

KOMFORT MACHT SCHULE /
COMFORT AT SCHOOL CATCHES ON

PLUSENERGIESCHULE STUTTGART

PLUSENERGIESCHULE
STUTTGART



KLIMANEUTRAL 2050 CARBON NEUTRAL 2050

LEBENSÄÄME GESTALTEN -
KOMFORT ERLEBEN

CREATE LIVING PLACES AND
IMPROVE DAILY LIFE

Die Schule motiviert

Angesichts knapper werdender Ressourcen stehen wir vor der Aufgabe, Strategien für eine zukunftsweisende Energieversorgung insbesondere für öffentliche Gebäude zu entwickeln. Bei der Vermittlung nachhaltigen Umgangs mit Energie kommt unseren Schulen besondere Bedeutung zu.

The school motivates

Considering that resources are becoming even scarcer, we are facing the task of developing strategies for the future-oriented supply of energy for public buildings. Our schools are of special importance in the dissemination of the sustainable use of energy.

HEUTE SCHON GEBAUT ALREADY COMPLETED TODAY



Plusenergieschule Stuttgart-Rot

Tapachstraße 4
70437 Stuttgart



INHALT | CONTENT

| | |
|---|----|
| SCHULBAU FÜR DIE ZUKUNFT <i>SCHOOL CONSTRUCTION FOR THE FUTURE</i> | 4 |
| DER BESTAND <i>EXISTING BUILDINGS</i> | 6 |
| DAS SANIERUNGSKONZEPT <i>THE MODERNISATION CONCEPT</i> | 8 |
| DIE THERMISCHE HÜLLE <i>THE THERMAL ENVELOPE</i> | 10 |
| DAS THERMISCHE KONZEPT <i>THE THERMAL CONCEPT</i> | 14 |
| ENERGIEVERSORGUNG <i>ENERGY SUPPLY</i> | 16 |
| BELÜFTUNG <i>VENTILATION</i> | 18 |
| HEIZUNG UND RAUMWÄRME <i>HEATING AND INDOOR AIR TEMPERATURE</i> | 20 |
| BELICHTUNG <i>NATURAL LIGHTING</i> | 22 |
| BELEUCHTUNG <i>ARTIFICIAL LIGHTING</i> | 24 |
| ENERGIEERZEUGUNG MIT PHOTOVOLTAIK <i>GENERATING ENERGY WITH PHOTOVOLTAICS</i> | 26 |
| DIE LÖSUNGEN <i>THE SOLUTIONS</i> | 30 |
| ADRESSEN <i>ADDRESSES</i> | 33 |
| MESSUNGEN <i>MEASUREMENTS</i> | 34 |
| DIE KOMFORT-DIMENSIONEN <i>THE COMFORT DIMENSIONS</i> | 36 |
| ZUSAMMENFASSUNG <i>SUMMARY</i> | 38 |

SCHULBAU FÜR DIE ZUKUNFT | SCHOOL CONSTRUCTION FOR THE FUTURE



Ein Vorzeigemodell

Fossile Energieressourcen wie Öl und Gas gehen zur Neige. Daher ist es eine der größten Herausforderungen unserer Zeit, Strategien für eine nachhaltige Energieversorgung zu entwickeln. Die Länder dieser Welt haben sich das Ziel gesetzt, ab 2050 nur noch klimaneutrale Gebäude zu betreiben. Öffentlichen Gebäuden kommt dabei eine wichtige Rolle zu. In Stuttgart etwa beträgt der Anteil der Schulen 40 Prozent der städtischen Gebäudefläche. 20 Prozent der Betriebskosten müssen für deren Energiebedarf aufgewendet werden.

Um das hier schlummernde Potential aufzuzeigen, hat die Stadt Stuttgart das Projekt „Uhlandschule wird zur Plusenergieschule“ umgesetzt. Die Erstellung des Energiekonzeptes und die wissenschaftliche Projektbegleitung erfolgt gemeinsam von dem Amt für Umweltschutz der Landeshauptstadt Stuttgart und dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP). Saint-Gobain mit seinen umfangreichen Komfort Lösungen ist gemeinsam mit Bosch Thermotechnik Industriepartner. Das Projekt wurde im Rahmen der Energieforschung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie gefördert (BMWi). Dieses Projekt ist eine von drei jüngst realisierten Plusenergieschulen in Deutschland: ein Vorzeigemodell auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energieversorgung.

Die Vision 2050

Im Fokus des Energiekonzeptes der Landeshauptstadt Stuttgart steht die Vision einer klimaneutralen Landeshauptstadt im Jahr 2050. Geprägt durch einen stark reduzierten Energieverbrauch, ein hohes Maß an Energieeffizienz und eine auf erneuerbaren Energien basierende Energieversorgung soll sich Stuttgart im Energiebereich zu einer nachhaltig versorgten Stadt entwickeln.

Die energetische Sanierung der Uhlandschule ist beispielhaft, um die Energiewende im urbanen Raum erfolgreich zu gestalten. Der Energieverbrauch muss in den Bereichen Wärme und Strom reduziert werden. Weiterhin ist eine Steigerung der Energieeffizienz erforderlich. Der verbleibende Energiebedarf wird auf Basis erneuerbarer Energien gedeckt.



A model project

Fossil energy resources like oil and gas are dwindling. Therefore, one of the greatest challenges of our time is developing strategies for the sustainable supply of energy. Countries around the world have set the goal of only operating climate-neutral buildings beginning in 2050. Public buildings play an important role in this. In Stuttgart, schools make up approximately 40% of the building space in the city. 20% of the operating costs must be spent on their energy needs.

In order to show the sleeping potential here, the city of Stuttgart has implemented the project "Uhlandschule becomes a plus-energy school". The generation of the energy concept and the scientific guidance of the project have been provided by the Office of Environmental Protection of the State Capital Stuttgart and by the Fraunhofer Institute for Building Physics (IBP). With its extensive multi-comfort solutions, Saint-Gobain is an industry partner, along with Bosch Thermotechnik. The project was supported in the framework of energy research by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi). This project is one of three recently realised plus-energy schools in Germany: a model on the way to the sustainable supply of energy.

Vision 2050

The focus of the state capital of Stuttgart's energy concept is the vision of a climate-neutral state capital in the year 2050. Shaped by dramatically-reduced energy consumption, a high degree of energy efficiency and an energy supply based on renewable energies, Stuttgart should develop into a sustainably-supplied city in the field of energy.

The modification of energy in the Uhlandschule is an example of how to successfully design the energy revolution in an urban area. Energy usage must be reduced in the areas of heat and power. Furthermore, an increase in energy efficiency is necessary. The remaining energy needs are covered by renewable energies.



DER BESTAND | *EXISTING BUILDINGS*

Das Hauptgebäude der Grund- und Werkrealschule ist ein lang gestreckter Baukörper mit einer Grundfläche von ca. 1.200 m² und drei oberirdischen sowie einem unterirdischen Geschoss. Im Erdgeschoss befinden sich Aufenthalts- und Werkräume sowie eine Hausmeisterwohnung. In den Obergeschossen sind die Klassenräume untergebracht. Das Untergeschoss unterkellert etwa die Hälfte des Gebäudes und umfasst Lager- und Technikräume. Die beheizte Nettogrundfläche beträgt 2.720 m². Insgesamt ist die Schule für rund 450 Schüler im Alter von 6 bis 16 Jahren ausgelegt.

Die Zielsetzung zu Beginn der Planungen war, alle Gebäude des Ensembles hochwertig zu sanieren: Das Hauptgebäude sollte auf das Niveau einer Plusenergieschule gebracht werden.

Im Verbund mit benachbarten Schulen werden eine Doppelsporthalle und ein Schulerweiterungsgebäude mit Cafeteria, Bibliothek und Verwaltungstrakt entstehen, die einen Innenhof zum gemeinsam genutzten „Schulcampus Rot“ aufspannen. Beim Erweiterungsbau aus dem Jahr 2004 wurde das Glasdach erneuert.

Der Fokus der Sanierung lag daher auf dem Hauptgebäude aus dem Jahre 1954. Dieses hatte in den Klassenräumen Fenster mit Zweischeiben-Verglasungen und in den Treppenhäusern Einscheiben-Verglasungen, schlechte Wärmedämmung mit vielen Wärmebrücken, eine undichte Gebäudehülle und einen hohen Energieverbrauch bei ungenügendem Komfort.





The main building of the primary and technical secondary school is an elongated structure with a footprint of 1,200 m² and has three stories above ground as well as one below ground. On the ground floor, there are lounges and workrooms as well as an apartment for the caretaker. Classrooms are located on the upper floors. The lower level is built as a cellar underneath about half of the building and contains storage and technical facilities. The net internal area amounts to 2,720 m². In total, the school is designed for about 450 pupils between six and sixteen years of age.

At the beginning of the planning, the goal was a high-quality renovation of all of the buildings in the ensemble: the main building was to be brought up to the level of a plus-energy school.

In co-operation with neighbouring schools, a double gymnasium and a school extension with cafeteria, library and administration wing are being developed, which, via a courtyard, spans a jointly used "School Campus Rot". The glass roof was replaced in the extension from the year 2004.

The focus of the modernisation was therefore the main building, from the year 1954. This only had twin pane glazed windows in the classrooms and single-glazing in the staircases, poor thermal insulation with numerous thermal bridges, a leaky building envelope and high energy consumption with insufficient comfort.



DAS SANIERUNGSKONZEPT | *THE MODERNISATION CONCEPT*

Das ambitionierte Ziel der Sanierung erfolgte mit Hilfe wissenschaftlicher Unterstützung. Erfolgsfaktoren und Problemstellungen wurden von Experten genauestens analysiert und einer Lösung zugeführt. Zahlreiche innovative Elemente haben die Hersteller erstmals in diesem Projekt eingesetzt oder kombiniert.

An sämtlichen Böden gegen Erdreich und auch im Dachbereich wurden Vakuumisulationspaneele verwendet. Die Fenster enthalten ein neuartiges, entfärbtes Floatglas. In der Fassade sind Zuluftöffnungen für die Lüftungsanlagen und die Nachtlüftung eingerichtet. Das Lüftungssystem besteht aus dezentralen Lüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung. An den Südfassaden kommen außenliegende Jalousien mit Tageslichtlenkung zum Einsatz. Für die Beleuchtung sind hocheffiziente LED-Leuchten eingebaut. Neben der hocheffizienten Bau- und Anlagentechnik ist das Gebäude zudem mit energiesparenden Geräten im IT- und Servicebereich ausgestattet. Zur optimalen Regelung der eingesetzten Technik ist eine Gebäudeleittechnik installiert.

Tageslichtnutzung und Sonnenschutzsysteme für natürliche Belichtung / *Use of daylight and sun protection systems for natural light exposure*

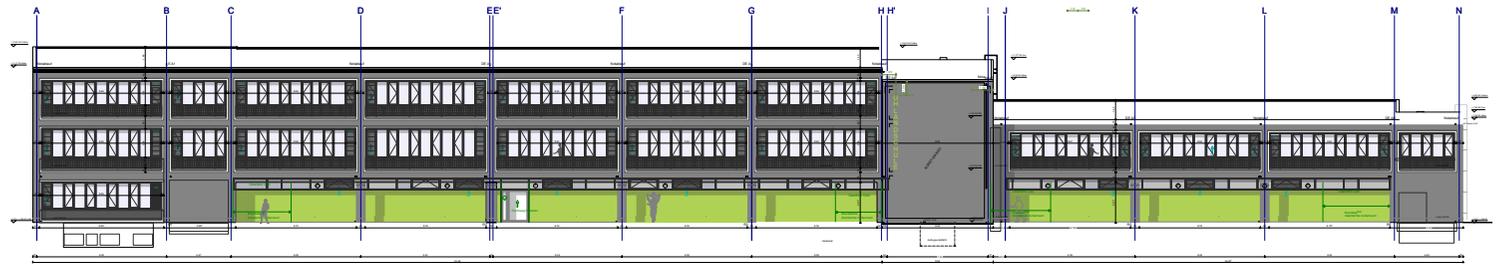
PV-Module zur Stromerzeugung / *PV modules to generate power*

Stromüberschuss in das öffentliche Netz / *Overflow of power into the public network*

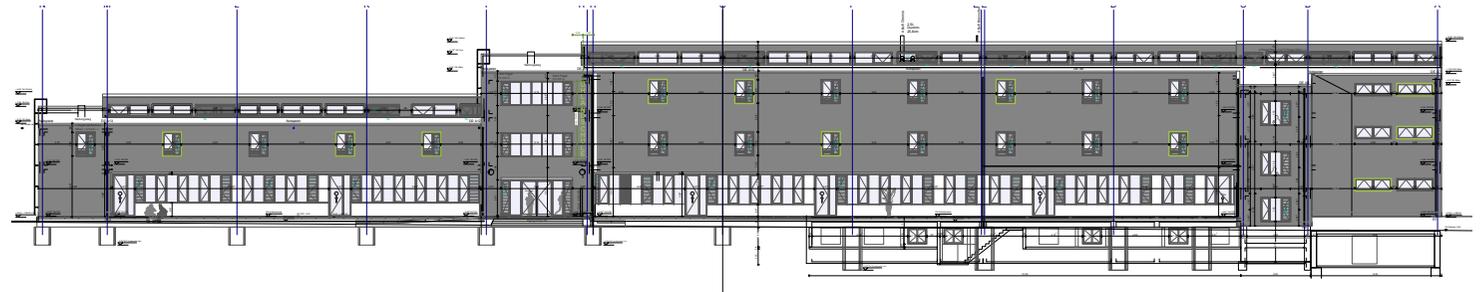
Fassadendämmung zur Energieeffizienz / *Façade insulation for energy efficiency*

**Geothermie / *geothermal energy*
Keine fossilen Energieträger / *No fossil-based sources of energy***

Südensicht: Fassade mit optimalem Tageslicht, integrierter Photovoltaik, Abschattung und Lüftung / *South view: Façade with optimal daylight, integrated photovoltaics, shadowing and ventilation*



Nordansicht: Zusätzliche Fenster und Lichtbänder für mehr Tageslicht und effektive Nachtlüftung / *North view: Additional windows and strip lighting for more daylight and effective ventilation at night*



The ambitious goal of modernisation took place with the help of scientific support. Problems and factors for success were precisely analysed by experts and led to a solution. The manufacturers implemented or combined numerous innovative elements for the first time in this project.

Vacuum insulation panels were used in all floors next to the substrate and in the roof area as well. The windows contain a new type of decoloured float glass. Air intakes for the ventilation system and night-time ventilation are constructed into the façade.

The ventilation system is made up of de-central ventilation devices with heat recovery. External shutters with daylight control are used on the south façades. Highly-efficient LED linear luminaires are installed for the lighting. In addition to the highly-efficient construction and systems technology, the building is also equipped with energy-saving devices in the IT and service areas. A building control system is installed for the optimal control of the technology used.

DIE THERMISCHE HÜLLE | *THE THERMAL ENVELOPE*



Gut gedämmt

Um die bestehende Schule zu einer Plusenergieschule zu machen, war eine umfassende energetische Sanierung der Gebäudehülle und der Anlagentechnik notwendig. Dazu wurde das Hauptgebäude (Baujahr 1954) vollständig wärmegeklämt. Zur Anwendung kamen in der Fassadendämmung u. a. Vakuumisoliationspaneele, neuartiges expandiertes Polystyrol mit optimierter Wärmeleitfähigkeit sowie Mineralwolle. Der durchschnittliche Wert der Wärmeleitfähigkeitsgruppe liegt bei WLg 030. In die Wärmedämmung integriert sind die Leitungsführungen, u. a. für Regenrinnen und Blitzschutz. Für eine wirkungsvolle Wärmedämmung des Fußbodens in den nicht unterkellerten Bereichen sorgen Vakuumdämmsysteme. Die Fenster haben Dreischeibenverglasungen und einen optimierten Rahmenverbund. Die Wärmebrückenverluste sind damit minimiert. Der Wärmeverlust über die Gebäudehülle wurde durch die Sanierung um 80% reduziert.

| Bauteil | U-Wert | | Maßnahme |
|-------------------------------|--------|-----------|---|
| | vorher | nachher | |
| Außenwand Giebelseiten | 1,70 | 0,17 | Zusätzliches 9 cm-Vakuumsandwich-Element, Weber |
| Außenwand (außer EG Süd) | 1,70 | 0,10 | Zusätzlich 30 cm Wärmedämmung, Isover und Weber |
| Außenwand EG Süd | 1,70 | 0,15 | Zusätzlich 20 cm Mineralwolle-Dämmung, Isover |
| Brüstungen OG Süd | 3,00 | 0,15 | Zusätzlich 20 cm Mineralwolle-Dämmung, Isover |
| Fenster Klassenräume | 2,70 | 0,80 | Dreischeiben-Diamant-Glas mit Passivhausrahmen, Glas von Saint-Gobain |
| Fenster Treppenhäuser | 5,20 | 0,80 | Dreischeiben-Diamant-Glas mit Passivhausrahmen, Glas von Saint-Gobain |
| Dach | 1,60 | 0,10/0,15 | Zusätzlich 30 cm EPS-Dämmung / 9 cm Vakuumdämmung + EPS-Dämmung, Isover |
| Boden / Decke gegen Außenluft | 0,80 | 0,25 | Zusätzlich 12 cm Mineralwolle-Dämmung, Isover |
| Decke zu unbeheiztem Keller | 1,80 | 0,20 | Zusätzlich 14 cm Mineralwolle-Dämmung, Isover |
| Boden gegen Erdreich | 3,10 | 0,47 | Zusätzlich 3 cm Vakuumdämmung, Isover |

Well-insulated

In order to turn the school into a plus-energy school, extensive energy modernisation of the building envelope and systems technology was needed. In addition, the main building (constructed in 1954) was completely thermally insulated. Among other things, vacuum insulation panels, a new type of expanded polystyrene with optimised thermal conductivity and mineral wool were used in the façade insulation. The average value of the thermal conductivity is λ 0.030. The pipe routing, such as for rain gutters and lighting protection, is integrated into the thermal insulation. In the areas without a cellar, vacuum insulation systems provide effective thermal insulation for the floor. The windows are triple-glazed and have an optimised composite frame. With them, thermal bridge losses are minimised. Thanks to the modernisation, heat loss via the building envelope was reduced by 80%.



| Component | U value | | Measure |
|---|---------|-----------|---|
| | before | after | |
| Outer wall, gable side | 1,70 | 0,17 | Additional 9 cm vacuum sandwich element, Weber |
| Outer wall (except for the ground floor, south) | 1,70 | 0,10 | Additional 30 cm thermal insulation, Isover and Weber |
| Outer wall, ground floor, south | 1,70 | 0,15 | Additional 20 cm mineral wool insulation, Isover |
| Parapet, upper floor, south | 3,00 | 0,15 | Additional 20 cm mineral wool insulation, Isover |
| Window classrooms | 2,70 | 0,80 | Three-paned Diamant glass with passive house frame, glass from Saint-Gobain |
| Window staircases | 5,20 | 0,80 | Three-paned Diamant glass with passive house frame, glass from Saint-Gobain |
| Roof | 1,60 | 0,10/0,15 | Additional 30 cm EPS insulation / 9 cm vacuum insulation + EPS insulation, Isover |
| Floor / ceiling against ambient air | 0,80 | 0,25 | Additional 12 cm mineral wool insulation, Isover |
| Ceiling of the unheated cellar | 1,80 | 0,20 | Additional 14 cm mineral wool insulation, Isover |
| Floor against substrate | 3,10 | 0,47 | Additional 3 cm vacuum insulation, Isover |





Sonnenschutzsystem gegen Überhitzung

Der Anspruch an ein komfortables Innenraumklima ist in Schulgebäuden besonders hoch. Zum einen sind meist viele Schüler in einem Klassenraum und geben Körperwärme ab, die den Raum aufheizt. Zum anderen sollen große Fensterflächen für eine optimale Tageslichtqualität sorgen, lassen aber neben Licht auch Strahlungswärme in den Klassenraum. In heißen Sommermonaten kann dies sehr leicht zu einer Überhitzung der Räume und somit zu eingeschränkten Lernleistungen führen. Es war daher sehr wichtig, je nach Himmelsrichtung ein ausgewogenes Verhältnis von Außenwandflächen zu Fensterflächen mit optimaler Verglasung und außenliegender Verschattungsmöglichkeit zu finden. Das neue, einfach zu steuernde Sonnenschutzsystem verhindert eine sommerliche Überhitzung und hat eine Lichtlenkfunktion im oberen Behangdrittel, um die Klassenräume ausreichend mit Tageslicht zu versorgen. Gleichzeitig ist eine Einrichtung zur automatischen Querlüftung für eine natürliche Nachtlüftung installiert. Das Zusammenspiel all dieser einfachen Komponenten in Verbindung mit Geothermie und LED-Licht ermöglicht auch in den heißen Sommermonaten angenehm kühle Räume.

Sun protection system against overheating

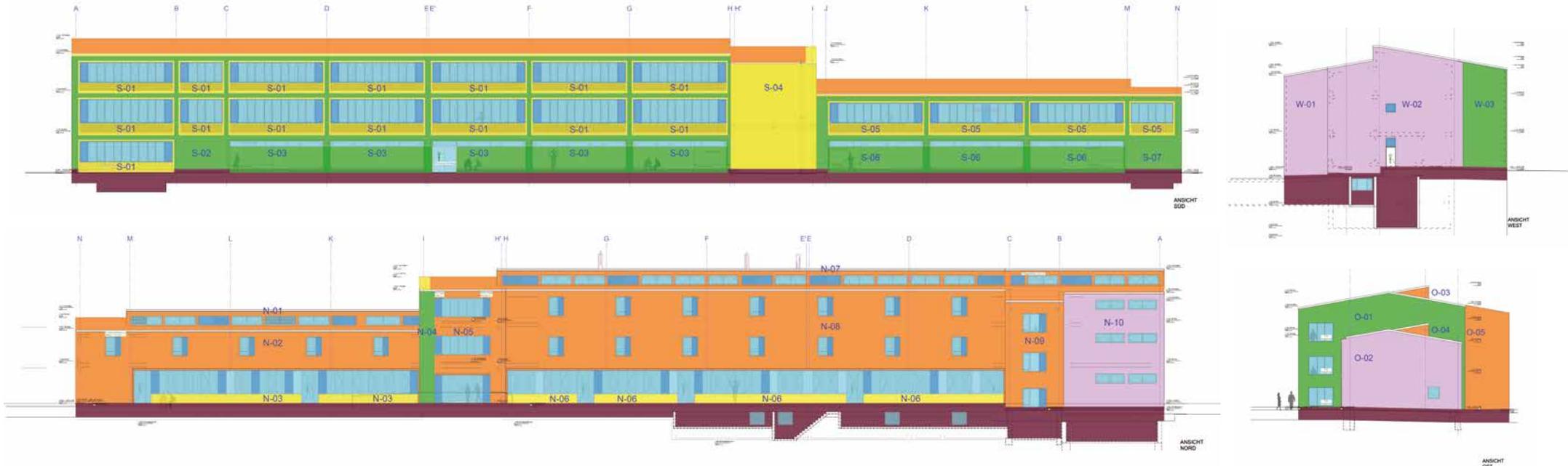
The need for a comfortable indoor climate is particularly high in school buildings. There are usually many pupils in a classroom who give off body heat, which heats up the room. Large windows should ensure optimal daylight quality, but along with light, they also let radiant heat into the classroom. In the hot summer months, this can easily lead to the room overheating and, therefore, to limited learning efficiency. Therefore, it was very important that, depending on compass direction, a balanced relationship of external wall area to window area was found, with optimal glazing and external shade. The new, easy-to-control sun protection system prevents overheating in the summer and has a light guidance function in the upper third of the blind to sufficiently provide daylight to the classrooms. At the same time, a system for automatic cross-ventilation is installed, for natural night-time cooling. The interplay between all of these simple components, in combination with geothermal energy and LED lighting, also allows for pleasantly cool rooms, even in the hot summer months.



Die Lamellen im oberen Fensterbereich lenken das Tageslicht tief in den Raum, während die Lamellen im unteren Fensterbereich ein Zuviel an Sonneneinstrahlung verhindern. / *The slats in the upper area of the window direct the daylight deeply into the room, while the slats in the lower area of the window prevent too much solar radiation.*



DAS THERMISCHE KONZEPT | THE THERMAL CONCEPT



EPS 031

30 cm WDVS weber.therm 100 mit EPS 031 auf dem größten Teil der Nordfassade (EPS von Isover). Teile wurden mit weber.therm A100 Wärmedämm-Verbundsystem mit Dämmplatten aus Mineralwolle ausgeführt. /

30 cm WDVS weber.therm 100 with EPS 031, on most of the north façade (EPS from ISOVER). Parts were executed with weber.therm A 100 external thermal insulation composite system with insulating panels made of mineral wool.

MW 033

20 cm weber.therm A100 Wärmedämm-Verbundsystem (0,033 W/mK) mit Steinwolle von Isover / 20 cm weber.therm A 100 external thermal insulation composite system (0.033 W/mK) with stone wool from ISOVER

MW 032

20 cm Isover ULTIMATE Kontur FSP-032 hinter den Solarpaneelen / 20 cm ISOVER ULTIMATE Kontur FSP-032 behind the solar panels

VIP

9,8cm Vakuumsandwich-Elemente weber.therm LockPlate für Giebelwände und Teil der Außenwand Nord im Bereich Sanitäranlagen / 9.8 cm weber.therm LockPlate vacuum sandwich elements for gable walls and part of the north outer wall, in the area of the sanitary facilities

Perimeterdämmung bzw. erdberührte Böden / Perimeter insulation or floors in contact with the substrate

3 cm Vakuumdämmung VacuPad Akustic EVP 007 von Isover für erdberührte Böden / 3 cm VacuPad Akustic EVP 007 vacuum insulation from Isover for floors in contact with the substrate

Fensterflächen mit Lüftung / Window surfaces with ventilation

für natürliche Nachtlüftung / for natural ventilation at night

Fensterflächen mit Glas von Saint-Gobain / Window surfaces with glass from Saint-Gobain

SGG CLIMATOP MAX Ug 0,5; LT 73; g 59;

Viele Systeme kombiniert

Die Südseite des Gebäudes ist dem Tageslicht geöffnet, die Fassade über weite Strecken mit Photovoltaikelementen ausgeführt. Die Dämmung der Fassadenteile ist mit Mineralwolle 033 umgesetzt, die Parapetdämmung mit Mineralwolle 032. An der geschlossenen Nordseite haben die Planer umfassend auf Vollwärmeschutz mit hochwertigem EPS gesetzt, an den Giebelseiten und beim Boden gegen das Erdreich auf Vakuumisolerpaneele. Die Kombination der unterschiedlichen Dämmsysteme ist einerseits der Fassadengestaltung geschuldet und dient andererseits der wissenschaftlichen Begleitevaluierung über Wirkungsweisen und Effizienz verschiedener Dämmsysteme.

Many systems combined

The south side of the building is open to daylight; the façade largely constructed with photovoltaic elements. The insulation of the façade is implemented with mineral wool 033; the parapet insulation with mineral wool 032. On the closed north side, the planners comprehensively used full thermal protection with high-quality EPS; on the gable side and on the ground against the substrate with vacuum insulation panels. The combination of the various insulation systems is, on the one hand, due to the façade design, and, on the other hand, helps the accompanying scientific evaluation of the function and efficiency of various insulation systems.

Bild links oben / Image, upper left:
EPS 031 von Isover /
EPS 031 by Isover

Bild links unten / Image, lower left:
Steinwolle 033 von Isover /
Stone wool 033 by Isover

Bild rechts oben / Image, upper right:
Vakuumsandwich-Element
weber.therm LockPlate / weber.therm
LockPlate vacuum sandwich element

Bild rechts unten / Image, lower right:
Isover ULTIMATE Kontur FSP-032



ENERGIEVERSORGUNG | ENERGY SUPPLY

Erneuerbare Energie

Die Wärmebereitstellung erfolgt über eine Erdwärmepumpe in Kombination mit einem Niedertemperatur-Flächenheizungssystem. Diese Bauteiltemperierung unterstützt im Sommer die regenerative Kühlung, aktive Kühlung ist nicht notwendig. Die Solarstromanlage liefert den notwendigen Wärmepumpenstrom.

Als Lüftungskonzept dient dezentrale, hybride Lüftung. Im Sommer wird natürlich gelüftet, in der Heizperiode sorgt ein bedarfsorientiertes, raumweise steuerbares Lüftungssystem mit Wärmerückgewinnung für frische Luft und Wärme.

Auf eine zentrale Warmwasserbereitung in der Schule wurde weitestgehend verzichtet. Die Gebäude sind neben den hocheffizienten Bau- und Anlagentechniken auch mit energiesparenden Geräten im IT- und Servicebereich ausgestattet.

Umgesetzte Maßnahmen:

- Einsatz hocheffizienter Wärmepumpen
- 52 Erdwärmesonden mit 90 m Tiefe
- Photovoltaikanlage mit 220 kWp (180 MWh/a)
- Wärmeverteilung über Kapillarrohr-Decken- und Wandheizungen
- Hybride Lüftung mit dezentralen Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung
- Tageslicht- und präsenzabhängiges LED-Beleuchtungskonzept
- Jalousien mit Lichtlenkung





Renewable energy

The provision of heat is via a thermal pump in combination with a low-temperature panel heating system. In the summer, this structural component tempering supports regenerative cooling; active cooling is not necessary. The solar power system supplies the necessary heat pump electricity.

Decentral, hybrid ventilation serves as the ventilation concept. In the summer, it is naturally ventilated. In the heating period, a needs-oriented ventilation system that can be controlled by the room, with heat recovery provides fresh air and heat.

Central hot water heating in the school was dispensed with to the greatest extent possible. In addition to the highly-efficient construction and systems technologies, the buildings are also outfitted with energy-saving devices in the IT and service areas.

Measures implemented:

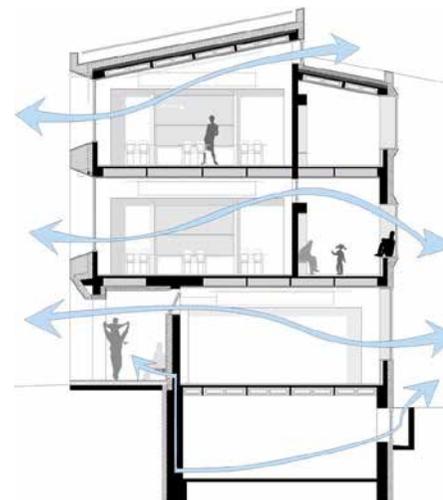
- The use of highly efficient heat pumps
- 52 geothermal probes with a depth of 90 m
- Photovoltaic system with 220 kWp (180 MWh/a)
- Distribution of heat via capillary tube, ceiling and wall heating
- Hybrid ventilation with de-central ventilation systems with heat recovery
- LED lighting concept dependent on daylight and presence
- Shutters with redirection of daylight



BELÜFTUNG | VENTILATION

Die Belüftung der Klassen- und der Verwaltungsräume erfolgt über ein hybrides Lüftungssystem. Dezentrale Lüftungsgeräte mit einer hoch effizienten Wärmerückgewinnung von mindestens 90% (Gesamtwärmerückgewinnungsgrad) sind in alle Klassenzimmer eingebaut. Die Belüftung erfolgt bedarfsgeregelt über die gemessene CO₂-Konzentration im jeweiligen Raum. Parallel können die Räume über Fenster belüftet werden. In den Sommermonaten soll die mechanische Lüftung ausgeschaltet werden. Die Nachtlüftung wird über motorisch gesteuerte Fensterflügel zur Auskühlung des Baukörpers sichergestellt.

Die Kühlung der Server- und EDV-Anlage ist wassergekühlt und die Rückkühlung erfolgt über das Geothermie-Erdsondenfeld. Dadurch wird eine teilweise Regeneration des Erdfelds im Sommer erreicht. Neben der hocheffizienten Bau- und Anlagentechnik wird das Gebäude zudem mit energiesparenden Geräten im IT- und Servicebereich ausgestattet. Zur optimalen Regelung der eingesetzten Technik ist eine Gebäudeleittechnik installiert.



Die Frischluftversorgung des Gebäudes erfolgt größtenteils über mechanische Lüftung. Für die Sommerlüftung wurden gezielt Öffnungen bei den Fassadenfenstern und Klassentüren eingerichtet.

The fresh air supply for the building mostly takes place with mechanical ventilation. Openings in the façade windows and classroom doors were specifically constructed for natural ventilation in summer.





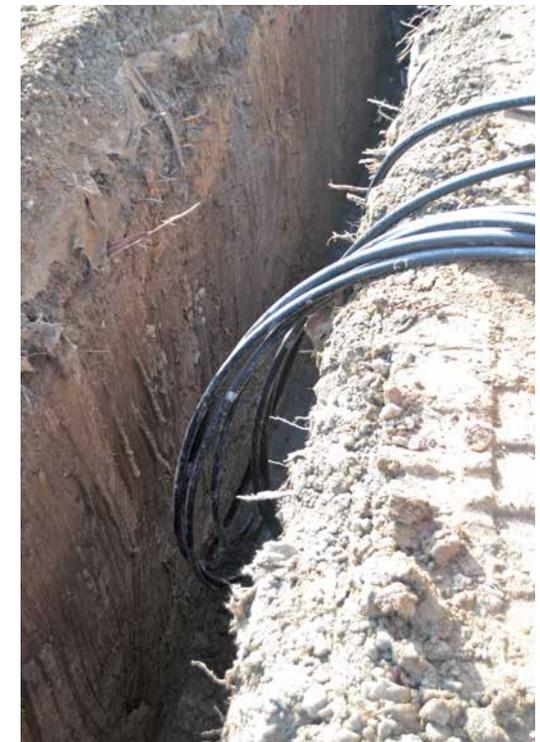
Ventilation in the classrooms and administration rooms takes place via a hybrid ventilation system. De-centralised ventilation devices with highly efficient heat recovery of at least 90% (total degree of heat recovery) are built into all classrooms. Need-based ventilation takes place through the measured CO₂ concentration in the respective room. The rooms can be simultaneously ventilated via the windows. In the summer months, mechanical ventilation should be turned off. Ventilation at night is ensured via the motor-controlled window casements to cool the building.

The cooling of the server and IT system is water-cooled and the back cooling takes place via the geothermal ground probes. By doing so, a partial regeneration of the geothermal probe field is achieved in the summer. Next to the highly efficient construction and systems technology, the building is also equipped with energy-saving devices in the IT and service areas. A building control system was installed for the optimal control of the technology that is employed.



Für die Raumwärme wird ein Erdwärmepumpensystem eingesetzt. Dazu wurden kilometerlange Schlauch- und Rohrsysteme verlegt, die die beiden Wärmepumpen im Hauptgebäude mit einer thermischen Leistung von jeweils 33 kW speisen.

A geothermal pump system is used for space heating. To do so, hose and pipe systems stretching for kilometres were laid. They feed both heat pumps in the main building with a thermal output of 33 kW apiece.



HEIZUNG UND RAUMWÄRME | HEATING AND INDOOR AIR TEMPERATURE

Zur Beheizung der Räume dienen Kapillarrohr-Flächenheizsysteme an Decken- und Brüstungsbereichen. Damit kann die Vorlauftemperatur für das Heizsystem auf 37°C abgesenkt werden. Die Wärmeerzeugung erfolgt über Wärmepumpen durch Ausnutzung der Erdwärme. Im Hauptgebäude sind zwei Wärmepumpen mit einer thermischen Leistung von jeweils 33kW installiert.

Das Erdsondenfeld umfasst insgesamt 52 Sonden und ist größtenteils nördlich des Hauptbaus angeordnet. Aufgrund nicht ausreichender Fläche sind vereinzelte Erdwärmesonden auch auf der Süd-, Ost- und Westseite vorhanden. Die Sonden wurden mit einem Abstand von jeweils 8,5 m verlegt und haben eine Tiefe von ca. 90m. Auf dieser Ebene beginnt die Oberkante der Haßmersheimer Schicht als Teil des oberen Muschelkalks, sodass eine tiefere Bohrung nicht sinnvoll war.

Das komplexe Rohr- und Leitungssystem für die Bereitstellung der Raumwärme ist optimal ausgelegt auf den stark wechselnden Verbrauch in einer Schule – während des Tages und während des Schuljahres.

The complex pipe and conduit system for providing room heating is optimally designed for the extremely varying consumption in a school – during the day and during the school year.





Capillary pipe surface heating systems on ceiling and parapet areas serve to heat the rooms. By doing so, the flow temperature for the heating system can be dropped to 37°C. Heat generation takes place via heat pumps by utilising geothermal heat. Two heat pumps are installed in the main building, each with a thermal output of 33 kW.

The field of geothermal probes comprises a total of 52 probes and is primarily located north of the main building. Due to insufficient space, individual geothermal probes are also present on the south, east and west sides. The probes are laid with spacing of 8.5 m, respectively, and have a depth of 90 m. This level is where the top of the Haßmersheimer layer begins, as a part of the higher shell limestone, so drilling any deeper would not have been worthwhile.

BELICHTUNG | *NATURAL LIGHTING*



Da zahlreiche Studien belegen, dass Tageslicht sowohl die Konzentrationsfähigkeit als auch das Wohlbefinden der Menschen in Gebäuden erhöht, hat man bei der Planung höchsten Wert auf große Fensterflächen gelegt. Wo dies nicht möglich war, wie hier bei diesem Gang, hat man unterhalb der Decke Oberlichte eingezogen und erzielt damit auch in Kernbereichen des Gebäudes eine natürliche Grundbelichtung.

Because numerous studies show that daylight improves the concentration as well as the well-being of people in buildings, during the planning, the highest value was placed on large window areas. Wherever this was not possible, like here, in this hallway, we included transom windows below the ceiling. In doing so, we gained basic natural exposure to light, even in the central areas of the building.



BELEUCHTUNG | *ARTIFICIAL LIGHTING*

Die Beleuchtung des Hauptgebäudes wird über LED-Lichttechnik bereitgestellt. Man unterscheidet zwischen Bereichen mit hochwertiger arbeitsplatzgebundener Beleuchtung und allgemein beleuchteten Bereichen. Der Grad der Helligkeit wird von tageslicht- und präsenzgeregelten LED-Leuchten geregelt.



1. Sensorik für Lichtmanagement

- Lichtfühler zur tageslichtabhängigen Kunstlichtsteuerung
- Präsenzmelder zur präsenzabhängigen Steuerung

2. Lichtmanagement

- Ziel ist möglichst geringer Energieverbrauch, ohne die Akzeptanz des Nutzers negativ zu beeinflussen.
- Tageslichtabhängige Steuerung sorgt dafür, dass künstliche Beleuchtung nur so viel Lichtstrom einsetzt, wie es gesetzliche Regelungen erfordern.
- Präsenzabhängige Beleuchtung sorgt für reduzierten Lichtstrom bei nicht voll besetzten Unterrichtseinheiten. Prüfen der Präsenz in den jeweiligen Reihen parallel zur Tafel.
 - o Präsenz wurde erfasst -> Licht in dieser Reihe notwendig. Leuchten der benutzten Reihen werden so weit hochgedimmt, dass mit Tageslicht die erforderlichen Beleuchtungsstärken erreicht werden.
 - o Präsenz wurde nicht erfasst -> Licht in dieser Reihe nicht notwendig. Leuchten der unbenutzten Reihen bleiben inaktiv.

3. Nutzereingriff

- Der Nutzer kann das Lichtmanagement übersteuern:
 - o bei nicht voll besetztem Klassenzimmer alle Reihen beleuchten
 - o bei ausreichendem Tageslicht Kunstlicht auf max. 360lx limitieren
 - o Rücksetzung der Übersteuerungen zu Beginn jeder Unterrichtseinheit
 - o 300lx im Normalbetrieb
 - o 500lx in Klassenzimmern nur zu Zeiten der Abendnutzung

4. Monitoring Beleuchtungsstärkesensoren

- 3 Beleuchtungsstärkesensoren messen die Lichtsituation im Klassenraum alle 5 min
- Rückschlüsse über die 3 Messwerte auf die Lichtsituation (Kunstlicht, Tageslicht, direkte Sonneneinstrahlung, Himmelszustand)



The lighting of the main building is supplied by LED light technology. One differentiates between areas with high-quality lighting tied to a workplace and generally lighted areas. The amount of lightness is regulated by LED luminaires controlled by daylight and presence.

1. Sensors for light management

- Light sensors to control artificial light, depending on daylight
- Presence detectors, for operation depending on presence

2. Light management

- The target is the lowest possible consumption of energy, without negatively affecting the user's acceptance.
- Operation depending on daylight ensures that artificial lighting only uses as much luminous flux as permitted by legal regulations.
- Lighting depending on presence takes care of reduced luminous flux in lessons that are not completely occupied. Testing presence in the respective rows, parallel to the blackboard
 - o Presence was registered -> Light in this row necessary. Lights in the rows used will be dimmed up until the necessary illumination levels are achieved with daylight.
 - o Presence not registered -> Light in this row not necessary. Lights in the unused rows remain inactive.

3. User interaction

- The user can override the light management:
 - o In classrooms that are not full, all rows light up
 - o If there is sufficient daylight, artificial light is limited to max. 360 lx
 - o Re-set of the overrides at the beginning of every lesson
 - o 300 lx in normal operation
 - o 500 lx in classrooms only if they are used in the evenings

4. Monitoring luminance sensors

- Three luminance sensors measure the light situation in the classroom every five minutes
- Inferences about the three measured values for the light situation (artificial light, daylight, direct sun radiation, sky conditions)

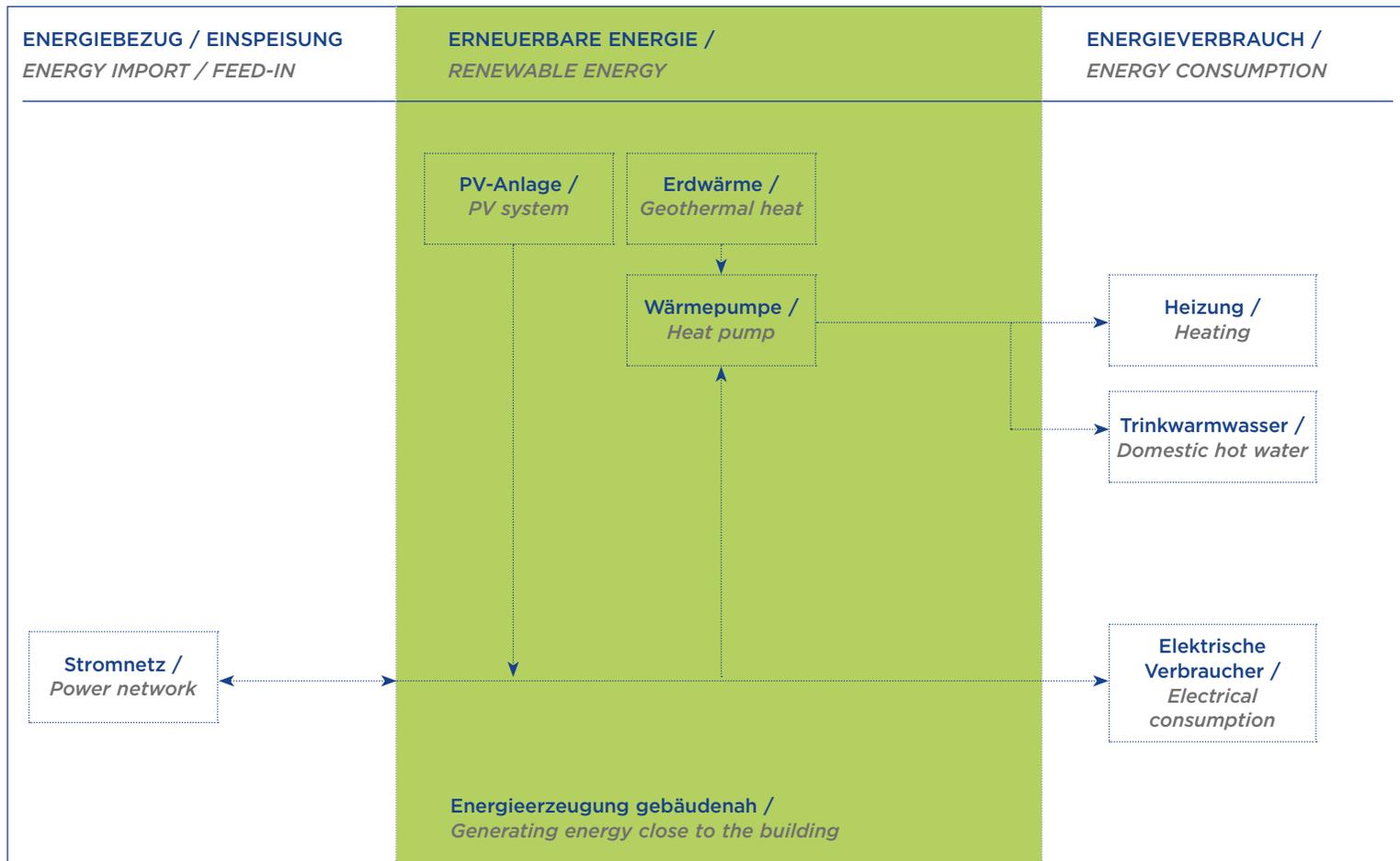
ENERGIEERZEUGUNG MIT PHOTOVOLTAIK | *GENERATING ENERGY WITH PHOTOVOLTAICS*

Den für die Schule benötigten Strom erzeugt eine Photovoltaikanlage auf sämtlichen nach Süden orientierten Dachflächen sowie den Brüstungs-
bereichen der Südfassade des Hauptgebäudes. Zusätzlich sind auf dem Dach
des Erweiterungsbaus Photovoltaikpaneele installiert. Die PV-Anlage der
Uhlandschule erstreckt sich über eine Gesamtfläche von 1.800 m² und
erbringt eine Leistung von 220 kWp.

*A photovoltaic system on all of the roof areas facing south as well as the
parapet areas on the south façade of the main building creates the power
needed for the school. In addition, photovoltaic panels are installed on the
roof of the extension. The PV system of Uhlandschule extends across a
total area of 1,800 m² and generates an output of 220 kWp.*



Übersicht der Energieversorgung der Plusenergieschule Stuttgart /
Overview of the Stuttgart plus-energy school's energy supply





Energieversorgung auch für den Erweiterungsbau

Im Erweiterungsbau befindet sich eine Gymnastikhalle. Zur Wärmebereitstellung im Erweiterungsbau dienen zwei Wärmepumpen mit einer Heizleistung von jeweils 60kW.

Die Wärmepumpen dienen bei Bedarf auch zur Warmwasserbereitstellung für den Sanitärbereich und sind abschaltbar ausgelegt. Um auch im Erweiterungsbau mit niedrigeren Systemtemperaturen von 45°C / 35°C (TVL / TRL) arbeiten zu können, werden hier zusätzliche Heizungskörper installiert.

Umgesetzte Maßnahmen:

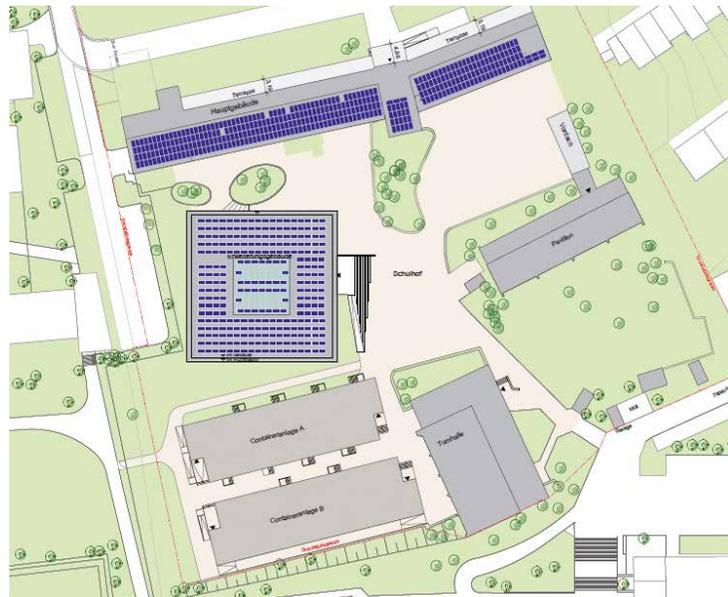
- Einsatz hocheffizienter Wärmepumpen
- 52 Erdwärmesonden mit 90m Tiefe
- Photovoltaikanlage mit 220 kWp
- Jalousien mit Lichtlenkung
- Einbau zusätzlicher Heizflächen
- Nachtlüftung für den zentralen Aulabereich
- Tageslichtoptimierung des Glasdaches
- Dachdämmung mit Vakuumisolierpaneelen

Beim Erweiterungsgebäude aus dem Jahr 2004 wurde das Glasdach tageslichtoptimiert. / *In the expansion building from the year 2004, the glass roof was optimised for daylight.*

Energy supply for the extension as well

There is a gymnasium located in the extension. For the provision of heat, two heat pumps are installed, each with a thermal output of 60 kW.

The heat pumps also serve as hot water heating for the sanitary area as needed and are designed to be switchable. Additional heaters are installed here so as to also be able to work in the extension at low temperatures of 45°C/35°C (TVL/TRL).



Measures implemented:

- The use of highly efficient heat pumps
- 52 geothermal probes with a depth of 90 m
- Photovoltaic system with 220 kWp
- Shutters with light control
- Installation of additional heating areas
- Night-time ventilation for the central assembly hall area
- Daylight optimisation of the glass roof
- Roof installation with vacuum insulation panels

Lebensraum Schule, Produkte und Systeme von Saint-Gobain
School as living place, products and systems from Saint-Gobain

Tageslichtoptimierte Architektur / *Architecture optimised for daylight*

durch zusätzliche Fenster und Saint-Gobain Dreischeiben-Diamant-Glas /
through additional windows and Saint-Gobain three-panel Diamant glass

- Südfassade / *South façade:*

SGG CLIMATOP MAX Ug 0,5; LT 73; g 59;

Aufbau / *Construction:* 6 - 12 Kr - 4 - 12 Kr - 6

- Nordfassade / *North façade:*

SGG CLIMATOP MAX Ug 0,5; LT 73; g 59;

Aufbau / *Construction:* 6 - 12 Kr - 4 - 12 Kr - VSG 33.1

Mindestgesamthglasdicke: 42 mm; Konstruktion von SCHÜCO /

Minimum total glass thickness: 42 mm; construction by SCHÜCO



Optimal gedämmte Gebäudehülle / Optimally insulated building envelopes

für behagliche Innenraumtemperaturen zu allen Jahreszeiten – mit Systemen von Isover und Weber. / for comfortable interior temperatures in all seasons – with systems from Isover and Weber.

- Außenwand Süd / *South outer wall:*
20 cm **Isover ULTIMATE Kontur FSP-032** hinter den Solarpaneelen und 20 cm **weber.therm A 100** Wärmedämm-Verbundsystem (0,033 W/mK) mit Steinwolle von Isover. / *20 cm ISOVER ULTIMATE Kontur FSP-032 behind the solar panels and 20 cm weber.therm A 100 External Thermal Insulation Composite System (0.033 W/mK) with stone wool from Isover.*
- Außenwand Nord / *North outer wall:*
30 cm **WDVS weber.therm 100 mit EPS 031** auf dem größten Teil der Nordfassade (EPS von Isover). Teile wurden mit **weber.therm A 100** Wärmedämm-Verbundsystem mit Dämmplatten aus Mineralwolle ausgeführt. / *30 cm WDVS weber.therm 100 with EPS 031, on most of the north façade (EPS from ISOVER). Parts were executed with weber.therm A 100 External Thermal Insulation Composite System with insulating panels made of mineral wool.*
- Giebelwände und Teil der Außenwand Nord im Bereich Sanitäreinrichtungen / *Gable walls and part of the north outer wall, in the area of the sanitary facilities:*



9,8 cm Vakuumsandwich-Elemente **weber.therm LockPlate** /
9.8 cm weber.therm LockPlate vacuum sandwich elements

- Dach / *Roof:*
30 cm **EPS-Dämmung** von Isover / *30 cm EPS insulation from Isover*
- Erdberührter Boden / *Floor in contact with the substrate:*
3 cm Vakuumdämmung **VacuPad Akustic EVP 007** von Isover /
3 cm vacuum insulation VacuPad Akustic EVP 007 from Isover

ISOVER
SAINT-GOBAIN

weber
SAINT-GOBAIN

Lebensraum Schule, Produkte und Systeme von Saint-Gobain
School as living place, products and systems from Saint-Gobain

Innenausbau, Schallschutz, Brandschutz, Raumluftqualität / *Interior design, soundproofing, fireproofing, room air quality*

■ Bodenaufbauten / *Floor structures:*

Für die Böden wurde **weber.floor 4470 CAF-C30-F7** Fließestrich sowie Leichtausgleich und **EP-Grundierung D** verwendet. /
weber.floor 4470 CAF-C30-F7 floating screed as well as light smoothing and EP primer D were used for the floors.

■ Trockenbau und Schallschutz / *Dry construction and soundproofing:*

Isover ULTIMATE Trennwandfilz-040 im Innenausbau, **Isover Akustic EP1** zur Trittschalldämmung in den unterkellerten Bereichen und **Akustic SSP 1** in ausgewählten Deckenbereichen / *Isover ULTIMATE Trennwandfilz-040 in the interior construction, Isover Akustic EP 1 for footfall sound insulation in the areas above the cellar and Akustic SSP1 in selected ceiling areas.*

■ Besondere Sicherheit im Brandfall / *Special safety in the event of a fire:*

durch **Saint-Gobain Brandschutzgläser**, nicht brennbare mineralische **Dämmstoffe von Isover** und **Rigips Feuerschutzplatten**. **Brandschutzdecken mit Isover Integra ZKF1-032** und **Isover Protect BSP40 Brandschutzplatte**. Durch eine vollflächige Unterdecke mit **Rigips Glasroc F** konnte die bestehende Rippendecke auf F90 aufgerüstet werden. / *through Saint-Gobain fire protection glazing, non-flammable mineral insulating materials by Isover and Rigips fire protection panels. Fire protection ceilings with Isover Integra ZFK 1-032 and Isover Protect BSP 40 fire protection panels. The existing ribbed slabs could be upgraded to F90 through a complete suspended ceiling with Rigips Glasroc F.*



- Raumklima und Luftqualität / *Indoor climate and air quality*

Rigips-Systeme trugen wesentlich bei zur Unterstützung eines gesunden Raumklimas mit dem **Rigidur H Activ'Air** Wandsystem (MW12RH) und zum sicheren Brandschutz mit der **Glasroc F** Sanierungsdecke (DB11GT). / *Rigips systems significantly played a role in the support of a healthy indoor climate, and with the Rigidur H Activ'Air wall system (MW12RH) and for safe fire protection with the Glasroc F suspended ceiling (DB11GT).*



Saint-Gobain Isover G+H AG

Bürgermeister-Grünzweig-Straße 1
67059 Ludwigshafen
Deutschland / *Germany*
www.isover.de



Saint-Gobain Rigips GmbH

Schanzenstraße 84
40549 Düsseldorf
Deutschland / *Germany*
www.rigips.de



Saint-Gobain Weber GmbH

Schanzenstraße 84
40549 Düsseldorf
Deutschland / *Germany*
www.sg-weber.de



Saint-Gobain Deutsche Glas - Glassolutions

Nikolausstraße 1
52222 Stölgberg (Rheinland)
Deutschland / *Germany*
www.glassolutions.de



MESSUNGEN | MEASUREMENTS

Für die Validierung der umgesetzten Maßnahmen sowie zur Nutzerakzeptanz ist ein zweijähriges Monitoring geplant. Damit soll die Effizienz der umgesetzten Maßnahmen bewertet werden. Darüber hinaus sind weitere Detailuntersuchungen vorgesehen. Erkenntnisse aus den Detailuntersuchungen und dem Monitoring sollen für eine Betriebsoptimierung und Anpassung der Gebäudeleittechnik genutzt werden.

Die Sensorik für das Monitoring wurde bereits parallel zur Bauausführung installiert. Da das Gebäude mit einer Gebäudeleittechnik ausgestattet ist, werden die Daten mit diesem System erfasst. Für die Validierungsmessung sind nicht alle Messpunkte der Gebäudeleittechnik notwendig. Andererseits werden für die Validierung Sensoren benötigt, die für die Steuerung und Regelung nicht relevant sind. Es ist somit eine Separation der Daten notwendig. Die Datenübertragung an das Amt für Umweltschutz (AfU) und dessen wissenschaftlicher Partner erfolgt kontinuierlich, muss jedoch ständig überwacht und kontrolliert werden, damit keine Datenausfälle entstehen bzw. knapp gehalten werden. Zur Absicherung der kontinuierlichen energetischen Bilanzierung werden ergänzend händische Ablesungen von entscheidenden Zählern durchgeführt.

Die Uhlandschule wurde darauf konzipiert, neben der Verbrauchsminimierung und Plusenergie auch eine hervorragende Behaglichkeit für die Nutzerinnen und Nutzer bereitzustellen. Die Behaglichkeit soll anhand der messtechnisch erfassten Behaglichkeitsparameter ausgewertet und der Gebäudebetrieb aus Behaglichkeitssicht optimiert werden. Dies betrifft sowohl die thermischen Bedingungen im Winter und Sommer als auch die Luftqualität und die Beleuchtungsverhältnisse.

Ein Projekt mit Vorbildcharakter

Mit den Erfahrungswerten soll Anstoß für weitere Vorhaben zur energieeffizienten Sanierung gegeben werden. Partner der Stadt sind Bosch Thermotechnik und die Saint-Gobain Gruppe. Die wissenschaftliche Begleitung des Projekts liegt beim Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP). Das Projekt wird im Rahmen der Energieforschung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie gefördert (Förderkennzeichen: 0327430J).

Erste Messergebnisse

Nach Abschluss der Sanierung erfolgte auch die Inbetriebnahme der Photovoltaikanlage. Inzwischen liegen Daten vom ersten Betriebsjahr vor. Vom 1. Oktober 2016 bis 30. September 2017 wurden von der PV-Anlage 203.308 kWh erneuerbarer Strom erzeugt. Das sind etwa 10% mehr als im Energiekonzept abgeschätzt. In der gleichen Zeit lag der Stromverbrauch des Gebäudes bei 160.815 kWh. Der Stromverbrauch umfasst alle stromverbrauchenden Prozesse im Schulgebäude einschließlich des Nutzerstroms für Beamer, Whiteboards usw. Der Schulbetrieb läuft seit März 2017, doch bereits im Winter 2016/2017 wurde das Schulgebäude mit Heizwärme versorgt, die von den Elektrowärmepumpen erzeugt wurde. Im ersten Betriebsjahr wurde somit bereits ein Stromüberschuss von 42.493 kWh erzielt.



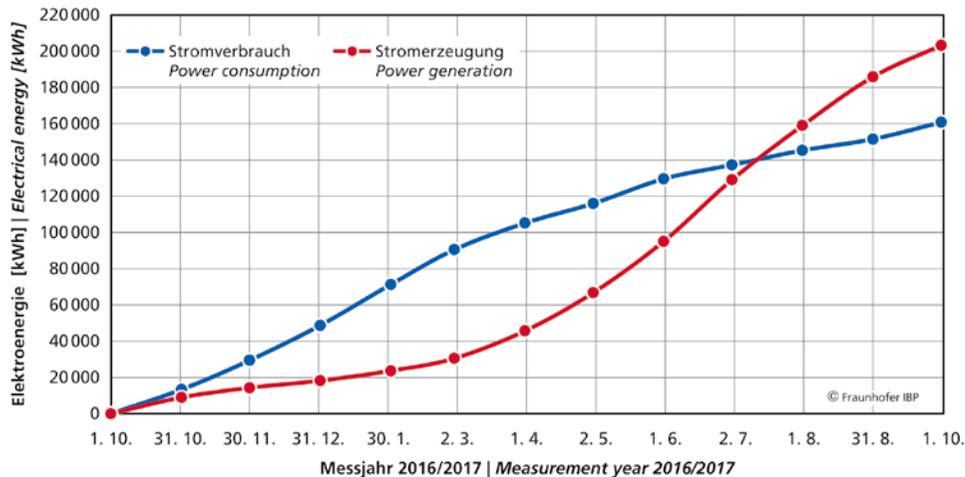
Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

PTJ
Projektträger Jülich
Forschungszentrum Jülich



According to plans, a two-year monitoring phase shall serve to validate all implemented measures as well as to evaluate their acceptance among users. During this time, measures are to be checked for their efficiency. In addition, further detailed investigations and analyses are to be performed whose findings shall then be used in combination with the monitoring results to further optimise operation and fine-tune the building management and automation system.

The sensors used for monitoring were already installed during the construction phase with the building's management and automation system recording all the data measured via these sensors. While some of the sensors serve validation pur-

poses, others are required for the management and automation system. As a consequence, the collected data need to be sorted and separated. Data are continuously transferred to the Office for Environmental Protection and its partner research institution with this transfer being monitored and controlled at all times to ensure the conciseness and completeness of the transfer. To guarantee continuous energy balancing, staff members also manually read out measurements from key counters. Apart from minimising consumption and actually generating an energy surplus, the Uhlandschule building was designed to provide an outstanding atmosphere of wellbeing which shall be analysed via measurable wellbeing parameters and optimised depending on the results. Wellbeing parameters relate to the thermal conditions in winter and summer as well as the air quality and the lighting conditions.

Initial results

Upon completion of the renovation phase, the photovoltaic system was taken into operation and has provided data for a year now. From 1 October 2016 to 30 September 2017, the system produced 203,308 kilowatt hours of renewable energy. This number exceeds the projections mentioned in the energy plan by approximately 10%. During the same period, the total energy consumption in the building amounted to 160,815 kilowatt hours. The consumption includes all energy-dependent processes in the school building including the operation of devices, such as projectors, whiteboards, etc. Although school operation only started in March 2017, the building was already heated by thermal heat produced by electric heat pumps during the winter of 2016 to 2017. In total, an energy surplus of 42,493 kilowatt hours could be achieved during the first year of operation.



A role model project

The experience values will be an impetus for further plans on energy-efficient renovation. The city's partners are Bosch Thermotechnik and the Saint-Gobain Group. The Fraunhofer Institute for Building Physics (IBP) is providing scientific guidance for the project. The project is being supported within the framework of energy research from the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (Project Reference Number: 0327430J).

DIE KOMFORT-DIMENSIONEN



Gestaltungsfreiheit | *Freedom of design*

Komfort im Sinne von Gestaltungsfreiheit erlaubte es Bauherrn und Architekten, Schulgebäude funktional und mit positiver Gesamtwirkung zu gestalten. Sei es durch abwechslungsreiche, subtile Materialwahl und Farbgebung oder durch interessante Linienführung und Transparenz der gewählten Verglasung. Die Freiheit des individuellen Entwurfes konnte in höchster Ausführungsqualität umgesetzt werden und lässt Komfort entspannt und räumliche Perspektiven verführerisch erleben.

Comfort in terms of freedom of design allowed builders and architects to design the school building functionally and with a positive overall impact. Be it through the varied and subtle choice of material and colours or through interesting contouring and the transparency of the glazing that was selected. The freedom of the individual design could be implemented with the highest levels of workmanship and allows for comfort to be experienced in a relaxing way and spatial perspectives to be experienced in an alluring way.



Ruhe | *Quiet*

In halligen Räumen herrschen unnötig hohe Geräuschpegel, die die Sprachverständlichkeit mindern und dauerhafte Lern- und Konzentrationsprobleme verursachen können. Eine Beeinträchtigung des Wohlbefindens und der Gesundheit von Schülerinnen, Schülern und Lehrkräften sind die Folge. Ein wirkungsvoller Schallschutz nach außen und zu Nebenräumen sowie eine gute Raumakustik sind die Voraussetzung für Erfolg in der Schule, denn wir lernen nur, was wir sehen und hören.

In spacious rooms, there are often unnecessarily high noise levels, which reduce speech intelligibility and can cause long-term problems with learning and concentration. The result is an adverse effect on pupils' and teachers' well-being and health. Effective outward sound insulation and between rooms as well as good room acoustics are the conditions for success at school, because we only learn what we see and hear.



Raumklima | *Indoor climate*

Wärmedämmung auf höchstem Niveau sorgt für behaglichen Komfort zu allen Jahreszeiten. Die großzügige Dreischeibenverglasung steht für optimierte Tageslichtqualität im ganzen Schulgebäude. Die Komfortlüftungsanlage fördert laufend gesunde, sauerstoffreiche Luft in alle Räume. Hochwertige Systeme, Putze und Anstriche für den Innenbereich sorgen für ein gesundes Raumklima, die Voraussetzung für menschliches Wohlbefinden.

Thermal insulation with the highest standards ensures true comfort in all seasons. The generous three-pane glazing stands for optimised daylight quality in the entire school building. The sophisticated ventilation system continually supplies all rooms with healthy, oxygen-rich air. High-quality interior systems, renders and paints ensure a healthy room climate, which is a prerequisite for human well-being.

THE COMFORT DIMENSIONS



Sicherheit | Safety

Unverzichtbar für ein sicheres Gefühl von Komfort und Wohl-befinden ist der erfüllte Wunsch nach größtmöglichem Schutz von Gesundheit und Leben. Die Gebäudeplanung berücksichtigt Stabilität und Widerstandsfähigkeit von Konstruktionen, Sicherheit durch Brandschutz und schützt vor Wertverlusten. Ausgewählte Produkte unterstützen ein unbelastetes Raumklima, die perfekte Voraussetzung für Wohn-gesundheit und entspannten Komfort.

A safe feeling of comfort and well-being can only be achieved by maximum possible protection of our life and health. Planning a building also takes account of the stability and resistance of structures, considers the safety guaranteed by fire protection measures and prevents losses in values. Selected products promote a positive room climate and hence create the perfect conditions for healthy living and relaxed comfort.



Nachhaltigkeit | Sustainability

Produkte und Systeme sollten neben der Funktionalität beispielgebend ästhetische, ideelle und nachhaltige Werte verbinden, Ressourcen schonen und dauerhaften Komfort bieten. Sie sollten Werte schaffen im Einklang mit der Natur, eine gute Ökobilanz und Lebensdauer aufweisen und keine Schadstoffe abgeben. Eine energieeffiziente Gebäudekonzeption, verbunden mit lokaler Gewinnung und Nutzung von erneuerbarer Energie ermöglicht es, Komfort nachhaltig und mit gutem Gewissen zu genießen.

In addition to serving their function, products and systems should also combine aesthetic, sentimental and sustainable values, preserve resources and offer lasting comfort. They should create values in harmony with nature, contribute to improving ecological balance and life cycles and not emit any harmful substances. Energy-efficient building design combined with the local generation and use of renewable energy allows us to enjoy comfort in a sustainable way and with a clear conscience.



Zeitgewinn | Gain in time

Komfort Lösungen stehen für überdurchschnittlichen Zeitgewinn durch deutlich höhere Verarbeitungsgeschwindigkeit und kürzere Trockenzeiten. Räume werden schneller nutzbar, und es bleibt mehr Zeit für die schönen Dinge des Lebens, die das persönliche Wohlbefinden spürbar steigern. Hochwertige Materialien sind auch pflegeleicht und im Wartungsaufwand stark reduziert, wie etwa die selbstreinigenden Verglasungen.

Multi-comfort solutions help to save more time by offering high processing speed and shorter drying times. Rooms are ready for use within a shorter period of time, leaving more time for the beautiful things in life which noticeably increase our personal well-being. Besides, high-quality materials are easy to clean and require low maintenance, as is the case with the self-cleaning glazing elements.

ZUSAMMENFASSUNG | SUMMARY

Die Projektidee, eine bestehende Schule in eine Plusenergieschule umzuwandeln, war eine große Herausforderung. Nach umfangreichen Planungen und mit intensiven Abstimmungen mit den Nutzern und den Planern gelang es, die Sanierungen im Sommer 2016 abzuschließen. Nach der Übergabe an die Schulleitung folgte die Einrichtung der Unterrichtsräume. Danach folgt eine zweijährige Monitoringphase, um das Plus in der Energiebilanz zu verifizieren und anhand von Messungen den Betrieb der Schule zu optimieren. Wie schon zu Beginn der Planungen sind Befragungen von Schülern, Lehrern und Hausmeistern fest eingeplant.

Die Sanierung der Uhlandschule hat Modellcharakter. Der gesamte Energiebedarf wird künftig erneuerbar durch die Nutzung lokal verfügbarer Energiequellen gedeckt. Im Laufe eines Jahres soll die Schule mehr Energie erzeugen, als sie selber verbraucht. Das erwartete Plus der Energiebilanz liegt bei 11.000 Kilowattstunden pro Jahr – das entspricht etwa dem Stromverbrauch von drei Vier-Personen-Haushalten.

Voraussetzungen für das Erreichen des Plus sind zum einen die deutliche Reduktion der Energieverluste durch die umfassende Wärmedämmung und die Vermeidung von Wärmebrücken. Zum anderen werden energieeffiziente Geräte und Technologien verwendet.

Die Belüftung der Räume erfolgt künftig über ein hybrides Lüftungssystem. Dezentrale Lüftungsgeräte mit einer Wärmerückgewinnung von mindestens 90 Prozent werden in alle Klassenzimmer eingebaut. Belüftet wird je nach gemessener CO₂-Konzentration im jeweiligen Raum. Gleichzeitig kann das Gebäude durch Öffnen

der Fenster natürlich belüftet werden. Ein neues, automatisch gesteuertes Sonnenschutzsystem verhindert zudem eine sommerliche Überhitzung und garantiert ausreichendes Tageslicht. Die Beheizung der Räume erfolgt über Kapillarrohr-Flächenheizsysteme. Die Wärme wird über Wärmepumpen durch Ausnutzung der Erdwärme erzeugt. Für das Hauptgebäude und den Erweiterungsbau sind je zwei Wärmepumpen installiert. Erdgas wird zur Wärmeerzeugung nicht mehr benötigt.

Die gesamte Beleuchtung ist auf LED-Lichttechnik umgerüstet. Sie ist nach Präsenz und Tageslicht geregelt. Zudem bekommt die Schule energiesparende Geräte im IT- und Servicebereich. Zur optimalen Regelung ist eine Gebäudeleittechnik installiert.

Während der ersten beiden Nutzungsjahre wird durch viele Messsensoren detailliert der Energieverbrauch der Schule analysiert. Es werden Betriebserfahrungen mit dem sanierten Gebäude und den neuen Technologien gesammelt sowie der technische Betrieb der Schule weiter optimiert.

Nach Abschluss der Sanierung wird es an der Schule mehr elektrische Verbraucher geben. Dazu zählen Lüftungsgeräte, motorisch gesteuerte Fensterflügel, Whiteboards, Sonnenschutz-Jalousien und Aufzug sowie die Wärmepumpen für die Wärmeerzeugung. Dadurch wird sich der spezifische Stromverbrauch je Quadratmeter fast verdoppeln. Durch die Energie-Einsparmaßnahmen und die große Photovoltaikanlage weist die Schule das erwähnte Plus von 11.000 Kilowattstunden pro Jahr aus. Erste Messungen zeigen, dass dieses Plus auch tatsächlich erzielt wird und so eine klimaneutrale Schule entstanden ist.

IMPRESSUM:

2. überarbeitete Auflage (Stand: Nov. 2017)

Verantwortlicher Herausgeber: Michel Wenger, Saint-Gobain Isover G+H AG, Bürgermeister-Grünzweig-Straße 1, 67059 Ludwigshafen, in Zusammenarbeit mit der Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Gaisburgstraße 4, 70182 Stuttgart und dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart. Fotos: Olaf Rohl, Saint-Gobain, Landeshauptstadt Stuttgart – Amt für Umweltschutz. Grafische Gestaltung: senft & partner, 1020 Wien.

Rechtlicher Hinweis: Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt erstellt, trotzdem können Fehler nicht ausgeschlossen werden, wofür wir keine Haftung übernehmen. Die Bilder, Pläne und Logos sind urheberrechtlich geschützt.

LEGAL NOTICE:

2nd revised edition (Status: Nov. 2017)

Responsible editor: Michel Wenger, Saint-Gobain Isover G+H AG, Bürgermeister-Grünzweig-Straße 1, 67059 Ludwigshafen, in cooperation with Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz [Office of Environmental Protection], Gaisburgstraße 4, 70182 Stuttgart and The Fraunhofer Institute for Building Physics (IBP), Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart. Photos: Olaf Rohl, Saint-Gobain, State Capital of Stuttgart – Amt für Umweltschutz [Office of Environmental Protection]. Graphic design: senft & partner, 1020 Vienna.

Legal note: This brochure was created with great care; however, errors cannot be excluded. We do not accept any liability for them. The images, plans and logos are protected by copyright.

The retrofit of an existing school building into an energy-plus school was a huge challenge for all involved parties. After a comprehensive planning phase followed by intense coordination and adjustment activities between both users and planners, the renovation project could be successfully completed in summer 2016. As soon as the building was handed back to the school administration, the classrooms underwent extensive refurbishment measures. Their completion then signalled the onset of a two-year monitoring phase with the aim to verify the building's energy efficiency via its energy balance as well as to optimise the school's operation on the basis of the monitoring results. As during the initial planning phase, students, teachers and facility management staff will be asked for feedback during the monitoring phase.

The Uhlandschule school is regarded as a pioneering project. In future, the school's total energy requirements shall be covered by locally available, renewable energy sources. In the course of a year the school's energy production from renewable energy sources shall exceed its annual energy consumption with the expected surplus amounting to 11,000 kilowatt hours per year, which roughly corresponds to the energy consumption of three four-person households.

Pre-requisites for this level of energy efficiency include a significant reduction of energy losses through high-performance thermal insulation and the avoidance of thermal bridges. What is more, the school also relies on the use of energy-efficient devices and technologies to reach this target.

A hybrid ventilation system based on the installation of decentralised ventilation units with no less than 90% heat recovery in all classrooms is responsible for the building's ventilation. The system's operation depends on the CO₂-level in a room. In addition, the building can also be aired naturally as all windows can be opened. What is more, a new automated sun protection system prevents overheating during summer while also guaranteeing sufficient natural lighting. All rooms are heated via a capillary tube mat heating system with the heat being generated by heat pumps drawing on geothermal power. Two of these pumps have been installed in the main building and the annexe each. As a result, the school no longer relies on natural gas for heating.

The school's entire lighting system has been converted to LED technology and is controlled on the basis of room occupancy and natural lighting intensity. What is more, the school uses energy-saving equipment in both the IT and service sectors. In order to optimally control and manage all systems, the building has been equipped with a building management and automation system.

During the first two years, energy consumption parameters gained via the numerous installed sensors shall be analysed in great detail. Experience regarding the running of the renovated building and the use of the implemented new technologies shall be constantly gathered to further optimise the building's technical management.

After project completion, the school operates far more power-consuming devices, including ventilation units, motor-operated windows, whiteboards, sun protection blinds, a lift as well as heat pumps for heating. For this reason, the specific energy consumption per square metre is almost twice as high. Thanks to extensive energy-saving measures and a huge photovoltaic system, the school upholds the above-mentioned energy plus of 11,000 kilowatt hours per year. Initial measurements confirm the actual achievement of this energy efficiency level and thus show that a school with a net zero energy footprint can become a reality.

Bauherr / Building owner:

Landeshauptstadt Stuttgart / State Capital of Stuttgart
Referat Jugend und Bildung / Department Youth and Education

Schulverwaltungsamt / School Administration Office
Referat für Städtebau und Umwelt / Department for Urban Development and Environment
Amt für Umweltschutz / Office of Environmental Protection

Projektleitung / Project management:

Landeshauptstadt Stuttgart / State Capital of Stuttgart
Technisches Referat / Technical Department
Hochbauamt / Office of Building Construction, School and Sport Buildings

Architekturbüro / Architecture offices:

Planung / Planning:

Hotz Generalplaner GmbH, Freiburg

Bauleitung / Supervision:

KBK Architektengesellschaft Belz Lutz mbH, Stuttgart

Technische Ausrüstung / HLSE:

Technical equipment / HVSE:

Planung / Planning:

Hotz Generalplaner GmbH, Freiburg

Bauleitung / Supervision:

Ingenieurgruppe Freiburg GmbH, Freiburg

Koordination / Coordination:

Dornier Consulting International GmbH, Stuttgart

Energiekonzept / wissenschaftliche Begleitung:

Energy concept / scientific guidance:

Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart /

The Fraunhofer Institute for Building Physics, Stuttgart

STUTTGART



 **Fraunhofer**
IBP

 **BOSCH**
Technik fürs Leben


SAINT-GOBAIN

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

