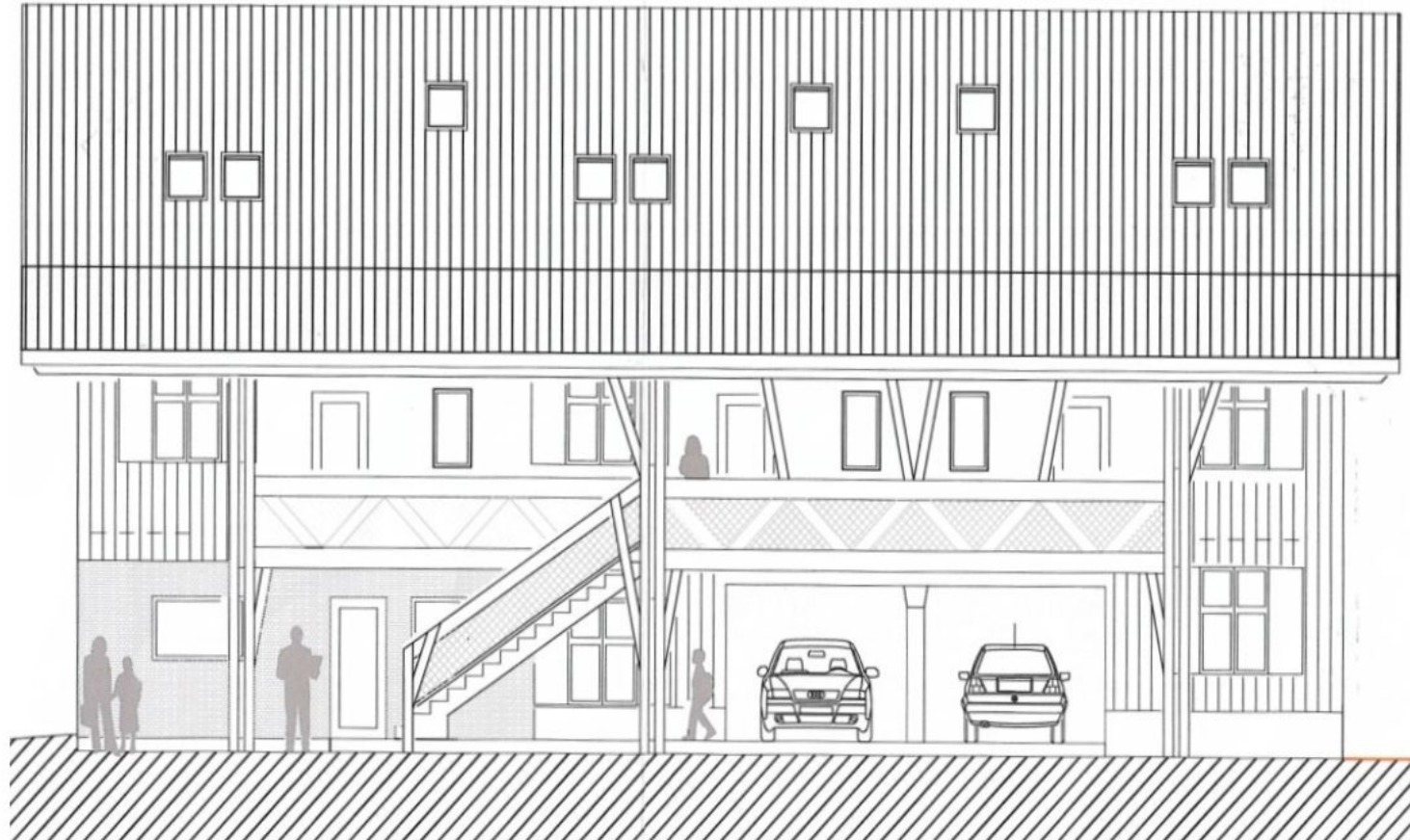


Wenzikon / Schwalbenhof



Betriebsauswertung Juni 2021 bis Mai 2022

Ausgangslage

RINO Electronics AG (kurz RINO) wurde beauftragt, für die Sanierung (Ersatzneubau) des Mehrfamilienhaus der Baugenossenschaft "Wohnen, Arbeiten und Kultur Elgg und Umgebung" (kurz WAK) die Wärmeversorgung mit einem Eisspeicher zu realisieren. Im Zeitraum zwischen 2018 und 2020 hat die Baugenossenschaft WAK Elgg ein Vierfamilienhaus sowie ein gemeinschaftlich genutztes Büro mit einer Heizungsanlage erbaut, welche aus Eisspeichern, Erdregistern und Solarthermie kombiniert wurde. Dieses Projekt trägt den Namen "Schwalbenhof" und befindet sich im Weiler Wenzikon. Das Grundstück hat eine Gesamtfläche von 1'848 m², wobei das Gebäude selbst eine Fläche von 235 m² besitzt. Aufgrund der Ausrichtung der Längsachse des Grundstücks um 50° nach Westen im Vergleich zur Nord-Süd-Achse, ist die längste Gebäudeseite um etwa 40° aus der West-Ost-Achse gedreht. Dadurch ist die Dachfläche von 375 m² nach Süd-Westen ausgerichtet und ermöglicht somit eine optimale Ausnutzung der Sonnenstrahlen. Dadurch kann die Dachfläche vollständig für Solarthermie und Photovoltaik genutzt werden. Die überschüssig produzierte elektrische Energie durch Photovoltaik kann in zwei Batterieanlagen (patch20 und patch40) gespeichert werden. Die gesamte beheizte Fläche des Gebäudes beträgt 608 m² und erstreckt sich über vier Stockwerke (UG, EG, OG, DG) mit insgesamt vier Wohnungen. Eine Wohnung befindet sich im Erdgeschoss und drei weitere Wohnungen im Obergeschoss. Im Erdgeschoss gibt es zusätzliche Gemeinschaftsräume und ein gemeinsam genutztes Büro sowie ein Waschraum. Das gesamte Gebäude wird durch eine Wärmepumpe in Kombination mit Solarthermie, Erdregistern und Eisspeichern beheizt.

Es setzt sich aus verschiedenen thermischen Quellen, Speichern und Verbrauchern zusammen:

Quellen: Hybrid- Solarmodule (PVT), Wasserquelle, Regen- und Abwasserwärme

Speicher: Wasserspeicher Warm und Heiss, Batterieanlagen (patch20 und patch40), Erdregister und Eisspeicher

Verbraucher: Warmwasser, Radiatoren, Bodenheizung, Wärmepumpe, Autoladestation mit der Option Nachbarn zu beliefern

Dabei verknüpft der neu entwickelte RINO-Hydrobus die Komponenten mit der Wärmepumpe. Der Hydrobus wird die einzelnen Komponenten langfristig aufeinander abgestimmt, wirtschaftlich und ökologisch betreiben.

Erreichte Projektziele:

- Nachweis der Funktion von Eisspeicher als Energiepuffer
- Demonstration der Zwischenspeicherung von Solar-, Umwelt- und Abwärme
- Erfassen und Auswerten von Langzeitmessdaten unter realen Betriebsbedingungen
- Minimierung der Betriebskosten bei steigender Energiebedarfsfläche
- CO₂ und Strom reduzierte Wärmebereitstellung

Ziele der Analyse

Es wurden für die Analyse folgende Ziele festgelegt:

- Auswertung der Daten für den Zeitraum von Oktober 2020 bzw. Juni 2021 bis Mai 2022
- Kann das Gebäude unabhängig von externen Energiequellen betrieben werden? Wie viel Strom wird zu welcher Jahreszeit benötigt?
- Wie effizient sind die eigenen Systeme im Vergleich zu anderen (nicht-nachhaltigen) Systemen wie Erdsonden und Luftwärmepumpen?

Um diese Ziele zu erreichen, wurden folgende Fragen gestellt:

- Wie hoch war der Energieverbrauch in der vergangenen Zeit?
- Wie viel Energie produzieren die installierten Systeme im Gebäude?
- Wie viel Energie wird von einem Anbieter bezogen?
- Wie effizient sind die eigenen Systeme im Vergleich zu anderen (nicht-nachhaltigen) Systemen?
- Zu welchem Zeitpunkt ist der Spitzenverbrauch, bei dem Kunden Strom kaufen müssen?
- Welche Probleme treten bei den Systemen auf und welche Lösungen gibt es dafür?

Die Auswertung der Daten

Um die oben genannten Ziele zu erreichen, wurde eine detaillierte Analyse aller Systeme durchgeführt und die Ergebnisse wurden in Form von Grafiken dargestellt. Die Daten wurden aus den folgenden Hydrobus-Modulen 'wenzikon-bhz', 'wenzikon-erd', 'wenzikon-eis', 'wenzikon-thermie' sowie 'wenzikon-WTkalt' gesammelt, aufbereitet und als Grafiken dargestellt. Dies sind die relevanten Informationen aus insgesamt 13 eingesetzten Modulen, von denen 5 ausgewählt wurden. Wir haben die Daten für Elektrizität und Wärme separat analysiert und die Rohdaten in verschiedenen Formaten zusammengeführt, um sie einheitlich darzustellen. Folgende Variablen wurden aus den Datensätzen der einzelnen Modulen verwendet:

- Zählerstände (Energieverbrauch in der berechneten Periode)
- F-Flow-Zähler (Durchfluss)
- Temperaturmessungen in den Systemen
- Temperaturmessungen in bestimmten Räumen

Datenanalyse der Elektrizitätsverbrauch und Energieproduktion

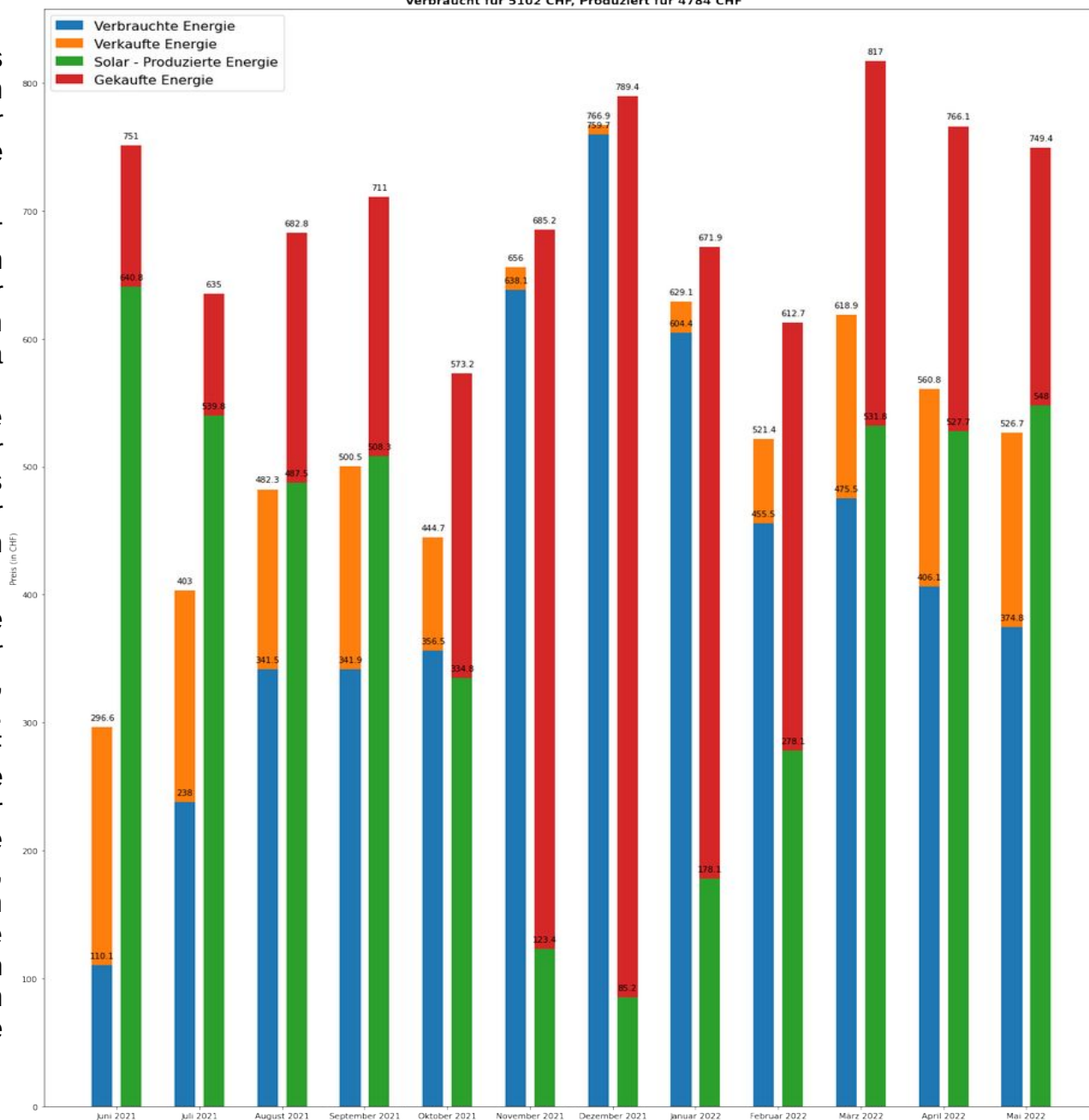
Für die Datenanalyse wurde der Zeitraum von Juni 2021 bis Mai 2022 herangezogen. Am 5. Mai ereignete sich auf dem Objekt ein Wassereinbruch, der die Stromzähler beschädigte. Die Daten für den Monat Mai sind daher eine Schätzung, basierend auf die ersten 5 Tage im Mai.

Die erste Grafik zeigt eine Vergleichsanalyse zwischen der produzierten, verbrauchten, gekauften und verkauften Energie. Aus der Grafik ist ersichtlich, dass der Energieverbrauch im Winter deutlich höher ist als in den anderen Monaten. Das ist nicht besonders überraschend, da im Sommer generell mehr kalt gegessen oder gegrillt wird. Dank der günstigen Lage der Solaranlage ist die Energieproduktion in den Sommermonaten deutlich höher als in den Wintermonaten. Zusätzlich ist zu erkennen, dass die Kosten für die elektrische Energie, die an den Anbieter verkauft wurde, zwischen 150 und 250 CHF in den warmen Monaten variieren und im Dezember fast bei 0 liegen.

Anhand der Daten wurde berechnet, dass in der Periode zwischen Juni 2021 und Mai 2022 insgesamt 5'102 CHF für die Energieversorgung des Hauses aufgewendet wurden, wobei 3'661 CHF für gekaufte Energie ausgegeben wurden. Obwohl die analysierten Daten zeigen, dass etwa 4'700 CHF an Energie von der Solaranlage produziert wurden, musste dennoch in den Monaten November, Dezember und Januar Energie vom Anbieter gekauft werden. Die Sommermonate zeigen eine vergleichsweise hohe Solarenergieproduktion, die jedoch nicht vollständig verbraucht wurde. Dies lässt sich damit erklären, dass die Speicher für Solarenergie diese Energie nur kurzzeitig aufbewahren können, was vermutlich zu einem höheren Verbrauch von gekaufter Energie am Abend führt. Die Optimierung des Speicherprozesses sollte daher ein Ziel für die nächste Periode sein.

Analyse produzierter, verbrauchter, gekaufter und verkaufter Energie von Juni 2021 bis Mai 2022

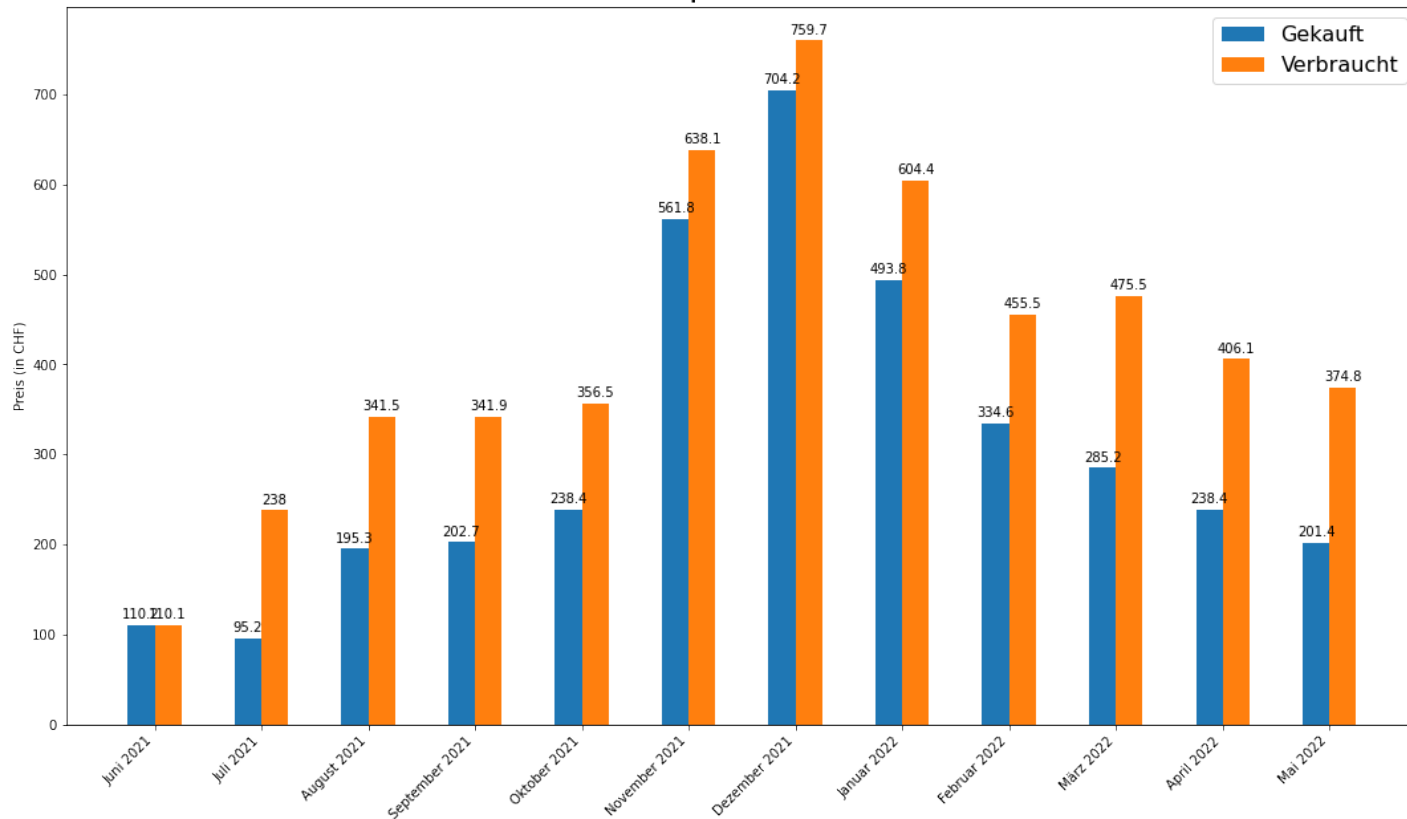
im Objekt Wenzikon (Preise EKZ)
Verkauft für 1305 CHF, Gekauft für 3661 CHF
Verbraucht für 5102 CHF, Produziert für 4784 CHF



Die Vergleichsanalyse von gekaufter und verbrauchter Energie

Analyse gekaufter und verbrauchter Energie

im Objekt Wenzikon (Preise EKZ)
Verbraucht für 5102 CHF, Gekauft für 3661 CHF
Gespart 2746 CHF



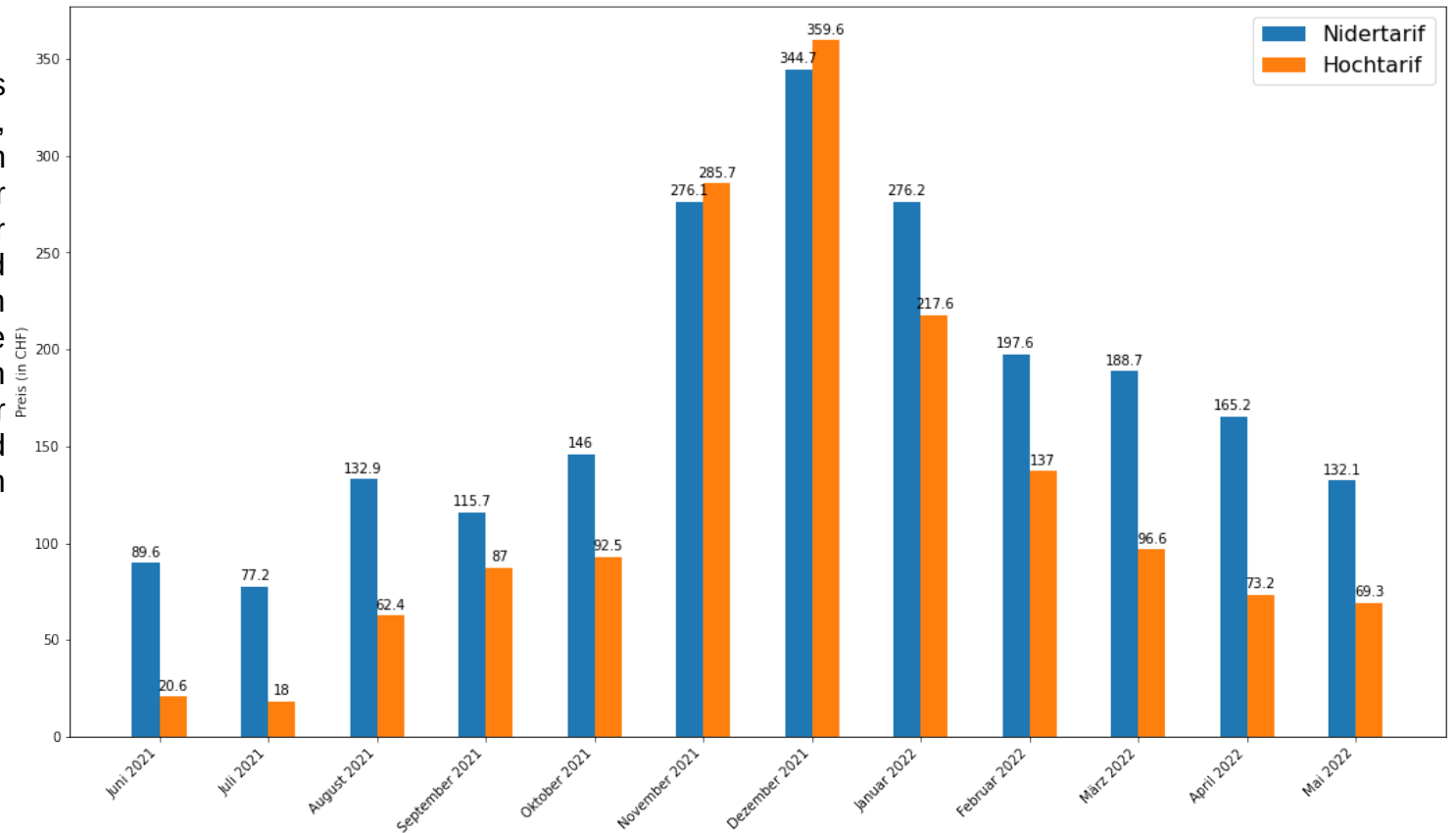
Um die Daten besser zu verstehen, wurden zusätzlich separate Grafiken erstellt, die die einzelnen Elemente des Systems miteinander vergleichen. Die verbrauchte Energie setzt sich aus der Summe der Energieverbräuche der Wärmepumpe, aller Wohnungen, des Hydrobussystems, der Büro- und Gemeinschaftsräume und der Autoladestation zusammen.

Aus dieser Grafik geht hervor, dass der Unterschied zwischen dem Verbrauch (CHF 5'102) und dem Kauf (CHF 3'661) von Energie in den Sommermonaten grösser ist als in den Wintermonaten. Die Einsparungen belaufen sich auf CHF 2'746 (verbrauchte Energie minus Unterschied zwischen verkaufter und gekaufter Energie), was etwa 54% der Gesamtkosten für Elektrizität im Haus entspricht.

Analyse gekaufter Energie bei Hoch- und Niedertarif

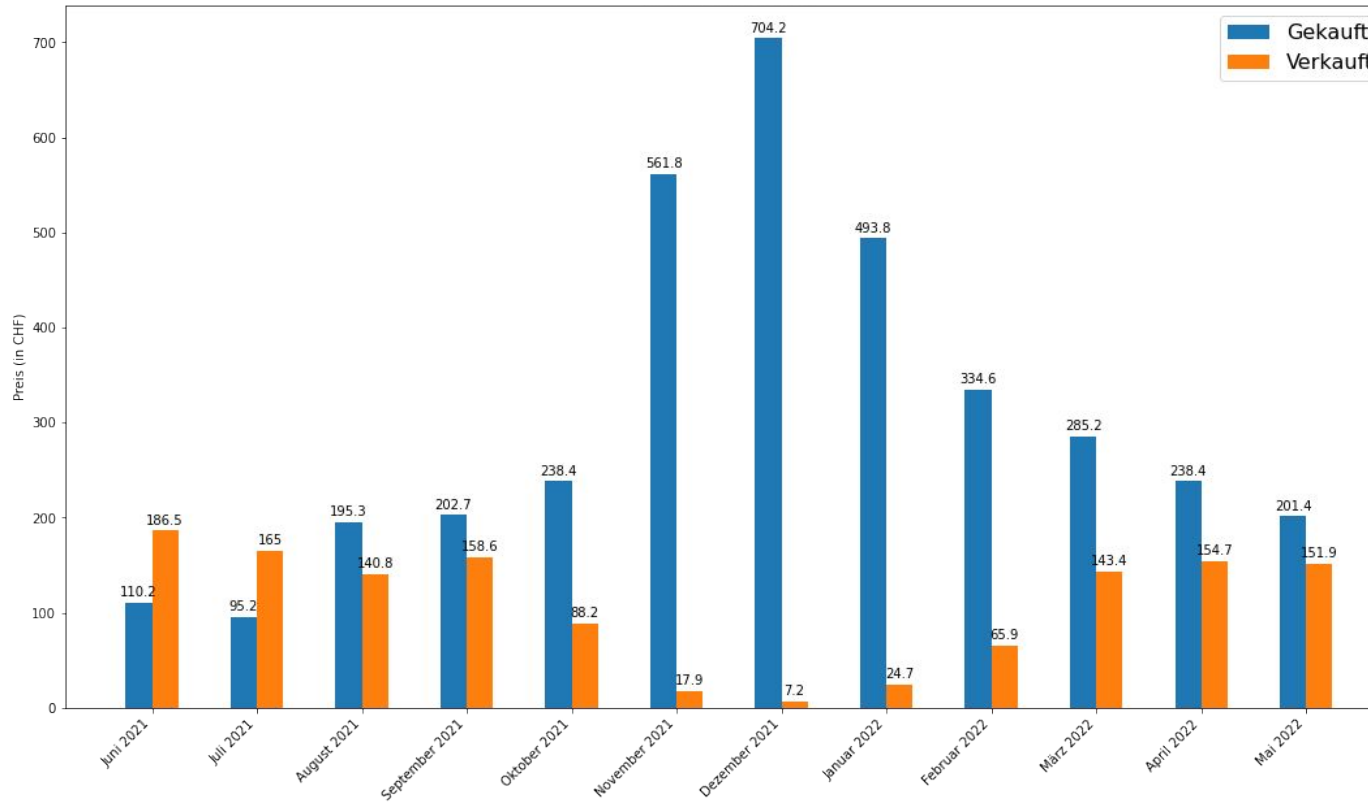
im Objekt Wenzikon (Preise EKZ)
Hochtarif: 1519 CHF, Niedertarif: 2142 CHF

Beim Vergleich des Energieverbrauchs zwischen Hoch- und Niedertarif fällt auf, dass der Verbrauch in den Sommermonaten am Abend und in der Nacht vergleichsweise niedrig ist. Im Winter hingegen ist der Verbrauch am Abend höher als tagsüber. Möglicherweise wird im Sommer weniger Strom für Elektrogeräte wie Öfen, Herde oder Tischlampen benötigt, während im Winter häufiger warme Mahlzeiten zubereitet und konsumiert werden und es ausserdem früher dunkel wird.



Analyse gekaufter und verkaufter Energie

im Objekt Wenzikon (Preise EKZ)
Gekauft für 3661 CHF, Verkauft für 1305 CHF
Bezahlt 2356 CHF

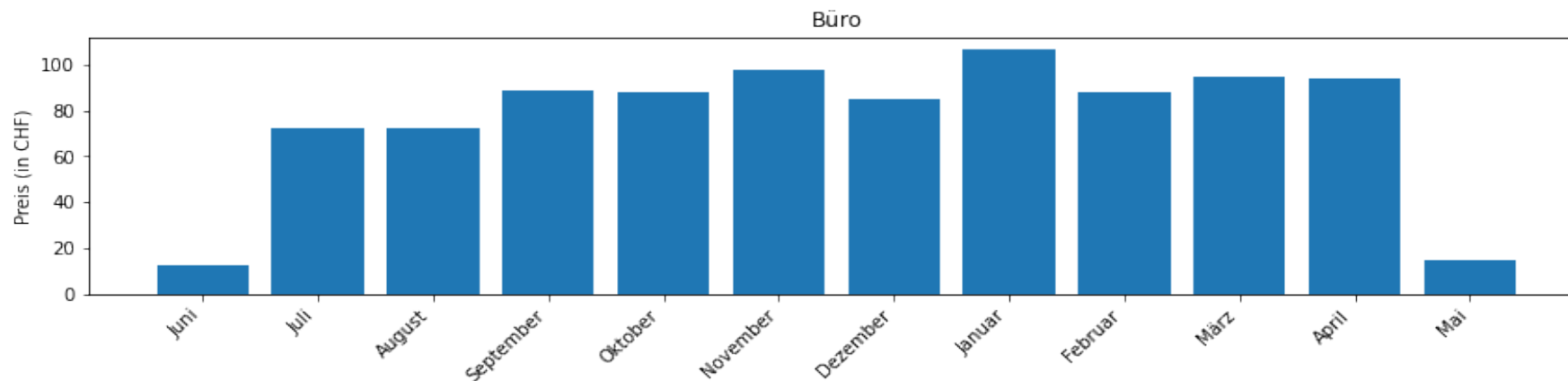
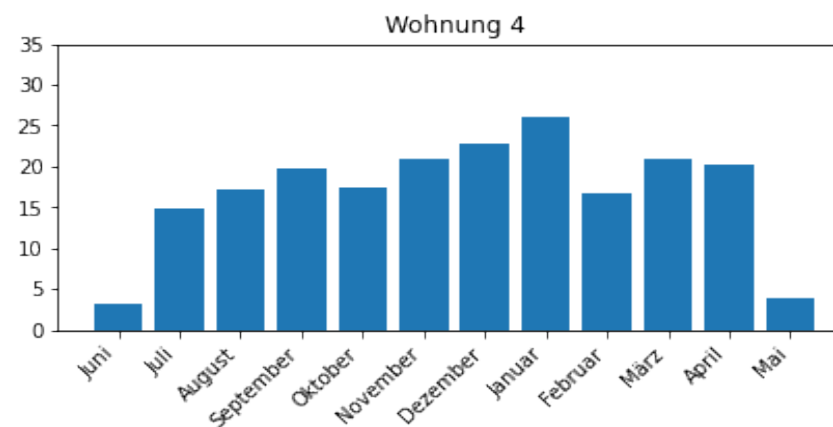
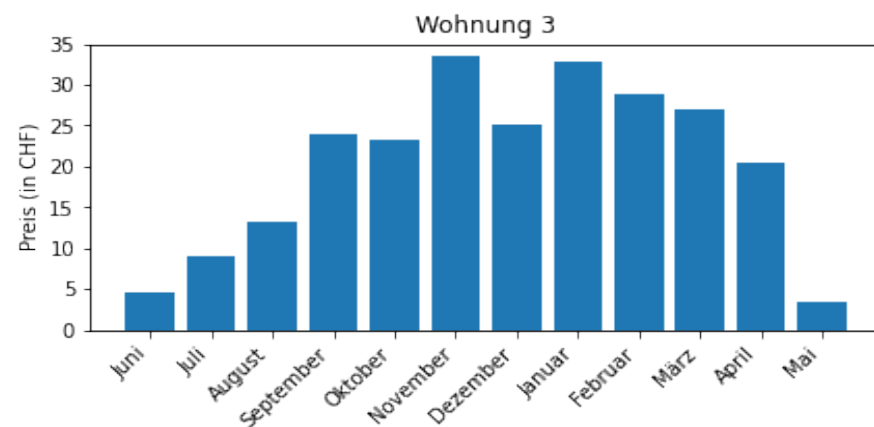
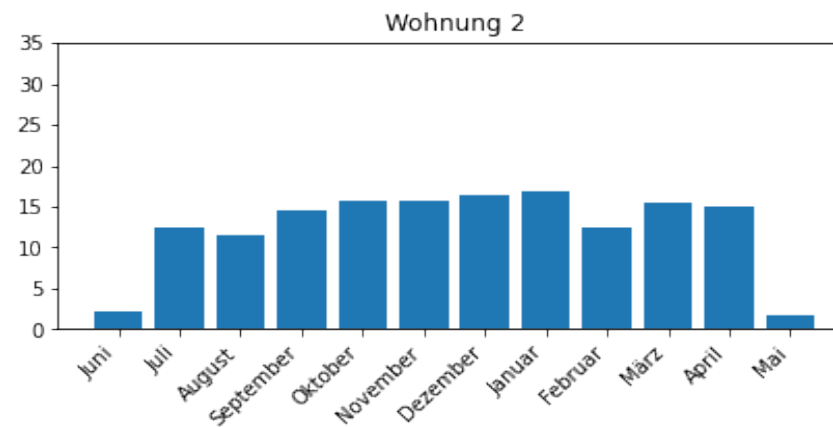
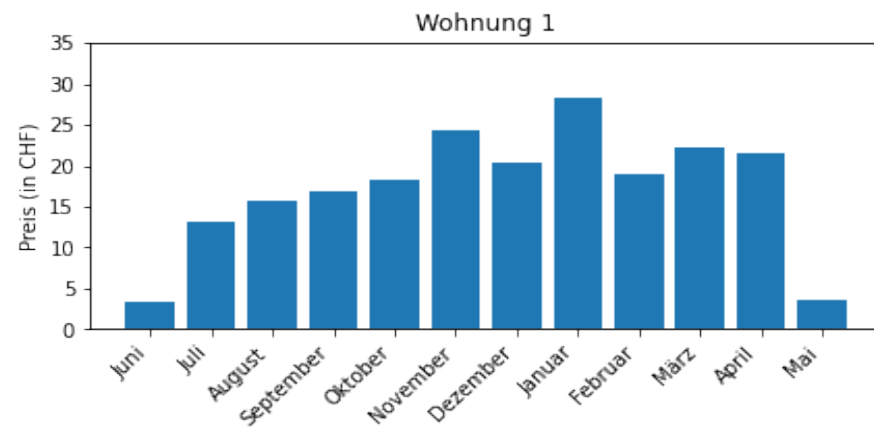


Die detaillierte Analyse der gekauften und verbrauchten Energie zeigt Einnahmen von 1'305 CHF für verkaufte Energie im vergangenen Jahr, was zu niedrigeren Kosten für die gekaufte Energie führt. In diesem Zusammenhang könnte man die Menge der verkauften Energie für die Zukunft optimieren, um die Kosten weiter zu minimieren.

Dies könnte zum Beispiel erreicht werden, indem man den Energieverbrauch von Geräten wie Waschmaschinen, Trocknern oder Geschirrspülern so programmiert, dass sie während der günstigen Tarifzeiten laufen, um den Verbrauch von teurer Energie zu minimieren. Allerdings sollte auch berücksichtigt werden, dass dies zu Einschränkungen in der Nutzung führen kann und die Effektivität der Methode von den individuellen Gewohnheiten und Bedürfnissen abhängt.

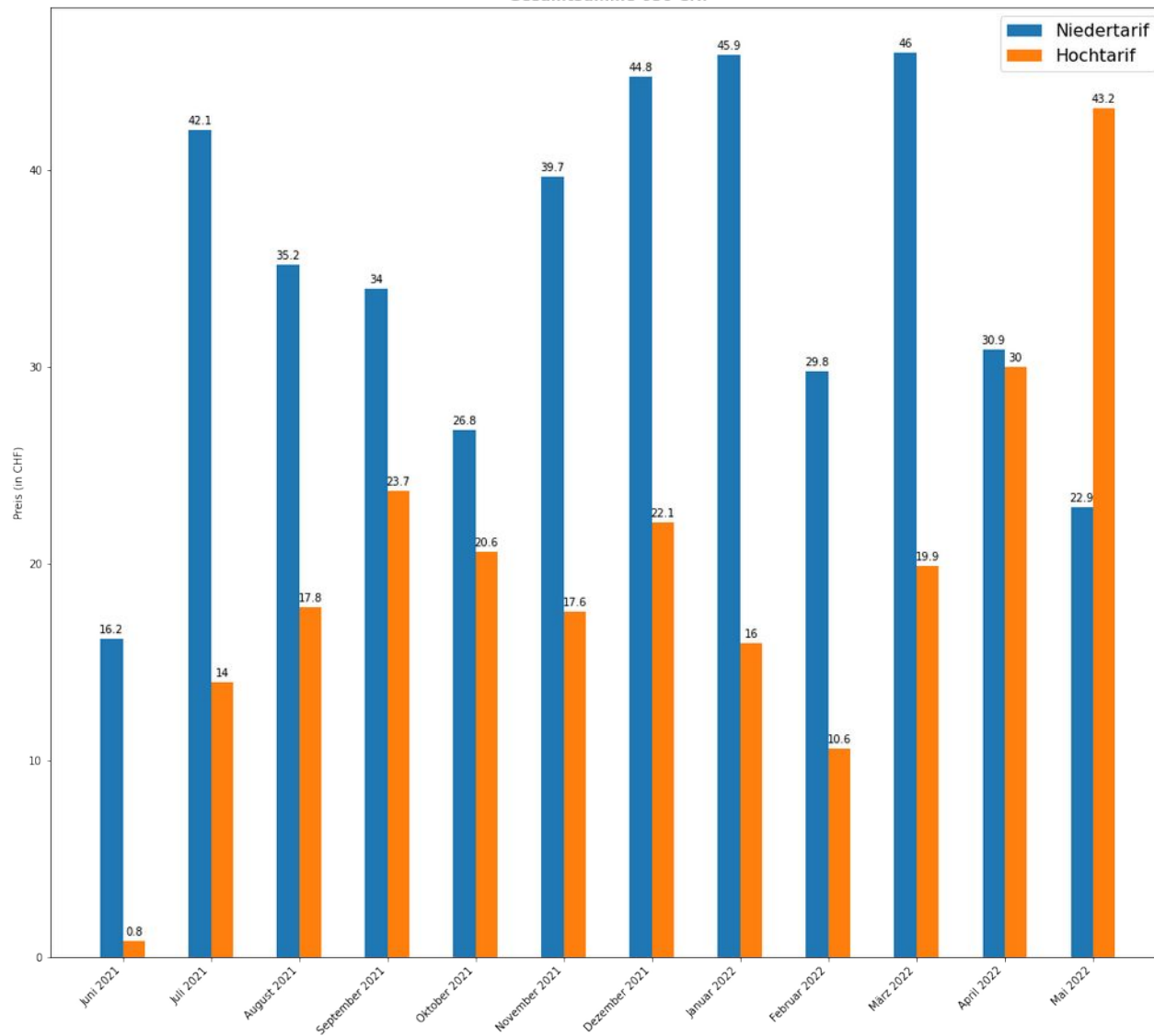
Im Folgenden werden die Stromkosten pro Wohneinheit dargestellt.

Kosten für konsumierte Energie verschiedener Räumlichkeiten



Analyse des Energieverbrauchs der Autoladestation bei Hoch- und Niedertarif

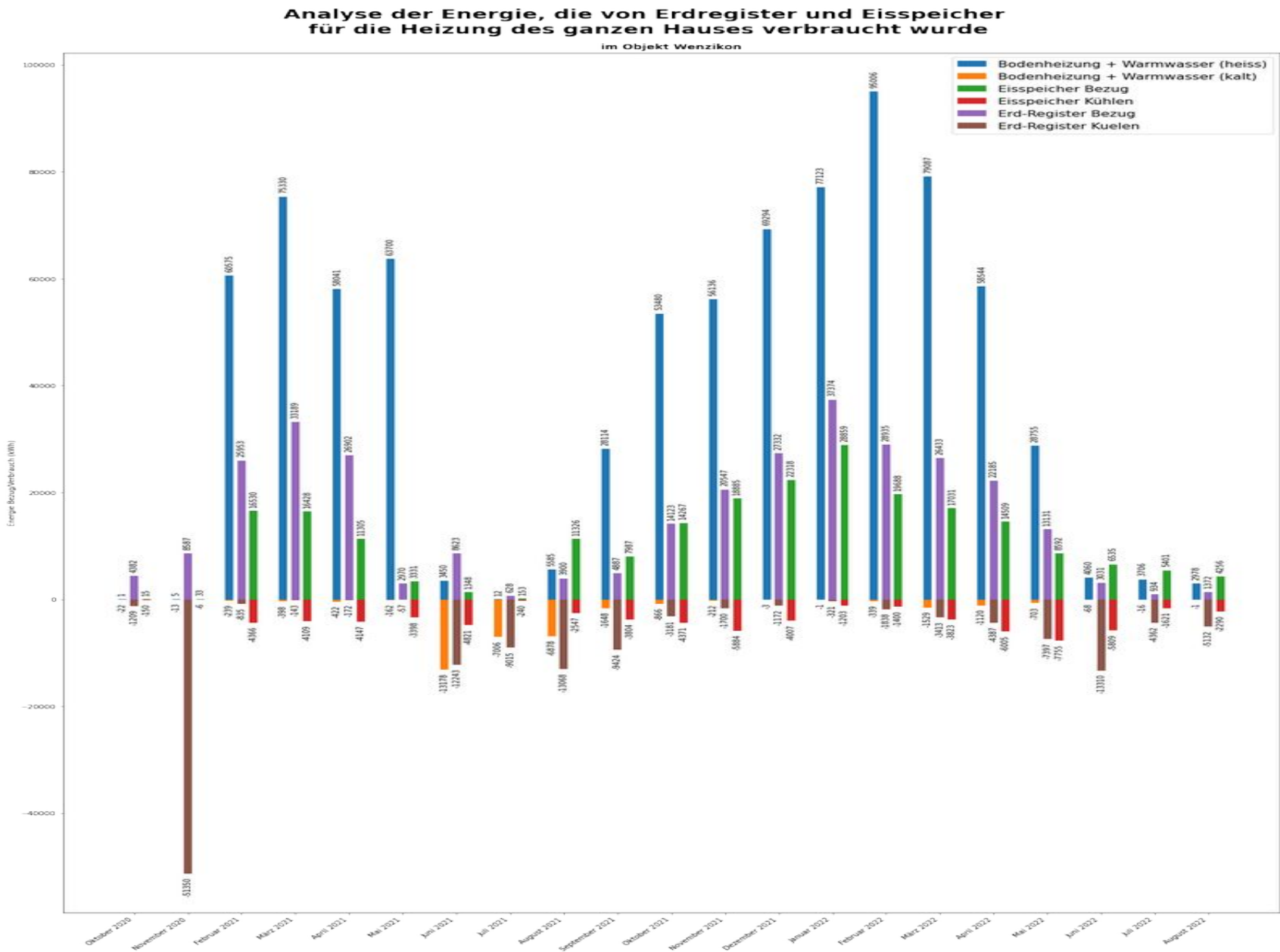
im Objekt Wenzikon (Preise EKZ)
Hochtarif: 236 CHF, Niedertarif 414 CHF
Gesamtsumme 650 CHF



Die präsentierte Grafik belegt die effektive Nutzung der Elektrofahrzeuge und zeigt, dass diese hauptsächlich während der Niedertarifzeit aufgeladen wurden. Das Haus verfügt über zwei Elektroautos, einen Nissan Leaf (45'000 km von Oktober 2020 bis April 2023) und einen Renault ZOE. Die Gesamtkosten für das Laden der Autos betrugen 650 CHF in der vergangenen Periode. Der Stromverbrauch war damit kleiner als erwartet.

Die Steuerung der Ladestationen durch die Energiespeicher ist eine Möglichkeit, um die Solarenergie besser für die Ladung der Elektroautos zu nutzen. Dies würde den Bedarf an gekaufter Energie reduzieren und die Energiekosten weiter zu senken.

Datenanalyse der thermischen Energie

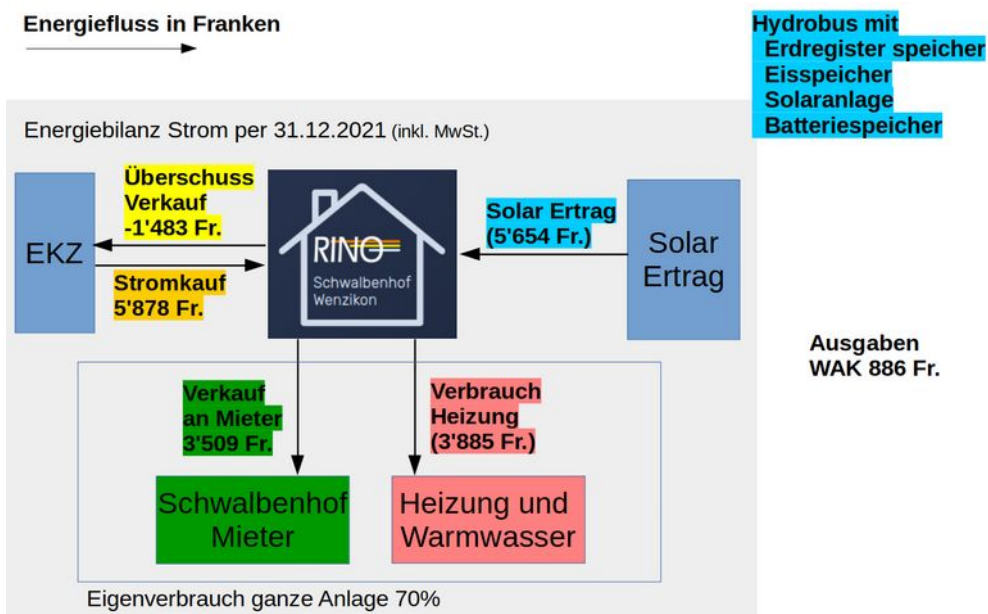


Die Daten zur thermischen Energie umfassen den Zeitraum von Oktober 2020, als der Bau fast abgeschlossen war, bis August 2022. Aus der Grafik ist zu erkennen, dass es zwei auffällige Spitzen bei der Bodenheizung gibt: die erste im Zeitraum von Februar 2021 bis Mai 2021 und die zweite während der Wintermonate 2021/2022.

Die erste Spitze fällt in den Zeitraum, als das Haus nach Abschluss der Bauarbeiten getrocknet wurde. Hierbei wurde eine provisorische Luftwärmepumpe eingesetzt.

Im November 2020 wurde viel Wärme ungemessen von der Thermiesolaranlage in das Erdregister geleitet. Für eine detaillierte Analyse sollten die Daten für den Zeitraum von Juni 2021 bis Juni 2022 herangezogen werden.

Vergleich des RINO-Hydrobus mit dem Stand vor Projekt

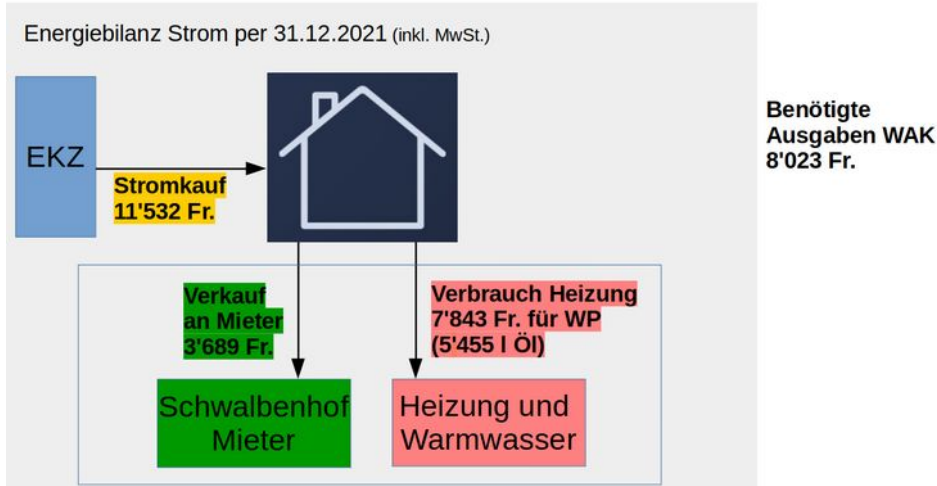


Mit dem Hydrobus System hatte die WAK Energie-Ausgaben von CHF 886 im Jahr 2021. Wir haben uns entschieden, die Auswertung in CHF durchzuführen, da diese Betrachtungsweise näher am Kunden ist. Hierbei wurden die Strompreise aus der folgenden Tabelle verwendet:

	Zählerstand	Tarif EKZ	Tarif WAK	
		CHF/kWh	CHF/kWh	CHF
Wenzikon 1.1.21-31.12.21	kWh	Preis EKZ	Preis WAK	Rechnungsbetrag
Gesamt Bezug T1 (NT)	22802.494	0.1252	0.1152	2'854.87
Gesamt Bezug T2 (HT)	14774.063	0.1762	0.1662	2'603.19
Gesamt Überschuss T1	-4541.771	0.0625	0.0525	-283.86
Gesamt Überschuss T2	-14379.445	0.076	0.066	-1'092.84

Durch den Anstieg der Stromkosten im Jahr 2022 würde das System jetzt noch besser abschneiden.

Stand ohne die RINO-Systeme



Ohne die realisierten RINO-Systeme (blau markiert) wäre der Stromkauf 2021 von CHF 5'878 auf CHF 11'532 gestiegen und es müssten jährlich Öl im Wert von CHF 7'843 zugekauft werden.

Die Mieter profitieren von einem Strompreis, der 1 Rp./kWh niedriger als der Strompreis des EW ist, sowie von günstigen Heiz- und Kühlkosten, die auf 100 CHF pro Wohnung pro Monat festgesetzt sind.

Feedback der Bewohner

Bei Befragung der Bewohner wurde ein Hauptproblem festgestellt, nämlich wenn das Warmwasser ausfällt. Dieses wird über eine Frischwasserstation mit einem Plattenwärmetauscher aus dem Speicher Heiss aufbereitet. Es gibt zwei Quellen, die den Speicher Heiss speisen: Einerseits die Solarenergie von den Kollektoren, die jedoch nur tagsüber und im Winter in geringem Masse verfügbar ist. Andererseits wird der Speicher Heiss über die Wärmepumpe von mehreren Quellen gespeist, wobei die Wärmepumpe die Quellentemperatur aufwertet und daher ein Flaschenhals darstellt. In der Analyse wurde eine zweite Wärmepumpe eingeplant, jedoch aus Investitionskosten darauf verzichtet. Stattdessen ist in der ersten Wärmepumpe eine Notfallheizung in Form eines 9 kW Elektroheizstabs vorhanden, der jedoch 2022 ausgefallen war und repariert werden musste.

Während des Reparatursatzes des Elektroheizstabs wurde die Verrohrung verändert und dadurch konnte das nutzbare Volumen des Warmwasserspeichers verdoppelt werden. Allerdings waren danach Anpassungen in der Software notwendig, die vorübergehend zu einer Verschlechterung der Situation führten. Nachdem die Software erfolgreich auf das neue System eingestellt wurde, wird vorerst ein Jahr lang keine Veränderung an der Steuerung vorgenommen, um die Bewohner nicht unnötig zu belasten. Das prioritäre Ziel für den Winter 23/24 ist ein stabiler Heizungsbetrieb.

Nach den ersten beiden Betriebsjahren hat sich herausgestellt, dass eine weitere Wärmequelle notwendig ist, um das Heisswasser automatisch zu erhöhen, sobald es unter einen Grenzwert von beispielsweise 40 Grad Celsius fällt. Es gibt drei Optionen, um dieses Problem zu lösen: Eine zweite Wärmepumpe, elektrische Heizelemente im Speicher Heiss oder ein Heizelement in der Warmwasserzirkulation.

A) Heizelement in der Warmwasserzirkulation: Diese Option greift direkt auf den Warmwasserkreis zu und funktioniert auch, wenn die Frischwasserstation Probleme hat. Der Vorteil besteht darin, dass das Warmwasser schnell und direkt erwärmt wird. Der Nachteil ist jedoch, dass es neue Wartungskosten mit sich bringt, da das Warmwasser immer wieder Kalkablagerungen verursacht.

B) Der Platz für die Heizelemente im Speicher Heiss ist bereits vorgesehen und bietet eine kostengünstige Option.

C) Eine zweite Wärmepumpe schafft mehr Sicherheit beim Umschalten zwischen der Bodenheizung und dem Warmwasserbetrieb und kann das Gebäude im Sommer effizienter kühlen.

In einer Besprechung am 11. April 2023 wurde beschlossen, sich für Option B zu entscheiden. Diese Massnahme wird im Sommer 2023 umgesetzt.

Fazit und Ausblick

Es konnte erfolgreich ein komplexes System mit vielen Quellen, Speichern und Verbrauchern in Betrieb genommen. Dank der 11 Hydrobus-Module und den beiden eingebundenen Batterien, zwei Autoladestationen und zwei PV-Wechselrichter sind die Voraussetzungen erfüllt, um mit flexiblen Regeln und Algorithmen das Systemverhalten jedes Jahr weiter zu optimieren und damit die Wirtschaftlichkeit kontinuierlich zu verbessern.

Bei der Planung war zunächst ein grösserer Thermiekollektor für die Solare Warmegewinnung vorgesehen. Dafür konnte während der Fundamenterstellung eine Abwasserwarmegewinnung realisiert werden. Dies hat sich als positiv erwiesen, denn im ersten Sommer hat sich die zeitgerechte Ableitung der thermischen Solarenergie zu den Erdregistern und Eisspeichern als nicht einfach erwiesen. Ein kleinerer Terminkollektor konnte hier Abhilfe schaffen und so im Sommer eine effiziente Kühlung ermöglichen. Die zusätzliche Kaltwasserquelle aus dem Abwasser hat auch den Eisspeicher entlastet. Auch wurde mehr Wärme von der Quelle in den Eisspeicher gebracht als ursprünglich erwartet, was sich in der Berechnung niederschlägt. Daher hätte der Eisspeicher auch kleiner dimensioniert werden können und statt der eingebauten 700 Meter hätten ca. 400 Metern Rohr genügt. Die zusätzlichen Meter im Eisspeicher sind jedoch eine willkommene Investition in das geplante Nahwärmenetz, um auch benachbarte Gebäude mit Wärme zu versorgen.

Eine weitere Abweichung vom ursprünglichen Plan besteht darin, dass für die beiden Elektroautos weniger Energie als geplant benötigt wird. Zudem wurde ein herkömmlicher Trockner im Trocknungsraum montiert und die Mino-Luftwärmepumpe im Keller eingesetzt, was dort die Feuchtigkeit entscheidend reduziert und mit der gewonnenen Wärme direkt die Bodenheizung beliefert.

Grundsätzlich wird die passive Kühlung im Sommer durch die Erdregister und Eisspeicher sehr positiv bewertet. Aufgrund der Klimaerwärmung und der häufiger auftretenden Hitzetage gewinnt sie zunehmend an Bedeutung. Geplant ist, dass im Sommer 2025 einzelne Räume morgens bei Bedarf beheizt und abends gekühlt werden.

Abschliessend können wir sagen, dass wir Lösungen für einen nachhaltigen Umgang mit Energie gesucht und gefunden haben. Unsere Heizung erzeugt weder Rauch, Lärm noch Gestank und wird hauptsächlich von der Sonne betrieben. Mit diesem Projekt haben wir ein grosses Ziel erreicht und der Mut zur Veränderung hat sich definitiv gelohnt.

Nürens Dorf, den 24.04.2023



Remo Ritzmann, Gründer RINO Architekt und Projektleiter Erneuerbare Energien

--

RINO Electronics AG | Oberwilerstrasse 83 | 8309 Nürens Dorf

Mobile: +41 79 830 17 35 | Buchhaltung: +41 52 534 48 62 | ritzmann@rino.ag | www.rino.ag

RINO
Electronics AG

2nd-Life Energy Storage (Patchwork Battery)



