



# Solarenergie zur Wärmeversorgung von Gebäuden am Beispiel des Newton-Projektes, Berlin Adlershof

**Prof. Dr.-Ing. Lars Kühl**

Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, EOS – Institut für energieoptimierte Systeme  
Salzdahlumer Str. 46 - 48, D – 38 302 Wolfenbüttel

**Innovative Wärmetechnologien für Industrie- und Gewerbestandorte**  
**4. Technologietour Berlin Adlershof am 14.04.2016**  
im Rahmen des Projektes „Energiestrategie Berlin-Adlershof 2020“  
Erwin Schrödinger-Zentrum Adlershof, Rudower Chaussee 26, 12489 Berlin

Gefördert durch:



AZ 31562-25



## Fakultät Versorgungstechnik in Wolfenbüttel

- Zur Fakultät Versorgungstechnik an der Ostfalia Hochschule ehemals FH Braunschweig/Wolfenbüttel gehören das EOS (Institut für energieoptimierte Systeme) und das IBU (Institut für Biotechnologie und Umweltforschung)
- Die Fakultät in Zahlen:
  - 18 Professor/innen
  - 50 wissenschaftliche Mitarbeiter/-innen
  - 16 Labore
    - Im EOS finden sich für folgende Bereiche Labore: Angewandte Datenverarbeitung, Gas- und Verbrennungstechnik, Elektrotechnik und regenerative Energietechnik, Energie- und Kältetechnik, Heizungstechnik, Klimatechnik, Regelungstechnik und Gebäudeautomation, Sanitärtechnik, Strömungstechnik sowie Wasser- und Abwassertechnik.
  - 750 Studierende
  - Mehr als 20 Partnerunternehmen
- Zu den Studiengänge an der Fakultät gehören die Bachelorstudiengänge Energie- und Gebäudetechnik (EGT), Energie- und Gebäudetechnik im Praxisverbund (EGTiP), Bio- und Umwelttechnik (BEE) und die Masterstudiengänge Energiesystemtechnik und Netztechnik und -betrieb



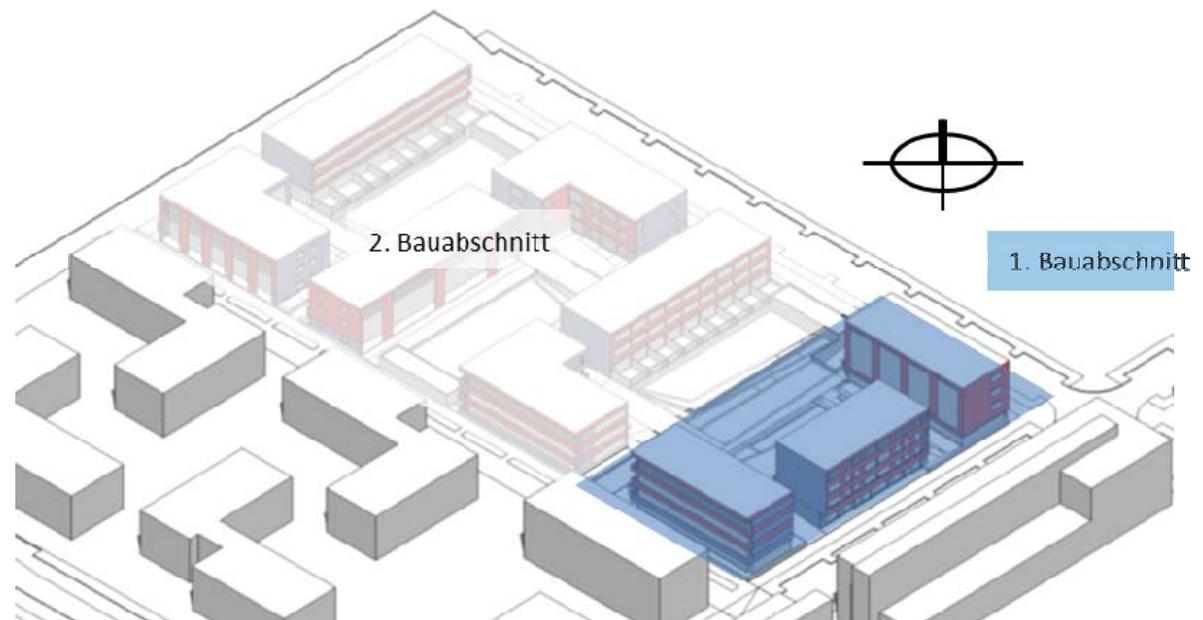


## Zielvorgaben für den 1. Bauabschnitt des Newton-Projektes

- Errichtung von drei Mehrgeschoss-Wohngebäuden mit 38 Wohneinheiten und ca. 3000 m<sup>2</sup> Wohnfläche
- Umsetzung der Wohneinheiten über eine Baugruppe – Integration der Baugruppe in die Konzeptentwicklung / Planung
- Umsetzung der Wohngebäude im Passivhaus-Standard
- Untersuchung von Varianten einer zentralen und dezentralen Versorgung für die Erreichung eines Plus-Energie-Standards
- Bewertung der Varianten nach wirtschaftlichen, energetischen und ökologischen Kriterien

Die beiden Bauabschnitte umfassen insgesamt 9 Wohngebäude, unterschiedliche Gebäudetopologien werden umgesetzt.

- 11.000 m<sup>2</sup> Nutzfläche
- 17.800 m<sup>2</sup> BGF incl. Tiefgarage



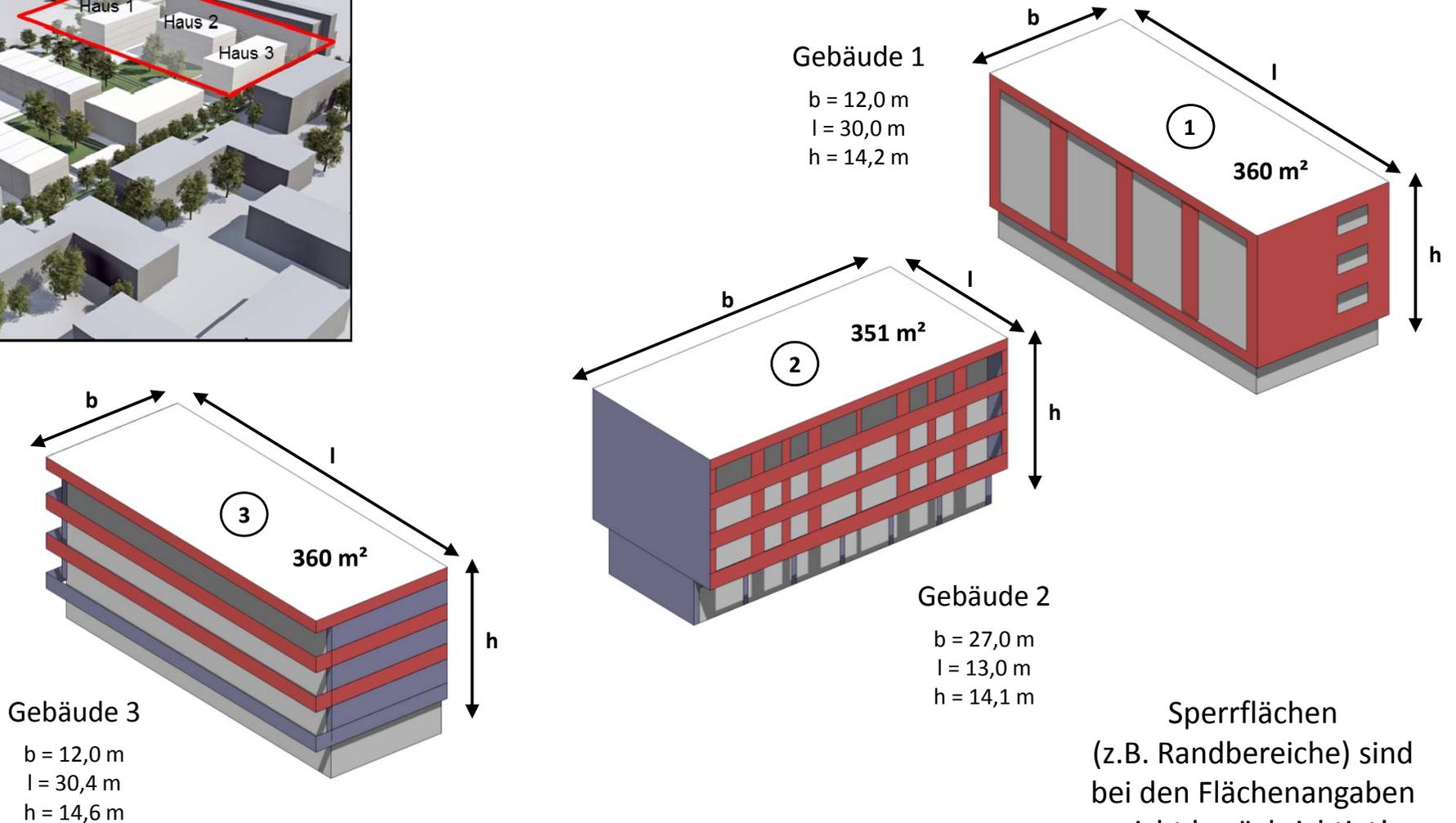
## Lastermittlung - Energiebedarf Bauabschnitt 1 – Wohnfläche

Bauabschnitt 1		Gebäude 1	Gebäude 2	Gebäude 3	gesamt
Wohnfläche		974 m <sup>2</sup>	943 m <sup>2</sup>	974 m <sup>2</sup>	2 891 m <sup>2</sup>
Volumenstrom RLT n = 0,5		1 431 m <sup>3</sup> /h	1 319 m <sup>3</sup> /h	1 377 m <sup>3</sup> /h	4 127 m <sup>3</sup> /h
	flächenbezogen				absolut
<b>Jahres-Heizenergiebedarf</b>					
Raumheizung	24.0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	23 376 kWh/a	22 632 kWh/a	23 376 kWh/a	69 384 kWh/a
Warmwasserbereitung	17.5 kWh/(m <sup>2</sup> a)	17 045 kWh/a	16 503 kWh/a	17 045 kWh/a	50 593 kWh/a
	<b>41.5 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	40 421 kWh/a	39 135 kWh/a	40 421 kWh/a	<b>119 977 kWh/a</b>
<b>Strombedarf</b>					
Hilfsenergie Wärmeerzeugung/-verteilung	0.8 kWh/(m <sup>2</sup> a)	740 kWh/a	717 kWh/a	740 kWh/a	2 197 kWh/a
Haushaltsstrom (Anforderungswert BMVBS)	20.0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	19 480 kWh/a	18 860 kWh/a	19 480 kWh/a	57 820 kWh/a
Zu- und Abluft mit WRG (4500 h/a)		3 541 kWh/a	3 266 kWh/a	3 408 kWh/a	10 214 kWh/a
Fahrsstuhl (Energieeffizienzklasse A und Nutzungskategorie 2 nach VDI 4707 Blatt 1)	Fahrsühle je Gebäude mit je 661 kWh/a	1 322 kWh/a	661 kWh/a	1 322 kWh/a	3 305 kWh/a
					<b>73 536 kWh/a</b>

Der Ansatz für den Strombezug ist entweder 20 kWh/(m<sup>2</sup>a) oder max. 2.500 kWh/WE



## Bauteilflächen – Optionen der Integration von solaraktiven Komponenten



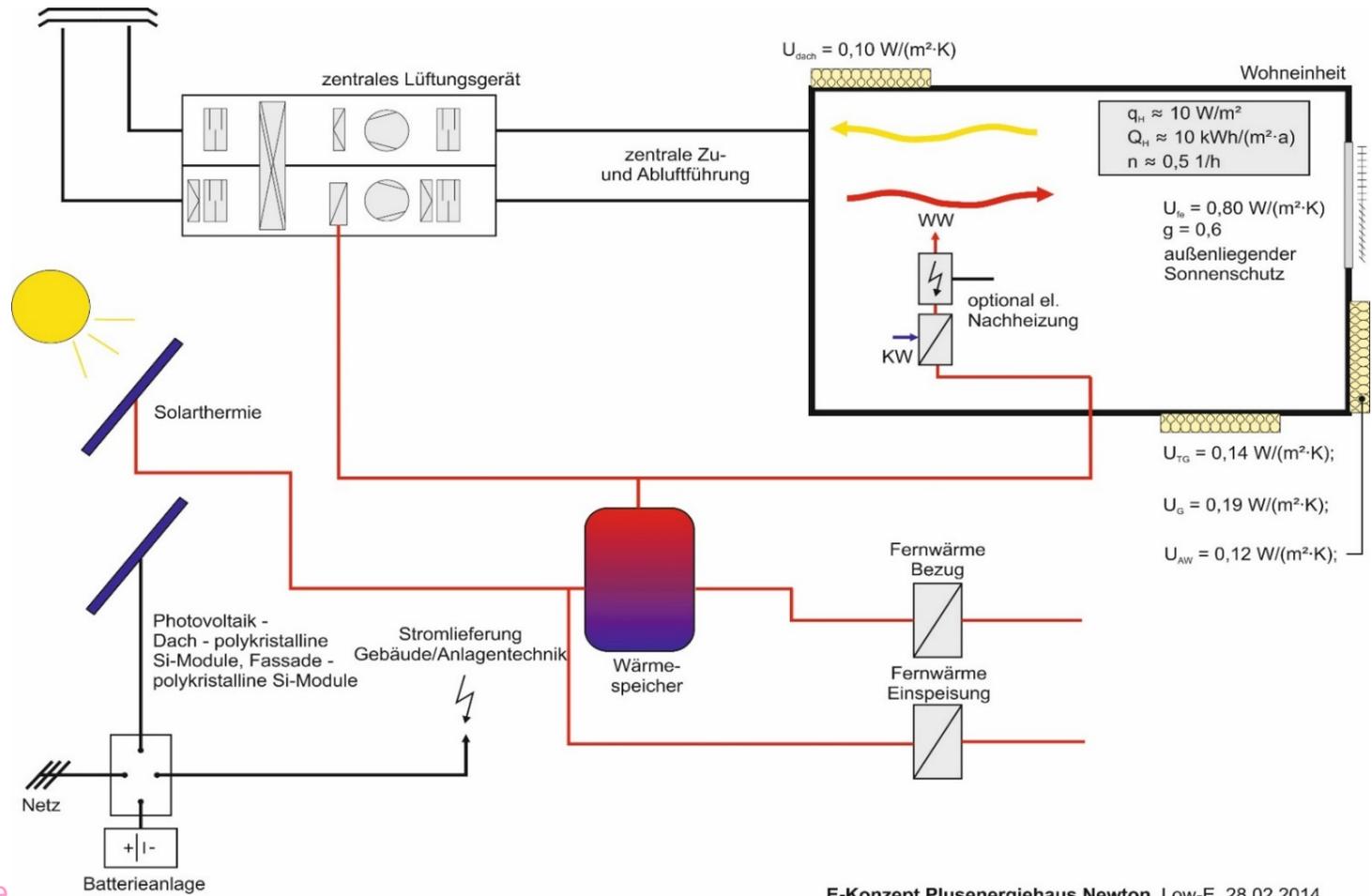
Sperrflächen  
(z.B. Randbereiche) sind  
bei den Flächenangaben  
nicht berücksichtigt!

## Energieversorgungskonzept

**Versorgungs-  
variante 1a –**  
„Bilanzoptimierte  
Fernwärme“ –  
Fernwärmeeinspeisung  
und Solarthermie,  
Nahwärmenetz, Lüftung  
mit WRG, PV

### Betrachtete Varianten:

- Variante 1 RLT + Fernwärme + PV-Anlage
- Variante 1a RLT + Fernwärme + Solarthermie + PV**
- Variante 2 RLT + Pelletkessel + Solarthermie + PV
- Variante 3 RLT + Abluftwärmepumpe + Solarthermie + PV
- Variante 3a RLT + Solewärmepumpe + Solarthermie + PV**
- Variante 4 RLT + BHKW + Gasbrennwertkessel + PV





## Solarthermische Kollektoren auf Haus 2 (in allen Varianten)

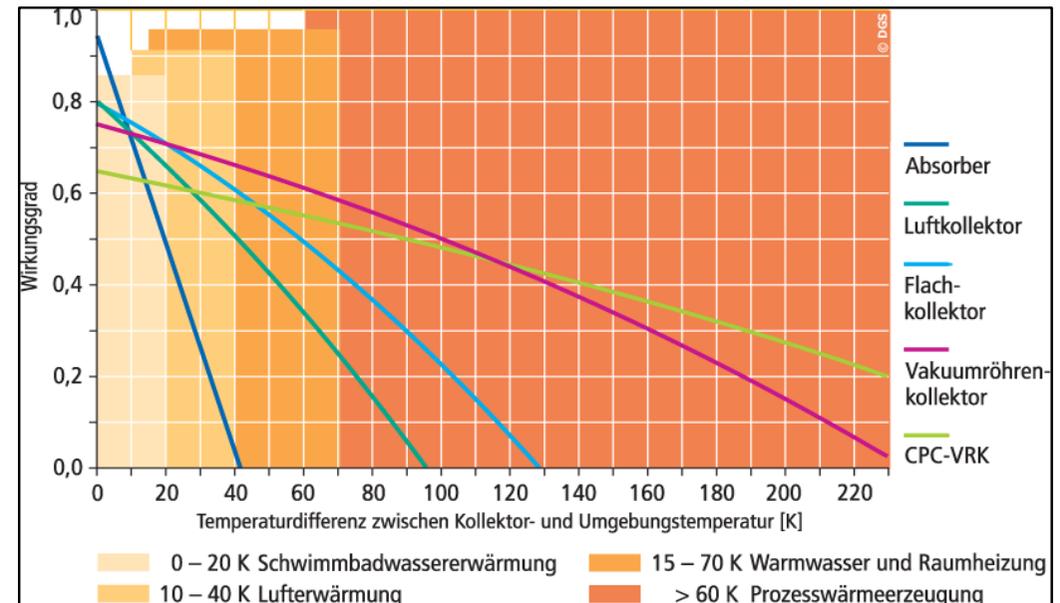
Ausführungsbeispiel:

- Vakuumröhre (Heatpipe), Fabrikat Viessmann
- max. Feldgröße 20 m<sup>2</sup>,
- horizontale Verlegung (liegend),  
Absorberrohre drehbar (25° Neigung)

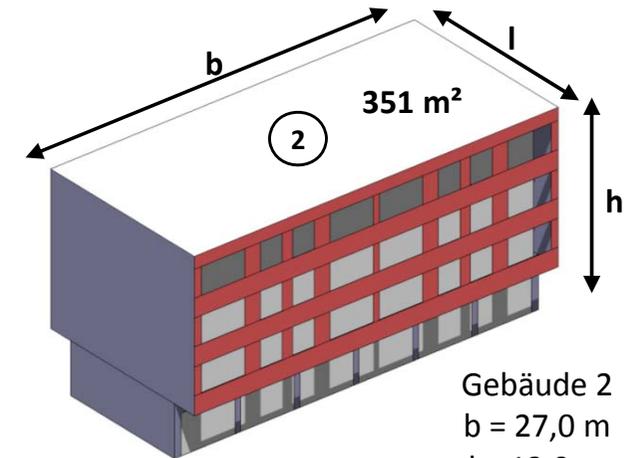
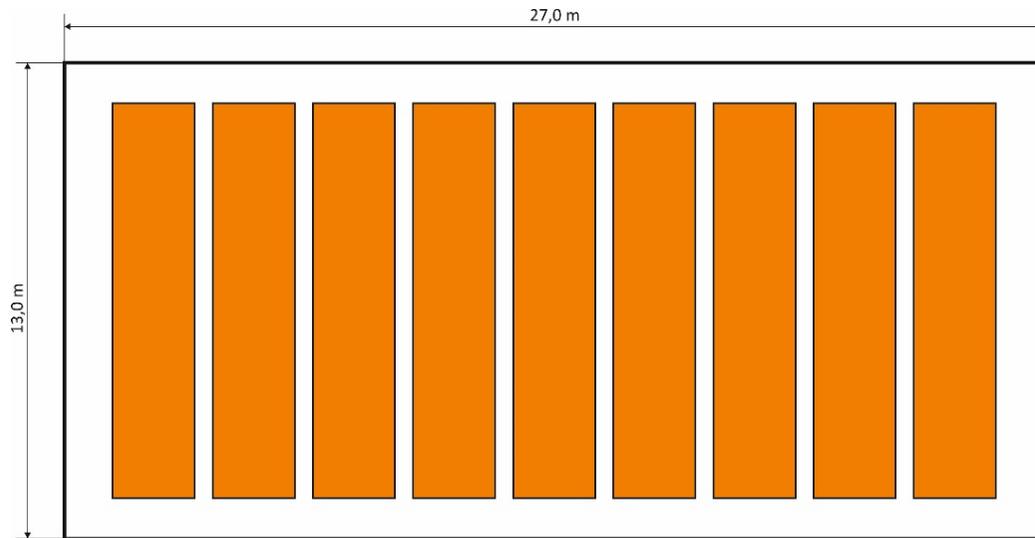
Quelle: Viessmann



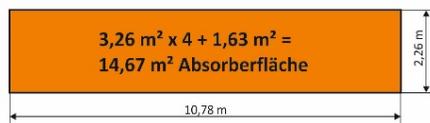
		Vitosol 200-T (Typ SPE)	Vitosol 200-T (Typ SPE)
<b>Absorberfläche</b>	m <sup>2</sup>	1,63	3,26
<b>Bruttofläche</b>	m <sup>2</sup>	2,66	5,39
<b>Aperturfläche</b>	m <sup>2</sup>	1,73	3,49
<b>Abmessungen</b>	Breite mm	1220	2390
	Höhe mm	2260	2260
	Tiefe mm	174	174
<b>Gewicht</b>	kg	63	113



## Solarthermische Kollektoren auf Haus 2 (in allen Varianten)

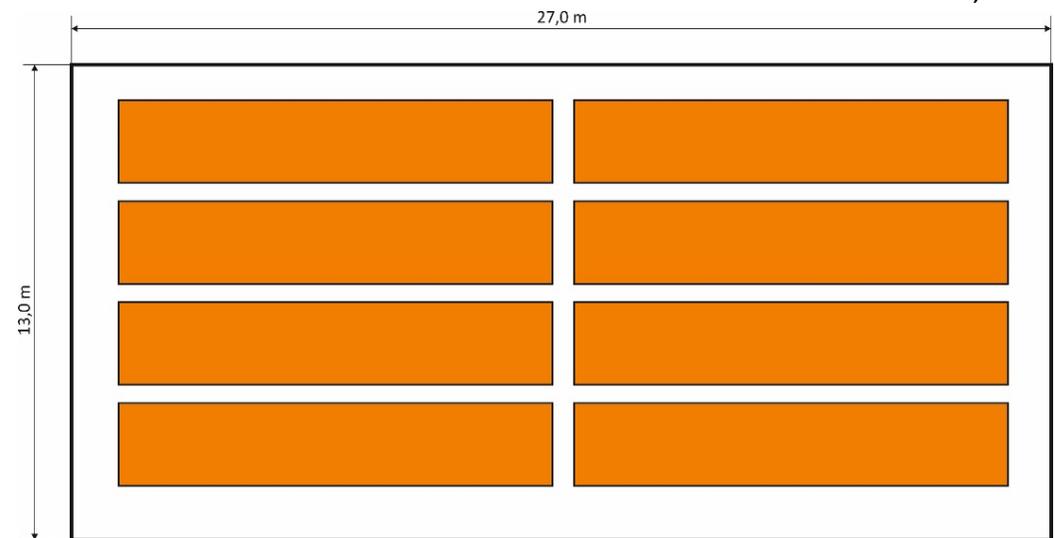


Gebäude 2  
b = 27,0 m  
l = 13,0 m  
h = 14,1 m

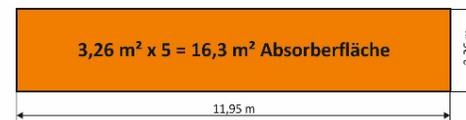


9 Felder mit je  $14,67 \text{ m}^2 \Rightarrow 132 \text{ m}^2$

Angegebene Flächen sind Absorberflächen

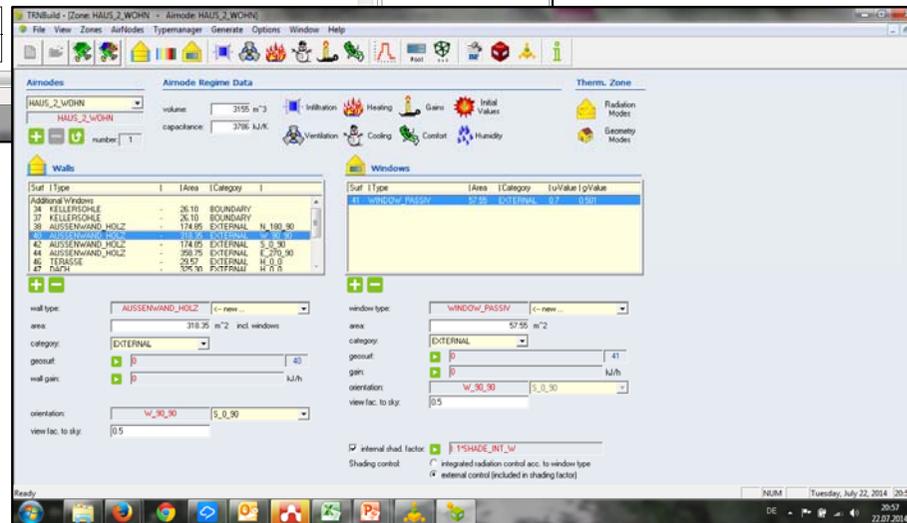
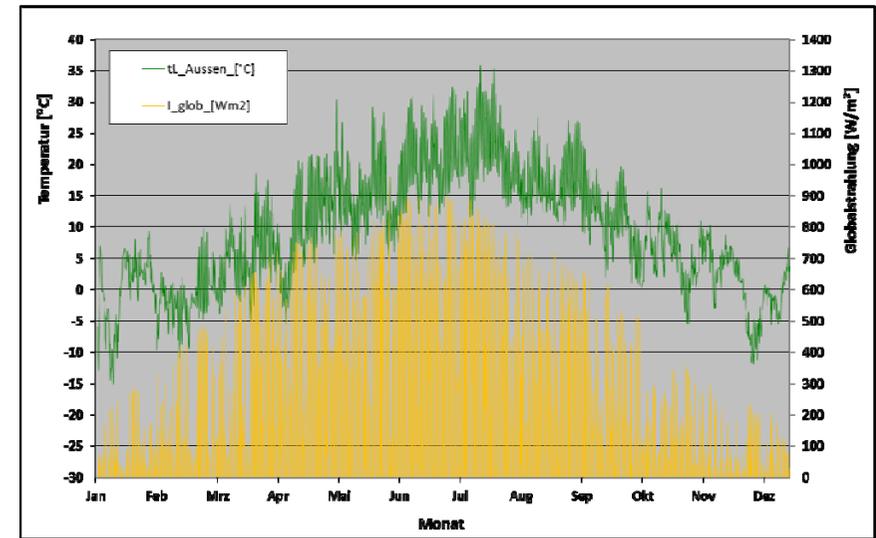
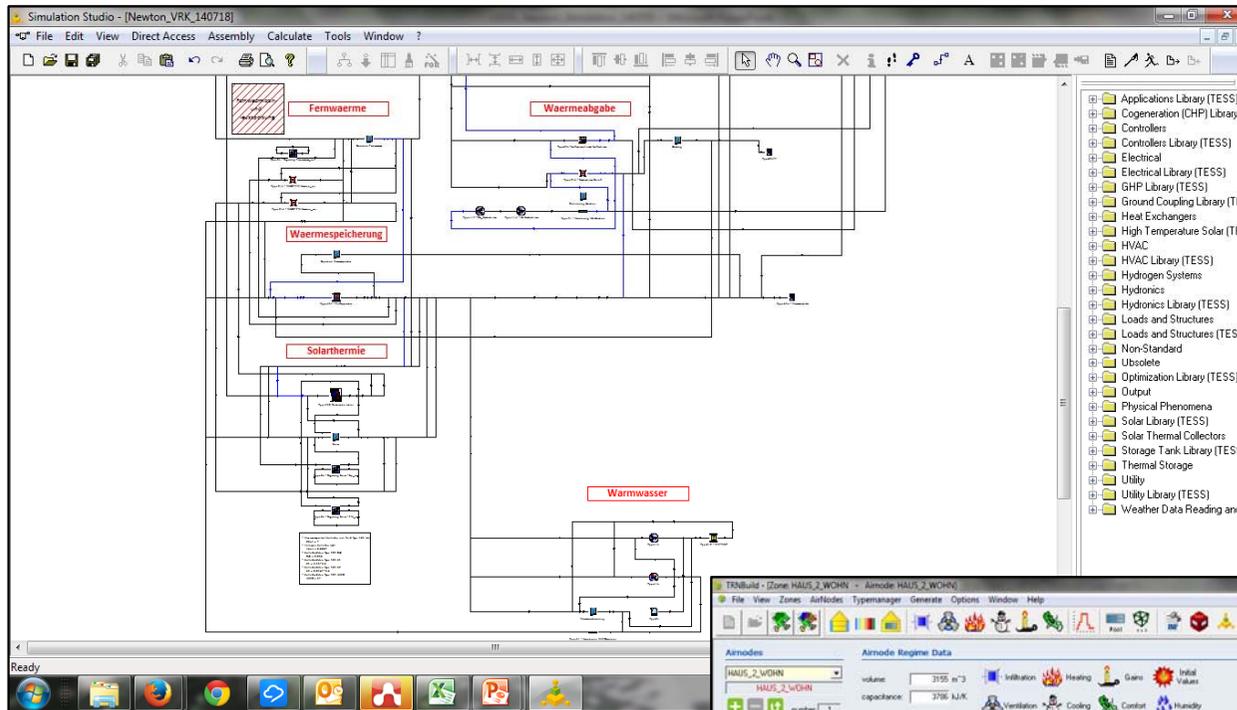


8 Felder mit je  $16,30 \text{ m}^2 \Rightarrow 130 \text{ m}^2$





## Simulation von Gebäude und Anlagentechnik



Verwendung eines Standard-Wetterdatensatzes  
DWD 07-2011

TRY-Region 04 – Potsdam  
Referenzstandort für Berlin

Simulation mit einer  
Extremwetterperiode  
kalter Winter und  
heißer Sommer  
(Anlagenauslegung)

### Simulationswerkzeug - TRNSYS17

- Modellierung Räume als einzelne Zonen
- Geometrie und U-Werte gem. Architekturplanung



## Abbildung der Gebäude - Randbedingungen

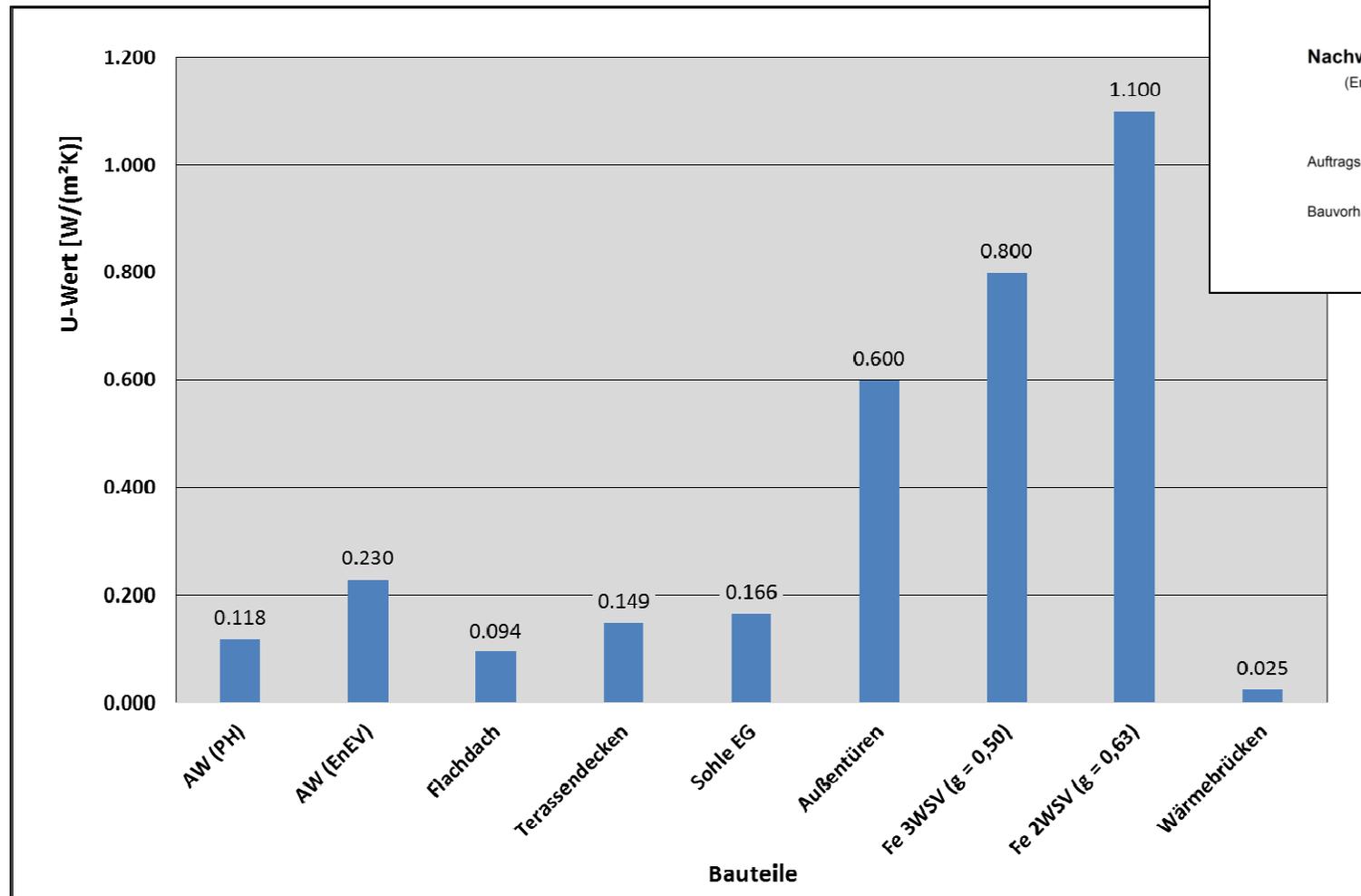
U-Werte entsprechend der Wärmeschutznachweise vom 11.07.2014

**LHT** LICHTENAU HIMBURG TEBARTH  
BAUINGENIEURE GMBH

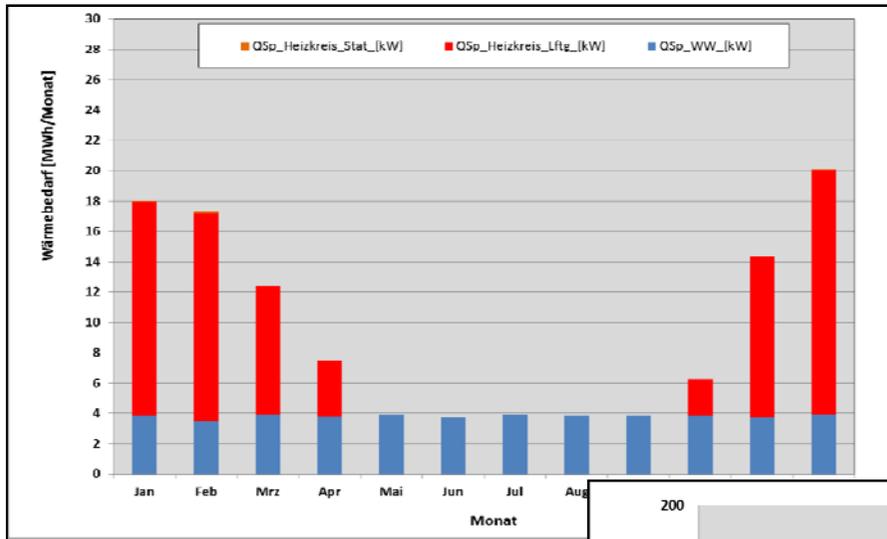
**Nachweis des energiesparenden Wärmeschutzes**  
(EnEV-Nachweis gemäß Energieeinsparverordnung 2014)  
*Planungsstand: Genehmigungsplanung Juli 2014*

Auftrags-Nr.: **311** vom: 11.07.2014

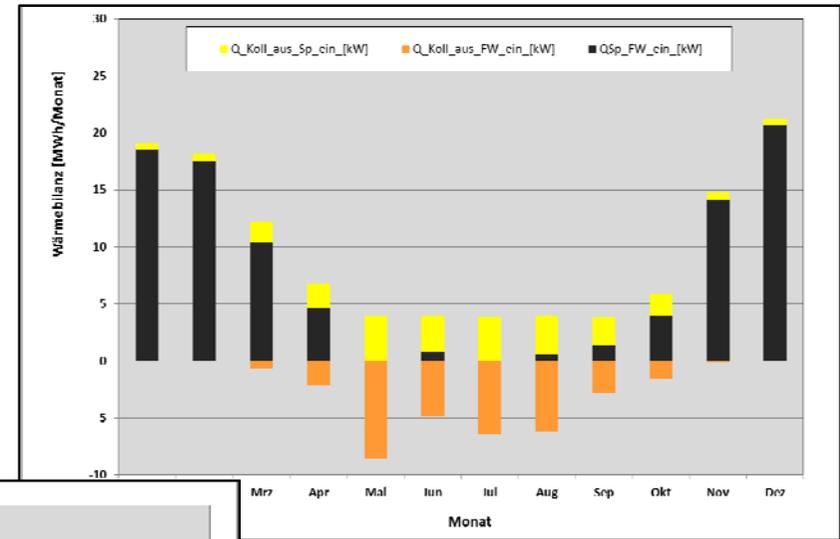
Bauvorhaben: **Neubau Wohnhaus  
NEWTONPROJEKT  
Haus 1, Haus 2 und Haus 3  
Abram-Joffe-Straße  
12489 Berlin-Adlershof**



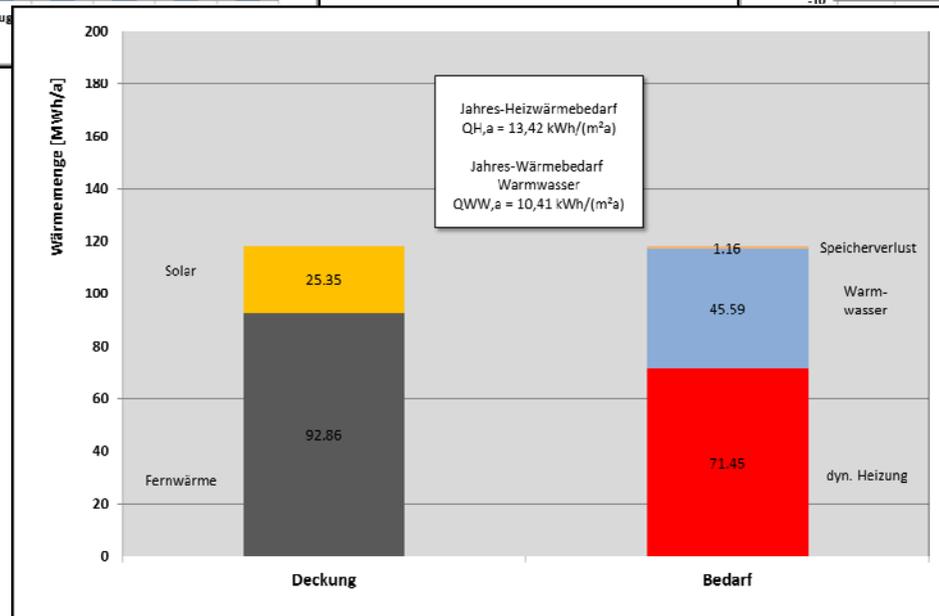
## Simulationsergebnisse



Monatswerte der Lastverteilung



Monatswerte der Deckung

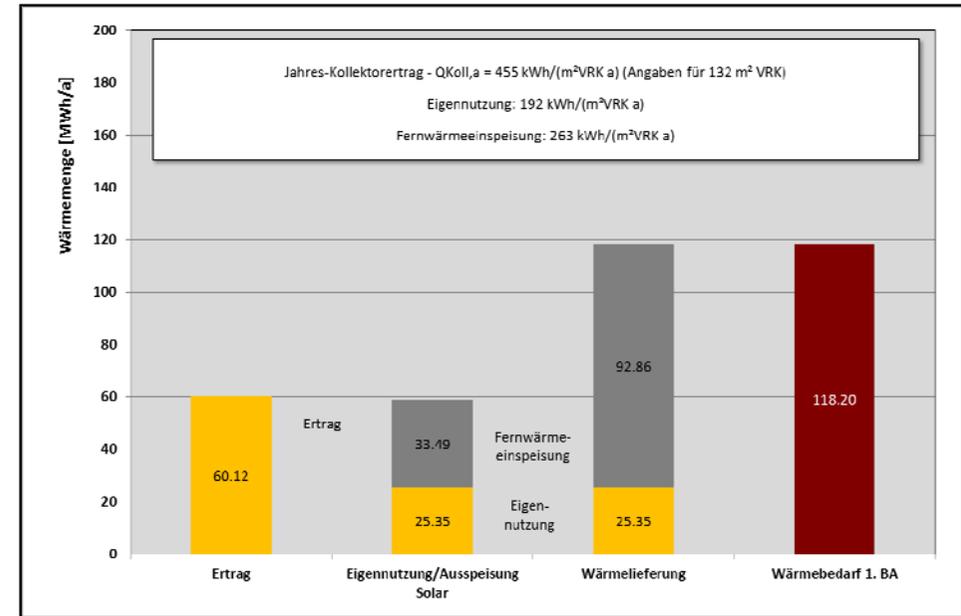


Jahresbilanz Wärme

## Organisation der „Bilanzoptimierte Fernwärme“ – Fernwärmeeinspeisung und Solarthermie

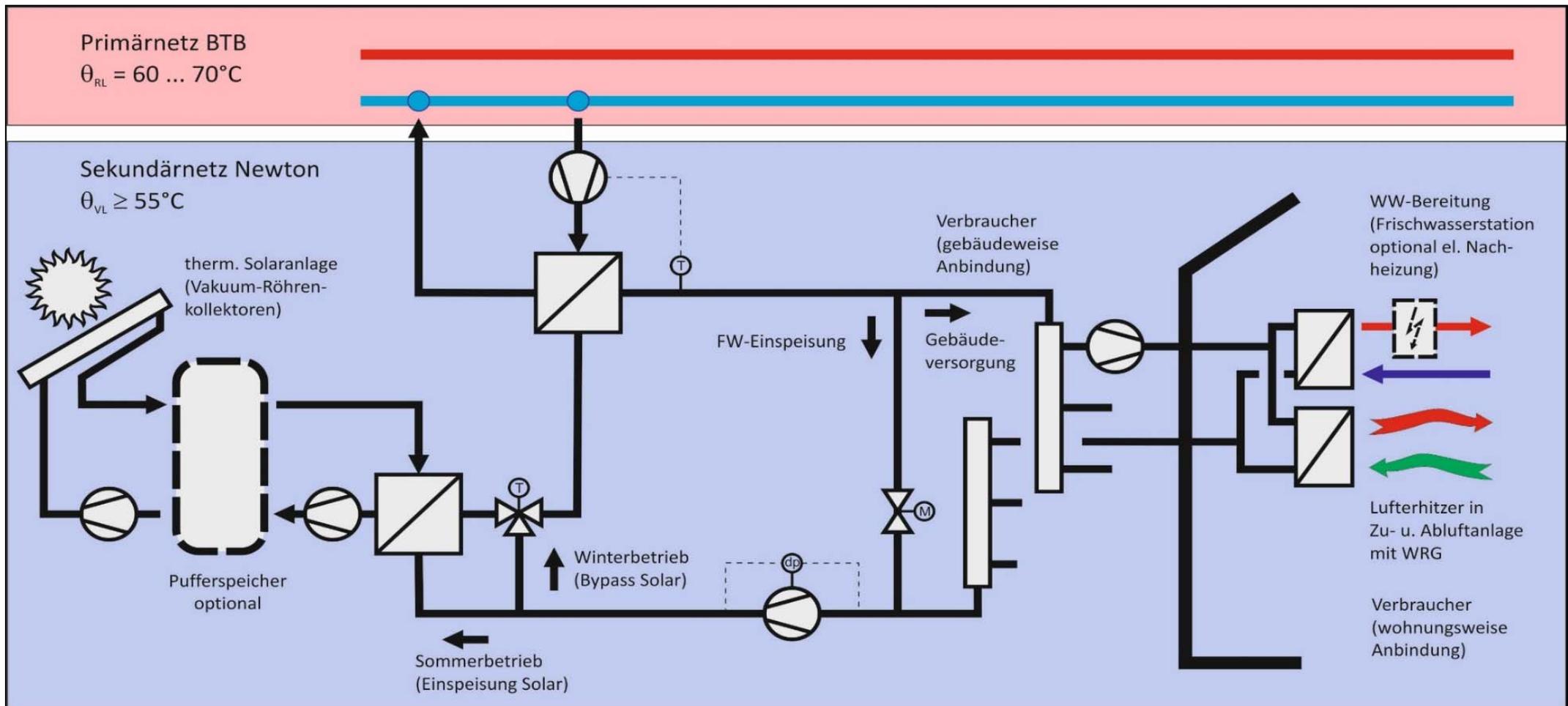
### Option der Ankopplung an das bestehende Nahwärmenetz der BTB in Adlershof –

- Seitens der BTB liegt ein Angebot zur Anbindung der Gebäude des Newton-Projektes an das bestehende Fernwärmenetz vor
- Rücklaufseitige Einbindung an das bestehende Netz der BTB
- Umsetzung von zwei Übergabestationen – 1. und 2. BA
- siedlungsseitig zu errichtendes Nahwärmenetz, die Wärmeübergabe erfolgt bidirektional (Ein- und Ausspeisung)
- Verrechnung der ein- und ausgespeisten Wärmemengen





## Schema des Energiekonzeptes Wärme - rücklaufseitige Anbindung der Wärmeversorgung / Solareinspeisung an das Fernwärmenetz der BTB Berlin



## Variantenbetrachtung zur Umsetzung der Photovoltaik

Betrachtung von drei Varianten mit Bezug zu Plusenergie bzw. KfW 40+:

### 1 – Solaraktiv (Maximalbelegung):

Solarthermie	-	Vakuurröhren-Kollektoren	Dach Haus 2
Photovoltaik	-	polykristalline Module (Sunpower, SPR-X 21, 345 W)	Dach Häuser 1 und 3
	-	monokristalline Module (Solarwatt, 36 M, 160 W)	Fassade Häuser 1 – 3
		Batterieanlage entspr. Anforderung KfW40+	

### 2 – KfW 40+ (PV Dach und Fassade Haus 1):

Solarthermie	-	Vakuurröhren-Kollektoren	Dach Haus 2
Photovoltaik	-	polykristalline Module (Sunpower, SPR-X 21, 345 W)	Dach Häuser 1 und 3
	-	monokristalline Module (Solarwatt, 36 M, 160 W)	Fassade Haus 1
		Batterieanlage entspr. Anforderung KfW40+	

### 3 – KfW 40 (PV Dach):

Solarthermie	-	Vakuurröhren-Kollektoren	Dach Haus 2
Photovoltaik	-	polykristalline Module (Sunpower, SPR-X 21, 345 W)	Dach Häuser 1 und 3
		Batterieanlage entspr. Anforderung KfW40+	

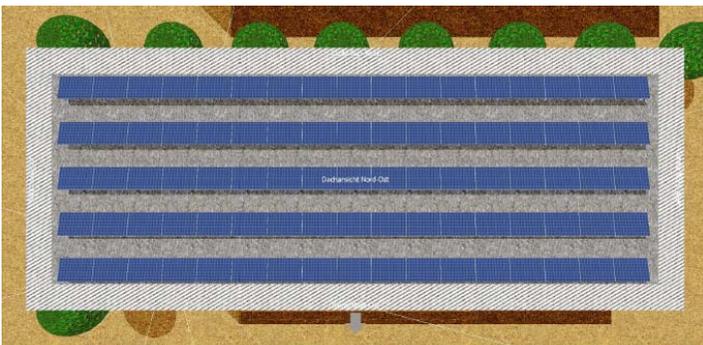
## PV - Ertragsprognose Dach Haus 1 und Haus 3



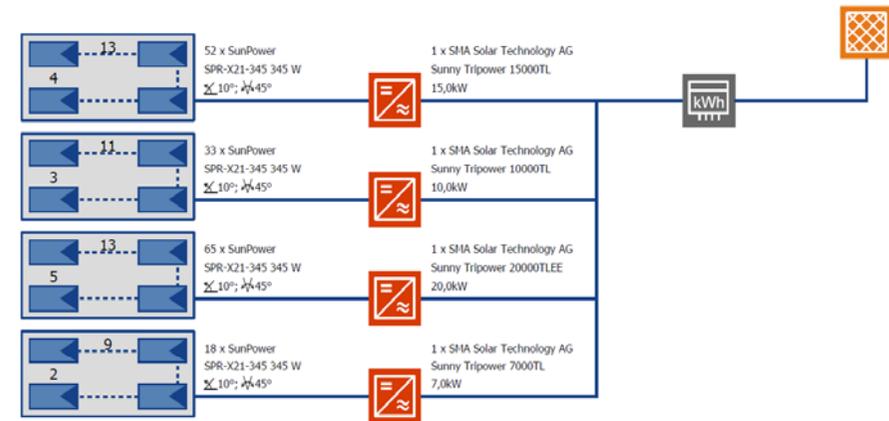
**Haus 1**  
PV: 28,635 kW<sub>p</sub>



**Haus 2**  
Solarthermie



**Haus 3**  
PV: 29,325 kW<sub>p</sub>



Standort:	Berlin
Klimadatensatz:	Berlin (1981-2010)
PV-Leistung:	57,96 kW <sub>p</sub>
PV-Brutto-/Bezugsfläche:	273,96 / 273,35 m <sup>2</sup>

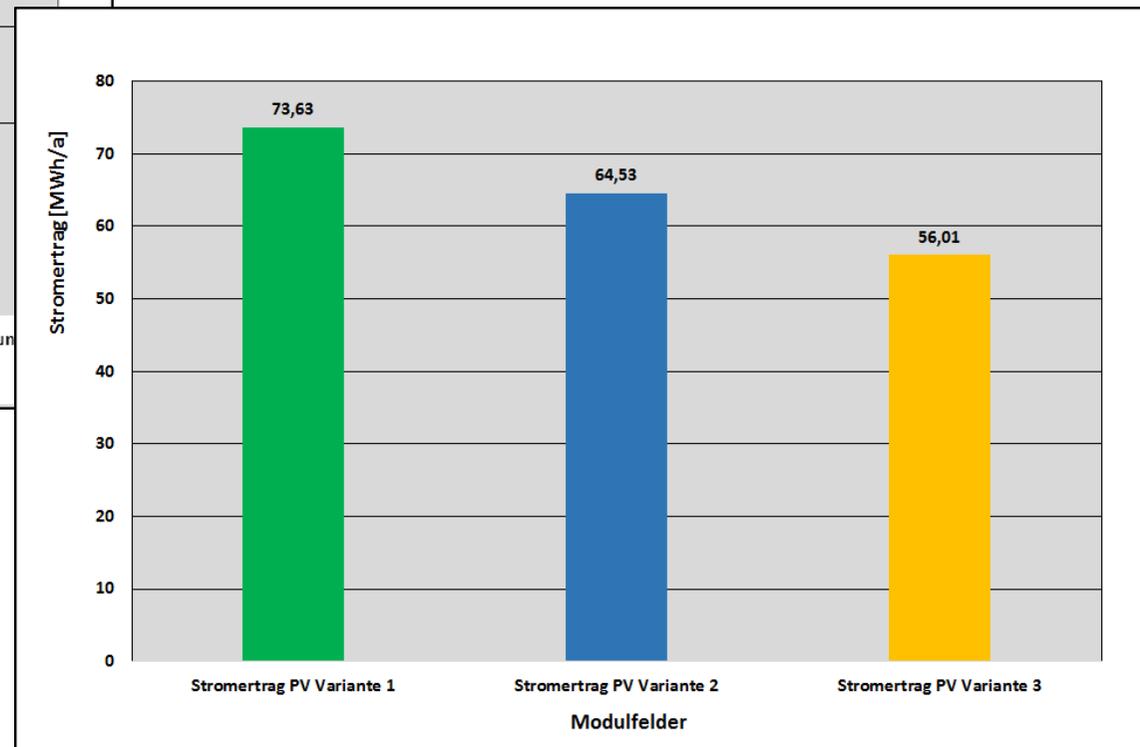
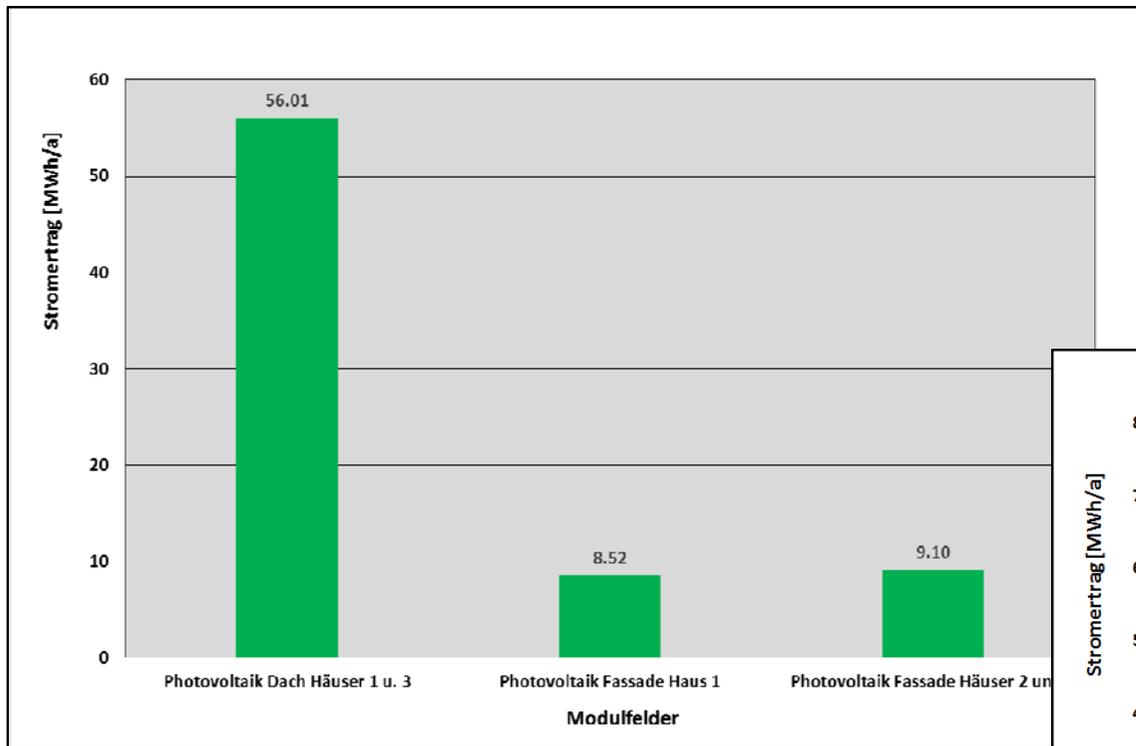
PV-Generator Einstrahlung:	293.109 kWh
PV-Gen. erzeugte Energie (wechselstromseitig):	56.014 kWh
Netzeinspeisung:	56.014 kWh
Ertragsminderung durch Abschattung:	1,3 %

Systemnutzungsgrad:	19,1 %
Performance Ratio (Anlagennutzungsgrad):	90,0 %
Spez. Jahresertrag:	965,1 kWh/kW <sub>p</sub>
Vermiedene CO <sub>2</sub> -Emissionen:	49.559 kg/a

Die Ergebnisse sind durch eine mathematische Modellrechnung ermittelt worden. Die tatsächlichen Erträge der Photovoltaikanlage können aufgrund von Schwankungen des Wetters, der Wirkungsgrade von Modulen und Wechselrichter und anderer Faktoren abweichen. Das obige Anlagenschema ersetzt nicht die fachtechnische Planung der Photovoltaikanlage.



## Modulfeldorientierte PV-Ertragsprognose

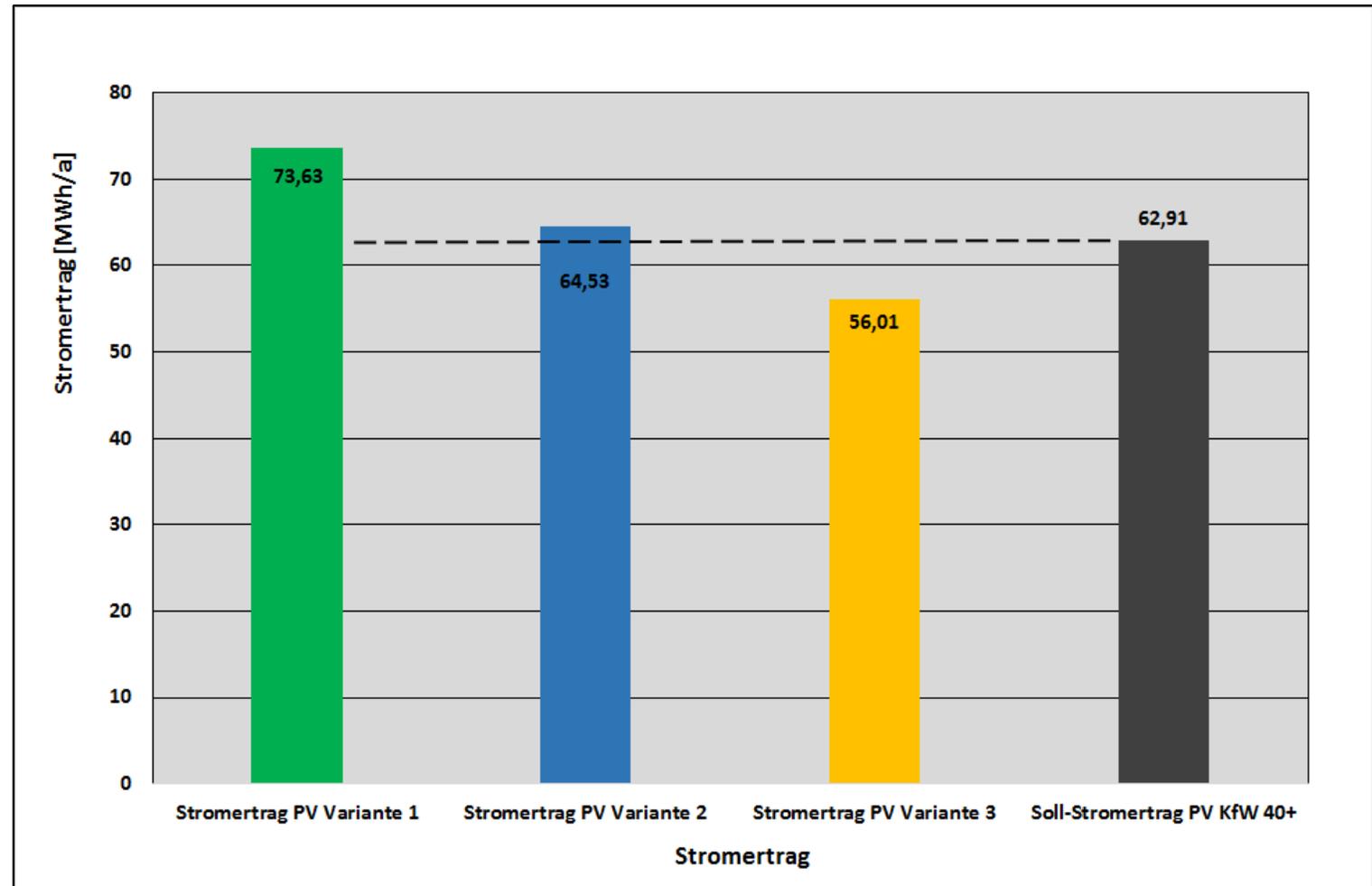


## Erfüllung Anforderung KfW 40+

Die Erfüllung der KfW 40+ - Anforderungen ist direkt abhängig von der Anzahl der Wohneinheiten und der Größe der Energiebezugsfläche aus dem EnEV-Nachweis!

Die Anforderungen werden mit Variante 2 oder auch 3 (d.h. PV nur auf den Dächern Haus 1 u. 3) und PV-Module im Fassadenbereich erfüllt.

$$\text{Newton: } 38 \text{ WE} \times 500 \text{ kWh/WE} + 10 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) \times 4.391 \text{ m}^2 = 62.910 \text{ kWh}$$



$$\text{Erforderliche Batteriekapazität: } 57,96 \text{ kWp Dächer 1 u. 3, } 15,05 \text{ kWp Fassade Haus 1} \Rightarrow 73,01 \text{ kWp} \Rightarrow 73,01 \text{ kWh}$$



Batterie mit nutzbarer Speicherkapazität von 73 kWh (Anforderung KfW 40+)

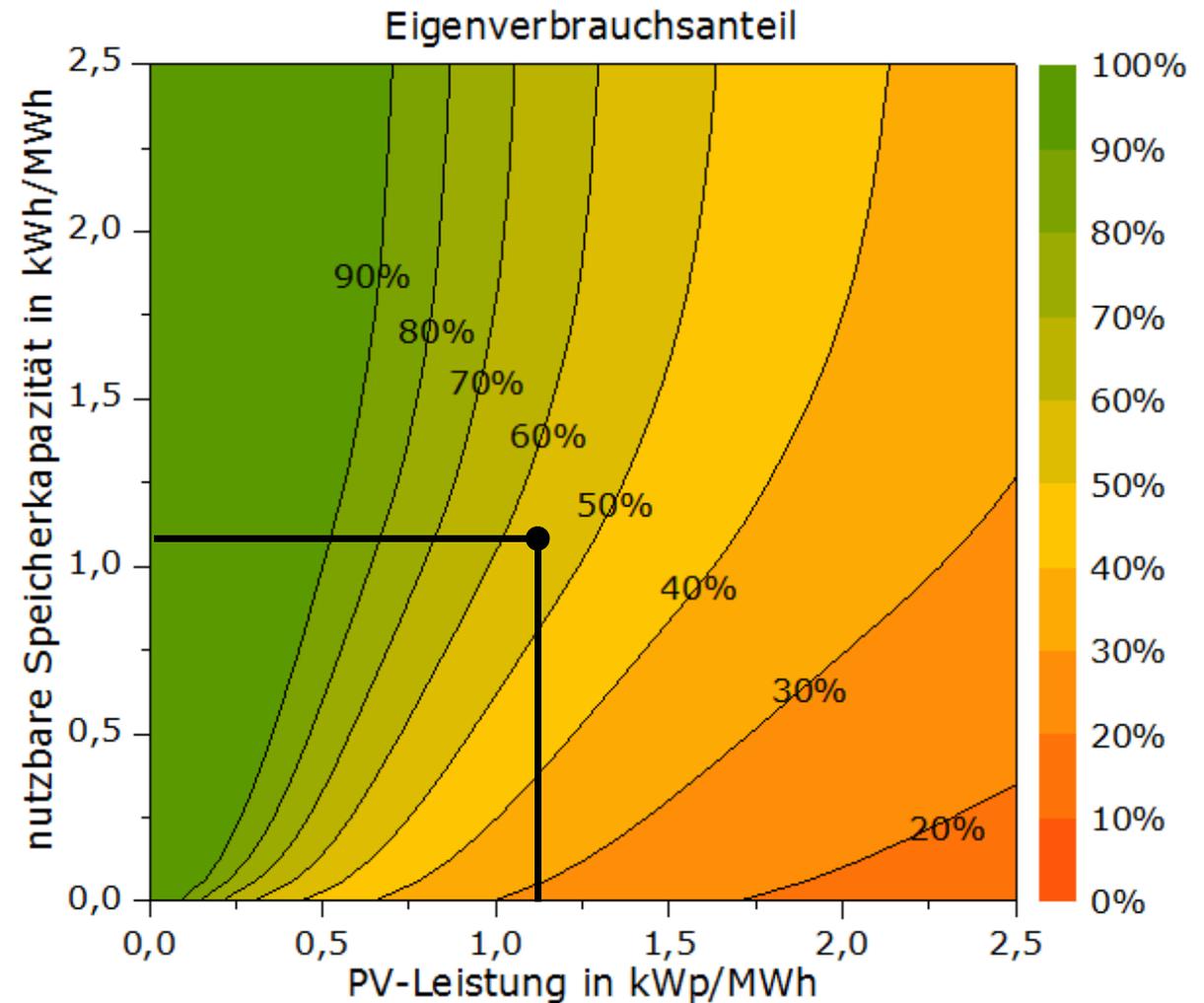
$$\frac{73,01 \text{ kWp}}{64,53 \text{ MWh}} = 1,13 \frac{\text{kWp}}{\text{MWh}}$$

$$\frac{73,01 \text{ kWh}}{64,53 \text{ MWh}} = 1,13 \frac{\text{kWh}}{\text{MWh}}$$

**In Wirtschaftlichkeit  
Berücksichtigung von 73  
kWh Speicherkapazität !**

Nominiert auf den  
Jahresstrombedarf

Bei einer nutzbaren  
Speicherkapazität von 73,01  
kWh liegt der  
Eigenverbrauchsanteil bei ca.  
56 %



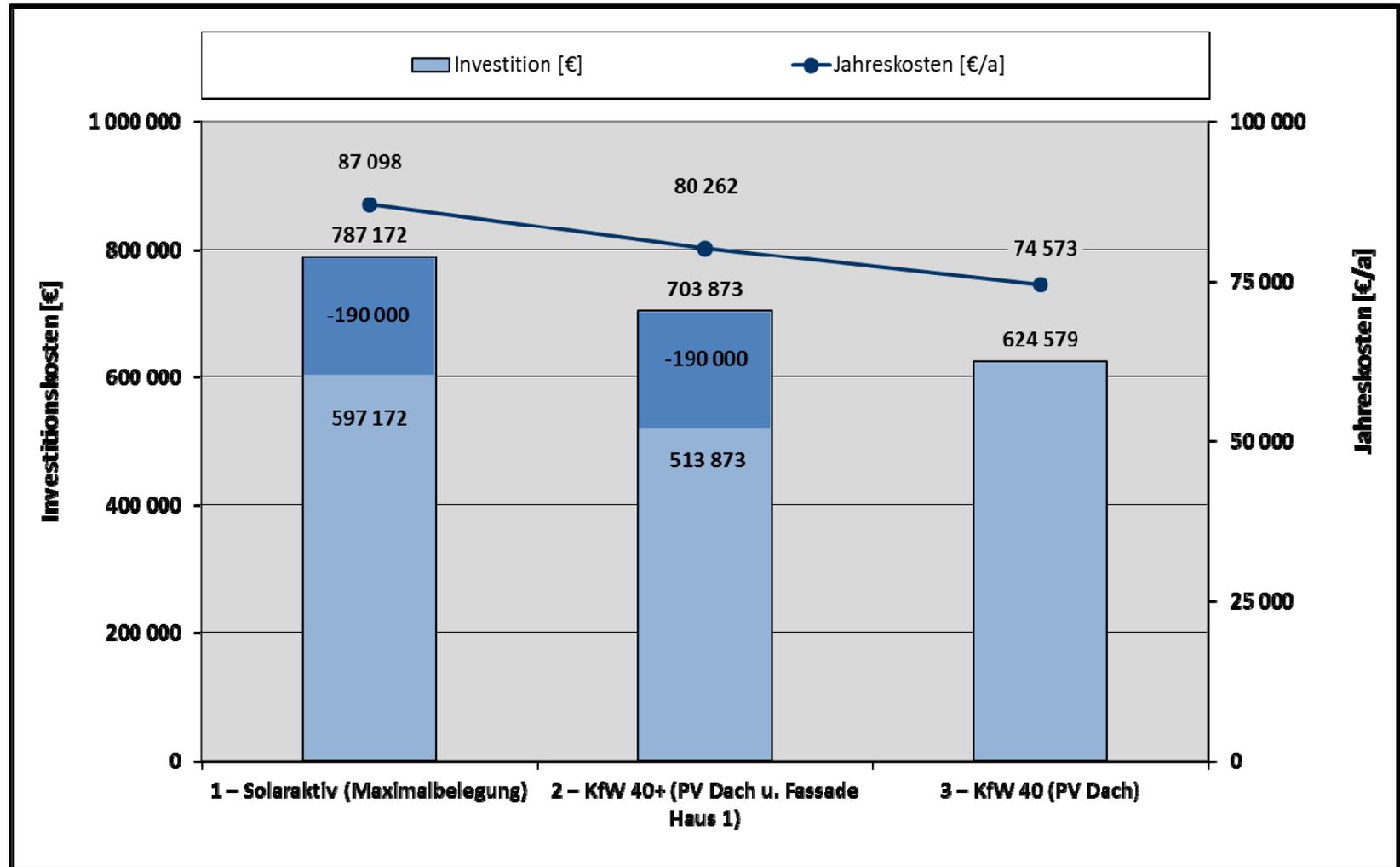
(Quelle: Weniger et al.)



## PV - Brutto-Investitionskosten und Jahreskosten im Vergleich

unter Berücksichtigung  
eines Kostenbeitrages von  
5.000 € je Wohnung  
(38 x 5.000 € = 190.000 €)  
ergeben sich die  
verringerten  
Investitionskosten

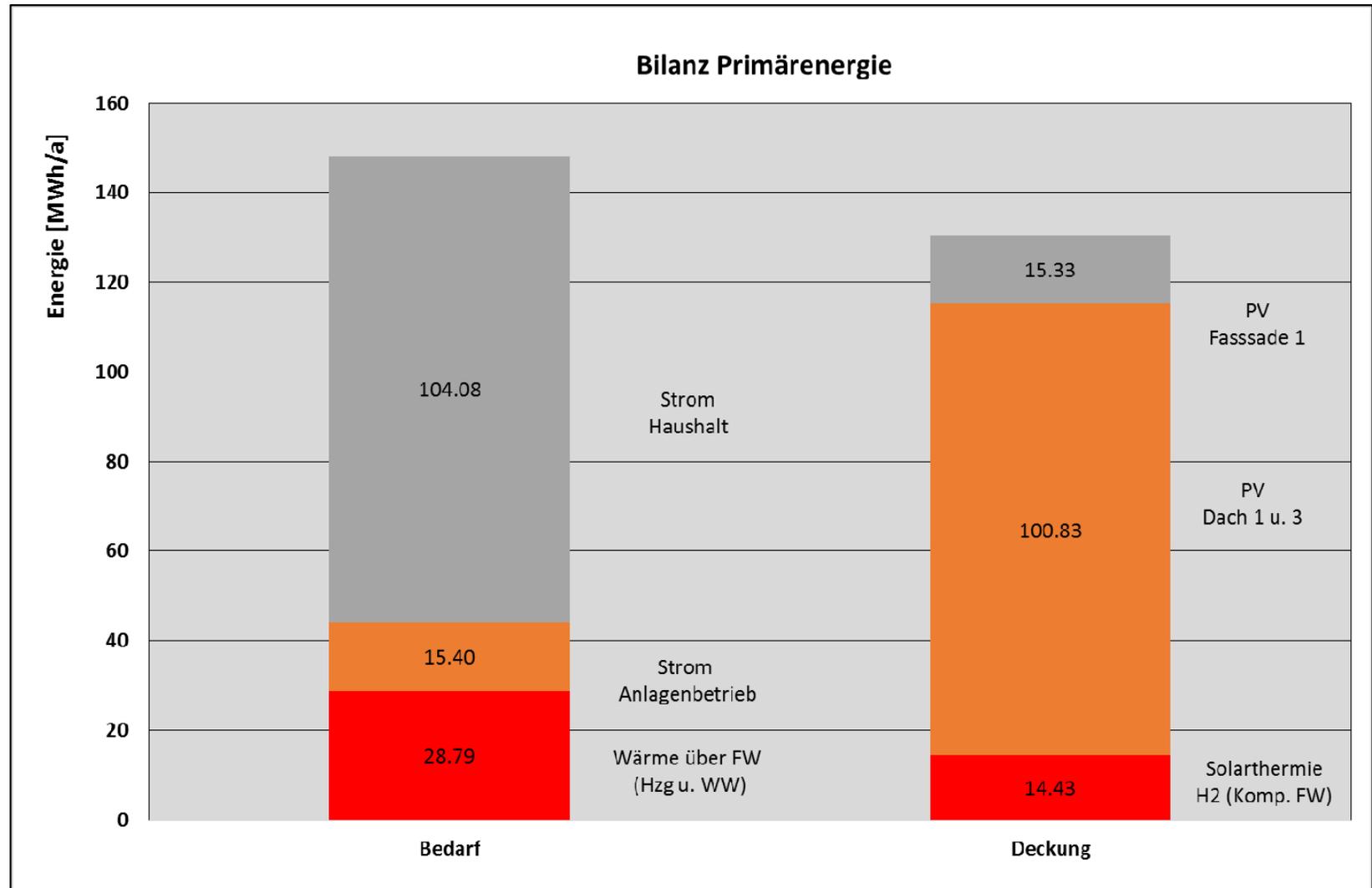
Der Kostenbeitrag  
entspricht der Höhe des  
zusätzlichen  
Tilgungszuschusses für die  
Variante KfW 40+



## Resultierende Primärenergiebilanz

Primärenergiebilanz für den Jahres-Heizwärmebedarf von 24 kWh/(m<sup>2</sup>·a) und für den Jahres-Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung von 17,5 kWh/(m<sup>2</sup>·a) incl. Verteilverluste und einem Strombedarf für Haushalt und Licht von 20 kWh/(m<sup>2</sup>·a)

**Die tatsächliche Erfüllung einer positiven Primärenergiebilanz ist im Rahmen des Monitorings nachzuweisen**





## Zusammenfassung und Ausblick

- Für die Mehrgeschoss-Wohngebäude wurden im Rahmen der Konzeptentwicklung für einen Plusenergie-Standard mehrere dezentrale und zentrale Versorgungsvarianten betrachtet
- Die Senkung des Energiebedarfs (Passivhaus-Standard) stellt eine wesentliche Voraussetzung der Umsetzung eines Plusenergie-Standards dar
- Die Nutzung regenerativer Energieträger ist zur Erreichung der positiven Energiebilanz erforderlich, die Bereitstellung von Wärme und Strom über die Solarenergie ist zur Erfüllung der Primär- und Endenergiebilanz geeignet
- Insbesondere die Solarthermie ist aufgrund eines höheren Wirkungsgrades zur Deckung der Endenergiebilanz interessant
- In Kombination mit der solarthermischen Wärmebereitstellung stellt die Option der Netzein- und -ausspeisung eine energetisch und wirtschaftlich interessante Konzeptlösung dar (ggf. Wegfall Wärmespeicher, Erhöhung des Kollektorertrages, ...)
- Die solare Netzein- und ausspeisung sowie die Gewährleistung eines ausreichend hohen Warmwasser-Temperaturniveaus bei Rücklaufanbindung soll im Rahmen eines Forschungsvorhabens untersucht werden



**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit**