
10 Jahre energetische Schulforschung

Resümee

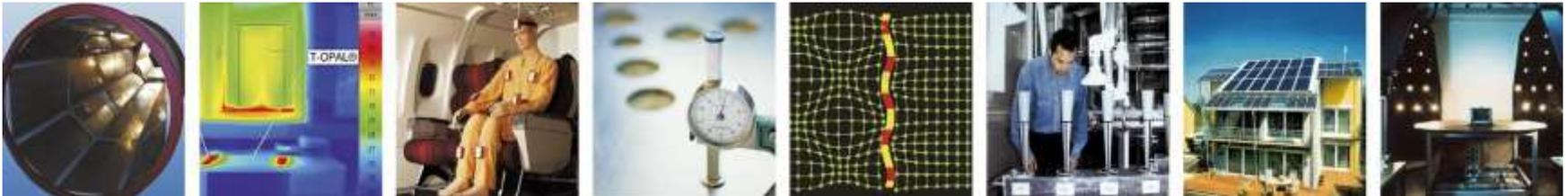
Gefördert durch:



Hans Erhorn/Johann Reiß
Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP)

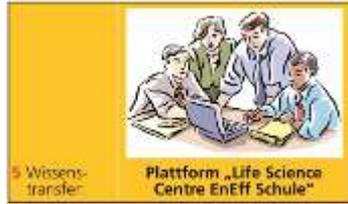
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Auf Wissen bauen



Idee 2005

Realität 2017





Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

● Plusenergie-Schulen ● 3-Liter-Haus-Schulen



Drei-Libei-Haus-Schule
Cottbus



Drei-Libei-Haus-Schule
Obersdorf



Drei-Libei-Haus-Schule
Marktberdorf



Drei-Libei-Haus-Schule
Overbach



Plusenergieschule
Deilmold



Plusenergieschule
Halle



Plusenergieschule
Rostock



Plusenergieschule
Hohen-Neuendorf



Plusenergieschule
Neumarkt



Plusenergieschule
Höhenkirchen



Plusenergieschule
Lohr



Plusenergieschule
Stuttgart

7 Sanierungen

- 4 Plusenergieschulen
- 3 Drei-Liter-Haus-Schulen

5 Neubauten

- 4 Plusenergieschulen
- 1 Drei-Liter-Haus-Schule

	Schulstandort	Schulart	Baujahr	Sanierungszeitraum	Beheizte Netto-grundfläche [m²]	Ener-getisches Ziel
SANIERUNG	Oibersdorf 	Förderschule	1927/28	2009 - 2011	4.439	3-Liter-Haus-Schule
	Rostock 	Gymnasium	1960/61	2009 - 2015	4.140	Plusenergie-Schule
	Cottbus 	Gymnasium	1974	2010 - 2012	8.048	3-Liter-Haus-Schule
	Marktberdorf 	Gymnasium	1962/ 1980/1981	2011 - 2013	12.576	3-Liter-Haus-Schule
	Stuttgart 	Grund- und Hauptschule	1954	2012 - 2016	2.774	Plusenergie-Schule
	Detmold 	Berufsschule	1954 - 1962	2014 - 2016	10.016	Plusenergie-Schule
	Lohr 	Schul- und Sportzentrum	1970	2013 - 2017	18.162	Plusenergie-Schule
NEUBAU	Overbach 	Scienc College	2009	-	1.860	3-Liter-Haus-Schule
	Hohen Neuendorf 	Grundschule	2011	-	4.645	Plusenergie-Schule
	Halle 	Grundschule/ Hort	2013	-	2.757	Plusenergie-Schule
	Höhenkirchen 	Kindertagesstätte	2013	-	1.286	Plusenergie-Schule
	Neumarkt 	Gymnasium	2015	-	15.587	Plusenergie-Schule

Innovative Komponenten

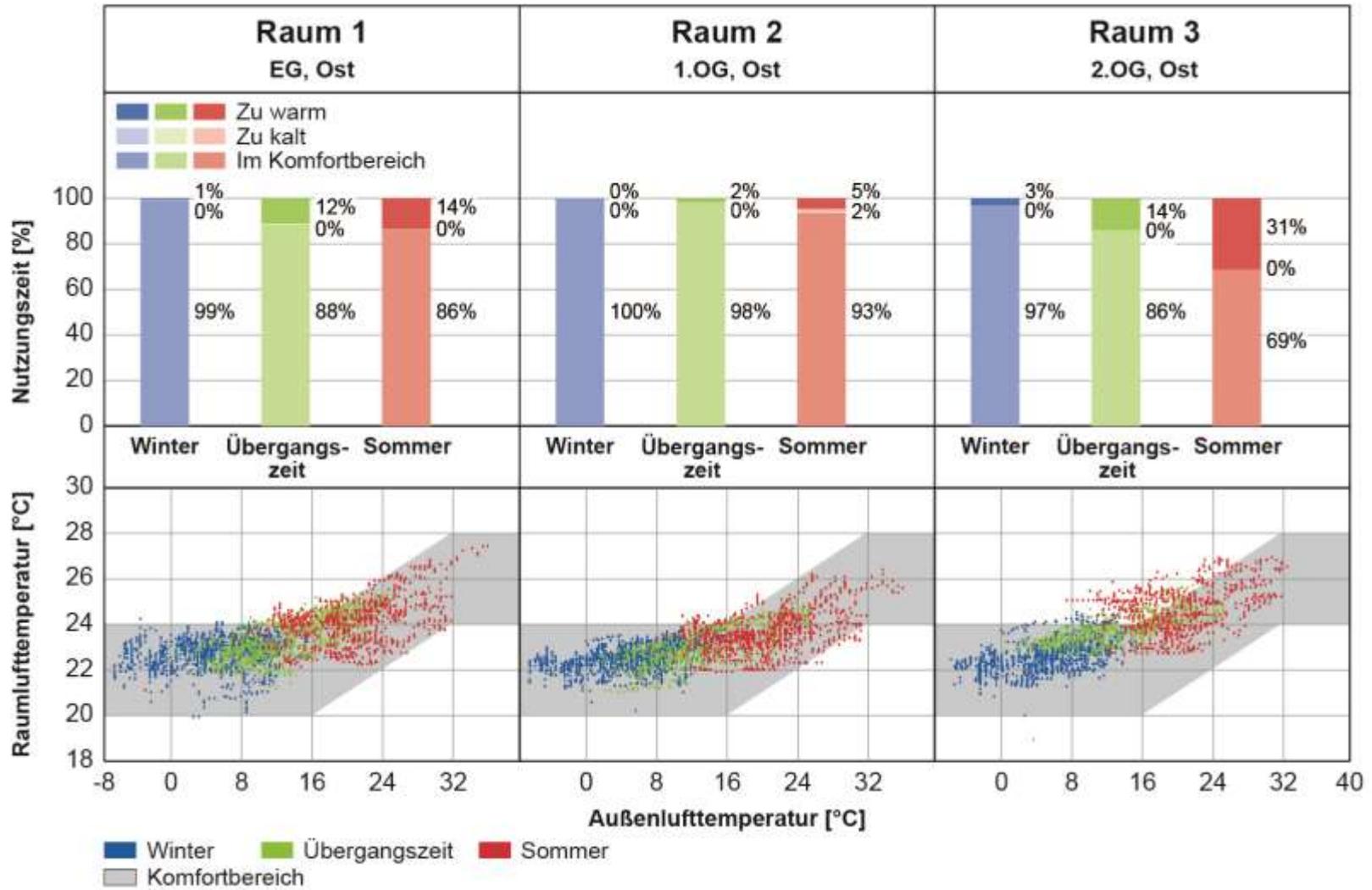
Innovative Komponenten		SANIERUNG						NEUBAU					
		Stuttgart	Obersdorf	Delmold	Lohr	Cottbus	Marktberndorf	Rostock	Höhenkirchen-Siegertsbrunn	Halle	Hohen Neuendorf	Overbach	Neumarkt
BAU	Hochwertiger Wärmeschutz	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	3-fach Wärmeschutzverglasung	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●
	Elektrochrome Verglasung		●							●	●		
	Automatisierter Sonnenschutz	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Tageslichtlenkung	●	●			●		●	●		●	●	
	Phasenwechselmaterialien					●		●	●				
	Nachlüftung passiv	●						●			●		
	Nachlüftung aktiv			●		●	●		●				●
ANLAGE	Passive Kühlung	●	●		●	●			●		●	●	●
	Lüftungsanlage mit WRG	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Abluftanlage		●										
	Gebäudeleittechnik	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	LED-Beleuchtung	●		●	●			●					●
ENERGIEVERSORGUNG	Stromspeicher								●				●
	Photovoltaik	●		●	●	●	●	●	●	●			●
	Solarthermie				●	●	●	●	●				
	Geothermie	●	●		●	●		●	●		●	●	●
	Biogas						●						
	Biomasse									●			
	Windkraft							●	●				
Fernwärme			●		●	●	●	●	●				

Beispiel: 3-Liter-Haus-Schule Cottbus



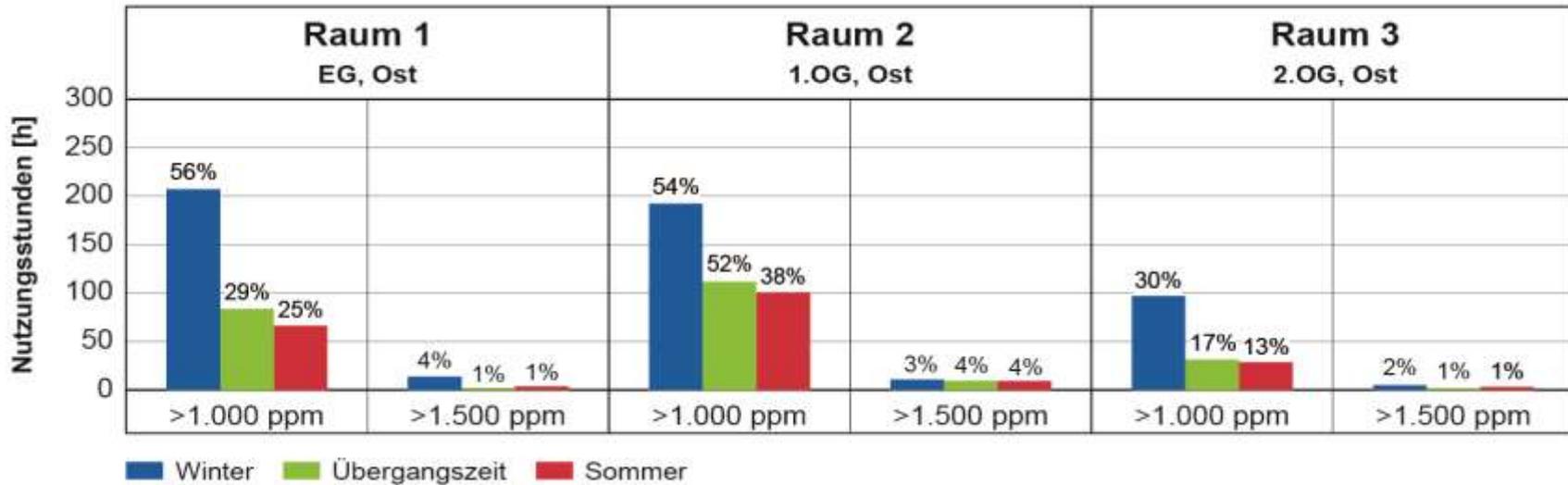
3-Liter-Haus-Schule Cottbus

Raumlufttemperaturen



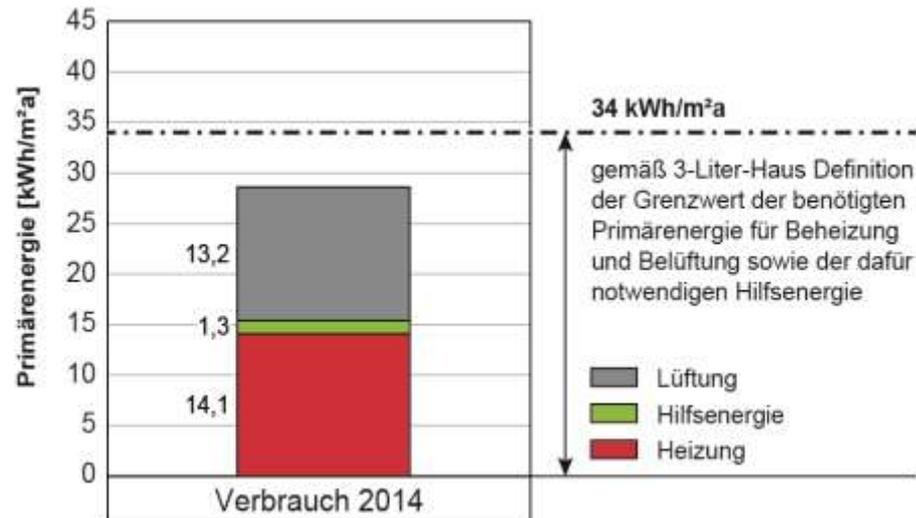
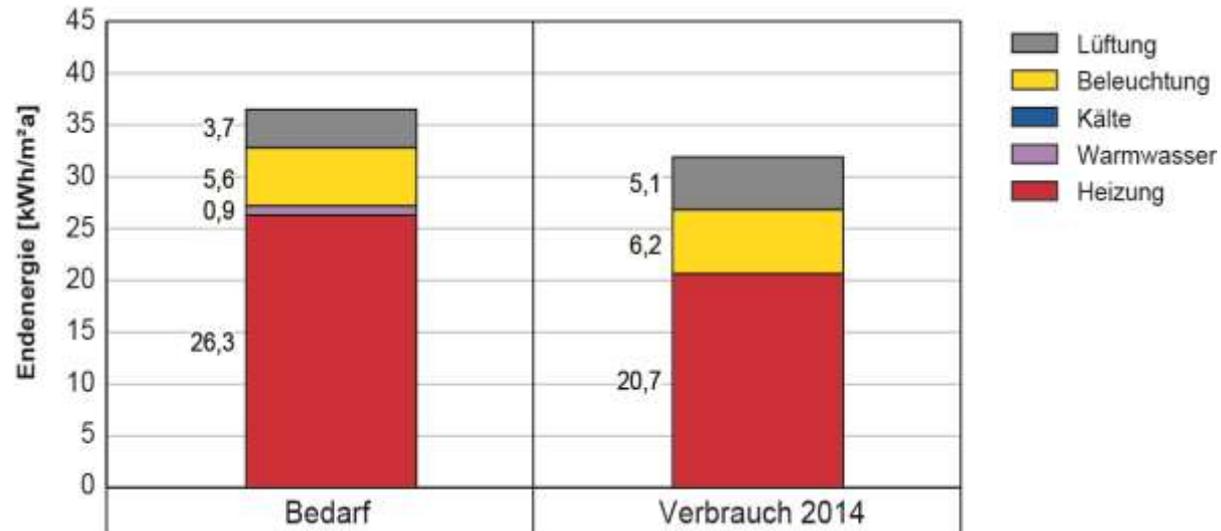
3-Liter-Haus-Schule Cottbus

Raumluftqualität

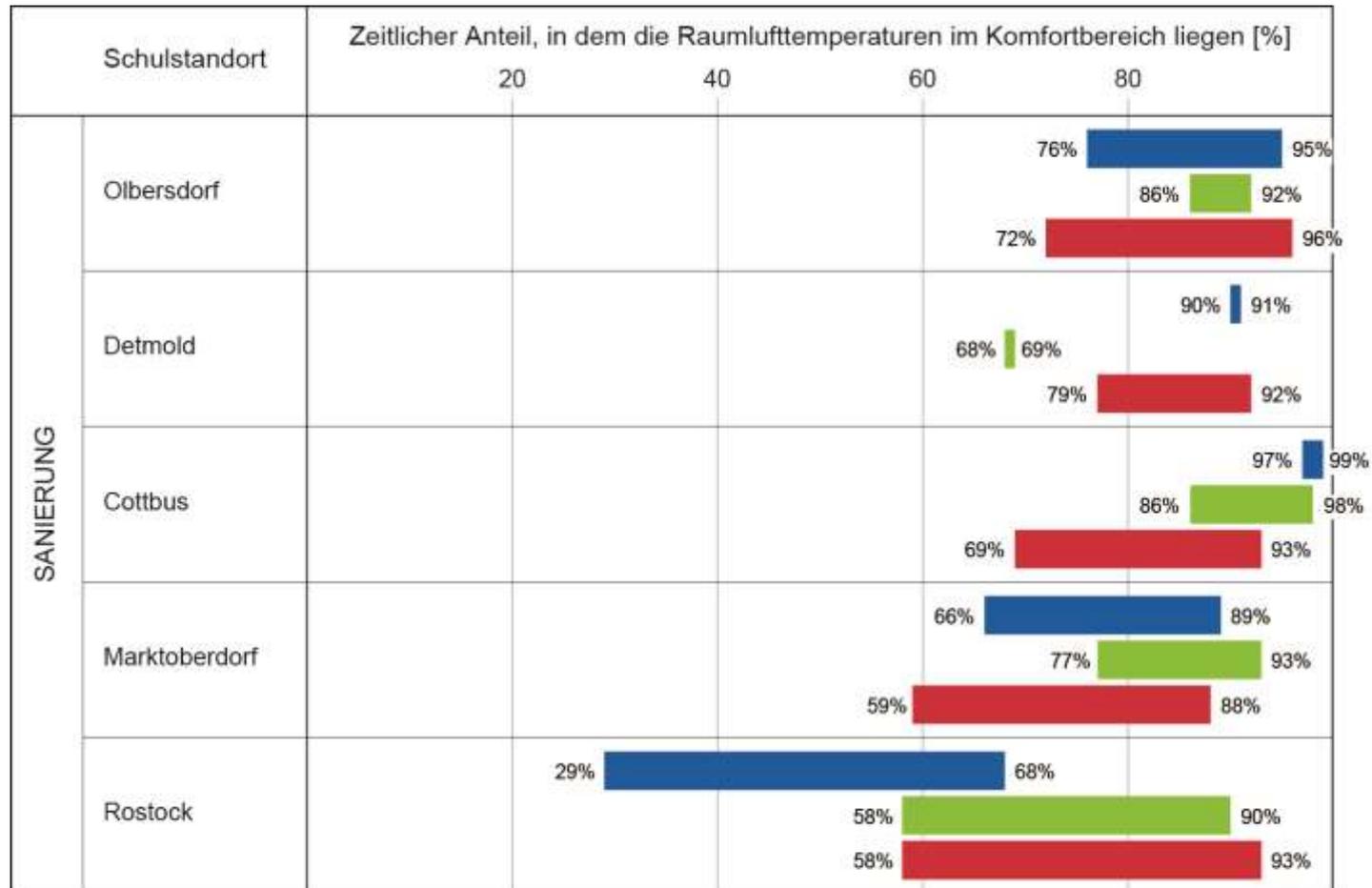


3-Liter-Haus-Schule Cottbus

Endenergiebedarf / Endenergieverbrauch



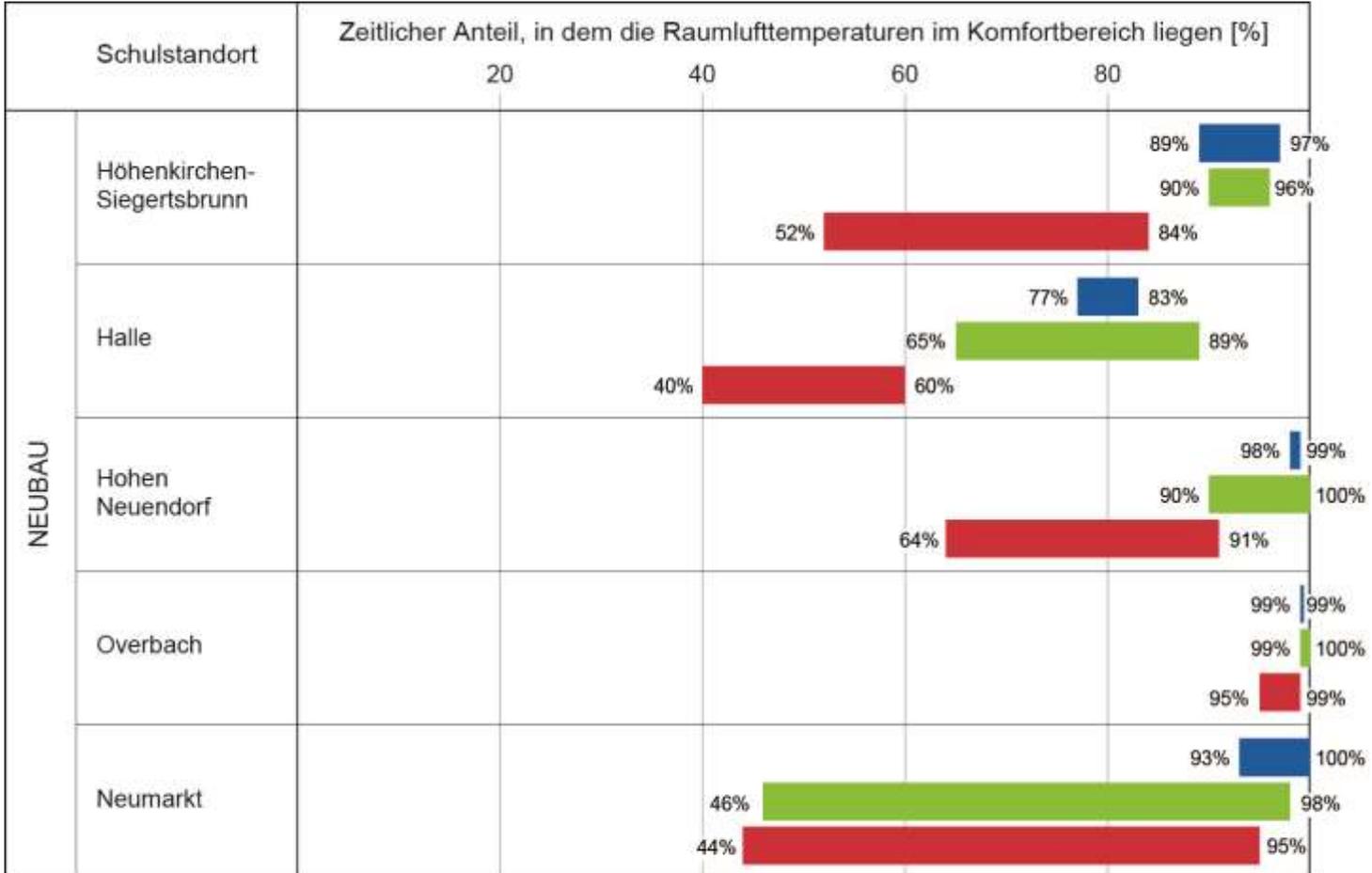
Querauswertung Raumlufttemperaturen - Sanierung



In diesem Spektrum liegen die untersuchten Räume:

- im Winter
- in der Übergangszeit
- im Sommer

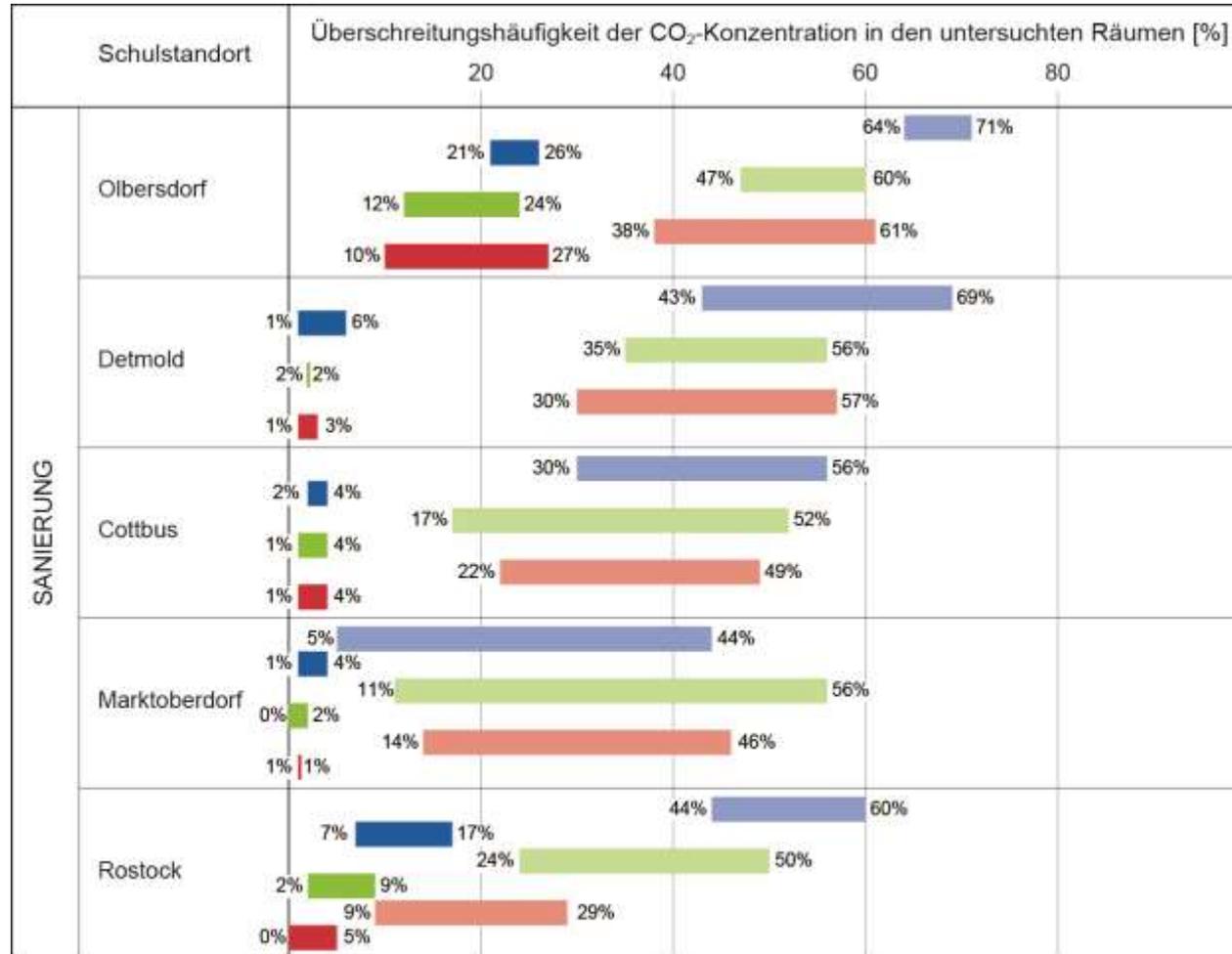
Querauswertung Raumlufttemperaturen - Neubau



In diesem Spektrum liegen die untersuchten Räume:

- im Winter
- in der Übergangszeit
- im Sommer

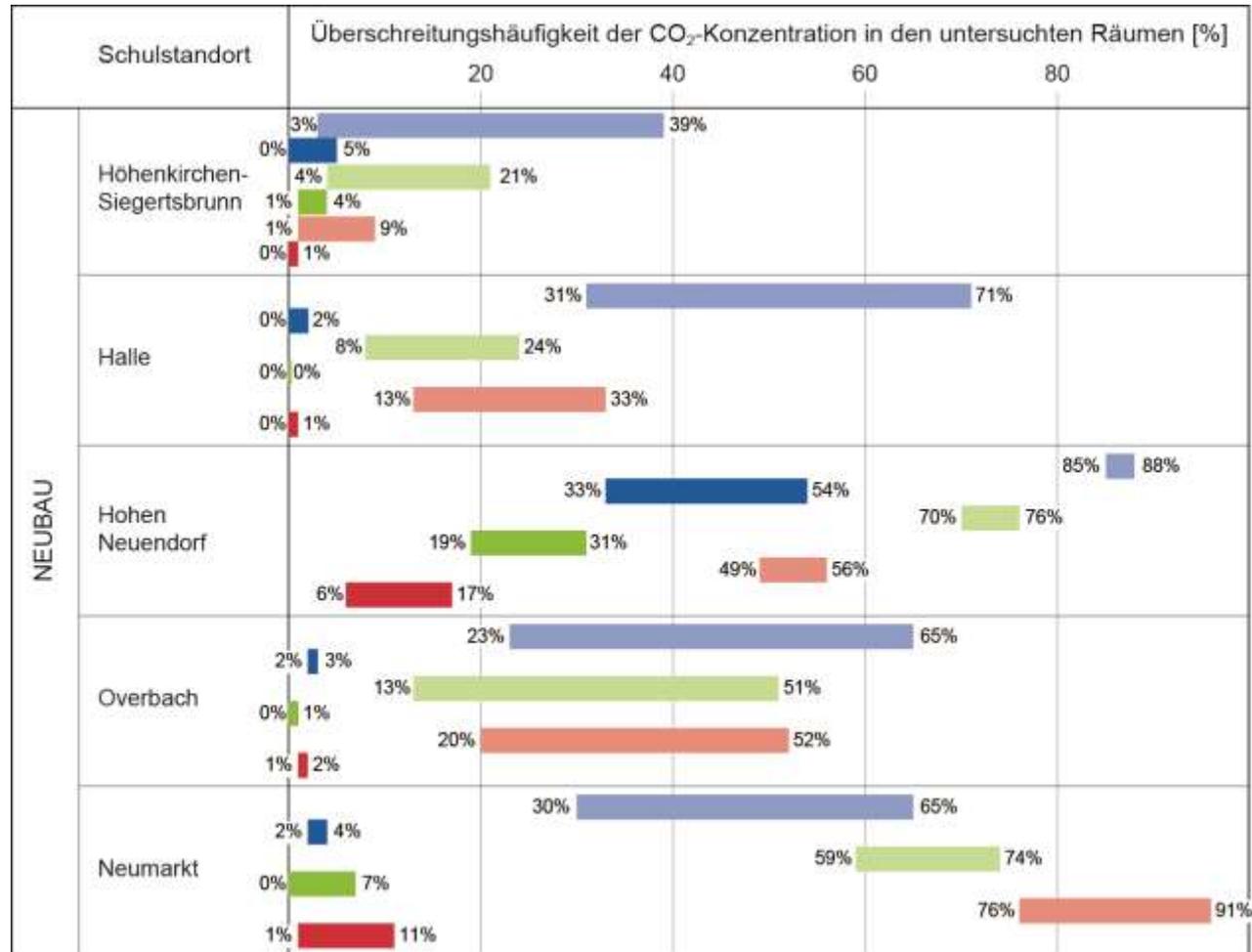
Querauswertung Raumluftqualität - Sanierung



In diesem Spektrum liegen die untersuchten Räume:
 ≥1.000 ppm ≥1.500 ppm



Querauswertung Raumluftqualität - Neubau



In diesem Spektrum liegen die untersuchten Räume:

≥1.000 ppm

≥1.500 ppm

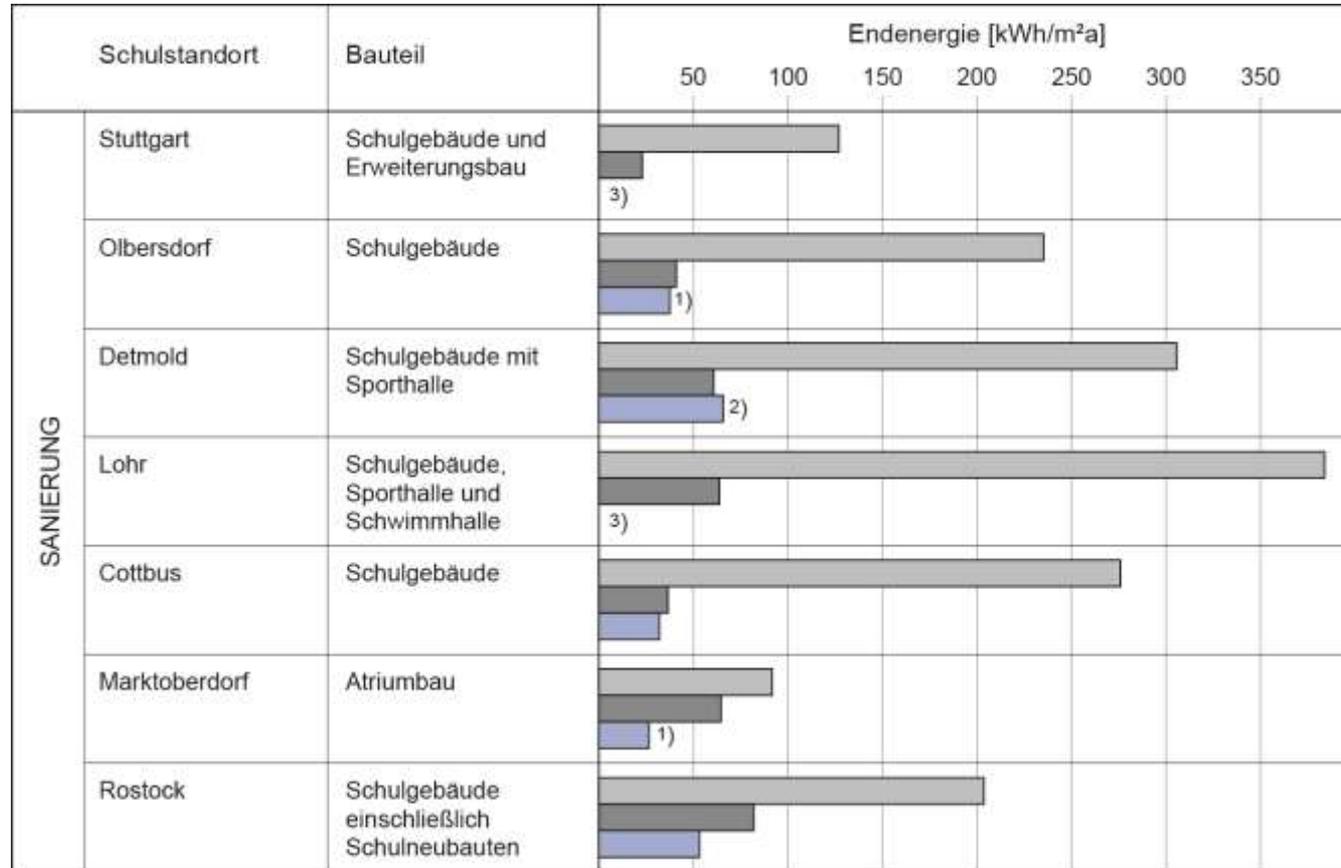


im Winter

in der Übergangszeit

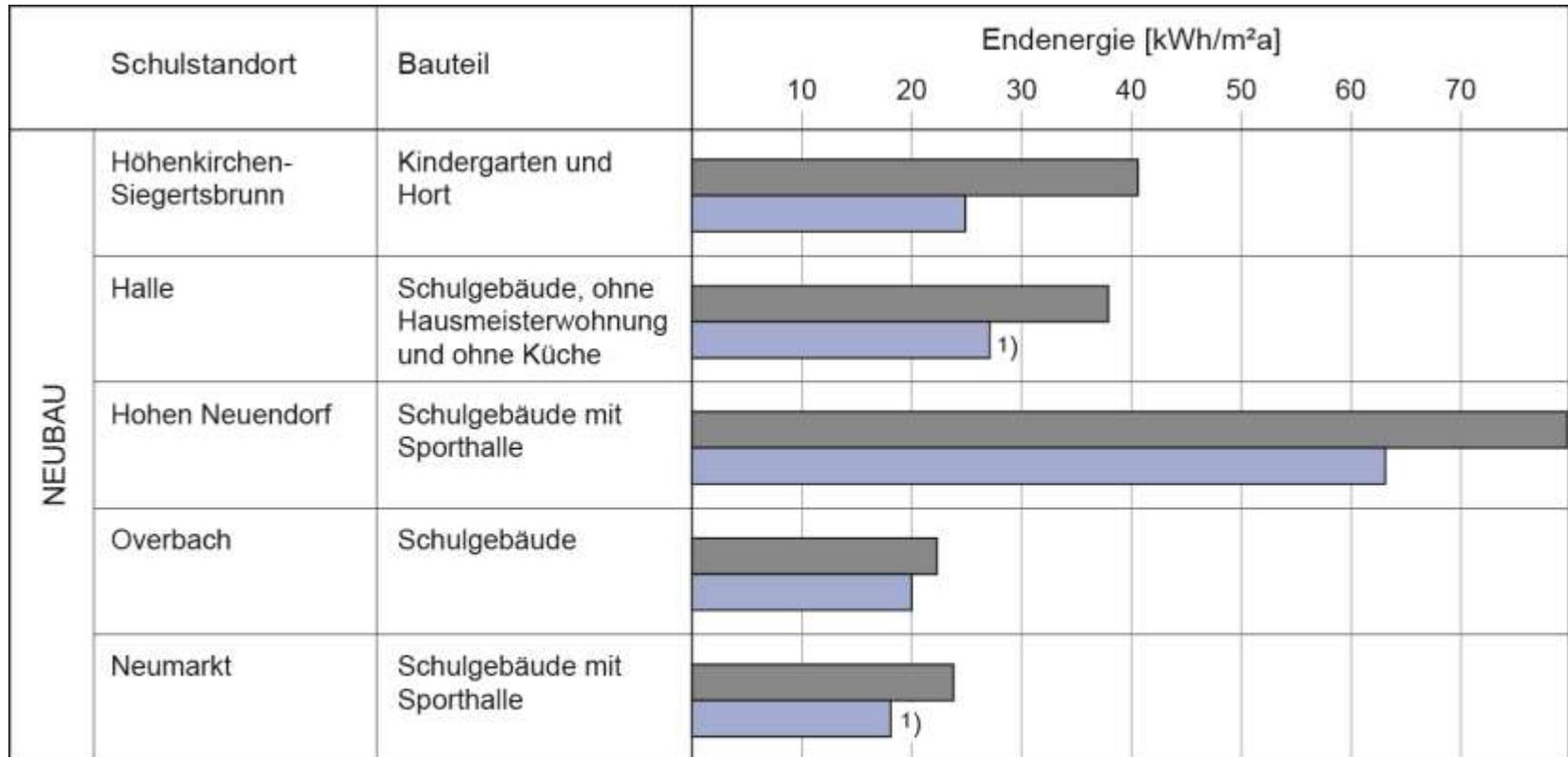
im Sommer

Querauswertung Endenergie - Sanierung



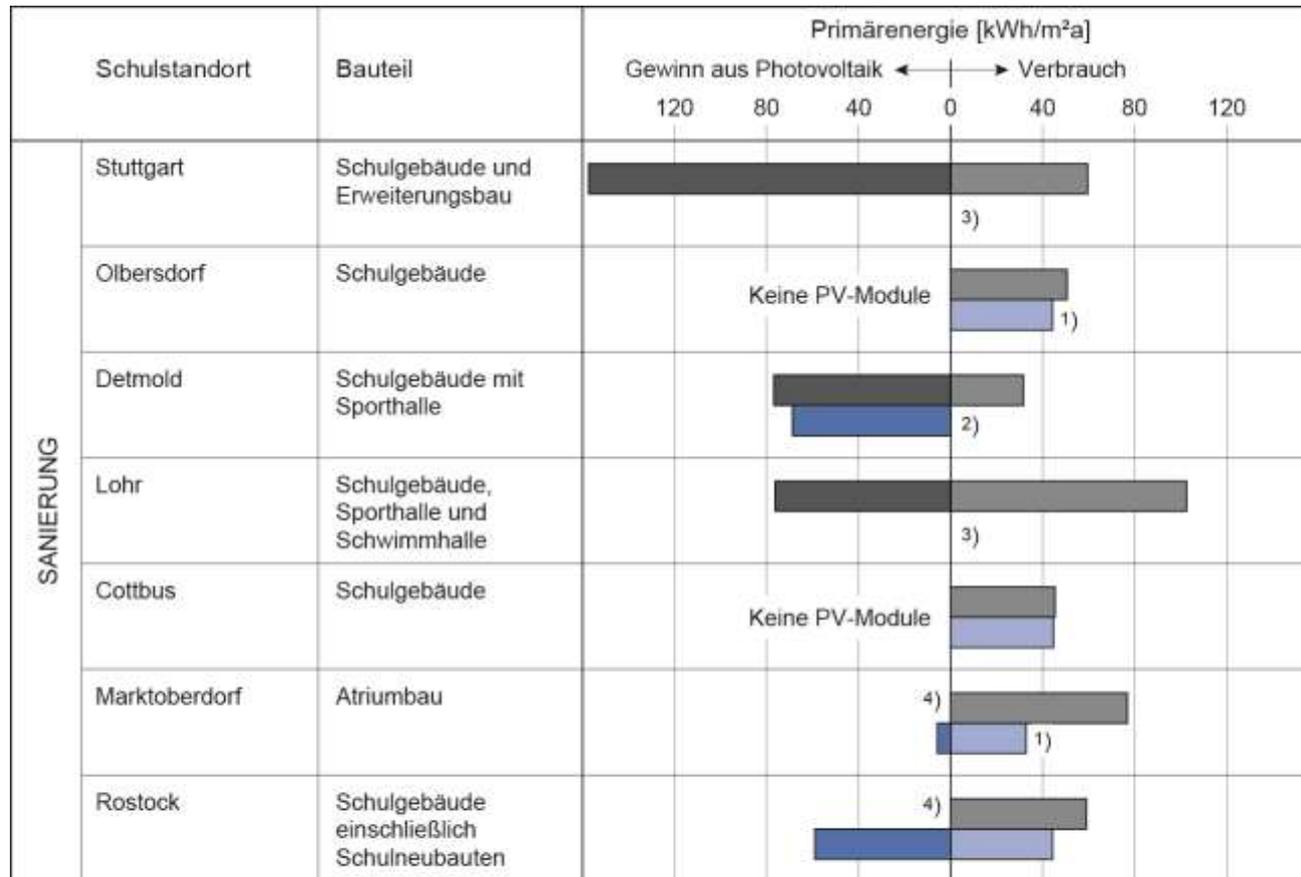
- Berechneter Bedarf vor Sanierung
- Berechneter Bedarf nach Sanierung
- Gemessener Verbrauch nach Sanierung
- 1) Ohne Beleuchtung und ohne Trinkwarmwassererwärmung
- 2) Nur Heizung und TWW, ohne Hilfsenergie
- 3) Noch keine Messwerte vorhanden

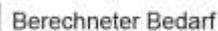
Querauswertung Endenergie - Neubau



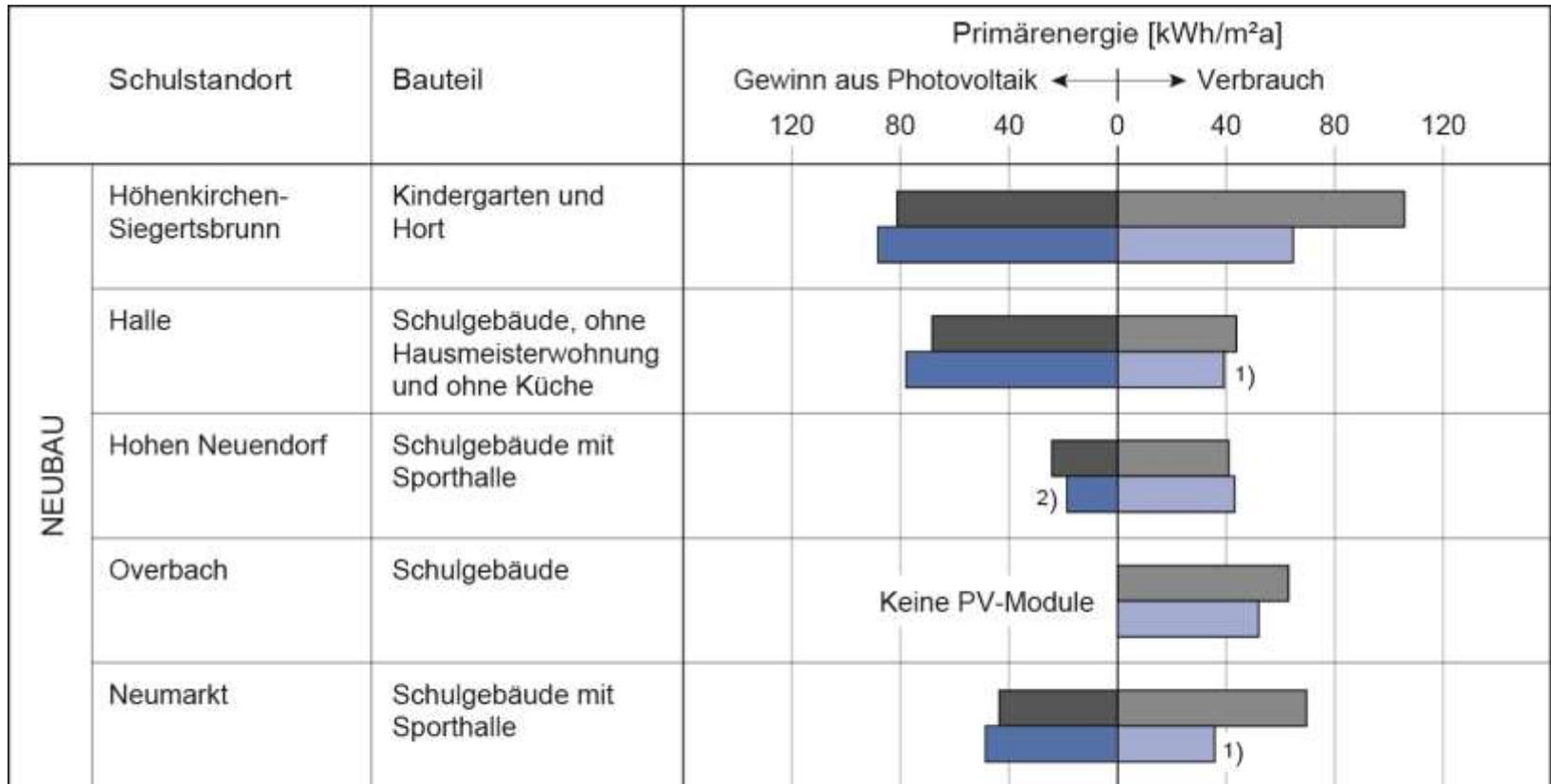
 Berechneter Bedarf
 Gemessener Verbrauch
 1) Ohne Beleuchtung

Querauswertung Primärenergie - Sanierung



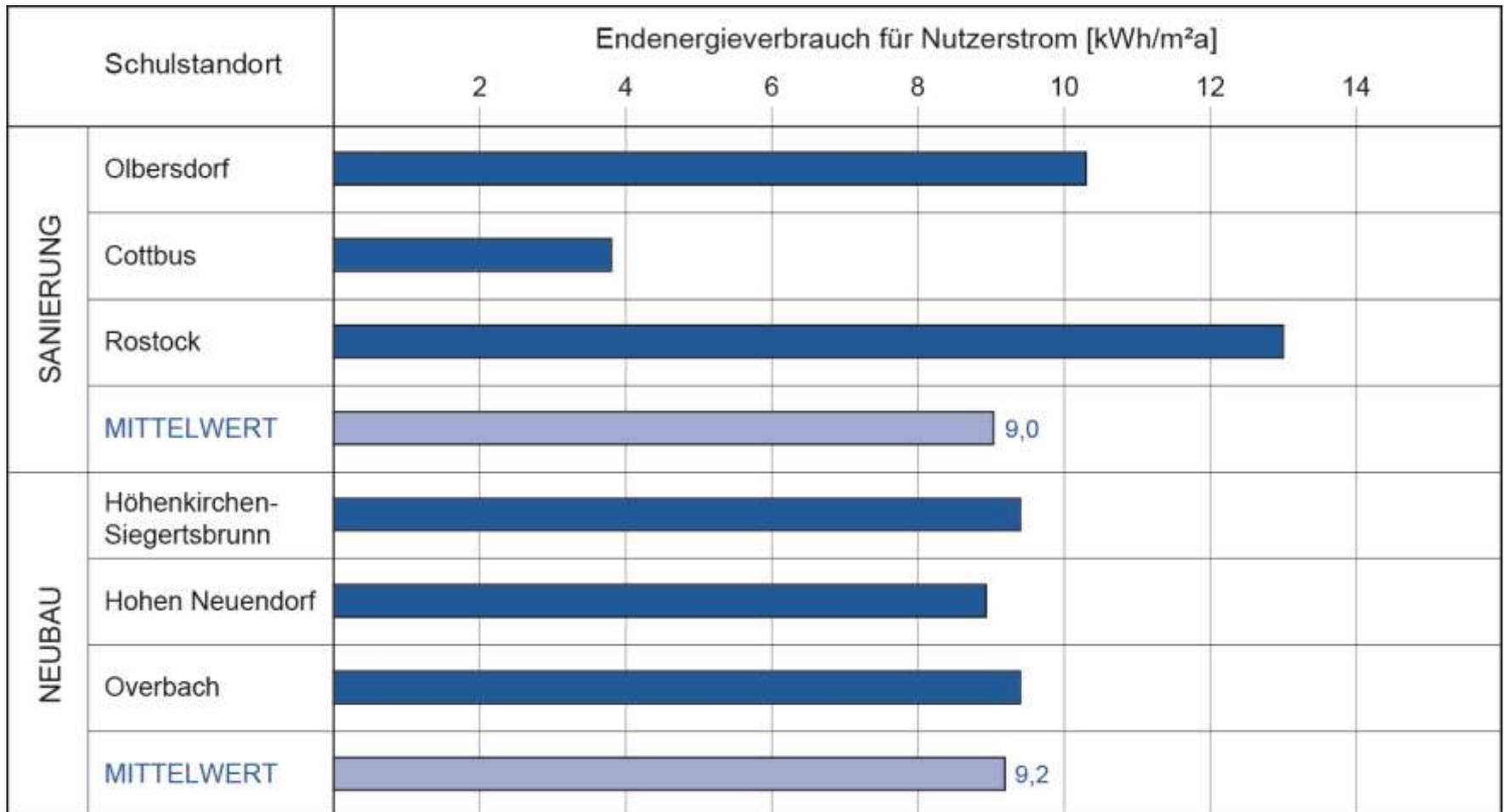
- Berechneter Gewinn  Berechneter Bedarf 
 Gemessener Gewinn  Gemessener Verbrauch 
 1) Ohne Beleuchtung und ohne Trinkwarmwassererwärmung
 2) Nur Heizung und TWW, ohne Hilfsenergie
 3) Noch keine Messwerte vorhanden
 4) Keine Berechnungsergebnisse vorhanden

Querauswertung Primärenergie - Neubau

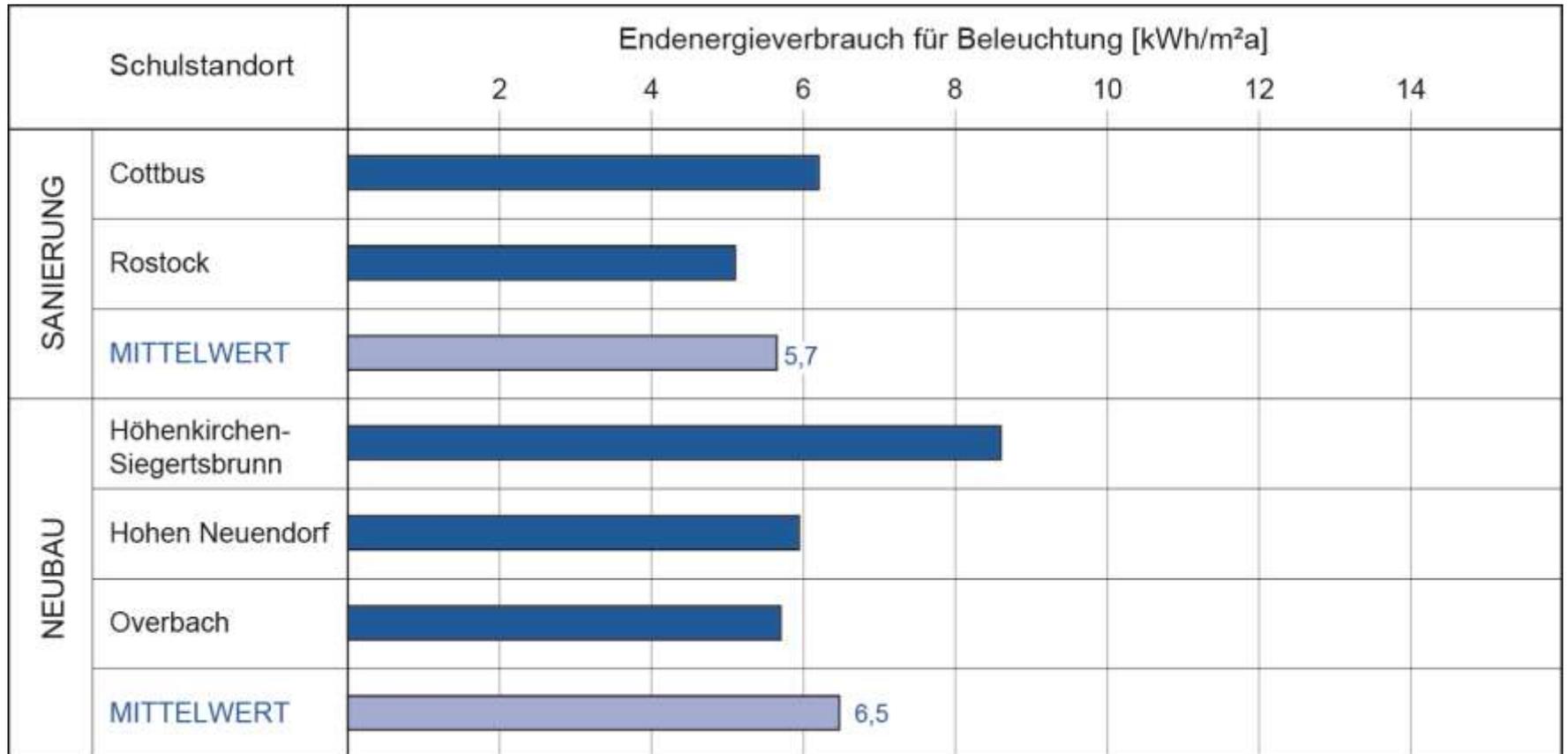


- Berechneter Gewinn  Berechneter Bedarf 
 Gemessener Gewinn  Gemessener Verbrauch 
 1) Ohne Beleuchtung
 2) Geplantes Biomasse-BHKW kam nicht zum Einsatz

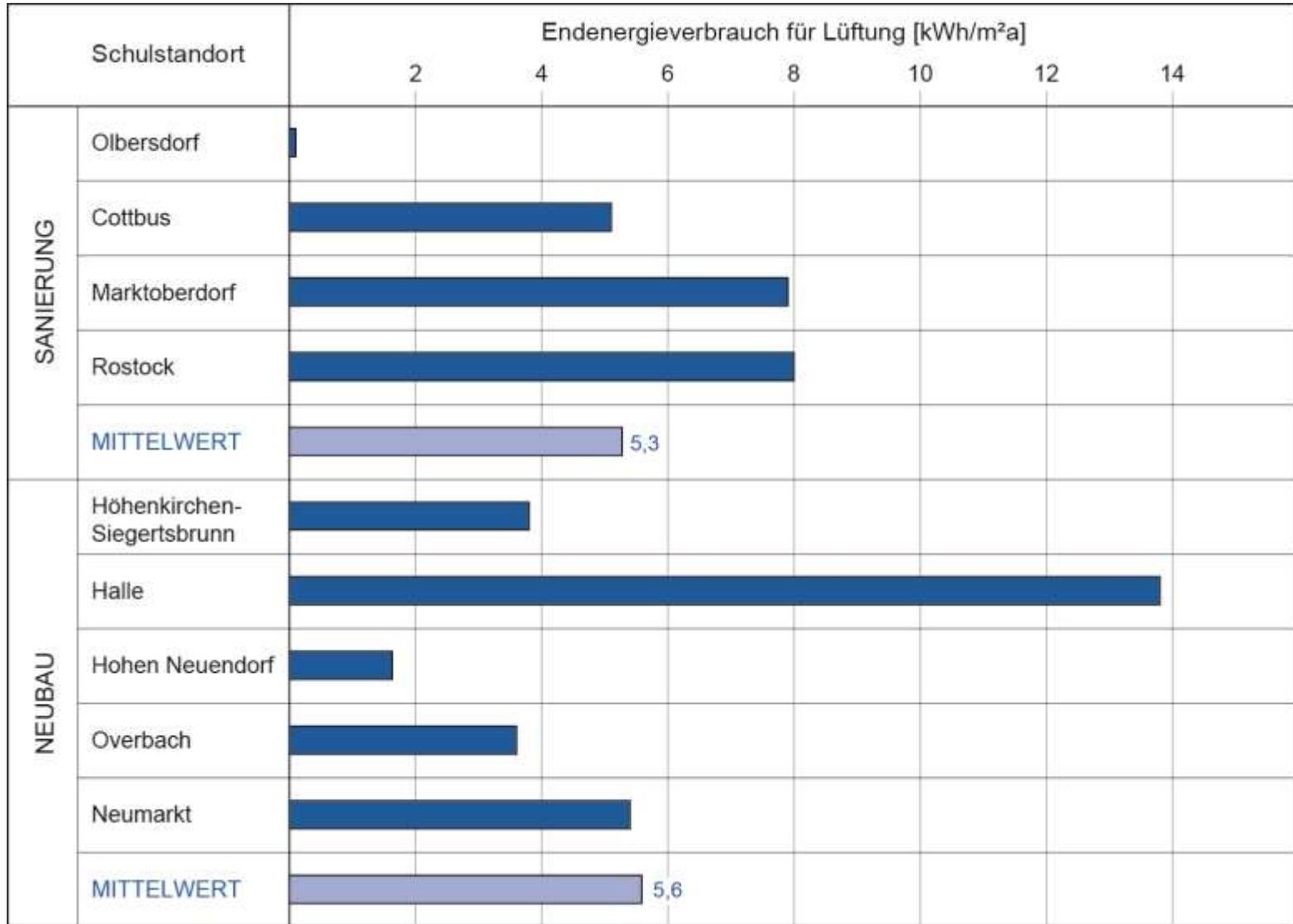
Querauswertung Endenergieverbrauch Nutzerstrom



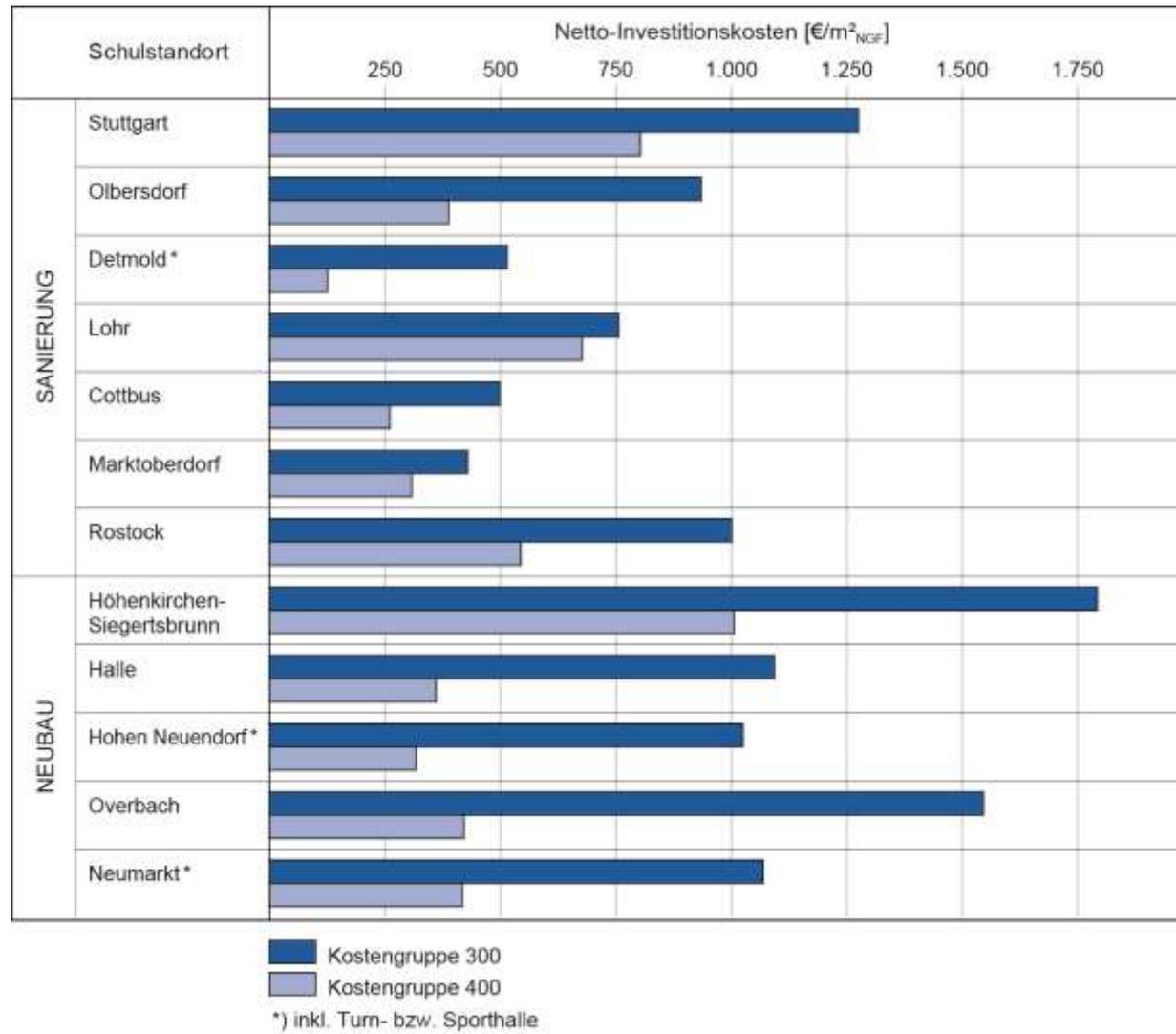
Querauswertung Endenergieverbrauch für Beleuchtung



Querauswertung Endenergieverbrauch für Lüftung



Querauswertung Netto-Investitionskosten



Zusammenfassung

Raumlufttemperaturen

- Bei sanierten Geb. liegen im Mittel **82 %** der Raumlufte. im behaglichen Bereich
- Bei neuen Geb. liegen im Mittel **85 %** der Raumlufte. im behaglichen Bereich

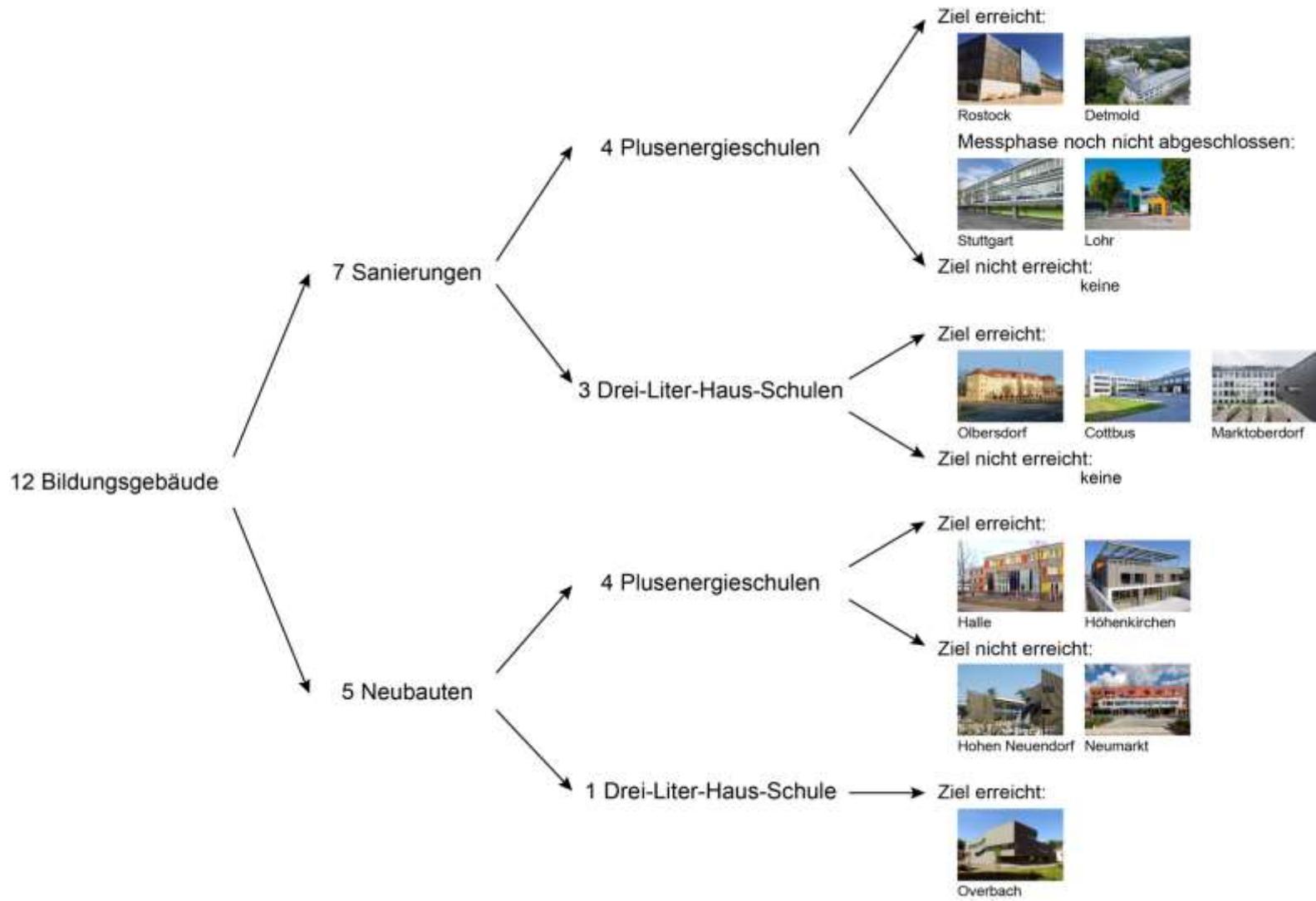
Raumluftqualität

- Sanierte Gebäude überschreiten im Mittel zu **6 %** die CO₂-Konzentr. von 1.500 ppm
- Neue Gebäude überschreiten im Mittel zu **8 %** die CO₂-Konzentr. von 1.500 ppm

Endenergie

- Endenergiebedarf lag im Mittel vor Sanierung bei **232 kWh/m²a**
- Endenergiebedarf liegt im Mittel bei den sanierten Gebäuden bei **53 kWh/m²a**
- Endenergieverbrauch liegt im Mittel bei sanierten Gebäuden **unter Endenergiebedarf**

- Endenergiebedarf liegt im Mittel bei den neuen Gebäuden bei **41 kWh/m²a**
- Endenergieverbrauch liegt im Mittel bei neuen Gebäuden **unter Endenergiebedarf**



Lessons learned 1

Organisation

- Kooperative Zusammenarbeit zwischen Schulleitung, Bauherr und Architekt (Partizipation hohen Stellenwert einräumen)

Wärmeschutz

- Gebäude mit exzellentem Wärmeschutz ausführen: $H'_T < 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$, 3-fach-Wärmeschutzverglasung ($U_w < 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g > 0,55$)

Heizung/Kühlung/Regelung

- Regenerative Energie nutzen für Wärmeerzeugung (z.B. Wärmepumpe, biogasbetriebenes BHKW, Pelletkessel,.....)
- Dachflächen mit Photovoltaik belegen
- Keine Klimatisierung (hoher Energieverbrauch, hygienische Probleme)
- Wenn Kühlung, dann nur passiv über erdreichgekoppelte Flächenkühlung (z.B. Erdsonden oder Erdkollektor)
- Gebäudeleittechnik (GLT) für Regelung von: Anlagentechnik, Beleuchtung, Belüftung und Sonnenschutz
- Raumlufttemperaturregelung über Einzelraumregelung nach Stundenplan

Lessons learned 2

Lüftung

- Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (Neubau: zentral, Sanierung: dezentral)
- Außenluftvorwärmung über erdreichgekoppelten Wärmetauscher (z.B. Erdsonden) zum Schutz vor Vereisung des Wärmetauschers
- Während der Heizperiode Lüftung über Lüftungsanlage, übrige Zeit: natürliche Fensterlüftung
- CO₂-geführte Lüftungsregelung (mindestens 3 Ventilatorstufen, CO₂-Konzentration < 1500 ppm)
oder
- Mechanische Lüftung nach Stundenplan (ca. 20 m³/(h*Person), zusätzlich Fensterlüftung in den Pausen (maximale CO₂-Konzentration < 1.500 ppm)
- Klassenräume mit Lüftungssampel ausstatten
- Sommerliche Nachtlüftung über automatisch öffnbare Fenster oder über Lüftungsanlage (Bypass)

Lessons learned 3

Beleuchtung

- LED-Beleuchtung
- Tageslicht- und präsenzabhängige Beleuchtung
(Beleuchtungsstärke: 300 lx für Schulbetrieb, 500 lx für Erwachsenenbildung)

Sonnenschutz

- Sonnenschutzmaßnahmen: Jalousien mit Lichtlenkung
- Jalousien im Sommer nachts in „Geschlossen-Stellung“. Zu Beginn der Schulstunde steht Jalousie so, dass 300 lx im Klassenraum vorhanden sind. Über Schlüssel-schaltung kann Jalousie vom Lehrer in entsprechende Stellung gebracht werden.

Inbetriebnahme/Monitoring/Betrieb

- Vor Abnahme der Bauleistung Datenpunktprüfung für alle Datenpunkte durchführen
- Zur Abnahme der Anlagentechnik die Messwerte der GLT heranziehen und unter realen Betriebsbedingungen Prüfung durchführen – auch die Nutzer einbeziehen
- Monitoring durchführen zur Inbetriebnahme und zur Gewährleistung eines effizienten Gebäudebetriebs

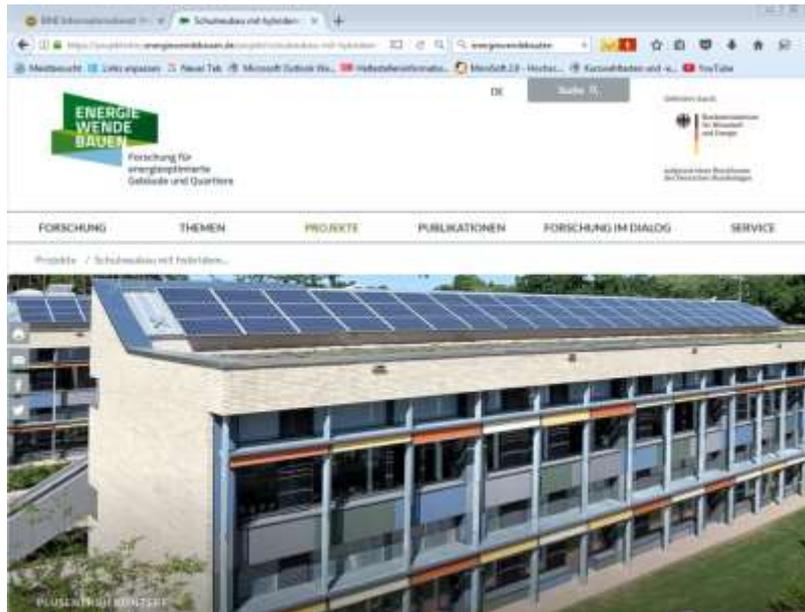
Info-Portale

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

<https://projektinfos.energiewendebauen.de/>



www.eneff-schule.de

