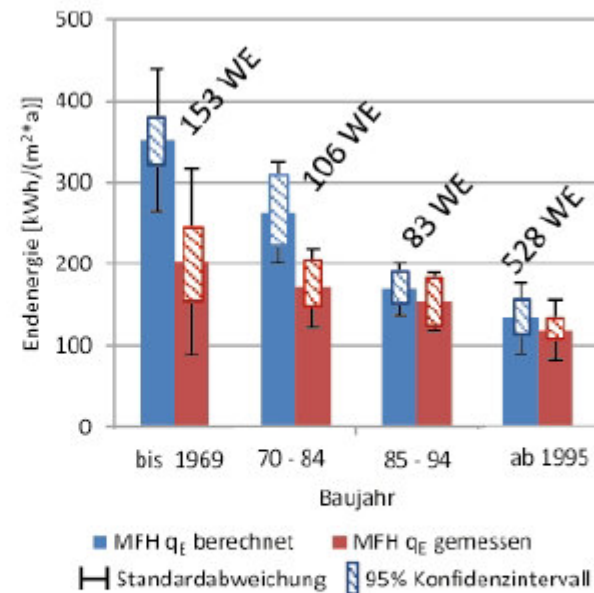


Bild 2. Berechnete und gemessene Endenergie  $q_E$  bezogen auf die Nettogrundfläche in 870 Wohneinheiten (WE) aus insgesamt 105 Mehrfamilienhäusern  
 Fig. 1. Calculated and measured final energy  $q_E$  in 105 single-family homes with 870 dwellings related to the net floor area

Quelle: Merzkirch, Moos, Maas, Scholzen, Waldmann: Wie genau sind unsere Energiepässe? Vergleich zwischen berechneter und gemessener Endenergie in 230 Wohngebäuden in Luxemburg, Bauphysik 36 (2014)

## Es gibt sogar Korrekturformeln ...

Standards hat. Er wurde vom Institut für Wohnen und Umwelt aus einer Stichprobe von 1.700 Gebäuden abgeleitet. Der typische Heizenergieverbrauch berücksichtigt, dass Bewohner von ungedämmten Gebäuden in der Regel sparsamer heizen als Bewohner von gedämmten Gebäuden. Der typische Heizenergieverbrauch wird aus dem berechneten Heizenergiebedarf mithilfe eines Verbrauchsfaktors berechnet.

Standards hat. Er wurde vom Institut für Wohnen und Umwelt aus einer Stichprobe von 1.700 Gebäuden abgeleitet. Der typische Heizenergieverbrauch berücksichtigt, dass Bewohner von ungedämmten Gebäuden in der Regel sparsamer heizen als Bewohner von gedämmten Gebäuden. Der typische Heizenergieverbrauch wird aus dem berechneten Heizenergiebedarf mithilfe eines Verbrauchsfaktors berechnet.

$$q_{E,h,typisch} = q_{E,h} * f_v$$

$$q_{E,h,typisch} = q_{E,h} * \left[ -0,2 + \frac{1,3}{\left(1 + \frac{q_{E,h}}{500}\right)} \right]$$

für einen berechneten Bedarf von 200 kWh/m<sup>2</sup> beträgt der Korrekturfaktor 0,73.

für einen berechneten Bedarf von 50 kWh/m<sup>2</sup> beträgt der Korrekturfaktor 0,98

$q_{E,h,typisch}$	Typischer Endenergieverbrauchswert für Heizung
$q_{E,h}$	Berechneter Endenergiebedarf für Heizung
$f_v$	Verbrauchsfaktor

Quelle: Handbuch für Energieberater – Anleitungen mit Tipps und Tricks zur Umsetzung (zum individuellen Sanierungsfahrplan), BMWI, Juni 2017

## 2. Praxisbeispiel

- Energie-Audit für ein Verwaltungsgebäude
- Fragestellungen: in erster Linie Verbesserung des sommerlichen Komforts sowie Einsparmöglichkeiten in den Bereichen Wärme und Strom (war aber nicht im Fokus)



## Gebäudedaten

<b>Allgemeine Beschreibung der/des Gebäude(s)</b>	7-geschossiges Nichtwohngebäude inkl. zwei (Teil-) Untergeschossen und einer Tiefgarage; ca. 1986 bis 1988;
<b>Wesentliche Bauteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stahlbetonkonstruktion mit Kerndämmung und Klinkerfassade; großflächige Verglasungen als Glasfassade und Lochfassade; zum Teil sichtbare Stützen und Festverglasungen</li> <li>• Alu-Fenster mit 2-Scheiben Sonnenschutzverglasung und 2-Scheiben-Isolierverglasung, außenliegender Sonnenschutz</li> <li>• umfangreiche Sanierung der Steildachkonstruktion im Jahr 2010</li> </ul>
<b>Heizungsanlage</b>	Indirekte Fernwärmeübergabestation; in den meisten Räumlichkeiten Radiatoren; für Sitzungssaal Brüstungskonvektoren; in Teilbereichen Fußbodenheizung
<b>Warmwasserbereitung</b>	dezentrale Warmwasserbereitung für WCs und Teeküche mittels Untertischboiler. Für 2 Duschen sind elektrische Durchlauferhitzer vorhanden
<b>Gebäudelüftung</b>	mechanische Lüftung (Abluft) für WC's, Flure und Sitzungssäle I/II. Nachströmung über Fassadenöffnungen und Fenster sowie allgemeine Infiltration; für die Kfz-Zulassung im UG und Sitzungssaal III mechanische Lüftungsanlage (Zuluft/Abluft)
<b>Klimatisierung</b>	Kühlung der Technikräume für Server und Telefonverteilung mittels Single-Split-Gerät; sonst keine Klimatisierung

# Simulationsmodell zur Analyse des thermischen Verhaltens

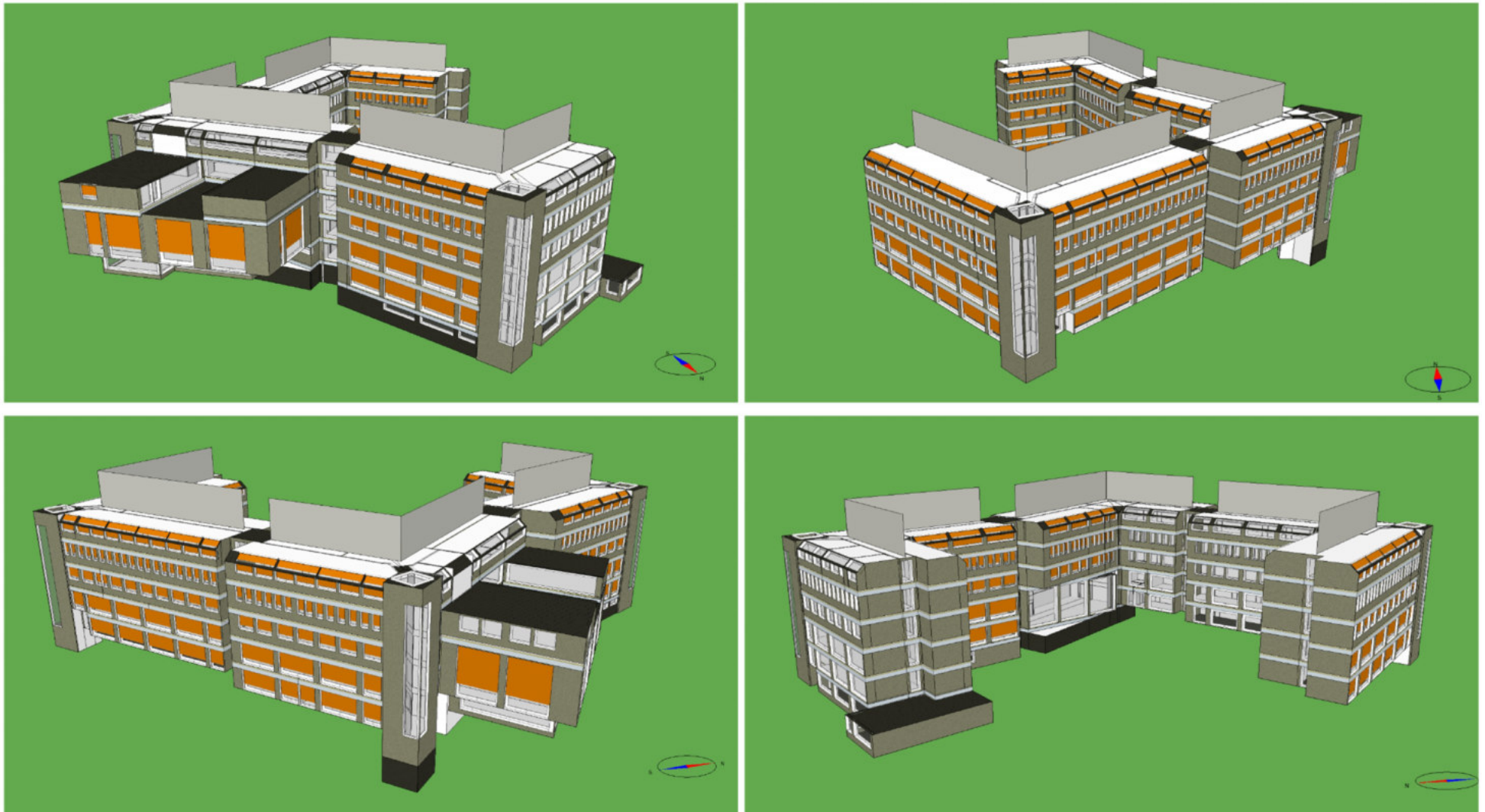


Abbildung 1: Perspektive Nord-Ost (oben links), Süd (oben rechts), Süd-Ost (unten links), West (unten rechts) des Bürogebäudes  
Quelle: Energetisches Berechnungsmodell

# Erfassung von Zonendaten im Rahmen des Audits

### IDA ICE Zonen-Datenblatt

**Projekt:** Gebäudesimulation sommerlicher Wärmeschutz  
**Projektnummer:** 041-2016-20-20-4

**Allgemeine Angaben**

**Zonenbezeichnung:** Besprechung

Geschosshöhe [m]: 3,17  
lichte Raumhöhe [m]: 2,50  
Raum-Solltemperatur [°C]: 21 °C  
durchschnittliche Zonengröße [m²]: 42

Regelarbeitszeit: von 7:30 bis 16:00, 8,50 Std.  
Gleitzeit (kommen/gehen) [Std]: - 0,50 + 0,50  
Mittagspause: von 12:00 bis 13:00, 1,00 Std.

---

**Geräte (ITK)**

**Durchschnittsrechner für Zonenvorlage**  
Berechnungsgrundlage (bei Zusammenfassung): Audit, Besprechung 4.OG, B435a  
durchschnittliche Zonengröße [m²]: 42  
installierte Leistung [W] (Energierechner): 0,00  
Durchschnitt [W/m²]: 0,00

**Geräteübersicht (nur Dokumentation)**

Gerät	[W/Gerät]	F	Anzahl	[W/m²]
Laptop/Notebook	60	0,75	1	1,07

**Zeitplan (nur Dokumentation)**

keine Geräte in der Zone  
 Zeitplan ohne Mittagspause

MO 7:00 bis 16:30  
DI 7:00 bis 16:30  
MI 7:00 bis 16:30  
DO 7:00 bis 16:30  
FR 7:00 bis 16:30  
SA bis  
SO bis  Samstag  Sonntag

Gleichzeitigkeit [%] / Faktor Sommerbetrieb (Winterbetrieb = 100%)  
ausgeschaltet [%] / Faktor: 100% / 0,80  
Gerät an [%] (Mittagspause): 50%  
Faktor für Zeitplan Geräte: 0,80

**Tageszeitplan Geräte**

00:00	0,00
07:00	0,00
07:30	0,80
12:00	0,80
12:00	0,40
13:00	0,40
13:00	0,80
16:00	0,80
16:30	0,00
00:00	0,00

**Kunstlicht**

**Durchschnittsrechner für Zonenvorlage**  
Berechnungsgrundlage (bei Zusammenfassung): Audit, Besprechung 4.OG, B435a  
durchschnittliche Zonengröße [m²]: 42  
installierte Leistung [W] (Energierechner): 507  
Durchschnitt [W/m²]: 12,07

**Zeitplan (nur Dokumentation)**

kein Kunstlicht in der Zone  
 Zeitplan ohne Mittagspause

MO 7:00 bis 16:30  
DI 7:00 bis 16:30  
MI 7:00 bis 16:30  
DO 7:00 bis 16:30  
FR 7:00 bis 16:30  
SA bis  Samstag  
SO bis  Sonntag

Gleichzeitigkeit [%] / Faktor Sommerbetrieb (Winterbetrieb = 100%)  
ausgeschaltet [%] / Faktor: 90% / 0,90  
Licht an [%] (Mittagspause): 0%  
Faktor für Zeitplan Kunstlicht: 0,23

**Tageszeitplan Kunstlicht**

00:00	0,00
07:00	0,00
07:30	0,23
12:00	0,23
12:00	0,00
13:00	0,00
13:00	0,23
16:00	0,23
16:30	0,00
00:00	0,00

---

**Personen**

**Durchschnittsrechner für Zonenvorlage**  
Berechnungsgrundlage (bei Zusammenfassung): Audit, Besprechung 4.OG, B435a  
durchschnittliche Zonengröße [m²]: 42  
Anzahl Personen: 6  
Durchschnitt [P/m²]: 0,143

**Zeitplan (nur Dokumentation)**

kein Personen in der Zone  
 Zeitplan ohne Mittagspause

MO 7:00 bis 16:30  
DI 7:00 bis 16:30  
MI 7:00 bis 16:30  
DO 7:00 bis 16:30  
FR 7:00 bis 16:30  
SA bis  Samstag  
SO bis  Sonntag

Gleichzeitigkeit [%] / Faktor Sommerbetrieb (Winterbetrieb = 100%)  
abwesend [%] / Faktor: 95% / 0,95  
Personen anwesend [%] (Mittagspause): 0%  
Faktor für Zeitplan Personen: 0,48

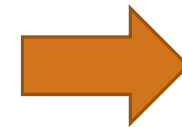
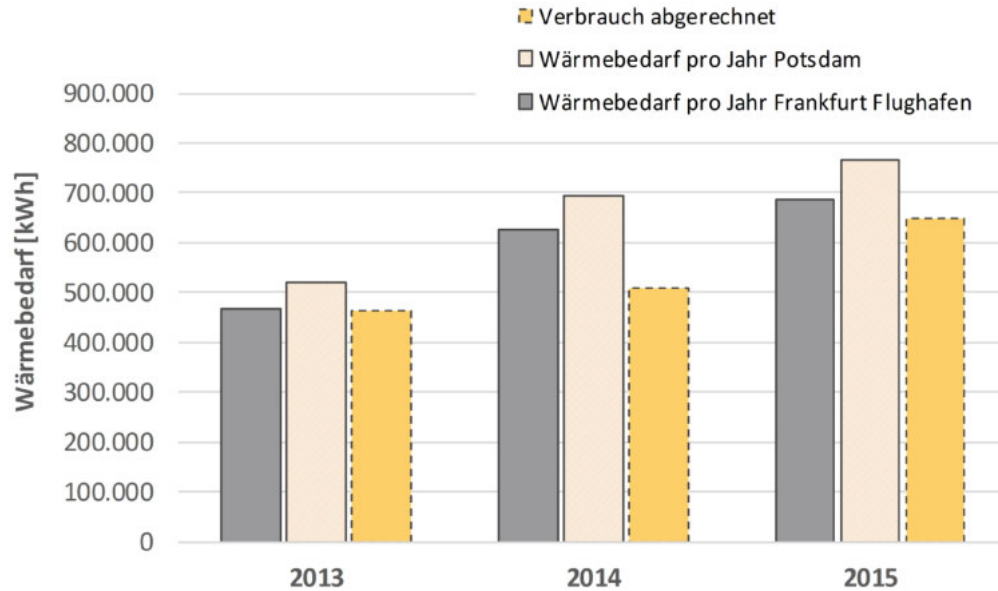
**Tageszeitplan Personen**

00:00	0,00
07:00	0,00
07:30	0,48
12:00	0,48
12:00	0,00
13:00	0,00
13:00	0,48
16:00	0,48
16:30	0,00
00:00	0,00



# Wärmebedarf

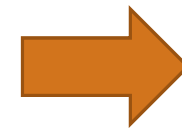
## Realität



Verbrauch im Mittel nach Klimakorrektur  
ca. 660.000 kWh/a

## Modell

Monat	Hülle & Wärmebrücken	Innenwände und Massen	Fenster & Solar	Mech. Zuluft	Infiltration & Öffnungen	Personen	Geräte	Kunstlicht	Lokales Heizelement
1	-16253.7	-108.5	-51530.5	487.4	-85158.3	3899.2	3282.0	8597.9	136747.6
2	-13816.7	220.7	-40078.2	402.9	-76621.6	3540.8	2984.1	7817.2	115526.8
3	-14267.7	-695.0	-26019.2	344.6	-73164.7	3996.9	3430.2	8989.6	97410.6
4	-9526.1	157.0	-7501.5	169.9	-47971.2	3387.0	2986.8	7817.4	50546.4
5	-8553.1	-3703.1	13955.5	-10.4	-25844.2	3369.4	3283.3	8598.3	9025.0
6	-8316.2	-4777.2	12517.6	49.9	-23143.0	3281.9	3282.2	8596.6	8609.1
7	-7114.9	-1117.8	16853.7	-180.9	-22641.5	2398.9	3135.5	8207.4	581.4
8	-5671.2	1632.3	13017.2	-113.6	-24471.2	2478.3	3430.6	8987.9	806.1
9	-3351.1	5768.1	774.6	-29.2	-27804.4	3225.4	3134.3	8207.1	10097.4
10	-7919.8	1581.8	-16244.7	172.5	-42306.9	3458.5	2987.5	7818.7	50451.4
11	-12743.8	61.2	-40022.6	366.2	-70097.1	3706.0	3133.4	8207.2	107360.5
12	-16444.4	280.8	-53203.8	440.5	-76106.2	3429.0	2839.2	7427.6	131303.4
<b>Gesamt</b>	<b>-123978.7</b>	<b>-699.8</b>	<b>-177482.0</b>	<b>2099.9</b>	<b>-595330.3</b>	<b>40171.1</b>	<b>37909.1</b>	<b>99273.0</b>	<b>718465.6</b>
In Heizperioden (5649.0 h)	-77697.2	29001.8	-264916.3	2621.7	-515145.7	26852.1	22616.7	57964.5	718464.8
In Kühlperiode (1838.0 h)	-31501.9	-46294.3	76931.9	-442.9	-41456.9	7530.6	9921.7	25822.3	0.0
Übrige Zeit	-14779.6	16592.7	10502.4	-78.9	-38727.7	5788.4	5370.7	15486.2	0.8



Bereits ohne Optimierung des Modells: Berechneter Wärmebedarf  
ca. 718.000 kWh/a

## Fazit

- Bei Energieaudits im Gebäudebestand lassen sich die realen Strom Verbräuche meist gut mit den aufgenommenen Daten in Übereinstimmung bringen. Größter Schwachpunkt ist oftmals die Analyse des Wärmebedarfs.
- die üblicherweise verwendete Bilanzierung nach DIN V 18599 liefert i.d.R. zu hohe Bedarfe; Faktoren zwischen berechnetem Bedarf und tatsächlichem Verbrauch **zwischen 1,5 und 2,1** sind üblich (persönlicher Verdacht: Transmissionswärmeverluste werden zu hoch bewertet).
- die alternative Verwendung einer Gebäudesimulation ist zwar aufwendiger; erste Erfahrungen mit Projekten zeigen allerdings, dass die Ergebnisse für den berechneten Bedarf viel näher am tatsächlichen Verbrauch liegen.
- Allerdings werden die guten Erfahrungen dadurch zunichte gemacht, dass insbesondere die Fördermittelgeber alleinig auf eine Bilanzierung nach DIN V 18599 bestehen. Daher kann die Gebäudesimulation meist nur selten bei realen Projekten angewendet werden.

### Unsere derzeitige und hoffentlich temporäre Lösung im Rahmen von Auditberichten:

- Berechnung eines Korrekturfaktors zwischen berechnetem Bedarf nach DIN V 18599 und tatsächlichem Verbrauch
- Anwendung des Korrekturfaktors auch bei der Berechnung von Einsparungen
- Hinweis an den Kunden: *Dieses Ergebnis stellt ein typisches Ergebnis für Berechnungen im Bestand mittels der standardisierten Vorgaben der DIN V 18599 dar. Leider wird uns seitens der Fördermittelgeber die Verwendung besser geeigneter Berechnungsmodelle wie einer Gebäudesimulation nicht gestattet, ohne die Förderung zu gefährden.*

# A·ENERGEN

Sie wollen mehr erfahren?  
Sprechen Sie uns einfach direkt an:

aenergen GmbH | Lange Rötterstraße 66 | 68167 Mannheim  
T +49 621 4018 4750 | F +49 621 4017 7925 | [info@aenergen.de](mailto:info@aenergen.de)  
[www.aenergen.de](http://www.aenergen.de)