

Energetische Betriebsoptimierung von High-tech Schulen

Ort: Gebhard-Müller-Schule Biberach

Referenten: Prof. Dr.-Ing. Werner Jensch

Dipl.-Ing. (FH) Manuel Winkler



Agenda

1. **Begleitforschung Hochschule München**
2. **Was macht High-tech Schulen aus?**
3. **Ansatzmöglichkeiten der Betriebsoptimierung**
4. **Planung und Optimierung Berufschulzentrum Biberach**



Agenda

1. **Begleitforschung Hochschule München**
2. Was macht High-tech Schulen aus?
3. Ansatzmöglichkeiten der Betriebsoptimierung
4. Planung und Optimierung Berufschulzentrum Biberach



Fachliche Begleitung der Schulprojekte

Kompetenzen der Hochschule München:

- Bachelorstudiengang
Versorgungs- und Gebäudetechnik
- Masterstudiengang
Gebäudetechnik
- Competence Center
Gebäudemanagement und Betriebsoptimierung
- Forschung und Entwicklung
 - EnEff – Energieeffiziente Schule, Begleitforschung
 - HoEff – Die Hochschule auf dem Weg zu einem energieeffizienten Gebäudebetrieb
 - EduOp – Education Center, Betriebsoptimierung versorgungstechnischer Anlagen
 - MESG – Membrankonstruktionen zur energetischen Sanierung von Gebäuden



Erstellung einer Datenbank



Fraunhofer
Institut
Bauphysik

HOCHSCHULE
für Angewandte
Technik
MÜNCHEN

Kennwerte Ist-Zustand

1. Allgemeine Daten

Anzahl der Klassenräume	
Anzahl Fachräume	
Bauhöhefläche gemäß DIN V 18500 [m²]	
Nettogrundfläche gemäß DIN V 18509 [m²]	
praktizierte (beheizte) Nettogrundfläche	
Innenfläche gemäß DIN V 18500 [m²]	
Böschungswinkel gemäß DIN V 18500 [m]	
Innenfläche gemäß DIN V 18500 [m²]	
Flächeninhalt ANV [m²]	
Wohnraumverhältnis K/V	
Flächeninhalt des Gebäudes	

2. Gebäudedaten

Gebäudeabschluss 1	
Art	☐ Flachdach ☐ Pultdach ☐ Satteldach
Art im Grund	
Verbleibende Abschluss	☐ Dach ☐ Geschossdecke
Gebäudeabschluss 2	
Art	☐ Flachdach ☐ Pultdach ☐ Satteldach
Verbleibende Abschluss	☐ Dach ☐ Geschossdecke
Gebäudeabschluss hier	
Art	
Verbleibende Abschluss	

3. Bauteileigenschaften

Bauteileigenschaften 1	
Art	☐ Mauerwerk ☐ Stahlbeton ☐ Holz ☐ Stahl ☐ Glas ☐ Kunststoff ☐ Metall ☐ Keramik ☐ Stein ☐ Ziegel ☐ Klinker ☐ Platten ☐ Folie
Bauteileigenschaften 2	
Art	☐ Mauerwerk ☐ Stahlbeton ☐ Holz ☐ Stahl ☐ Glas ☐ Kunststoff ☐ Metall ☐ Keramik ☐ Stein ☐ Ziegel ☐ Klinker ☐ Platten ☐ Folie

4. Bauteileigenschaften

Bauteileigenschaften 1	
Art	☐ Mauerwerk ☐ Stahlbeton ☐ Holz ☐ Stahl ☐ Glas ☐ Kunststoff ☐ Metall ☐ Keramik ☐ Stein ☐ Ziegel ☐ Klinker ☐ Platten ☐ Folie
Bauteileigenschaften 2	
Art	☐ Mauerwerk ☐ Stahlbeton ☐ Holz ☐ Stahl ☐ Glas ☐ Kunststoff ☐ Metall ☐ Keramik ☐ Stein ☐ Ziegel ☐ Klinker ☐ Platten ☐ Folie

5. Bauteileigenschaften

Bauteileigenschaften 1	
Art	☐ Mauerwerk ☐ Stahlbeton ☐ Holz ☐ Stahl ☐ Glas ☐ Kunststoff ☐ Metall ☐ Keramik ☐ Stein ☐ Ziegel ☐ Klinker ☐ Platten ☐ Folie
Bauteileigenschaften 2	
Art	☐ Mauerwerk ☐ Stahlbeton ☐ Holz ☐ Stahl ☐ Glas ☐ Kunststoff ☐ Metall ☐ Keramik ☐ Stein ☐ Ziegel ☐ Klinker ☐ Platten ☐ Folie

6. Bauteileigenschaften

Bauteileigenschaften 1	
Art	☐ Mauerwerk ☐ Stahlbeton ☐ Holz ☐ Stahl ☐ Glas ☐ Kunststoff ☐ Metall ☐ Keramik ☐ Stein ☐ Ziegel ☐ Klinker ☐ Platten ☐ Folie
Bauteileigenschaften 2	
Art	☐ Mauerwerk ☐ Stahlbeton ☐ Holz ☐ Stahl ☐ Glas ☐ Kunststoff ☐ Metall ☐ Keramik ☐ Stein ☐ Ziegel ☐ Klinker ☐ Platten ☐ Folie

7. Bauteileigenschaften

Bauteileigenschaften 1	
Art	☐ Mauerwerk ☐ Stahlbeton ☐ Holz ☐ Stahl ☐ Glas ☐ Kunststoff ☐ Metall ☐ Keramik ☐ Stein ☐ Ziegel ☐ Klinker ☐ Platten ☐ Folie
Bauteileigenschaften 2	
Art	☐ Mauerwerk ☐ Stahlbeton ☐ Holz ☐ Stahl ☐ Glas ☐ Kunststoff ☐ Metall ☐ Keramik ☐ Stein ☐ Ziegel ☐ Klinker ☐ Platten ☐ Folie

8. Bauteileigenschaften

Bauteileigenschaften 1	
Art	☐ Mauerwerk ☐ Stahlbeton ☐ Holz ☐ Stahl ☐ Glas ☐ Kunststoff ☐ Metall ☐ Keramik ☐ Stein ☐ Ziegel ☐ Klinker ☐ Platten ☐ Folie
Bauteileigenschaften 2	
Art	☐ Mauerwerk ☐ Stahlbeton ☐ Holz ☐ Stahl ☐ Glas ☐ Kunststoff ☐ Metall ☐ Keramik ☐ Stein ☐ Ziegel ☐ Klinker ☐ Platten ☐ Folie

9. Bauteileigenschaften

Bauteileigenschaften 1	
Art	☐ Mauerwerk ☐ Stahlbeton ☐ Holz ☐ Stahl ☐ Glas ☐ Kunststoff ☐ Metall ☐ Keramik ☐ Stein ☐ Ziegel ☐ Klinker ☐ Platten ☐ Folie
Bauteileigenschaften 2	
Art	☐ Mauerwerk ☐ Stahlbeton ☐ Holz ☐ Stahl ☐ Glas ☐ Kunststoff ☐ Metall ☐ Keramik ☐ Stein ☐ Ziegel ☐ Klinker ☐ Platten ☐ Folie

10. Bauteileigenschaften

Bauteileigenschaften 1	
Art	☐ Mauerwerk ☐ Stahlbeton ☐ Holz ☐ Stahl ☐ Glas ☐ Kunststoff ☐ Metall ☐ Keramik ☐ Stein ☐ Ziegel ☐ Klinker ☐ Platten ☐ Folie
Bauteileigenschaften 2	
Art	☐ Mauerwerk ☐ Stahlbeton ☐ Holz ☐ Stahl ☐ Glas ☐ Kunststoff ☐ Metall ☐ Keramik ☐ Stein ☐ Ziegel ☐ Klinker ☐ Platten ☐ Folie

11. Bauteileigenschaften

Bauteileigenschaften 1	
Art	☐ Mauerwerk ☐ Stahlbeton ☐ Holz ☐ Stahl ☐ Glas ☐ Kunststoff ☐ Metall ☐ Keramik ☐ Stein ☐ Ziegel ☐ Klinker ☐ Platten ☐ Folie
Bauteileigenschaften 2	
Art	☐ Mauerwerk ☐ Stahlbeton ☐ Holz ☐ Stahl ☐ Glas ☐ Kunststoff ☐ Metall ☐ Keramik ☐ Stein ☐ Ziegel ☐ Klinker ☐ Platten ☐ Folie

12. Bauteileigenschaften

Bauteileigenschaften 1	
Art	☐ Mauerwerk ☐ Stahlbeton ☐ Holz ☐ Stahl ☐ Glas ☐ Kunststoff ☐ Metall ☐ Keramik ☐ Stein ☐ Ziegel ☐ Klinker ☐ Platten ☐ Folie
Bauteileigenschaften 2	
Art	☐ Mauerwerk ☐ Stahlbeton ☐ Holz ☐ Stahl ☐ Glas ☐ Kunststoff ☐ Metall ☐ Keramik ☐ Stein ☐ Ziegel ☐ Klinker ☐ Platten ☐ Folie

13. Bauteileigenschaften



Gemeinsamer Fragebogen von Fraunhofer IBP und Fachhochschule München
Abfragen der bauphysikalischen und anlagentechnischen Kennwerte vor und nach der Realisierung.



Energetische Betriebsoptimierung von High-tech Schulen

Prof. Dr. Werner Jensch, Dipl.-Ing. (FH) Manuel Winkler

Agenda

1. Begleitforschung Hochschule München
2. **Was macht High-tech Schulen aus?**
3. Ansatzmöglichkeiten der Betriebsoptimierung
4. Planung und Optimierung Berufschulzentrum Biberach

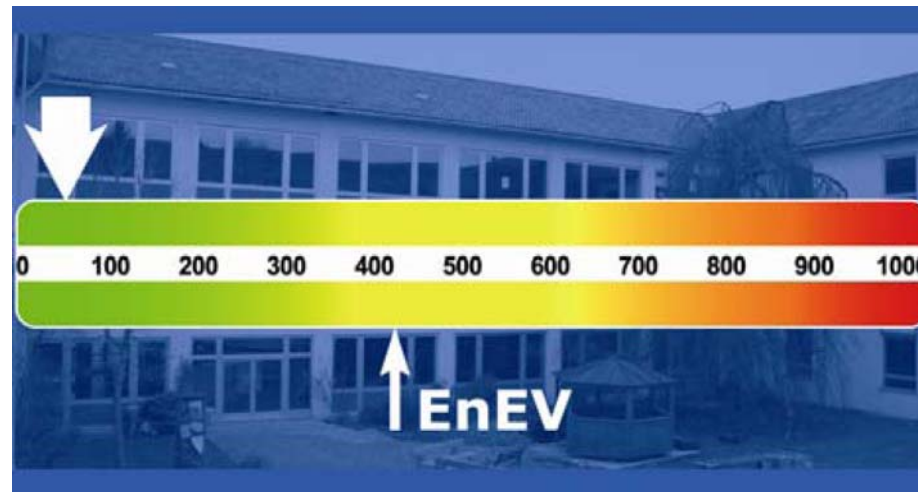


1. Was macht High-tech Schulen aus?

Innovative Gebäude – High-tech Gebäude

Innovation heißt wörtlich: „Neuerung“ oder „Erneuerung“
vom Lateinischen innovatio „etwas neu Geschaffenes“

Im Sprachgebrauch: neuen Ideen und Erfindungen und für deren wirtschaftliche Umsetzung verwendet.

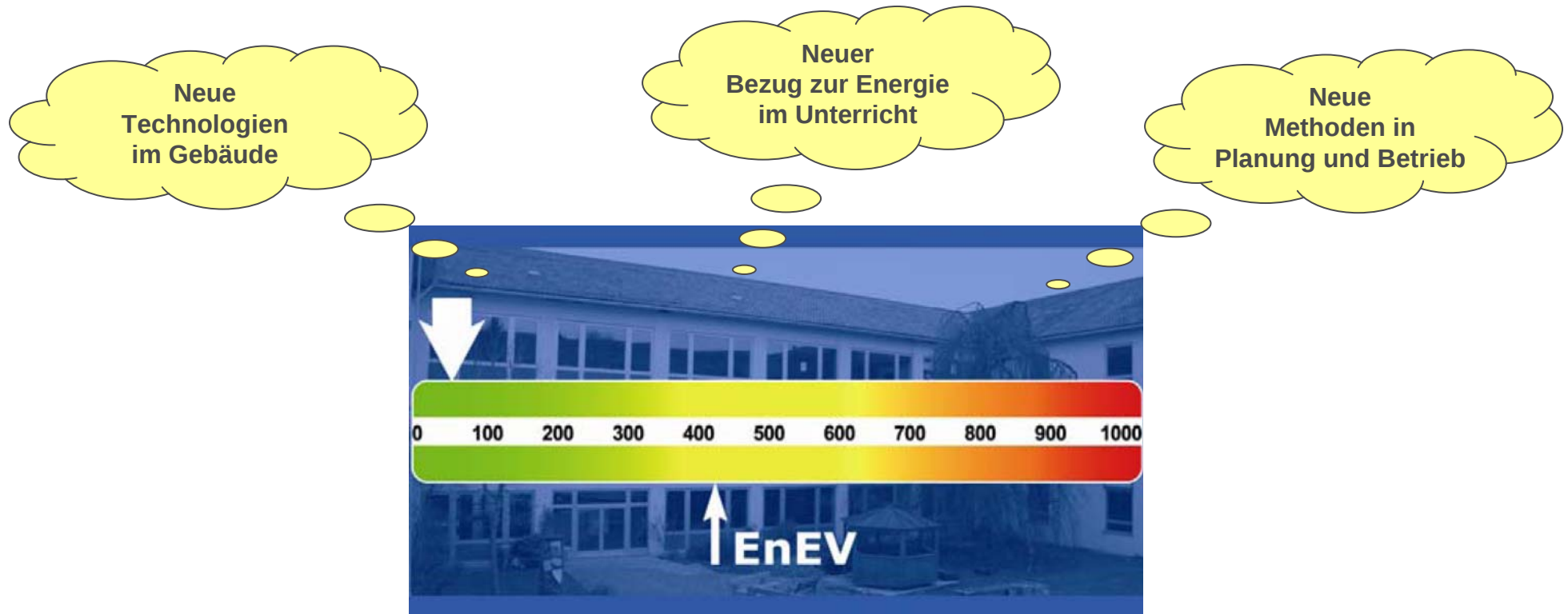


Innovative, high-tech Schulgebäude

müssen also mehr sein als eine Aneinanderreihung neuer High-end Gebäudetechniken;
Sie müssen den Nutzer / Schüler und das ökonomische und ökologische Umfeld im Fokus haben!



1. Was macht High-tech Schulen aus?

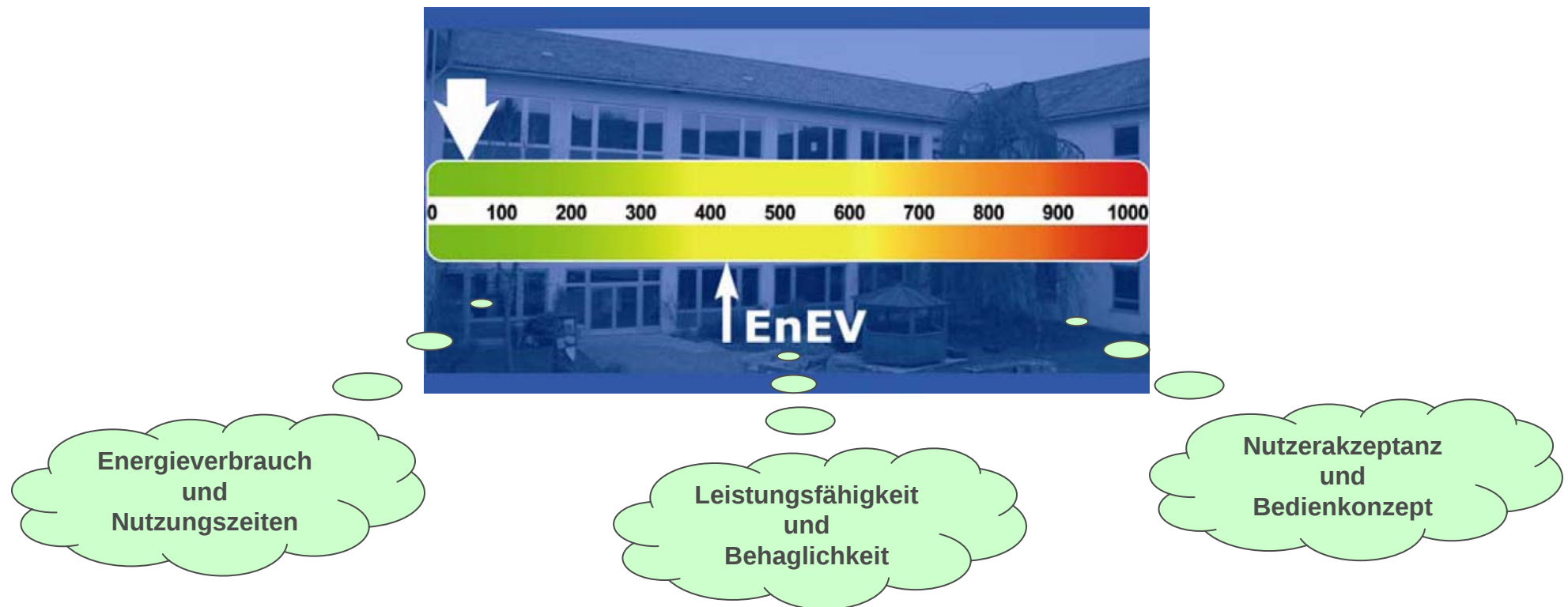


**Welche Anforderung stellen innovative, high-tech Schulgebäude
an den Planungsprozess**



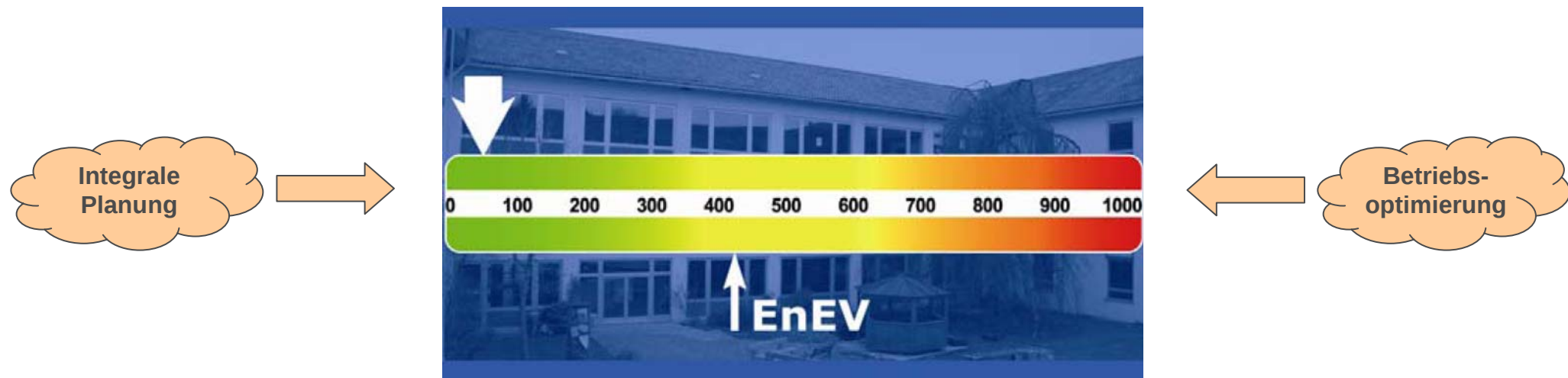
1. Was macht High-tech Schulen aus?

Welche Charakteristik haben innovative, High-tech Schulgebäude hinsichtlich der Auslegung und des Betriebs von Gebäudetechnik

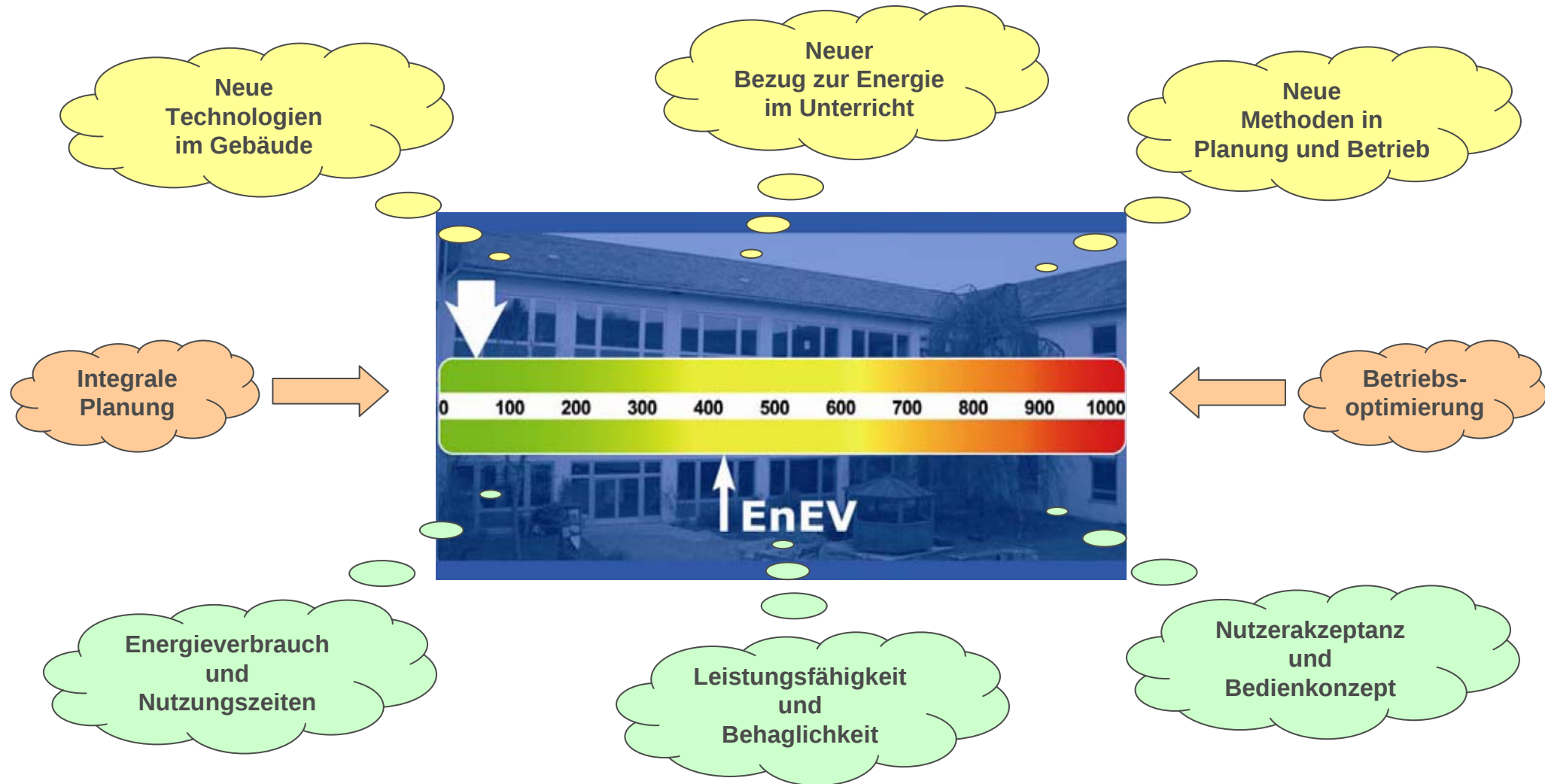


1. Was macht High-tech Schulen aus?

Wie ist zu gewährleisten, dass innovative, High-tech Schulgebäude tatsächlich den Nutzen bringen?



1. Was macht High-tech Schulen aus?

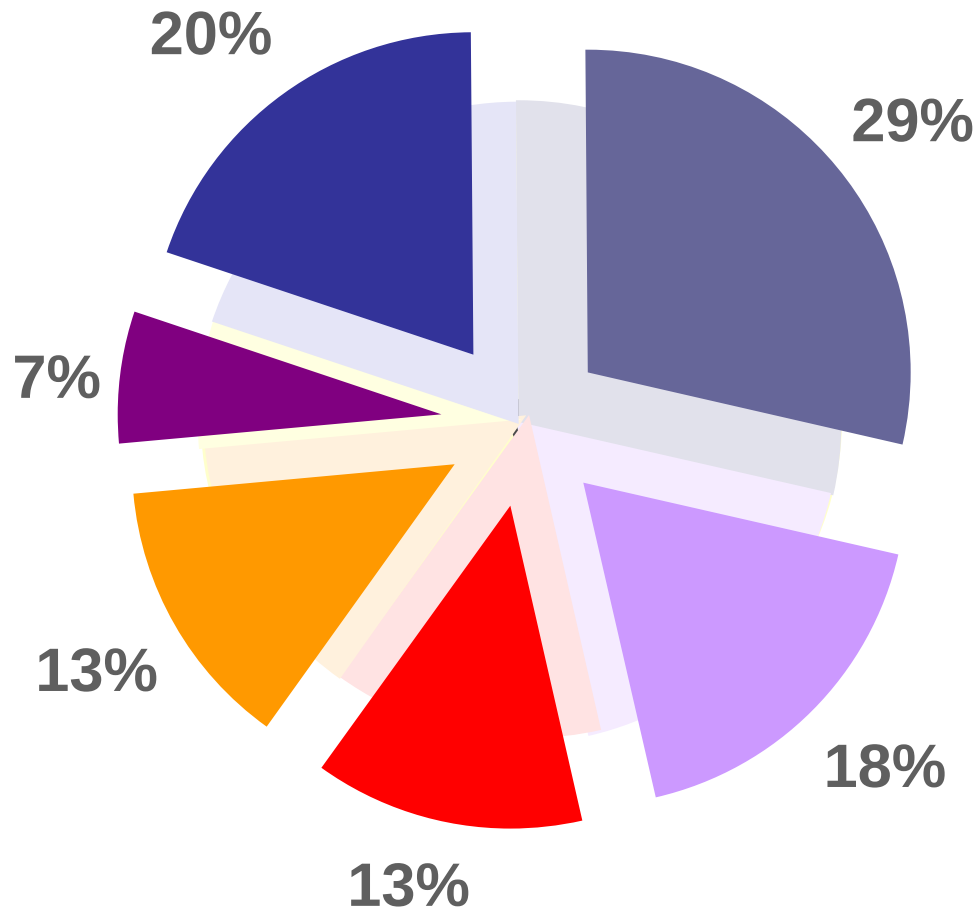


Agenda

1. Begleitforschung Hochschule München
2. Was macht High-tech Schulen aus?
3. **Ansatzmöglichkeiten der Betriebsoptimierung**
4. Planung und Optimierung Berufschulzentrum Biberach



Energieverbrauch und Nutzungszeiten in Schulen



Wie lange wird eine Schule tatsächlich genutzt?

Nur zu max. $\frac{1}{4}$ der Gesamtzeit wird eine Schule zu Unterrichtszwecken genutzt!

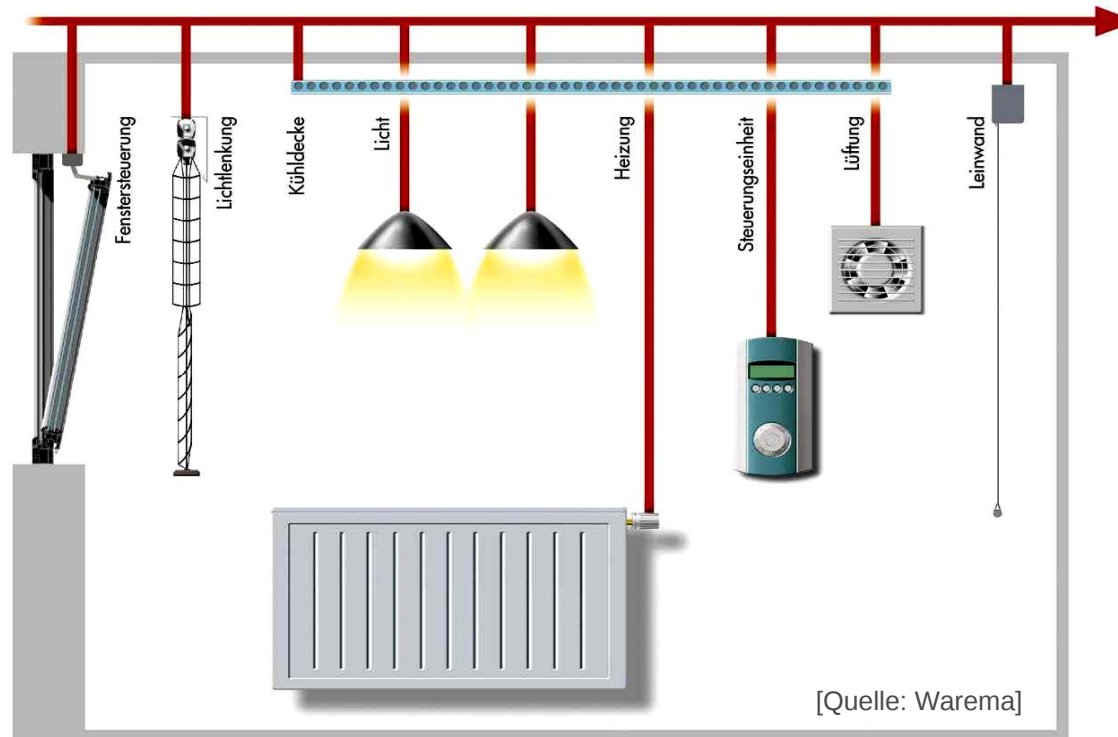
- nachts
- Wochenende
- Ferien
- Abendnutzung
- Unterricht vormittag
- Unterricht nachmittag



Energieverbrauch und Nutzungszeiten in Schulen

Der Anpassung von Betriebszeiten und der benötigten Sollwerte ist hohe Aufmerksamkeit zu schenken!

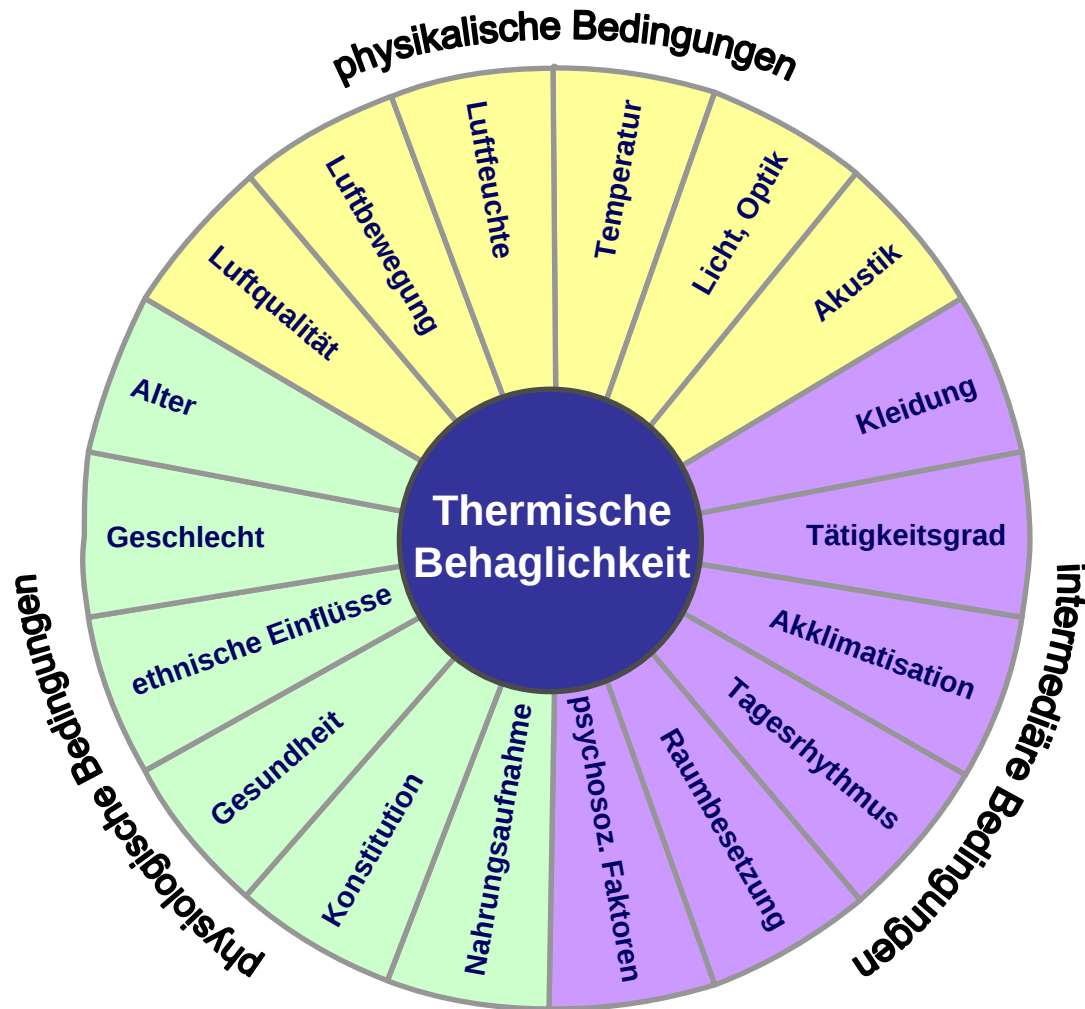
- Der niedrigste Verbrauch wird durch ein Abschalten der Anlagen erreicht!
- 1 K Temperaturerhöhung im Raum verursacht einen ca. 7-10% höheren Energieverbrauch!



Eine Einzelraumregelung optimiert die bedarfsgerechte Zufuhr von Licht – Luft – Wärme - Kälte



Leistungsfähigkeit und thermische Behaglichkeit



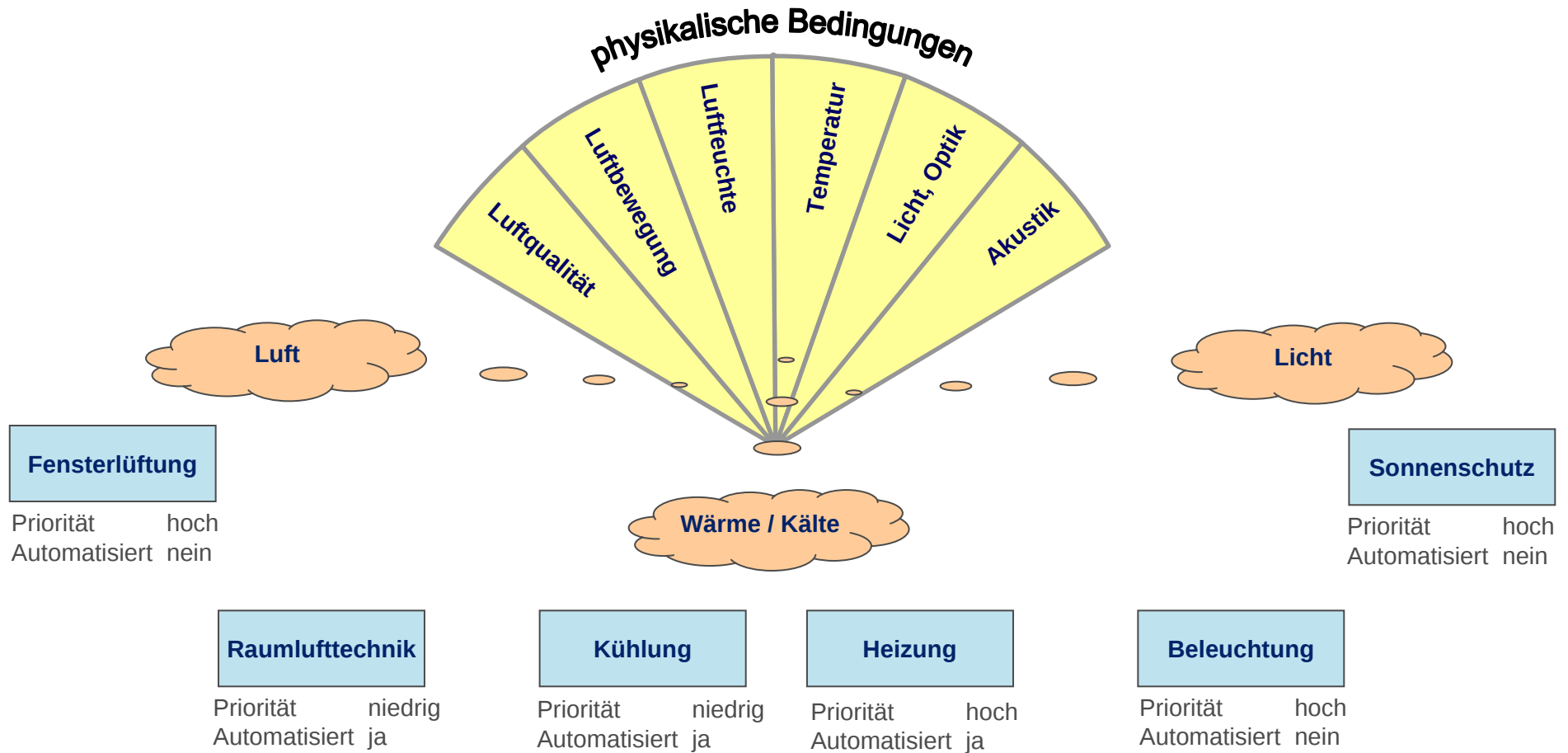
Eine Schulklasse mit 30 Personen produziert in der Stunde:

- ca. 3,5 kWh Wärme
- ca. 1,5 kg Feuchte/Wasserdampf
- ca. 500 l CO₂
- und benötigt
- ca. 750 m³ Frischluft

Der gezielten Abfuhr dieser inneren Lasten muss aus Gründen der Hygiene und der Leistungsfähigkeit höherer Stellenwert eingeräumt werden!



Leistungsfähigkeit und thermische Behaglichkeit

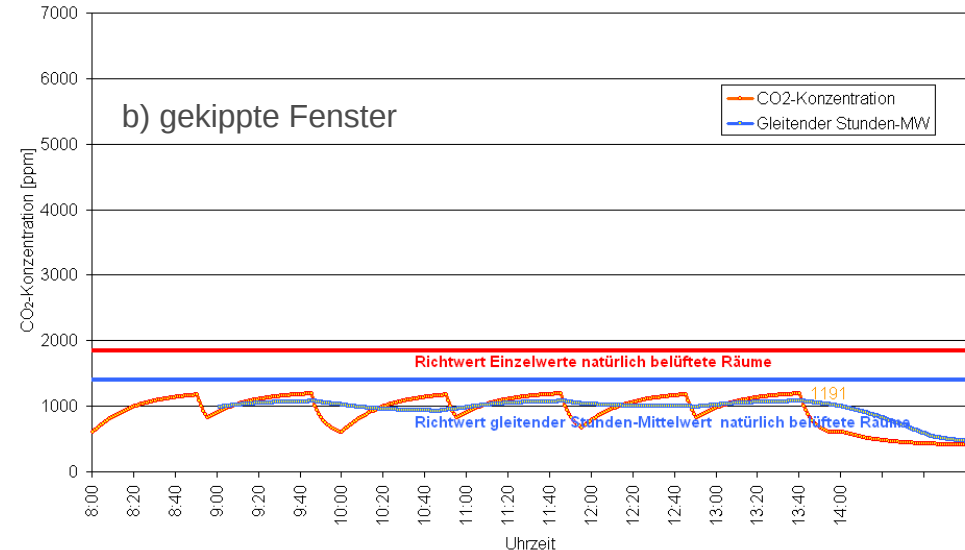
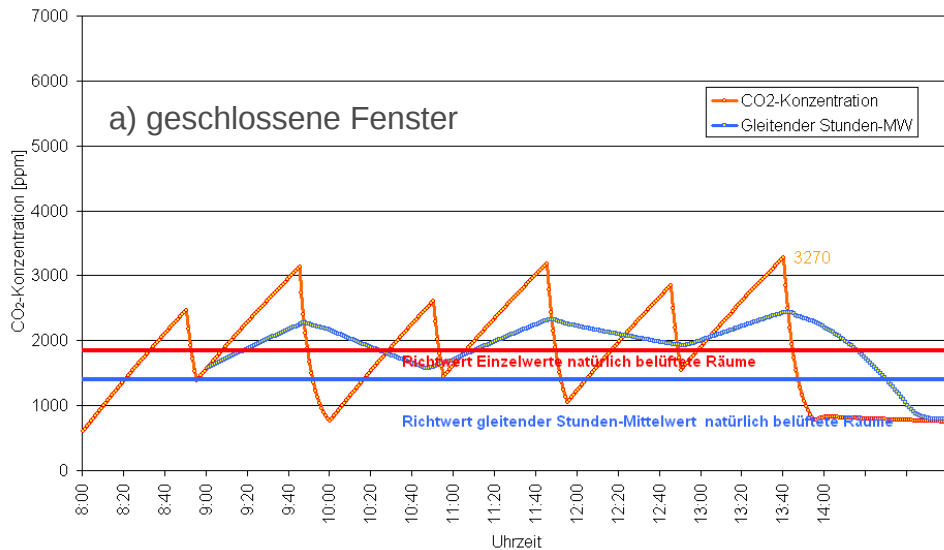


Nur der geregelten Zufuhr von Wärme wird heute in Schulen Beachtung geschenkt!



Leistungsfähigkeit und thermische Behaglichkeit

CO₂-Verlauf in Klassenzimmern



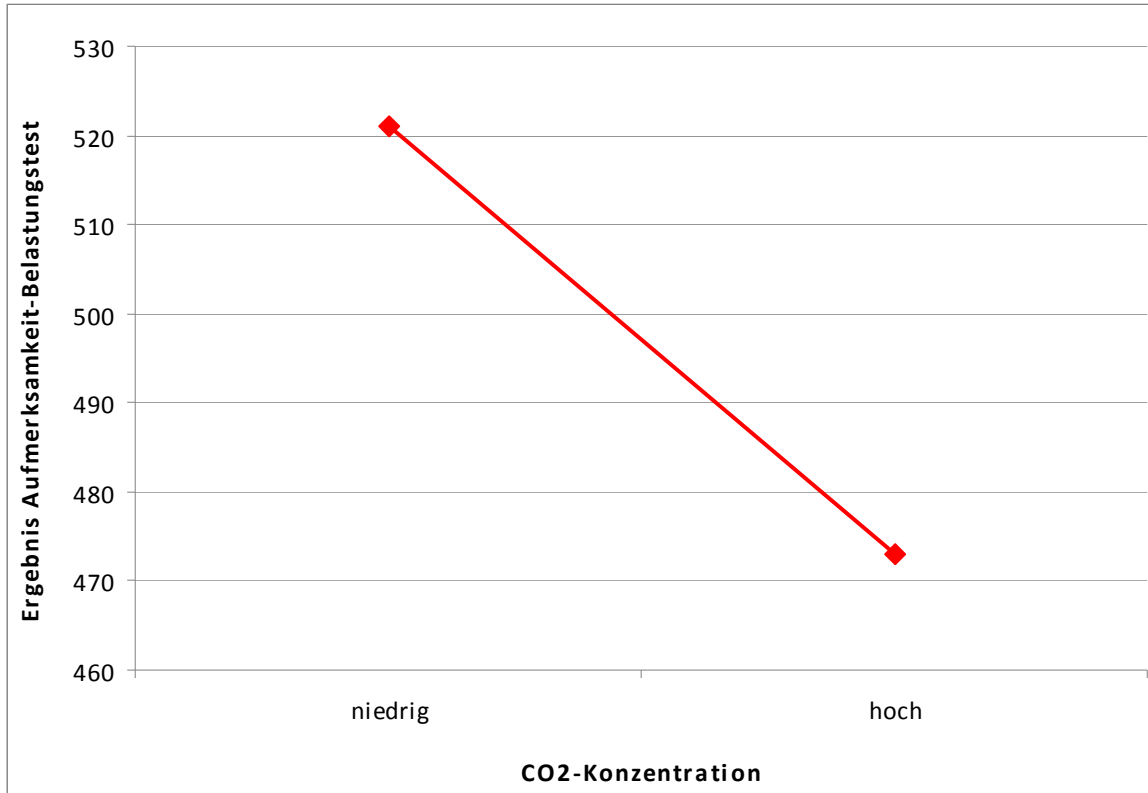
„Pettenkofer-Zahl“	1000 ppm
DIN 1946 Teil 2 (veraltet)	1500 ppm
DIN EN 13779:2007 (IDA 4 – Niedrige Qualität)	1200 ppm*
DIN EN 13779:2007 (IDA 2 – Mittlere Qualität)	500 ppm*
*CO ₂ -Gehalt über Gehalt der Außenluft	
DIN EN 13779:2000 (typische Außenluft)	350 ppm

Randparameter zur Grafik:	
Fläche des Klassenraumes:	60 m ²
Schülerzahl:	25
Lehreranzahl:	1
CO ₂ Konzentration Außenluft:	400 ppm
CO ₂ Konzentration Unterrichtsbeginn:	600 ppm
Durchschnittlich dichte Fenster, Fenster während des Unterrichts geschlossen	

CO₂ ist ein Merkmal für schlechte, verbrauchte Luft. CO₂ ist nicht von Menschen wahrnehmbar.
Schlechte Luftqualität ist die Ursache für Müdigkeit und Konzentrationsstörungen.!



Leistungsfähigkeit und thermische Behaglichkeit



Studie zur Konzentrationsfähigkeit der Schüler

Niedriger CO2 Gehalt: 600-800 ppm

Hoher CO2 Gehalt: >3000 ppm

Anzahl Schüler: 152

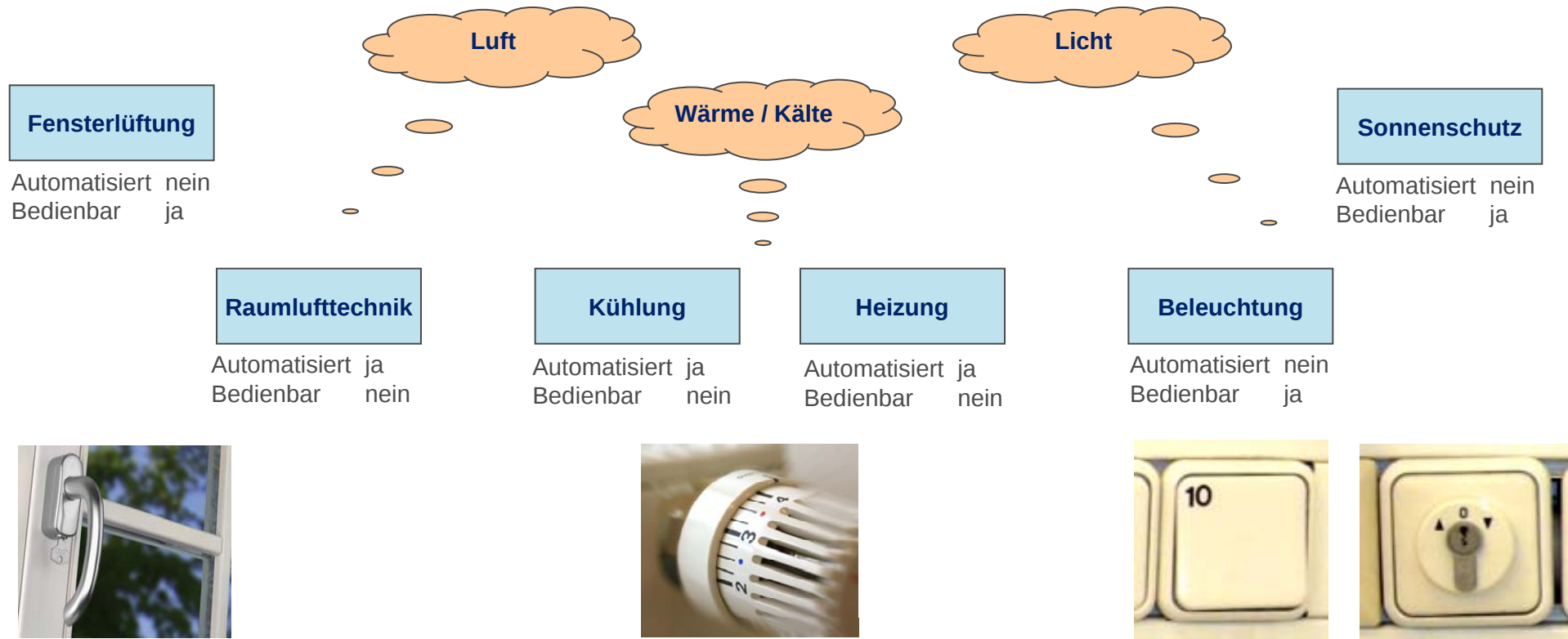
Bei guter Luftqualität
ist die Aufmerksamkeit von Schülern
um ca. 10 % höher!

Durchgeführt von der Technischen Universität Graz und der Karl-Franzens-Universität Graz

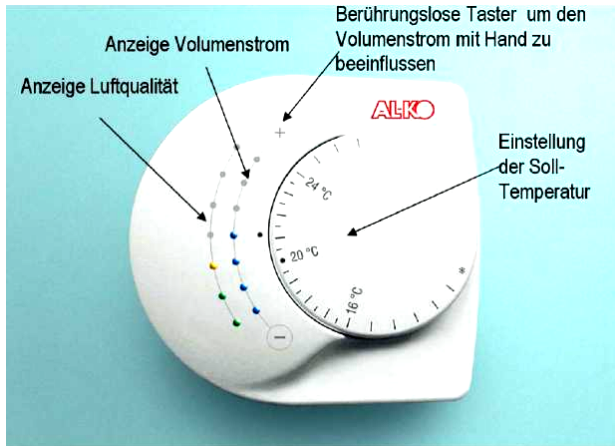


Nutzerakzeptanz und Bedienkonzept

Bedienbar sind in Schulen nur konventionelle Gebäudetechniken (z.B. Lichtschalter, Fenstergriff).
Auf das Lichtausschalten wird geachtet - die Wärmezufuhr kann i.d.R. nicht bedient werden,
obwohl in Schulen der Wärmeverbrauch 10 mal so hoch ist wie der Stromverbrauch.
Behaglichkeitszustände (Temperatur, Luftqualität) werden nicht visualisiert.



Nutzerakzeptanz und Bedienkonzept



Raumbedienung und Luftqualitätsampel
Quelle: Alko



CO₂-Ampeln
Quelle: Bernd Richter



Funk-Schalter und -Raumtemperaturfühler
Quelle: EnOcean



Luftgüte-Ampel



Mief-Ampel



CO₂-Ampel



Kombiampel



Praxisbeispiele Raumbedienung
Berufsschule Biberach, Hochschule München



Die Bedienung der Raumenergie darf dem Nutzer nicht vorenthalten werden.
Der Umgang mit Energie muss im Schulunterricht spielerisch erlernt werden.



Nutzerakzeptanz und Bedienkonzept



Beispiel für Visualisierung
über Handy
Quelle: i-phone



Intuitive Bedienoberflächen
Quelle: Raumtalk

Idee: Energieampel
für Betriebsoptimierung



Beispiel für Visualisierung
bei Spielcomputern
Quelle: Nintendo DSi



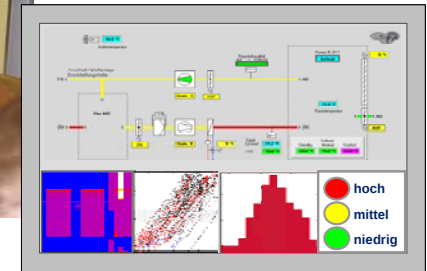
Heizung



Beleuchtung



Jalousie



Es müssen geeignete Bedien- und Visualisierungselemente entwickelt werden.
Kinder erlernen Bedienoberflächen schnell.



Agenda

1. Begleitforschung Hochschule München
2. Was macht High-tech Schulen aus?
3. Ansatzmöglichkeiten der Betriebsoptimierung
4. **Planung und Optimierung Berufschulzentrum Biberach**



Integrale Planung BSZ Biberach - Anforderungen

Energetische und technische Anforderungen

- geringer Heiz- und Gesamtenergiebedarf („2-Liter-Haus“)
- einfaches, verständliches, wirtschaftliches Technikkonzept
- einfacher, automatisierter Gebäudebetrieb

Nutzerspezifische Anforderungen

- Flexibilität
- Variabilität

Randbedingungen

- Bauherr und Nutzer für innovative Konzepte aufgeschlossen sein
- Architekten und TGA-Ingenieure müssen integral planen

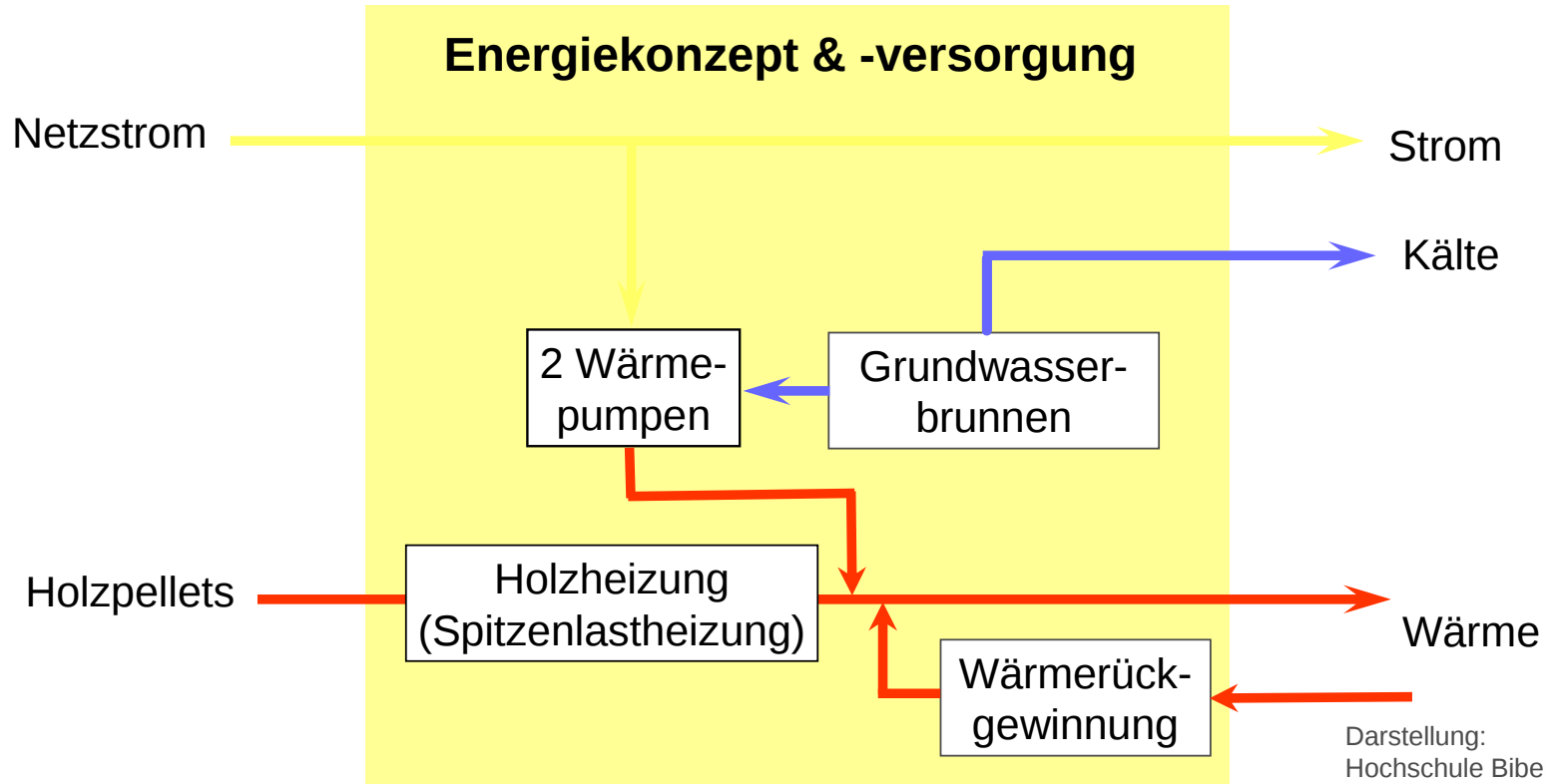
Planung:
Ebert-Ingenieure



Integrale Planung BSZ Biberach - Energiekonzept

Endenergie

Nutzenergie

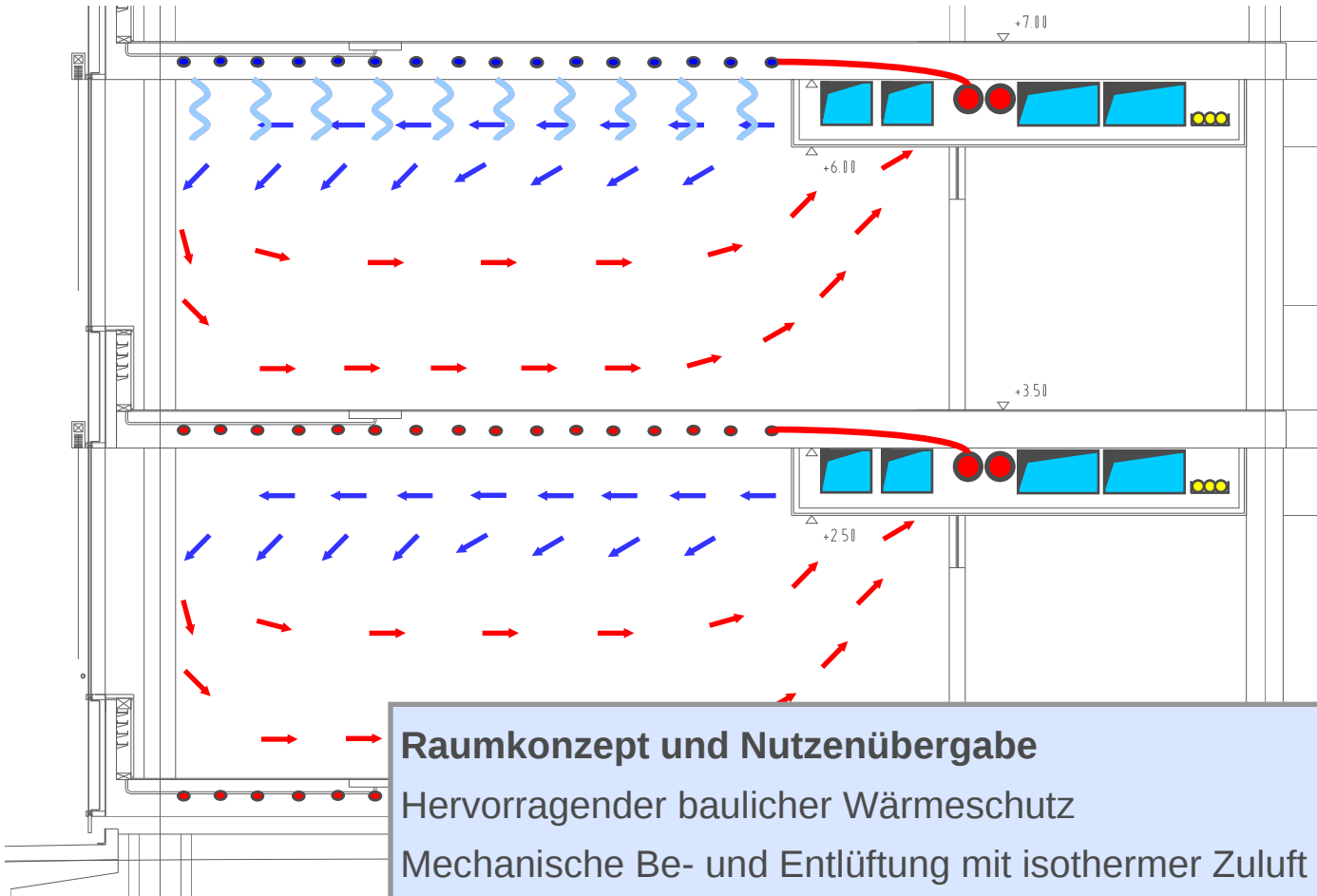


Darstellung:
Hochschule Biberach, Gebäudeklimatik
Planung:
Ebert-Ingenieure

Primärenergiesparende Energieversorgung / Nutzung regenerativer Energie



Integrale Planung BSZ Biberach - Raumkonzept



Raumkonzept und Nutzenübergabe

Hervorragender baulicher Wärmeschutz

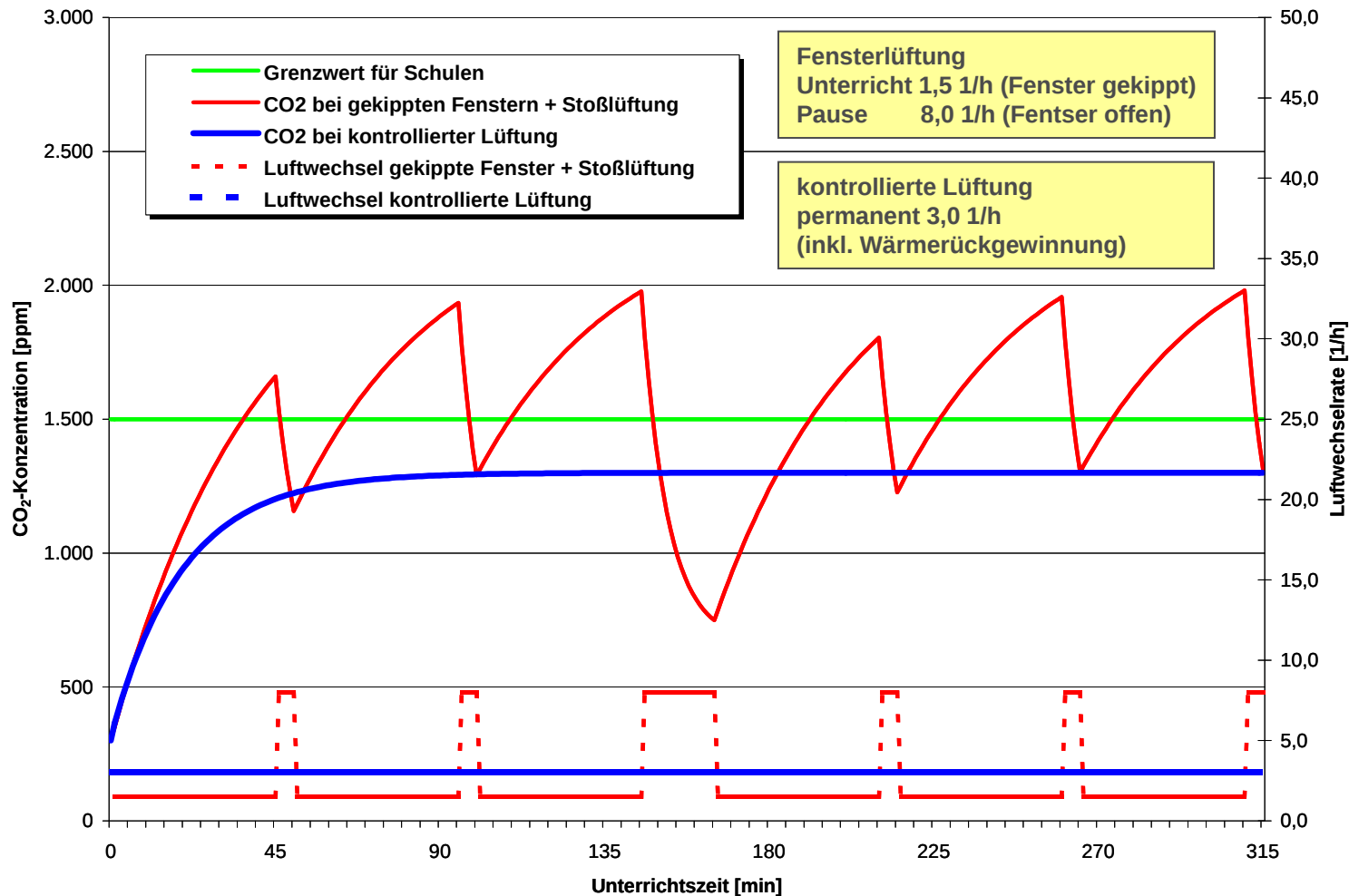
Mechanische Be- und Entlüftung mit isothermer Zuluft

Heizen und Kühlen über Betonkerntemperierung (BKT)

Planung:
Ebert-Ingenieure



Integrale Planung BSZ Biberach - Luftqualität im Klassenzimmer



Die Schaffung von Luftqualität muss bei Schulen Gegenstand der Planung sein.

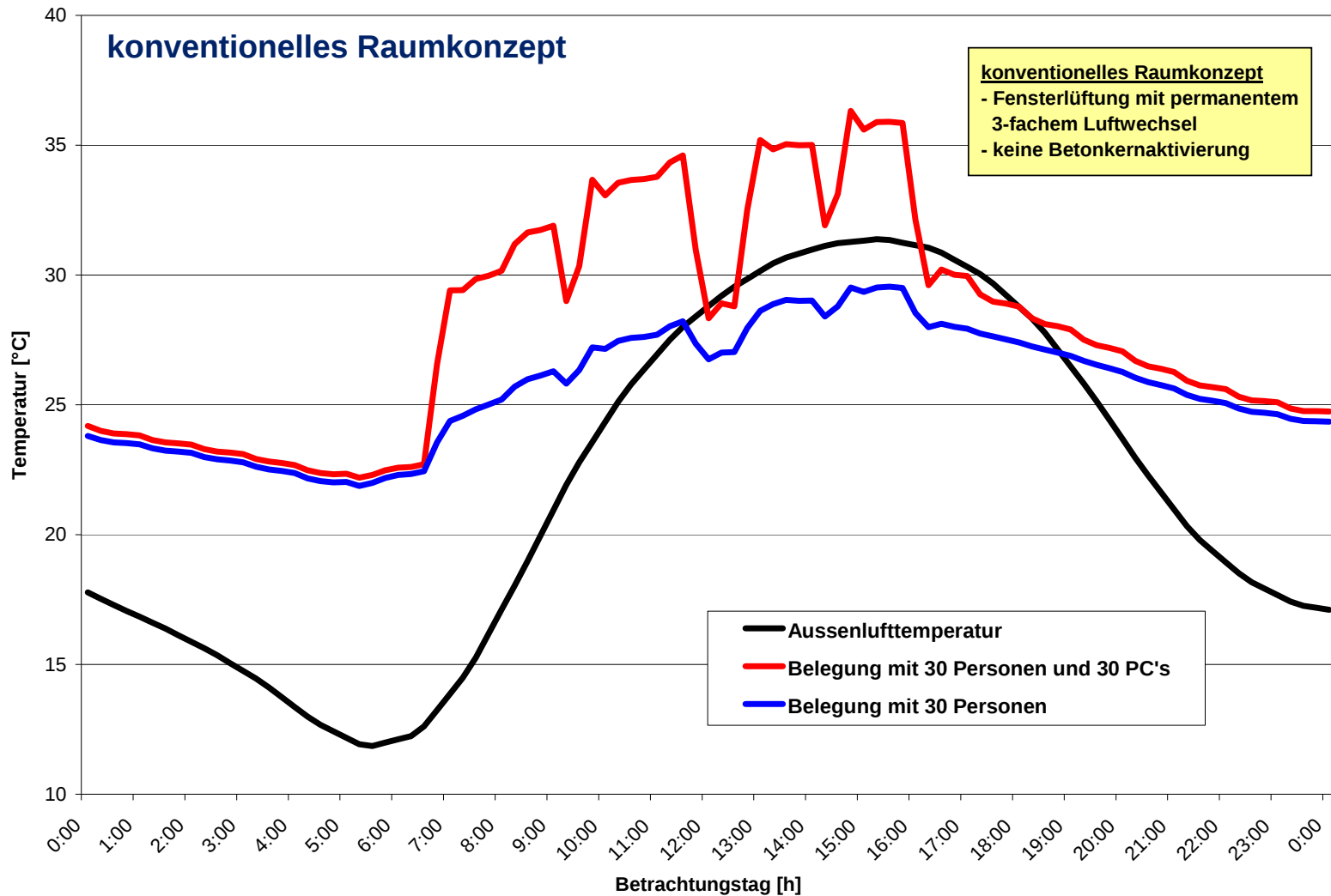
Fensterlüftung ist vorzusehen.

Eine kontrollierte Lüftung ermöglicht Energieeffizienz und hohe Luftqualität

Planung:
Ebert-Ingenieure



Integrale Planung BSZ Biberach - Sommerliche Raumtemperaturen



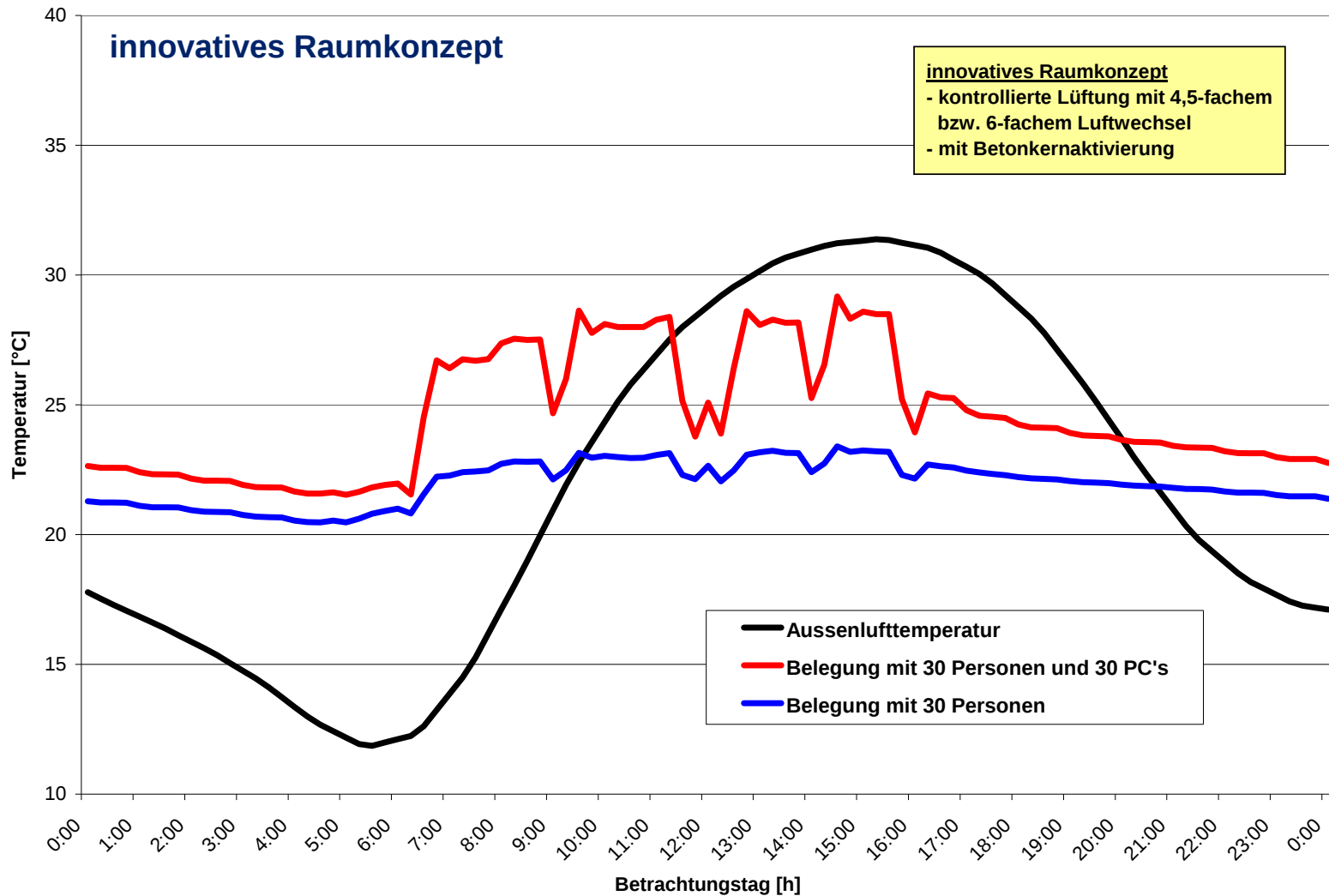
Sommerliche Temperaturen sind in Schulen ein wichtiges Qualitätselement.

Auf die Nutzung regenerativer Energie ist bei der Kühlung Wert zu legen.

Planung:
Ebert-Ingenieure



Integrale Planung BSZ Biberach - Sommerliche Raumtemperaturen



Sommerliche Temperaturen sind in Schulen ein wichtiges Qualitätselement.

Auf die Nutzung regenerativer Energie ist bei der Kühlung Wert zu legen.

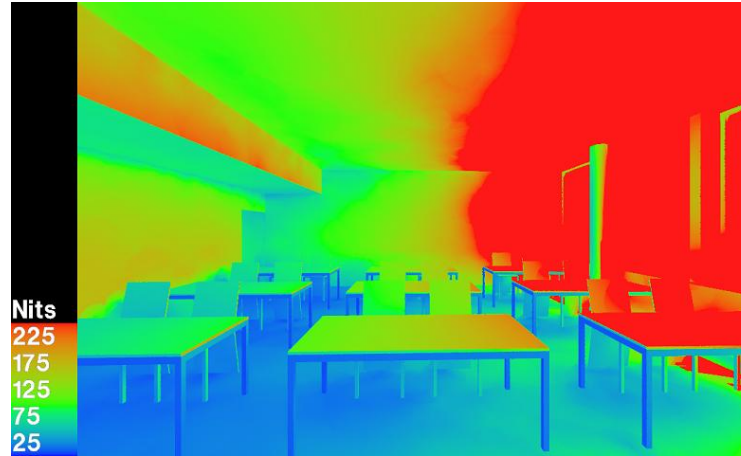
Planung:
Ebert-Ingenieure



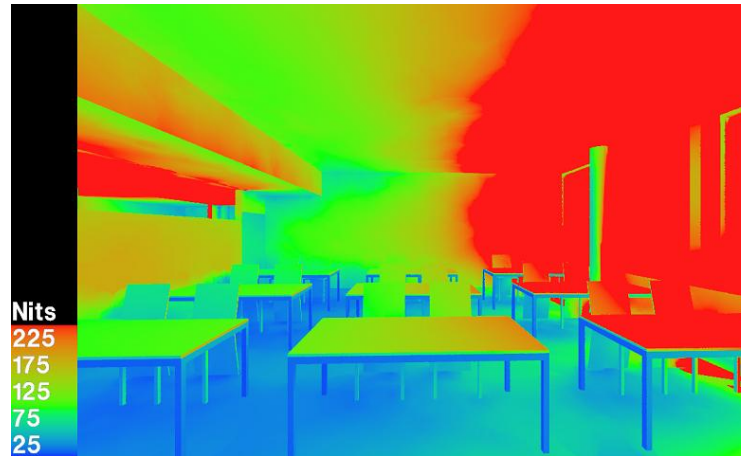
Integrale Planung BSZ Biberach - Lichtkonzept



ohne Oberlicht



mit Oberlicht



Die Nutzung von Tages- und Kunstlicht, Sonnen- und Blendschutz ist ein wesentlicher Bestandteil der Planung.

Sonnenschutzeinrichtungen mit Lichtlenkung sowie Lichthöfe und Oberlichter ermöglichen eine weitreichende Ausnutzung regenerativer Energie und eine gleichmäßige Ausleuchtung des Klassraums.

Planung:
Ebert-Ingenieure



Integrale Planung BSZ Biberach - Lichtkonzept



Die Nutzung von Tages- und Kunstlicht, Sonnen- und Blendschutz ist ein wesentlicher Bestandteil der Planung.

Sonnenschutzeinrichtungen mit Lichtlenkung sowie Lichthöfe und Oberlichter ermöglichen eine weitreichende Ausnutzung regenerativer Energie und eine gleichmäßige Ausleuchtung des Klassraums.



Integrale Planung BSZ Biberach - Definition von Typmodulen

Typ „Klassenraum“:

- Betonkerntemperierung
- mechanische Zu-/Abluft
- Beleuchtung (Klassenraum)
- EDV-/Elektroanschlüsse

Typ „Eckmodul“:

- Betonkerntemperierung
- mechanische Zu-/Abluft
- Beleuchtung (Klassenraum)
- EDV-/Elektroanschlüsse

Typ „Schülerarbeitsplatz“:

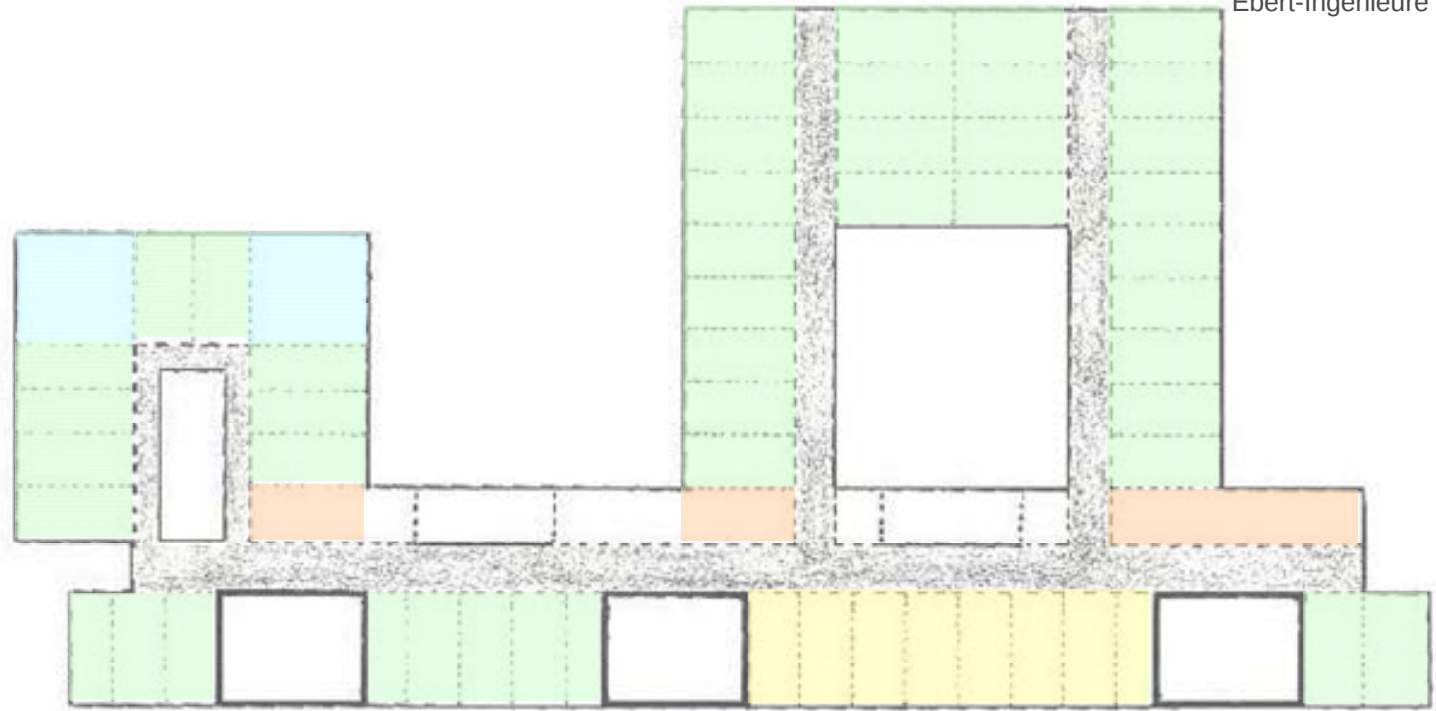
- Betonkerntemperierung
- Beleuchtung (Flur/Aufenthalt))
- EDV-/Elektroanschlüsse

Typ „Sekretariat“:

- Betonkerntemperierung
- mechanische Zu-/Abluft
- Beleuchtung
- EDV-/Elektroanschlüsse

Typ „Cafeteria“:

- Betonkerntemperierung
- mechanische Zu-/Abluft
- Beleuchtung (Cafeteria)



Planung:
Ebert-Ingenieure

Integrale Planung:

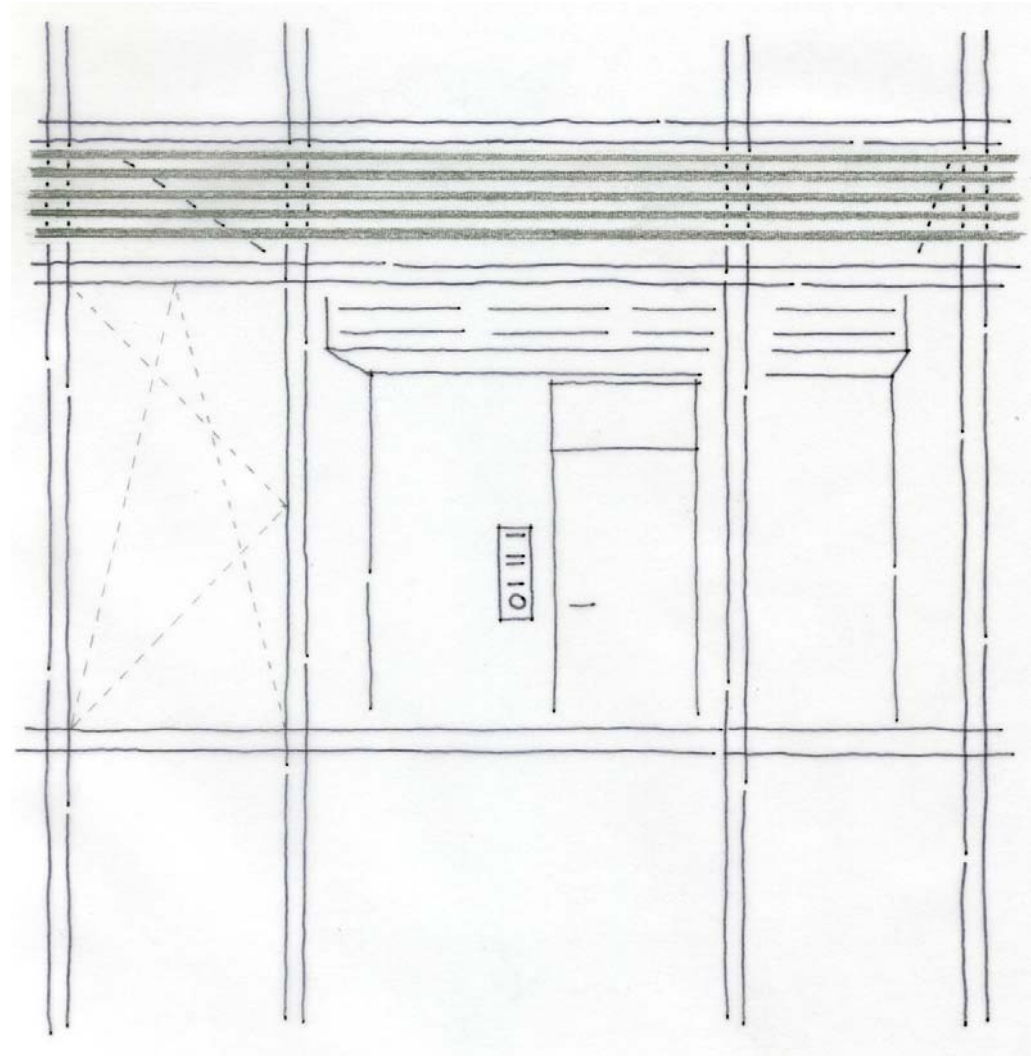
- Definition von kleinsten Einheiten für Nutzungsbereiche
- Typisierung der Nutzeranforderung



Integrale Planung BSZ Biberach - Modulkonzept

Beispiele Typicals:

- Heizung / Kühlung
- Lüftung
- Elektro- / Medienversorgung
- Beleuchtung / Sonnenschutz



Planung:
Ebert-Ingenieure

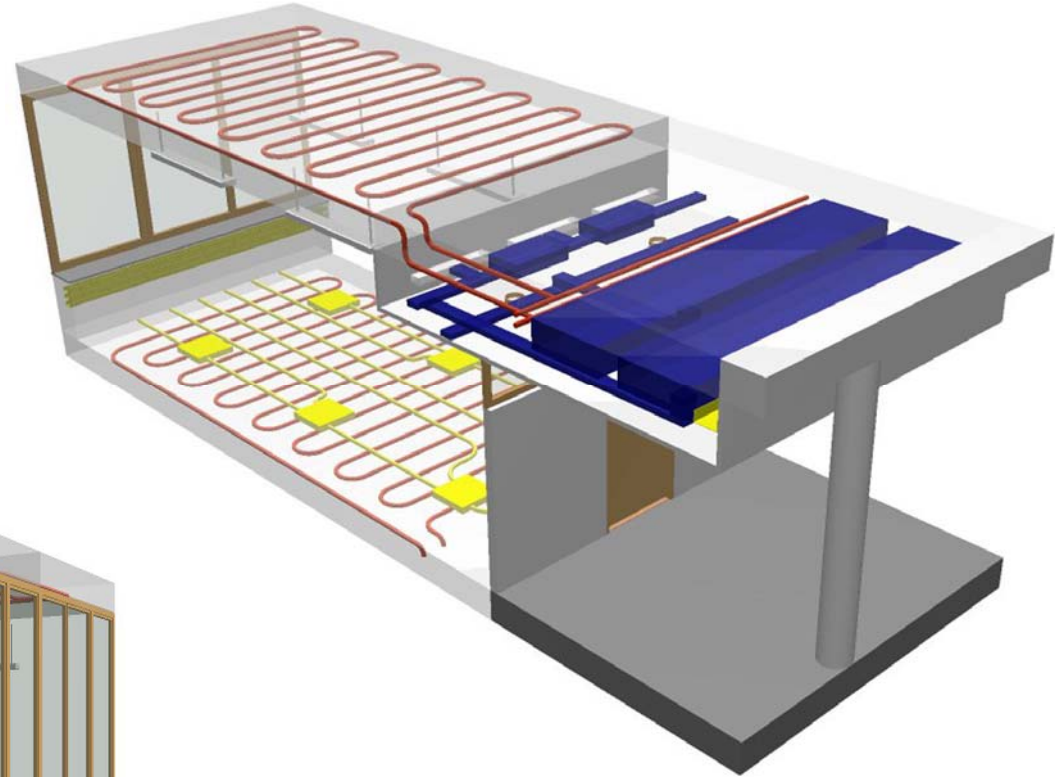
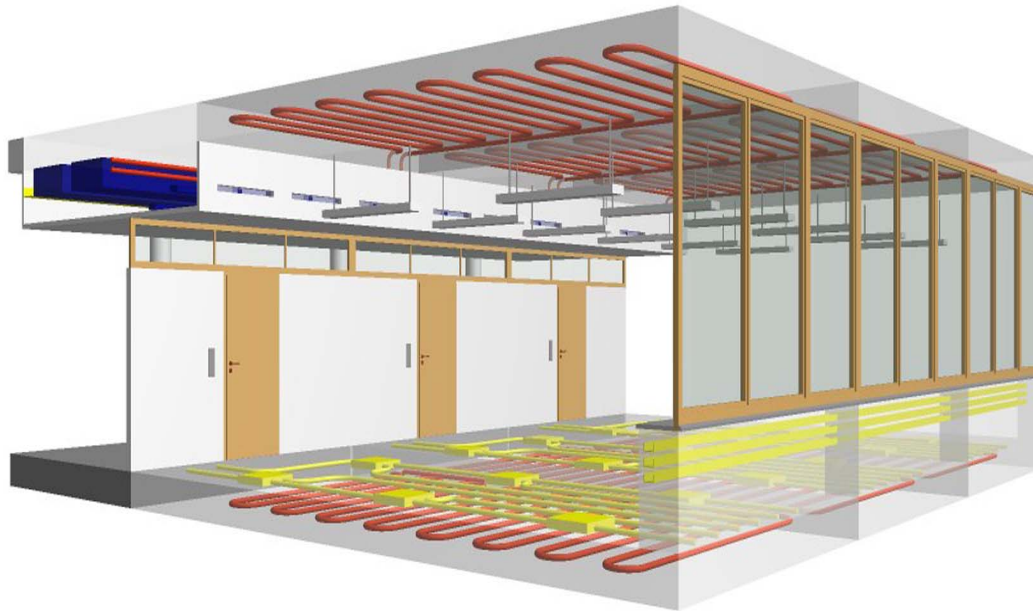


Energetische Betriebsoptimierung von High-tech Schulen
Prof. Dr. Werner Jensch, Dipl.-Ing. (FH) Manuel Winkler

Seite 32
April 2009

Integrale Planung BSZ Biberach - Modulkonzept in der Planung

Umsetzung der Typicals
als 3-D-Konzept
in der Planung



Planung:
Ebert-Ingenieure



Energetische Betriebsoptimierung von High-tech Schulen
Prof. Dr. Werner Jensch, Dipl.-Ing. (FH) Manuel Winkler

Seite 33
April 2009

Integrale Planung BSZ Biberach - Modulkonzept in der Bauausführung

Realisierung der Typicals
in der Bauausführung



Planung:
Ebert-Ingenieure

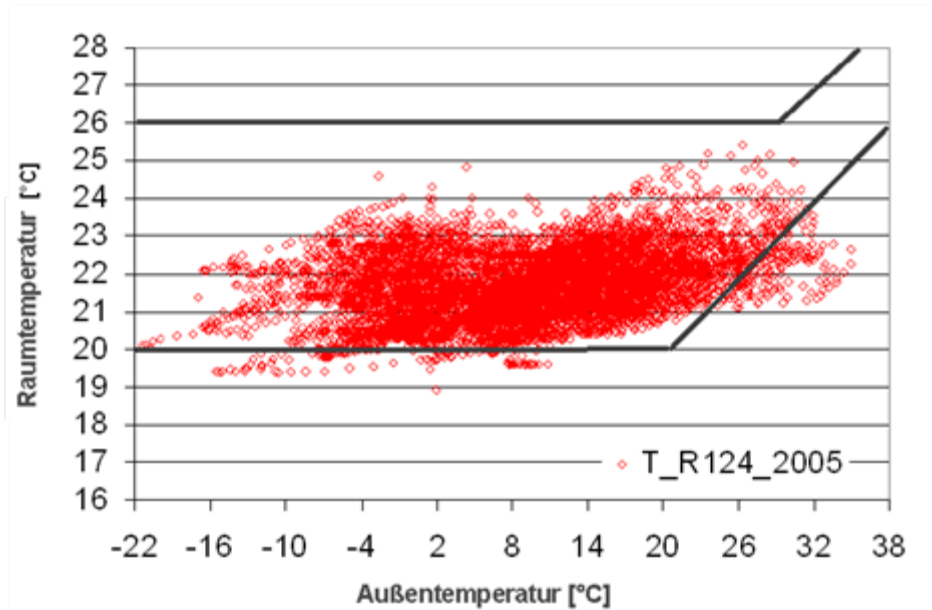


Energetische Betriebsoptimierung von High-tech Schulen
Prof. Dr. Werner Jensch, Dipl.-Ing. (FH) Manuel Winkler

Seite 34
April 2009

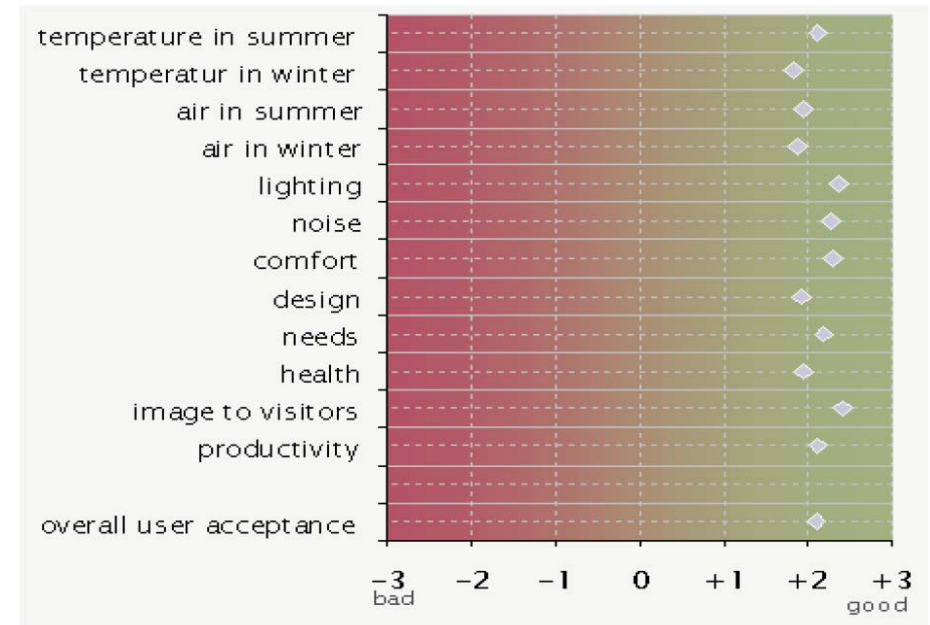
Betriebsoptimierung BSZ Biberach - Raumklima und Behaglichkeit

Einhaltung der Solltemperaturen



Planung:
Ebert-Ingenieure

Befragungsergebnisse Nutzerakzeptanz



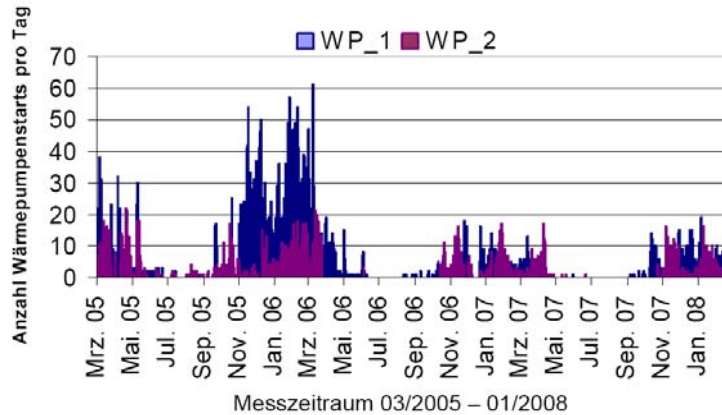
Quelle: Abschlussbericht
SolarBau TK 3, ISSN: 1615-4266,
Hochschule Biberach

Die Auswertungen von Messergebnissen und Nutzerbefragungen
ergaben eine gute bis sehr gute Behaglichkeit und Nutzerakzeptanz

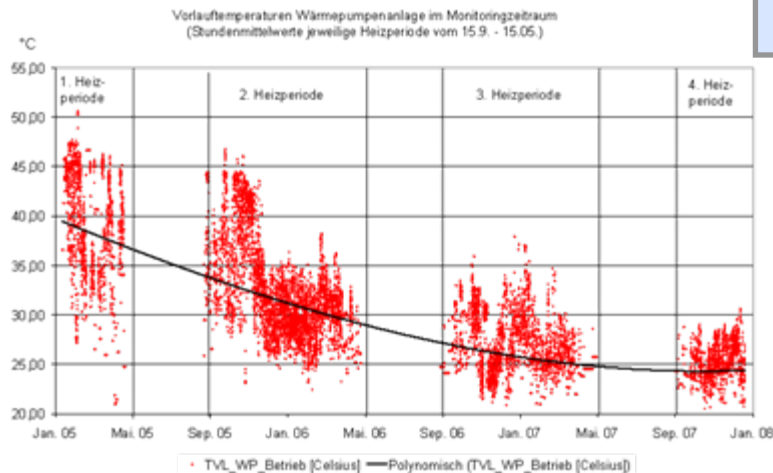


Betriebsoptimierung BSZ Biberach - Wärmeerzeugung

Startvorgänge Wärmepumpenanlage



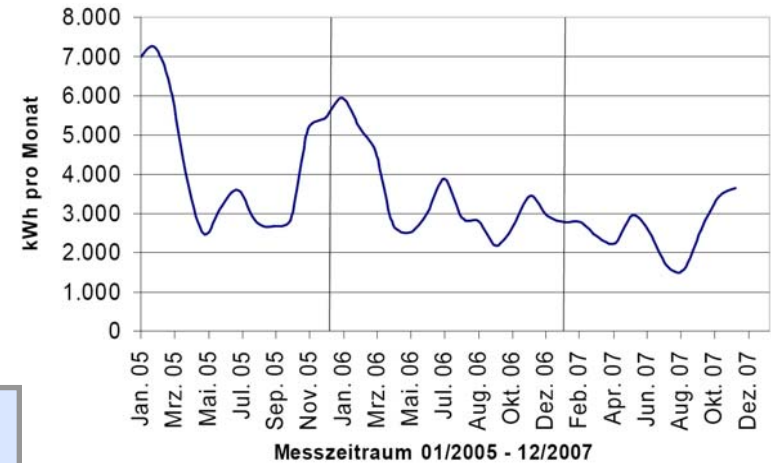
Vorlauftemperaturen Wärmepumpe



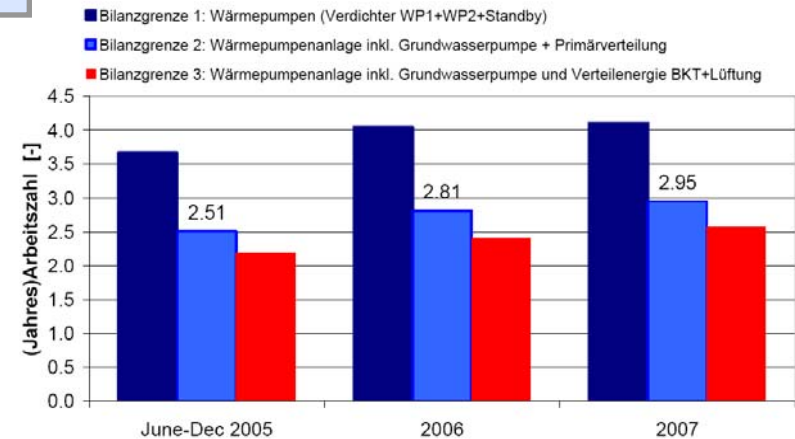
Deutliche Verbesserung
der Wärmeerzeugung
bzw. der Arbeitszahl
der Wärmepumpe

Planung:
Ebert-Ingenieure
Quelle: Abschlussbericht
SolarBau TK 3, ISSN: 1615-4261
Hochschule Biberach

Stromverbrauch Grundwasserpumpe

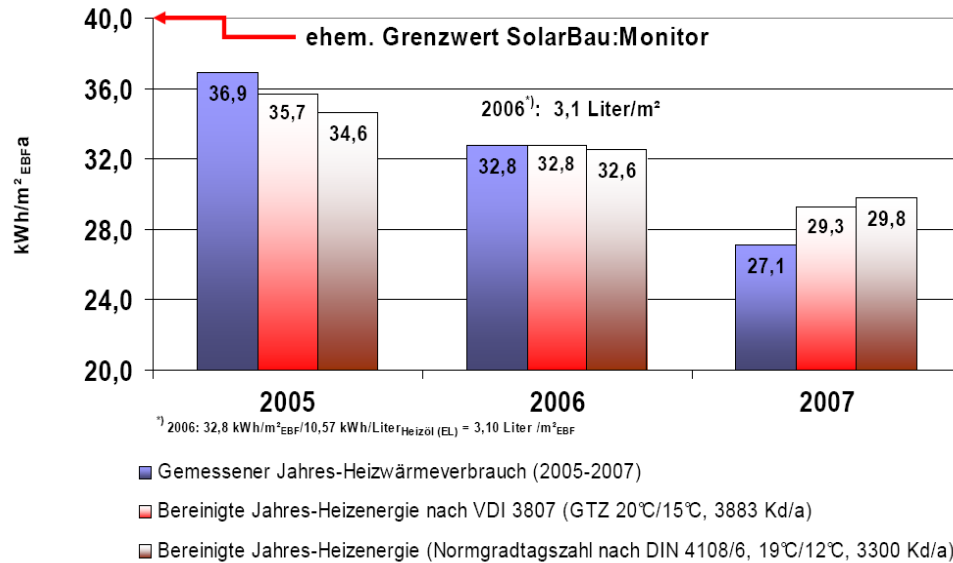


Jahresarbeitszahl Wärmepumpe

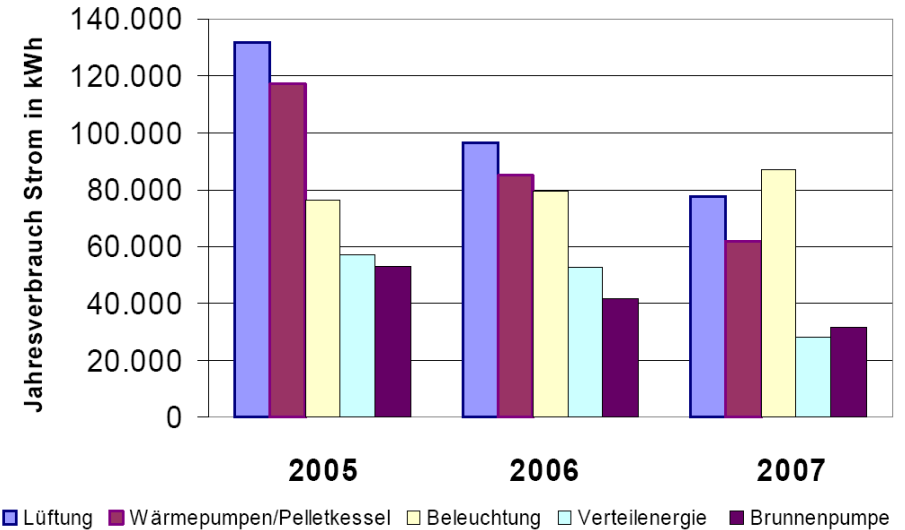


Betriebsoptimierung BSZ Biberach - Endenergieverbrauch

Jahres-Heizwärmeverbrauch



Stromverbrauch



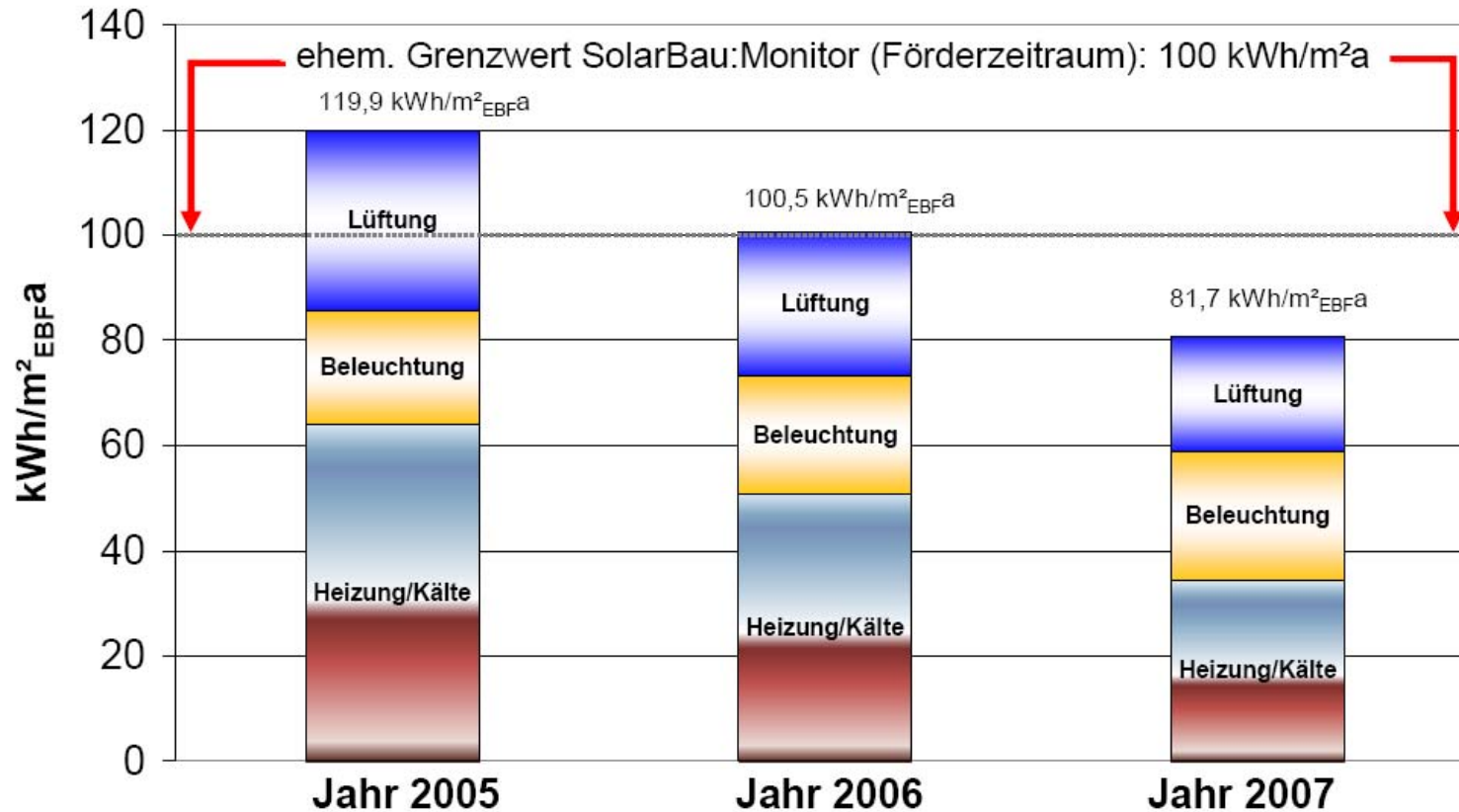
Planung:
 Ebert-Ingenieure
 Quelle: Abschlussbericht
 SolarBau TK 3, ISSN: 1615-4266,
 Hochschule Biberach

In den ersten 3 Jahren nach der Abnahme kann der Energieverbrauch deutlich reduziert werden.
 Die Betriebsoptimierung von Anlagen darf nicht mit der Mängelbeseitigung missverstanden werden!



Betriebsoptimierung BSZ Biberach - Primärenergieverbrauch

Jährlicher Primärenergiebedarf



Planung:
Ebert-Ingenieure
Quelle: Abschlussbericht
SolarBau TK 3, ISSN: 1615-4266,
Hochschule Biberach

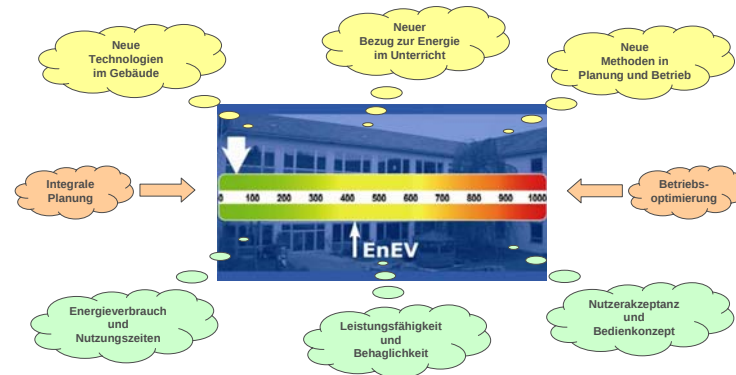
Reduktion der CO₂-Emissionen um 31% ausschließlich durch Betriebsoptimierung !



Zusammenfassung

Wesentliche Voraussetzung für effiziente Schulprojekte aus Sicht der Begleitforschung:

- Energetisches Bewusstsein von Bauherrn und Nutzer muss vorhanden sein
- Der integrale Planungsprozess von Architekten und Ingenieuren ist die Basis der Energieplanung
- Behaglichkeit in Schulen steigert die Lernqualität deutlich und ist kein „Komfort“
- Licht, Luft, Wärme, Kälte sind kontrolliert unter Ausnutzung regenerativer Energie zuzuführen
- Die Bedienung der Medien im Raum ist keine „Spielerei“ sondern Zeichen von Energiebewusstsein
- Die Energieerzeugung muss primärenergiesparend sein
- Die Basis der rationellen Energieanwendung ist gewerkeübergreifendes Regelungskonzept
- Eine Einzelraumregelung berücksichtigt die Charakteristik von Schulen (Nutzungszeiten, Sollwerte)
- Monitoring und Betriebsoptimierung müssen angewendet, um den Energieeinsatz zu minimieren



**Herzlichen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**

