

---

# Sanierung eines Wohnhochhauses in Freiburg

---



Florian Kagerer

Fraunhofer-Institut für  
Solare Energiesysteme ISE

Freiburg, 13.11.2010  
[www.ise.fraunhofer.de](http://www.ise.fraunhofer.de)

# Freiburg

## Freiburg / Weingarten



picture:maps.google.de

■ Klimazone C (DIN 4108): Sommer heiß >18.5°C



# Hintergrund

Freiburg / Weingarten-West

- Typischer Stadtteil aus den 60er Jahren (Baujahr 1965-1968)
- Kostengünstige und optimierte Grundrisse und Konstruktionen
- Nach 40 Jahren Gebäudebetrieb: technische Notwendigkeit die Gebäude zu modernisieren (z.B. undichte Leitungen, energetischer Gebäudestandard, Komfort)
- Soziale Notwendigkeit für eine Aufwertung des Stadtteils
- Staatliche Förderungen:
  - „EnEff:Stadt“: Bundesministerium für Wissenschaft und Technologie
  - „Soziale Stadt“: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
- Ziele:
  - Stadtentwicklung mit Schwerpunkten auf soziale Aspekte und Energieeffizienz („Model für eine energieeffiziente Stadtsanierung“)
- Zeitplan 2007-2017

# Lageplan

Freiburg / Weingarten - West



- Gebäude der Freiburger Stadtbau:
- 3 Gebäudetypen mit 4, 8 und 16 Stockwerken
- ~1200 Wohnungen
- ~5800 Bewohner
- Ziel:  
Reduktion des Primärenergiebedarfs um 50%
- Beispielhafte Sanierung eines Wohnhochhauses zum Passivhausstandard

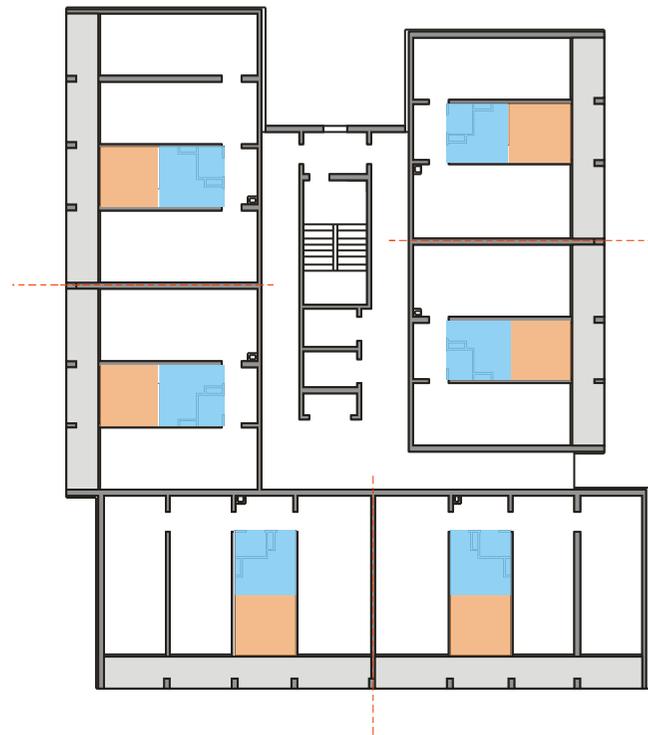
# Wohnhochhaus - Vor der Sanierung

„Buggingerstrasse 50“

- Baujahr 1968
- 90 Wohnungen auf 16 Stockwerken
- Beheizte Wohnfläche: ~ 7200m<sup>2</sup>
- Kompaktheit des Gebäudes:  $A/V = 0,26\text{m}^{-1}$
- Energieverbrauch: ~70 kWh/m<sup>2</sup>a
- Energieversorgung: Fernwärme vom Heizkraftwerk (badenova)
- Notwendigkeit von Sanierungsmaßnahmen
- Zeitplan: Herbst 2009 - Frühjahr 2011



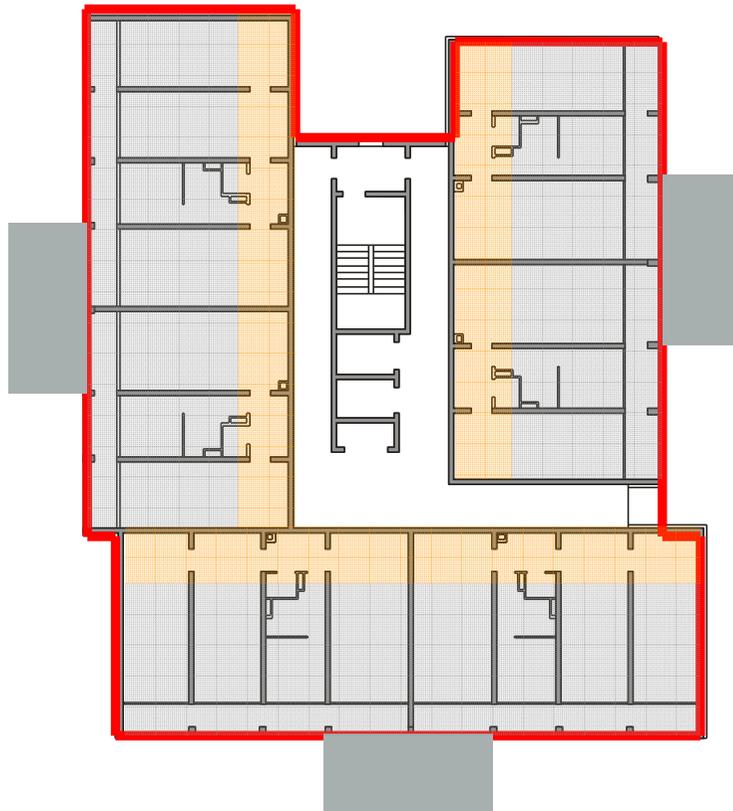
# Grundrisse vor der Sanierung



- Stahlbeton – Struktur mit 3 Konstruktionsrastern
- Optimierte Grundrisse entsprechend der Gebäudestruktur
- Balkone entlang der gesamten Wohnungslänge – ohne thermische Trennung
- 2 Wohnungstypen: 2 und 3 Zimmerwohnungen mit 60 und 80 m<sup>2</sup> Wohnfläche
- Kostengünstige und bezahlbare Wohnungen



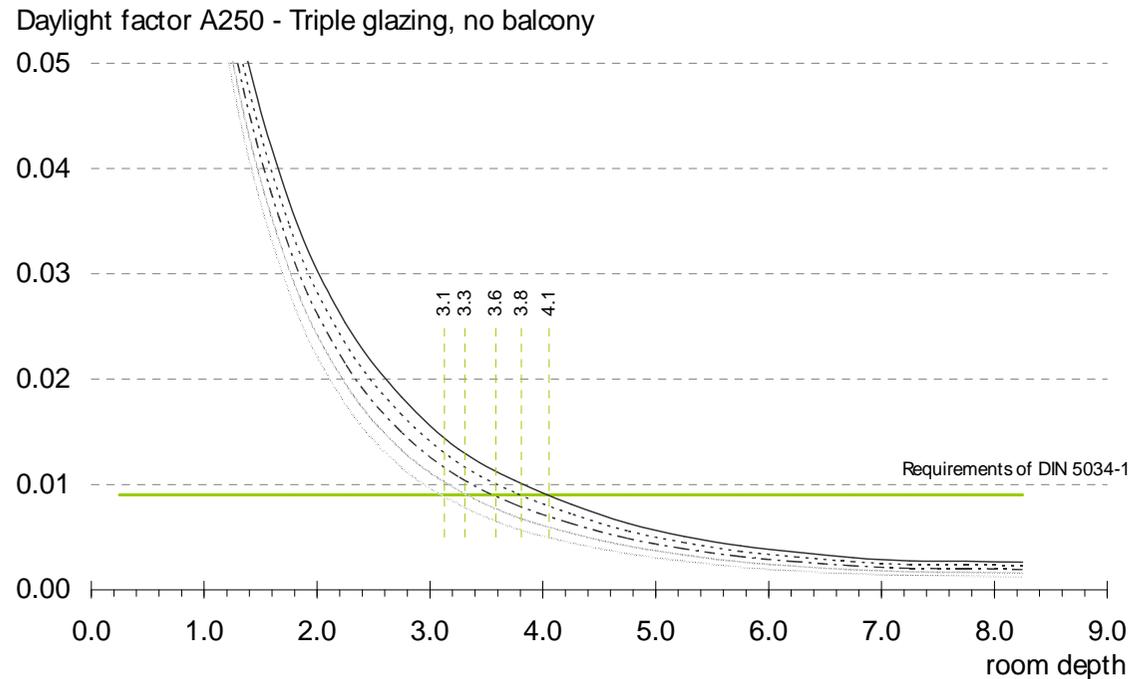
# Planungsanforderungen zu Tageslicht, Komfort und Energie



- Neue und energetisch optimierte Fassade
- Integration der bestehenden Balkonflächen in die thermische Gebäudehülle
- Thermische Trennung der neuen Balkone
- Hoher Tageslichtkomfort
- Hoher Komfort im Winter und Sommer
- Vermeidung kritischer Konstruktionen (Schimmelbildung)
- Neuplanung der Grundrisse entsprechend heutigen Anforderungen

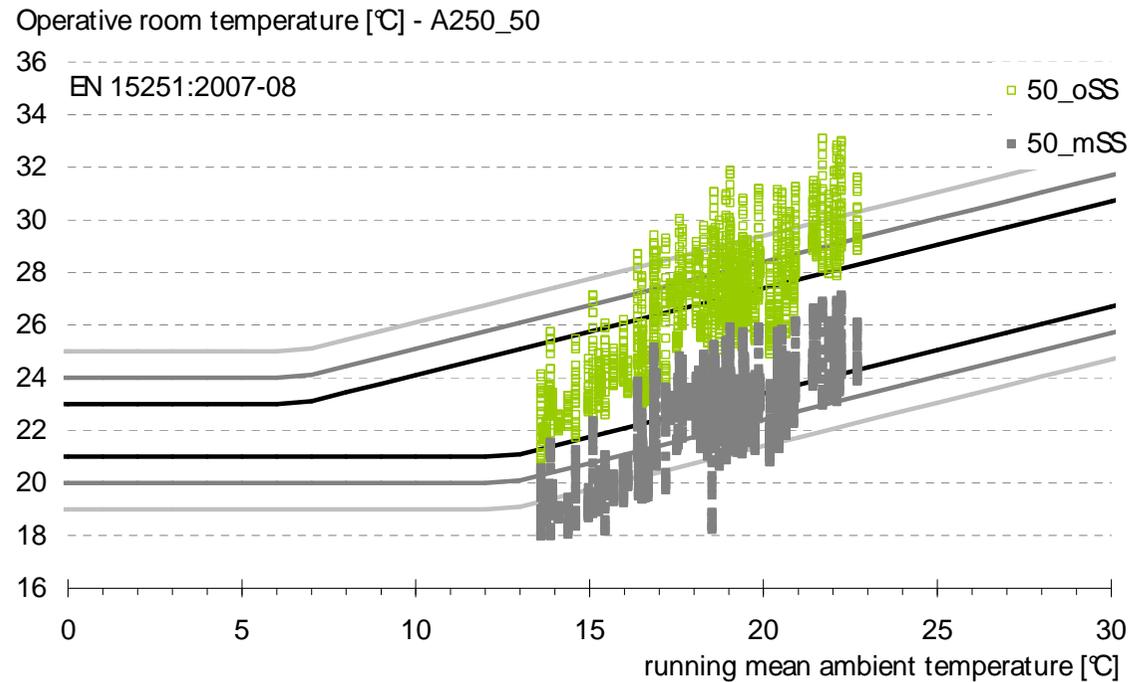
# Tageslicht

- Tageslicht-Quotient gemäß DIN 5034-1: 0.009 in halber Raumtiefe
- Analyse von verschieden Fensterflächenanteilen (40-80%)
- Anforderungen an die Glasqualität, Verglasungsanteil und maximale Raumtiefe der Wohnräume



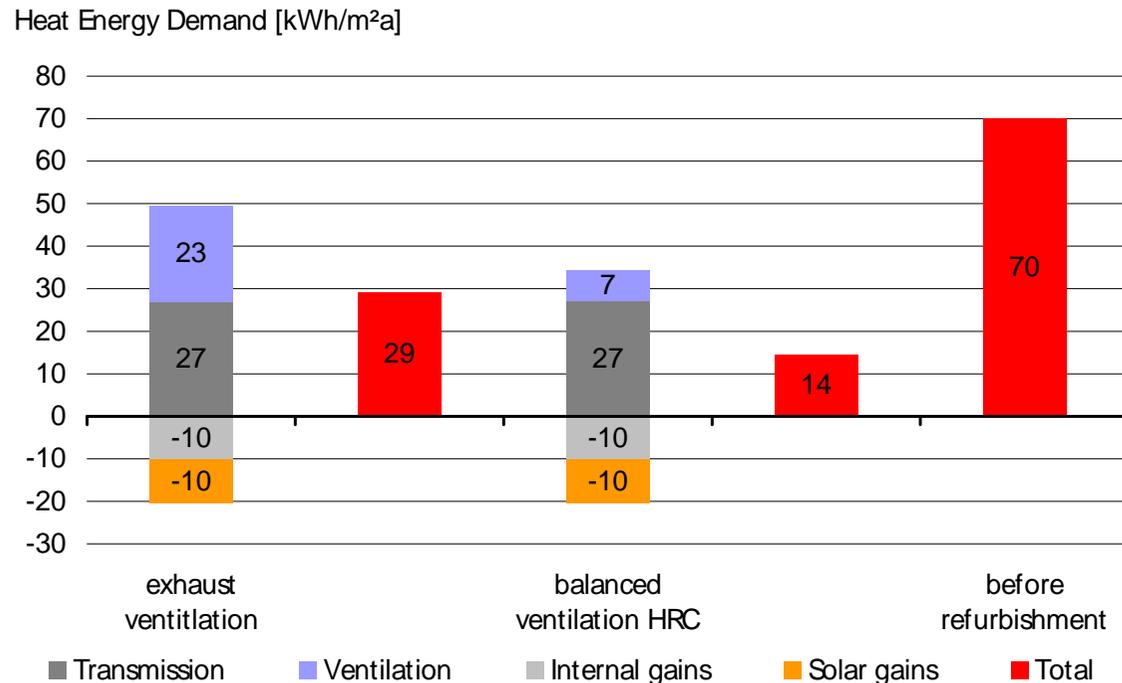
# Sommerlicher Komfort

- Simulation der ungünstigsten Raumsituation (West- und Ost-Orientierungen)
- Unterschiedlicher Fensterflächenanteil mit und ohne Sonnenschutz
- Komfort-Analyse entsprechend DIN EN 15251 and DIN ISO 7730



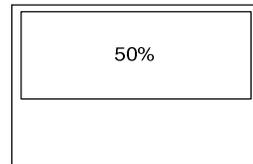
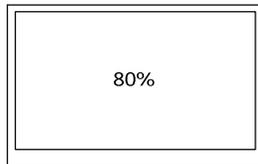
# Heizwärmebedarf

- Berechnungen mit PHPP und Gebäudesimulation
- Gleicher Standard für Gebäudehülle aber unterschiedliche Lüftungsstrategien
- ~60% Reduktion mit optimierter Hülle und Abluftanlage
- ~80% Reduktion mit Zu- und Abluftanlage und Wärmerückgewinnung



# Maßnahmen

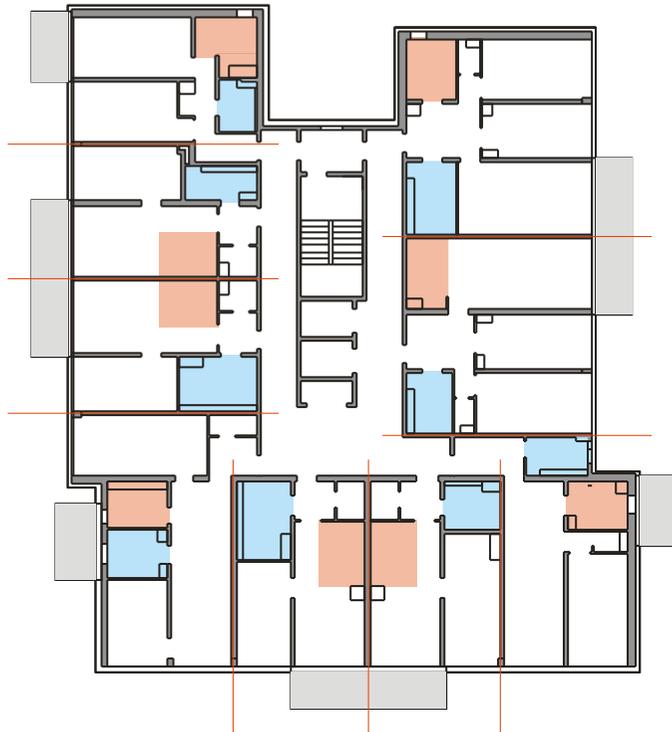
- Verglasungsfläche:  
Balkone: 80%, kein zusätzlicher Sonnenschutz  
keine Balkone: 50%, außenliegender Sonnenschutz



- Dreifach-Verglasung (U-Wert 0.6 / g-Wert 0.5)
- Fensterrahmen (U-Wert 1.0-1.2 W/m<sup>2</sup>K)
- Dämmung der Fassade (200mm), des Daches (160mm), Kellerdecke (140-200mm) mit U-Werten zwischen 0.17-0.23W/m<sup>2</sup>K
- Thermisch getrennte Balkone
- Detaillierte Analyse aller Wärmebrücken



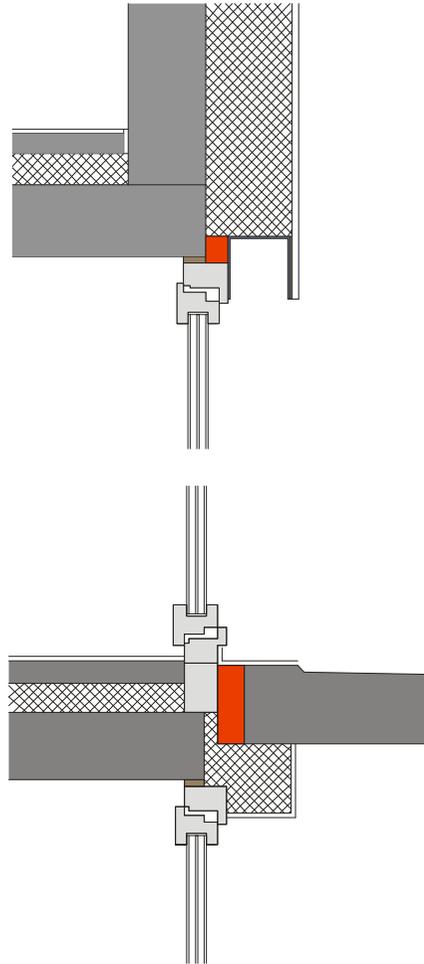
# Ergebnisse der Umplanung



- Kleinere Wohnflächen
- Mehr Wohnungen: 9 je Stockwerk (bisher 6) insgesamt 139
- Teilweise behindertengerecht
- Balkone an allen Wohnungen
- Thermisch getrennte Balkone
- Ähnliche Miete als vor der Sanierung

# Wärmebrücken – neues Dämmmaterial

## Aerogel-insulation

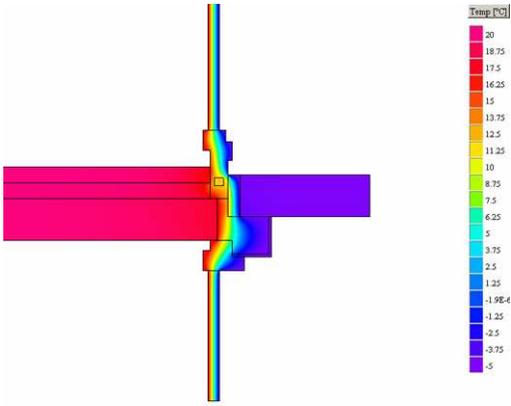
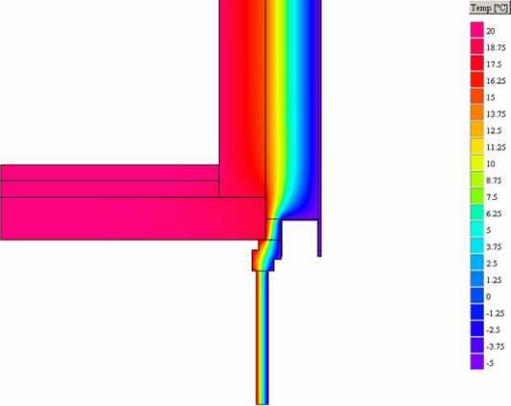


- Aerogel Dämmmatten für Bereiche zwischen Rolladenkasten und Betondecke (50mm) und zwischen Balkon und Fensterrahmen (60mm)
- Wärmeleitfähigkeit von 0.013 W/(mK)
- Verarbeitung wie herkömmliche Mineralfaserplatten



# Wärmebrücken – neues Dämmmaterial

## Aerogel-insulation

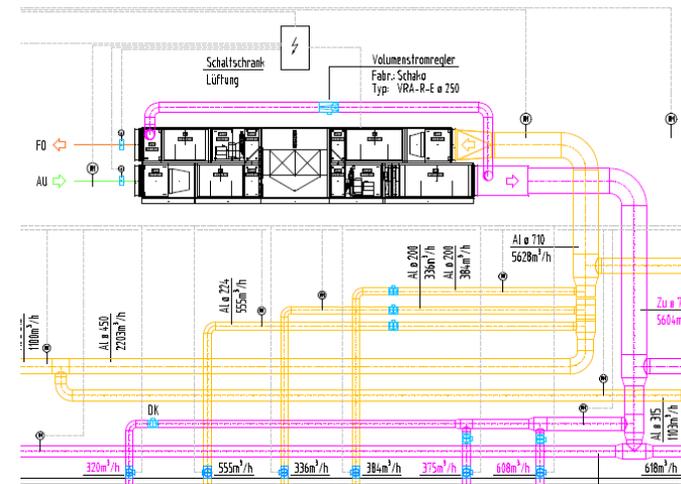


- ~3400 m Wärmebrücken
- Berechnung von über 40 unterschiedlichen Situationen
- Gesamtwärmeverluste durch WB: 3.9 kWh/m²a

Situation	Psi [W/mK]	Length [m]	Gt [kKh/a]	Losses [kWh/m²a]
Balcony + aerogel	0,167	334	70.2	0.46
Balcony + fiber	0,210	334	70.2	0.57
<i>difference</i>				<b>0.12</b>
Roller shutter box + aerogel	0,128	550	70.2	0.58
Roller shutter box + fiber	0,170	550	70.2	0.76
<i>difference</i>				<b>0.18</b>
				<b>0.30</b>

# Lüftungskonzept

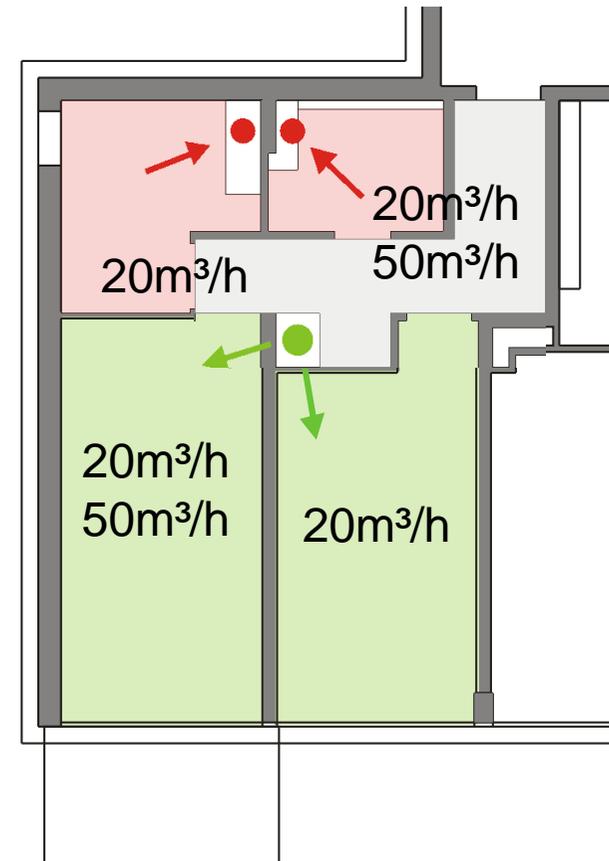
- Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (83%), 2 zentrale Lüftungsanlagen auf dem Dach
- Strombedarf der Ventilatoren 0.5 Wh/m<sup>3</sup>
- Bewertung unterschiedlicher Lüftungskonzepte
- Kein zertifiziertes Gerät in dieser Leistungsklasse verfügbar



Alternativen	Effizienz	Kosten	Brandschutz	Regelung	Wartung
Abluftanlage	0	++	++	0	++
Zu- und Abluft, WRG, zentral	++	+	+	0	++
Zu- und Abluft, WRG, Stockwerk	++	0	0	+	+
Zu- und Abluft, WRG, Wohnung	++	-	+	++	-

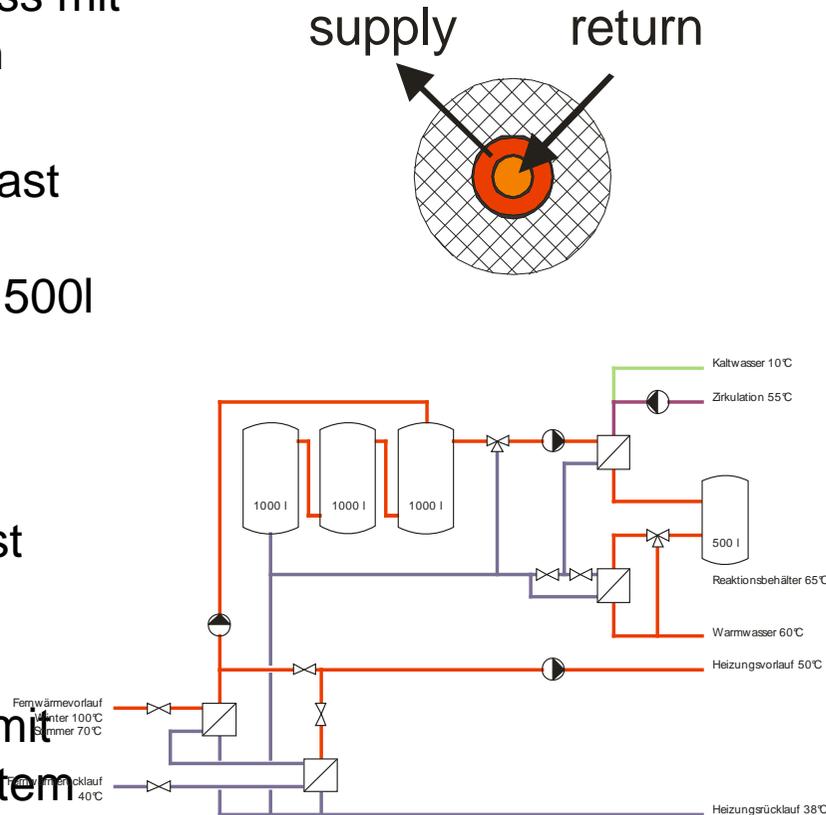
# Lüftungskonzept - Wohnungen

- Grundluftwechsel  $\sim 0.4/h$
- Zusätzlicher höherer Luftwechsel  $\sim 0.6/h$  für Wohnzimmer und Bad möglich
- Regelung durch thermoelektrische Ventil
- Keine abgehängten Decken (vertikale Erschließung)
- Keine Kombination mit Heizsystem



# Versorgungskonzept

- Fernwärmeanschluss mit maximaler Last von 180kW
- Regelung der Heizlast durch 3000l Pufferspeicher und 500l Reaktionsspeicher (Trinkwasser)
- Kaskadierende Wärmenutzung (erst Warmwasser dann Heizung)
- Zirkulationsleitung mit Rohr- in Rohr –System

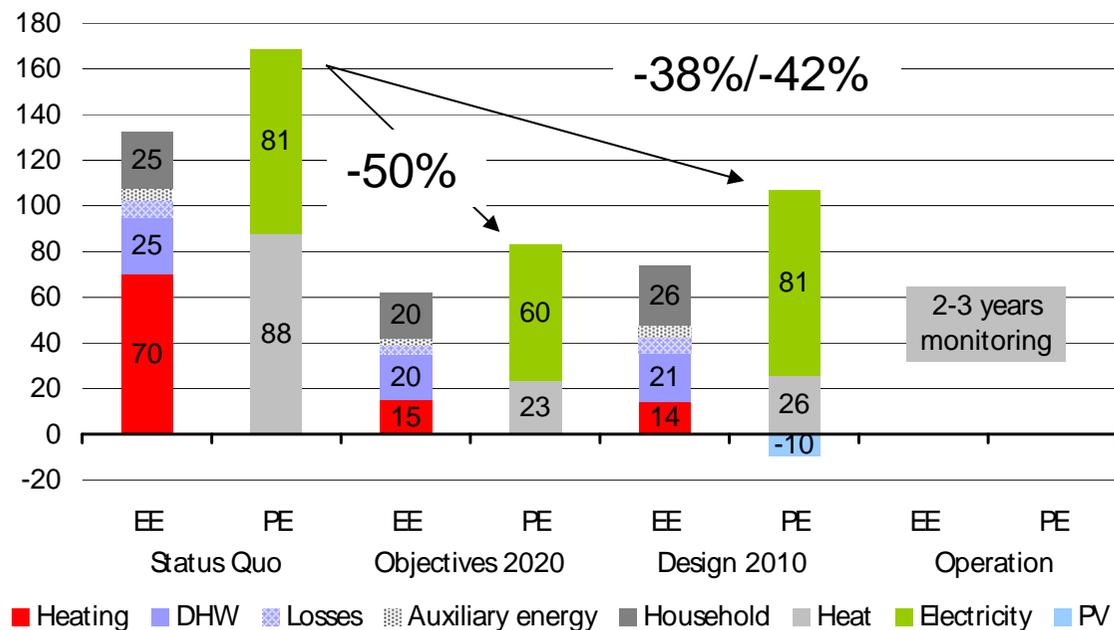


picture:Geberit

# Energiebedarf

- 80% Reduktion des Heizwärmebedarfs
- 38% Reduktion des Primärenergiebedarfs (42% mit PV)
- Langfristiges Ziel: 50% Reduktion des PE-Bedarfs durch Verbesserung an der Fernwärmeversorgung und effizientere Energieanwendungen in den Haushalten

End & Primary Energy Demand [kWh/m²a]



# Zusammenfassung – Gebäudekonzept

- Kompakte Bauweise schafft ideale Voraussetzungen, um Passivhaus-Standard zu erreichen
- Standardisierte und bekannte Maßnahmen zur Optimierung der Gebäudehülle sind ausreichend um die Anforderungen der Fassade zu erfüllen. Ausnahme: Balkonkonstruktionen, Fensteranschlüsse, Rolladenkasten)
- Luftdichtigkeit: die ersten Messungen versprechen eine Luftdichtigkeit von  $\sim 0.4 (n_{50})$
- Wärmebrücken: neue Materialien verfügbar, um Wärmebrückeneffekt wirkungsvoll zu reduzieren
- Zahlreiche Brandschutzauflagen -> Einschränkungen bei Konstruktionen und Verwendung von Materialien
- Aufwändiger Eingriff durch die Neustrukturierung der Wohnungen: Weniger ist mehr!

# Zusammenfassung - Versorgung

- Lüftungssystem für Wohnhochhäuser – wesentliche Einschränkungen:
  - Brandschutz
  - Wartung und Service
  - Regelbarkeit
  - Kosten
- Lüftungssystem und Verteilleitungen mit großem Eingriff in die Gebäudestruktur
- CO<sub>2</sub>-Reduktion im Kontext mit vorhandener Fernwärme: Hocheffiziente Wärmeversorgung -> Überprüfung der Einzelmaßnahmen hinsichtlich CO<sub>2</sub>-Reduktion-Kosten

# Projektbeteiligte und Förderung

## ***Eigentümer:***

Freiburger Stadtbau GmbH

## ***EnEff:Stadt:***

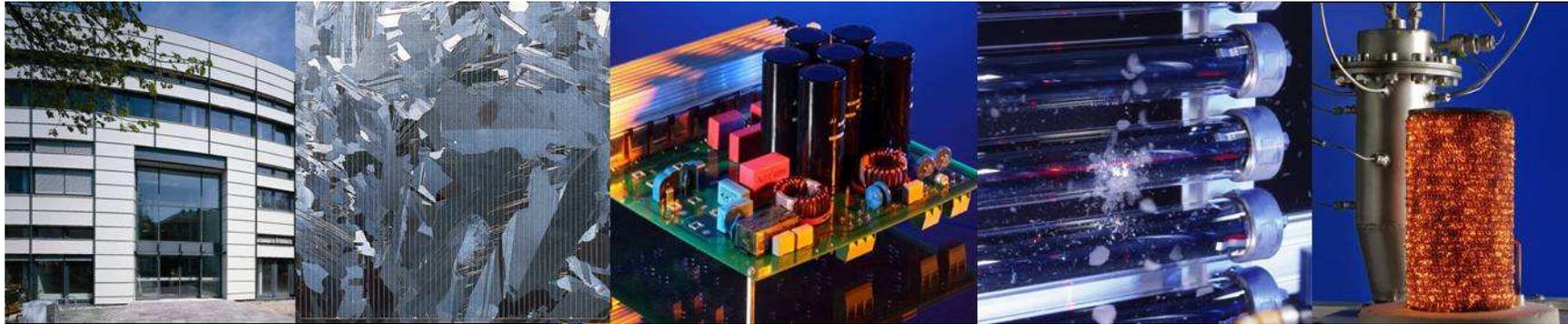
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

## ***Soziale Stadt:***

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

Architekt	Roland Rombach, Kirchzarten
Bauleitung	Adrian&Partner, Freiburg
Haustechnik	IB Lenz, Umkirch
Statik	IB Feth, Freiburg
Elektro	PG Burgert, Schallstadt
Bauphysik	Fraunhofer ISE, Freiburg
Schallschutz	Dr. Müller, Durmersheim

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



## Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Florian Kagerer

[www.ise.fraunhofer.de](http://www.ise.fraunhofer.de)

[florian.kagerer@ise.fraunhofer.de](mailto:florian.kagerer@ise.fraunhofer.de)