



# **Berliner ENERGIETAGE 2017**

## **Zukunft Effizienzhaus Plus**

**„Effizienzhaus Plus im Bildungsbau  
Gymnasium Neutraubling  
Entscheidungshilfen für die Kommune“**





# 100 JAHRE FRIEDENSCHULE IN SCHWEINFURT



NORDWESTANSICHT 1908



NORDWESTANSICHT 2005

## Energetische und ökologische Modernisierung einer Jugendstilschule unter Denkmalschutz





# 100 JAHRE FRIEDENSCHULE IN SCHWEINFURT



NORDWESTANSICHT 2012





# 100 JAHRE FRIEDENSCHULE IN SCHWEINFURT

## Lüftungskonzept: »Regierungs-EntschlieÙung vom 16. Juni 1884«



### § 9 - Lüfterneuerung in den Schulzimmern

»Zur Erzielung der notwendigen Lüfterneuerung sind Ventilationskammine herzustellen. [...]«

»Der Luftkamin muss zur Ableitung der verbrauchten Luft im Schulzimmer zwei Öffnungen haben: die eine zunächst dem Fußboden, die andere zunächst der Decke. [...]«

»Außerdem müssen sämtliche Fenster mit beweglichem Oberlichte versehen sein, welches mittels Stellvorrichtung herabgelassen werden kann.«



## Ventilation von Schulzimmern betreffend.

Durch chemische und medicinische Untersuchungen hat es sich herausgestellt, daß ein Kohlen säuregehalt von über 1 pSt. in der Atmosphäre nachtheilig auf den menschlichen Organismus einwirkt.

Die reine Atmosphäre enthält bekanntlich 4/10000 pSt. Kohlen säure, weßhalb die schlechte, durch zu großen Kohlen säuregehalt verdaubene Luft gefüllter Schulzimmer bei Gründung neuer Schulgebäude ernstlich in Erwägung zu ziehen ist.

Die Luft der Schulzimmer ist sorgfältig geprüft worden, um festzustellen, in wie weit vielfach laut gewordene Klagen über die schlechte Luftbeschaffenheit begründet seien. Die Resultate dieser Untersuchung sind in einem Zimmer, das einen Inhalt von 251,61 Kubikmeter und 10,54 Quadratmeter Fenster und Thüren hatte, an dem Versuchstage 64 Kinder erhielt, folgende:

Zeit der Messung nach Breitung:		
Vormittags 7 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> Uhr	vor Beginn der Stunde	2,21 pSt.
" 8 "	bei	2,48 "
" 9 "	Ende der Stunde	4,18 "
" 9 "	nach der Pause	4,7 "
" 10 "	vor	6,87 "
" 11 "	Ende der Stunde	8,11 "
" 11 "	im leeren Zimmer	7,80 "
Nachmittag 1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> "	vor der Stunde	5,3 "
" 2 "	Beginn der Stunde	5,52 "
" 3 "	vor der Pause	7,66 "
" 4 "	Ende der Gesangsstunde	9,36 "
" 4 "	im leeren Zimmer	5,72 "

Im Interesse von Schüler und Lehrer ist es vom sanitärischen Standpunkt aus wichtig, für gut ventilirte Schulzimmer Sorge zu tragen und diesen Punkt bei Neubauten wie auch bestehenden in Erwägung zu ziehen; obige Scala beweist, daß es nicht genügend ist, die Zimmer allein hoch und groß zu machen, was an und für sich sehr werthvoll ist, sondern erfordert nur diese Umstände abzustellen, eine kontinuierliche Zuführung neuer Luft, und diese kann nur durch geeignete Ventilations-Einrichtung erzielt werden.

Nachfolgende drei Systeme sind es, welche bisher aufgestellt worden sind:

- 1) das Pulsi on s s y s t e m: die frische Luft wird durch mechanische Vorrichtungen in die zu ventilirenden Räume hingeführt;
- 2) das A b s p i r a t i o n s s y s t e m: die schlechte Luft wird durch mechanische Vorrichtungen durch Canäle abgeführt;
- 3) der Luftwechsel wird jeweilig durch die zwischen der Inneren- und Außentemperatur vorhandene Differenz herbeigeführt;

Obgleich wir von diesen angeführten Systemen keines dem anderen unterstellen wollen (da bei der Verschiedenheit der Räumlichkeiten, welche man zu ventiliren hat, natürlich jedes Lokal besonders behandelt werden muß), glauben wir doch für eine Schule oder für ein Bureau das A b s p i r a t i o n s s y s t e m empfehlen zu dürfen, während für Hotels und Fabrikräume ebenso gut das Pulsi on s s y s t e m anzuwenden ist, wie auch das System, welches auf der Differenz der Außen- und Innentemperatur besteht.

Noch nicht allein für Schulen soll das hier Gesagte Geltung haben, sondern jedes Lokal, welches Versammlungsort ist, sei es Comptoir oder Fabrik, Hörsaal oder Restauration u. bedarf dieser Einrichtung einer guten humanitären Gesundheitspflege, da jeder erwachsene 30 Kubikmeter, und jedes Kind 10 Kubikmeter Minimum per Stunde gute Luft zum Wohlfinden haben muß.

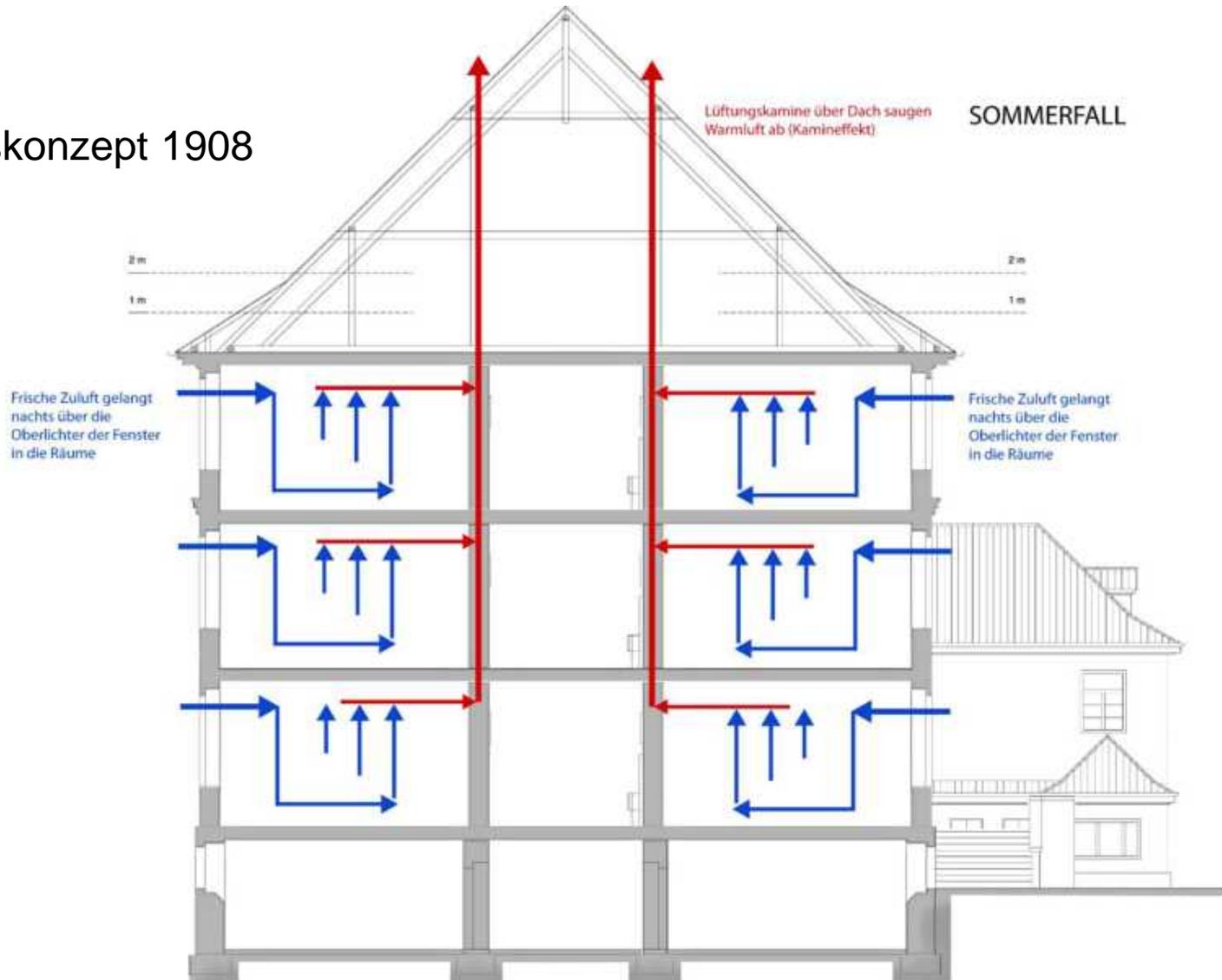
(Es wäre höchst interessant und wichtig, zu wissen, wie sich das Verhältniß bei unseren hiesigen Schulen mit einer Schülerzahl von 100 und darüber stellt.)





# 100 JAHRE FRIEDENSCHULE IN SCHWEINFURT

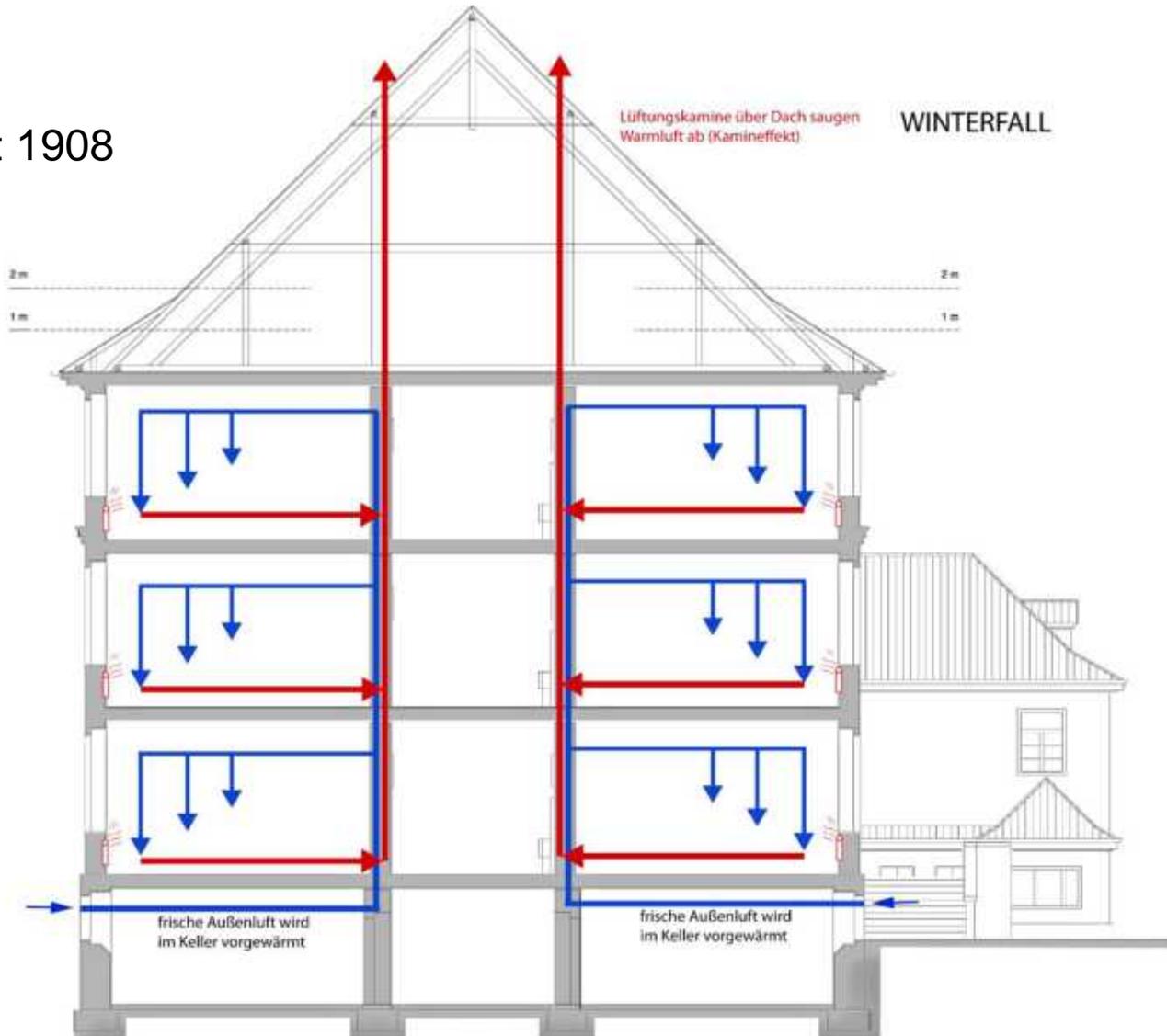
## Lüftungskonzept 1908





# 100 JAHRE FRIEDENSCHULE IN SCHWEINFURT

## Lüftungskonzept 1908





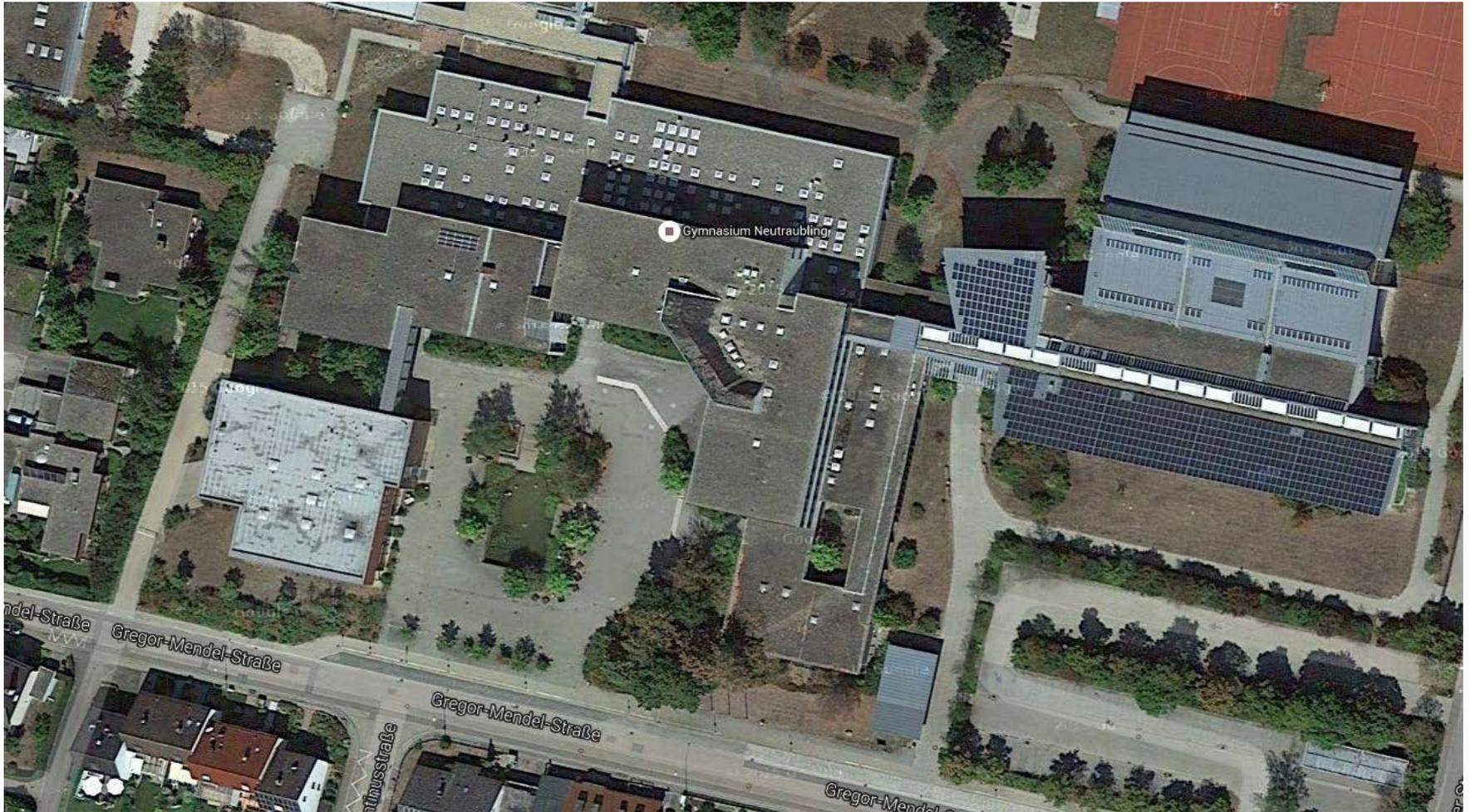
Christi Geburt	250 Mio. Menschen pro Kopf	3.000 Mrd. Barrel Öl 12.000 Barrel Öl = 1.908.000 l
1850	1,00 Mrd. Menschen pro Kopf	3.000 Mrd. Barrel Öl 3.000 Barrel Öl = 477.000 l
2015	7,50 Mrd. Menschen pro Kopf	1.200 Mrd. Barrel Öl 160 Barrel Öl = 25.440 l
2030	10,00 Mrd. Menschen pro Kopf	600 Mrd. Barrel Öl 60 Barrel Öl = 9.540 l

## FÜR ALLE NACHFOLGENDEN GENERATIONEN





# Gymnasium Neutraubling im Effizienzhaus Plus-Standard



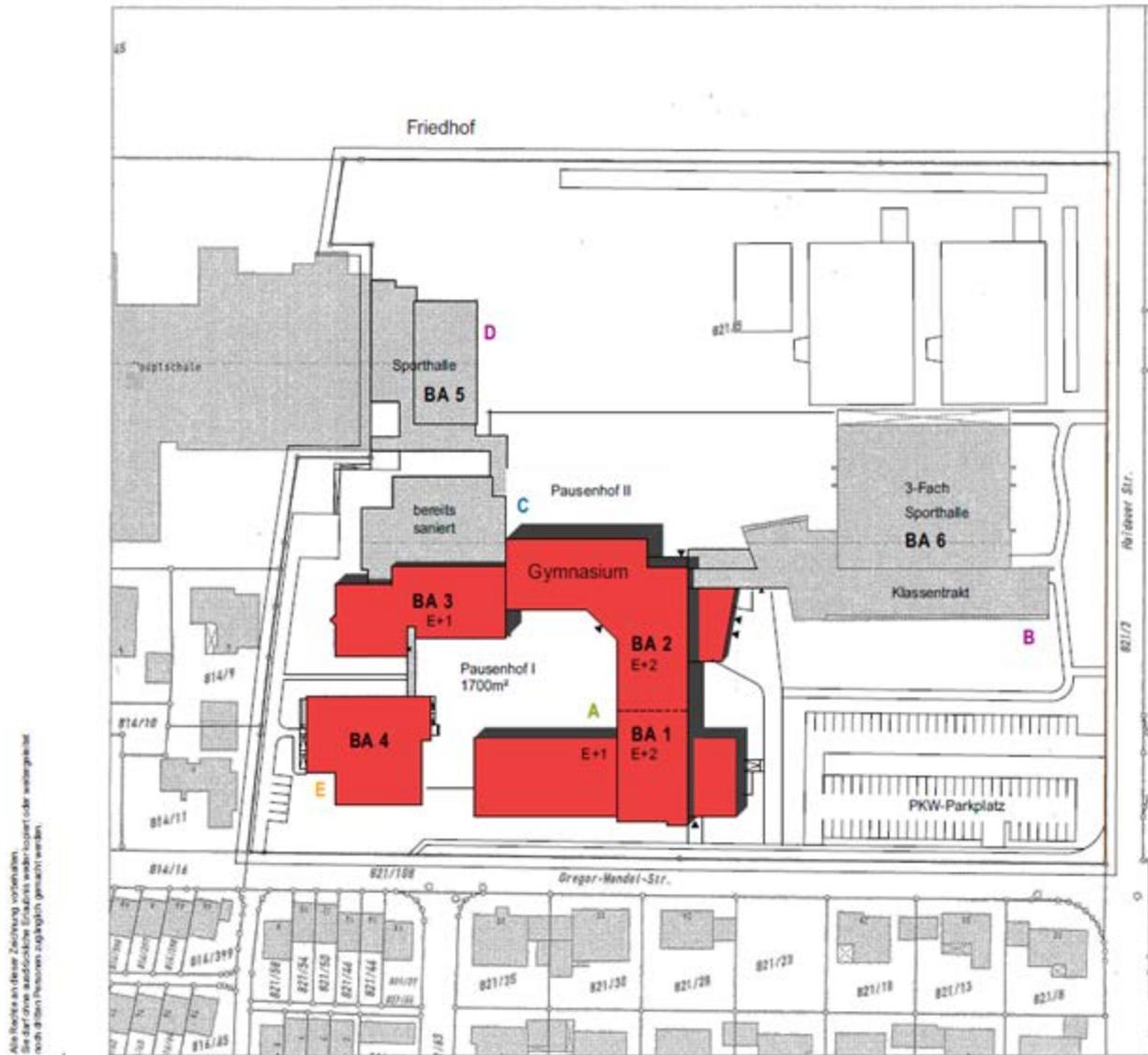


# Gymnasium Neutraubling im Effizienzhaus Plus-Standard





# Gymnasium Neutraubling im Effizienzhaus Plus-Standard





# Gymnasium Neutraubling im Effizienzhaus Plus-Standard

Das Gymnasium Neutraubling ist inkl. seiner Turnhallen derzeit an einem Nahwärmenetz angeschlossen. Der Anschlusswert beträgt 1.350 kW, aus dem die Grundgebühr berechnet wird. Im Jahr 2015 wurden folgende Fernwärmerechnungen bezahlt:

1. Quartal 2015	512.000 kWh	52.782,94 €	10,31 ct/kWh
2. Quartal 2015	145.050 kWh	25.537,18 €	17,61 ct/kWh
3. Quartal 2015	43.847 kWh	17.999,78 €	41,05 ct/kWh
4. Quartal 2015	372.055 kWh	42.519,15 €	11,43 ct/kWh
<b>Summe 2015</b>	<b>1.072.952 kWh</b>	<b>138.839,158 €</b>	<b>12,94 ct/kWh</b>

Hierbei ist zu beachten, dass die Grundgebühr 12.366 €/Quartal kostet; dies entspricht 49.464 €/a Grundgebührenkosten und 89.370 € „Verbrauchskosten“ - den Verbraucher treffen jedoch beiden Kosten.

Falls der Fernwärmeanschluss weiterhin benutzt würde und durch Dämmmaßnahmen der Verbrauch der Schule deutlich reduziert würde, werden die kWh-Preise für den Wärmeverbrauch deutlich steigen. Aus diesem Grunde ist es ratsam, dieses System, bei dem bei niedrigem Verbrauch höhere kWh-Preise zu bezahlen sind, zu verlassen.

In Neutraubling ist daher vorgesehen, den Energieverbrauch deutlich abzusenken, möglichst Leitungsverluste zu vermeiden und auf Wärmepumpentechnik mit Nutzung von Grundwasserwärme umzusteigen, mit dem interessanten Nebeneffekt durch die Grundwassernutzung im Sommer Naturkühlung einzubinden.





# Gymnasium Neutraubling im Effizienzhaus Plus-Standard

Durch ausreichende Dämmung bzw. Neubaubereiche im KfW 70 bzw. KfW 40 Standard wird der Verbrauch in Zukunft stark abgesenkt. Eine überschlägige Abschätzung geht davon aus, dass für

BA 1 Neubau Verwaltung eine Heizleistung von ca. 80 kW

BA 2 Sanierung, Aula ca. 90 kW

BA 3 Sanierung Chemie ca. 40 kW Heizleistung in Zukunft benötigt werden.

Die Heizung selbst besteht aus Lüftungsanlagen mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung und Nachheizregister, in dezentraler und zum Teil zentraler Anordnung. Die Lüftungsanlagen selbst können mit dem Nachheizregister im Winter Wärmeenergie einbringen und im Sommer Wärme und z. T. Feuchte aus der Zuluft entziehen.

Die Steuerung und Anbindung des Lüftungsgerätes regelt eine nachgeordnete Deckenheizfläche, die ebenso heizen und kühlen kann und gleichzeitig die Akustik verbessert.

Das Ziel ist, eine sehr kostengünstige Heizungsinstallation auszuführen, die verstärkt in ihrer Technik die Eigenschaften des hochwärmedämmten Niedrigenergiegebäudes berücksichtigt. Weiterhin soll der Aufwand für MSR-Technik weitgehend reduziert werden, da die Beheizung der Schule im Prinzip einfacher ist, als der Betrieb eines Wohnhauses, bei dem parallel Warmwasser bereitgestellt werden muss. Wichtig im Schulbereich ist, dass der sommerliche Wärmeschutz durch möglichst hohen Anteil Naturkühlung unterstützt wird.





# ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

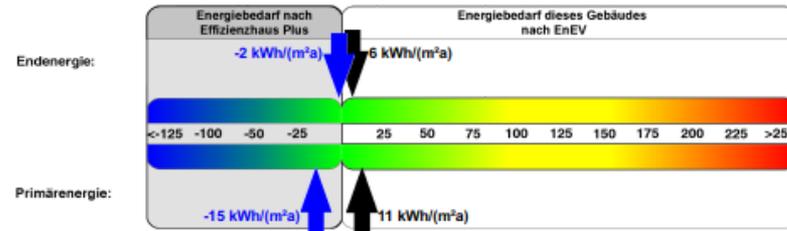
zusätzliche Informationen gemäß §17, Absatz 4 der Energieeinsparverordnung (EnEV)

Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

Registriernummer <sup>1</sup> 22.11.2016  
(oder: \*Registriernummer wurde beantragt am ...\*)

2

## Energiebedarf nach Effizienzhaus Plus und EnEV



Für Energiebedarfsberechnungen verwendetes Verfahren:

Nach Effizienzhaus Plus Bewertung (EMUB)  
Energiebedarf nach Effizienzhaus Plus Bewertung: 10 kWh/(m²·a)  
Endenergie: -2 kWh/(m²·a)  
Primärenergie: -15 kWh/(m²·a)

Anforderungen gemäß EnEV <sup>2</sup>

Primärenergiebedarf: 11 kWh/(m²·a)  
Ist-Wert: 11 kWh/(m²·a) Anforderungswert: 85 kWh/(m²·a)  
Mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten:  eingehalten  
Sommerlicher Wärmeschutz (bei Neubau):  eingehalten

## Endenergiebedarf nach Effizienzhaus Plus

Energieträger	Gebäudetechnik nach DIN V 18599	Jährlicher Endenergiebedarf in kWh/(m²·a) für				Bedarf nach Effizienzhaus Plus	Eigennutzungsgrad [%]
		Nutzenstrom <sup>3</sup>	Netzbezug	Netzeinspeisung			
Strom	5,9	4,5	10,4	-11,9	-1,5		
Summe	5,9	4,5	10,4	-11,9	-1,5	61,5	

Endenergiebedarf nach Effizienzhaus Plus

-1,5 kWh/(m²·a)

Primärenergiebedarf nach Effizienzhaus Plus

-14,6 kWh/(m²·a)

## Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

**Definition:**  
Das Effizienzhaus Plus - Niveau nach der Bekanntmachung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit über die Vergabe von Zuwendungen für Modellprojekte für Bildungszentren ist erreicht, wenn sowohl ein negativer Jahres-Primärenergiebedarf ( $\geq 0$  kWh/(m²·a)) als auch ein negativer Jahres-Endenergiebedarf ( $\geq 0$  kWh/(m²·a)) vorliegen. Alle sonstigen Bedingungen der zum Zeitpunkt der Beantragung gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV) wie z.B. die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz, sind einzuhalten.

**Bewertungsmethode:**  
Die Nachweise sind in Anlehnung an die Energieeinsparverordnung (EnEV) nach der DIN V 18599, Ausgabe 2011 zu führen. Allerdings müssen in Ergänzung zur Nachweisprozedur der EnEV die End- und Primärenergiebedarftwerte für den Nutzenstrom (Elektrische Geräte und -prozesse) in der Berechnung miteinbezogen werden.  
Als Bilanzgrenze (auch im Sinne der Einbeziehung der Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien) ist das Grundstück, auf dem das Haus errichtet wird, anzusetzen. In Erweiterung zum Bilanzraum der EnEV (unmittelbare räumliche Zusammenhang mit dem Gebäude) ist die Summe der auf dem Grundstück des zu bewertenden Gebäudes generierten Energie aus erneuerbaren Energiequellen anrechenbar (-on-site-Generation-).



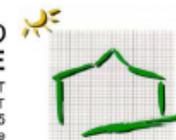
<sup>1</sup> siehe Fußnote 2 auf Seite 1 des Energieausweises  
<sup>2</sup> Nutzenstrom (Elektrische Geräte und -prozesse)

<sup>3</sup> nur bei Neubau sowie bei Modernisierung im Fall des §16 Absatz 1 Satz 3 EnEV



# Gymnasium Neutraubling im Effizienzhaus Plus-Standard

**ARCHITEKTURBÜRO  
WERNER HAASE**  
POSTFACH 1361 97749 KARLSTADT  
J.-ECHTER-STR. 59 97753 KARLSTADT  
TEL: 09353/6628-0 FAX 09353/6375  
e-mail: info@arch-haase-karlstadt.de



Datum 20.01.2016

## Zusammenstellung der Gesamtkosten und der geschätzten laufenden circa-Kosten für das Gymnasium Neutraubling

verschiedene Varianten des Energiestandards	EnEV 2016	KfW 100	KfW 70	Plusenergie-Schule
<b>1. Investitionskosten</b>				
Gesamtkosten	29.700.000 €	30.700.000 €	31.800.000 €	32.700.000 €
abzügl. FAG-Förderung	8.800.000 €	8.800.000 €	8.800.000 €	8.800.000 €
abzügl. Tilgungszuschuss KfW		735.000 €	1.460.000 €	1.470.000 €
abzügl. Zuschuss Plusenergie-Haus				
Förderung Innovation				500.000 €
Förderung Monitoring kostenneutral				- €
Verbleibende Gesamtkosten	20.900.000 €	21.165.000 €	21.540.000 €	21.930.000 €
Mehrkosten zwischen EnEV 2016 und anderen Varianten		265.000 €	640.000 €	1.030.000 €
<b>2. Laufenden Kosten nach Sanierung</b>				
Heizung	50.400 €	49.000 €	48.000 €	12.500 €
Strom	72.000 €	72.000 €	72.000 €	34.700 €
Stromeinspeisevergütung für ca. 200.000 kWh/a zu 10 ct/kWh				- 20.300 €
Wartung	20.000 €	20.000 €	20.000 €	20.000 €
durchschnittl. Zinsen für Kredit: Zinssatz 0,65 % 10 Jahre fest	135.850 €	42.023 €	37.310 €	33.995 €
durchschnittl. Zinsen für Kredit: Zinssatz 0,05 % Sanierung 10 Jahre fest ***		7.350 €	7.900 €	8.350 €
<b>Lfd. Gesamtkosten</b>	<b>278.250 €</b>	<b>183.023 €</b>	<b>185.210 €</b>	<b>89.245 €</b>
<b>jährl. Ersparnis zwischen EnEV 2016 und anderen Varianten</b>	<b>Basis</b>	<b>95.228 €</b>	<b>93.040 €</b>	<b>189.005 €</b>
<b>Dauer der Amortisation</b>		<b>3 Jahre</b>	<b>7 Jahre</b>	<b>5 Jahre</b>
<b>Kreditbetrag</b>				
(Gesamtkosten abzügl. FAG-Förderung und Zuschüsse)	20.900.000 €	21.165.000 €	21.540.000 €	21.930.000 €
KfW-PRG 208		6.465.000 €	5.740.000 €	5.230.000 €
KfW-PRG 217/218		14.700.000 €	15.800.000 €	16.700.000 €

Basis der Berechnung ist die Kostenschätzung des Büros Winkler.

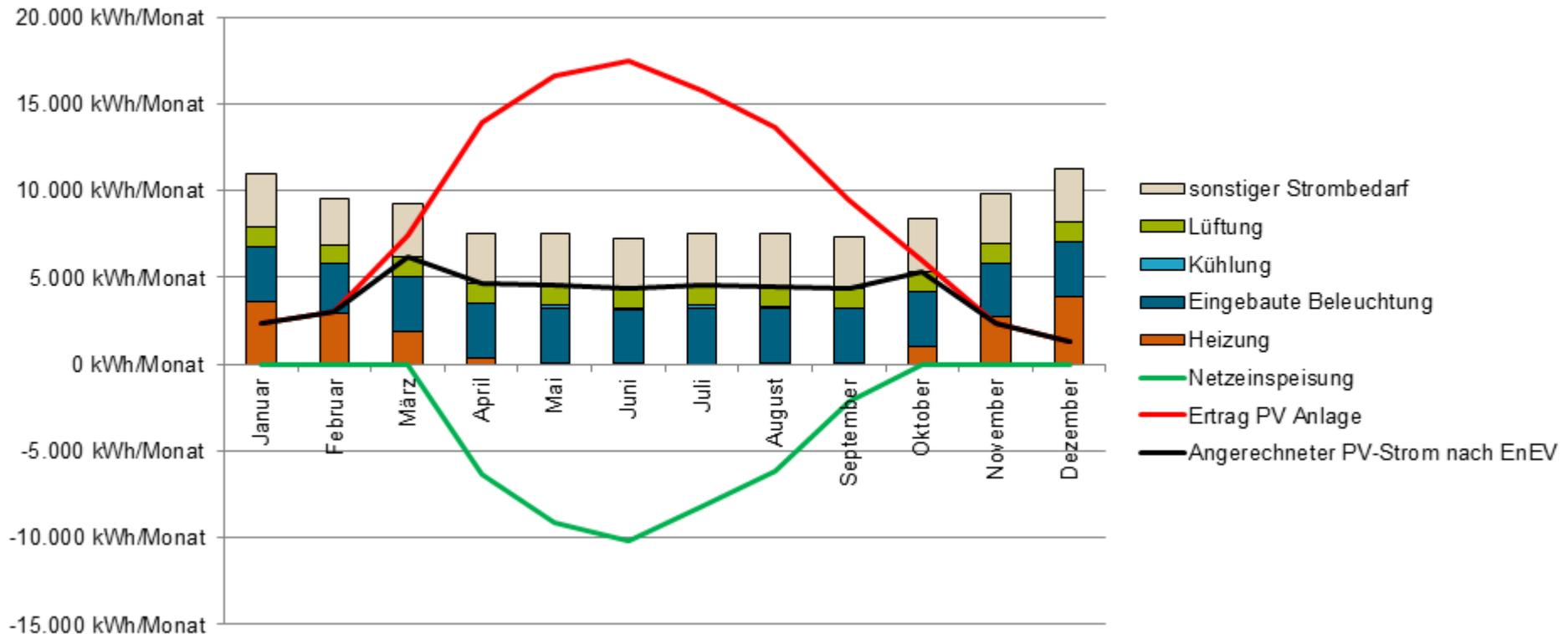
Die Differenzkosten der einzelnen Standards wurden grob geschätzt.

Tilgungszuschuss und Zinssätze Stand 11.01.2016

\*\*\* durch Labo auf 0% gesenkt



## monatlicher Strombedarf und Ertrag der PV-Anlage



# Optimales Energie-Erzeugungskonzept

## Dezentrale Wärmepumpenanlagen

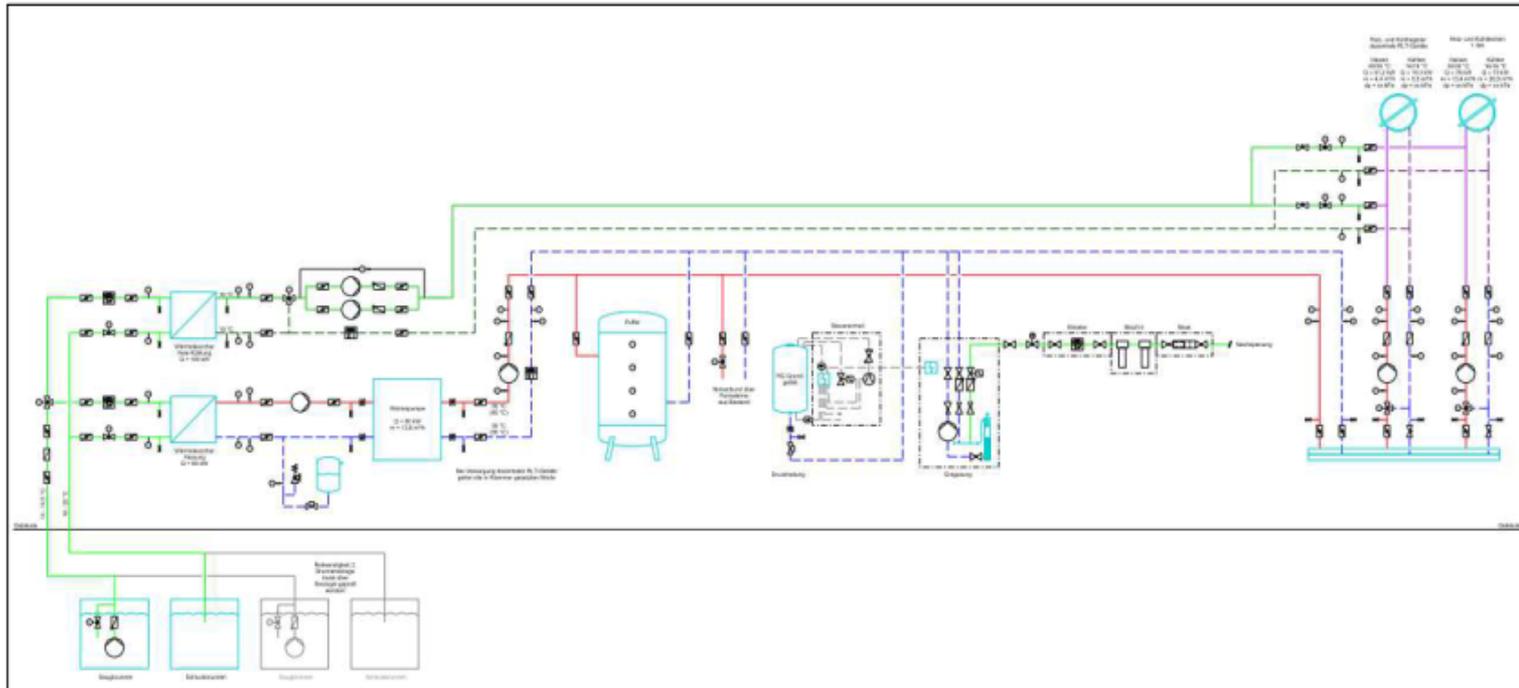


Für jeden Bauabschnitt wird eine dezentrale Wärmepumpenanlage vorgesehen.

- Wärme- und Kälte werden da erzeugt, wo sie tatsächlich benötigt werden → Wärmeverluste durch Transport werden minimiert, da Brunnenwasser auf niedrigem Temperaturniveau von den Brunnen zu den Wärmepumpen transportiert wird.
- Bedarfsgerechte Erzeugung für jeden Bauabschnitt, bei dem jeder eine eigene Besonderheit hat, auf die durch die dezentrale Erzeugung individuell eingegangen werden kann.

# Optimales Energie-Erzeugungskonzept

## Planung Plusenergie



**Möglichst einfache, aber effektive Hydraulik um eine kostenoptimierte Fahrweise bei gleichzeitig geringer Störanfälligkeit zu erzielen.**

# Optimales Energie-Erzeugungskonzept

## Planung Plusenergie – Wärme- und Kälteerzeugung

- Möglichst niedrige Systemtemperaturen mit Vorlauftemperaturen von 35-40 °C  
→ hohe Jahresarbeitszahlen der Wärmepumpe → niedrige Betriebskosten
- Außentemperaturabhängige Fahrweise der Vorlauftemperaturen für die RLT-Geräte, um Kaltlufteinfall zu vermeiden
- Pufferspeicher zur Größenoptimierung der Wärmepumpe und Pufferung der Energie bei Ausfall EVU (Sperrzeit) und Minimierung von Taktzeiten bei Schwachlast
- Direkte freie Kühlung im Sommer durch Brunnenwasser
- Optimierung der Rohrnetzführung → Ein Versorgungsnetz für RLT und Deckenstrahlplatten (abhängig von Simulationsergebnissen)



# Optimales Energie-Erzeugungskonzept

## Planung Plusenergie – Heiz- und Kühldecken

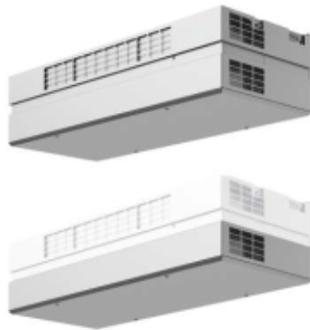
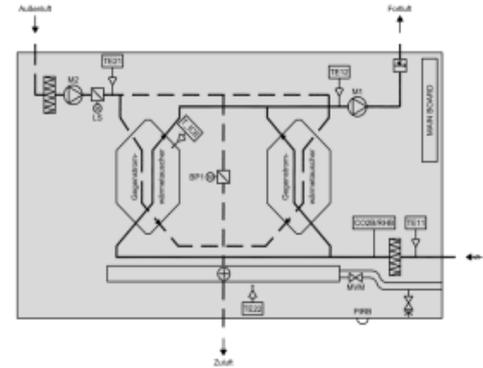
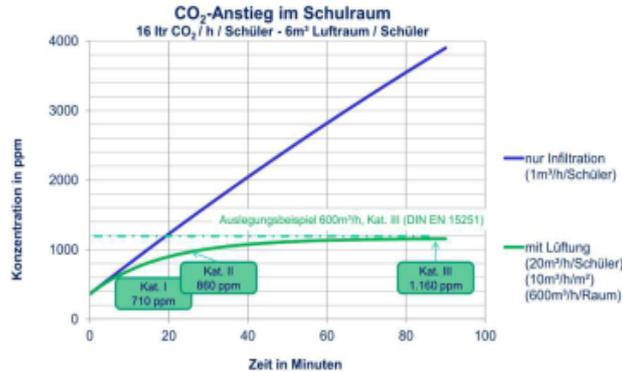
- Kombinierte Heiz- und Kühldecken, die individuell auf die einzelnen Raumbedürfnisse abgestimmt und ausgelegt sind.
- Auslegung auf den Heizfall, um die Investitionskosten gering zu halten. Als Kompensation kann die Teilkühlung über RLT-Geräte verbessert werden.
- Kein 4-Leiterbetrieb geplant, um den MSR-seitigen Aufwand in den Gebäudeteilen nicht zu verkomplizieren → Bedienerfreundlichkeit

In einer übergreifenden thermischen Gebäudesimulation kann der Einfluss dieser Auslegungskriterien auf das Gesamtverhalten bei extremen Außentemperaturen simuliert werden. Schwachpunkte werden so aufgedeckt und können je nach Tragweite der Einschränkung durch Reserven in der Auslegung kompensiert werden.

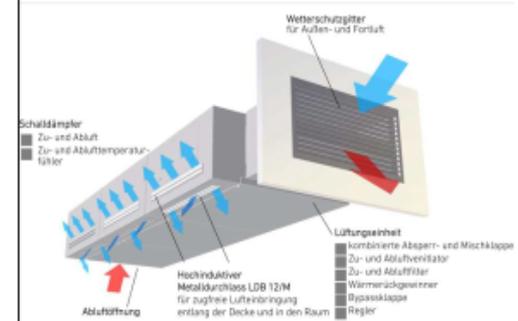


# Optimales Energie-Erzeugungskonzept

## Planung Plusenergie – Dezentrale RLT-Geräte



Konzeptionierung der dezentralen RLT-Geräte auf genaue Anforderung der einzelnen Räume und deren Anforderungen unter Berücksichtigung von Wärmerückgewinnungszahlen deutlich >80 %



# Optimales Energie-Erzeugungskonzept

## Planung Plusenergie – Dezentrale RLT-Geräte

- Dezentrale Versorgung aller Räume → Es wird nur dort bedarfsgerecht gelüftet, wo die CO<sub>2</sub>-Konzentration die zulässigen Grenzwerte übersteigt !
- Lüftungsgeräte mit hohen Wärmerückgewinnungszahlen, um zusätzlichen Energieeinsatz im thermischen Erhitzer zu minimieren.
- Thermische Erhitzerregister zur Gewährleistung von behaglichen Zulufttemperaturen und zur Frostfreihaltung im Winter.
- Die Auslegungstemperaturen der Register sind abgestimmt auf das Temperaturniveau der Deckenstrahlplatten und können je nach Außenlufttemperatur entsprechend bei Bedarf angehoben werden.
- Über die Erhitzerregister kann im Sommer ferner zusammen mit der Wärmerückgewinnung eine Teilkühlung erreicht werden.



# Optimales Energie-Erzeugungskonzept

## Integrale Planung der Gesamtkonzeption - Innovationsgedanken

Die Auslegung der Deckenstrahlplatten basieren zur Optimierung der Investkosten auf Basis der Heizlast.

Dies hat zur Folge, dass im Kühlfall nicht die gesamte Kühllast abgefahren werden kann. Als Teilkompensation soll eine Kühlung der Zulufttemperatur über die Erhitzerregister der RLT-Geräte erfolgen.

In einer thermischen Gebäudesimulation kann hier für die einzelnen Räume aufgezeigt werden, welche Einschränkungen bei der Raumtemperatur bei welchen Räumen zu rechnen ist oder ob es in Summe gar keine Einschränkung gibt.

Vorteil der Auslegungsvariante neben den geringeren Investkosten sind mehr verfügbare Deckenflächen für Einbauten.



## Wirtschaftliche Gesamtbetrachtung

Eine wirtschaftliche Lösung setzt sich aus 3 Komponenten zusammen:

- Investitionskosten
- Betriebskosten
- Wartungskosten
- Bedienbarkeit der technischen Anlagen

Das Ergebnis soll ein für den Bauherrn und seine Anforderungen hin optimales Gesamtkonzept sein !

Aufgrund der Anforderung einer einfachen Bedienbarkeit werden möglichst wenig verschaltete Regelstrategien aufgebaut.

So bleibt die Anlage für den Betreiber überschaubar und leicht zu handhaben.

**Über entsprechendes Monitoring kann eine Soll- IST-Kontrolle sowie Bedarfsoptimierung erfolgen**



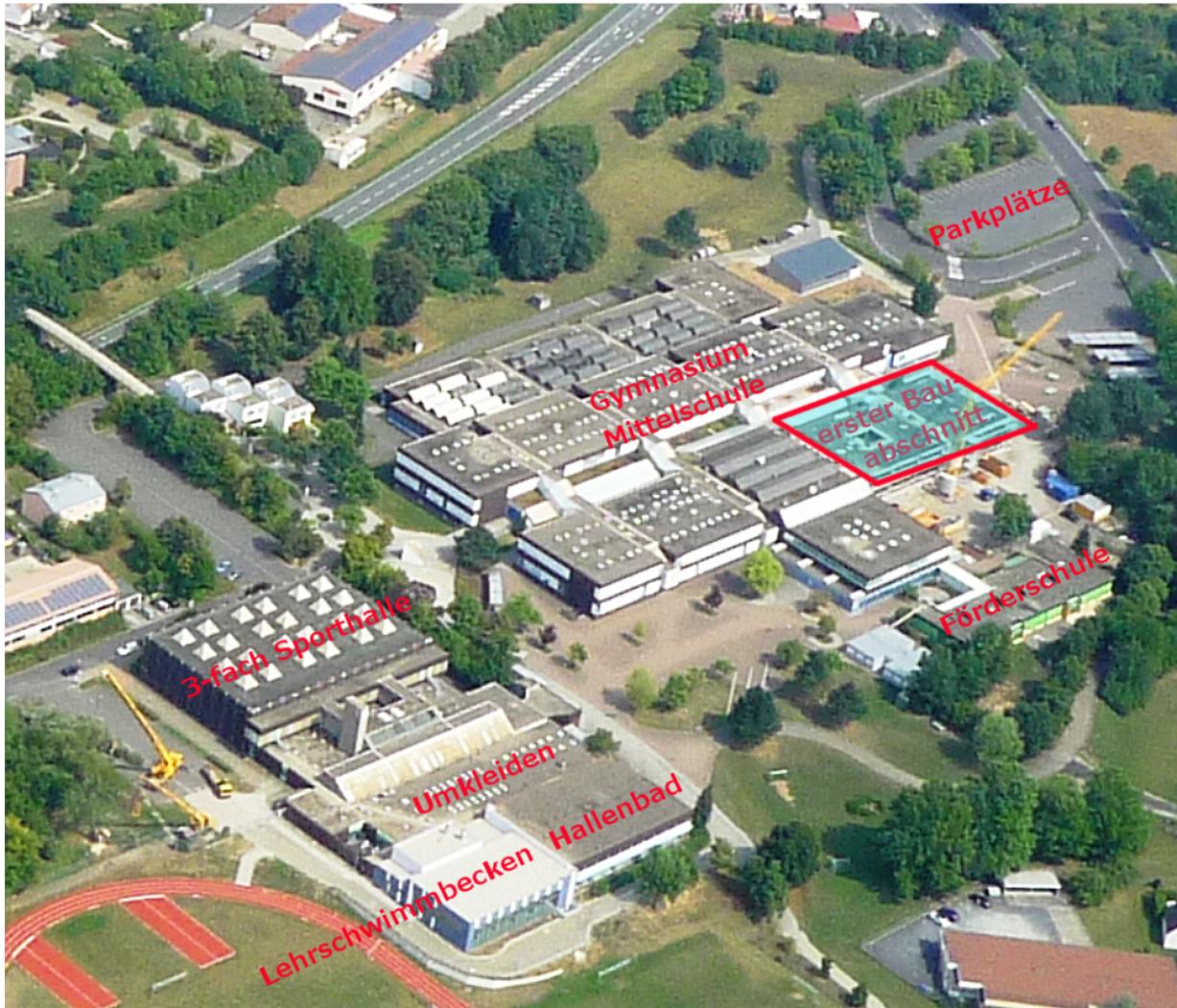


# Schul- und Sportzentrum Lohr am Main mit 3-fach Sporthalle und Schulschwimmbad





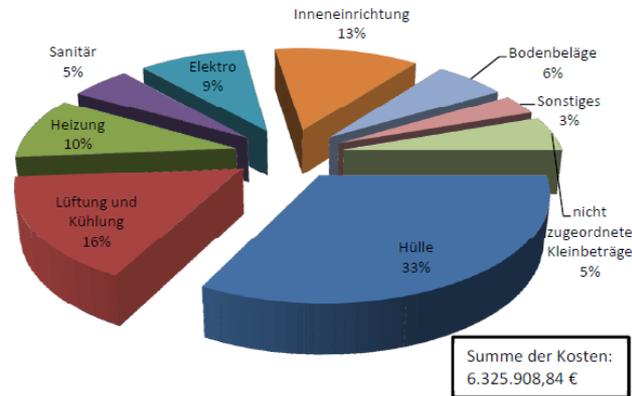
# Schul- und Sportzentrum Lohr am Main mit 3-fach Sporthalle und Schulschwimmbad



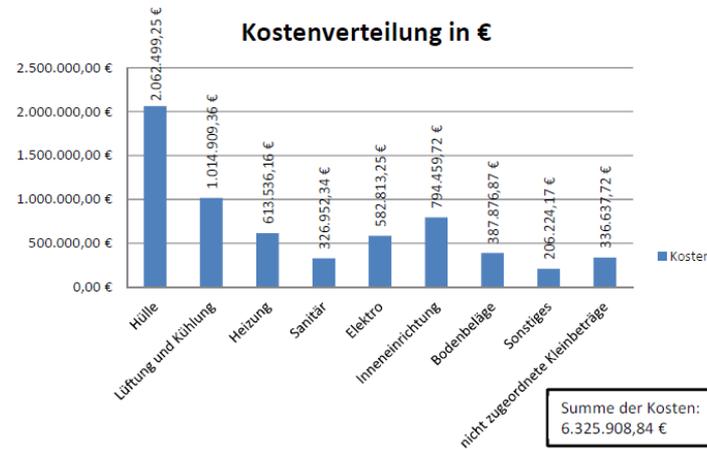


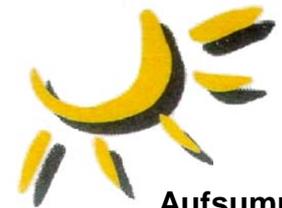
# Schul- und Sportzentrum Lohr am Main mit 3-fach Sporthalle und Schulschwimmbad

### Aufschlüsselung der Kosten in %



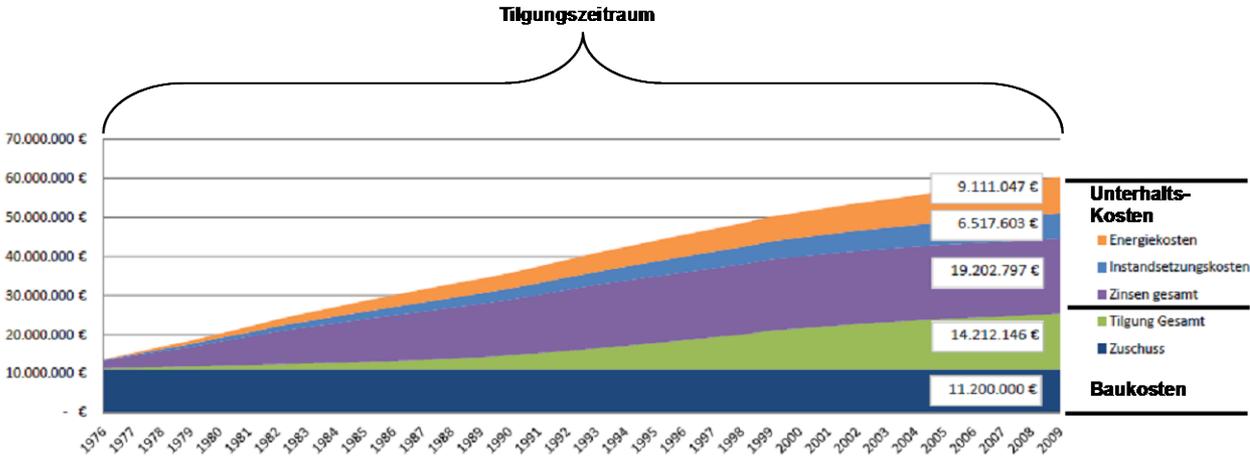
### Kostenverteilung in €





# Schul- und Sportzentrum Lohr am Main mit 3-fach Sporthalle und Schulschwimmbad

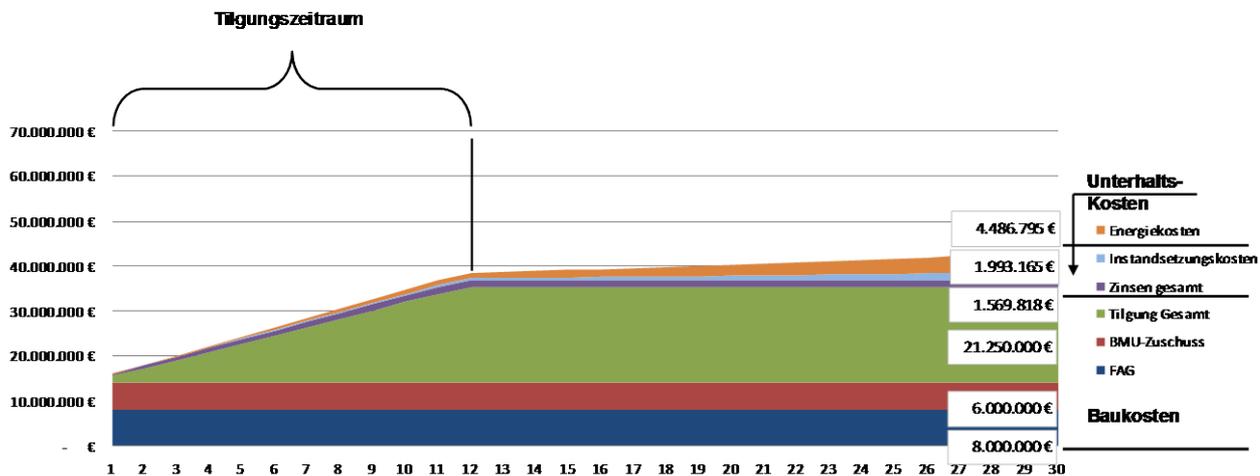
## Aufsummierte Gesamtkosten - Bestand von 1978-2009



Baukosten 1978: 24.40Mio. €

Nachfolgekosten  
30 Jahre: 35.95 Mio. €

## Aufsummierte Gesamtkosten - Geplant 2016-2036



Baukosten : ca. 36 Mio. €

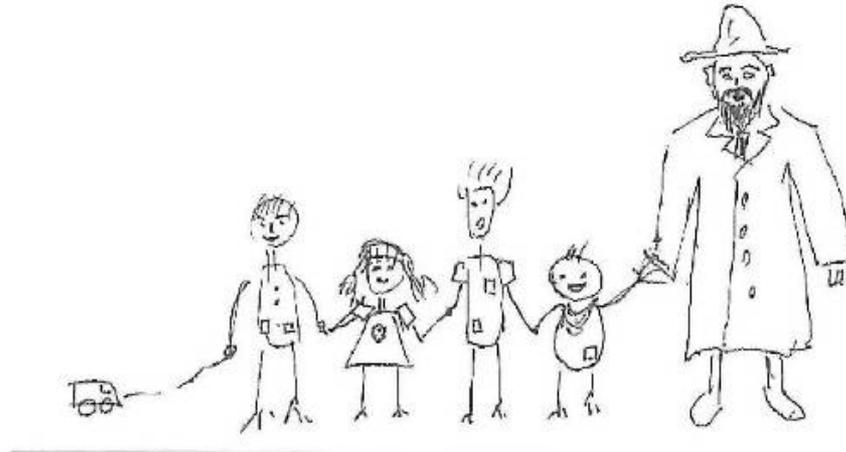
Nachfolgekosten  
30 Jahre: ca. 8-10 Mio. €





**„WO KÄMEN WIR HIN, WENN ALLE SAGTEN,  
WO KÄMEN WIR HIN UND NIEMAND GINGE,  
UM MAL ZU SCHAUEN, WOHIN MAN KÄME, WENN MAN GINGE.“**

(Zitat von Kurt Marti)



**VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT**

**WERNER HAASE  
ARCHITEKT**

