
TECHNOLOGISCHE KONZEPTE UND STRATEGIEN FÜR ZUKUNFTSFÄHIGE SCHULEN

Hans Erhorn
 **Fraunhofer**
IBP

BMW/IBP-Idee 2005

(Innovationsinitiative)

Realität 2014

EnEff:Schule – Energieeffiziente Schulen

Plusenergie
Schulen



3-Liter-Haus
Schulen



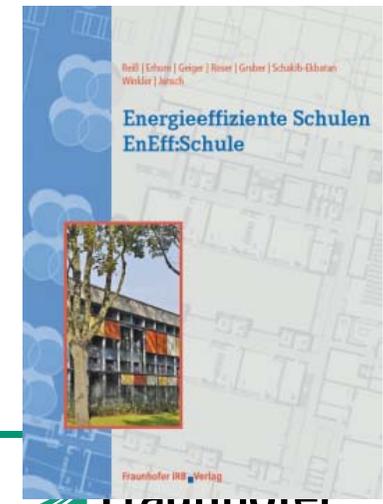
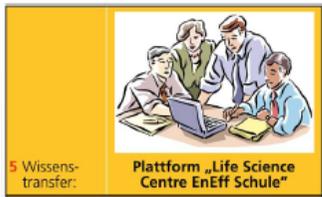
Best Practice
Sammlung



Design-Guidelines



Wissenstransfer



Zentrale Faktoren die sowohl bei einem Schulneubau als auch bei einer Schulsanierung beachtet werden ?

- Angenehme Raumlufttemperaturen
- Ausreichendes Tageslicht
- Keine Blendung
- Gute Luftqualität
- Gute Akustik
- Angenehme Farben der Umgebungsfläche

Aufgabe der Architekten und Fachplaner:

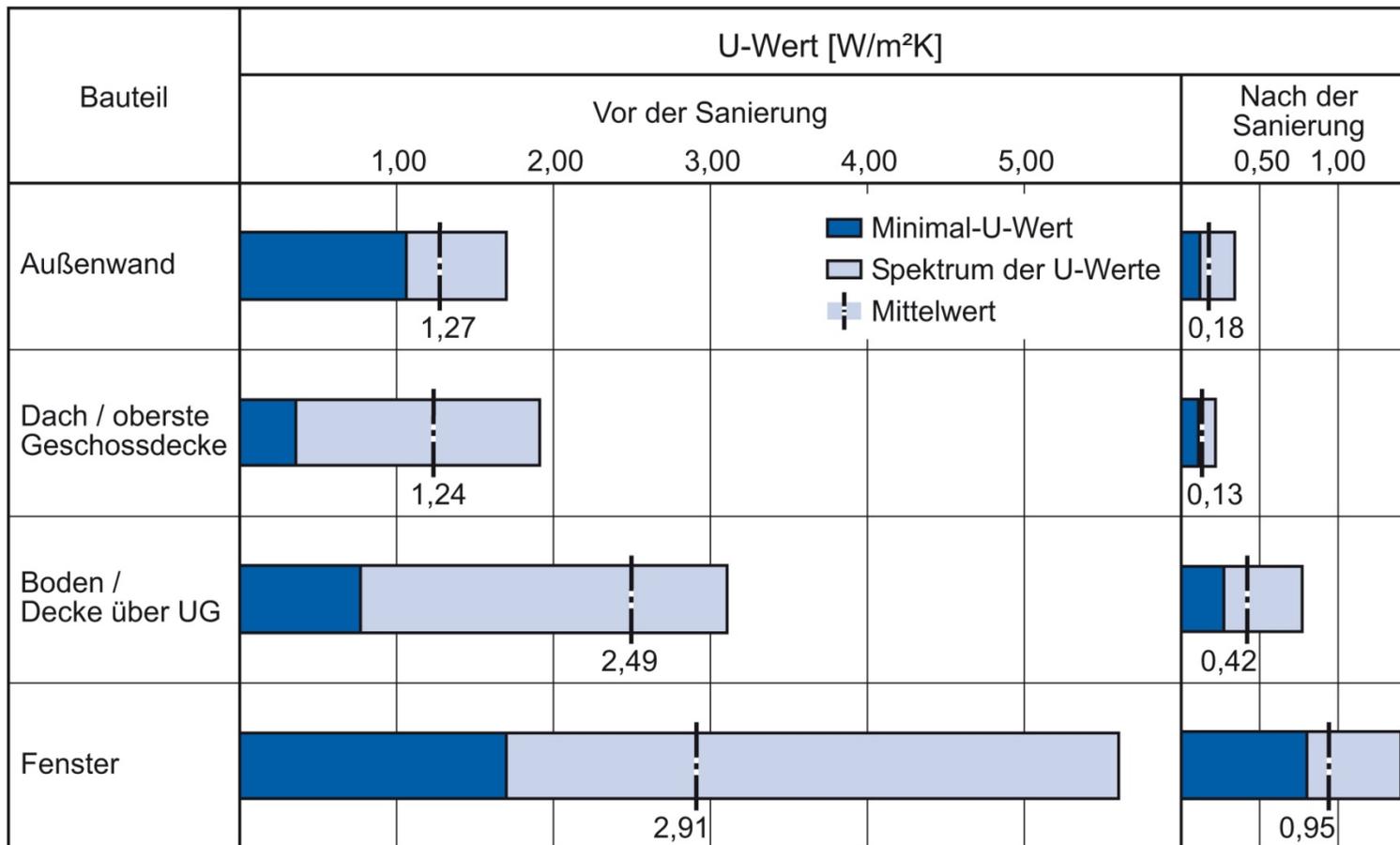
Erstellung oder Sanierung eines Gebäudes mit diesen Eigenschaften bei einem minimalen Energieverbrauch und minimalen Schadstoffemissionen

EnEff:Schule Projekte

SCHULE											
	Science College	Grundschule	Förderschule	Gymnasium	Gymnasium	Gymnasium	Grund- u. Hauptschule	Realschule	Gymnasium	Kindertagesstätte	Berufsschule
STANDORT	Overbach	Hohen-Neuendorf	Olbersdorf	Rostock	Cottbus	Markt-oberdorf	Stuttgart	Kleve	Halle	Höhenkirchen	Detmold
ENERGET. ZIEL	3-Liter-Haus Niveau	Plus-Energie	3-Liter-Haus Niveau	Plus-Energie	3-Liter-Haus Niveau	3-Liter-Haus Niveau	Plus-Energie	Plus-Energie	Plus-Energie	Plus-Energie	Plus-Energie

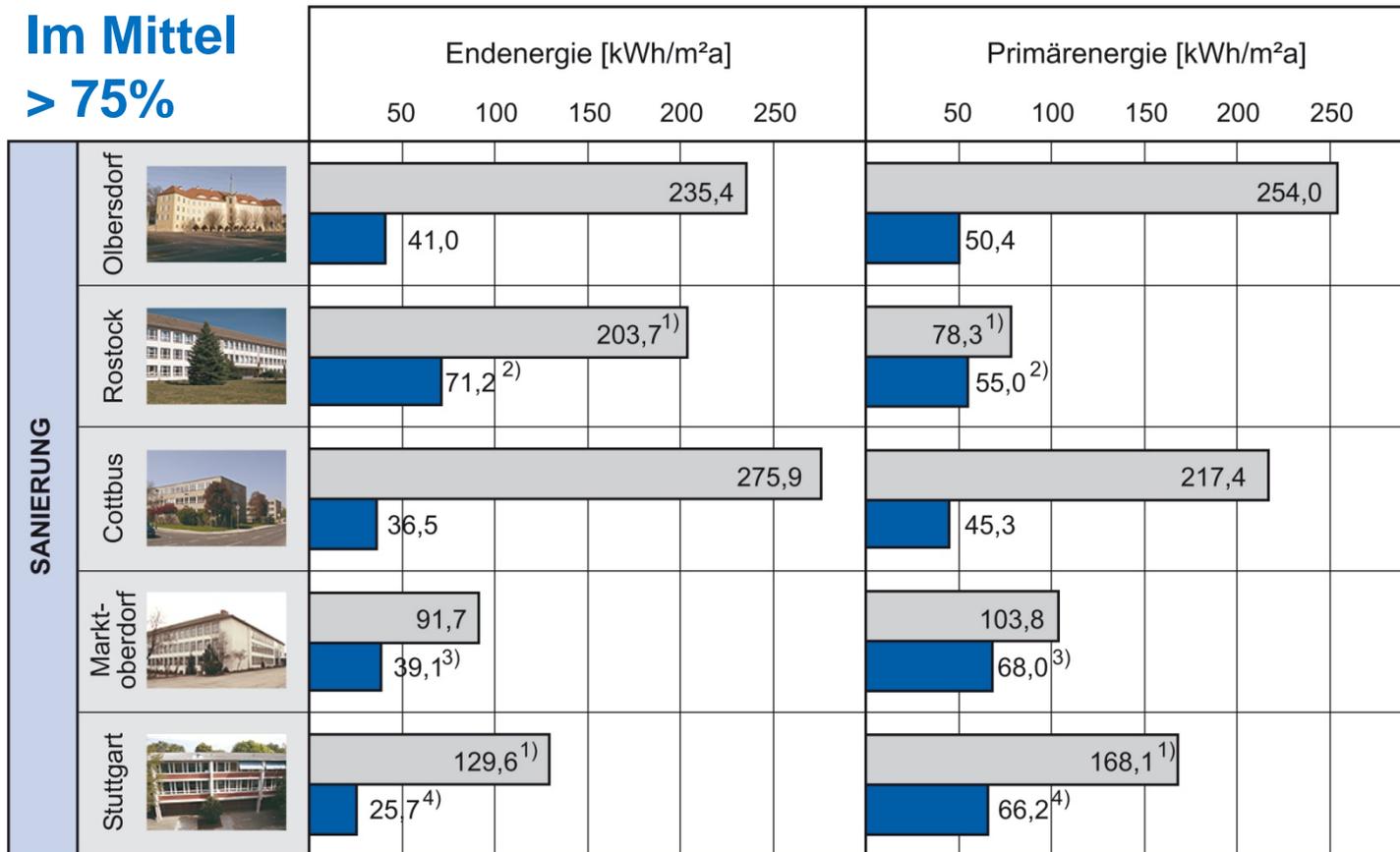
- Neubau
- Sanierung

U-Werte vor und nach Sanierung



Endenergie- und Primärenergiebedarfswerte

Im Mittel
> 75%



1) Verbrauchswerte, da keine Bedarfswerte vorliegen

■ Vor der Sanierung

2) ohne Berücksichtigung der Energieeinträge durch PV, Windkraft, ORC

■ Nach der Sanierung

3) ohne Berücksichtigung der Energieeinträge durch PV und BHKW

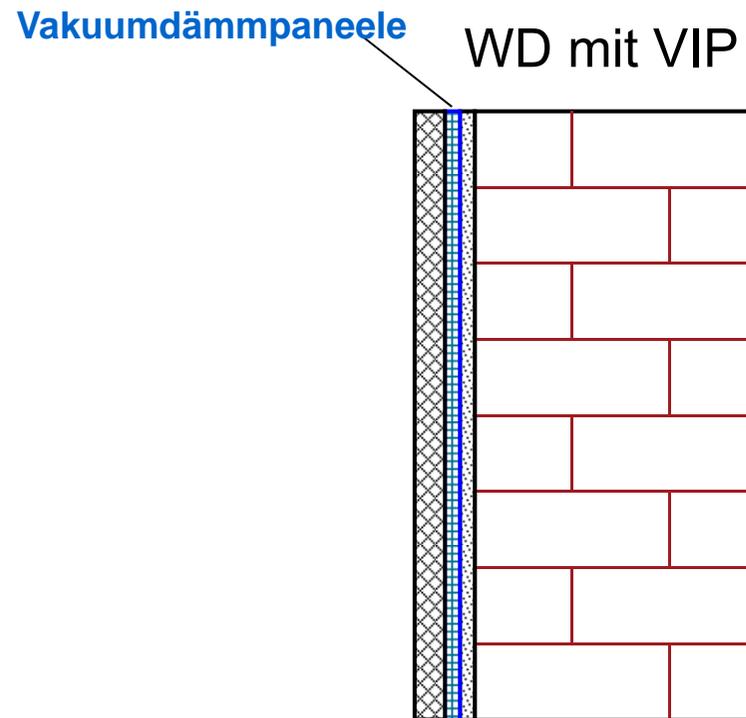
4) ohne Berücksichtigung der Energieeinträge durch PV

Innovative Technologien

SANIERUNG		INNOVATIVE TECHNOLOGIEN																
		Hochwertiger Wärmeschutz	3-fach Wärmeschutzverglasung	Elektrochrome Verglasung	Automatisierter mech. Sonnenschutz	Tageslichtlenkung	Phasenwechselmaterialien	Lüftungsanlage mit WRG	Passive Kühlung	Nachtlüftung	Photovoltaik	Solarthermie	Geothermie	Biogas	Biomasse	Windkraft	Fernwärme	Gebäudeleittechnik
Stuttgart		●	●		●	●				●		●						●
Markt-oberdorf		●			●						●	●	●	●			●	●
Cottbus		●	●		●	●	●	●				●					●	●
Rostock		●	●		●	●					●					●	●	●
Olbersdorf			●	●	●	●		●				●						●

Innovative Systeme

Schlanke Wärmedämmung mit 3 cm Vakuumdämmpaneele

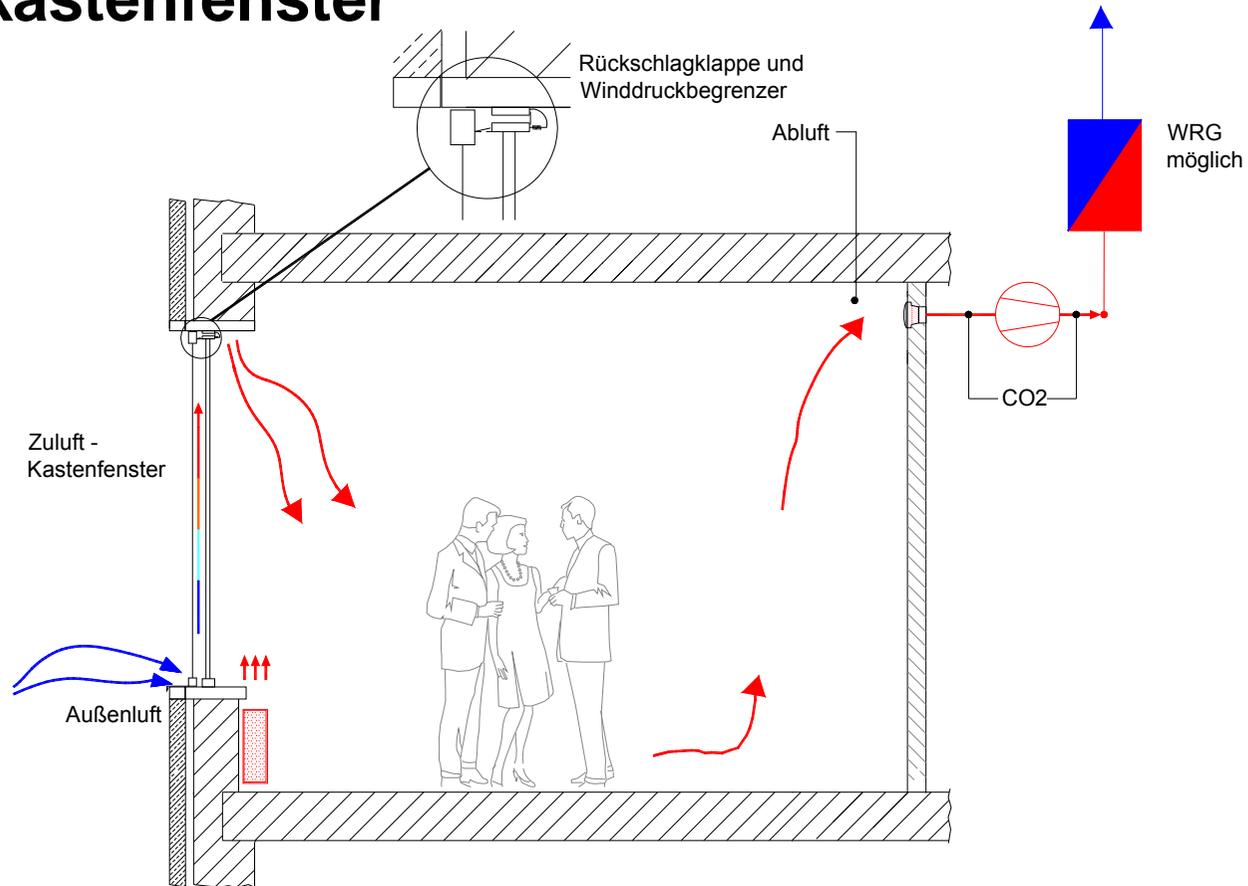


5,5 cm

$$U = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Innovative Systeme

Zuluftkastenfenster



Weiterentwickeln des Lüftungskonzeptes:
Zuluftführung über Zuluft-Kastenfenster + Bedarfsregelung

© Prof. Bolsius

Innovative Systeme

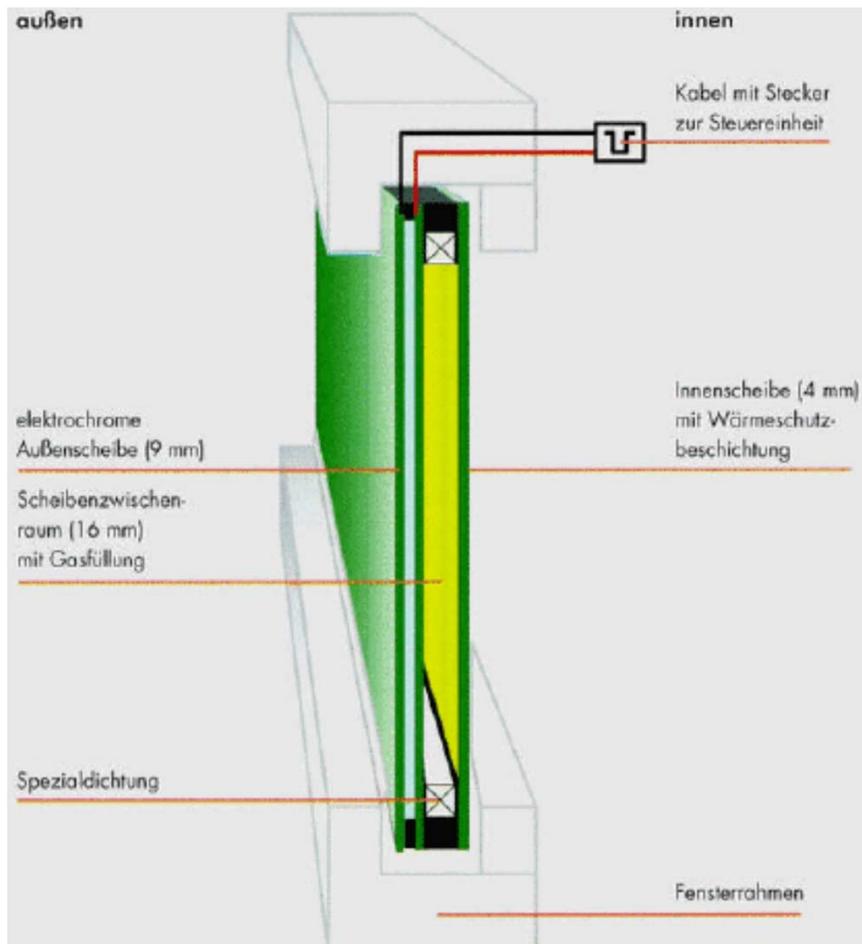
Effiziente Wärmeerzeugung



Gasabsorptionswärmepumpenanlage mit Nutzung von Erdwärme

Innovative Systeme

Elektrochrome 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung



Innenansicht im aktivierten Zustand

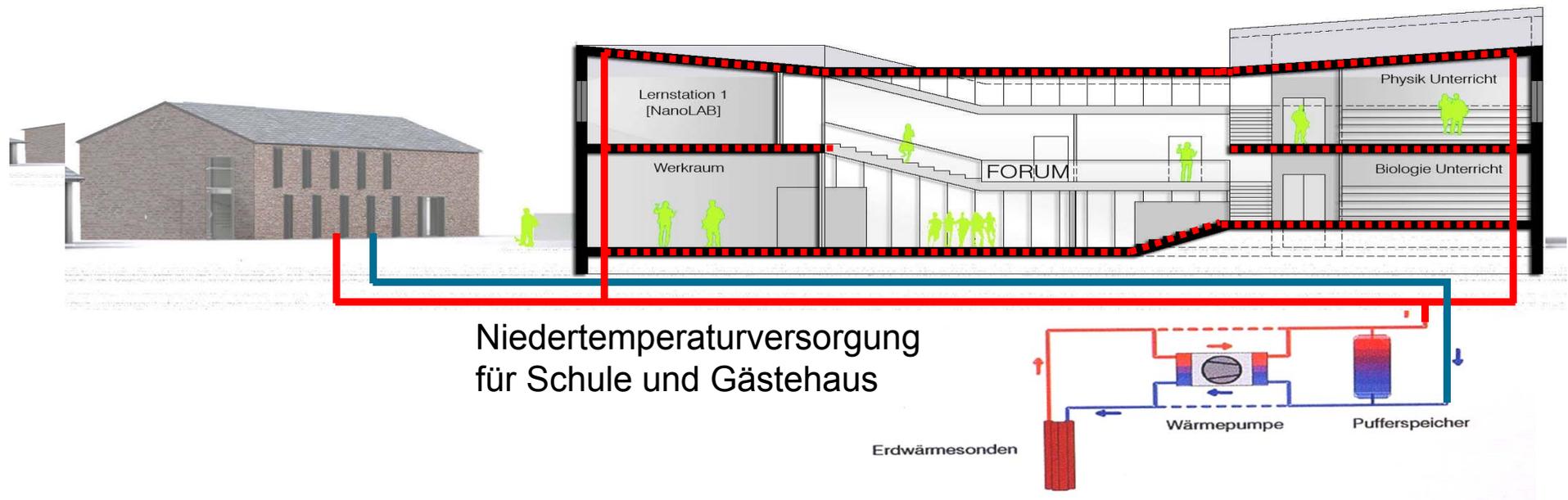


Innovative Systeme

Heliostaten



Wärmebereitstellung



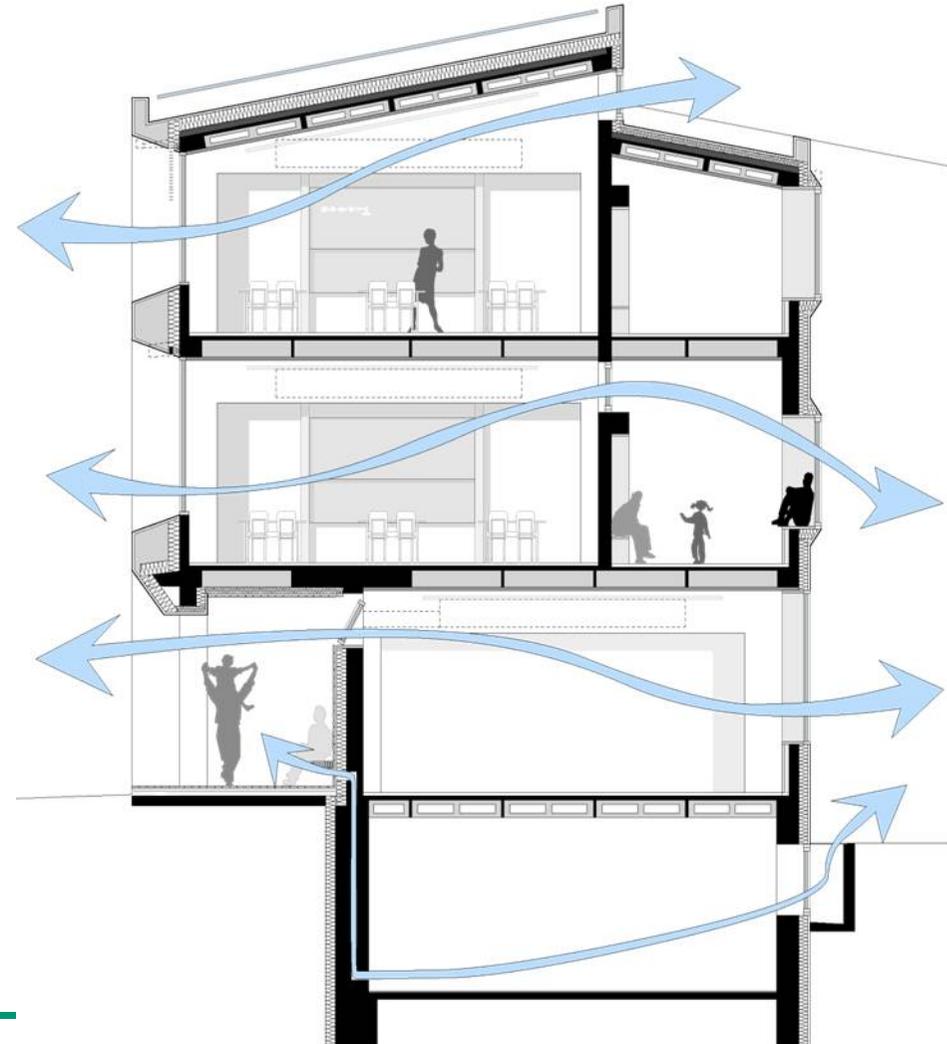
- Erdsonden liefern Wärme im Winter und Kälte im Sommer.
- Eine Wärmepumpe verbessert die Energieausnutzung und sorgt für niedrige Energiekosten für Kühlung und Heizung
- Im Sommer kann je nach Außentemperatur mit den Erdsonden direkt gekühlt werden.

Hybrides Belüftungssystem

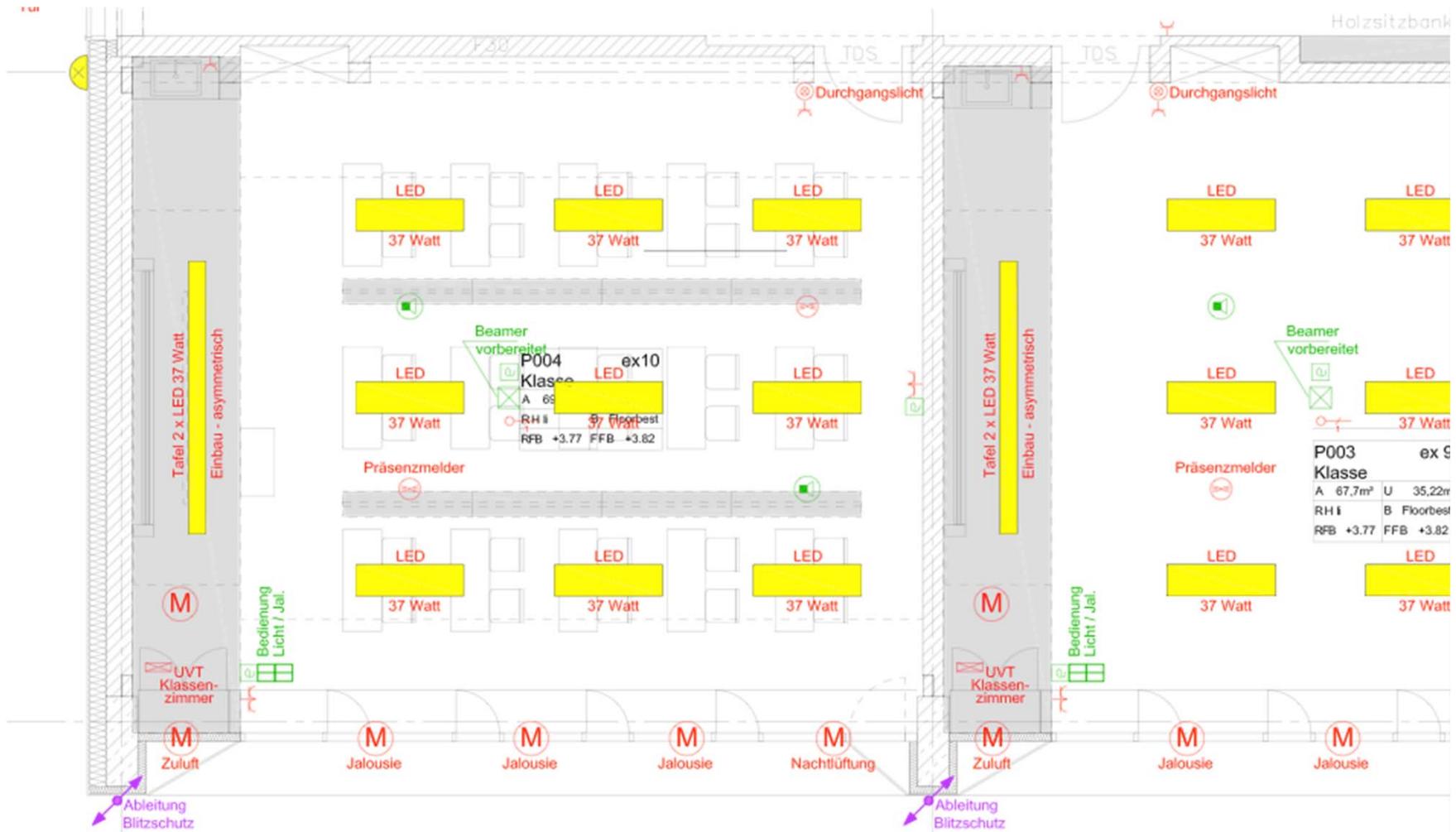
Dezentrale mechanische Belüftung



Fensterlüftung / Querdurchströmung



Beleuchtungskonzept - Klassenraum



PV-Anlage Südfassade

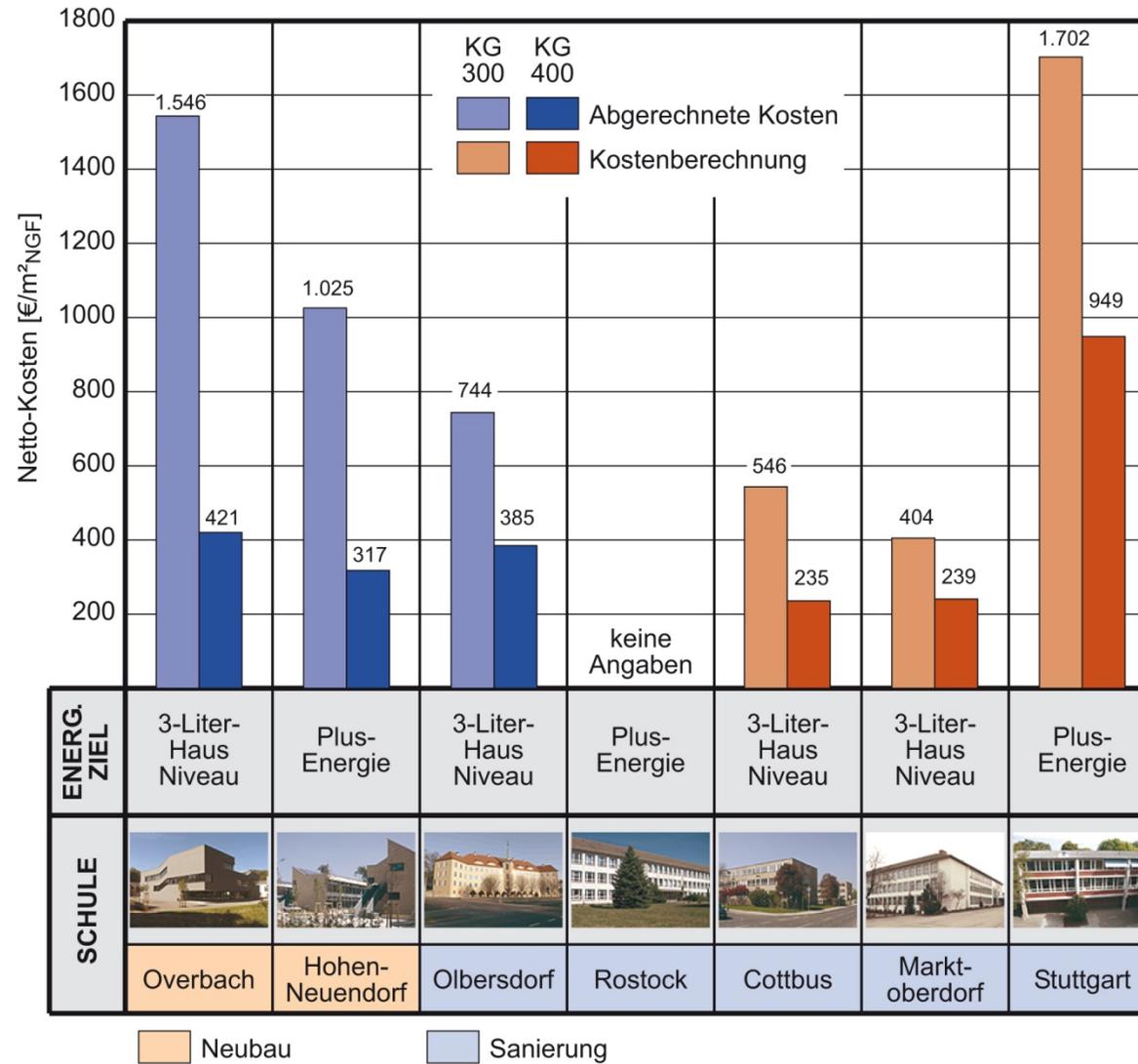


Südensicht



Nordansicht

Kosten, Kostengruppe 300 und 400





EnOB

Forschung für
Energieoptimiertes Bauen



Schule 2030 Lernen mit Energie

BMWi Preis Energieeffiziente Schule 2014

Querauswertung: Wärmeschutz

Innovative Komponenten		Neubau										Sanierung									
		N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
Wärmeschutz	Hochwertiger Wärmeschutz	•	•		•	•	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•			•
	3-fach-Wärmeschutzverglasung	•	•		•	•	•	•		•		•	•	•	•			•	•		•
	Sonnenschutzverglasung		•																		
	Außenliegender Sonnenschutz					•	•	•	•	•	•	•	•	•			•				•
	Sonnenschutz im Zwischenraum															•	•		•		
	Innenliegender Sonnenschutz																			•	
	Automatisierter mech. Sonnenschutz	•	•			•	•						•	•	•						•
	Tageslichtlenkung	•	•			•			•			•	•				•	•	•		
	Mikrosonnenschutzraster (miniaturisierte Reflektoreinlage)												•								

Querauswertung: Beleuchtung

Innovative Komponenten		Neubau										Sanierung										
		N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	
Beleuchtung	T5-Leuchtmittel		•							•	•			•	•	•		•		•		
	LED					•		•		•	•	•		•	•			•	•		•	
	Dimmbar		•		•		•		•	•	•	•	•		•			•				
	Tageslichtabhängige Steuerung		•			•	•	•		•	•	•	•	•	•		•		•	•		•
	Präsenzmelder		•		•	•	•	•	•	•		•	•	•		•		•	•		•	
	Lighttubes						•									•						

Querauswertung: Lüftung

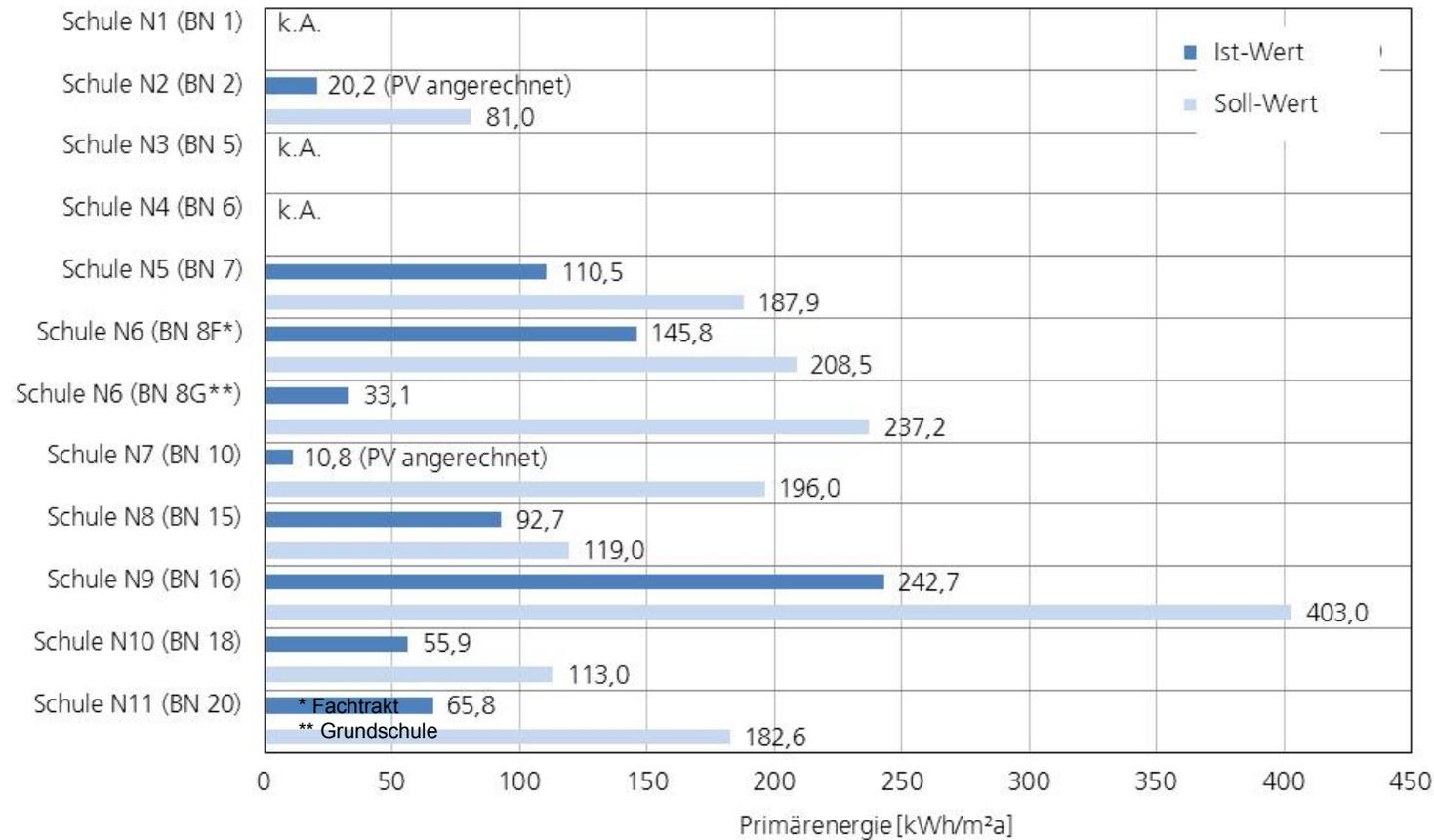
Innovative Komponenten		Neubau										Sanierung										
		N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	
Lüftung	Lüftungsanlage mit WRG (zentral)	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			•	•		
	Lüftungsanlage mit WRG (dezentral)														•				•		•	
	Feuchterückgewinnung						•									•			•	•		
	Zuluftkühlung durch adiabate Abluftbefeuchtung		•									•										
	Vorkonditionierung der Luft über Erdwärmetauscher / Thermolabyrinth				•					•						•						
	CO ₂ -Steuerung/Bedarfsgerechte Einzelraumregelung					•	•	•				•	•	•	•		•		•	•	•	
	Textile Luftverteilsysteme																•			•		
	Hybride Lüftung	•	•								•								•	•		•
	Natürliche Lüftung (Fenster)	•	•								•	•				•			•	•	•	•

Querauswertung: Energieversorgung

Innovative Komponenten		Neubau											Sanierung								
		N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
Energieversorgung	Aktive Kühlung							•				•									
	Passive Kühlung	•	•										•	•	•		•	•			
	Betonkerntemperierung		•									•									
	Mechanische Nachtlüftung	•					•		•	•				•	•						
	Natürliche Nachtlüftung	•											•					•	•		•
	Photovoltaik	•	•				•	•	•		•	•		•	•		•	•	•		•
	Stromspeicherung		•																		
	Solarthermie						•		•												
	Geothermie		•													•					
	Grundwasser												•								
	Luft																				•
	Windanlage															•	•				
	Biogas															•					
	Bioethanol						•														
	Biomasse																				
	Windkraft																		•		
	Fernwärme	•				•											•			•	
	Nahwärme							•													
	BHKW			•			•		•			•		•	•						
	Pelletanlage						•					•								•	
	Rohrbündel-Absorber													•							
	Deckenstrahlheizung																•		•		•
	Wandflächenheizung																	•			
	Fensterkontaktüberwachung					•						•	•								
	Eisspeicher														•						
	Hochtemperatur-Tiefenspeicher																•				
Dezentrale Warmwasserbereitung					•																
Gebäudeleittechnik							•	•	•				•					•	•	•	

Querauswertung

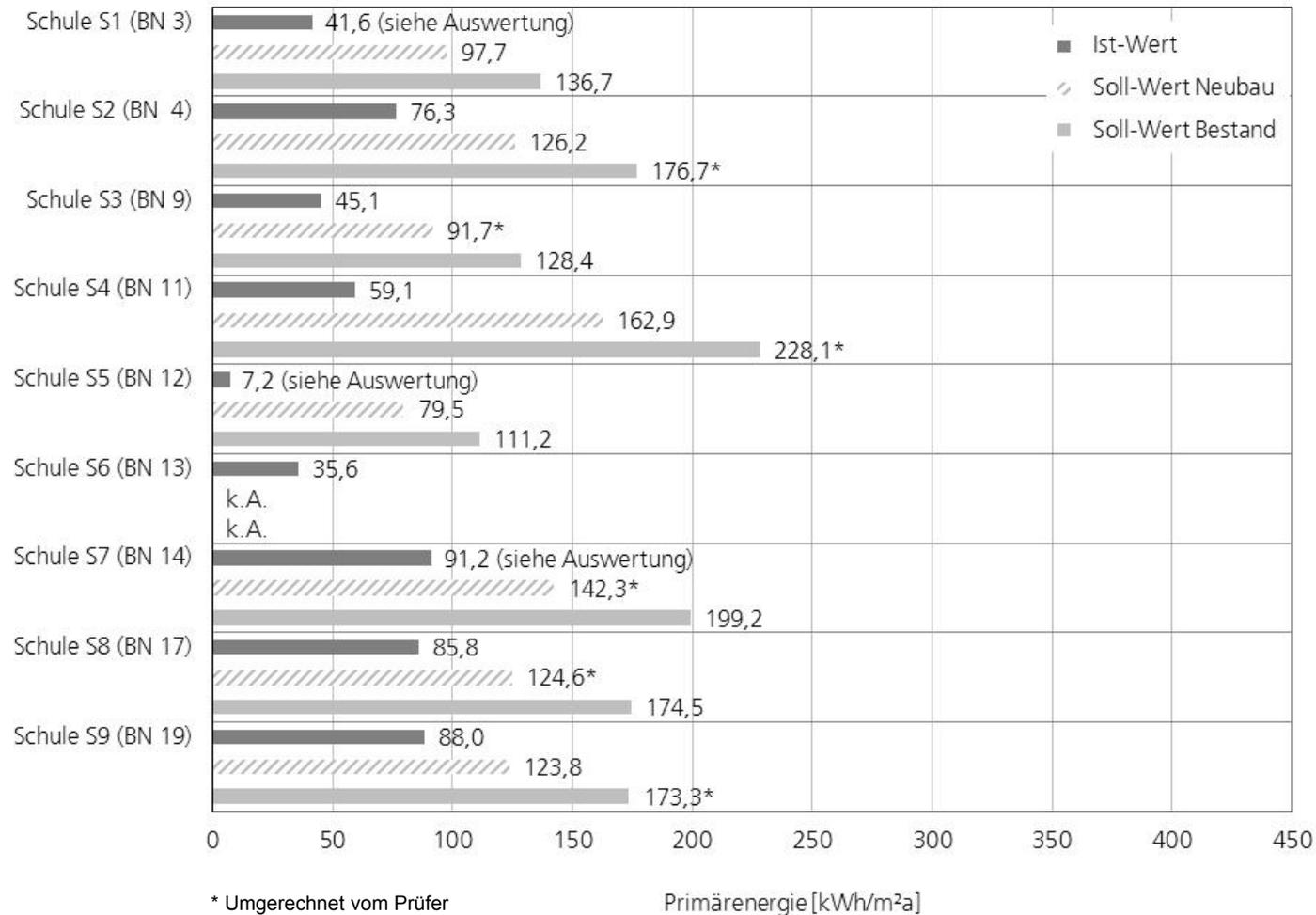
Primärenergiebedarf - Neubau [kWh/m²a]



Durchschnitt:
90 kWh/m²a

Querauswertung

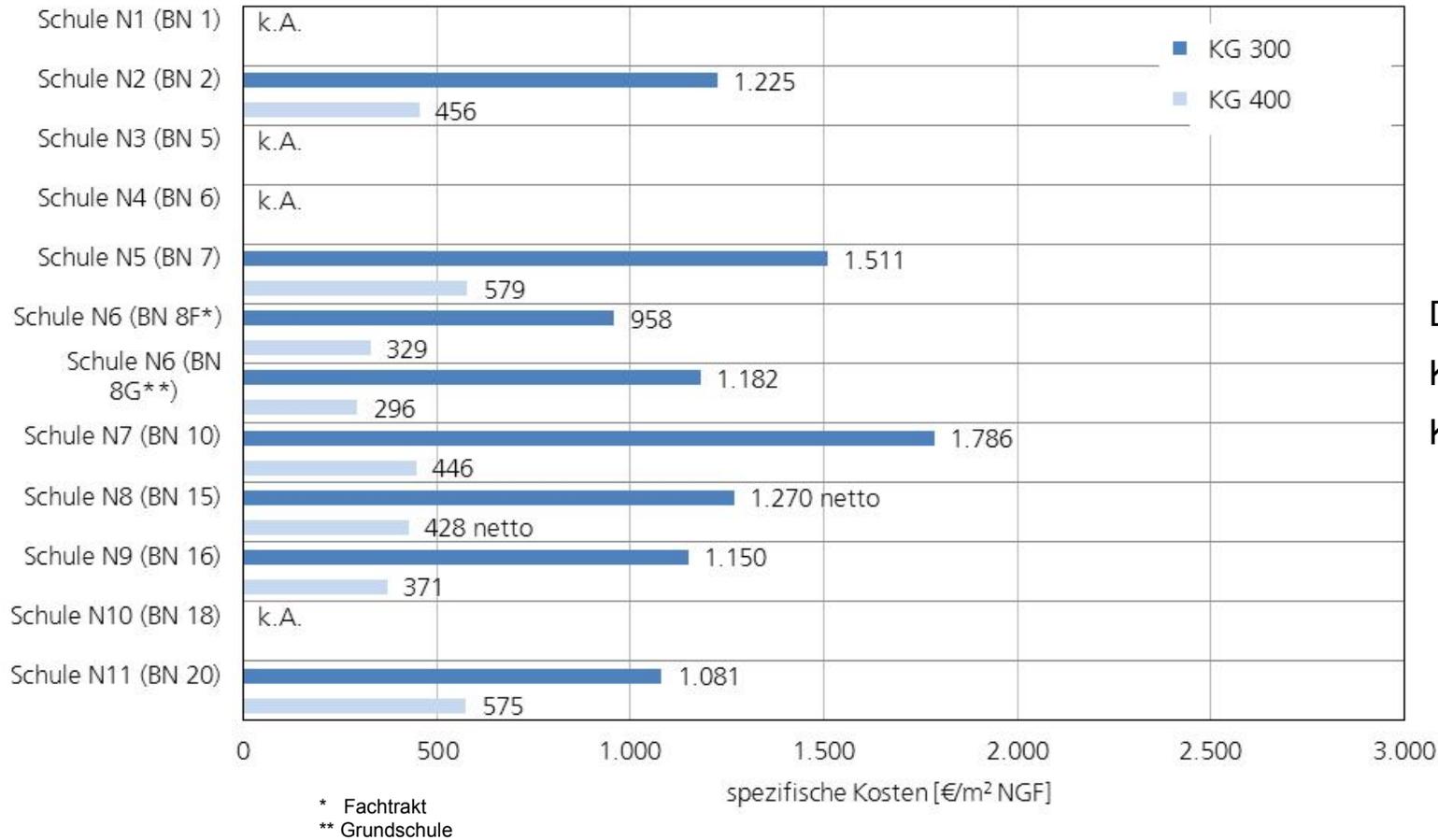
Primärenergiebedarf - Sanierung [kWh/m²a]



Durchschnitt:
55 kWh/m²a

Querauswertung

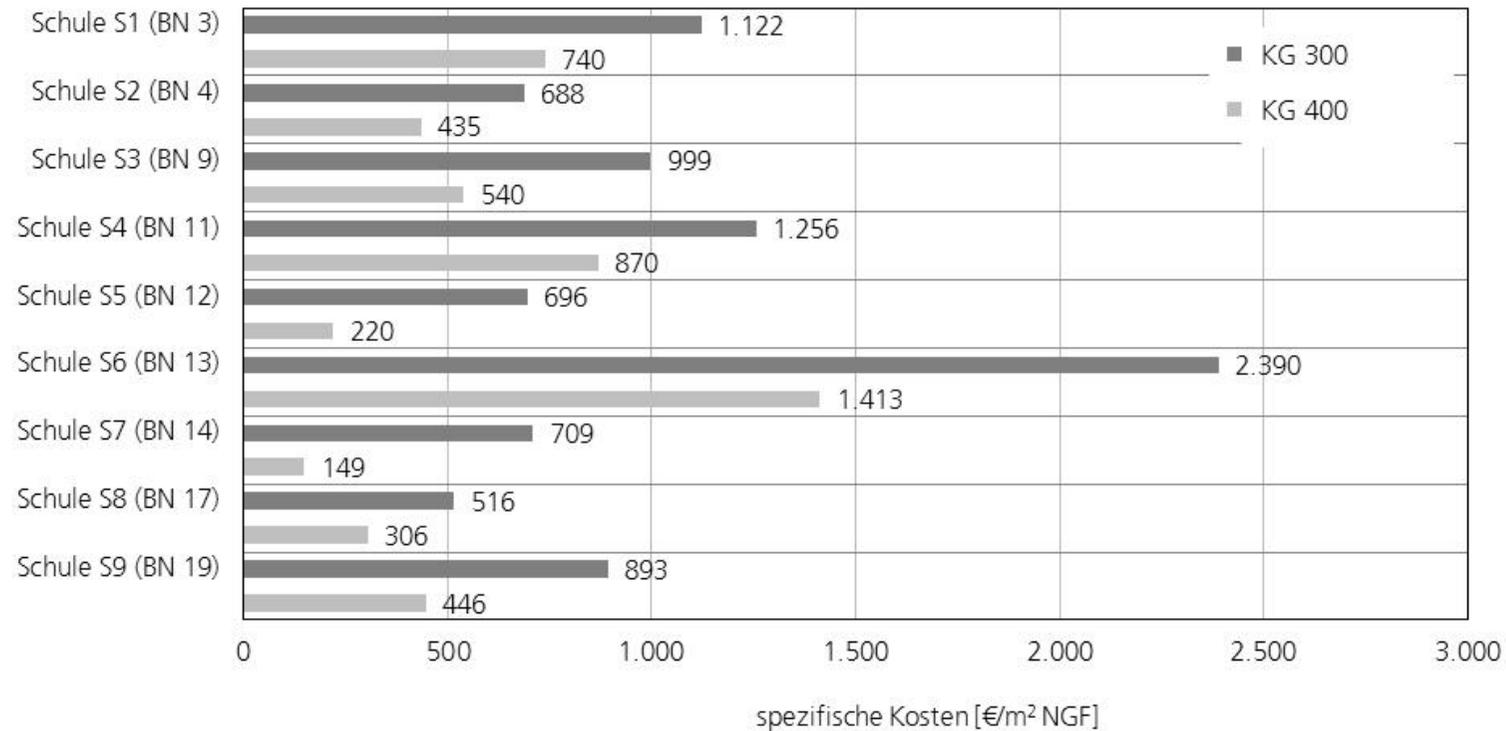
Spezifische Kosten - Neubau [€/m² NGF]



Durchschnitt
 KG 300: 1250 €/m²
 KG 400: 420 €/m²

Querauswertung

Spezifische Kosten - Sanierung [€/m² NGF]



Durchschnitt
KG 300: 1050 €/m²
KG 400: 420 €/m²