



ABSCHLUSSBERICHT
ENERGIEKONZEPT – GYMNASIUM
NEUSTADT AM RÜBENBERGE

Paavo Hilber

07.03.2023

*Kommentare/Ergebnisse/
Entscheidungen im Rahmen voran-
gegangener Workshops*



AGENDA

01 Energieversorgungsoptionen

02 Raumklimakonzeption

03 Auslegung Heizung, Lüftung, Photovoltaik und Energiebedarfsberechnung

04 Einflussgrößen Konzept auf DGNB Zertifizierung



ENERGIEVERSORGUNGSOPTIONEN

Energiematrix (Workshop 25.01.)

Aufgrund zu geringer Abwassermengen im Neubau wird die im Termin besprochene Option einer Abwasserwärmerückgewinnung nicht weiter berücksichtigt.

Drees & Sommer kontaktiert die Stadtwerke zur Klärung offener Fragen zur Fernwärme.
Drees & Sommer ermittelt das Energiepotenzial und die Risiken von oberflächennaher Geothermie.






Unter anderem aufgrund der hohen Betreiberanforderungen und den Platzverhältnissen wird die Option einer Eisspeichernutzung ausgeschlossen.

Technologie/Quelle	Energieart	Beschreibung und Bewertung	Realisierungspotenzial
Fernwärme	Nutzung Fernwärme	Zu klären: Primärenergieträger, Kosten und Dekarbonisierung des Versorgers abfragen! Vorteil: Einfache Umsetzung, geringer Wartungsaufwand.	
Oberflächennahe Geothermie	Nutzung Erdwärme und -kälte über Energiegründungspfähle	Nutzung von Erdwärme (bis -100 m) unter Einsatz einer Wärmepumpe. Hohe Investition. Platzbedarf Sonden. Wirtschaftlichkeit oft nur bei hohem Nutzungsgrad (Heizen & Kühlen). Zu klären: Aufbau Untergrund-Risiken, Erdwärme-Potenzial.	
Eisspeicher, Solarthermie mit Wärmepumpe	Nutzung von Wärme und Kälte	Saisonale Speicherung von regenerativer Wärme über Erstarrungsenthalpie von Wasser. Hoher baulicher Aufwand und hohe Investition. Hohe Betreiberanforderungen wegen aufwändiger Einregulierung. Ungünstige Platzverhältnisse.	
Luft-Wärmepumpe	Wärmenutzung aus der Umgebungsluft	Nutzung der Außenluftwärme zur Beheizung. Standard-Technik. Moderate Investitionskosten.	
Abluft-Wärmerückgewinnung	Wärmenutzung aus Abluft	Standard bei kontrollierter Zu- und Abluft; auch machbar bei ausschließlich mechanischer Abluft (mit Wärmepumpe).	
Solarthermie	Nutzung Solarwärme	Hohe Wärmeerträge im Sommer nicht nutzbar bzw. speicherbar. Geringe Wärmeerträge in der Heizperiode (Winter).	
Biomasse (Holzpellets oder Holz hackschnitzel)	Wärmeerzeugung durch feste Biomasse	Große Lagerfläche für Brennstoff, höhere lokale Staubbelastung, Schornstein, lokale Emissionen, Brennstoffkosten schwankend.	
Photovoltaik	Stromerzeugung	Stromerzeugung mit möglichst hoher Eigennutzung und wenig Netzeinspeisung. Große Dachflächen vorhanden.	



ENERGIEVERSORGUNGSOPTIONEN

Energiematrix Update (Workshop 08.02.2023)

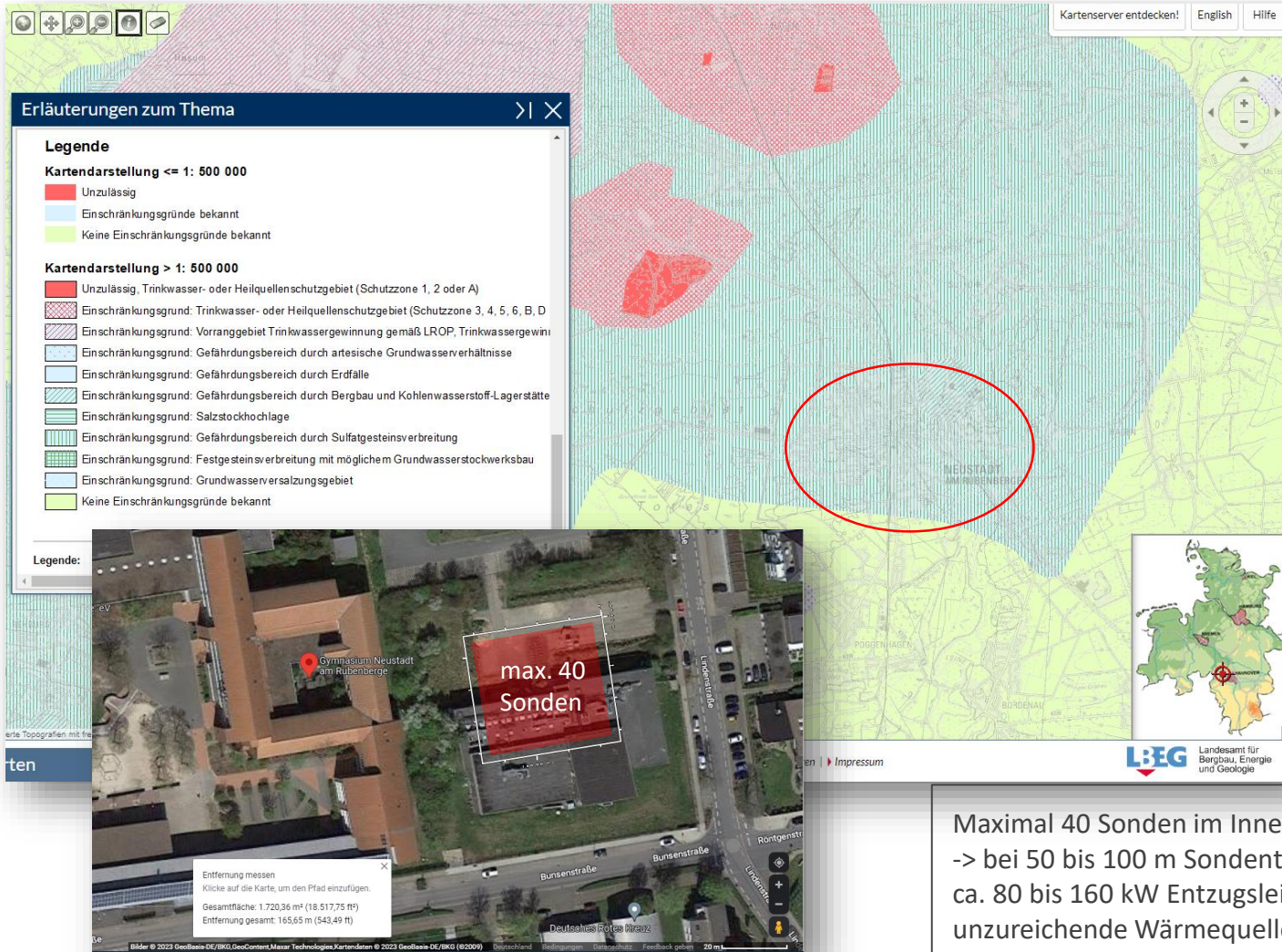
Technologie/Quelle	Energieart	Beschreibung und Bewertung	Realisierungspotenzial
Fernwärme	Nutzung Fernwärme (KWK-Wärme)	Stadtnetz Neustadt: BHKW (Erdgas) mit PEF 0,63; keine Dekarbonisierung geplant; erforderliche Anschlussleistung in Klärung. Realisierung zwar möglich jedoch nicht im Sinne der Klimaneutralität.	
Oberflächennahe Geothermie	Nutzung Erdwärme und -kälte über Geothermiesonden	Liegt im Gefährdungsbereich durch Sulfatgestein, Risiko durch Leistungseinschränkungen gegeben (vergleiche nächste Folie), ungünstige Platzverhältnisse.	
Luft/Luft- oder Luft/Wasser-Wärmepumpe	Wärmenutzung aus der Umgebungsluft	Nutzung der Außenluftwärme zur Beheizung. Standard-Technik. Moderate Investitionskosten.	
RLT-Anlage mit Wärmerückgewinnung	Wärme- und Kältenutzung aus Abluft	Standard bei kontrollierter Zu- und Abluft	
Photovoltaik	Stromerzeugung	Stromerzeugung mit möglichst hoher Eigennutzung und wenig Netzeinspeisung. Große Dachflächen vorhanden.	



ENERGIEVERSORGUNGSOPTIONEN

Update – Geothermienutzung

Die oberflächennahe Geothermie (bis 100 m Tiefe) hat ein zu geringes Quellenpotenzial und ein zu hohes Risiko der Erdbohrung aufgrund von Sulfatgesteinen.



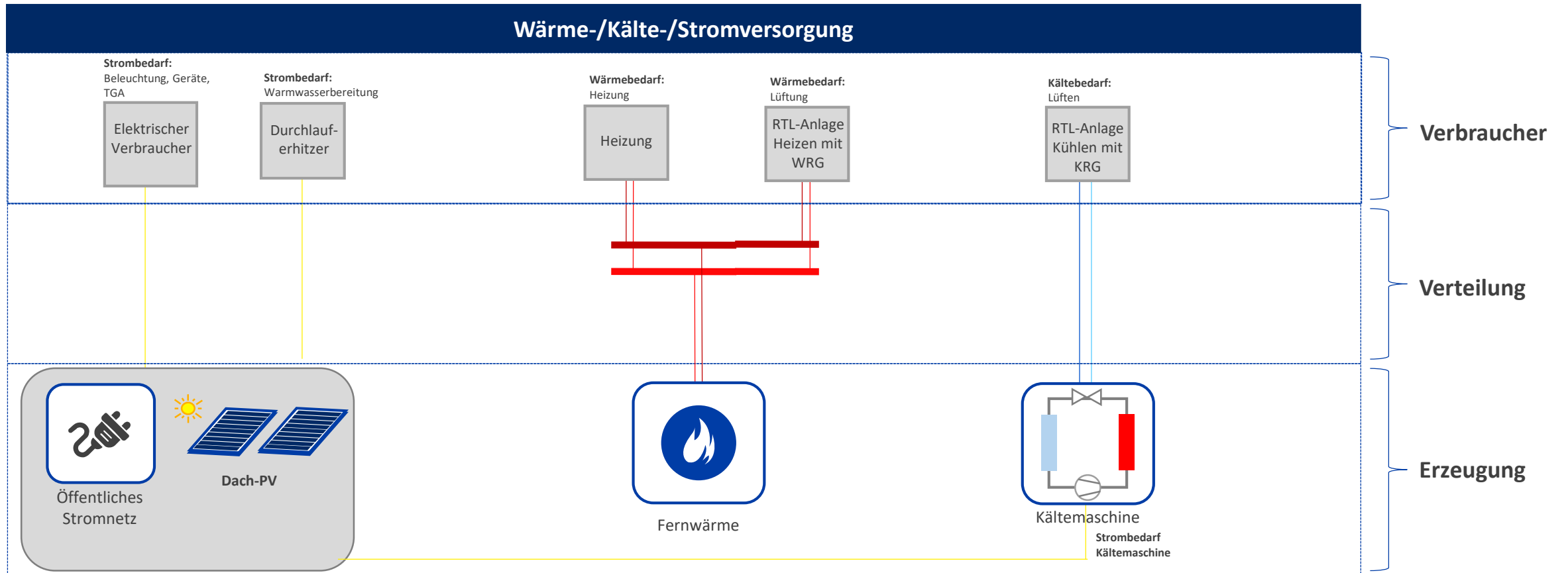
■ **Calcium-Sulfat-Gesteine**
Bei Calcium-Sulfat-Gesteinen ist zwischen dem wasserfreien Anhydrit und dem wasserhaltigen Gips zu unterscheiden. Durch Zutritt von Wasser kann sich Anhydrit in Gips (unter einer Volumenzunahme von bis zu 60 %) umwandeln. Durch diese Volumenzunahme kann die Funktionsfähigkeit eines Erdwärmesondensystems eingeschränkt werden bzw. vollständig verloren gehen. Auch die Bildung von Geländehebungen, die über die unmittelbare Umgebung des Bohransatzpunktes hinaus reichen können, ist nicht auszuschließen. Darüber hinaus sind Gips und Anhydrit wasserlöslich und werden im Laufe der Zeit vom Sicker-/Grundwasser gelöst. Die Tiefenlage dieses Auslaugungshorizontes (Gips-/Anhydritspiegel) hängt von den hydrogeologischen Bedingungen, der Morphologie, der Höhe der Geländeoberfläche, den Vorflutverhältnissen, der Menge und Ausbildung der Sulfatgesteine sowie weiteren Faktoren ab und ist schwierig zu prognostizieren. Beim Erbohren von Calcium-Sulfat-Gestein ist die Bohrung nicht weiter zu vertiefen und bis zum Gipsspiegel zu verfüllen. Oberhalb des Gipsspiegels kann die Bohrung genutzt werden.

Maximal 40 Sonden im Innenhof anzuordnen.
-> bei 50 bis 100 m Sondentiefe,
ca. 80 bis 160 kW Entzugsleistung (bei 2.400 Betriebsstunde/Jahr) –
unzureichende Wärmequelle für ca. 310 kW Gebäudeheizlast!
Risiko einer Entzugsleistungsminderung durch Sulfatgesteine gegeben
-> Gips-Bildung möglich (siehe obige Beschreibung)!



ENERGIEVERSORGUNGSOPTIONEN

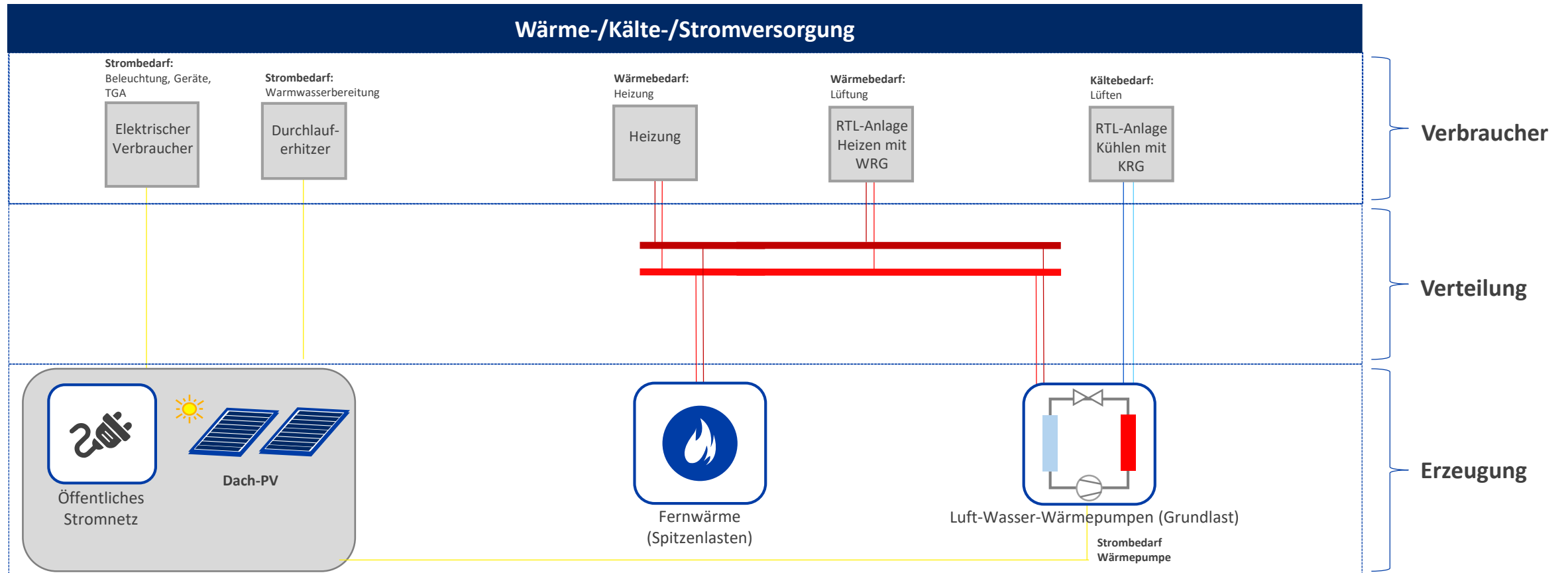
Konzept 1 – Fernwärme, Kältemaschine, Photovoltaik





ENERGIEVERSORGUNGSOPTIONEN

Konzept 2 – Fernwärme, Luft-Wasser Wärmepumpe, Photovoltaik

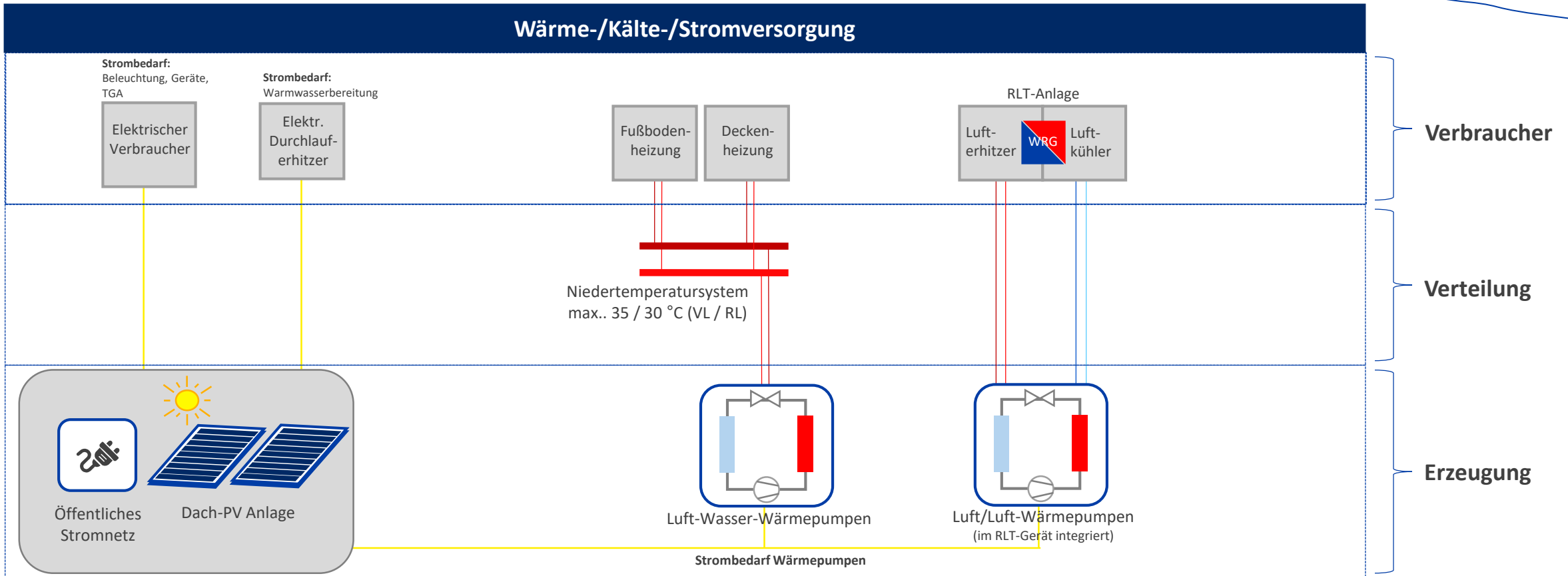




ENERGIEVERSORGUNGSOPTIONEN

Konzept 3: Luft/Luft- & Luft/Wasser- Wärmepumpe, RLT-Anlagen, Photovoltaik

Insbesondere aufgrund der Nachhaltigkeit/Klimaneutralität (keine KWK-Fernwärme) und der hocheffizienten Niedertemperatursysteme wird diese Variante als Vorzugsvariante ausgewählt.





ENERGIEMATRIX

Gegenüberstellung der Energieversorgungskonzepte

Insbesondere aufgrund der Nachhaltigkeit Klimaneutralität (keine KWK-Fernwärme betrieben mit fossilem Erdgas) und in Verbindung mit einem hoch-effizienten Niedertemperatursystem (Flächenheizung) wird Konzept 3 als Vorzugsvariante ausgewählt.

	Wirtschaftlichkeit im Lebenszyklus	Investition	Betreiber-Freundlichkeit	Energieeffizienz	Klimafreundlichkeit	Außendarstellung	Marktfähigkeit	Technische Umsetzbarkeit	Technikflächenbedarf	Kommentare
Hohes Potenzial/Positiv Mittleres Potenzial/Neutral Niedriges Potenzial/Negativ										
K1: Fernwärme + Kältemaschine + PV	*									+ Einfache Standardtechnik - Geringe Innovation - Nachhaltigkeit
K2: Fernwärme + Wärmepumpen + PV	*									+/- Kompromiss aus Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit
K3: Wärmepumpen + PV	*									+ Nachhaltigkeit + Wirtschaftlichkeit - Höchste Investkosten - Aufstellort der Wärmepumpen zu klären



* Qualitative Bewertung unter der Annahme von in Zukunft steigenden Fernwärmearbeitspreisen und an den Abnehmer weitergereichte Kosten für die notwendige Dekarbonisierung der Fernwärme. Ein quantitativer Wirtschaftlichkeitsvergleich der Vorzugsvariante gegenüber Konzept 1 (100 % Fernwärme) erfolgt in Kapitel 4.



VORSTELLUNG DER VORZUGSVARIANTE DES ENERGIEKONZEPTS

Ergebnis: Beschreibung der Energieversorgungstechnik der Vorzugsvariante (Konzept 3)

Technologie/ Energieerzeuger	Energieart	Energieversorgungsart	Ergänzende Beschreibung/Hinweise
Luft/Wasser- Wärmepumpe	Umgebungsluft als Wärmequelle	Wärmeversorgung für die Gebäudebeheizung über Flächenheizsysteme (Deckenheizung und Fußbodenheizung).	Hohe Effizienz und Langlebigkeit bei niedrigen Systemtemperaturen (insbesondere bei Flächenheizsystemen). Keine fossilen Endenergieträger (z. B. KWK-Fernwärme). Endenergie Strom: Klimaneutraler Betrieb in Verbindung mit PV-Anlage möglich. Vermindertes Ausfallrisiko bei mehreren Wärmepumpen zur Wärmeerzeugung.
RLT-Anlage mit Wärme- rückgewinnung und Hei- zen/Kühlen über zentrale Wärmepumpe	Wärme- und Kälte- nutzung aus Abluft- /Umgebungsluft	Thermische Aufbereitung (Erwärmen und Kühlen) der Zuluft für eine kontrollierte Be- und Entlüftung.	Wärme- und Kälterückgewinnung der Abluft zuzüglich einer zentralen Lufterhitzung und Luftkühlung über die Luft/Luft-Wärmepumpe (z. B. VRF-Wärmepumpe). Kontrollierte Be- und Entlüftung ermöglicht eine sehr gute Lufthygiene. Realisierung einer bedarfsgerechten Volumen- stromregelung über den CO ₂ -Gehalt die Abluft (maximal 1.000 ppm). Endenergie Strom: Klimaneutraler Betrieb in Verbindung mit PV-Anlage möglich.
Photovoltaik-Anlage	Stromerzeugung aus Solarenergie	PV-Strom für technischen Betriebsstrom (unter anderem Wärmepumpen, Lüfter etc.), Nutzer- strom.	Stromerzeugung mit möglichst hoher Eigenbedarfsdeckung und wenig Netzeinspeisung. Große Dachflächen ermöglichen einen bilanziell klima- neutralen Gebäudebetrieb. Gute Kombinationsmöglichkeit mit extensiver Begrünung. Durch die Gebäudehöhe kommt es kaum zu einer Verschät- tung der PV-Module. Netzbezug von Strom im Winter notwendig in Zeiten geringer PV-Leistung und erhöhtem Wärmebedarf.



AGENDA

01 Energieversorgungsoptionen

02 Raumklimakonzeption

03 Auslegung Heizung, Lüftung, Photovoltaik und Energiebedarfsberechnung

04 Einflussgrößen Konzept auf DGNB Zertifizierung



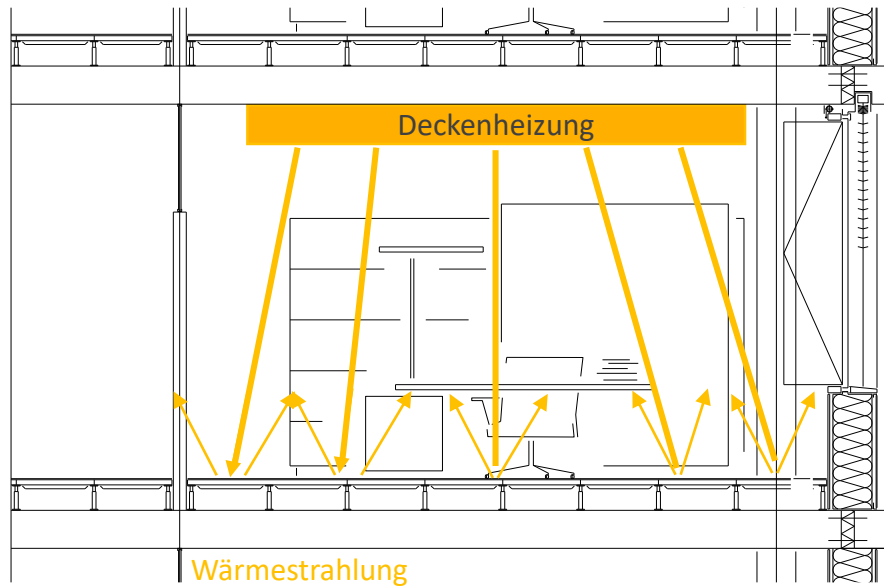
RAUMKLIMAKONZEPTE

Steckbrief – Flächenheizung (hier Deckenheizung)



- Bei Deckenheizungen erfolgt die Wärmeübertragung durch Wärmestrahlung ebenso wie bei Fußbodenheizungen.
- Die Deckenheizung strahlt Infrarot-Strahlung ab, die beim Auftreffen auf eine Oberfläche in Wärme umgewandelt wird. Die Oberflächen erwärmen sich. Die Wärmenutzung ist besonders energieeffizient und reaktionsschnell bei Temperaturänderungen.
- Wärmestrahlung über eine Flächenheizung wird als angenehm und behaglich empfunden. Die Vorlauftemperatur von Deckenheizsystemen beträgt ca. 28 – 32 °C, ist also geringer als die Körpertemperatur und durch die geringen Systemtemperaturen besonders energieeffizient.
- Die Wärmestrahlung wird vom Fußboden und den Wänden absorbiert bzw. reflektiert, sodass das diffuse Strahlungsfeld für eine gleichmäßige Erwärmung des Raums sorgt.
- Die Investitionskosten sind gegenüber konventionellen Radiatoren oder einer Fußbodenheizung höher.
- Weitere Vorteile: Boden und Wände sind frei nutzbar, kein Raumflächenverlust, Integration von LED-Beleuchtung, Luftauslässen, Lautsprecher etc. möglich, Schutz vor Vandalismus.

Mit Deckenheizung





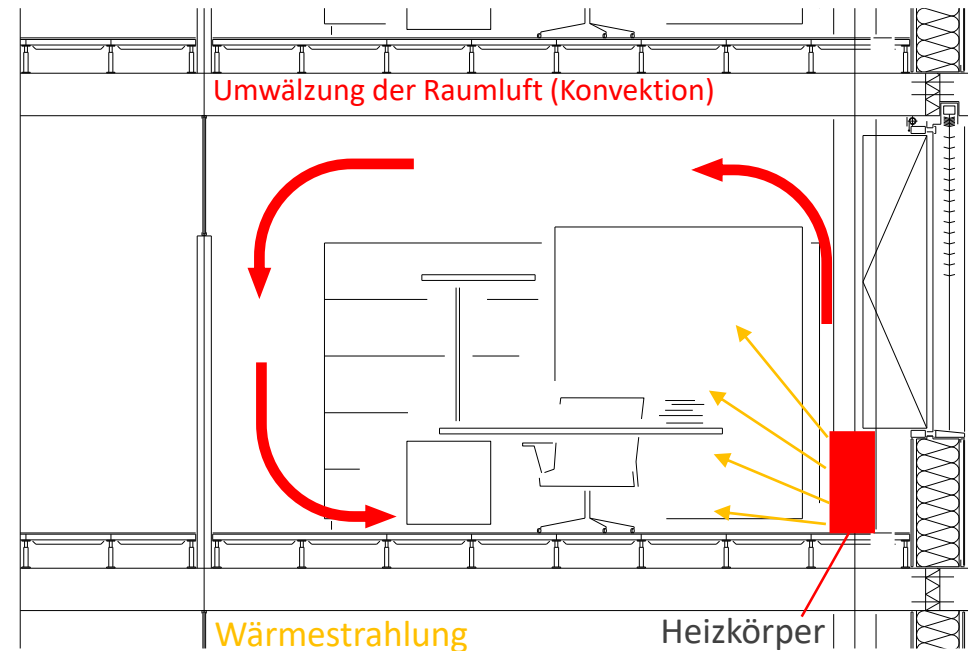
RAUMKLIMAKONZEPTE

Steckbrief statische Heizkörper

- Der Wärmeübergang erfolgt überwiegend durch die Umwälzung der erwärmten Raumluft (Konvektion) weniger über Strahlung.
- Die Wärmeverteilung ist über die Warmluftwalze ungleichmäßiger.
- Die Vorlauftemperaturen (auch bei Niedertemperaturheizkörpern) sind höher (ca. 55 °C) als bei Flächenheizungen und daher weniger energieeffizient.
- Heizkörper weisen ein schnelles Ansprechverhalten auf und können daher schnell auf sich ändernde Wärmelasten bzw. Belegungsstärken reagieren.
- Bei mäßig gedämmten Fassaden oder einem großen Fensteranteil an der Fassade kann ein Kälteempfinden durch abfallende Kälte bei entsprechender Verortung unterhalb der kalten Oberflächen verhindert werden.
- Geringere Investitionskosten.

Der thermische Komfort ist niedriger als der von Flächenheizsystemen. Die Effizienz im Zusammenspiel mit Wärmepumpen ist geringer als bei Flächenheizsystemen aufgrund der höheren erforderlichen Vorlauftemperaturen. Darüber hinaus verringert sich bei höheren Vorlauftemperaturen die Lebensdauer von Wärmepumpen. Aus diesen Gründen kommen statische Heizkörper für das Bauvorhaben nicht in Frage.

Mit konventionellen Heizkörpern





RAUMKLIMAKONZEPTE

Heizen (& Kühlen) Update



Der Bauherr bevorzugt die hocheffizienten Flächenheizsysteme Deckenheizung (Bereiche mit hohem thermischen Komfort) und Fußbodenheizung (Bereiche mit mittleren Anforderungen an thermischen Komfort). Die ebenfalls energieeffiziente Betonkernaktivierung wird in der Vorzugsvariante anstelle einer Fußbodenheizung nicht berücksichtigt, da sie prinzipiell thermisch träger und deswegen einer zusätzlichen Wärmepumpe bedarf und insgesamt teurer ist.

	Fußbodenheizung	Heizkörper	Deckenheizung	Betonkernaktivierung (BKE)
Thermischer Raumkomfort Winter	<ul style="list-style-type: none"> – Reaktionsträge, für Temperaturregelung bei wechselnden Lasten ungeeignet, – Bodenbelag hat starken Einfluss auf Leistungsfähigkeit und Schnelligkeit, – „Warmer Boden“ – hoher Komfort. 	<ul style="list-style-type: none"> – Reaktionsschnelles Heizen durch Wand-Heizkörper, – Wärmeverteilung durch Warmluftwalze ungleichmäßiger. 	<ul style="list-style-type: none"> – Reaktionsschnelles Heizen, – Warme Decke – hoher thermischer Komfort. 	<ul style="list-style-type: none"> – „Warme Flächen“ – generell hoher Komfort, – Reaktionsträge, für Temperaturregelung bei wechselnden Lasten ungeeignet, – In Kombination mit Heizdecken wird eine zweite Wärmepumpe empfohlen.
Thermischer Raumkomfort Sommer	<ul style="list-style-type: none"> – System bedingt für Kühlung geeignet, – Reaktionsträge, für Temperaturregelung bei wechselnden Lasten ungeeignet, – mittlerer Komfort: Kühlwirkung im Raum ungleichmäßiger 	<ul style="list-style-type: none"> – System nicht für Kühlung geeignet. 	<ul style="list-style-type: none"> – System auch für Kühlung geeignet, reaktionsschnell, – hoher thermischer Komfort: gleichmäßige Kühlwirkung im Raum. 	<ul style="list-style-type: none"> – System auch für Kühlung geeignet, reaktionsträge, für Temperaturregelung bei wechselnden Lasten ungeeignet, – in Kombination mit Kühldecken wird eine zweite Wärmepumpe empfohlen, – hoher thermischer Komfort: generell gleichmäßige Kühlwirkung im Raum.
Einschränkungen Raumdesign	<ul style="list-style-type: none"> – Sehr gering, – gegebenenfalls Fußbodenbelag. 	<ul style="list-style-type: none"> – Sichtbarer Heizkörper, – vor Fenstern anzuordnen. 	<ul style="list-style-type: none"> – Gering. 	<ul style="list-style-type: none"> – Abgehängte Decke, große Pinnwände, Tafel, Garderobe etc. ungünstig.
Energieeffizienz	<ul style="list-style-type: none"> – Hohe Energieeffizienz durch niedrige Systemtemperaturen: max. ca. 35 °C Vorlauf (Heizen) 	<ul style="list-style-type: none"> – Höhere Temperaturen notwendig, – moderate Effizienz bei Niedertemperaturheizkörper. 	<ul style="list-style-type: none"> – Hohe Energieeffizienz durch niedrige Systemtemperaturen: max. ca. 35°C Vorlauf (Heizen). 	<ul style="list-style-type: none"> – Hohe Energieeffizienz durch niedrige Systemtemperaturen.
Kosten	<ul style="list-style-type: none"> – Mittlere Investitionskosten, – Kosten FBH ca. 40 €/m² inklusive BNK (nur Heizen), – geringe Wartungskosten. 	<ul style="list-style-type: none"> – Geringe Investitionskosten, – Kosten Heizkörper. Ca. 20 €/m² inklusive BNK, – geringe Wartungskosten. 	<ul style="list-style-type: none"> – Höchste Investitionskosten, – Kosten Heiz-Kühldecken: ca. 200 €/m²NGF (inklusive BNK), – moderate Wartungskosten. 	<ul style="list-style-type: none"> – Erhöhte Investitionskosten, – Kosten BKE: ca. 60-70 €/m² (inklusive BNK), – Zusatzkosten bei zusätzliche Wärmepumpe, – geringe Wartungskosten.



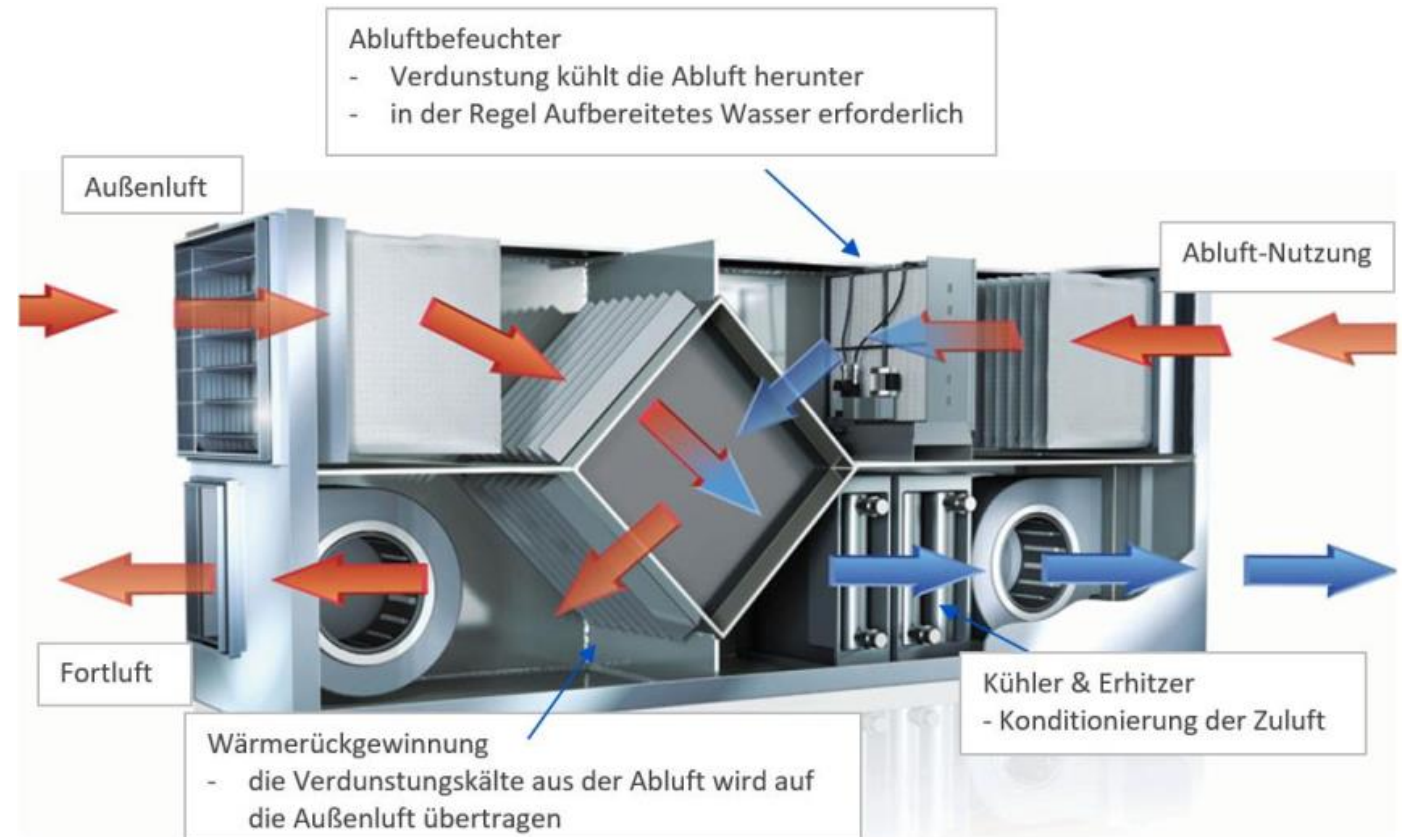
RAUMKLIMAKONZEPTE

Steckbrief RLT-Anlage mit Luftaufbereitung

- Kontrollierte, bedarfsgerechte Regelung der Luftmengen, der Temperatur und Raumluftqualität möglich.
- RLT-Anlagen mit Heiz-, Kühl- und Wärmerückgewinnungsfunktion möglich.
- Regenerative Kühlung über indirekte, adiabate Befeuchtung möglich (siehe Bild rechts).
- Wärmepumpen zur Wärme- und Kälterückgewinnung integrierbar.
- Lufthygiene in Hinblick auf Aerosol-Verteilung im Raum vorteilhaft
- Erhöhte Investitionskosten, jedoch auch kombinierbar mit Fensterlüftung bei dann geringeren Investition, aber weniger Funktionen bzw. Leistung möglich.
- Erhöhte Betriebskosten (Strombedarf, Instandhaltung) , dafür geringe Luftwärmeverluste (Wärmerückgewinnung (WRG) von bis zu 80 %).

Grundsätzlich wünscht der BH eine vollständige mechanische Be- und Entlüftung und keine Hybrid-Lüftung (das heißt keine kombinierte mechanische Lüftung mit manueller Fensterlüftung). Die in der nachfolgenden Folie genannten Abluft-Optionen werden nicht weiter verfolgt.

Bei ausreichendem Luftaustausch über die kontrollierte (und gekühlte) Zuluft (ca. 25 m³/hPerson) ist eine Flächenkühlung über hybride Heiz-/und Kühldecken oder FBH überflüssig.



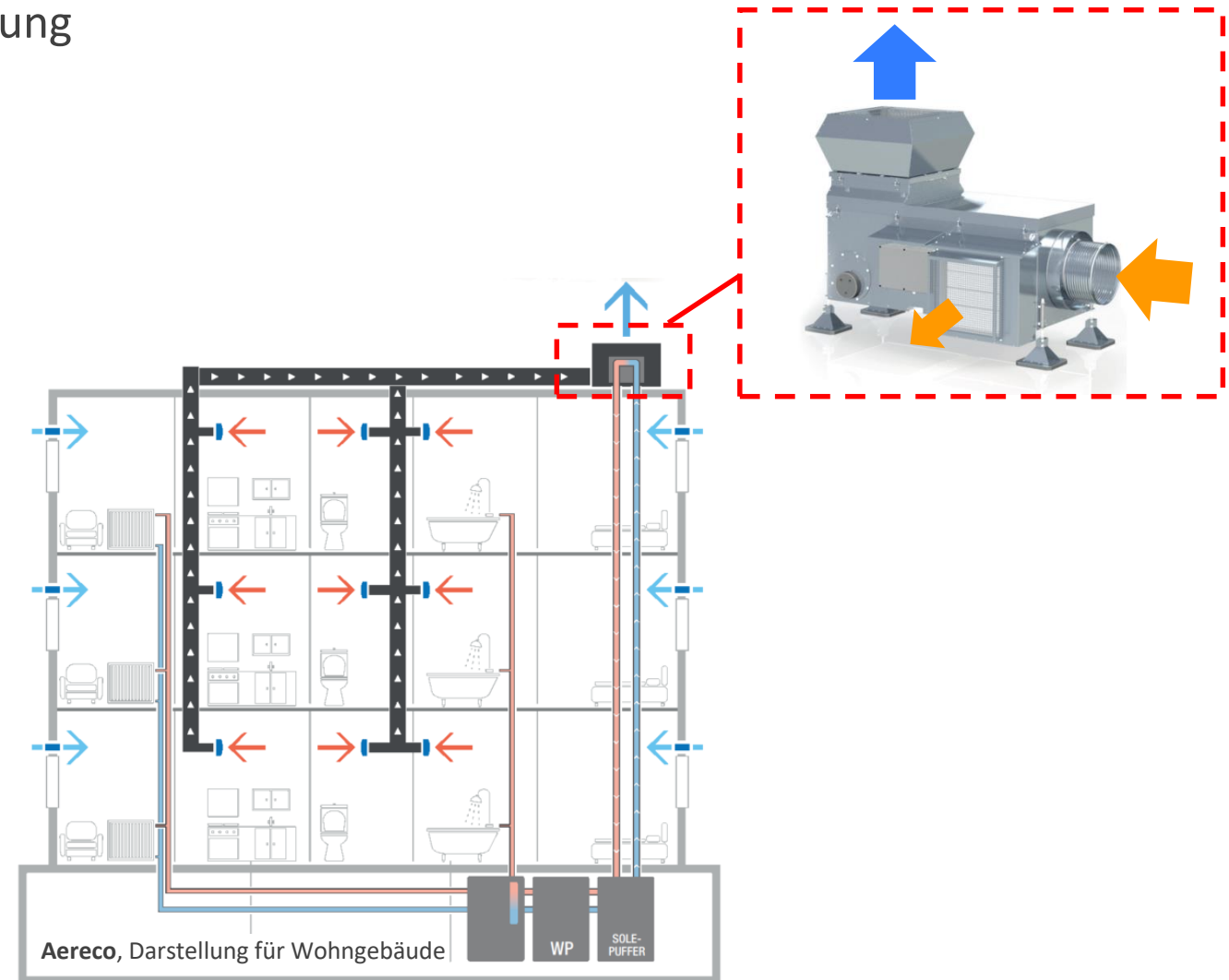


RAUMKLIMAKONZEPTE

Steckbrief Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung

- Kontrollierte, bedarfsgerechte Regelung der Luftmengen und Raumluftqualität möglich. Keine Temperaturregelung möglich.
- Verwendung bei ausschließlich mechanischen Abluftsystemen. Wärmepumpe erforderlich.
- Wärmerückgewinnung der warmen Abluft zur Beheizung möglich.
- Technikflächenbedarf auf dem Dach (Sammelleitungen und Abluftgerät mit Wärmetauscher) und in der Heizzentrale (Wärmepumpe).
- Hoher Ausnutzungsgrad im Winter.
- Eine kontrollierte Zu- und Abluftanlage mit konventioneller WRG ist der Abluftwärmerückgewinnung in Bezug auf die Energie-Effizienz vorzuziehen.
- Investitionskosten (noch) hoch aufgrund noch zu geringer Nachfrage.

Eine mechanische Zu- und Abluft wird als Vorzugsvariante abgestimmt. Diese Option einer Abluftwärmerückgewinnung wird nicht weiter berücksichtigt





RAUMKLIMAKONZEPTE

Lüftungskonzepte

Eine mechanische Zu- und Abluft wird als Vorzugsvariante zur Lüftung abgestimmt.



	Abluftsystem, ohne WRG	Abluftsystem, zentral mit WRG	Zu- und Abluftsystem
Kurzbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> – Mechanische Abluft, – Ablüfter zentral oder dezentral, – freie Außenluftnachströmung über z. B. ALDs in der Fassade. 	<ul style="list-style-type: none"> – Mechanische Abluft, – zentraler Ablüfter (Dachaufstellung), – freie Außenluftnachströmung über z. B. ALDs in der Fassade. 	<ul style="list-style-type: none"> – Mechanische Zu- und Abluft, – Luftaufbereitungsstufen, – zentrale RLT- Anlagen.
Energieeffizienz	<ul style="list-style-type: none"> – Keine WRG möglich, – geringste Effizienz, höchste Wärmeverluste. 	<ul style="list-style-type: none"> – Zentrale WRG über Wärmepumpe möglich, – rückgewonnene Wärme der Wärmepumpe vorteilhaft in Kombination mit Fußbodenheizung oder Deckenheizung. 	<ul style="list-style-type: none"> – WRG einfach realisierbar, – gute Rückwärmehzahlen realisierbar.
Flächenbedarf	<ul style="list-style-type: none"> – Gering. 	<ul style="list-style-type: none"> – Flächenbedarf auf dem Dach für zentrale Ablüfter, Sammelleitungen und Wärmepumpen. 	<ul style="list-style-type: none"> – Zusätzlicher Flächenbedarf für die Lüftungszentralen und die Zuluftkanäle auf den Dächern.
Komfort	<ul style="list-style-type: none"> – Gering, Zuglufterscheinungen möglich. 	<ul style="list-style-type: none"> – Gering, Zuglufterscheinungen möglich. 	<ul style="list-style-type: none"> – Sehr hoher Komfort, – bedarfsgerechte Regelung der Luftzustände, – Kühlung der Räume möglich.
Komplexität/Wartung	<ul style="list-style-type: none"> – Jährliche Wartung der Abluftanlagen, – überschaubarer Reinigungsaufwand. 	<ul style="list-style-type: none"> – Jährliche Wartung der Abluftanlagen, – überschaubarer Reinigungsaufwand. 	<ul style="list-style-type: none"> – Jährliche Wartung der zentralen Anlagen und Komponenten im Verteilnetz, – Hygieneinspektionen und gegebenenfalls Reinigung der Zuluftleitungen erforderlich.
Kosten	<ul style="list-style-type: none"> – Geringe Investitionskosten, – geringe Wartungskosten. 	<ul style="list-style-type: none"> – erhöhte Investitionskosten, – geringe Wartungskosten 	<ul style="list-style-type: none"> – Höchste Investitionskosten, – rasche Amortisation gegenüber Abluftsystem ohne WRG, – mittlere Wartungskosten.



SONSTIGES

Steckbrief/Gegenüberstellung Trinkwassererwärmung (zentral/dezentral)

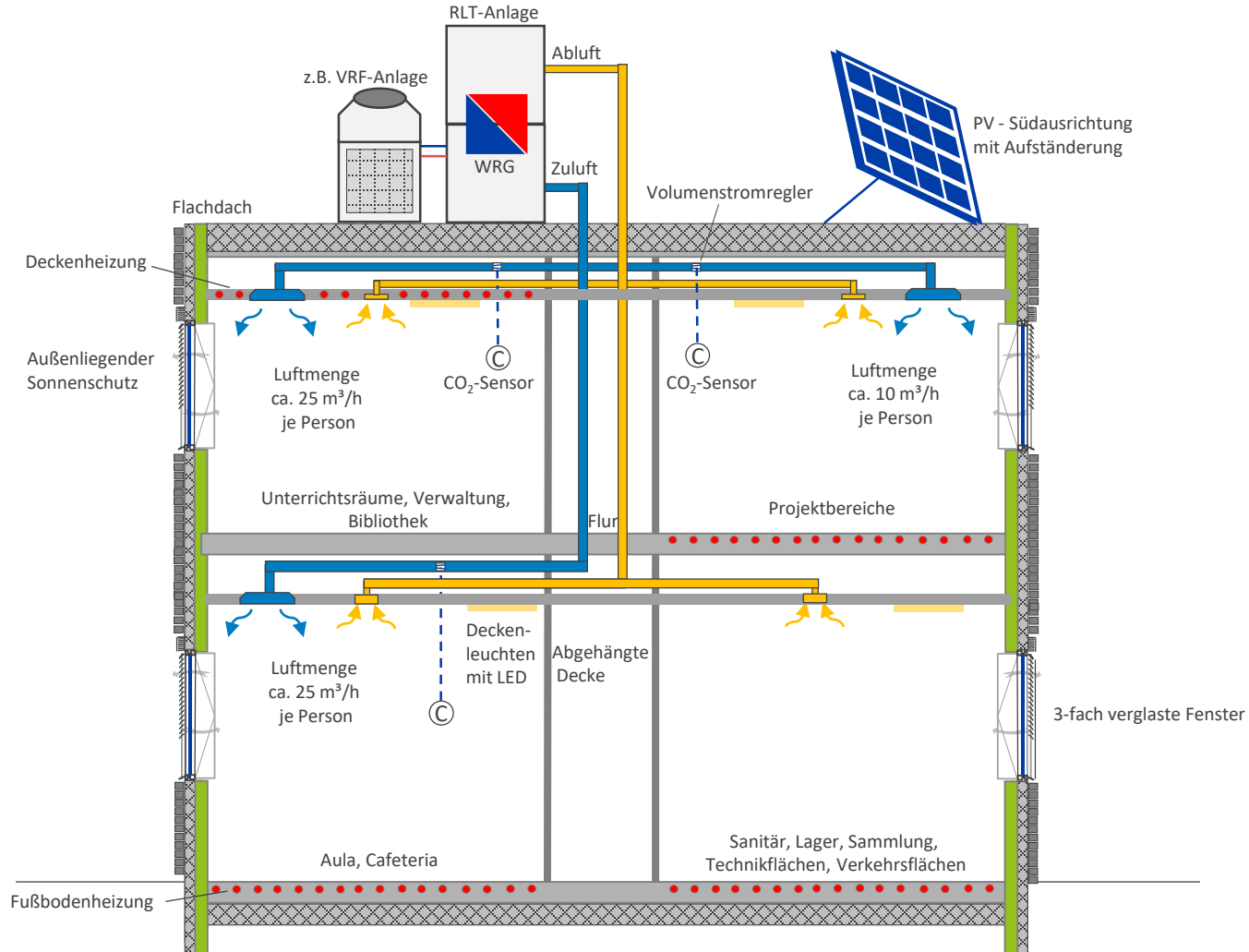


	Zentrale Trinkwarmwasserbereitung	Dezentrale, elektrische Durchlauferhitzer
Synergiepotentiale mit Wärmerzeugung	<ul style="list-style-type: none"> Bei Nutzung von Fernwärme TWW-Bereitung (mindestens 60 °C) empfehlenswert. 	<ul style="list-style-type: none"> Vorteilhaft bei Verwendung von Wärmepumpen.
Energieeffizienz	<ul style="list-style-type: none"> Erhöhte Rohrleitungs-Wärmeverluste und Bereitstellungsverluste (Zirkulation) insbesondere zu Ferienzeiten und Wochenends, geringe Effizienz bei Verwendung von Wärmepumpen. 	<ul style="list-style-type: none"> Keine Speicher- und Verteilverluste, Strom als Erzeuger bei großem Warmwasserbedarf teurer und unökologisch (wenn kein Ökostrombezug oder PV-Strom).
Flächenbedarf Technikzentrale	<ul style="list-style-type: none"> Flächenbedarf für zentrale WWB in Technikzentralen. 	<ul style="list-style-type: none"> Geringer Flächenbedarf.
Flächenbedarf Schächte	<ul style="list-style-type: none"> Trinkwarmwasserleitung + Zirkulationsleitung zusätzlich zu Heizungsverlauf und Rücklauf erforderlich. 	<ul style="list-style-type: none"> Trinkwarmwasserleitung und Zirkulationsleitung in Schächten können entfallen.
Komplexität/Wartung	<ul style="list-style-type: none"> Wartung der zentralen Anlagen, vergleichsweise geringer Aufwand für Trinkwasserprobenahmen. 	<ul style="list-style-type: none"> Niedrige Komplexität, Hohe elektrische Anschlussleistung notwendig.
Legionellen-Risiko	<ul style="list-style-type: none"> Bei großen System immer problematisch und planerisch zu lösen (insbesondere bei Nichtbenutzung in Ferien und wochenends). 	<ul style="list-style-type: none"> Gering durch dezentrale Bereitstellung und günstige Temperatur-niveaus.
Kosten	<ul style="list-style-type: none"> Moderate, aber erhöhte Investitionskosten gegenüber elektrischer DLE, niedrigere Betriebskosten (Energiebedarf, Instandhaltung). 	<ul style="list-style-type: none"> Moderate, aber niedrigere Investitionskosten gegenüber zentraler Warmwasserbereitung, höhere Betriebskosten (Energiebedarf (Strom), Instandhaltung).



VORSTELLUNG DER VORZUGSVARIANTE DES RAUMKLIMAKONZEPTS

DARSTELLUNG RAUMKLIMAKONZEPT MIT MECHANISCHER BE- UND ENTLÜFTUNG UND FLÄCHENHEIZUNG





ENERGIE- UND RAUMKLIMAKONZEPT

Beschreibung

- Es wird der **Effizienzgebäudestandard EG 40** angestrebt. Die daraus resultierenden Höchstwerte für die Wärmedurchgangskoeffizienten für die Gebäudehülle sind mindestens einzuhalten.
- Die **Be- und Entlüftung** des Gebäudes erfolgt kontrolliert **über RLT-Anlagen mit hocheffizienter Wärme- und Kälterückgewinnung** unter Einbindung von zentralen Luft/Luft-Wärmepumpen zur Erwärmung und Kühlung der Zuluft. Die mechanische Lüftung wird so dimensioniert, dass in Lern- und Arbeitsbereichen eine maximale CO₂-Konzentration von 1.000 ppm nicht überschritten wird. Eine manuelle Fensterlüftung soll dennoch möglich sein. Die Regelung der Zuluft-Versorgung der Räume erfolgt über eine **CO₂-Volumenstromregelung**.
- Zur Verringerung von thermischen Lasten verfügt das Gebäude über **einen außenliegenden Sonnenschutz**.
- Der Wärmebedarf für die Raumheizung wird über **Luft/Wasser-Wärmepumpen** gedeckt.
- Die Raumheizung erfolgt über eine **Deckenheizung** in Räumen mit hohen thermischen Komfortanforderungen und ansonsten über eine **Fußbodenheizung**. Die Systemtemperaturen im Auslegungsfall sollen **35/30 °C im Vor- und Rücklauf** der Heizung nicht überschreiten, um eine hohe Effizienz der Wärmepumpen zu gewährleisten. Die Temperaturregelung erfolgt Raumweise.
- Eine **Photovoltaik-Dachanlage** erzeugt mindestens die Menge Strom, die über das gesamte Jahr bilanziell für den Betrieb der Versorgungstechnik und des Nutzerstroms erforderlich ist. Überschussstrom wird in das Stromnetz eingespeist. Bei Unterversorgung mit PV-Strom wird Netzstrom bezogen.
- Für eine übergeordnete und automatisierte Regelung der gebäudetechnischen Anlagen wird eine **Gebäudeautomation** verwendet.
- Es werden **LED-Leuchten** in allen Gebäudebereichen verwendet. Eine möglichst hohe Tageslichtverfügbarkeit in Lern- und Arbeitsbereichen ist zu gewährleisten.
- Die **Warmwasserbereitung** erfolgt **dezentral elektrisch** über Durchlauferhitzer.



AGENDA

01 Energieversorgungsoptionen

02 Raumklimakonzeption

03 Auslegung Heizung, Lüftung, Photovoltaik und Energiebedarfsberechnung

04 Einflussgrößen Konzept auf DGNB Zertifizierung



AUSLEGUNG HEIZUNG, LÜFTUNG, PHOTOVOLTAIK UND ENERGIEBEDARFSBERECHNUNG

Großauslegung der Raumtypen

Raumtypen Heizen-Lüften	Raumtypen gemäß Raumprogramm	Gebäudetechnik (Heizen, Lüften)	NGF Gesamt	Leistung Heizung (ohne Lüftung)	Luftmenge Zuluft mechanisch
Unterrichtsräume	Klassenräume, Fachunterrichtsräume	Deckenheizung, Zuluft mechanisch, Volumenstromregelung nach CO ₂ .	4.500 m ²	140 kW	25 m ³ /h Person
Verwaltung	Schulleiter, Lehrerzimmer, Besprechungsräume, Schülervertretung etc.	Deckenheizung, Zuluft mechanisch, Volumenstromregelung nach CO ₂ .	1.300 m ²	40 kW	25 m ³ /h Person
Aula	Mehrzweckraum, Bühne, Aula	Fußbodenheizung, Zuluft mechanisch, Volumenstromregelung nach CO ₂ .	870 m ²	26 kW	25 m ³ /h Person
Projektbereiche	Marktplatz, Herz der Schule	Fußbodenheizung, Zuluft mechanisch.	1.730 m ²	35 kW	10 m ³ /h Person
Bibliothek	Schulbibliothek der Zukunft	Deckenheizung, Zuluft mechanisch, Volumenstromregelung nach CO ₂ .	240 m ²	7 kW	25 m ³ /h Person
Cafeteria, Lehrküche	Cafeteria, Lehrküche	Fußbodenheizung, Zuluft mechanisch.	300 m ²	6 kW	Separate RLT-Anlage für Speisenausgabe Cafeteria mit 25 m ³ /hPerson und RLT-Anlage für Küche* mit ca. 2.500 m ³ /h.
Sammlung	Sammlung Fachunterricht	Fußbodenheizung, Abluftraum.	430 m ²	8 kW	
Lager	Lager, Archiv, Abstellraum, Raumpflegeraum	Teilweise Fußbodenheizung, Abluftraum.	520 m ²	10 kW	
Sanitär	WCs, Behinderten-WCs, Duschen-Lehrer	Fußbodenheizung, Abluftraum.	600 m ²	12 kW	
Verkehrsfläche	Verkehrsflächen	Teilweise Fußbodenheizung, Abluftbereiche.	3.300 m ²	17 kW	
Technikfläche	Technikflächen	Teilweise Fußbodenheizung, Abluftbereiche.	1.700 m ²	8 kW	
		Summe	15.490 m²	309 kW	

* Ansatz: 10-fache Luftwechselrate (Abschätzung für Ausschreibung), Luftmengen sind nach konkreter Planung Lüftungskonzept Küche gemäß Küchenausstattung nach VDI 2052 anzupassen.



AUSLEGUNG HEIZUNG, LÜFTUNG, PHOTOVOLTAIK UND ENERGIEBEDARFSBERECHNUNG

Grobauslegung zentrale Technik: Raumluftechnik, Wärmepumpen und Energiebedarf

Grobauslegung: RLT-Anlage mit Heiz- und Kühlfunktion, Wärme- und Kälterückgewinnung, ohne Befeuchtung

Volumenstrom mit GLZ = 1	mittlere GLZ	Volumenstrom mit mittlerer GLZ
69.000 m³/h	0,55	37.000 m³/h
Leistung Luftheritzer/Luftkühler	WRG- Rückwärmezahl	Zulufttemperatur
110/100 kW	0,8	21 °C, konstant
Heiz-/Kühlleistung Luft/Luft-Wärmepumpen	Kältemittel	Art
mindestens 110/100 kW	gemäß F-Gase VO	Luft/Luft-Wärmepumpen in RLT-Zuluftteil integriert

Grobauslegung: Wärmeerzeugung aus Luft/Wasser-Wärmepumpen

Heizleistung Wärmepumpe – Grobauslegung	Art	Temperaturniveau Auslegung
310 kW	Luft/Wasser-Wärmepumpen	35/30 °C (VL/RL), keine Warmwasserbereitung
Anzahl Wärmepumpen für insgesamt 310 kW	JAZ (ca. Angabe)	Kältemittel
mindestens 3 (Redundanz)	4	gemäß F-Gase VO

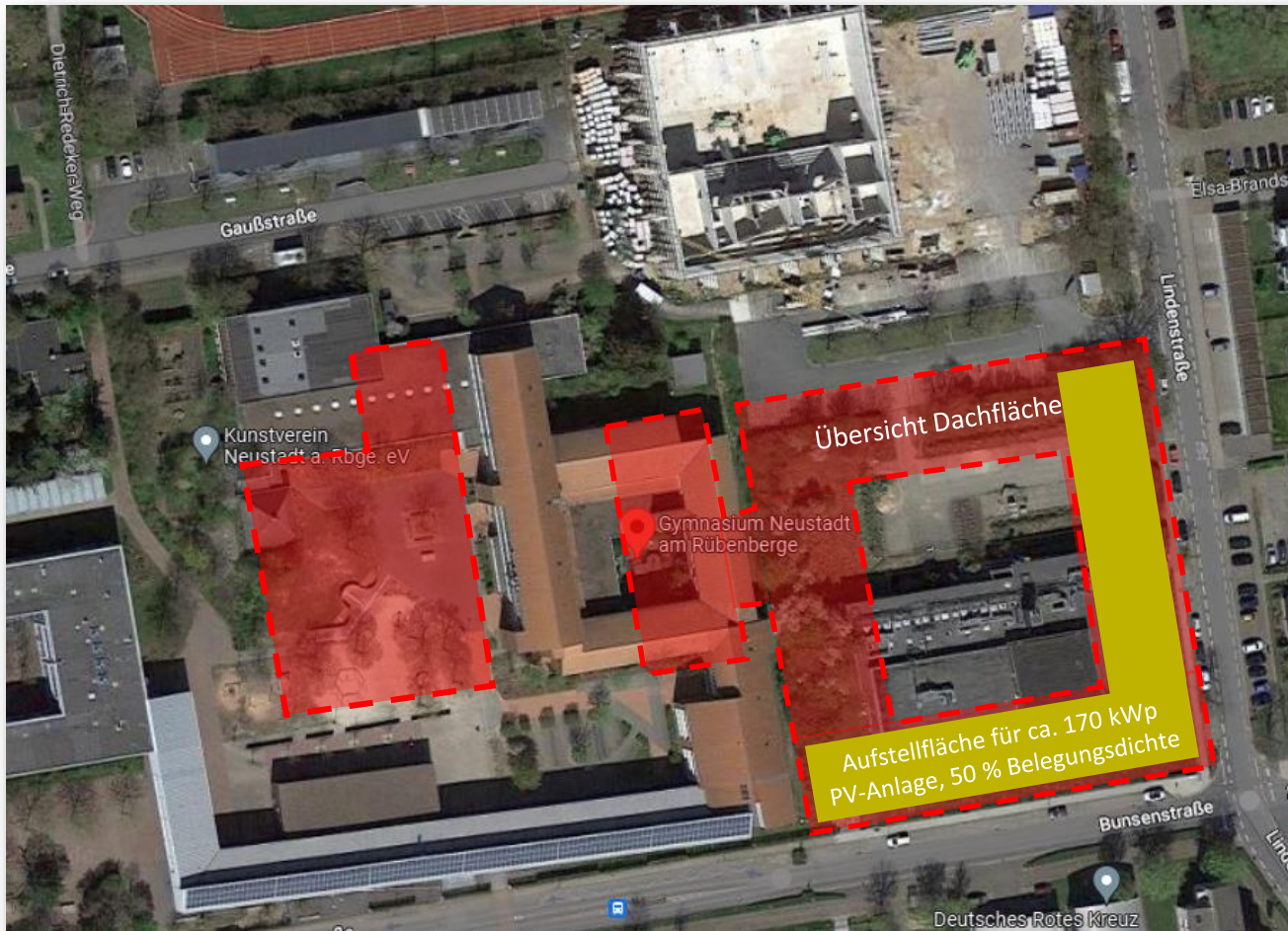
Überschlägige Berechnung jährlicher Energiebedarf Heizen (Heizung, Lüftung) und Kühlen (Lüftung)

Wärmebedarf Heizung	Wärmebedarf Lüftung	Kältebedarf Lüftung
170 MWh	75 MWh	40 MWh
Strombedarf TGA, Beleuchtung, Geräte	Strombedarf Warmwasserbereitung	Strombedarf Gesamt (inklusive Strom für Wärmepumpen)
60 MWh	30 MWh	170 MWh



ENERGIEVERSORGUNGSKONZEPT

Auslegung zentrale Technik: Photovoltaik-Anlage für eine bilanzielle Klimaneutralität



Grobauslegung: Photovoltaik-Dachanlage für Klimaneutralität (bilanziell)

PV-Stromertrag	Installierte Peak-Leistung	Benötigte Dachfläche 50 % Belegungsichte
170 MWh	170 kWp	2.400 m ²

PV-Modellrechnung

Zellenart	System-Verluste	Ausrichtung
kristallines Silizium	14 %	Südausrichtung, 35° Neigung, Dachaufstellung, keine Verschattungsverluste

Hinweis: Die Darstellung der PV-Dachflächenbelegung dient lediglich der Veranschaulichung der Größenordnung. Die genaue Verortung und Flächenbedarfe der PV-Module erfolgt im Rahmen der Planung. Es ist erkennbar, dass das PV-Dachflächenpotenzial noch weitaus größer ist als für den klimaneutralen Gebäudebetrieb. Zusätzlich kann die Dachfläche der im Norden angeordneten Sporthalle mit PV-Modulen versehen werden.



AGENDA

01 Energieversorgungsoptionen

02 Raumklimakonzeption

03 Auslegung Heizung, Lüftung, Photovoltaik und Energiebedarfsberechnung

04 Einflussgrößen Konzept auf DGNB Zertifizierung

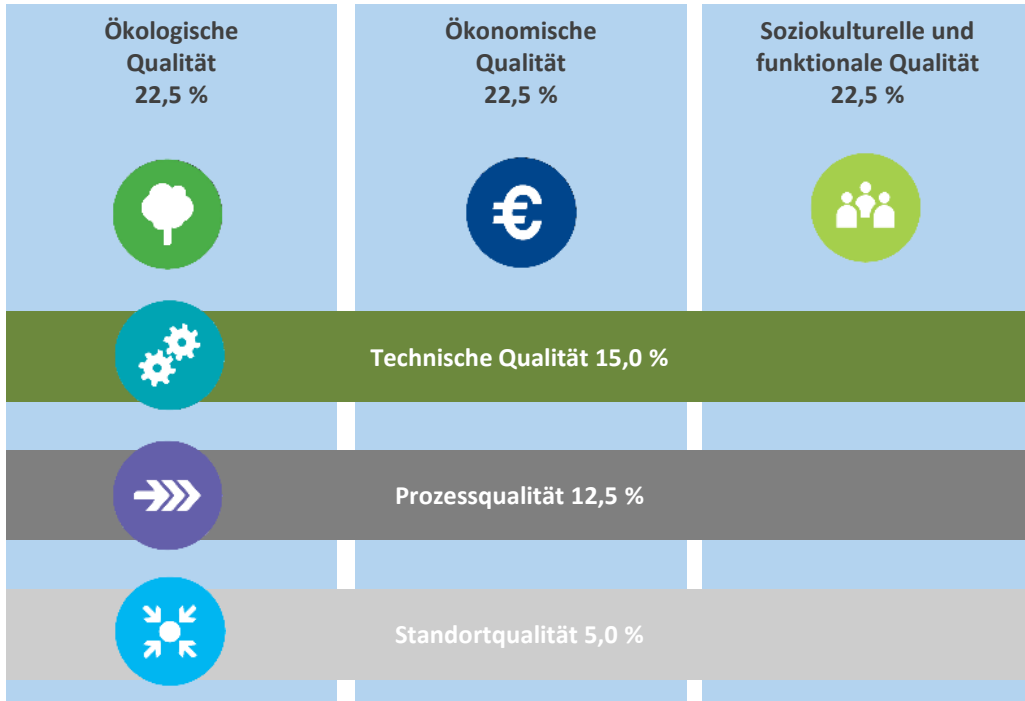


EINFLUSSGRÖßEN KONZEPT AUF DGNB ZERTIFIZIERUNG

Bewertungssystematik – Version 2018 (zu beachten: Update Version 2023 bevorstehend)



Hauptkriteriengruppen (HKG)



Bewertungsschema

Auszeichnung	Gesamterfüllungsgrad	Nebenanforderung
DGNB Platin	ab 80 %	mindestens 65 % in allen HKG
DGNB Gold	ab 65 %	mindestens 50 % in allen HKG
DGNB Silber	ab 50 %	mindestens 35 % in allen HKG



EINFLUSSGRÖßEN KONZEPT AUF DGNB ZERTIFIZIERUNG

Kriterienübersicht und Einflussfaktoren des Energiekonzeptes – Version 2018
(zu beachten: Update Version 2023 bevorstehend)



ÖKOLOGISCHE QUALITÄT

ENV 1.1	Ökobilanz des Gebäudes
ENV 1.2	Risiken für die lokale Umwelt
ENV 1.3	Verantwortungsbewusste Ressourcengewinnung
ENV 2.2	Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen
ENV 2.3	Flächeninanspruchnahme
ENV 2.4	Biodiversität am Standort

ÖKONOMISCHE QUALITÄT

ECO 1.1	Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus
ECO 2.1	Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit
ECO 2.2	Marktfähigkeit

SOZIOKULTURELLE UND FUNKTIONALE QUALITÄT

SOC 1.1	Thermischer Komfort
SOC 1.2	Innenraumluftqualität
SOC 1.3	Akustischer Komfort
SOC 1.4	Visueller Komfort
SOC 1.5	Einflussnahme des Nutzers
SOC 1.6	Aufenthaltsqualitäten innen und außen
SOC 1.7	Sicherheit
SOC 2.1	Barrierefreiheit

TECHNISCHE QUALITÄT

TEC 1.2	Schallschutz
TEC 1.3	Qualität der Gebäudehülle
TEC 1.4	Einsatz und Integration von Gebäudetechnik
TEC 1.5	Reinigungsfreundlichkeit des Baukörpers
TEC 1.6	Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit
TEC 1.7	Immissionsschutz
TEC 3.1	Mobilitätsinfrastruktur

PROZESSQUALITÄT

PRO 1.1	Qualität der Projektvorbereitung
PRO 1.4	Sicherung der Nachhaltigkeitsaspekte in Ausschreibung und Vergabe
PRO 1.5	Dokumentation für eine nachhaltige Bewirtschaftung
PRO 1.6	Verfahren zur städtebaulichen und gestalterischen Konzeption
PRO 2.1	Baustelle/Bauprozess
PRO 2.2	Qualitätssicherung der Bauausführung
PRO 2.3	Geordnete Inbetriebnahme
PRO 2.4	Nutzerkommunikation
PRO 2.5	FM-gerechte Planung

STANDORT QUALITÄT

SITE 1.1	Mikrostandort
SITE 1.2	Ausstrahlung und Einfluss auf das Quartier
SITE 1.3	Verkehrsanbindung
SITE 1.4	Nähe zu nutzungsrelevanten Objekten und Einrichtungen



EINFLUSSGRÖßEN KONZEPT AUF DGNB ZERTIFIZIERUNG

Wesentliche Einflussfaktoren des Energie- und Raumklimakonzeptes auf die DGNB Zertifizierung für Neubau Bildungsbauten

Kat.	Kriterium	Indikator	Max Einfluss auf Punktevergabe 100 %	Potential zur Erreichung
ENV1.1	3. Einfluss des Energiekonzeptes auf die Gebäudeökobilanz.	Ökobilanzierung des Gebäudes: Anteilige Punktevergabe in Bezug auf die CO ₂ -Emissionen im Betrieb.	3 %	Hohes Potenzial
	4. Agenda 2030 Bonus – Klimaschutzziele.	Klimaneutral betriebenes Gebäude... Die Erzeugung von erneuerbarer Energie am Standort ermöglicht einen klimaneutralen Betrieb mit einer ausgeglichenen CO ₂ -Bilanz.	1,9 %	Hohes Potenzial
ECO1.1	3. Gebäudebezogene Kosten über den Lebenszyklus.	Ermittlung und Vergleich der gebäudebezogenen Kosten über den Lebenszyklus.	8 %	Hohes/Mittleres Potenzial
SOC1.1	1. Operative Temperatur Raumlufttemperatur Heizperiode & Kühlperiode.	Einhaltung der Anforderungen nach ASR und Einhaltung der Kriterien in Anlehnung an DIN EN 15251 Kategorie I/II/III.	2,4 %	Hohes Potenzial



EINFLUSSGRÖßEN KONZEPT AUF DGNB ZERTIFIZIERUNG

Wesentliche Einflussfaktoren des Energie- und Raumklimakonzeptes auf die DGNB Zertifizierung für Neubau Bildungsbauten

Kat.	Kriterium	Indikator	Max Einfluss auf Punktevergabe 100 %	Potential zur Erreichung
SOC1.5	6. Einflussnahme des Nutzers bzw. Regelungsautomatismen	Komfortsteigerung der Nutzer durch Lüftung, Sonnenschutz, Raumtemperaturen (Sommer/Winter), Kunstlichtregelung.	1,8 %	Hohes Potenzial
TEC1.3	Qualität der Gebäudehülle	z. B. Wärmedurchgang, Wärmebrücken, Luftdichtheit, sommerlicher Wärmeschutz.	3,2 %	Hohes Potenzial
TEC1.4	1. Passive Gebäudetechnik-konzepte	Planung und Umsetzung passiver Gebäudetechnikkonzepte (z. B. Ausrichtung, Kompaktheit Baukörper, Solare Wärmegewinne, Sonnenschutz, passive Kühlung (z. B. Nachtlüftung)) zur Reduktion des Primärenergiebedarfes	0,7 %	Hohes Potenzial
	2. Systemtemperaturen Heizen und Kühlen	Auslegung der Systemtemperaturen Heizen und Kühlen auf günstigen Temperatur-niveaus.	0,3 %	Hohes Potenzial
	4. Integrierte Systeme	Ganzheitliche, bedarfsgerechte Energiekonzeptionierung zur wirtschaftlichen Nutzung lokaler regenerativer Energiequellen, Umsetzung in ein übergeordnetes System (z. B. Gebäudeautomation).	1 %	Hohes Potenzial

ERFOLGREICHE GEBÄUDE

LEBENSWERTE STÄDTE

RENDITESTARKE PORTFOLIOS

LEISTUNGSFÄHIGE INFRASTRUKTUR

ZUKUNFTSWEISENDE BERATUNG



DREES &
SOMMER