

STWEG Roggenfarstrasse 21-33, 8193 Eglisau

Energiequellen

Autor: Felix Meier
Version: 1.2
Erstellt: 18.3.2020
Modifiziert:
File: Roggenfar Quellen.docx

Felix Meier
+41 44 867 3723

Roggenfarstrasse 31
felix.meier.45@bluewin.ch

CH - 8193 Eglisau
www.felmeier.com

Inhalt

1	Einleitung	5
2	Solar	5
2.1	Standort.....	5
2.2	Solarstrom.....	6
2.2.1	Nach Süden ausgerichtet.....	7
2.2.2	Nach Osten / Westen ausgerichtet	8
2.2.3	Kosten	9
2.3	Solarwärme	9
2.3.1	Messwerte	9
2.3.2	Simulation.....	10
2.3.3	Kosten	10
3	Wärmepumpen.....	11
3.1	Luftwärme.....	11
3.2	Erdwärme	12
3.2.1	Erdwärmekollektoren	12
3.2.2	Erdwärmesonden	13
3.2.3	Grundwasser	14
4	Fossile Brennstoffe	14
4.1	Oel.....	14
4.2	Gas.....	14
4.3	Kohle	14
5	Holz	15
5.1	Pellets.....	15
5.2	Schnitzel.....	15
5.3	Emissionen.....	15
6	Externe Energiequellen.....	16
6.1	Strom.....	16
6.1.1	Wasserkraft	16
6.1.2	Solar	16
6.1.3	Wind	17
6.1.4	Fossile Brennstoffe.....	17
6.1.5	Kernkraftwerke	17
6.2	Wärme	17
6.3	Importe	17

Referenzen

- [1] Dimensionierung Erdwärmesonden; http://www.effiziente-waermepumpe.ch/wiki/Dimensionierung_Erdwärmesonden
- [2] Energienutzung aus Untergrund und Grundwasser; https://awel.zh.ch/internet/audirektion/awel/de/energie_radioaktive_abfaelle/waermenutzung_aus_untergrundwasser/_jcr_content/contentPar/downloadlist/downloaditems/1009_1286703014143.spoiler.download.1432818777025.pdf/Planungshilfe_Waermenutzung.pdf
- [3] GIS Zürich; Ver- und Entsorgung, Kommunikation, Wärmenutzungsatlas; <https://maps.zh.ch>.
- [4] Erdwärme nutzen; <https://www.energieheld.ch/heizung/waermepumpe/sole-wasser-erdwaerme#wirtschaftlichkeit-preise>
- [5] Datenblatt Vitosol 200-F; <https://www.viessmann.de/de/wohngebaude/solarthermie/flachkollektoren/vitosol-200-fm.html>
- [6] Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2018; BFE Bern; <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/gesamtenergiestatistik.html>
- [7] Die Wärmepumpenheizung – Sicher, Effizient, Nachhaltig; EnergieSchweiz; <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/399>
- [8] Energieverbrauch Roggenfar; Internes Dokument; STWEG Roggenfarstrasse 21-33, 8193 Eglisau; 2020
- [9] Grosswasserkraft; VSE; zur Zeit nicht vom VSE verfügbar; http://www.felmeier.com/assets/publications/grosswasserkraft_vse.pdf
- [10] Luftschadstoffe aus Holzfeuerungen im Kanton Zürich; Schlussbericht; AWEL; <http://search.zh.ch/geMW0RSFrO>

Weitere Literatur

- [100] Gute Quelle für einen Überblick: <https://www.energie-umwelt.ch/haus/renovation-und-heizung>
- [101] Klimanormwerte 1981-2010: Relative Sonnenscheindauer; MeteoSchweiz; https://www.meteoschweiz.admin.ch/product/input/climate-data/normwerte-pro-messgrosse/np8110/nvrep_np8110_sre000m0_d.pdf
- [102] Klimanormwerte 1981-2010: Absolute Sonnenscheindauer; MeteoSchweiz; https://www.meteoschweiz.admin.ch/product/input/climate-data/normwerte-pro-messgrosse/np8110/nvrep_np8110_sremaxmv_d.pdf
- [103] Geothermie in der Schweiz; Bundesamt für Energie BFE; <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/erneuerbare-energien/geothermie.exturl.html/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRTaW4uY2gyZGUvcHVibGJlYX/Rpb24vZG93bmxvYWQvMjE4NA==.html>

- [104] Survey of Key Technologies in Hydrogen Storage; Zhang, F, Zhao, Pencheng, Niu, Meng, Maddy, Jon; Preprint submitted to Interantional Journal of Hydrogen Energy; April 6, 2016; https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj16OzDudHnAhWlxaYKHRHWDiYQgAMoAHoECAEQAg&url=http%3A%2F%2Fscholar.google.ch%2Fscholar_url%3Furl%3Dhttps%3A%2F%2Fpure.southwales.ac.uk%2Ffiles%2F143256%2FKey_Tech_H2.pdf%26hl%3Dde%26sa%3DX%26scisig%3DAAGBfm13mS0Eile7qler2wOvUnUAF6nx4A%26nossI%3D1%26oi%3Dscholarr&usq=AOvVaw27-R6bOO5RTJLI88YsrRBs
- [105] Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2018; Bundesamt für Energie BFE; <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/elektrizitaetsstatistik.exturl.html/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRTaW4uY2gvZGUvcHVibGJjYX/Rpb24vZG93bmxvYWQvOTc0OA==.html>
- [106] Gesamte Erzeugung und Abgabe Elektrischer Energie in der Schweiz 2019; Bundesamt für Energie BFE; <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/elektrizitaetsstatistik.exturl.html/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRTaW4uY2gvZGUvcHVibGJjYX/Rpb24vZG93bmxvYWQvOTY5Ng==.html>
- [107] Wochenbericht; Erzeugung und Abgabe elektrischer Energie in der Schweiz 2019; <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/elektrizitaetsstatistik.exturl.html/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRTaW4uY2gvZGUvcHVibGJjYX/Rpb24vZG93bmxvYWQvOTY5NA==.html>

Änderungen

Version	Datum	Autor	Kommentar
1.0	21.2.2020	Felix Meier	Erstausgabe
1.1	17.2.2020	Felix Meier	Erweiterung Holz
1.2	26.9.2022	Felix Meier	Anpassung Anteil Strom aus KKW

1 Einleitung

In diesem Dokument werden die Energiequellen betrachtet, welche für die Liegenschaft Roggenfarstrasse 21-33 von Bedeutung sind oder sein könnten.

2 Solar

2.1 Standort

Der Standort ist wichtig für die Abschätzung des Ertrages von Anlagen zur Nutzung von Solarenergie.

Die Liegenschaft besteht aus 7 teilweise zusammengebauten Häusern mit total 36 Wohnungen:



Die geografische Breite von Eglisau ist $47^{\circ} 35' N$ oder $47.6^{\circ} N$.

Die geografische Länge von Eglisau ist $8^{\circ} 31' E$ oder $8.5^{\circ} E$.

Am 21. Juni beträgt der höchste Stand der Sonne $((90 + 23.4) - 47.6)^{\circ}$ oder 65.8° .

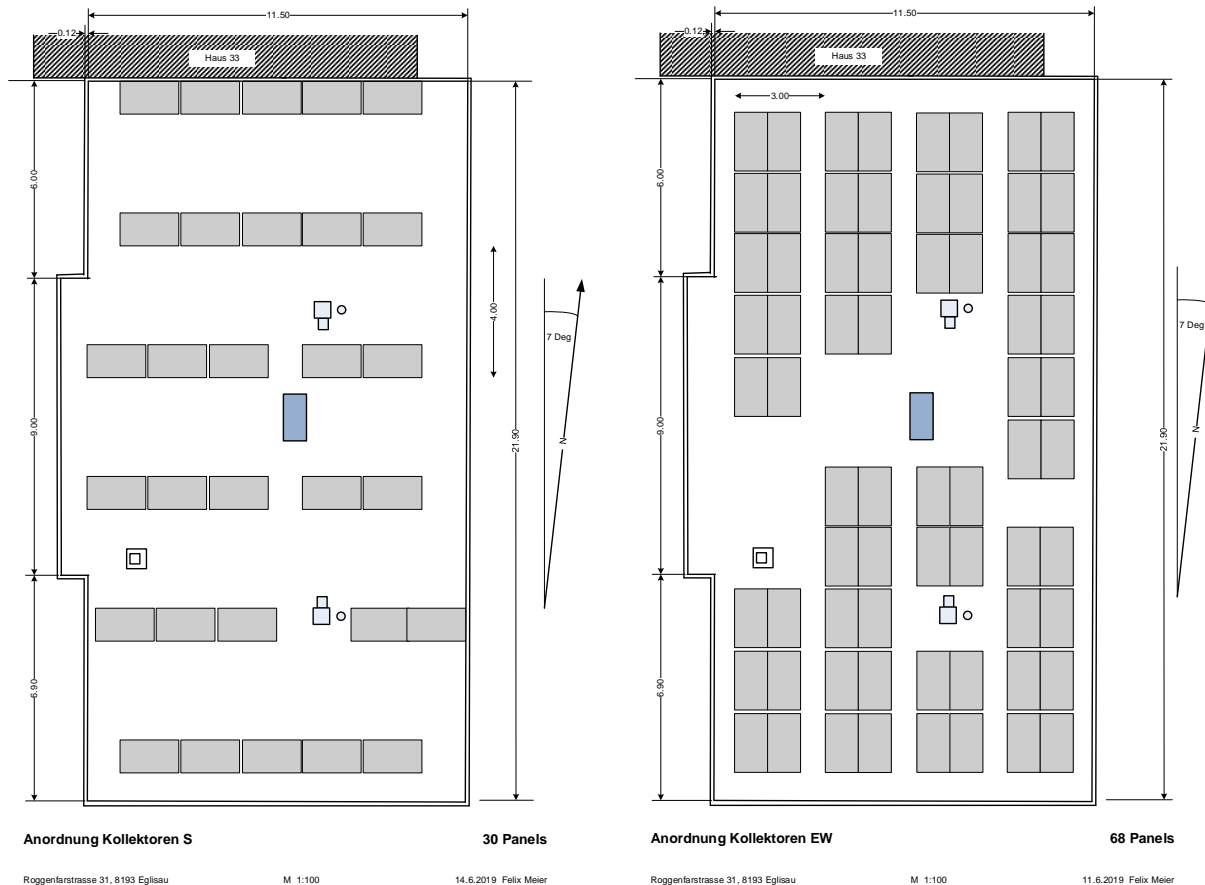
Am 21. Dezember beträgt der höchste Stand der Sonne $((90 - 23.4) - 47.6)^{\circ}$ oder 18.8° .

Am 21. März/September beträgt der höchste Stand der Sonne $((90 - 0) - 47.6)^{\circ}$ oder 42.4° .

2.2 Solarstrom

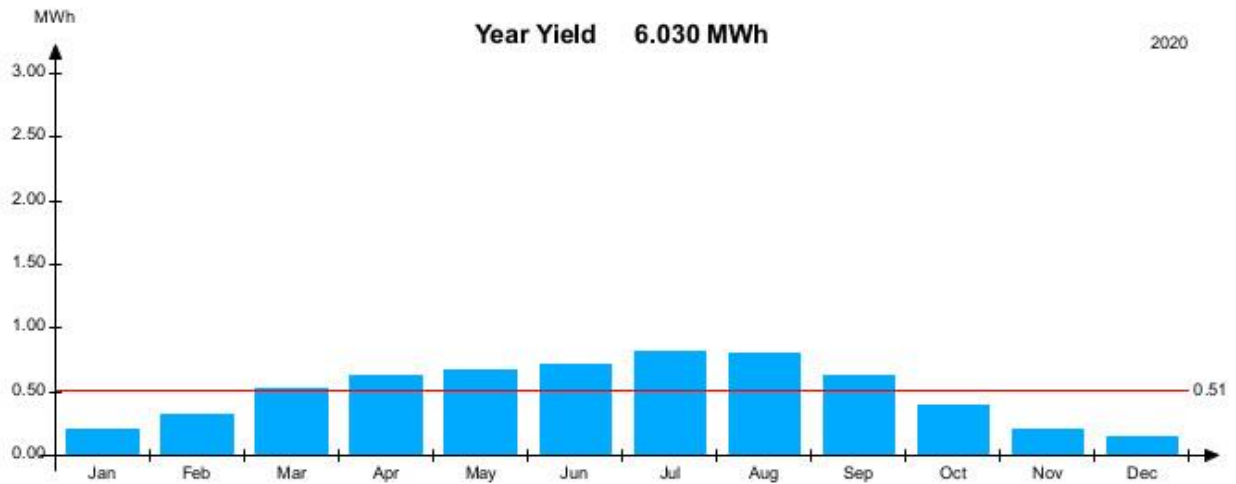
Die Möglichkeiten für die Gewinnung von Solarstrom werden am Beispiel einer Anlage auf dem Dach des Hauses Roggenfarstrasse 31 aufgezeigt.

Für die Auslegung der Anlage gibt es zwei Möglichkeiten: Die Solarpanels werden entweder mit einer Neigung von ca. 45° nach Süden oder je zur Hälfte nach Osten und nach Westen ausgerichtet. Im letzteren Fall können auf der gleichen Fläche etwas mehr als doppelt so viele Solarpanels montiert werden, dafür können die Panels nur 10° geneigt werden, da sie sich sonst gegenseitig beschatten.



2.2.1 Nach Süden ausgerichtet

Für die Variante mit 30 nach Süden ausgerichteten Paneelen erhält man den folgenden Jahresertrag:



Project: Roggenfarstrasse 8193 Eglisau

Panel Azimuth	173°	Row Separation	3.2 m	Year Yield	6.030 MWh
Panel Elevation	35°	Panels per Row	5	Radiation	800 W/m ²
Panel Width	1.00 m	# of Rows	6	System Type	Electrical
Bypass Diodes	3	Row Shading	YES	Sunshine Data Location:	
Pmpp @ 800 W/m ²	230 W	Configuration	South	Zurich-Kloten	
Horizon Shading	YES				

Vorteile:

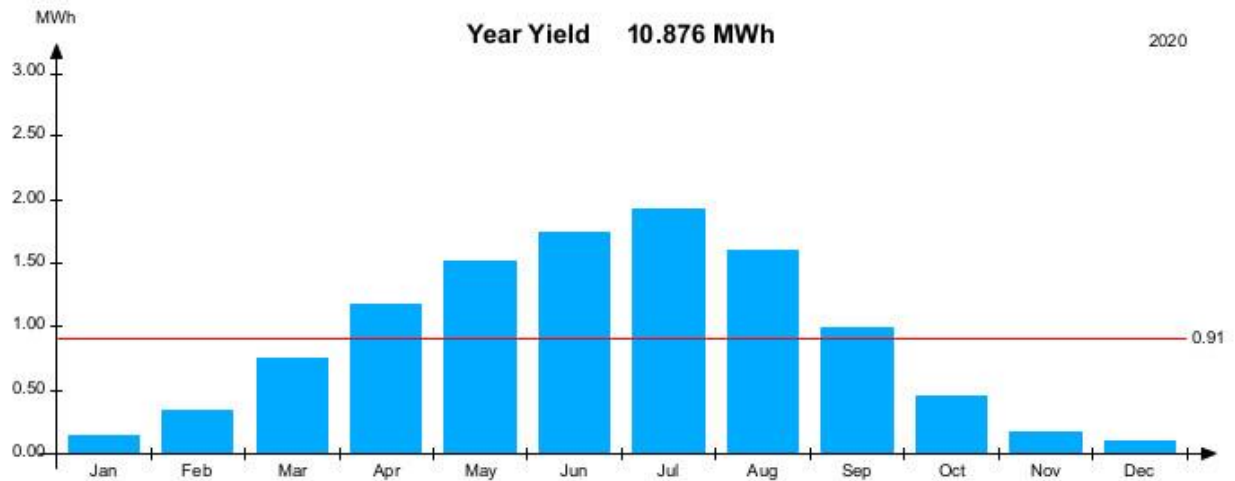
- Geringere Kosten, da nur 30 Paneele
- Der monatliche Ertrag ist besser ausgeglichen
- Keine Schneeräumung notwendig
- Bessere Selbstreinigung

Nachteile:

- Geringer Jahresertrag

2.2.2 Nach Osten / Westen ausgerichtet

Für die Variante mit 68 nach Osten / Westen ausgerichteten Paneelen erhält man den folgenden Jahresertrag:



Project: Roggenfarstrasse 8193 Eglisau

Panel Azimuth	83°	Row Separation	2.0 m	Year Yield	10.876 MWh
Panel Elevation	10°	Panels per Row	17	Radiation	800 W/m ²
Panel Width	1.00 m	# of Rows	4	System Type	Electrical
Bypass Diodes	3	Row Shading	YES	Sunshine Data Location:	
Pmpp @ 800 W/m ²	230 W	Configuration	East/West	Zurich-Kloten	
Horizon Shading	YES				

Vorteile:

- Höherer Jahresertrag

Nachteile:

- Höhere Kosten, da 68 Paneele
- Der monatliche Ertrag schwankt stark
- Schneeräumung notwendig
- Schlechtere Selbstreinigung

Die Variante mit 68 Paneelen erbringt 1.80 x mehr Ertrag, kostet aber 2.27 Mal mehr. Der Ertrag pro investierten Franken für die Paneele ist deshalb um den Faktor 0.79 geringer! Man beachte, dass der Ertrag in den Wintermonaten deutlich geringer ist als bei der Variante mit 30 Paneelen (Dezember: ca. 35% weniger).

2.2.3 Kosten

Für diese Anlagenbeispiele wurden im Internet die folgenden Kosten ermittelt. Dabei handelt es sich offensichtlich um Werbe-Angebote, die mit Vorsicht zu geniessen sind.

Helion		EKZ	
Leistung kWh	Preis CHF	Leistung kWh	Preis CHF
10'800	24'000	10'800	31'000
6'500	19'600	5'400	20'000

Im Preis EKZ 10'800 kWh ist eine Batterie mit unbekannter Speicherkapazität mit eingerechnet. Allenfalls muss zusätzlich mit den Kosten für ein Geländer von ca. CHF 16'000 gerechnet werden aufgrund der Sicherheitsvorschriften. Damit ergeben sich Kosten von mehr als ca. CHF 2.00 pro kWh.

2.3 Solarwärme

Seit 2015 wird für die Bereitstellung von Brauch-Warmwasser (BWW) auf dem Dach des Hauses 25 eine Solaranlage betrieben. Die 24 Kollektoren sind vom Typ Viessmann Vitosol 200-F SH2C [5].

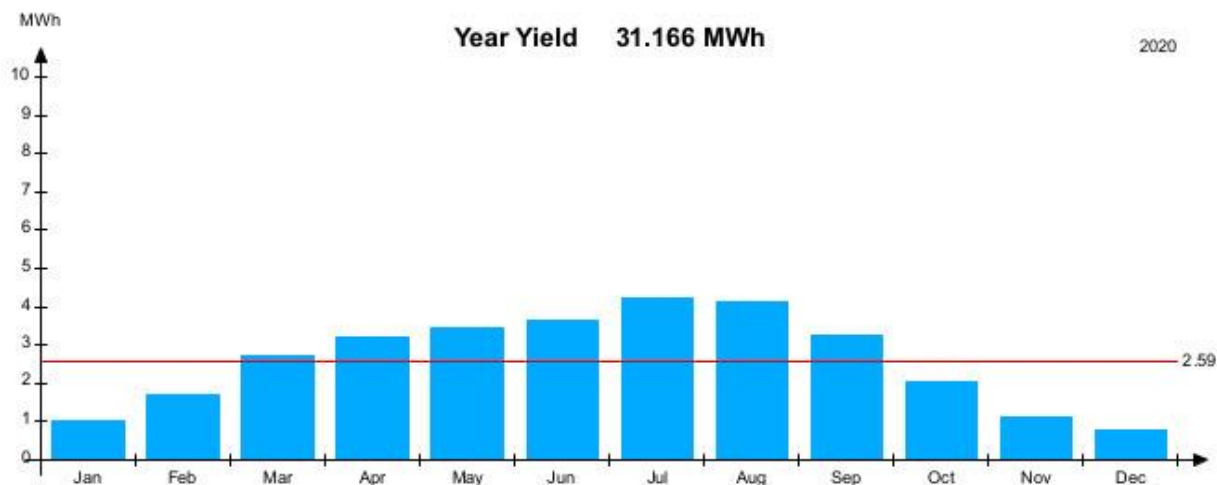
2.3.1 Messwerte

Datum	Luft	Koll	Wasser	kWh	Bemerkungen
20200114 11:00	-1	+24	+11	129'674	sonnig
20200114 12:40	+5	+39	+23	129'709	sonnig
20200115 13:00	+7	+43	+27	129'791	sonnig
20200116 12:50	+9	+45	+29	129'882	sonnig
20200117 13:10	+5	+21	+11	129'931	teilweise bedeckt
20200118 13:00	+6	+29	+20	129'975	sonnig
20200119 13:00	+4	+23	+16	130'029	Hochnebel
20200120 14:00	+5	+34	+22	130'081	bewölkt 10%
20200121 13:00	+2	+31	+14	130'105	bedeckt
20200122 13:00	-1				Hochnebel
20200123 13:00	-1	+13	+9	130'144	Hochnebel
20200123 13:00					Hochnebel vormittags
20200125 13:45	+3	+16	+11	130'176	Hochnebel
20200129 15:00	+6	+15	+11	130'284	bewölkt, Regen
20200129 13:00	+9	+36	+23	130'335	Sonnig teilweise
20200204 12:15	+5	+34	+20	130'480	Rückseitenwetter

In den 4.5 Jahren seit der Inbetriebnahme wurden pro Jahr 130'500 kWh / 4.5 = 29'000 kWh geerntet.

2.3.2 Simulation

Die Simulation für diese Anlage ergibt einen Jahresertrag von 31'166 kWh. Die Simulation berücksichtigt aber nicht, dass der Kreislauf erst ab einer Temperaturdifferenz von $> 3^\circ$ zwischen Paneel und Speicher aktiv wird, sodass davon ausgegangen werden kann, dass die Simulation sehr gut übereinstimmt mit den gemessenen Werten [8].



Project: Roggenfarstrasse 8193 Eglisau

Panel Azimuth	173°	Row Separation	2.3 m	Year Yield	31.166 MWh
Panel Elevation	35°	Panels per Row	4	Radiation	800 W/m ²
Panel Width	1.10 m	# of Rows	6	System Type	Thermal
Gross Surface	2.51	Row Shading	YES	Sunshine Data Location:	
Gross Efficiency	75 %	Configuration	South	Zurich-Kloten	
Horizon Shading	YES				

In den Monaten Juli und August wird praktisch kein Heizoel verbraucht. Der monatliche Energieverbrauch für die Bereitstellung von Brauchwarmwasser beträgt deshalb ca. 4'000 kWh, der Jahresverbrauch ca. 50'000 kWh oder 50 MWh.

2.3.3 Kosten

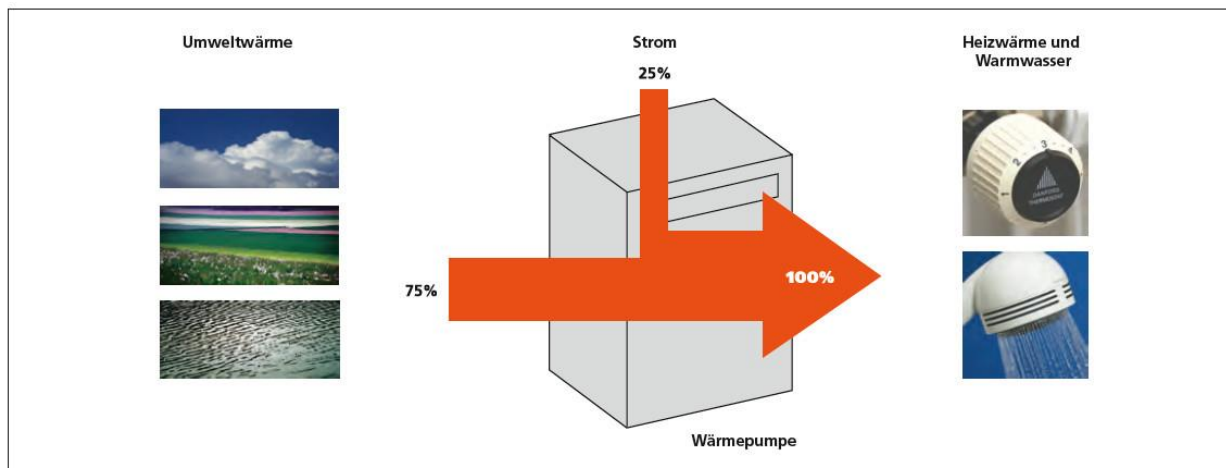
Für die Anlage wurden im Jahre 2015 die folgenden Beträge investiert:

Solaranlage	100'635
Blitzschutz	12'346
Geländer	14'410
Total	128'391

Die Investitionskosten abgeschrieben auf 20 Jahre ergeben Kosten von ca. CHF 0.22 pro kWh.

3 Wärmepumpen

Mit einer Wärmepumpe wird Energie aus der Umwelt (Luft, Boden, Grundwasser) in Energie zum Heizen und zur Aufbereitung von Brauchwarmwasser (BWW) aufbereitet. Da die Energie in der Umwelt bei einer tieferen Temperatur ansteht, muss sie zur Verwendung für die Heizung oder BWW auf eine höhere Temperatur "gepumpt" werden. Dieser Pumpvorgang benötigt natürlich auch Energie, und zwar in der Form von Strom:



Der Wirkungsgrad einer Wärmepumpe hängt einerseits von der Qualität des Gerätes selbst ab, andererseits aber sehr stark von der Temperaturdifferenz zwischen der Umweltwärme und der Heizwärme respektive der Warmwasserwärme. Je grösser die Temperaturdifferenz, desto höher der Anteil an Strom in der produzierten Wärme. In der Liegenschaft Roggenfar wird fast ausschliesslich mit Radiatoren geheizt, sodass die Vorlauftemperatur der Heizung ca. 55° betragen muss, um eine genügende Wärmeleistung in den Wohnungen zu erzielen. Bodenheizungen kommen mit einer wesentlich geringeren Vorlauftemperatur von ca. 35° aus, sodass nur ca. 20% Strom eingesetzt werden muss anstelle von 25%.

Die wichtigste Kennzahl einer Wärmepumpe ist die Jahresarbeitszahl (JAZ). Sie besagt, über ein Jahr betrachtet, wievielfach die gewonnene Heizwärmeenergie grösser ist als die elektrische Energie, welche zum Pumpen gebraucht wird. Je grösser die JAZ, desto besser. Typische Beispiele:

Bild oben (100% / 25%)	4.0
Erde – Heizung 35°	5.7
Erde – Heizung 55°	4.5
Luft – Heizung 35°	3.7
Luft – Heizung 55°	2.9

Eine gute Beschreibung der Heizung mittels Wärmepumpen findet man in [7].

Bei einer Leistung von ca. 200 kW, die für die Liegenschaft gebraucht wird, kostet eine Wärmepumpe ca. CHF 500-600 pro kW. Die Pumpe allein kostet also ca. CHF 60'000 OHNE alle Installationen.

3.1 Luftwärme

Da die Luft gerade dann, wenn am meisten Heizleistung benötigt wird, am kältesten ist, ist der Wirkungsgrad am schlechtesten. Zudem muss die Luft mit einem Ventilator der Wärmepumpe zugeführt werden, und Ventilatoren machen Lärm. Für grössere Wärmemengen ist diese Variante deshalb nicht empfehlenswert.

3.2 Erdwärme

Das GIS (Geographisches Informationssystem) des Kantons Zürich [3] gibt Auskunft über die Möglichkeiten zur Nutzung von Erdwärme im Bereich Roggenfar:

Wärmenutzungsatlas

Informationen

Karteninhalt Info

In der Karte auf das interessierende Objekt klicken!

Informationen für ausgewählte Themen bei Koordinate **2681898 / 1269504** (Höhe: **387.4 m**)

Weitere Standortinformationen: ▾

Bohrtiefenbegrenzung an dieser Stelle:
117 Meter.
Erläuterungen siehe Bericht 'Tiefenbeschränkung'.

Grundstücksgrenzen

BFSNr	55
Nummer	1347
EGRIS_EGRID	CH707731769984
Vollstaendigkeit	Vollstaendig
Fläche	9776
Markieren	

Grundstücksgrenzen

Bohrtiefenbegrenzung

Auflagen für Erdwärmesonden

Auskunft erteilt: Max Helbling, Tel. 043 259 31 42 / Helene von Vogelsang, Tel. 043 259 32 72 (→ Gebieteinteilung)

- Spezielle Auflagen für Erdwärmesonden
- Erdwärmesonden aus speziellen hydrogeologischen Gründen nicht zulässig (z.B. artesisch gespannte Grundwasservorkommen, Mineralwasserquellen)

Zone D (Schotter-Grundwasservorkommen, ungeeignet für Trinkwassergewinnung)

Zulässigkeiten Zone D:	
Erdwärmesonden	Grundsätzlich zulässig. Spezielle Auflagen für EWS beachten.
Thermoaktive Elemente (Energiepfähle, Bodenplatten usw.)	Grundsätzlich zulässig; Die Unterkante der Anlage muss mindestens 2 m über dem höchsten Grundwasserspiegel HHW liegen.
Erdregister, Energiekörbe mit flüssigen Wärmeträgern	Grundsätzlich zulässig; Die Unterkante der Anlage muss mindestens 2 m über dem höchsten Grundwasserspiegel HHW liegen.
Erdregister, Energiekörbe mit Luft betrieben	Grundsätzlich zulässig.
Grundwasser-Wärmenutzung	Grundsätzlich zulässig; Minimale Anlagegrösse: Kälteleistung 50 kW.

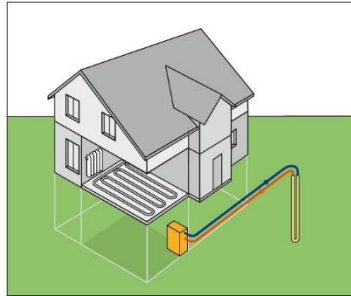
Die Liegenschaft liegt im Gewässerschutzbereich Au (Zone D). Erdwärmesonden sind erlaubt, ebenso thermoaktive Elemente und Erdregister, sofern diese mindestens 2 m über dem höchsten Grundwasserspiegel liegen. Die Nutzung von Grundwasser-Wärme setzt eine minimale Kälteleistung von 50 kW voraus. Für Erdwärmesonden ist die Bohrtiefe auf 117 m begrenzt [3].

3.2.1 Erdwärmekollektoren

Erdwärmekollektoren sind relativ preisgünstig. Sie liegen in einer Tiefe von 1.2 bis 2 m. Nachteile: hoher Flächenbedarf, je nach Jahreszeit schwankende Bodentemperaturen, die auch bis zu 0° sinken können. Bei grosser Kälte kann weniger Energie bezogen werden.

3.2.2 Erdwärmesonden

Erdsonden sind Rohre mit ca. 40 mm Durchmesser, in denen eine U-förmige Leitung eingebaut ist, durch welche die Sole (eine spezielle Flüssigkeit mit Frostschutzmittel) bis zum Grund der Sonde und wieder hinauf zur Wärmepumpe gepumpt wird:



Eine gute Einführung in die Thematik findet sich in [4]. Der Platzbedarf ist deutlich geringer, die Bodentemperatur ist vor allem in den Wintermonaten höher als die Temperatur der Luft und praktisch konstant.

Werden mehrere Sonden gesetzt, so sollten diese untereinander einen Abstand von mindestens 10 m aufweisen. Dennoch besteht in diesem Falle die Gefahr einer langfristigen (mehrere Jahre) Abkühlung des Bodens, sodass allenfalls im Sommer jeweils von oben wieder Wärme zugeführt werden muss, beispielsweise von Solar-Kollektoren. Diesen Vorgang nennt man Regenerierung. Die Sonden und ihre Umgebung dürfen auf keinen Fall vereisen, da sonst irreparable Schäden drohen. In einem Sondenfeld ist aber langfristig immer mit einer gewissen Absenkung der Bodentemperatur zu rechnen, sodass die Effizienz abnehmen wird.

Mit Erdwärme-Sonden ist ein Ertrag von ca. 40 W/m zu erwarten [1]. Als mittlere Bodentemperatur kann +11° angenommen werden [2, Seite 9]. Somit kann im Roggenfar pro Sonde mit einer Leistung von ca. 4.4 kW gerechnet werden. Für Wärmepumpen wird in der Regel von einer Betriebsdauer von ca. 2'000 Std. pro Jahr ausgegangen. Somit stehen pro Sonde pro Jahr ca. 8'800 kWh zur Verfügung. Geht man von einem Jahresbedarf an Erdwärme (ohne den Strom für die Wärmepumpe) der Liegenschaft von 250'000 kWh aus, so wären dafür ca. 28 Sonden notwendig.

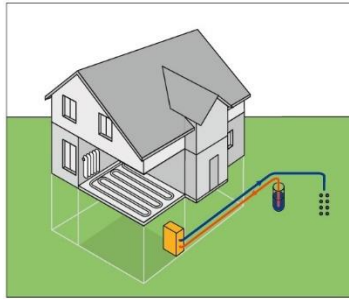
Wird die Isolation der Gebäudehülle verbessert, beispielsweise durch eine Isolation der Kellerdecken, so kann der Bedarf auf ca. 20 Sonden reduziert werden. Werden die nötigen Abstände eingehalten, damit der Boden nicht zu stark gekühlt wird, so würde der freie Platz in der Liegenschaft gerade genügen.

Zum Vergleich: Die neue Überbauung westlich umfasst 34 Wohnungen und kommt mit vier Sonden aus. Da die Überbauung im Jahre 2019 erstellt wurde, kann davon ausgegangen werden, dass die Gebäudehülle eine sehr gute Isolation aufweist. Der U-Wert der gesamten Hülle dürfte bei ca. 0.150 W/m²K liegen, verglichen mit 0.733 W/m²K der Liegenschaft Roggenfarstrasse 21-33. Dazu wären nach den obigen Überlegungen ca. 6 Sonden notwendig.

Bei einer grösseren Anzahl Bohrungen auf dem gleichen Areal kann mit Kosten von < 10'000 CHF pro Sonde gerechnet werden.

3.2.3 Grundwasser

Das Grundwasser wird aus einem Brunnen hochgepumpt und der Wärmepumpe zugeführt. Das verbrauchte Wasser muss nahe der Oberfläche wieder versickert werden:



Die Temperatur des Grundwassers liegt im gleichen Bereich wie die Temperatur des Bodens, d.h. bei 10° bis 11° und bleibt im Jahresverlauf sehr konstant. Grundwasser ist deshalb als Wärmequelle sehr gut geeignet. Da ein Grundwasserstrom in Bewegung ist, erfolgt eine automatische Regeneration, sofern genügend Grundwasser fließt.

Ob im Roggenfar die Erschliessung von Grundwasser möglich und sinnvoll ist, müsste detailliert abgeklärt werden, eventuell durch eine Probebohrung. Die geplante Tiefenbohrung der Nagra im Gländ könnte allenfalls weitere Hinweise liefern.

Für den Einsatz von Erdwärme muss mit Kosten von ca. CHF 0.10 pro kWh gerechnet werden.

4 Fossile Brennstoffe

4.1 Oel

Heute erfolgt die Heizung der Liegenschaft mit Oel. Die Solar-Kollektoren auf dem Dach des Hauses Roggenfarstrasse 25 leisten nur einen Beitrag an die Aufbereitung des Brauchwarmwassers. Die Gestehungskosten liegen heute bei ca. CHF 0.14 pro kWh.

4.2 Gas

Die Verbrennung von Erdgas ist etwas weniger schädlich für die Umwelt als die Verbrennung von Oel.

4.3 Kohle

Kommt wohl nicht mehr in Frage.

5 Holz

Holz in der Form von Schnitzeln oder Pellets kann zur Erzeugung von Wärme verwendet werden. Derartige Heizungen sind relativ wartungsintensiv und brauchen viel Platz für die Speicherung des Brennstoffes.

Die Gestehungskosten für eine Holzheizung der Liegenschaft liegen bei ca. CHF 0.15 pro kWh, sie sind mit den Kosten der heutigen Oelheizung vergleichbar.

5.1 Pellets

Pellets sind ein preiswerter Brennstoff. Langfristig sind keine grossen Preiserhöhungen zu erwarten. Theoretisch sind sie klimaneutral, da beim Wachstum der Bäume CO₂ absorbiert wird. Die Betriebskosten liegen bei den heutigen Preisen in der gleichen Grössenordnung wie für die Oelheizung: Die Brennstoffkosten sind vergleichbar, die Investitionskosten und die Unterhaltskosten eher höher.

Die Vorratshaltung von Pellets ist problematisch. Der bestehende Tankraum würde nur für ca. einen halben Jahresverbrauch reichen:

Der durchschnittliche Jahresbedarf an Wärme der Liegenschaft beträgt 361'000 kWh. Pellets haben einen Energiegehalt von ca. 4.8 kWh/kg. Somit werden ca. 75.2 Tonnen Pellets pro Jahr gebraucht. Die Schüttdichte von Pellets beträgt ca. 600 kg/m³, sodass pro Jahr mindestens 125 m³ Pellets gebraucht werden. Die Energiedichte wird damit zu 2.8 MWh/m³. Der heutige Oeltank hat ein Volumen von ca. 95 m³, und der Raum kann für ein Pellet-Lager nicht voll ausgenützt werden. Es müsste also mindestens zwei Mal pro Jahr nachgefüllt werden.

Zudem müssen verschiedene Massnahmen getroffen werden, um die Sicherheit vor Explosionen und vor schädlichen Gasen zu gewährleisten. Frische Pellets verbreiten über einige Wochen einen störenden Geruch, da der Speicher gut belüftet werden muss. Der Speicher muss auf jeden Fall absolut trocken bleiben, da die Pellets hygroskopisch (wassersaugend) sind.

Die Förderung von Pellets vom Speicher zum Kessel ist etwas störungsanfällig und bedarf einer regelmässigen Wartung. Bei der Verbrennung fällt Asche an, die regelmässig entsorgt werden muss.

5.2 Schnitzel

Als Alternative zu Pellets kann auch mit Holzsnitzeln geheizt werden.

Die Energiedichte von Holzsnitzeln beträgt je nach Art des Holzes (Fichte / Buche) 0.7 – 1.0 MWh/m³. Sie ist somit deutlich geringer als bei Pellets, was die Anforderungen an das Speichervolumen noch grösser macht.

Im Betrieb und Unterhalt sind Schnitzel aufwendiger als Pellets. Die Förderung zum Kessel ist anfälliger für Störungen, und bei der Verbrennung entsteht mehr Asche.

Die heutigen Bauten (Heizraum, Tankraum) bieten nicht genügend Platz für eine Heizung mit Holzsnitzeln. Die Umstellung auf eine derartige Heizung wäre mit grossen baulichen Aufwendungen verbunden.

5.3 Emissionen

Bezüglich der lokalen Luftverschmutzung ist Holz ein Brennstoff, der besonders umweltschädlich sein kann. Pro erzeugter Energieeinheit sondert es mehr Stickoxide (NO_x), Kohlenmonoxid (CO) und flüchtige organische Verbindungen (VOC) ab als Erdgas oder Heizöl. Im Verhältnis zu Heizöl liegt sein Ausstoss an Feinstaub (PM10) sowie an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) rund zehnmal höher. Im Winter, wenn die Nebeldecke aufgrund der Temperaturinversion anhält, sind Holzheizungen oft

an erster Stelle für die Entstehung von äusserst gesundheitsschädlichen Feinstpartikeln (PM_{2,5}) verantwortlich.

Holzfeuerungen verursachen im Winterhalbjahr im Kanton Zürich ähnlich hohe Feinstaub-Emissionen wie der gesamte Strassenverkehr [10] Dies betrifft vor Allem kleine Holzfeuerungen. Für grössere Anlagen, wie sie für die Liegenschaft notwendig wären, sieht die Bilanz etwas besser aus. Der Ausstoss von Stickstoffoxiden kann, ähnlich wie bei Diesel-Fahrzeugen, durch den Einsatz von Chemie reduziert werden.

Auch wenn der Brennstoff aus lokalen und erneuerbaren Quellen stammt, so sind Holzfeuerungen nicht gerade umweltfreundlich.

6 Externe Energiequellen

6.1 Strom

6.1.1 Wasserkraft

Wasserkraft ist erneuerbar und bewirkt nur eine sehr geringe Belastung der Umwelt.

6.1.1.1 Laufwerke

Das Potential an Laufwerken (Flusswasser) ist in der Schweiz weitgehend ausgeschöpft. Bis 2035 wird das Ausbaupotential auf höchstens 5% geschätzt.

6.1.1.2 Speicherwerke

Auch das Potenzial für Speicherwerke ist begrenzt: Es fehlen die grossen Bergtäler, wo noch Speicherwerke gebaut werden können. Die Speicherwerke können in zwei Untergruppen aufgeteilt werden:

6.1.1.2.1 Reine Speicherwerke

Reine Speicherwerke sammeln von Frühjahr bis Herbst Schmelzwasser und Regenwasser. Im Winter wird der Stausee langsam wieder geleert, um die grössere Nachfrage nach Strom zu befriedigen.

6.1.1.2.2 Pumpspeicherwerke

Steht im Sommer überschüssiger Strom zur Verfügung, so kann dieser "gespeichert" werden, indem man damit Wasser aus einem unteren Becken in ein höher gelegenes Becken pumpt.

In den Speicherwerken können ca. 10% des schweizerischen Stromverbrauchs gespeichert werden [9].

6.1.2 Solar

Solarstrom ist eine "Flatterenergie". Leider wird der meiste Solarstrom nicht dann produziert, wenn er gebraucht wird, und das Problem der Speicherung von grossen Strommengen ist nicht gelöst. Man bedenke, dass das Stromnetz keine Strom speichern kann, es kann nur Strom transportieren. Gespeichert wird heute praktisch nur in den Speicherkraftwerken.

Batterien zur Speicherung von Strom sind sehr gross, sehr teuer und auch nicht gerade umweltfreundlich.

Grosse Solar-Kraftwerke sind in der Schweiz nicht zu erwarten. Die Produktion von Solarstrom wird sich auf lokale Anlagen konzentrieren. Das ist auch aus Gründen der Versorgungssicherheit sinnvoll

6.1.3 Wind

Windkraft ist weniger abhängig von der Jahreszeit als Photovoltaik. Sie gehört aber auch zu den sogenannten "Flatterenergien", da die Ausbeute sehr stark schwanken kann. Das Potenzial für Windkraftanlagen ist in der Schweiz mässig. Zudem werden viele Windkraftanlagen durch Einsparungen verhindert. Ein wesentlicher Beitrag zur Stromproduktion ist nicht zu erwarten.

6.1.4 Fossile Brennstoffe

Die Schweiz importiert jeden Winter grössere Mengen an Strom, welcher teilweise durch Kraftwerke mit fossilen Brennstoffen erzeugt wird. Alle diese Stromquellen verursachen eine hohe bis sehr hohe Belastung der Umwelt.

6.1.4.1 Oel

Oel ist abhängig von der Entwicklung im mittleren Osten.

6.1.4.2 Erdgas

Erdgas kommt in Mitteleuropa vorwiegend aus Russland. Da Deutschland in Zukunft sehr stark von den Gaslieferungen aus Russland abhängig sein wird, ist auch für die Schweiz eine starke Abhängigkeit von den Kapriolen der Russischen Wirtschafts- und Machtpolitik zu erwarten.

6.1.4.3 Kohle

Kohle soll, mindestens in Deutschland, bis 2035 nicht mehr verwendet werden. In Polen wird die Kohle wohl noch viel länger einen wesentlichen Beitrag zur Stromproduktion leisten.

6.1.5 Kernkraftwerke

Kernkraftwerke sind nach den Wasserkraftwerken die sauberste Stromquelle. Sie sind aber mit dem Makel behaftet, dass ein Grossereignis in einem Kernkraftwerk gravierende Folgen hat, auch über einen langen Zeitraum.

Die schweizerischen Kernkraftwerke leisteten im Jahre 2020 noch einen erheblichen Beitrag (ca. 36%) [6] zur Stromproduktion in der Schweiz. Mit der Abschaltung des KKW Mühleberg hat sich der Beitrag im Jahre 2022 auf ca. 28% reduziert. Gemäss der Energiestrategie des Bundes sollen die KKW nur noch so lange betrieben werden, bis sie die Sicherheitsanforderungen nicht mehr erfüllen. Neue Kernkraftwerke dürfen nicht mehr gebaut werden.

Aus heutiger Sicht ist es nicht realistisch, dass die Produktion der Kernkraftwerke durch erneuerbare Energien vollständig abgelöst werden kann. Dazu fehlen nicht nur die Energiequellen, sondern auch die Speicherkapazitäten für den kurz-, mittel- und langfristigen (saisonalen) Ausgleich.

6.2 Wärme

Für den Bezug von Wärme stehen im Umfeld der Liegenschaft keine Quellen zur Verfügung.

6.3 Importe

Es ist abzusehen, dass die Schweiz schon mittelfristig mehr auf Importe angewiesen sein wird. Damit steigt die Abhängigkeit von Quellen, die wir nur schwer bis gar nicht beeinflussen können.