

Wie viel Wärme dürfen wir dem Erdreich entziehen?

Das Erdreich als Wärmequelle im ländlichen Raum und als Wärmespeicher im städtischen Kontext

Roland Wagner
Weisskopf Partner GmbH

Ausgangslage

Energieeffizientes und nachhaltiges Bauen ist in der Stadt Zürich per **Volksentscheid** verankert.

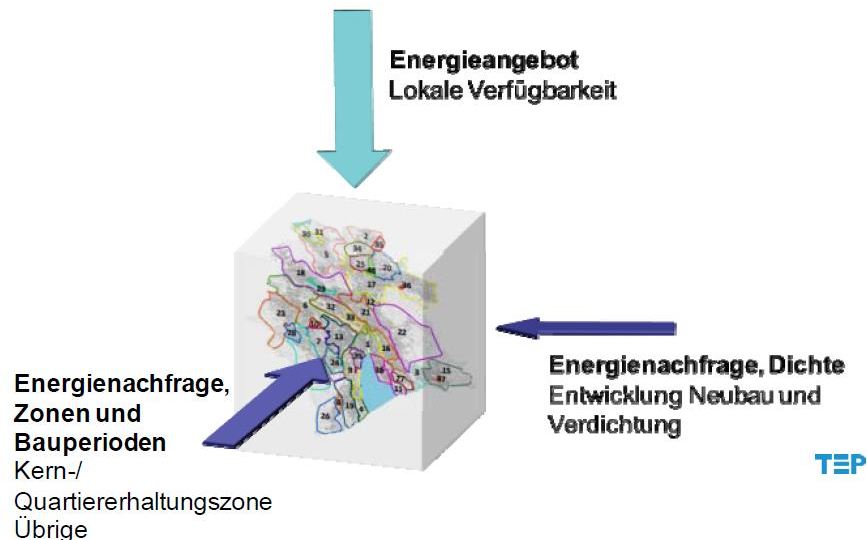
Im November 2008 wurde der Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft für die Stadt Zürich mit **76,4 %** JA-Stimmenanteil angenommen.



Grafik: Franz Sprecher, Stadt Zürich

Ausgangslage

Energieversorgungskonzept der Stadt Zürich (EV 2050)



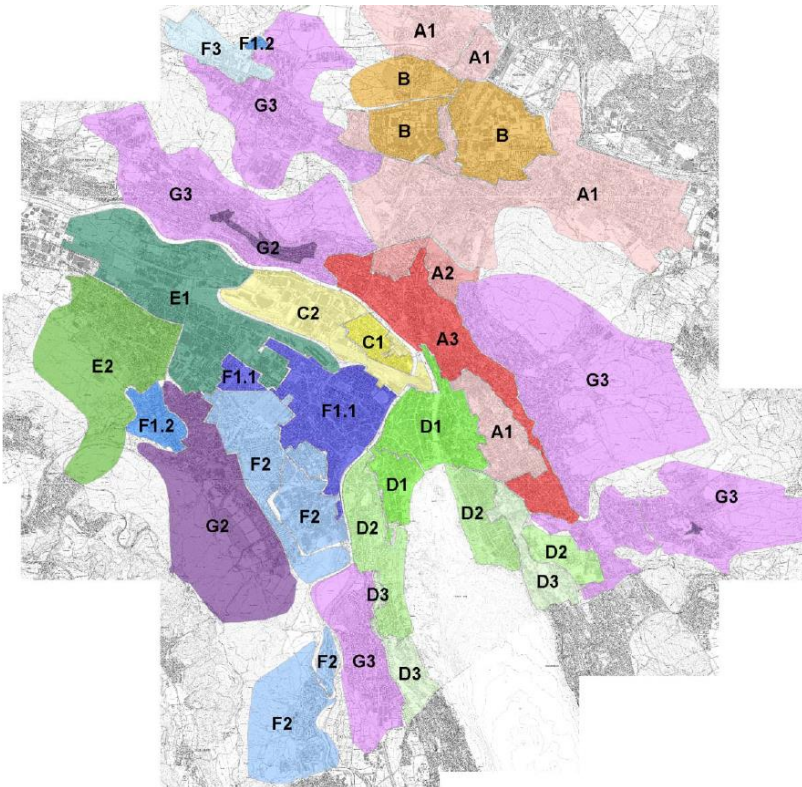
«Die Stadt Zürich hat ein **Wärmeversorgungskonzept (EV 2050)** für das Jahr 2050 erarbeitet. Es stellt für jedes Quartier die Entwicklung des Energiebedarfs der Gebäude dem Angebot an erneuerbaren Energien gegenüber und zeigt, dass die **2000-Watt-Ziele im Gebäudebereich** mit forcierten Gebäudeerneuerungen und weitestmöglicher Nutzung erneuerbarer Energien erreichbar sind.»

[B. Bébie, M. Jakob: «Wärmeversorgung: Potenzial der Quartiere», TEC 21, 12/2012]

Grafik: TEP Energy

Ausgangslage

Angebotszonen im EV 2050



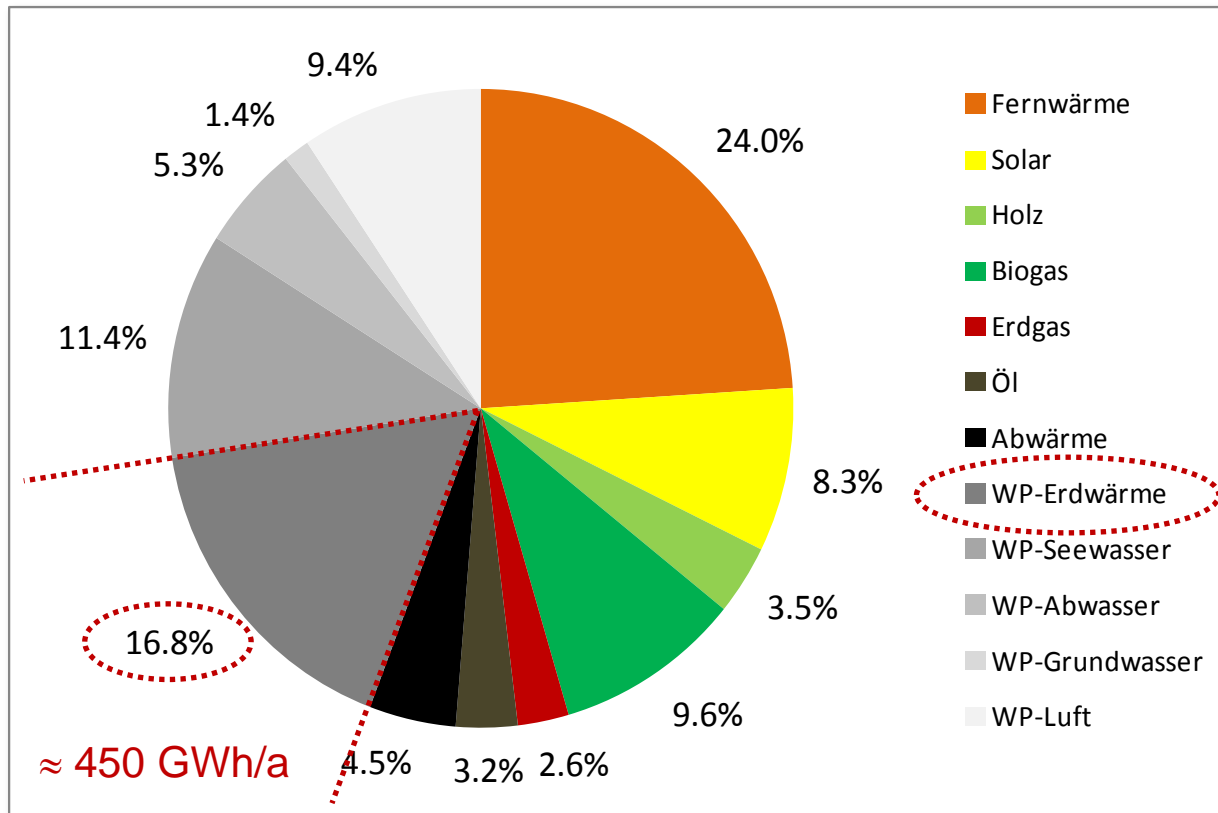
Aufteilung des Stadtgebietes in 17 homogene Angebotszonen (Differenzierung hinsichtlich Energienachfrageentwicklung, Potenzial erneuerbarer Energien und bestehender Wärmeinfrastruktur).

Wärmenachfragedichte für Heizung und BWW in den für EWS zulässigen Angebotszonen im Jahr 2050 («Effizienz-Szenario»):
 $0.2 - 1.1 \text{ GWh/ha} = 20 - 110 \text{ kWh/m}^2$

Grafik: TEP Energy

Ausgangslage

Wärmeerzeugung im Jahr 2050 gemäss EV 2050



Grafik: Felix O. Schmid, Stadt Zürich

Ausgangslage

Verteufte Erdwärmesonden in der gesamten Schweiz in Laufmeter pro Jahr

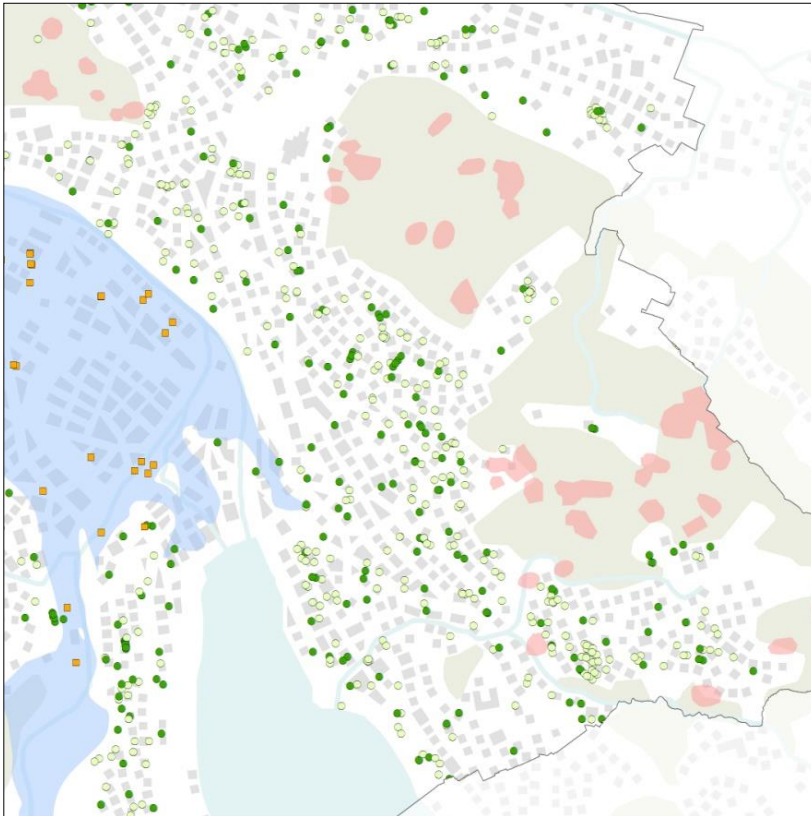


... 2050

Grafik: Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz FWS

Ausgangslage

Erdwärmesonden in ZH heute und im Jahr 2050



Grafik: Manuela Bauer, Stadt Zürich

Im Jahr 2012:

Wärmeentzug aus EWS ca. 33 GWh/a

- 4'000 EWS
- 900 Anlagen
- 850'000 m Erdsonden-Bohrungen

Im Jahr 2050:

Wärmeentzug aus EWS ca. 330 GWh/a

- ± 40'000 EWS ???
- ± 8'500'000 m Erdsonden-Bohrungen ???

Erdwärme

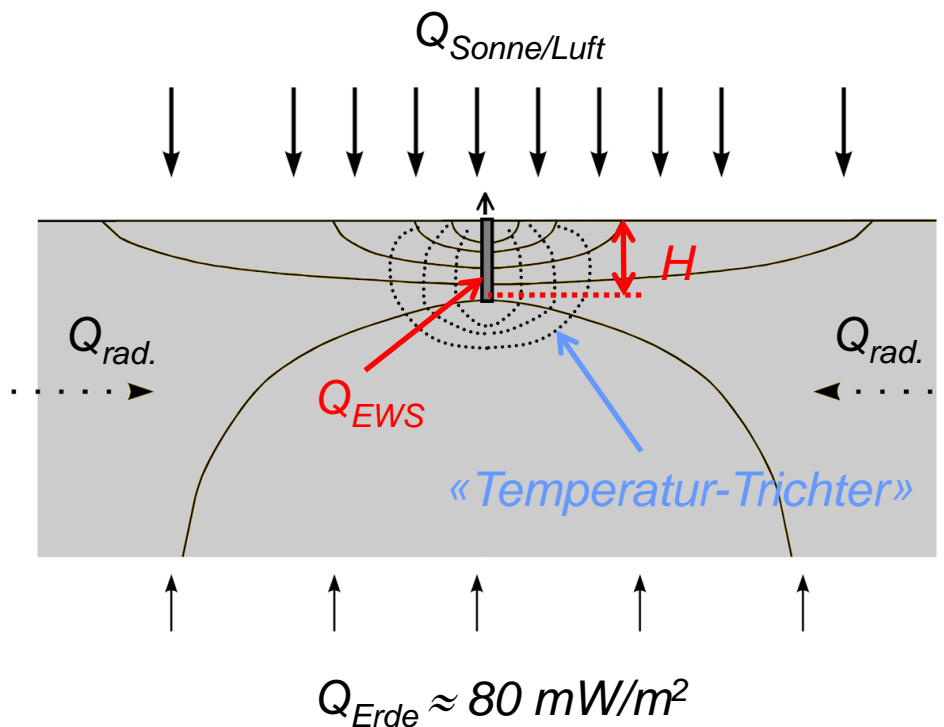
Woher kommt die Erdwärme? Wie viel Energie kann nachhaltig aus dem Boden gewonnen werden?

In der Forstwirtschaft wird gleich viel Holz geschlagen, wie nachwächst.



Erdwärme

Woher kommt die Erdwärme? Was heisst „nachhaltig“?



Der Wärmeeintzug Q_{EWS} aus Erdsonden ist nachhaltig, wenn der Entzug Q_{EWS} durch Q_{Erde} und $Q_{\text{Sonne/Luft}}$ ausgeglichen wird, d.h.

$$Q_{\text{EWS}} = Q_{\text{Erde}} + Q_{\text{Sonne/Luft}}$$

Bei einer nachhaltigen EWS-Nutzung darf keine Energie von der Seite nachfließen, d.h.

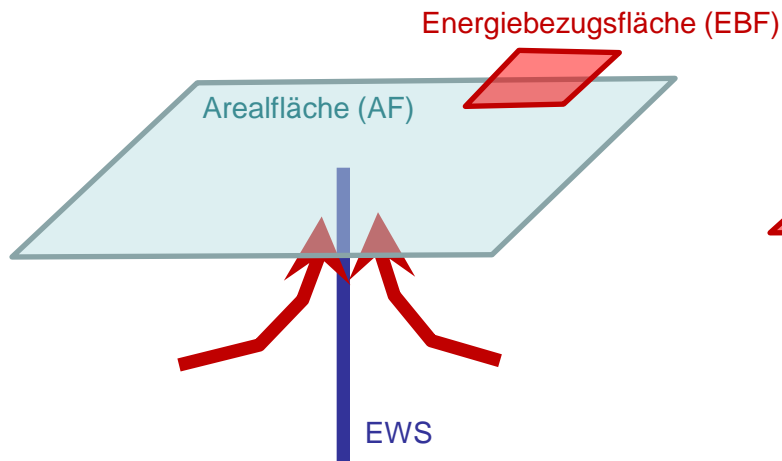
$$Q_{\text{rad}} = 0.$$

Die gegenseitige Beeinflussung von EWS mit Abstand B ist vernachlässigbar für $B \approx H$ [Eskilson, 1987].

Erdwärme

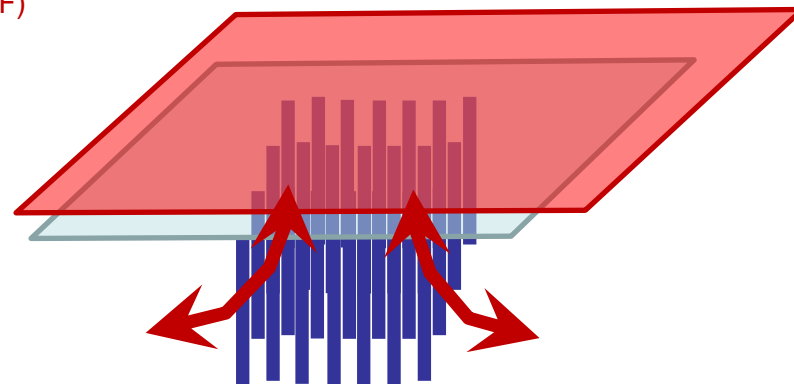
Woher kommt die Erdwärme? Was heisst „nachhaltig“?

Nachhaltiger Wärmeentzug



$$EBF / AF \approx 1/10 - 1/20^*)$$

Das EWS-Potential kann dank
Regeneration massiv erhöht werden!



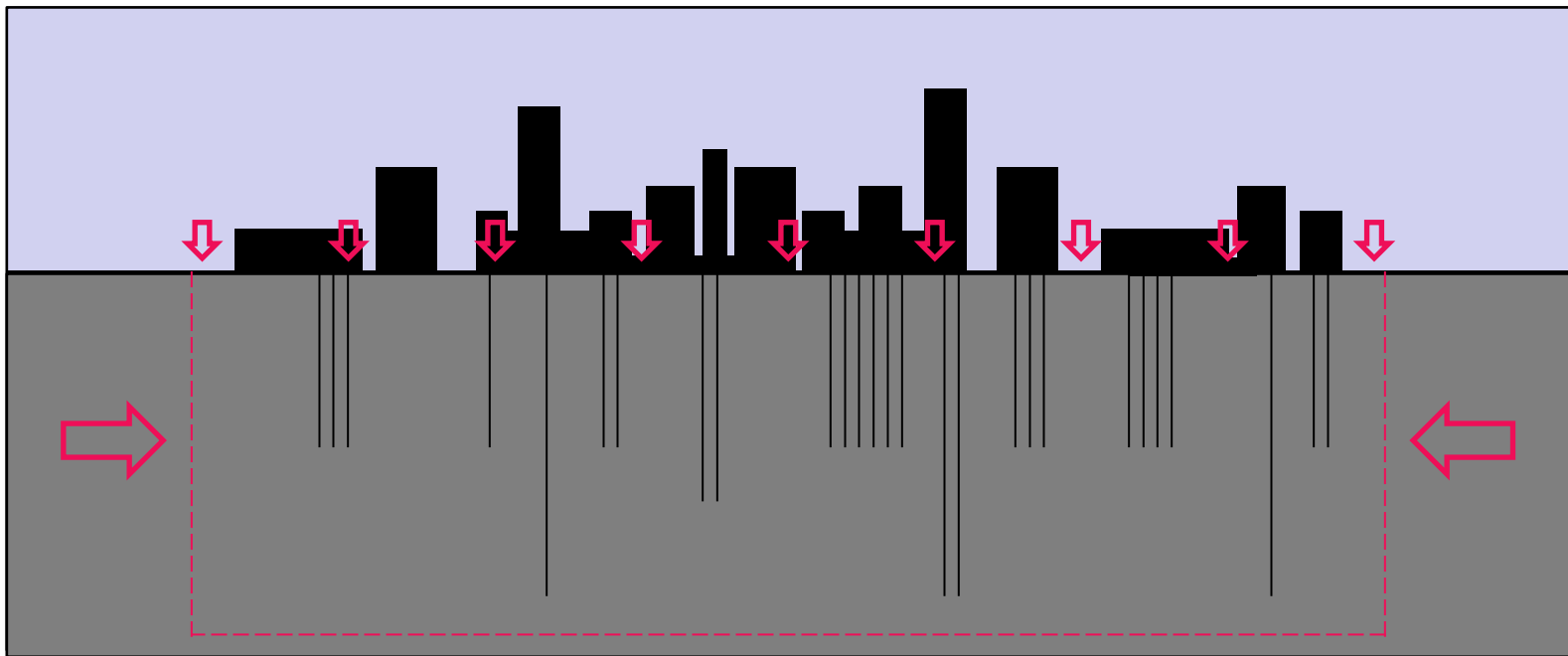
$$EBF / AF \approx 1 \dots 3$$

*) konservative Schätzung anhand statischer Modellrechnungen

Erdwärme

Wie gross ist das Erdsondenpotenzial in der Stadt Zürich?

Ab welcher Entzugsleistung wird eine Stadt zu einem einzigen grossen Erdsondenfeld, welches als ganzes regeneriert werden muss?



Grafik: Franz Sprecher, Stadt Zürich

Untersuchungen des Potentials an drei exemplarischen Pilotarealen

ICT-Abwärme

Welcher zusätzliche Nutzen entsteht durch EWS-Speicher, falls Abwärme lokal und als Bandlast verfügbar ist? → *bessere Ausnutzung des Abwärmepotenzials; EWS-Entzugsleistung ist grösser als Einspeiseleistung*

Solarwärme, Luft-WT

Kann eine vollständige Regeneration über Solarwärme oder über Luft-Wärmetauscher erfolgen, falls sonst keine anderen Abwärmequellen vorhanden sind? → *ja, aber Flächenbedarf für Solarkollektoren ist hoch und das solare Regenerationspotenzial nimmt mit der Ausnützungsziffer ab*

Platzbedarf

Ist genügend Platz für eine monovalente Wärmeversorgung über regenerierte EWS-Felder vorhanden? → *ja, mit Einschränkungen in dicht besiedelten Arealen (z.B. Angebotszone A3 des EV 2050)*

Wirtschaftlichkeit

Was sind die wirtschaftlichen Grenzen? → *Bei monovalentem Betrieb und 100 % Regeneration relativ hohe Wärmegestehungspreise von 23 – 26 Rp./kWh*

Fazit

Potenzial / Technologie

Eine quantitativ bedeutende Wärmeversorgung städtischer Areale ist über aktiv regenerierte EWS-Felder möglich. Die technische Machbarkeit ist erwiesen.

Wärmeverteilung

Niedertemperatur-Netze mit EWS-Feldern als Wärmequellen sind eine für die Wärmeversorgung städtischer Areale geeignete Technologie.

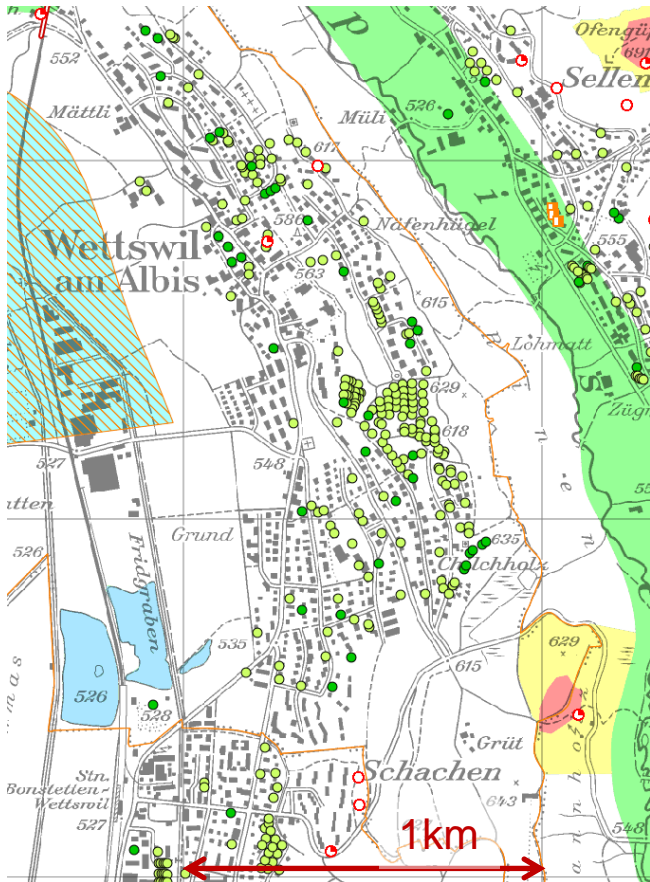
Kosten

EWS als monovalente, zu 100 % regenerierte Wärmequelle bedeuten einen Wärmegestehungspreis von ca. 23-26 Rp./kWh.

Regeneration

Die Regeneration der EWS-Felder kann über Solarwärme oder Wärme aus der Umgebungsluft erfolgen. Dauerhaft verfügbare Abwärme z.B. aus ICT-Prozessen ist aus wirtschaftlicher Sicht eine ideale Regenerationsquelle.

Offene Fragen



- Ab welcher EWS-Dichte ist Regeneration erforderlich?
- Gibt es bereits „übernutzte“ Regionen?
- Kann Regeneration auch bei EFH-Siedlungen ein Thema werden?
- Funktioniert die Regeneration von tiefen EWS analog den untiefen?
- Zeichnet sich eine Ersatztechnologie ab (Heizsystem allgemein / Speicher)?
- Wie sieht der technische Ersatz eines EWS-Speichers aus?
- Was ist die günstigste Form von Regeneration?

Offene Fragen

Weitere Themen

- Obere Meeresmolasse
- Graue Energie
- Rückbaubarkeit von Erdsonden
- Neue Konstruktion der Koaxial-EWS (ETHZ) ??

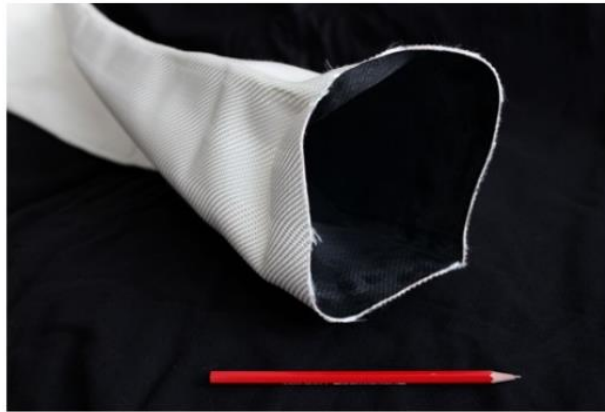


Foto: Mark Bättschmann, ETHZ

Dank



Projektbearbeitung

Roland Wagner, Thomas Weisskopf
Weisskopf Partner GmbH

Projektteam, Kerngruppe:

Franz Sprecher (AHB), Projektleitung
Felix O. Schmid (Stv. EB)
Toni W. Püntener (UGZ)

Begleitgruppe

Peter Hubacher (fws)
C. Erb (Halter)
T. Kessler (AHB), R. Burkhart (ewz), A. Gloggner
(IMMO), R. Vukelic (UGZ), H. Gugerli (AHB), R. Minder
(BFE), Bruno Bébié (EB), M. Kallen (Erdgas ZH), C.
Erb (Halter), J. Müller (LVZ)