



**OST**

Ostschweizer  
Fachhochschule

# BigStoreDH

**Grosse Wärmespeicher für die Dekarbonisierung der Fernwärme**

Yvonne Bäuerle, Florian Ruesch, Michel Haller, Thomas Schmidt  
25. April 2023



INSTITUT FÜR  
SOLARTECHNIK

# Fernwärme Boomt!

**Abo** Stadt investiert 1,5 Milliarden Franken

## Zürich will 150'000 Haushalte

## ökologisch beheizen

direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2050 um 96% zu reduzieren. Die verbleibende graue Energie, die durch Systeme zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung kompensiert ist, wird durch die Entwicklung und -Speicherung vor 2050 ausgereift sein.

**Investitionen in der Grössenordnung von 1,1 Milliarden Franken** für lokale erneuerbare Wärmeproduktion und 200

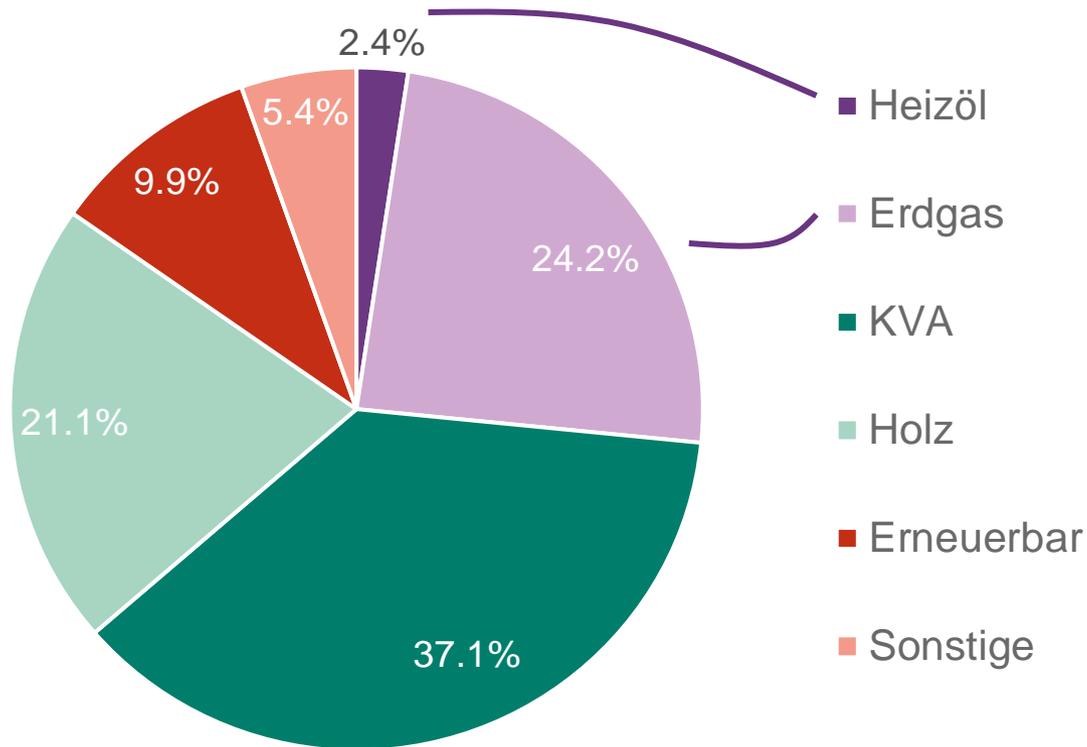
In Genf soll die Energiewende vorangetrieben werden. Der Grosse Rat hat eine Vorlage verabschiedet, mit welcher der Ausbau der thermischen Netze für Fernwärme oder Hydrothermie gesichert werden soll. Veranschlagt sind für das Projekt **4 Milliarden Franken bis 2030**.

## Investitionen

Schaffung einer umfassenden klimafreundlichen öffentlichen Wärmeversorgung durch die IWB

## Wie erneuerbar sind bestehende CH-Wärmenetze?

Primärenergieverbrauch 2020 – TNS Mitglieder



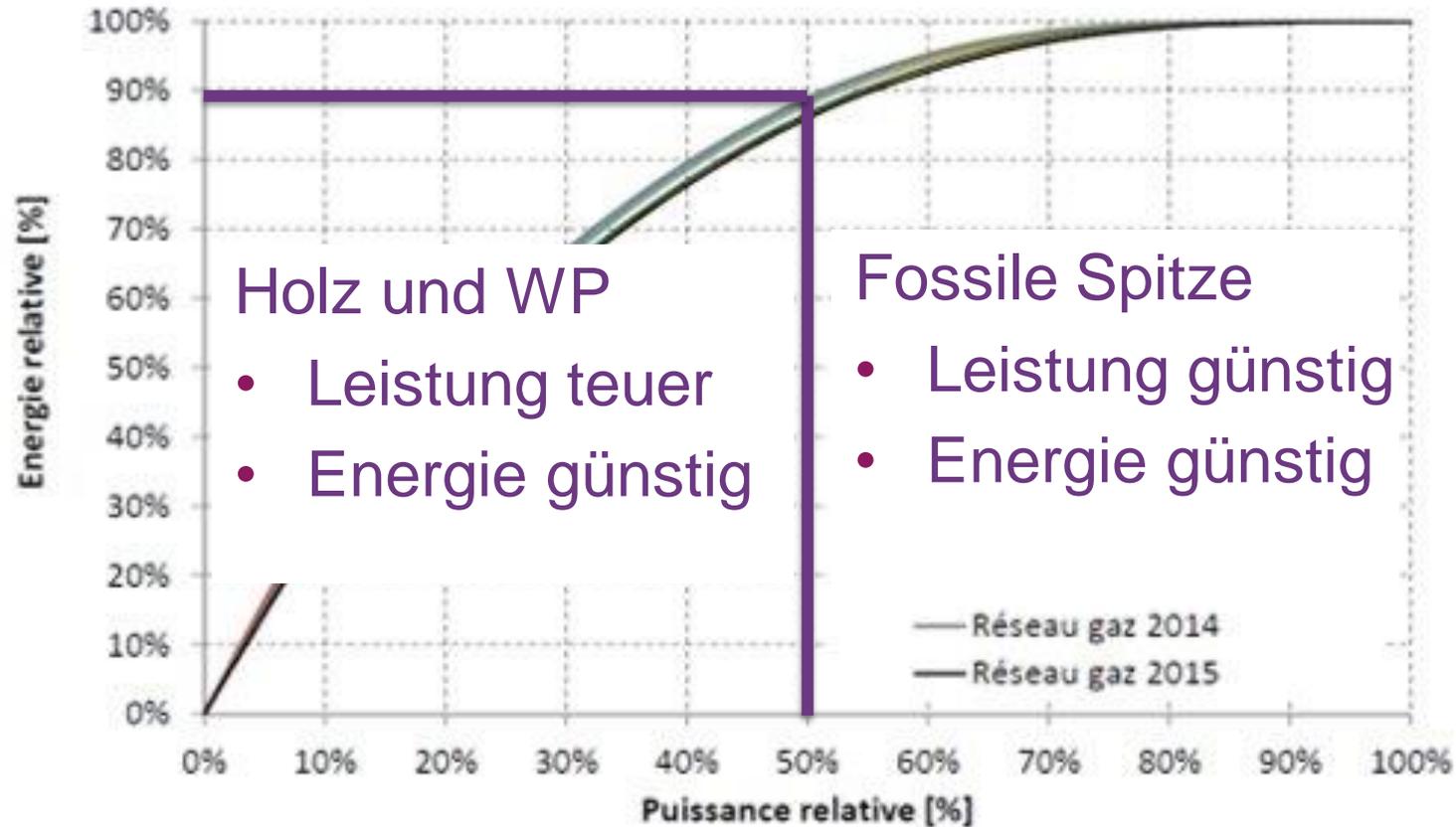
### Anteil fossiler Energieträger > 25% aufgrund

- Historischer Netze
- Wärme-Kraft-Kopplung (WKK)
- Spitzenlastkessel
- Sicherheitsreserve/Redundanz

Quelle: Jahresbericht 2021, Verband thermische Netze Schweiz (TNS)

## Ausgangslage

# 90% der Energie aus 50% der Leistung



Quelle: Marcel Ruegg, SIG, DeCarbCH Networking Conference 2023

# BigStoreDH: Wärmespeicher in Wärmenetzen

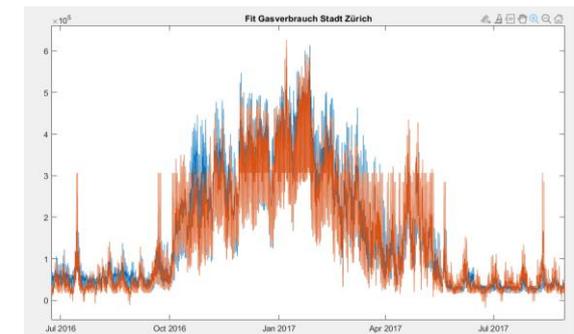
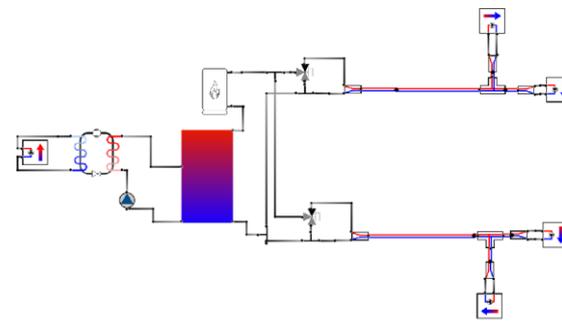
- Wie hoch sind die Kosten, die Umweltwirkungen und die Hindernisse der heutiger Wärmespeichertechnologien?
- Unter welchen Voraussetzungen und in welchen Netztypologien und –Topologien können Speicher unterschiedlicher Bauart und unterschiedlicher Grösse wirtschaftlich eingesetzt werden?
- Welche Rolle können grosse thermische Speicher für die zukünftige Energieversorgung einnehmen?
- Welche Rahmenbedingungen und Förderungen müssen diesbezüglich angepasst werden?

## Generische Netze

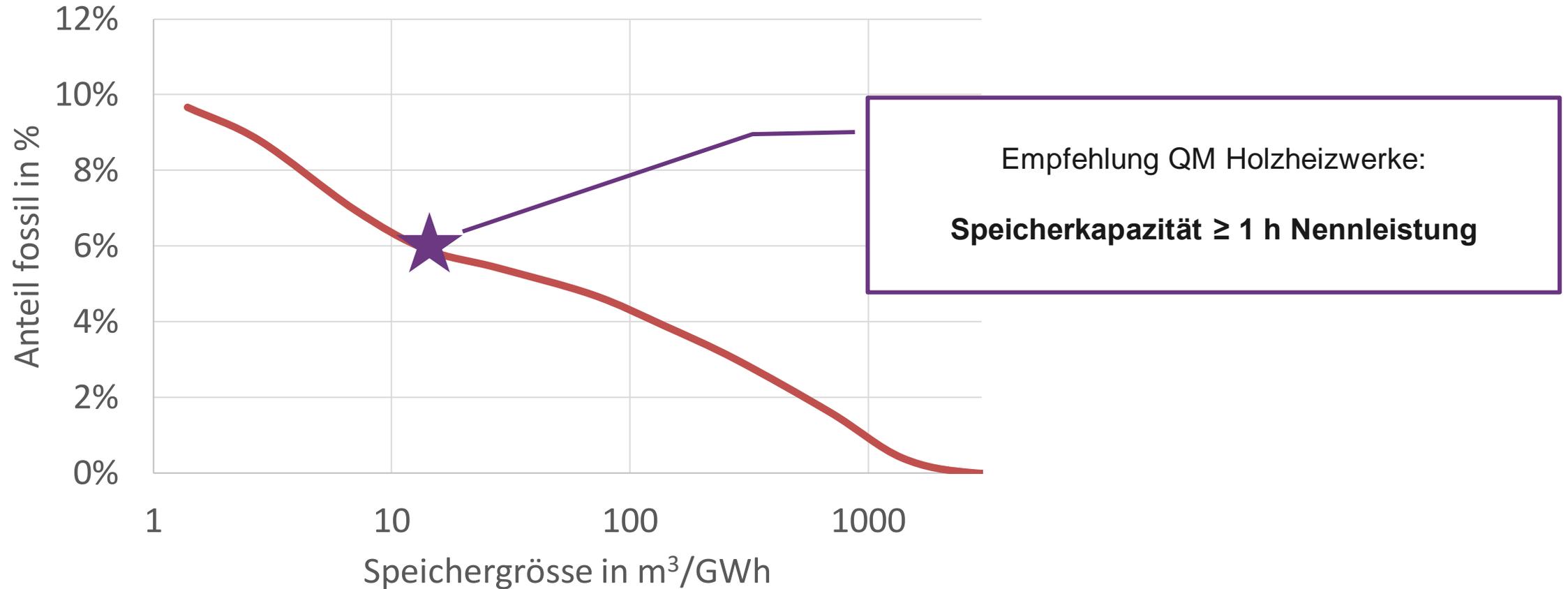
	Biomasse	Umgebungswärme	Abwärme (KVA)
Umgebung	ländlich	suburban	urban
Leistung, MW	0.9	3.7	23.3
Verbrauch, GWh	1.5	7.2	47.6
Netzlänge, km	1.3	2.6	19.8

Bei allen drei Typen werden heute oft fossile Spitzenkessel eingesetzt!

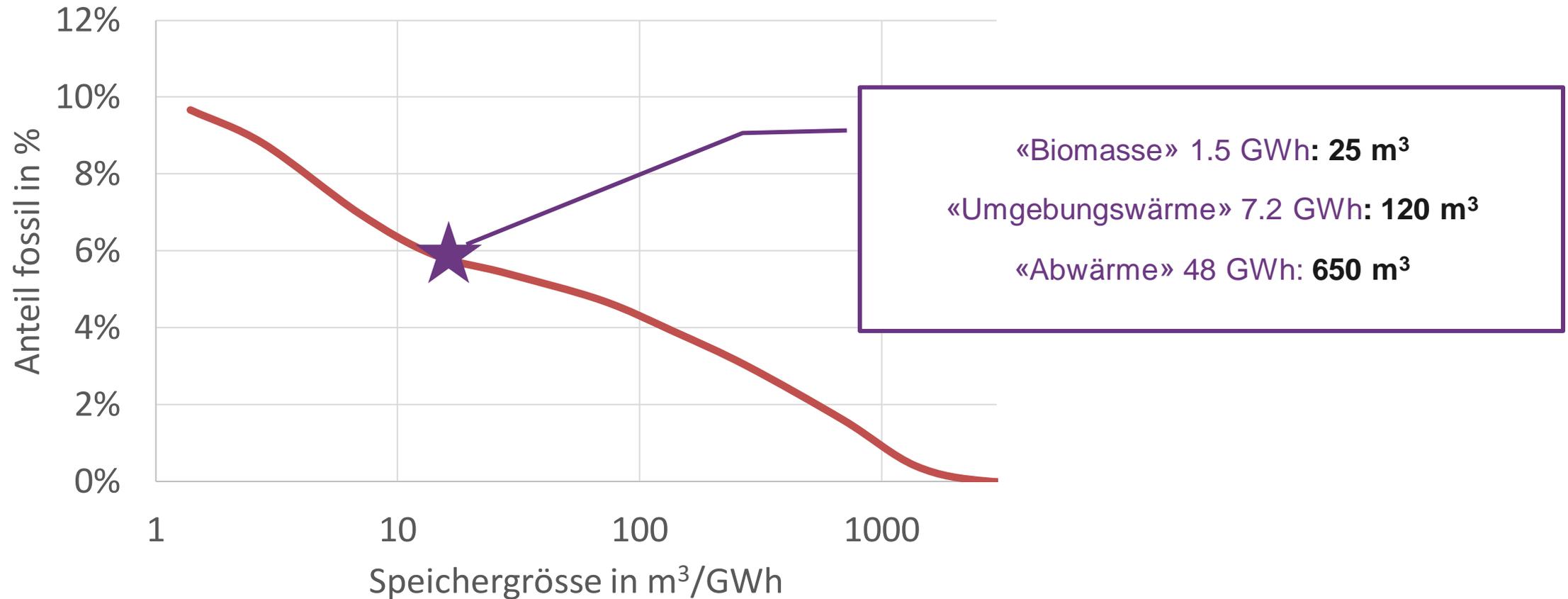
### ➤ Vereinfachte Simulation



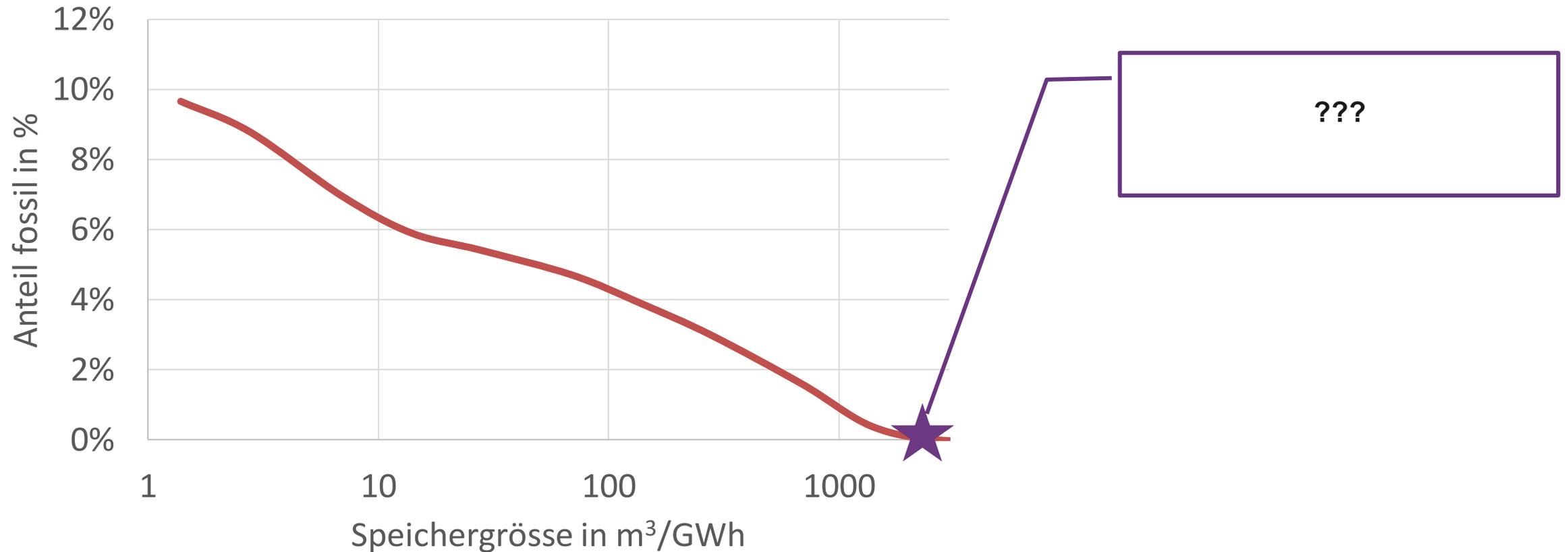
## Einfluss Speichergrösse auf fossilen Spitzenanteil



## Einfluss Speichergrösse auf fossilen Spitzenanteil

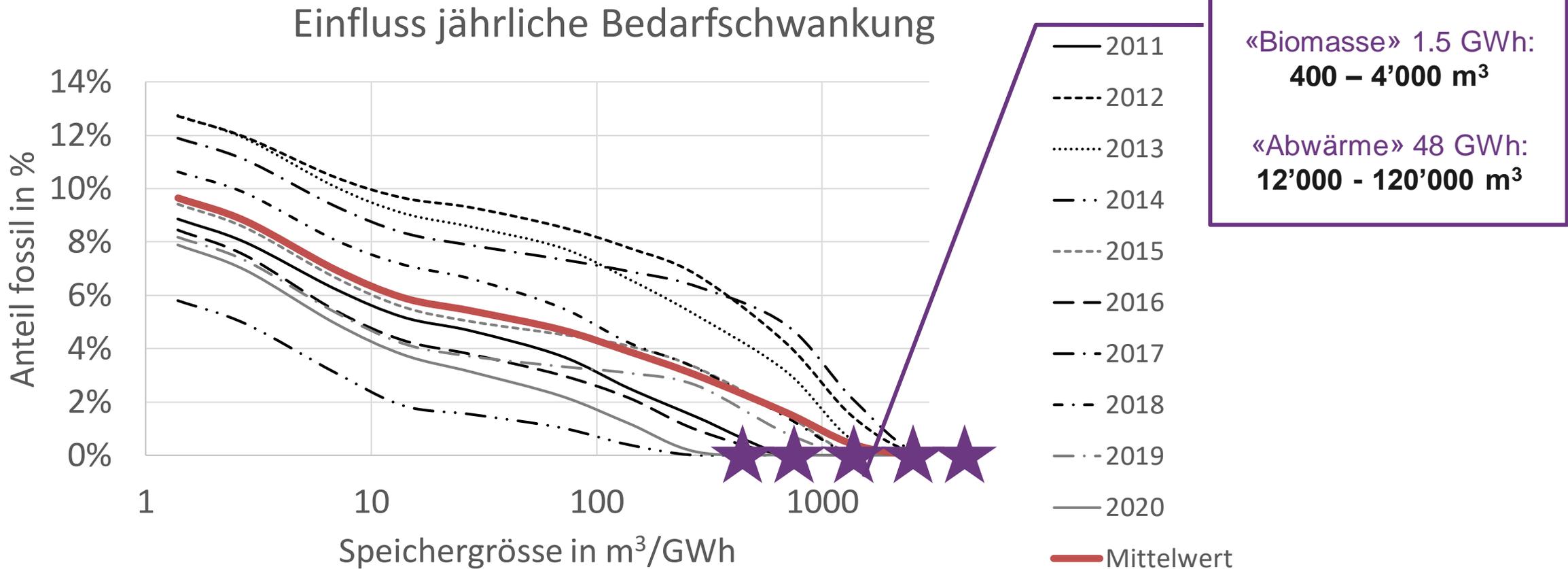


## Einfluss Speichergrösse auf fossilen Spitzenanteil



# Resultate

## Einfluss Speichergrösse auf fossilen Spitzenanteil



# Speichertechnologien

- **Stahltank bedruckt**
- Stahltank drucklos
- Betontank
- Erdbecken
- Erdsonden
- Aquifer



9 x 140 m<sup>3</sup> in Basel

# Speichertechnologien

- Stahltank bedruckt
- **Stahltank drucklos**
- Betontank
- Erdbecken
- Erdsonden
- Aquifer



18'000 m<sup>3</sup> in Ibach, SZ

# Speichertechnologien

- Stahltank bedruckt
- Stahltank drucklos
- **Betontank**
- Erdbecken
- Erdsonden
- Aquifer



6'000 m<sup>3</sup> in München, Deutschland

# Speichertechnologien

- Stahltank bedruckt
- Stahltank drucklos
- Betontank
- **Erdbecken**
- Erdsonden
- Aquifer



60'000 m<sup>3</sup> in Dronninglund, Dänemark

# Speichertechnologien

- Stahltank bedruckt
- Stahltank drucklos
- Betontank
- Erdbecken
- **Erdsonden**
- Aquifer

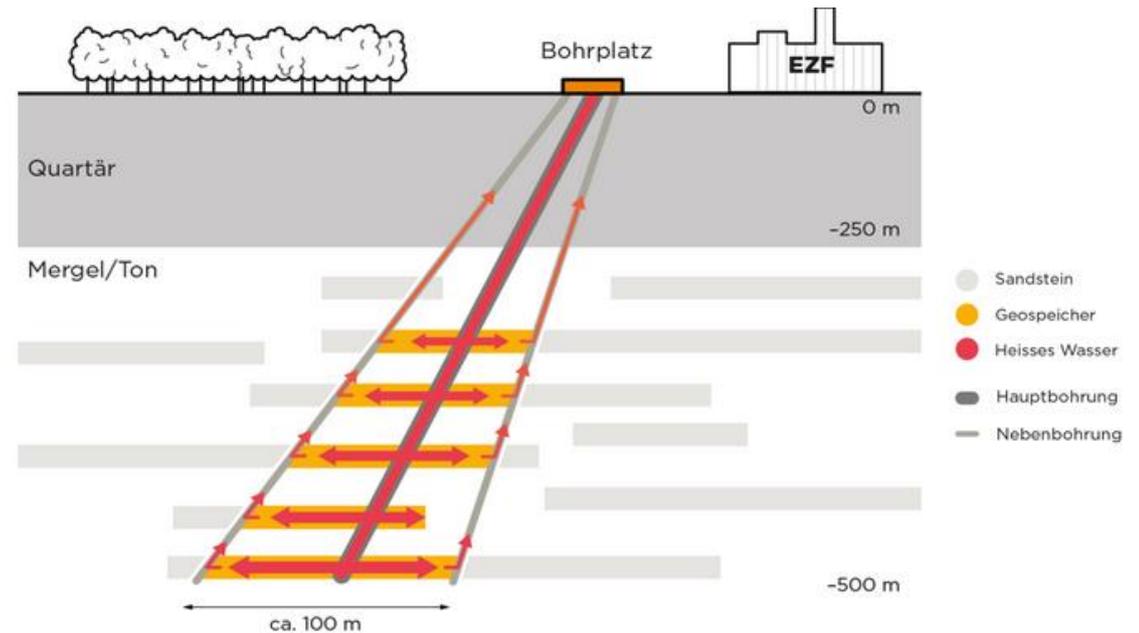


300'000 m<sup>3</sup> Erdreichvolumen in Dübendorf ZH

## Speichertechnologien

- Stahltank bedrückt
- Stahltank drucklos
- Betontank
- Erdbecken
- Erdsonden
- **Aquifer**

In Bau:



Beladewärmemenge: 21'300 MWh/Jahr in Bern

# Erdbecken - Wärmespeicher

## Faktenblatt 4: Wärmespeicher in thermischen Netzen



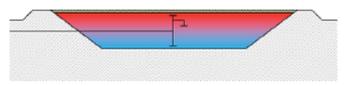
Speichervolumen	5'000 - 500'000 m <sup>3</sup>
Investitionskosten <sup>a</sup>	30 - 200 CHF/m <sup>3</sup>
Temperaturbereich	10 - 95 °C
Speicherdichte <sup>b</sup>	40 - 80 kWh/m <sup>3</sup>
Lebensdauer	20 - 30 Jahre
Platzbedarf (Standfläche)	0.10 - 0.15 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>

<sup>a</sup> ohne Planungs- und Genehmigungskosten  
<sup>b</sup> abhängig von nutzbarer Temperaturdifferenz

<b>Materialien</b>		
Auskleidung	HDPE, PP	2 - 3 mm
Dämmung	Schaumglasschotter	20 - 60 cm
Abdeckung	Blähglasgranulat PEX-Schaum	
Be- / Entladeeinrichtung	Stahl / Edelstahl	

- Vorteile**
- Grosse Speichervolumen möglich
  - Einfache Bauweise
  - Niedrige Investitionskosten möglich
- Bei Wasser als Speichermedium:
- Hohe Be- und Entladeleistungen möglich
  - Als Kurz- und Langzeit-Wärmespeicher verwendbar
  - Gute thermische Schichtung
  - Hohe Speicherkapazität
- Bei Kies-Wasser:
- Oberfläche nutzbar (bei Wasser als Speichermedium nur zu Wartungszwecke begehbar)

- Nachteile**
- Kein Stand der Technik
  - Hoher (Land-) Flächenbedarf
  - Maximaltemperatur 80 - 95 °C
  - Technische Nutzungsdauer von Kunststoffdichtungsbahnen ist stark abhängig vom Jahresgang der Temperaturen
  - Wartung und Instandhaltung schwierig
  - Höhere Investitionskosten an Standorten mit hohem Grundwasserstand (erfordert Wärmedämmung auch seitlich und unten)



Schematische Darstellung eines Erdbeckens - Wärmespeichers

**Technologie**

Bei einem Erdbecken-Wärmespeicher wird eine mit einer Kunststoffdichtungsbahn ausgekleidete Grube befüllt und mit einer wärmegeämmten Abdeckung geschlossen. Bei sehr grossen Speichern kann aufgrund des günstigeren Oberflächen-zu-Volumen Verhältnisses häufig auf eine Wärmedämmung von Boden und Seitenwänden verzichtet werden. Kleinere Erdbeckenspeicher werden zum Teil auch gegen das Erdreich gedämmt. Dies sollte im Einzelfall betrachtet und wirtschaftlich bewertet werden.

Als Speichermedium kann bei Erdbecken-Wärmespeichern entweder Wasser oder ein Kies-Wasser-Gemisch verwendet werden. Wasser als Speichermedium ermöglicht eine hohe Wärmekapazität, ein gutes thermisches Schichtungsverhalten und hohe Be- und Entladeleistungen. Die Abdeckung schwimmt in der Regel auf der Wasseroberfläche und kann nur zu Wartungszwecken betreten werden. Bei der Verwendung von Kies-Wasser-Gemischen sind sowohl die spezifische Wärmekapazität als auch die erreichbaren Temperaturspreizungen im Speicher geringer als bei reinem Wasser. Dafür kann der Deckel auf dem festen Kies aufliegen und stärker belastet werden. Die Oberfläche des Speichers kann so während des Speicherbetriebs genutzt werden, z.B. als Grünanlage oder Parkfläche.

Die Temperaturen im Speicher werden in der Regel durch die technische Nutzungsdauer des Auskleidungsmaterials auf maximal 80 - 95 °C begrenzt. Bei höheren Temperaturen würde die Kunststoffauskleidung zu rasch altern.

Baukosten von Erdbecken-Wärmespeichern werden minimiert, wenn der Erdaushub für den Bau eines Damms um das Erdbecken herum verwendet werden kann, da auf diese Weise kein Erdreich an- oder abtransportiert werden muss und das Volumen des Speichers zusätzlich vergrössert wird. Diese Speicherbauart wird bislang in der Schweiz nicht verwendet. In den vergangenen Jahren wurden jedoch einige grosse Erdbecken-Wärmespeicher (bis 200'000 m<sup>3</sup> Wasservolumen) zur saisonalen Speicherung von solarthermischer Wärme in Dänemark realisiert. Grosse Erdbeckenspeicher werden sowohl direkt als auch mit Hilfe von Wärmepumpen auf tiefe Temperaturen von bis zu 10 - 15 °C entladen, wodurch die nutzbare Speicherkapazität deutlich erhöht werden kann.

Bei wassergefüllten Speichern erfolgt die Be- und Entladung durch Diffusoren. Bei Kies-Wasser gefüllten Speichern durch Kunststoff-Rohrleitungen als Wärmeübertrager oder durch Brunnen-schächte.



Bau des Erdbeckens - Wärmespeichers in Dronninglund (DK, 60'000 m<sup>3</sup>)



Der Erdbecken - Wärmespeicher in Dronninglund im Endzustand (Stand 2020)

**Situation in der Schweiz / in Europa realisierte Projekte**

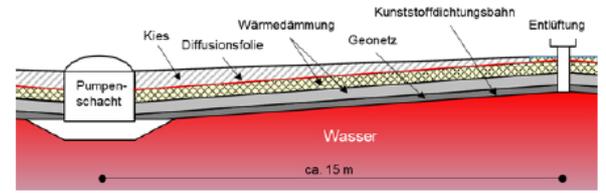
Speicher in der Ausführung als Erdbecken-Wärmespeicher wurden in der Schweiz bisher (Stand 2022) nicht gebaut.

- Mehrere Projekte wurden jedoch in Europa realisiert (Ort, Land, Volumen Speichermedium, Jahr):
- [Dronninglund](#), DK, 60'000 m<sup>3</sup> Wasser, 2014
  - [Marstal](#), DK, 75'000 m<sup>3</sup> Wasser, 2012
  - [Gram](#), DK, 120'000 m<sup>3</sup> Wasser, 2015
  - [Vojens](#), DK, 210'000 m<sup>3</sup> Wasser, 2015
  - [Toflund](#), DK, 85'000 m<sup>3</sup> Wasser, 2017
  - [Hoje Taastrup](#), DK, 70'000 m<sup>3</sup> Wasser 2022
  - [Eggenstein-Leopoldshafen](#), DE, 4'500 m<sup>3</sup> Kies-Wasser, 2008

**Wandaufbauten**

Für die Auskleidung von Erdbecken-Wärmespeichern werden üblicherweise Kunststoffdichtungsbahnen auf Basis von Polyethylen mit hoher Dichte (HDPE) oder Polypropylen (PP) verwendet. Diese werden auf dem Erdreich auf einer Schutzlage in breiten Bahnen ausgelegt und wasserdicht verschweisst. Da Kunststoffdichtungsbahnen nicht Wasserdampfdiffusionsdicht sind, findet trotz der Wasserdichtigkeit während des Speicherbetriebs ein Feuchtetransport über den Wandaufbau durch Diffusionsvorgänge statt. Dies beeinträchtigt insbesondere die Wirksamkeit von Dämmschichten stark und muss daher konstruktiv berücksichtigt werden.

**Ausschnitt eines möglichen Spelcherdeckelaufbaus, der auch den Anforderungen, wie Ableitung von Niederschlagswasser von oben sowie Luftansammlungen von unten, Rechnung trägt.**  
 (Patent Aalborg CSP)



**Relevante Quellen / weiterführende Informationen**

- Haller M., Ruesch F.: Saisonale Wärmespeicher – Stand der Technik und Ausblick, Fokusstudie im Auftrag des Forums Energiespeicher Schweiz, Institut für Solartechnik SPF, Hochschule für Technik HSR, Rapperswil, 2019
- Van Helden W., et al.: Saisonale Speicher zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien für Distrikte, Endbericht des FFG-Vorhabens gigaTES (Proj.-Nr. 860949), AEE INTEC, Gleisdorf, AT, 2021
- Pauschinger T., Schmidt T., Sørensen P.A., Sniijders A., Djebbar R., Boulter R., Thornton J.: Design Aspects for Large-Scale Aquifer and Pit Thermal Energy Storage for District Heating and Cooling, *IEA DHC Annex XII Report*, 2020
- Sveinbjörnsson D., From, N., Sørensen P.A., Schmidt T., Klöck, M., Pauschinger T.: Pit Thermal Energy Storage for Smart District Heating and Cooling - Technical Report, *IEA DHC Annex XII Report*, 2020
- Sørensen P.A.: Best Practice for implementation and operation of large scale Borehole and Pit Heat Thermal Storages - Based on Danish experiences, Bericht des EUDP Vorhabens "Follow up on large scale heat storages in Denmark", PlanEnergi, DK, 2019
- VDI-Richtlinie 4640 Blatt 3, Thermische Nutzung des Untergrundes - Unterirdische Thermische Energiespeicher, in Überarbeitung, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, DE

**Kontakt**  
 Florian Ruesch  
 OST – Ostschweizer Fachhochschule,  
 Campus Rapperswil-Jona  
 Oberseestrasse 10, 8640 Rapperswil  
 +41 068 257 48 31, florian.ruesch@ost.ch

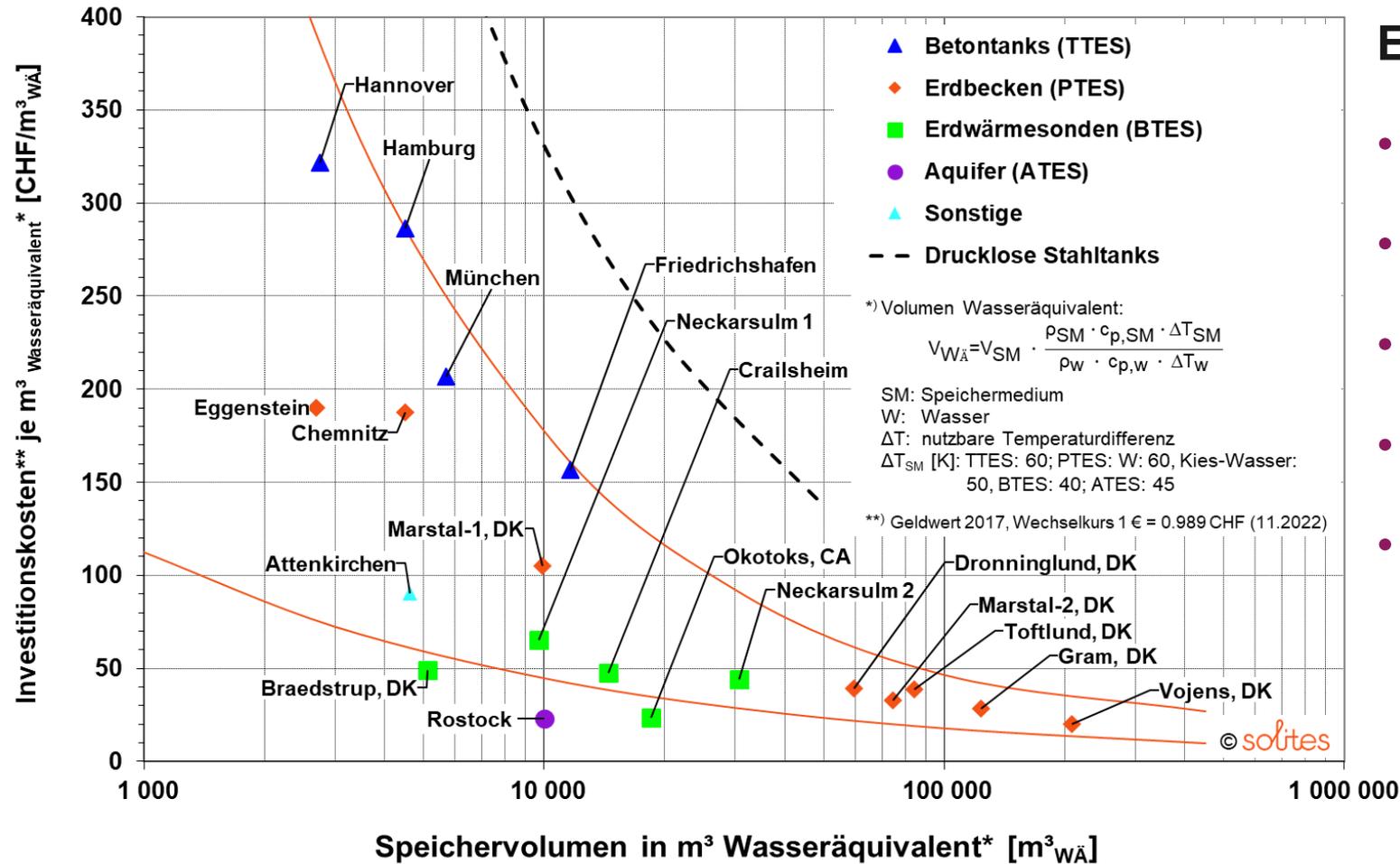
Erstellt im Rahmen des Forschungsprojektes BigStoreDH, Bundesamt für Energie (BFE), Programm Solarwärme und Wärmespeicher - Version 1.0.

Scan to download



# Kosten

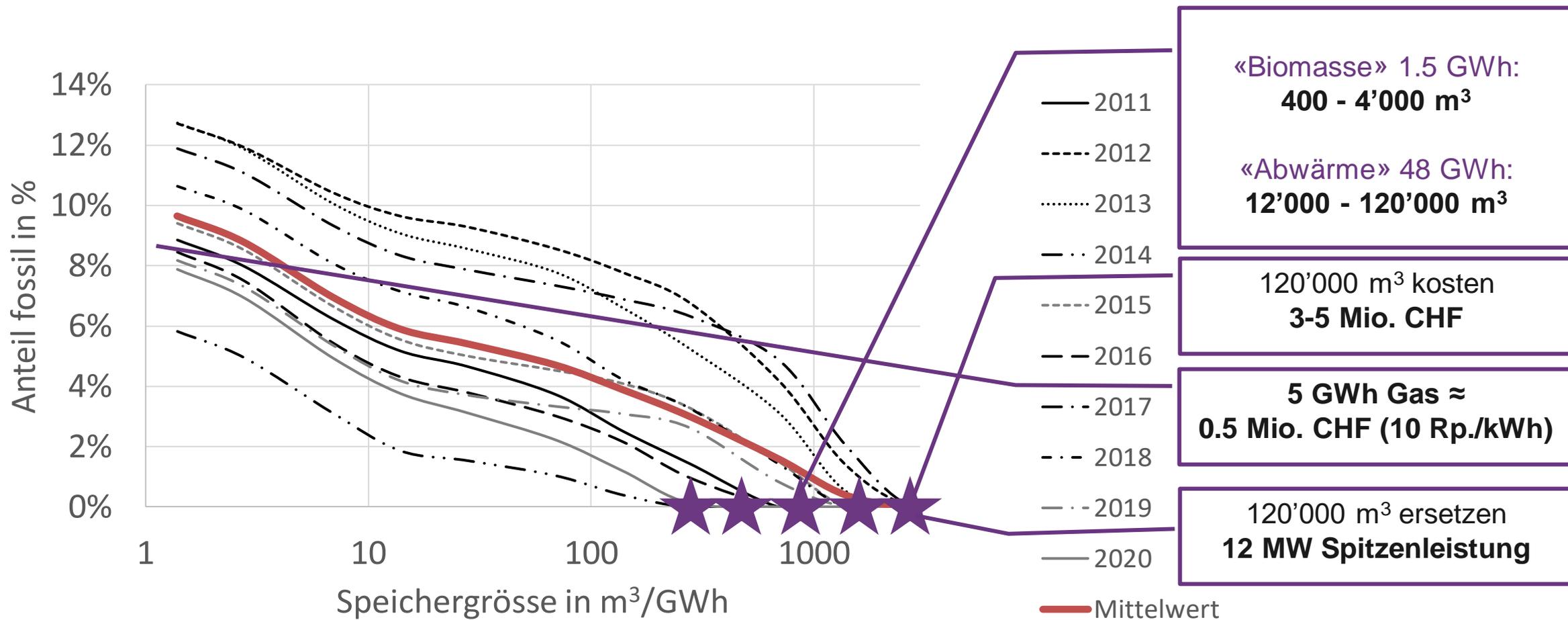
## Kostendegression



### Einfluss auf Wirtschaftlichkeit

- Speicherzyklen pro Jahr
- Investitionskosten
- Wert Energie Entladung
- Wert Energie Beladung
- Speichereffizienz, -verluste

## Kostenrelationen



# Grosse Wärmespeicher in Wärmenetzen

- Können (fossile) Spitzenlasten decken bzw. ersetzen
- Vermindern Taktung der Wärmeerzeuger und ermöglichen dadurch einen effizienteren und schonenderen Betrieb
- Ermöglichen einen stromgeführten Betrieb von WKK-Anlagen und Wärmepumpen
- Speichern erneuerbare Sommer-Energie (Sonnenenergie oder Abwärme) in den Winter
- Erleichtern die Steuerung und das Zusammenspiel unterschiedlicher Wärmequellen
- Können knapp dimensionierte Netzarme entlasten (bei dezentraler Platzierung)

# DANKE!

Download Factsheets: [www.spf.ch/BigStoreDH](http://www.spf.ch/BigStoreDH)

 Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Federal Office of Energy SFOE







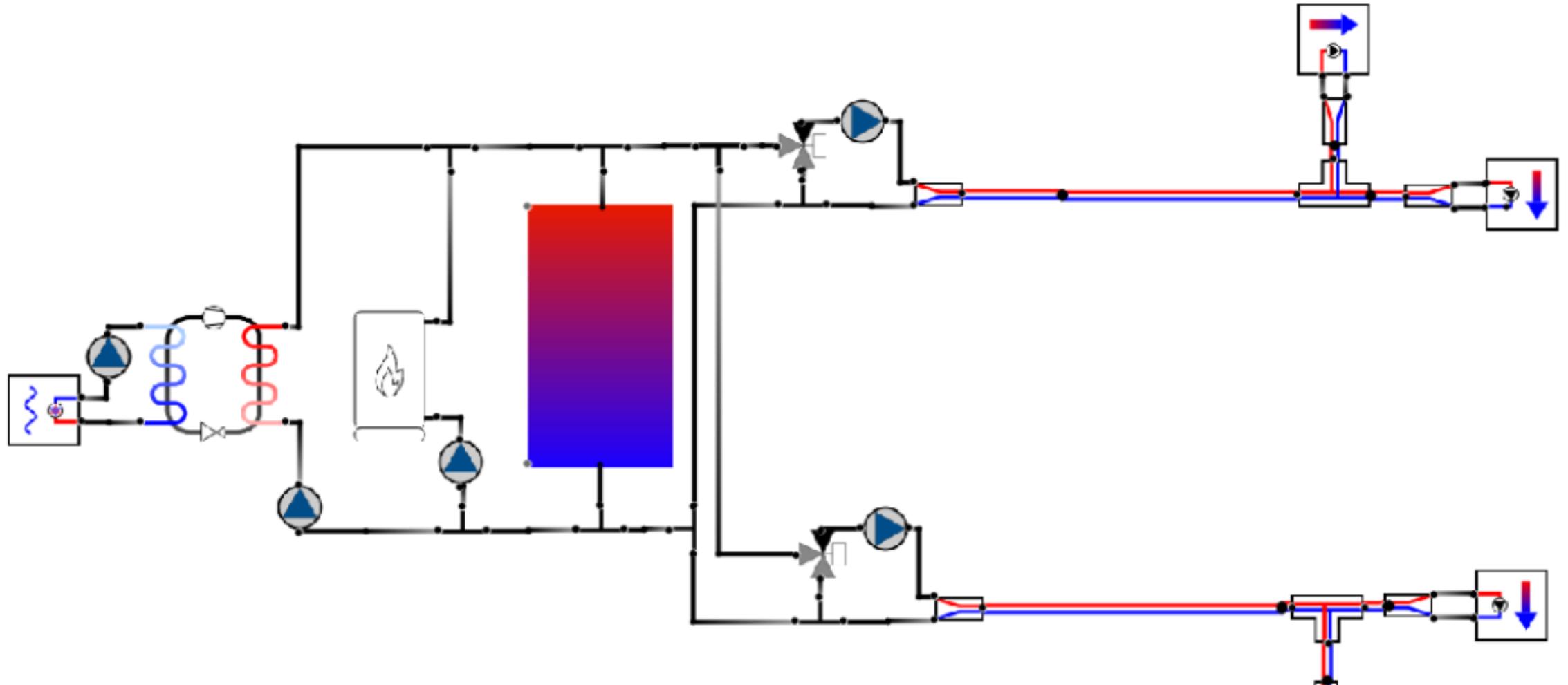




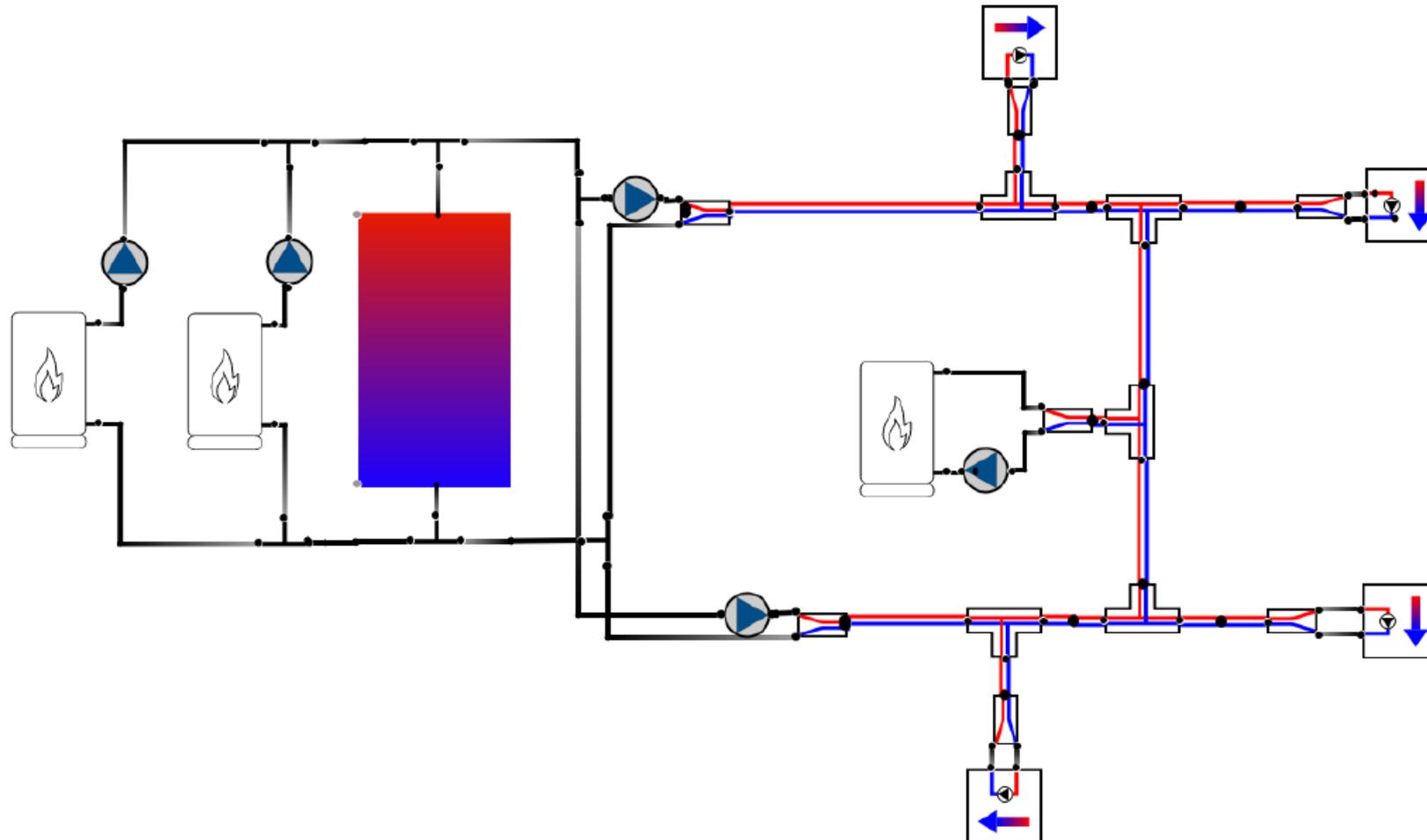




# Wärmepumpe, Spitzendeckung und mehreren Strängen



## Abwärme aus KVA, Spitzendeckung, dezentrale Einspeisung



# Kennwerte der generischen Netze

	Biomasse	Umgebungswärme	Abwärme (KVA)
Leistung [MW]	0.9	3.7	23.3
Verbrauch [GWh]	1.5	7.2	47.6
Netzlänge [km]	1.3	2.6	19.8
Vorlauftemperatur [°C]	80	70	110
Rücklauftemperatur [°C]	50	40	60
Kunden	Wohnen	Wohnen MFH	Wohnen & Gewerbe
Netztopologie	Ein Strang	Mehrere Stränge	Maschen
Umgebung	ländlich	suburban	urban