



Quelle: IBUS Architekten und Ingenieure

Die erste Plusenergieschule Deutschlands in der Bewährungsprobe

Prof. Friedrich Sick, Sebastian Dietz,
Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin



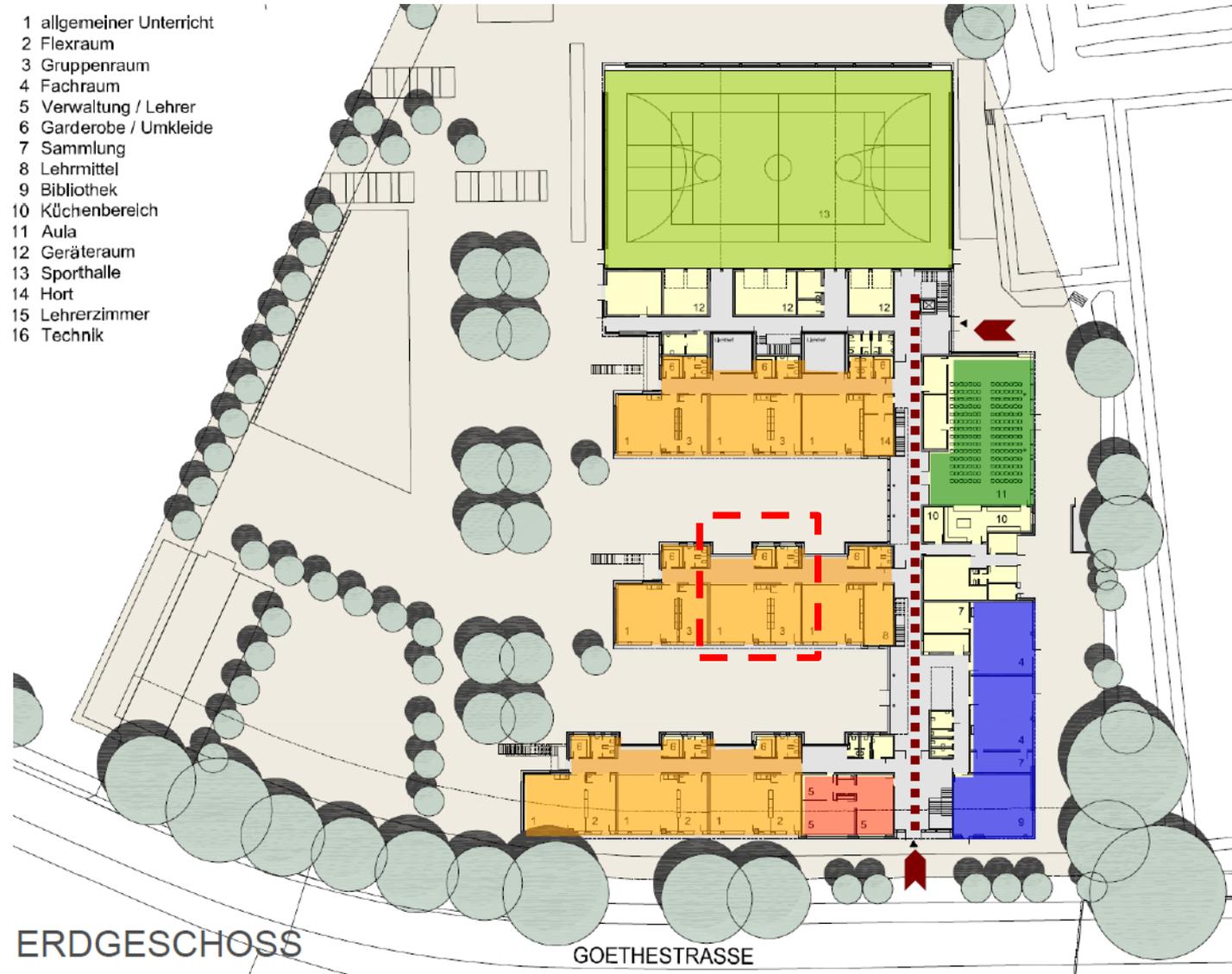
Hochschule für Technik
und Wirtschaft Berlin

University of Applied Sciences

Die erste Plusenergieschule Deutschlands in der Bewährungsprobe

- Die Grundschule Hohen Neuendorf
 - Das Energiekonzept
-

- Thermische Behaglichkeit
 - Luftqualität
 - Thermischer Energieverbrauch
 - Elektrischer Energieverbrauch
 - Plusenergiebilanz
- } Nutzen
- } Verbrauch
- } Bilanz

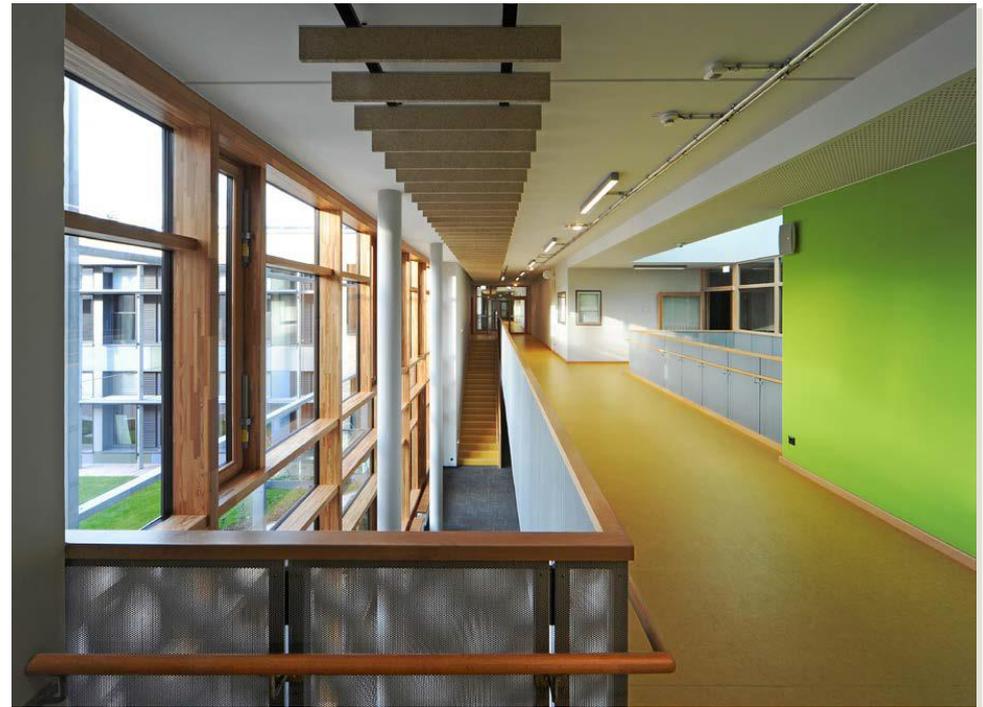


Quelle: IBUS Architekten und Ingenieure

Die Grundschule Hohen Neuendorf



Quelle: IBUS Architekten und Ingenieure



Quelle: IBUS Architekten und Ingenieure



Quelle: IBUS Architekten und Ingenieure





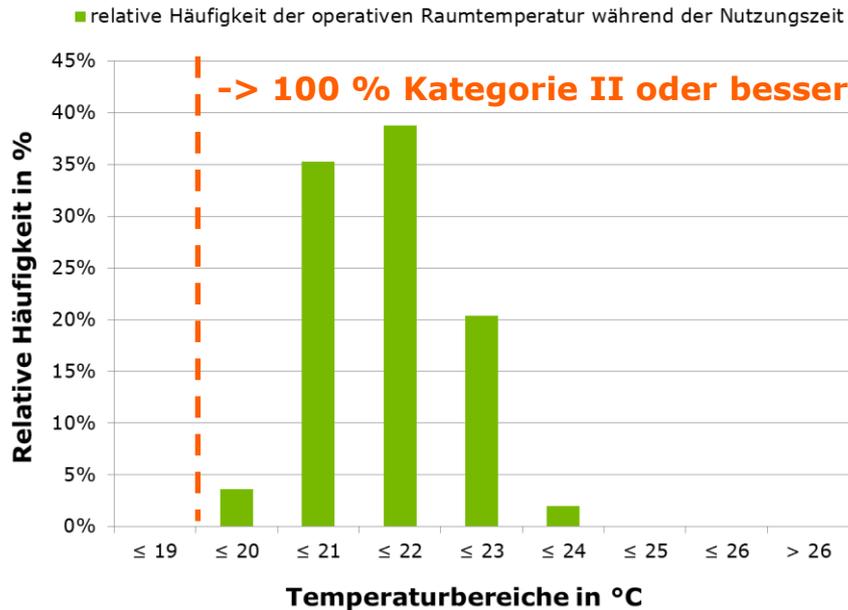
Quelle: IBUS Architekten und Ingenieure



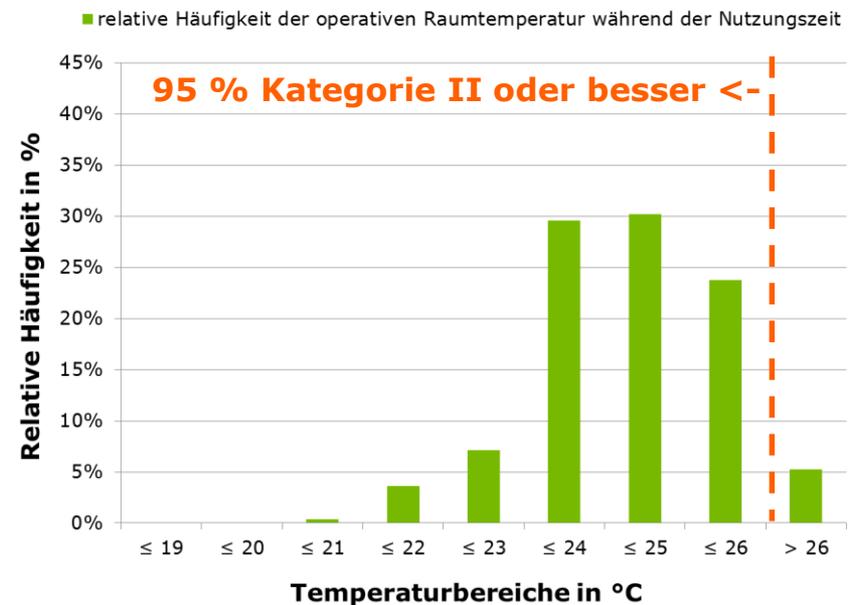
- Gebäudehülle nach dem Passivhausstandard
- Gebäudestruktur mit viel Speichermasse für eine freie (Nacht-)Kühlung
- Tageslichtnutzung von mehreren Seiten
- Präsenzabhängige Beleuchtung
- Hybrides Lüftungskonzept
- Nachhaltige Energieerzeugung (Pellet-Heizkessel, PV)



Winterfall:

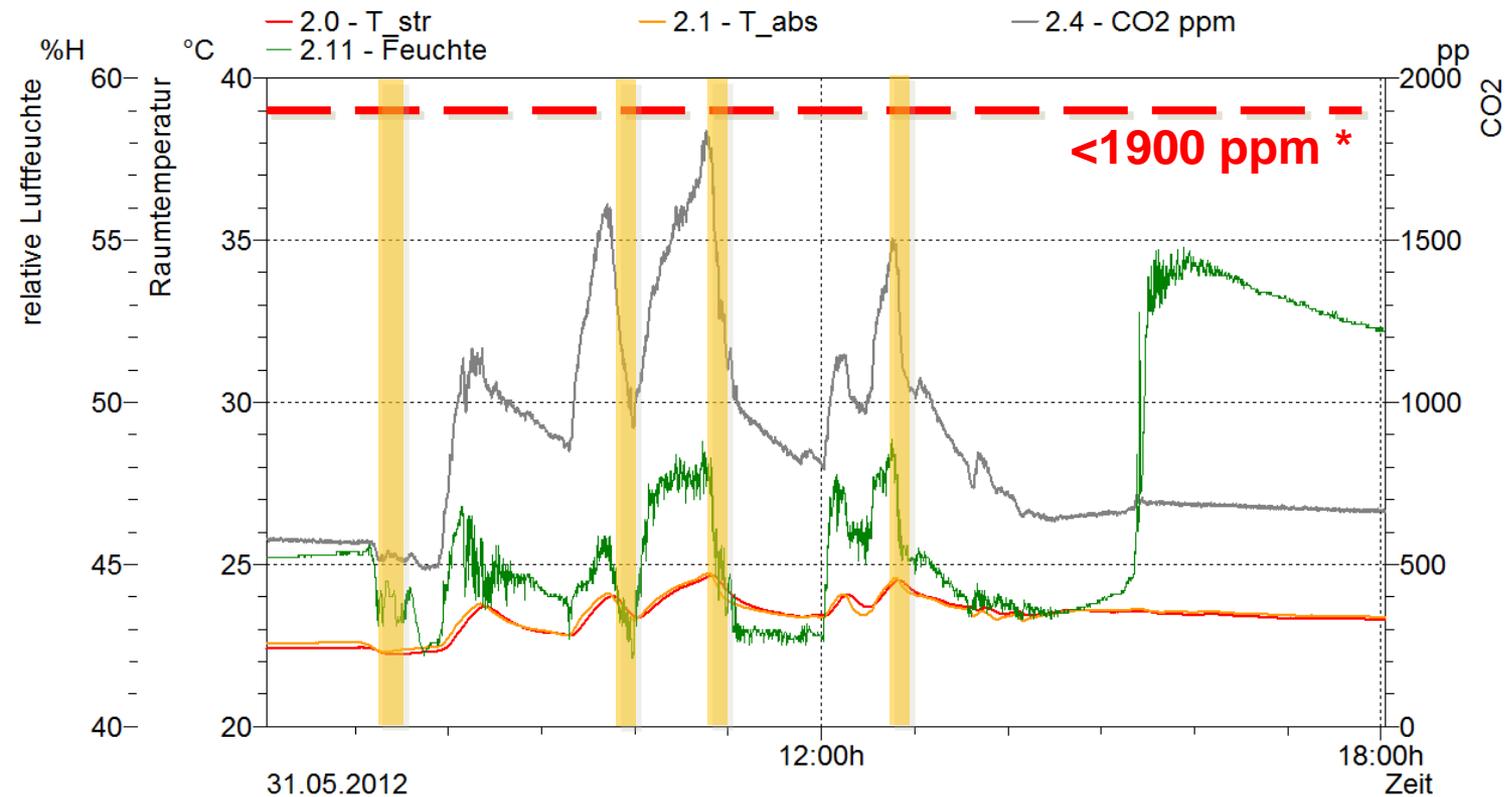


Sommerfall:



Häufigkeitsverteilung für die operative Raumtemperatur während der Nutzungszeiten für den Winterfall (links) und den Sommerfall (rechts).

- Die Raumtemperaturen in den Klassenräume entsprechen sehr guten Behaglichkeitskriterien
- Auch ohne ein aktives Kühlsystem wird ein behagliches Raumklima hergestellt

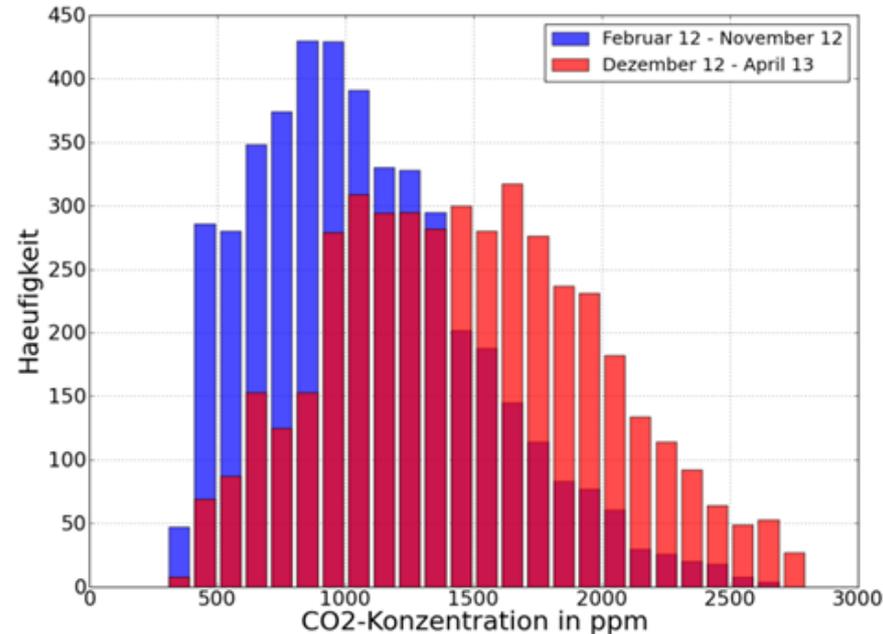


Lüftungsflügel in einem Klassenraum der GSHN

$T_{a \max} = 25,4^{\circ}\text{C}$; $T_{a \text{ mittel}} = 15,6^{\circ}\text{C}$

Öffnungszeiten der Lüftungsflügel

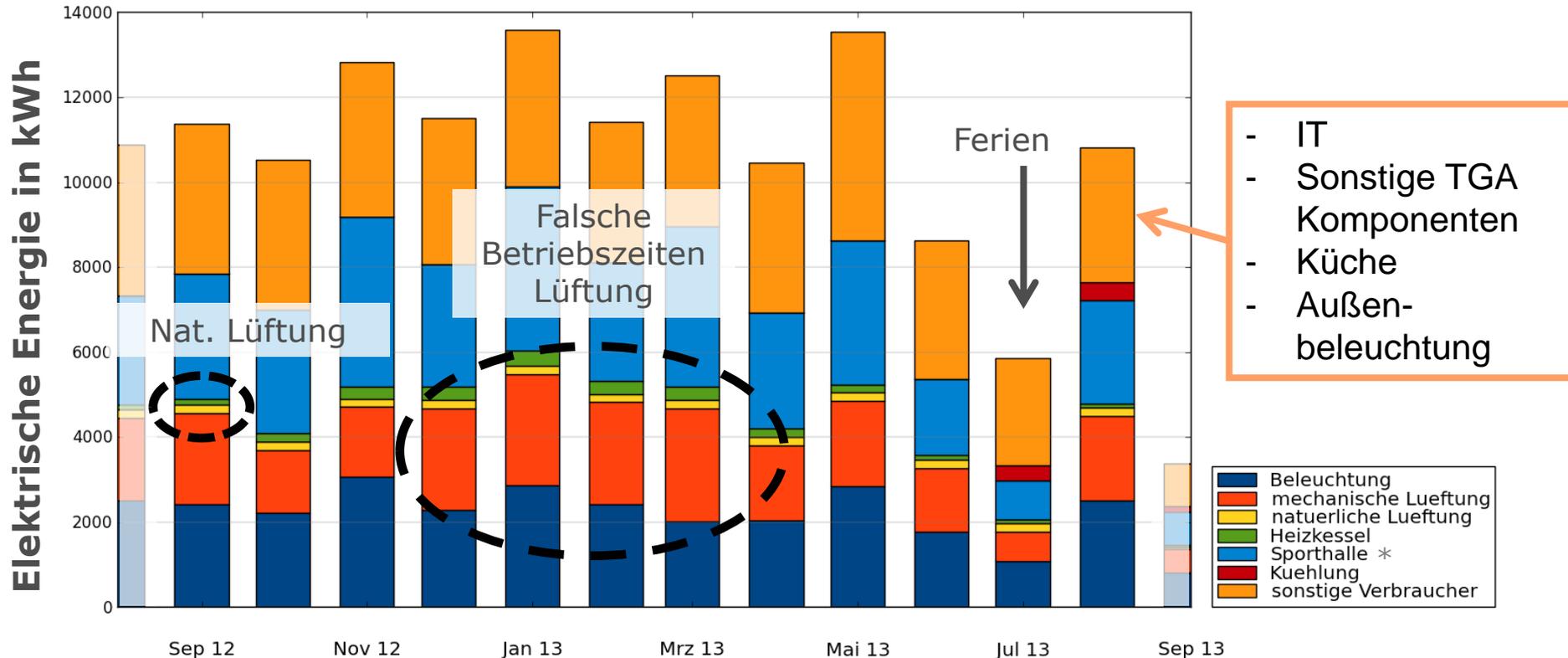
Exemplarischer Tagesverlauf der Raumtemperatur, der Raumluftfeuchte und der CO2 Konzentration für den Heimatbereich II (* Grenzwert für natürlich belüftete Räume [Raumklima und Schülerleistung; Fraunhofer IBP])



Häufigkeitsverteilung der CO₂-Konzentration für ausgewählte Zeiträume mit (blau) und ohne (rot) natürliche Belüftung für den Klassenraum 4.2. Im violetten Bereich liegen die Datenreihen übereinander.

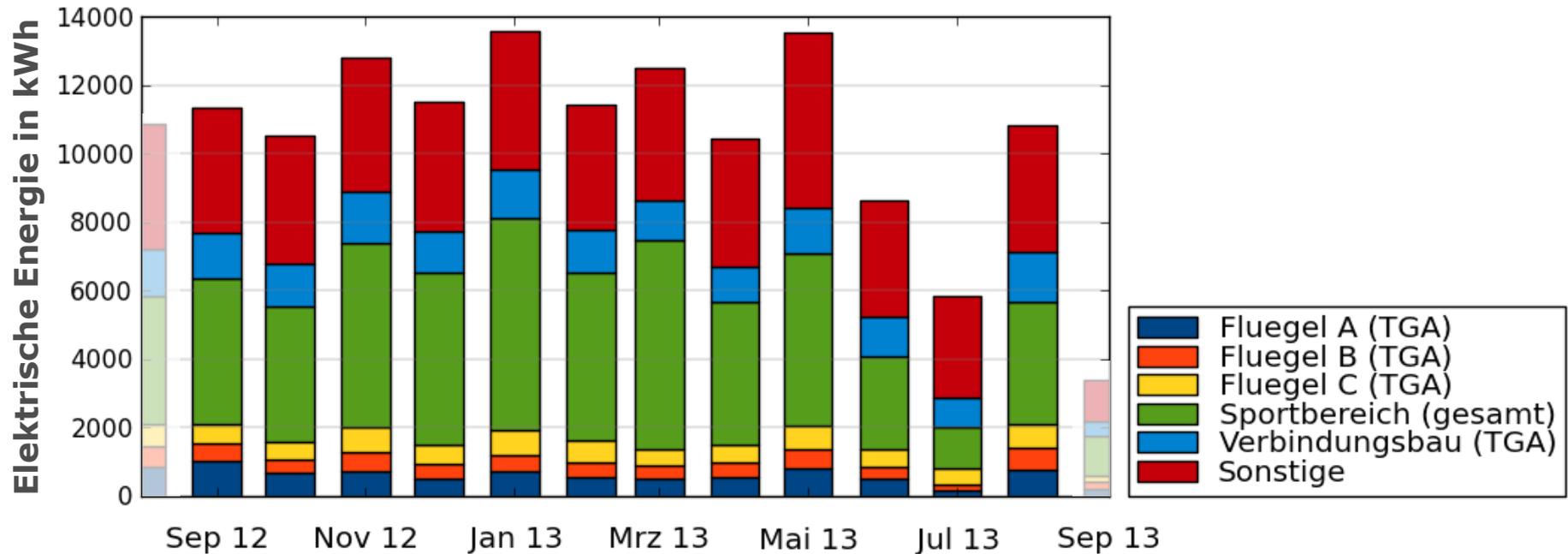
- Auch über längere Betrachtungszeiträume erzielt das hybride Lüftungssystem gute Resultate
- Ohne natürliche Belüftung (rote Datenreihe) verschieben sich die CO₂-Konzentrationen in einen nicht akzeptablen Bereich.

! der Betrieb der Lüftungsflügel ist für eine gute Luftqualität unverzichtbar !



Monatlicher elektrischer Energieverbrauch unterteilt in Verbrauchergruppen.
(* gesamter Stromverbrauch der Sporthalle ohne mechanische Lüftung)

- Natürliche Lüftung verbraucht deutlich weniger Energie als die mechanische Lüftung (bei gleicher Lüftungsaufgabe)
- Es konnten mehrmals falsche Betriebszeiten für die Lüftungsanlage festgestellt werden (regelmäßige Kontrolle wichtig)!
- Einen großen Anteil am Stromverbrauch haben die Verbrauchergruppen Beleuchtung, Sporthalle und sonstige Verbraucher

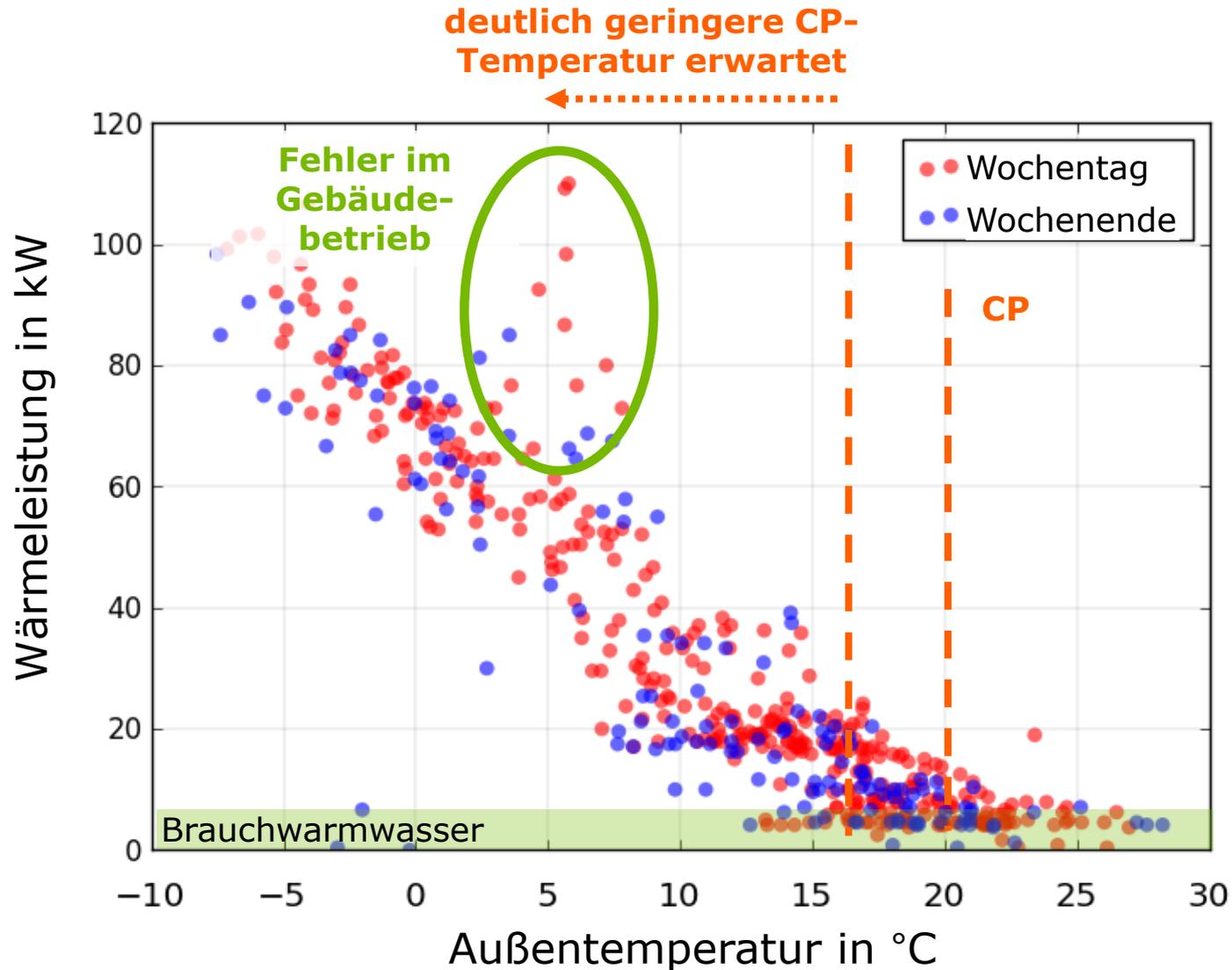


Monatlicher elektrischer Energieverbrauch unterteilt nach Gebäudezonen.

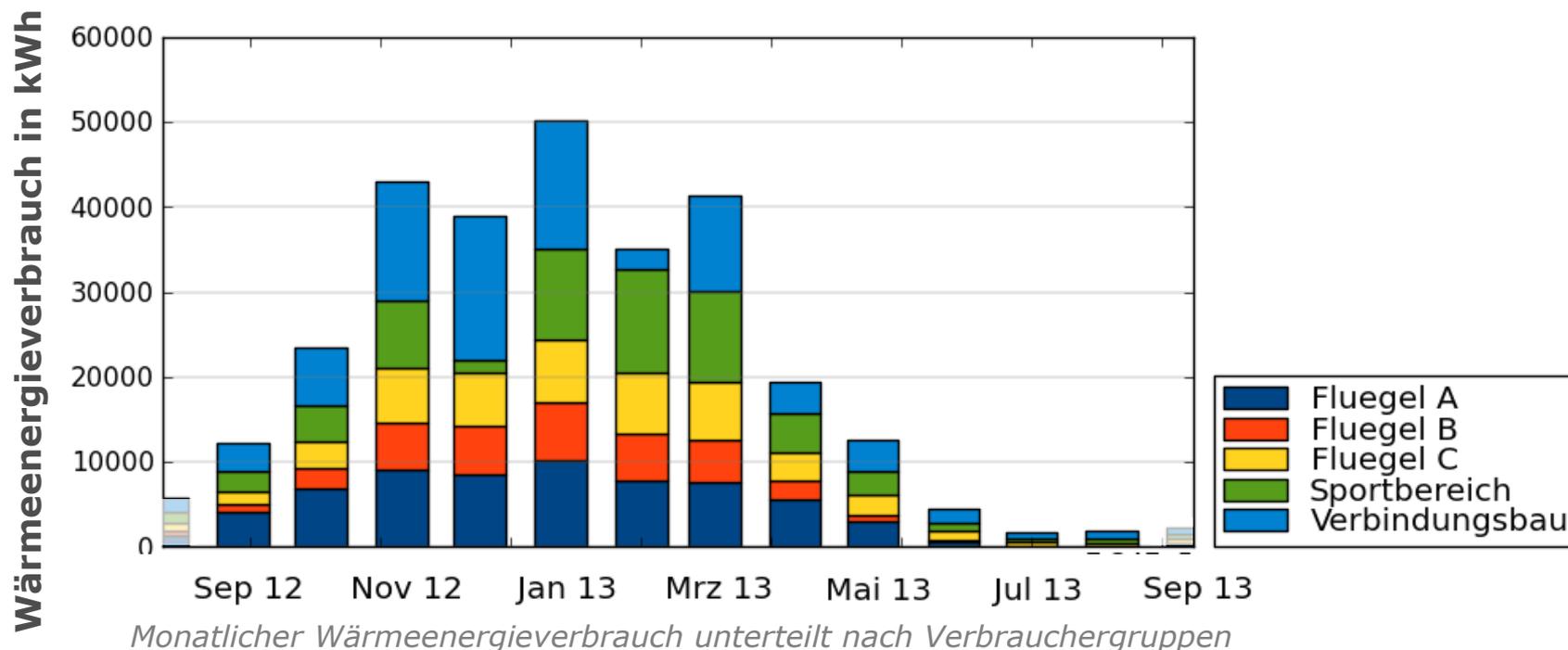
Anteil am Gesamtverbrauch im Messjahr:

Gebäudezone	Verbrauch		Anteil
	kWh	kWh/m ²	%
Flügel A	7688	7	6
Flügel B	5238	7	4
Flügel C	7160	9	5
Verbindungsbau	15051	8	11
Sporthalle	52438	26	39
Sonstiger Verbrauch	45468	7	34
Gesamt	133042	21	100

- Den größten Anteil am gesamten elektrischen Energieverbrauch hat der Sportbereich
- Die TGA der Unterrichtsbereiche verbraucht hingegen nur einen geringen Anteil



*Energiesignatur für den Wärmeverbrauch der GSHN
basierend auf täglichen Mittelwerten*

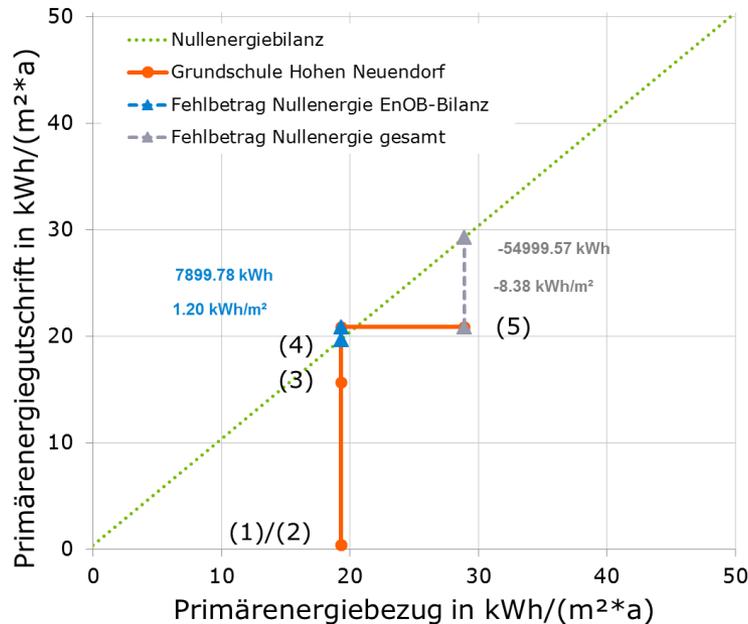


Anteil am Gesamtverbrauch im Messjahr:

Gebäudezone	Verbrauch		Anteil
	kWh	kWh/m ²	%
Flügel A	76196	71	22
Flügel B	42334	54	12
Flügel C	55583	73	16
Verbindungsbau	96606	52	28
Sporthalle	70827	36	21
Gesamt	341547	53	100

- Anteil der Gebäudezonen am Gesamtverbrauch deutlich homogener als beim elektrischen Energieverbrauch
- Größter spezifischer Verbrauch in Gebäudeflügel C (Hortnutzung)

Bedarfsrechnung:

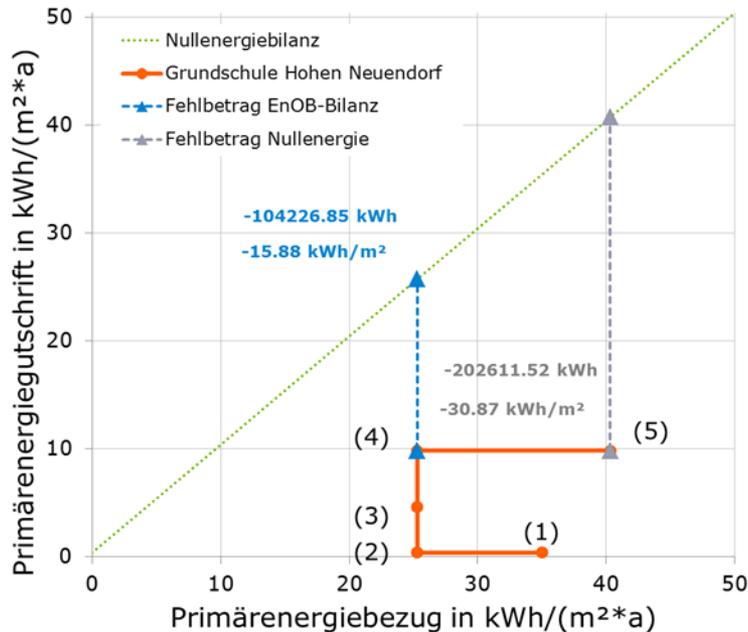


- (1) TGA Verbrauch, nicht erneuerbar (2) Eigenverbrauch PV
(3) Gutschrift Einspeisung PV (4) Gutschrift Einspeisung BHKW
(5) Geräteverbrauch außerhalb der DIN 18599

Primärenergiebilanz		
	Verbr. / Erz.	Verbr./Erz. Spez.
	kWh/a	kWh/m²a
Verbrauch TGA (NEA)	-126674.01	-19.30
Gutschrift Eigenverbrauch (NEA)	0.00	0.00
Gutschrift Einspeisung PV (NEA)	100193.79	15.27
Gutschrift Einspeisung BHKW (NEA)	34380.00	5.24
Zwischensumme:	7899.78	1.20
Verbraucher außerhalb der EnEV	-62899.36	-9.58
Endsumme:	-54999.57	-8.38

- Die Plusenergiebilanz wurde in der Planungsphase für die reine Schulnutzung auf der Grundlage eigenermittelter Kennzahlen berechnet
- Nur Verbraucher gemäß DIN18599 wurden bilanziert
- Problem: Der Gebäudebetrieb beinhaltet auch außerschulische Nutzungen (Hort, Sportvereine, sonstige Veranstaltungen)
- Eine Validierung der Kennwerte aus der Planungsphase ist daher schwierig

Variante 1: Mischnutzung (Ist)

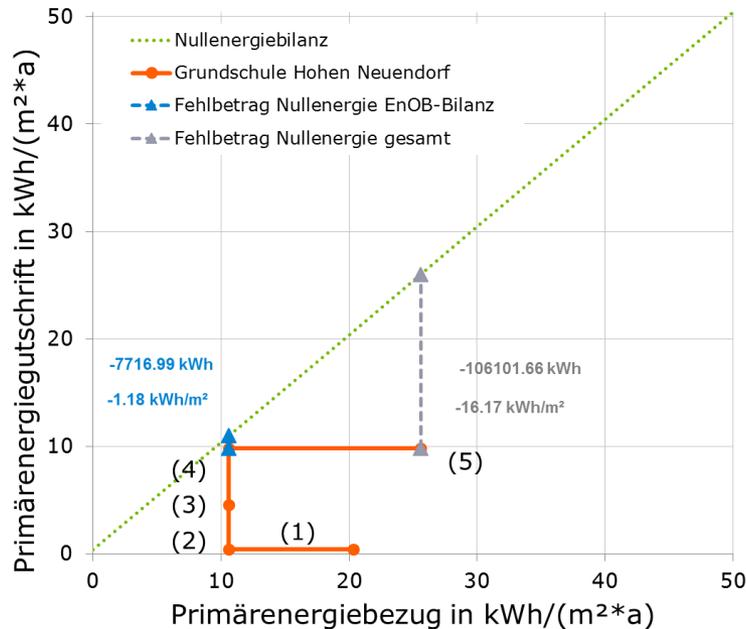


- (1) TGA Verbrauch, nicht erneuerbar
(2) Eigenverbrauch PV
(3) Gutschrift Einspeisung PV
(4) Gutschrift Einspeisung PV2
(5) Geräteverbrauch außerhalb der DIN 18599

Primärenergiebilanz		
	Verbr. / Erz. kWh/a	Verbr./Erz. Spez. kWh/m²a
Verbrauch TGA (NEA)	-229891.96	-35.03
Gutschrift Eigenverbrauch (NEA)	63795.06	9.72
Gutschrift Einspeisung PV (NEA)	27490.05	4.19
Gutschrift Einspeisung BHKW (NEA)	34380.00	5.24
Zwischensumme:	-104226.85	-15.88
Verbraucher außerhalb der EnEV	-98384.67	-14.99
Endsumme:	-202611.52	-30.87

- Für den Vergleich mit Zielwerten wurden die prognostizierten Strommengen für das fehlende BHKW berücksichtigt
- Heizenergieverbrauch ist klimabereinigt
- Die Primärenergiebilanz für die IST-Nutzung des Gebäudes ist von einer positiven Bilanz weit entfernt
- Insbesondere der hohe Stromverbrauch der Sporthalle verschlechtert die Bilanz
- Ursache: Die Sporthalle weist einen hohen Anteil außerschulische Nutzung auf

Variante 2: Sporthalle nur während den Schulzeiten bilanziert

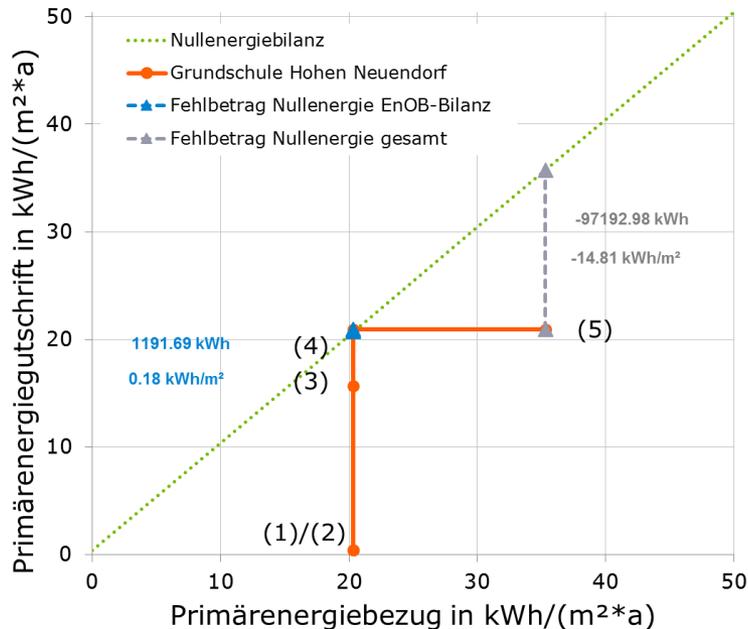


- (1) TGA Verbrauch, nicht erneuerbar
(2) Eigenverbrauch PV
(3) Gutschrift Einspeisung PV
(4) Gutschrift Einspeisung BHKW
(5) Geräteverbrauch außerhalb der DIN 18599

Primärenergiebilanz		
	Verbr. / Erz. kWh/a	Verbr./Erz. Spez. kWh/m²a
Verbrauch TGA (NEA)	-133382.10	-20.32
Gutschrift Eigenverbrauch (NEA)	63795.06	9.72
Gutschrift Einspeisung PV (NEA)	27490.05	4.19
Gutschrift Einspeisung BHKW (NEA)	34380.00	5.24
Zwischensumme:	-7716.99	-1.18
Verbraucher außerhalb der EnEV	-98384.67	-14.99
Endsumme:	-106101.66	-16.17

- Die Bilanz verbessert sich deutlich, wenn für die Sporthalle nur die Verbräuche während der Schulzeiten berücksichtigt werden
- Der Hort ist in dieser Bilanzierung nicht gesondert behandelt (erhöhter Energieverbrauch im Vergleich zur Schulnutzung)

Variante 3: Variante 2 + erzeugter PV Strom aus der Bedarfsrechnung



- (1) TGA Verbrauch, nicht erneuerbar
(2) Eigenverbrauch PV
(3) Gutschrift Einspeisung PV
(4) Gutschrift Einspeisung BHKW
(5) Geräteverbrauch außerhalb der DIN 18599

Primärenergiebilanz		
	Verbr. / kWh/a	Erz. /Erz. Spez. kWh/m²a
Verbrauch TGA (NEA)	-133382.10	-20.32
Gutschrift Eigenverbrauch (NEA)	0.00	0.00
Gutschrift Einspeisung PV (NEA)	100193.79	15.27
Gutschrift Einspeisung BHKW (NEA)	34380.00	5.24
Zwischensumme:	1191.69	0.18
Verbraucher außerhalb der EnEV	-98384.67	-14.99
Endsumme:	-97192.98	-14.81

- Im Betrachtungszeitraum waren die PV Erträge wetterbedingt schlecht
- Setzt man für die Erzeugung die Planungswerte an (Klimabereinigung), kommt die GSHN für die Bilanzgrenzen der DIN 18599 bereits nach dem 1. Monitoringjahr in die Plusenergiebilanz
- Weitere Verbesserungen durch die Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen möglich
- Eine positive Energiebilanz für den Gesamtverbrauch ist jedoch nicht zu erwarten

- Sehr gute thermische Behaglichkeit (auch im Sommer)
- Das hybride Lüftungskonzept sorgt im Betrachtungszeitraum für eine gute Luftqualität und benötigt dazu deutlich weniger elektrische Energie als eine rein mechanische Lüftung
- Der Betrieb der Lüftungsflügel ist für die Einhaltung der CO₂ – Grenzen unverzichtbar (schlechtes manuelles Lüftungsverhalten trotz CO₂-Ampel)
- Der Sportbereich hat einen sehr großen Anteil am Gesamtstromverbrauch (außerschulische Nutzung)
- Die Zielwerte der Planung für die Plusenergiebilanz werden fast erreicht
- Eine weitere Verbesserung ist durch die Umsetzung von effizienzsteigernden Maßnahmen zu erwarten (z.B. bessere Abstimmung von Lüft- und Heizzeiten)
- Monitoring ist zur Inbetriebnahme / Einregulierung und Sicherstellung des fehlerfreien Betriebes wichtig



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!

