

Öffentliche Gebäude im Passivhausstandard



Neubau Kita in Güsten in Passivhausbauweise



Wernigerode, den 02.12.2014
Dipl.-Ing. (TU) Thomas Wahlbuhl



Beruflicher Werdegang / Erfahrungen

- 1982 – 1984 Lehre als Installateur
- 1983 - 1985 Abitur am Abendgymnasium
- 1984 - 1986 Facharbeiter / Montage / NVA
- 1988 – 1993 Studium an der TU Dresden TGA
- 1993 – 1995 Projektingenieur in ausführender Firma
- 1995 – 2007 Planer – Projektleiter im Planungsbüro M+M AG
- seit 2008 eigenes Ingenieurbüro PBW
- 2008 – 2010 Mitarbeit an Forschungsprojekt an der Bauhaus Universität Weimar
Erarbeitung e-learning Kurs für die EnEV für den Bereich Bauphysik

Aufbauqualifizierungen (Beispiele)

- Gebäude-Energieberater
- Anlagenplaner Regenerative Energieanlagen Uni Kassel
- Kommunaler Energieberater
- EEA-Berater

Besonderheiten öffentliche Gebäude

- sie dienen der Öffentlichkeit und sind für jedermann zugänglich - Beispiele: Museen, Rathäuser, Theater, Schulen, Bibliotheken, Krankenhäuser, Kita
- sie haben laut EnEV eine Vorbildfunktion
- sie werden immer gebraucht werden
- sie haben oft eine sehr lange Lebensdauer

**Rathaus Naumburg
seit 1408 (bzw. 1528)**



**Rathaus Wernigerode
seit 1227 (urkundlich erwähnt)**

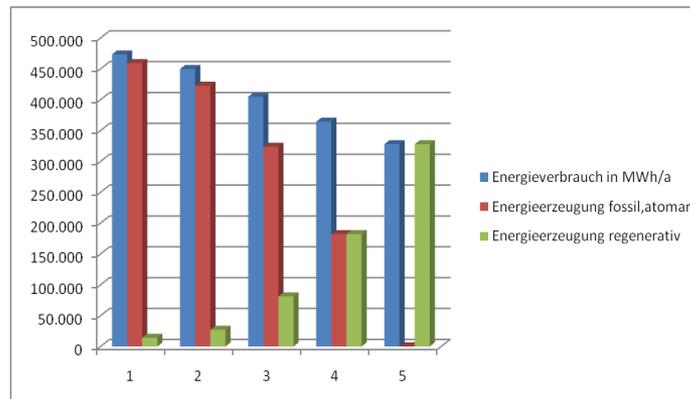




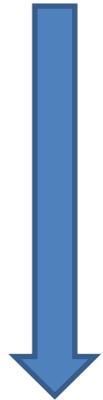
Politisches Ziel der EU – Gebäuderichtlinie

Alle Gebäude, die ab 2020 gebaut werden sollen fast keine konventionelle Energie mehr für Heizung, Warmwasser, Lüftung und Kühlung benötigen.

Der verbleibende geringfügige Restenergiebedarf soll aus erneuerbaren Energien – möglichst am oder in der Nähe des Gebäudes erzeugt – gedeckt werden. Dies bedeutet, dass das Gebäude oder das Grundstück den Energiebedarf möglichst ganz oder teilweise aus regenerativen Energien selbst erzeugt.



Energieeinsparung



Wärmeschutzverordnung 1995

Energieeinsparverordnung (EnEV) 2002 – 2012

Ziel 2020: Neubauten als Null- oder Plusenergiegebäude

Ziel 2050: Klimaneutraler Gebäudebestand

Passivhaus



Energieerzeugung Energiespeicherung

- **1. Ziel:** sowenig wie möglich Energie bzw. Treibstoff verbrauchen (Passivhaus, 3-Liter-Auto)
- **2. Ziel:** benötigte Restenergie so umweltfreundlich wie möglich verbrauchen bzw. selbst erzeugen (Null- und Plusenergiehaus, Hybridauto, Elektroauto....)



Argumente pro Passivhaus / Plusenergiehaus

Begrenztheit fossiler
Energieträger

Verteuerung fossiler
Energieträger

Klimaveränderung
durch Treibhausgase

Energetische Innovationsbausteine für das Förderprogramm STARK III – Kombination verfügbarer Gebäude bezogener Energie- und Baukörper Technologien zu einem Netz und Speicher kompatiblen Gebäudekraftwerk:

„Sachsen-Anhalt: Das KRAFTWERK SCHULE macht Schule“

Pilotprojekte Passiv- und Plusenergiegebäude

- Evangelische Sekundarschule in Haldensleben
- Grundschule/ Hort „Am Regenstein“ in Blankenburg/ Harz
- Kindertageseinrichtung „KITA Wirbelwind“ in Halle (Saale)
- Grundschule/ Hort „Bergschule“ in Weißenfels
- Mensa Gymnasium „Dr. Frank“ in Staßfurt
- Schulsporthalle Gymnasium „Dr. Frank“ in Staßfurt
- Aula Schulzentrum Ascaneum-Standort 2 in Aschersleben
- Kindertageseinrichtung/ Hort „Güst'ner Spatzen“ in Güsten
- Hort Querfurt an der Grundschule in Querfurt

Sachsen-Anhalt STARK III
geförderte Projekte in 2007-2013





- **Brennstoffzellen**
- **Gebäudeintegrierte Kleinwindräder**
- **Elektrospeicher**
- **Hinterlüftete Photovoltaik-Dachdeckungen zur Strom- und Wärmeerzeugung direkt oder mittels Luft-Wasser-Wärmepumpe (Solare Kraft-Wärme-Kopplung)**
- **Kühlung mit regenerativer Wärme**
- **Solarthermie mit Wärmespeicherung unter der Bodenplatte (Langzeitspeicher) und Wärmepumpe**
- **Wärmepumpe mit Erdsonden**
- **Photovoltaik mit Elektrospeicher**



Ästhetik

sommerlicher
Wärmeschutz

Schutz vor Wettereinflüssen

Lichteinfall



winterlicher
Wärmeschutz

umweltverträgliches, langlebiges Baumaterial



Maximaler Heizwärmebedarf = 15 kWh/m²a

Passive Solarnutzung

U-Werte 0,15 und besser



möglichst aktive
Solarenergienutzung

wärmebrücken-
freie Bauweise

Lüftung mit WRG

Luftdichtigkeit

Passivhaus-Kita in Wustrow / Ostsee

Primärenergieverbrauch für Heizung, Warmwasserbereitung,
Lüftung und Haushaltsstrom max. 120 kWh/m²a



Das Passivhaus (oder Aktivhaus)

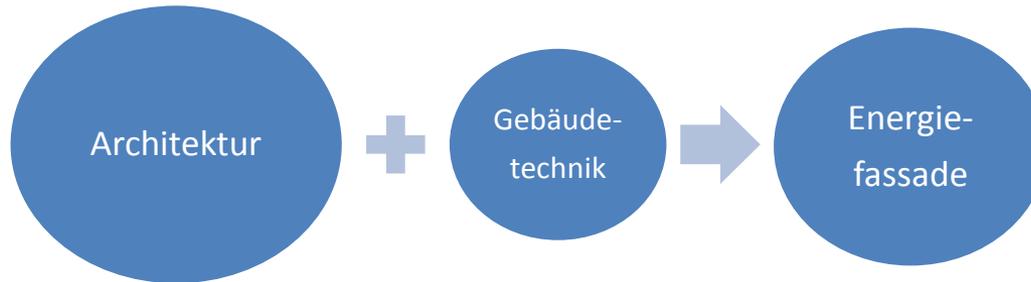
- soll der Inbegriffe für behagliches Wohnen, Arbeiten und Lernen werden
- soll der Inbegriff für geringste bzw. keine Energiekosten bei Gebäuden werden
- soll aus langlebigen energiearmen und umweltfreundlich hergestellten Material bestehen



Mögliche Probleme zur Erfüllung des Passivhausstandards in der Stadt:

- Verschattung durch Bäume und Nachbarbebauung
- keine Südausrichtung
- aktive Nutzung von thermischer Solarenergie (z.B. bei Verschattung, Auflagen, Dachbelegungen)
- Zwang zur kontrollierten Wohnungslüftung
- Vorbehalte gegen Wärmedämmung





- **Fassade (Gebäudehülle) und Untergrund als Energieerzeuger und Energiespeicher**
- Fassade vom Tragwerk trennen??
- energetisch günstige Ausrichtung und Flächenverhältnisse

Einfache und beherrschbare technische Systeme

Fassade als Energieerzeuger heute

- Relativ selten
- Optik oft fragwürdig
- wenig ansprechende Beispiele



**Enormes bisher ungenutztes
energetisches Potential**



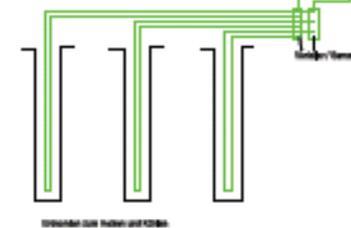
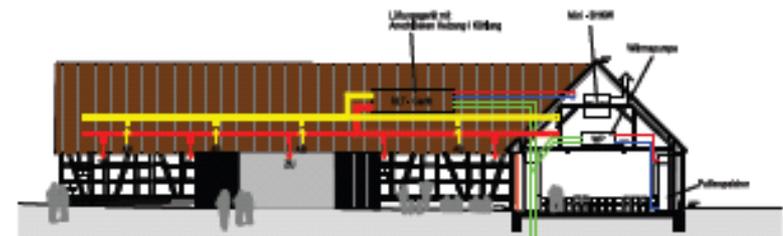
Herausforderung an die Ästhetik



Zwei Bereiche  ein Ziel:

Energetisch wirksame und ansprechende Fassaden

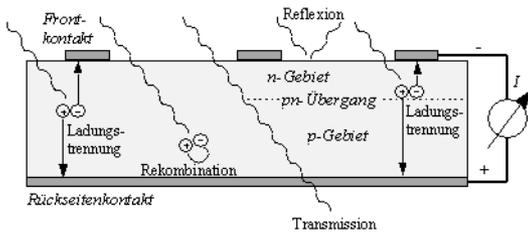
Hoher Abstimmungsbedarf zwischen Architektur und Gebäudetechnik bzw. Baugewerken und technischen Gewerken (gemeinsame Sprache finden)



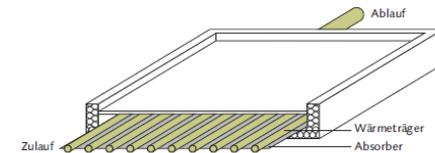
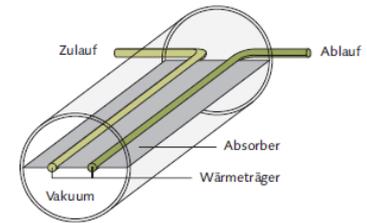
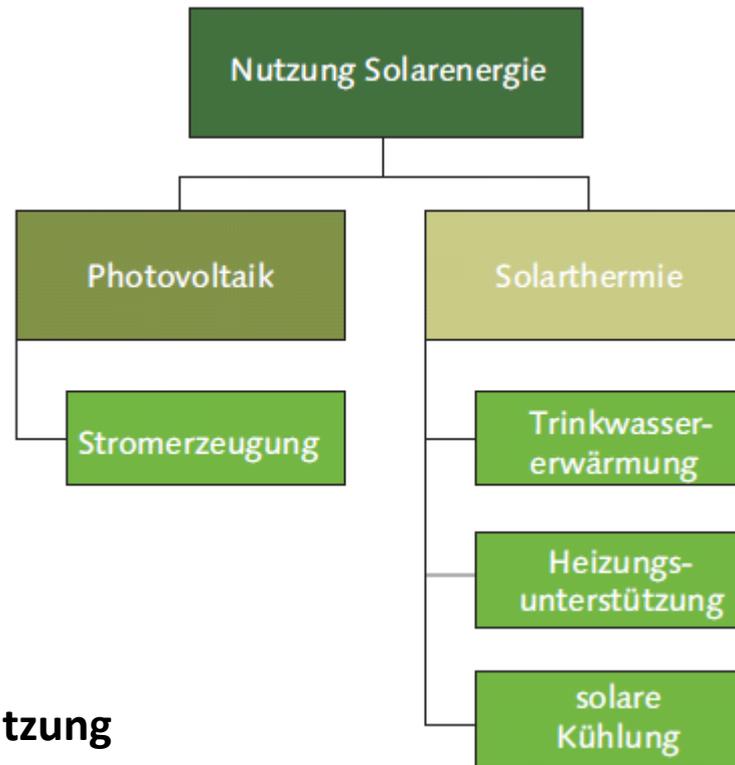
Fachbereich
Bauphysik / TUM / München

Wettbewerb Sonnefeld (Bayern) - k.u.g. Architekten München + PBW Naumburg

Größtes energetisches Potential der Fassade: Solarenergie

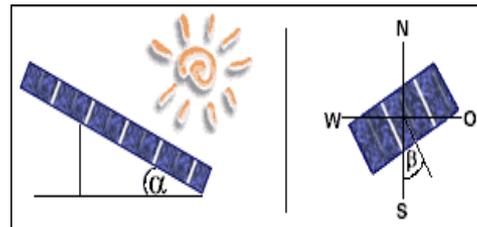
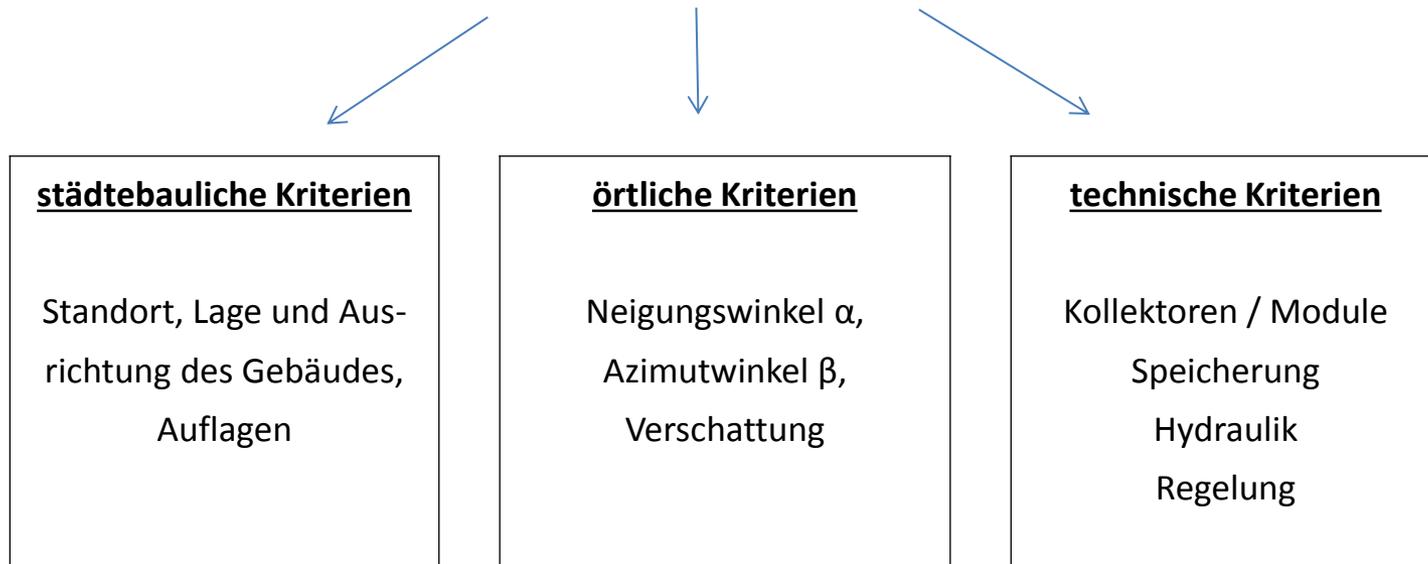


- Passive Solarenergienutzung
- Wärmespeicherung



Kriterien für die Solarenergienutzung

Auslegung Solarsysteme



Solarkonstante = 1.367 W/m²

bei mittlerem Abstand Erde–Sonne ohne den Einfluss der Atmosphäre

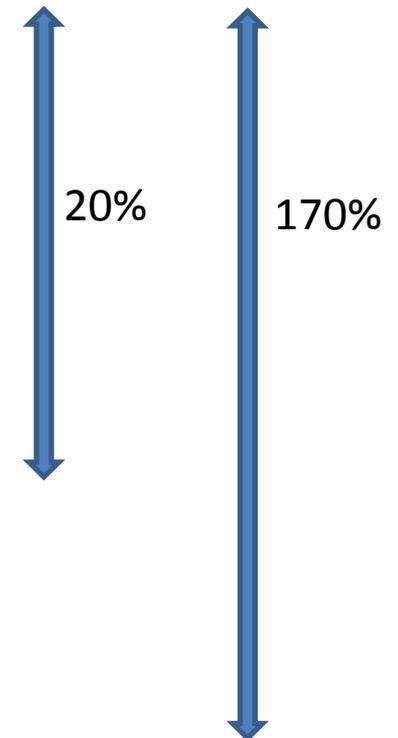
Strahlungsleistung der Sonne in der Mittagszeit			
Wetter	Globalstrahlung in W/m ²	Anteil diffuse Strahlung	Anteil direkte Strahlung
klar, unbewölkt	800 - 1000	ca. 10%	ca. 90%
dunstig	600 - 900	10 - 50%	50% - 90%
neblig, Herbst	100 - 300	100%	0%
trüb, Winter	50-70	100%	0%
Jahresdurchschnitt	ca. 600	50 - 60%	40-50%

Maximum: 1.000 W/m²

Globalstrahlung: direkte und diffuse Strahlung

Mittlere Jahressummen der Globalstrahlung 1981 - 2010

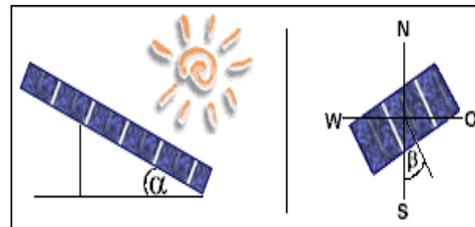
Hamburg	949 kWh/m ²
Leipzig	1.004 kWh/m ²
Berlin	1.011 kWh/m ²
Rostock	1.036 kWh/m ²
Frankfurt a.M.	1.048 kWh/m ²
Durchschnitt BRD	1.055 kWh/m² (ca. 1.000 kWh/m²)
Aachen	1.062 kWh/m ²
Freiburg i.B.	1.129 kWh/m ²
Paris	ca. 1.500 kWh/m ²
Südspanien	ca. 2.000 kWh/m ²
Sahara	ca. 2.550 kWh/m ²



Solarenergie: Ausrichtungsfaktoren

Azimut	West 90°	WSW 67,5°	SW 45°	SSW 22,5°	Süd 0°	SSO -22,5°	SO -45°	OSO -67,5°	Ost -90°
Neigung									
0°					0,90				
15°	0,90	0,93	0,96	0,97	0,98	0,98	0,97	0,95	0,92
30°	0,86	0,91	0,96	0,98	1,00	0,99	0,97	0,92	0,88
45°	0,80	0,87	0,92	0,95	0,97	0,96	0,94	0,89	0,82
60°	0,73	0,80	0,85	0,88	0,90	0,89	0,87	0,82	0,75
75°	0,63	0,70	0,75	0,78	0,80	0,79	0,77	0,72	0,65
90°	0,56	0,58	0,61	0,63	0,67	0,63	0,61	0,58	0,56

gelb	sehr gut geeignet
grün	gut geeignet
blau	bedingt geeignet
rot	weniger geeignet





Wirkungsgrade und Jahresertrag Solarsysteme

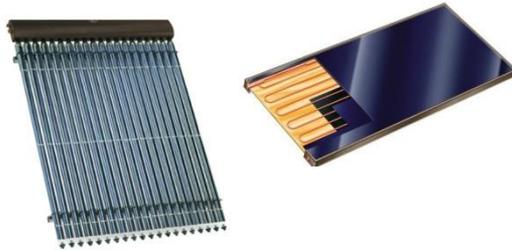
Einstrahlung 1.000 W/m²

Solarsystem

Wirkungsgrad

Jahresertrag

Solarthermie



70-80%

bis 800 kWh/m²a

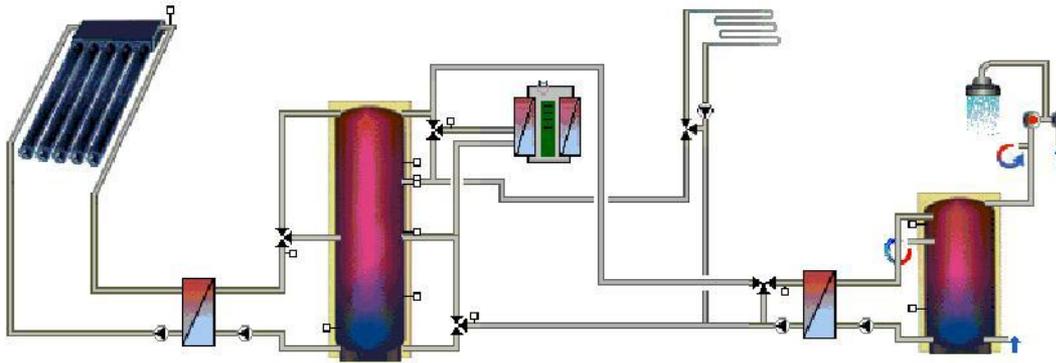
Photovoltaik



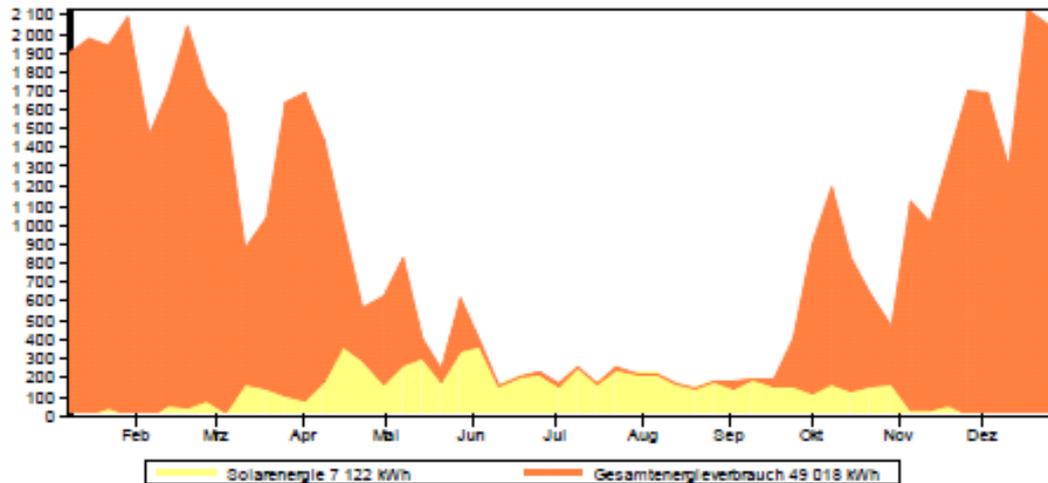
12-20%

bis 120 kWh/m²a

Sunmodule Protect | Vorder- und Rückseite



Anteil der Solarenergie am Energieverbrauch



Solarthermie

Momentan übliche Heizung mit Solaranlage zur Warmwasserbereitung und Heizung an einem Wohngebäude in EnEV-Standard

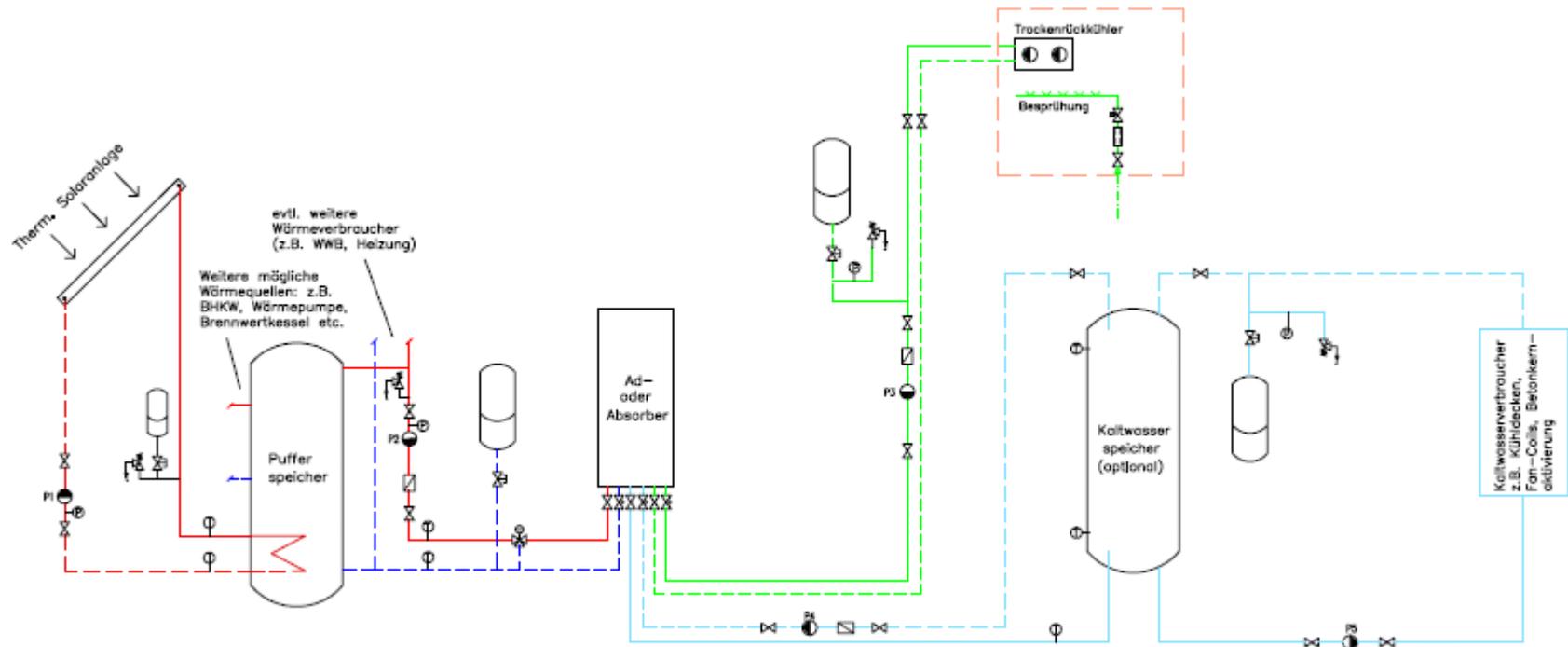
Solarer Deckungsgrad

WWB: ca. 60%

Heizung: ca. 10%

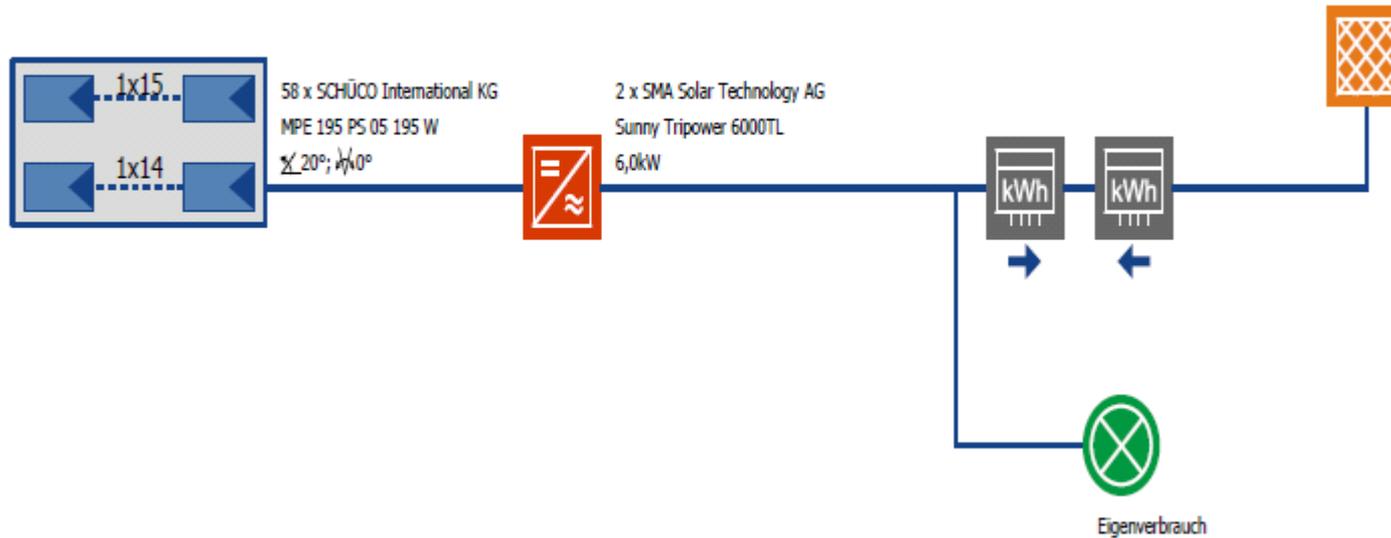
Planungsansätze – Solare Kühlung

Große Übereinstimmung zwischen solarem Angebot und Nachfrage nach Kühlung



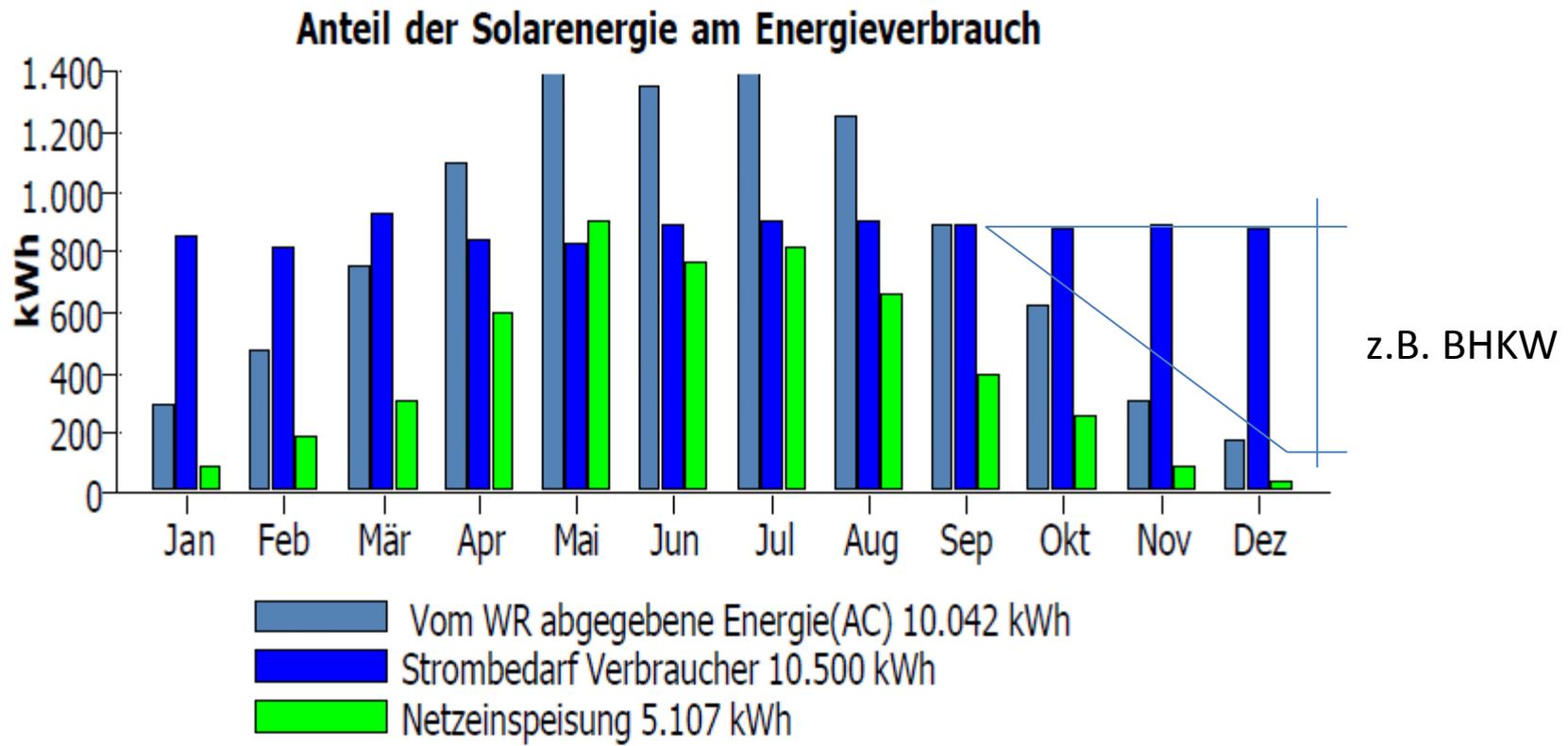
Aufgabenstellung für die Kita:

Erzeugter Solarstrom soll dem Jahresstromverbrauch des Gebäudes entsprechen



Ergebnis Kita:

Erzeugter Solarstrom / eingespeister Solarstrom





Solaranlagen als Energieerzeuger und Sonnenschutz



Wohnhaus bei Berlin

Energiefassaden - Stromerzeugung



Nutzung der PV-Anlage als Komplett-Dach
Solarsiedlung Freiburg

BIPV - Building Integrated Photovoltaic (Gebäudeintegrierte Photovoltaik)



Photovoltaik-Fassade in Bolanden
Firmensitz Fa. Juwi



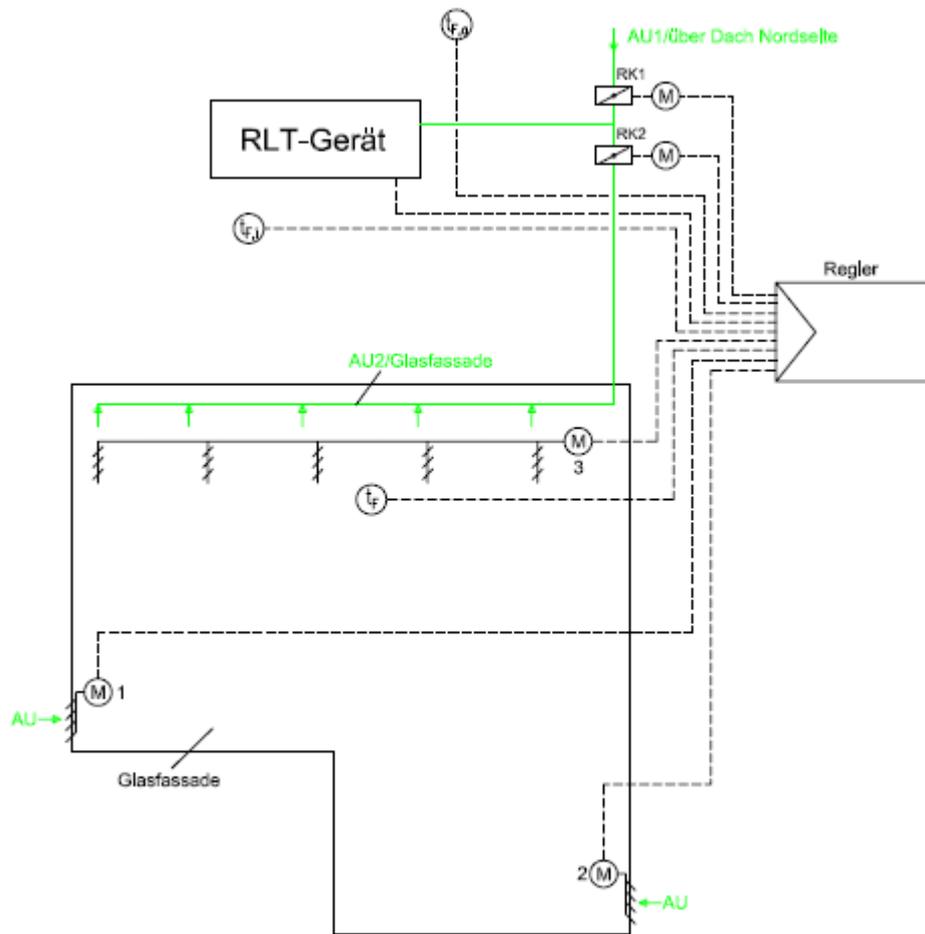
Semitransparente Module am
Hauptbahnhof Berlin



Thermische Solaranlage an einem Einzeldenkmal

Ehemalige königliche Schrotfabrik in Freiberg

Beispiele Energiefassaden



Mehrkosten Regelung / ELT:
6.000 € (incl. Sommerregelung
der Fassade)

Mehrkosten Lüftung:
1.000 €

Regelkonzept Glasfassade Architektur- und Umwelthaus Naumburg

Gebäudeintegrierte Kleinwindkraft

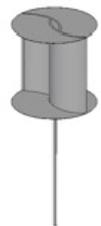
Kleinwindkraft

- ist wie die PV für jeden nachvollziehbar und erfahrbar
- bei günstigem Standort geeignet, regenerativen Strom für den Eigenbedarf vor Ort zu erzeugen, ggf. in Verbindung mit einer PV-Anlage oder einem Blockheizkraftwerk einen eigenen Mini-Strommix zu schaffen
- Kleinwindanlagen im urbanen Gebiet müssen bei geringen Windgeschwindigkeiten – ab 2 m/s – beginnen Strom zu erzeugen und leise sein

Hürden: - baurechtliche Genehmigungen, keine einheitliche Rechtslage der Länder, Baugenehmigung wird benötigt

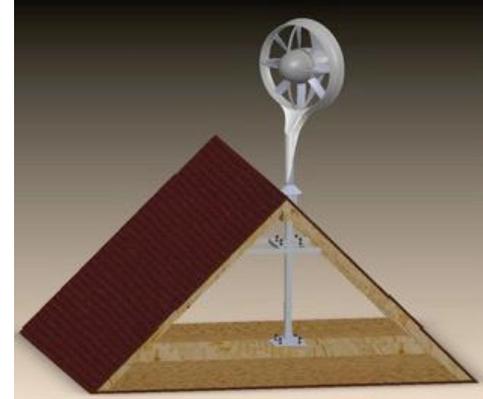


- geringe Einspeisevergütung (wie große Windkraftanlagen 8...9 ct/kWh)



- höhere Investitionskosten als die Photovoltaik (3.000-3.500€/kW gegenüber 1.400 – 1.600 €/kWp)

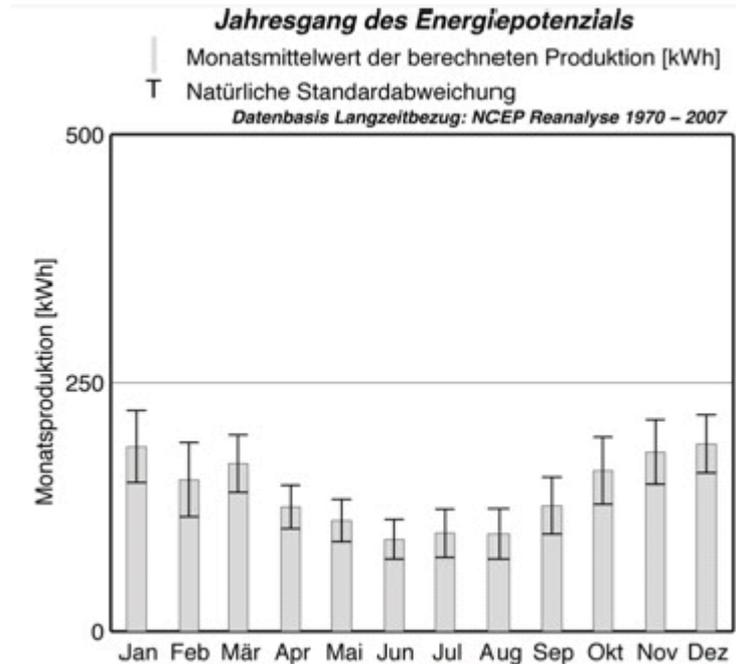
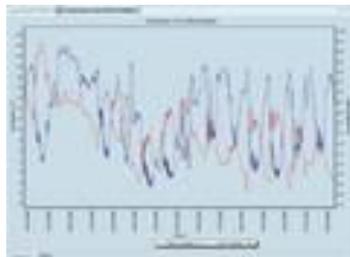
- Lärmbelästigung





Planungsempfehlung:

Messung der Windgeschwindigkeiten mittels Windmessgerät 1/2 Jahr oder länger
Überprüfung der Resultate



Gebäudeintegrierte Kleinwindkraft



Kleinwindanlage in Bad Saarow
Brandenburg



Kleinwindanlage in Leipzig



Fassade mit Mikroalgen als Wärmeproduzenten

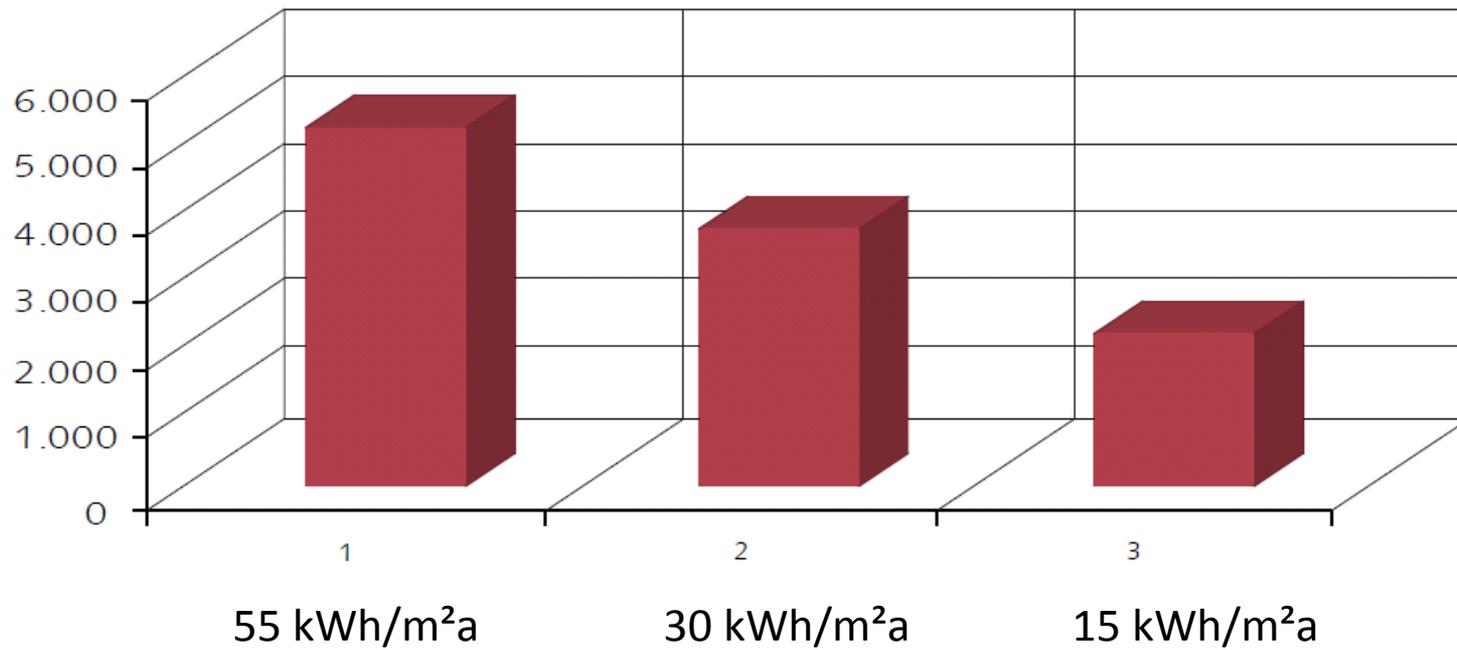


IBA-Gebäude in Hamburg



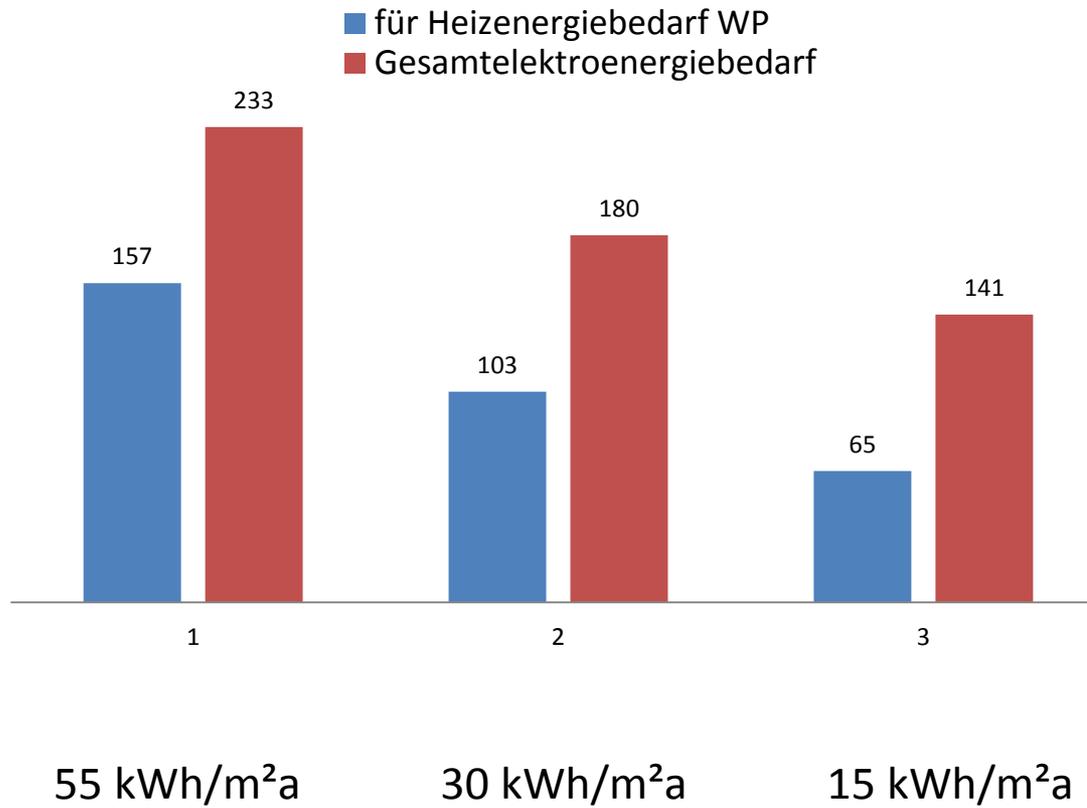
Abhängigkeit Stromverbrauch der Wärmepumpe vom Energiestandard des Gebäudes

Jährlicher Stromverbrauch der Wärmepumpe





Leistung und Größe der PV-Anlage in Abhängigkeit von der Leistung der Wärmepumpe



Projekt Neubau Kita Güsten

Nutzung von **Solarthermie** für die Wärmeversorgung als Hauptprimärenergie, **Photovoltaik** für die Stromerzeugung

Die Solarenergie wird in diesem Projekt auf vierfache Art thermisch genutzt:

- Direkt zur Warmwasserbereitung über den Warmwasserspeicher
- Direkt zur Heizungsunterstützung über den Pufferspeicher der Heizung
- Als Antriebsenergie auf der Sekundärseite der Wärmepumpe, d.h. Solarkreislauf und Solekreislauf sind miteinander verbunden. Sobald der Solarkreislauf eine höhere Temperatur aufweist als der Solekreislauf der Erdkollektoren wird die Wärmepumpe mit einer höheren Antriebstemperatur und damit mit einer besseren Leistungszahl betrieben
- Überschüssige thermische Solarenergie im Sommer wird unter der Bodenplatte eingespeichert und wird in der Heizperiode als Antriebsenergie für die Wärmepumpe genutzt
- Elektrisch: Photovoltaik zur Eigenstromversorgung des Gebäudes

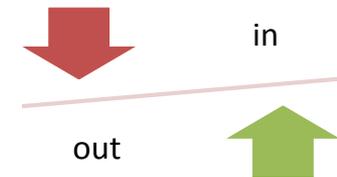




Pilotprojekt Kita Güsten: Energetisches Ziel Nullenergiegebäude

Zielstellung: Gebäude soll über das Jahr gesehen in etwa genauso viel Energie erzeugen, wie es selbst verbraucht.

Energiestandard:	Passivhausstandard
Dachflächen:	Energieerzeuger für: <ul style="list-style-type: none">- Solarthermie / Dach Technikzentrale- Photovoltaik / Dach Gebäude, tlw. Fassade
Wärmeerzeugung:	Solarkollektoren, Sole-Wasser-Wärmepumpe
Wärmespeicher:	Untergrund unter der Bodenplatte (Saisonalspeicher)
Stromspeicher:	elektrische Batterien (Tagesspeicher)



Gebäudehülle als Kraftwerk
größtmögliche Energieautarkie

Erdsondenspeicher / Solarthermie / Wärmepumpe / PV



Dachbelegung mit Solarthermie / Photovoltaik



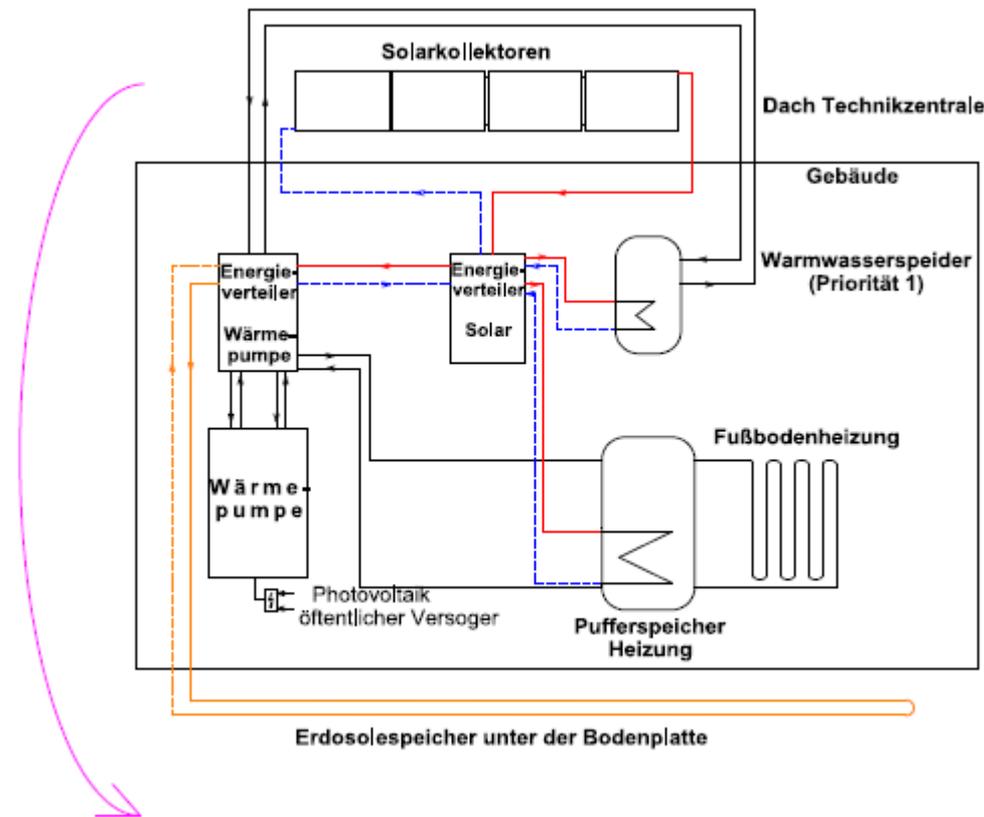
Technikzentrale mit Wärmepumpe, Speichern, Regelung und Lüftungsgerät



Lüftungsgerät mit
hocheffizienter WRG



Kita Güsten



Sommerfall:

Beladung Erdspeicher

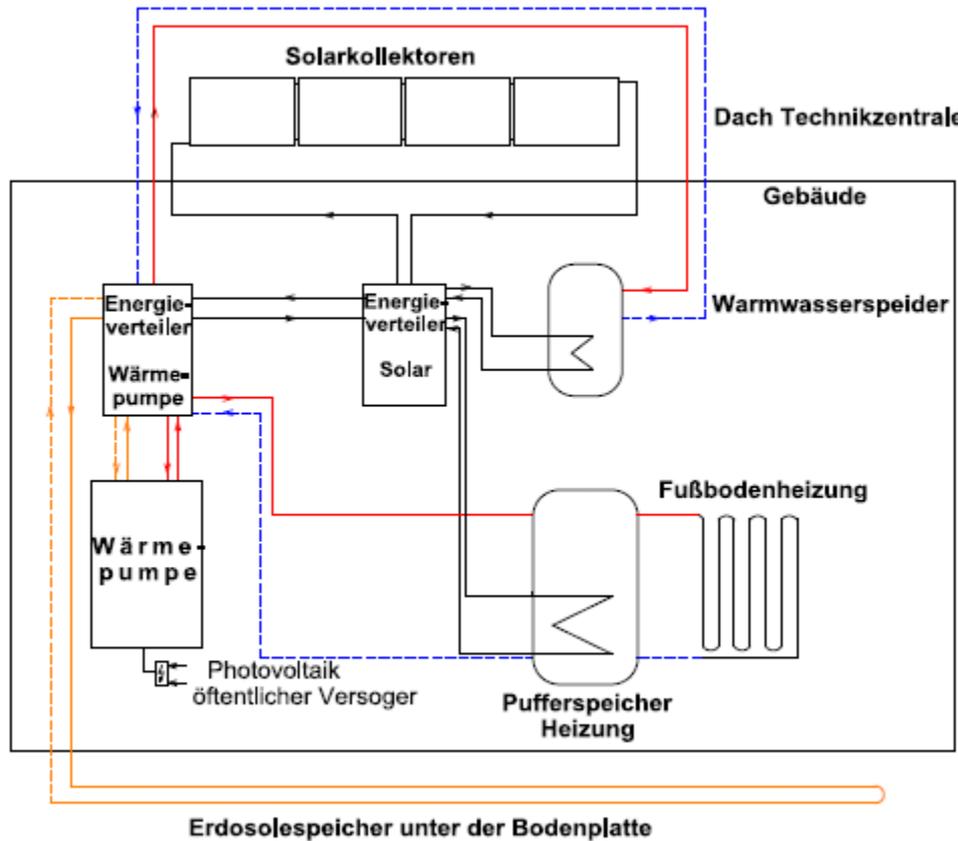
„vom Kopf zu den
Füßen“

Solaranlage versorgt:

- Warmwasserbereiter
- Pufferspeicher
- Erdsolespeicher unter der Bodenplatte, Aufheizung auf ca. 25-30°C



Kita Güsten



Winterfall:

**Entladung
Erdspeicher**

„von den Füßen
ins Innere“

Wärmepumpe
entzieht ge-
speicherte
Wärme aus dem
Untergrund



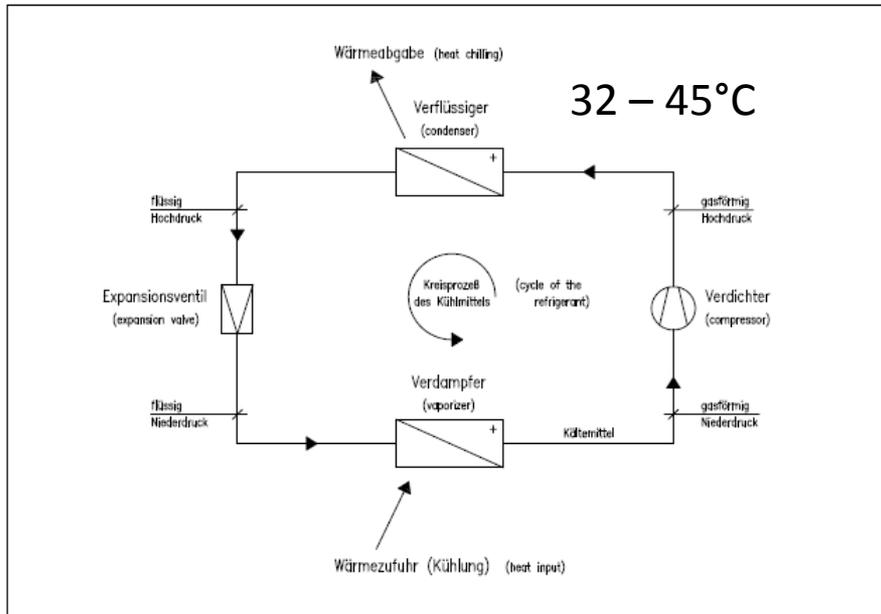
Kita Güsten: erwartete Ergebnisse Wärmeversorgung

- ca. 30% direkte solare Deckung für Warmwasserbereitung und Heizung
- ca. 70% indirekt über Wärmepumpe und Erdspeisespeicher
- Jahresarbeitszahl Wärmepumpe: ≈ 5 (im Wärmepumpenbetrieb)
- insgesamt: ca. 85% Umweltenergie
ca. 15% Hilfsenergie (zum Teil über Photovoltaik abgedeckt)

Forschungsbedarf: Kombination von Solarthermie + Wärmepumpe + Energiespeicher am Baukörper

Weitere Anwendungen

Anwendung von Langzeitspeichern für Abwärme von Kälteanlagen



Stromverbrauch für Kälte: 85.000 TWh/a
Kondensatorabwärme: 300.000 TWh/a

Beispiel: Bergschule Weißenfels

Sanierung auf Passivhausniveau

Heizenergieverbrauch: 25 kWh/m²a

Merkmale Sanierung:

Baulich

- Dreifachverglasung
- Dämmung Dach und FB Keller
- Innendämmung Außenwände

technisch

- Wärmepumpe mit Erdsonden zum Heizen und Kühlen
- Lüftung mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung
- Lüftungsregelung nach CO₂-Gehalt



Beispiel: Gymnasium Stahnsdorf

Neubau Schule mit Zweifeldsporthalle

Heizenergieverbrauch: 15 kWh/m²a

Merkmale

Baulich

- U-Werte für Passivhausniveau
- Optimale passive Solarnutzung

technisch

- Photovoltaikanlage
- Pelletkessel mit thermischer Solaranlage
- Lüftung mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung mit Lufterwärmung über Erdkollektoren



*Planer TGA: Günther Ingenieure
Dresden*

Herzlichen Dank für die Einladung nach Wernigerode



Dipl.-Ing. (TU) Thomas Wahlbuhl
PBW – Planungsbüro Wahlbuhl
Jakobsring 3, 06618 Naumburg (Saale)
th.wahlbuhl@pbw-nb.de
Tel: 03445 / 2614-730

