

ZweiFeldSpeicher

Effizienzsteigerung saisonaler Energiespeicher für Heiz- und Kühlzwecke in Erdsondenfeldern

Stefan Hoyer¹, Martin Fuchsluger¹, Cornelia Steiner¹, Doris Rupprecht¹, Eszter Nyéki¹, Edith Haslinger³, Michael Lauer³, Robin Friedrich³, Peter Biermayr², Evelyne Prem², Karl Ponweiser⁴, Viktoria Illyés⁴, Florian Heindl⁴, Stephan Hirschler⁴

Motivation des Konzepts Zweifeldspeicher

Bei der klassischen Anwendung von **Erdwärmesonden als Speicher** dient ein Sondenfeld sowohl zur Wärme als auch zur Kälteversorgung. Idealerweise wird ein Erdwärmesondenfeld bilanziert betrieben und somit bleibt die Temperatur über das Jahr gesehen konstant. In Österreich gibt es auf Grund der klimatischen Bedingungen generell weniger Kühl- als Heizbedarf.

Bilanzierungsstrategien:

- Reduktion der Heizspitzen und Deckung von einer anderen Wärmequelle
- Zusätzliche Regeneration im Sommer → **Problem der Gleichzeitigkeit** zwischen Kältebedarf und saisonaler Regeneration

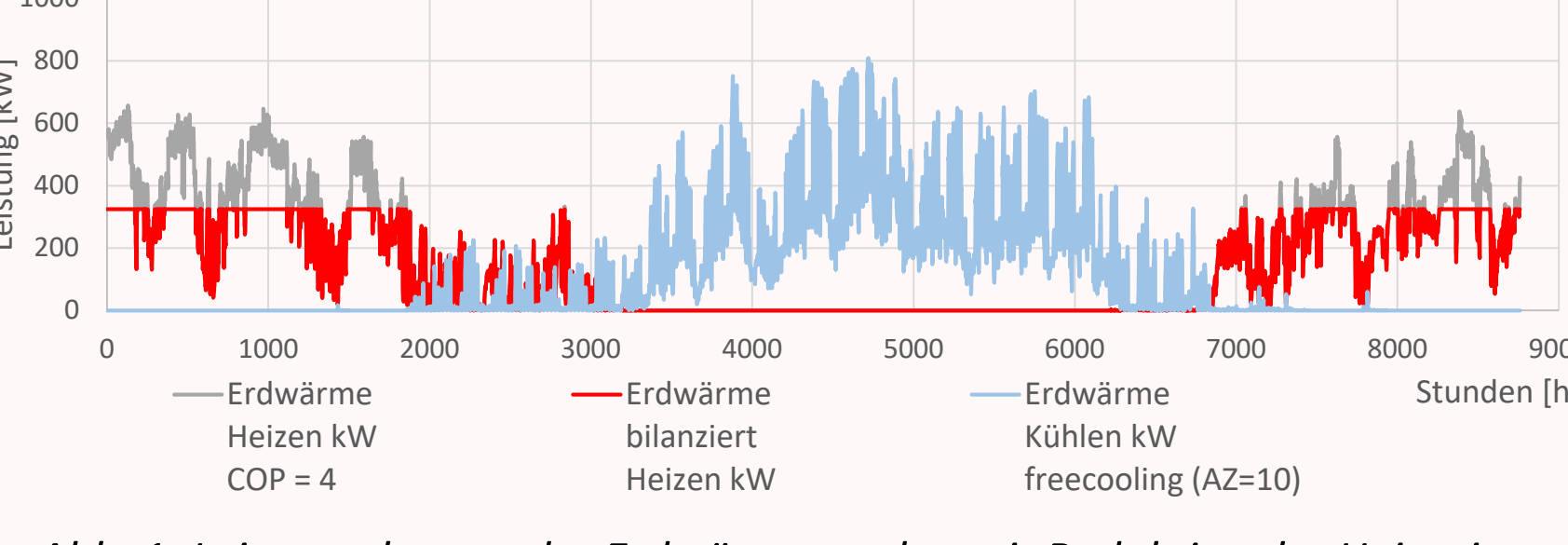


Abb. 1: Leistungskurven der Erdwärmesonden mit Reduktion der Heizspitzen

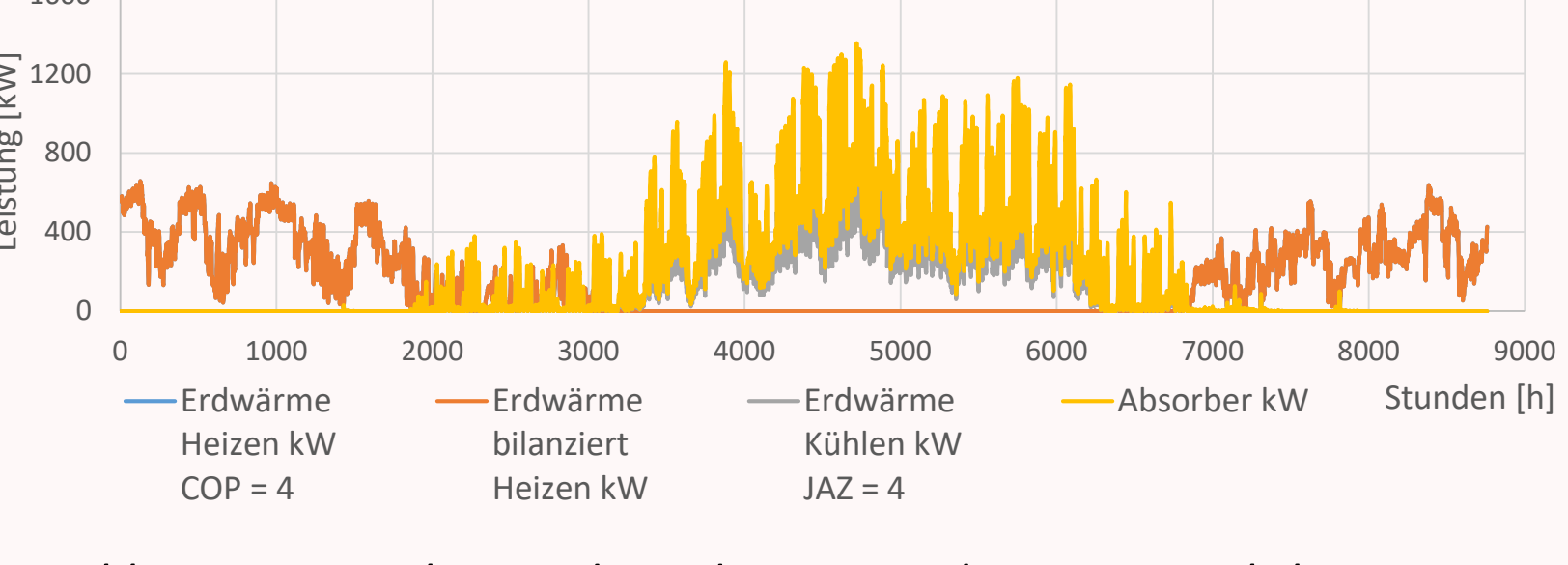


Abb. 2: Leistungskurven der Erdwärmesonden mit zusätzlicher Regeneration

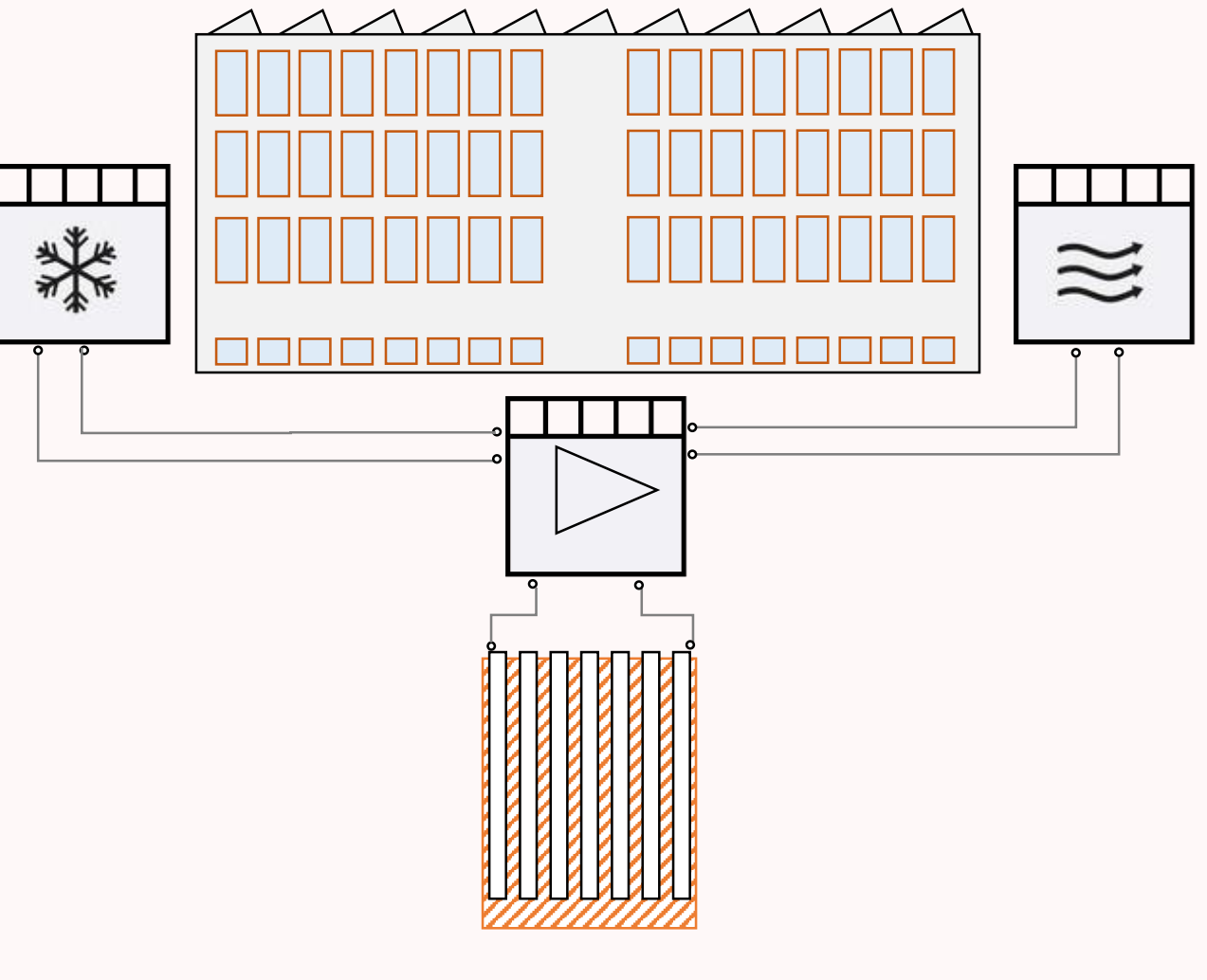


Abb. 3: Schematische Darstellung des Einfeldspeicher Konzepts

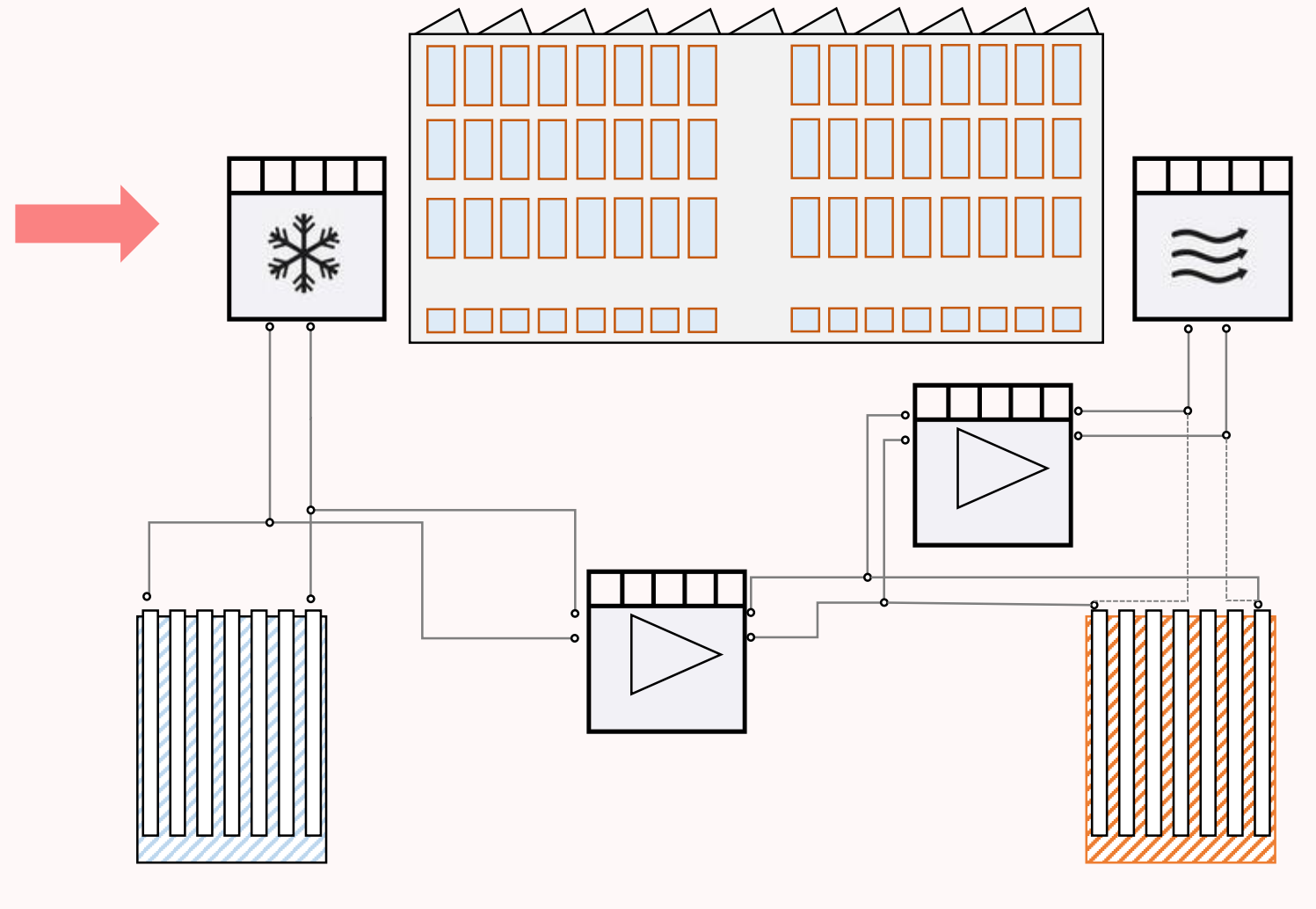


Abb. 4: Schematische Darstellung des Zweifeldspeicher Konzepts

Grundgedanke des Zweifeldspeicher Konzepts ist es, mit der **Einführung eines zweiten „kalten“ Feldes** für die Kühlenergiespeicherung das Problem der Gleichzeitigkeit zu verringern und die Effizienz der Anlage zu erhöhen.

Systemdefinition und Systemmodellierung

Ziel des Projekts war der **Vergleich** zwischen einem klassischen **Einfeldspeicher** und dem neukonzipierten **Zweifeldspeicher**. Für diese beiden Fälle wurden **vergleichbare Systeme** definiert.

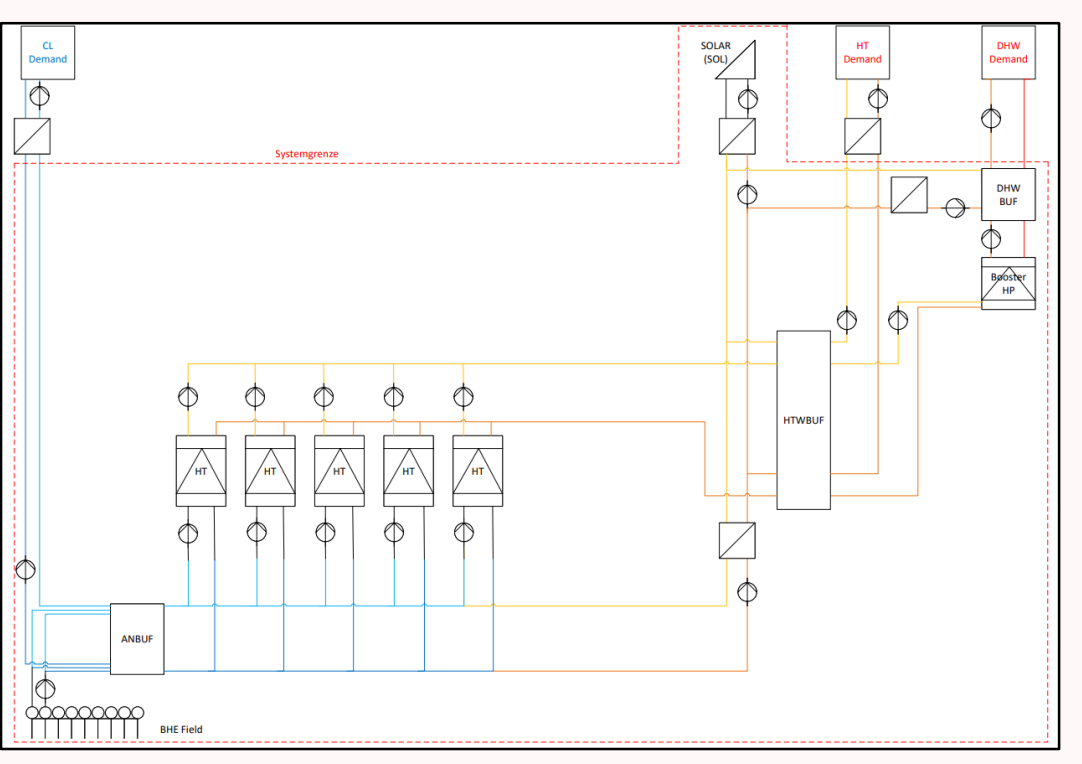


Abb. 5: Systemdefinition des Einfeldspeichers

Ziel ist es, das Erdwärmesondenfeld mit einer **ausgeglichene Bilanz** zu betreiben, auch wenn der Bedarf der Gebäude einen Heizbedarfsüberschuss hat. Dies wird mit **Solarthermie** als zusätzlicher Wärmequelle erreicht.

- Zwei Beladestrategien:**
- Priorität hat Regeneration der Erdsonden („High Energy“)
 - Priorität hat Heizungspuffer („High Exergy“)

Der **Gebäudebedarf** stellt eine gemischte Nutzung mit überwiegender Wohnanteil eines Quartiers dar. In erster Linie wurde die Lastkurve mit **Wärmebedarfsüberschuss** im Projekt behandelt.

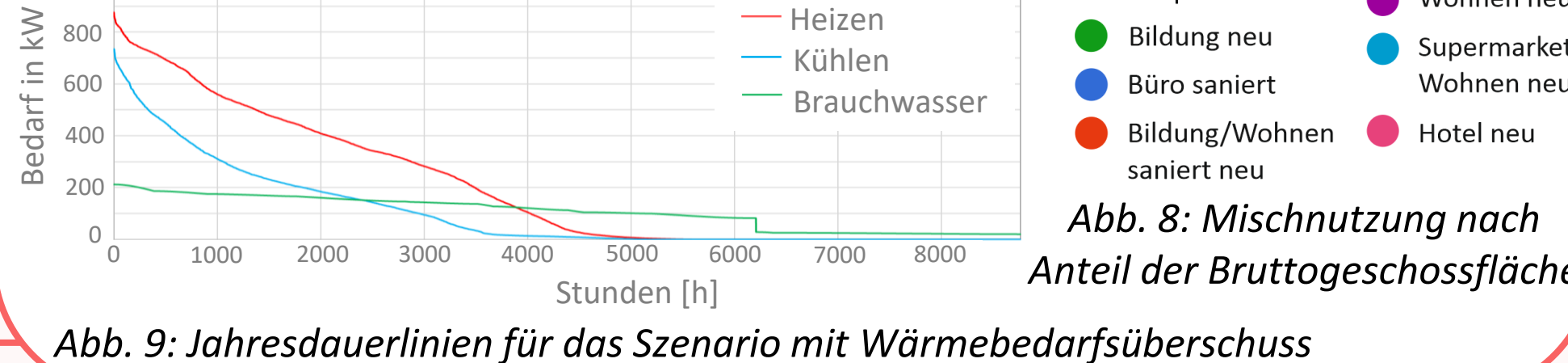


Abb. 8: Mischnutzung nach Anteil der Bruttogeschossfläche

Zur **Systemmodellierung** hat sich das Projektteam für ein open-source **Simulationstool** mit PYG entschieden. PYG ist ein bestehendes Modul, das in einen selbstentwickelten Python Code implementiert wurde. Ein Validierungsvergleich mit der Software EED zeigt eine gute Übereinstimmung der Fluidtemperaturen.

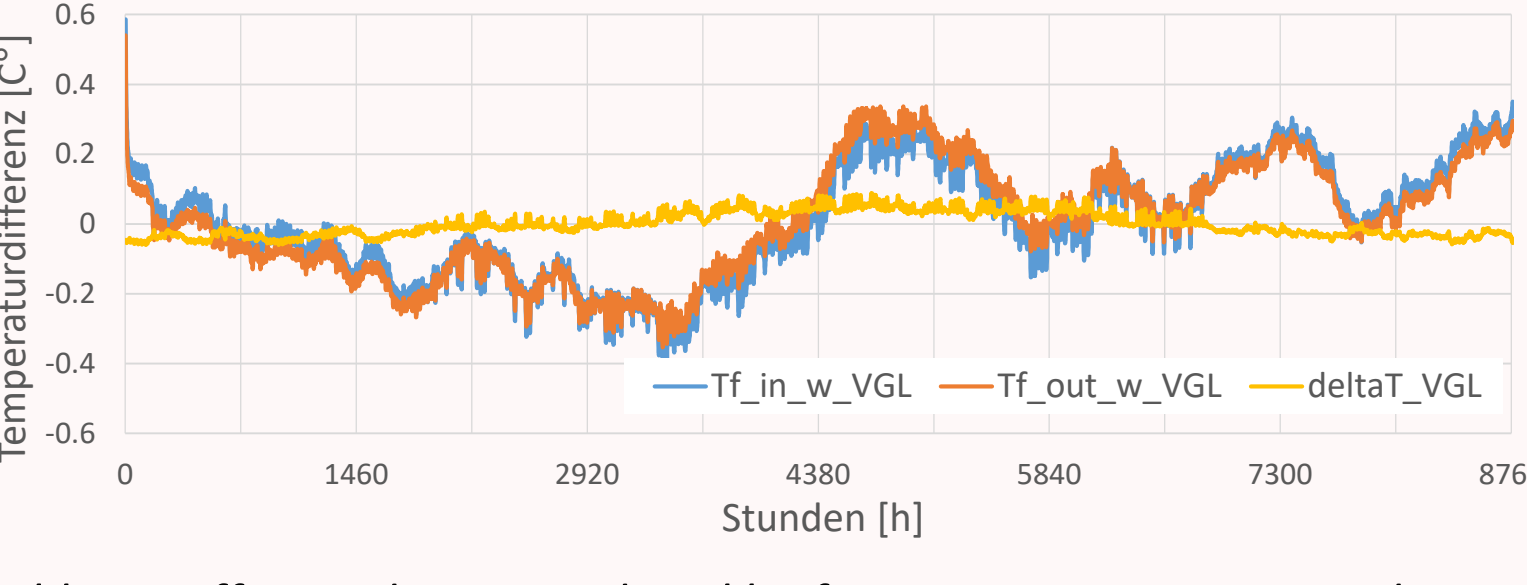


Abb. 7: Differenz der Vor- und Rücklauftemperaturen mit EED und PYG

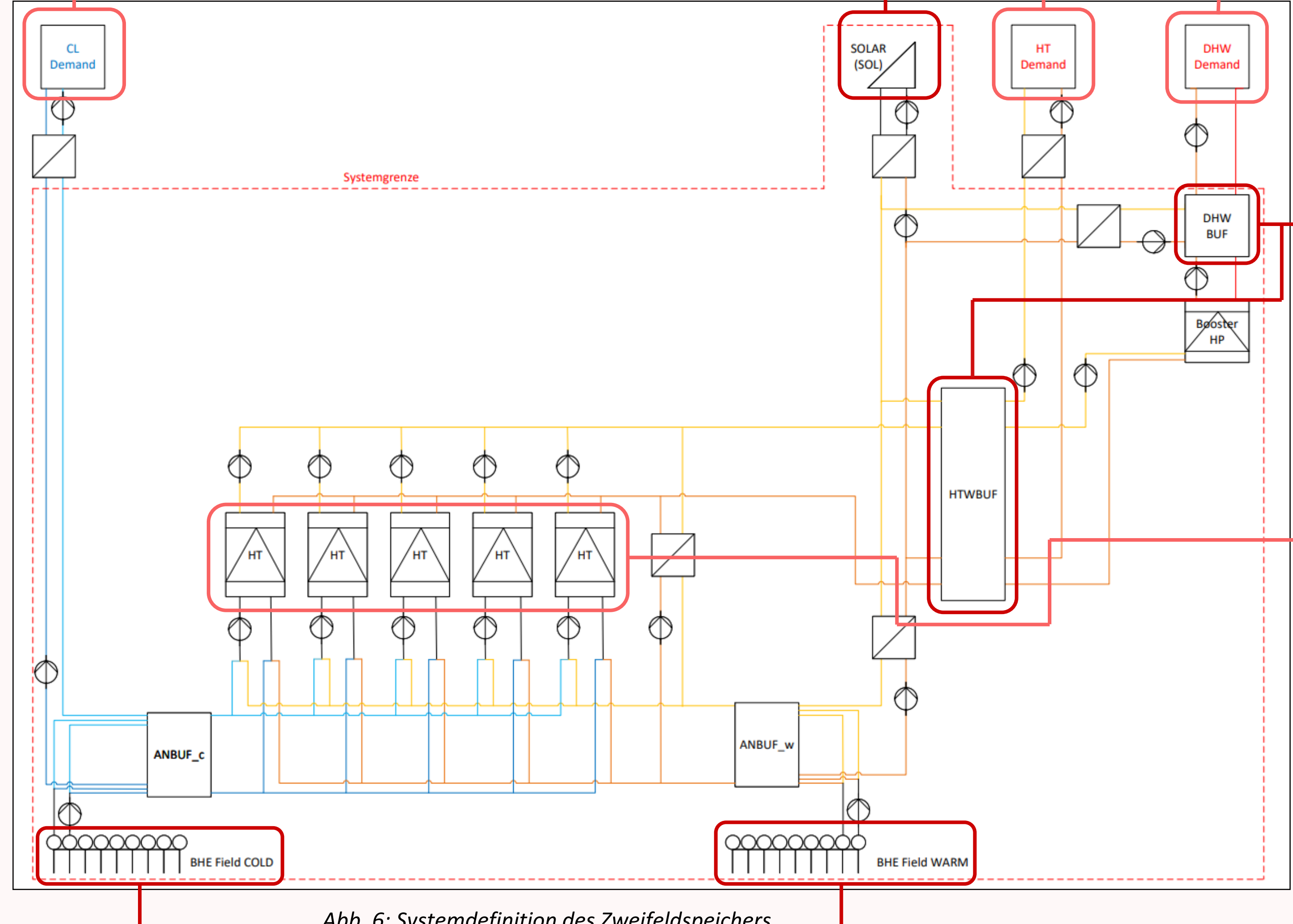
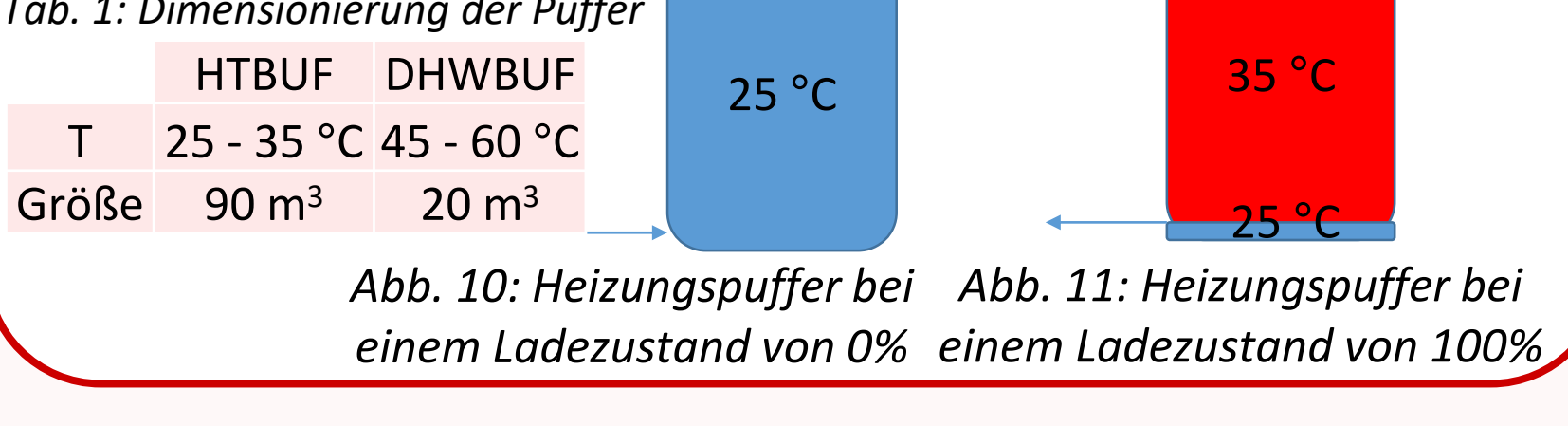


Abb. 6: Systemdefinition des Zweifeldspeichers

Die beiden **Zwischenspeicher** (Heizungs- und Warmwasserpuffer) sind als **Zweischichtspeicher** implementiert.



Fünf parallel geschaltete **Wärmepumpen** werden je nach Bedarf genutzt. Die Abhängigkeit des COPs der Wärmepumpen von der Quell- und Senktemperatur wurde in Form eines Kennfelds implementiert, das für verschiedene Betriebspunkte einer Wärmepumpe bestimmt wurde.

Im Zweifeldspeicher ist ein **Sondenfeld** in erster Linie für die Kühlung vorgesehen und daher kälter („kaltes Feld“), während im „warmen Feld“ für die Heizung höhere Temperaturen zugelassen werden.

Rechtlicher Rahmen

Das wichtigste Gesetz für die Genehmigung von Erdwärmesonden ist das **Wasserrechtsgesetz (WRG) 1959**, das für Speicheranlagen keine besonderen Vorgaben vorsieht. Die Bundesländer legen das Wasserrecht unterschiedlich aus.

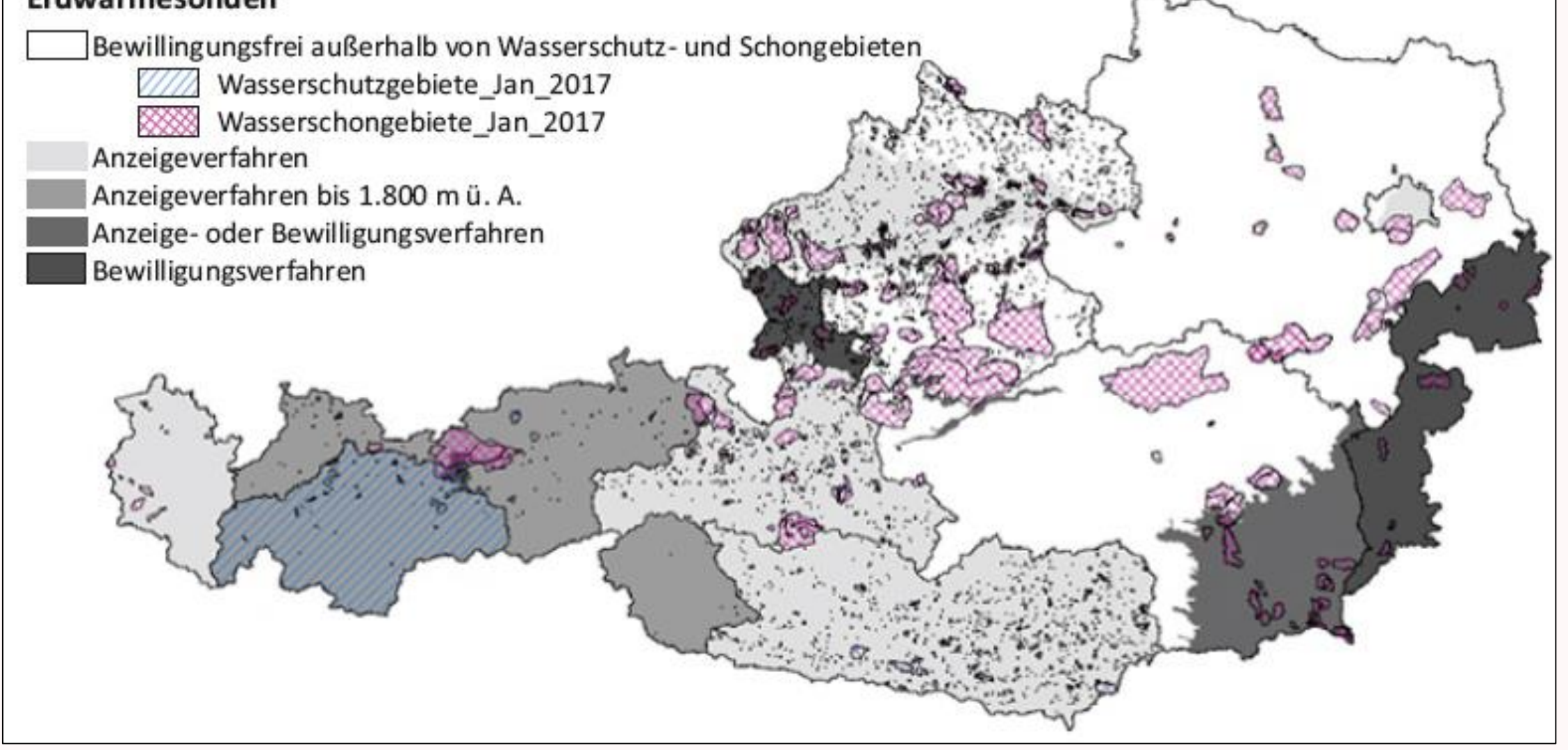


Abb. 12: Unterschiedliche Genehmigungsverfahren für Erdwärmesonden in Österreich

Szenarienmodellierung

Im Zuge der **Szenarienmodellierung** wurden die Sondenfelder und die Solarkollektorflächen für verschiedene Betriebsstrategien dimensioniert. Die Szenarien lassen sich in betriebslastige und investitionslastige Varianten einteilen. Die Wirtschaftlichkeitsanalyse betrachtet jeweils die beste investitionslastige und betriebslastige Variante. Der Hauptvorteil der **Zweifeldlösung** liegt in der Möglichkeit des **Freecoolings**.

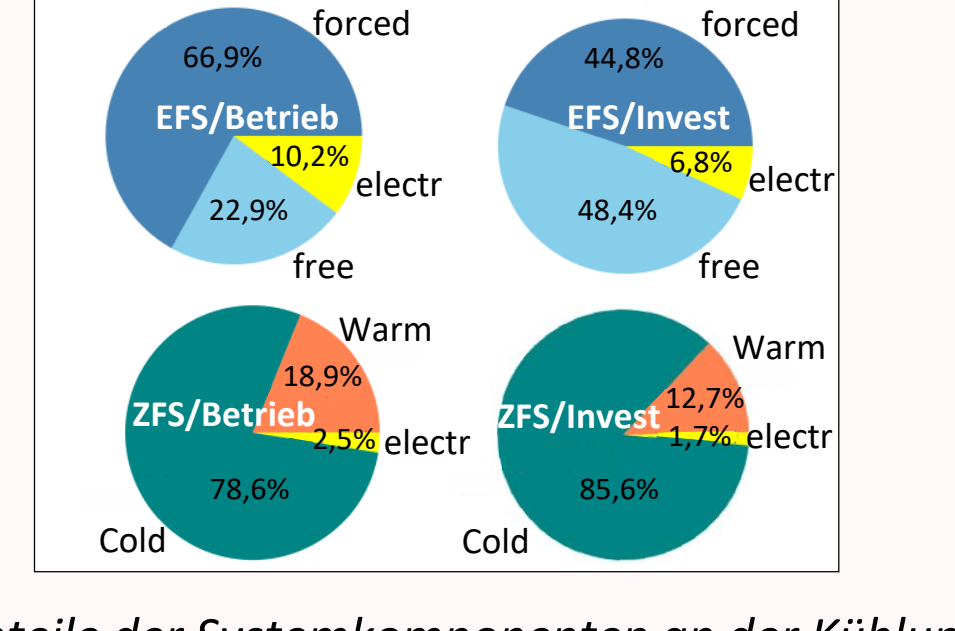


Abb. 14: Anteile der Systemkomponenten an der Kühlung (Warm = warmes Feld, Cold = kaltes Feld, elctr = Strom)

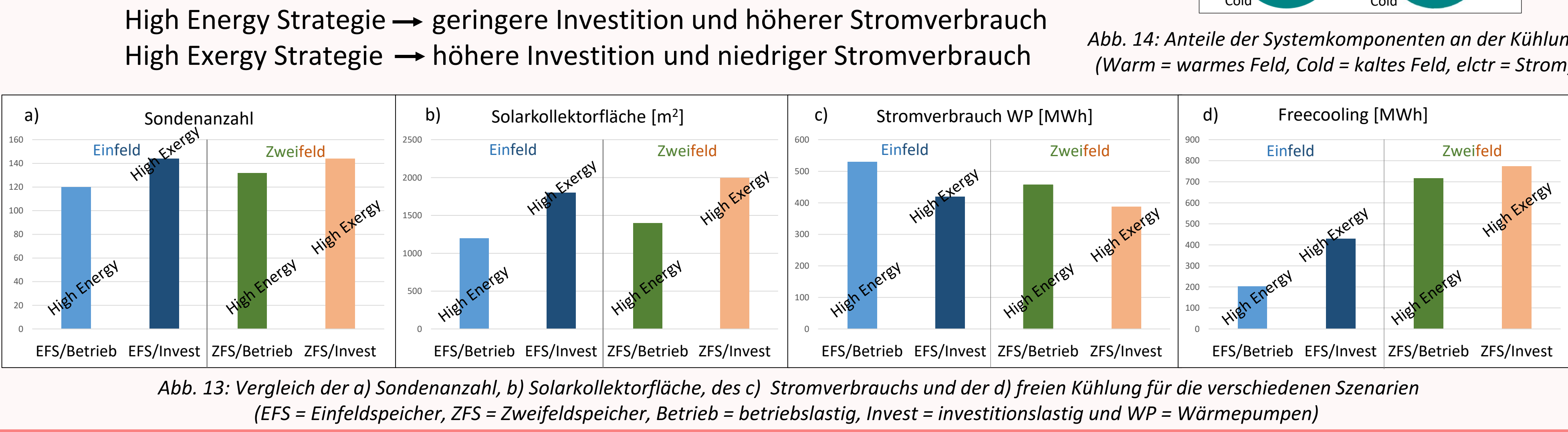


Abb. 13: Vergleich der a) Sondenanzahl, b) Solarkollektorfläche, c) Stromverbrauchs und d) freien Kühlung für die verschiedenen Szenarien (EFS = Einfeldspeicher, ZFS = Zweifeldspeicher, Betrieb = betriebslastig, Invest = investitionslastig und WP = Wärmepumpen)

Basierend auf der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind die **netto Investitionskosten** sowohl im investitions- als auch im betriebslastigen Szenario für das Zweifeldspeicher Konzept höher. Die größten Kostenpunkte machen in allen Fällen die Erdwärmesondenfelder und die Solarkollektoren aus.

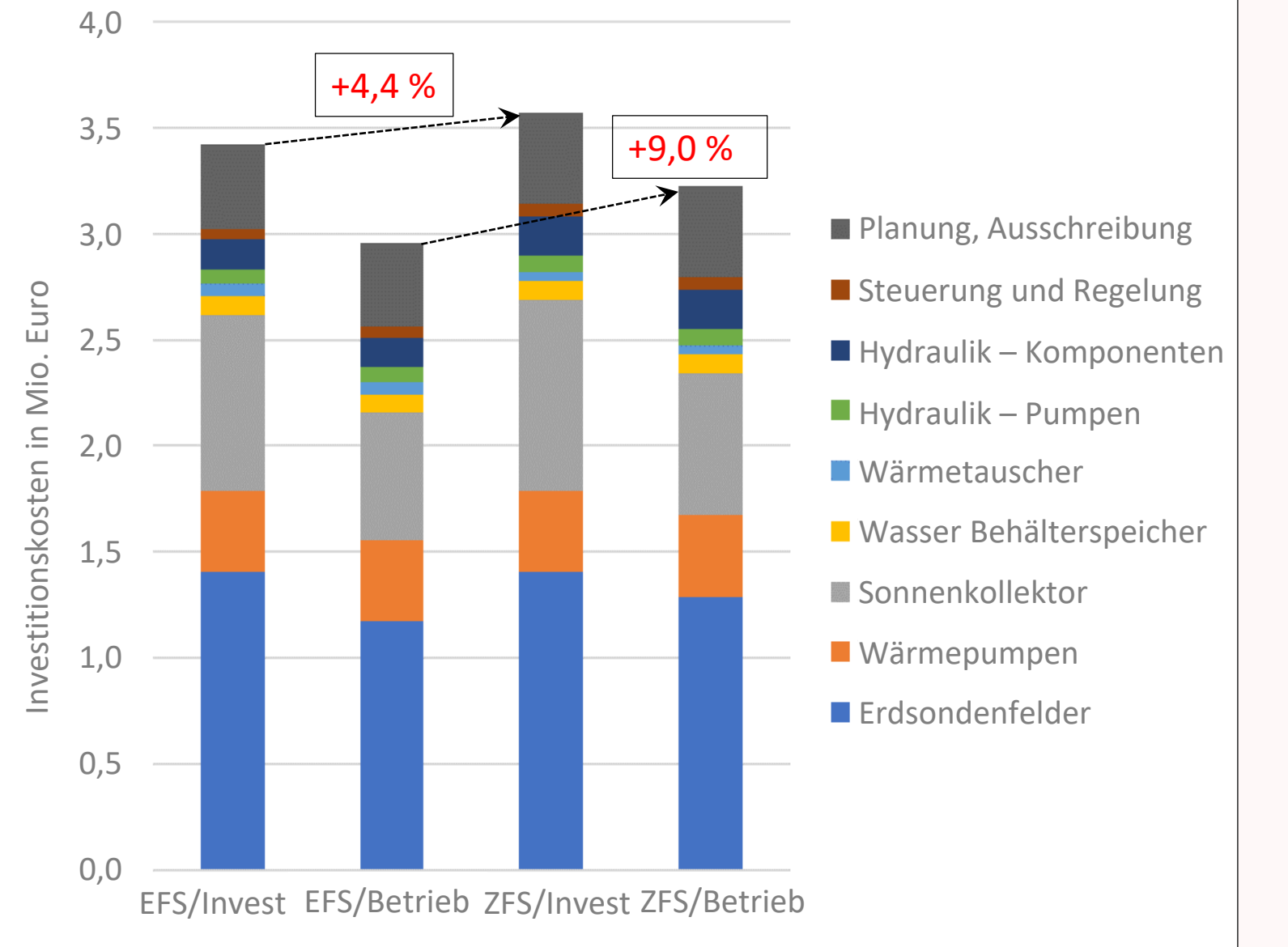


Abb. 15: Investitionskosten nach Kostenstellen (netto, statisch 2022)

Die **dynamische Kostenbetrachtung** zeigt, dass bei allen vier untersuchten Varianten der interne Zinsfuß (IZF) fast gleich ist. Der Return of Investment (ROI) ist ebenfalls gleich anzusehen. Bei der Bewertung der CO₂ Einsparungen schneidet das Zweifeldspeicher Konzept besser ab (W_{nutz}/W_{el}).

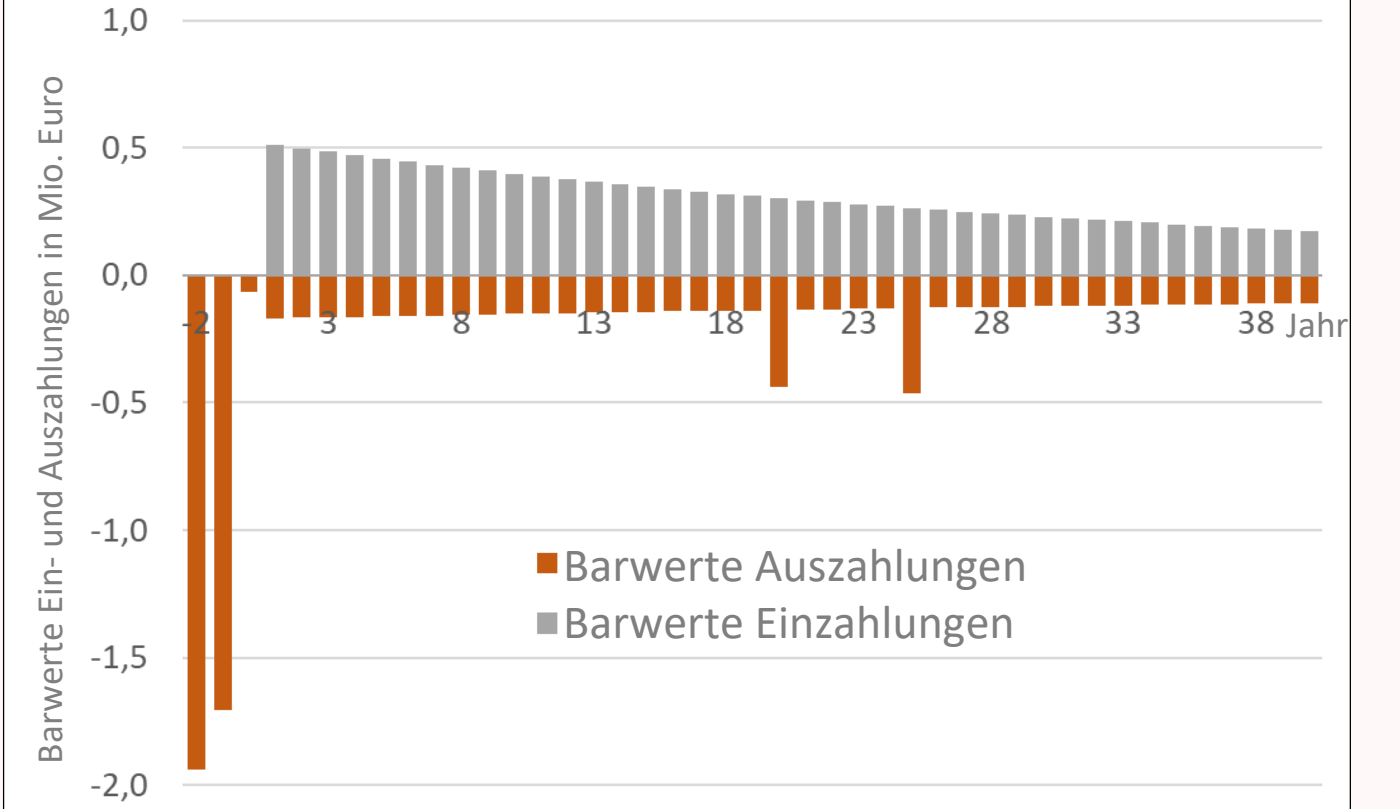


Abb. 16: Dynamische Kostenbetrachtung für die Variante EFS/Invest (Kapitalwert Z=5%)

Wirtschaftlich betrachtet sind **beide Konzepte** (Einfeld und Zweifeld) **gleichwertig**. Im Hinblick auf **CO₂ Einsparungen**, hat der **Zweifeldspeicher** definitiv Vorteile.

Tab. 2: Kennzahlen für die 4 Szenarien

	EFS/Invest	EFS/Betrieb	ZFS/Invest	ZFS/Betrieb
IZF	9,2%	9,2%	9,1%	9,2%
W_{nutz}/W_{el}	7,1	5,8	7,7	6,7
ROI statisch	Jahr 10	Jahr 9	Jahr 10	Jahr 10

Der **Betriebsaufwand** ist für das Zweifeldkonzept in beiden Fällen geringer.