



**Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
GmbH & Co. KG**
Beratende Ingenieure VBI

Stuttgart, Köln



Ganzheitliche Energiekonzepte für Krankenhäuser

19. AKG-Fachtagung: Nachhaltige
Temperierung von Krankenhäusern

Prof. Dipl.-Ing. Markus Pfeil
Dipl.-Ing. (FH) Wiebke Wenzel

Köln, 29.04.2022

Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft





BÜRO KÖLN

Agrippinawerft 26

Rheinauhafen

50678 Köln



BÜRO STUTTGART

Marienstraße 37

70178 Stuttgart

Leistungen



Energiekonzepte

Bauphysik

Technische
Gebäudeausrüstung

Simulationen

DGNB-Audits

Consulting



Prof. Markus Pfeil

Beratender Ingenieur VBI

DGNB – Auditor

Geschäftsführender Gesellschafter bei der
Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft GmbH & Co. KG seit 1997

Vita

Geburtsdatum: 1967

Ausbildung: Dipl.-Ing. Energie-, Anlagen-, und Umwelttechnik

Berufserfahrung: über 27 Jahre

Professur: msa | münster school of architecture Münster, FB Architektur,
Ganzheitliche TGA



Wiebke Wenzel

Projektingenieurin bei
Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft GmbH & Co. KG seit 2013

Vita

Geburtsdatum: 1977
Ausbildung: Dipl.-Ing. (FH) Umweltschutz
Berufserfahrung: über 21 Jahre
Zusatzqualifikation: DGNB-Consultant



Erfahrung mit Gesundheitsbauten

Energiekonzeptentwicklung Klinikum Hannover

Architekt: Sander.Hofrichter Architekten GmbH

Realisierungszeitraum 2008 - 2014



DGNB-Zertifizierung

Glantal-Klinik Meisenheim

Architekt: Sander.Hofrichter Architekten GmbH

Jahr der Zertifizierung: 2016

Pilotprojekt DGNB – Klinikum – Green Hospital

DGNB-Zertifikat in Gold



DGNB-Zertifizierung

Klinik am Eichert Göppingen

Architekt: Arcass Freie Architekten BDA

Jahr der Zertifizierung: 2018

DGNB-Vorzertifikat in Gold



DGNB-Zertifizierung

Klinikum Wilhelmshaven

Architekt: Sander.Hofrichter Architekten GmbH

Stand Pre-Assesement





Ganzheitliches Energiekonzept

Besondere Anforderungen Krankenhaus

Ganzheitliches Energiekonzept

Besondere Anforderungen Krankenhaus



Patientenzimmer

- vulnerable Personen
- hohe Anforderungen an Behaglichkeit
- großes Gebäudevolumen → hohes Potential

Hitzebedingte Gesundheitsfolgen

- Dehydrierung
- Überwärmung
- Bewusstlosigkeit
- Hitzekrämpfe
- Hitzschlag



Quelle: Pixabay

Ganzheitliches Energiekonzept

Besondere Anforderungen Krankenhaus



Intensivbereiche/ OP

- hohe Anforderungen an Klimatisierung und Luftqualität
 - Raumtemperatur
 - Raumluftfeuchte
 - Keimfreiheit

Verwaltung

- keine erhöhten Anforderungen

Warmwasserbedarf

- hohe Systemtemperaturen
- Schutz vor Legionellen!

Ganzheitliches Energiekonzept

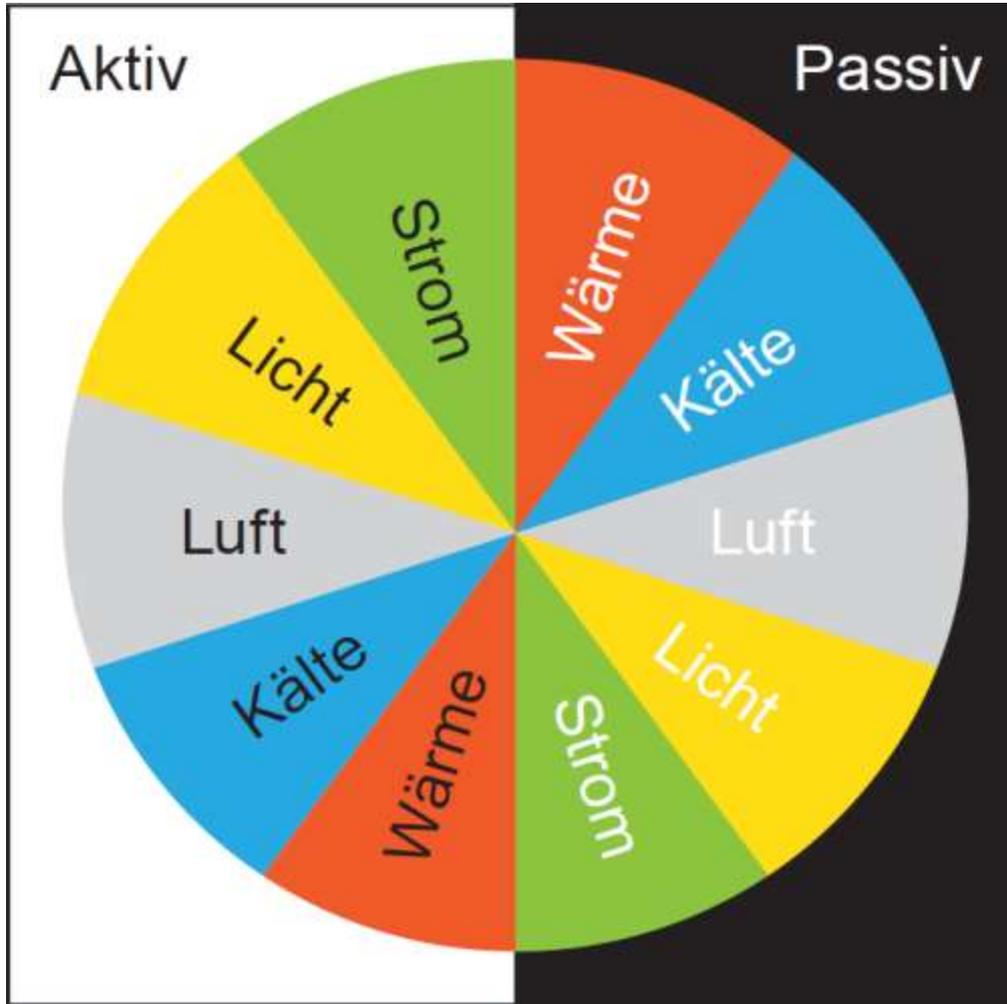
Vorteile nachhaltiges Krankenhaus gem. DGNB



Vorteile für Mitarbeiter und Patienten

- höhere Aufenthaltsqualität und Wohlfühlatmosphäre für Patienten und Besucher
- gesunder Arbeitsplatz (u.a. gute Innenraumlufthygiene)
- „Healing Architecture“
- weniger post-operative Komplikationen
- besserer Heilungsverlauf (u.a. geringere benötigte Menge an Schmerzmittel)
- Unterstützung der Selbständigkeit durch Leitsysteme, Orientierungshilfen, Bedienungshilfen

Ganzheitliches Energiekonzept



"Logo geschützt (Gemeinschaftsgeschmacksmuster Nr. 002489146)"





Ganzheitliches Energiekonzept

Passive Maßnahmen

Passive Maßnahmen

Wärme und Kälte

- Wärmeschutz durch sehr gute Gebäudehülle
- moderater Fensterflächenanteil 40 – 60 %



Quelle: Michaelsen



Passive Maßnahmen

Wärme und Kälte

- passiver Sonnenschutz
 - außenliegender Sonnenschutz mit Tageslichtlenkung
 - zentrale Steuerung nach Sonneneinstrahlung
→ Sicherstellung Sonnenschutz z. B. bei bettlägerigen Patienten
 - Sonnenschutzverglasung



Quelle: Pixabay



Passive Maßnahmen

Lüftung

Patientenzimmer

- Vermeidung von Zugluft
- keine sommerliche Nachtauskühlung möglich

Verwaltung

- sommerliche Nachtauskühlung als energiesparende, passive Kühlung
- Fensterlüftung

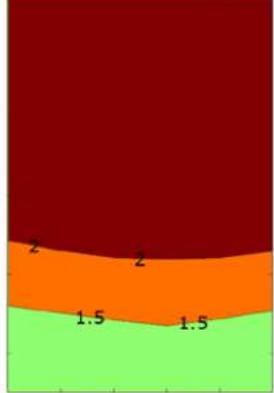


Passive Maßnahmen

Tageslicht

Tageslichtsimulation

- 64 % der Fläche mit TQ $\geq 2,0$ \rightarrow höchste Bewertung DGNB

#	Tageslichtverfügbarkeit Gesamtgebäude				CLP	
	Referenzraum	Flächige Markierung der DGNB Kriterien blau: TQ <1%, blau + grün: TQ ≥ 1.0 %, blau + grün + orange: TQ $\geq 1,5$ %, blau + grün + orange + rot: TQ $\geq 2,0$ %	Proz. Fläche gemäß den DGNB Kriterien grau: > 50% der Fläche und maßgeblich für CLP Bewertung			
			TQ ≥ 1.0 %	TQ $\geq 1,5$		TQ $\geq 2,0$
17	 <p>HG.E3.B1.17 2-Bett-Zi. 2.01.07.13 LRH = 3.05 m 21,52 m²</p>		100%	77%	64%	20

50 % DER NUTZFLÄCHE (NF) HAT EINEN TAGESLICHTQUOTIENT (DF) IN HÖHE VON

DF \geq	CLP
1,0 %	8
1,5 %	15
2,0 %	20

Tageslichtsimulation Patientenzimmer



Ganzheitliches Energiekonzept

Aktive Maßnahmen

Aktive Maßnahmen

Wärme- und Kälteübergabe



Patientenzimmer

- Wärme: Niedertemperatursysteme
- Strahlungswärme/ -kälte
- Bauteilaktivierung
- Heizkühldecken
- dynamische Gebäudesimulation

OP und Intensivbereiche

- Klimatisierung über die Luft
- Raumtemperatur und Raumluftfeuchte



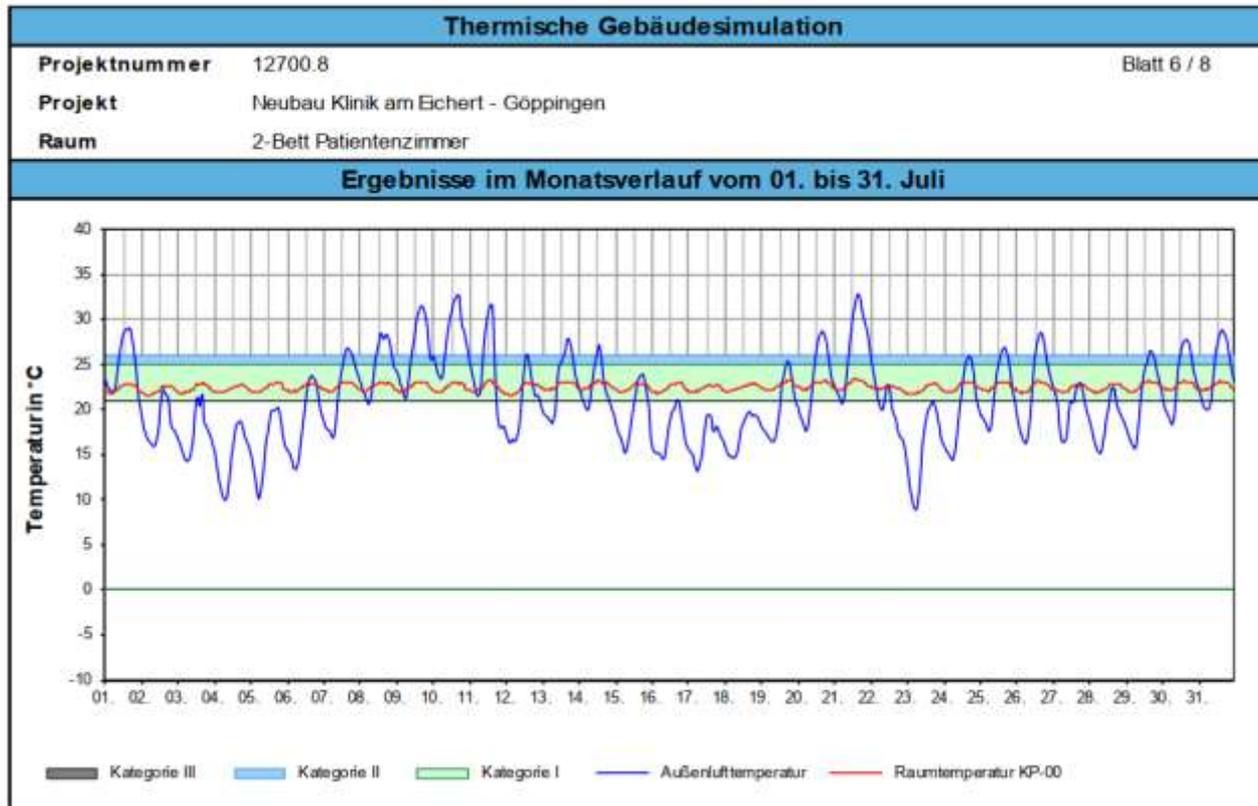
Quelle: PKi

Aktive Maßnahmen

thermische Simulation



- Nachweis Raumtemperatur Kühlperiode über thermische Gebäudesimulation
- Beispiel: Patientenzimmer Südlage
 - Kälteübergabe über Bauteilaktivierung
 - keine Überschreitung von Raumtemperaturen im Sommer



Aktive Maßnahmen

Wärme- und Kälteerzeugung

Fernwärme

- je nach Erzeugung (spätestens 2045) klimaneutral
- aktive Kälteerzeugung notwendig
- Hochtemperatursystem → Warmwasserbereitung

Biomasse

- Hochtemperatursystem → Warmwasserbereitung
- Nachhaltiger Rohstoff insbesondere aus lokaler Forstwirtschaft

Solarthermie

- Hochtemperatursystem → Unterstützung Warmwasserbereitung



Aktive Maßnahmen

Wärme- und Kälteerzeugung



Wärmepumpe

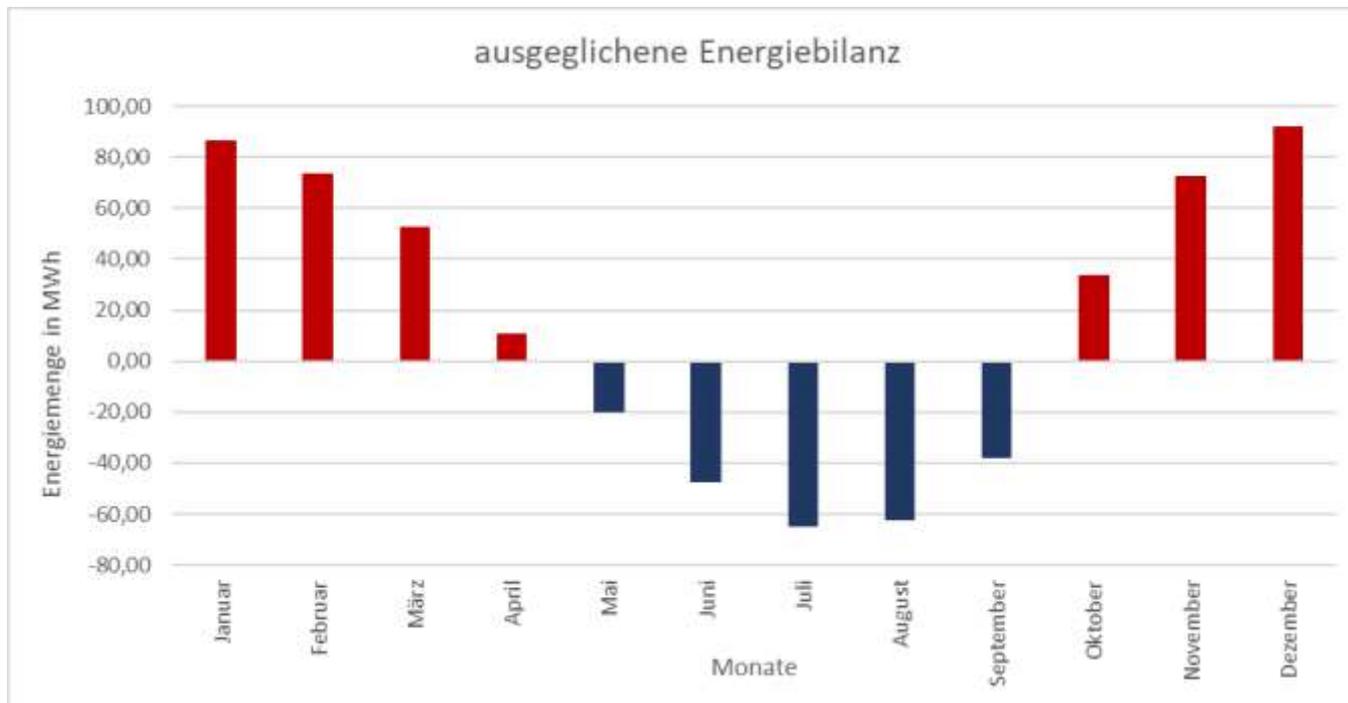
- Geothermie
- Eisspeicher
- in Kombination mit z. B. Photovoltaik und Ökostrom direkt klimaneutral
- Wärme- und Kälteerzeugung aus einem System
- sehr energiesparende naturale Kühlung (nur Strom Umwälzpumpe)
- Hochtemperatur-Wärmepumpe → mind. 45°C (Legionellenschutz Warmwasser)



Aktive Maßnahmen

Wärme- und Kälteerzeugung

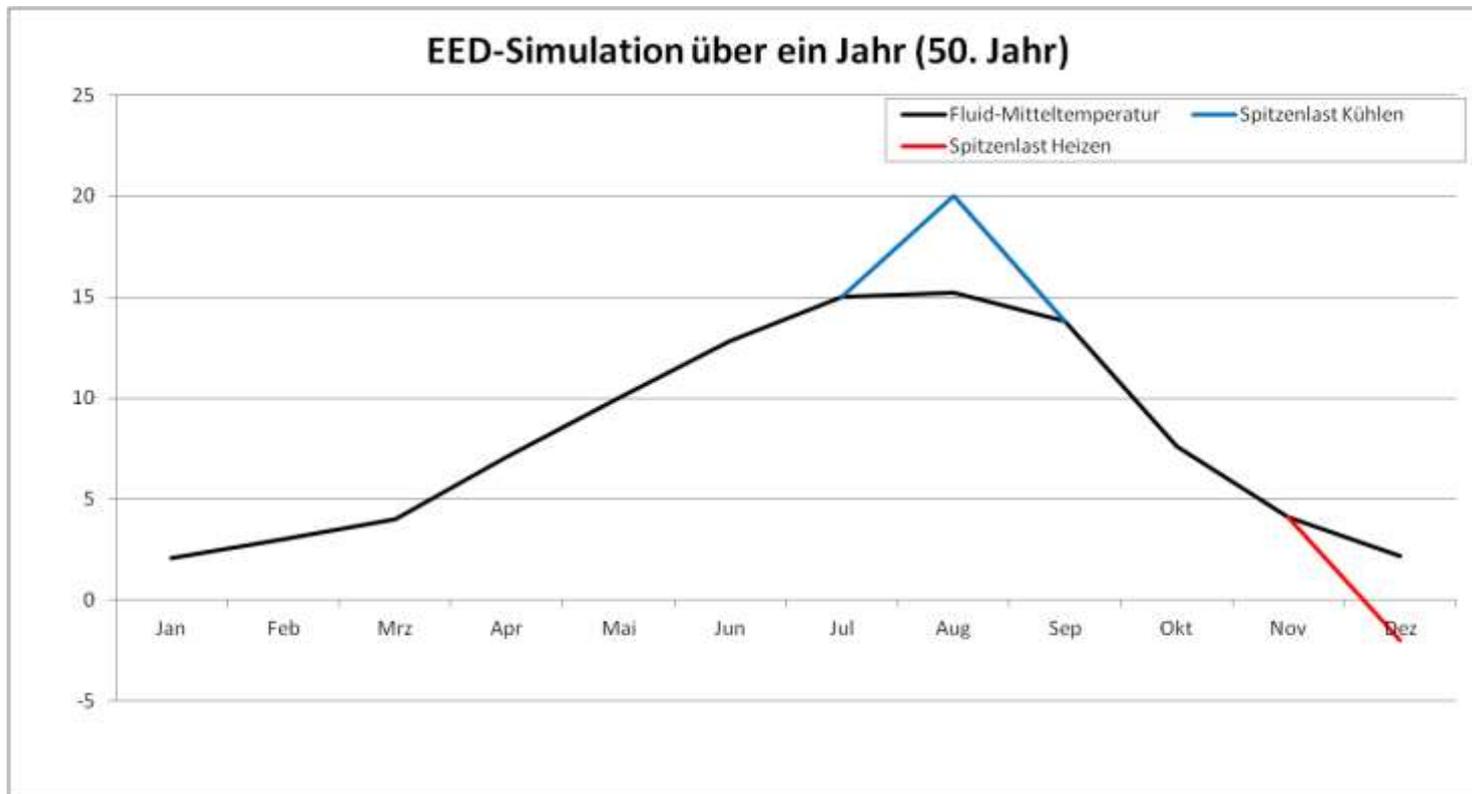
- thermische Nutzung des Untergrunds als Energiespeicher
- besonders effizient bei ausgeglichenen Energiebilanz
- naturale Kältebereitstellung
- Synergieeffekte durch Energiespeicherung im Erdreich nutzbar machen



Aktive Maßnahmen

Wärme- und Kälteerzeugung

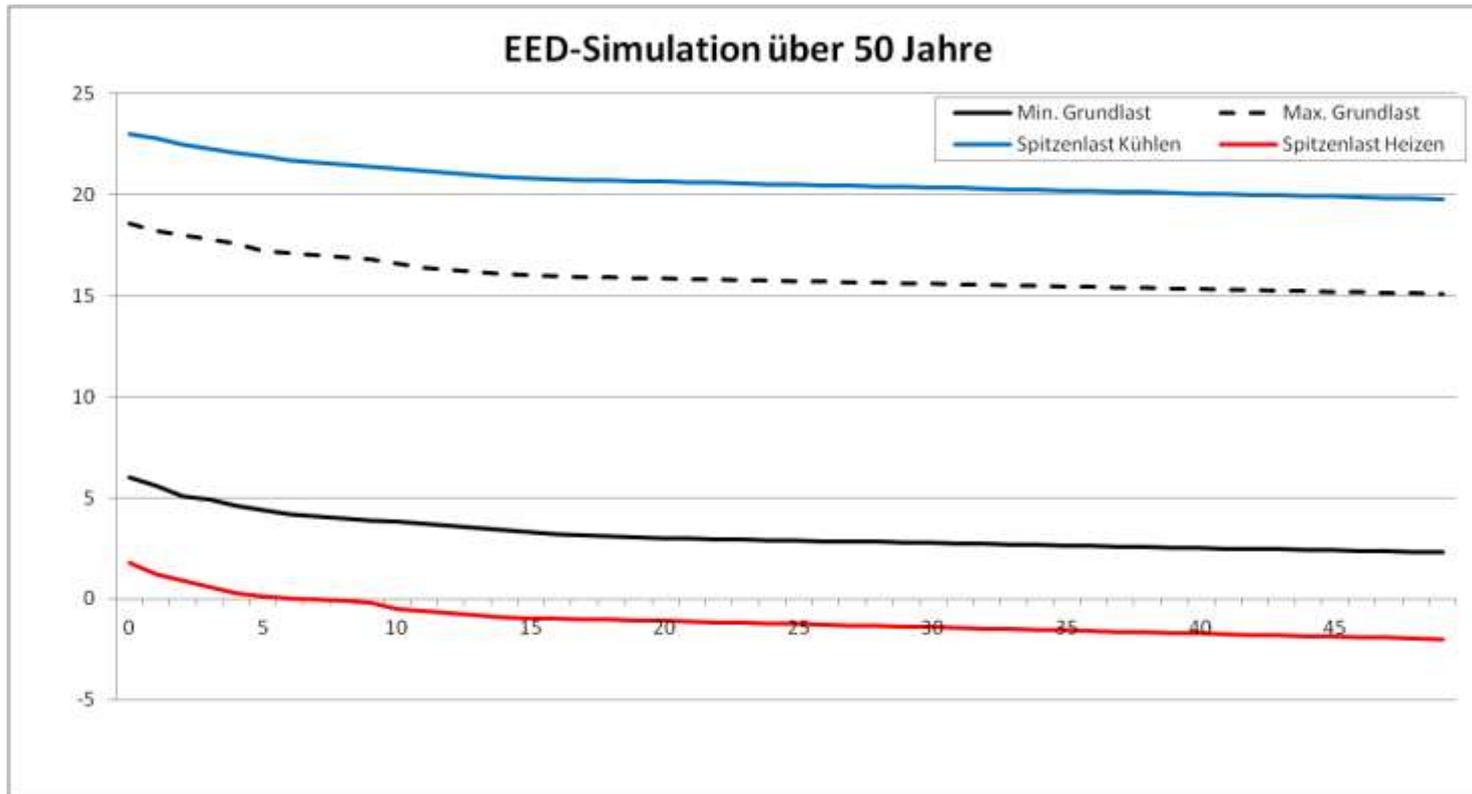
- Simulation thermisches Verhalten Untergrund mit EED (Earth Energy Designer)
- auf das Gebäude abgestimmte Auslegung der Erdsondenanlage
- Mittlere Fluidtemperatur zwischen -2°C und 20°C



Aktive Maßnahmen

Wärme- und Kälteerzeugung

- Simulationsdauer über einen Zeitraum von 50 Jahren



Aktive Maßnahmen

Kälteerzeugung

Adiabatik

- sehr energiesparende Kühlung im zentralen Lüftungsgerät
- Vorkonditionierung der Luft



Aktive Maßnahmen

Lüftung

OP/ Intensivbereiche

- Raumtemperatur
- Raumluftfeuchte
- hohe Luftwechsel
- Keimfreiheit → Filter

Patientenzimmer

- Anforderungen Luftqualität
- Anforderungen Behaglichkeit → Vermeidung Zugluft

Verwaltung

- Anforderungen Luftqualität



Aktive Maßnahmen

Beleuchtung

OP/ Intensivbereiche

- Anforderungen Beleuchtung
- LED

Patientenzimmer

- LED
- Einflussnahme Nutzer

Verwaltung

- LED
- tageslicht- / präsenzgesteuert



Aktive Maßnahmen

Stromerzeugung



Photovoltaik

- Dach- und Fassadennutzung
- weitere Dachnutzungen berücksichtigen (z. B. Hubschrauberlandeplatz)



Quelle: PKi



Quelle: C. F. Møller Architects



Quelle: C. F. Møller Architects

Aktive Maßnahmen

Stromerzeugung



Photovoltaik

- Kombination mit Dachbegrünung
 - Effizienzsteigerung Photovoltaik
 - Kühlung oberste Geschosse
 - Mikroklima
- PV-T
 - Kombination Photovoltaik mit Solarthermie
 - Effizienzsteigerung Photovoltaik
- Bezug Ökostrom

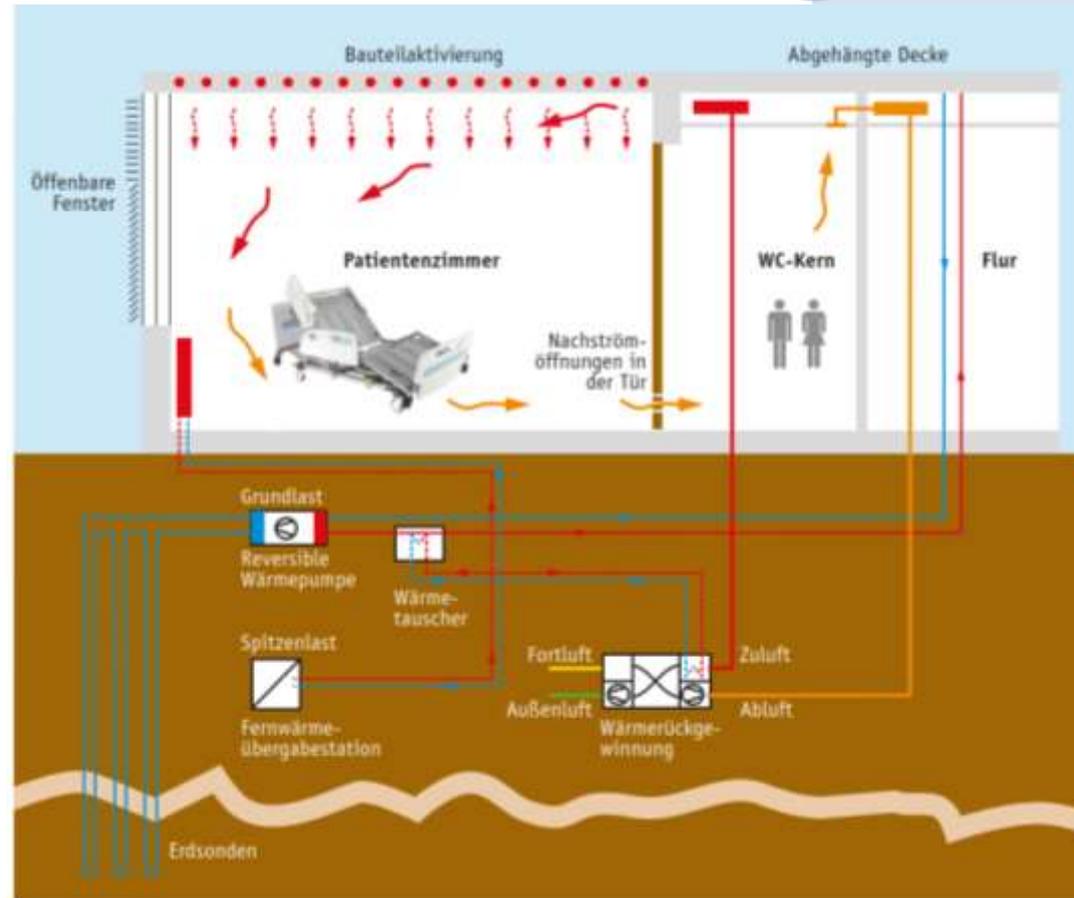


Quelle: PKi

Ganzheitliches Energiekonzept

Beispiel: Klinikum Hannover

- Bauteilaktivierung
- mechanische Be- und Entlüftung
- öffentbare Fenster
- Vermeidung sommerlicher Überhitzung durch Simulation nachgewiesen
- reversible Geothermie-Wärmepumpe zur Wärme- und Kälteerzeugung
- Spitzenlast über Fernwärme



Quelle: PKI



**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!**



Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI

Marienstraße 37
70178 Stuttgart
Tel.: 0711-674 474-0
Fax: 0711-674 474-10
energie@pk-i.de
www.pk-i.de

Niederlassung Köln
Agrippinawerft 26
Rheinauhafen
50678 Köln
Tel.: 0221-310 69 21-0
Fax: 0221-310 69 21-10
energie@pk-i.de
www.pk-i.de