

# PLUSENERGIESCHULE ROSTOCK

**KONGRESS „ZUKUNFTSRAUM SCHULE“**

**22. + 23. 11. 2011**

**STUTTGART**

**WORKSHOP „WEGE ZUR PLUSENERGIESCHULE“**

# PES HRO

## PAST – PRESENT -FUTURE

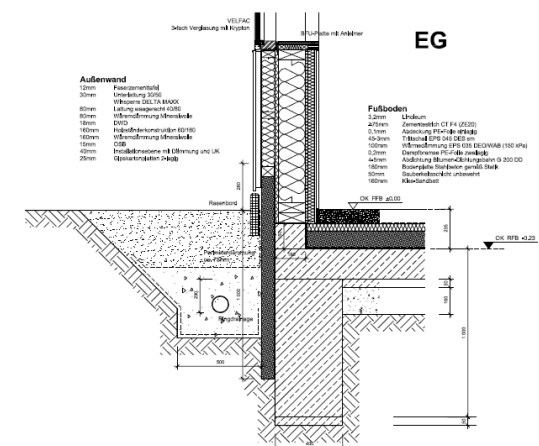
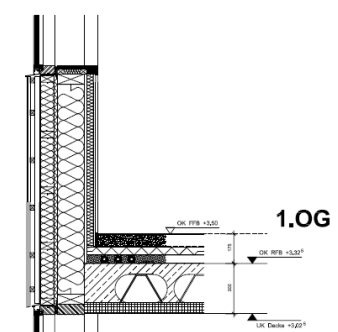
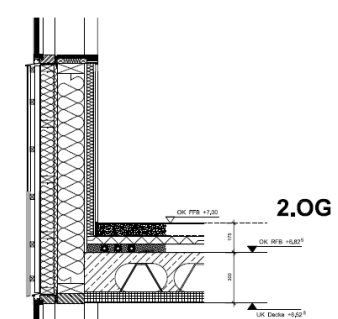
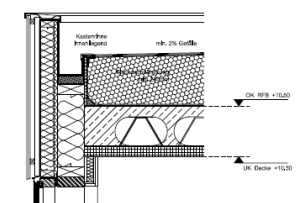
**Erweiterungsbau – 1. BA**  
**Bauzustand 11.11.11**



**DDR-Typenbau Gymnasium**  
**Baujahr 1955**



**Planung**  
**Grundschule und Atrium**

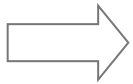


# Konzept

## selektiver Rückbau Gebäudebestand

### Verbindungsbauten und Hortgebäude

- teilweise schlechter Bauzustand
- Erhalt kostenintensiv
- Einbeziehung in das Gesamtkonzept schwer möglich
- Weiterverwendung Abbruchmaterial zur Geländemodellierung



Rückbau im Zuge der energetischen Erweiterung  
mit hoch gedämmten Ergänzungsbauten

### Vereinfachung der Gebäudeform

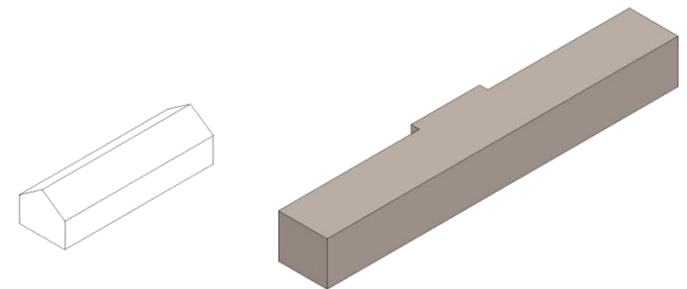
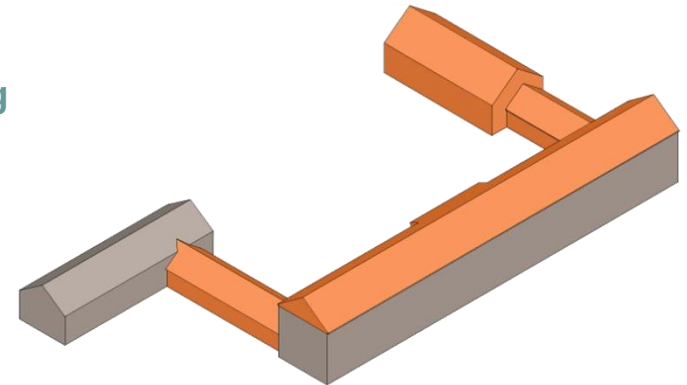
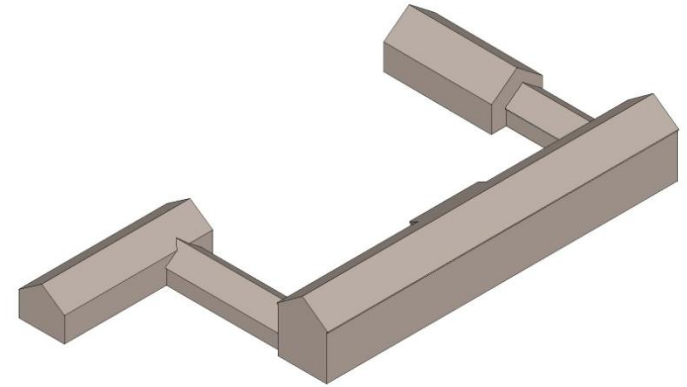
durch Reduzierung der Hüllflächen  
zugunsten der Schaffung neuer Nutzflächen



Reduzierung der Sanierung des nutzbaren  
Altbestandes auf das Wesentliche



und sinnvolle Erweiterung durch optimierte  
neue Gebäudeteile der Ergänzungsbauten



# Konzept

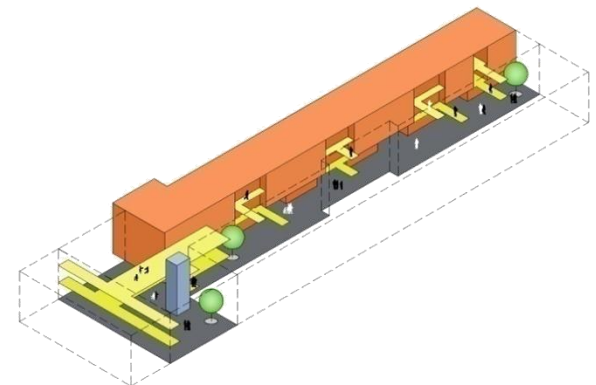
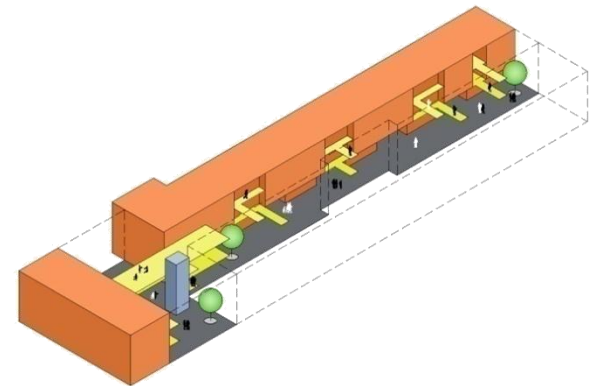
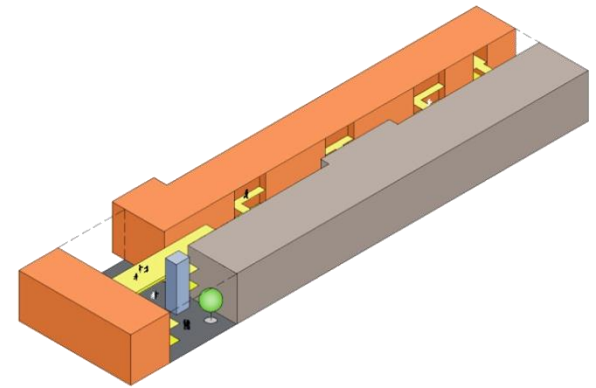
## Energieoptimierung und multifunktionale Nutzungserweiterung

### Zwischenklimazone Schulstraße und Marktplatz

- Verbesserung und Erweiterung der Nutzungsmöglichkeiten
- Schaffung zusätzlicher multifunktionaler Flächenangebote
- Neuordnung und Doppelnutzung
- klare und einfache Orientierung
- Reduzierung der Verkehrsflächen
- Pädagogisch wertvolle Ergänzung
- individuelle und soziale Erlebnisbereiche
- Möglichkeit der Identifikation des Einzelnen



**Vielfalt neuer Möglichkeiten die pädagogischen Aufgaben in erhöhter Qualität zu realisieren**



# Konzept

## Grundrisse EW-Bau

1. und 2. OG

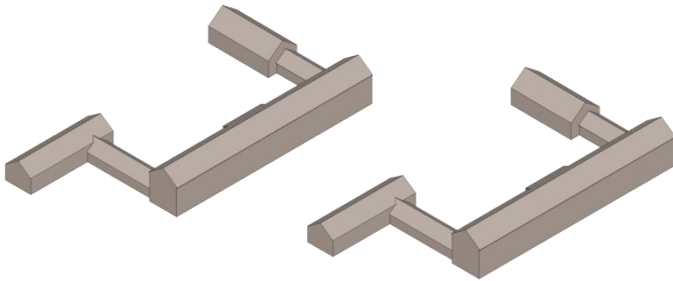


EG



## Bestand

### 2 typengleiche Schulstandorte



$$A/V = 0,38$$

Außenfläche ca. 16.800m<sup>2</sup>

BRI Volumen ca. 44.000m<sup>3</sup>

#### BGF

**7.800m<sup>2</sup>**

Mathias Thesen Str.

3.900 m<sup>2</sup>

Bonhoeffer Str.

3.900 m<sup>2</sup>

#### NF

**4.480m<sup>2</sup>**

Mathias Thesen Str.

2.240 m<sup>2</sup>

Bonhoeffer Str.

2.240 m<sup>2</sup>

#### VF

**2.280m<sup>2</sup>**

Mathias Thesen Str.

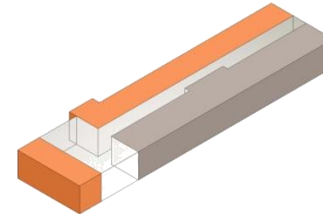
1.140 m<sup>2</sup>

Bonhoeffer Str.

1.140 m<sup>2</sup>

## Planung

### 1 gemeinsames Schulzentrum



$$A/V = 0,21$$

Außenfläche ca. 7.300m<sup>2</sup>

BRI Volumen ca. 35.000m<sup>3</sup>

#### BGF

**7.900m<sup>2</sup>**

Hauptgebäude Bestand

3.120 m<sup>2</sup>

Erweiterungsbau Gymnasium

3.080 m<sup>2</sup>

Neubau Grundschule

1.700 m<sup>2</sup>

#### NF

**5.220m<sup>2</sup>**

Hauptgebäude Bestand

1.660 m<sup>2</sup>

Erweiterungsbau Gymnasium

2.500 m<sup>2</sup>

Neubau Grundschule

1.060 m<sup>2</sup>

#### VF

**1.685m<sup>2</sup>**

Hauptgebäude Bestand

1.040 m<sup>2</sup>

Erweiterungsbau Gymnasium

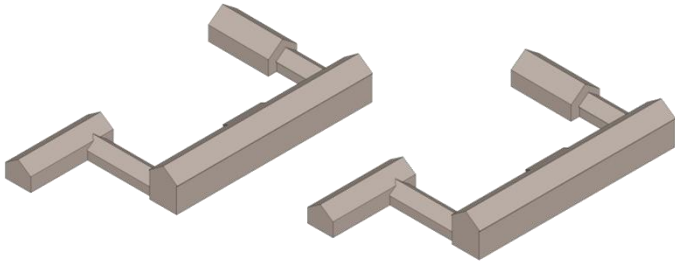
225 m<sup>2</sup>

Neubau Grundschule

420 m<sup>2</sup>

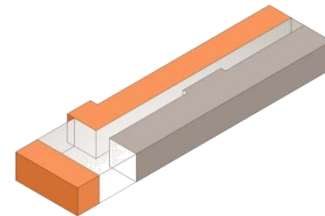
## Bestand

2 typengleiche Schulstandorte



## Planung

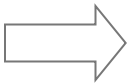
1 gemeinsames Schulzentrum



Endenergie Wärme

ca. 118,1 kWh/m<sup>2</sup>a

ca. 13,5 kWh/m<sup>2</sup>a



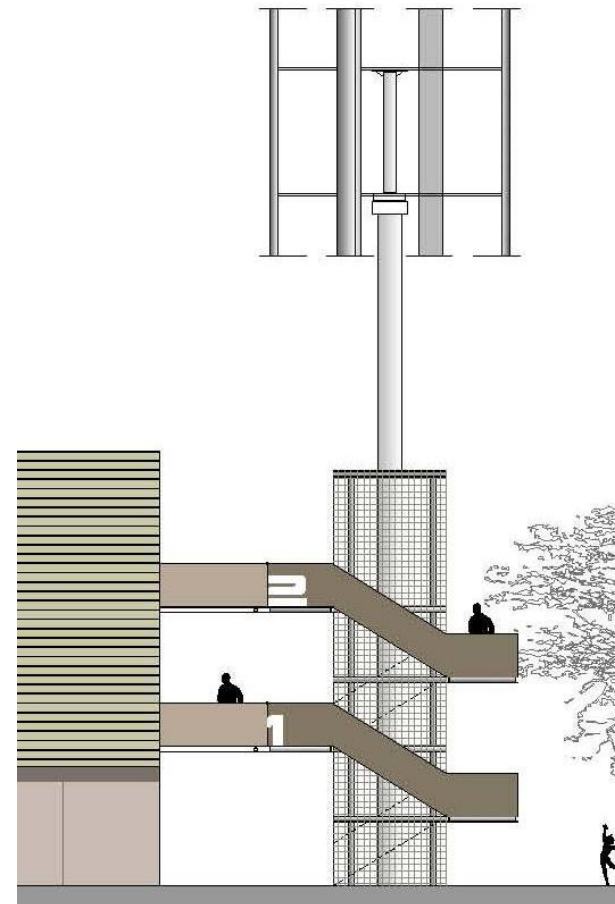
Reduzierung des Heizwärmebedarfs um  $\geq 85\%$

# ZIEL 1: ENERGIEVERBAUCH REDUZIEREN

|                        |                                                                                                                                                                           |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Transmissionswärme     | <p>günstiges A/V -Verhältnis ,<br/>hohe Wärmedämmung, VIP Bodenplatte<br/>Wärmebrücken reduzieren<br/>Klimapuffer - Atrium</p>                                            |
| Lüftungswärme          | <p>Luftdichtheit<br/>kontrollierte Lüftung: Zuluft in Klassenräume<br/>Klimapuffer - Schulstraße<br/>Wärmerückgewinnung</p>                                               |
| Gebäudetechnik         | <p>Niedertemperaturheizung Sockel      17°C Luft<br/>additive Decken-Strahlungsheizung &gt;19°C Luft<br/>Anlage und Betrieb optimieren<br/>- Anwesenheit<br/>- Wetter</p> |
| elt. Energie für Licht | <p>Lichtleittechnik für Tageslicht<br/>Kunstlicht bedarfsgerecht steuern</p>                                                                                              |

# ZIEL 2: ENERGIE ERNTEN - A

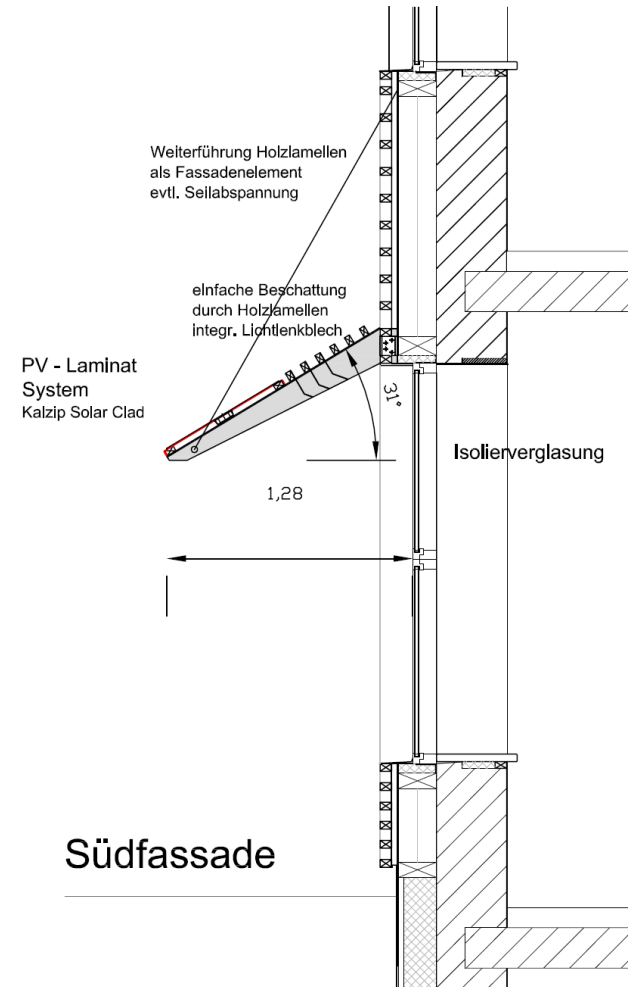
## Windgeneratoren



# ZIEL 2: ENERGIE ERNTEN - B

Photovoltaik

auch Sonnenschutzblenden



# ZIEL 2: ENERGIE ERNTEN - C

Solarthermie - Röhrenkollektoren

**ORC** Organic Rankine Cycle

elt. Energie,

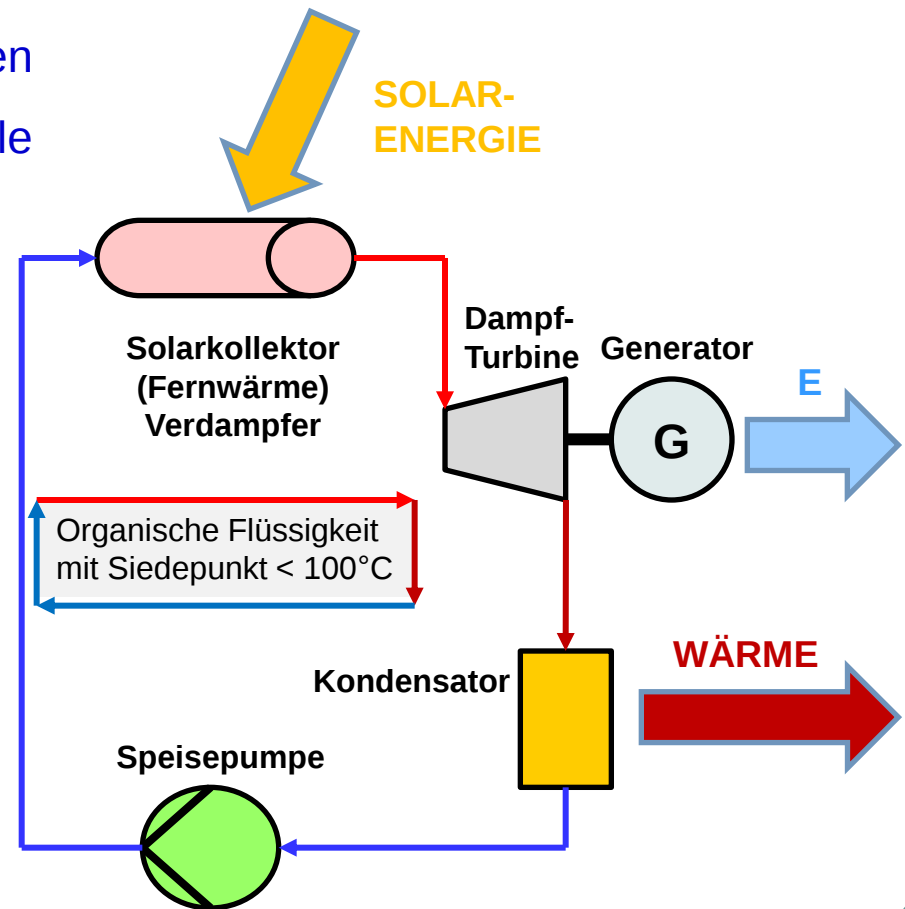
Wärme → Heizung

- Wirkungsgrad niedrig
- Anwendungszeitraum Sommer
- wenig WW Bedarf
- Verhältnis Primärenergiefaktoren

$$f_{th} = 0,25 \quad \mathbf{1}$$

$$f_{el} = 2,5 \quad \mathbf{10}$$

→ besser PhV



# ZIEL 2: ENERGIE ERNTEN - D

Sonneneinstrahlung

Zwischenklimazone

Lufttemperatur  
Atrium  
ca. 10 K über  
Außenluft



# WEITERE ZIELE

## **Energie speichern**

Mehrtages-Warmwasserspeicher, wenn Solarthermie

Fernwärme als virtueller Speicher

## **Behaglichkeit, hygienisch günstiges Lernumfeld**

## **Informations- und Öffentlichkeitsarbeit**

Nutzerschulung durch Erleben Demo-Bildschirm, Schüler-Monitoring

Ausbildung Studenten

Master-Arbeiten

Information Fachwelt

Demo-Bildschirm, WEB,

Kongresse, Veröffentlichungen

## **Geringe Erstellungs- und Betriebskosten, Doppelnutzungen**

# PROJEKTTEAMS

## PLANUNG UND MONITORING

**BMW  
PTJ**

**Förderer  
Projektbetreuung DI Arch. Markus Kratz**

**Hansestadt Rostock**

**Schulamt  
KOE  
Architekten**

**Amtsleiter Martin Meyer  
Techn. Leiter Andreas Rieck  
Prof. Martin Wollensak  
Prof. Dr. Thomas Römhild  
DI Rüdiger Köhler**

**IGEL**

**K & S**

**Haustechnik**

**ISBB**

**Prof. Dr. Georg-W. Mainka**

**agn  
HS Wismar  
Fraunhofer  
HS Stuttgart  
LAGUS, HUP**

**energum  
KBauMV  
ISE  
IAF**

**Dr. Heiko Winkler  
Dr. Gesa Haroske  
DI Sebastian Herkel  
Prof. Dr. Ursula Eicker  
Dr. Gerhard Hauk,  
Dr. Marcus-H. v. Stenglin**

# ZIELE MONITORING – WAS?

- **Nachweis der primärenergetisch positiven Energiebilanz**
- **Sammeln von Erfahrungen bei der Erzeugung von Energie in und an Gebäuden**
- **Bestätigung: Innovative Bauverfahren zur Reduzierung von Transmissionsverlusten**
- **Neue Verfahren zur Optimierung der Heizungs- und Lüftungssteuerung**
- **Nachweis: Geringe Bau- und Lebenszykluskosten**
- **Nachweis eines hygienisch günstigen Lernumfeldes**
- **Lebendige Wissensvermittlung zum Thema „Energie im Gebäude“ an die Schüler, Lehrer und Studenten**
- **Leuchtturm-Projekt als potentieller Multiplikator für Bauschaffende**

# AUFGABEN MONITORING –WIE?

- Erfassung der Energie-relevanten Daten
- Erfassung der Behaglichkeits-relevanten Daten
- Erfassung der notwendigen Daten zur Steuerungsoptimierung
- Kompatibilität zur Datenerfassung und Steuerung der GLT  
Ausnutzung von Synergien
- Graphische Aufbereitung der Daten K&P, Monisoft
- Auswertung der Messdaten Graphiken, Statistik
- Bereitstellung der Ergebnisse für
  - mitarbeitende Forscher Datenleitung, Web
  - Schüler Schülermonitoring
  - Fachkollegen und Interessierte PräsentationsmonitoringWeb

# ARTEN DES MONITORINGS

## IM Intensivmonitoring

Möglichst kurze Zeit, aber mind. 1 Periode

Möglichst viele Sensoren

Maxima, unbekannte Effekte, Korrelationen

## LM Langzeitmonitoring

Wenige relevante Sensoren über längere Zeit

Zeitmittelung von Kenngrößen, Vergleich mit anderen Projekten

## KM Kurzzeitmonitoring

Zeitliche und örtliche punktuelle Untersuchungen für  
Bauwerks- und Bauteils-Kenngrößen für die Auswertung des IM  
Behaglichkeitswerte in ausgewählten Objekten  
Befragungen im Vergleich zu Messwerten  
Kalibrierungen der Sensoren

# ARTEN BEI DER PES HRO – 1

## 1 LM LANGZEITMONITORING 5 Jahre

- Weitergabe der Haupt-Energie-relevanten Daten an EnOB-Partner (ISE, IBP, ...)

## 2 KM KURZZEITMONITORING je 3 mal

- U-Werte
- IR-Thermographie – Wärmebrücken
- Luftdichtheit – Blower Door, Tracer Gas
- Toxidität und Qualität der Luft
- Innenraumklima-Profil:  $\Theta$ ,  $\Phi$ ,  $v$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $E$
- Bau- und Raumakustik, Installationsgeräusche
- Befragung, Auswertung und Bewertung

# ARTEN BEI DER PES HRO – 2

## **3 IM INTENSIVMONITORING** 2 Jahre nach Bezug

- Messen der Energieströme, Klimata und Zustände
- Messen des Außenklimas, Abgleich und Prognose DWD
- Auswerten der Messungen
- Aufzeigen von Interdependancen
- Vergleichen mit Simulationen
- Vergleich mit DIN V 18 599
- Optimierung der Steuerung GLT
- Bewertung:           Energiekonzept  
                          Hygiene und Behaglichkeit  
                          Nachhaltigkeit

# DATENERFASSUNG

## AUFGABEN UND SENSORTYPEN

### ➤ Ermittlung und Bewertung der Primärenergie

Leistung:  $Q = f_p * \int p * dt$  ( $t_2 - t_1 = 1 \text{ a}$ )  
Strömung:  $Q = \rho * c * \iint v \, dA * \Delta\Theta \, dt$   $V' = v * A$   
Transmission:  $Q = \int U * A * \Delta\Theta \{ \Theta_e < \Theta_i \} dt$  **WB:**  $\Theta_{si}$

### ➤ Bewertung Hygiene und Komfort

$\Theta_i$ ,  $\Phi_i$ ,  $AQ$ ,  $CO_2$ ,  $\Theta_{si}$ ,  $E$ ,  $v$ ,  $\Theta_{WGB}$

Schall (Luft~, Tritt~, Installation, Akustik)

### ➤ Optimierung Steuerung, Minimierung Verbräuche

Außenklima,  $v$ ,  $V'$ ,  $\Delta\Theta$ ,  $Q$ ,  $E$

$X$  (Anwesenheit),  $F\ddot{O}$  (Fensteröffnung-Reed),

### ➤ Interaktionen, wissenschaftliche Analyse

$v$ ,  $F\ddot{O}$ ,  $CO_2$ ,  $Q$ ,  $\Theta_i$  u.a.

# VERTEILUNG AUFSCHALTPUNKTE GLT

| Pos      | Übersicht Datenpunkte GLT         |              |            |
|----------|-----------------------------------|--------------|------------|
| <b>0</b> | <b>Sensoren und Steuerung GLT</b> | <b>Summe</b> | <b>973</b> |
| 1        | Fernwärmestation, Klimapuffer     |              | 10         |
| 2        | Grundschule                       |              | 111        |
| 3        | Gymnasium Bestand                 |              | 301        |
| 4        | Gymnasium Neubau                  |              | 223        |
| 5        | Regelung für 1 - 4                |              | 150        |
| 6        | Zustandsanzeige/Störungsmeldung   |              | 141        |
| 7        | Verbrauchsmessung                 |              | 30         |
| 8        | Wetterstation                     |              | 7          |

# TYPEN SENSOREN: MONITORING - GEBÄUDE

| Typ |                                        |   |                 |           | n zusätzlich zu GLT |            |           |
|-----|----------------------------------------|---|-----------------|-----------|---------------------|------------|-----------|
| Nr  | Sensoren                               | Σ | Symbol          | Einheit   | Kanäle              | Σ Technik  | Räume     |
|     |                                        |   |                 |           |                     | <b>224</b> | <b>90</b> |
| 1   | WMZ Wärmemengenzähler                  |   | Q               | kWh       | 1                   | 21         | 15        |
| 2   | Volumenstrom, Luftgeschwindigkeit      |   | V',v            | m³/h, m/s | 1                   | 12         | 8         |
| 3   | Oberflächentemperatur                  |   | Θ <sub>s</sub>  | °C        | 1                   | 13         | 1         |
| 4   | Lufttemperatur                         |   | Θ               | °C,       | 1                   | 24         | 16        |
| 5   | Lufttemperatur + rel. Luftfeuchtigkeit |   | Θ, Φ            | °C, %     | 2                   | -77        | 0         |
| 6   | E-Zähler                               |   | p               | kWh       | 1                   | 56         | 50        |
| 7   | Luftqualität                           |   | AQ              | ppm       | 1                   | 0          | 0         |
| 8   | CO <sub>2</sub> + Lufttemperatur       |   | CO <sub>2</sub> | ppm       | 2                   | 82         | 0         |
| 9   | Beleuchtungsichte                      |   | E               | Lux       | 1                   | 4          | 0         |
| 10  | Fensteröffnungen (REED-Kontakt-Satz)   |   | FÖ              | j / n     | 1                   | 89         | 0         |
| 11  | Anwesenheit                            |   | X               | j / n     | 1                   | 0          | 0         |

# TYPEN SENSOREN: MONITORING -TECHNIK

| Typ Nr > |                                     |    | 1  | 2     | 3  | 4  | 5   | 6 | 7  | 8               | 9 | 10 | 11 |
|----------|-------------------------------------|----|----|-------|----|----|-----|---|----|-----------------|---|----|----|
|          |                                     | Σ  | Q  | V', v | Θs | Θ  | Θ,Φ | Q | AQ | CO <sub>2</sub> | E | FÖ | X  |
| Pos      | Sensoren                            | Σ  | 90 | 15    | 8  | 1  | 16  | 0 | 50 | 0               | 0 | 0  | 0  |
| 1        | Fernwärmestation                    | 2  | 1  | 0     | 0  | 0  | 0   | 0 | 1  | 0               | 0 | 0  | 0  |
| 2        | Heizungsverteilung                  | 18 | 9  | 0     | 0  | 0  | 0   | 0 | 9  | 0               | 0 | 0  | 0  |
| 3        | Lüftungsanlage (RLT)                | 28 | 0  | 8     | 0  | 16 | 0   | 4 | 0  | 0               | 0 | 0  | 0  |
| 4        | Anlagen für<br>WC/Küche/Chemieräume | 17 | 0  | 0     | 0  | 0  | 0   | 0 | 17 | 0               | 0 | 0  | 0  |
| 5        | Strom/Beleuchtung                   | 13 | 0  | 0     | 0  | 0  | 0   | 0 | 13 | 0               | 0 | 0  | 0  |
| 6        | Photovoltaik (PhV)                  | 2  | 0  | 0     | 1  | 0  | 0   | 0 | 1  | 0               | 0 | 0  | 0  |
| 7        | Stromerzeugung aus Windkraft        | 2  | 1  | 0     | 0  | 0  | 0   | 0 | 1  | 0               | 0 | 0  | 0  |
| 8        | Organic Rankine Cycle (ORC)         | 2  | 1  | 0     | 0  | 0  | 0   | 0 | 1  | 0               | 0 | 0  | 0  |
| 9        | Solarthermie                        | 2  | 1  | 0     | 0  | 0  | 0   | 0 | 1  | 0               | 0 | 0  | 0  |
| 10       | Solarspeicher                       | 4  | 2  | 0     | 0  | 0  | 0   | 0 | 2  | 0               | 0 | 0  | 0  |

# TYPEN SENSOREN: MONITORING - RÄUME

| Pos Sensoren |                                           |     | Typ > | 1 | 2     | 3  | 4 | 5   | 6 | 7  | 8               | 9  | 10 | 11 |
|--------------|-------------------------------------------|-----|-------|---|-------|----|---|-----|---|----|-----------------|----|----|----|
|              |                                           |     | Σ     | Q | V', v | Θs | Θ | Θ,Φ | Q | LQ | CO <sub>2</sub> | E  | FÖ | X  |
|              | Sensoren                                  | Σ n | 134   | 6 | 4     | 12 | 8 | -77 | 6 | 0  | 82              | 4  | 89 | 0  |
| 11.S         | Standard-Klassenraum<br>in GLT enthalten  | 82  | 328   | 0 | 0     | 0  | 0 | 82  | 0 | 0  | 0               | 82 | 0  | 82 |
| 11.Z         | Standard-Klassenraum<br>Zusatzausstattung | 82  | 82    | 0 | 0     | 0  | 0 | -82 | 0 | 0  | 82              | 0  | 82 | 0  |
| 11.R         | Referenzklassenräume<br>(zus. zu 11.Z )   | 3   | 27    | 6 | 0     | 9  | 0 | 3   | 6 | 0  | 0               | 3  | 0  | 0  |
| 11.K         | Klimapuffer unbeheizt                     |     | 15    | 0 | 4     | 0  | 4 | 2   | 0 | 0  | 0               | 1  | 4  | 0  |
| 11.F         | Flure                                     |     | 10    | 0 | 0     | 3  | 4 | 0   | 0 | 0  | 0               | 0  | 3  | 0  |

# TYPEN SENSOREN:

## WETTERSTATION

|             |                  |                                         |                    |                      |
|-------------|------------------|-----------------------------------------|--------------------|----------------------|
| $\Theta_e$  | °C               | Außenlufttemperatur,                    | → $\Theta_{TP}$ °C | Taupunktstemperatur  |
| $\Phi_e$    | %                | Relative Luftfeuchtigkeit,              | → $p_D$ Pa         | Wasserdampfteildruck |
| $p_a$       | hPa              | Luftdruck Atmosphäre                    |                    |                      |
| $w$         | mm/d             | Niederschlag                            |                    |                      |
| $R$         | j / n            | Regenanzeige                            |                    |                      |
| $v$         | m/s              | Windgeschwindigkeit                     |                    |                      |
| $\beta$     | °                | Windrichtung                            |                    |                      |
| $p_{g,IR}$  | W/m <sup>2</sup> | Globalstrahlung bis 2800 nm, horizontal |                    |                      |
| $p_{g,v}$   | W/m <sup>2</sup> | 4* Globalstrahlungen N,E,W,S (vertikal) |                    |                      |
| $p_{g,PhV}$ | W/m <sup>2</sup> | Globalstrahlung PhV-Ebene,              |                    |                      |
| $p_{g,SOL}$ | W/m <sup>2</sup> | Globalstrahlung Solarthermieebene,      |                    |                      |
| $E$         | Lux              | Beleuchtungsstärke                      |                    |                      |

8 Sensoren GLT

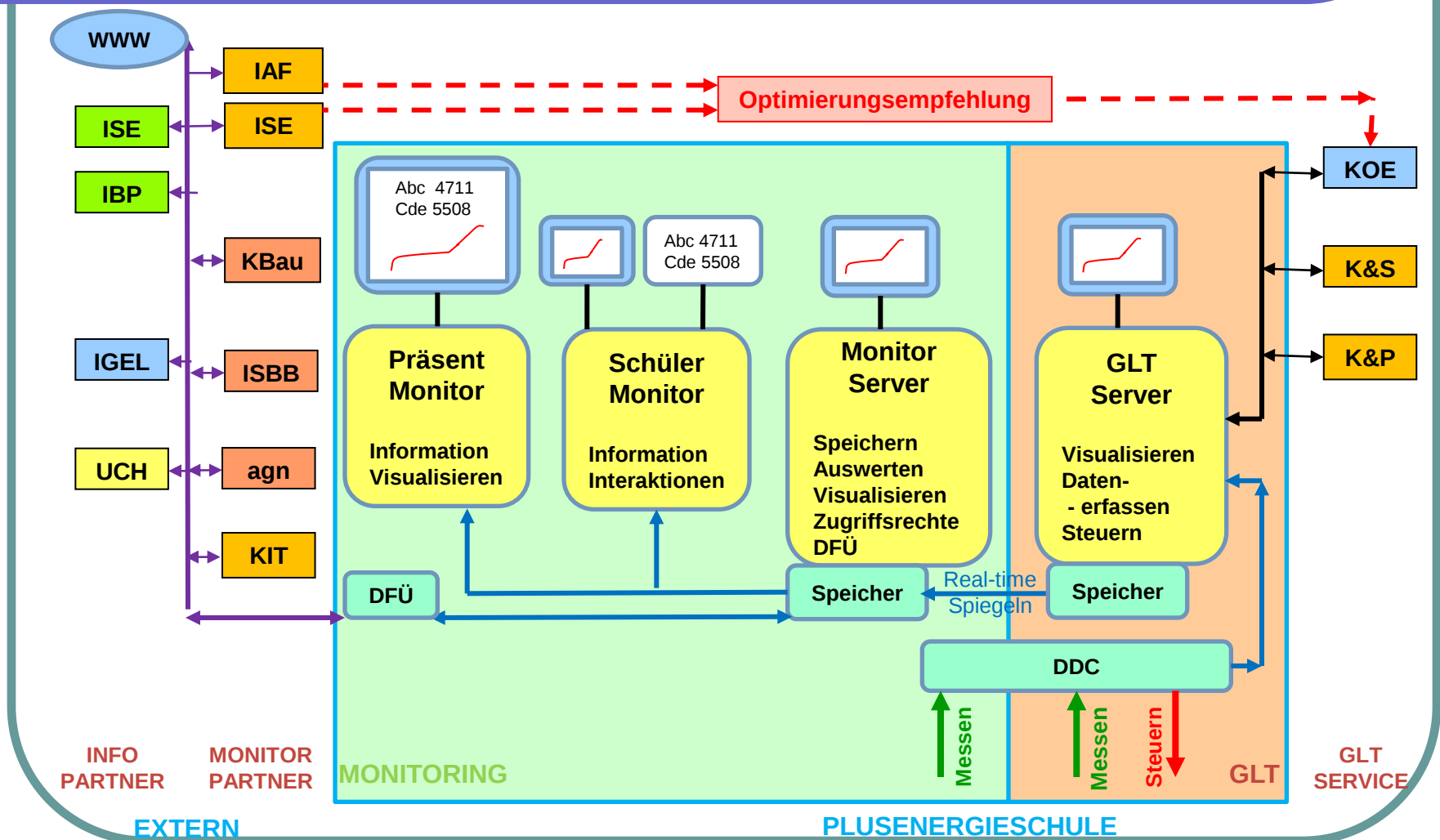
**7 Sensoren Monitoring**

Abstimmung mit Daten und Prognosen des DWD Warnemünde

# AUFSCHALTPUNKTE GESAMT

|                                        |              |
|----------------------------------------|--------------|
| Aufschaltpunkte GLT ohne Wetterstation | 966          |
| Monitoring Technik                     | 90           |
| Monitoring Räume                       | 134          |
| <u>Wetterstation gesamt</u>            | <u>15</u>    |
| <b>Gesamt</b>                          | <b>1.205</b> |

# DATENTRANSFER INTENSIV-MONITORING



# AUSWERTUNG

So weit sind wir noch nicht

Wir bitten um Geduld

Bis zum nächsten Mal

Tschüß

# ENDE

**Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit**

**Fragen?**

**GEORG-WILHELM MAINKA**

**T: 0179 452 492 5**

**E: [georg-wilhelm.mainka@uni-rostock.de](mailto:georg-wilhelm.mainka@uni-rostock.de)**