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

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

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

Energieverbrauch analysieren

Jährliche Öl- und Gas-Verbrauchswerte

Auswertung des elektronischen Fahrtenbuches

Kontrollablesungen am Gaszähler

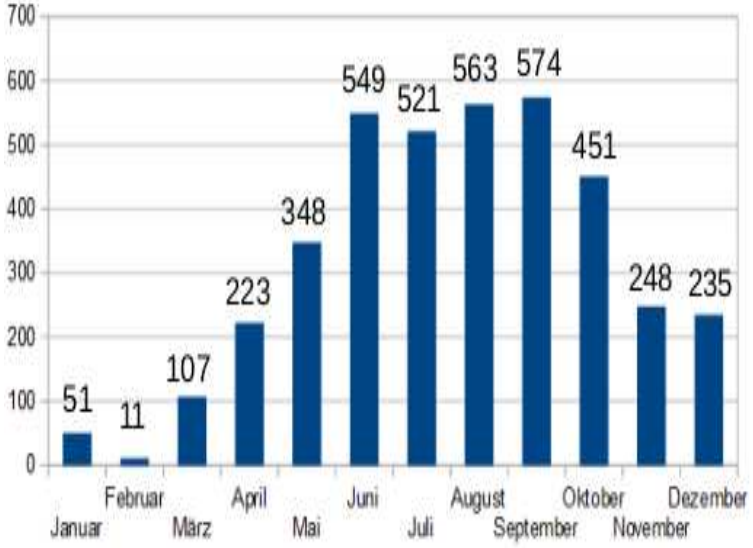
Überblick
Energieverbrauch
Nachhaltige Energiequellen
Wärmepumpen
Hauptmaßnahmen
Kostenschätzung
Schlussfolgerungen
Anhang - Förderung
Anhang - Dachflächen
Anhang - Konstruktion

Energieverbrauch - Warmwasser

Alte Heizölverbrauchswerte (bevor die Vaillant Brennwerttherme installiert wurde):

- **2000 l Heizöl** von Mitte Mai – Ende September ↔ im wesentlichen für WW-Erzeugung
- 1 l Heizöl ~ 0,97 kbm Gas;
- 2000 [l] * 0,97 [kbm/l] * 10,81 [kWh/kbm] = **20.971,4 [kWh] in 4.5 Monaten**
- Anwesende Erwachsene in diesen 4,5 Monaten gemäß efa-Auswertung = **2381 Personen**
- => 20.971,4 [kWh] / 2381 [P] = **8,81 [kWh / P] als Warmasser-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 [kWh] = **34.191,6 [kWh]**

Energieverbrauch - Warmwasser/Heizlast

Gesamtjahresverbrauch an Heizöl:
15.000 [l] * 0,97 [kbm/l] * 10,81 [kWh/kbm] = **157.285,5 [kWh/a]**

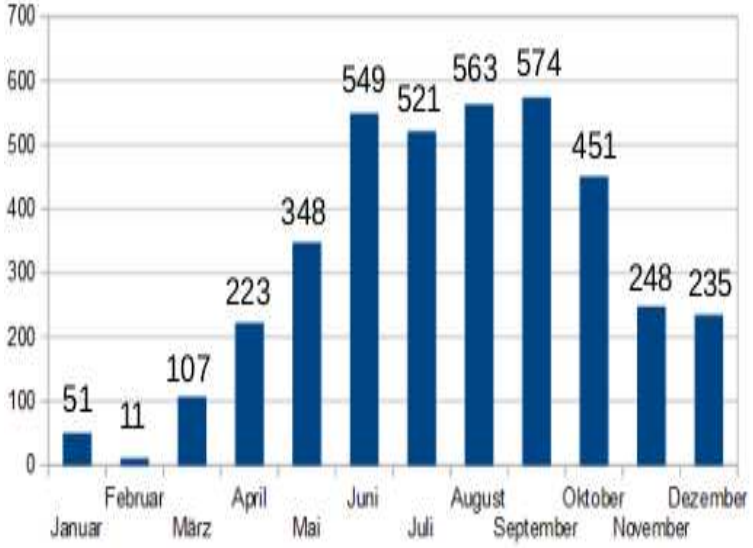
=> **jährl. Heizenergie** = Gesamt – WW = **123.093,9 [kWh/a]**

=> 34.191,6 / 157.285,5 ~ **0,217** **21,7 % WW-Anteil**

=> spezifische Heizlast über alle Gebäudeteile
123.093,9 kWh/a / 736 qm = **167,25 [kWh/(qm*a)]**

(oder 123.093,9 kWh/a / 830,5 qm = **148,21 [kWh/(qm*a)]** mit **830,5 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.

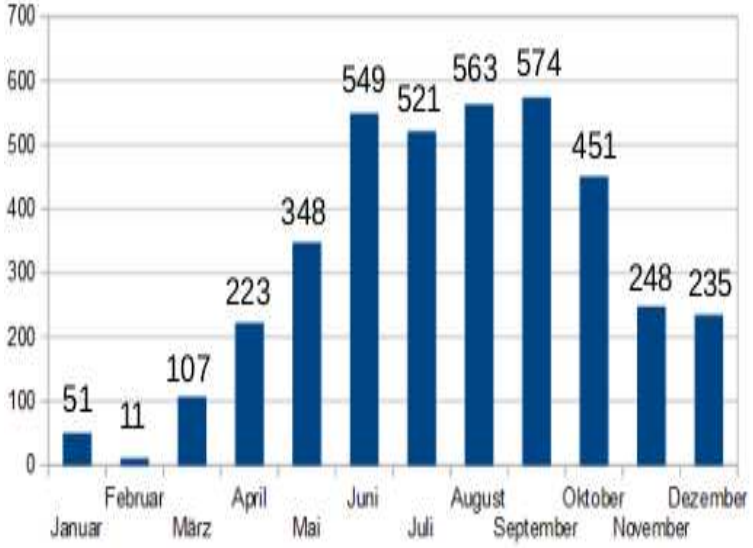
Jährliche WW-Energie für 3881 Rudererinnen (aus alter Ölrechnung):

8,81 * 3881 [kWh] = **34.191,6 [kWh]**

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

Energieverbrauch - Warmwasser/Heizlast

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.

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

WW-Energie 2020: (18.220 [kWh] / 2109 [P]) * 3881 [P]
= 8,64 [kWh/P] * 3881 [P] = **33.528,6 [kWh]**
(**25,5 % WW-Anteil**)

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

8,81 * 3881 [kWh] = **34.191,6 [kWh]**

Energieverteilung - Heizlast

Raum/Gebäude	1. Nährung A* = 656,5 qm	2. Nährung A** = 830,5 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. Nährung: Korrektur für Röntgenhaus - nur 64 qm sind normal beheizt; die restlichen 278 qm nur im Mittel auf 16°C => korrigierte Fläche Röntgenhaus: 64 qm + 278 qm * **0,714 = 262,5 qm => korrigierte Gesamtfläche ohne Höhenkorrektur für den Saal:** A* = 174 +114+81+25+(64 + 278*0,714) [qm] = **656,5 [qm]**

2. Nährung: Zusätzliche Raumhöhen-Korrektur für den Saal: **A**** = 174*2+114+81+25+(64 + 278*0,714) [qm] = **830,5 [qm]**

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

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

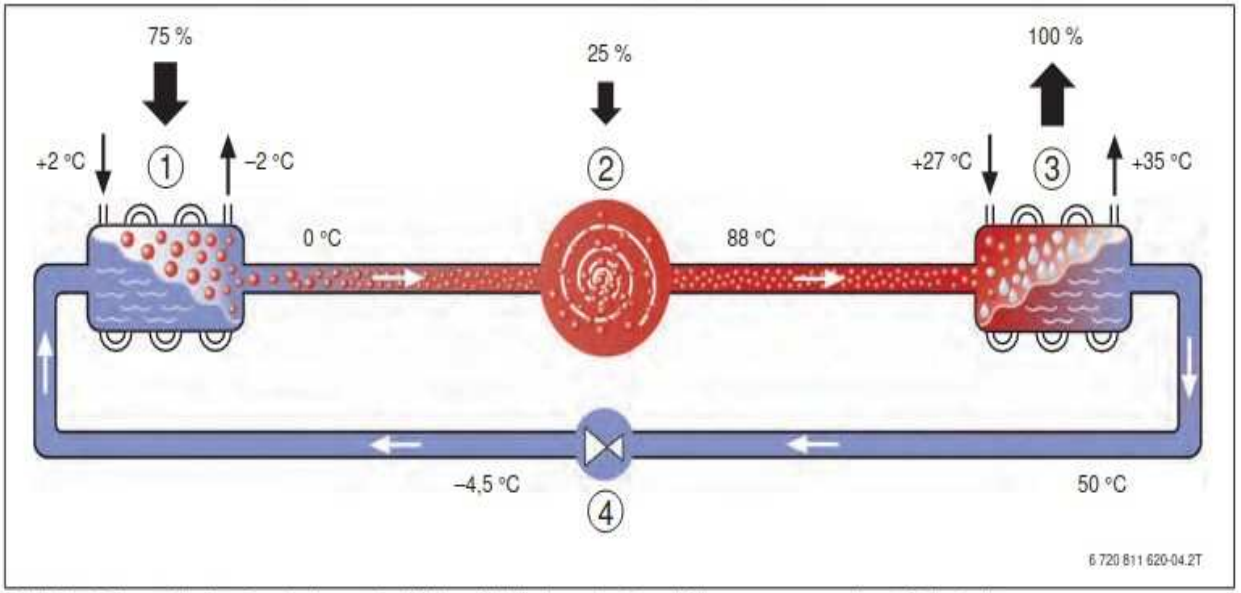


Bild 51 Schematische Darstellung des Kältemittelkreises in einer Wärmepumpenanlage (Beispiel)

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

Quelle: WP-Planung-buderus-WLW196i...IR-AR.pdf, Bild 51, S. 75

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

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)

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

Berechnung gemäß Formel 14:

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

Quelle: WP-Planung-buderus-WLW196i...IR-AR.pdf, S. 76

Wärmepumpe - Leistungszahl

Radiatorenheizung (2)

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

Berechnung gemäß Formel 14:

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

Quelle: WP-Planung-buderus-WLW196i...IR-AR.pdf, S. 76

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

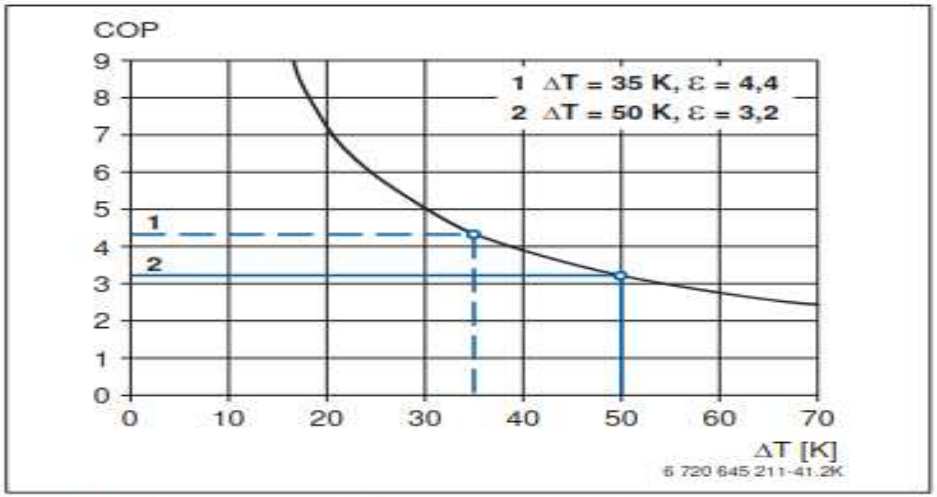


Bild 52 Leistungszahlen gemäß Beispielberechnung

COP Leistungszahl ε
ΔT Temperaturdifferenz

Quelle: WP-Planung-buderus-WLW196i...IR-AR.pdf, Bild 52, S. 76

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

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**;

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

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 Zeitzonenprofile 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 neuster 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**

[*Vergleichsangbote 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.

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

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)

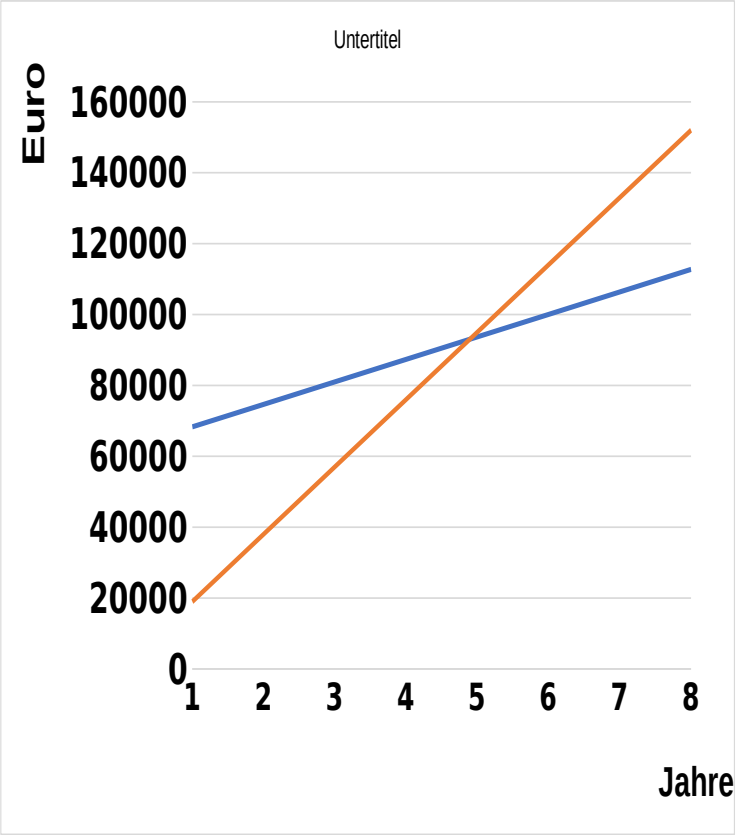
Grobe ROI Rechnung

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!

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

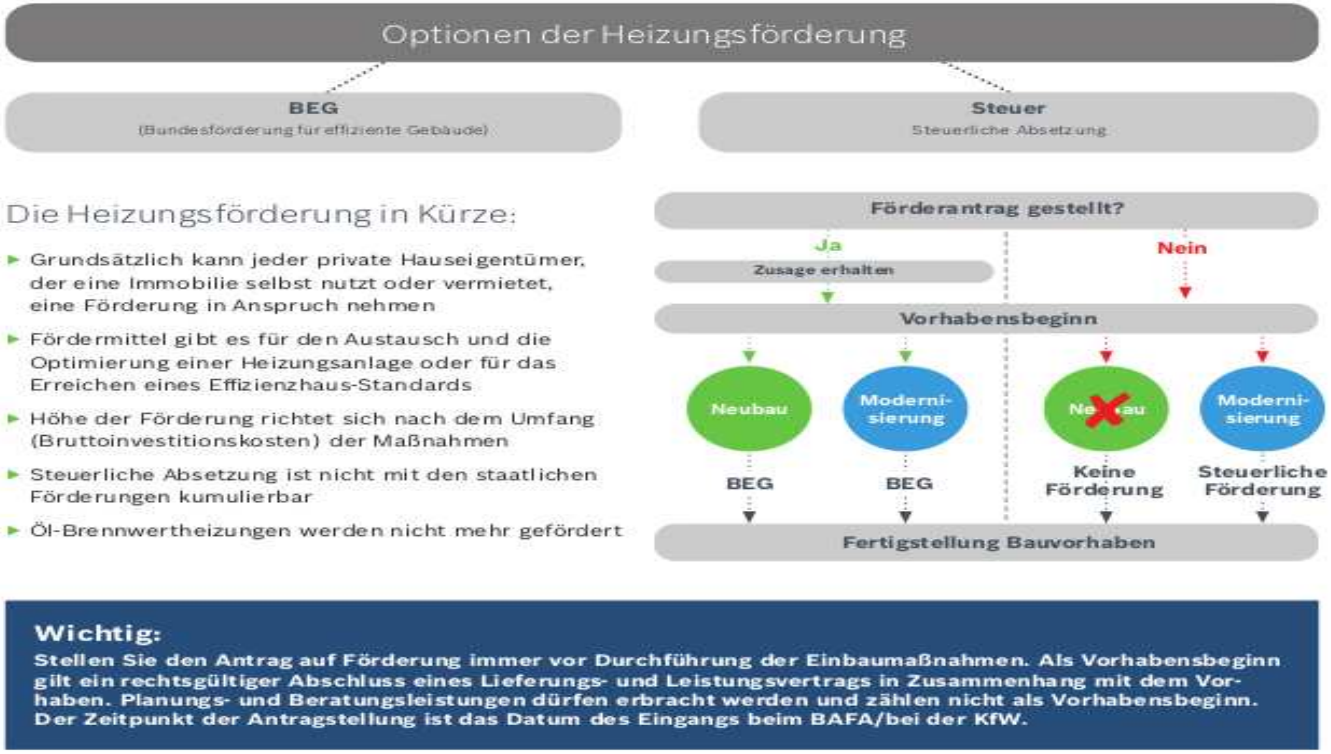
Schlussfolgerungen (4)

- 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!

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

BEG - Förderung / Details



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.

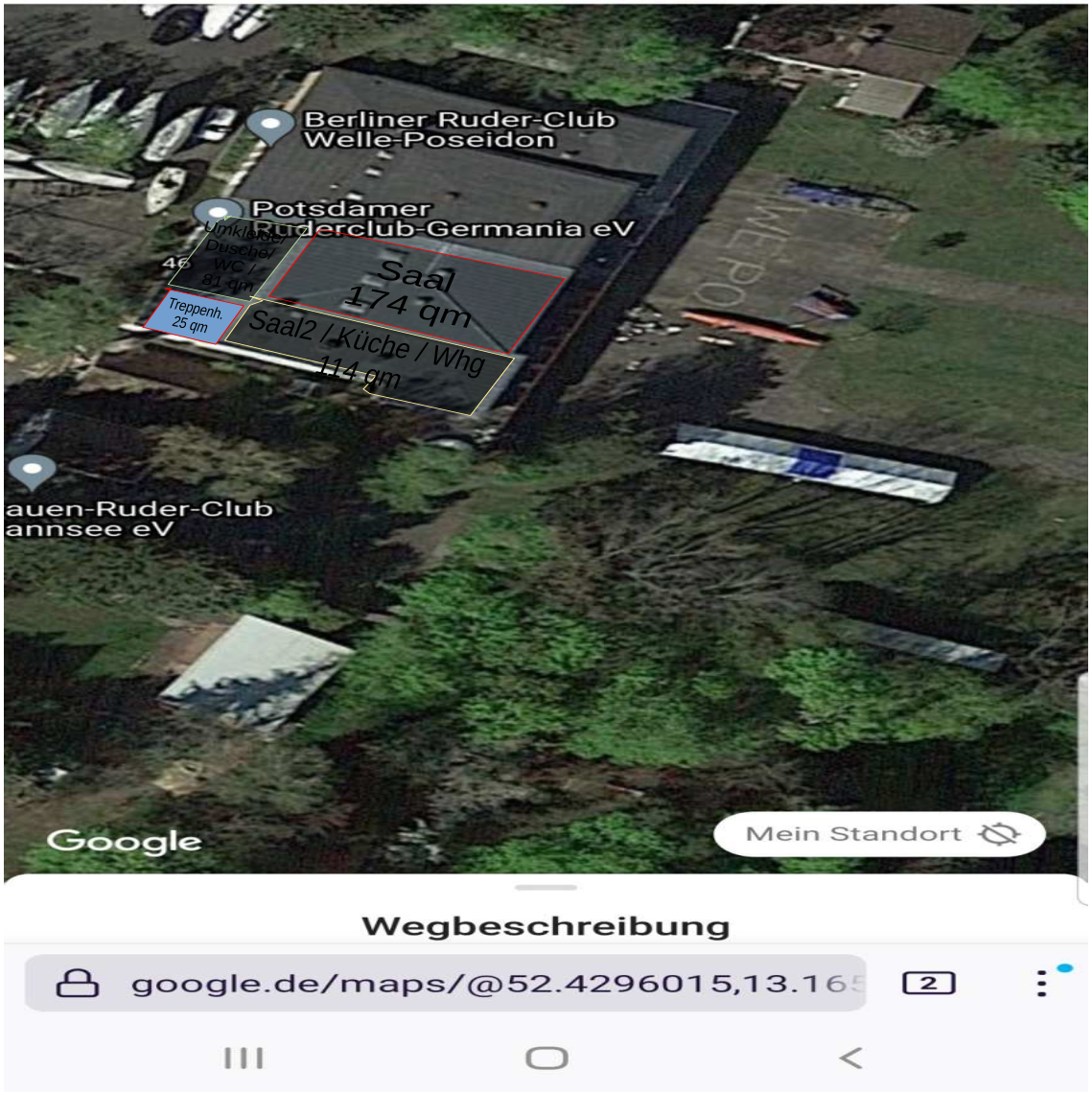
Quelle: bosch_foerderbroschuere_2021.pdf

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

BEG - Förderung / Beispiel Wärmepumpe

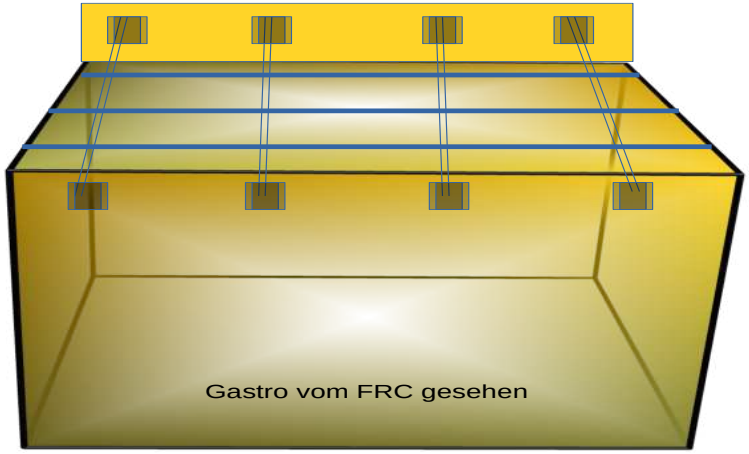
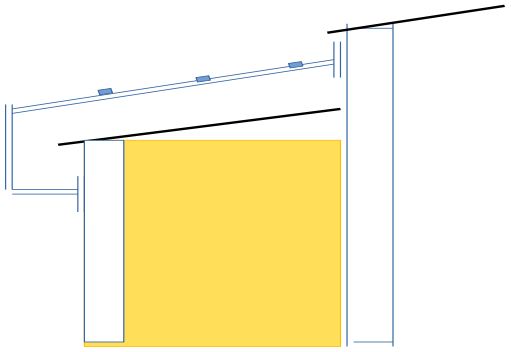
Quelle: bosch_foerderbroschuere_2021.pdf

Dachflächen Haupthaus



Konstruktionsidee

Vorschlag zur Überwindung der unzureichenden Tragfähigkeit unserer Dächer (nur für Schneelast ausgelegt):

Trägerkonstruktion für Solarmodule, die an den Wänden der Außenseiten von Clubraum und überstehender Mittelwand des Saales befestigt werden;

Problem hierbei sind die überstehenden Abzugshauben und Lüftungsrohre auf dem Dach von Saal2 (Gastronomie);