

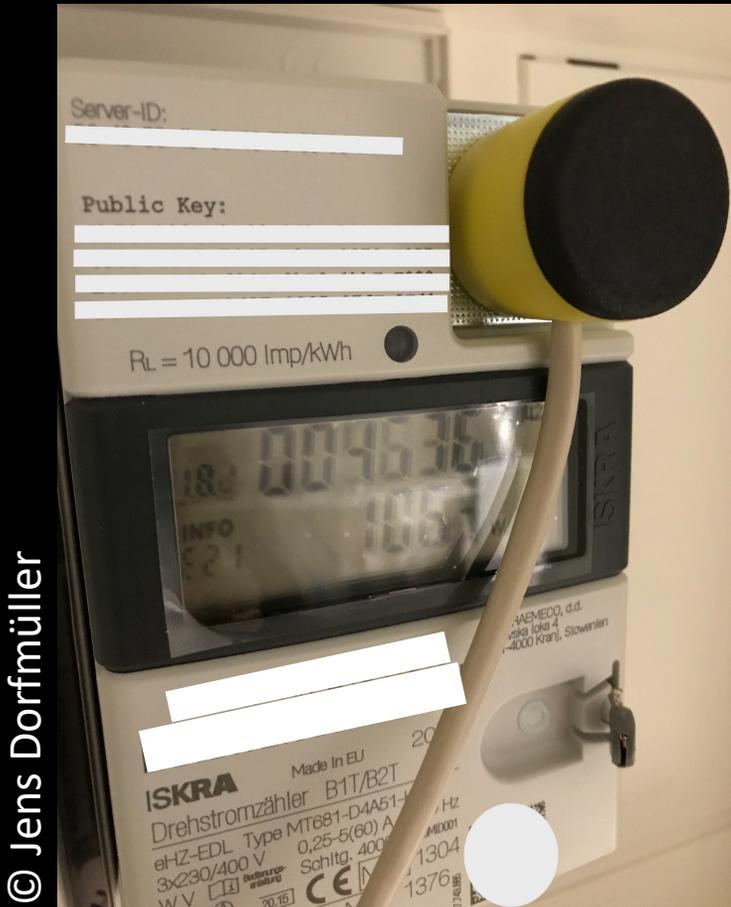
Do-It-Yourself Heizenergie- Optimierung mit einem Neuronalen Netzwerk

Jens Dorf Müller

Folien unter: <https://jens.dorfmueller.de/>
E-Mail für Fragen: rc3-talk@jens.dorfmueller.de
Eventphone: 5867

R C 3
2021
NOW
HERE

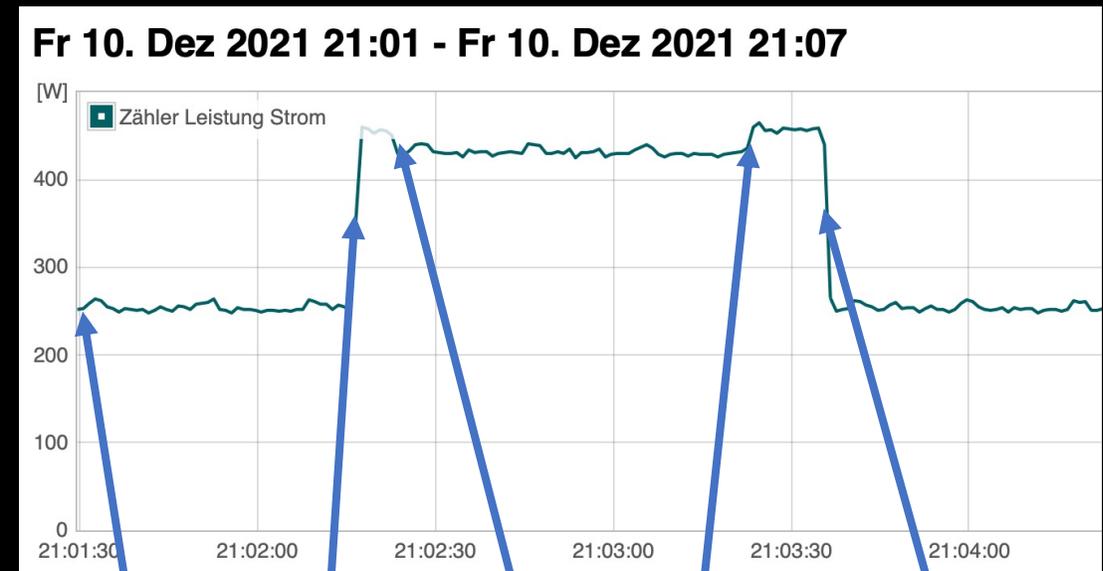
Smart Meter



- Überträgt alle paar Sekunden
 - Zählerstand
 - aktuell bezogene Leistung
- ... über eine Info-Schnittstelle als Infrarot-Signal
- Datenstrom kann mit einer Infrarotdiode mitgelesen werden
 - an einem GPIO (z.B. eines RasPi)
 - oder in einem USB Sensors eines Hardware-Enthusiasten
- Sensor wird mit einem Ring-Magneten gehalten
- Zähler müssen eventuell erst mit PIN-Eingabe auf „erweiterten Datensatz“ freigeschaltet werden

- Programm vzlogger auf RasPi:
 - Aufteilen des Datenstroms in Kanäle (Zählerstand HT, Zählerstand NT, aktueller Verbrauch, ...)
 - Puffern (falls Datenbank down)
 - Transfer an eine Middleware auf Server über einen http-request
- Middleware auf Server:
 - Empfangen der Messwerte
 - Schreiben in eine MariaDB Datenbank
- Web-Frontend:
 - Graphische Darstellung der Werte

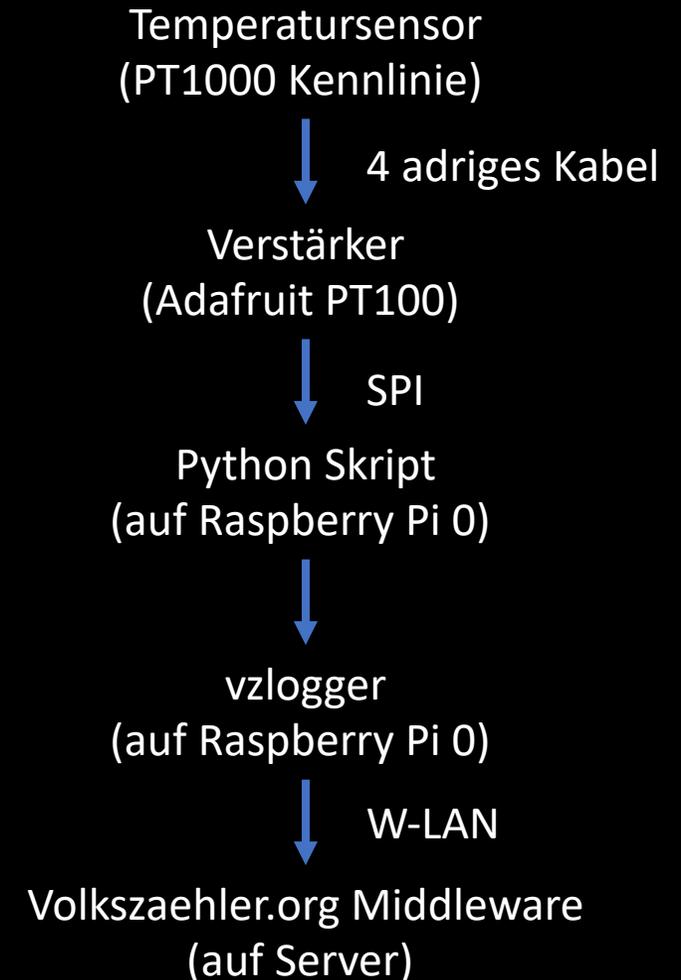
Verbrauch große LED Deckenlampe < Halogen Standleuchte!



Deckenlicht ist an
Leselampe an
Deckenlicht aus
Deckenlicht an
Leselampe aus

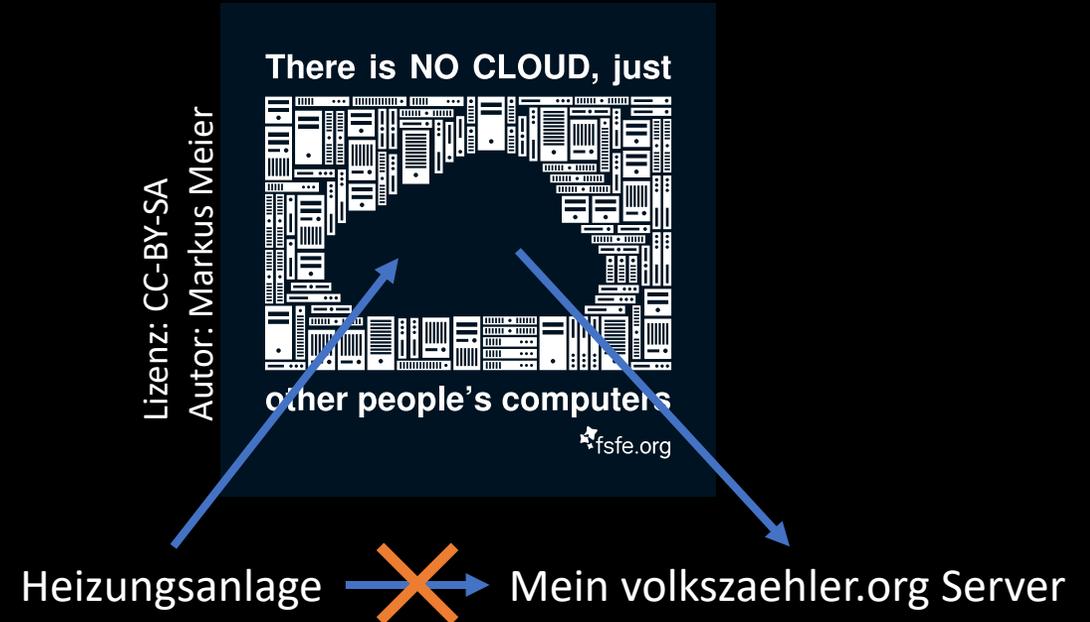
Weitere Datenquellen hinzufügen

- Volkszaehler.org hat eine gut dokumentierte http-Schnittstelle
- Temperatur Sensor
 - Platin-Messwiderstand Temperatursensor
 - an Verstärker (z.B. Adafruit PT100)
 - über SPI eines RasPi 0 auslesen
 - Kurzes Python Skript zur Übergabe an vzlogger



Weitere Datenquellen hinzufügen

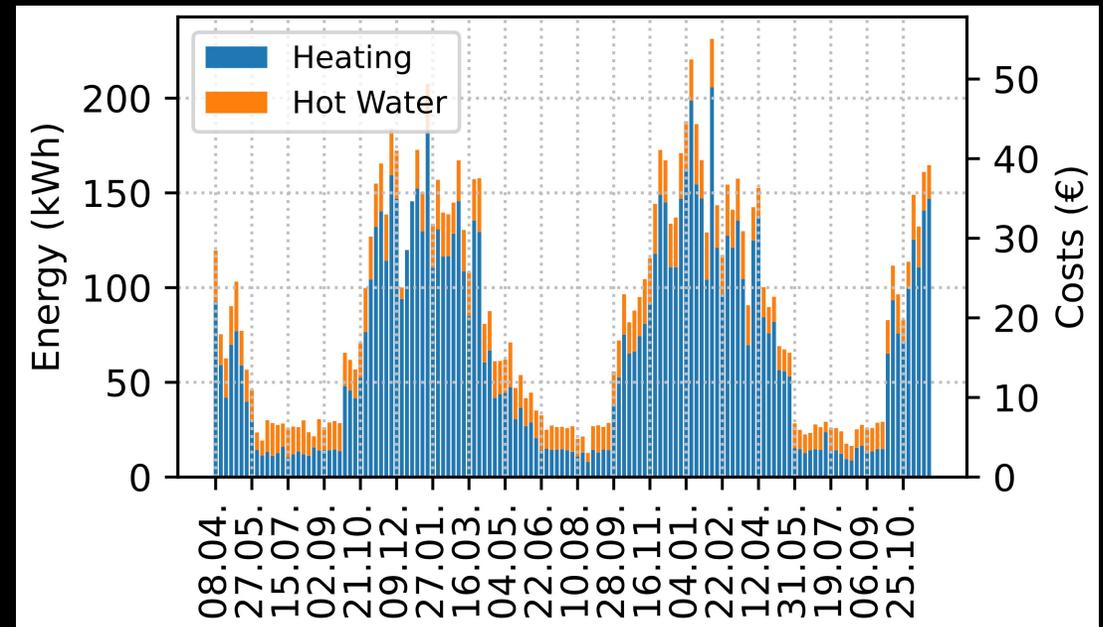
- Auslesen der Heizungsanlage
 - Nur durch die Cloud des Herstellers möglich
 - Viessmann hat kürzlich seine API zum Auslesen von Daten aus ihrer Cloud offengelegt
 - Es gibt eine OpenSource PHP-API auf GitHub
thetrueavatar/Viessmann-API



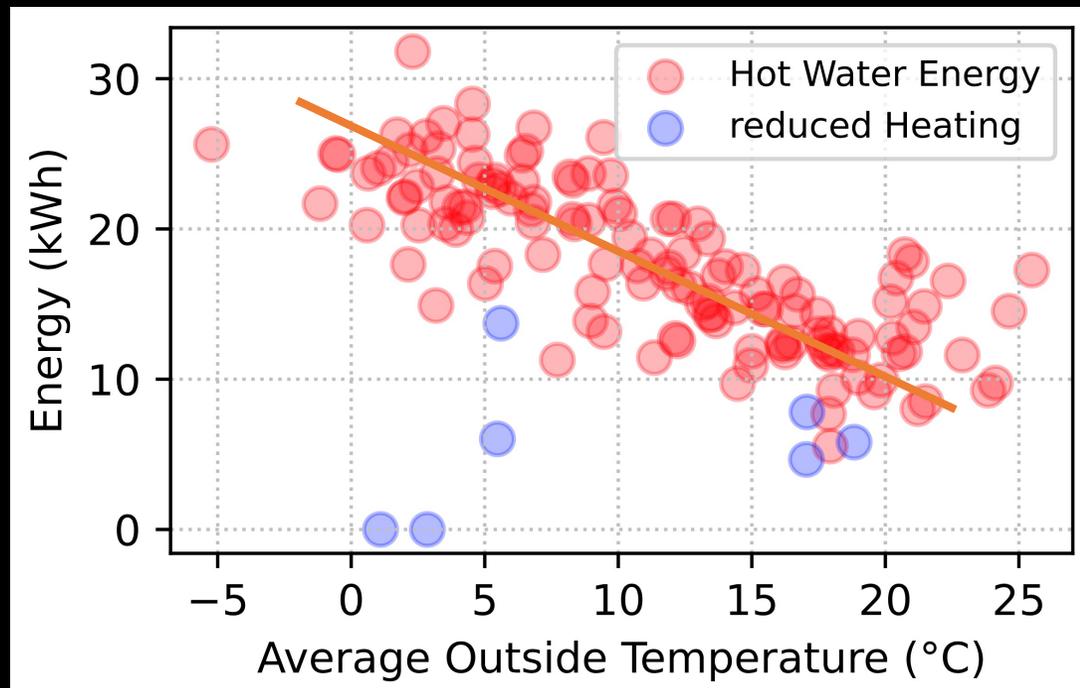
- Ausgelesene Daten:
 - Außentemperatur
 - Heizungsprogramm aktiv?
 - Warmwasseraufbereitung?

Analyse der Heizungsdaten mit Numpy

- Ich kenne die Leistungsaufnahme meiner Heizung zu jedem Zeitpunkt
- Ich kenne den Betriebszustand meiner Heizung zu jedem Zeitpunkt
- Ich kann genau ausrechnen wie viel Strom ich zum Heizen und zur Warmwasseraufbereitung benötige



Warmwasseraufbereitung vs. Temperatur

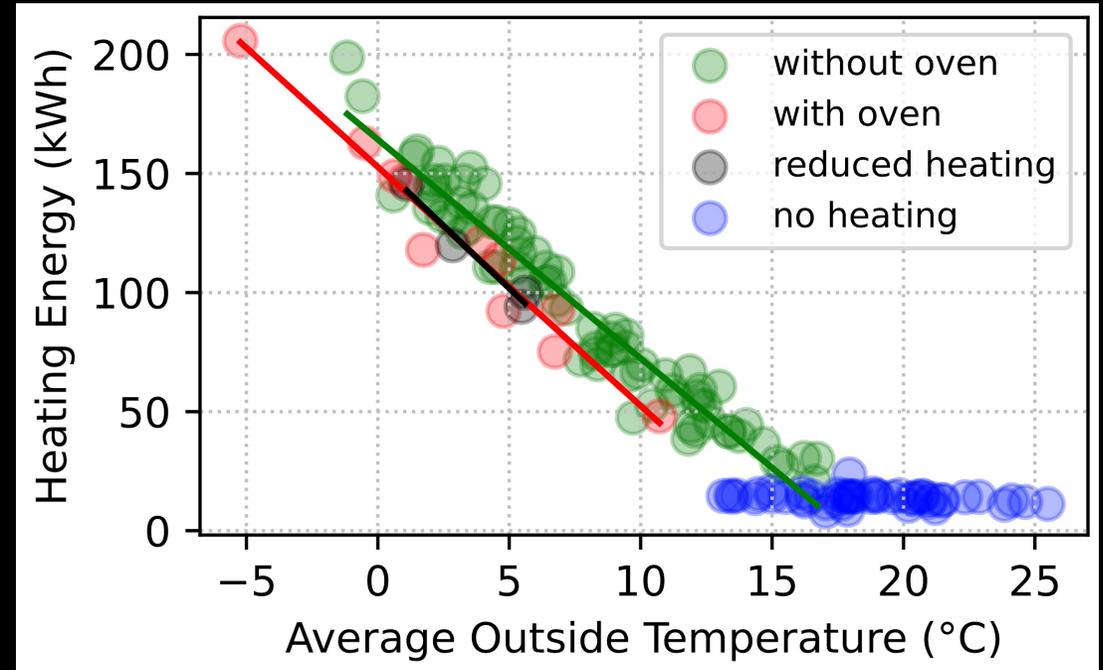


- Eindeutige Korrelation zwischen Außentemperatur und Energiebedarf für Warmwasser
- Wahrscheinliche Erklärung: Effizienz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe sinkt bei Kälte
- Energiespar-Idee: die Warmwasseraufbereitung an Wettervorhersage koppeln und in warme Tageszeit verlegen

Wie viel Strom spart mein Holzofen?



© Jens Dorf Müller



Der Stromverbrauch erscheint in den Wochen, in denen der Ofen viel lief, niedriger zu sein!

Geht das auch genauer?



© Jens Dorf Müller

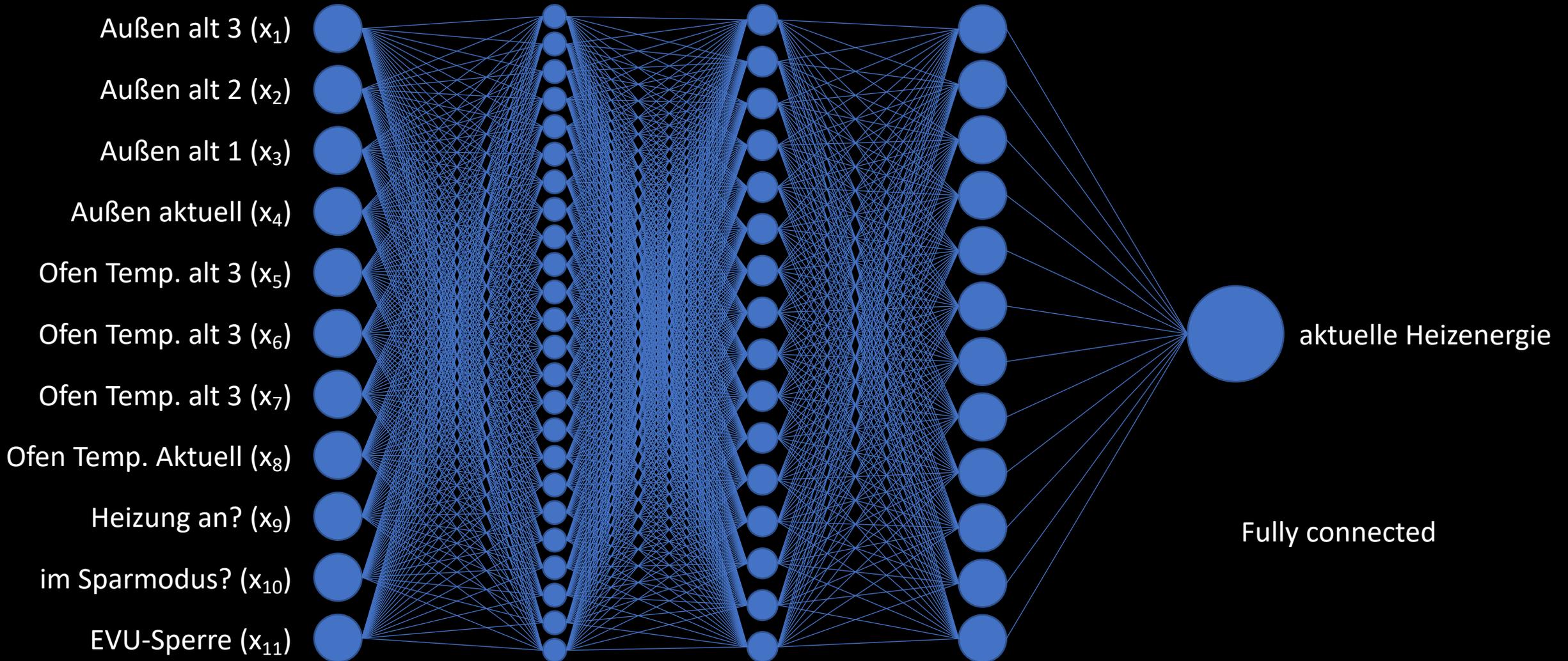
- Grundsätzliche Idee
 - Trainiere ein neuronales Netzwerk aus Außentemperatur und Temperatur des Ofens (und Status der Heizung) den Stromverbrauch vorher zu sagen
 - Manipuliere die Ofentemperatur so, als ob er nie an gewesen wäre
 - Differenz zwischen Vorhersage mit Ofen und Vorhersage ohne Ofen ist die gesparte elektrische Energie

Neural Network

1. Außentemperatur alt 3: Durchschnitt (t-24h bis t-18h)
2. Außentemperatur alt 2: Durchschnitt (t-18h bis t-12h)
3. Außentemperatur alt 1: Durchschnitt (t-12h bis t-6h)
4. Außentemperatur aktuell: Durchschnitt (t-6h bis t)
5. Temperatur Ofenspeicher alt 3: Durchschnitt (t-24h bis t-18h)
6. Temperatur Ofenspeicher alt 2: Durchschnitt (t-18h bis t-12h)
7. Temperatur Ofenspeicher alt 1: Durchschnitt (t-12h bis t-6h)
8. Temperatur Ofenspeicher: Durchschnitt (t-6h bis t)
9. Heizung an?: Durchschnitt (t-6h bis t)
10. im Sparmodus: Durchschnitt (t-6h bis t)
11. EVU-Sperre (EVU = Energieversorgungsunternehmen): Durchschnitt (t-6h bis t)

Output: Heizenergie = Integral über Leistung ohne Warmwasseraufbereitung (t-6h bis t)

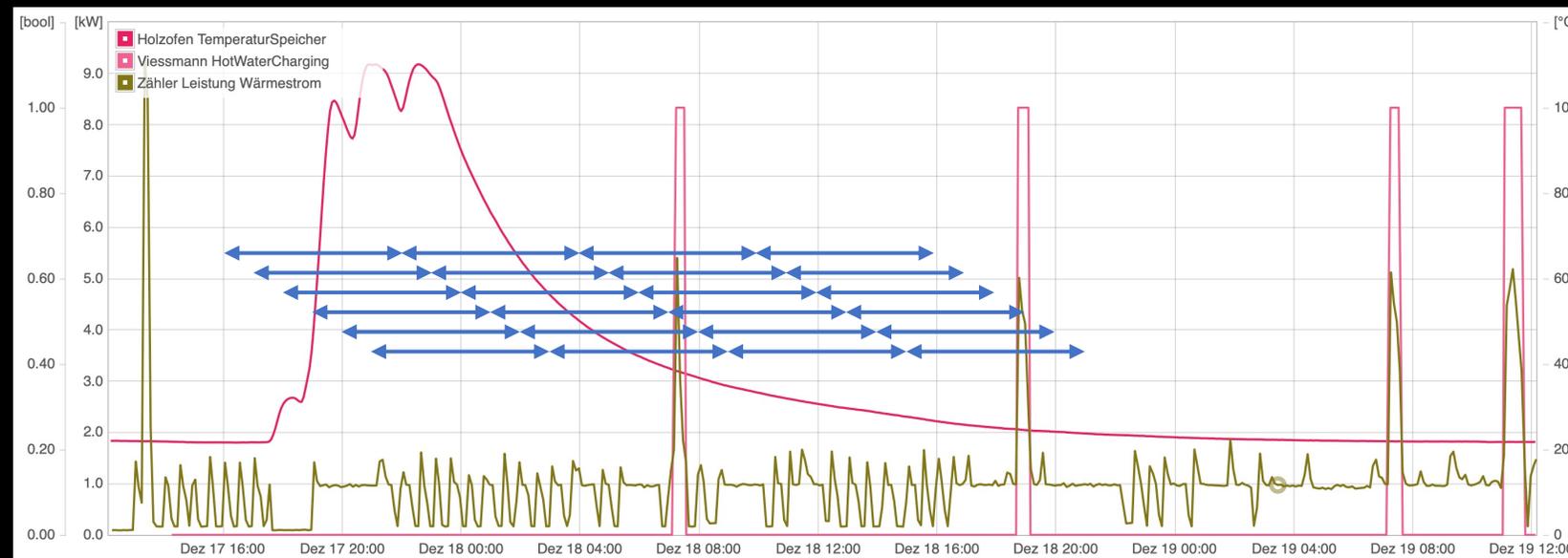
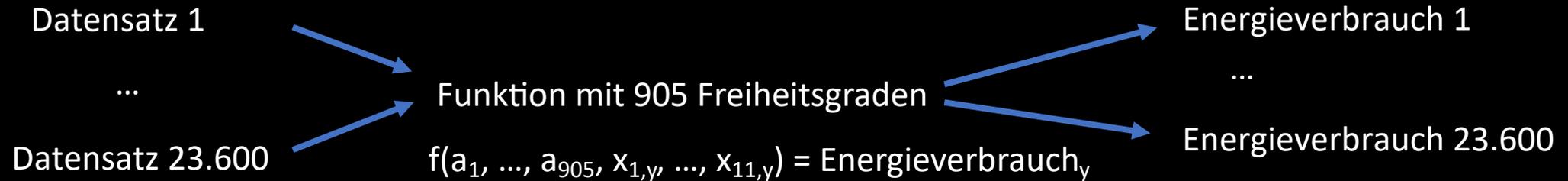
Neuronales Netzwerk



Fully connected

Layer: Neuronen → Input: 11 Hidden 1: 24 Hidden 2: 16 Hidden 3: 12 Output: 1

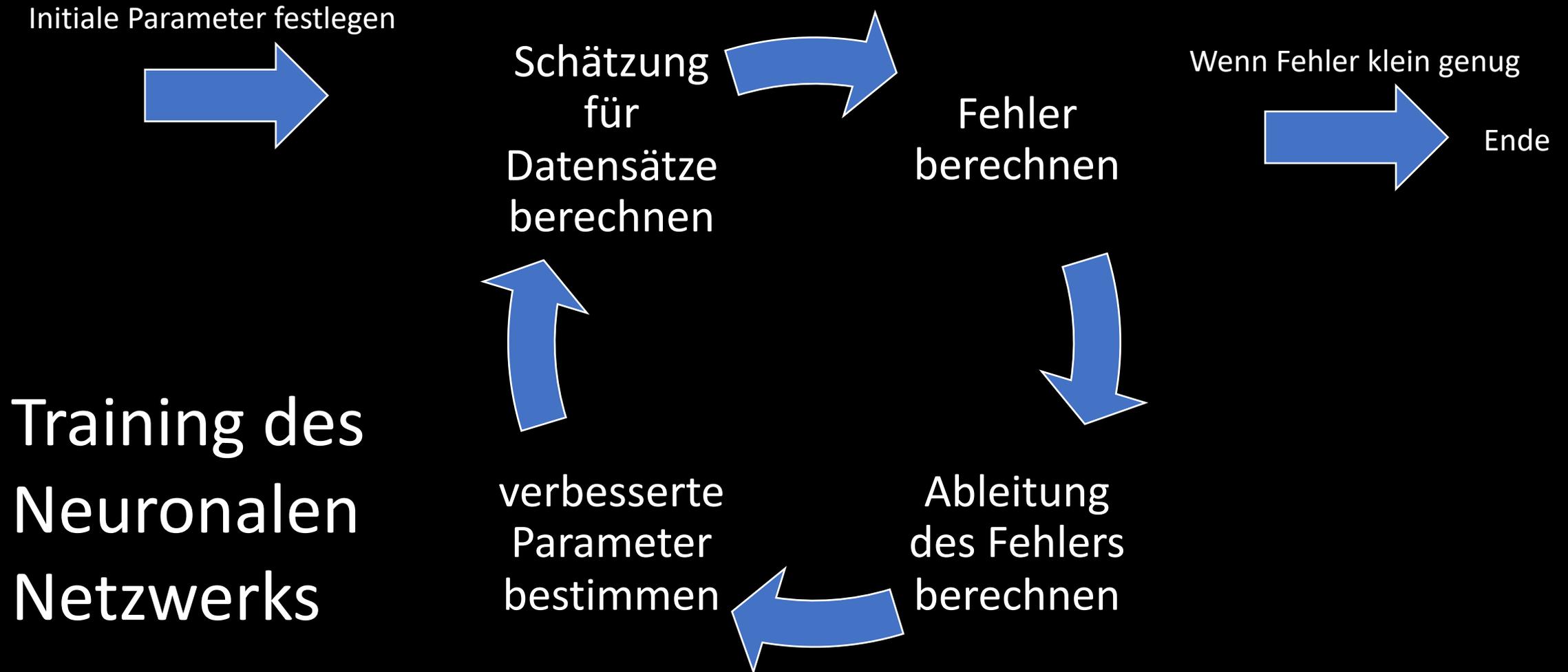
Neuronales Netzwerk als allgemein Funktion



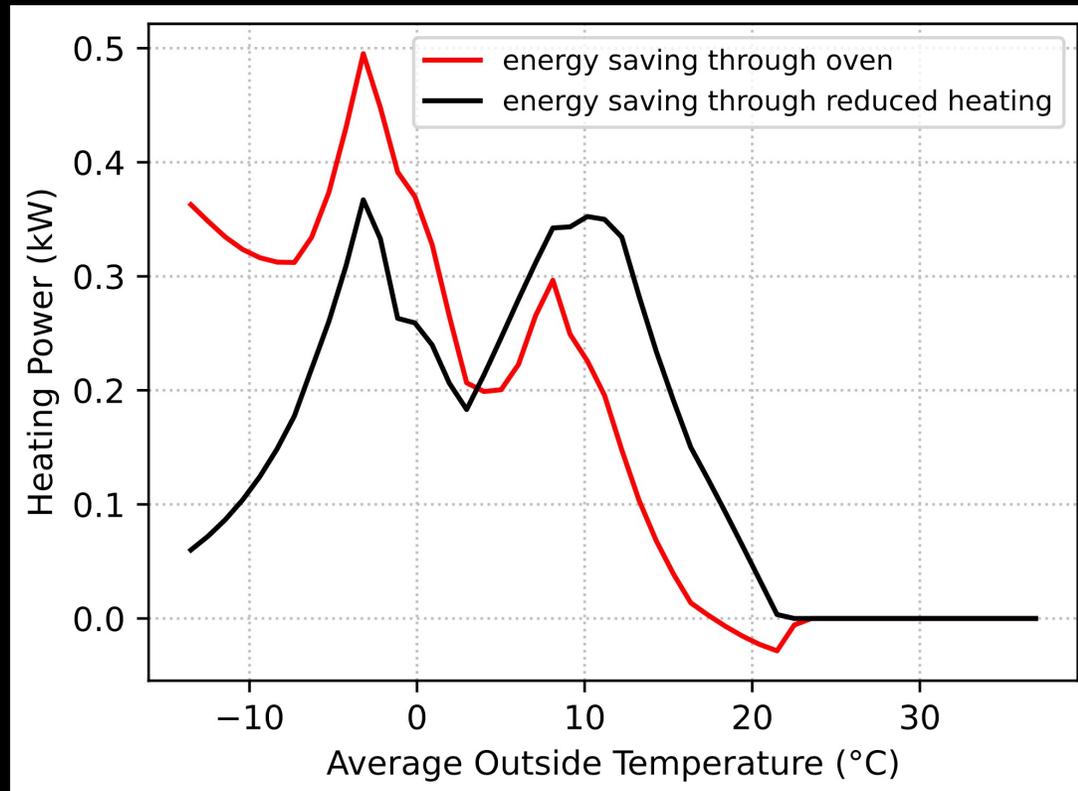
Wenn ich aus den Eingangsdaten meinen Heiz-Stromverbrauch vorhersagen möchte, muss ich nur noch eine Aufgabe Lösen:

Finde ein Set aus Parametern a_1 bis a_{905} , das für alle Datensätze möglichst nah an den realen Energieverbrauch herankommt

Training über Iterationen



Leistungseinsparung über Temperatur



Rote Linie:

Außentemperatur alt 3 = ... alt 2 = ... alt 1 = ... aktuell → x-Achse

Ofentemperatur alt 3 = ... alt 2 = 20°C; ... alt 1 = 100°C; ... aktuell = 60°C

Heizung an; Heizung nicht im Sparmodus; keine EVU Sperre

- Modell sagt im Durchschnitt realen Energieverbrauch mit hoher Präzision voraus: überschätzt mit 0,21% Std.-Abw. 3,20%
- Modell schätzt Energieersparnis im Durchschnitt von 6,37% mit Std.-Abw. 0,77%
- Heiz-Stromersparnis: ca. 575,8 kWh (= 134,52€ Stromkosten)

Vergleich der Heizenergiequellen

	Luft-Wasser-Wärmepumpe	Holz Kaminofen
Energieträger	Strom, inzwischen nur noch Ökostrom	ca. 4 Schütt-raummeter Buchenholz
Kosten für Energieträger	ca. 134,52€	ca. 380 €
Eingesetzte Energie	ca. 575,8 kWh	ca. 5.557 kWh
Zur Verfügung stehende Wärmeleistung	2.706 kWh (Coefficient of Performance (COP) \approx 4,7 für 5°C)	4.557 kWh (82% Effizienz laut Datenblatt des Kaminofens)



© Jens Dorf Müller

→ Differenz: 1851 kWh

Mögliche Ursachen:

- Effekt von Holzofen noch unterschätzt? > 24h notwendig?
- Holzofen heizt nur einen Raum → Effizienz geringer

Schlussfolgerungen

- Wirtschaftlich:
 - nicht rentabel den Holzofen zum Heizen zu betreiben
 - bei Temperaturen $< -10^{\circ}\text{C}$ macht es wirtschaftlich Sinn:
 - COP der Wärmepumpe geht runter
 - $0^{\circ}\text{C} \rightarrow \text{COP} \approx 3,5$
 - $-10^{\circ}\text{C} \rightarrow \text{COP} \approx 2,5$
 - Leistung / Effizienz des Ofens bleibt gleich
- CO₂ Bilanz:
kommt auf den Strom-Mix an
- Energetische Betrachtung:
Analysemethode liefert Zahlen in der richtigen Größenordnung
- Ansatz lässt sich auf andere Analysen übertragen:
 - Bestimmung des Einsparpotentials durch Abschalten der Umwälzpumpe?
 - Jalousien bei Kälte herunterlassen
 - ...
- Methode lässt sich immer dann einsetzen, wenn man vorhersagen möchte ob
 - eine manchmal verwendete Verhaltensweise
 - bei dauerhafter Anwendung
 - zu einer Energieeinsparung führen würde und
 - wie groß die Einsparung wäre.

Literatur und eingesetzte Software

Open-Source-Projekte:



thetrueavatar/Viessmann-Api
auf GitHub



Backend für Heizung:

VISSMANN

Developer
Portal

<https://developer.viessmann.com/>

Buchempfehlung:



© Carl Hanser Verlag, München

Programmiersprachen:



Machine Learning Pakete:



Paket Manager:



Vielen Dank fürs Zuhören!

Folien unter: <https://jens.dorfmüller.de/>
E-Mail für Fragen: rc3-talk@jens.dorfmüller.de
Eventphone: 5867