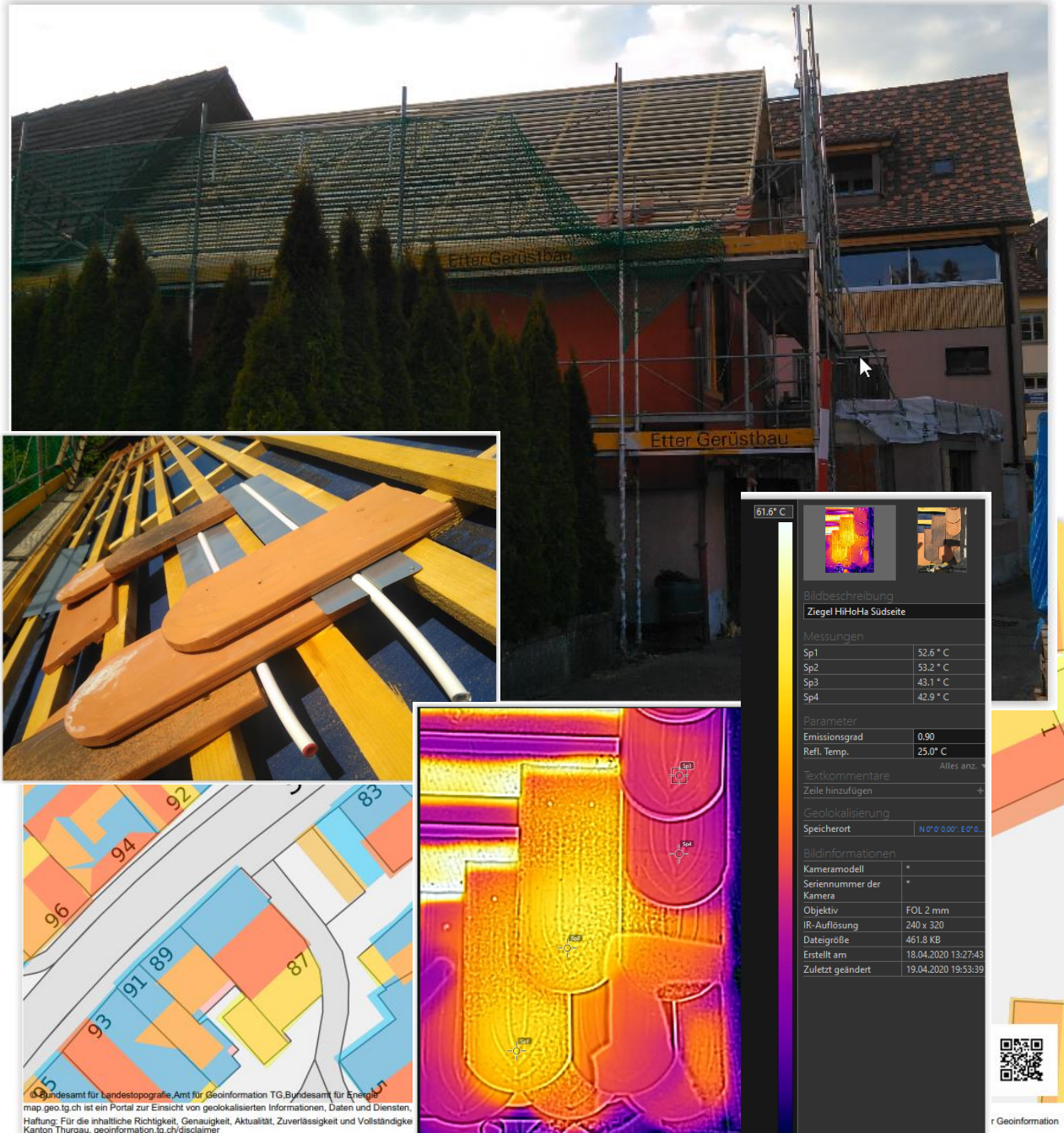


Unsichtbare Solaranlagen auf Kultur- und Naturdenkmälern von kantonaler oder nationaler Bedeutung

Projektidee von René Berchten + Jeanine Ariana, Seestrasse 81, 8266 Steckborn

13. Mai 2020



Inhalt

Hintergrund und Lösungsidee	2
Projektidee (Wärmerückgewinnung unter Flachziegel)	3
Technologie	4
Effizienz, Kosten/Nutzen	4
Andere Lösungsansätze (bezogen auf denkmalgeschützte Ortsteile/Objekte).....	5
Umweltfreundlichkeit	5
Fazit	5
Anhang 1 Montageprinzip und Systemkomponenten	6
Anhang 2 Schematische Darstellung für Hallenbad-Beheizung	7
Anhang 3 Wärmebildversuche verschiedene Ziegel „Südseite“	8
Anhang 4 Wärmebildversuche verschiedene Ziegel „Nordseite“	8
Anhang 5 „ThurGis Karte“ Eignung der Dächer für Solaranlagen, Steckborn Seestrasse 81 ..	10
Anhang 6 Berechnungen	11
Anhang 7 Materialkostenberechnung (in CHF) ohne Wärmetauscher und Solarspeicher	12

Hintergrund und Lösungsidee

Denkmalgeschützte Dachlandschaften sollen möglichst authentisch erhalten bleiben; partielle oder flächendeckende Solarpanelen (thermisch oder Photovoltaik) würden den Charakter der alt ehrwürdigen Gebäude stark verändern.

Gesucht wurde ein Energiegewinnungs-Lösungsansatz, welcher unsichtbar und mit einer kostengünstigen Installation bei Neueindeckung wie auch bei bestehenden Dächern angewendet werden kann.

Bei denkmalgeschützten Häusern sind meist Flachziegel verbaut, die durch die natürliche Patina recht dunkel sind; bei Neueindeckung werden eingefärbte Flachziegel verwendet: die dunkle Oberfläche verstärkt den Wärmespeicher Effekt der Dachziegel. Diese Wärme bei Sonnenschein (im Sommer ca. 50°C, im Winter ca. 10-20°C), wurde bis anhin nie genutzt.

Lösungsidee „Wärmerückgewinnung unter den Flachziegeln“: Die gewonnene Wärme kann in den wärmeren Monaten direkt dem Wärmespeicher zugeführt werden. In kälteren Jahreszeiten kann mit der unter den Ziegeln gewonnenen Wärme eine Wasser/Wasser-Wärmepumpe effizienter betrieben werden: als eine Luft-/Wasser-Wärmepumpe.

Projektidee (Wärmerückgewinnung unter Flachziegel)

Direkt unter den Flachziegel mit Doppeldeckung werden herkömmliche Alu-Wärmeleitbleche (Trockenbau Fussbodenheizung) an der oberen Dachlatte angenagelt; eingelegt in das Wärmeleitblech wird ein herkömmliches Fussbodenheizungsrohr aus Aluverbundrohr.

Beim Auflegen der Eindeckung liegt das Wärmeleitblech wie bei einer Schindel direkt an der Unterseite des Ziegels an.



Die mit Solarflüssigkeit befüllte Verrohrung wird über an eine herkömmliche Solarpumpensteuerung angeschlossen und leitet die gewonnene Wärme in einen Solarbufferspeicher oder - wie in unserem Projekt – es wird über einen Wärmetauscher direkt das Hallenbadwasser beheizt.

Durch die Verwendung von viel handelsüblichen Bauteilen ist der Kostenaufwand sehr gering.

Durch die im Anhang 3+4 gemachten Temperaturuntersuchungen der Ziegeloberflächen (Wärmebildkamera) kann mit einer Solarrücklauftemperatur von ca. 30-60°C gerechnet werden, dies genügt um zum Beispiel:

- Schwimmbadwasser zu beheizen
- Wasser/Wasser-Wärmepumpen zu betreiben
- Kaltwasser-Zulauf in Boiler vorzuwärmen
- Bodenheizung in EG-SPA-/Sanitärbereich zu betreiben

Diese Versuche zeigen auch auf, dass bereits im April, mit Nachttemperaturen von ca. 10°C, das Ziegelvolumen auf verwertbare Temperaturen aufgeheizt werden. Das System ist träge, garantiert aber auch eine nachlaufende Energieabgabe, nach Beendung der Sonneneinstrahlung.

Prinzipiell würde in unserem Fall sich auch das Norddach für eine Wärmegewinnung eignen, es müsste aber mit zwei Kreisläufen gearbeitet werden.

Technologie

Anstelle von Solarpanelen, die sichtbar auf dem Dach montiert sind, wird mittels Wärmeleitblechen mit eingelegtem Alu-Verbundrohr (Trockenbau Fussbodenheizung) unter dem Flachziegel die Wärme gewonnen.

Die Zirkulation der Solarflüssigkeit wird über eine herkömmliche Solarstation und Solarsteuerung geregelt (Analog Solarthermie).

Die Wärme wird in einem Solarspeicher gebuffert oder direkt über Niedertemperatur-Wärmetauscher kaltes Brauchwasser vorgewärmt oder das Schwimmbadwasser aufgeheizt auf ca. 26-32 Grad.

Im Winterbetrieb, wenn die Aussenlufttemperaturen den Betrieb einer Luft/Wasser-Wärmepumpe ineffizient machen, kann mit damit einer Wasser/Wasser-Wärmepumpe effizienter betrieben werden. Letzteres wird in unserem Pilotprojekt vorerst nicht realisiert.

Effizienz, Kosten/Nutzen

Die Effizienz kann bei weitem nicht mit Solarthermie-Paneelen verglichen werden. Die bisher nicht genutzte Wärme unter den Ziegeln ist aber da und wie eingangs erwähnt, der einzige Weg, bei denkmalgeschützten Bauten kostenlose Solare Wärme zu gewinnen. Durch die relativ grosse Masse der Ziegel wird das System träge, aber insgesamt verschiebt sich die Nutzungsbeginn/Ende nur.

Die tatsächliche Effizienz werden wir erst durch den Pilotbetrieb auswerten können.

Die im Anhang 7 kalkulierten Kosten für eine Rückgewinnungsfläche von ca. 40m² zeigen, dass die Investitionskosten mit ca. 1107.- CHF (ohne Montage, die ganz einfach auch ohne Fachmann gemacht werden kann) doch sehr gering sind. Bei der Kostenberechnung wurden Wärmetauscher und Solarspeicher nicht berücksichtigt, da diese bei Solarthermie auch anfallen.

Besieht man sich die Kosten aus dem Blickwinkel der Amortisation, ist dies ein höchst effizientes, kostengünstiges Vorgehen.

Der Kostennutzen Vergleich kann dank der niedrigen Investitionskosten und der Wärmeleistungsberechnung (Anhang 6) als durch aus positiv gewertet werden, hinzu kommt noch, dass es bei denkmalgeschützten Bauten keine andere bezahlbare Alternative gibt.

Andere Lösungsansätze (bezogen auf denkmalgeschützte Ortsteile/Objekte)

	Vorteil	Nachteil	Kosten	Effizienz
Luft/Wasser Wärmepumpe	<ul style="list-style-type: none"> - Einfache Installation - Effizient bei Umgebungstemp. >10°C 	<ul style="list-style-type: none"> - Im Winter - Stromverbrauch - Geräusch Immission 	Mittel bis hoch	Mittel
Erdwärmesonde Wärmepumpe	<ul style="list-style-type: none"> - Aufwendige und teure Installation 	<ul style="list-style-type: none"> - In altem Ortskern nicht realisierbar, da kein Land um Gebäude - Langzeit Auswirkungen wie in Basel sind nicht bekannt 	Sehr hoch	Mittel
Solarthermie auf Dach	<ul style="list-style-type: none"> - Sehr effizient auch bei wenig Sonne - Einfache Montage - Mittlere Kosten 	<ul style="list-style-type: none"> - Bei Wärmeüberschuss müssen Paneelen automatisch entleert werden 		Hoch
Photovoltaik auf Dach/Fassade	<ul style="list-style-type: none"> - Liefern Strom auch bei geringer Sonneneinstrahlung - Funkt. auch im Winter 	<ul style="list-style-type: none"> - Problematisch im Brandschutz - Ohne Einspeisung, teure Energiespeicherung 		Hoch
Spezielle Ziegel (Wärme, Photovoltaik, Wind)	<ul style="list-style-type: none"> - Alle Energiearten werden genutzt 	<ul style="list-style-type: none"> - Sehr teuer, da noch in Entwicklung - Ziegel Aussehen ist nicht tolerierbar - Aufwendige Installation (Verrohrung/Verdrahtung) 	hoch	Sehr hoch

Umweltfreundlichkeit

Ausser dem Aluverbundrohr sind alle Bauteile aus Metall und somit recyclierbar, Im Vergleich zu Solarthermie -Paneelen ist die „Graue Energie“, welche zur Herstellung benötigt wird, zu vernachlässigen.

Fazit

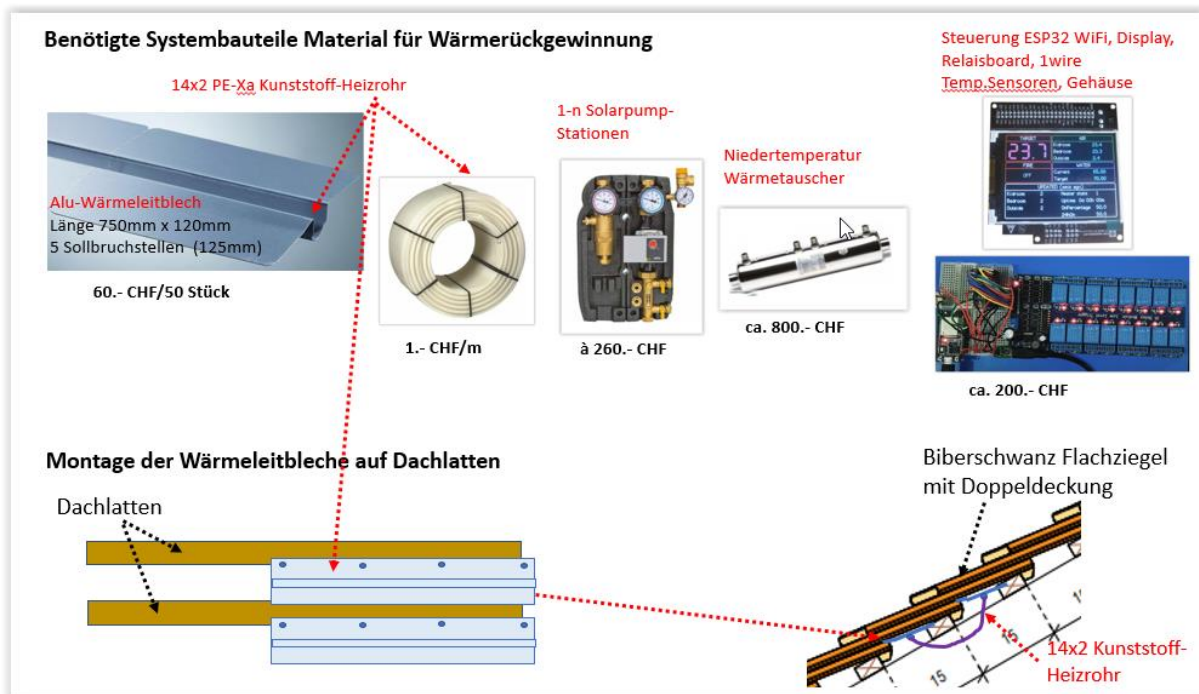
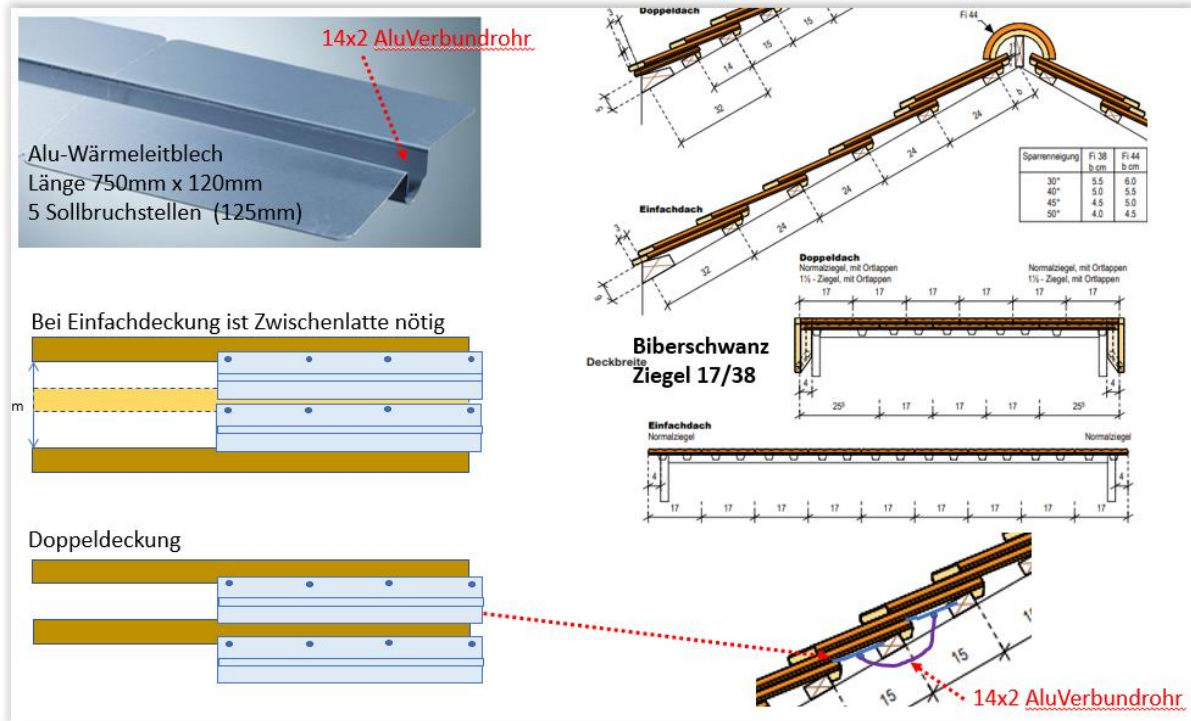
Bei unserem Pilotprojekt auf dem Hinterhofhaus-Dach im denkmalgeschützten Ortskern von Steckborn, handelt es sich um eine Versuchsanlage, da in dieser Art noch nie Solare-Wärmerückgewinnung realisiert wurden.

Es wird nötig sein, die Steuerungs-Software individuell anzupassen/optimieren. Dies ist auch der Grund, weshalb wir mehr als nötig Temperturmesspunkte vorsehen und diese über einen netzwerkfähigen Datenlogger speichern.

Es gibt wohl Firmen und Institute, die am Entwickeln von im Ziegel integrierte Wärmerückgewinnung sind, oder wie „Tesla“ diese bereits aktiv vermarktet. Diese Ziegel können aber nicht in denkmalgeschützten Bauten eingesetzt werden, da es sich um „rechteckige Falzziegel“ handelt. Zudem ist bei dieser Ziegelart der Installations- und Verrohrungsaufwand sehr gross. Dies gilt auch für „Photovoltaik-Ziegel“.

Anhang 1

Montageprinzip und Systemkomponenten

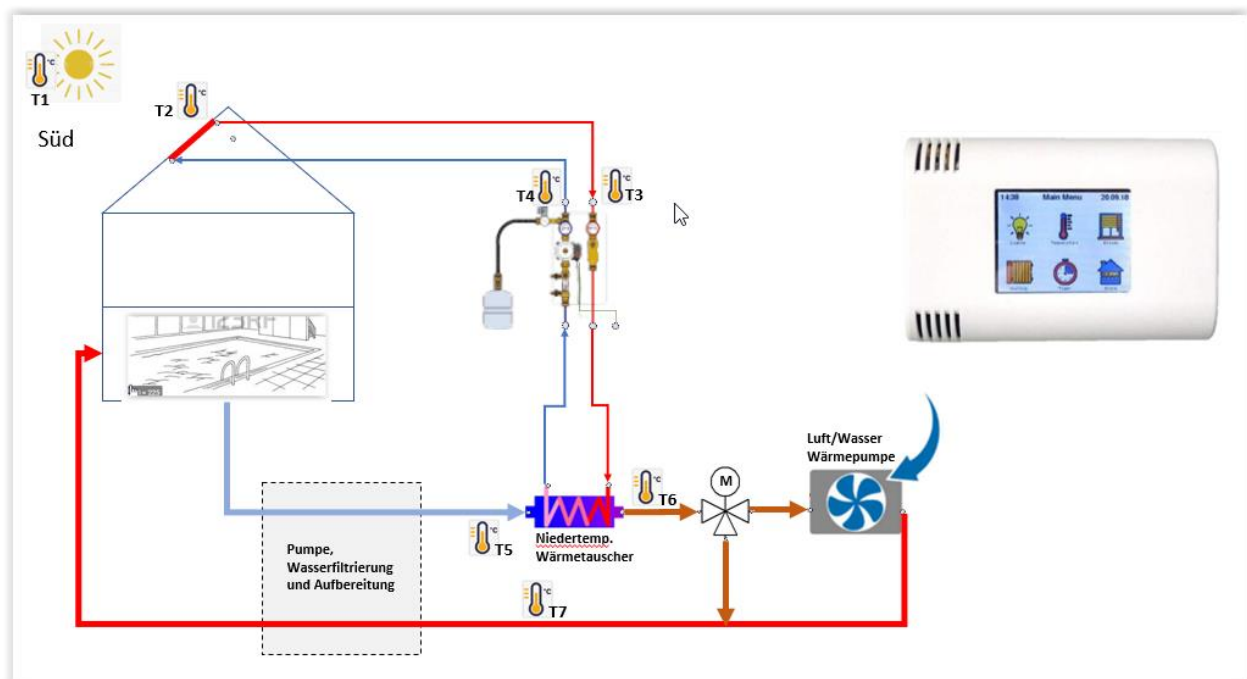


Anhang 2

Schematische Darstellung für Hallenbad-Beheizung

Da es sich hier um eine neuartige Wärmerückgewinnungsart handelt, werden alle Temperaturdaten, sowie die Schaltzustände der Pumpen und Ventile für weitere Auswertungen gespeichert. Die Daten können über den in der Steuerung enthaltenen WEB-Server abgefragt und ausgewertet werden (Echtzeit- und Vergangenheitsdaten).

Als Steuerungseinheit (Elektronik) kann grundsätzlich ein normaler Solarregler für Solarthermieanlagen eingesetzt werden. Die ist bei unserem Pilotprojekt aber nicht ausreichend, da herkömmliche Solarregler über keine WIFI-Kommunikationsmöglichkeit verfügen und zudem nur max. 2-3 Temperatur-Sensoren unterstützen.



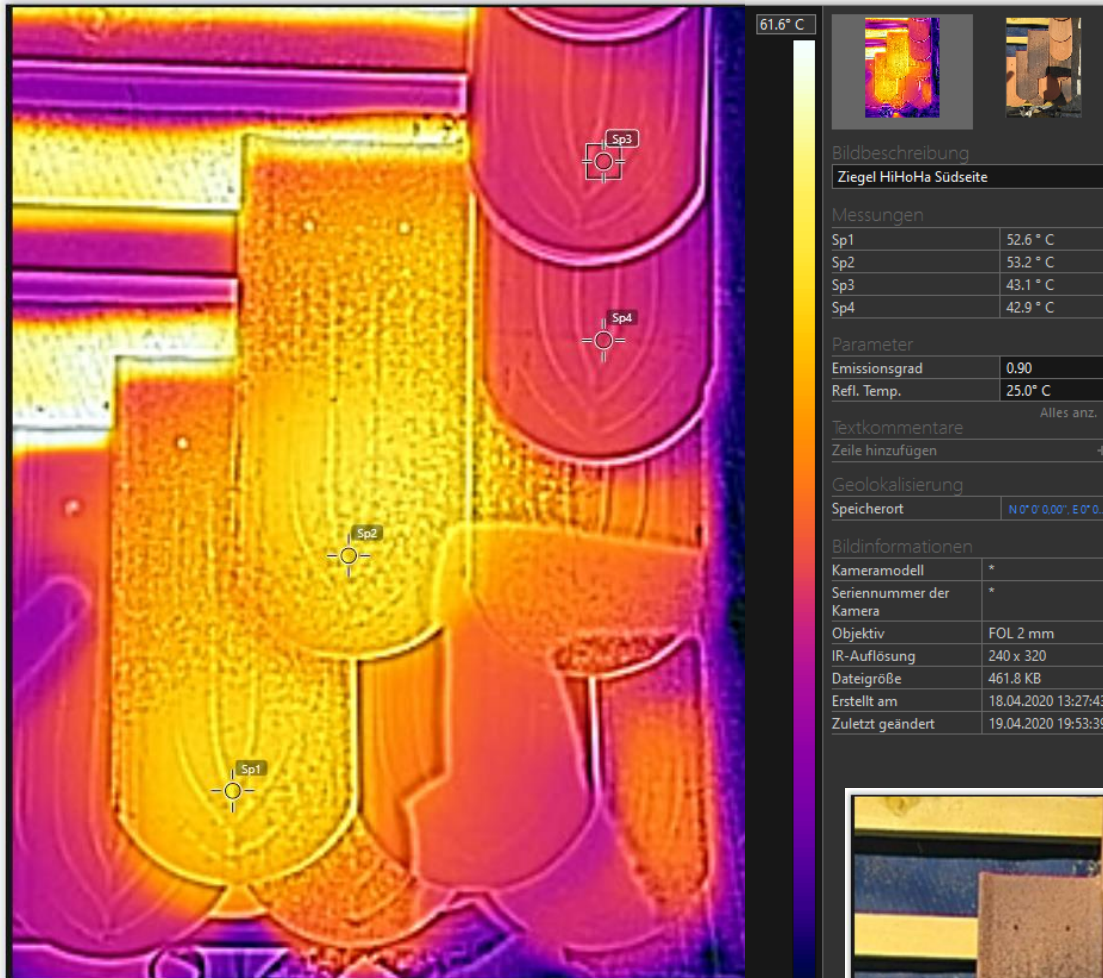
Legende:

- T1 Aussenluft Temperatur (Sensor im Dauerschatten)
- T2 Temperatur am höchsten Punkt der Wärmetransportleitung auf dem Dach
- T3 Vorlauftemperatur (Wärmetransportleitung) in der Pumpstation
- T4 Rücklauftemperatur am niedrigsten Punkt der Wärmetransportleitung auf dem Dach.
- T5 Temperaturmessung Poolwasser vor dem Wärmetauscher
- T6 Temperaturmessung Poolwasser nach dem Wärmetauscher

Anhang 3

Wärmebildversuche verschiedene Ziegel „Südseite“

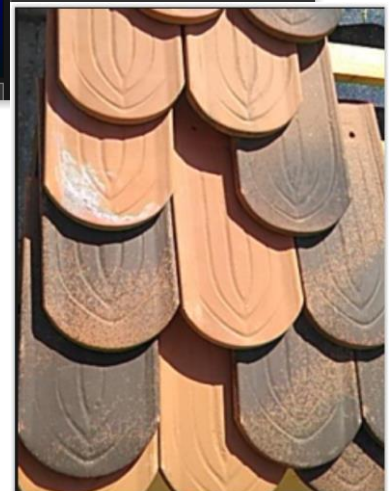
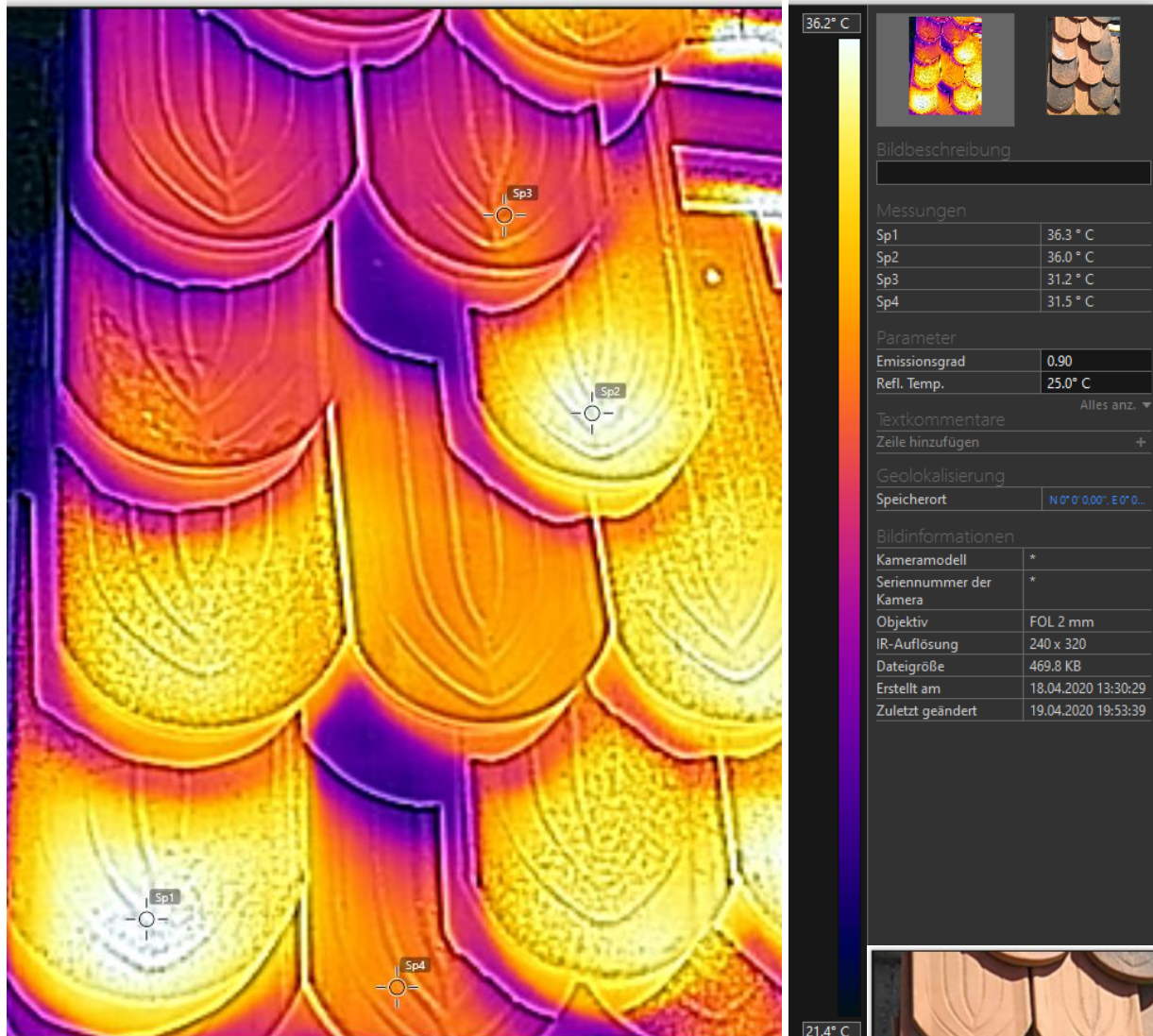
- Aufgenommen 18. April 2020 13:27
- Aussentemperatur bei Windstille ca. 24°
- Hangestrichenen Biberschwanzziegel, zwei gefärbete Sorten und eine ungefärbte
- Gefärbt, max. Temp. 53°
- Ungefärbt max. Temp. 43°



Anhang 4

Wärmebildversuche verschiedene Ziegel „Nordseite“

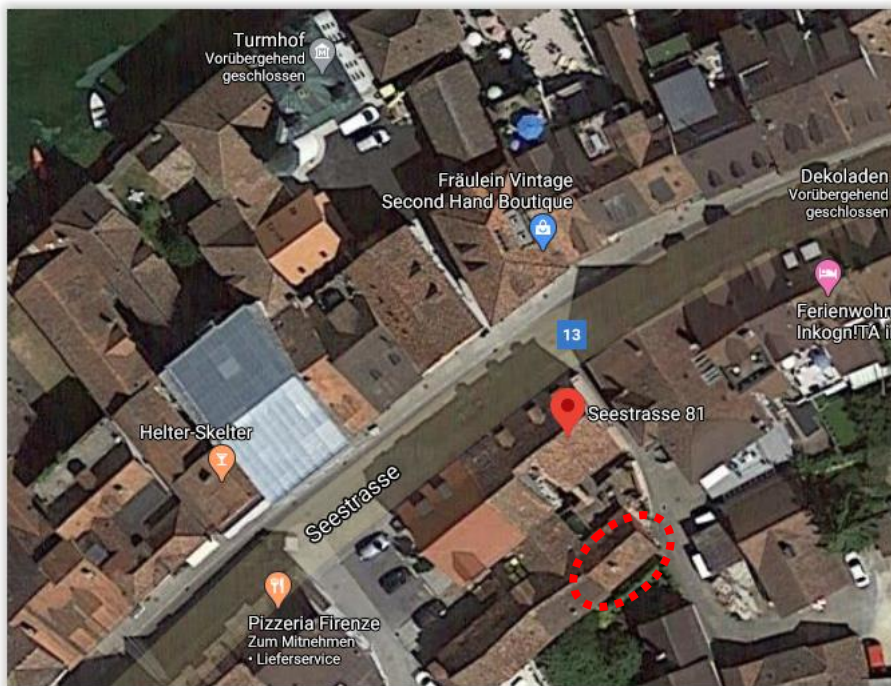
- Aufgenommen 18.April 2020 13:27
- Aussentemperatur bei Windstille ca. 24°
- Hangestrichenen Biberschwanzziegel, zwei gefärbete Sorten und eine ungefärbte
- Gefärbt, max. Temp. 36°
- Ungefärbt max. Temp. 31°



Anhang 5

„ThurGis Karte“ Eignung der Dächer für Solaranlagen, Steckborn Seestrasse 81

Projektstandort der Pilotanlage „Hinterhaus, Seestrasse 81, Steckborn“



Anhang 6

Berechnungen

Grundsätzliche Berechnungen

	Absolut		Nutzbar	
Dachlänge	8.7	m	8	m
Anzahl Ziegelreihen	34	Stk	28	Stk
Rohrlänge	243	m	224	m
Abzug für Dachfenster			-24	m
Nutzbare Rohrlänge			200	m
Rohr Innenquerschnitt			0.785	cm ²
Rohr Volumen (Wärmeübertragungsbereich)	200m x 0.0000785m ²		0.0157	m ³
Rohr Volumen (Wärmeübertragungsbereich)			15.7	L
Umwälzungsvolumen / Minute			15	L/min
Anzahl Ziegel (Wärmeübertragungsbereich)	28 x 8 / 0.17		1317	Stk
Ziegelvolumen (Wärmeübertragungsbereich)	1317x0.17x0.37x0.02m		1.66	m ³
Ziegelfläche (Wärmeübertragungsbereich)			ca. 40	m ²

Wärmemengenberechnung an einem durchschnittlich sonnigen Tag (Delta Wärmegewinnung 10°C)

	Absolut		Effektive	
Wärmetransportleitung Vorlauf	45	°C	43	°C
Wärmetransportleitung Rücklauf	26	°C	26	°C
Anzahl Stunden (Anfangs=Endverzögerung)	9	Std	7	Std
Pumpleistung/Volumen (variabel -> Mittelwert)	15	L/m	15	L/m
Delta-T Wärmetauscher	19	°C	17	°C
Wärmemenge pro Stunde	19.54	KW/h	17.49	KW/h
Wärmemenge pro Tag	175.86	KW/Tag	122.43	KW/Tag
Hallenbad Volumen	26'000	Liter		
Wasser Abkühlung pro Tag	2	°C	3°C	
Wärmebedarf Hallenbad 2°C Abkühlung/Tag	7	KW/Tag	10.5	KW/Tag

Anmerkung:

Da wir weder Mathematiker noch Hydraulikspezialist sind, wird sich die tatsächliche Effizienz aus empirischen Daten im Pilotbetrieb ergeben.

Fazit:

Die Berechnungen zeigen aber, dass wir einen Energieüberschuss von ca. 7.5 KW haben, den wir im Wasser des Schwimmbades speichern; so wird die Schwimmbadwasser-Temperatur schwanken zwischen ca. 26 – 31 °C.

Anhang 7

Materialkostenberechnung (in CHF) ohne Wärmetauscher und Solarspeicher

Bezeichnung	Anz		à		Total	
Wärmeleitbleche (Länge 0.75m)	300	Stk	1.00	CHF	300.00	CHF
Aluverbundrohr 14x2mm (+ Zuschlag)	260	m	0.80	CHF	208.00	CHF
Klemmverschraubungen/Fittinge	1	div.	40.00	CHF	40.00	CHF
Solarstation + Expansion + Zubehör	1	div.	350	CHF	350.00	CHF
Solarsteuerung	1	Stk	209	CHF	209.00	CHF
TOTAL					1'107.00	CHF