

## 2.5 Aktiv Stadthaus Speicherstraße in Frankfurt

Ferdinand Sigg + Martin Ploß

### 2.5.1 Projektbeschreibung

Das achtgeschossige Gebäude der ABG Frankfurt Holding mit 74 Wohneinheiten und zwei Gewerbeeinheiten wurde 2015 fertiggestellt. Die Zwei- und Drei-Zimmer-Wohnungen haben Wohnflächen zwischen 60 und 120 m<sup>2</sup>. Das Vorhaben war Teil des Forschungsprogramms Effizienzhaus Plus, in dem Gebäude begleitet wurden, die bei jahresbilanzieller Betrachtung den Standard Nullenergie erreichen. Sie sollten also pro Jahr mindestens so viel Energie vor Ort erzeugen, wie sie für Heizung, Warmwasser, Hilfs-, Allgemein- sowie Haushaltsstrom verbrauchen.



Abbildung 1: Aktiv Stadthaus Speicherstraße in Frankfurt; Architektur: HHS-Planer und Architekten AG; Foto: Constantin Meyer

Der hohe energetische Anspruch und das 160 m lange und nur 9 m tiefe Grundstück nahe dem Frankfurter Hauptbahnhof waren maßgebliche Parameter für die architektonische Gestaltung. Das Grundstück konnte vollständig überbaut werden, die geschwungene Südostfassade gliedert die lange Straßenfront und bietet zusätzlich Platz für Photovoltaikmodule. Um diese nicht zusätzlich zu verschatten, gibt es keine vorstehenden Elemente. Die Balkone wurden in die wesentlich geschlossenere Nordwestfassade integriert. Zur Maximierung der PV-Fläche auf dem Dach ragt das flache Pultdach über die Gebäudeumrisse hinaus.

Tabelle 1: Gebäudekennndaten

Ort / Seehöhe / Mitteltemperatur Okt-März		Frankfurt	95 m	4,8 °C
Flächen	$A_N$ : 8.789 m <sup>2</sup>	EBF: 7.100 m <sup>2</sup>	Beheizte Wohnfläche + Fläche Gewerbe EG: 6.827 m <sup>2</sup>	
Überbaute Fläche (PHPP)		1.051 m <sup>2</sup>		
Anzahl Geschosse und Wohneinheiten		E + 7	74 + 2 Gewerbeeinheiten	
Verhältnis A/V und Verhältnis A/Nutzfläche		0,34	1,55	
Anzahl Bewohner und Pro-Kopf-Wohnfläche		k.A.	k.A.	
Bauherr		ABG FRANKFURT HOLDING, Frankfurt am Main		
Planung		Architektur: HHS Planer + Architekten AG, Kassel HSL: EGS-plan, Stuttgart		

Das Projekt wurde im Rahmen des Projekts "Modellhäuser im Plus-Energie-Standard" des BMI gefördert.

### 2.5.2 Konstruktion

Um das energetische Ziel des jahresbilanziellen Nullenergiestandards (inkl. Haushaltsstrom) auch in einem 8-geschossigen Gebäude in stark verschatteter, innenstädtischer Lage und mit einer relativ geringen Kompaktheit erreichen zu können, musste der Energiebedarf des Gebäudes stark reduziert werden. Die Bauteile der Gebäudehülle entsprechen daher in etwa Passivhausstandard.

Das Gebäude wurde in Hybridbauweise mit Tragkonstruktion aus Stahlbeton und vorgefertigten Außenwandelementen in Holzrahmenkonstruktion mit Zellulosedämmung errichtet.

Die Nordfassade mit einer Wandstärke von 47 cm und die Südfassade mit 55 cm konnten dünner ausgeführt werden, als es bei einer Massivkonstruktion mit gleichem Wärmeschutzniveau möglich gewesen wäre und sparen wertvollen Raum auf dem schmalen Grundstück.

Die Fassadenelemente mit einer Größe von bis zu 3 x 15 Meter wurden inklusive der vorgehängten Fassade aus Faserzement und der Fenster vorgefertigt und auf die Baustelle geliefert.

Tabelle 2: Energierrelevante Kennwerte der Gebäudehülle

U-Wert Außenwand	W/(m <sup>2</sup> K)	0,127
U-Wert Flachdach	W/(m <sup>2</sup> K)	0,087
U-Wert Kellerdecke (nicht konditioniert)	W/(m <sup>2</sup> K)	0,092-0,12
U-Wert Decke Tiefgarage	W/(m <sup>2</sup> K)	0,153 bis 0,181
Fenster ( $U_w$ -Wert / $U_g$ / g-Wert) Normmaßbezug	W/(m <sup>2</sup> K) / -	$U_w$ : 0,72 – 0,85
Wärmebrückenzuschlag	W/(m <sup>2</sup> K)	k.A.
Mittlerer U-Wert inkl. Fenster (inkl. Wärmebrücken)	W/(m <sup>2</sup> K)	$H_T'$ : 0,30
Mittlerer U-Wert opak (inkl. Wärmebrücken opak)	W/(m <sup>2</sup> K)	k.A.
Messwert der Luftdichtheit $n_{50}$	h <sup>-1</sup>	k.A.
Fensterflächenanteil (Fensterfläche/EBF)	k.A.	

Für das Gebäude ergibt sich mit den dargestellten Bauteilqualitäten und der gegebenen Gebäudedekubatur ein Wärmetransmissionskoeffizient  $H_T'$  von 0,30 W/(m<sup>2</sup>K). Hierbei wurde ein Wärmebrückenzuschlag von 0,04 W/(m<sup>2</sup>K) berücksichtigt.

Während der Planungsphase wurde für das Aktiv-Stadthaus mit einer Gebäudedichtheit von 0,6 h<sup>-1</sup> gerechnet.

### 2.5.3 Energierrelevante Haustechnik

Die Wärme für Heizung und Warmwasser wird durch eine Wärmepumpe erzeugt, die als Wärmequelle Abwärme aus einem Abwasserkanal nutzt, der hierfür mit einem Wärmetauscher versehen wurde. Der Abwasserwärmetauscher hat eine Länge von 55 m und eine überströmte Fläche von ca. 102 m<sup>2</sup>.

Zusätzlich zur Wärmepumpe steht für den Notfall (Ausfall der Wärmepumpenanlage) ein Gas-Brennwertkessel bereit.

Die Wärmeverteilung im Gebäude erfolgt über ein Vierleitersystem mit wohnungsweisen Frischwasserstationen (siehe Kapitel 3.8.2.2). Ein Hochtemperaturnetz mit ca. 50 °C versorgt ganzjährig die Frischwasserstationen in den Wohnungen und die Badheizkörper. Ein Nieder-temperaturnetz mit ca. 35 °C steht für die Fußbodenheizung in der Heizperiode zur Verfügung. Zur Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch der Wärme stehen in der Energiezentrale drei große Wärmespeicher mit einem Volumen von jeweils 5 m<sup>3</sup> zur Verfügung. Die Wärmeübergabe erfolgt in den einzelnen Wohnungen mit Hilfe von Wohnungsstationen. In diesen erfolgt die Warmwasserbereitung im Durchflusprinzip.

Zur Minimierung des Heizwärmebedarfs und zur Gewährleistung einer hohen Luftqualität befinden sich in den Wohnungen Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung. Die Außenluftansaugung erfolgt an der Gebäudenordseite, die Abluft verlässt das Gebäude auf der Südseite.

Für die erneuerbare Stromerzeugung sind auf dem Pultdach hocheffiziente PV-Module mit einer installierten Leistung von 251 kW<sub>p</sub> montiert. In die leicht gefaltete Südfassade sind Photovoltaikmodule mit einer Gesamtleistung von 118 kW<sub>p</sub> integriert.

Ein Lithium-Eisen-Phosphat Stromspeicher mit einer Gesamtkapazität von 250 kWh soll den PV-Eigennutzungsgrad von 34 % auf etwa 50 % erhöhen.

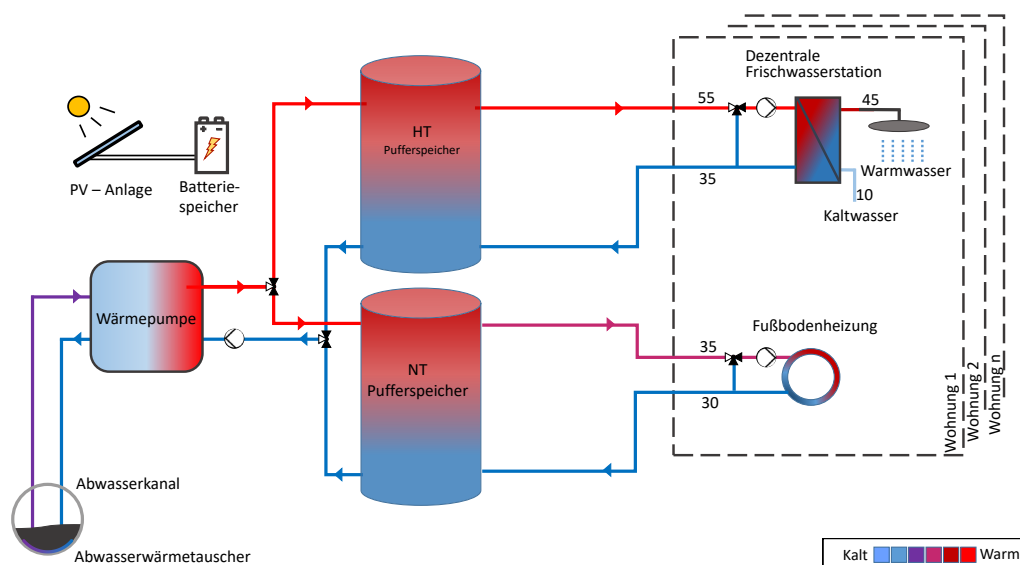


Abb. 2: Vereinfachtes Haustechnikschema des Projekts Speicherstraße in Frankfurt mit Sole-Wärmepumpe mit Wärmequelle Abwasserkanal, Pufferspeichern, Vierleitersystem mit wohnungsweisen Frischwasserstationen und Fußbodenheizungen sowie PV-Anlage mit Batteriespeicher

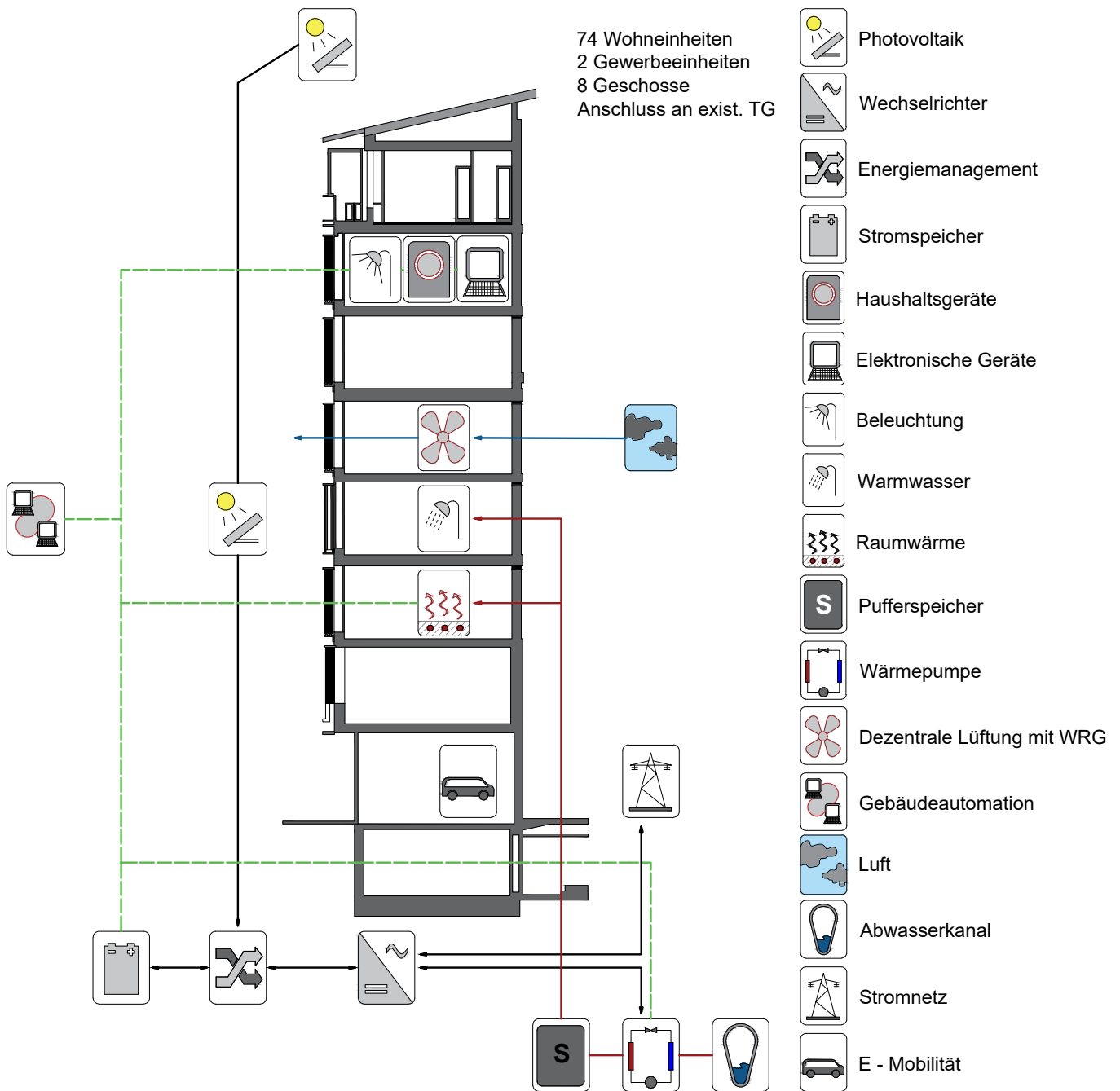


Abbildung 3: Haustechnikschema Grafik nach (Mahler 2018)

Eine Besonderheit des Projekts ist, dass vom Vermieter Küchen mit hocheffizienten Haushalts-Großgeräten zur Verfügung gestellt und mit vermietet werden.

Tabelle 3: Energierrelevante Kennwerte der Haustechniksysteme

Lüftungssystem und Luftwechselrate	Dezentrale, wohnungswise Lüftungsgeräte	ca. 0,3 h <sup>-1</sup>	
Heizlast PHPP (20°)	k.A.		
Wärmeerzeuger Heizung und Warmwasser (Typ, absolute und spez. Leistung)	Solewärmepumpe mit Abwasserkanal als Wärmequelle	145 kW	20,2 W/m <sup>2</sup> <sub>EBF</sub>
Wärmespeicher Typ und Größe	Pufferspeicher	3 x 5.000 L	2,2 Liter/m <sup>2</sup> <sub>EBF</sub>
Wärmeverteilsystem	Vierleitersystem mit wohnungswisen Frischwasserstationen (Kapitel 3.8.2.2)		
Wärmeabgabesystem Typ und Temperaturniveau	Fußbodenheizung Warmwasser (Primärkreise Wohnungsstationen)	35 °C/30 °C (Heizung) 50 °C/30 °C Warmwasser) (Primärkreis Wohnungsstationen)	
PV-Leistung absolut und spezifisch	369 kWp	351 Wp/m <sup>2</sup> <sub>UFL</sub> 52 W/m <sup>2</sup> <sub>EBF</sub>	
Batteriespeicher Kapazität absolut und spezifisch	250 kWh	35,2 Wh/m <sup>2</sup> <sub>EBF</sub>	

### 2.5.4 Energetische Performance

Die energetische Performance im Jahr 2016 ist in Abbildung 4 in einem Energieflussdiagramm (Sankey) dargestellt. Die angegebenen spezifischen Werte beziehen sich auf die **Summe aus beheizter Wohnfläche und Gewerbefläche im EG** von insgesamt 6.826,8 m<sup>2</sup>. Die Wärmeströme sind in einem Farbschema von gelb (hohe Temperatur) bis blau (niedrige Temperatur), die Stromverbräuche der einzelnen Anwendungen in grau dargestellt.

Die mittlere Raumlufttemperatur während der Heizperiode lag bei 20,5 °C.

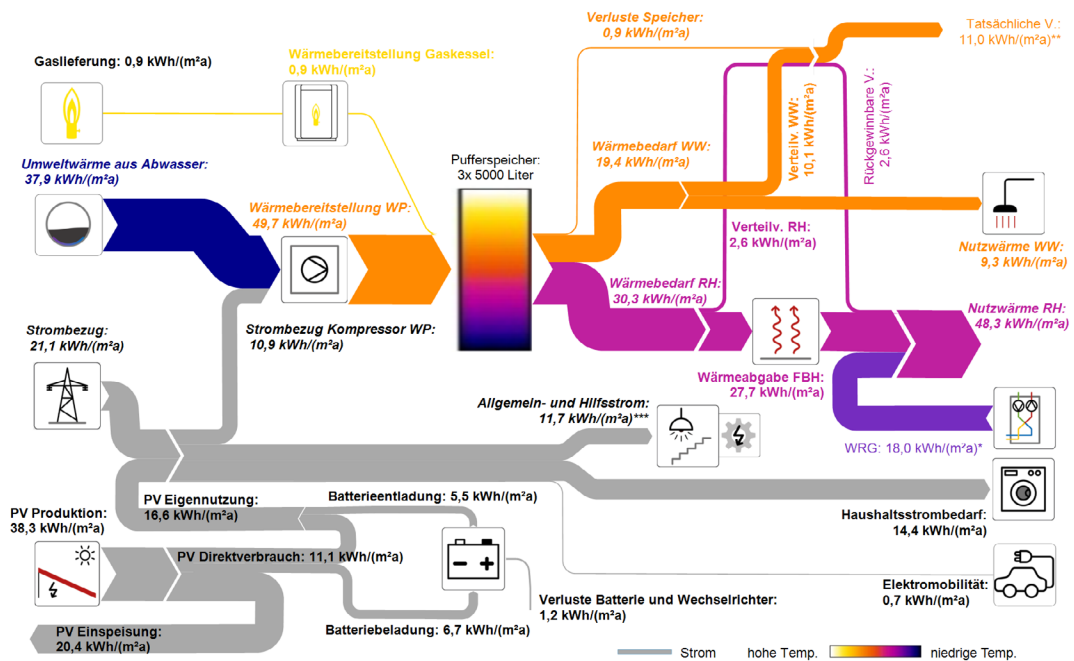


Abbildung 4: Sankey Diagramm: gemessenen Energieflüsse im Jahr 2016 – spezifische Werte mit Bezug auf die beheizte Wohnfläche + Fläche Gewerbe EG von 6.826,8 m (Datenquelle: (Mahler 2018), grafische Aufbereitung Energieinstitut Vorarlberg);

- \* Anteil Wärmerückgewinnung (WRG) auf Basis von Berechnungen ergänzt,
- \*\* Aufteilung der Wärmeverteilverluste geschätzt;
- \*\*\* inkl. minimalem Bilanzfehler

Die wichtigsten berechneten und gemessenen Energiekennwerte sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt, die Werte sind auf die Summe aus (beheizter) Wohnfläche und Gewerbefläche im EG von insgesamt 6.826,8 m<sup>2</sup> bezogen.

Tabelle 4: Kennwerte Energiebedarf und -verbrauch

Heizwärmebedarf Standardrandbedingungen (20 °C)	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>WNF</sub> a)	18,7
Heizwärmebedarf Verbrauchsprognose (22 °C)	kWh/m <sup>2</sup> <sub>WNF</sub> a)	27,9
Heizwärme <b>verbrauch</b> gemessen (20,5 °C)	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>WNF</sub> a)	27,7
Warmwasser <b>verbrauch</b> gemessen	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>WNF</sub> a)	9,3
Endenergieverbedarf <sub>Heiz+WW</sub> (Verbrauchsprognose 22 °C)	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>WNF</sub> a)	12,4
Endenergie <b>verbrauch</b> <sub>Heiz+WW</sub> gemessen	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>WNF</sub> a)	10,9
PV-Stromerzeugung (Berechnung)	kWh/m <sup>2</sup> <sub>ÜFL</sub> a	285,2
PV-Stromerzeugung gemessen	kWh/m <sup>2</sup> <sub>ÜFL</sub> a	248,7
Netzbezug Strom für alle Anwendungen (gemessen)	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>WNF</sub> a)	21,1
Einspeisung PV-Strom (gemessen)	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>WNF</sub> a)	20,4

### 2.5.5 Besonderheiten und Optimierungsmöglichkeiten

Das Projekt ist das energetisch mit Abstand beste der dargestellten Beispielgebäude. Der Strombezug aus dem Netz betrug im Jahr 2016 in Summe aller Anwendungen inkl. Haushaltsstrom 21,1 kWh/m<sup>2</sup><sub>WNF</sub>a, die Einspeisung 20,4 kWh/m<sup>2</sup><sub>WNF</sub>a.

Wie Abbildung 5 zeigt, erreichte das Gebäude sowohl 2016 als auch 2017 das energetische Ziel des jahresbilanziellen Netto-Nullenergiehauses: Die Jahrerzeugung an PV-Strom lag in beiden Jahren nur minimal unter dem gesamten Stromverbrauch des Gebäudes für Heizung, Warmwasser, Hilfs-, Allgemein- und Haushaltsstrom sowie für Mobilität.

Das hoch gesteckte Ziel konnte erreicht werden, weil sehr niedrige Wärmeverbräuche für Heizung und Warmwasser erreicht wurden, das Wärmeversorgungssystem sowohl bezüglich der Erzeugung, als auch der Verteilung sehr effizient arbeitete, da die gemessenen Verbräuche für Haushaltsstrom ausgesprochen niedrig waren und da die angestrebten PV-Erträge gut den prognostizierten Werten entsprachen.

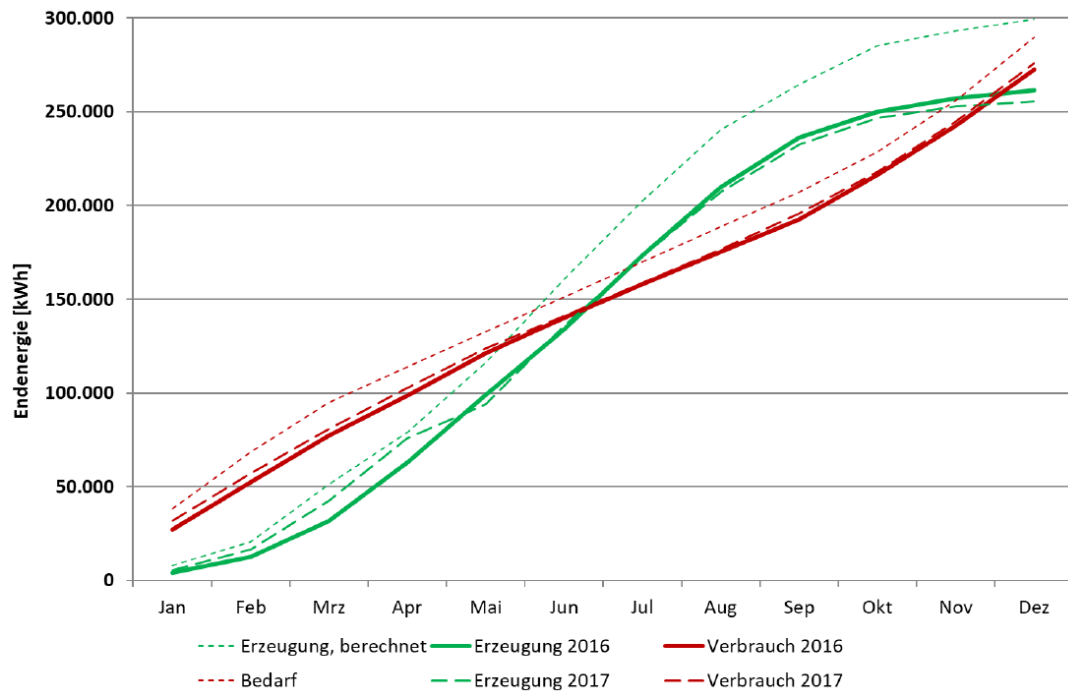


Abbildung 5: PV-Stromerzeugung und Gesamt-Stromverbrauch in Summe aller Anwendungen in den Jahren 2016 und 2017 im Vergleich mit den vorausberechneten Werten

Eine Besonderheit des Projekts ist, dass die Wohnungen über eine Energiekostenpauschale bzw. ein Energiekostenbudget abgerechnet werden. Beide Abrechnungsverfahren sind in Kapitel 1.6 erläutert. Durch Energiekostenpauschale bzw. -budget sind die Kosten des Wärmeverbrauchs für Heizung und Warmwasser enthalten, ebenso – im Rahmen eines wohnungsgrößenabhängigen Kontingents – der der Haushaltsstromverbrauch. In der Kaltmiete ist die komplett möblierte Küche mit Elektrogroßgeräten höchster Effizienz enthalten.

In Summe der Kaltmiete und der über Pauschale bzw. Budget abgerechneten Kosten entstehen monatliche Mietkosten von 13,40 EUR/m<sup>2</sup> (netto). Für vergleichbare Wohnungen in der Innenstadt Frankfurts betragen die monatlichen Mietkosten 15,31 EUR/m<sup>2</sup> (netto) – ohne Miete einer hochwertig ausgestatteten Küche (Mahler 2018).