

KOMFORT MACHT SCHULE /
COMFORT AT SCHOOL CATCHES ON

PLUSENERGIESCHULE STUTT GART

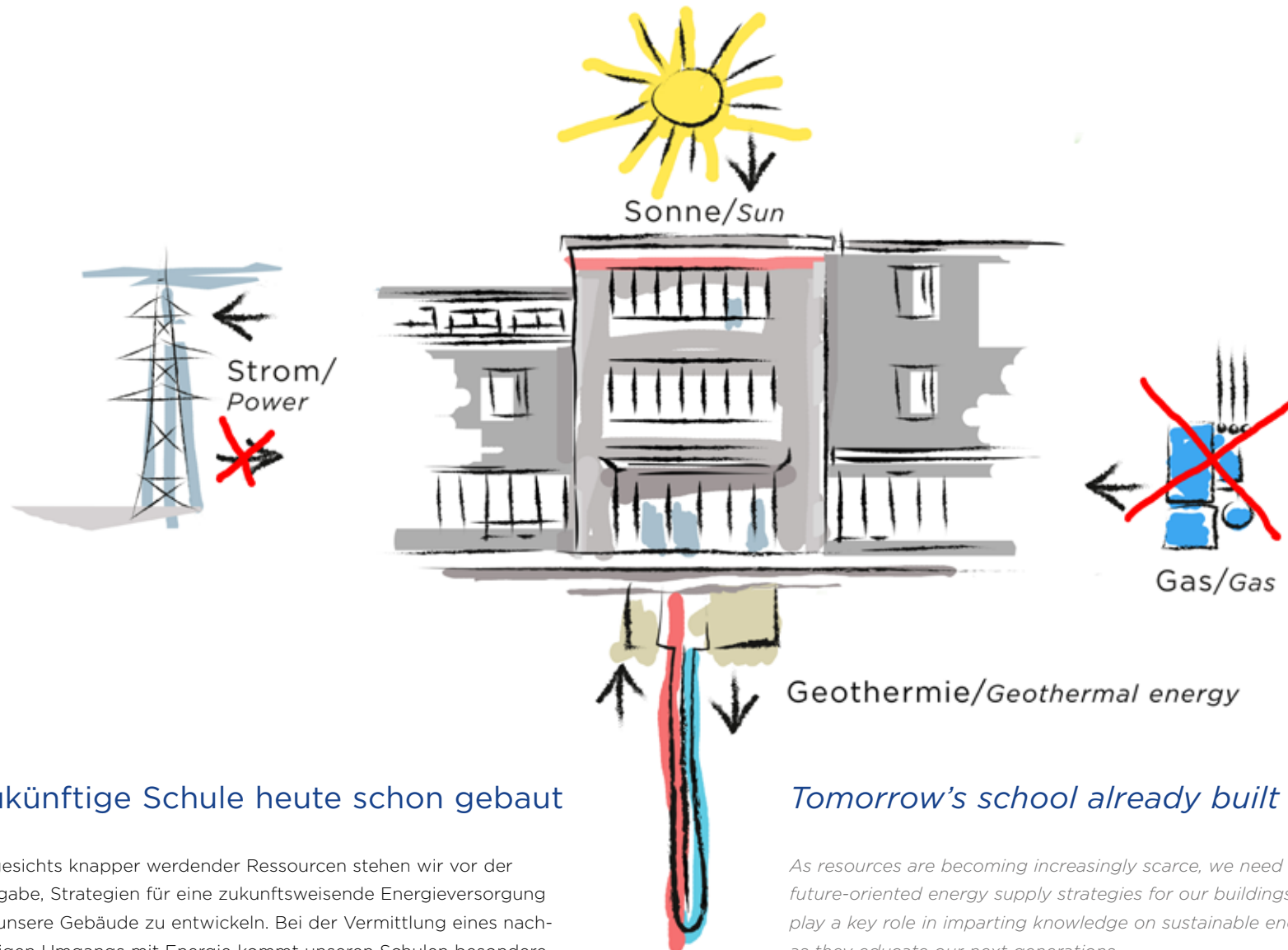
PLUSENERGIESCHULE
STUTT GART



INHALT | CONTENT

VISION & KONZEPT <i>VISION & CONCEPT</i>	3
BESTAND <i>EXISTING BUILDINGS</i>	8
THERMISCHE HÜLLE <i>THERMAL ENVELOPE</i>	12
BELÜFTUNG <i>VENTILATION</i>	18
BELICHTUNG <i>DAYLIGHT</i>	22
SCHALLSCHUTZ & AKUSTIK <i>NOISE CONTROL & ROOM ACOUSTICS</i>	26
FARBEN <i>COLOURS</i>	30
BRANDSCHUTZ - BARRIEREFREIHEIT - SICHERHEIT <i>FIRE PROTECTION - ACCESSIBILITY - SAFETY</i>	32
HEIZUNG <i>HEATING</i>	34
ENERGIEERZEUGUNG <i>GENERATING ENERGY</i>	38
DIE LÖSUNGEN <i>THE SOLUTIONS</i>	40
NUTZERZUFRIEDENHEIT <i>USER SATISFACTION</i>	46
INBETRIEBNAHME UND EINREGULIERUNG <i>INITIATING AND ADJUSTING THE SYSTEM</i>	50
UNABHÄNGIGES VALIDIERUNGSPROJEKT <i>INDEPENDENT VALIDATION PROJECT</i>	54
ZUSAMMENFASSUNG <i>SUMMARY</i>	56

VISION & KONZEPT | VISION & CONCEPT



Zukünftige Schule heute schon gebaut

Angesichts knapper werdender Ressourcen stehen wir vor der Aufgabe, Strategien für eine zukunftsweisende Energieversorgung für unsere Gebäude zu entwickeln. Bei der Vermittlung eines nachhaltigen Umgangs mit Energie kommt unseren Schulen besondere Bedeutung zu: Hier werden die heute noch jungen Generationen ausgebildet.

Tomorrow's school already built today

As resources are becoming increasingly scarce, we need to develop future-oriented energy supply strategies for our buildings. Schools play a key role in imparting knowledge on sustainable energy use as they educate our next generations.

Die Vision 2050 – klimaneutrale Gebäude

Um die Klimaerwärmung einzudämmen, haben sich die Länder dieser Welt das Ziel gesetzt, ab 2050 nur noch klimaneutrale Gebäude zu betreiben. Die Klimaveränderung schreitet voran. Fossile Energieresourcen wie Öl und Erdgas gehen zu Ende. Daher ist es eine der größten Herausforderungen unserer Zeit, Strategien für eine nachhaltige, nicht fossile Energieversorgung zu entwickeln.

Um diesen Wandel zu vollziehen, hat die Landeshauptstadt Stuttgart ein Energiekonzept entwickelt. Im Fokus 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. Neben einer genauen Analyse der Energieströme in Stuttgart mit einer klaren Zuordnung zu den einzelnen Sektoren (öffentliche Gebäude, Wohngebäude, Industrie, Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Verkehr) wird nun jährlich der Energieverbrauch bilanziert. Mit den entwickelten und umgesetzten Maßnahmen wird die Energiewende vorangetrieben.

Obwohl die öffentlichen Gebäude nur einen Anteil von vier Prozent am Gesamtverbrauch haben, besitzt dieser Bereich aufgrund der Vorbildfunktion der Stadt eine hohe Bedeutung. Dabei spielen insbesondere Schulen eine wichtige Rolle, da in Stuttgart ihr Anteil 40 Prozent der städtischen Gebäudefläche beträgt.





The vision for 2050 – buildings with a net-zero energy footprint

In order to restrict global warming, countries around the world have made it their clear target to exclusively operate zero-energy buildings as of 2050. Climate change is progressing. Fossil fuels such as crude oil and natural gas are running out. For this reason, the development of sustainable, non-fossil energy supply strategies constitutes one of the main challenges that we are faced with today.

As a consequence, the state capital of Stuttgart has developed an energy concept which envisions a zero-energy state capital by the year of 2050. By dramatically reducing its energy consumption, implementing a high degree of energy efficiency and basing its energy supply on renewable resources, Stuttgart is to develop into a capital that exclusively relies on sustainable energy management. In addition to a detailed analysis of the city's energy flow including a clear breakdown into individual sectors (public buildings, residential buildings, industry, trade, commerce, service provision and transport), an energy balance is drawn up every year to reflect the annual energy consumption. The measures that have been developed and implemented so far have facilitated the city's progress towards energy transition.

Although public buildings have a share of only 4% in the total energy consumption, they play a key role due to Stuttgart's role model status. In this context, schools are especially important as they account for 40% of the total area taken up by public buildings in the city.



Schulbau für die Zukunft

Um das hier schlummernde Potenzial aufzuzeigen, hat die Landeshauptstadt Stuttgart das Projekt „Uhlandschule wird zur Plusenergieschule“ umgesetzt. Die wissenschaftliche Begleitung liegt beim Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP). Saint-Gobain mit seinen umfangreichen Multi-Komfort-Lösungen ist gemeinsam mit der Robert Bosch GmbH Industriepartner. Das Projekt wurde im Rahmen der Energieforschung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie gefördert (BMWi). Die Sanierung der Uhlandschule ist ein Vorzeigemodell auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energieversorgung.

Vorbildliche Sanierung

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 mit auf dem Schulgrundstück verfügbaren erneuerbaren Energien gedeckt.

Dazu wurde die Uhlandschule ganzheitlich energetisch verbessert. Gebäudehülle und Anlagentechnik wurden saniert, innovative Wärmedämmmaterialien eingebaut und Lüftungskonzepte mit Wärmerückgewinnung umgesetzt. Sonnenenergie und Erdwärme decken den Bedarf für Strom und Wärme vor Ort. Nach der Sanierung erzeugt die Grund- und Werkrealschule in Stuttgart mehr Energie, als sie verbraucht.



Building a School for the Future

In order to reveal the inherent hidden potential, the state capital of Stuttgart has implemented the "Uhlandschule school goes plus-energy" project under the scientific guidance of the Fraunhofer Institute for Building Physics (IBP). With its extensive multi-comfort solutions, Saint-Gobain acts as an industry partner together with Robert Bosch GmbH. The project was supported within the framework of energy research by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi). The modernisation of the Uhlandschule school acts as a role model for the implementation of sustainable energy supply.

An exemplary modernisation project

The Uhlandschule school's energy-efficient modernisation is exemplary for how to successfully manage energy transition in an urban area. To do so, overall consumption needs to be reduced in the areas of heating and energy. Furthermore energy efficiency needs to be increased. The remaining energy demand is met by the use of renewable energies available on the properties of the school.

To fulfil these targets, the building's energy concept was subjected to a comprehensive overhaul requiring the modernisation of both the building envelope and the systems technology, the use of innovative thermal insulation material as well as the realisation of ventilation concepts involving heat recovery. Solar and geothermal energy is used to meet the school's demand for power and heat. After its modernisation, the Uhlandschule primary and secondary school in Stuttgart produces more energy than it consumes.



BESTAND | *EXISTING BUILDINGS*

Die Zielsetzung zu Beginn der Planungen war, alle Gebäude des Ensembles hochwertig zu sanieren: Die im Jahr 1954 errichteten Gebäude (Hauptgebäude, Pavillon und Turnhalle) sowie der Erweiterungsbau aus dem Jahr 2004 sollten auf das Niveau einer Plusenergieschule gebracht werden. Insgesamt ist die Schule für rund 450 Schüler im Alter von 6 bis 16 Jahren ausgelegt.

Doch schon bald mussten die Pläne angepasst werden: Die Turnhalle und der Pavillon müssen aufgrund der nicht mehr normgerechten Grundrisse und der schlechten Bausubstanz abgerissen und neu errichtet werden. Im Verbund mit benachbarten Schulen soll eine Doppelsporthalle entstehen und ein Schulerweiterungsgebäude mit Cafeteria, Bibliothek und Verwaltungstrakt, die einen Innenhof zum gemeinsam genutzten „Schulcampus Rot“ bilden.

Das Hauptgebäude und der Erweiterungsbau blieben erhalten und wurden auf das Plusenergieniveau saniert.

Hauptgebäude

Das Hauptgebäude der Grund- und Werkrealschule ist ein lang gestreckter Baukörper mit einer beheizten Nettogrundfläche von 2.981 m² und verfügt über drei oberirdische sowie ein unterirdisches Geschoss. Im Erdgeschoss befinden sich Aufenthalts- und Werkräume. In den Obergeschossen sind Klassenräume untergebracht. Das Untergeschoss unterkellert etwa die Hälfte des Gebäudes und umfasst Lager- und Technikräume.

Das Gebäude hatte teilweise nur Einscheibenverglasung, schlechte Wärmedämmung mit vielen Wärmebrücken, eine undichte Gebäudehülle und einen hohen Energieverbrauch bei ungenügendem Komfort.

Erweiterungsgebäude

Beim Erweiterungsbau, mit einer beheizten Nettogrundfläche von 2.038 m², gab es Undichtigkeiten im Bereich des Glasdachs. Der entsprechende Aufbau mit dem angrenzenden Dach musste komplett erneuert werden.



Hauptgebäude / Main building (1954)



Erweiterungsgebäude / Extension (2004)



At the beginning of the planning phase, the target was to subject all the buildings on the premises to extensive high-quality modernisation measures. Designed to accommodate a total of about 450 pupils aged 6 to 16, the buildings dating from 1954 (main building, pavilion and gym) as well as the extension building from 2004 were to be renovated and converted into plus-energy school buildings.

Soon after project start, however, some of the original plans were abandoned when it became clear that the gym as well as the pavilion would have to be completely demolished and rebuilt due to layouts that no longer conform to the applicable standards and poor-quality building fabric. In co-operation with neighbouring schools, a double gym as well as an extension building housing a cafeteria, a library and an administration wing shall be built around a yard and jointly used as the new "School Campus Rot".

The main building as well as the extension building remained intact but were modernised to conform to the plus-energy concept.

The main building

Housing both the primary school as well as the secondary school, the main building is an elongated structure with a heated net floor area of 2,981 square meters and three floors above as well as one floor below ground level. The ground floor houses the common rooms and workrooms while the classrooms are located on the upper floors. Stretching across one half of the total building area, the basement houses storage and mechanical rooms.

The building originally had single-pane windows partly, poor heat insulation with numerous thermal bridges and a leaky building envelope; in addition, it consumed an immense amount of energy and provided insufficient comfort.

The extension building

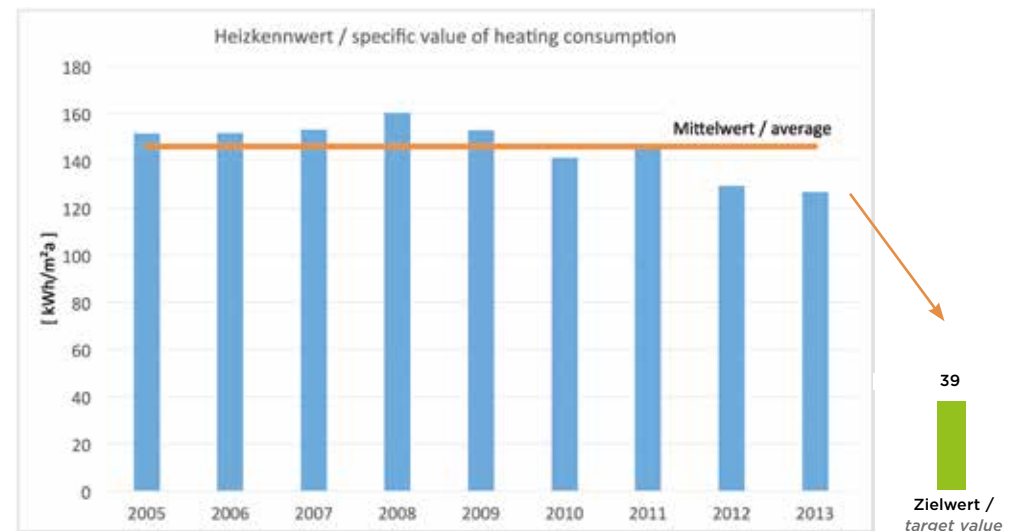
The extension building has a heated net floor area of 2,038m². Its glass roof has shown leakages. As a result, the required structure as well as the adjoining roof had to be completely renewed.



Die aus dem Jahr 1954 stammende Heizungsversorgung war zu sanieren. Die Heizkörper in den Schulräumen und die Versorgungsleitungen im Gebäude sowie die gesamte Verteilung inklusive Pumpen und Regelung waren zu ersetzen. Der aus dem Jahr 1988 stammende Erdgaskessel wurde stillgelegt und ausgebaut.

Das Beleuchtungssystem mit Langfeldleuchten wurde ebenfalls vollständig ersetzt.

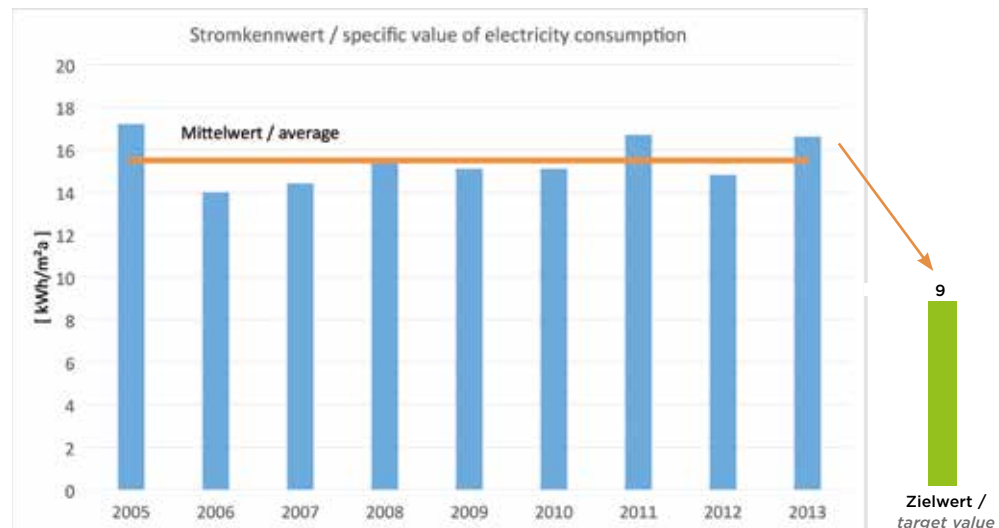
Der Energieverbrauch von Wärme, Strom und Wasser wurde und wird für den gesamten Gebäudekomplex über das städtische Energiekontrollsystem kontinuierlich erfasst. Vor der Sanierung lag der witterungsbereinigte Heizwärmeverbrauch bei 1.016 MWh/a. Der durchschnittliche spezifische jährliche Heizwärmeverbrauch des Schulkomplexes betrug 145,9 kWh/m²a. Der Stromverbrauch lag bei 104,3 MWh/a. Bezogen auf die Nettogrundfläche des Gebäudes betrug der mittlere spezifische Stromverbrauch 15,5 kWh/m²a. Vor der Sanierung entstanden Energiekosten in Höhe von 82.500 Euro/a.



The heating system which dated back to 1954 needed to be modernised. In addition, the radiators in the classrooms, the heat supply pipes throughout the building as well as the entire heat distribution system including pumps and control units had to be replaced. The gas boiler that was originally installed in 1988 was taken out of operation and removed from the building.

What is more, the entire lighting system which operated via linear luminaires was replaced.

The municipal energy monitoring system has been continuously recording the school's consumption of heat, power and water. Before the modernisation project, the school's thermal heat consumption amounted to 1,016 MWh/a. after adjustment for weather conditions. The average specific thermal heat consumption per year reached 145.9 kWh/m²a. The school's power consumption amounted to 104.3 MWh/a with the average specific power consumption in proportion to the building's net floor area reaching 15.5 kWh/m²a. Before modernisation, energy costs reached an amount of EUR 82,500 per year.



THERMISCHE HÜLLE | *THERMAL ENVELOPE*



Als Gebäudehülle bezeichnet man den geschlossenen geometrischen Baukörper eines Bauwerks. Sie stellt somit die physikalische Trennung zwischen dem Innenraum und der Außenluft dar und setzt sich aus unterschiedlichen Teilen des Gebäudes zusammen: den Fundamenten, den Außenwänden, dem Dach bzw. der obersten Geschossdecke und den Abschlüssen zum unbeheizten Keller und Erdreich.

Die Gebäudehülle ist die Kontaktfläche zur Umgebung, hat eine Schutzfunktion (Niederschlag, Lärm, Sonneneinstrahlung, Außentemperatur, Luftpartikel etc.), ist aber auch das „Gesicht“ des Gebäudes.

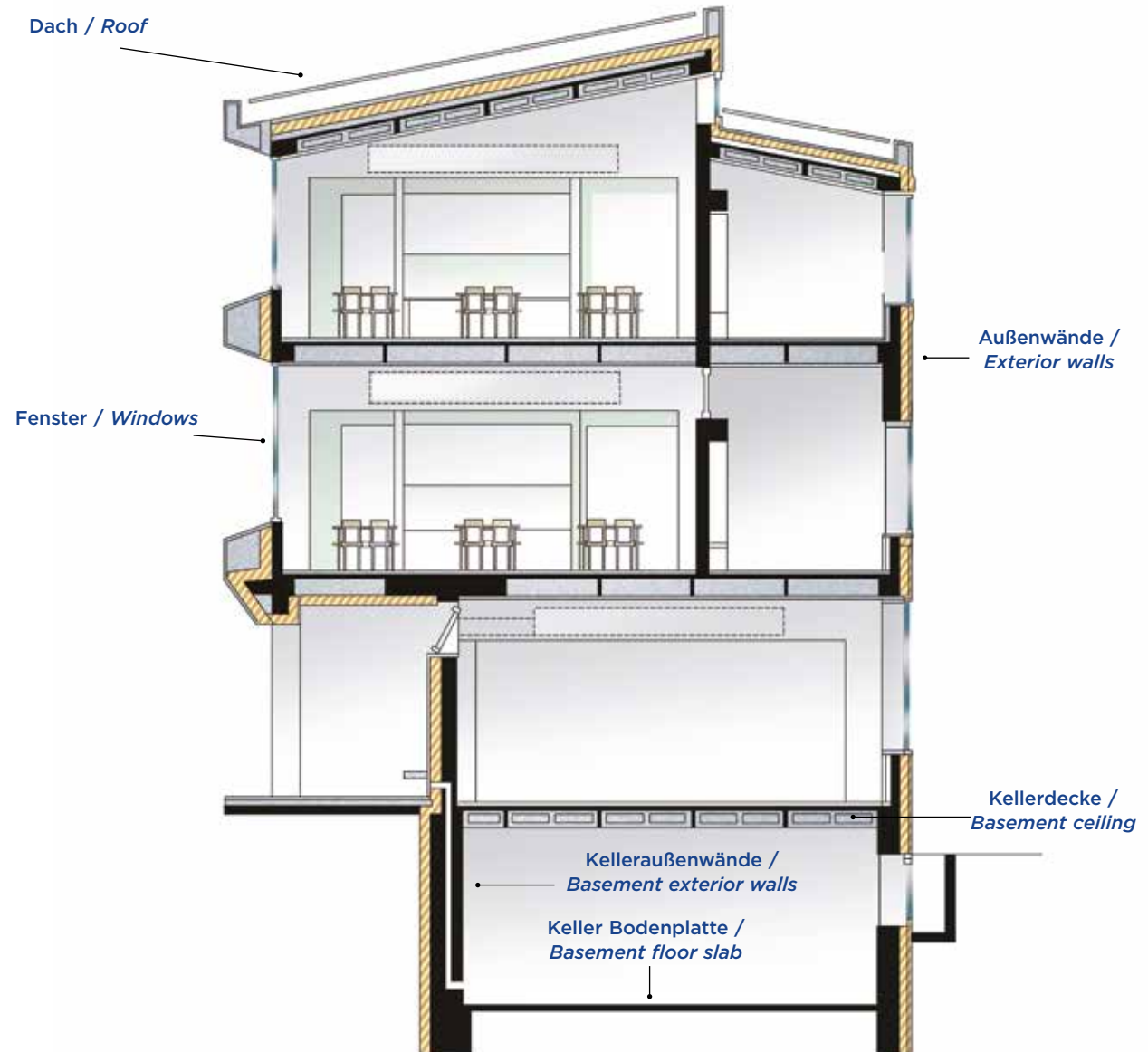
Die opake Gebäudehülle ist daher in mehreren Schichten aufgebaut: eine innere und äußere Schutzschicht, eine Dämmschicht, eine Luftdichtheitsschicht und eine Tragschicht. Gerade für den Komfort und die Wohngesundheit im Inneren des Gebäudes sind Wärmeschutzschicht und Luftdichtheit wesentlich: die thermische Hülle. Sie spielt eine ganz wesentliche Rolle, um aus der Uhlandschule das Ergebnis eines Leuchtturmprojekts zu machen, das weit über die Stadtgrenzen von Stuttgart hinaus leuchtet.

Gebäudehülle / Building envelope

The term “building envelope” refers to the geometric outer shell of a building which constitutes the physical separator between the building’s interior and the outdoor air and consists of the following construction components: the foundations, the outer walls, the roof or the top floor ceiling and the slabs bordering onto the unheated basement or the ground.

The building envelope has not only got a protective outer-shell function (against precipitation, noise, direct sunlight, outside temperatures, air particles, etc.), it also constitutes the “face” of a building.

The opaque envelope consists of several layers: an inner and an outer protective layer, an insulation layer, an air-tight layer and a load-bearing layer. The thermal insulation layer and the air-tight layer make up the thermal envelope and are key in ensuring the comfort and well-being of those inside the building. As a result, the Uhlandschule school’s thermal envelope was essential in making the building the success story of a lighthouse project which is a shining example for similar projects carried out way beyond Stuttgart’s city limits.





Fenster mit Dreischeibenverglasung und hochwärmedämmendem Fensterrahmen

Triple-glazed window with high insulation frame

Gut gedämmt

Um die bestehende Schule zu einer Plusenergieschule zu machen, war eine umfassende energetische Sanierung der Anlagentechnik und der Gebäudehülle mit weitestgehender Vermeidung von Wärmebrücken notwendig. Dazu wurde das Hauptgebäude (Baujahr 1954) vollständig wärmegeklämt. Zur Anwendung kamen in der Fassaden-dämmung u. a. Vakuumisoliationspaneele, neuartiges expandiertes Polystyrol mit optimierter Wärmeleitfähigkeit sowie Mineralwolle. Der durchschnittliche Wert der Wärmeleitfähigkeit liegt bei WLK 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 Vakuum-dämmsysteme. 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 (W/m ² K)		Maßnahme
	vorher	nachher	
Außenwand Giebelseiten	1,70	0,17	Zusätzliches 9cm-Vakuum-Sandwichelement
Außenwand (außer EG Süd)	1,70	0,10	Zusätzlich 30cm Wärmedämmung
Außenwand EG Süd	1,70	0,15	Zusätzlich 20cm Mineralwolledämmung
Brüstungen OG Süd	3,00	0,15	Zusätzlich 20cm Mineralwolledämmung
Fenster	2,70	0,80	Dreischeiben-Diamantglas, hochwärmedämmende Rahmen
Dach	1,60	0,10/0,15	Zusätzlich 30cm EPS-Dämmung / 9cm Vakuumdämmung + EPS-Dämmung
Boden / Decke gegen Außenluft	2,50	0,25	Zusätzlich 12cm Mineralwolledämmung
Decke zu unbeheiztem Keller	1,80	0,20	Zusätzlich 14cm Mineralwolledämmung
Boden gegen Erdreich	3,10	0,47	Zusätzlich 3cm Vakuumdämmung

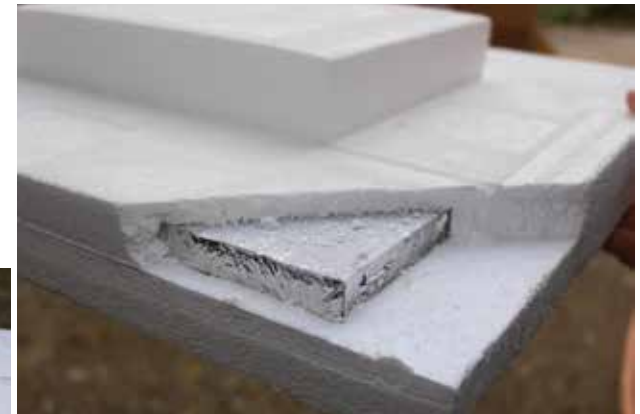
Well-insulated

In order to convert the Uhlandschule school into a plus-energy building, both the building envelope and the systems technology needed to undergo extensive energy-efficiency measures including the avoidance of as many thermal bridges in the envelope as possible. To this end, the entire main building dating from 1954 was thermally insulated. Among other materials, vacuum insulation panels, innovative expanded polystyrene with an optimised thermal conductivity and mineral wool were used in the thermal insulation of the façade. The average value of thermal conductivity is $\lambda 030$. The pipe routing, such as for rain gutters and lightning protection, is integrated into the thermal insulation. In the areas without a basement, vacuum insulation systems provide effective thermal insulation for the floor. The windows are triple-glazed and have optimised composite frames. They help to minimise thermal bridge losses. The building modernisation measures have resulted in a 80% reduction of the heat losses previously incurred via the building envelope.

Component	U value (W/m ² K)		Measure
	before	after	
Outer wall, gable side	1,70	0,17	Additional 9 cm vacuum sandwich element
Outer wall (except for the ground floor, south)	1,70	0,10	Additional 30 cm thermal insulation
Outer wall, ground floor, south	1,70	0,15	Additional 20 cm mineral wool insulation
Parapet, upper floor, south	3,00	0,15	Additional 20 cm mineral wool insulation
Window	2,70	0,80	triple-paned diamond glass, high thermal insulating frames
Roof	1,60	0,10/0,15	Additional 30 cm EPS insulation / 9 cm vacuum insulation + EPS insulation
Floor / ceiling against ambient air	2,50	0,25	Additional 12 cm mineral wool insulation
Ceiling of the unheated cellar	1,80	0,20	Additional 14 cm mineral wool insulation
Floor against substrate	3,10	0,47	Additional 3 cm vacuum insulation

Oben: Schichtaufbau Vakuum-Sandwichelement
Unten: Verlegung

Above: Composition of a vacuum sandwich element
Below: Installing the panels

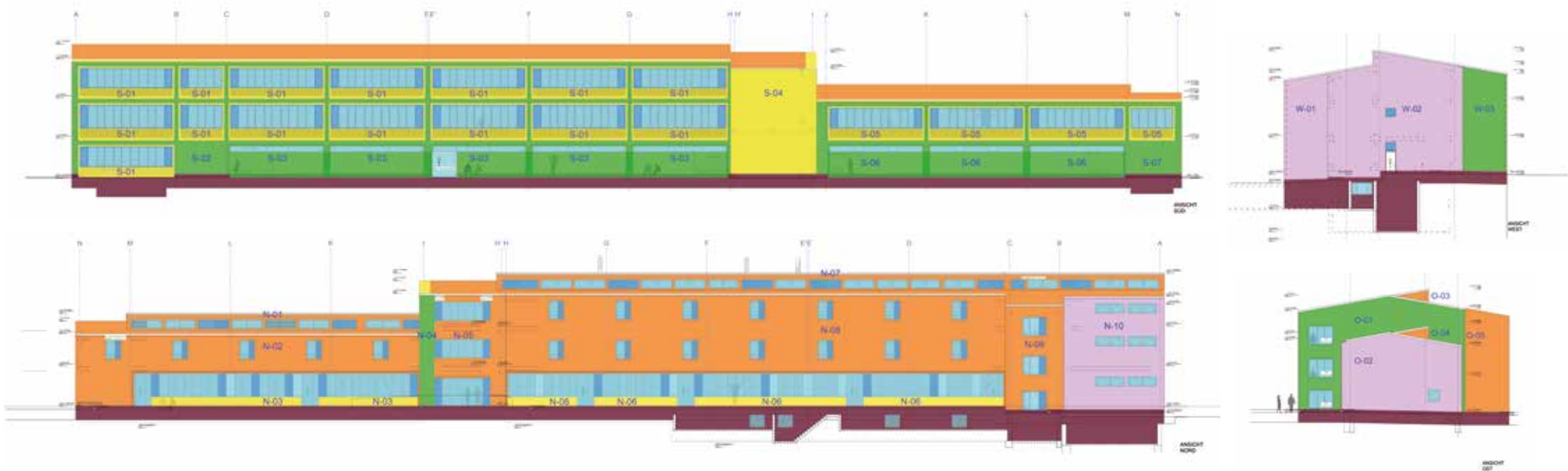


Vakuumdämmung / Vacuum insulation panels



Verlegeplan / Installation plan





EPS 031

30 cm WDVS mit EPS 031 auf dem größten Teil der Nordfassade. Teile wurden mit Wärmedämm-Verbundsystem mit Dämmplatten aus Mineralwolle ausgeführt.
 30 cm ETICS with EPS 031 on most of the north façade. Parts were executed with external thermal insulation composite system with insulating panels made of mineral wool.

MW 033

20 cm WDVS (0,033 W/mK) mit Steinwolle
 20 cm ETICS (0.033 W/mK) with stone wool

MW 032

20 cm Isover ULTIMATE 032 hinter den Solarpaneelen
 20 cm Isover ULTIMATE 032 behind the solar panels

VIP

9,8 cm Vakuum-Sandwichelemente für Giebelwände und Teil der Außenwand Nord im Bereich Sanitäranlagen / 9.8 cm 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 007 Vakuumdämmung für erdberührte Böden
 3 cm 007 vacuum insulation for floors in contact with the substrate

Fensterflächen mit Lüftung / *Window surfaces with ventilation*
 für natürliche Nachtlüftung / *for natural ventilation at night*

Fensterelemente mit Dreischiebenverglasung / *Window elements with triple glazing*
 Ug 0,5; LT 73; g 59;

Viele Systeme kombiniert

Die Südseite des Gebäudes ist tageslichtoptimiert, die Fassade über weite Strecken mit Photovoltaikelementen ausgeführt. Die Dämmung der hinterlüfteten Fassadenteile ist mit Mineralwolle O33 umgesetzt, die Parapetdämmung mit Mineralwolle O32. An der geschlossenen Nordseite haben die Planer umfassend auf Vollwärmeschutz mit hochwertigem EPS gesetzt, an den Giebelseiten und beim Boden gegen das Erdreich auf Vakuumisolierpaneele. Die Kombination der unterschiedlichen Dämmsysteme dient der Fassadengestaltung und ist Grundlage der wissenschaftlichen Begleitevaluation.

Many systems combined

The south side of the building is daylight-optimised with the façade integrating numerous photovoltaic elements. Mineral wool O33 was used for the insulation of the rear-ventilated parts of the façade, while the parapet was insulated with mineral wool O32. Full thermal protection with high-quality EPS was applied to the closed north side of the building with vacuum insulation panels being used for the gable sides and the floor bordering directly onto the ground. On the one hand, the combination of the various insulation systems is a feature of the façade's design, on the other hand, it forms the basis for the accompanying scientific evaluation of the building.

Bild links oben / Image, upper left:
EPS 031 / EPS 031

Bild links unten / Image, lower left:
Steinwolle O33 / Stone wool O33

Bild rechts oben / Image, upper right:
Steinwolle O33 und Isover ULTIMATE
O32 / Stone wool O33 and Isover
ULTIMATE O32

Bild rechts unten / Image, lower right:
Fensterelemente mit Dreiseiben-
verglasung / Window elements with
triple glazing



BELÜFTUNG | VENTILATION

Die Belüftung der Klassen- und der Verwaltungsräume erfolgt mittels dezentraler Lüftungsgeräte, die mit hoch-effizienten Wärmerückgewinnungsanlagen (Gesamtwärmerückgewinnungsgrad mindestens 90%) ausgestattet sind. Dadurch muss die Zuluft nicht mehr nacherwärmt werden. Die Luftmenge wird über die gemessene CO₂-Konzentration im jeweiligen Raum bedarfsgerecht angepasst.



Der maximale Volumenstrom der Lüftungsgeräte in den Klassenzimmern beträgt 870 m³/h. Die Luftmenge wird aber über die gemessene CO₂-Konzentration im jeweiligen Raum bedarfsgerecht angepasst. Es wird also nur so viel Raumluft erneuert, wie zur Sicherstellung einer guten Luftqualität erforderlich ist. Dadurch werden eine gute Luftqualität und gleichzeitig ein geringer Stromverbrauch der Lüftung sichergestellt. Der maximale Geräuschpegel der Anlage liegt bei 35 dB(A).

Die Lüftungsgeräte werden nur in den Wintermonaten (1. Oktober bis 31. März) betrieben. Im Sommer bleiben die Lüftungsgeräte abgeschaltet, sie können aber über einen Taster auf dem Raumbedienpaneel auch während dieser Zeit nach erfolgter Schlüsselfreigabe aktiviert werden. Die Schülerinnen und Schüler werden durch CO₂-Ampeln dabei unterstützt, selbst aktiv zu werden und die Frischluftzufuhr durch Fensterlüftung sicherzustellen.

- Außenluft / Fresh air
- Zuluft / Supply air
- Abluft / Return air
- Fortluft / Exhaust air

Anordnung der dezentralen Lüftungsgeräte in den Klassenzimmern

Location of the decentralised ventilation units in the classroom



Fertig installierte Lüftungsabkofferung

Installed air ventilation duct enclosure system



Ventilation of the classrooms and offices is provided by decentralised ventilation units which feature highly efficient heat recovery systems (a total degree of heat recovery of at least 90%). As a result, the intake air does not have to be heated. The air quantity is adjusted to the requirements of each individual room on the basis of the measured CO₂ levels.

The maximum flow rate of the ventilation units in the classrooms is 870 m³/h. However, the air quantity is adjusted to the requirements of each individual room on the basis of the measured CO₂ levels. Thus, the system renews only as much ambient air as is required to ensure good air quality. This ensures good air quality and at the same time reduces ventilation power consumption. The system has a maximum noise level of 35 dB(A).

The ventilation units are operated only in the winter months (1 October to 31 March). In summer, the ventilation units are turned off, but they can be reactivated during this time by pushing a button on the in-room control panel after it has been released by key. "CO₂ traffic lights" help pupils to actively ensure the supply of fresh air by opening the windows.

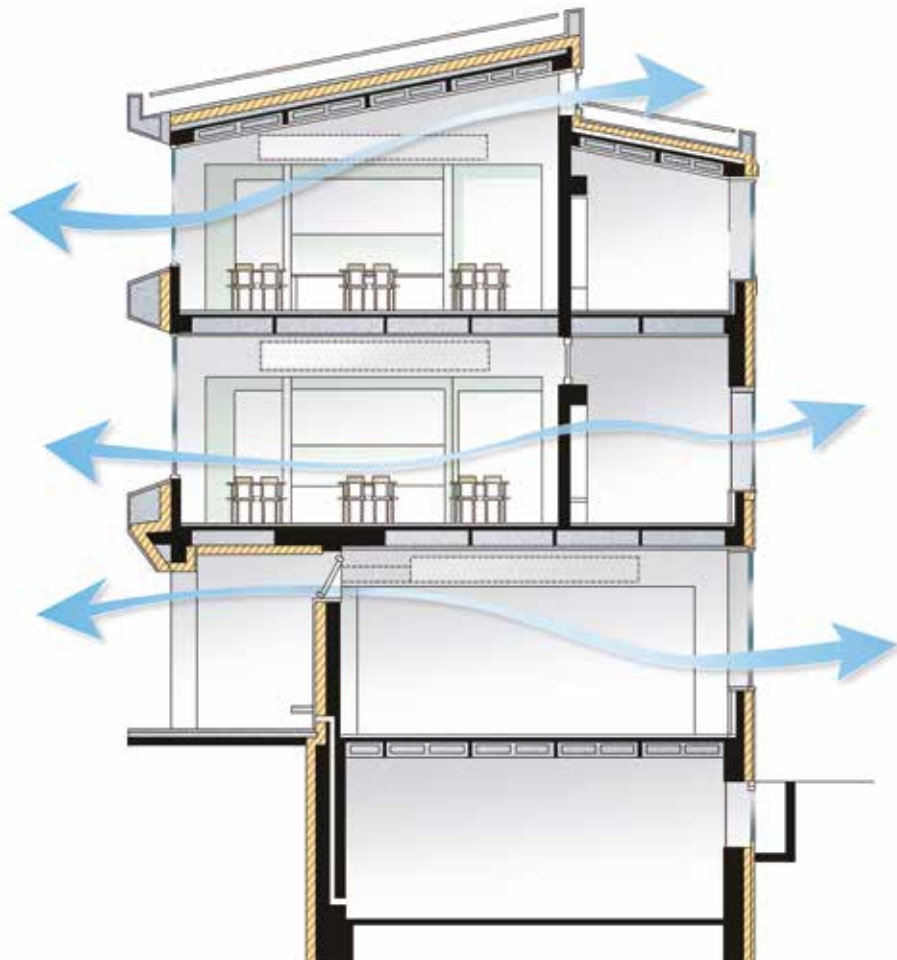
Jeder Klassenraum ist mit einem Raumbedienpaneel ausgestattet, über das die Lehrkräfte die Lüftung manuell steuern können und darüber hinaus den CO₂-Gehalt im Klassenzimmer visualisiert bekommen.

Every classroom features a control panel which allows teachers to control the ventilation system manually and which also shows the CO₂ level in the classroom.

Anordnung der Wetterschutzgitter für die Nachtlüftungsflügel (links) und die Außenluft- und Fortluftanschlüsse der Lüftungsgeräte (rechts) in der Fassade der Klassenzimmer.

Position of the weather protection grids for the windows used for night ventilation (left) and the outdoor and exhaust air connections of the ventilation units (right) in the façade of the classrooms.

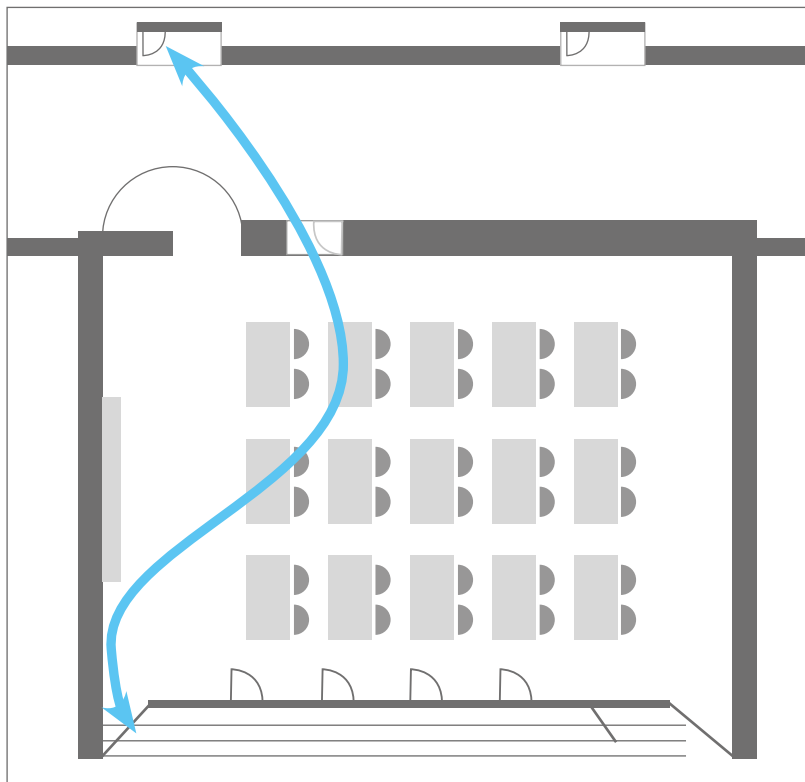




Durchströmungskonzept der Nachtlüftung
Night ventilation airflow scheme

Zusätzlich zu den Lüftungsgeräten wurde in den Klassenräumen eine automatische Nachtlüftung über motorisch gesteuerte Fensterflügel umgesetzt, die in warmen Sommermonaten außerhalb der Nutzungszeiten der Schule zur Auskühlung des Baukörpers beiträgt. Um die Effektivität der Nachtlüftung zu erhöhen, wurde in den Klassenzimmern und Verwaltungsräumen eine Querlüftung von der Südseite über den Flur auf die Nordseite des Gebäudes ermöglicht. Hierfür wurden eigens mechanisch öffnende Oberlichter oder Öffnungsklappen in den Innenwänden zwischen Klassenraum und Flur installiert, welche sich zusammen mit den ebenfalls automatisch öffnenden Fenstern auf der Nordseite sowie Fassadenelementen auf der Südseite öffnen.

In addition to the ventilation units, the classrooms feature an automatic night ventilation system via motor-controlled windows, which contributes to cooling the building structure outside times of use in warm summer months. To raise the effectiveness of night ventilation, the classrooms and offices allow the possibility of cross ventilation from the south side across the hallway to the north side of the building. For this purpose, mechanically opening transom windows or ventilation flaps were installed in the interior walls between classrooms and hallways, which will open together with the automatically opening windows on the north side and façade elements on the south side of the building.



Ein automatisch öffnender Lüftungsflügel (kleinere weiße Türe) im geöffneten Zustand in der Trennwand zwischen einem Klassenzimmer und dem Flur ermöglicht die Querlüftung.

An automatically opening ventilation flap (small white door) has been opened in the wall separating a classroom from the hallway to allow cross ventilation.

BELICHTUNG | *DAYLIGHT*

Zahlreiche Studien belegen, dass Tageslicht sowohl die Konzentrationsfähigkeit als auch das Wohlbefinden der Menschen in Gebäuden erhöht. Diesem Grundsatz ist der Architekt schon bei der Planung der Schule in den 1950er Jahren gefolgt und hat höchsten Wert auf große Fensterflächen gelegt. Wo dies nicht möglich war, hat er unterhalb der Decke Oberlichter eingeplant und erzielte damit auch in Kernbereichen des Gebäudes eine natürliche Grundbelichtung. Dieser Planungsgedanke wurde auch bei der Sanierung der Schule konsequent beibehalten.

Die Belichtung erfolgt hauptsächlich über die Fensterbandfassade. Die Belichtung der Klassenräume in die Raumtiefe wird durch die großzügige Befensterung bestmöglich sichergestellt. Bei der Auswahl der Verglasungen wurden spezielle Dreischeibenverglasungen eingesetzt, die aufgrund von extraweißem Floatglas einen höheren Lichttransmissionsgrad (73%) aufweisen.

Als Sonnenschutz wurden außenliegende Jalousien umgesetzt, die aus weißen Lamellen bestehen. Der Behang kann im oberen Drittel zur Tageslichtlenkung separat ausgerichtet werden. Die verwendeten Jalousien können bis zu einer Windgeschwindigkeit von 13 m/s eingesetzt werden, sodass der außenliegende Sonnenschutz auch bei höheren Windgeschwindigkeiten geschlossen bleiben kann und somit die Notwendigkeit eines innenliegenden Blendschutzes entfällt.



Numerous studies prove that natural light increases the power of concentration and the comfort of people in buildings. Already when planning the school in the 1950s, the architect followed this principle and attached utmost importance to installing large window areas. Wherever this was not possible, he planned transom windows below the ceiling and in this way achieved basic daylighting levels even in central areas of the building. This planning concept was consistently maintained when the school was modernised.

Daylighting is provided mainly through the ribbon window façade. In the classrooms, optimized window-surfaces best-possibly ensure that daylight penetrates into the depth of the room. The windows feature special triple glazing, which offer a high degree of light transmission (73%) due to ultra-white float glass.

Shading is provided by outside blinds consisting of white slats. The upper third of the slats can be adjusted separately in order to guide daylight into the room. The used blinds withstand wind speeds of up to 13 m/s, so that the outside blinds can also be closed at high wind speeds, which eliminates the need for an inside glare protection system.

Belichtung des nordseitigen Ganges durch Oberlichter.

Transom windows provide daylight into the northern hallway.



Blick auf den abgesenkten Lamellensonnenschutz von innen. Deutlich erkennbar ist der zweigeteilte Lamellenbehang mit Tageslichtlenkung im oberen Drittel.

Internal view of the closed slat blinds. The split blind system with its daylight guidance function in the upper third of the blinds is clearly visible.

BELEUCHTUNG | ARTIFICIAL LIGHTING



Position der Tageslichtsensoren in einem Klassenzimmer (links) sowie Position der Präsenzmelder (rechts) mit den jeweiligen Bereichen der Abdeckung

Position of daylight sensors (left) and presence detectors (right) and their areas of coverage in a classroom

Die Beleuchtung der Klassenräume wird über neun LED-Langfeldleuchten mit je 31 W sichergestellt. Die 2016 installierte Beleuchtungsleistung beträgt $4,1 \text{ W/m}^2$. Mittlerweile am Markt verfügbare LED-Langfeldleuchten erlauben sogar noch geringere Installationsleistungen bei gleicher Beleuchtungsqualität. Die dimmbaren LED-Langfeldleuchten, die in den Klassenräumen zum Einsatz kommen, stellen eine Beleuchtungsstärke von 300 Lux in den Räumen bereit. In Fachräumen wie Biologie, Chemie und Physik sowie in Räumen für Abendveranstaltungen wird eine Beleuchtungsstärke von 500 Lux bereit-

gestellt. In allen Klassenräumen wurde eine dreigliedrige tageslicht- und präsenzabhängige Regelung mittels Tageslichtsensoren sowie Präsenzmeldern installiert. Der Präsenzmelder bildet die erste Instanz und erfasst die Anwesenheit. Daraufhin überprüft der Tageslichtsensor die Lichtverhältnisse in diesen „belegten“ Zonen und steuert dementsprechend die Beleuchtung. Der Raum wird dabei in drei parallel zum Fenster verlaufende Zonen (Tageslichtzonen) und drei parallel zur Tafel verlaufende Zonen (Präsenz-zonen) aufgeteilt.

The classroom lighting system consists of 9 LED linear luminaires with 31 W each. The lighting power installed in 2016 is 4.1 W/m^2 . Linear luminaires currently available on the market allow even lower installation power levels, while offering the same quality of illumination. The dimmable LED linear luminaires used in the classrooms provide an illuminance of 300 lux. In specialist rooms, e.g. for biology, chemistry and physics, and in rooms used for evening events the illuminance level is raised to 500 lux.

A three-part daylight- and presence-dependent control system equipped with daylight sensors and presence detectors was installed in all classrooms. First, the presence detector captures the presence of people in the room. Subsequently, the daylight sensor measures the lighting conditions in these "occupied" zones and adjusts the lighting accordingly.

For this purpose, the room is divided into three zones parallel to the window (daylight zones) and three zones parallel to the blackboard (presence zones).



Beleuchtung und
Belichtung eines
Klassenraumes

*Artificial and natural
lighting in a classroom*



SCHALLSCHUTZ & AKUSTIK

Guter Schallschutz ist die Voraussetzung für eine gute Konzentrations- und Leistungsfähigkeit von Schülern und Lehrern

Die Zielsetzung bei allen Baumaßnahmen der Uhlandschule war hoher Schallschutz vor störendem Außenlärm bei gleichzeitig leisen technischen Anlagen im Betrieb sowie perfekte Raumakustik für hohe Konzentrationsfähigkeit und beste Sprachverständlichkeit im Unterricht.

Im Zuge der Sanierung sollten optimale Lernsituationen für Menschen erreicht werden, die zum Teil die technischen Richtlinien und Mindestanforderungen von Normen übertreffen. Dies gilt beim Schallschutz der Außenwände und der Verglasung der Fenster, bei Zwischenwänden und Decken und technischen Anlagen, ebenso bei Maßnahmen zur Verbesserung der Raumakustik. Im Zuge des technischen Monitorings wurden Messungen zur schalltechnischen und akustischen Qualität in der Uhlandschule vom Technikerteam der Forschungseinrichtung Saint-Gobain Recherche im August 2017 durchgeführt.

Die Messungen zum Luftschallschutz gegen Außenlärm bestätigen mit $R'w \geq 31$ dB bzw. $R'w \geq 36$ dB die bei dem gegebenen Außenlärm sehr ruhigen Bedingungen in den Klassenräumen, die durch den leisen Betrieb der Lüftungsanlage unterstützt werden. So liegen die gemessenen Werte für die Lüftungsanlage im Betrieb mit LAF,max zwischen 27,1 bzw. 29,8 dB(A) deutlich unter dem geforderten Wert von $LAF,max < 35$ dB(A).

Die gemessene Luftschall-Dämmung der Trennwände zwischen den Klassenräumen zeigt Werte von $R'w$ 50 dB bis $R'w$ 67 dB. Etwas geringer sind die Schalldämmwerte der Klassenraumbtüren zum Gang sowie die Trittschallwerte, was aber auf die Qualität des Unterrichts keinen Einfluss hat.



Leichte Trennwände im Innenausbau sorgen in Verbindung mit einer vollständigen Hohlräumfüllung mit nicht brennbarer Mineralwolle für besten Schallschutz zwischen den Klassenräumen.

Lightweight internal partition walls with non-combustible mineral wool cavity fill insulation ensure perfect sound insulation between classrooms.



Wärmedämm-Verbundsysteme mit Mineralwolle in Verbindung mit hochwertigen Fenstern ermöglichen eine deutliche Verbesserung des Luftschallschutzes der gesamten Gebäudehülle gegen den Umgebungslärm.

Thermal insulation composite systems based on mineral wool used in combination with high-quality windows allow a significant improvement of external airborne sound insulation of the entire building envelope.

NOISE CONTROL & ROOM ACOUSTICS

Efficient sound insulation is a prerequisite for concentration and performance of pupils and teachers.

All building activities at the Uhlandschule school were aimed at providing a high level of sound insulation against distracting outdoor noise, while simultaneously ensuring the use of low-noise technical equipment throughout the school, and at providing perfect room acoustics to allow a high level of concentration and perfect speech intelligibility in class.

The modernisation efforts were geared towards providing an optimal learning environment for people and partly exceeded technical guidelines and minimum standards with regard to the sound insulation of the exterior walls, the window glazing, partition walls and ceilings, technical equipment, and measures to improve room acoustics. As part of the technical monitoring process, the Saint-Gobain Research team of engineers measured the sound and acoustic quality in the Uhlandschule school in August 2017.

With $R'w \geq 31$ dB and $R'w \geq 36$ dB, the measurements of external airborne sound insulation confirmed that, given the existing outdoor noise, the classrooms were very quiet, which was also supported by the low-noise operation of the ventilation system. Thus, with LAF,max between 27.1 and 29.8 dB(A) the noise levels of the ventilation system measured during operation are clearly below the required level of $LAF,max < 35$ dB(A).

The airborne sound insulation values measured for the partition walls between the classrooms were between $R'w$ 50 dB and $R'w$ 67 dB. Sound insulation levels measured for the classroom doors leading to the hallways and impact sound levels are a bit lower, but this does not affect the quality of teaching and learning.



Messung des Trittschalls mit Normhammerwerk

Measuring of impact sound using a tapping machine



Schema der Luftschallmessungen im 1. Obergeschoss: Luftschallmessung zu Außenlärm, zwischen den Klassenzimmern und zu den Fluren

Airborne sound measurement scheme for the first floor: airborne sound insulation against outdoor noise, between classrooms and between classrooms and hallways

Raumakustischer Komfort für das Lehren und das Lernen

Eine effiziente Lernumgebung zeichnet sich durch einen guten Sprech- und Hörkomfort für die Nutzer aus.

Nur wenn der Schallpegel sowie unerwünschte Geräusche und Reflexionen beherrschbar sind, lassen sich optimale Sprach-, Lern- und Arbeitsbedingungen erreichen. Das Wichtigste in einem Klassenraum ist für Lehrer und Schüler gleichermaßen die Sprachverständlichkeit – sowohl für traditionellen Frontalunterricht, als auch für Gruppenunterricht.

Bauliche Herausforderungen der Raumakustik in den Klassenräumen:

- Reduzierung des Schallpegels und Minimierung von Hintergrundgeräuschen
- Vermeidung störender Mehrfachreflexionen (Echos) an Decken und Wänden

In der für den Unterricht wohl wichtigsten akustischen Dimension, der Nachhallzeit, liegen die Werte in vier gemessenen Klassenräumen durchwegs zwischen 0,39 und 0,58 Sekunden. Diese raumakustische Qualität wird auch mit dem Sprachübertragungsindex STI-Wert (Speech Transmission Index) belegt, der mit 0,70 bis 0,81 in den Bereichen gut bis exzellent liegt.

Besserer Hörkomfort für Schüler und Lehrer:

- klareres Sprachverständnis
- höhere Gedächtnisleistung
- weniger Lärmstress
- weniger Anstrengung und Stimmprobleme bei Lehrern



Optimierung der akustischen Bedingungen in der Lehrküche durch hochabsorbierende Mineralwolle-Elemente

The acoustic conditions in the teaching kitchen are optimised by using highly absorbent mineral wool elements.

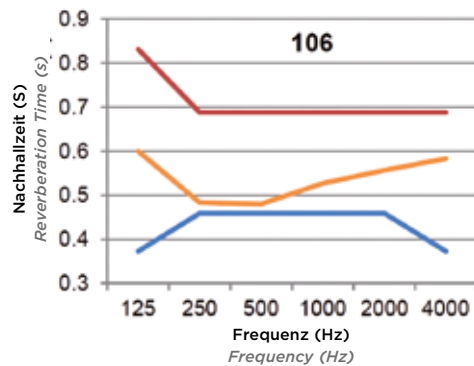
Messung der Nachhallzeit im Klassenraum

Measuring reverberation time in a classroom.





Das Team bei der Auswahl der Messstellen
The team is selecting the measurement sites



Die im Klassenraum 106 gemessene Nachhallzeit (gelbe Linie) liegt in allen Frequenzbereichen innerhalb des optimalen Komfortbereichs (zwischen roter und blauer Linie).

Across all frequencies, the reverberation time measured in classroom 106 (yellow line) is within the optimal comfort range (between red and blue lines).

Room acoustic comfort for teaching and learning

An efficient learning environment is characterised by good speaking and listening comfort for users.

Perfect speaking, learning and working conditions may be achieved only if noise levels and unwanted sounds and reflections can be controlled. Speech intelligibility is the most important feature of a classroom for teachers and pupils alike – both in traditional teacher-centred settings and in learner-centred group settings.

Construction-related challenges of room acoustics in classrooms:

- Reduction of noise level and minimisation of background noise
- Prevention of distracting multiple reflections (echoes) from ceilings and walls

With regard to reverberation time, which is probably the acoustic dimension most important to teaching, values measured in four classrooms range between 0.39 and 0.58 seconds. This high level of room acoustic quality is also confirmed by the speech transmission index value, which is between 0.70 and 0.81 and thus ranges from good to excellent.

Better hearing comfort for pupils and teachers:

- Better speech comprehension
- Better memory
- Reduced noise stress
- Less strain and voice problems with teachers

FARBEN | COLOURS

Farbe im richtigen Licht

Die Schule fällt durch ihren kräftigen anthrazitgrauen Grundton der Putzfassade auf, der die Glasflächen in ihren weißen Rahmen grafisch kontrastieren lässt. Um das Erdgeschoss schließt sich auf der Nordseite ein helles Band aus Fenstern und Türen, welches den langgestreckten Baukörper schlicht und elegant schwebend erscheinen lässt. Auf der Südseite sorgt eine hellgrüne Wand unter den Kolonnaden für einen ähnlichen Effekt der Leichtigkeit. Trotz der prägenden Akzente spürt man die Wahrung der ursprünglichen Architektur durch eine in der Grundstimmung neutrale Farbgebung.

Um den von Seiten der Architektur gewünschten Anthrazit-Farbtönen auf der WDVS-Fassade realisieren zu können, wurde eine im nah-infraroten Bereich reflektierende Silikonfarbe verwendet. Der Reflexionsgrad der verwendeten Farbe beträgt im nah-infraroten Wellenlängenbereich über 30 %. Dadurch wird die Erwärmung der Fassade bei Sonneneinstrahlung reduziert, wodurch es möglich wird, so niedrige Hellbezugswerte bzw. dunkle Farbtöne auf WDVS zu verwenden.

Die unter den Fensterbändern auf der Südseite installierten Photovoltaikpaneele glänzen dunkel und edel. Energetische, ästhetische und pädagogische Wirkung sieht man selten so klar und im Gleichklang umgesetzt. Die Flächen der Fensterlaibungen sind abwechslungsreich und spielerisch in Grün und Weiß gehalten. Ein Farbklang, der auch im gesamten Inneren des Schulgebäudes wirkt. Helle weiße Innenwände und hellgrüne Fußbodenbeläge erzeugen ein freundliches und lichtes Ambiente, das zur lebhaften farbigen Ausgestaltung durch die Schüler und Lehrer im Unterricht einlädt.



Colour in the right light

The school building attracts attention owing to the striking anthracite-grey colour of its rendered façade which provides a graphic contrast to the white frames of the windows. Windows and doors form a light strip along the ground floor on the north side of the building, giving the elongate building structure an unostentatious and elegant floating appearance. On the south side of the building a light-green wall under the colonnades creates a similar effect of easy playfulness. Despite all these distinctive accents, the original architecture of the building has been preserved by keeping it in a mostly neutral colour scheme.

Silicone paint reflecting light in the near-infrared range was used to achieve the anthracite grey tone of the ETICS façade as specified by the architects. This particular paint has an NIR-reflecting capability of more than 30 %, thus reducing solar heat build-up on the façade and, in turn, enabling such low luminosity values and the use of dark colours on ETICS surfaces.

The photovoltaic panels installed below the rows of windows on the south side of the building create an effect of dark and shimmering elegance. It is rare to find the combination of energy efficiency, aesthetics and education realized in such clear form and harmony. The window jambs are kept in green and white in playful irregularity. This colour combination is also found throughout the interior of the school building. Bright white interior walls and light-green flooring create a friendly and bright ambience, to which the pupils and teachers are inspired to add bold colourful elements in class.



BRANDSCHUTZ - BARRIEREFREIHEIT - SICHERHEIT



Rauchab-
schlusstüren
*Smoke control
doors*

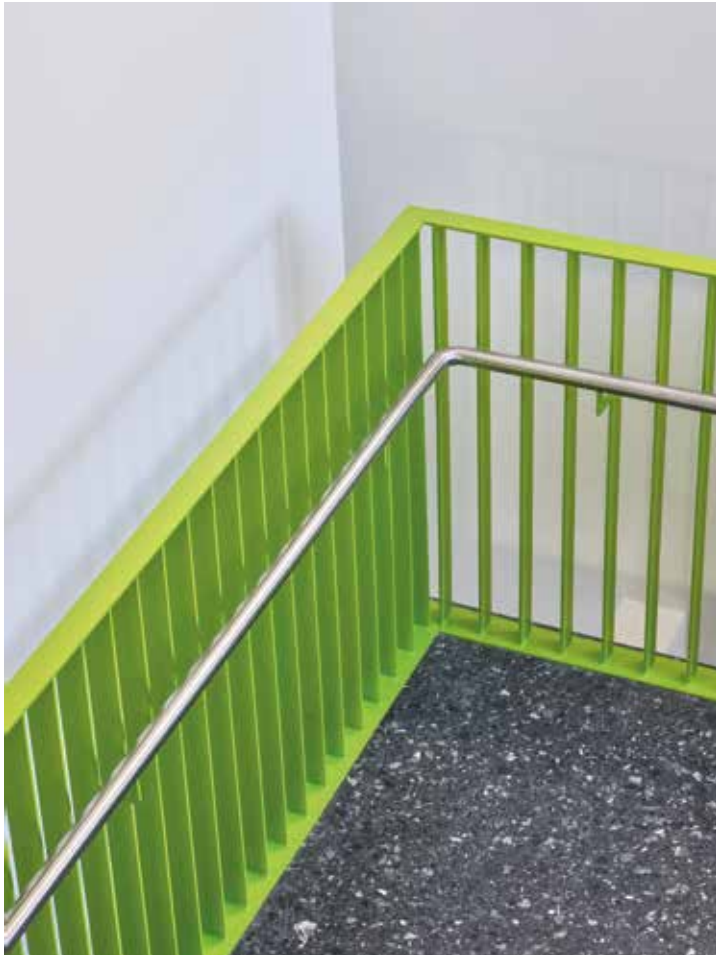
Im Zuge der Sanierungsarbeiten wurden umfangreiche Brandschutzmaßnahmen umgesetzt. Durch eine vollflächige Unterdecke konnten die bestehenden Rippendecken auf F90-Standard aufgerüstet werden. Brandabschnitte und Rettungswege wurden neu definiert. Einige Räume erhielten auch einen zusätzlichen zweiten Rettungsweg, um den aktuellen Anforderungen gerecht zu werden.

Ebenso wurde Wert auf Barrierefreiheit gelegt. Die Eingangstüren sind ebenerdig erreichbar und erhielten elektromechanische Türöffnungen. Zusätzlich wurde im Haupttreppenhaus ein Aufzug nachgerüstet. Damit ist die Schule sehr gut gerüstet, wenn im Zuge der Inklusion zukünftig Schüler oder Schülerinnen mit Behinderung an der Uhlandschule unterrichtet werden.



Barrierefreiheit
mittels Aufzug
*Elevator for
accessibility*

FIRE PROTECTION – ACCESSIBILITY – SAFETY



Mehr Sicherheit durch erhöhte Brüstung
High bannisters for extra safety

Extensive fire protection measures were put in place in the course of the modernisation process. The existing ribbed slabs were upgraded to F90 standard with an all-over suspended ceiling. Also, fire compartments and escape routes were newly defined. For some rooms an additional emergency escape route was established in order to meet current requirements.

Ensuring accessibility was a vital aspect in the modernisation process. The main entrance doors are located at ground level and were fitted with an electromechanical door-opening solution. In addition, the main stairwell was retrofitted with an elevator. In the spirit of inclusion, the school building is now well-equipped to accommodate disabled pupils wishing to attend the Uhlandschule school in future.



Erhöhter Brandschutz durch Brandriegel aus Mineralwolle
Stonewool fire barrier slabs for added fire protection

HEIZUNG | HEATING

Raumwärme

Zur Beheizung der Räume dienen Nieder temperatur-Kapillarrohr-Flächenheizsysteme an Decken- und Brüstungsbereichen. Dazu wurden kilometerlange Schlauch- und Rohrsysteme verlegt. Dadurch reduziert sich die Vorlauftemperatur für das Heizsystem auf 37°C. Die Wärmeerzeugung erfolgt über Wärmepumpen durch Ausnutzung der Erdwärme. Im Hauptgebäude sind zwei Wärmepumpen mit einer thermischen Leistung von jeweils 33 kW installiert.

Das 2004 errichtete Erweiterungsgebäude weist einen mehr als doppelt so hohen Wärmebedarf auf wie das sanierte Hauptgebäude. Dies hätte eine Vorlauftemperatur von 60°C erfordert und sich wiederum negativ auf die Wirkbilanz der geplanten Wärmepumpe ausgewirkt. Daher wurden die bestehenden Heizflächen erweitert, um die notwendige Vorlauftemperatur auf 45°C zu reduzieren. Mit zwei weiteren Wärmepumpen mit jeweils einer thermischen Leistung von 60 kW wird die in den Räumen benötigte Heizleistung erzeugt.

Komplexes Rohr- und Leitungssystem für die Bereitstellung der Raumwärme

Complex pipe and tube system for providing space heating





Space heating

The school's rooms are heated by a low-temperature capillary tube surface heating system installed in the ceilings and parapet areas. For this system, several kilometres of tubes and piping were put in place, thus reducing the flow temperature to 37°C. Heat is generated by geothermal heat pumps. Two heat pumps were installed in the main building, each with a thermal output of 33 kW.

The heat load in the extension building, which was constructed in 2004, was more than twice as high as that in the modernised main building. This would have required a flow temperature of 60°C which would, in turn, have had a negative impact on the performance of the planned heat pump. Consequently, the existing heating surfaces were extended in order to reduce the required flow temperature to 45°C. Two additional heat pumps with a thermal output of 60 kW each now provide the heat required for the rooms.

Wärmepumpe mit Verteilsystem
Heat pump with distribution system

Geothermie / Geothermal energy

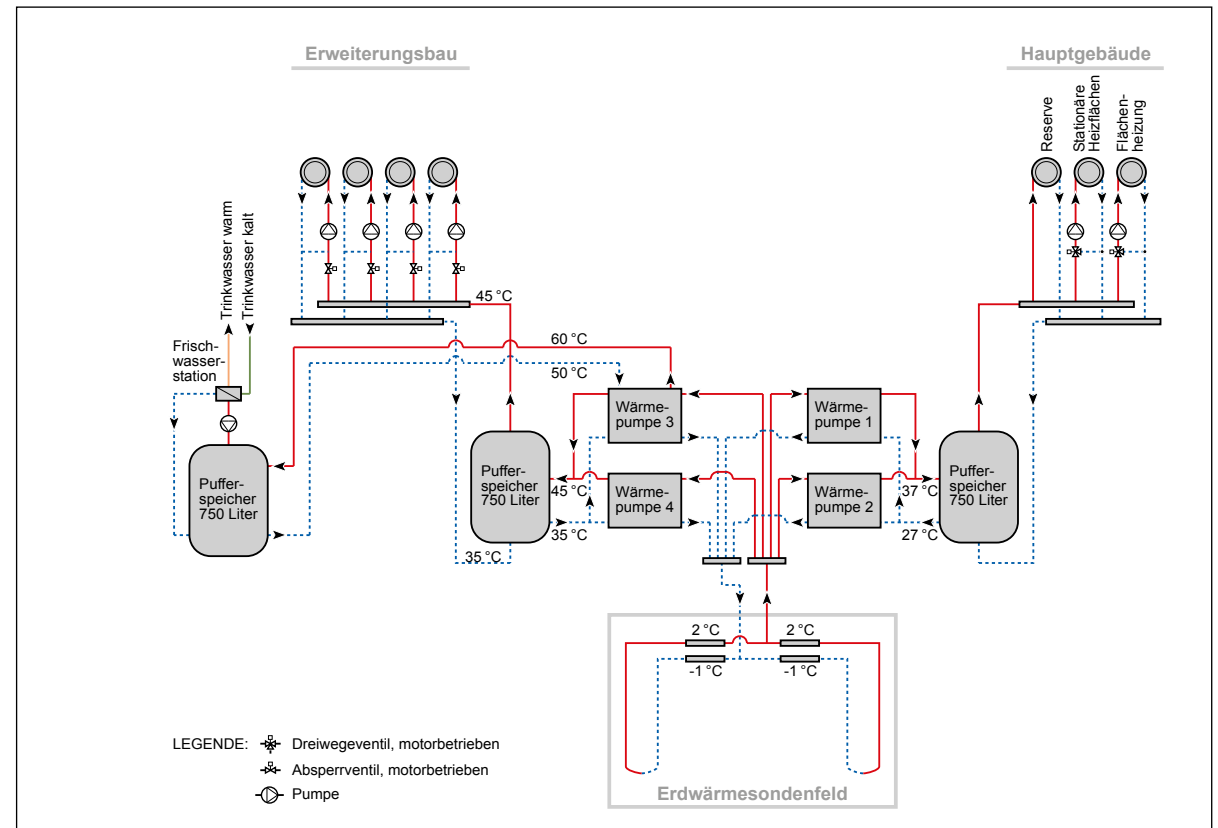
Das Erdsondenfeld umfasst insgesamt 52 Sonden und ist im Wesentlichen nördlich des Hauptbaus angeordnet. Da dort jedoch nicht genug Fläche zur Verfügung steht, wurden vereinzelte Erdwärmesonden auf der Süd-, Ost- und Westseite verlegt. Die Sonden wurden mit einem Abstand von jeweils 8,5 m angeordnet und haben eine Tiefe von ca. 90 m. Auf dieser Ebene beginnt die Oberkante der Haßmersheimer Schicht als Teil des oberen Muschelkalks, sodass eine tiefere Bohrung nicht möglich 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 Schuljahrs.

The field of geothermal probes comprises a total of 52 probes and is primarily located north of the main building. Because of limited space available, sporadic geothermal probes were also placed on the south, east and west sides of the building. The probes were spaced at 8.5 metre intervals and were sunk to a depth of approx. 90 m, which is where the Haßmersheim stratum begins as part of the upper shell limestone stratum, so drilling any deeper was not possible.

The complex system of pipes and tubes required to provide heat for the school's rooms was optimised to suit the highly fluctuating energy consumption rate of a school during the day and throughout the school year.

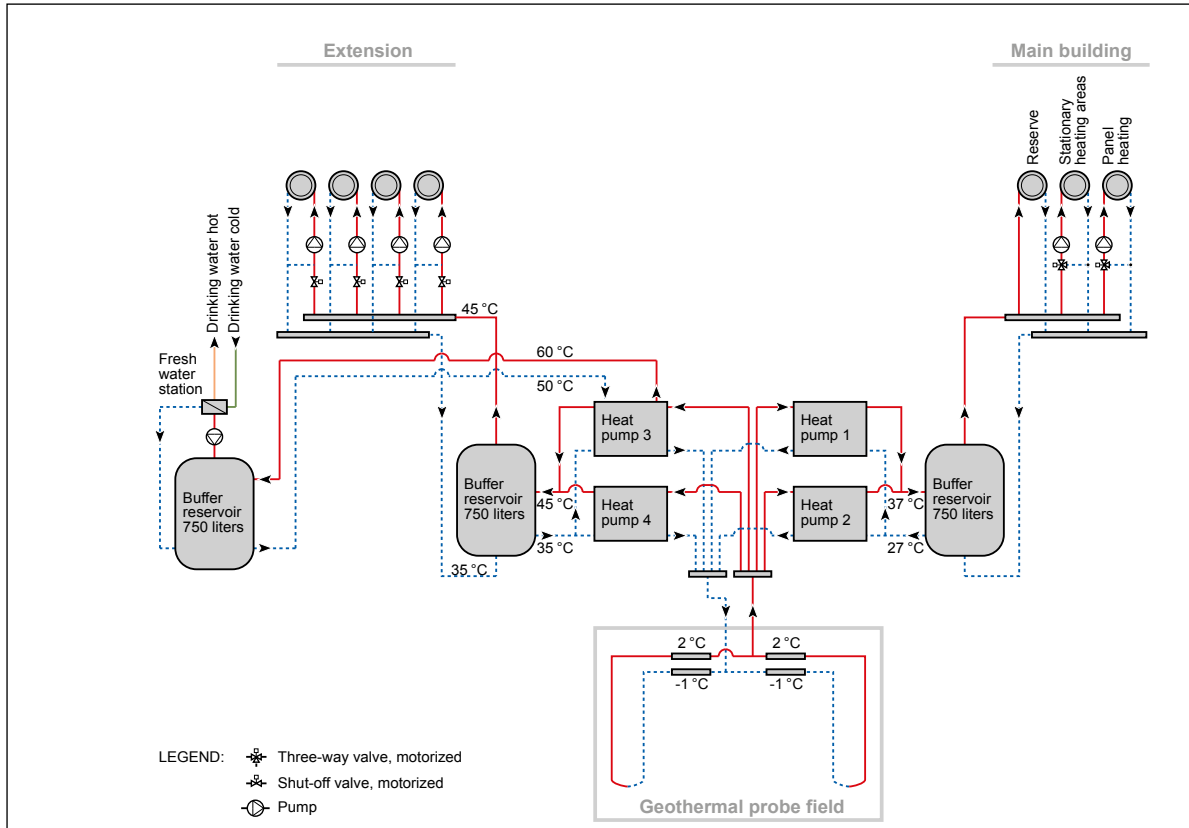
Anlagenschema für die Nutzung von Erdwärme für die Raumheizung und Warmwasserbereitung



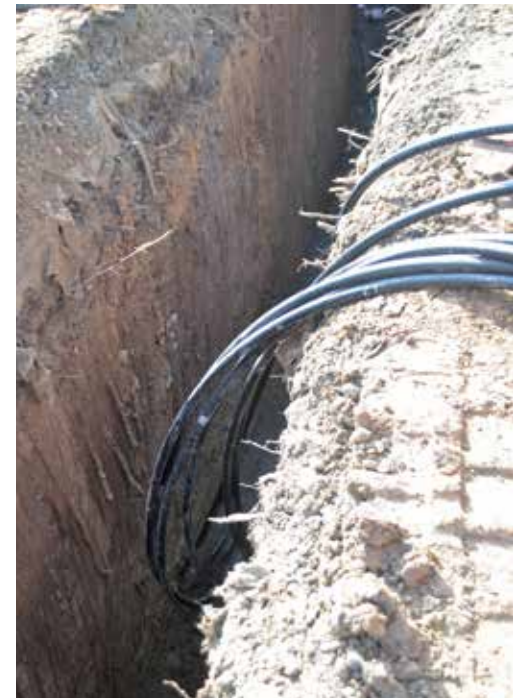
Geothermiesammler
Geothermal collector



System diagram for the use of geothermal energy for space heating and hot water preparation



Erdsondenbohrung
Geothermal borehole drilling



Verbindung der Erdsonden
Connection of geothermal probes

ENERGIEERZEUGUNG | *GENERATING ENERGY*

Die im Gebäude benötigte Energie wird unter Einbezug der Umweltwärme aus dem Erdreich alleine durch die Photovoltaikanlage erzeugt.

Die Photovoltaikanlage befindet sich auf sämtlichen nach Süden orientierten Dachflächen sowie den Brüstungsbereichen der Südfassade des Hauptgebäudes.

Zusätzlich sind auf dem Dach des Erweiterungsbaus Photovoltaik-Paneele installiert. Die PV-Anlage der Uhlandschule erstreckt sich über eine Gesamtfläche von 1.800 m² und erbringt eine Leistung von 220 Kilowatt peak (kW_p). Davon entfallen auf die Brüstungsmodulare 102 m² und 14 kW_p.



The energy required within the building is generated mainly by the photovoltaic system and supplemented by geothermal energy.

The photovoltaic panels were installed on all south-facing roof surfaces as well as on the parapet areas on the south façade of the main building.

Additional photovoltaic panels were mounted on the roof of the extension building. The PV system of the Uhlandschule school covers a total area of 1,800 square metres and generates an output of 220 kilowatt-peak (kW_p), of which the parapet elements account for 102 square metres and 14 kW_p .



Umweltfreundliche Erdwärme für effizienten Wärmekomfort

Environmentally friendly geothermal energy for efficient thermal comfort

Wärmequelle

52 Erdsonden bis in eine Tiefe von 90 Metern

Wärmeerzeugung

Anlage 1: zwei Wärmepumpen Supraeco T 330-2 von Junkers Bosch mit jeweils 33 kW Heizleistung mit Pufferspeicher PSW 750-5 beheizen das Hauptgebäude über eine Deckenstrahlheizung.

Anlage 2: zwei Wärmepumpen Supraeco T 640-2 von Junkers Bosch mit jeweils 64 kW Heizleistung und einer maximalen Vorlauftemperatur von bis zu 68 °C bei höchster Effizienz mit Pufferspeicher P1000-120-5M. Mit dieser Anlage wird der Erweiterungsbau und der Pufferspeicher P1000-5S mit der Frischwasserstation Junkers Bosch TF40-3 versorgt. In dem Pufferspeicher für die Frischwasserstation befindet sich zusätzlich ein Elektro-Heizstab mit 9 kW Heizleistung, um Warmwassertemperaturen über 60 °C zu erzeugen.



Heat source

52 geothermal probes down to a depth of 90 metres

Heat generation

System 1: two Supraeco T 330-2 heat pumps by Junkers Bosch with a thermal output of 33kW each and a PSW 750-5 buffer storage tank heat the main building via a radiant ceiling heating system.

System 2: two Supraeco T 640-2 heat pumps by Junkers Bosch with a thermal output of 64 kW each, a maximum flow temperature of up to 68°C at the highest efficiency and a P1000-120-5M buffer storage tank. The system supplies heat to the extension building as well as the P1000-5S buffer storage tank with the Junkers Bosch TF40-3 fresh water module. The fresh water module's buffer storage tank additionally integrates an electric heating rod with a thermal output of 9kW which can be used to heat water to temperatures of over 60°C.

Wärmeverteilung

Über Kapillarrohr-Akustik-Heizdecken und Wandflächenheizungen unter Berücksichtigung der inneren Wärmelasten (Personen, Beleuchtung, EDV-Anlagen) auf niedrigem Temperaturniveau. Hauptgebäude: Vorlauftemperatur 37 °C, Rücklauftemperatur 27 °C. Erweiterungsbau mit vergrößerter Heizkörperleistung und einer Vorlauftemperatur von 45 °C sowie einer Rücklauftemperatur von 35 °C.

Warmwasserbereitung

Eine Frischwasserstation TF 40-3 von Junkers Bosch sorgt für hygienisch einwandfreies Trinkwasser mit konstanten Zapftemperaturen bei Zapfmengen von bis zu 40l/min (60 °C Vorlauftemperatur).

Heat distribution

Via the capillary tube-acoustic-ceiling heating and wall surface heating system at a low temperature level with the thermal loads (people, lighting and IT devices) inside the building being taken into account. Main building: flow temperature: 37 °C, return temperature: 27 °C. Extension building



with an increased radiator output and a flow temperature of 45°C as well as a return temperature of 35°C.

Water heating

The TF 40-3 fresh water module by Junkers Bosch guarantees fresh and hygienic drinking water at constant tapping temperatures and quantities of up to 40l/min (flow temperature of 60 °C).

Junkers Bosch bietet intuitiv-einfache Heiztechniklösungen. Dazu gehören innovative und vernetzte Regelungslösungen sowie effiziente, ressourcenschonende und zukunftsorientierte Heizungs- und Warmwasserlösungen wie Gas- und Öl-Brennwert-Geräte, Solarthermie-Anlagen oder Wärmepumpen-Lösungen. Die Produkte überzeugen durch eine konsequente Einfachheit bei Planung, Installation und Betrieb sowie durch ein klares und einzigartiges Design.

Junkers Bosch offers intuitive simple heating technology solutions. These include innovative and networked control solutions as well as efficient, resource-saving and future-oriented heating and hot water solutions such as gas and oil condensing boilers, solar thermal systems or heat pump solutions. The products convince through consistent simplicity in planning, installation and operation as well as through a clear and unique design.



BOSCH
Technik fürs Leben

Bosch Thermotechnik GmbH

Sophienstraße 30-32
35576 Wetzlar
Deutschland / Germany
www.junkers.com



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-Diamantglas /
through additional windows and Saint-Gobain triple-paned diamond 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

Mindestgesamtglasdicke: 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 Vakuum-Sandwichelemente **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 mit dem **Rigidur H Activ'Air** Wandsystem (MW12RH) wesentlich bei zur Unterstützung eines gesunden Raumklimas und die **Glasroc F** Sanierungsdecke (DB11GT) zum sicheren Brandschutz. / *Rigips systems played a significant role with the Rigidur H Activ'Air wall system (MW12RH) in supporting a healthy indoor climate, as did the Glasroc F suspended ceiling (DB11GT) for safe fire protection.*



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 Stolberg (Rheinland)
Deutschland / *Germany*
www.glassolutions.de



NUTZERZUFRIEDENHEIT | *USER SATISFACTION*

Wie fühlen sich Schüler und Lehrer in ihrer renovierten Schule?

Dazu wurden im November 2018, rund eineinhalb Jahre nach der Aufnahme des Schulbetriebs, 184 Schülerinnen und Schüler schriftlich befragt (59% Jungen und 41% Mädchen). Zusätzlich fand eine Gruppendiskussion mit 12 Schülerinnen und Schülern aus den Klassenstufen 6, 7, 8, 9 und 10 statt sowie eine Diskussionsrunde mit vier Lehrkräften, darunter auch die Schulleiterin.

Im Fokus stand dabei jeweils die Bewertung des empfundenen Komforts bezüglich der Raumtemperatur, der Luftqualität, der Tages- und Kunstlichtverhältnisse und der Raumakustik. Zudem wurden die Beurteilung der Einflussnahme auf die Luftqualität (u.a. über die Lüftungsanlage), die Beleuchtung und die Verschattung thematisiert. Neben den Unterrichtsräumen wurde auch die Nutzerzufriedenheit mit dem sanierten Gebäude und dem Außenbereich erfragt.

Bewertungen zum Gebäude und zum Außengelände.

Insgesamt vergaben die Schülerinnen und Schüler sowie die Lehrkräfte gute Noten für die Unterrichtsräume und für verschiedene Gebäudebereiche. Besonders gut gefallen den Schülerinnen und Schülern die neuen Klassenräume.



How do pupils and teachers feel in their modernised school?

In November 2018, around 18 months after the school's reopening, 184 pupils took part in a written survey (59% boys and 41% girls). Also, a group discussion was held with 12 pupils from years 6, 7, 8, 9 and 10 as well as a round-table discussion with 4 teachers including the head teacher.

The questions were focused on rating the perceived comfort regarding room temperature, air quality, natural and artificial light conditions and the acoustic properties of the rooms. Also rated were the control measures on air quality (e.g. via the ventilation system), lighting and shading. In addition to classrooms, respondents were also asked to rate the entire modernised building and the external area.

Rating the building and the outside area

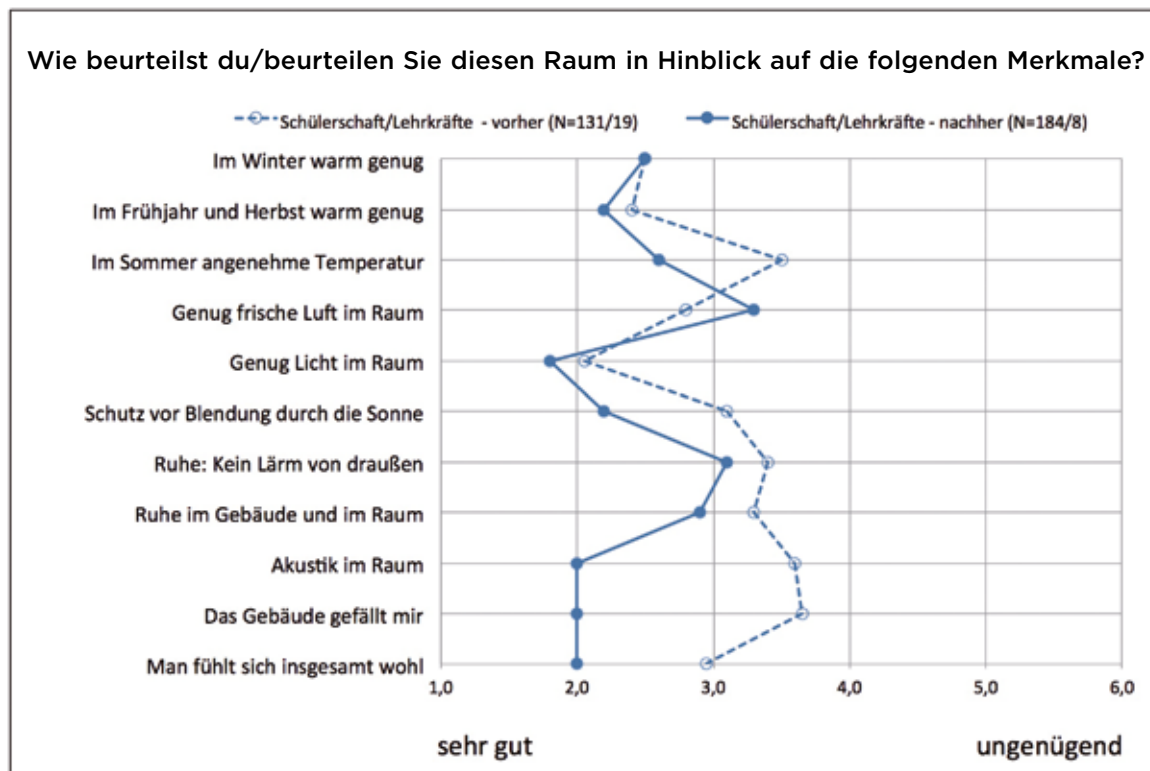
Overall, the students and teachers awarded good marks for the classrooms and various areas of the building. The pupils particularly like the new classrooms.

Parameter* / Parameters*	Schülerschaft/ Pupils (N = 184) Lehrkräfte/ Teachers (N = 8)
1 = sehr gut bis 6 = sehr schlecht 1 = very good to 6 = very poor	
Klassenzimmer / Classrooms	1,7
Flur / Hallways	2,1
Treppenaufgänge / Staircases	2,1
Fachräume im Erdgeschoss / Subject-specific classrooms on the ground floor	2,0
Fachräume im Obergeschoss / Subject-specific classrooms on the upper floor	1,8
Eingangsbereich (Haupteingang) / Entrance area (main entrance)	1,9
Eingangsbereich (hintere Gebäudeseite) / Entrance area (rear of the building)	2,1
Gebäude insgesamt / Building as a whole	2,1
Außengelände (Haupteingang) / Outside area (main entrance)	2,6
Außengelände (hintere Gebäudeseite) / Outside area (rear of the building)	2,6
Gesamtbewertung (Durchschnitt) / Total rating (average)	2,1

* Die Werte geben die Durchschnittsnoten der Befragten an.

* The figures show the average rating given by the respondents.

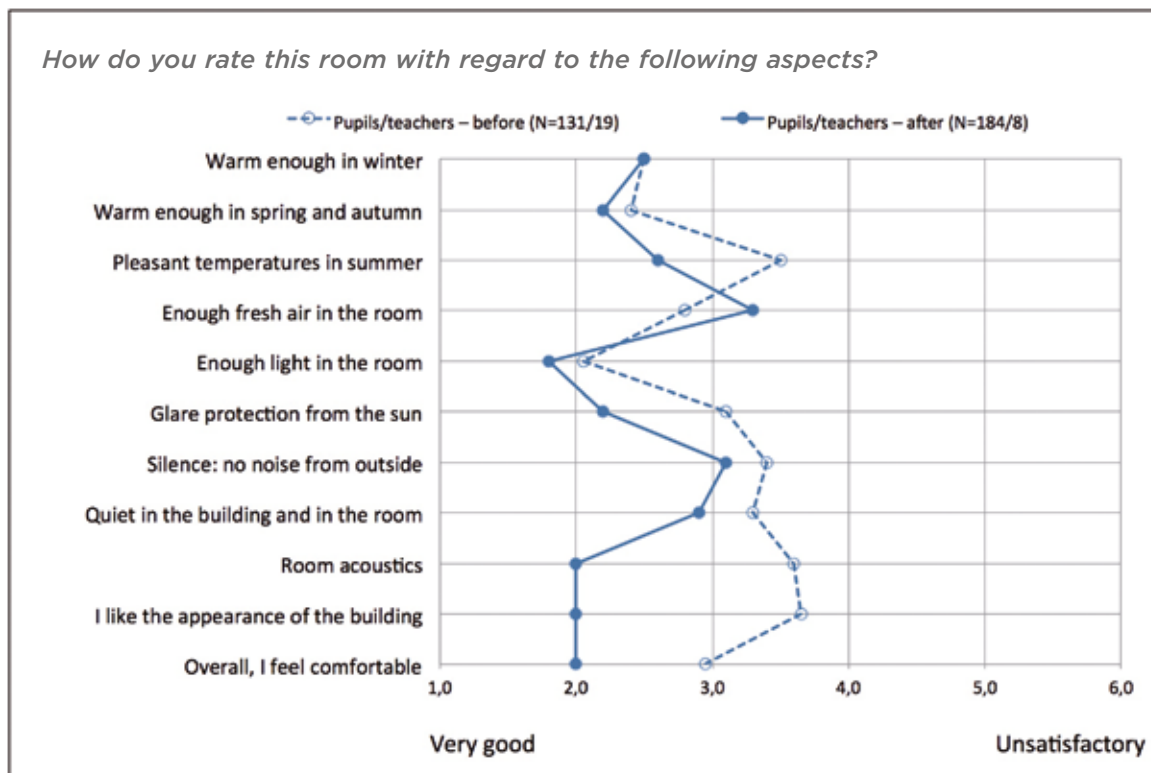
Verbesserung der Zufriedenheit



Das Ergebnis der schriftlichen Befragung von 2018 im sanierten Gebäude belegt im Durchschnitt eine bessere Bewertung der Schule im Vergleich zur Situation vor der Sanierung 2011. Mit Ausnahme der Luftqualität zeigt das aktuelle Profil fast durchgängig positive Veränderungen bezüglich der Raumtemperaturen im Sommer, dem Schutz vor Blendung bei gleichzeitig hoher Tageslichtqualität und vor allem eine deutlich bessere Raumakustik.

Das Gebäude gefällt nun erheblich besser und Schülerinnen, Schüler sowie Lehrkräfte fühlen sich wohl. Die Schülerinnen und Schüler freuen sich, dass alles „so neu und schön“ ist. Die Mehrheit der befragten Lehrkräfte findet, dass sich die neue Umgebung auch positiv auf die Lernbedingungen auswirkt.

Improved satisfaction



The results from the 2018 written survey of the modernised building show a better average rating of the school compared to the pre-modernisation survey of 2011. With the exception of air quality, the current profile shows overall positive effects on the room temperature in summer, on glare protection that provides high-quality natural light and, above all, a considerable improvement in room acoustics.

The pupils and teachers now like their school significantly better and they feel comfortable in the building. The pupils are happy that everything is "so new and nice". The majority of the asked teachers think that the new environment also has a positive effect on learning conditions.

INBETRIEBNAHME UND EINREGULIERUNG | INITIATING AND ADJUSTING THE SYSTEM

Nach der Fertigstellung der Sanierung begann die Nutzungsphase. Im ersten Betriebsjahr erfolgt in der Regel die Einregulierung der Anlagentechnik und die Schüler und Lehrer brauchen Zeit, sich an die neue Lehr- und Lernumgebung sowie die neuen Abläufe zu gewöhnen.

Im Rahmen eines technischen und sozialwissenschaftlichen Monitorings können diese Aspekte erfasst, abgefragt und bewertet werden. Um die Fortschritte und Optimierungen in der ersten Nutzungsphase ermitteln zu können, empfiehlt sich die Durchführung eines begleitenden Monitoringprojekts von mindestens zwei Jahren.

Das technische Monitoring dient u. a. der Erfassung und Dokumentation der Energieverbrauchsdaten. Mit Hilfe des Monitorings wird überprüft, ob die berechneten Energiebedarfswerte und erzeugten Energiemengen aus der Planungsphase im realen Betrieb erreicht werden.

Die Sensorik für das Monitoringprojekt 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 Entmischung der Daten notwendig.

Schwarzer Sensor: Photometerkopf zur Beleuchtungsmessung

Kleiner weißer Sensor: Beleuchtungsstärkesensor für Tageslichtregelung

Großer weißer Sensor: PIR (Passiv-Infrarot) Präsenzsensoren



Black sensor: photometer head to measure illuminance

Small white sensor: illuminance sensor for daylight control

Larger white sensor: PIR (passive infrared) presence sensor

Überprüfung der Anlagenparameter



Checking the system parameters



Links: Blick in den Schaltschrank

Left: a look into the control cabinet

Mitte: Wärmemengenzähler

Centre: heat meter

Unten: Stromzähler

Bottom: electricity meter



Oberer Sensor: CO₂-Sensor

Unterer Sensor: Temperatursensor

Upper sensor: CO₂ sensor

Lower sensor: temperature sensor

Once the modernisation period was completed, the school was reopened. Normally, during the first year of operation the systems technology is fine-tuned, and pupils and teachers need time to get used to the new teaching and learning environment as well as to the new procedures.

In the course of a technical and social-science monitoring process, data on various aspects were collected, users were asked for their input on these aspects and the results were then evaluated. In order to be able to determine the progress and any required optimisation measures, the initial utilisation phase should ideally be accompanied by a monitoring project for at least two years. Part of the technical monitoring process is the collection and documentation of energy consumption data to assess if the energy demand values and generated energy output calculated in the planning phase are achieved under real-life conditions.

The sensor technology required for the monitoring project was installed during the modernisation process and relevant data are collected via the building's management and automation system. While some of the sensors serve validation purposes, others are required for the management and automation system. As a consequence, the collected data has to be sorted and separated.

Die Einregulierungsphase / *The adjustment phase*

Im Herbst 2016 erfolgte auch die Inbetriebnahme der Photovoltaikanlage. Inzwischen liegen Daten vom ersten und zweiten Betriebsjahr vor. Vom 1. Oktober 2016 bis 30. September 2017 wurden von der PV-Anlage 203.308 kWh/a 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/a. 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/a erzielt, im zweiten Betriebsjahr lag der Überschuss sogar bei 66.498 kWh/a. Nach dem zweiten Betriebsjahr lag der bis dahin gesamt erwirtschaftete Stromüberschuss der Schule bei ca. 108.991 kWh. Mit dieser Strommenge können 13 Vierpersonenhaushalte mit einem mittleren Stromverbrauch von 4.100 kWh/a (siehe www.co2online.de) über zwei Jahre mit Strom versorgt werden.

The photovoltaic system was put into operation in the autumn of 2016 and data from the first two years of operation are now available. From 1 October 2016 to 30 September 2017, the photovoltaic system generated 203,308 kWh/year of renewable electric energy, which is approx. 10% more than originally foreseen in the energy plan. During the same period, the school's energy consumption amounted to 160,815 kilowatt hours/year, including all energy-dependent processes in the school building and the operation of devices such as projectors, whiteboards, etc. The

Ein Projekt mit Vorbildcharakter

Mit den Erfahrungswerten aus dem Leuchtturmprojekt soll Anstoß für weitere Vorhaben zur energieeffizienten Sanierung in Stuttgart und bundesweit 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).

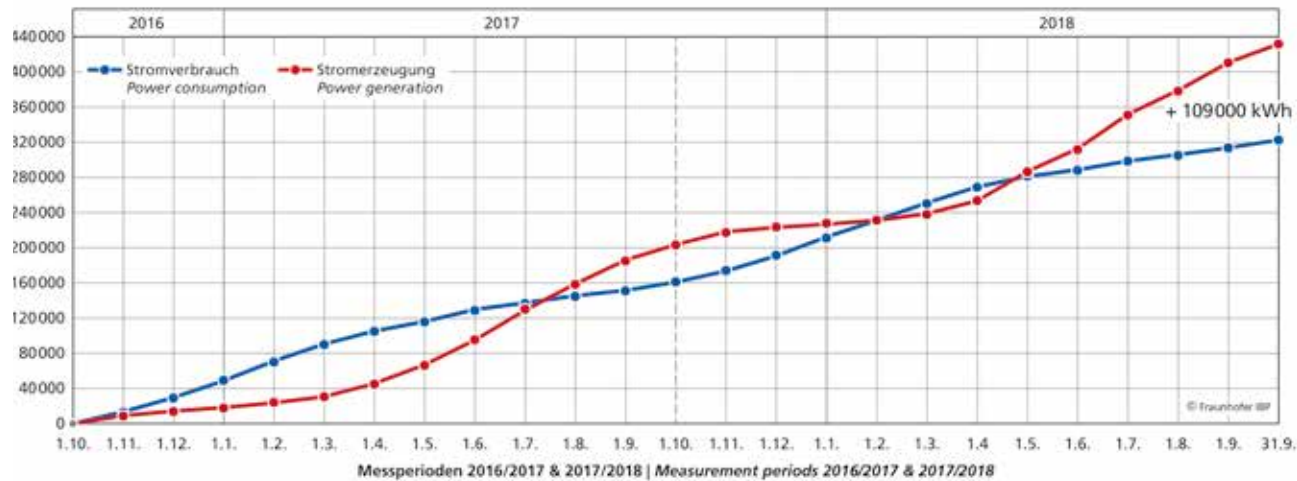


Wechselrichter der Photovoltaikanlage
Inverter for the photovoltaic system

school was reopened to pupils and teachers in March 2017, but during the winter of 2016/17 the building was already heated with energy generated by the electric heat pumps. In the first year of operation, a total energy surplus of 42,493 kWh/year was achieved. In the second year, the surplus was even higher at 66,498 kWh/year. After the second year of operation, the total energy surplus produced by the school building until then was approx. 108,991 kilowatt hours. With this total surplus, 13 four-person households with an average power consumption of 4,100kWh/year (as stated on www.co2online.de) can be supplied with electricity for more than two years.

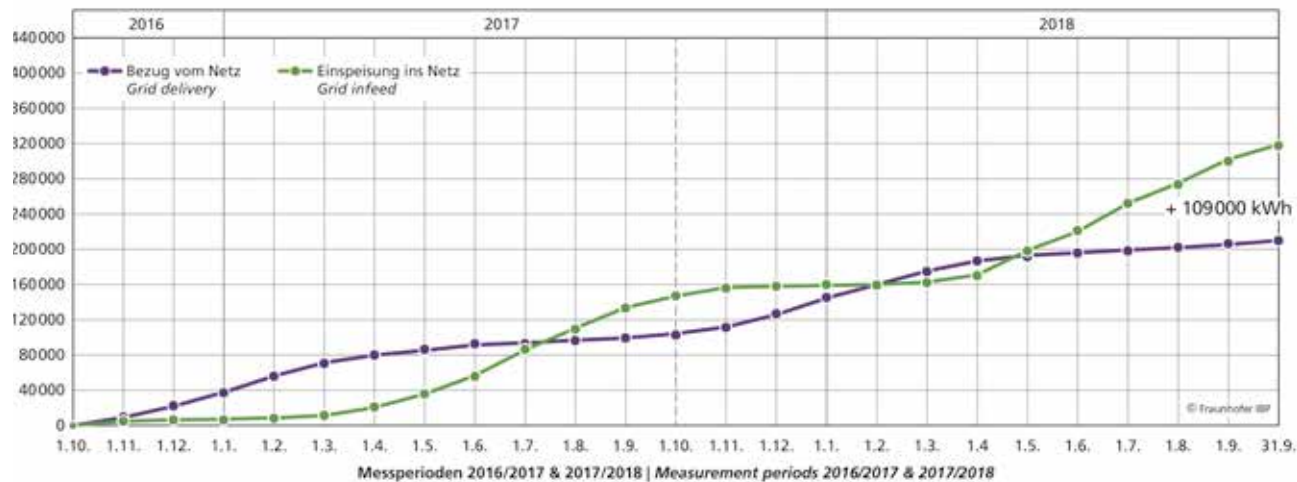
A role model project

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).



Kumulierter Stromverbrauch der Anlagentechnik und der sonstigen Verbraucher und kumulierte Stromerzeugung mittels der Photovoltaikanlagen auf den Dächern und Fassaden der Uhlandschule im Laufe der 24-monatigen Einregulierungsphase.

Cumulative power consumption of the systems technology and other power-consuming devices and cumulative power generation by the photovoltaic system on the roofs and façades of the Uhlandschule school in the 24-month adjustment phase.



Kumulierte Strommenge, die von der Schule aus dem öffentlichen Netz entnommen wurde und kumulierte überschüssige Strommenge aus den Photovoltaikanlagen auf den Dächern und Fassaden der Uhlandschule, die im Laufe der 24-monatigen Einregulierungsphase ins öffentliche Stromnetz eingespeist wurde.

Cumulative power delivered by the public grid to the school and cumulative power surplus generated by the photovoltaic system on the roofs and façades of the Uhlandschule school which was fed into the public grid during the 24-month adjustment phase.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



UNABHÄNGIGES VALIDIERUNGSPROJEKT

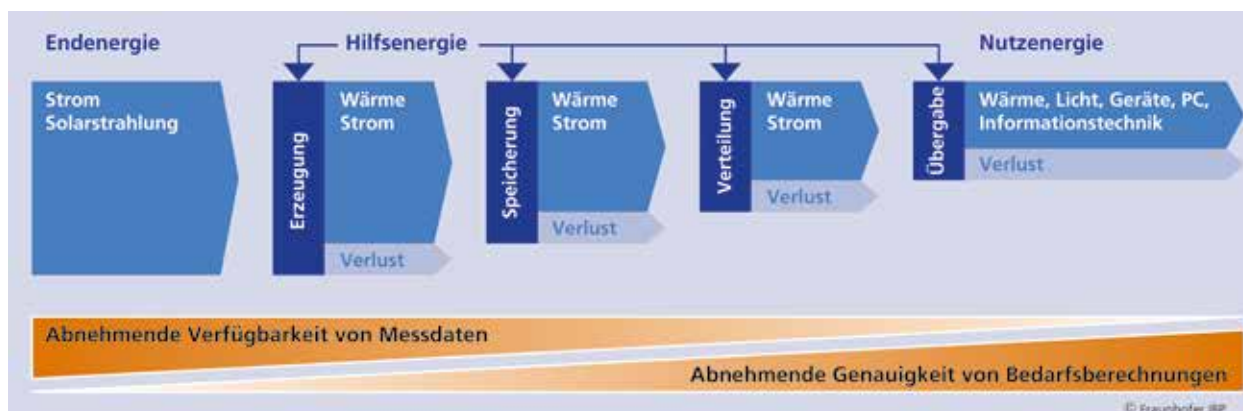
Zur unabhängigen Validierung der umgesetzten Maßnahmen sowie zur Nutzerakzeptanz wird in den Jahren 2019 und 2020 ein zweijähriges Monitoringprojekt durchgeführt. Forscher des Instituts für Akustik und Bauphysik (IABP) der Universität Stuttgart untersuchen darin gemeinsam mit dem Amt für Umweltschutz der Landeshauptstadt Stuttgart in einem zweijährigen Intensiv-Monitoring, ob das Gebäude die hoch gesteckten Planungsziele auch im Detail erfüllt. Dabei soll vorrangig die Effizienz der umgesetzten Maßnahmen im praktischen Betrieb bewertet werden. Darüber hinaus sind weitere Detailuntersuchungen vorgesehen. Erkenntnisse aus den Validierungsuntersuchungen sollen für eine Betriebsoptimierung und Anpassung der Gebäudeleittechnik genutzt werden.

Der Energiefluss in einem Gebäude beginnt mit der Zufuhr von Endenergie zum Gebäude. Über die Prozesse „Erzeugung“, „Speicherung“, „Verteilung“ und „Übergabe“ wird mit der zugeführten Endenergie die nachgefragte Dienstleistung (Nutzenergie) erbracht.

Die Datenübertragung der im Monitoringprojekt erfassten Kennwerte an das Amt für Umweltschutz (AfU) und das Institut für Akustik und Bauphysik erfolgt kontinuierlich, muss jedoch ständig überwacht und kontrolliert werden, damit keine Datenausfälle entstehen bzw. diese 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. Diese Behaglichkeit soll anhand der messtechnisch erfassten Behaglichkeitsparameter ausgewertet und der Gebäudebetrieb aus Behaglichkeitsicht optimiert werden. Dies betrifft sowohl die thermischen Bedingungen im Winter und Sommer als auch die Luftqualität und die Beleuchtungsverhältnisse.

Das Validierungsprojekt wird ebenfalls im Rahmen der Energieforschung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie gefördert (Förderkennzeichen: 03ET1602A/B).



INDEPENDENT VALIDATION PROJECT

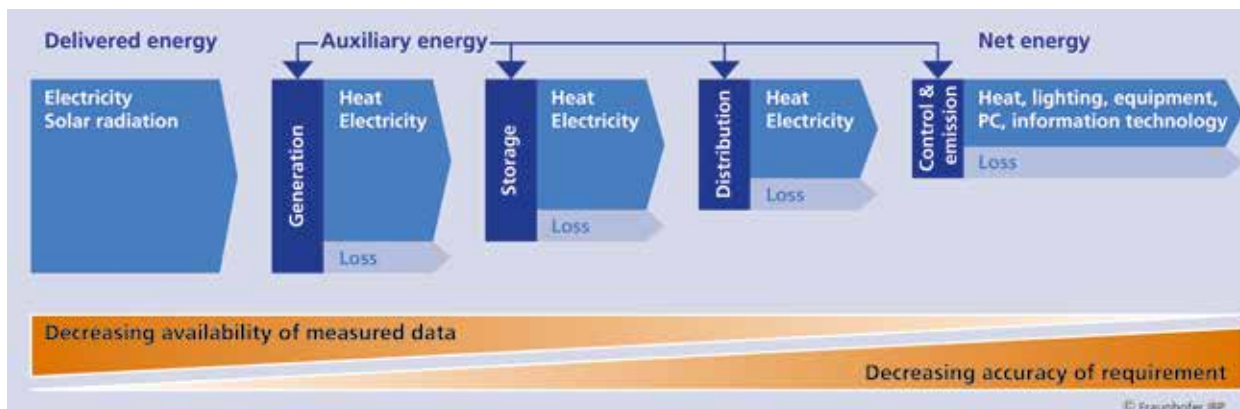
To independently validate all the implemented measures as well as to evaluate their acceptance among users, a two-year monitoring project is going to be run between 2019 and 2020. In co-operation with Stuttgart's Office for Environmental Protection (AfU), research scientists of the University of Stuttgart's Institute for Acoustics and Building Physics (IABP) are going to check during a two-year intensive monitoring phase whether the building meets all the details stipulated in the highly ambitious planning targets. In these two years, all implemented measures are to be checked for their efficiency during the building's actual operation. In addition, further detailed investigations and analyses are to be performed. All the findings gained through these validation measures shall then be used to optimise operation and fine-tune the building management and automation system.

The energy flow within a building starts with the supply of final energy to the building. The "Generation", "Storage", "Distribution" and "Control & Emission" processes enable the provision of the requested service (net energy) via the supplied final energy.

All monitoring-relevant values are continuously transmitted to the Office for Environmental Protection and the Institute for Acoustics and Building Physics with this transmission being monitored and controlled at all times to ensure completeness and keep data gaps to a minimum. 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 well-being which shall be analysed via measurable well-being parameters and optimised depending on the results. Well-being parameters relate to the thermal conditions in winter and summer as well as the air quality and the lighting conditions.

The validation project is also supported within the framework of energy research by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi) (project funding reference: O3ET1602A/B).



ZUSAMMENFASSUNG

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.

Die Sanierung der Uhlandschule hat Modellcharakter. Der gesamte Energiebedarf wird erneuerbar durch die Nutzung lokal verfügbarer Energiequellen gedeckt. Im Laufe eines Jahres erzeugt die Schule mehr Energie, als sie selber verbraucht.

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 über ein hybrides Lüftungssystem. Dezentrale Lüftungsgeräte mit einer Wärmerückgewinnung von mindestens 90 Prozent wurden 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 hat die Schule energiesparende Geräte im IT- und Servicebereich. Zur optimalen Regelung ist eine Gebäudeleittechnik installiert.

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

In einer zweijährigen Monitoringphase soll das Plus in der Energiebilanz verifiziert werden und anhand von Messungen der Betrieb der Schule optimiert werden. Wie schon zu Beginn der Planungen sind Befragungen von Schülern, Lehrern und Hausmeistern fest eingeplant.

Seit Abschluss der Sanierung gibt es an der Schule mehr elektrische Verbraucher. Dazu zählen Lüftungsgeräte, motorisch gesteuerte Fensterflügel, Whiteboards, Sonnenschutz-Jalousien und Aufzug sowie die Wärmepumpen für die Wärmeerzeugung. Dadurch verdoppelt sich der spezifische Stromverbrauch je Quadratmeter nahezu. Durch die Energie-Einsparmaßnahmen und die große Photovoltaikanlage weist die Schule jedoch ein Plus aus. Bereits im ersten Betriebsjahr wurde nachgewiesen, dass dieses Plus auch tatsächlich erzielt wird und so eine klimaneutrale Schule entstanden ist.

SUMMARY

The retrofit of an existing school building into a plus-energy 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 modernisation 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.

The Uhlandschule school is regarded as a pioneering project. The school's total energy requirements are covered by locally available, renewable energy sources. In the course of a year, the school produces more energy than it consumes.

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. Furthermore, 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 surface 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 extension building 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 the 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, the school's energy consumption was analysed in great detail with the help of data gained via the numerous installed sensors. Experience regarding the operation of the modernised building and the use of the implemented new technologies was gathered and the building's technical management was further optimised.

A two-year monitoring phase shall result in the verification of the building's energy efficiency via its energy balance as well as in the ongoing optimisation of the school's operation based on the monitoring results. As during the initial planning phase, students, teachers and facility management staff will be asked for feedback during this phase.

Since project completion, the school has operated a higher number of 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 power consumption per square metre has almost doubled. Thanks to extensive energy-saving measures and the huge photovoltaic system, however, the school generates an energy surplus. Already in the first year of operation, measurements confirmed the actual achievement of this level of energy efficiency and thus showed that a school with a net-zero energy footprint has become a reality.

STUTTGART



Forschungsprojekt Plusenergieschule/

Research Project Plus-Energy School:

Landeshauptstadt Stuttgart / *State Capital of Stuttgart*

Amt für Umweltschutz / *Office of Environmental Protection*

Dr. Jürgen Görres



Energiekonzept / wissenschaftliche Begleitung:

Energy concept / scientific guidance:

Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart /

The Fraunhofer Institute for Building Physics, Stuttgart

Hans Erhorn



IMPRESSUM:

3. überarbeitete Auflage (Stand: Dez. 2018)

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: IREES GmbH, freshidea - stock.adobe.com, Olaf Rohl, Saint-Gobain, Landeshauptstadt Stuttgart - Amt für Umweltschutz. Grafische Gestaltung: ikp Wien GmbH, 1070 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:

3rd revised edition (Status: Dec. 2018)

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: IREES GmbH, freshidea - stock.adobe.com, Olaf Rohl, Saint-Gobain, State Capital of Stuttgart - Amt für Umweltschutz [Office of Environmental Protection]. Graphic design: ikp Vienna, 1070 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.



Gesamtbetreuung des Projekts /

Overall supervision of the project:

Michel Wenger

Technische Beratung / Technical consulting:

Isover: Daria Breitenbicher, Güven Kodas, Wilhelm Gröner,
Timo Alles, Christian Conrady, Nico Rockrohr

Rigips: Dirk Bange, Thorsten Heiss

Saint-Gobain Glass: Michael Mallmann, Wolfgang Böttcher

Weber: Jürgen Meyer, Klaus-Peter Mack, Joachim Thielen, Albert
Barth, Peter Napholz, Günter Fischer

Multi-Komfort / Multi-Comfort: Robert Schild, Friederike Fugmann



Gesamtbetreuung des Projekts /

Overall supervision of the project:

Stefan Vötsch

Bauherr / Building owner:

Landeshauptstadt Stuttgart / *State Capital of Stuttgart*

Referat Jugend und Bildung / *Department for 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

STUTTGART



 **Fraunhofer**
IBP

 **BOSCH**
Technik fürs Leben


SAINT-GOBAIN

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

