



Demonstrationsbauvorhaben  
PLUS Energie Schule Rostock. Reutershagen  
Energetische Sanierung der Bausubstanz

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung

Prof. Dipl.-Ing. Martin Wollensak  
Architekt BDA / DGNB

PLUS Energie Schule

# Gliederung

## Kurzdarstellung

- Projektverlauf
- Bauwerksdaten
- Kostenkennwerte

## Zielstellung und Umsetzung

- Energieoptimierung
- Multifunktionale Nutzungserweiterung
- Architektonische Verbesserung
- Zwischenklimazonen
- Nachhaltigkeit

## Problemstellungen nach Inbetriebnahme

- Feststellungen der Nutzer

## Mehrwert für den Nutzer

- Feststellungen der Nutzer

## Preise

- Schule 2030 / 365 Orte

## Bauen mit vorgefertigten Holzelementen

# „Energieeffiziente Schulsanierung“ (EnEff: Schule)

im Rahmen des Förderkonzeptes  
„Energieoptimiertes Bauen“ (EnOB)

**Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)**

## Demonstrationsbauvorhaben PLUS Energieschule Rostock

Bauherr                      Hansestadt Rostock

Förderung / Bundeswirtschaftsministerium BMWi  
Finanzierung Landesumweltministerium M-V / LFI  
Projektträger Jülich PTJ  
Fraunhofer ISE / ILEK  
Hochschule Wismar / Universität Rostock  
Hansestadt Rostock

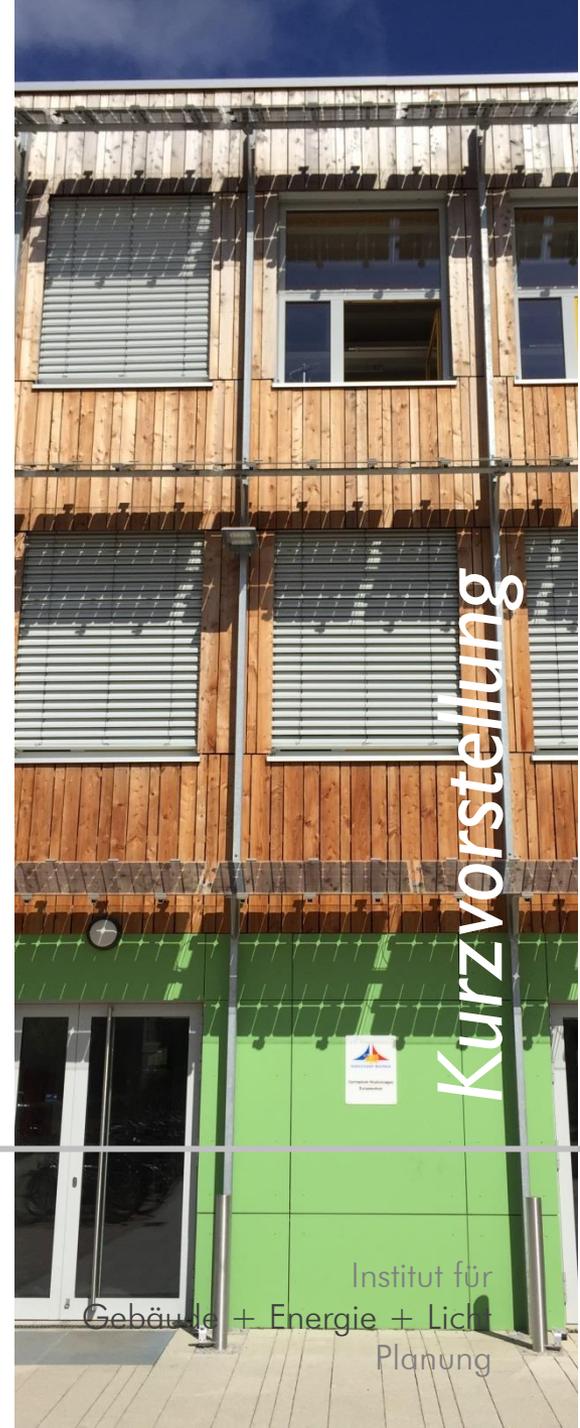


# Kurzvorstellung

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung

## Demonstrationsbauvorhaben

Von der energetischen Sanierung zur Grundsanierung mit  
Neubau



Kurzvorstellung

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung

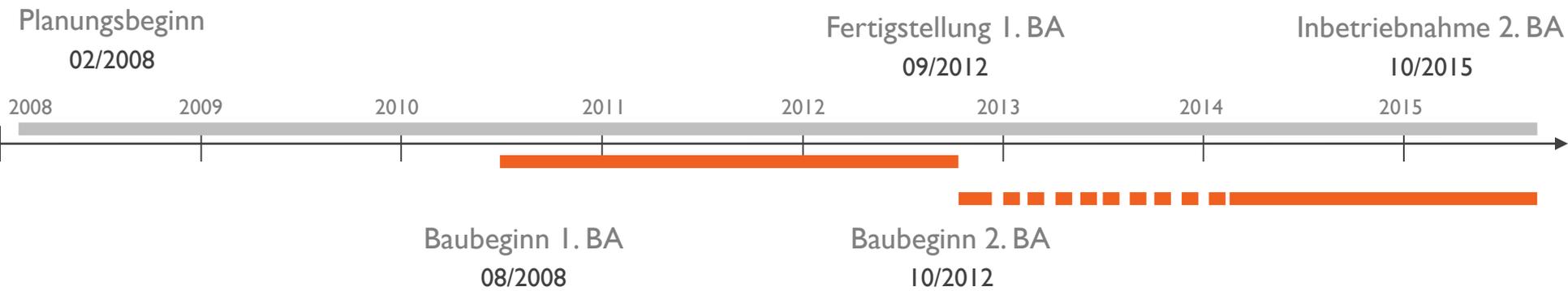
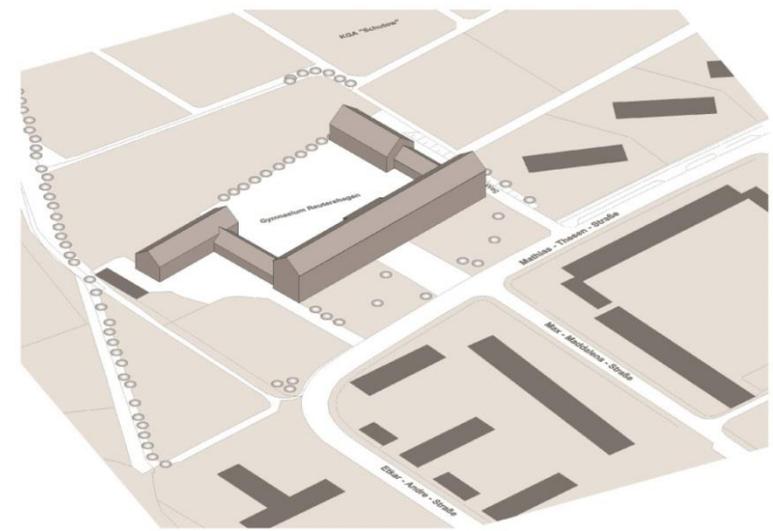
# Objektdaten

## Planungsbeteiligte

<b>Projekt</b>	PLUS-Energieschule Rostock
<b>Bauherr</b>	Hansestadt Rostock, Amt für Schule und Sport vertreten durch den Betrieb der Kommunalen Objektbewirtschaftung und-entwicklung der Hansestadt Rostock KOE
<b>Architekt</b>	Institut für Gebäude + Energie + Licht Planung, Wismar
<b>Tragwerk</b>	Ingenieurbüro für Baustatik Dipl.-Ing. Peter Schenk, Wismar
<b>Haustechnik</b>	K&S Ingenieurplanung GmbH, Rostock
<b>Energieberatung</b>	Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE), Freiburg Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP) Abteilung Wärmetechnik, Stuttgart
<b>Monitoring</b>	Kompetenzzentrum Bau, Mecklenburg Vorpommern
<b>Bauüberwachung</b>	Institut für Gebäude + Energie + Licht Planung, Wismar
<b>Brandschutzplanung</b>	Prof. Dr. Riesner
<b>Schallschutz</b>	Prof. Dr. Mainka, Dr. Winkler
<b>ENEV- Berechnung</b>	Prof. Dr. Mainka, Dr. Winkler
<b>Bodengutachten</b>	
<b>Schadstoffgutachten</b>	
<b>SiGeKo</b>	
<b>Projektsteuerung 2.BA</b>	INROS Lackner SE
<b>Nutzer / Betreiber</b>	Hansestadt Rostock, Amt für Schule und Sport Europaschule Gymnasium Reutershagen, Rostock Grundschule „Wir Nordwindkinner“ Rostock

## Projektverlauf

1. BA: Neubau Grundschule + Atrium
2. BA: Sanierung Bestandsgebäude +  
Erweiterungsneubau Gymnasium  
Baubegleitende Planung

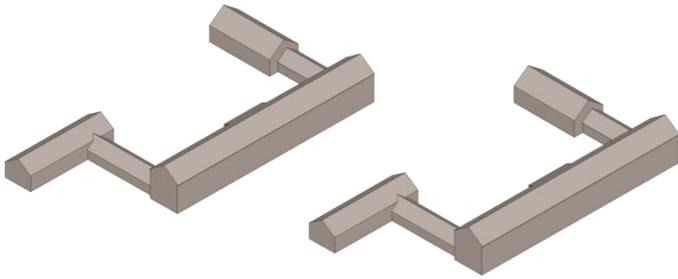


*Kurzvorstellung*

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung

## Bestand

2 typengleiche Schulstandorte



**Typenbau** Bauzeit ca. 1960

**Einbund-Schulgebäude** in Massivbauweise

**Hauptgebäude** 3-geschossig

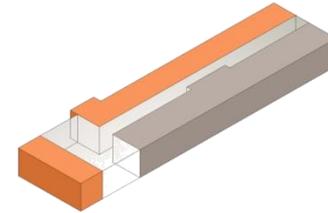
**Nebengebäude** hofartig angeordnet

**Turnhalle** 1-geschossig

**Hortgebäude** 2-geschossig

## Planung

1 gemeinsames Schulzentrum



**Kompaktbauweise**

**Zweibundtyp** mit Atrium

**Hauptgebäude** 3-geschossig

**Nebengebäude** Sporthalle

**Turnhalle** 1-geschossig

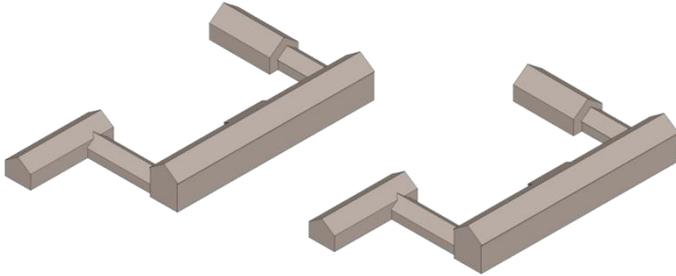
**integrierte Hortnutzung**

# Kenndaten

## Gegenüberstellung Bestand - Konzept

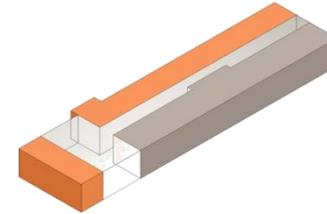
### Bestand

2 typengleiche Schulstandorte



### Planung

1 gemeinsames Schulzentrum



	Vor Sanierung	Nach Sanierung
<b>Bruttogeschossfläche</b> / in m <sup>2</sup>	5.258	8.386
<b>Nettogrundfläche</b> / in m <sup>2</sup>	4.697	6.998
<b>Verkehrsfläche</b> / in m <sup>2</sup>	2.280	1.685
<b>Energiebezugsfläche</b> / in m <sup>2</sup>	3.422	6.325
<b>Bruttorauminhalt</b> / in m <sup>3</sup>	22.000	36.300
<b>U-Werte Gebäudehülle</b> / in W/m <sup>2</sup> K		
Außenwand	1,06	0,15
Fenster Holzrahmen	2,80	0,83
Fenster Kunststoff	1,70	
Dach	1,91	0,12
<b>Heizwärmebedarf</b> / in kWh/m <sup>2</sup> a	138,9	36,81 (Planung)
<b>Primärenergiebedarf</b> / in kWh/m <sup>2</sup> a	100,30	36,14 (Planung)

# Kurzvorstellung

## Bauwerksdaten I. + 2. BA

BGF **8.386 m<sup>2</sup>**

I. BA 2.411 m<sup>2</sup>

2. BA 5.975 m<sup>2</sup>

NF **4.341 m<sup>2</sup>**

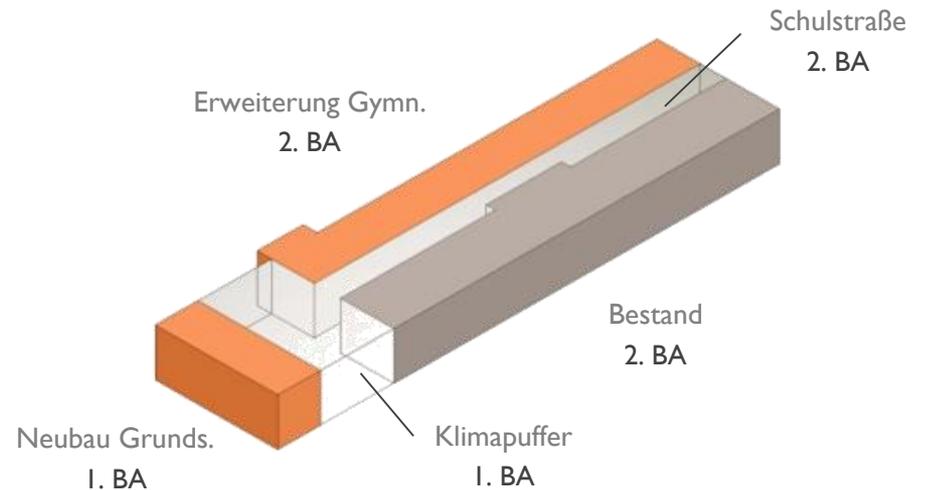
I. BA 1.157 m<sup>2</sup>

2. BA 3.184 m<sup>2</sup>

NGF **6.998 m<sup>2</sup>**

I. BA 1.957 m<sup>2</sup>

2. BA 5.040 m<sup>2</sup>



A/V-Verhältnis **0,27**

Außenfläche ca. 10.000 m<sup>2</sup>

BRI Volumen ca. 36.300 m<sup>3</sup>

Schüler/innen **832**

Grundschule ca. 302

Gymnasium einschl. Klassenstufe 5 und 6  
ca. 530



## Baukosten

Baukosten / m<sup>2</sup> BGF

Vergl. Nach BKI 2014

**1.200 €\***

1.520 €

Baukosten / m<sup>2</sup> NF

Vergl. Nach BKI 2014

**2.318 €\***

2.420 €

Baukosten / NE (Schüler)

Vergl. Nach BKI 2014

**11.312 €\***

14.120 €



\* Stand: Vorläufige Kostenfeststellung 15.04.16 ( ohne Los Dacharbeiten und Los Schließanlage)

Vergleichswerte aus: BKI Baukosten Gebäude 2014, stand I. Quartal 2014 (Mittelwerte)

# Kurzvorstellung

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung

Aufgabe und Zielstellung:

## „Zusammenfassen“

Vereinfachung der Gebäudeform

Reduzierung der Hüllflächen

Optimierung neuer Nutzflächen

Zielstellung und Umsetzung

## Das PLUS Prinzip

Zielsetzung: ganzheitlicher Planungsansatz / Doppelfunktion

Energetische Sanierung- und Erweiterung bei gleichzeitiger Verbesserung der architektonischen Qualität und Schaffung zusätzlicher



### Energieoptimierung

Verringerung des A/V-Verhältnisses, Verbesserung der thermischen Hülle, passive Solarenergiegewinnung

1. Senkung Energieverbrauch
2. Passive Nutzung Solarenergie
3. Aktive Nutzung Solarenergie

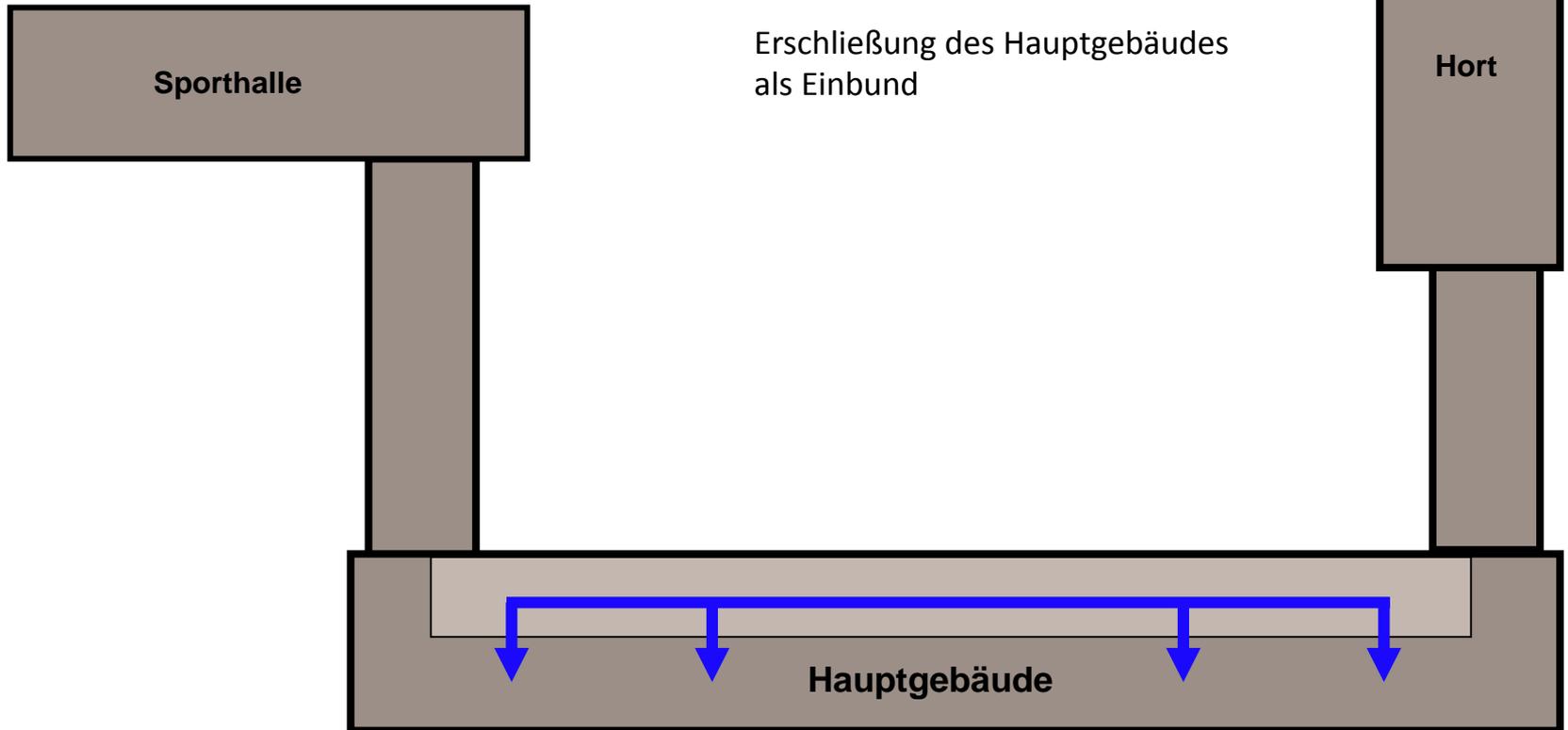
# Sanierungsprinzip

unsanierter Gebäudebestand

unzureichender Wärmeschutz der äußeren Hülle des Gebäudebestands

ungünstiges A/V Verhältnis

Erschließung des Hauptgebäudes als Einbund



*Sanierungsprinzip*



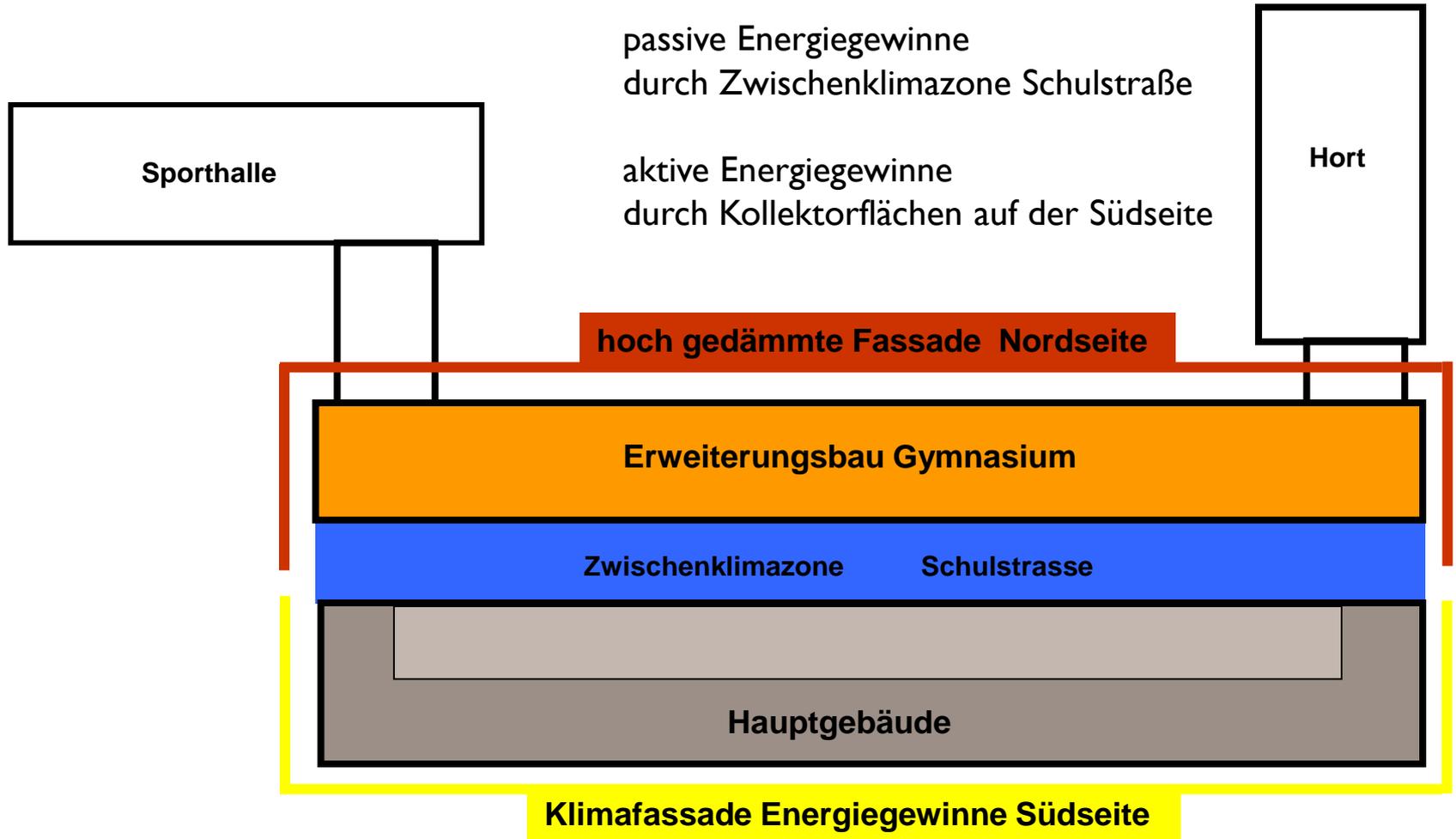
# Sanierungsprinzip

Energieoptimierung

optimierte Dämmung auf der Nordseite  
durch bauliche Ergänzung der Fachräume

passive Energiegewinne  
durch Zwischenklimazone Schulstraße

aktive Energiegewinne  
durch Kollektorflächen auf der Südseite



*Sanierungsprinzip*

# Wiederverwendung statt Sanierung

Prinzip „weniger ist mehr“

## Das PLUS dieses Planungsansatzes zählt 4-Fach

- neue Gebäude in zeitgemäßer Bauweise mit hochgedämmten Außenwänden  
gewährleisten geringen Wärmeverlust und Heizenergiebedarf
- die Potenziale des Bestands werden für den Neubau genutzt  
z.B. die vorhandene Erschließung
- neu entwickelte Nutzungsbereiche für den Schulbetrieb  
ermöglichen eine Vielzahl von Aktivitäten
- Bestand bleibt im Wesentlichen erhalten die zum Einsatz kommenden Bauprodukte  
sind unter den Aspekten des Lebenszyklus als nachhaltig und energieeffizient einzustufen

---

# Sanierungsprinzip

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung

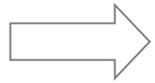
## ein weiteres **PLUS** die Energiebilanz...

- **günstiges Außenfläche / Volumenverhältnis durch kompakte tiefe Baukörper:**
  - das große Volumen speichert die Wärme
  - geringe Außenfläche minimiert den Wärmeverlust
  - **Primärenergiebedarf bleibt gering**



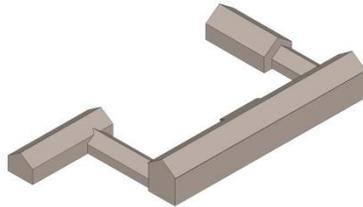
- **durch günstige Primärenergiefaktoren und die Nutzung regenerativer Energiequellen**

wird die Energiebilanz beispielhaft



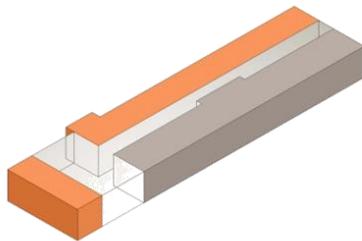
## Energieoptimierung

Verringerung des A/V-Verhältnisses



A/V – Verhältnis vor Sanierung

0,38



A/V – Verhältnis nach Sanierung

0,27

---

# Umsetzung



# Energieoptimierung

## Verbesserung der thermischen Hülle

### Vor energetischer Sanierung

**Außenwand Nord, Ost, Süd, West**

Wärmedurchgangskoeffizient  
 $U = 1 / R_T : 1,06 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 Gesamtdicke: 40,00 cm



**oberste Decke**

Wärmedurchgangskoeffizient  
 $U = 1 / R_T : 1,91 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 Gesamtdicke: 33,00 cm

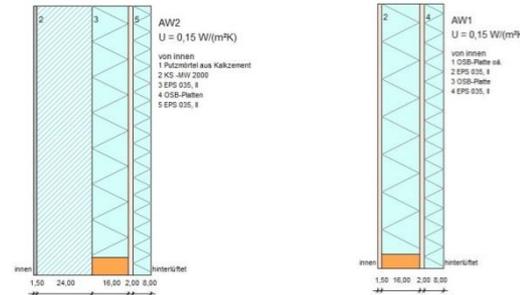


**Fenster Holzrahmen mit 2-Sch.-Vergl.**

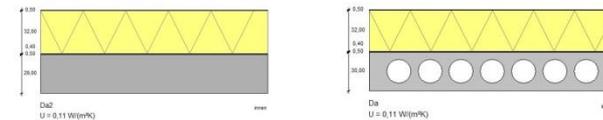
Wärmedurchgangskoeffizient  
 $U = 1 / R_T : 2,80 \text{ W/m}^2\text{K}$



### Nach energetischer Sanierung



U-Wert:  
**0,15 W/(m<sup>2</sup>K)**

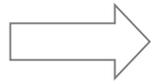


U-Wert:  
**0,12 W/(m<sup>2</sup>K)**

**3-fach Isolierglas**

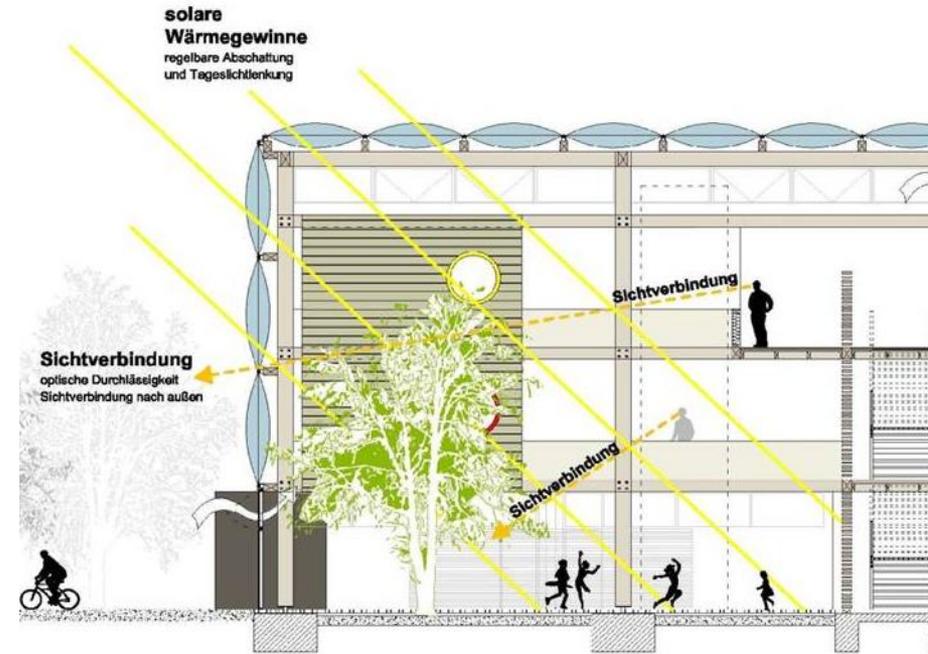
U<sub>w</sub>-Wert:  
**0,83 W/(m<sup>2</sup>K)**

# Umsetzung



# Energieoptimierung

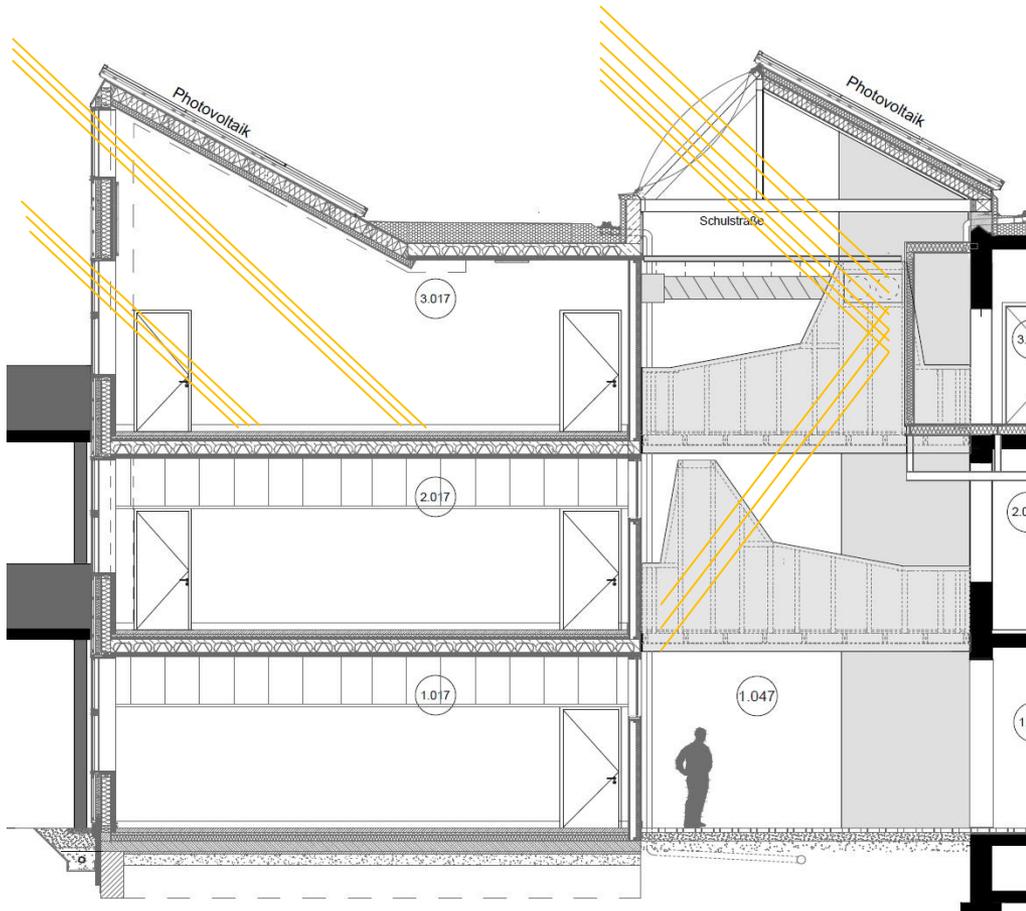
## Passive Solarenergiegewinnung



Nutzung der Zwischenklimazonen  
Zur passiven Energiegewinnung

# Umsetzung

→ Energieoptimierung  
Tageslichtnutzung



## Tageslichtnutzung

Neubau + Schulstraße

Belichtung der  
Schulstraße

Belichtung der  
Klassenräume

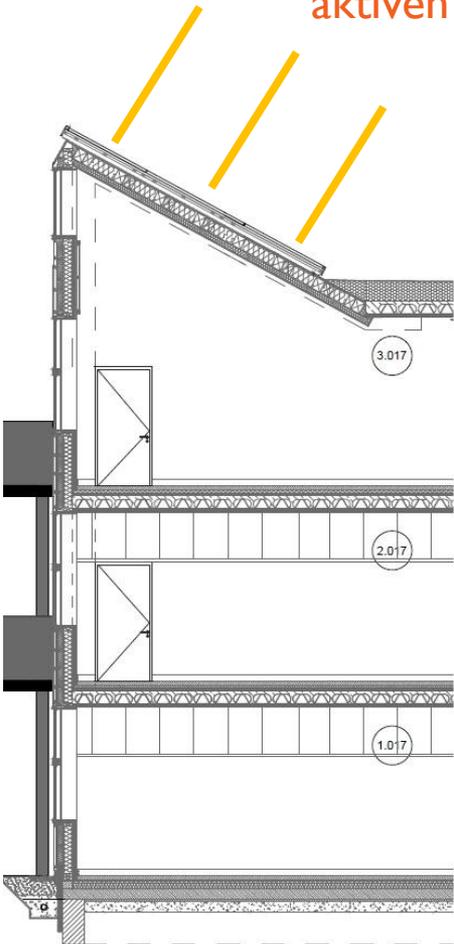


Tiefere Belichtung der  
Räume möglich

# Umsetzung

## Energieoptimierung

Nutzung der Hüllflächen für gebäudeintegrierte PV zur aktiven Solarenergiegewinnung



### Dachintegrierte PV

Sheddächer Schulstraße + Neubau

Fläche Neubau

375 m<sup>2</sup>

Fläche Schulstraße

350 m<sup>2</sup>

Fläche Gesamt

725 m<sup>2</sup>

Nennleistung Gesamt

120 kWp



# Umsetzung

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung



## Energieoptimierung

Nutzung der Hüllflächen für gebäudeintegrierte PV zur aktiven Solarenergiegewinnung

### Fassadenintegrierte PV

Südfassade Bestandsgebäude

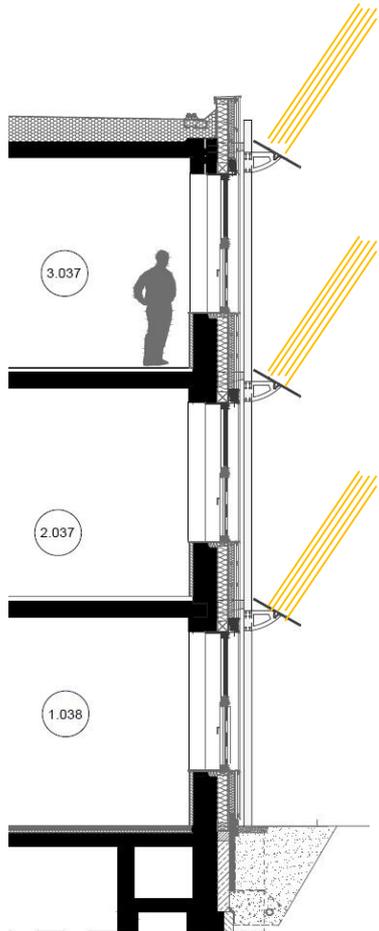
Fläche Südfassade

60 m<sup>2</sup>

Doppelnutzung der PV als Verschattungselemente für die Klassenräume

Nennleistung Gesamt

20 kWp



# Umsetzung

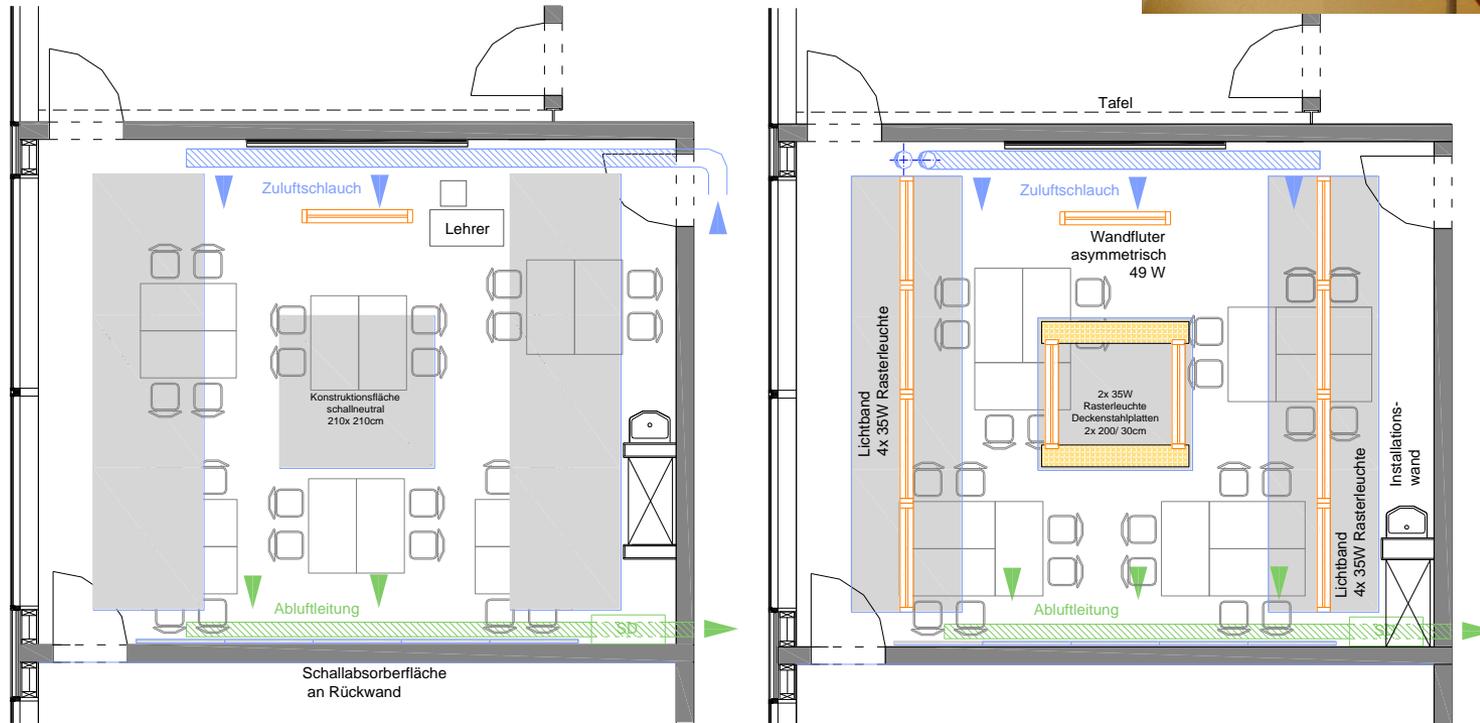
Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung



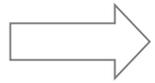
Energieoptimierung **Low Tech**

Nur soviel Technik wie unbedingt nötig

## Beispielklassenraum



# Umsetzung

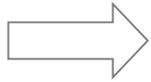


Energieoptimierung  
Notwendige Technik  
Selbsterklärend sichtbar machen



*Umsetzung*

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung



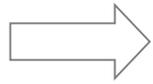
## Energieoptimierung

Hybride Lüftung zur Verbesserung der Raumluftqualität und Senkung der Lüftungswärmeverluste

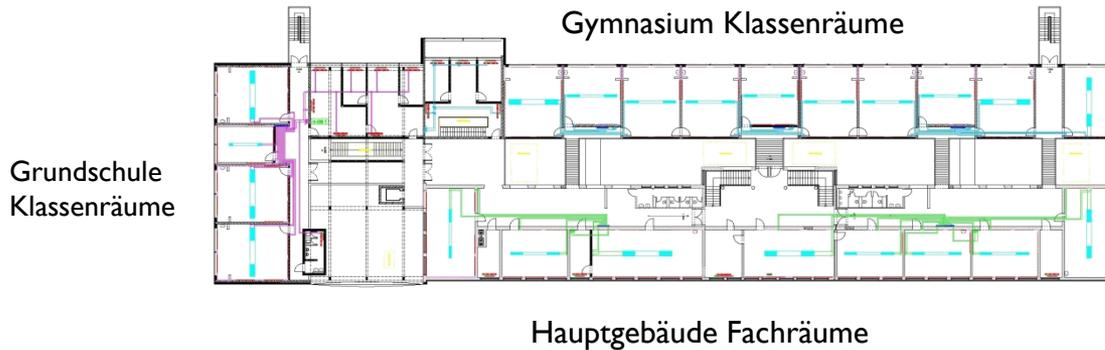
- Zuluft Anlage mit dezentraler Versorgung jedes einzelnen Klassenzimmers
- mit Nutzung des Luftraums der Zwischenräume zur Sammlung der Abluft und Wärmerückgewinnung
- zentrale Abluftführung in der „Schulstraße“ unter Nutzung der vorhandenen Thermik
- verbesserte Ausnutzung der solaren Einträge



# Umsetzung



## Energieoptimierung Durch sinnvolle Gliederung in verschiedene Klimazonen



### zur optimalen Anpassung an die Bedürfnisse des Nutzers

- unbeheizter „Marktplatz und Schulstraße mit großen solaren Wärmeeinträgen (passive Sonnenenergienutzung) im Winter natürliche Belüftung und Verschattung im Sommer
- stufenweise schaltbare Niedertemperaturheizung
- Optimierung der Gebäudehülle mit hoch wärmegeprägten Bauteilen

## Umsetzung





## Energieoptimierung

### Gebäudeintegrierte Kleinwindkraftanlagen

### Zur aktive Energiegewinnung



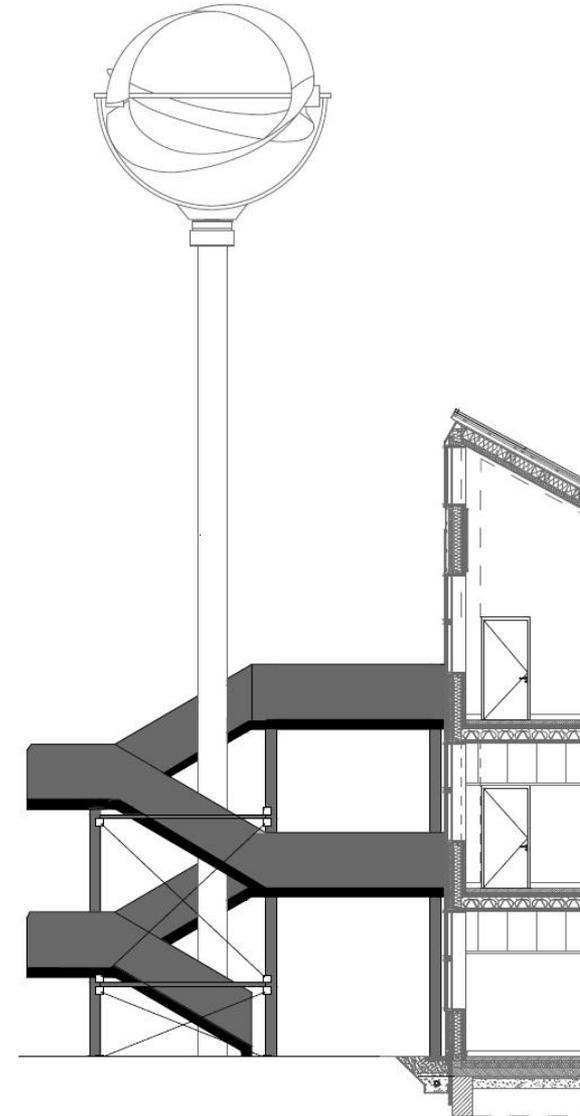
## Gebäudeintegrierte WKA

Treppenhäuser Nordfassade

Nennleistung

**2 x 2,3 kW**

Doppelnutzung der Treppenhäuser  
als Mast und Fundament für WKA



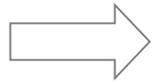
# Umsetzung

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung



*Umsetzung*

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung

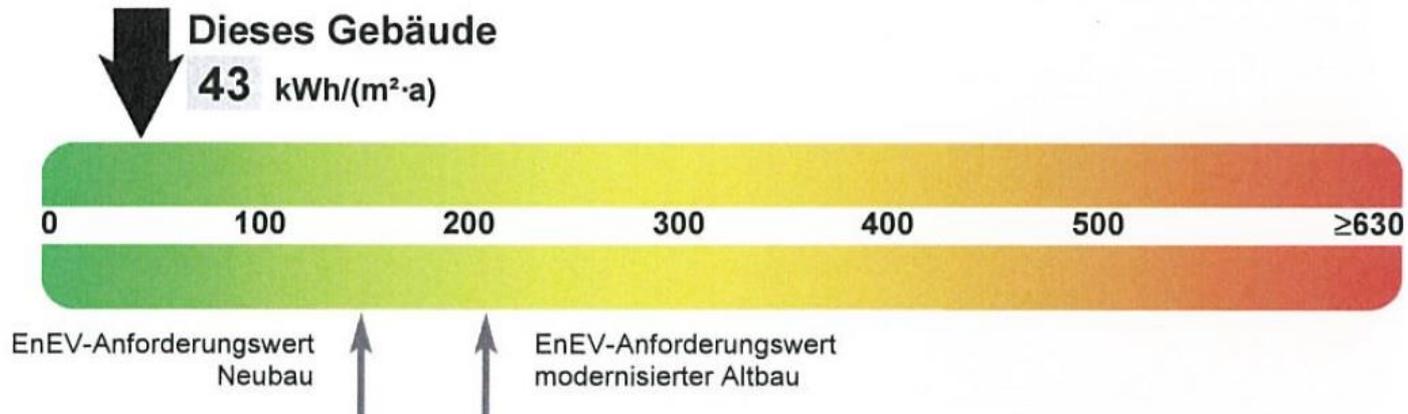


## Energieoptimierung

Senkung des (Primär-) Energieverbrauchs

Primärenergiebedarf Bestand

100 kWh/(m<sup>2</sup>a)



*Umsetzung*



## Thermische Solarenergie

kurz- oder mittelfristige Wärmespeicherung in konventionellen und neuen Speichermethoden



## ORC Anlage

Stromgewinnung aus Wärme



In Abstimmung mit Fraunhofer ISE:

Änderung des Energiekonzepts, keine thermische Solarenergie, keine ORC Anlage

## Das PLUS Prinzip

Zielsetzung: ganzheitlicher Planungsansatz / Doppelfunktion

Energetische Sanierung- und Erweiterung bei gleichzeitiger Verbesserung der architektonischen Qualität und Schaffung zusätzlicher



Multifunktionale Nutzungserweiterung

Verbesserung des A/V-Verhältnisses und Schaffung zusätzlicher Aufenthalts-, Kommunikations- und Bewegungsflächen

---

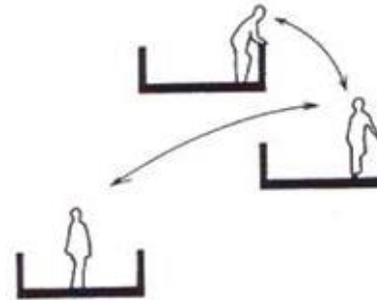
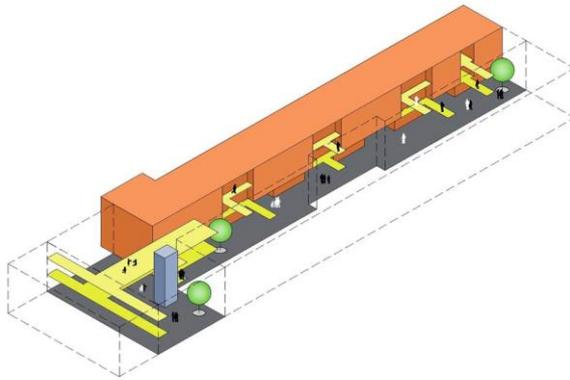
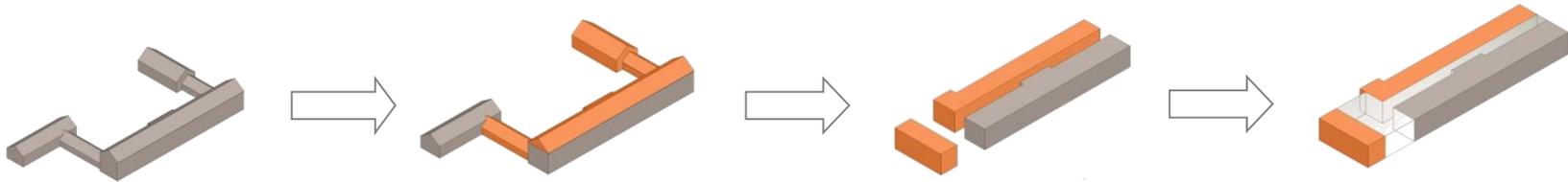
*Zielstellung*

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung



## Multifunktionale Nutzungserweiterung

Schaffung zusätzlicher Aufenthalts-, Kommunikations- und Bewegungsflächen



Zielsetzung:

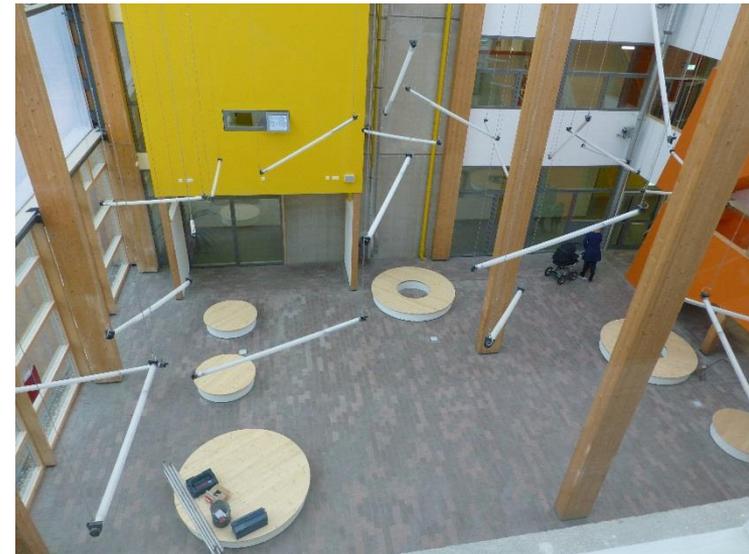
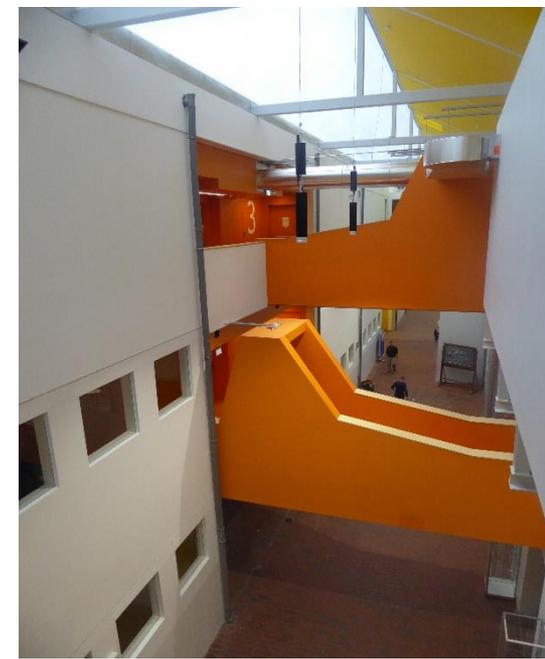
Ganzheitlicher Planungsansatz / Doppelfunktion

# Umsetzung



# Multifunktionale Nutzungserweiterung

Schaffung zusätzlicher Aufenthaltsflächen außerhalb des Raumprogramms



# Umsetzung

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung



# Multifunktionale Nutzungserweiterung -, für Kommunikation und Bewegung



## Umsetzung

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung

## Das PLUS Prinzip

Zielsetzung: ganzheitlicher Planungsansatz / Doppelfunktion

Energetische Sanierung- und Erweiterung bei gleichzeitiger Verbesserung der architektonischen Qualität und Schaffung zusätzlicher



### Architektonische Verbesserung

Sinnvolle Gestaltung der neuen Außenhülle unter Einbeziehung der bestehenden Außenbauteile



*Zielstellung*

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung



## Architektonische Verbesserung

Sinnvolle Gestaltung der neuen Außenhülle unter Einbeziehung der bestehenden Außenbauteile



*Umsetzung*

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung



## Architektonische Verbesserung

Sinnvolle Gestaltung der neuen Außenhülle unter Einbeziehung der bestehenden Außenbauteile



# Umsetzung

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung

## Nutzungsziele der Zwischenklimazonen

Neue Gliederung für das Gebäude



### Erleben

Pädagogisch wertvolle Ergänzung, zusätzlicher Lebensraum, Erleben der Einflüsse von Temperatur und Natur auf den Menschen



### Bewusstsein

Lernen des bewussten Umgang mit Energiequellen und Nutzung durch innovative Gestaltung



### Freizeit

Neue Aufenthaltszonen für freie Gestaltung



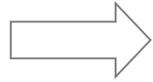
### Unterricht

Aktive Einbeziehung in den Unterricht, Raum für Ausstellungen



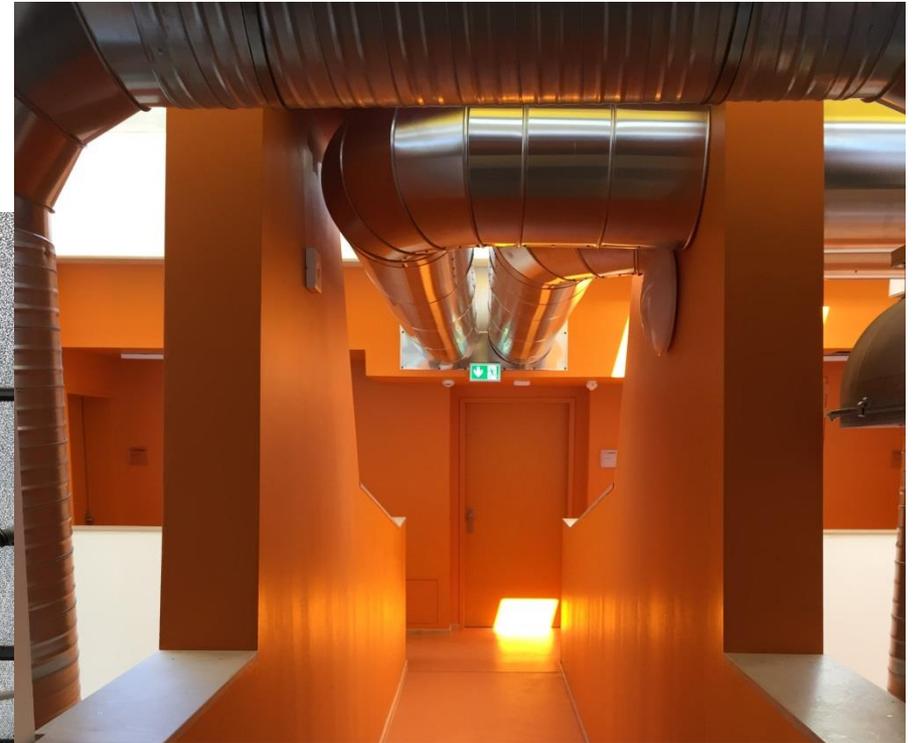
Erleben

Sichtbare + Spürbare Technik



Bewusstsein

Lernen des bewussten Umgang mit Energiequellen



*Umsetzung*

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung



Freizeit

Neue Aufenthaltszonen für freie Gestaltung



Unterricht

Aktive Einbeziehung in den Unterricht, Raum für  
Ausstellungen



*Umsetzung*

## Das PLUS Prinzip

Zielsetzung: ganzheitlicher Planungsansatz / Doppelfunktion

Energetische Sanierung- und Erweiterung bei gleichzeitiger Verbesserung der architektonischen Qualität und Schaffung zusätzlicher



Nachhaltigkeit

Nachhaltiger Einsatz von Baumaterialien im Hinblick auf den Lebenszyklus

---

*Zielstellung*

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung



## Nachhaltigkeit

Nachhaltiger Einsatz von Baumaterialien im Hinblick auf den Lebenszyklus

Einbau von Hohlkörperelementen

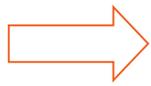
**Reduzierung des Flächengewichts**

- Querschnittsreduzierung
- Einsparung Stahl und Beton



Einbau von Vakuum-Dämmung

**Zur Dämmung der Bestands-FB**



# Umsetzung

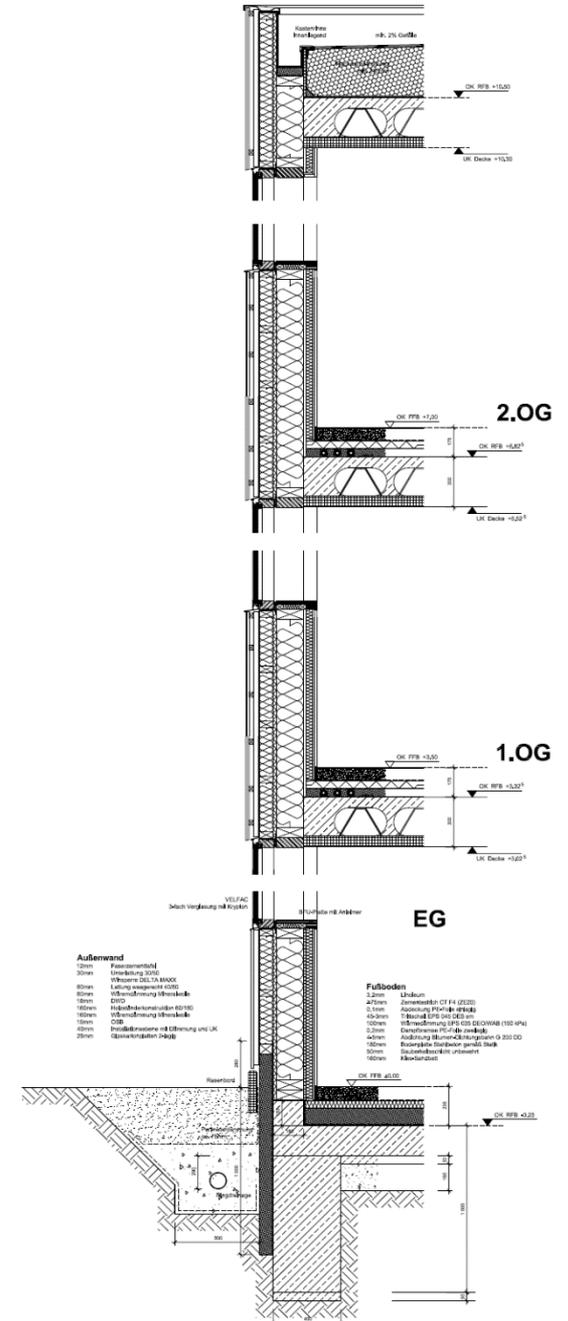
Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung



Nachhaltigkeit  
Nachhaltiger Einsatz von Baumaterialien  
Lebenszyklus



Einbau von Hohlkörperelementen  
Reduzierung des Flächengewichts



Umsetzung

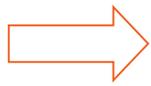


## Nachhaltigkeit

Nachhaltiger Einsatz von Baumaterialien im Hinblick auf den Lebenszyklus



Fassaden / Konstruktionen aus Holz  
Nachhaltige Materialien in alt- und  
Neubau



BNB-Prüfung möglich  
Unsere Einschätzung: „BNB – Silber“



# Umsetzung

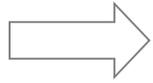
Feststellungen  
Im laufenden Betrieb

Problemstellungen

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung

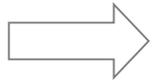
## Problemstellungen nach Inbetriebnahme

### Widersprüche

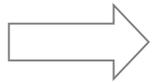


Raumprogramm / Flächenbedarf / Schüleranzahl

Sommerlicher Wärmeschutz

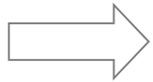


Geringe Transmissionswärmeverluste Nachtluftspülung GLT



Nutzung Offene Schule

Notwendige Paniksicherung Sicherheit



Raumakustik

„Unbekannte Schallreflexion“ der Zwischenräume



Gestaltung Akzeptanz von Beton und offenen Leitungen

Sichtbare Installation und Beton

## Ausgezeichnet

BMW-Preis 2014 „Schule 2030 – Lernen mit Energie“



BMW-Preis 2014 „Schule 2030 – Lernen mit Energie  
„Vorbildhaftes Schulprojekt in Neubau und Sanierung“

Deutschland  
Land der Ideen



Ausgezeichnete Orte  
im Land der Ideen



365 Orte im Land der Ideen

„Nachhaltigkeit: Note sehr gut“

„Rostocker Gymnasium wird zum bundesweiten Vorbild für  
Energieeffizienz“

# Preise / Auszeichnungen

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung

PLUS Energie Schule Rostock  
„Ein Beispiel das Schule machen wird“

Preise / Auszeichnungen

Bauen mit vorgefertigten Holzelemente  
Außenfassade I. BA / Grundschule



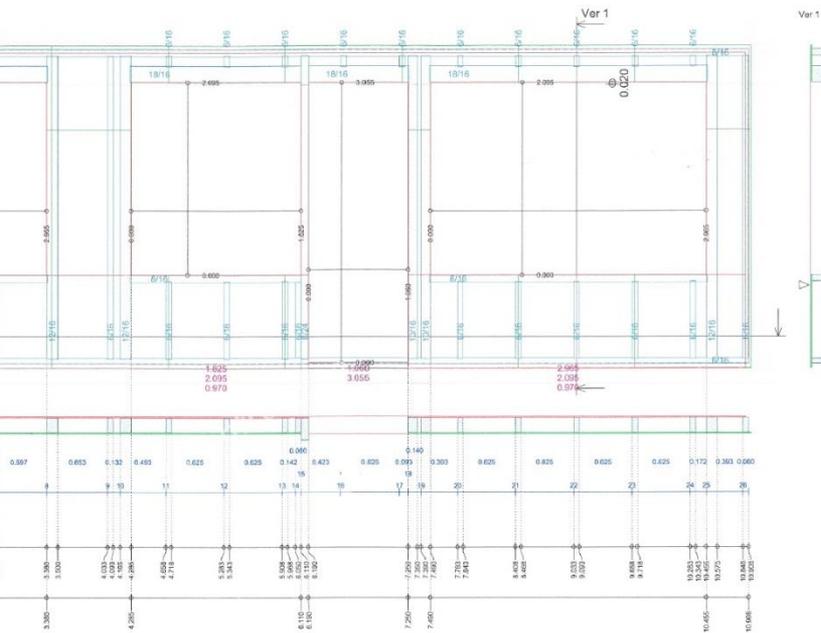
Vorgefertigte Holzelemente

# Vorfertigung im Holzbau

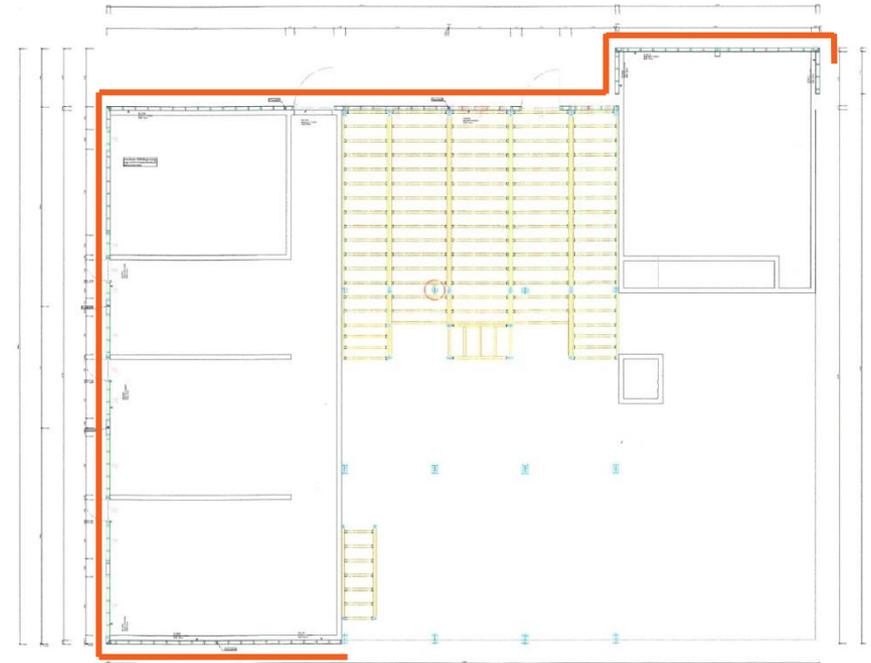
## Außenfassade der Grundschule



Planung / Theorie  
Schnelle Montage



Werkplanung Fassadenelement



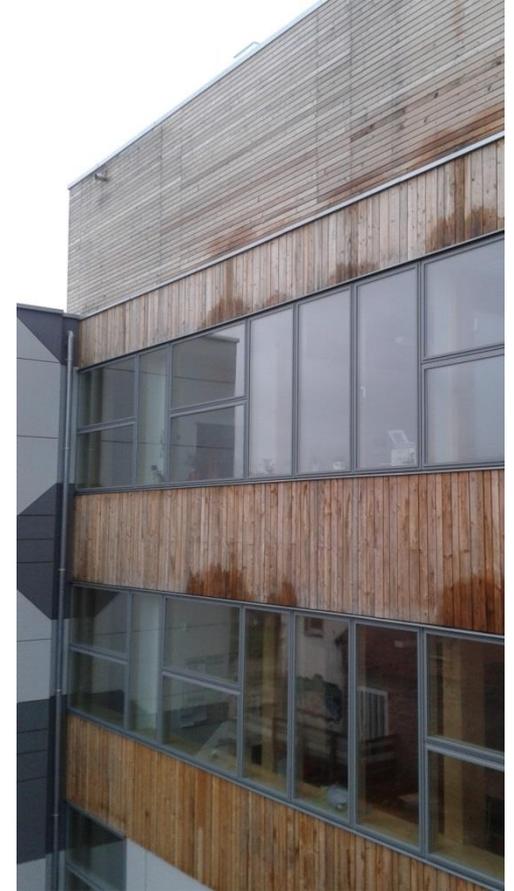
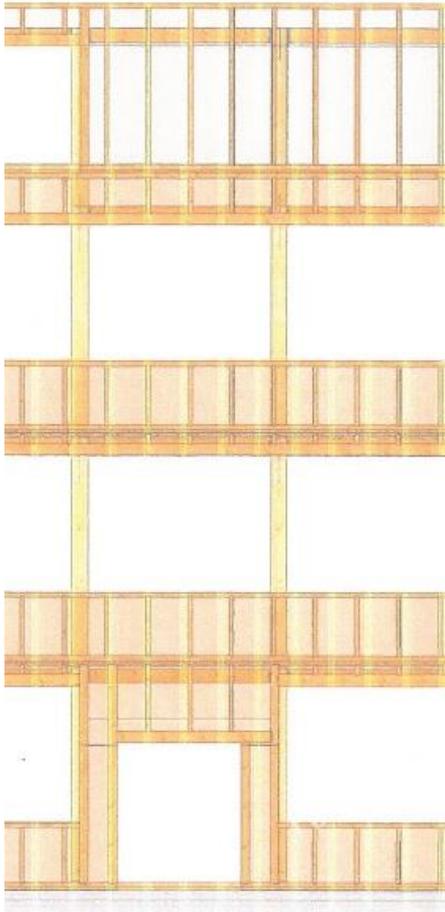
Grundriss I. BA Holzfertigwände

# Vorgefertigte Holzelemente

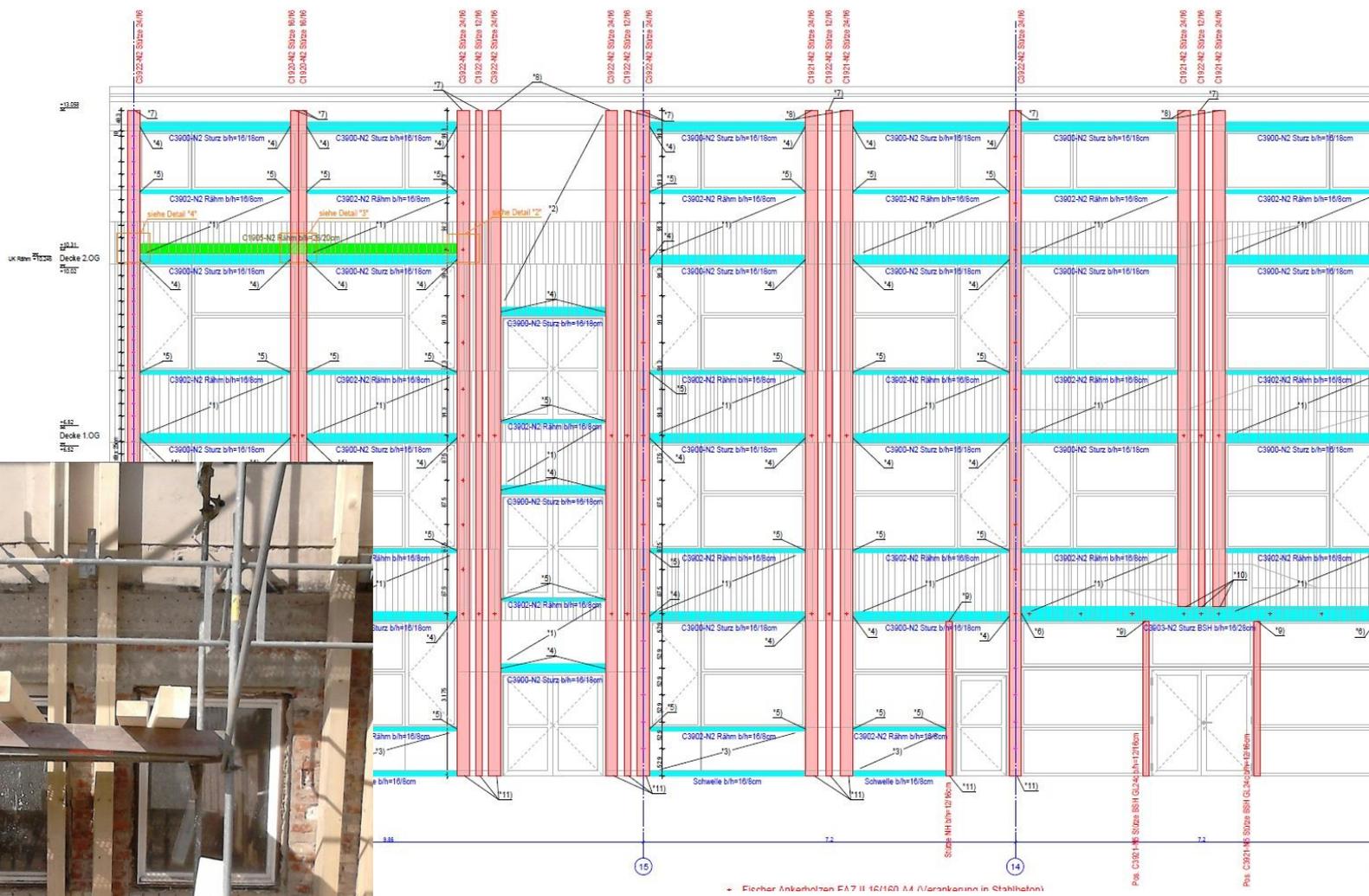
Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung



# *Vorgefertigte Holzelemente*



# *Vorgefertigte Holzelemente*



Ausführung / Praxis  
Statische Anforderungen

# Vorgefertigte Holzelemente

Das Ziel ist erreicht. Ein vielfaches Plus.

Auch wenn noch die Kinderkrankheiten behoben werden müssen

Ist ein nachhaltiges und energieeffizientes Haus entstanden mit vielfältigen nutzbaren Räumen

Das Haus gilt es jetzt mit leben zu erfüllen !



Mehrwert

## Ganzheitlicher Planungsansatz / Doppelfunktion

Optimale Ausstattung



- mit neuen Raumangeboten und veränderten Rahmenbedingungen zur Gestaltung des Schulalltags

**Das PLUS ist für die Schüler erlebbar und kann in den Unterricht miteinfließen.**

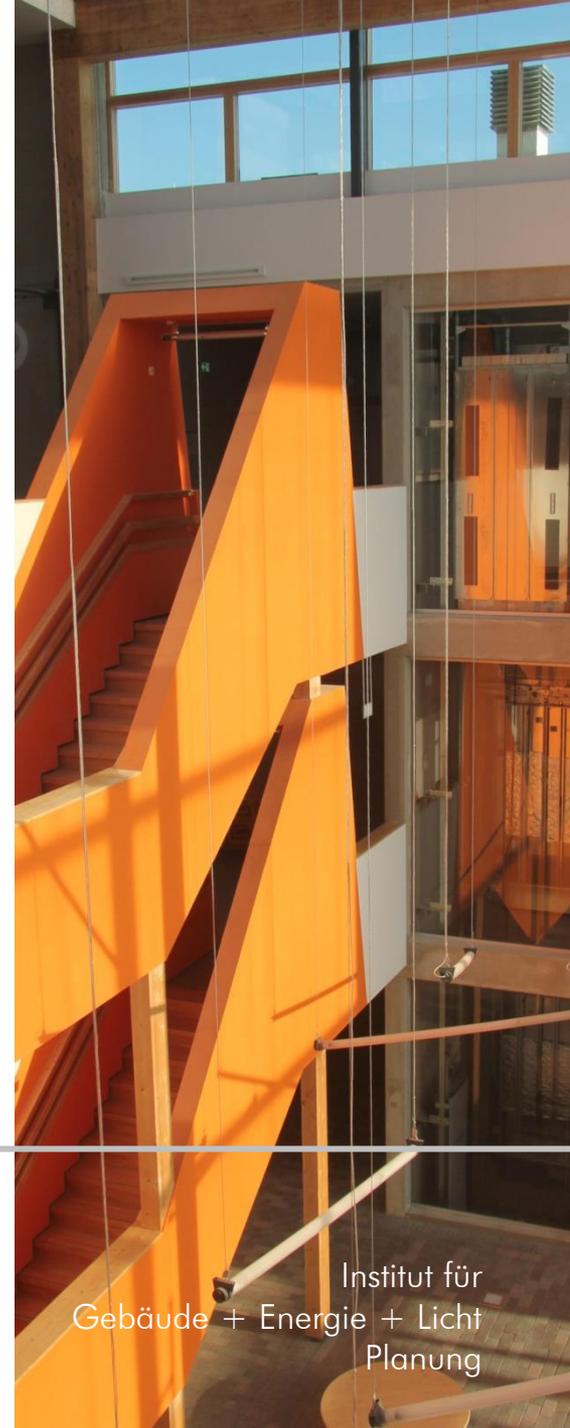
*Mehrwert*

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Martin Wollensak

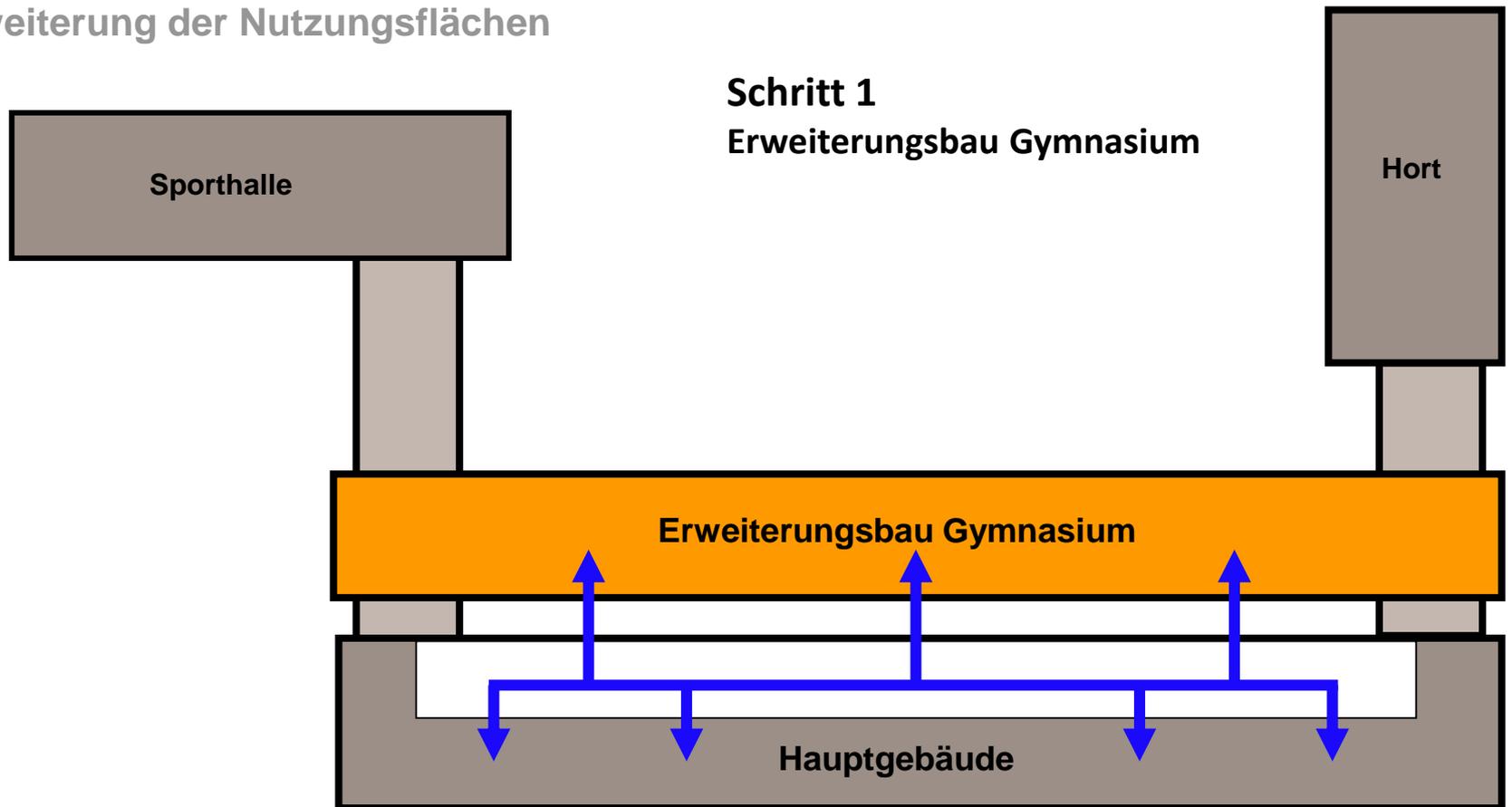
Prof. Dipl.-Ing. Architekt BDA/DGNB



Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung

# Phase 1

Erweiterung der Nutzungsflächen

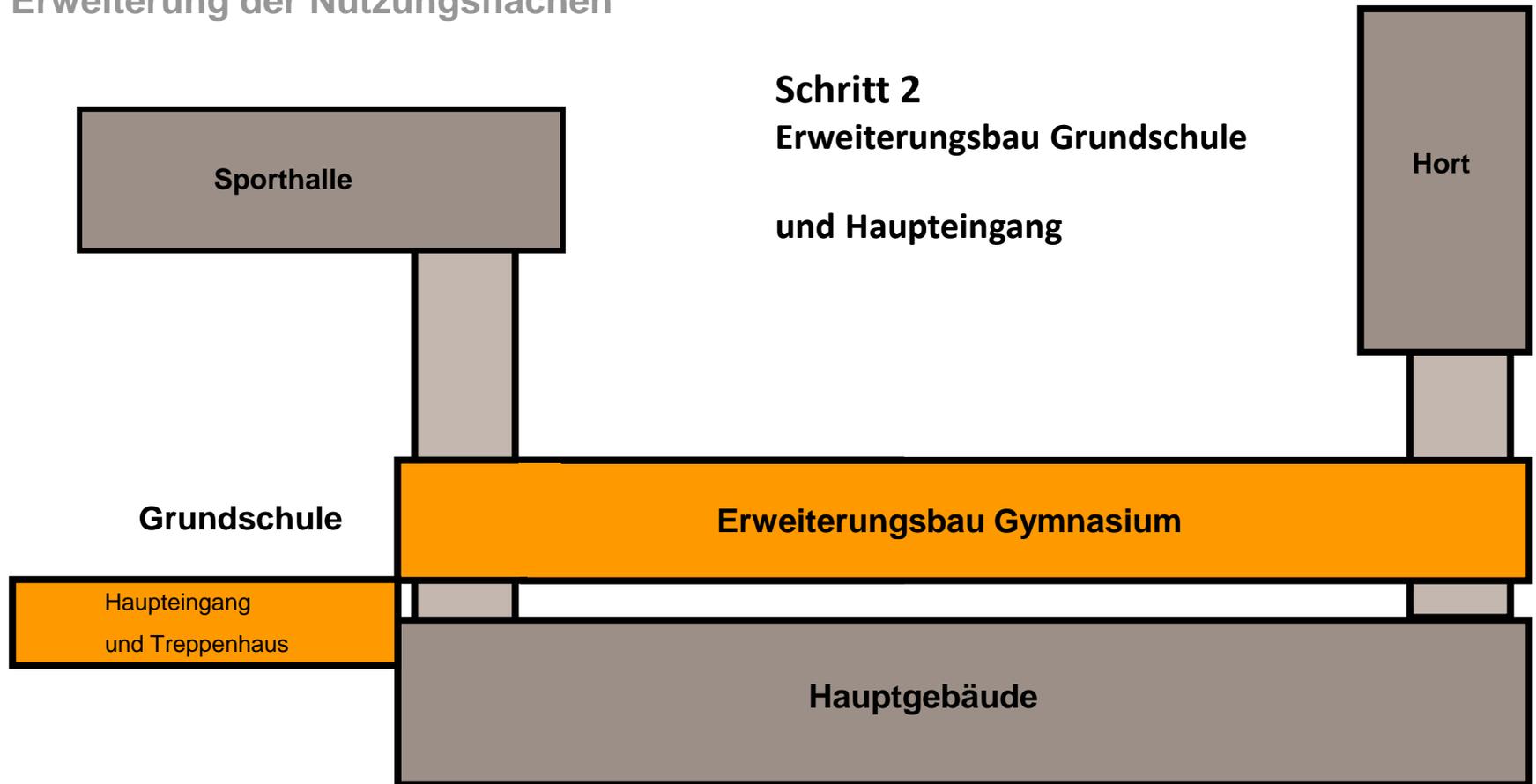


*Integrale Planung*

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung

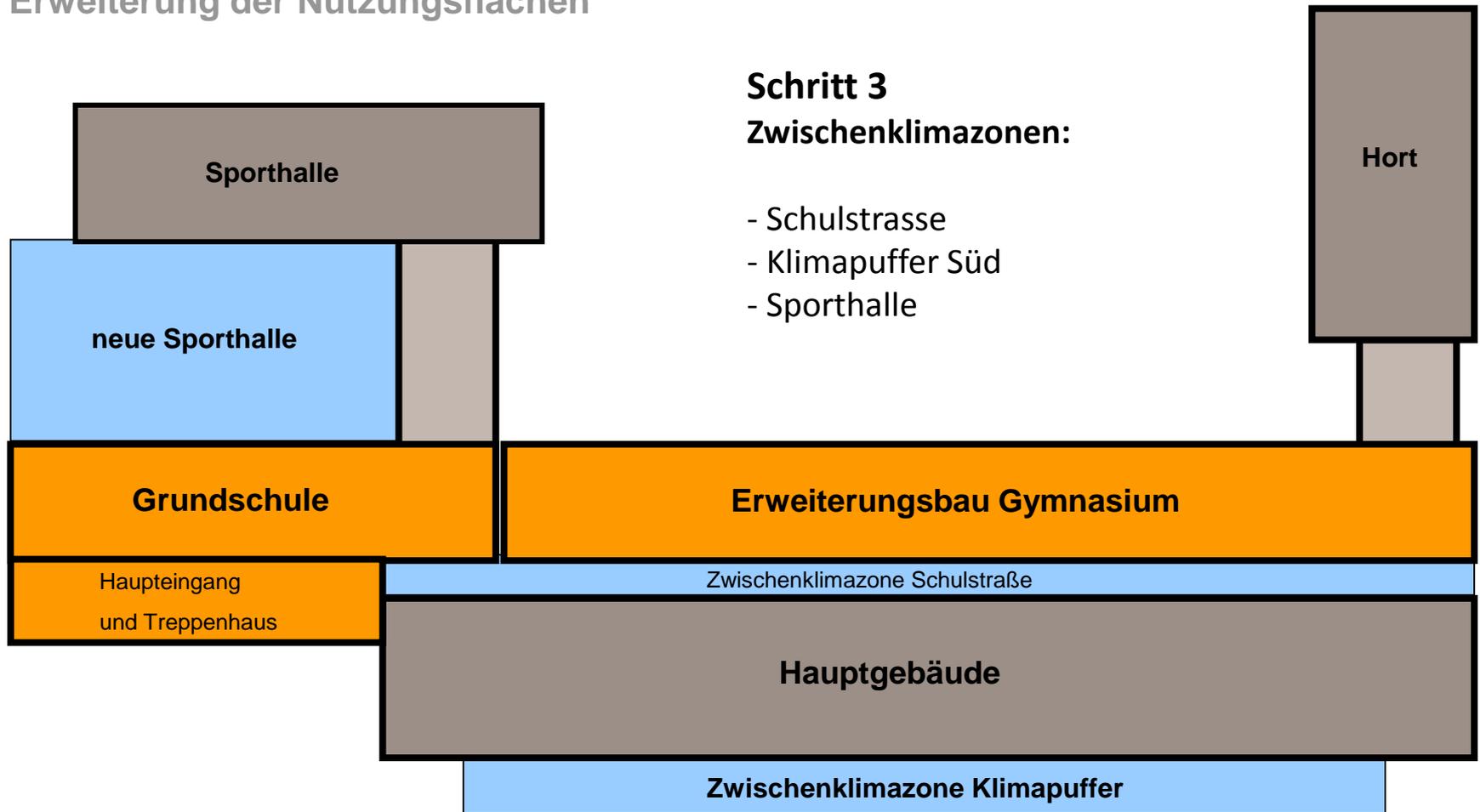
# Phase 1

Erweiterung der Nutzungsflächen



# Phase 1

Erweiterung der Nutzungsflächen

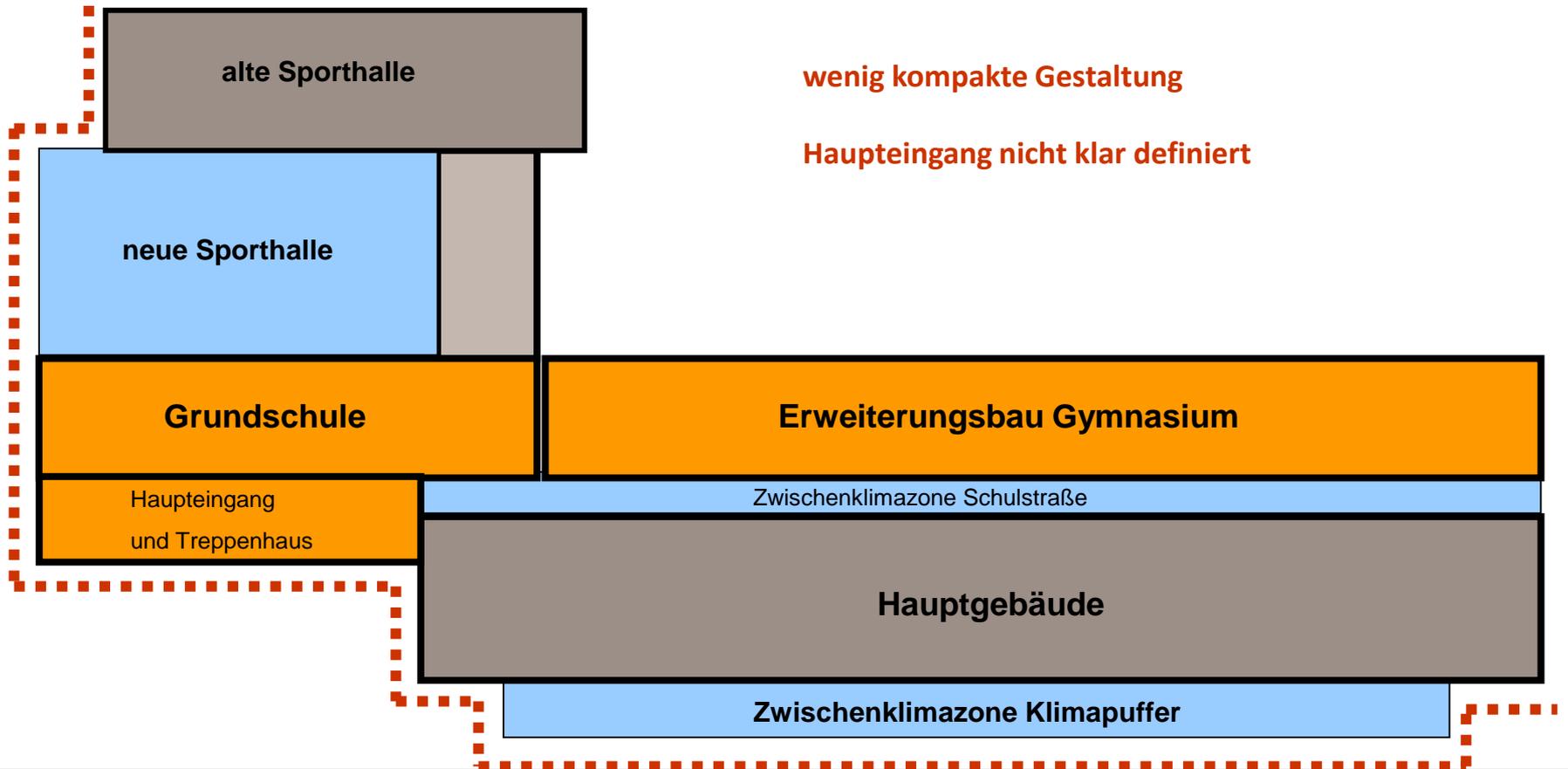


*Integrale Planung*

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung

# Phase 1

Erweiterung der Nutzungsflächen



---

# *Integrale Planung*

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung

---

# *Integrale Planung*

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung

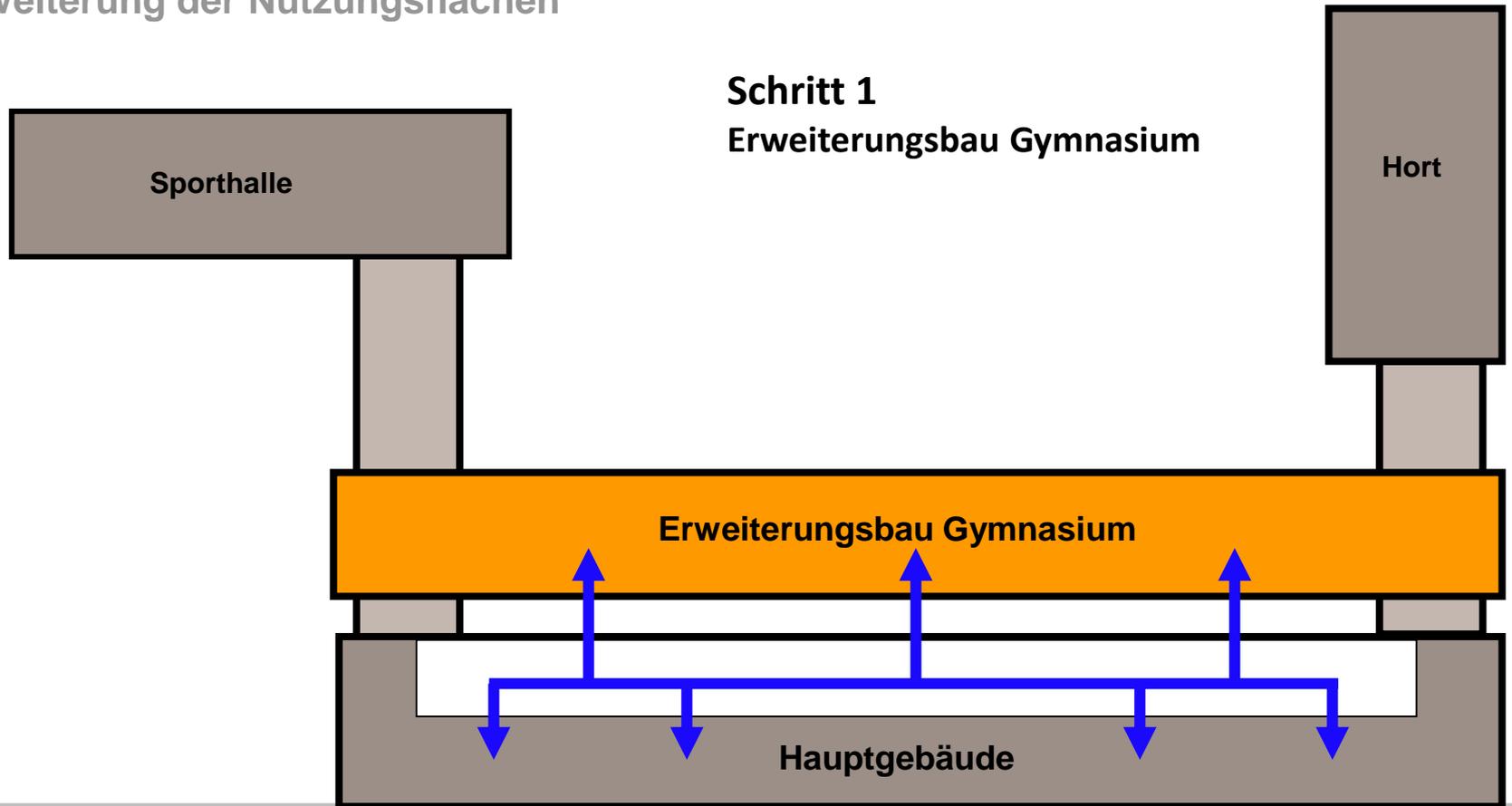
---

# *Integrale Planung*

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung

# Phase 1

Erweiterung der Nutzungsflächen



*Integrale Planung*

Institut für  
Gebäude + Energie + Licht  
Planung