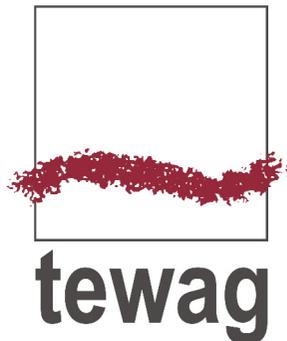


Terra-Solar-Quelle, Abschlussworkshop 28.02.2018, Offenburg

Erdwärmekollektoren und Sonnenkollektoren als optimierte bivalente Quelle für hocheffiziente Wärmepumpensysteme

Terra-Solar-Quelle

Transfer in die Praxis Auslegungsregeln & Kostenaspekte



Dipl.-Geol. Dr. David Kuntz

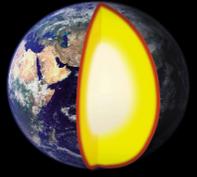
tewag Technologie – Erdwärmeanlagen – Umweltschutz GmbH

Niederlassung Starzach

Am Haag 12

D-72181 Starzach-Felldorf

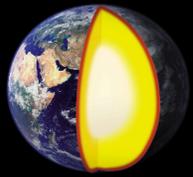
www.tewag.de, dku@tewag.de



AP8

AP8: Vereinfachte Auslegungsregeln

Auslegungsregeln für solar regenerierte Erdwärmekollektoren



Datenbasis (vorwärts Simulationen)

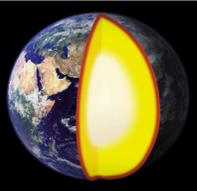
Bodentyp	Solarkollektor, Typ	Solarkollektor, Fläche [m ²]	Erdwärmekollektor, Verlegeabstand [m]	Erdwärmekollektor, Fläche [m ²]	Kombinationen 3.780
1 / 2 / 3 / 4	0 / 1 / 2 / 3	SC0: 0 SC1: 10 – 30 SC2+3: 10 – 40	0,25 / 0,3 / 0,35 / 0,4 / 0,45 / 0,5 / 0,55 / 0,6 / 0,65	Variabel (7 Variationen je Kombination)	

$T_{ice_krit} \leq 10 \text{ h/a} \ \&\& \ E_{Nachheizung} / Q_{Nutz} \leq 1\%$

Bodentyp	Solarkollektor, Typ	Solarkollektor, Fläche [m ²]	Erdwärmekollektor, Verlegeabstand [m]	Erdwärmekollektor, Fläche [m ²]	Anzahl Szenarien
1 - 4	0 - 3	0 - 40	0,25 / 0,3 / 0,35 / 0,4 / 0,45 / 0,5 / 0,55 / 0,6 / 0,65	Minimale Fläche bei gültigen Auslegungskriterien	540

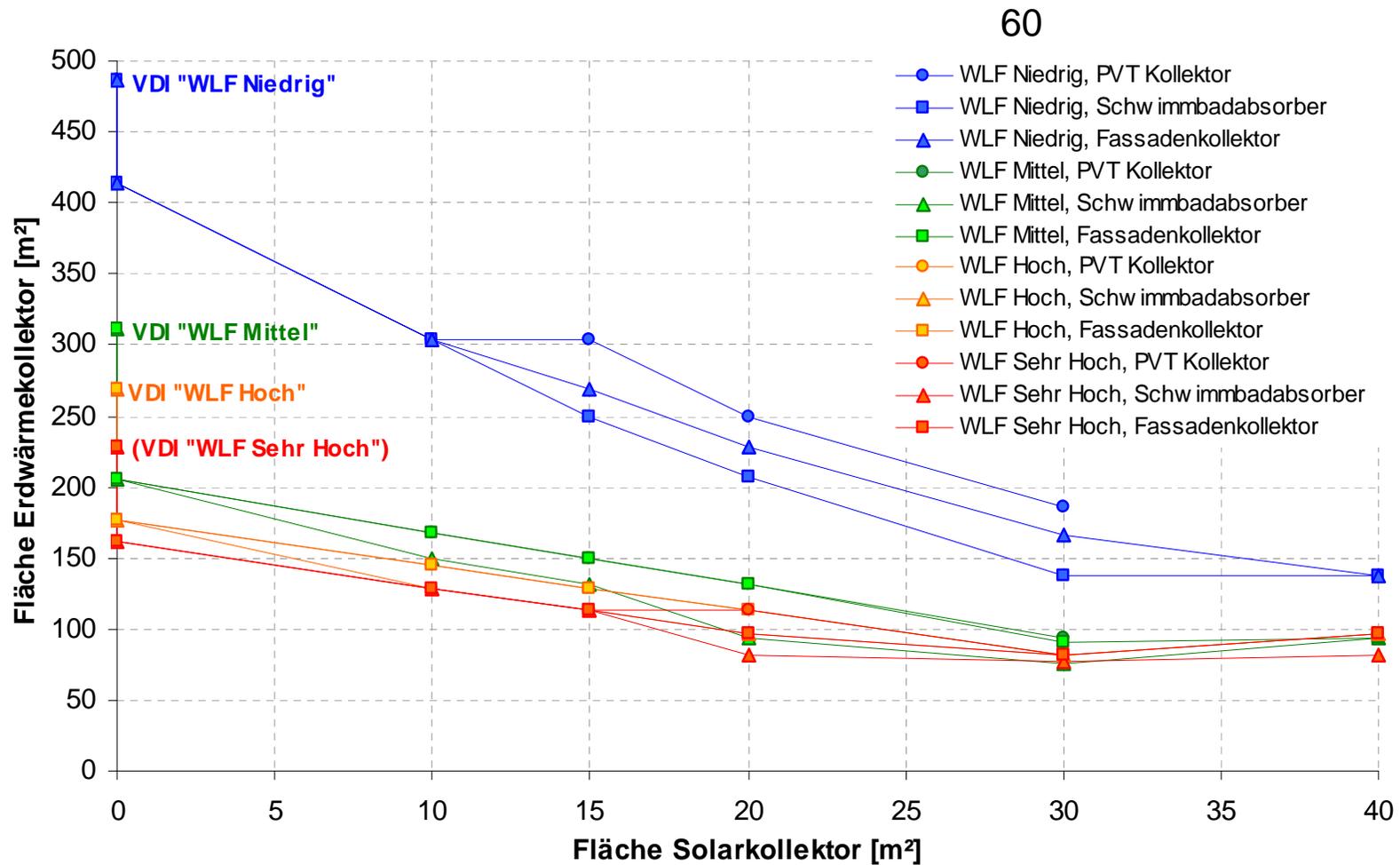


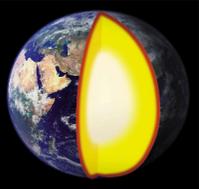
1 - 4	0 - 3	0 - 40	1: Minimale Erdwärmekollektorfläche 2: Maximaler Verlegeabstand	60
-------	-------	--------	--	----



Szenariensatz 60 gültige Auslegungen

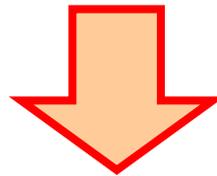
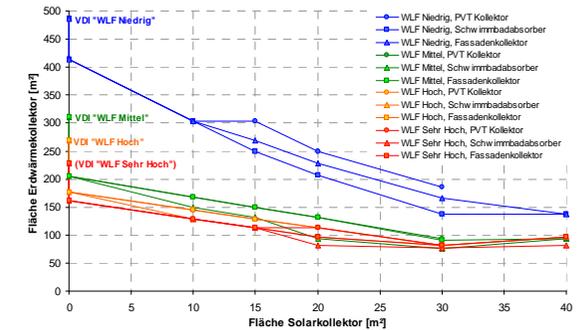
Referenzbodenart	SC-Typ	SC-Fläche	Anzahl Szenarien
1, 2, 3, 4	0	0	4
1, 2, 3, 4	1	10, 15, 20, 30	16
1, 2, 3, 4	2, 3	10, 15, 20, 30, 40	40



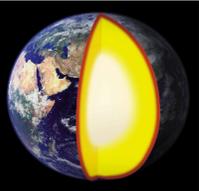


Grundsätzliche Überlegungen / Verallgemeinerungen

- Mit zunehmender Solarkollektorfläche kann die Erdwärmekollektorfläche reduziert werden.
- Die rechnerische Mindestgröße des Erdwärmekollektors ist für alle Referenzbodenarten niedriger im Vergleich zur VDI 4640-2 (Gründruck).
- Die erforderliche Mindestgröße des Erdwärmekollektors ist im Referenzboden „Niedrige WLF“ deutlich höher als in den anderen drei Referenzbodenarten

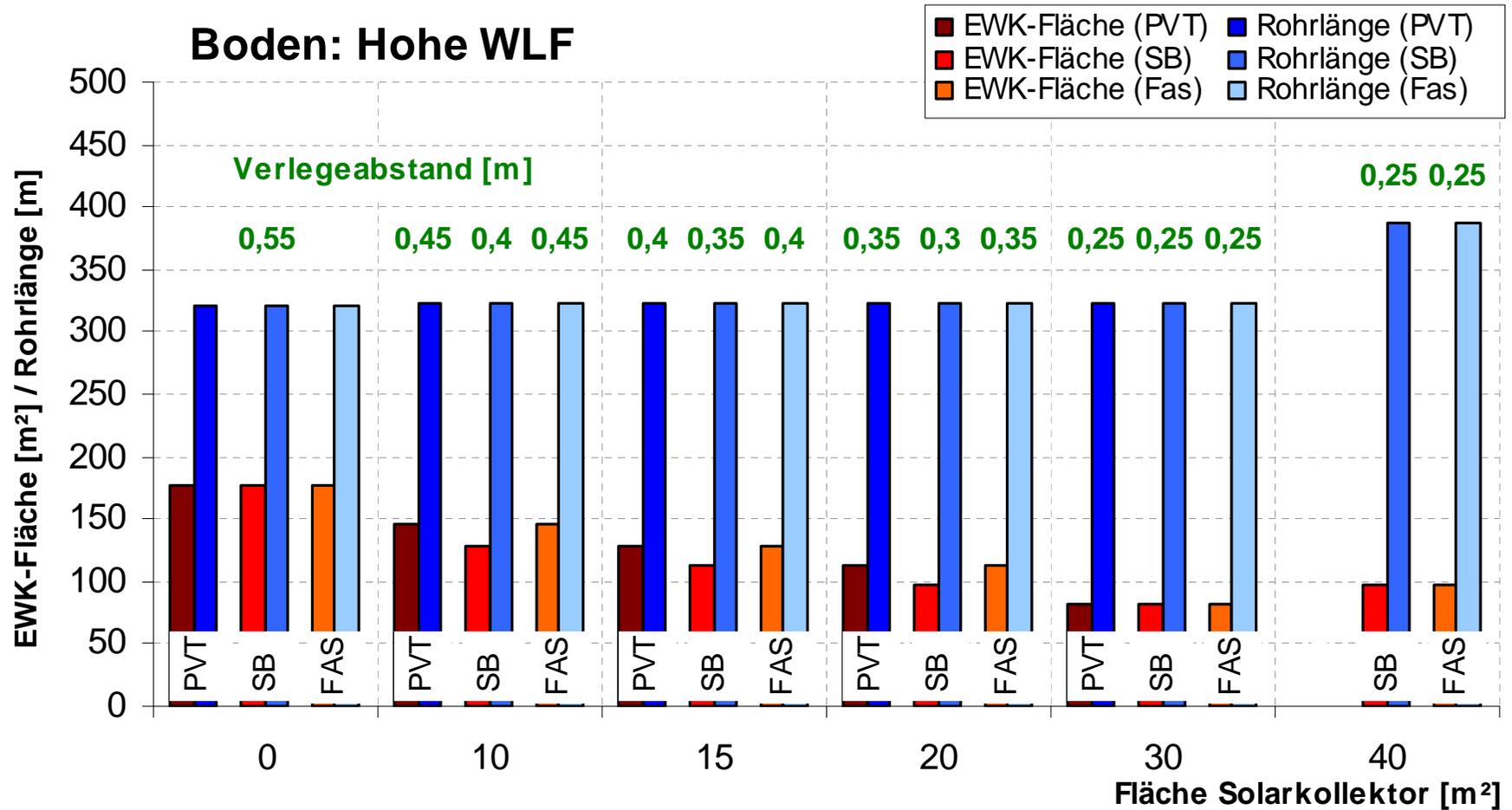


- ➔ Auslegungsempfehlung als Reduktionspotential EWK-Fläche in %
- ➔ Solarkollektorfläche wird ebenfalls normalisiert (s.u.)
- ➔ Unterschiede im Solarkollektortyp hinreichend gering zur Vernachlässigung bei vereinfachten Auslegungsregeln

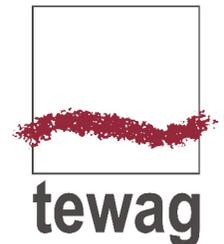


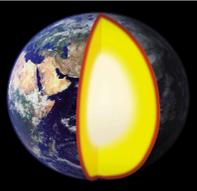
AP8: Vereinfachte Auslegungsregeln

Verlegeabstände & Gesamtrohrlänge



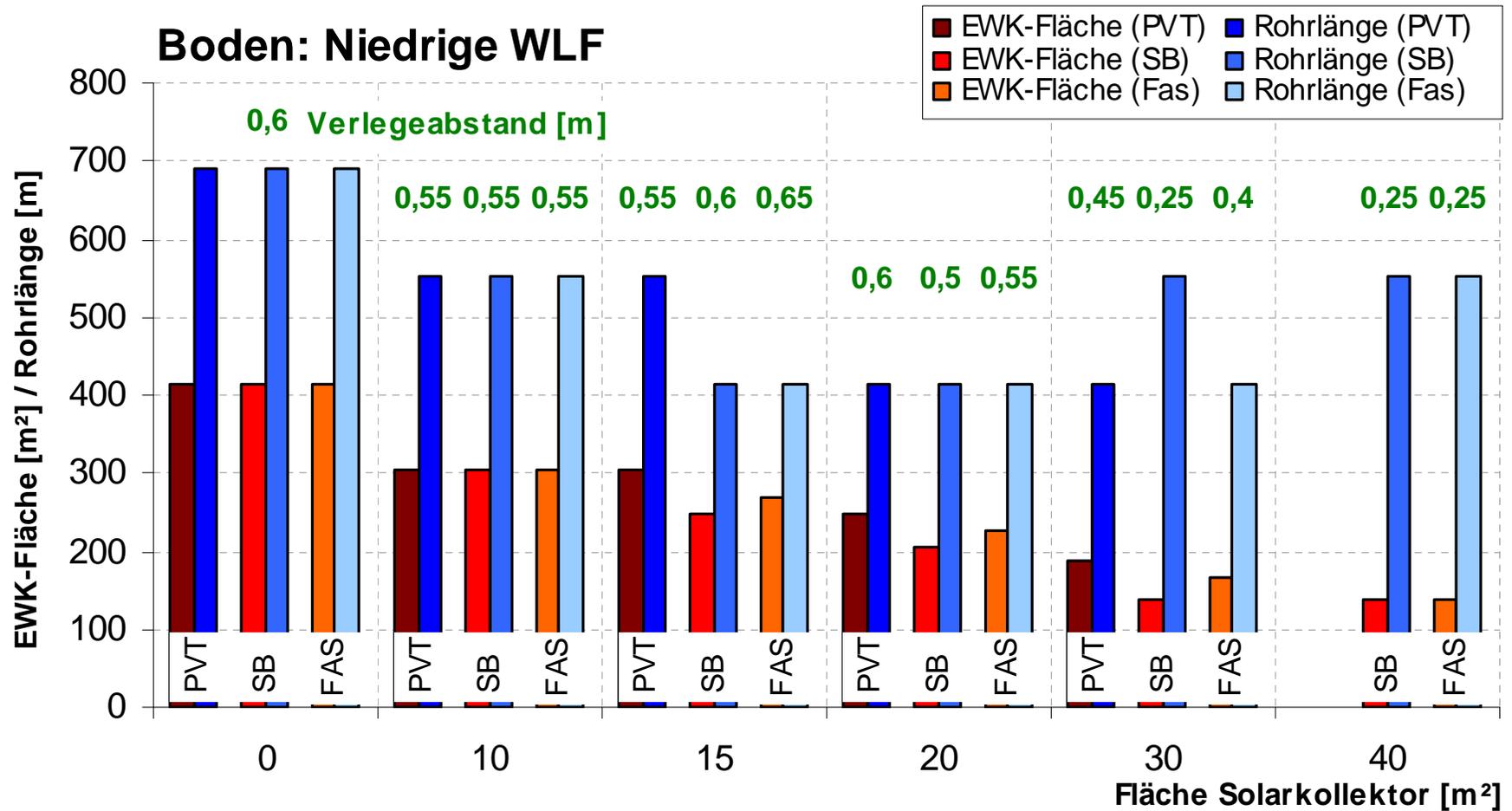
(Referenzbodenarten „Mittlere WLF“ & „Sehr Hohe WLF“ ähnlich)

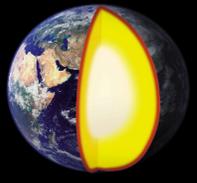




AP8: Vereinfachte Auslegungsregeln

Verlegeabstände & Gesamtrohrlänge





Verlegeabstände & Gesamtrohrlänge

Bei Böden mit geringer effektiver Wärmeleitfähigkeit (bzw. vermutlich bei Böden mit geringer Bodenfeuchte) kann die Gesamtrohrlänge zumindest in den ersten Ausbaustufen des Solarkollektors verringert werden.

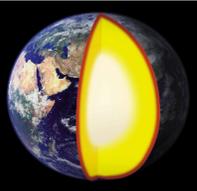
Bei zunehmender Solarkollektorfläche bleibt aber auch hier die Gesamtrohrlänge zunehmend stabil, so wie dies bei den Referenzbodenarten mit höherer WLF durchgängig der Fall ist.

Der Effekt der solaren Unterstützung erlaubt demnach vorwiegend engere Verlegeabstände!

→ Für die vereinfachten Auslegungsregeln wird der Befund in Referenzbodenart „Niedrige WLF“ vernachlässigt, so dass grundsätzlich gilt: Solar unterstützte Erdwärmekollektoren können im Flächenbedarf reduziert werden, die verlegte Gesamtrohrlänge bleibt jedoch gleich!

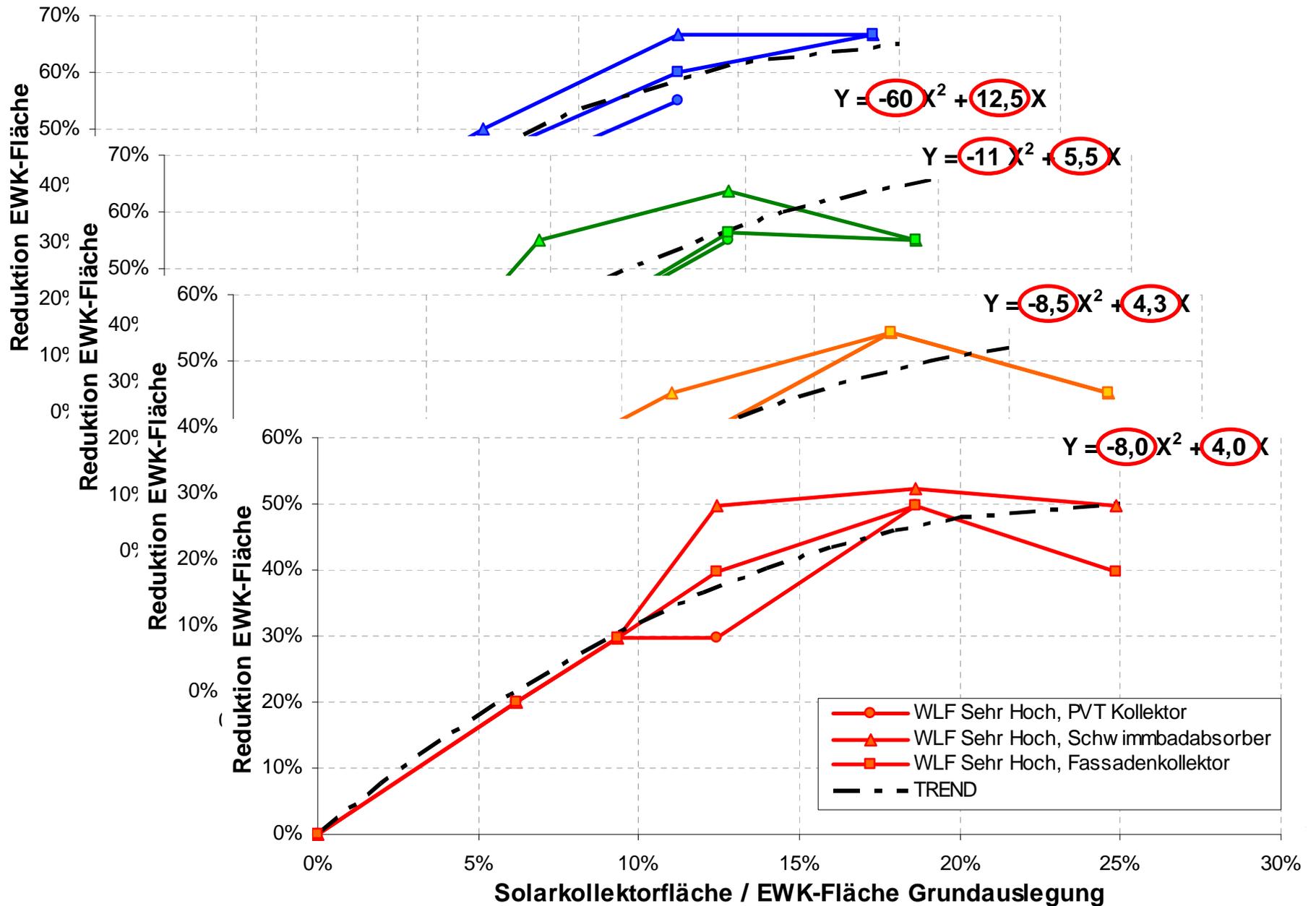
(D.h. dass der Verlegeabstand im gleichen Maß zu reduzieren ist, wie die Erdwärmekollektorfläche!)

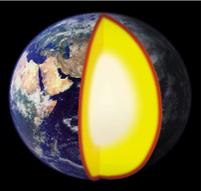
$$d_{EWK,red} = \frac{A_{EWK,red}}{A_{EWK,0}} \cdot d_{EWK,0}$$



AP8: Vereinfachte Auslegungsregeln

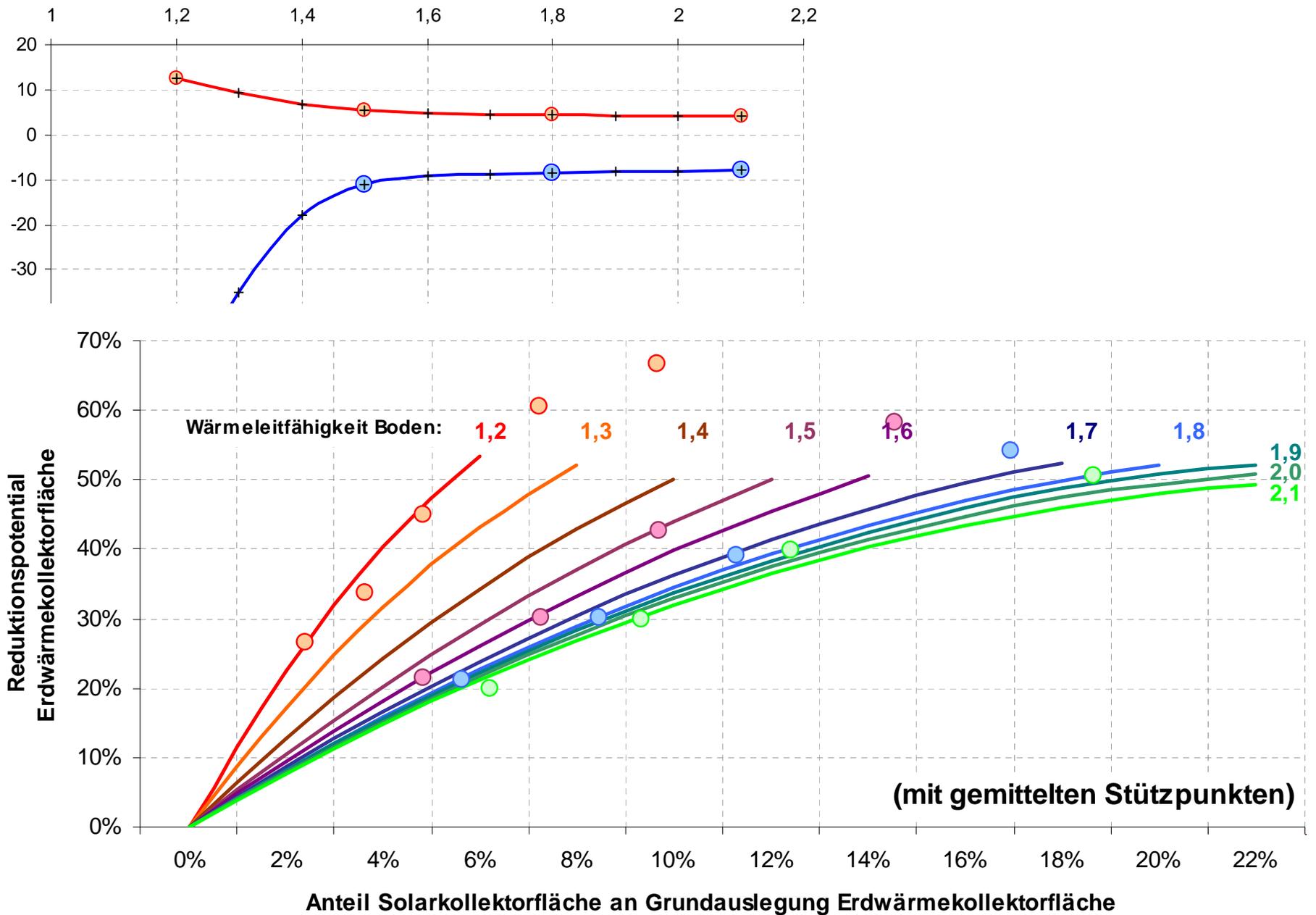
EWK-Flächenreduktion, Szenarien

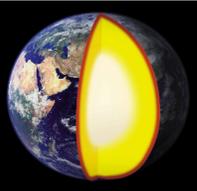




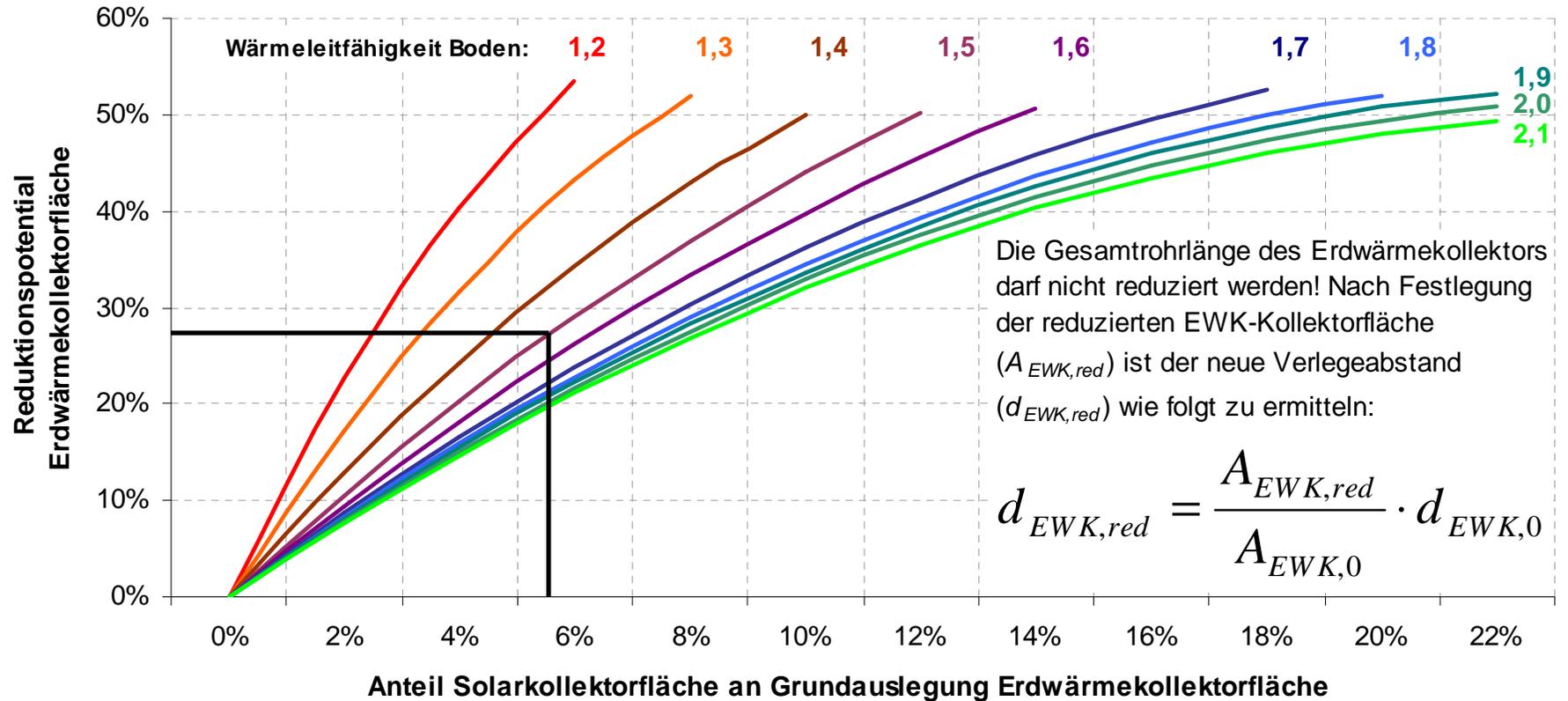
AP8: Vereinfachte Auslegungsregeln

Regressionskoeffizienten über WLF ► Kurvenschar





Vereinfachte Auslegungsregel



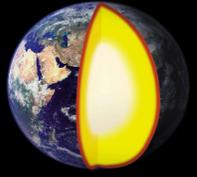
SFH45 → 7 kW Entzugsleistung, Lehmboden „Mittlere WLF“ (WLF 1,5 W/mK)

VDI 4640-2 (Gründruck) → Klimazone 13 → 25 W/m² Entzugsleistung → **280 m²** Kollektorfläche
Verlegeabstand **0,6 - 0,7 m** → Gesamtröhrlänge **430 m**

15 m² Solarkollektor → 15 / 280 = 5,4% Anteil Solarkollektorfläche + WLF 1,5 → Reduktionspotential 27%



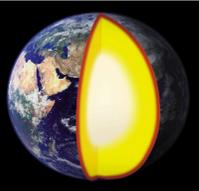
EWK-Fläche reduziert = **205 m²**, Verlegeabstand **0,44 - 0,51 m** → **430 m** Gesamtröhrlänge



AP9

AP8: Wirtschaftlichkeit

Kostenaspekte und wirtschaftliche Bewertung



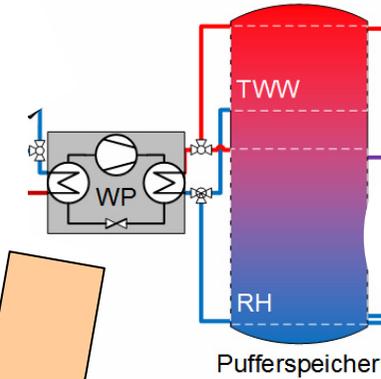
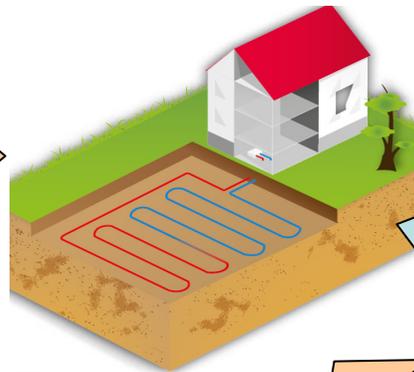
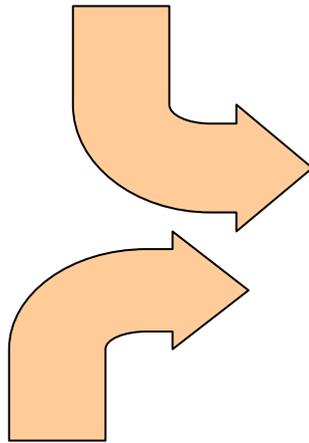
Kostengruppen

Betrachtungsraum: Erdreich, Dach, Wärmepumpe inkl. Puffer

AP8: Wirtschaftlichkeit



Solarkollektor



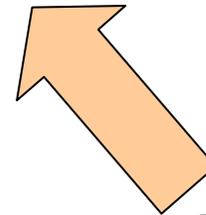
WP + Technik



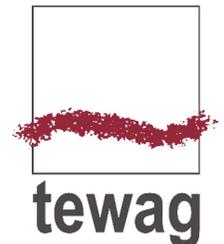
Marktanreizprogramm

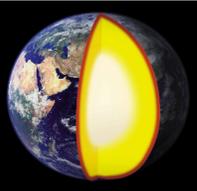


Erdreichkollektor



Verbrauchskosten





Kostenansatz

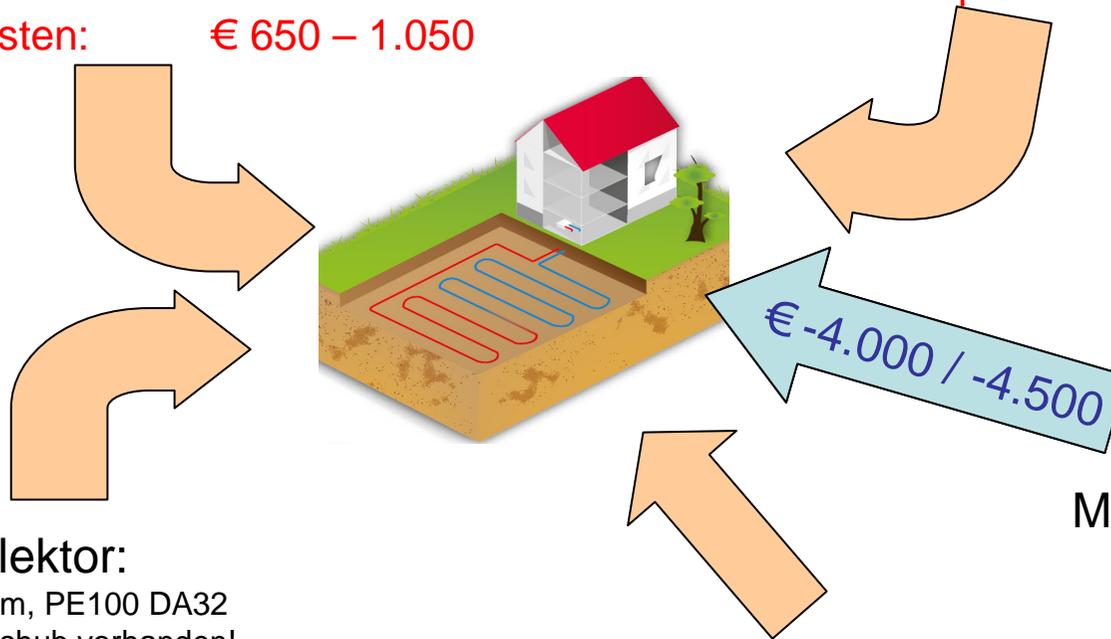
Betrachtungsraum: Erdreich, Dach, Wärmeezeuger inkl. Puffer

Solarkollektor (Material+Aufwand):

- PVT-Kollektor: € 200 – 260 / m²
- Schwimmbadabsorber: € 120 – 160 / m²
- Fassadenkollektor: € 100 – 140 / m²
- Anschlusskosten: € 650 – 1.050

Technikraum:

- Wärmepumpe (8 kW): € 5.000 – 6.500
- Verrohrung & Puffer: € 4.500 – 7.000
- Anschlusspaket SK: € 1.000 – 1.500



Marktanzreizprogramm

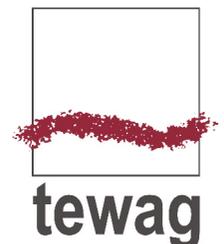
Erdreichkollektor:

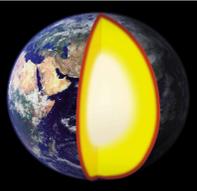
Verlegetiefe: 1,2 m, PE100 DA32
Lagerfläche f. Aushub vorhanden!

- Verlegekosten: € 2,20 - 3,00 / lfm
- Flächenkosten: € 15,00 – 22,00 / m²
- Fixkosten: € 400 – 1.000

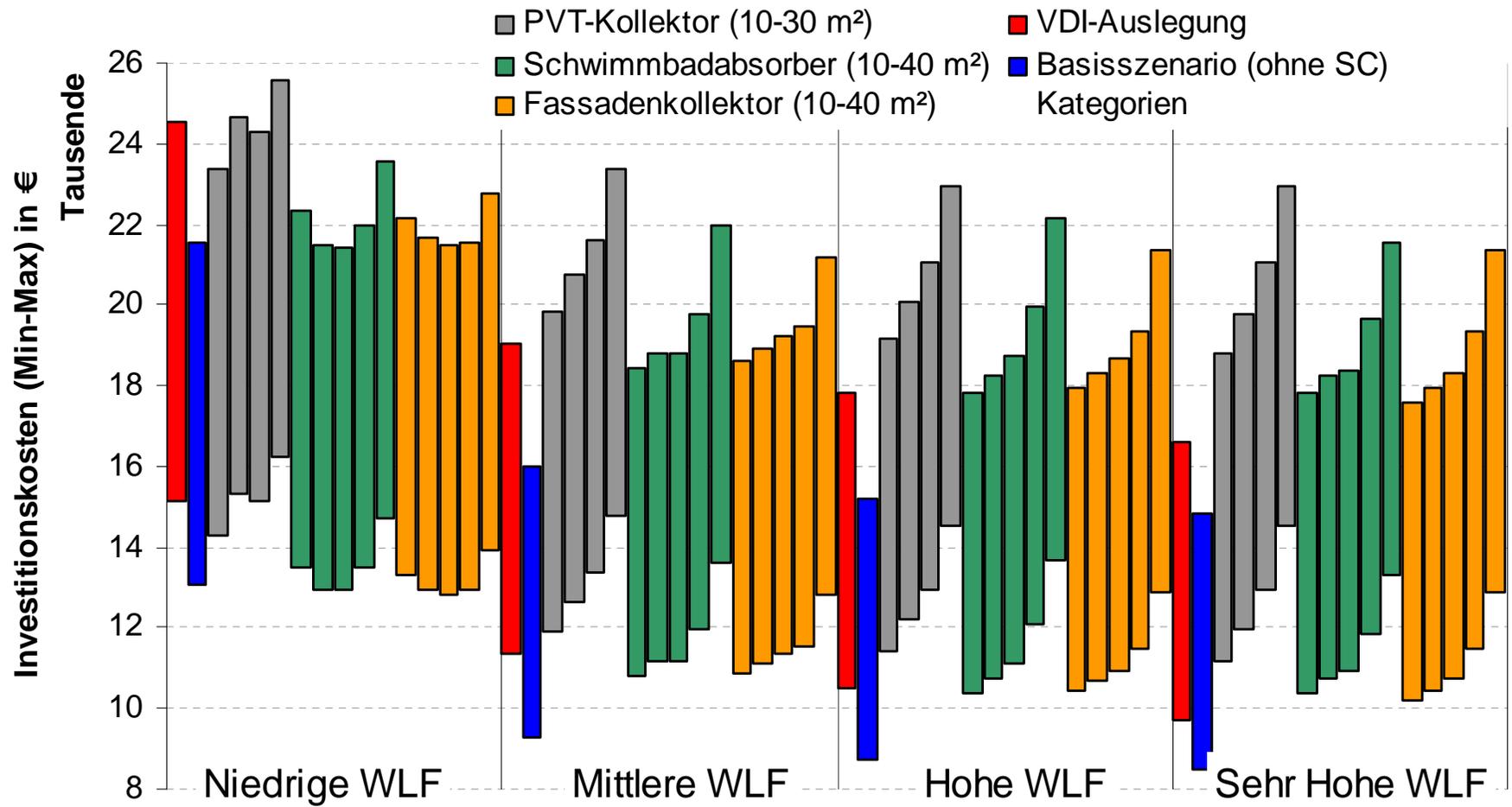
Verbrauchskosten:

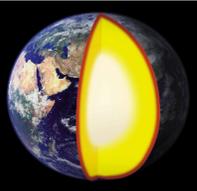
- Strompreis: € 0,22 – 0,26 / kWh
- Anschlusskosten: € 90 – 140





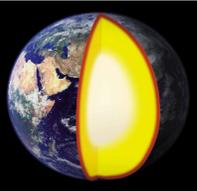
Investitionskostenbandbreite



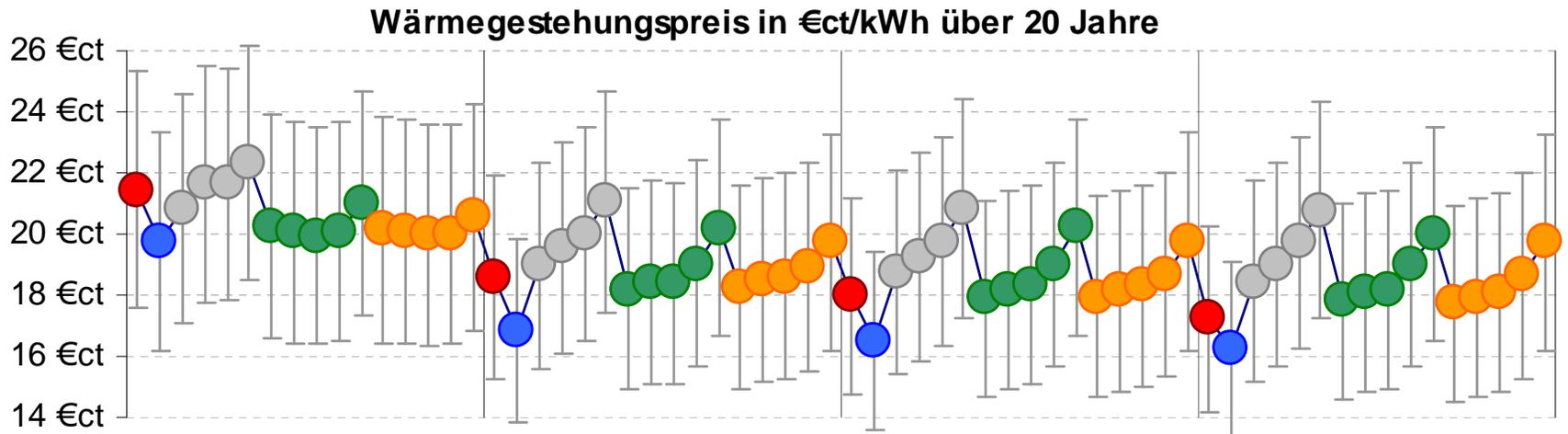
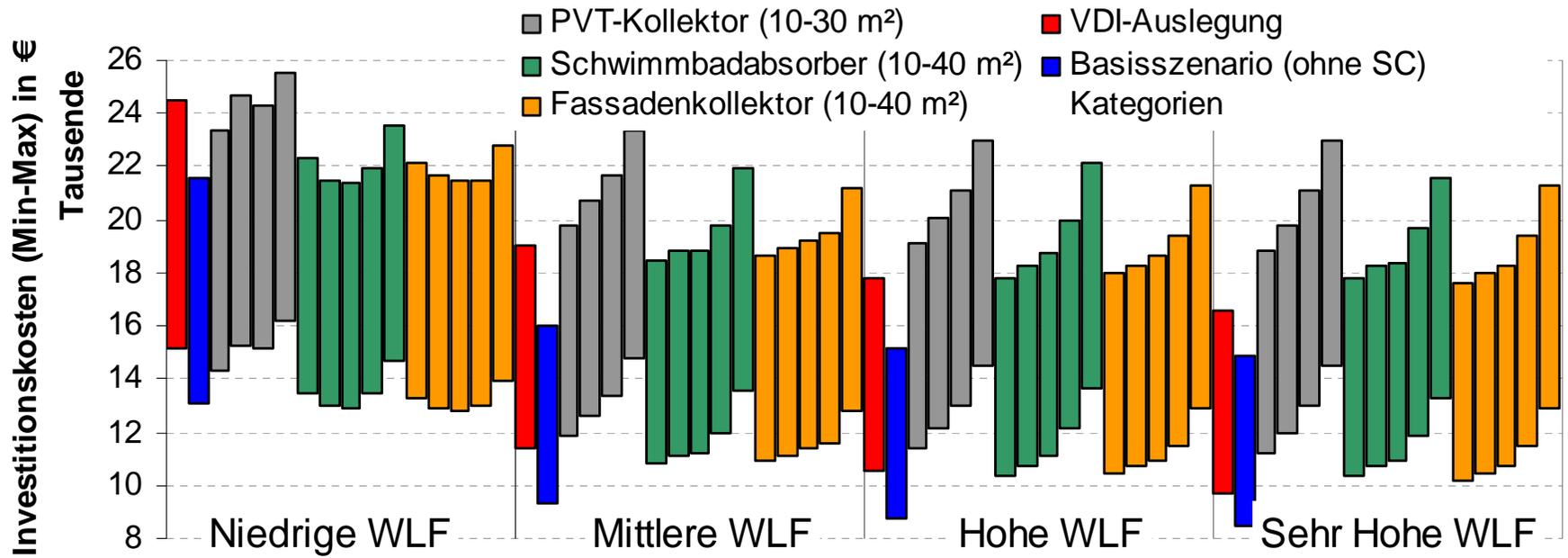


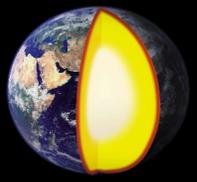
Vollkostenbetrachtung & Wärmegestehungspreis

Kostengruppe	Günstig	Teuer
Invest Erdreichkollektor (130 m ²)	3.100 €	4.900 €
Invest Solarkollektor (15 m ²)	2.450 €	3.450 €
Invest Wärmepumpe & Technik (8 kW)	10.080 €	14.970 €
Förderzuschüsse	-4.500 €	-4.500 €
Gesamtinvestkosten	11.130 €	18.820 €
Annuität über 20 Jahre bei 2,0% (Kapitalkosten)	680,67 €	1.150,97 €
Betriebsgebundene Kosten	201,48 €	278,22 €
Verbrauchskosten	748,72 €	916,85 €
Vollkosten pro Jahr	1.630,87 €	2.346,04 €
Jährliche Nutzenergie (Q_Nutz)	10.806,89 kWh	
Wärmegestehungspreis	15,1 €ct/kWh	21,7 €ct/kWh



Wärmegestehungspreise



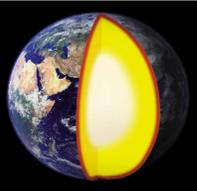


Zwischenfazit

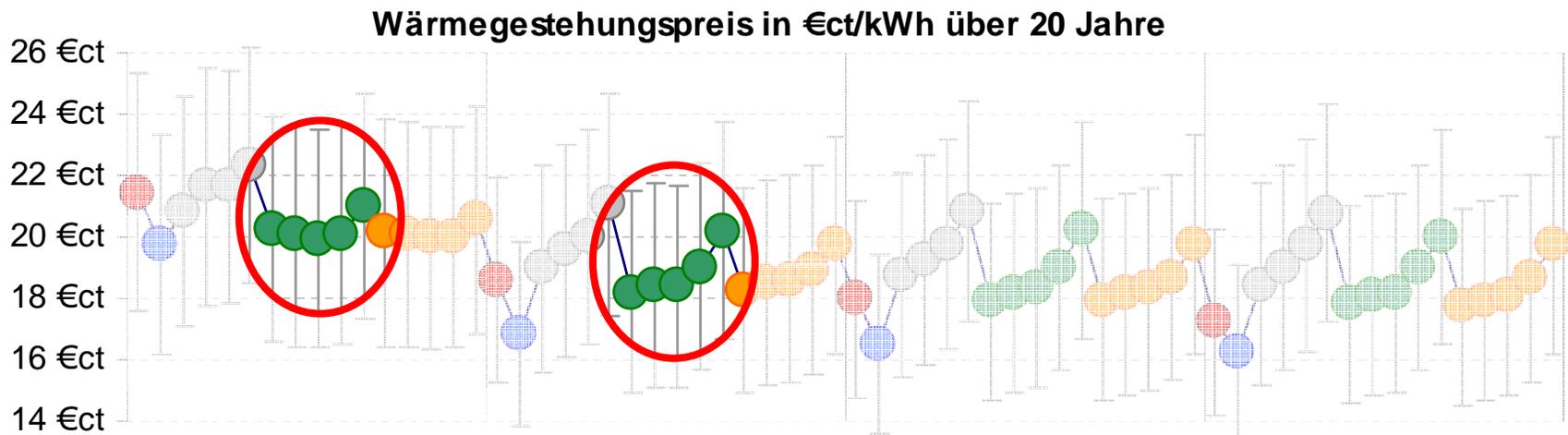
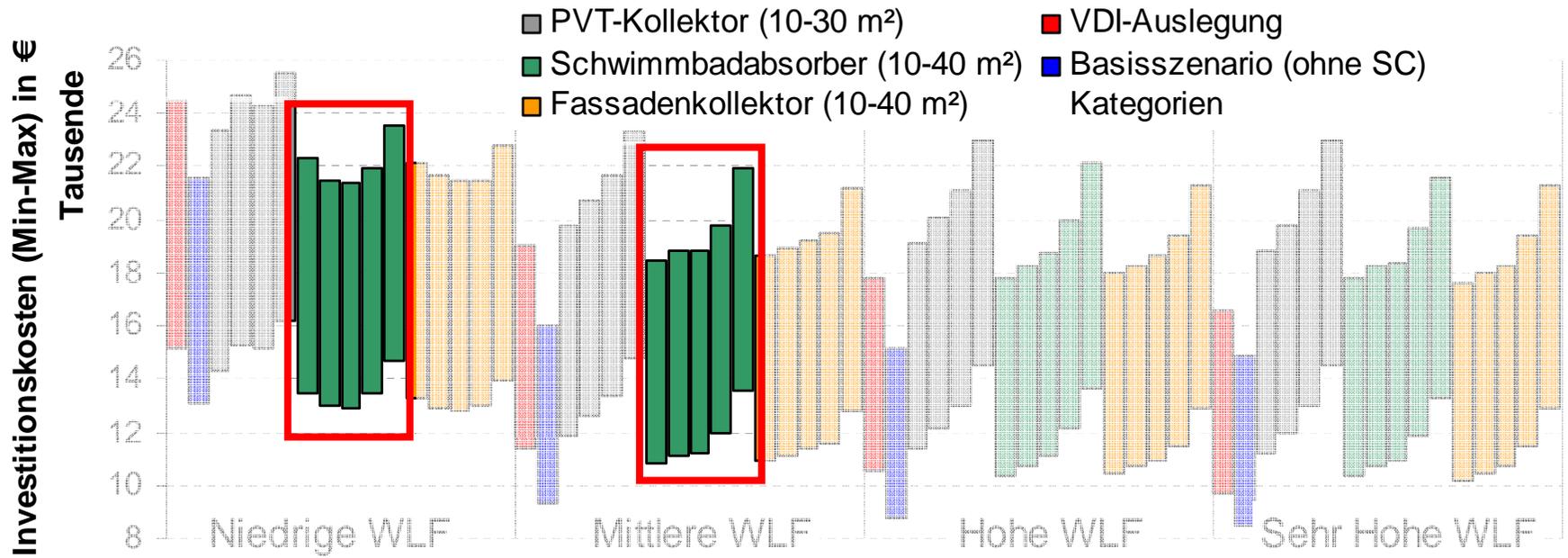
- Kostenreduktion durch Verkleinerung der Erdwärmekollektorfläche ist geringer als die zu erwartende Kostensteigerung durch die Solarkollektoren.
- Dabei ist mit steigender Solarkollektorfläche auch mit steigenden Gesamtkosten zu rechnen
- Auch durch ggf. geringere Verbrauchskosten z.B. bei erhöhter Effizienz (Jahresarbeitszahl) lässt sich die prognostizierte mittlere Kostensteigerung nicht kompensieren.

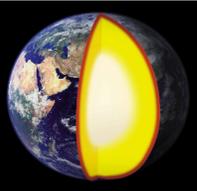
Hinweis: Die berechneten mittleren Wärmegestehungspreise liegen in einer Bandbreite von ca. 4 €/kWh je Referenzbodenart relativ nahe beieinander.

→ Bei z.B. lokal günstigen Solarkollektoren und vergleichsweise teuren Erdwärmekollektoren kann durch solar unterstützte Erdwärmekollektoren durchaus auch ein wirtschaftlicher Vorteil gegeben sein. Im konkreten Anwendungsfall ist daher unbedingt zu empfehlen, die Wirtschaftlichkeitsanalyse standortbezogen mit aktuellen Kosten vorzunehmen!



Detailvergleich

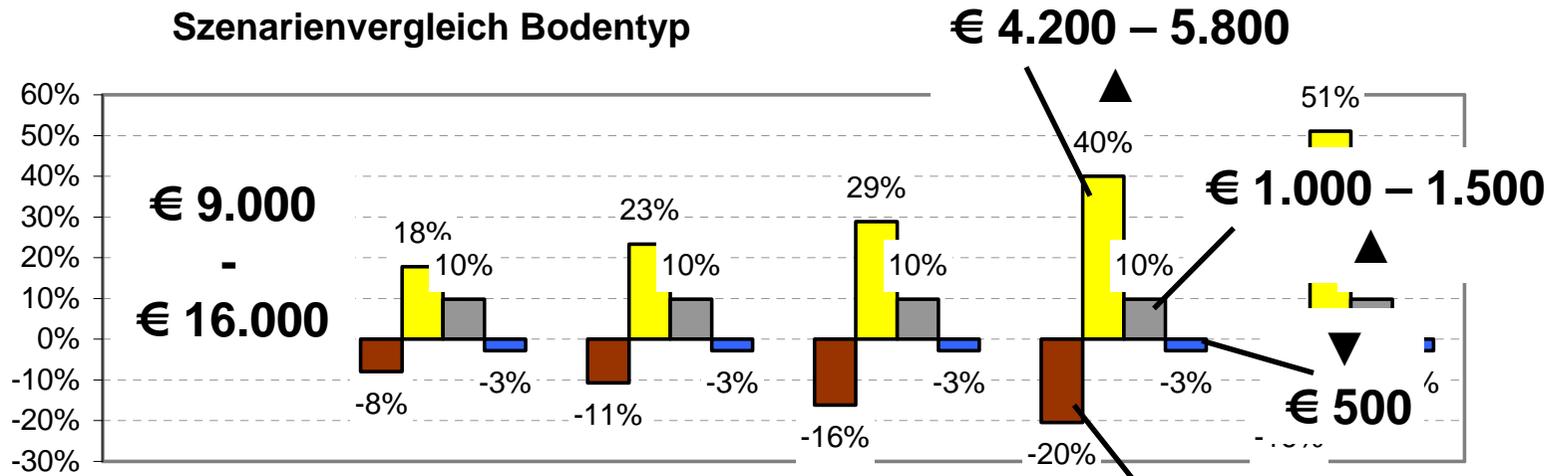




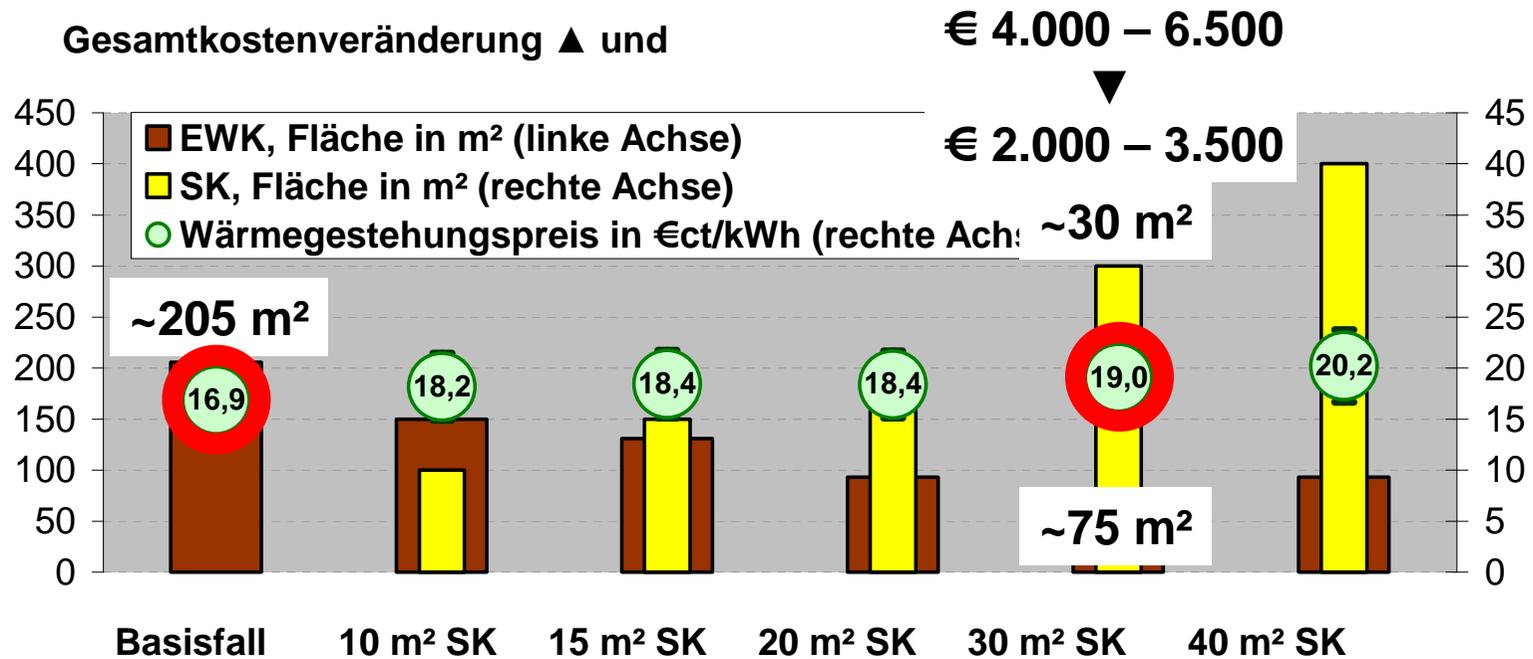
Detailvergleich „Mittlere WLF“

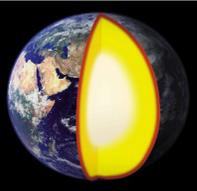
AP8: Wirtschaftlichkeit

Szenarienvergleich Bodentyp



Gesamtkostenveränderung ▲ und

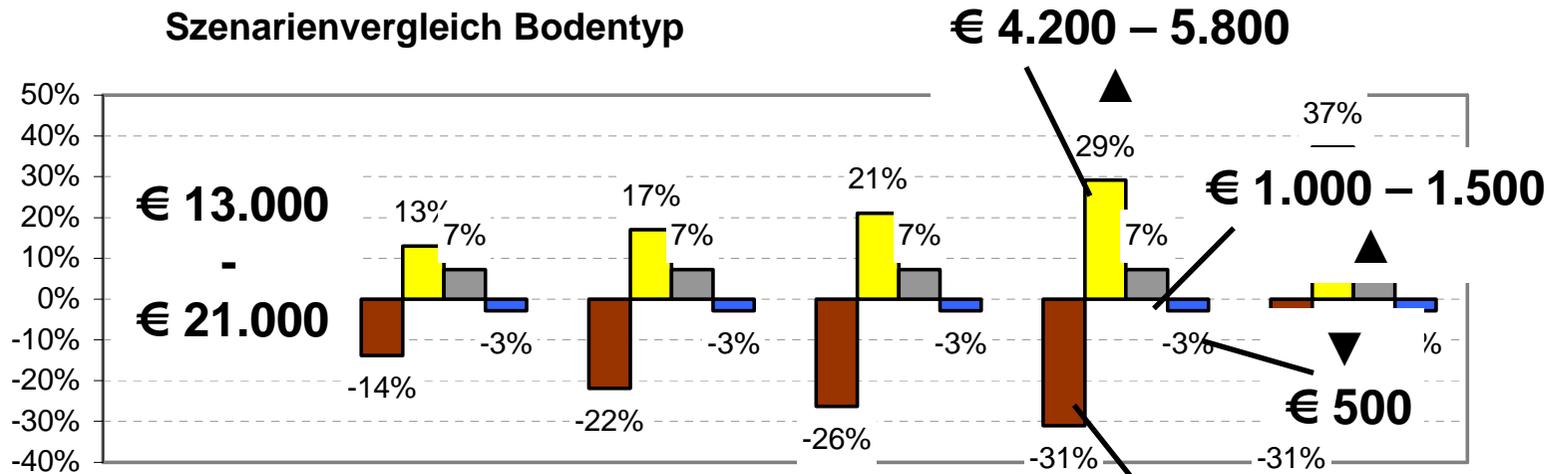




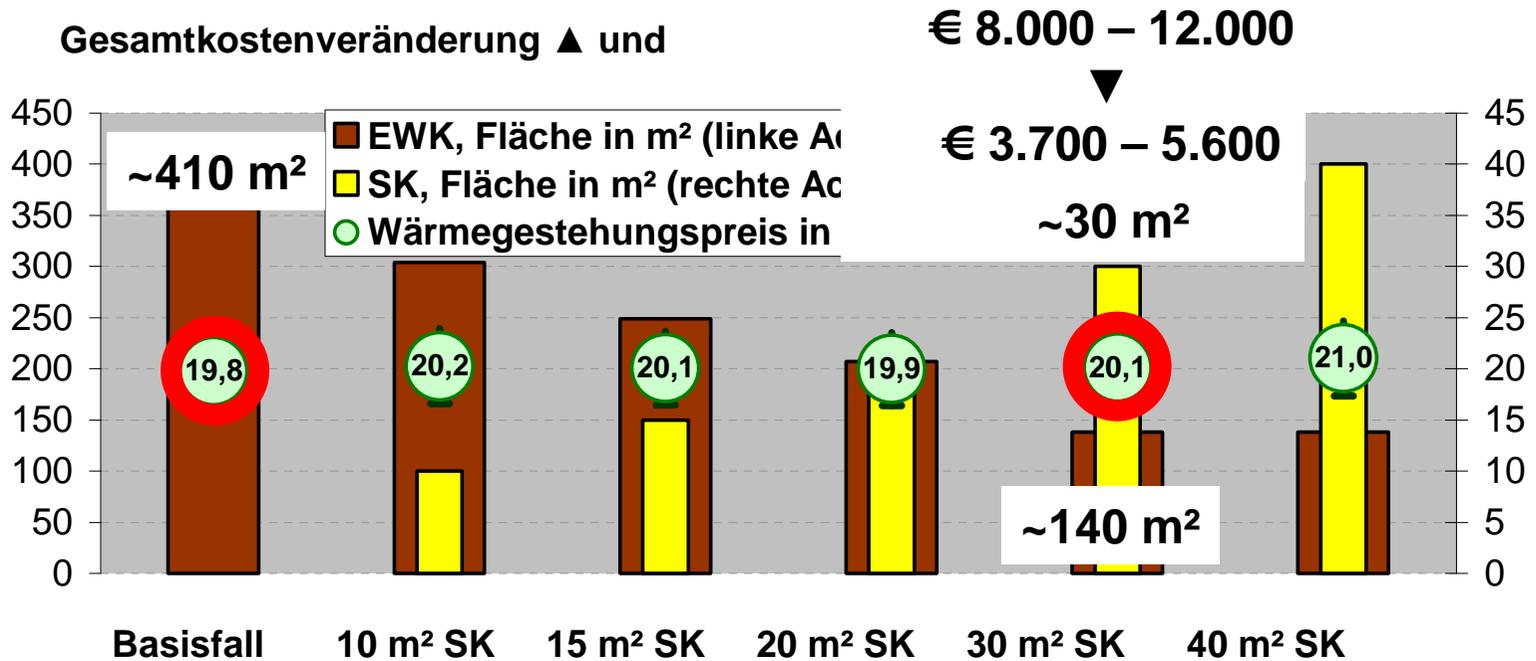
Detailvergleich „Niedrige WLF“

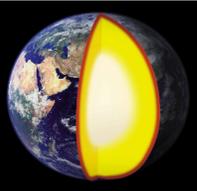
AP8: Wirtschaftlichkeit

Szenarienvergleich Bodentyp

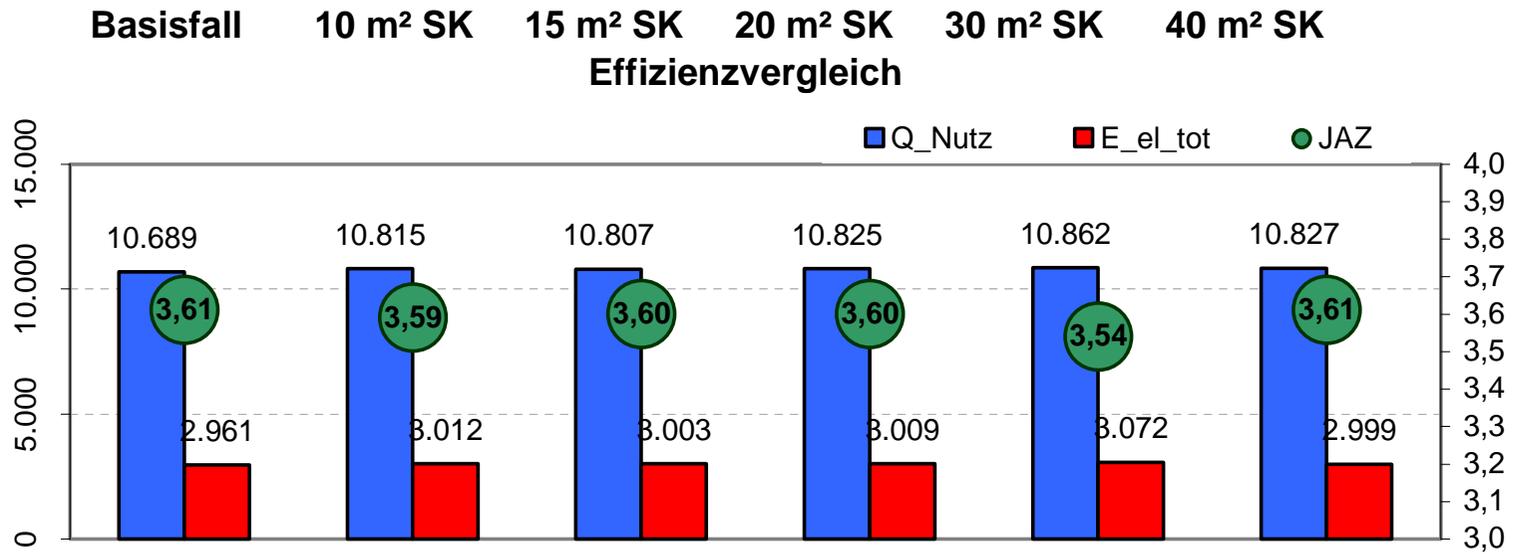


Gesamtkostenveränderung ▲ und

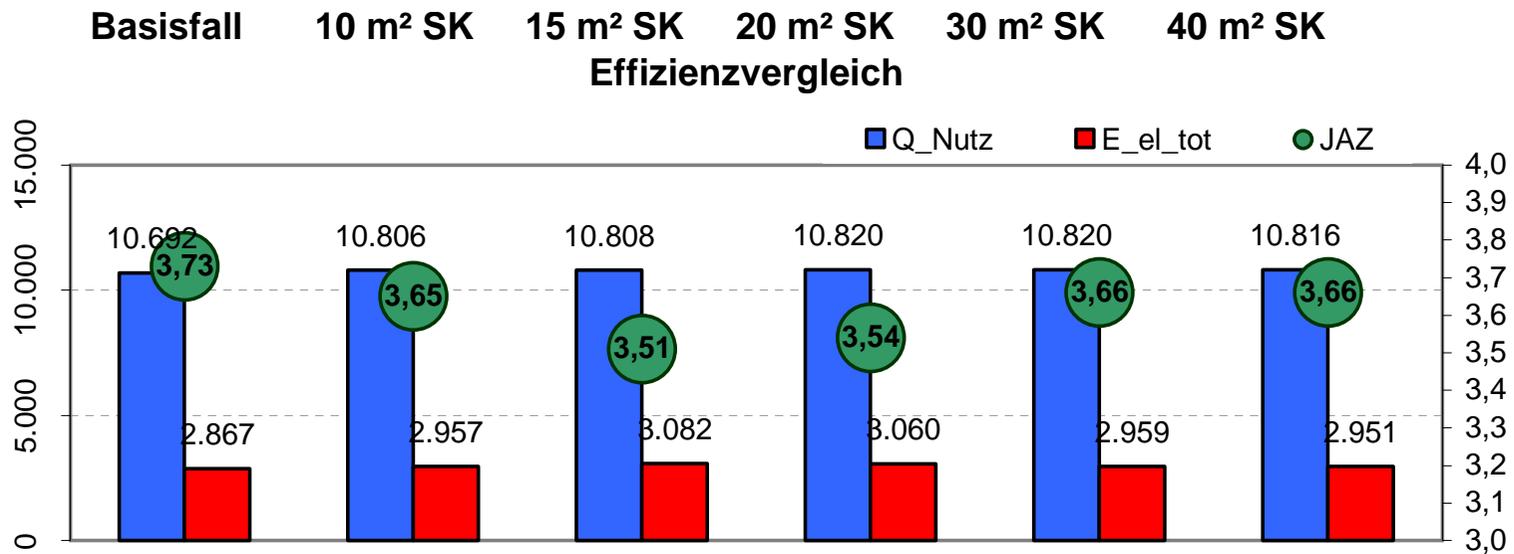




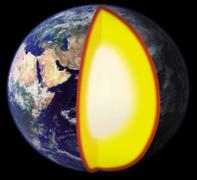
Verbrauchskosten & Effizienz (Schwimmbadabsorber)



„Mittlere WLF“



„Niedrige“



Terra-Solar-Quelle: Fazit

1) Erdwärmekollektoren können durch solare Regeneration um **bis zu 50%** kleiner dimensioniert werden, ohne signifikante Nachteile.

→ **JA!**

2) Gesamtkosten können dadurch gesenkt werden, erdgekoppelte Wärmepumpe wird attraktiver.

→ **Bedingt!**

Beim derzeitigen Kostenansatz werden die Einsparungen beim Erdreichkollektor durch die Mehrkosten beim Solarkollektor und im Technikraum weitgehend kompensiert!

Wirtschaftlichkeitsfenster eng, lokale Anbieter & Kostenstruktur relevant
→ Individueller Vergleich zu empfehlen!