Bewertung von Sanierungsmaßnahmen durch thermische Simulation

Dipl.-Ing. Jens Willmes

Projektleiter bei der ISW Ingenieur GmbH Schmidt & Willmes
www.ingenieure-isw.de

Fachbereich
Energie • Gebäude • Umwelt

Laborbereich 4.07
Haus- und Energietechnik

06. Mai 2009

Inhalt

Einleitung

Digitalisierung der Gebäude

Berechnung und Ergebnisse

Optimierungsmaßnahmen

Zusammenfassung

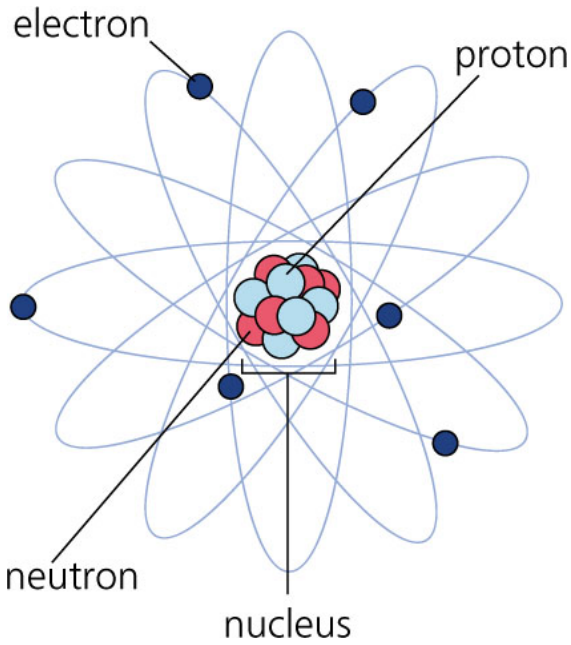
Fazit

Einleitung

Thermische Gebäudesimulation

- Simulation erfolgt an einem Modell am Computer
- Modelle veranschaulichen und erklären reale Phänomene

Beispiel eine Modells:



Grund: reale Objekt zu klein und Vorgänge zu schnell

Einleitung

Thermische Gebäudesimulation

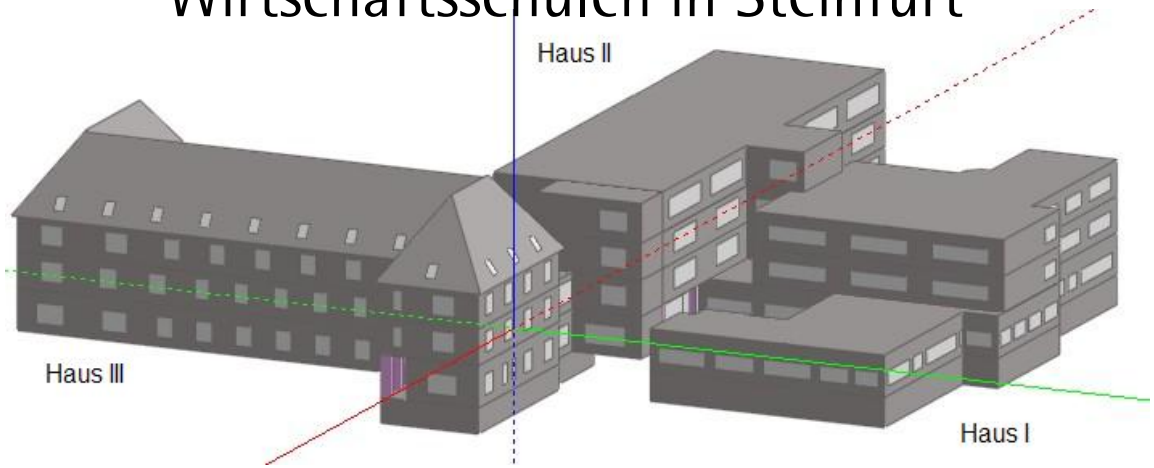
Weitere Gründe zur Erstellung von Modellen:

- Untersuchungen am realen Objekt sind technisch nicht möglich
- die zu betrachtenden Zeitintervalle sind zu kurz oder zu lang
- das reale Objekt existiert noch nicht
- Untersuchungen am realen Objekt sind zu kostenintensiv

das Wechselspiel mit Störgrößen, wie Wetter, Wind, Sonne, Klima, innere Lasten, Nutzerverhalten usw. wird in der Gebäudetechnik zunehmend komplizierter.

Einleitung

Wirtschaftsschulen in Steinfurt



Haus III	Haus II	Haus I
Baujahr 1938	Baujahr 1959	Baujahr 1982
Sanierung 2008	Erweiterung 2001	unsaniert
	Fenstererneuerung 1994 und 2005	

Inhalt

Einleitung

Digitalisierung der Gebäude

Berechnung und Ergebnisse

Optimierungsmaßnahmen

Zusammenfassung

Fazit

Digitalisierung des Objektes

Einzelne Schritte zur Erstellung eines Simulationsmodells

Daten-erhebung aus Bauplänen und -unterlagen

→

Erstellung eines drei-dimensionalen zeichnerischen Modells

→

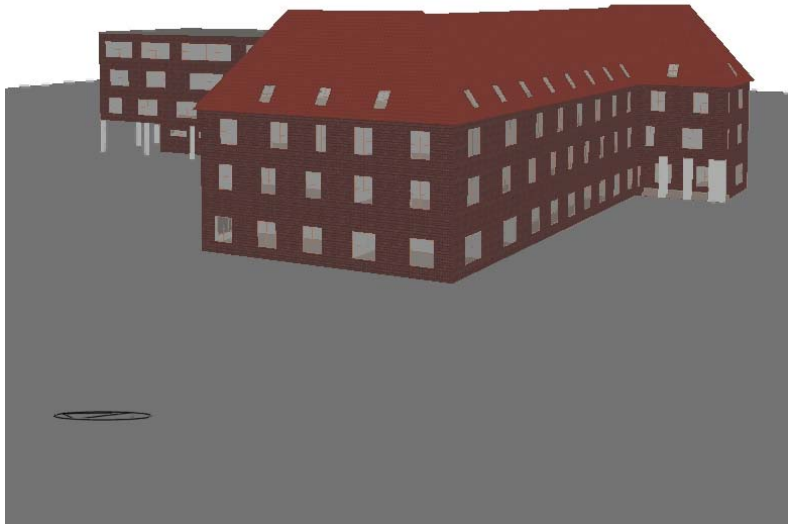
Anpassung des Modells auf die realen konstruktiven und nutzer-abhängigen Gegeben-heiten

→

Prüfung der Aussage-fähigkeit des Modells unter anderem durch Messdaten

Digitalisierung des Objektes

Beispiel eines Gebäudemodells



Inhalt

Einleitung

Digitalisierung der Gebäude

Berechnungen und Ergebnisse

Optimierungsmaßnahmen

Zusammenfassung

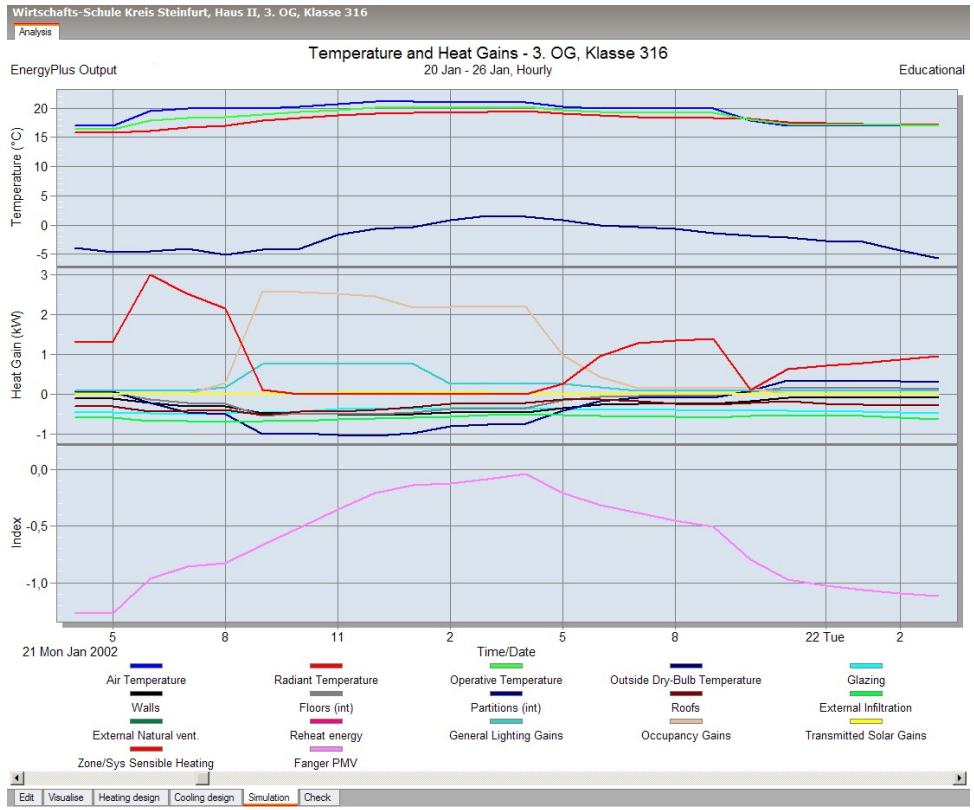
Fazit

Berechnungen und Ergebnisse

Nach der Erstellung des Modells erfolgt die ingenieur-wissenschaftliche Analyse:

- Auswertung
- Interpretation
- ZIEL:

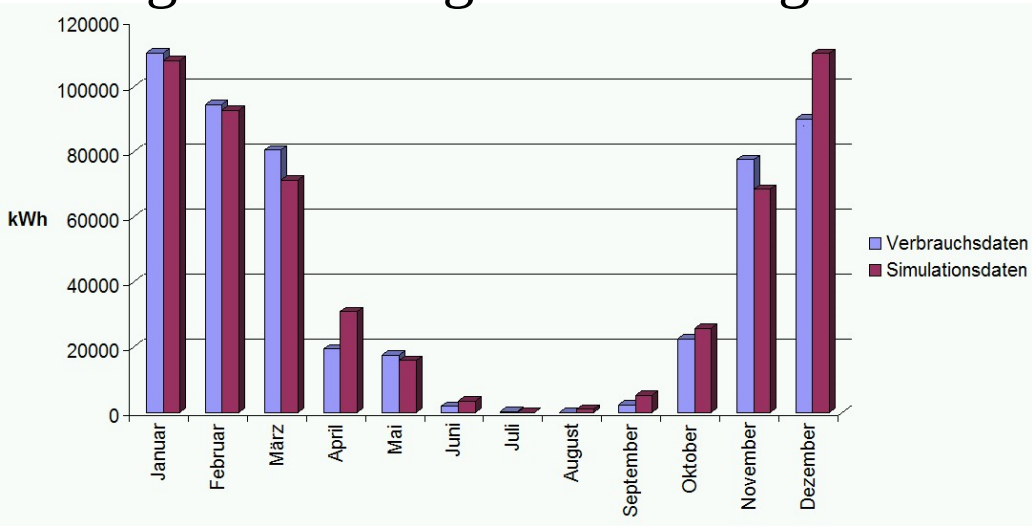
  Verstehen des IST-Zustandes



Berechnungen und Ergebnisse

Vergleich der Simulationsdaten mit den Messdaten

- Einhaltung der 10 %igen Toleranzgrenzen



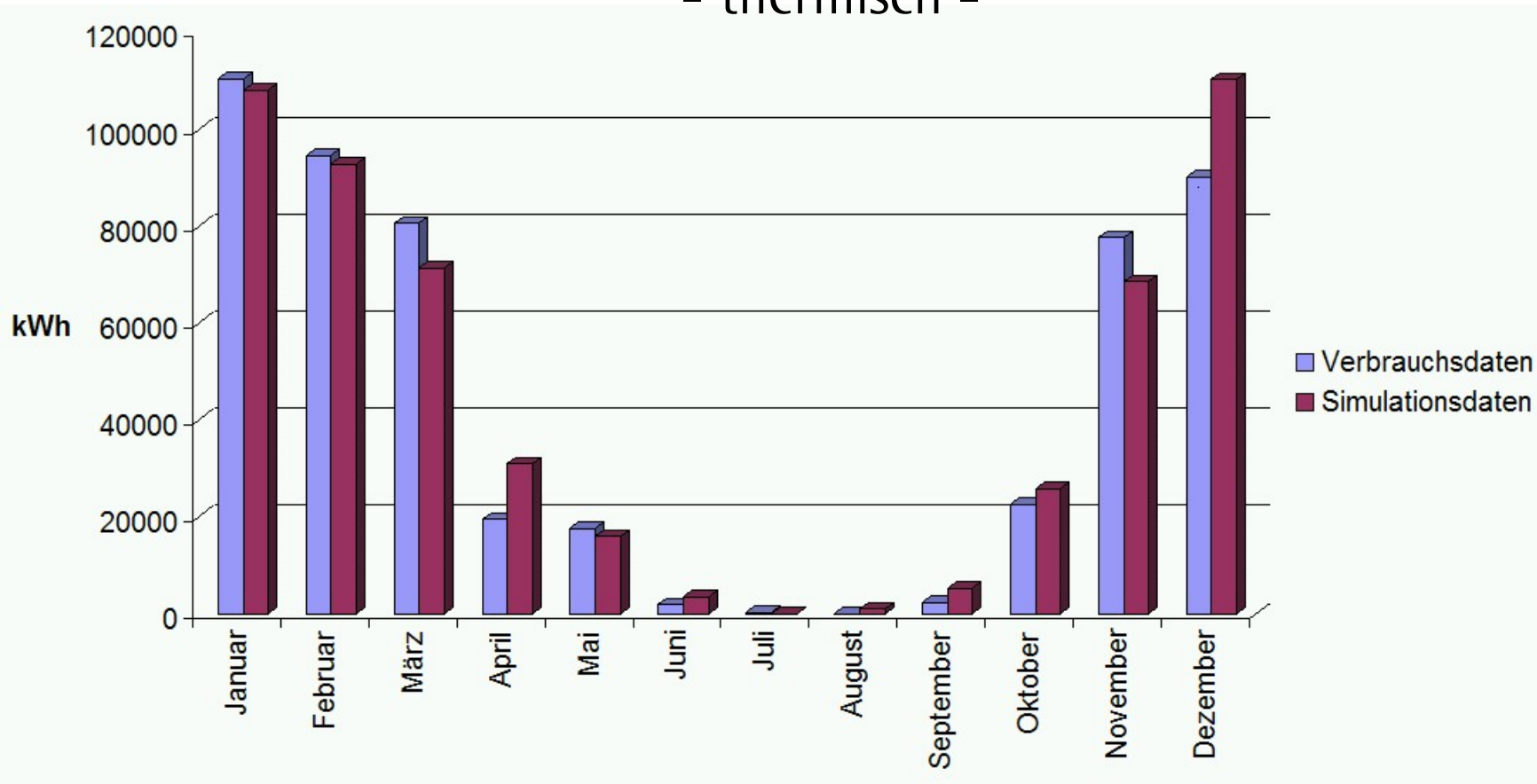
Kann das erstellte Modell als repräsentativ betrachtet werden?

Können Modellrechnungen durchgeführt werden?

Berechnungen und Ergebnisse

Vergleich der Simulationsdaten mit den Verbrauchsdaten

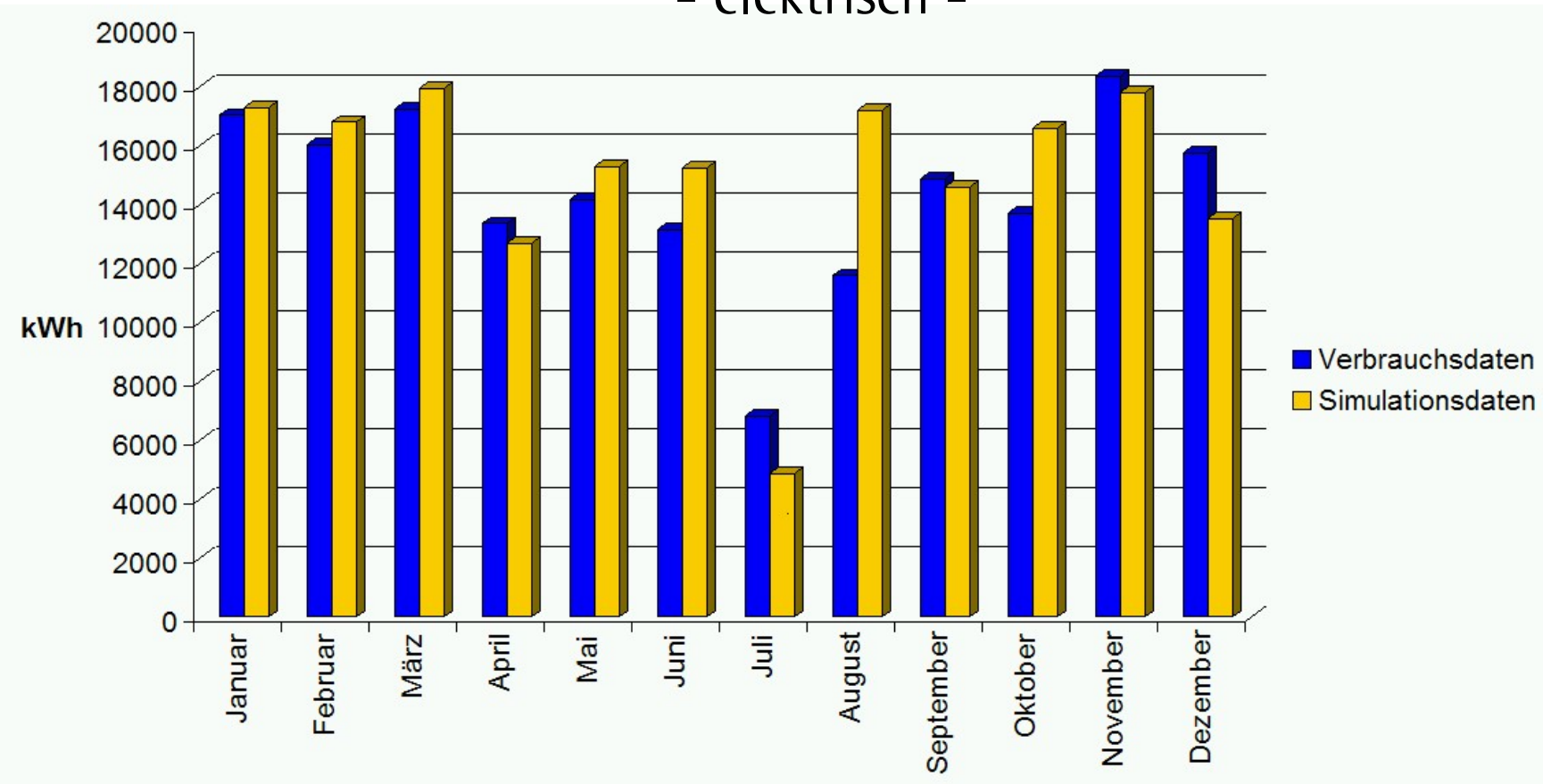
- thermisch -



Berechnungen und Ergebnisse

Vergleich der Simulationsdaten mit den Verbrauchsdaten

- elektrisch -



Berechnungen und Ergebnisse

Vergleich der Simulationsdaten mit den Verbrauchsdaten

- Einhaltung der 10 %igen Toleranzgrenzen
- Abweichung thermisch: 3 %
- Abweichung elektrisch: 4 %

Das erstellte Modell der Wirtschaftsschulen kann als repräsentativ für das reale Objekt betrachtet werden.

Inhalt

Einleitung

Digitalisierung der Gebäude

Berechnungen und Ergebnisse

Optimierungsmaßnahmen

Zusammenfassung

Fazit

Optimierungsmaßnahmen

- Optimierungsmaßnahmen
  - bauphysikalische Optimierung
    - Dachdämmung
    - Außenwände
    - Fenster etc.
  - Effizienzsteigerung - Behaglichkeit
    - Optimierung der Anlagentechnik
    - Optimierung der Regelungstechnik
    - Luftqualität, Überhitzung
  - Brennstoffsubstitution
    - Brennstoffe biologischen Ursprungs
    - Regenerative Energiequellen
    - Kraftwärme-Kopplung

Optimierungsmaßnahmen

Untersuchungen

- Untersuchung einzelner Maßnahmen
- Simulation von Maßnahmenpaketen
- Variantenrechnungen
- Modellvergleiche

energetische

ökonomische

ökologische

Berechnungen

Auswirkungen

- Übertragbar auf reales Objekt
- Bewertung der Untersuchungen
- Stabile Basis für kompetente Entscheidungsfindung
- Ausblick auf die Lebenszykluskosten
- Optimales Ergebnis für den Objektbetreiber

Optimierungsmaßnahmen

Bauphysikalische Optimierung Haus I

Maßnahmen

- Austausch der Fenster
  - U-Wert alt 3,0 W/m²K)
  - U-Wert neu 1,5 W/(m²K)
- Optimierung des Daches
  - U-Wert alt 0,95 W/(m²K)
  - U-Wert neu 0,19 W/(m²K)
- Außenwände
  - U-Wert alt 1,0 W/(m²K)
  - U-Wert neu 0,51 W/(m²K)

energetische

ökonomische

ökologische

Berechnungen

Auswirkungen

- Senkung des Heizwärmebedarfs um ~ 50 % (74.000 kWh/a)
- Reduzierung der Betriebskosten um 200.000,- € auf 20 Jahre*
- Verringerung des CO_2-Austoßes um 40 t/a
- Wirtschaftlichkeit* nach ~ 20 Jahren erreicht

*bei 2,15 % Zinssatz und 8 % Energiepreissteigerung

Optimierungsmaßnahmen

Bauphysikalische Optimierung Haus II

Maßnahmen

- Bauphysikalische Verbesserung der Außenwände vom EG bis 2.OG durch eine Vorhangfasssade
  - U-Wert alt 1,15 W/(m²K)
  - U-Wert neu 0,25 W/(m²K)

energetische

ökonomische

ökologische

Berechnungen

Auswirkungen

- Senkung des Heizwärmebedarfs um 41.000 kWh/a
- Reduzierung der Betriebskosten um 92.000,- € auf 20 Jahre*
- Verringerung des CO_2-Ausstoßes um 22 t/a
- Wirtschaftlichkeit* nach ~ 15 Jahren erreicht.

*Bei 3,5 % Zinssatz und 8 % Energiepreissteigerung

Optimierungsmaßnahmen

Bauphysikalische Optimierung Haus III

Maßnahmen

- Geplante Sanierung:
  - Abtragung Spitzdach
  - Aufstockung nach EnEV
- Austausch der Fenster
  - U-Wert alt 3,2 W/(m²K)
  - U-Wert neu 1,5 W/(m²K)
  - Alternativ mit 0,80 W/(m²K)
- Vorhangfassade
  - U-Wert alt 1,5 W/(m²K)
  - U-Wert neu 0,26 W/(m²K)

energetische

ökonomische

ökologische

Berechnungen

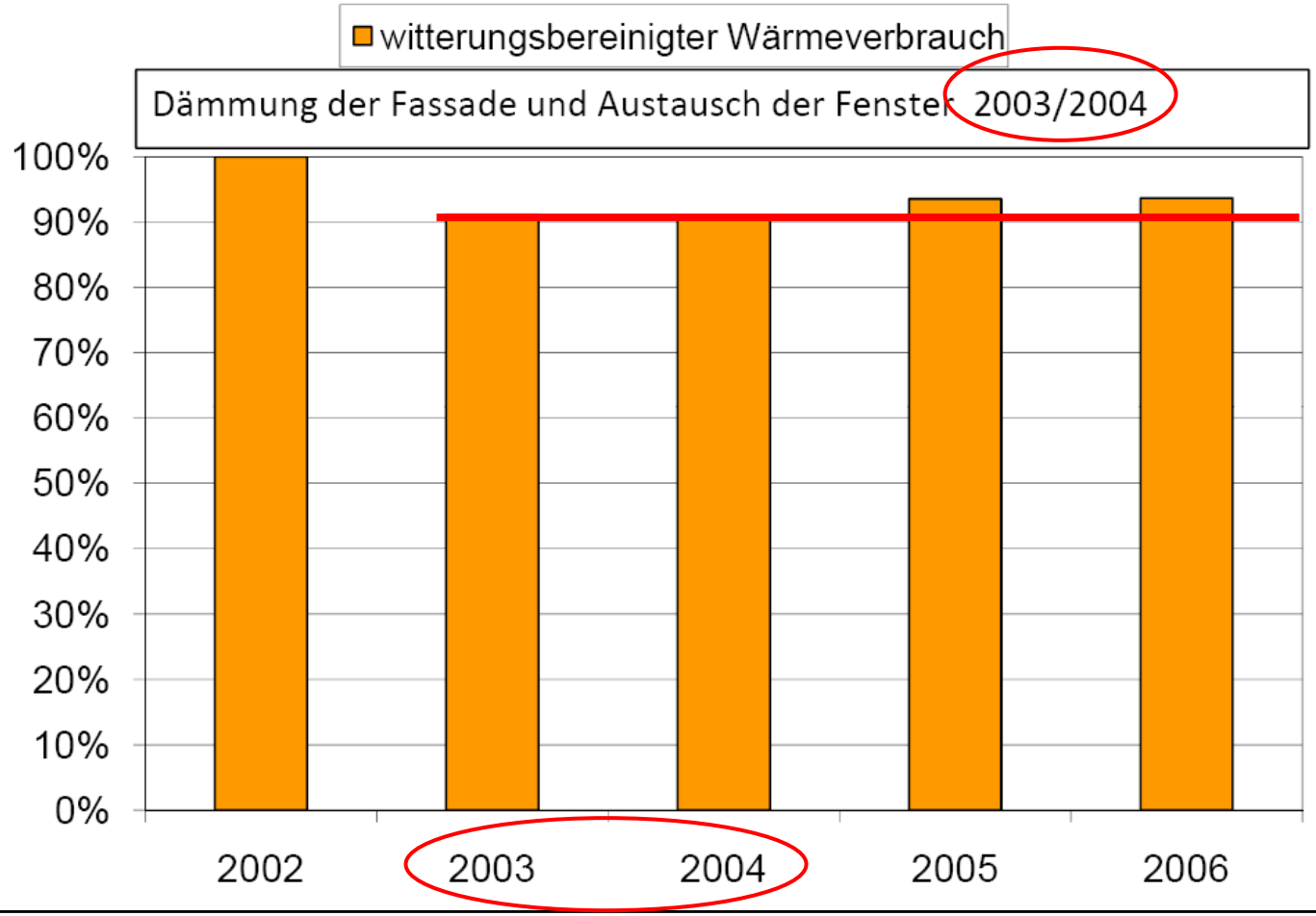
Auswirkungen

- Senkung des Heizwärmebedarfs um 26.000 kWh/a
- Reduzierung der Betriebskosten um 58.000,- € auf 20 Jahre*
- Verringerung des CO_2-Ausstoßes um 14 t/a
- Außenwandsanierung wirtschaftlich nach 18 Jahren*

*bei 3,5 % Zinssatz und 8 % Energiepreissteigerung

Optimierungsmaßnahmen

Beispiel mangelhafter Sanierung:



Optimierungsmaßnahmen

Optimierung Regelungstechnik - Nachtabsenkung

- Ziel: Vergrößerung der Zeitspanne der Nachtabsenkung
- IST-Situation (im Mittel):
  - Beginn: 21 Uhr
  - Ende: 5 Uhr
- Optimierung (am Modell):
  - Beginn: 18 Uhr
  - Ende: 6 Uhr

Einsparung:
~ 30.000 kWh/a
≈ 2.100 €/a (statisch)
ohne Investitionskosten

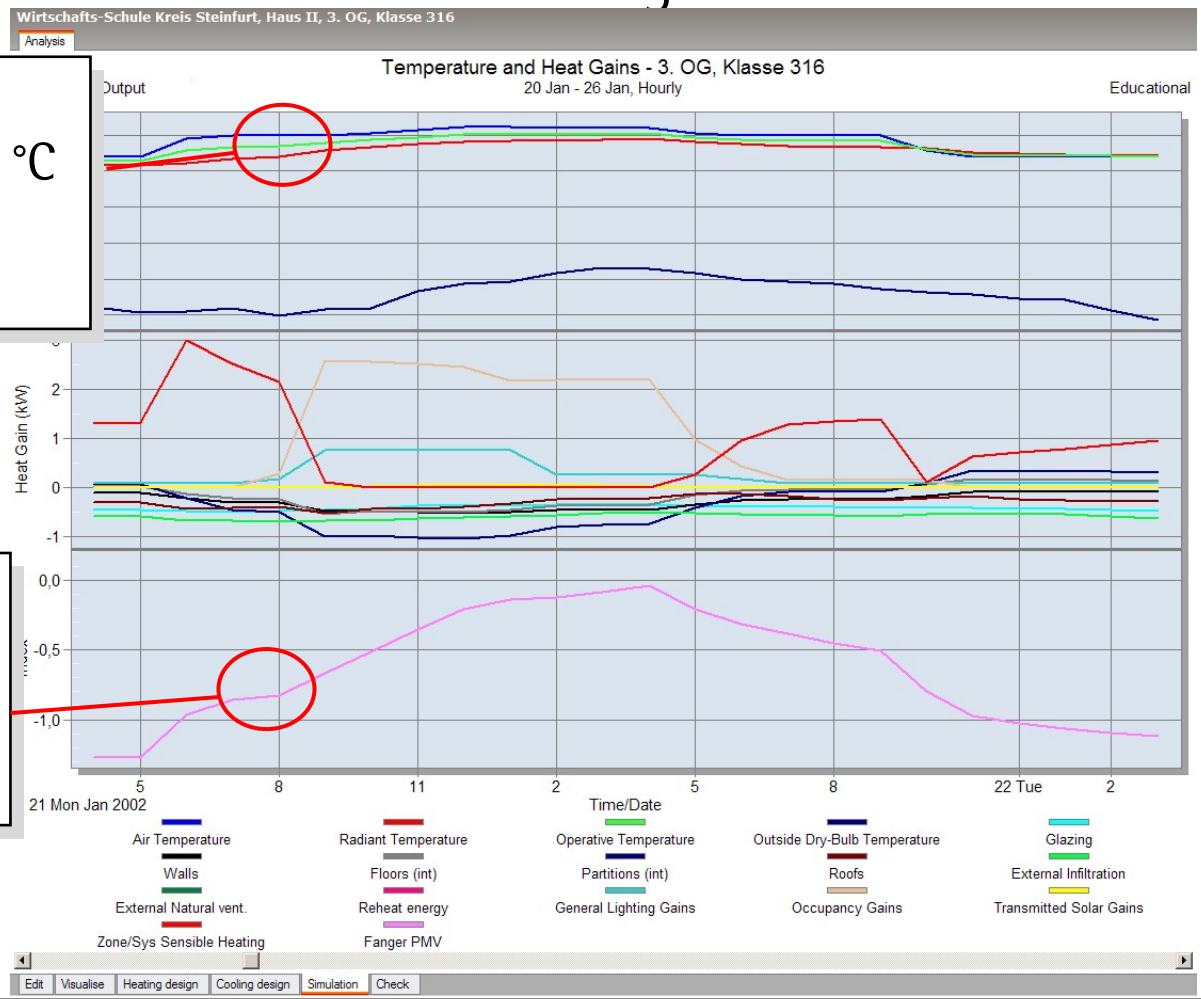
<<erst optimieren – dann investieren>>

Optimierungsmaßnahmen

Simulation Nachtabsenkung IST-Zustand

Lufttemp.: 20 °C
Strahlungstemp.: 17 °C
Operative Temp:
18,5 °C

PMV nach Fanger:
~ -0,8 (etwas kühl)

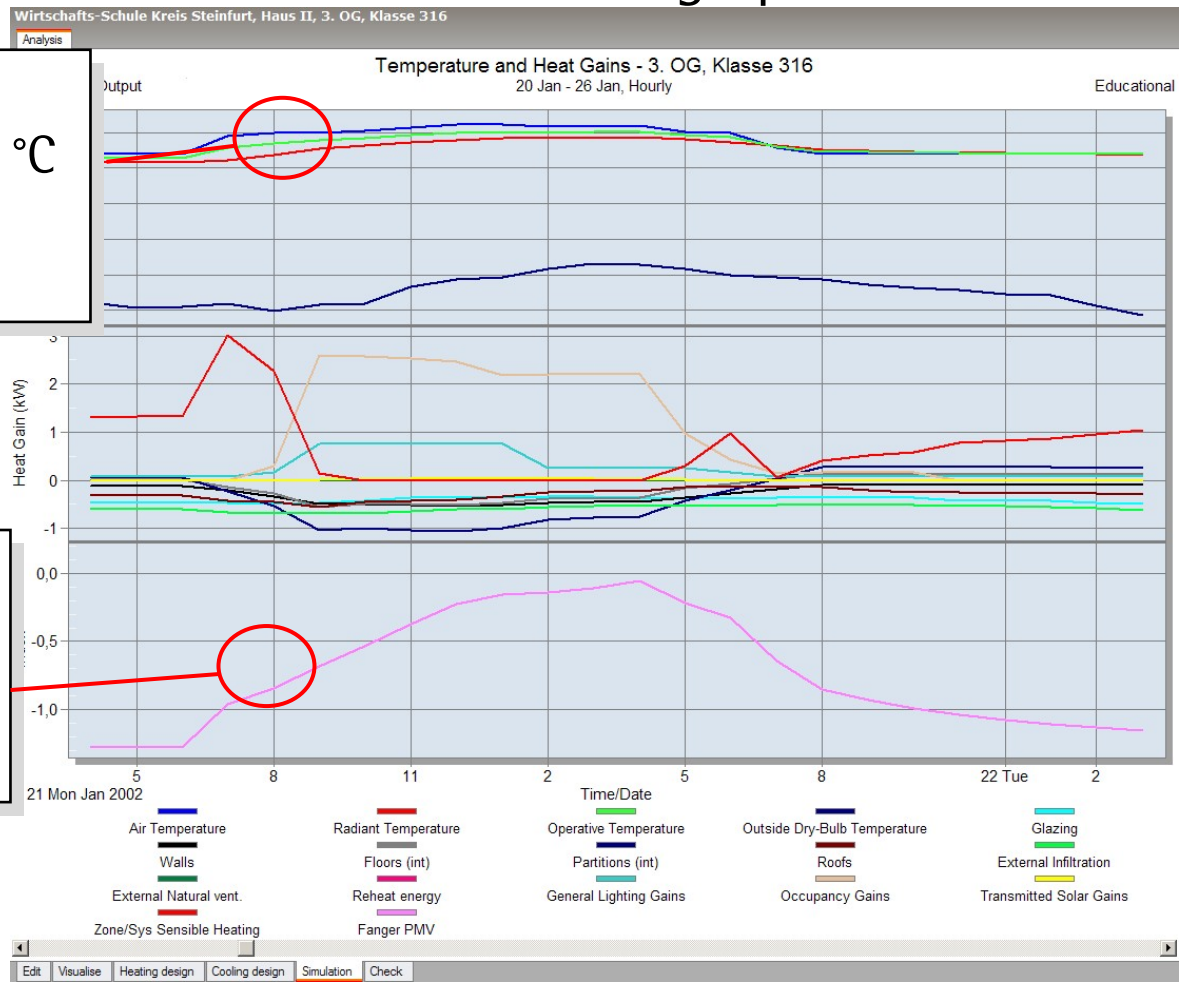


Optimierungsmaßnahmen

Simulation Nachtabsenkung optimiert

Lufttemp.: 20 °C
Strahlungstemp.: 17 °C
Operative Temp:
18,5 °C

PMV nach Fanger:
~ -0,8 (etwas kühl)



Optimierungsmaßnahmen

Überhitzung der Computerräume

- ~ 80 m² Grundfläche
- 30 Schüler
- 30 Computer
- 30 Bildschirme
- Beleuchtung
- Sonneneinstrahlung

sehr hohe innere Lasten

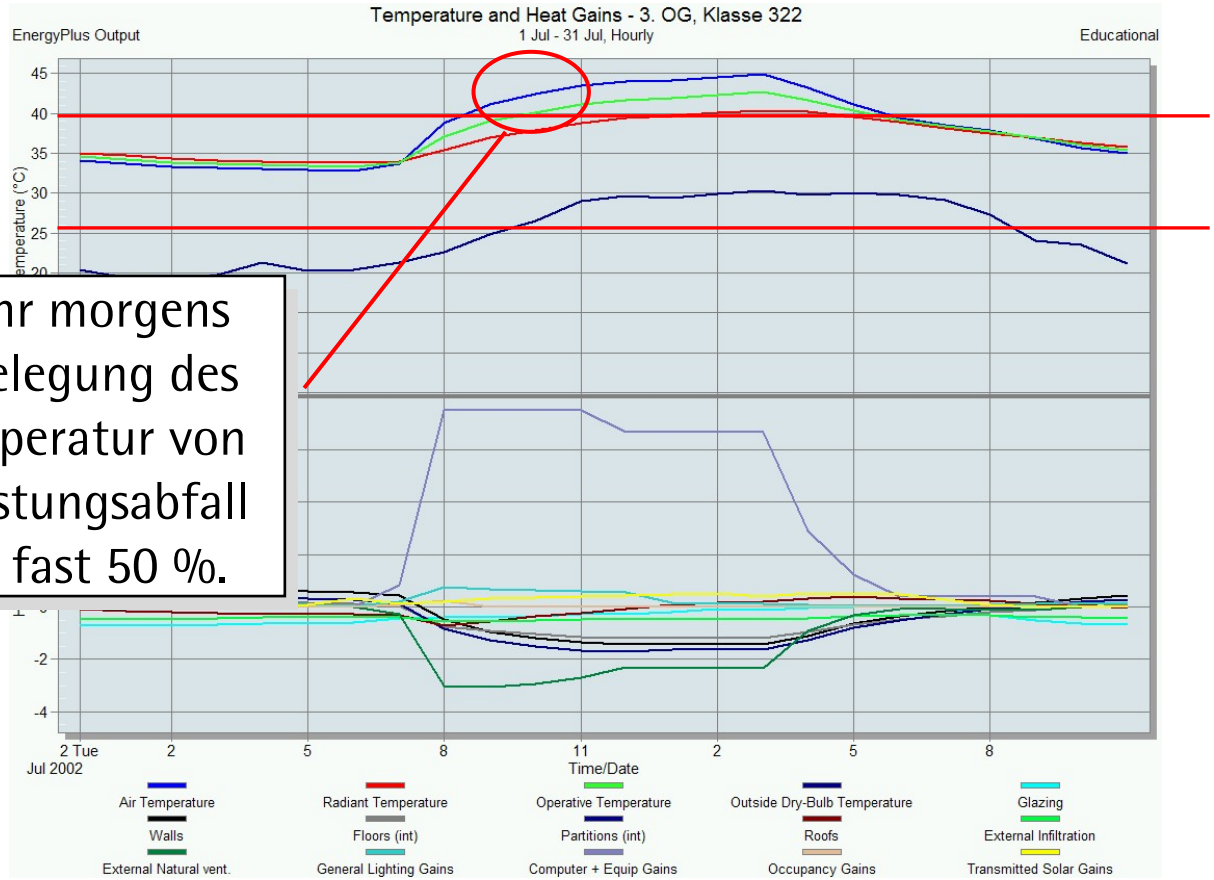
<<Mit jedem Kelvin oberhalb der Komforttemperatur sinkt die Leistungsfähigkeit um 3,5 %.>>

Optimierungsmaßnahmen

Überhitzung der Computerräume
Simulation der IST-Situation an einem Sommertag

40°C

26°C



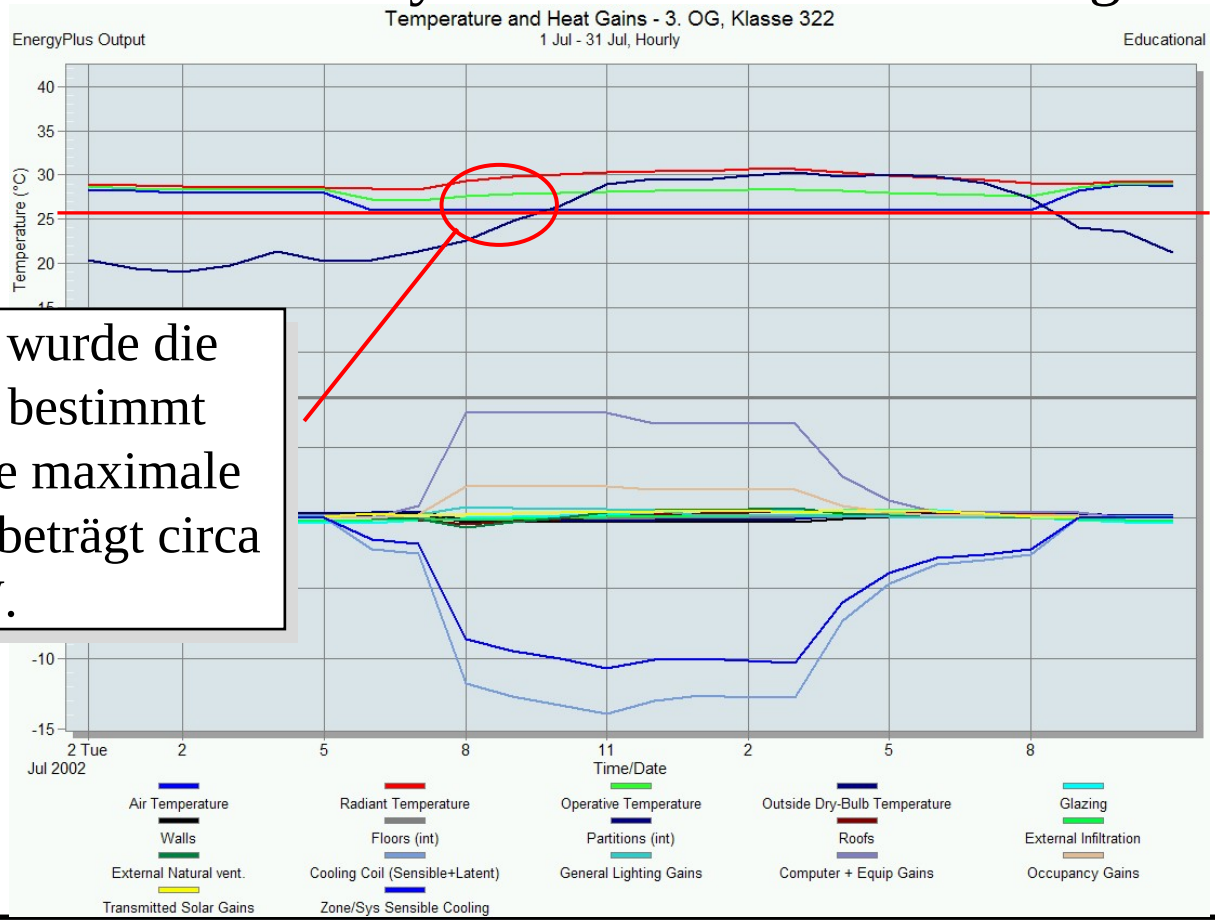
Bereits um 10 Uhr morgens wird bei voller Belegung des Raumes eine Temperatur von 40°C erreicht. Leistungsabfall bei Schülern um fast 50 %.

Optimierungsmaßnahmen

Überhitzung der Computerräume

Simulation mit Kühlsystem an einem Sommertag

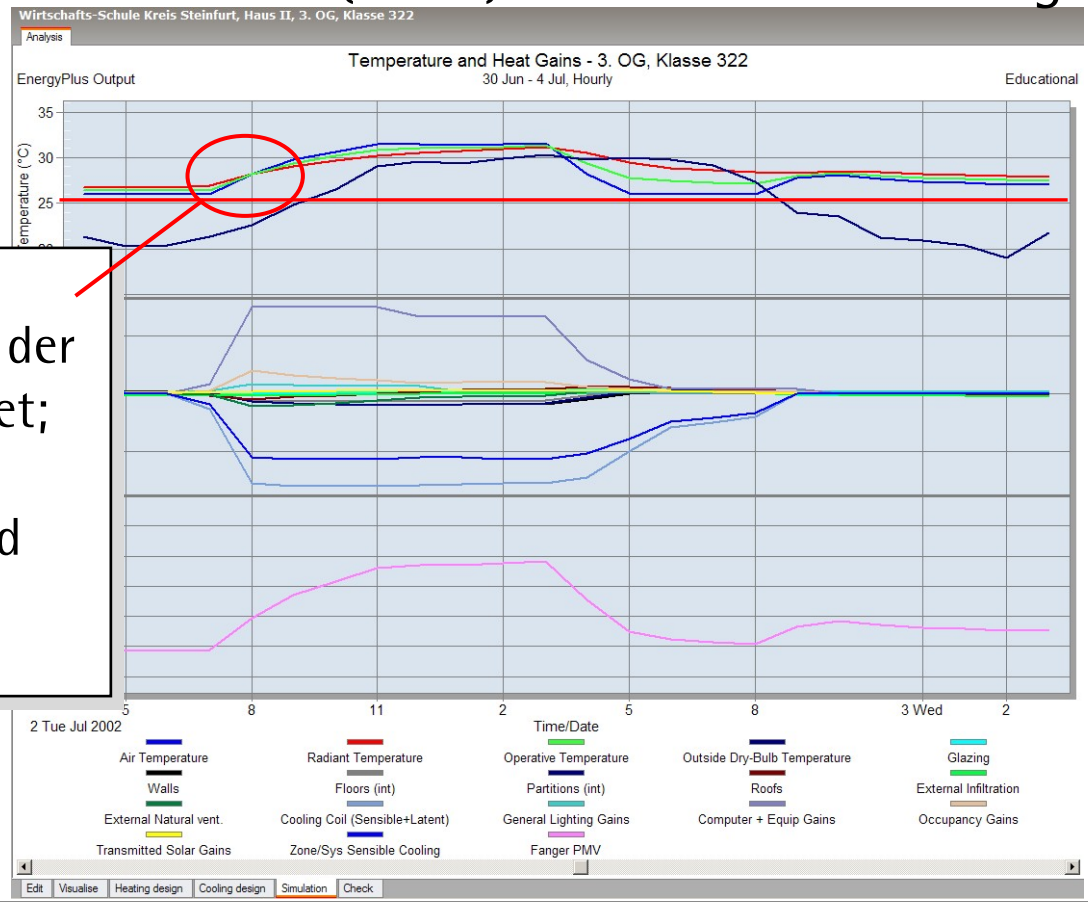
26°C



Als Regelgröße wurde die Lufttemperatur bestimmt (max. 26 °C). Die maximale sensible Kühllast beträgt circa 10 kW.

Optimierungsmaßnahmen

Überhitzung der Computerräume
Simulation mit Kühldecke (6 kW) an einem Sommertag



Kühldecke mit 6 kW Kühlleistung. Einhaltung der 26 °C nicht gewährleistet; jedoch erhebliche Komfortsteigerung und Dämpfung der Hitzeamplituden.

Inhalt

Einleitung

Digitalisierung der Gebäude

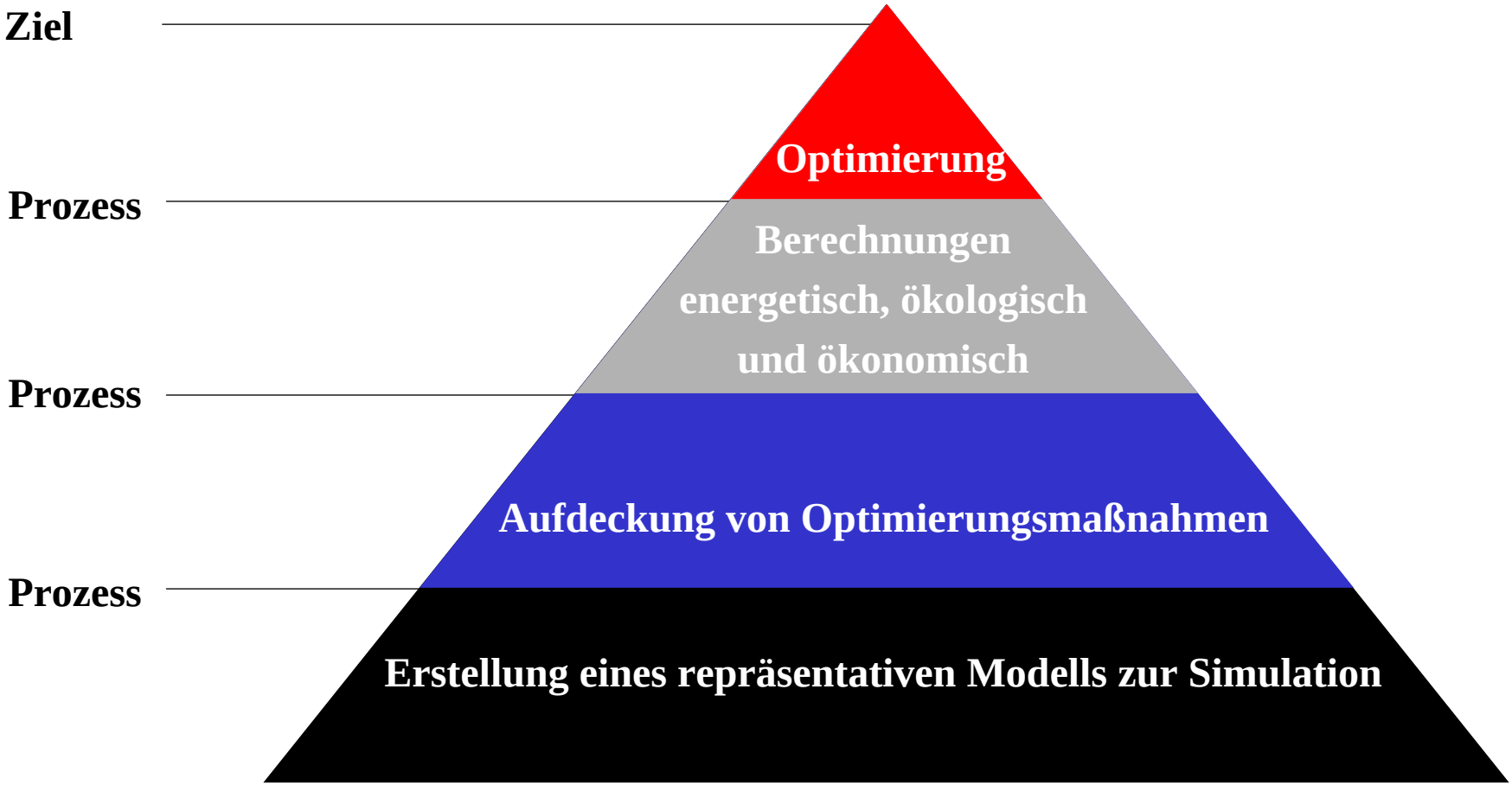
Berechnungen und Ergebnisse

Optimierungsmaßnahmen

Zusammenfassung

Fazit

Zusammenfassung



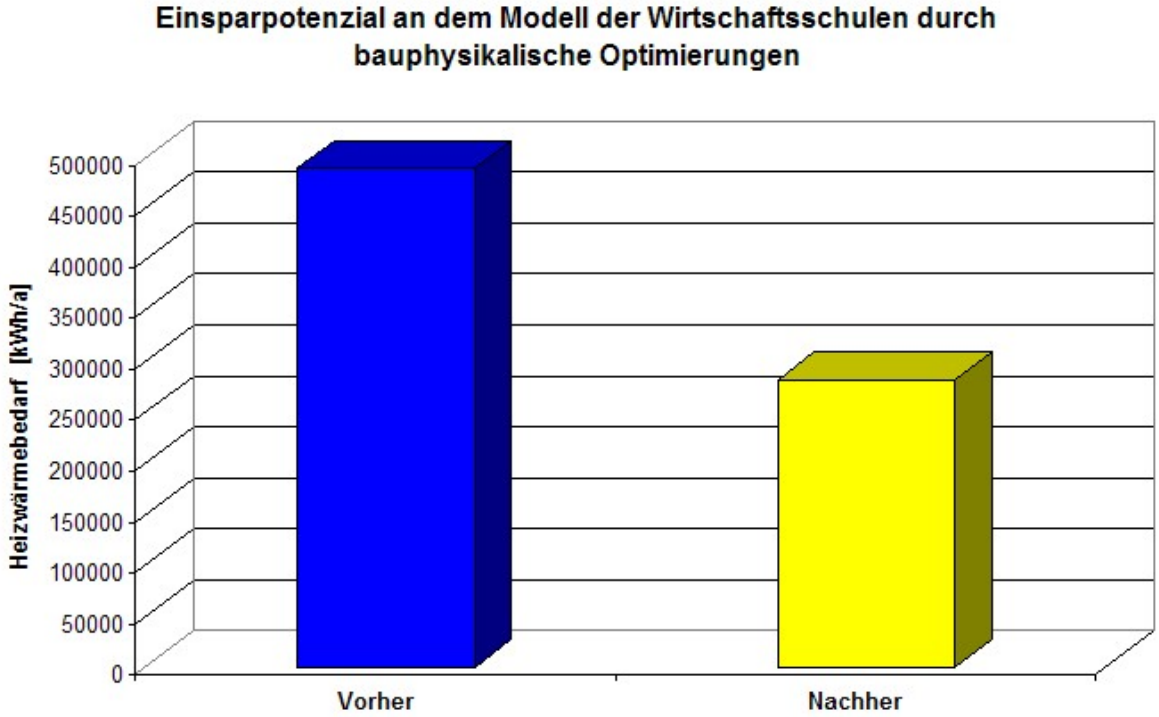
Zusammenfassung

Vorteile einer dynamischen Gebäudesimulation:

- realitätsnahe Modellierung erlaubt aussagefähige Berechnungen
- Betrachtung und Bewertung der Behaglichkeit
- Basis für weitere Betrachtungen
- optimale Ergebnisfindung durch Variantenrechnung
- Klassifizierung der Optimierungsmaßnahmen
- Optimierung der ganzheitlichen Energieverbrauchsstruktur

Zusammenfassung

Auswirkungen bei Durchführung der Optimierungsmaßnahmen



Senkung des Heizwärmebedarfs um 42 % (210.000 kWh/a)

Finanziell: 13.000 €/a; 420.000 € auf 20 Jahre (Zinssatz 3,5 %, Energiekostensteigerung 8 %)

Verringerung des CO_2-Ausstoßes um 113 t/a

Inhalt

Einleitung

Digitalisierung der Gebäude

Berechnungen und Ergebnisse

Optimierungsmaßnahmen

Zusammenfassung

Fazit

Fazit

- erhebliche Vorteile von dynamischen Simulationen gegenüber statischen Verfahren
- zukünftig verstärkter Einsatz von Simulationen in der Planung
- verschiedenste Energieeinsparmöglichkeiten können untersucht werden
- **ZIEL**: Das Gebäude muss bei möglichst geringem Energieeinsatz die Bedürfnisse der Menschen befriedigen.

<<Simulation ist die wirklichkeitsnahe Nachahmung realer technischer Vorgänge mit Hilfe von mathematischen Rechenmodellen auf einem Rechner.>>

Ich danke für Ihre Aufmerksamkeit

- Ich hoffe, dass Sie nun einen kurzen Überblick die Möglichkeiten von thermischen Simulationsrechnungen erhalten haben.
- Es wäre schön, wenn wir Sie von unserer Leistungsfähigkeit überzeugen könnten.