

Siedlungsgenossenschaft Eigengrund
Letzigraben 33, 8003 Zürich

www.eigengrund.ch



PRAXISARBEIT

Handlungsoptionen zum Erreichen von NettoNull bei der SGE

sind die Kosten zumutbar?

Lehrgang Management von gemeinnützigen Wohnbauträgern

Hannes Zellweger
zellweger@sg.eigengrund.ch

März 2024

Aufbau der Praxisarbeit: Hauptbestandteil der Praxisarbeit ist dokumentiert in der Präsentation «**Handlungsoptionen zum Erreichen von NettoNull bei der SGE**». Dies wurde bewusst so gewählt, da die Verbreitung der Informationen dieser Arbeit innerhalb der SGE (und hoffentlich weiterer Akteure) anhand der Präsentation erfolgen wird. Dieser Begleittext soll dazu dienen Zusatzinformationen und Berechnungen im Detail aufzuzeigen, damit Hergang und Schlussfolgerungen schlüssig nachvollzogen werden können.

Redlichkeitserklärung: Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der im Quellenverzeichnis angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe. Diese Praxisarbeit ist noch nicht veröffentlicht worden.

Dank: Ich möchte mich an dieser Stelle bei all jenen bedanken, die zur Entstehung dieser Praxisarbeit beigetragen haben. Ein besonderer Dank gebührt Christian Zopfi (SGE), für die Bereitstellung von Daten, Olivier Franz (Optisolar) für die Angaben zu Solaranlagen, und Stefanie Enssle, für das Lektorat.

Ort, Datum: Zürich, 6. März 2024

Autor: Hannes Zellweger

Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangslage.....	3
2. Aufgabenstellung.....	5
3. Netto-Null 2050, was ist das?	7
4. Energieabsenkpfad	8
5. Exkurs zum Energieabsenkpfad	10
6. Jährliche CO ₂ -Emissionen der SGE 2018 und 2050	11
7. Technologien zur Kohlenstoff Entfernung	12
8. Exkurs: Verschiedene CO ₂ Entfernungstechnologien	13
9. Schweizer CO ₂ -Entfernungs Anbieter	14
10. Jährliche Kosten zum Erreichen von NettoNull	15
11. Alternative für die SGE: Investition in die Energiewende.....	16
12. Kosten für Energiewende mit Solaranlagen	17
13. Investition in Solargenossenschaft	18
14. Empfehlungen	19
15. ANNEX 1: Berechnung CO ₂ -Emissionen.....	21
16. ANNEX 2: Berechnung Solarstrom.....	21
17. Quellenangaben	22

1. Ausgangslage

Bis Ende 2024 überarbeitet der Vorstand der Siedlungsgenossenschaft Eigengrund (SGE) seine Unternehmensstrategie und präzisiert für die nächsten zehn Jahre die Schwerpunkte. Im Zuge der zunehmenden globalen Herausforderungen im Bereich Umweltschutz und Nachhaltigkeit anerkennt die SGE die zentrale Rolle der Reduktion und Entfernung von Treibhausgas-Emissionen (THG) als einen wichtigen Bestandteil dieser Strategie. Die Reduzierung und Entfernung von THG-Emissionen, die Förderung nachhaltiger Praktiken und die Integration umweltfreundlicher Technologien bilden das Rückgrat der Bemühungen, einen positiven Einfluss auf die Umwelt auszuüben.

Für die SGE könnte ein Fernziel NettoNull 2050 sein, oder mindestens ein Ziel, an das man sich orientieren möchte.

Um für dieses mögliche Ziel die Kosten abschätzen zu können, sollen basierend auf dem aktuellen Erneuerungsplan die CO₂-Emissionen berechnet und die Kosten zum Erreichen von NettoNull abgeschätzt werden. Durch eine proaktive Auseinandersetzung mit den Auswirkungen von THG trägt die SGE nicht nur zum Umweltschutz bei, sondern stärkt auch ihre Position als verantwortungsbewusste Genossenschaft.

Wie wurde die Aufgabe gelöst?

Der Erneuerungsplan und CO₂ Absenkpfad (Zopfi, 2019), welche auf den bestehenden Dokumenten «Liegenschaftsanalyse», «Erneuerungsplan» und «Systematische Betriebsoptimierung» basieren, bilden die Grundlagendaten für die Berechnung des «Ist-Zustands 2018» und des «SollZustands 2050». In einem ersten Schritt werden die CO₂-Emissionen für die drei Bereiche **Erstellung, Betrieb und Mobilität** für 19 Siedlungen und pro Bewohner berechnet. In einem weiteren Schritt werden die Kosten und die Machbarkeit für NettoNull mit schweizer CO₂-Entfernungstechnologien berechnet.

In einem weiteren Schritt soll aufgezeigt werden, welche weiteren Handlungsoption vorhanden sind, um die CO₂ Emissionen zu senken. Diese sollen preislich interessant sein und trotzdem mit den Grundwerten der SGE vereinbar sein.

Informationen zur Siedlungsgenossenschaft Eigengrund (SGE)

Die Siedlungsgenossenschaft Eigengrund (SGE) wurde in den 1940er-Jahren gegründet. 1947 hat sie ihre erste Siedlung mit rund 80 Wohnungen am Letzigraben in Zürich in Betrieb genommen. Die Sechziger- und Siebzigerjahre waren geprägt von starkem Wachstum, es konnten weitere Siedlungen mit insgesamt 500 Wohnungen erstellt werden. Über die Jahre kamen weitere Siedlungen in der Region Zürich dazu. Heute betreibt die SGE 21 Siedlungen mit über 1'000 Wohnungen, weitere Wohnungen sind in Planung oder im Bau. Das Ziel der SGE ist ein moderates Wachstum über die nächsten 10 Jahre durch Erneuerungsbauten und Zukauf von Immobilien. (www.sge.ch)

Handlungsoptionen zum Erreichen von NettoNull bei der SGE

Sind die Kosten zumutbar?

Praxisarbeit Management von gemeinnützigen Wohnbauträgern

Hannes Zellweger
hannes.zellweger@sg.eigengrund.ch

März 2024

2. Aufgabenstellung

Aufgabenstellung

Berechnung der CO₂ Emissionen und Abschätzen der Kosten zum Erreichen von Netto-Null 2050 für die Siedlungsgenossenschaft Eigengrund (SGE)

CO₂-Emissionen der SGE heute und morgen

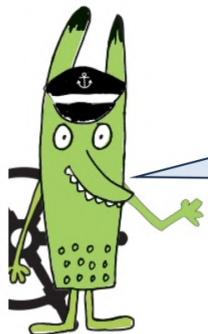
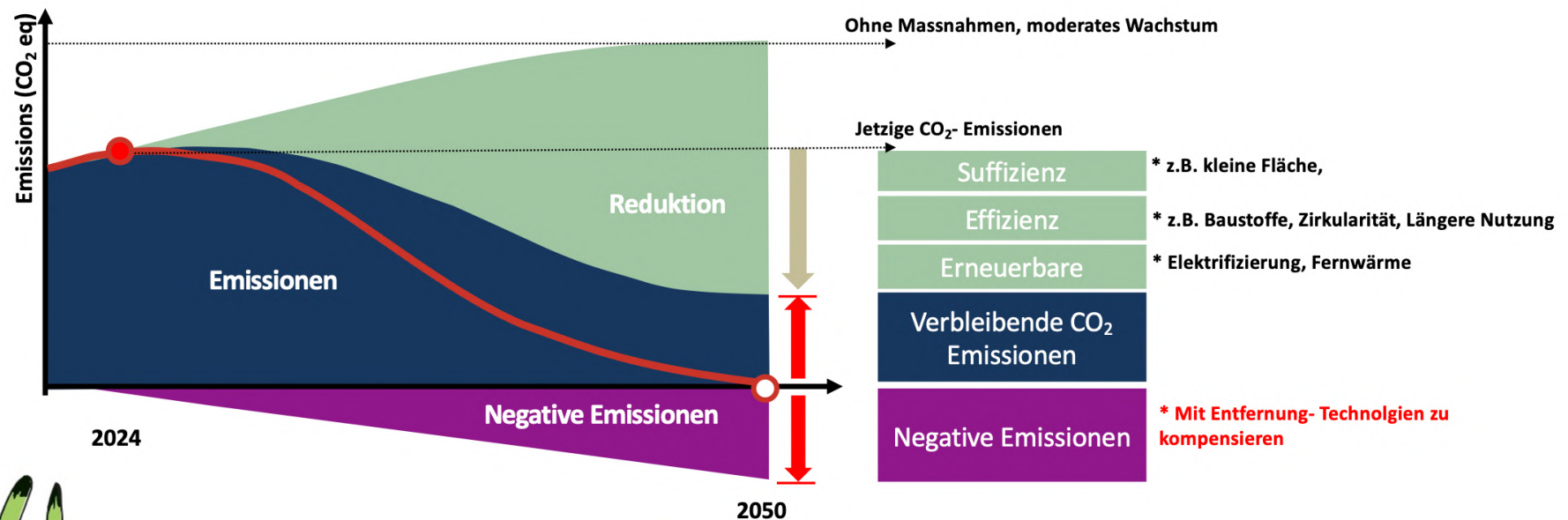
- CO₂-Emissionen gemäss Absenkpfad berechnen (2018 und 2050)
- Potential der Schweizer Kohlenstoff-Entfernung Technologien abschätzen
- Kostenberechnung einer NettoNull Strategie für die SGE und pro Genossenschafter*in?

Soll die SGE – kurzfristig – besser noch in die Energiewende investieren?

- Potentiale für die Investition in lokalen (CH-Zürich) Energiewende
- Mögliche Partnerschaften mit Zürich Solargenossenschaft

3. Netto-Null 2050, was ist das?

Netto-Null 2050, was ist das?



Netto-Null bedeutet, dass alle durch Menschen verursachten **Treibhausgas-Emissionen** durch Reduktionsmassnahmen wieder aus der Atmosphäre **entfernt werden müssen** und somit die Klimabilanz der Erde Netto, also nach den Abzügen durch natürliche und künstliche Senken Null beträgt.

3

4. Energieabsenkpfad

Energieabsenkpfad im SGE-Gebäudepark

Ein Energieabsenkpfad bezieht sich auf einen planvollen Weg, um den Energieverbrauch in einem Gebäudepark zu reduzieren.

Erstellung (Abschreibung über Nutzungsdauer): ein langfristige Zeithorizont bei der Amortisation der Erstellungsenergie spielt eine wichtige Rolle. Mit intelligenten Massnahmen bei der Instandsetzungen können gute Zielwerte erreicht werden. Gleichzeitig können sehr energieeffiziente, neue Gebäude schlechte Zielwerte aufweisen.

Betrieb:

Bei Instandsetzungen steht der Umstieg von fossiler auf erneuerbare Energie im Vordergrund.

Mobilität:

Dabei steht die Standortwahl (Anbindung an ÖV und Naherholung) im Vordergrund. Die Reduktion erfolgt gemäss Annahme dass die Mobilität effizienter wird (effizientere Fahrzeuge, Elektrifikation nicht einberechnet)

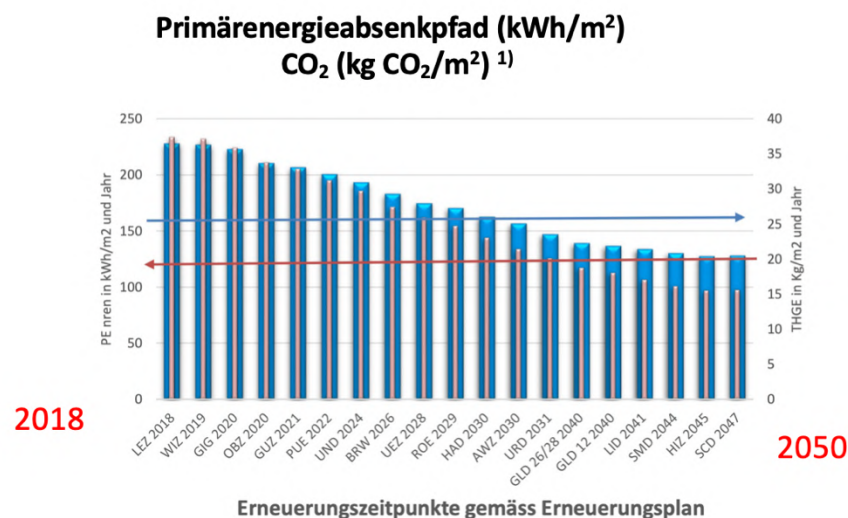


1) Daten basieren auf Absenkpfade Masterarbeit Christian Zopfi

Energieabsenkpfad im SGE-Gebäudepark

Der SGE-Energieabsenkpfad bezieht sich auf den geplanten Weg, um den Energieverbrauch in den Siedlungen zu reduzieren. Er beinhaltet alle Massnahmen und Technologien, die den Energieverbrauch über die Jahre senken. Der Absenkpfad der SGE beinhaltet alle geplanten Neubauten und Instandsetzungen.

Aus den Primärenergiedaten lassen sich die Gesamt CO₂ Emissionen berechnen.



$$\text{CO}_2 \text{ Belastung pro m}^2 \times \text{Energiebezugsfläche m}^2 = \text{Tonnen CO}_2 \text{ pro Jahr}$$

1) Daten basieren auf Absenkpfade Masterarbeit Christian Zopfi

5. Exkurs zum Energieabsenkpfad

Der Begriff "Energieabsenkpfad" wird im Kontext von Gebäudeparks oft im Zusammenhang mit Energiemanagement und Nachhaltigkeitsstrategien verwendet. Ein Energieabsenkpfad bezieht sich auf einen planvollen Weg, um den Energieverbrauch in einem Gebäudepark zu reduzieren. Typischerweise beinhaltet ein Energieabsenkpfad verschiedene Massnahmen und Technologien, die alle darauf abzielen, den Energieverbrauch zu senken und/oder erneuerbare Energiequellen zu integrieren. Bei der SGE beinhaltet der Absenkpfad die Gesamtemissionen über 17 Siedlungen (Stand 2018). Der Energieabsenkpfad ist also eine systematische Herangehensweise, um die Energieeffizienz und Nachhaltigkeit eines Gebäudeparks zu verbessern.

Im Folgenden sind einige Beispiele für Massnahmen, die im Absenkpfad berücksichtigt werden:

Betrieb:

- **Energetische Sanierung:** Durch die Verbesserung der Gebäudehülle, Installation effizienterer Fenster, Dämmung und moderner Heiz- und Kühlsysteme kann der Energieverbrauch erheblich gesenkt werden.
- **Einsatz erneuerbarer Energien:** Die Anschliessung an Fernwärmenetze, die Installation von Wärmepumpen, die Integration von Solaranlagen, oder anderen erneuerbaren Energiequellen kann einen Beitrag zur Reduzierung der Abhängigkeit von konventionellen Energiequellen leisten.
- **Optimierung von Betriebsabläufen:** Die Implementierung von intelligenten Steuerungssystemen, die den Energieverbrauch je nach Bedarf anpassen können, tragen zur Effizienzsteigerung bei.

Erstellung:

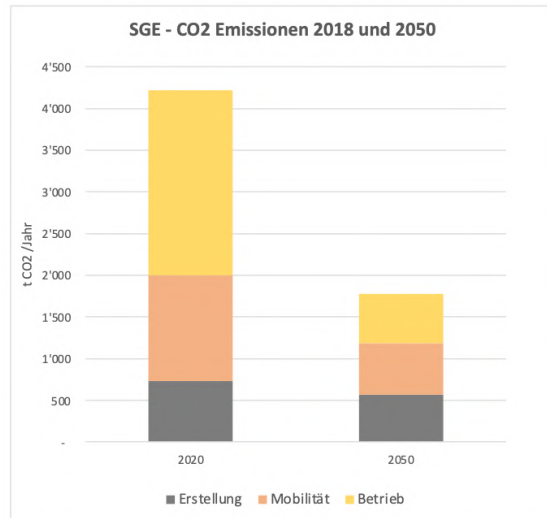
- **Materialwahl:** Auswahl von Materialien mit geringem Energieverbrauch bei der Herstellung. Dies kann die Verwendung von recycelten Materialien oder solche mit geringem Energiegehalt einschliessen.
- **Optimierung des Transports:** Reduzierung von Transportwegen und Einsatz umweltfreundlicher Transportmittel, um den Energieverbrauch im Transportabschnitt des Lebenszyklus zu verringern.
- **Langlebigkeit und Wiederverwertbarkeit** fördern die Entwicklung von Produkten oder Gebäuden, die länger haltbar sind und am Ende ihres Lebenszyklus leichter recycelt oder wiederverwendet werden können.

Mobilität:

- **Förderung eines nachhaltigen Mobilitätskonzepts:** Dies kann durch die Einrichtung von Ladestationen für Elektrofahrzeuge, bessere Anbindung an den öffentlichen Verkehr und Distanz zu nächsten Mobility Standorten erfolgen.
- **Reduktion der Emissionen durch Technologiefortschritte:** Eine steigende Effizienz bei den Motoren hilft den Energieverbrauch im Bereich der Mobilität zu reduzieren.

6. Jährliche CO₂-Emissionen der SGE 2018 und 2050

RESULTAT: Jährliche CO₂-Emissionen der SGE 2018 und 2050



Emissionen	Jahr 2018 (t/CO ₂)		Jahr 2050 (t/CO ₂)		Red.
Erstellung	731	17%	587	32%	23%
Betrieb	2'213	52%	615	33%	73%
Mobilität	1'272	30%	650	35%	51%
TOTAL	4'216		1'852		58%
Pro Bewohner*	1.55		0.68		

* Gemäss SGE Cockpit 2'634 Bewohner

1 Tonne CO₂ =
1 Flug nach New York



Bemerkungen:

- Die Umsetzung des Erneuerungs- und Instandhaltungsplans reduzieren die Emissionen um 58%
- In Zukunft wird der Betrieb immer weniger wichtig, dafür gewinnt die Erstellung an Wichtigkeit.
- Die Mobilität ist – ausser beim Kauf einer Liegenschaft - kaum durch die SGE, sondern durch die Mieter zu beeinflussen

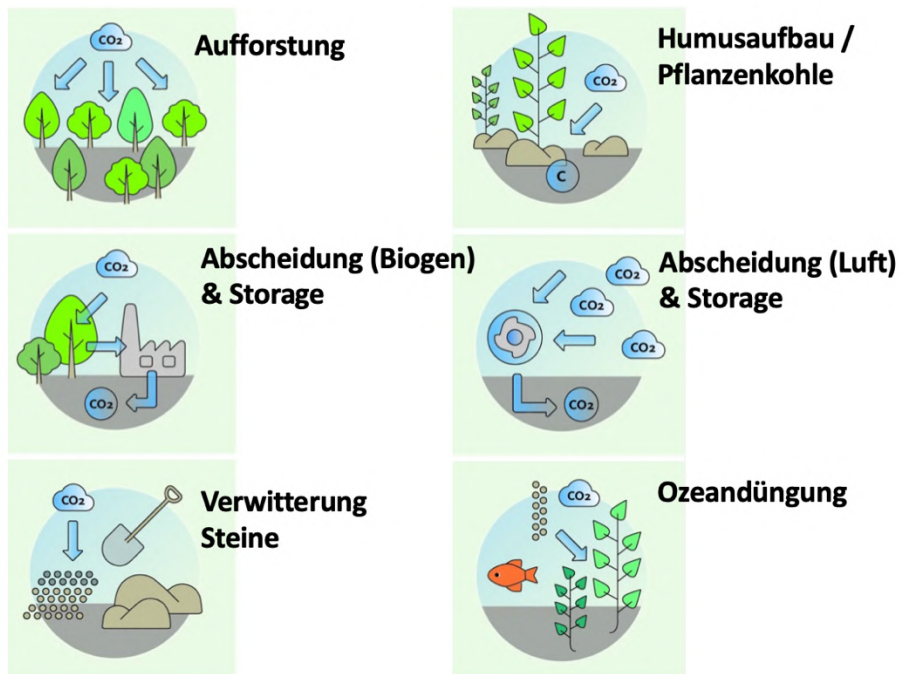
Fazit: Eine Reduktion auf NettoNull ist bis 2050 mit Reduktionsmassnahmen NICHT machbar. Es bleiben Rest-Emissionen (ca 1'850 tCO₂ pro Jahr), welche aus der Atmosphäre ENTFERNT werden müssen.

6

7. Technologien zur Kohlenstoff Entfernung

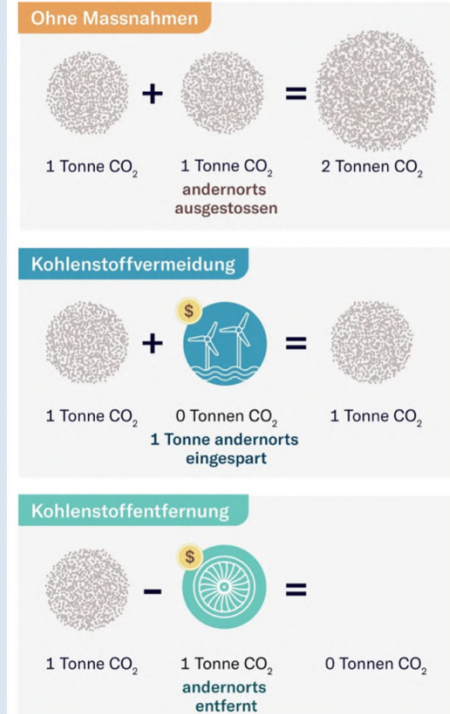
Technologien zur Kohlenstoff-Entfernung

Diese 6 Technologien eignen sich für einen Kohlenstoff-Entfernung. Alle Technologien entziehen der Atmosphäre CO₂ und bilden somit eine Senke



Quelle: FOEN illustration based on content from the Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC).

Was ist der Unterschied zwischen Vermeidung vs. Entfernung



www.climeworks.ch



7

8. Exkurs: Verschiedene CO₂ Entfernungstechnologien

Luftstaubsauger, verwittertes Gestein oder neue Bäume: es gibt verschiedene Methoden, um Kohlendioxid aus der Atmosphäre zu entfernen. Solche Entfernungstechnologien (Negative Emissionen Technologies, NET) werden dringend gebraucht, um den Klimawandel zumindest abzumildern. Die entsprechenden Technologien sind allerdings mit unterschiedlichen Aufwänden, Risiken und Potenzialen verbunden – hier ein Überblick zu Technologien, die in der Schweiz Potential aufweisen.

Technologie	Beschreibung
Naturreservat Aufforstung	Beim Naturreservat wird garantiert, dass komplett auf die forstwirtschaftliche Nutzung des Waldes verzichtet wird. Dadurch wird der Holzvorrat im Wald aufgebaut und es entsteht eine CO ₂ -Senke. Anbieter: www.myclimate.org
Humusaufbau	Durch bodenschonende und humusaufbauende Massnahmen wird die Humusanreicherung erhöht und so dienen fruchtbare Ackerböden als CO ₂ -Senken. Anbieter: www.myclimate.org
Pflanzenkohle	Pflanzenkohle wird durch Pyrolyse aus Pflanzenresten gewonnen. Durch die dauerhafte Bindung des im Holz vorhandenen Kohlenstoffs ist Pflanzenkohle eine CO ₂ -Senke. Anbieter: www.myclimate.org
Verwitterung	Die Technologie ist ein beschleunigter Mineralisierungsprozess. CO ₂ (aus einer Biogasanlage) reagiert mit dem Abbruchbetongranulat und wird als Kalkstein in den Poren und an der Oberfläche des Granulats gebunden. Anbieter www.neustark.com
CO ₂ Abscheidung (Air) und Storage	Die Technologie der CO ₂ Luft-Abscheidung (DAC) filtert CO ₂ direkt aus der Umgebungsluft. Das CO ₂ wird dann im Boden eingelagert www.climeworks.com
CO ₂ Abscheidung (Bio) und Storage	Die Technologie der CO ₂ Abscheidung nach dem Verbrennungsprozess von Biomasse. Die Technologie filtert CO ₂ aus dem Abgas und das CO ₂ wird dann im Boden eingelagert Wird noch nicht umgesetzt.
Ozeandüngung	In der Schweiz nicht umsetzbar.

9. Schweizer CO₂-Entfernungs Anbieter

Übersicht verschiedener Schweizer CO₂ - Entfernungs Anbieter

Massnahme	Anbieter	Kosten pro tCO ₂	Potential in der Schweiz
Naturreservat 	MyClimate www.myclimate.org	65 CHF/tCO ₂	Mittleres Potential, steht in Konkurrenz zur Holznutzung, braucht viel Fläche
Humusaufbau 	MyClimate www.myclimate.org	150 CHF/tCO ₂	Mittleres Potential Sehr langsamer Prozess, schwierig nachzuweisen und schwierig abzusichern
Pflanzenkohle 	FirstClimate www.firstclimate.com	220 CHF/tCO ₂	Mittleres Potential, steht in Konkurrenz zur Holznutzung, Akzeptanz bei Bauern noch schleppend
Verwitterung 	Neustark www.neustark.com	450 CHF/tCO ₂	Grosses Potential, noch nicht etabliert
CO ₂ Abscheidung (Air) und Storage 	ClimeWorks www.climeworks.com	1'200 CHF/tCO ₂	Grosses Potential
CO ₂ Abscheidung (Bio) und Storage 	KVA, Holzverbrenner (kein CH-Anbieter)	Noch nicht umsetzbar	Grosses Potential

10. Jährliche Kosten zum Erreichen von NettoNull

Resultat: Jährlich Kosten zum Erreichen von NettoNull

	Firma	CHF/t CO ₂	CHF / Jahr		CHF / Person *Jahr		Kontext (wie viel braucht es?)	
			2024	2050	2024	2050		
Waldreservat (CH)	MyClimate	65	264'200	114'000	110	50	350	ha Wald
Humusaufbau (CH)	MyClimate	150	610'000	264'000	260	110	1'760	ha Ackerfläche
Pflanzenkohle (CH)	FirstClimate	220	894'000	387'000	380	170	800	t Pflanzenkohle
Recycling Beton (CH)	Neustark	450	1'829'000	791'000	790	340	175'700	t Beton
Air Abscheidung (CH)	ClimeWorks	1'200	4'877'000	2'109'000	2'100	910	35	Module
Bio Abscheidung (CH)	(noch) nicht verfügbar							

Bemerkungen:

- Die Kosten für die Entfernung sind im Jahr 2024 je nach Technologie zwischen 114k - 4'800 kCHF, pro Person würden moderate bis sehr hohen jährlichen Kosten entstehen.
- Mit den "günstigsten" Massnahmen ist der SGE Bedarf in Zukunft in der Schweiz kaum zu decken, solche Flächen sind kaum in Projekten zu finden.
- Grosse Unsicherheiten bei der Entwicklung der Kosten, besonders im Beton Recycling und der CO₂-Abscheidung
- Frage: NettoNull ganz, teilweise, oder gar nicht?

Fazit: Aklärungen treffen ob einzelne Technologie in der SGE getestet werden könnten, speziell mit Bezug auf Genossenschaft (Beton, Pflanzenkohle). Kurzfristig ev noch in "externe" Reduzierungsmassnahmen investieren, im Speziellen in die Energiewende.

9

11. Alternative für die SGE: Investition in die Energiewende

Alternative für die SGE: Investition in die LOKALE Energiewende?

	Wasserkraft 	Biomasse 	Wind 	Solar 
Potenzial:	Geringes Potential. 0.0014 GW	Kein Potential. ZH wird auf inter-kantonalen Import angewiesen sein	Moderates Potential. 800 GWh	Grosses Potential. 9000 GWh
Quelle:	Kanton Zürich KleinWasserKraftwerke (2013)	Stadt Zürich Energieholzstudie(2023)	Kanton Zürich Windenergie (2022)	Kanton Zürich Solarenergie (2023)

10

12. Kosten für Energiewende mit Solaranlagen

Kosten für Energiewende mit Solaranlagen



CO₂ Emissionen von verschiedenen Stromarten

	g CO ₂ /kWh	Δ zu Solar	Bed. Kompensation MWh			CHF / Jahr		CHF / Person *Jahr	
Solar	42		2024	2050	CHF/t CO ₂	2024	2050	2024	2050
Vergleichsstromarten									
Braunkohle	1220	1178	3'400	1'500	31	126'000	55'000	54	24
Deutschland	460	418	9'700	4'200	88	356'000	154'000	153	66
SolarCampus (Offiziell BFE)	400	358	11'300	4'900	102	416'000	180'000	179	77
Europa Mix	260	218	18'600	8'000	168	683'000	295'000	294	127
CH-Verbrauchermix	125	83	48'800	21'100	440	1'789'000	773'000	770	333
CH-Produktionsmix	32	-10							
CH-Erneuerbar	16	-26							
ewz Produktionsmix	18	-24							



Vorteile Solaranlage

- Lokal und skalierbar
- Genossenschaftsgedanke
- Rendite beim Investment (2%)

	CHF/t CO ₂	CHF / Jahr		CHF / Person *Jahr	
		2024	2050	2024	2050
Waldreservat (CH)	65	264'200	114'000	110	50
Humusaufbau (CH)	150	610'000	264'000	260	110
Pflanzkohle (CH)	220	894'000	387'000	380	170
Recycling Beton (CH)	450	1'829'000	791'000	790	340
Air Abscheidung (CH)	1'200	4'877'000	2'109'000	2'100	910

Bemerkungen:

- Kosten für Vermeidung durch Solar entspricht den Kosten für die günstigsten Entfernungsmassnahmen

11

13. Investition in Solargenossenschaft

Investition in Solargenossenschaft, z.B in der Region Zürich Unterland



Betriebsleiter*in investiert aus folgenden Gründen nicht:

- Keine Motivation, kennt sich mit Materie nicht aus.
- CHF 440'000.- ist zu teuer, will/kann dafür kein Geld aufnehmen, auch wenn der Business Case sich in 15-20 Jahren auszahlt.
- Risiko, dass Tarife sinken, oder Regeln sich ändern, will Betriebsleiter*in nicht nehmen
- Oft verbunden mit zusätzlichen Dachsanierungen (Asbest), ohne PV kann diese Sanierung noch 10 Jahre hinausgeschoben werden.
- Hohe Hürden mit den Behörden für Bewilligungen, Planungen etc.



**Bis 2050 bräuchte die SGE
12 solcher Anlagen, um
100% der CO₂ Emissionen
zu kompensieren**



12

14. Empfehlungen

EMPFEHLUNGEN

- 1) **Maximale Reduktion anstreben.** Die SGE soll weiterhin prioritär die Reduktion von CO₂-Emissionen anstreben. Da die Kosten für eine CH-Kompensation sehr hoch sind, wird empfohlen alle Reduktionsmassnahmen umzusetzen, welche weniger als 200CHF/tCO₂ kosten (Lebenszykluskosten).
- 2) **Erfahrungen zur Entfernung von Emissionen sammeln.** Falls die SGE NettoNull erreichen will, müssen in Zukunft mit Entfernungstechnologien die Restemissionen entfernen werden. Es ist zu empfehlen, dass schon kurzfristig Machbarkeit/Innovation getestet werden, z.B. mit Recycling Beton und Pflanzenkohle (in Grünflächen oder angrenzenden Bauern)
- 3) **Lokale anstatt Globale Reduzierung:** Es gibt es auch in der Schweiz noch Potential für CO₂ Reduzierung. Es wird empfohlen in **die Energiewende mit lokalem Bezug** zu investieren, z.B. mit Investition in Solargenossenschaften mit regionalem Bezug.
- 4) Es wird zudem empfohlen die CO₂ Thematik noch verstärkt in die Entscheidung-Prozessen der SGE einzubetten, z.B. bei der Erneuerungsstrategie- und Kaufentscheiden von Liegenschaften.
=> **Es braucht zusätzlicher Wissensaufbau bei der SGE und ein präzises CO₂ Reporting**

“Machen ist wie wollen, nur krasser”



13

VIELEN DANK

Hannes Zellweger
hannes.zellweger@sg.eigengrund.ch

14

15. ANNEX 1: Berechnung CO₂-Emissionen

Berechnung der CO₂-Emissionen pro Siedlung:

$$\text{CO}_2\text{-Emissionen pro EBF (m}^2\text{)} \times \text{Energiebezugsfläche (m}^2\text{)} = \text{CO}_2\text{-Emissionen in tCO}_2$$

Daten aus

- 1) Masterarbeit Absenkepfad (Zopfi, 2017)
- 2) Daten zu EBF und Bewohner aus Cockpit SGE, 7.1.24

Siedlung	Erneuerung	EBF (m ²)	Bewohner	Ist-Wert 2018						Zielwert 2050					
				CO ₂ pro EBF			IST (tCO ₂ /Jahr)			CO ₂ pro EBF			Wert 2050 (tCO ₂ /Jahr)		
				Erstellung	Betrieb	Mobilität	Erstellung	Betrieb	Mobilität	Erstellung	Betrieb	Mobilität	Erstellung	Betrieb	Mobilität
Letzigraben	2018	13'724	279	10	4	8	137	55	115	10	4	4	137	55	58
Hirzenbach	2045	6'390	167	3	10	10	22	61	61	4	9	5	25	58	29
Überland	2028	3'794	103	1	35	8	3	132	30	9	5	7	34	19	27
Giesächer	2020	5'282	139	2	36	13	10	192	71	6	2	7	31	8	35
Brunau	2026	4'783	109	2	24	14	11	114	65	1	6	7	6	28	31
Pünt	2022	6'345	101	0	37	11	3	232	70	9	5	7	57	32	44
Glanzenberg	2040	11'624	303	3	16	12	34	184	138	3	5	6	34	53	69
Haupt	2030	5'130	125	2	30	18	10	156	90	9	5	7	46	26	36
Unterdorf	2031	5'402	131	2	38	18	10	206	95	3	5	9	18	29	49
Gutstrasse	2023	11'350	162	2	32	5	19	358	60	3	5	3	28	56	31
Winzerhalde	2019	5'890	127	3	24	10	19	138	58	3	6	5	19	34	29
Schönegg	2047	3'105	89	4	9	11	13	29	35	4	9	6	13	28	18
Am Wasser	2030	6'981	164	12	21	9	85	147	64	3	11	5	18	79	33
Limmatblick	2041	5'797	147	11	4	13	65	22	73	2	4	6	9	22	37
Untere Reppisch	2024	698	27	13	15	10	9	11	7	4	5	5	3	3	4
Schachenmatt	2044	5'576	114	9	3	8	51	14	45	2	3	4	11	14	22
Rössliwis	2029	2'139	36	1	33	11	1	70	24	4	5	6	9	10	12
Obstthalde	2020	12'442	280	15	3	10	188	34	119	4	3	5	49	34	61
TOTAL		116'452	2'603				689	2'154	1'221				547	587	623

16. ANNEX 2: Berechnung Solarstrom

Berechnungsgrundlage (Quelle Optimasolar)

- o kWPeak = 1'000kWh
- o kWPeak = 1'100CHF
- o kWPeak = 5m²
- o Abschreibung: 30 Jahre

CO₂-Emissionen für verschiedene Stromarten und Differenz zu Solar

Strom-Art	gCO ₂ /kWh	Quelle	Δ zu Solar
Vergleichswert Solar	42	///www.kbob.admin.ch	gCO ₂ /kWh
Braunkohle	1'220	//: Strommixe (Treeze, 2018)	1'178
Deutschland	460	//: statistica.de	418
SolarCampus (Offiziell BFE)	400	//: Energie Schweiz	358
Europa Mix	260	//: statistica.de	218
CH-Verbrauchermix	125	///www.kbob.admin.ch	83
CH-Produktionsmix	32	///www.kbob.admin.ch	-10
CH-Erneuerbar	16	//: Strommixe (Treeze, 2018)	-26
ewz Produktionsmix	18	//: ewz	-24

Für die drei Stromarten CH-Produktionsmix, CH-Erneuerbar und EWZ-Produktionsmix bedeutet der Wechsel zu Solarstrom keine Verbesserung der CO₂ Bilanz, die Emissionen würden sich erhöhen.

Berechnung Flächenbedarf für Kompensation der CO₂-Emissionen für verschiedene Stromarten

Strom-Art	Bedarf in kWh t CO ₂ / g CO ₂		Bedarf in KiloWattPeak 1000 kWh/kWP		Kosten pro kWP 1100 CHF/kWP		Lebensdauer 30 Jahre		Flächenbedarf 5 m ² /kWP	
	Nötige Energieproduktion		kWh Peak		Investition		Kosten pro Jahr		Fläche	
	2020	2050	2020	2050	2020	2050	2020	2050	2020	2050
Vergleichswert Solar	kWh	kWh	kWp	kWp	CHF	CHF	CHF/Jahr	CHF/Jahr	m ²	m ²
Braunkohle	3'448'958	1'491'265	3'449	1'491	3'793'854	1'640'392	126'000	55'000	17'240	7'460
Deutschland	9'715'293	4'200'712	9'715	4'201	10'686'822	4'620'783	356'000	154'000	48'580	21'000
SolarCampus (Offiziell BFE)	11'342'191	4'904'153	11'342	4'904	12'476'410	5'394'568	416'000	180'000	56'710	24'520
Europa Mix	18'616'157	8'049'280	18'616	8'049	20'477'772	8'854'208	683'000	295'000	93'080	40'250
CH-Verbraucher Mix	48'786'399	21'094'333	48'786	21'094	53'665'038	23'203'766	1'789'000	773'000	243'930	105'470

17. Quellenangaben

Folgende Berichte des Kanton Zürichs dienen zur Abschätzung der Potentiale

AWEL (PositivPlanung Kleinwasserkraftwerke, 2012)

https://www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/planen-bauen/bauvorschriften/wassernutzung/wasser-stauen---entnehmen/wasserkraftnutzung---positivplanung/erlaeuterungsbericht_kwkw.pdf

StatdZürich (Potenzialstudie-Energieholz, 2019)

https://www.stadtzuerich.ch/dib/de/index/energieversorgung/energiebeauftragter/publikationen/Potenzialstudie_Energieholz.html

StadtZürich, (Windenergie, 2014)

https://maps.zh.ch/system/docs/windpot/Windpotentialstudie_Bericht.pdf

StadtZürich (PotentialSolar:, 2021)

<https://www.zh.ch/de/umwelt-tiere/energie/energieplanung.html>