



**Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
GmbH & Co. KG**
Beratende Ingenieure VBI

Stuttgart, Köln



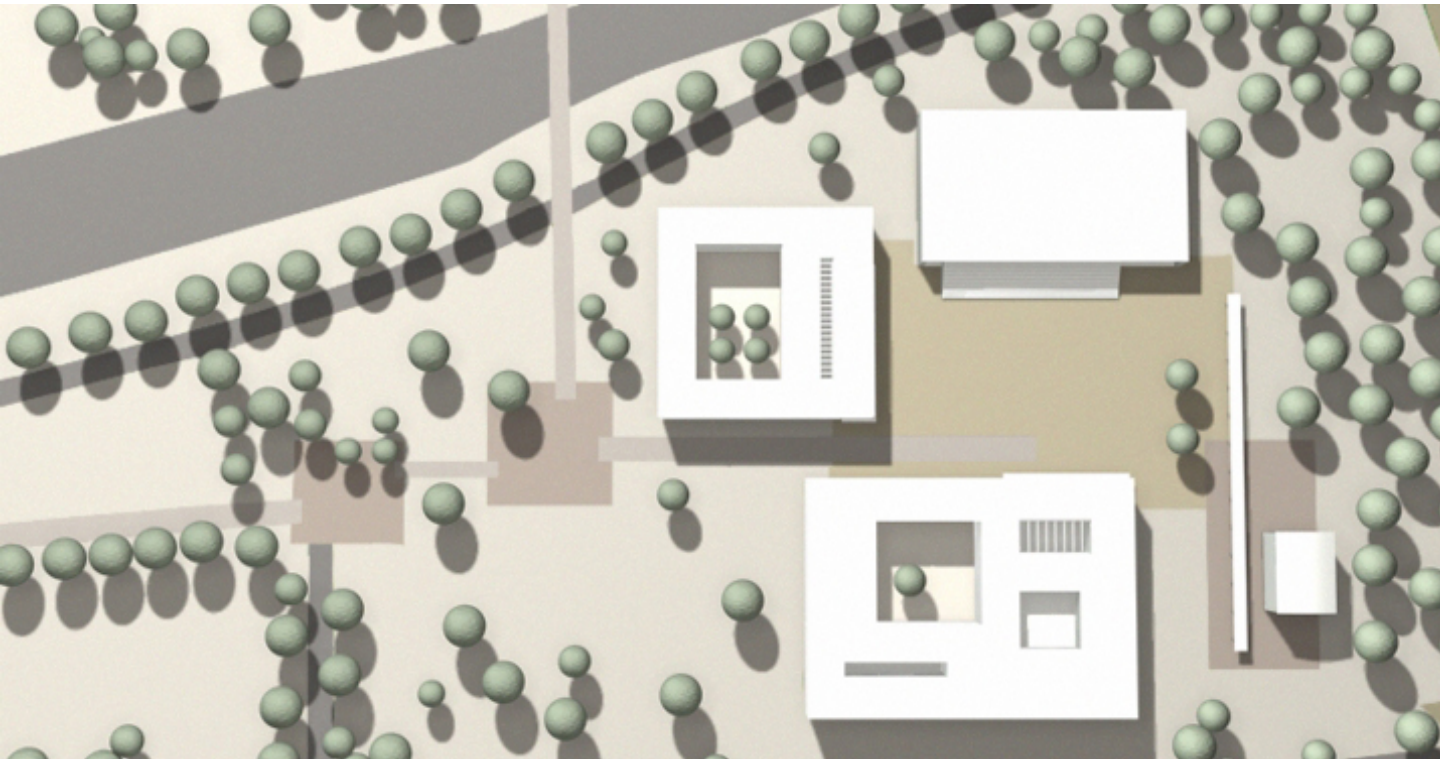
ENERGIEEFFIZIENTE SCHULPROJEKTE

- **NEUBAU BERUFSSKOLLEGS MIT INNOVATIVEM LÜFTUNGSKONZEPT**
- **SANIERUNG SCHUL- UND SPORTZENTRUM MIT SOLARER NAHWÄRME**

DIPL.-ING. MARKUS PFEIL

11. MÄRZ 2009, STUTTGART

NEUBAU BERUFSSKOLLEGS DES KREISES RECKLINGHAUSEN



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI

www.pk-i.de

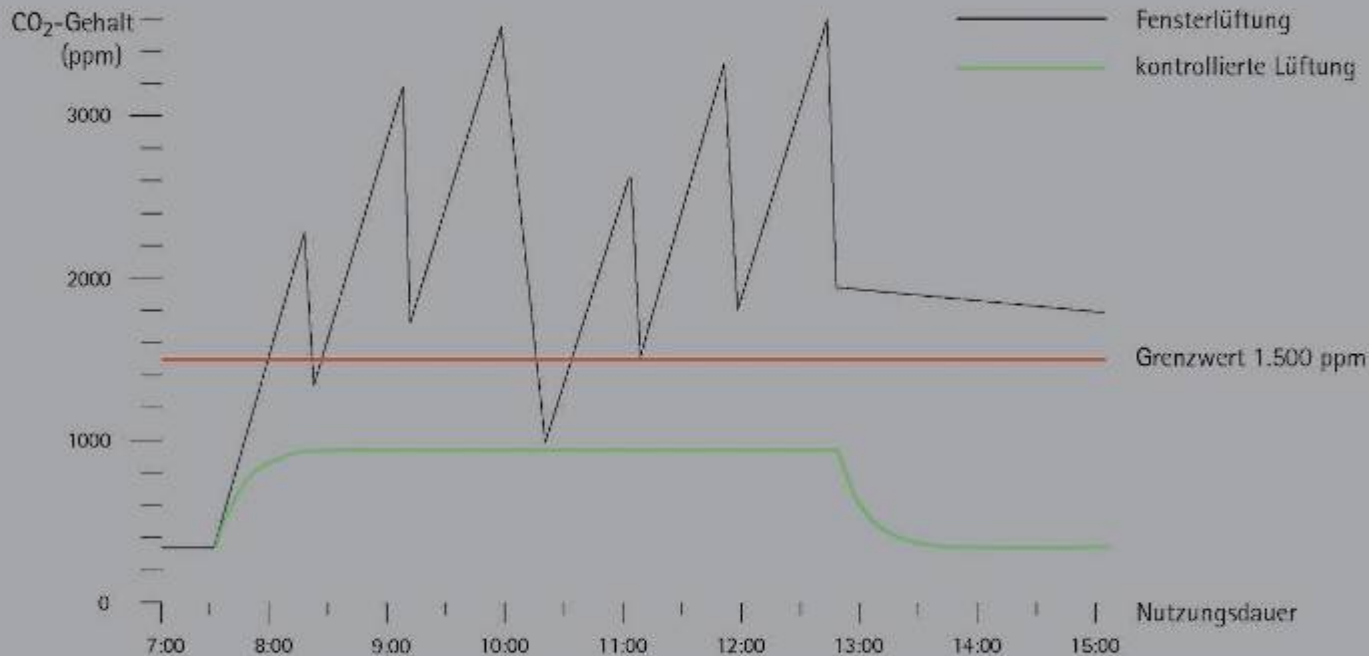
Architektur: scholl architekten partnerschaft scholl.balbach.walker

LUFTQUALITÄT IM KLASSENRAUM

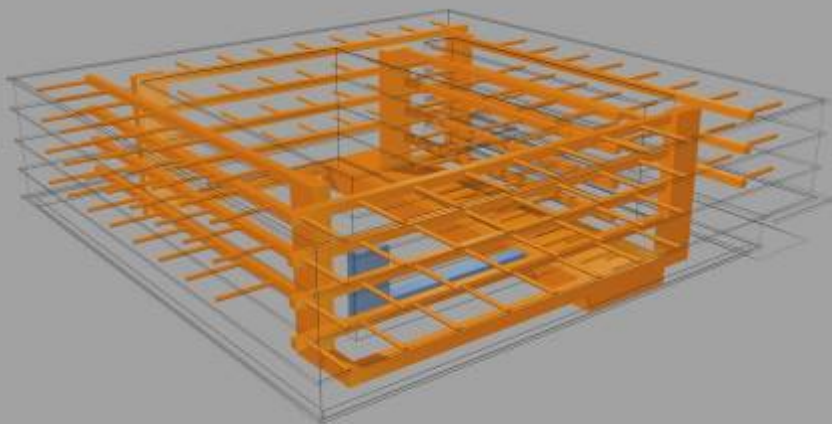
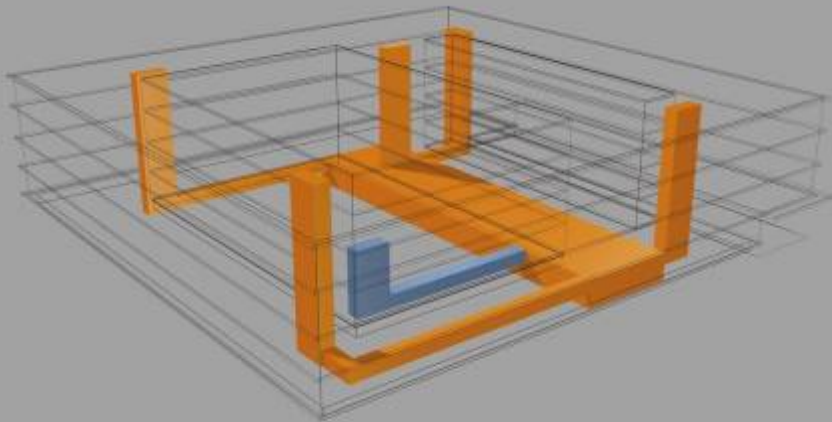
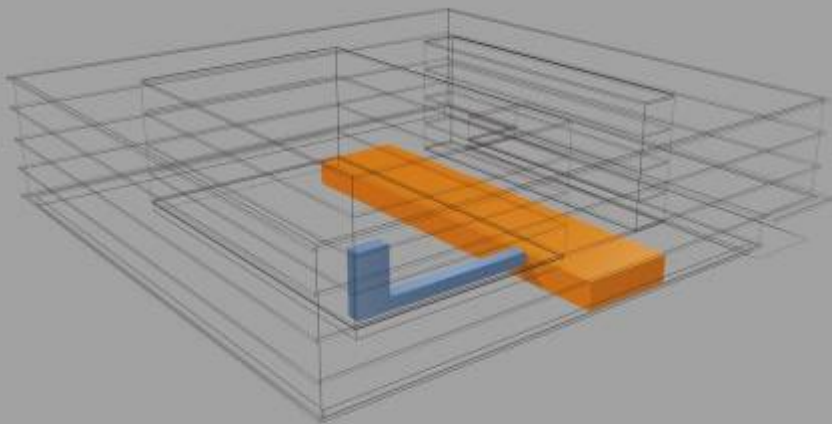
Fensterlüftung vs. kontrollierte Lüftung



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI

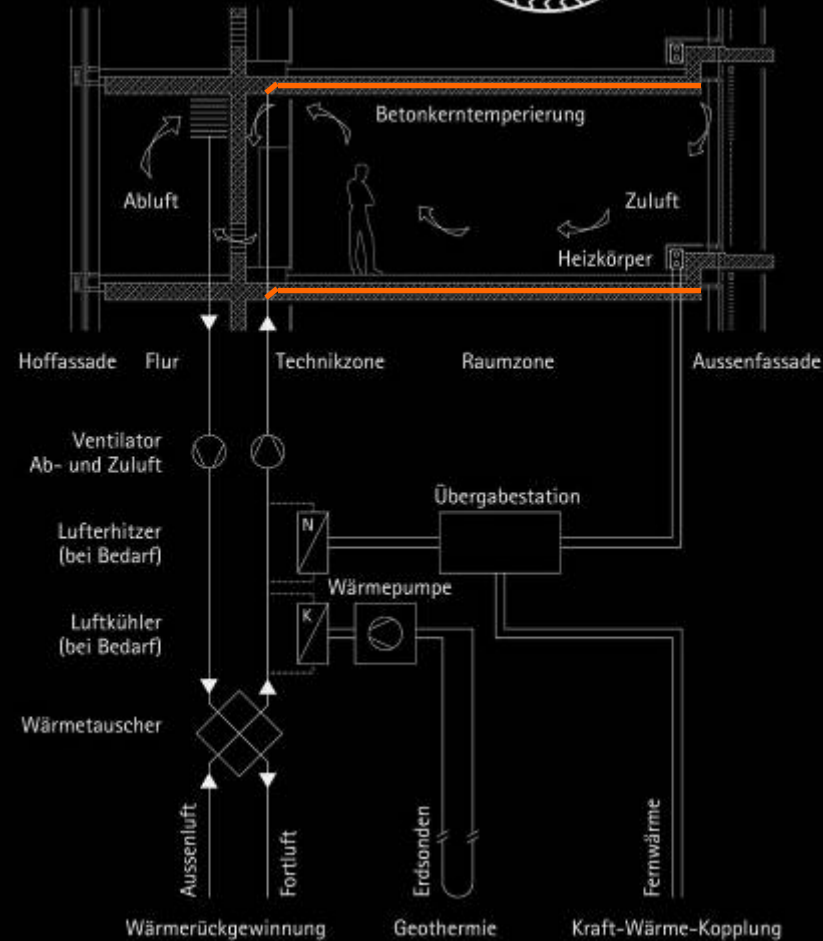
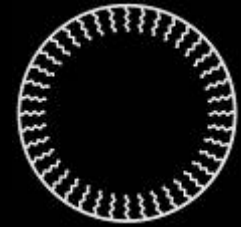


→ Bei geschlossenen Fenstern ist der Luftqualitätsgrenzwert nach 20 – 30 Minuten überschritten



LÜFTUNGSKONZEPT

Bauteilaktivierung über Luft



INNENBERIPPTE LÜFTUNGSKANÄLE AUS ALUMINIUM



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI

FASSADE

sichtbare Luftauslässe

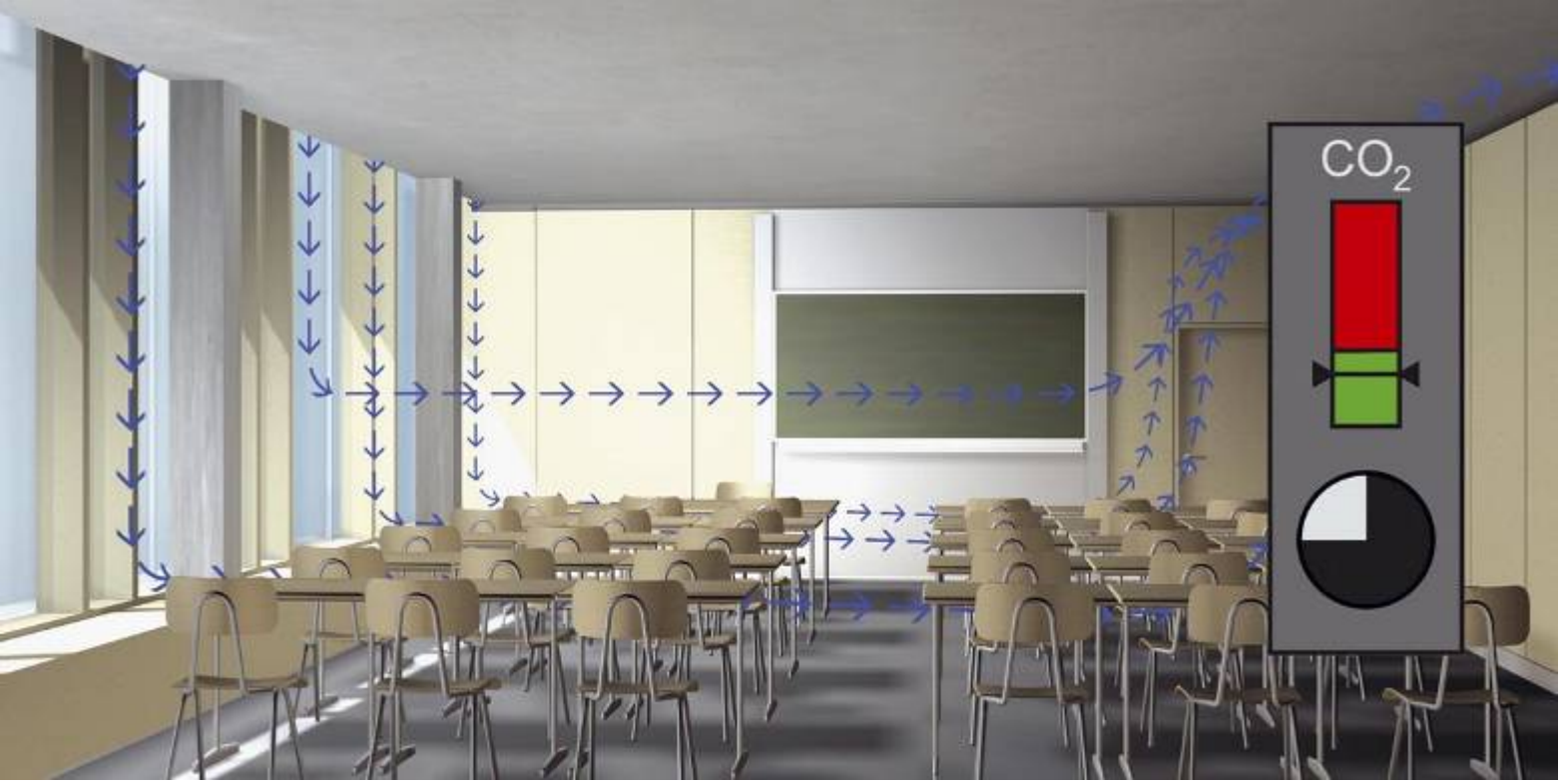


Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI

RAUMDURCHSTRÖMUNG



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI



ÜBERSTRÖMUNG

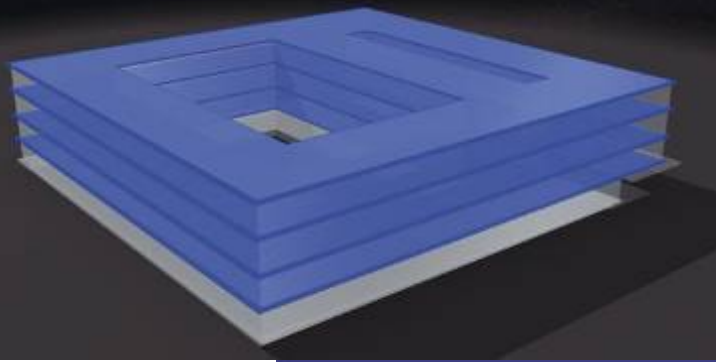


- Absaugung raumseitig in Schrankzone
- Überströmung im Türportal
- Absaugung im Flur



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI

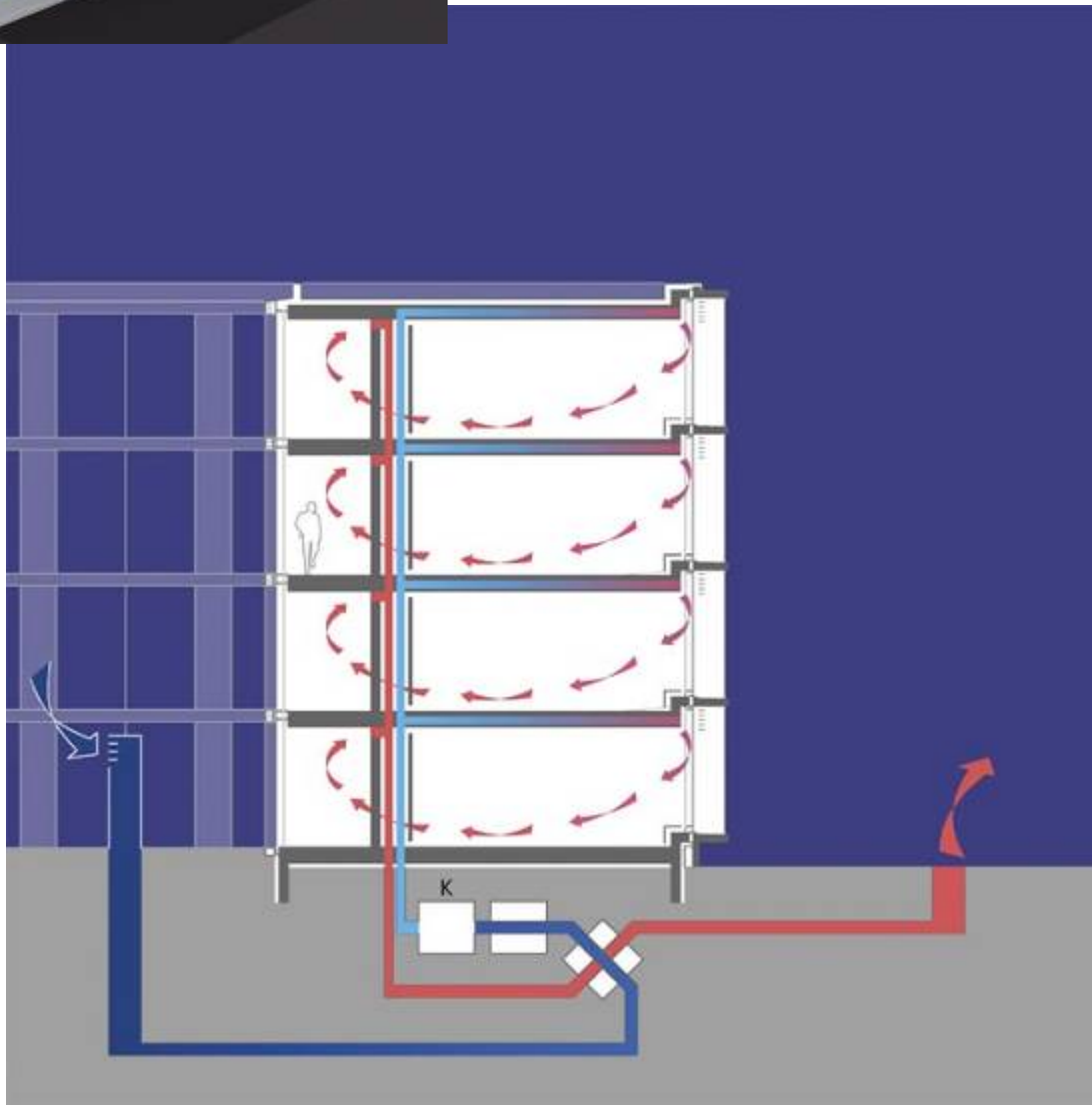
www.pk-i.de

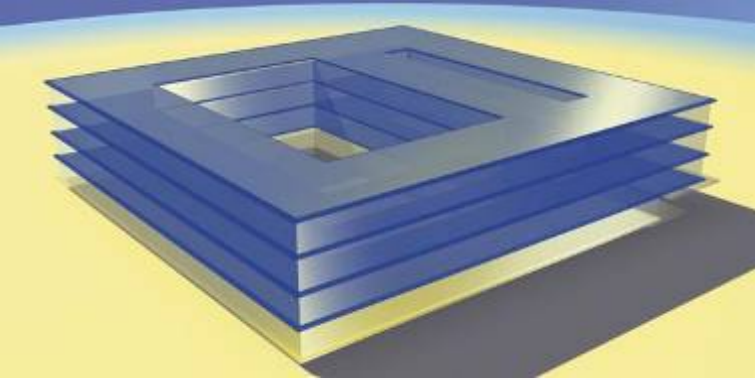


ENERGIEKONZEPT Sommer Nacht Laden der Bauteilaktivierung



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI

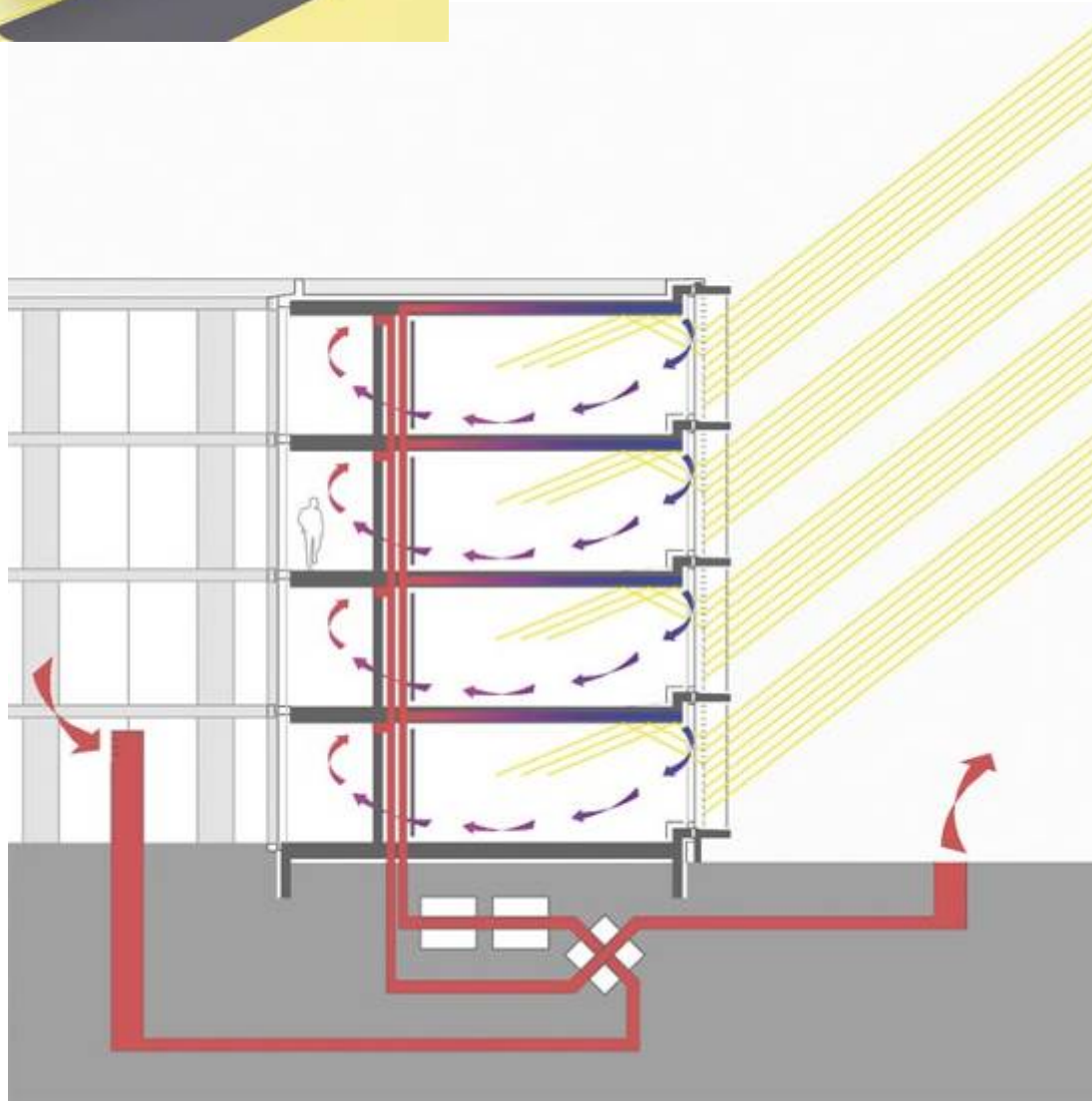




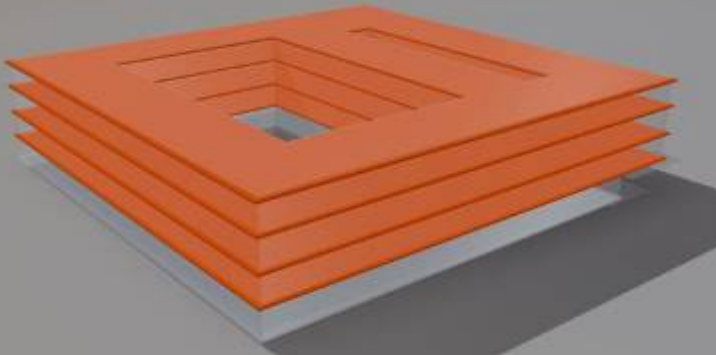
ENERGIEKONZEPT Sommer Tag Entladen der Bauteilaktivierung



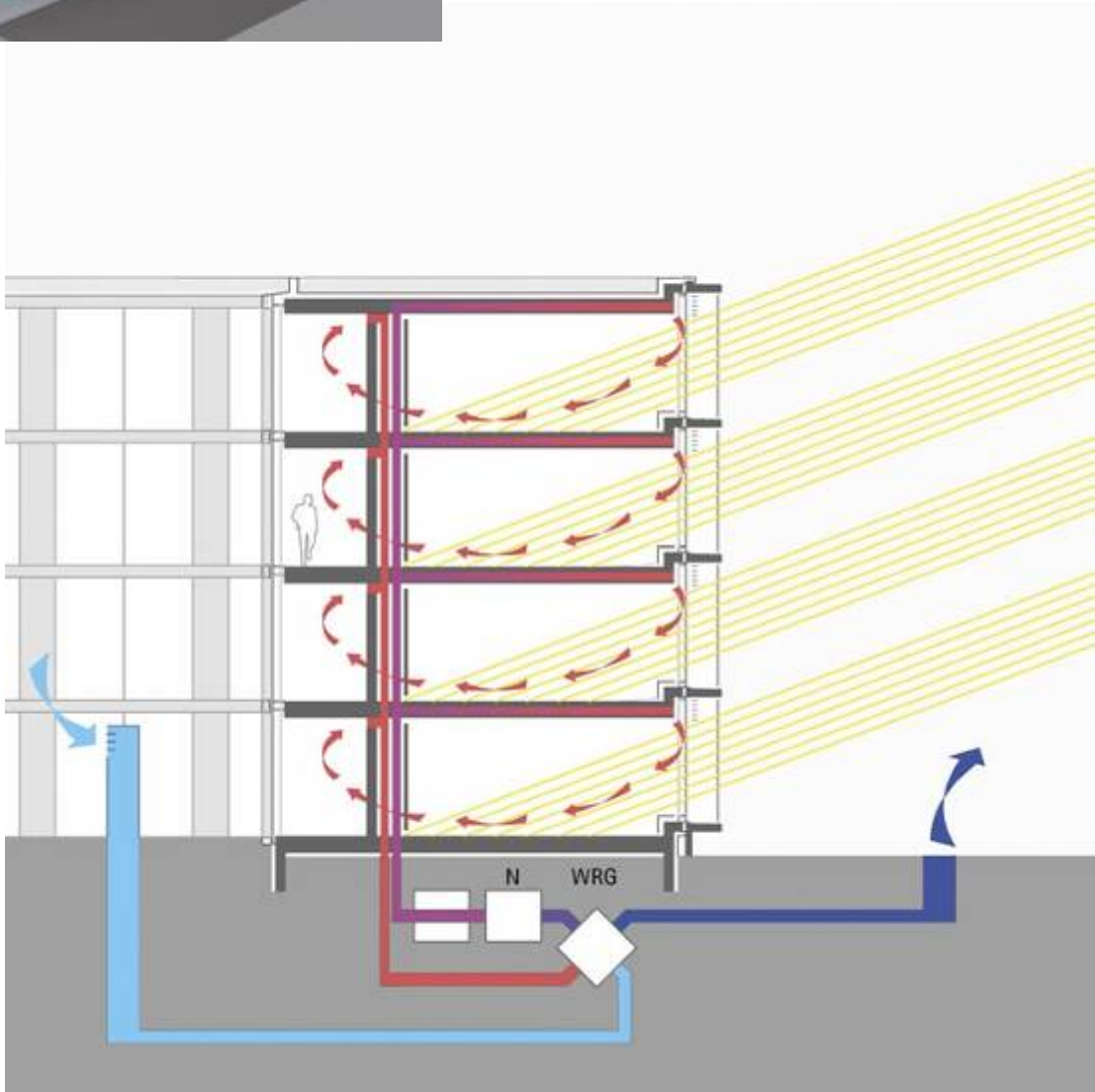
Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI



ENERGIEKONZEPT WinterTag



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI



FASSADENKONZEPT

Äußere Fassadenebene hinterlüftet



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI

FASSADENKONZEPT

Verschattung und Tageslichtlenkung



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI



FASSADENKONZEPT

Verschattung und Tageslichtlenkung



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI



www.pk-i.de

FASSADENKONZEPT

Verschattung und Tageslichtlenkung



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI



FASSADENKONZEPT

Verschattung und Tageslichtlenkung



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI

www.pk-i.de



Projektierte Kennzahlen:

- Nutzenergie Heizung → 23 kWh/m²a
- Nutzenergie Wärme, Kälte und Strom → 48 kWh/m²a
- Primärenergie Wärme, Kälte und Strom → 92 kWh/m²a

SOLARE NAHWÄRME

Schul- und Sportzentrum der Gemeinde Eggenstein-Leopoldshafen

- JAHR 2001
- typische Struktur und Architektur aus den 1960er / 1970er Jahren
- Hoher Energieverbrauch
- Wärmeerzeuger und Nahwärmenetz abgängig
- Technische Anlagen in Gebäuden sanierungsbedürftig
- Gebäudehüllen sanierungsbedürftig
- geplantes Neubauvorhaben für eine 3-Feld-Sporthalle
- bis 2001 bewusste Zurückhaltung von Teilsanierungen

→ „Gesamtenergiekonzeption“ gefordert



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI

www.pk-i.de

VORGEHEN

Energiestudie - Energiekonzept

- Energieverbräuche der Gebäude über viele Jahre vorhanden
- Bestandsanalyse aller Gebäude (Bauphysik und Technik)
- Abbildung aller Gebäude mittels Simulation
- Abgleich der Simulation mit den realen Energieverbrauchswerten
- Untersuchung von Reduktionspotentialen
- Berücksichtigung neue Sporthalle als zusätzlicher Verbraucher
- Untersuchung verschiedener Energieversorgungskonzepte
- Entscheidung für ein Gesamtenergiekonzept:

→ „Solare Nahwärme mit Langzeitwärmespeicherung“



ENERGIEKONZEPT

Solare Nahwärme mit Langzeit-Wärmespeicherung



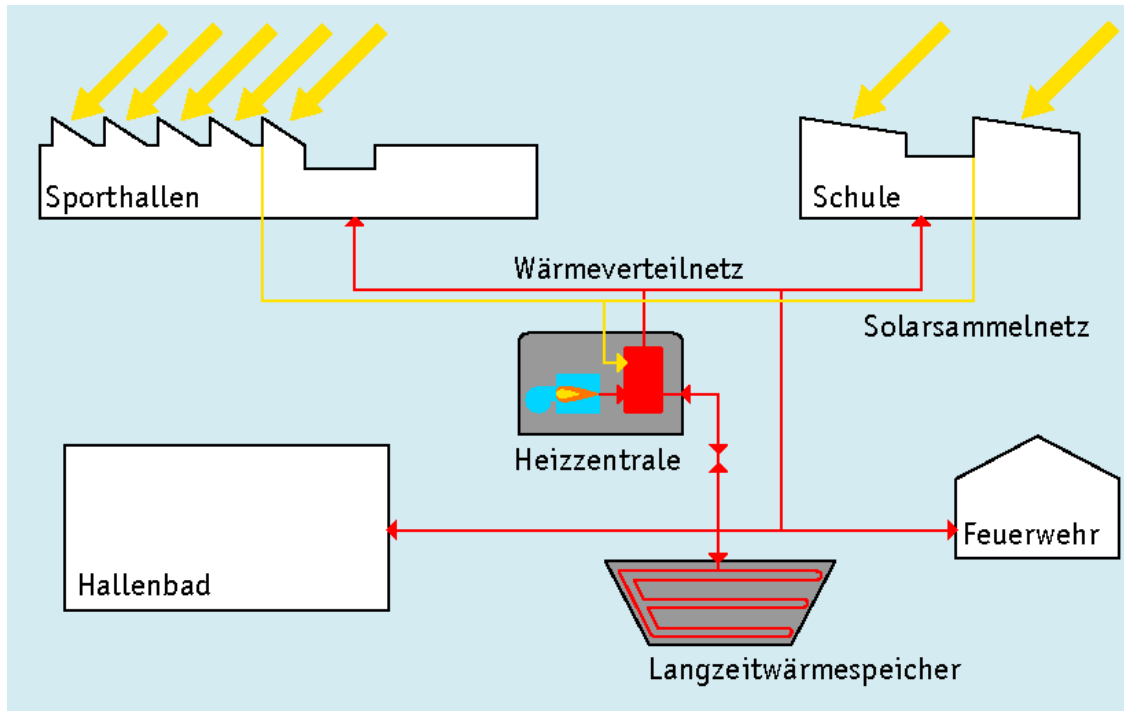
Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI

TECHNISCHE DATEN

- Bruttogeschossfläche	12.000 m ²	- Wärmepumpe	60 kW
- Solarkollektorfläche	1.600 m ²	- Pufferspeicher	30 m ³
- Nahwärmenetz	300 m	- Solarer Deckungsanteil	35 – 40 %
- Gas – Spitzenkessel	2 x 600 kW		
- Langzeitwärmespeicher	4.500 m ³ Kiesvolumen (3.000 m ³ Wasseräquivalent)		

ENERGIEKONZEPT

Solare Nahwärme mit Langzeit-Wärmespeicherung

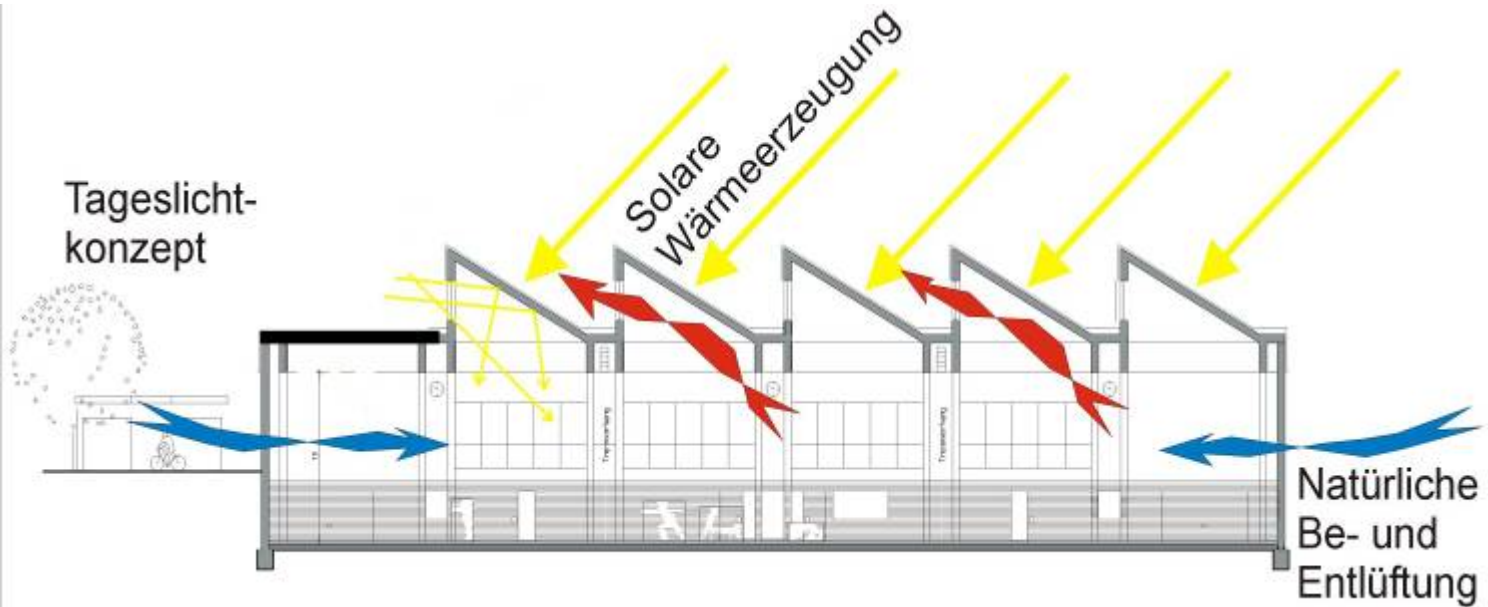


TECHNISCHE DATEN

- Bruttogeschossfläche	12.000 m ²	- Wärmepumpe	60 kW
- Solarkollektorfläche	1.600 m ²	- Pufferspeicher	30 m ³
- Nahwärmenetz	300 m	- Solarer Deckungsanteil	35 – 40 %
- Gas – Spitzenkessel	2 x 600 kW		
- Langzeitwärmespeicher	4.500 m ³ Kiesvolumen (3.000 m ³ Wasseräquivalent)		

NEUBAU SPORTHALLE

Energiekonzept



- natürliche Lüftung über Fenster wenn möglich
- mechanische Lüftung wenn erforderlich (1 Lüftungsgerät für 2 Hallen)
- hohe Tageslichtautonomie
- Integration der Solardächer in den Entwurf
- Heizflächen und Trinkwassererwärmung auf Solarkonzept abgestimmt



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI

NEUBAU SPORTHALLE

Installation Solardach - Synergieeffekte



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI

www.pk-i.de

NEUBAU SPORTHALLE

600 m² integrierte Solarkollektoren in Solardach-Technologie



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI



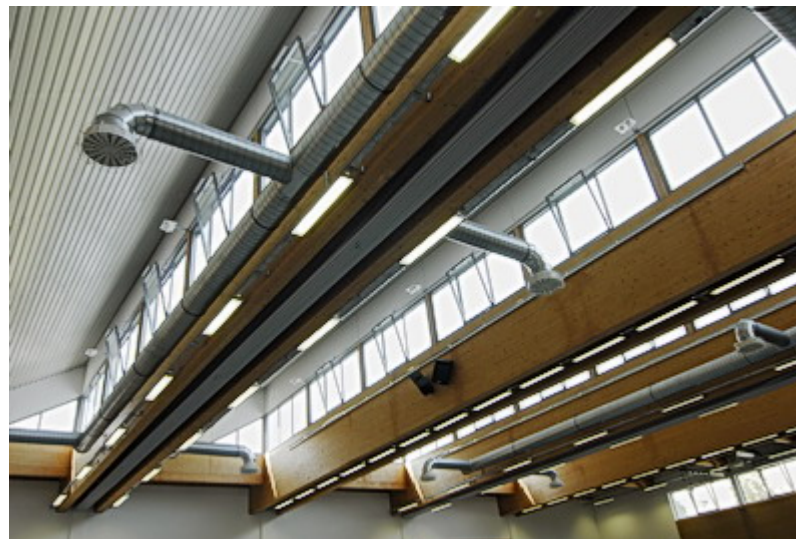
Entwurf: Architekt Volker Hetzel, Gemeinde Eggenstein-Leopoldshafen

www.pk-i.de

NEUBAU SPORTHALLE



Tageslichtnutzung



geöffnete Shedfenster zur natürlichen Belüftung



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI

www.pk-i.de

SANIERUNG WETTKAMPF-SPORTHALLE

Abstimmung auf solares Nahwärmekonzept



- Sanierung der Hülle, Wärmedämmung, Fenster
- Sportboden mit Fußbodenheizung
- hybride Lüftungskonzeption
- Trinkwassererwärmung im Durchfluss



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI



GRUND- UND HAUPTSCHULE



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI

GRUND- UND HAUPTSCHULE

Bestandsanalyse

Grund- und Hauptschule im Jahr 2001



Technik im Jahr 2001 - Kesselanlage Baujahr 1970



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI

www.pk-i.de

GRUND- UND HAUPTSCHULE

Bauphysikalische Sanierungsmaßnahmen



JAHR 2003

Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI

EMPFOHLENE MASSNAHMEN ZUR BAUKONSTRUKTION

- Ersatz der Fenster und Außentüren
- Dämmung der Außenwände
- Ersatz der Glasbausteinwand durch eine Lochfassade
- Dämmung und Erneuerung der Dachabdichtungen



GRUND- UND HAUPTSCHULE

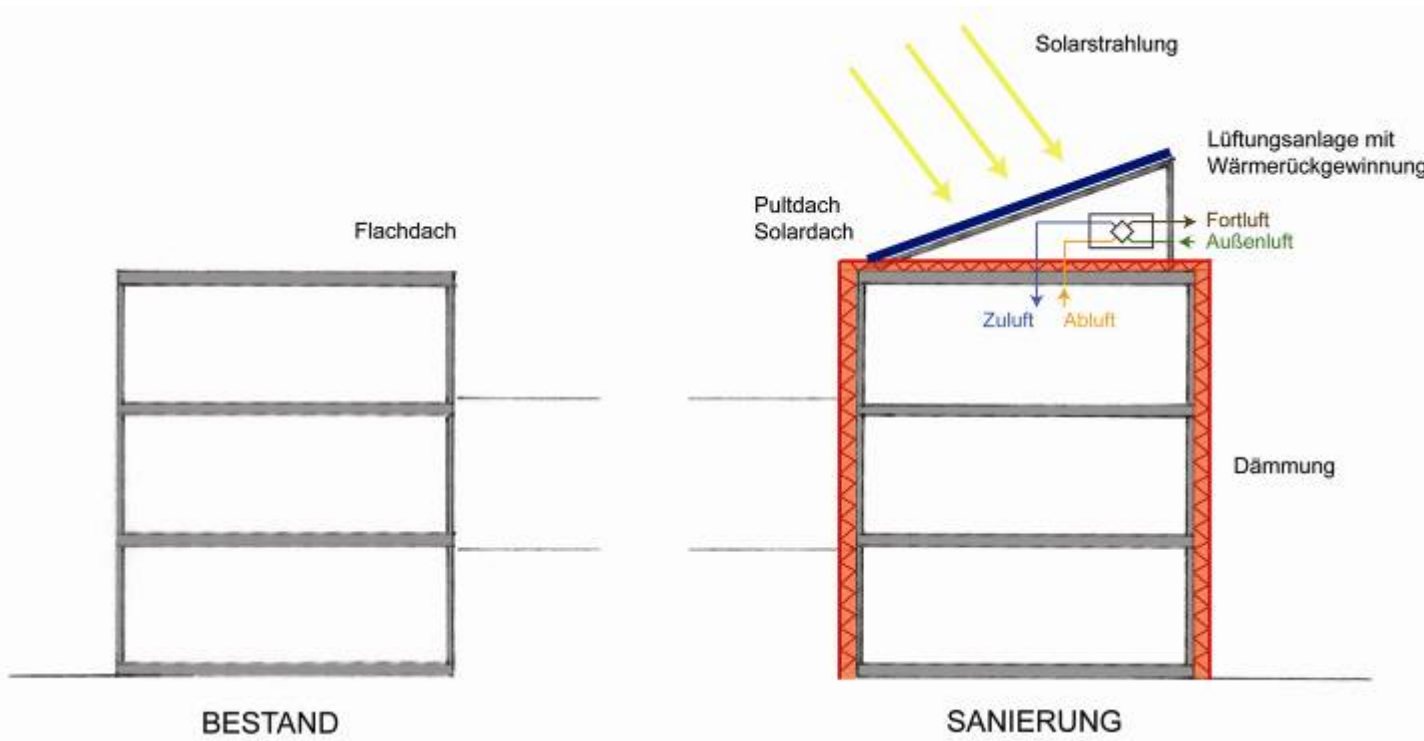
Dachsanierung

Bestand: Flachdächer
Sanierung: Solardächer in Pultdachform



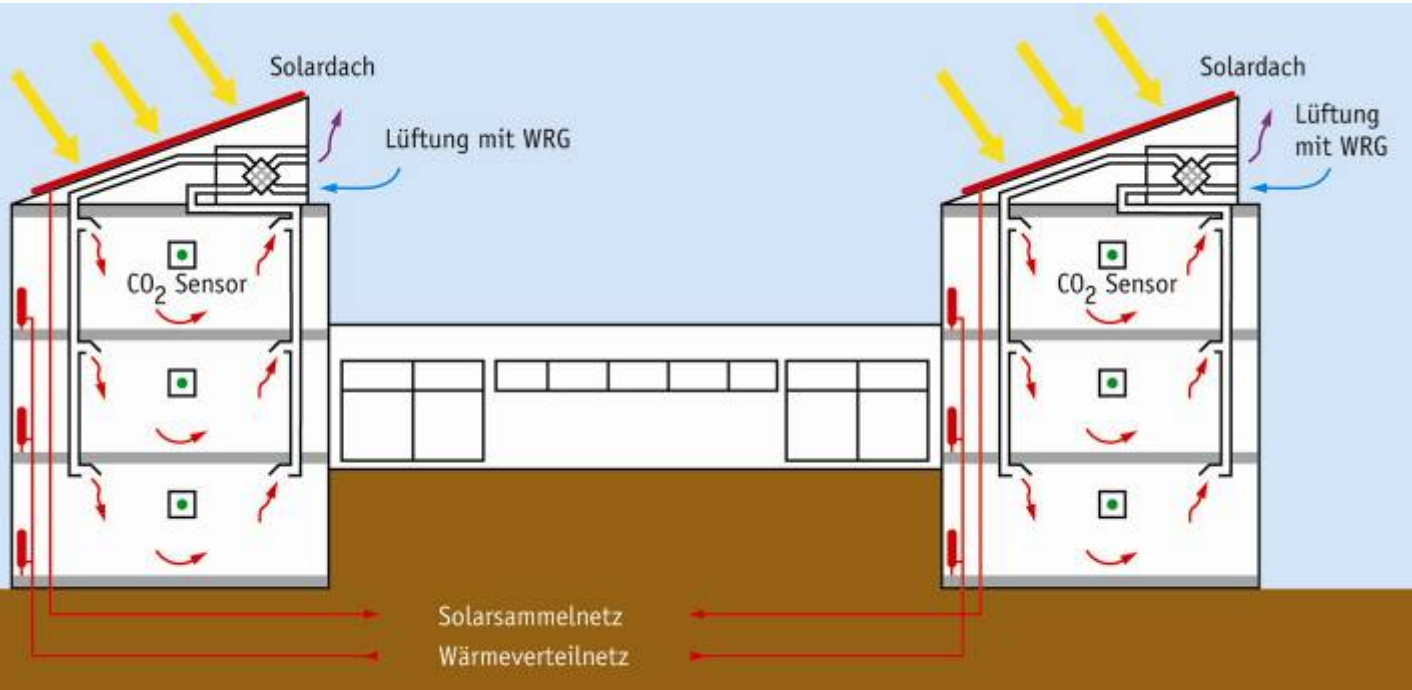
JAHR 2005

Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI



GRUND- UND HAUPTSCHULE

Energiekonzept



JAHR 2005

Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI

ENERGIEKONZEPT NACH SANIERUNG

- Solarkollektoren 1.000 m² in Solardachtechnologie
- Wärmeversorgung Solare Nahwärme mit Langzeitwärmespeicherung
- Wärmeverteilung Heizkörper (60°C / 30°C)
- Lüftung Kontrollierte Be- und Entlüftung mit WRG
u. CO₂-gesteuerter Luftqualitätsüberwachung

GRUND- UND HAUPTSCHULE

Installation Solardächer Lüftungskanäle im Kaltdach



JAHR 2005

Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI



www.pk-i.de

GRUND- UND HAUPTSCHULE

Energetische Qualitäten nach Sanierung



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI



- Qualitäten entsprechen Neubauzustand
- Unterschreitung EnEV 2004
- U-Wert Außenwand 0,17 W/m²K
- vor Sanierung 0,7 W/m²K

GRUND- UND HAUPTSCHULE

Gemessene Energiekennzahlen vorher und nachher

SCHULE VORUND NACH DER SANIERUNG



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI



BESTAND

832 MWh/a

52,0 kWh/m³a

EINSPARUNG DURCH SANIERUNG

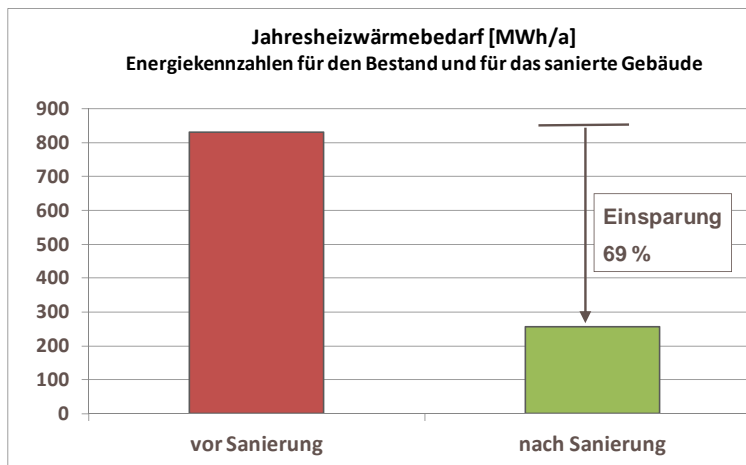
Jahresheizenergiebedarf 574 MWh/a → 69 %

Energiekennzahl 35,9 kWh/m³a → 69 %

SANIERUNG

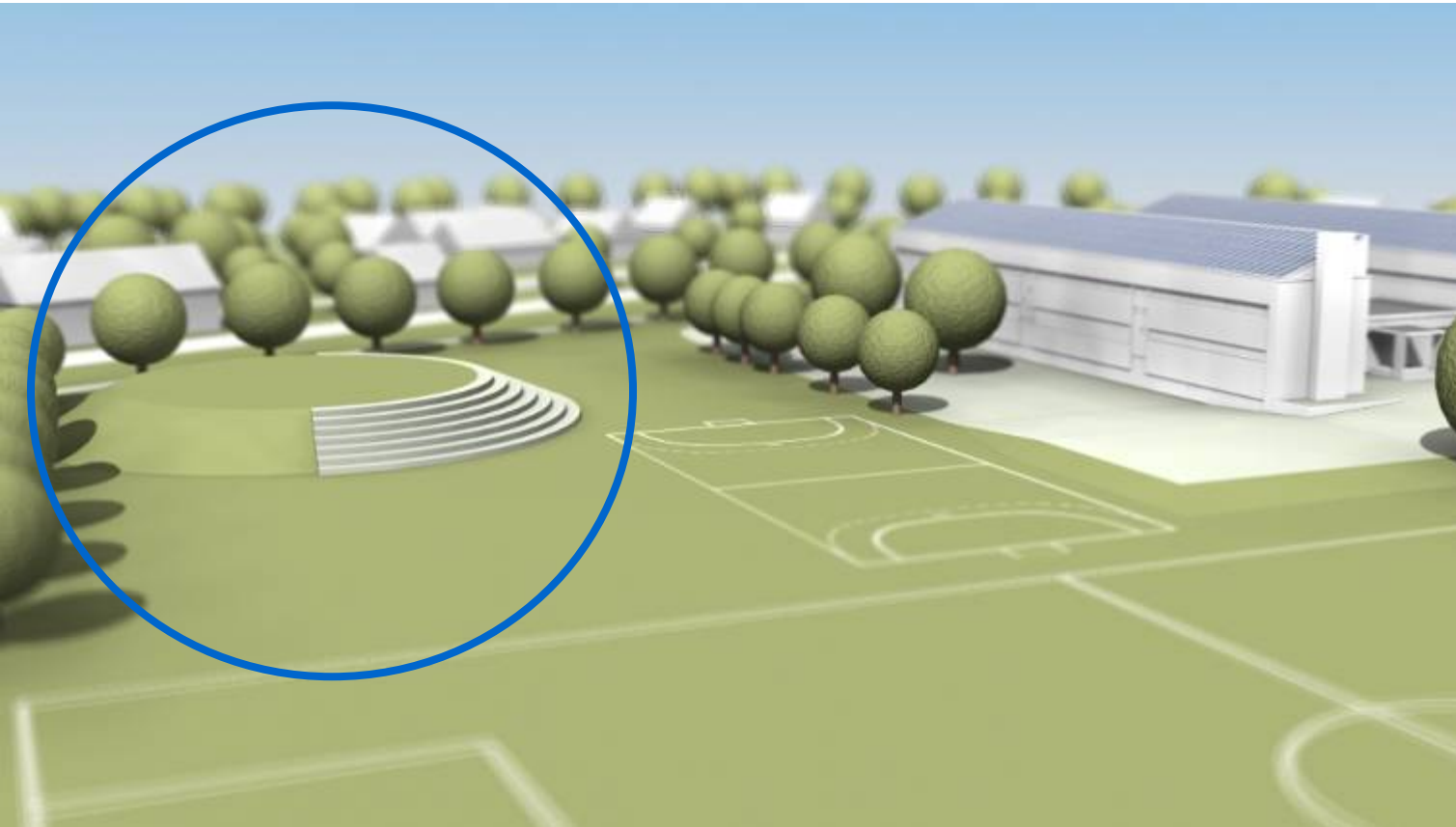
258 MWh/a

16,1 kWh/m³a



LANGZEITWÄRMESPEICHER

Kies/Wasser-Wärmespeicher – integriert in Landschaft



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI

LANGZEITWÄRMESPEICHER

Bauphasen des Kies/Wasser-Wärmespeichers

»< | JAHR 2007

Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI



Asphalt entfernen / Oberboden lösen

Aushub Speicherbecken

Ausrollen Vlies



Herstellung der Außenabdichtung
Doppelnah mit Schweißautomat

Schweißungen für die
äußere Folie

Äußere Abdichtung fertiggestellt

LANGZEITWÄRMESPEICHER

Bauphasen des Kies/Wasser-Wärmespeichers



JAHR 2008

Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI



**Primärtaschen und
Sekundärtaschen**



**Einbringung untere
Kiesebene**



oberste Kiesschicht



**obere Innenabdichtung
dampfdiffusionsdichte
Sperrschichtbahn**

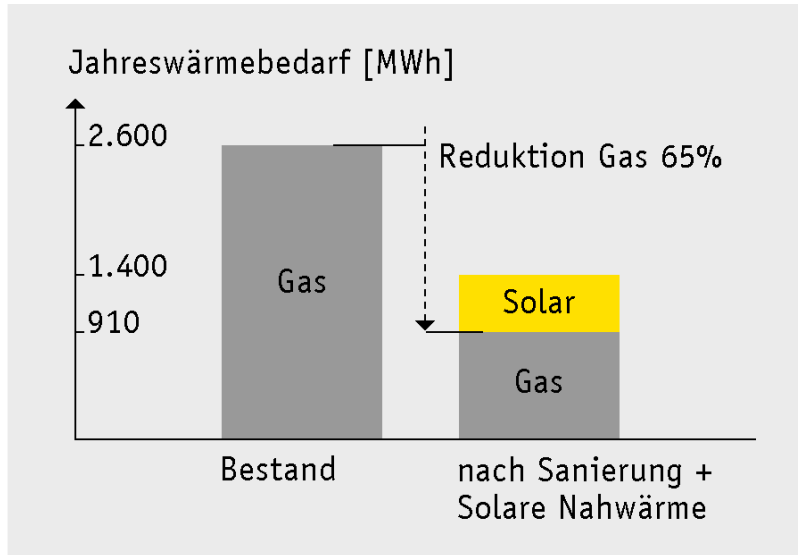


**Schweißerarbeiten obere
Abdichtung
Deckeldämmung**



**fertiggestellter Speicher in
Landschaftsgestaltung
integriert**

ENERGIEEINSPARUNG



- **Wärmeschutzmaßnahmen der Gebäude + aktive Solarenergienutzung**
65% Primärenergieeinsparung im gesamten Schulzentrum
- **jährliche Einsparung von 390 Tonnen CO₂**

- **Sanierungsprojekt mit hohem Anspruch an ein zukunftsweisendes Gesamtenergiekonzept**
- **1. solares Nahwärmekonzept mit Langzeitwärmespeicherung im Bestand**
- **hoher Multiplikator für ähnliche Bestandssituationen**



JAHR 2009

Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI

FAZIT

- **ganzheitliche Energiekonzepte**
- **Funktion, Architektur, Energieeffizienz**
- **Gebäudehülle und Anlagentechnik „verschmelzen“**
- **Technik-Integration statt Addition**
- **frühestmöglicher integraler Planungsansatz notwendig**



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI

www.pk-i.de



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

www.pk-i.de



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI

Marienstraße 37
D-70178 Stuttgart
Tel.: 0711-674474-0
Fax: 0711-674474-10
e-mail: energie@pk-i.de
net: www.pk-i.de