



# EFFIZIENZHAUS PLUS SCHULEN ERFAHRUNGEN AUS DER PLANUNG

München – Forschungsinitiative Zukunft Bau 19.01.2017





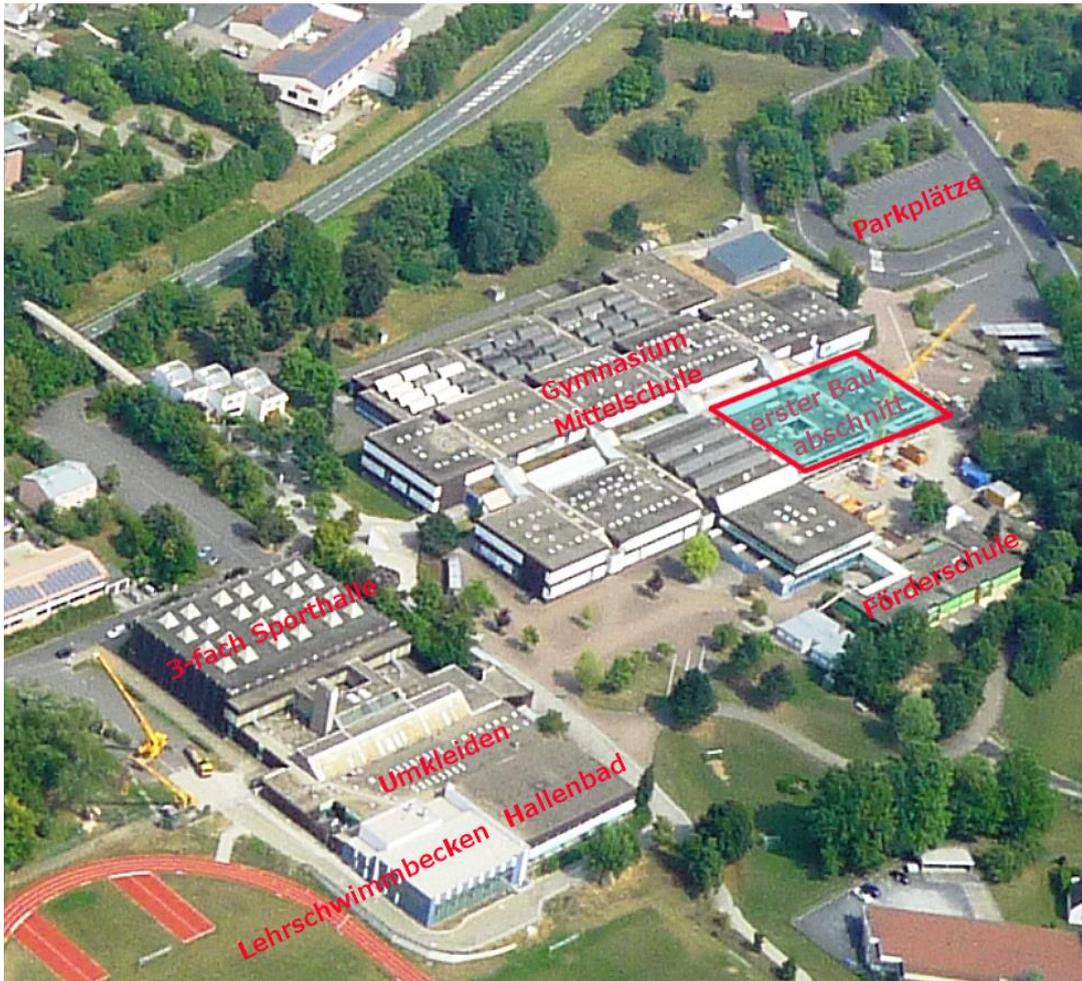
# INHALT

- **PLANUNGSERFAHRUNGEN**
- **ZUKUNFTSPLANUNGEN**
- **FAZIT**





## Schul- und Sportzentrum Lohr a. M. mit 3-fach Sporthalle und Hallenbad



Luftbild des gesamten Schulzentrums mit 3-fach Sporthalle, Schulschwimmbad, zusätzlichem Lehrschwimmbecken. Im Schulgebäude befindet sich ein Gymnasium und eine Mittelschule; rechts davon ist eine Förderschule angebunden, die nicht saniert wird.





# Schul- und Sportzentrum Lohr a. M. mit 3-fach Sporthalle und Hallenbad



**Corten-Stahl: Lochfraß**



**Außenansicht**



**Verbrauchte Dachverglasung, z.T. blind – kein Sicherheitsglas**



**Bibliothek: Beleuchtung notwendig – trotz Dachverglasung**

Corten-Stahl-Fassaden von 1978; weitgehend verbrauchte Bauteile wie z. B. Jalousien, Stegplattenverglasung; verbrauchte Aluminium-Fenster. Lediglich 2cm Wärmedämmung in der Metallfassade enthalten.





## Schul- und Sportzentrum Lohr a. M. mit 3-fach Sporthalle und Hallenbad

Schulzentrum Bestand  
BGF 22.786 m<sup>2</sup>  
davon beheizt: 18.572 m<sup>2</sup>

BRI: Schulbereich	86.500 m <sup>3</sup>
BRI: Sportbereich	36.900 m <sup>3</sup>
BRI: Gesamt	123.400 m <sup>3</sup>

Sportzentrum Bestand  
BGF 6.955 m<sup>2</sup>  
davon beheizt: 4.855 m<sup>2</sup>

Schülerzahlen:  
Mittelschule 390  
Gymnasium 850

**5 Mio. kWh/a Gas entspricht 500.000 l Heizöl**

**1.050.000 kWh/ Stromverbrauch entspricht  
300-350 Einfamilienhäuser**

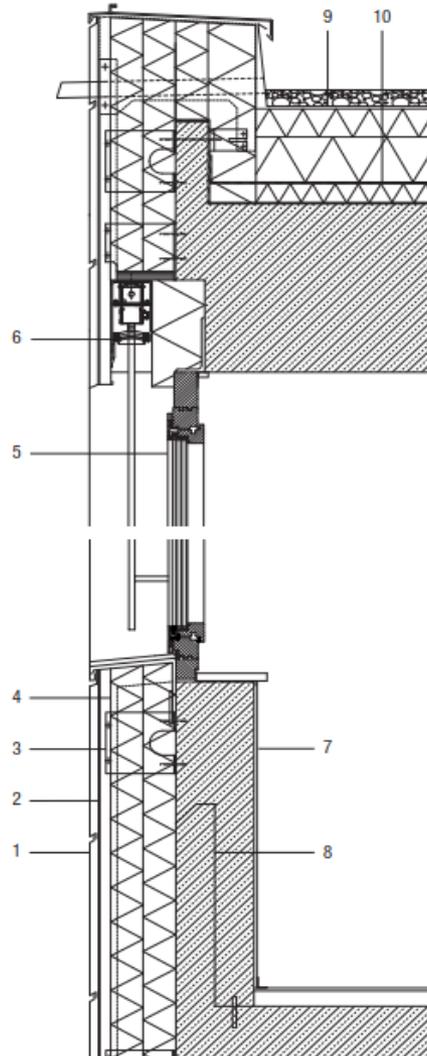
**Energiekosten 2011: 630.000 €**

## SCHUL- UND SPORTZENTRUM LOHR a.M.





# Schul- und Sportzentrum Lohr a. M. mit 3-fach Sporthalle und Hallenbad



Fassadenschnitt Schulzentrum, M 1:20

- 1 Stahlpaneel, Stahlblech 1,25 mm, feuerverzinkt und polyesterbeschichtet
- 2 Tragprofil, Stahlblech 1,5 mm, AZ-beschichtet, abgekröpft zur Aufnahme der Fensterbank
- 3 Wandkonsole, Stahlblech 3,0 mm, verzinkt und pulverbeschichtet
- 4 Dämmung, Mineralwolle 2x 100 mm mit einseitiger schwarzer Vlieskaschierung
- 5 Holz-Aluminium-Fenster mit Dreifachverglasung
- 6 Lamellen-Raffstore, individuell verstellbar
- 7 Aufbetonierte Brüstung, in vorhandener Brüstung und Decke verankert
- 8 Bestehende Brüstung
- 9 Rollnahtgeschweißtes Edelstahl Dach auf Metall-dachtrennlage und Dämmung PUR 140 + 100 mm
- 10 Vorhandene Abdichtung und Dämmung 60 mm

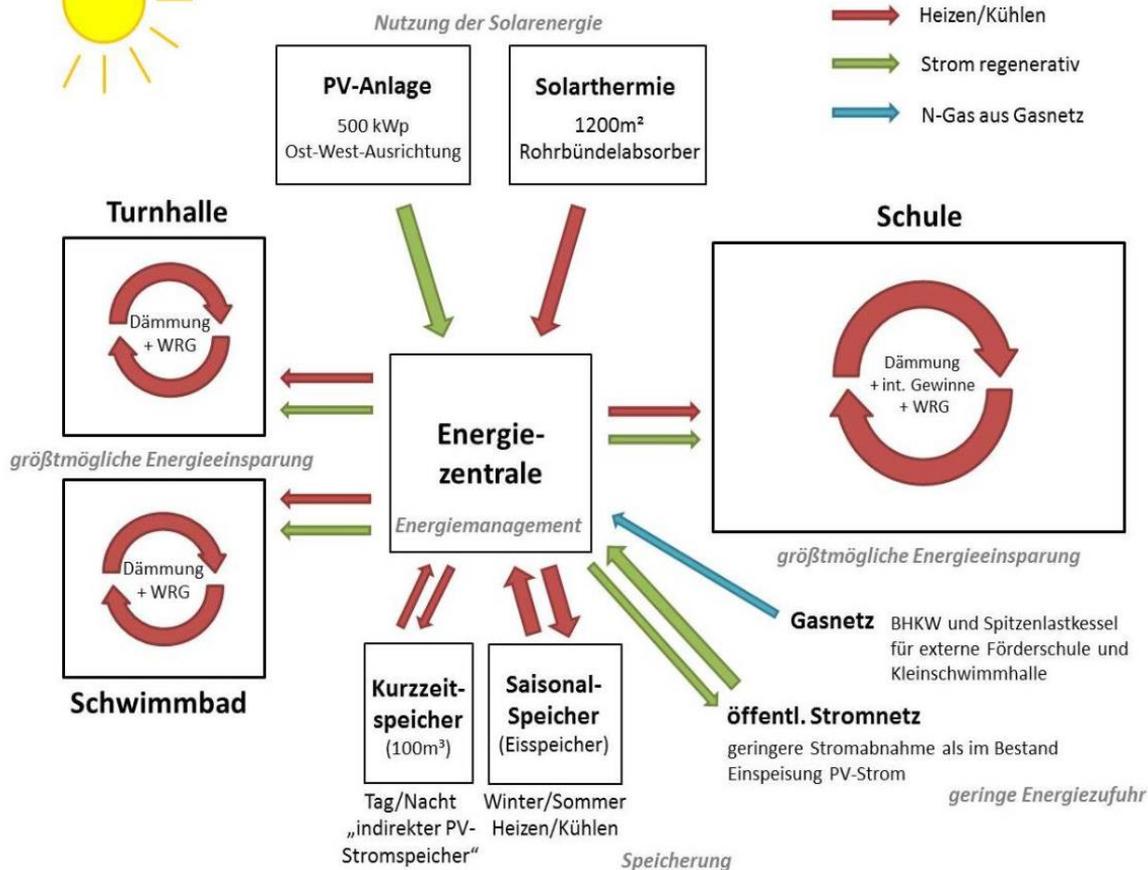




<b>Bisheriger Energieverbrauch für Schule und Sportzentrum inkl. Förderschule</b>	<b>5.000.000 kWh/a</b>
<b>Zusätzlich wird in Zukunft eine Kleinschwimmhalle mitversorgt, mit ca.</b>	<b>185.000 kWh/a</b>
<b>Durch Dämmung wird der Verbrauch inkl. Kleinschwimmhalle auf</b>	<b>2.420.000 kWh/a reduziert</b>
<b>Einfluss von Rückgewinnungssystemen Lüftungsanlage mit ca. 80% Rückgewinnung, keine Abwasserwärme-Rückgewinnung</b>	<b>auf ca. 1.100.000 kWh/a reduziert</b>
<b>Lüftungsanlage mit nachgeschalteter WP, hocheffiziente Abwasserrückgewinnung</b>	<b>auf ca. 875.000 kWh/a reduziert</b>
<b>Diese Wärmemenge wird zu ca. <math>\frac{3}{4}</math> aus Umweltwärme gedeckt und <math>\frac{1}{4}</math> WP-Strom aus überwiegend PV.</b>	



## Energiekonzept



Das Prinzip des Energiekonzeptes besteht daraus, dass die einzelnen Gebäudebereiche durch hohe Wärmedämmung den Heizbedarf verringern und dann jeweils „Energier recycling“ stattfindet. Z. B. im Schwimmbad wird im Prinzip das Beckenwasser durch Wärmerückgewinnung aus dem gesamten Abwasser des Schulzentrums bewärmt. Die Luftheizung des Schwimmbades ist größtenteils durch rückgewonnene Lüftungsenergie zzgl. Entwärmung der Restenergiemenge in der Abluft durch WP versorgt. Die Energiezentrale soll hauptsächlich Defizite ausgleichen u. vorausschauend Energiemanagement betreiben.





# Funktion Eisspeicher Winterfall

## Einspeisung- Wärmequelle



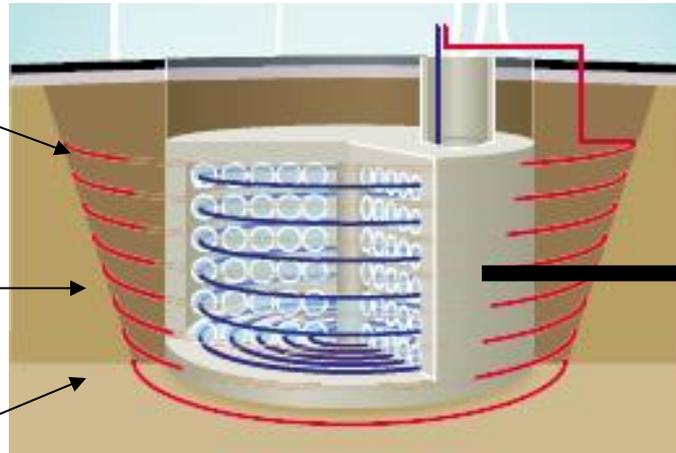
Abwasser ca. 25°C



Absorber



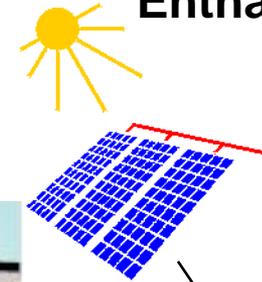
Server Kühlung ca. 25°C



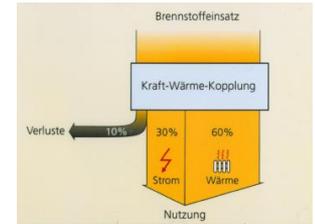
Der Eisspeicher dient zum saisonalen Ausgleich als Wärmequelle für die WP; gespeist durch Rohrbündelabsorber. Die Vereisung im Winter dient im Sommer zur Kühlung.

Aus der Natur und „Wärmeabfall“

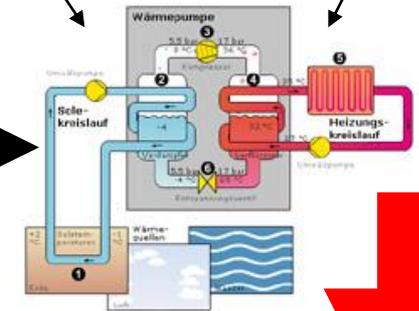
## Entnahme - Heizfall



PV-Anlage



BHKW



WP 30-200 kW Heizleistung modulierend

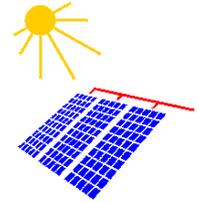
**WÄRME: FÜR  
SCHULE  
SCHWIMMBAD  
TURNHALLE**



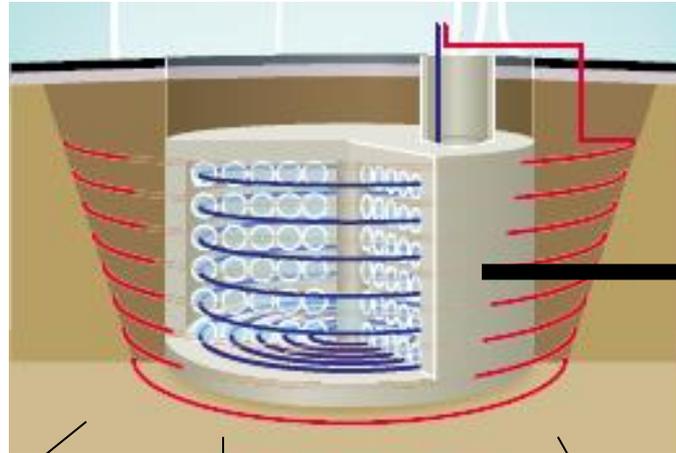


# Funktion Eisspeicher Sommerfall

## Einspeisung- Wärmequellen in Eis-Speicher gestoppt



Stromeinspeisung



**KÜHLUNG VON  
INFORMATIK-  
UND  
SCHULRÄUMEN  
NACH BEDARF**

**Kühlung**



**Absorber –  
Direkterwärmung  
Schwimmbad**



Server Kühlung ca. 25°C



Kühlanlage Hausmeister  
ca. 25°C



Vortrocknung Zuluft / Schwimmbad-  
entfeuchtung ca. 20°C



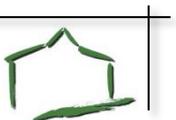


Bauarbeiten der Wand des Eisspeichers

Der Eisspeicher hat 1.250 m<sup>3</sup> Wassereinhalte u. kann durch den Phasenwechsel Wasser/Eis ca. 100.000 kWh Energie puffern. Er dient als Wärmequelle in Ergänzung zu den 1.000 m<sup>2</sup> Rohrbündel-Absorbern auf dem Dach.



„Innenleben“ des Eisspeichers





Rohrbündelabsorber auf dem Flachdach

Rohrbündelabsorber auf dem Flachdach können niedertemperaturige Wärme sammeln u. damit den Eisspeicher „auftauen“ oder als Vorlauf für die WP Beckenwasser kostengünstig erwärmen und im Hochsommer Wärme aus den Kühldecken nachts freisetzen. Die Wärme wird 24 Std./Tag sowohl aus Luft, Strahlung oder Regenwasser mittels Eisspeicher oder WP entzogen.





# Schul- und Sportzentrum Lohr a. M. mit 3-fach Sporthalle und Hallenbad



Fassadenansicht – mit farbigen Elementen für die Lüftungsgitter



Einzellüftungsgerät mit Zu- und Abluftkanal



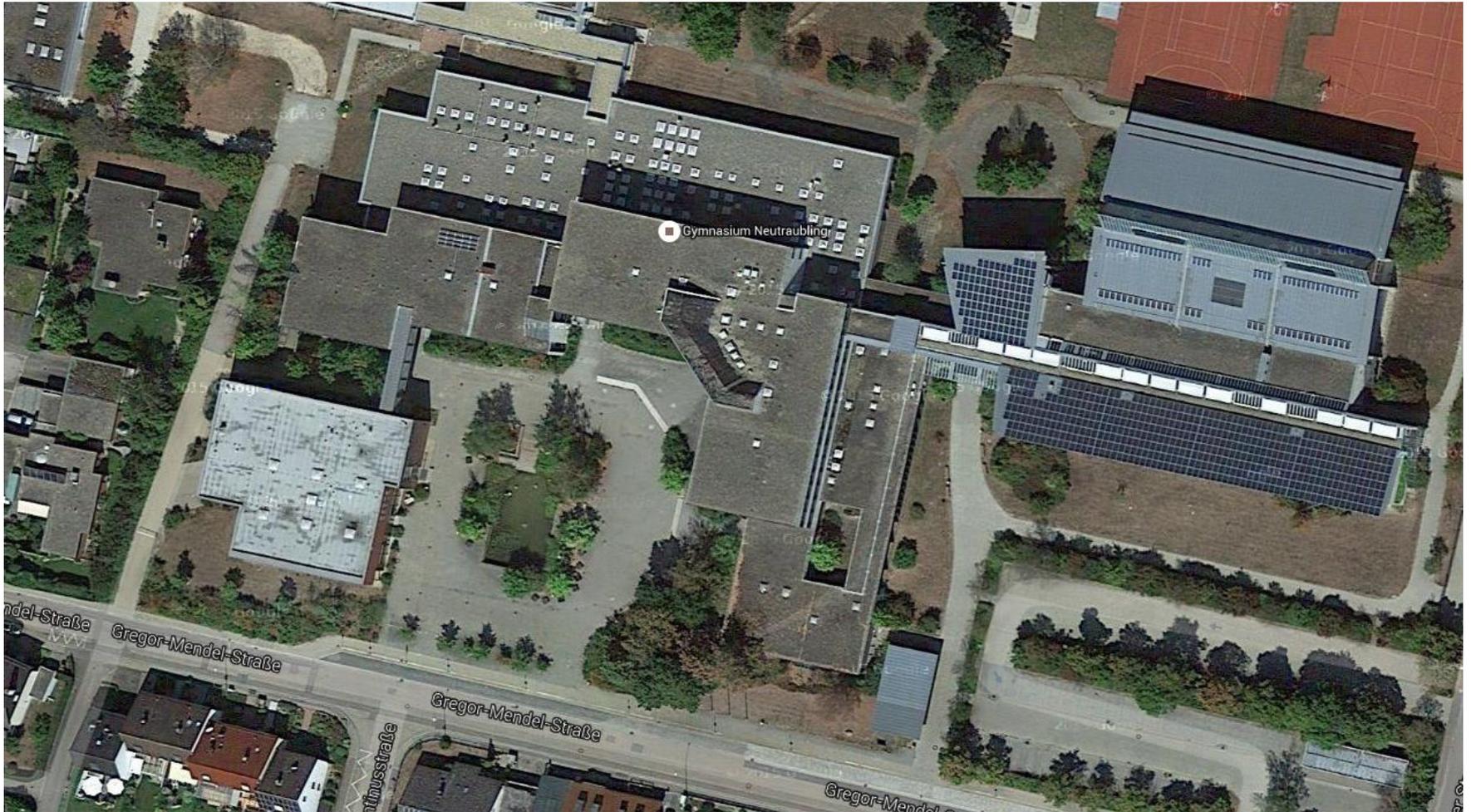


Mensa nach der Sanierung





# Gymnasium Neutraubling im Effizienzhaus Plus-Standard





# Gymnasium Neutraubling im Effizienzhaus Plus-Standard



# Optimales Energie-Erzeugungskonzept

## Dezentrale Wärmepumpenanlagen

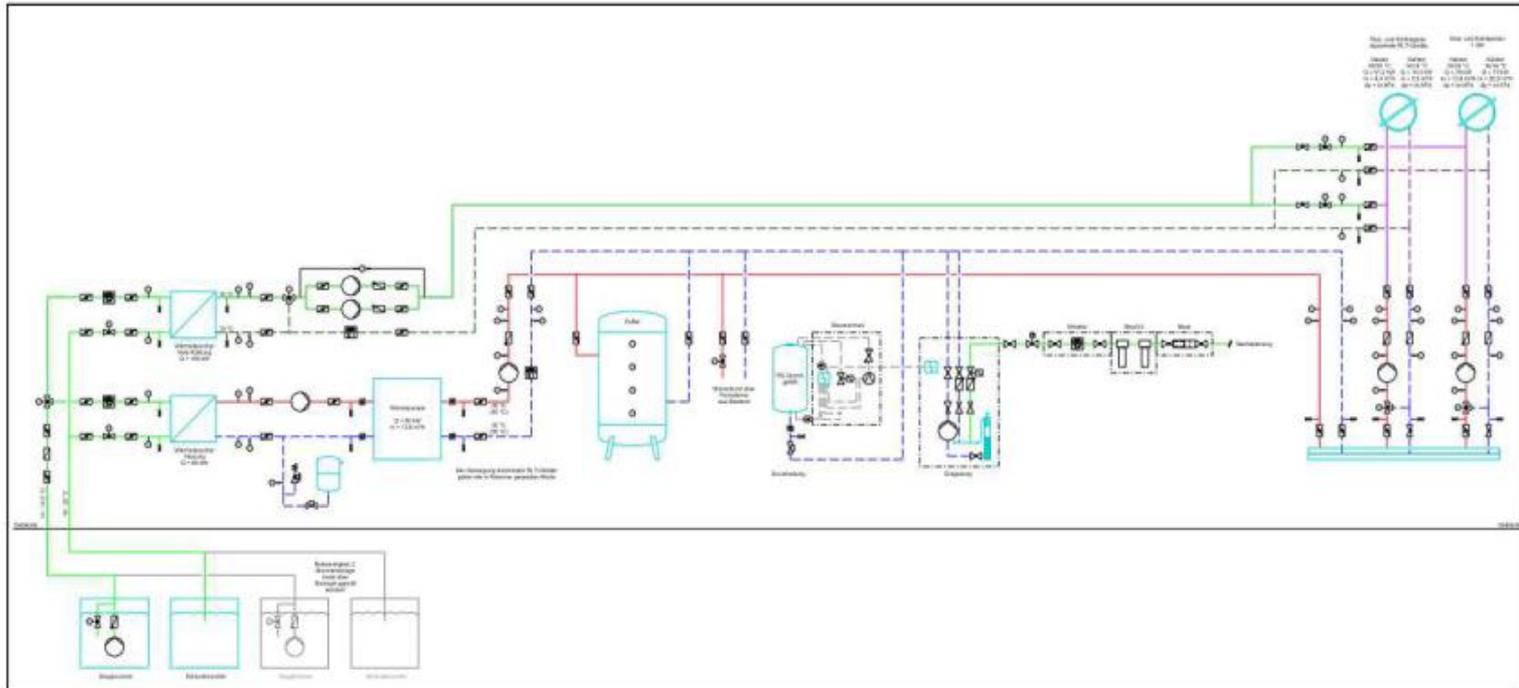


Für jeden Bauabschnitt wird eine dezentrale Wärmepumpenanlage vorgesehen.

- 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

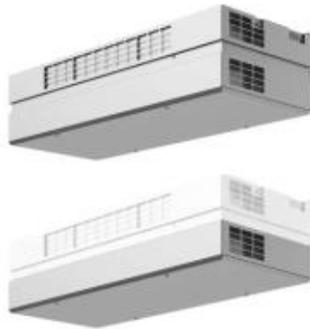
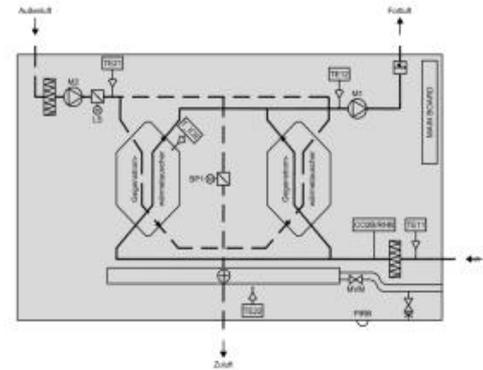
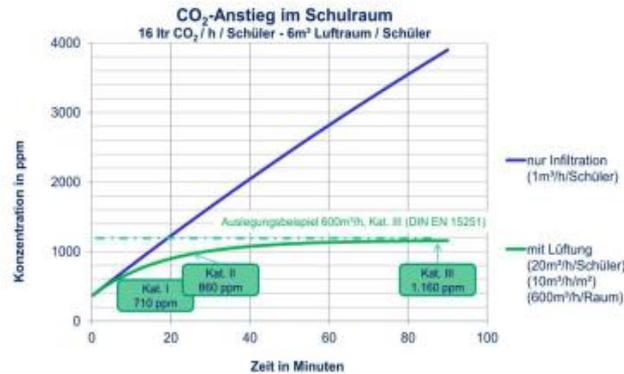
- Kombinierte Heiz- und Kühldecken, die individuell auf die einzelnen Raumbedürfnisse abgestimmt und ausgelegt sind.
- Auslegung auf den Heizfall, um die Investitionskosten gering zu halten. Als Kompensation kann die Teilkühlung über RLT-Geräte verbessert werden.
- Kein 4-Leiterbetrieb geplant, um den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

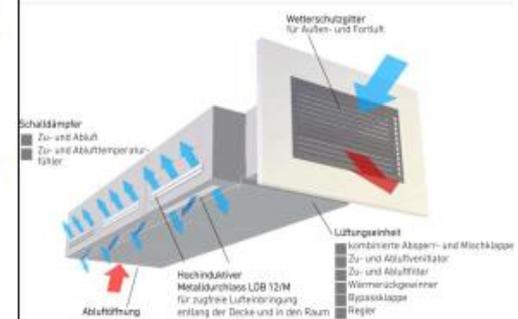


# Optimales Energie-Erzeugungskonzept

## 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**





## FAZIT

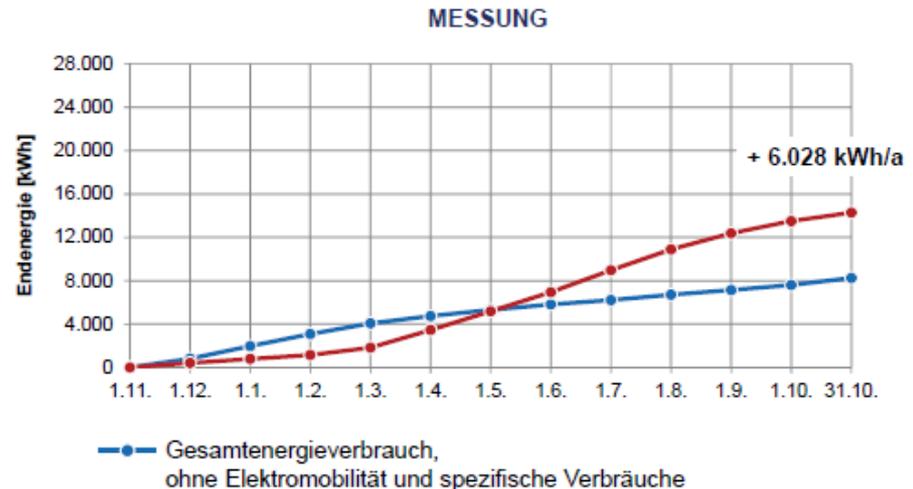
In Anbetracht der Tatsache, dass zu Christi Geburt ca. 0,25 Mrd. Menschen ca. 3.000 Mrd. Barrel Ölvorräte besaßen

Heute nach Aussage der Ölindustrie ca. 7,5 Mrd. Menschen ca. 1.300 Mrd. Barrel Ölvorräte und im Jahr

2030 voraussichtlich 10 Mrd. Menschen ca. 600 Mrd. Barrel Öl für sich und alle nachfolgenden Generationen haben heißt das, dass der Vorrat von 12.000 Barrel pro Kopf zu Christi Geburt auf 60 Barrel pro Kopf gesunken ist.

60 Barrel Rohöl entsprechen ca. 9.500 l, aus denen Flugreisen, Asphaltstraßen, Kunststoffprodukte etc. produziert werden; am wenigsten Gegenwert erhält man durch die Verbrennung.

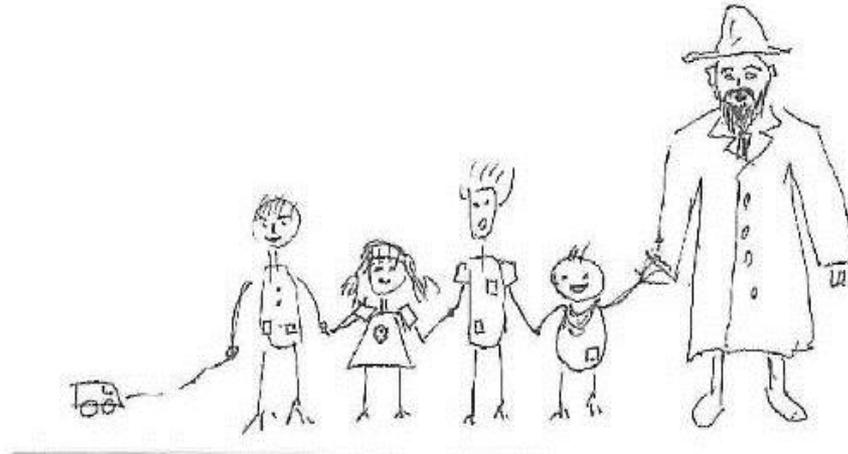
Ich bin daher der Meinung, elektrobetriebene Gebäude mit der Gewinnung der Elektrizität auf dem eigenen Gebäude sind langlebiger und eine gute Ergänzung zu Elektroautos.





**„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**

