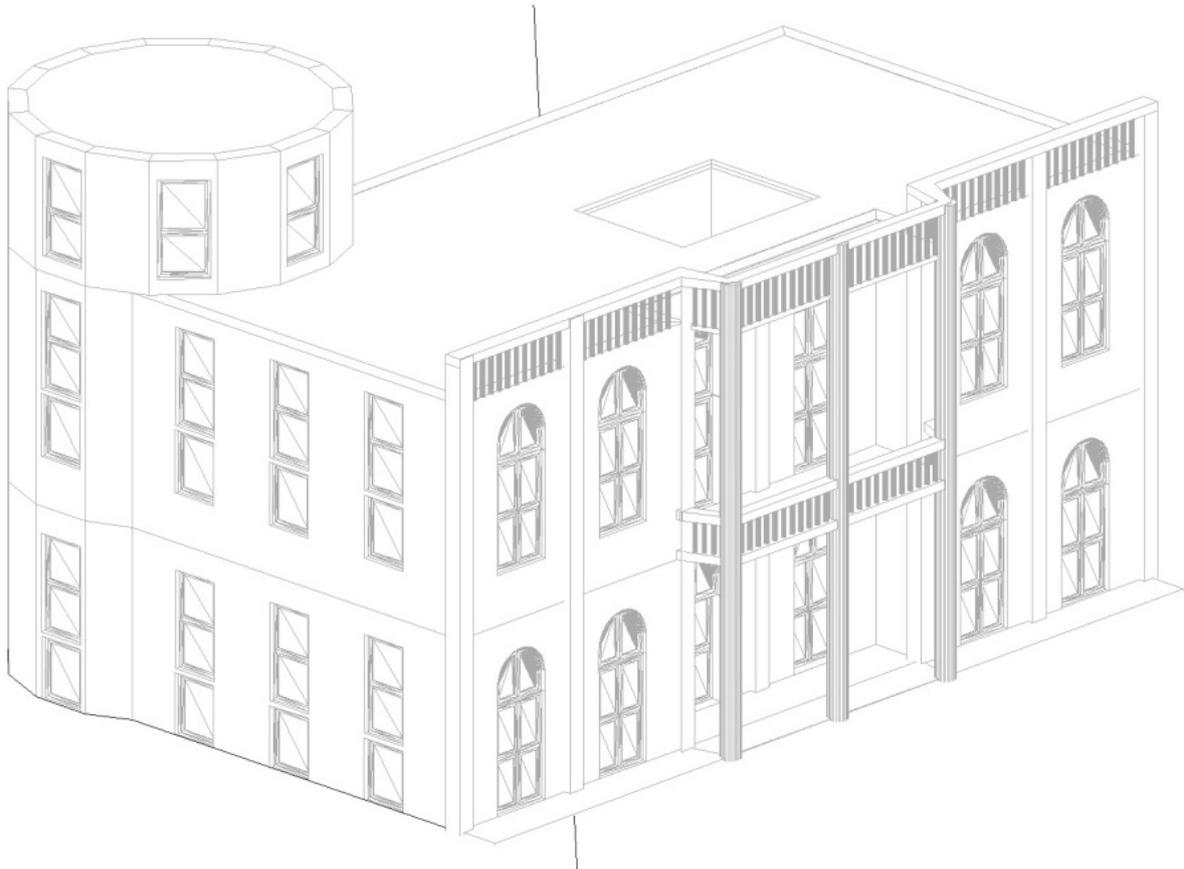


## Projekt „Emmy-Noether 4“



Der von Menschen verursachte Klimawandel ist eine der schwerwiegendsten Bedrohungen für unsere Welt, mit bereits spürbaren und besorgniserregenden Auswirkungen. Inzwischen ist jedem klar, dass die Erderwärmung, zu einem großen Anteil durch den weltweiten Anstieg der CO<sub>2</sub>-Emission verursacht, aufgehalten werden muss. Der Ausstieg aus der Braunkohleverstromung in Deutschland erfordert umfangreiche Investitionen im Bereich der erneuerbaren Energien, die Nutzung der Windenergie ist dabei ein Schwerpunkt. Trotz des Ausbaus des Stromnetzes bleibt das Problem, dass der Wind auch dann bläst, wenn es keinen Bedarf für Windstrom gibt.

Das Windspeicher-Luftwärmesystem mit Fundamentspeicher (WLMF) wird in dem Projekt „Emmy-Noether 4“ in Potsdam realisiert und getestet. Ziel des Projektes ist, das Heizungssystem eines Mehrfamilienhauses zu 100% durch den überschüssigen Strom aus Windenergie zu betreiben. Es macht wenig Sinn, technische Lösungen zu entwickeln, die für Bauherren und Mieter nicht bezahlbar sind. Deshalb liegt der Schwerpunkt dieses Projektes auf der

Realisierung eines technisch perfekten und gleichzeitig ökonomisch optimierten Gebäudes.

Bereits vorhandene Bauteile, wie zum Beispiel die Zwischendecken, das Fundament und der Treppenhaus-Betonkern werden doppelt genutzt – erstens konventionell als tragende Komponenten mit Brandschutz- und Schallschutzfunktion und zweitens als Saisonspeicher (Fundament) sowie als Betonkernspeicher (Zwischendecken und Treppenhaus). Die Luftabsorber verschwinden kostenneutral in der hinterlüfteten, hochgedämmten Fassade. Stahlträger übernehmen die Tragfunktion und reduzieren damit wesentlich den Energie- und Platzbedarf für die Erstellung des Gebäudes.





„Stahl vs. Stein“ - eine schlanke Stahlkonstruktion ersetzt massive Steinwände und ermöglicht somit schlanke und hochisolierende Außenwände.

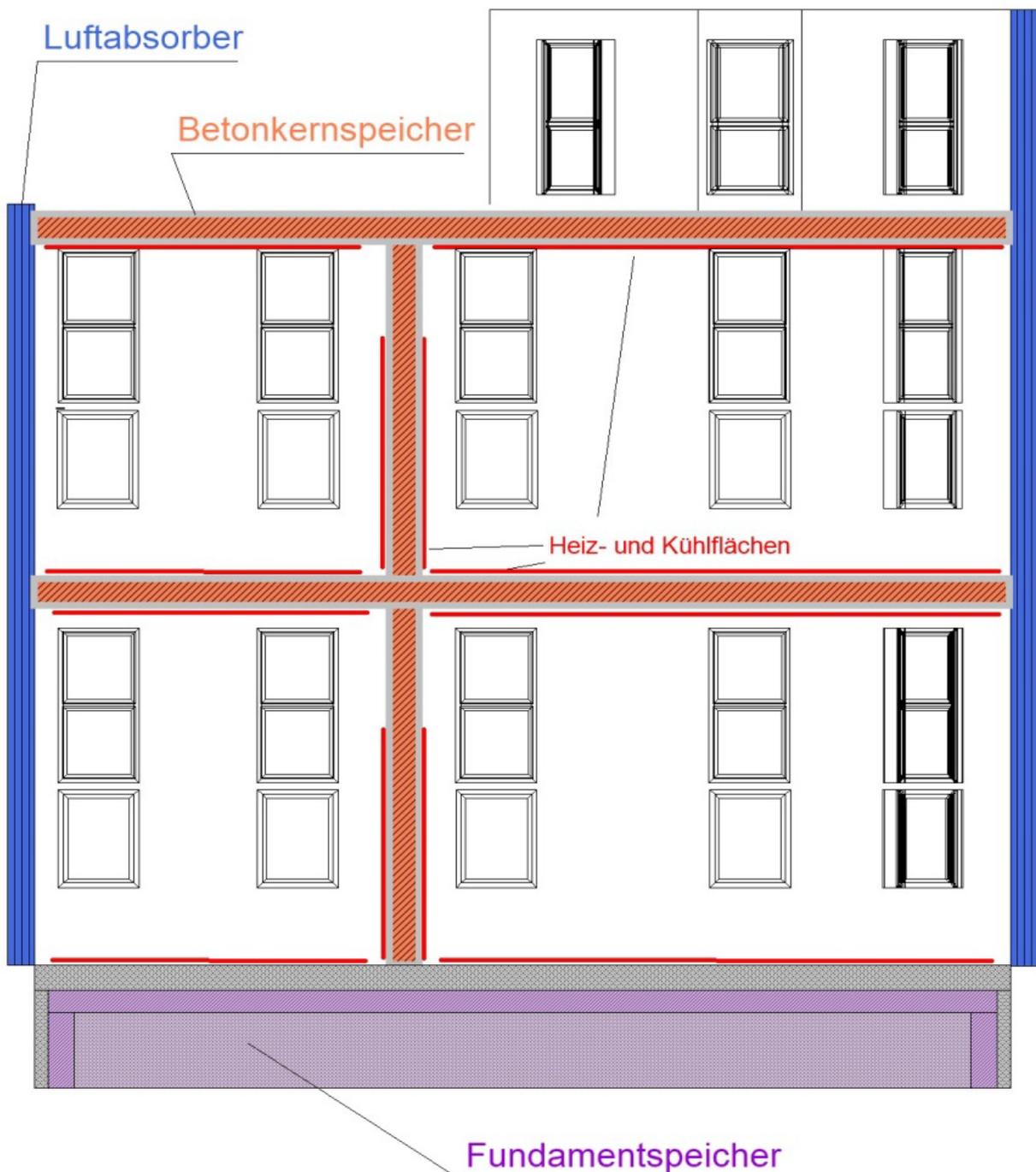
Die vorgesetzte Holzständer-Wand und die Verwendung von Faserzementplatten im Innenausbau verringern den Energiebedarf für die Herstellung der Gebäude.

Der Kohleausstieg führt zum Wegfall von vielen Arbeitsplätzen in den Kohleregionen. Die Verwendung von Stahl im Wohnungsbau bietet neue Chancen für Kraftwerksbauer wie z.B. SIK Peitz GmbH. Jede Wohnung, gebaut in Stahlbauweise, benötigt ca. 8 t Baustahl.

Der Neubau von 1.400 Wohnungen pro Jahr in Stahlbauweise schafft Arbeit für bis zu 500 Kraftwerksbauer.

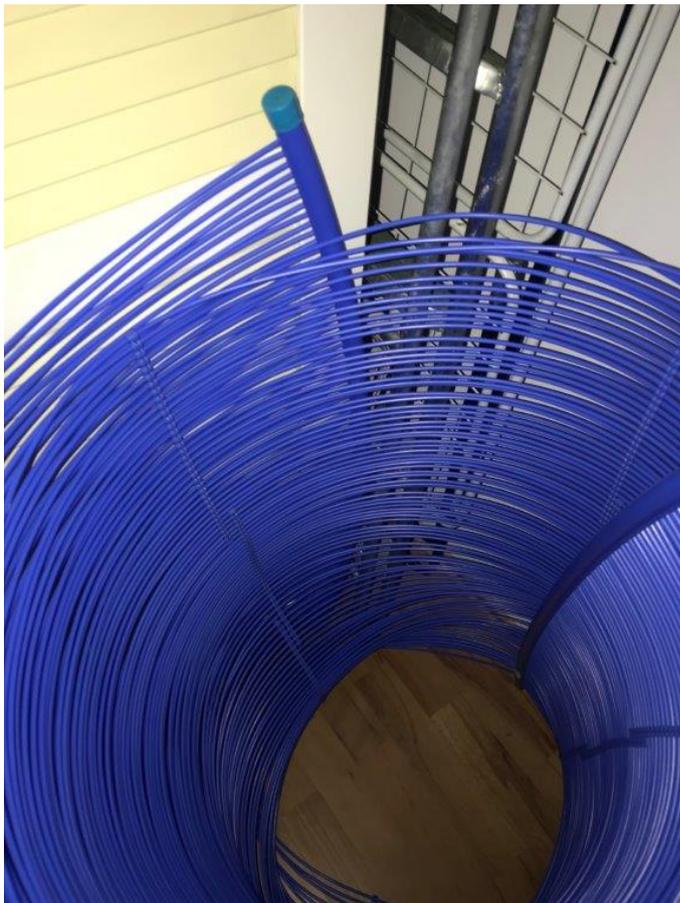
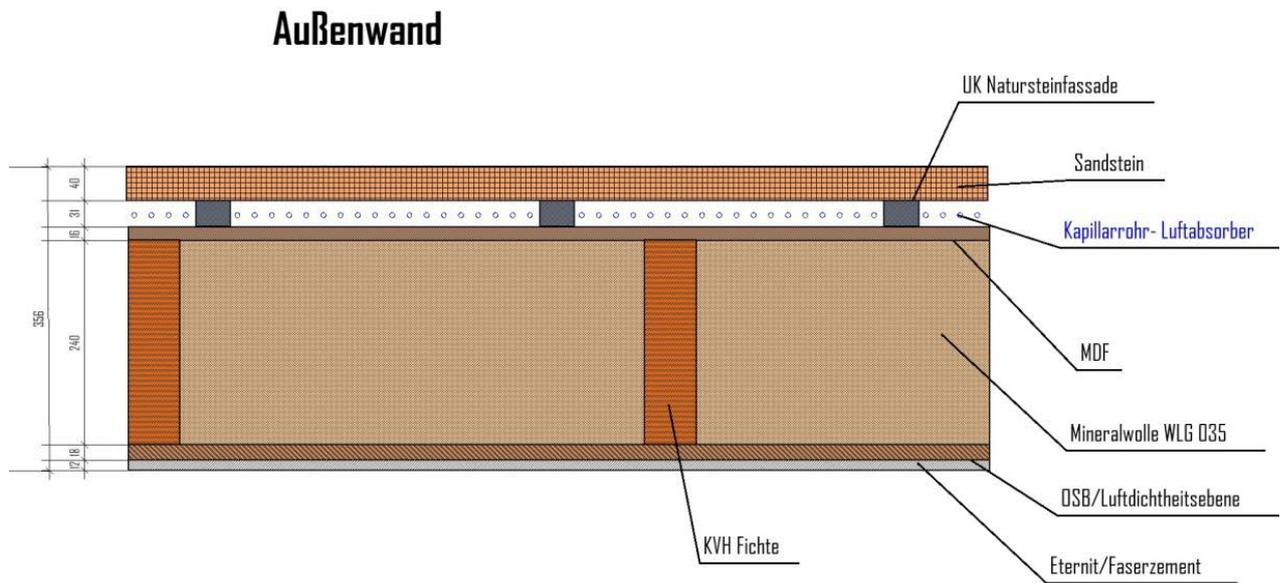
## 1. Systembeschreibung

Das Windspeicher-Luftwärmesystem mit Fundamentspeicher (WLMF) ist eine Kombination aus einem Sole-Wasser-Wärmepumpensystem und einem Luft-Wasser-Wärmepumpensystem. Bei Lufttemperaturen über 7°C arbeitet das WLMF als Luftwärmepumpensystem, die Wärmepumpe nutzt die Außenluft über den Luftabsorber in der Außenwand als Wärmequelle. Sinkt die Außentemperatur unter 7°C, dient der Fundamentspeicher als Wärmequelle und stellt die gespeicherte Wärme des Sommers zur Verfügung, die beim Kühlen anfällt.



## 2. Systemkomponenten

### 2.1. Luftabsorber



Der Luftabsorber/Kapillarrohr-Wärmetauscher ist in der Hinterlüftung der Außenwand montiert. Gefüllt mit einem Glykol-Wasser-Gemisch versorgt er die Wärmepumpe geräuschlos mit Umweltwärme, es ist kein Ventilator erforderlich.

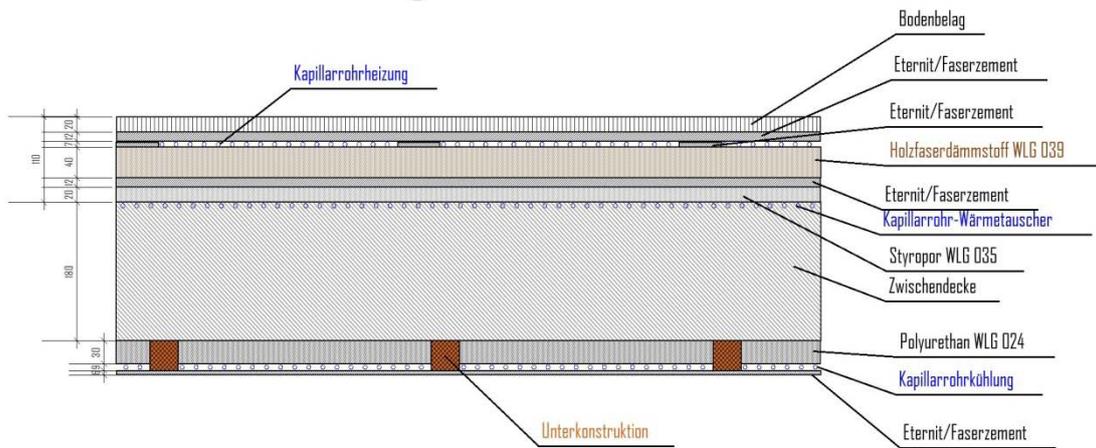
## 2.2. Betonkernspeicher

Der Windspeicher(Betonkernspeicher) mit einer Speicherkapazität von 1561 kWh ist in der Lage, das komplette Wohngebäude 20 Tage zu beheizen. Durch das Regelkonzept, welches die Wettervorschau (speziell die Parameter Windstärke und Außentemperatur) berücksichtigt, ist es möglich, komplett mit überschüssigem Windstrom zu heizen.

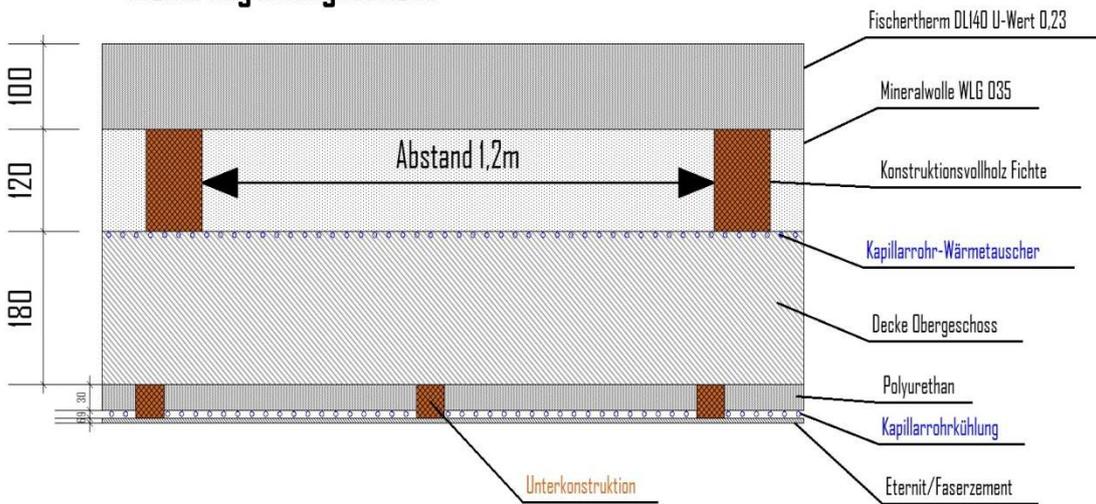


Das Treppenhaus ist der stabilisierende Kern der Stahlkonstruktion. Zusammen mit den Geschosdecken ergibt sich ein Speichervolumen von 133 m<sup>3</sup>.

## Fußbodenaufbau Obergeschoss



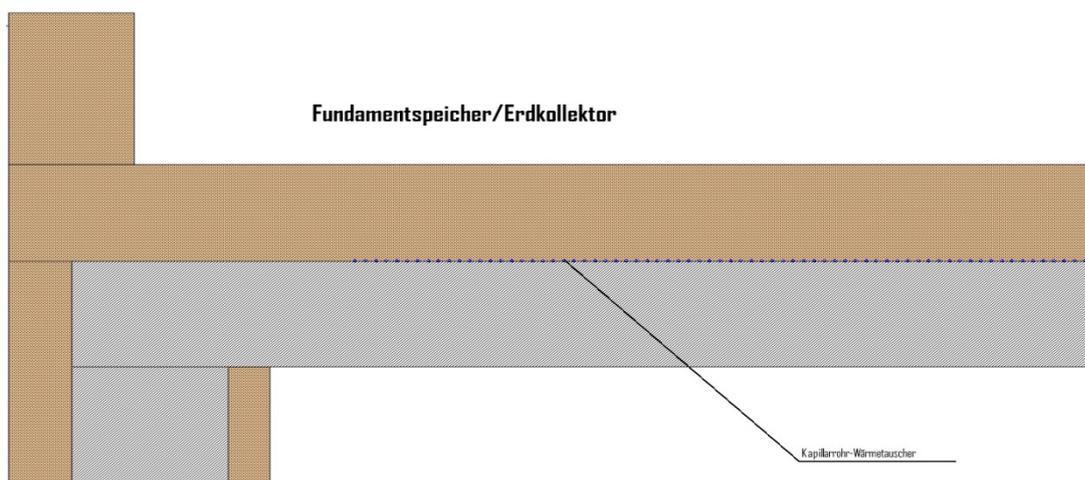
## Isolierung Dachgeschoss



## 2.3. Fundamentspeicher



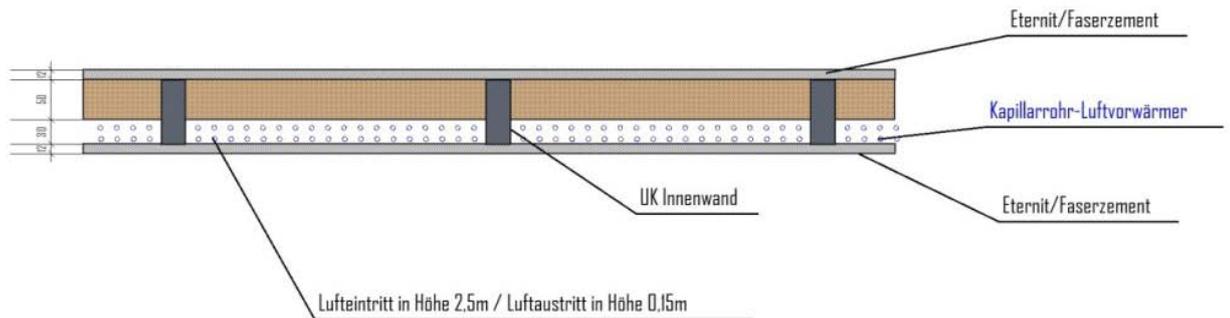
Der Kapillarrohr-Wärmetauscher auf der Fundamentplatte erreicht ein Speichervolumen von ca. 350 m<sup>3</sup>, durch die Randisolierung kann die Wärme des Sommers, die bei der Kühlung anfällt, für den Winter gespeichert werden. Die Berechnungsmethode der Speicherkapazität von 7.600 kWh ist relativ ungenau, der kommende Winter wird die Daten für eine genauere Simulationsrechnung liefern. Entscheidend ist, dass der Fundamentspeicher den Anteil der elektrischen Zusatzheizung eines herkömmlichen Luftwärmepumpensystems signifikant reduziert.



## 2.4. Heiz – und Kühlflächen

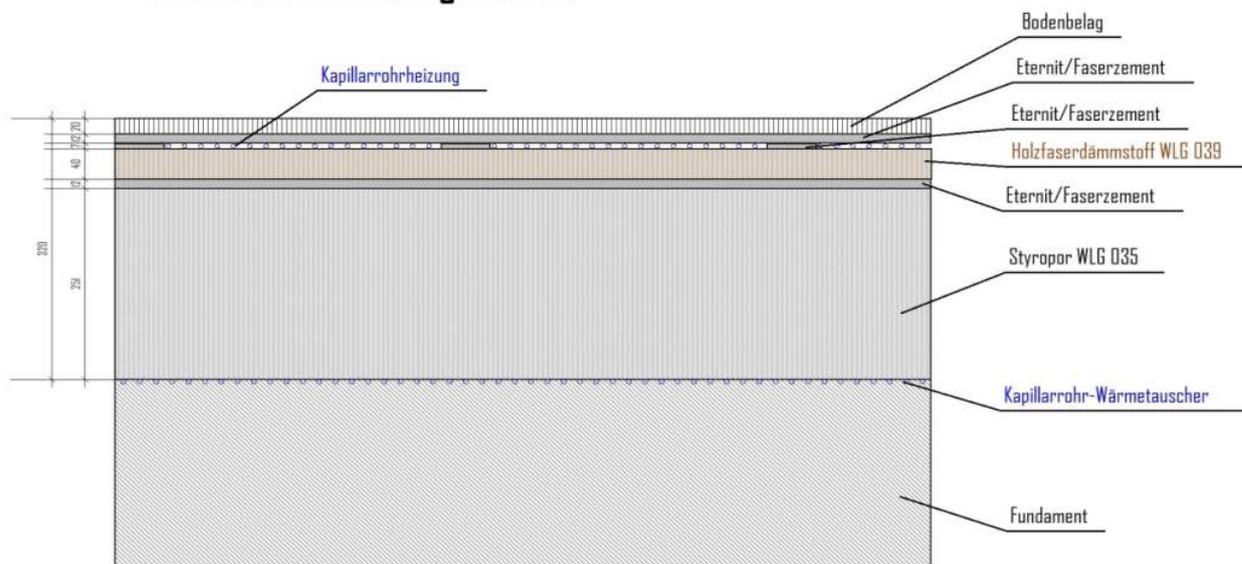
Das Kapillarrohrsystem ist zentraler Bestandteil des Windspeicher-Luftwärmesystems mit Fundamentspeicher (WLMF). Es garantiert eine gleichmäßige Wärmeverteilung und eine hohe Wärmeübertragungsleistung sowie sehr niedrige Vorlauftemperaturen und geringste Strömungsverluste.

### Kapillarrohr-Luftvorwärmer in der Innenwand



Die Möglichkeit der Frischluftherwärmung sorgt für ein komfortables Raumklima. Im Sommer bietet die Konvektions-Kühlung eine Reserve zur Temperatursenkung in den Wohnräumen.

### Fußbodenaufbau Erdgeschoss



Die Fußbodenheizung hat bei einer Vorlauftemperatur von 30°C eine Wärmeübertragungsleistung von 95 W/m<sup>2</sup>. Durch großzügige Dimensionierung der Heizflächen sind als Wärmeleistung 45 W/m<sup>2</sup> bei einer Vorlauftemperatur von 24°C ausreichend, optimal für die Ausnutzung der Kapazitäten des Betonkernspeichers.

### 3. Berechnung der Speicherkapazität

<b>Berechnung der Speichereffizienz in einem Mehrfamilienhaus KfW 55 Standard</b>						
Wohnfläche				360	m <sup>2</sup>	
Grundfläche Fundament				237	m <sup>2</sup>	
Jahreswärmebedarf				19.800	kWh	
Fundamentspeicher				356	m <sup>3</sup>	
Betonkernspeicher (Decke EG+OG und Treppenhaus)				133	m <sup>3</sup>	
<b>Speicherkapazität</b>			Spreizung in K	spez. Wärme in kJ/(kgxK)	Dichte in g/cm <sup>3</sup>	Wärme- menge
Fundamentspeicher 0°C - 40°C			40	0,88	2,2	7.647 kWh
Betonkernspeicher 20°C - 40°C			20	0,88	2,4	1.561 kWh
Anzahl der Tage unter 3 °C				60	Tage	
Durchschnittstemperatur Dezember - Februar				0°C		
Tageswärmebedarf bei 0°C				120,0	kWh	
<b>Fundamentspeicher Effizienzprognose</b>						
Wärmebedarf Fundamentspeicher-Modus				7.200	kWh	
Reserve Fundamentspeicher				447	kWh	
<b>Betonkernspeicher Prognose</b>						
monovalenter Speicherbetrieb (Dezember - Februar)				13	Tage	

Der Fundamentspeicher sichert den Wärmepumpenbetrieb ohne elektrische Zusatzheizung und garantiert damit eine Leistungszahl (COP) von über 4,5.

Der Betonkernspeicher kann im tiefsten Winter bis zu 13 Tage ohne neue Aufladung überbrücken. Überlässt man die Steuerung des Systems dem Stromanbieter, kann dieser, je nach Windaufkommen und Ladezustand der einzelnen WLMF-Systeme, die Speicheraufladung optimieren und damit für eine effiziente Verteilung der Wind-Überschuss-Energie sorgen.

## **4. Betriebsmodi**

### **Betriebsmodus Heizen Luftabsorber**

Einschaltkriterien:

- Außentemperatur über 5°C
- Heizwärmebedarf: Ja

Die Sole-Wasser-Wärmepumpe bezieht Luftwärme über die in der Hinterlüftung der Außenwand verlegten Luftabsorber und heizt das Gebäude über die Niedertemperatur-Heiz- und Kühlflächen.

### **Betriebsmodus Kühlen Fundamentspeicher aktiv**

Einschaltkriterien:

- Photovoltaik/Wegwerfstrom: Ja
- Kühlwärmebedarf: Ja

Wenn es im Gebäude zu warm ist und die Sonne scheint, entzieht die Sole-Wasser-Wärmepumpe den Räumen über die Niedertemperatur-Heiz- und Kühlflächen die Wärme und speichert diese im Fundamentspeicher. Die Energieversorgung übernimmt dabei die Photovoltaik-Anlage und temperiert somit das Gebäude klimaneutral. Zum Ende der Heizperiode ist die Temperatur des Fundamentspeichers auf durchschnittlich 5°C gesunken, durch den Kühlprozess beträgt die Temperatur am Ende des Sommers bis zu 35°C.

### **Betriebsmodus Heizen Fundamentspeicher aktiv**

Einschaltkriterien:

- Außentemperatur unter 5°C
- Heizwärmebedarf: Ja

Die Sole-Wasser-Wärmepumpe bezieht Wärme aus dem Fundamentspeicher und heizt das Gebäude über die Niedertemperatur-Heiz- und Kühlflächen. Dieser Betriebsmodus verhindert die Ineffizienz der Anlage bei Lufttemperaturen unter 5°C und die Zuschaltung einer elektrischen Zusatzheizung bei Außentemperaturen von unter -8°C. Die Reserven im Fundament für diesen Betriebsmodus reichen für einen Zeitraum von 8 Wochen Dauerfrost mit Temperaturen von unter -10°C.

### **Betriebsmodus Nachladen Fundamentspeicher**

Einschaltkriterien:

- Außentemperatur über 5°C
- Heizwärmebedarf: nein
- Fundamentspeicher: unter 30°C
- Photovoltaik/Wegwerfstrom: Ja

Die Sole-Wasser-Wärmepumpe bezieht Luftwärme über die in der Hinterlüftung der Außenwand verlegten Luftabsorber und heizt den Fundamentspeicher auf. Dies passiert

durch die ausschließliche Verwendung von Photovoltaik oder Wegwerfstrom 100% klimaneutral und erhöht die Effizienz und Stabilität des Fundamentspeicherbetriebes.

### **Betriebsmodus Heizen Fundamentspeicher passiv**

Einschaltkriterien:

- Fundamentspeicher über 28°C
- Heizwärmebedarf: Ja

Die Umwälzpumpe bezieht Wärme aus dem Fundamentspeicher und heizt das Gebäude über die Niedertemperatur-Heiz- und Kühlflächen.

### **Betriebsmodus Kühlen Fundamentspeicher passiv**

Einschaltkriterien:

- Fundamentspeicher unter 16°C
- Kühlbedarf: Ja

Die Umwälzpumpe pumpt das warme Wasser aus den Niedertemperatur-Heiz- und Kühlflächen in den Fundamentspeicher und kühlt das Gebäude passiv.

### **Betriebsmodus Aufheizen Betonkernspeicher**

Einschaltkriterien:

- Außentemperatur über 5°C
- Heizwärmebedarf: nein
- Betonkernspeicher: unter 25°C
- Photovoltaik/Wegwerfstrom: Ja

Die Sole-Wasser-Wärmepumpe bezieht Luftwärme über die Luftabsorber und heizt den Betonkernspeicher auf max. 42°C. Ansonsten ungenutzte regenerative Energie wird so als Wärme gespeichert. Bei zu 100% geladenem Betonkernspeicher kann das Gebäude über 10 Tage oder länger beheizt werden. 450 m<sup>2</sup> x 18 cm ergeben 800 m<sup>3</sup>, das entspricht 800 Pufferspeichern mit jeweils einem m<sup>3</sup>.

### **Betriebsmodus Heizen mit Betonkernspeicher**

Einschaltkriterien:

- Heizwärmebedarf: Ja
- Betonkernspeicher: über 25°C
- Photovoltaik/Wegwerfstrom: Nein

Dieser Betriebsmodus heizt mit der Umwälzpumpe anstatt mit der Wärmepumpe.