

Nachhaltige Energieversorgung im PRC-G

Erste Ergebnisse der PRC-G Energiegruppe
(Th. Gorlewitz, Th. Kröschel, U. Nestle, A. Ulbrich, HG)

Hermann Groß

September 5, 2022

Überblick

Ziel

Erstellung eines modularen Konzeptes zur nachhaltigen, CO₂-neutralen
Energieversorgung des Clubs

Methoden

- ✓ • Energieverbrauch analysieren
- ✓ • Alternative Primärenergien auf ihre Nutzbarkeit prüfen
- ✓ • Konkreten Maßnahmenplan ableiten
- ✓ • Kosten schätzen
- ✓ • Clubgemeinschaft & Vorstand vom Konzept überzeugen
- ✓ • Budgetfreigabe einleiten & Energie-Effizienz-Experten beauftragen
- ! • Umsetzung beginnen

Ressourcen

- 4 Ingenieure und ein Physiker / monatliche Sitzungen per Zoom
- komfortable Cloud / monatl. Information an Vorstand / Start Okt. 2021

Energieverbrauch analysieren

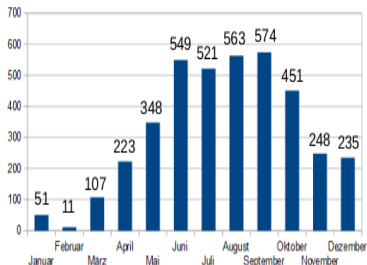
Jährliche Öl- und Gas-Verbrauchswerte
Auswertung des elektronischen Fahrtenbuches
Kontrollablesungen am Gaszähler

Energieverbrauch - Warmwasser

Alte Heizölverbrauchswerte (bevor die Vaillant
Brennwerttherme installiert wurde):

- 2000 | Heizöl von Mitte Mai – Ende
September → im wesentlichen für WW-
Erzeugung
- 1 | Heizöl ~ 0,97 kbm Gas;
- $2000 \text{ [l]} * 0,97 \text{ [kbm/l]} * 10,81 \text{ [kWh/kbm]} =$
20.971,4 [kWh] in 4,5 Monaten
- Anwesende Erwachsene in diesen 4,5
Monaten gemäß efa-Auswertung = **2381
Personen**
- $\Rightarrow 20.971,4 \text{ [kWh]} / 2381 \text{ [P]} =$ **8,81 [kWh / P]**
als Warmwasser-Energie pro Person

Fahrtenbuch: Erwachsene Rudererinnen 2021
(3881 insgesamt; mindestens)



Legende: Aus dem Fahrtenbuch extrahierte Erwachsene; die Zahlen dürften geringfügig unterschätzt sein, weil bei einigen Fahrten wahrscheinlich die Steuerleute nicht mitgezählt wurden; die Jugendlichen wurden bewusst nicht erhoben, weil die meisten von ihnen wohl eher nicht geduscht haben; insofern spiegeln diese Verteilungen die minimale Anzahl der Anwesenden.

Jährliche WW-Energie für 3881
Rudererinnen (aus alter Ölrechnung):

$$8,81 * 3881 \text{ [kWh]} = \mathbf{34.191,6 \text{ [kWh]}}$$

Energieverbrauch - Warmwasser/Heizlast

Gesamtjahresverbrauch an Heizöl:

$$15.000 \text{ [l]} * 0,97 \text{ [kWh/l]} * 10,81 \text{ [kWh/kWh]} = 157.285,5 \text{ [kWh/a]}$$

$$\Rightarrow \text{jährl. Heizenergie} = \text{Gesamt} - \text{WW} = 123.093,9 \text{ [kWh/a]}$$

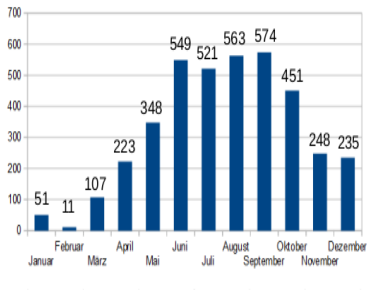
$$\Rightarrow 34.191,6 / 157.285,5 \sim 0,217 \quad 21,7\% \text{ WW-Anteil}$$

\Rightarrow spezifische Heizlast über alle Gebäudeteile

$$123.093,9 \text{ kWh/a} / 736 \text{ qm} = 167,25 \text{ [kWh/(qm*a)]}$$

(oder $123.093,9 \text{ kWh/a} / 830,5 \text{ qm} = 148,21 \text{ [kWh/(qm*a)]}$ mit $830,5 \text{ qm}$
als korrigierte Gesamtfläche aufgrund doppelter Saalhöhe bzw.
 16°C Absenkung für 278 qm im Röntgenhaus)

Fahrtenbuch: Erwachsene Rudererinnen 2021
(3881 insgesamt; mindestens)



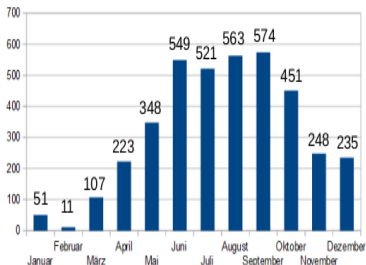
Legende: Aus dem Fahrtenbuch extrahierte Erwachsene; die Zahlen dürften geringfügig unterschätzt sein, weil bei einigen Fahrten wahrscheinlich die Steuerleute nicht mitgezählt wurden; die Jugendlichen wurden bewusst nicht erhoben, weil die meisten von ihnen wohl eher nicht geduscht haben; insofern spiegeln diese Verteilungen die minimale Anzahl der Anwesenden.

Jährliche WW-Energie für 3881
Rudererinnen (aus alter Ölrechnung):

$$8,81 * 3881 \text{ [kWh]} = 34.191,6 \text{ [kWh]}$$

Energieverbrauch - Warmwasser/Heizlast

Fahrtenbuch: Erwachsene Rudererinnen 2021
(3881 insgesamt; mindestens)



Zur Kontrolle: Erdgasrechnung 2020: 131.341 [kWh/a]; davon
18.220 [kWh] in 123 Tagen vom 1.7. – 31.10. mit 2109 Personen :

$$\begin{aligned} \text{WW-Energie 2020: } & (18.220 \text{ [kWh]} / 2109 \text{ [P]}) * 3881 \text{ [P]} \\ & = 8,64 \text{ [kWh/P]} * 3881 \text{ [P]} = 33.528,6 \text{ [kWh]} \\ & \text{(25,5 \% WW-Anteil)} \end{aligned}$$

Legende: Aus dem Fahrtenbuch extrahierte Erwachsene; die Zahlen dürften geringfügig unterschätzt sein, weil bei einigen Fahrten wahrscheinlich die Steuerleute nicht mitgezählt wurden; die Jugendlichen wurden bewusst nicht erhoben, weil die meisten von ihnen wohl eher nicht geduscht haben; insofern spiegeln diese Verteilungen die minimale Anzahl der Anwesenden.

Jährliche WW-Energie für 3881
Rudererinnen (aus alter Ölrechnung):

$$8,81 * 3881 \text{ [kWh]} = 34.191,6 \text{ [kWh]}$$

Energieverteilung - Heizlast

Raum/Gebäude	1. Nahrung $A^* = 656,5 \text{ qm}$	2. Nahrung $A^{**} = 830,5 \text{ qm}$
Saal (174 qm)	26,5 % (174/ A^*)	41,9 % (348/A^{**})
Saal2 (114 qm)	17,4 % (114/ A^*)	13,7 % (114/ A^{**})
Umkleide (81 qm)	12,3 % (81/ A^*)	9,7 % (81/ A^{**})
Treppenhaus (25 qm)	3,8 % (25/ A^*)	3,0 % (25/ A^{**})
Röntgenhaus (342 qm)	39,9 % (262,5/A^*)	31,6 % (262,5/A^{**})

1. Nahrung: Korrektur für Röntgenhaus - nur 64 qm sind normal beheizt; die restlichen 278 qm nur im Mittel auf 16°C => korrigierte Fläche Röntgenhaus: $64 \text{ qm} + 278 \text{ qm} * 0,714 = 262,5 \text{ qm}$ => korrigierte Gesamtfläche ohne Höhenkorrektur für den Saal:

$$A^* = 174 + 114 + 81 + 25 + (64 + 278 * 0,714) \text{ [qm]} = 656,5 \text{ [qm]}$$

2. Nahrung: Zusätzliche Raumhöhen-Korrektur für den Saal: $A^{**} = 174 * 2 + 114 + 81 + 25 + (64 + 278 * 0,714) \text{ [qm]} = 830,5 \text{ [qm]}$

Alternativen zu unserer Gasheizung

Solarthermie - Unterstützung von WW und Heizung

Photovoltaik - zur Selbstversorgung mit Strom

Wärmepumpen - für Heizung und WW

Alternative - Wärmepumpe

Schematische Darstellung der Funktionsweise einer Wärmepumpenanlage

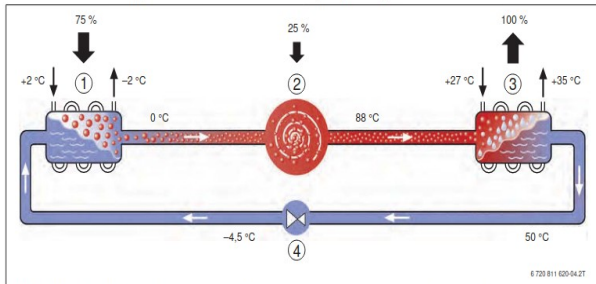


Bild 51 Schematische Darstellung des Kältemittelkreises in einer Wärmepumpenanlage (Beispiel)

- [1] Verdampfer
- [2] Kompressor
- [3] Kondensator
- [4] Expansionsventil

Quelle: WP-Planung-budens-WLW1961...IR-AR.pdf, Bild 51, S. 75

Wärmepumpe - Leistungszahl

Gesucht ist die Leistungszahl einer Wärmepumpe bei einer Fußbodenheizung mit 35 °C Vorlauftemperatur und einer Radiatorenheizung mit 50 °C bei einer Temperatur der Wärmequelle von 0 °C.

Fußbodenheizung (1)

- $T = 35 \text{ °C} = (273 + 35) \text{ K} = 308 \text{ K}$
- $T_0 = 0 \text{ °C} = (273 + 0) \text{ K} = 273 \text{ K}$
- $\Delta T = T - T_0 = (308 - 273) \text{ K} = 35 \text{ K}$

Berechnung gemäß Formel 14:

$$\varepsilon = 0,5 \times \frac{T}{\Delta T} = 0,5 \times \frac{308 \text{ K}}{35 \text{ K}} = 4,4$$

Wärmepumpe - Leistungszahl

Radiatorenheizung (2)

- $T = 50 \text{ °C} = (273 + 50) \text{ K} = 323 \text{ K}$
- $T_0 = 0 \text{ °C} = (273 + 0) \text{ K} = 273 \text{ K}$
- $\Delta T = T - T_0 = (323 - 273) \text{ K} = 50 \text{ K}$

Berechnung gemäß Formel 14:

$$\varepsilon = 0,5 \times \frac{T}{\Delta T} = 0,5 \times \frac{323 \text{ K}}{50 \text{ K}} = 3,2$$

Wärmepumpe - Leistungszahl



Das Beispiel zeigt eine 36 % höhere Leistungszahl für die Fußbodenheizung gegenüber der Radiatorenheizung.
Daraus ergibt sich die Faustregel:
1 °C weniger Temperaturhub = 2,5 % höhere Leistungszahl

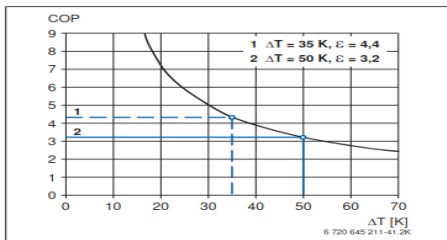


Bild 52 Leistungszahlen gemäß Beispielberechnung

COP Leistungszahl ε
 ΔT Temperaturdifferenz

Wärmepumpen - Stand der Technik

- ▶ auch **Luft/Wasser**-Wärmepumpen sind effizient (Studie des ISE Fraunhofer Instituts 'WPsmart im Bestand');
- ▶ vor allem wegen verbesserter **Steuerungstechnik**;
- ▶ **problemlose Leistungs-Skalierung** durch breites Angebot von Seriengeräten;
- ▶ optionaler **Bivalenzbetrieb** um weitere Energiequellen zu nutzen;
- ▶ optionale **Kühlfunktion**;

Hauptmaßnahmen für Nachhaltigkeit

Investitionen, um Verbrauch ohne Komfortverlust zu reduzieren & dabei CO₂-neutral zu werden:

Heizkreislauf im Röntgenhaus warten, also auf störungsfreien Betrieb prüfen und eventuelle Mängel beheben + Bedienungsschulung der Gastherme durchführen + einsparende Zeitzeonenprofile der Gastherme für Warmwasser und Heizung einstellen;

- 1) Heizkörper im Saal durch Niedrigtemperatur-Kompaktheizkörper ersetzen;
- 2) Getrennte Heizkreise Röntgen-/Haupthaus mit Regelung ausstatten;
- 3) Saaldecke isolieren und Lukenfenster bzw. Lüftungklappen auf Verbesserungen prüfen und ändern;
- 4) Im Röntgenhaus alle noch vorhandenen alten Fenster durch Isolierglasfenster bzw. noch vorhandene alte Heizkörper durch Niedrigtemperatur-Kompaktheizkörper ersetzen;
- 5) Luft / Wasser-Wärmepumpe + Photovoltaik-Anlage als Gesamtpaket planen (inkl. Erweiterungsoption für Solarthermie), Förderantrag stellen und einbauen lassen, und zwar unter der Randbedingung der Nutzung neuester Technologie, die einen effizienten und wirtschaftlichen Betrieb der Anlage auch bei Vorlauftemperaturen von 55°C garantiert;

Kostenschätzung

Hauptmaßnahmen:

Heizungswartung im Röntgenhaus, Gasthermen-Einstellung optimieren ...		300 Euro
(1) Hochleistungs-Niedrig-T-Heizkörper im Saal ...	_____	11.600 Euro inkl. Montage*
(2) Trennung Heizkreisläufe ... für 4-5 Heizkreise/1500,-pro Kreis	_____	6.000 Euro + 1.000 Montage**
(3) Deckenisolierung Saal ... 7,50 Euro/qm für ca 200 qm also	_____	1.500 Euro + 2.000 Montage**
(4) Isolierglasfenster Röntgenhaus ... Kunststofffenster 2fach verglast	_____	3.000 Euro + 2.000 Montage**
(5) Wärmepumpe- und Photovoltaik-Anlage:		
a) ~ 30 kW Luft-Wasser Wärmepumpe	_____	20.000 Euro + 6.100 Montage*
b) ~ 30 kWp PV-Anlage	_____	35.000 Euro inkl. Montage***

(Erläuterung zu 5b) 5000 kWh/a Normal-Strom + 10.000 kWh/a Wärmepumpe-Strom <=> *2 für die PV-Anlagen-Leistung)

insgesamt 88.500 Euro

[*Vergleichsangebote Visco GmbH / **Schätzung / ***Vergleichsangebot beim Nachbarn (28kWp)]

Antrag/Vorschlag: Vorstellung auf einer Mitgliederversammlung mit dem Ziel, die Mittel aus den Konten 2210 (Instandhaltung Haupthaus: 75.000,-) und 2220 (Instandhaltung Röntgenhaus: 5.000,-) - die im Kassenvoranschlag 2022 von der JHV vom 21.5.22 enthalten sind – für diese Maßnahmen zu verwenden bzw. sie in einen **erweiterten Kostenvoranschlag dieser Konten** aufzunehmen.

Schlussfolgerungen (1)

- ▶ das Gesamtkonzept der Maßnahmen muss von einem zertifizierten **Energie-Effizienz-Experten** geprüft werden, um dann in einen Antrag auf **Fördermittel** zu münden;
- ▶ die angegebenen Kostenschätzungen müssen durch Angebote kompetenter Installationsbetriebe konkretisiert werden;
- ▶ das gesamte Projekt zum nachhaltigen PRCG-Energieverbrauch wird in einem Cloudsystem dokumentiert – alle bisherigen Arbeiten wie z.B. Protokolle, Berechnungen, DIN-Datenblätter, Verbrauchsmessungen und Vorträge sind bereits abgelegt und vereinsintern sichtbar;

Schlussfolgerungen (2)

- ▶ **Fördermittel** des Bundes nach **BEG** (Bundesförderung für effiziente Gebäude) für folgende Kategorien bzw. Bereiche:

	Komplettsanierung	Einzelmaßnahmen
Fachplanung und Baubegleitung	50%	50%
Effizienzgebäude 40	45%	
Effizienzgebäude EE-Klasse / Nachhaltigkeits-Klasse	50%	
Effizienzgebäude 70	35%	
Wärmeerzeuger		bis zu 45%
Gebäudehülle		bis zu 20%
Anlagentechnik		bis zu 20%

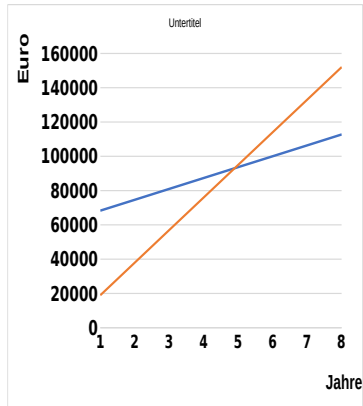
Schlussfolgerungen (3)

Grobe ROI Rechnung

Annahmen:

- Jahres-Energiebedarf 131.341 kWh (aus Gasrechnung 2020)
- => **19.000,- Euro/Jahr** bei heutigem Gaspreis
- **COP Wert der Wärmepumpe von 3,3**
- Investition **88.500 Euro**
- Förderung von **30%**
- **Ohne** Berücksichtigung der Einsparung durch selbst erzeugten Strom der PV-Anlage

=> Nach 5 Jahren amortisiert!



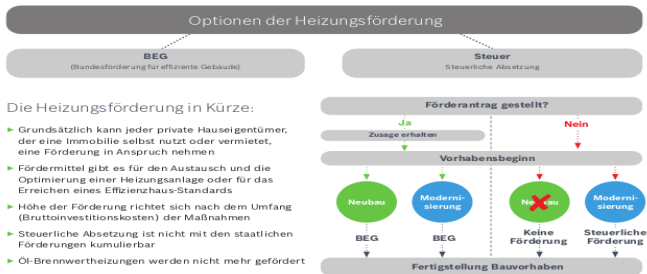
Schlussfolgerungen (4)

- ▶ einfache Methode zum Monitoring des WW-Verbrauchs und der Heizlast mittels efa-Daten wurde vorgestellt;
- ▶ die daraus ermittelten Kennzahlen ermöglichen die richtige Dimensionierung einer neuen Heizung;
- ▶ konkrete Vorschläge für Investitionen wurden abgeleitet und müssen noch durch einen zertifizierten Energie-Effizienz-Experten validiert werden;
- ▶ Die PRC-G Energiegruppe hat alte Diskussionen und Vorschläge zur Verbesserung des Energiemanagements aus 2019 aufgegriffen und weiterentwickelt, um ein modulares Gesamtkonzept von Maßnahmen vorzuschlagen.

Danke für Eure Aufmerksamkeit!

Hermann Groß

Überblick
Energieverbrauch
Nachhaltige Energiequellen
Wärmepumpen
Hauptmaßnahmen
Kostenschätzung
Schlussfolgerungen
Anhang - Förderung
Anhang - Dachflächen
Anhang - Konstruktion



Wichtig:

Stellen Sie den Antrag auf Förderung immer vor Durchführung der Einbaumaßnahmen. Als Vorhabensbeginn gilt ein rechtsgültiger Abschluss eines Lieferungs- und Leistungsvertrags in Zusammenhang mit dem Vorhaben. Planungs- und Beratungsleistungen dürfen erbracht werden und zählen nicht als Vorhabensbeginn. Der Zeitpunkt der Antragstellung ist das Datum des Eingangs beim BAFA/bei der KfW.

Quelle: bosch_foerderbroschuere_2021.pdf

BEG - Förderung / Beispiel Wärmepumpe



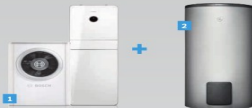
Wärmepumpe - Luft/Wasser im Einfamilienhaus

Bis zu
**45%
Förderung**

System

1. Compress 7000i AW 170RMB
Außeninheit + Inneneinheit

2. WH 370 LP 1 B
Trinkwasserspeicher



Anlagenbeispiel



Modernisierung
Einfamilienhaus
150 m²



2-3
Personen



1 Dusche
(40l, 8l/min)



1 Badewanne
(160l, 14l/min)

ErP-Label



Potenzielle Mindestförderung



7.700 €*

9.900 €**

Beim
Austausch
einer
Ölheizung

Einfach CO₂ reduzieren



Berechnung für Wohnraumerwärmung, Stand 01.2021. Beinhaltet 100% Förderung.

*Die Förderrechnung ist beschränkt. Jede Förderung berechnet sich je nach Objekt, Umfang der Modernisierung und deren Kosten individuell.
**Ausgangsbasis: Bf 1995: 10 kW Heizlast, HK50/60, 2.000 Liter Ölverbrauch, CO₂-Ausstoß 5.400 kg/Jahr monoengetisch.

Dachflächen Haupthaus

Nachhaltige
Energieversorgung
im PRC-G

Hermann Groß

- Überblick
- Energieverbrauch
- Nachhaltige Energiequellen
- Wärmepumpen
- Hauptmaßnahmen
- Kostenschätzung
- Schlussfolgerungen
- Anhang - Förderung
- Anhang - Dachflächen
- Anhang - Konstruktion



Wegbeschreibung

google.de/maps/@52.4296015,13.165

