



SWEET Call 1-2020: DeCarbCH

Deliverable report

Deliverable n°	2.2.1
Deliverable name	Gewinnbringende Integration saisonaler Wärmespeicher in Schweizer Fernwärmenetzen. Ergebnisse des Workshops am 3. März 2023, im Rahmen von SWEET-DeCarbCH WP2 / 6
Authors The authors bear the entire responsibility for the content of this report and for the conclusions drawn therefrom.	Matthias Speich, ZHAW Institute for Sustainable Department Silvia Ulli-Beer, ZHAW Institute for Sustainable Department matthias.speich@zhaw.ch
Delivery date	04/2024

Gewinnbringende Integration saisonaler Wärmespeicher in Schweizer Fernwärmenetzen

Ergebnisse des Workshops am 3. März 2023, im Rahmen von
SWEET-DeCarbCH WP2 / 6

Matthias Speich & Silvia Ulli-Beer (ZHAW, Institut für Nachhaltige Entwicklung)

Unter Mitwirkung von: Núria Duran Adroher & Richard Lüchinger (HSLU, Kompetenzzentrum Thermische
Energiespeicherung)

Dieser Foliensatz ist das Ergebnis eines Workshops, der am 3. März 2023 im Rahmen des Forschungsprojekts SWEET-DeCarbCH durchgeführt wurde. Ziel des Workshops war es, durch den Austausch zwischen Praxis, Behörden und Forschung **eine Strategie für den gewinnbringenden Einsatz von saisonalen thermischen Energiespeichern in Schweizer thermischen Netzen** zu skizzieren.

Aus den Diskussionen wurde ein **grosser Bedarf an Austausch und Informationen** deutlich, und viele unterschiedliche Themenkomplexe wurden angesprochen. Infolge dessen wurde das Workshop-Programm etwas abgeändert, um diese vielfältigen offenen Fragen zu sammeln. Dieser Foliensatz dokumentiert und strukturiert diese Fragestellungen und soll somit als **Orientierung für die zukünftige Zusammenarbeit von Forschung und Praxis** dienen.

Einführung (Folien 4-6)

- Erwartungen der Teilnehmenden

Das Wertversprechen von saisonalen thermischen Speichern (Folien 7-11)

- Welche Dimensionen des Nutzenversprechens saisonaler thermischer Speicherung werden als besonders wichtig wahrgenommen?

Strukturen, Ressourcen und Randbedingungen (Folien 12-24)

- Welche Akteursgruppen spielen welche Rolle bezüglich saisonaler thermischer Energiespeicherung? Welche Ressourcen und Randbedingungen sind notwendig?

Offene Fragen (Folien 25-30)

- Bei welchen konkreten Fragen kann die Wissenschaft Unterstützung leisten?

Fazit (Folien 31-33)

Anhang: Folien zur Fallstudie Hennigsdorf (DE)

Einführung

Zeit: Freitag, 3. März 2023, 13-17 Uhr.

Ort: ZHAW-Gebäude ZL, Lagerstrasse 41, Zürich.

Teilnehmende:

- Vertreterinnen und Vertreter von Betreibern thermischer Netze (11 Organisationen) und Behörden (Bundesamt für Energie und städtische Behörden), sowie Forscherinnen und Forscher des DeCarbCH-Konsortiums (mit Expertise zu Energiesystemen, Energieverteilungs- und Speichertechnologien, sowie regulatorischen und sozio-ökonomischen Aspekte thermischer Netze).
- Insgesamt 32 Teilnehmende.

Netz-/KVA-Betreiber

(Saisonale) Wärmespeicher werden als **zukünftige Option** gesehen (z.T. in Masterplan / Strategie).

- Welche **Möglichkeiten** kommen für uns in Frage?
- **Wissensstand** abholen; Best Practices & Learnings.
- Politisch soll die **Dringlichkeit** des Themas ankommen.

Behörden

- Rolle der Energie-/Raumplanung als planerische Voraussetzung.
- Welche Rolle spielen welche Akteure?
- Wo liegen Hemmnisse und Chancen?
- Welche Forschungsschwerpunkte sollen gefördert werden?

**Generelles Bedürfnis auf allen Seiten:
Austausch, Vernetzung, Puls fühlen.**

Forschung

Der **systemische Wert** von Wärmespeichern ist bekannt (z.B. aus Modellsimulationen).

- Erfolgsversprechende **Cases identifizieren** für erste Umsetzungen/Demonstratoren (lernen on-the-go).
- **Bedürfnisse aufnehmen:** wie kann die Forschung unterstützen (bei technologischen, rechtlichen, sozio-ökonomischen Fragestellungen)?

Das Wertversprechen von saisonalen thermischen Speichern (STES)

Potenzial, das

Alternative Schreibung **Potential**

Grammatik Substantiv (Neutrum) · Genitiv Singular: **Potenzials** · Nominativ Plural: **Potenziale**

Aussprache 

Worttrennung Po-ten-zi-al • Po-ten-ti-al

Rechtschreibregel § 32 (2)

Wortbildung mit ›Potenzial‹ als Erstglied: [Potentialanalyse](#) ... [5 weitere](#) · mit ›Potenzial‹ als Letztglied: [Aggressionspotential](#) ... [103 weitere](#)

Herkunft zu **potentiālis**_{spätlat} 'mächtig, wirksam, möglich'

Bedeutungsübersicht

1. Gesamtheit der vorhandenen Mittel und Möglichkeiten, vorhandene Leistungsfähigkeit, Wirkungsfähigkeit, besonders in der Technik, Ökonomie, Wissenschaft
2. [Physik] Maß für die Stärke eines elektrischen oder magnetischen Feldes an einem Punkt

Quelle: dwds.de

Wir verstehen hier «Potenzial» im Sinne eines **Wertversprechens**: der Einsatz von saisonalen Wärmespeichern soll zu **positiven Auswirkungen** für Kunden, Netzbetreiber, weitere Unternehmen und/oder die Gesellschaft führen.

→ Wie kann dieses Potenzial realisiert werden?

Teilnehmende wurden aufgefordert, die verschiedenen Dimensionen des Wertversprechens von STES zu priorisieren. Jede Person konnte pro Spalte maximal 3 Sticker setzen. Die untenstehende Tabelle gibt die Priorisierung wider und die nachfolgenden Folien fassen die darauf folgende Diskussion zusammen.

Welche dieser Aspekte des Wertversprechens saisonaler Wärmespeicher erachten Sie als besonders...	... wichtig zu erreichen?	... einfach zu erreichen?	... schwierig zu erreichen?
Gesellschaftlicher Mehrwert			
Reduktion des Winterstrombedarfs	10	0	5
Bessere Ausnutzung von lokalen Energiequellen	9	4	0
Integration von sonst nicht nutzbaren, lokalen Energiepotenzialen	8	4	0
Dekarbonisierung der Spitzenlast und -energie	7	2	2
Gesteigerte Resilienz der Energieversorgung	2	1	0
Entlastung des Elektrizitätsnetzes	1	0	3
Reduktion von Abhängigkeiten (fossil)	1	0	0
Mehrwert für die Zusammenarbeit zwischen Organisationen			
Inwertsetzung von sonst ungenutzten Energiepotenzialen	3	5	0
Flexibilitätsdienstleistungen durch das Fernwärmenetz für das weitere Energiesystem	1	3	0
Industrielle Abwärme nutzen => Business-Modelle ermöglichen	1	4	0
Mehrwert für Netzbetreiber			
Verbesserte Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung	2	1	12
Bereitschaft für zukünftige Anforderungen (Sektorenkopplung)	1	1	0
Leistungssteigerung => Mehr Kunden bedienen	2	0	0
Sichtbarkeit/Image	0	3	0
Compliance	2	0	0
Kundenmehrwert			
Tiefere Preise für Fernwärme	0	0	10
Verbesserung der Versorgungssicherheit	7	4	0
Ökologischer Mehrwert durch grösseren Anteil CO ₂ -Armer / erneuerbarer Wärmequellen	6	3	1
Stärkung der lokalen Wertschöpfung durch bessere Ausnutzung lokaler Energiepotenziale	4	1	1
Langfristig planbare Preise	1	0	4
Summe	68	36	38

Wertdimension von STES	Genannte Alternativen zu STES
Reduktion des Winterstrombedarfs	Bessere Effizienz von WP, Stromimporte, Biomasse, synthetische Brennstoffe (WKK)
Bessere Ausnutzung von lokalen Energiequellen (v.a KVA-Abwärme)	Saisonale Lagerung von Abfall
Integration von sonst nicht nutzbaren, lokalen Energiequellen (z.B. Abwärme Industrie / Rechenzenter)	
Dekarbonisierung der Wärmeversorgung an Spitzentagen	Biomasse, synthetische Brennstoffe (WKK)
Verbesserung der Versorgungssicherheit	Biomasse, synthetische Brennstoffe (WKK)

Auswahl: Aspekte des Wertversprechens von STES, die bezüglich Wichtigkeit mit mindestens 7 Punkten bewertet wurden. Die rechte Spalte listet für jede Wertdimension die in der Diskussion genannten Alternativen zu STES.

=> Es braucht einen **Gesamtvergleich** von verschiedenen Optionen (STES-Technologien und Alternativen) hinsichtlich:

- Wirtschaftlichkeit unter verschiedenen Randbedingungen.
- technischer Machbarkeit.
- Verfügbarkeit von Ressourcen.
- notwendigen Anpassungen (z.B. Ausbau von Infrastruktur oder KVA-Kapazitäten).
- regulatorischer Randbedingungen
- relevanter ökologischer Auswirkungen (z.B. Methanemissionen bei Abfalllagerung).
- Akzeptanz von Bauprojekten.

Die mögliche Rolle von STES (Vor- und Nachteile gegenüber Alternativen) hängt stark vom **lokalen Kontext** ab:

- Bestehende Infrastruktur, verfügbarer Platz, Beschaffenheit der Untergrundes, etc.
- Technologie-Bewertungen und –Vergleiche sind also **nur bedingt generalisierbar**.

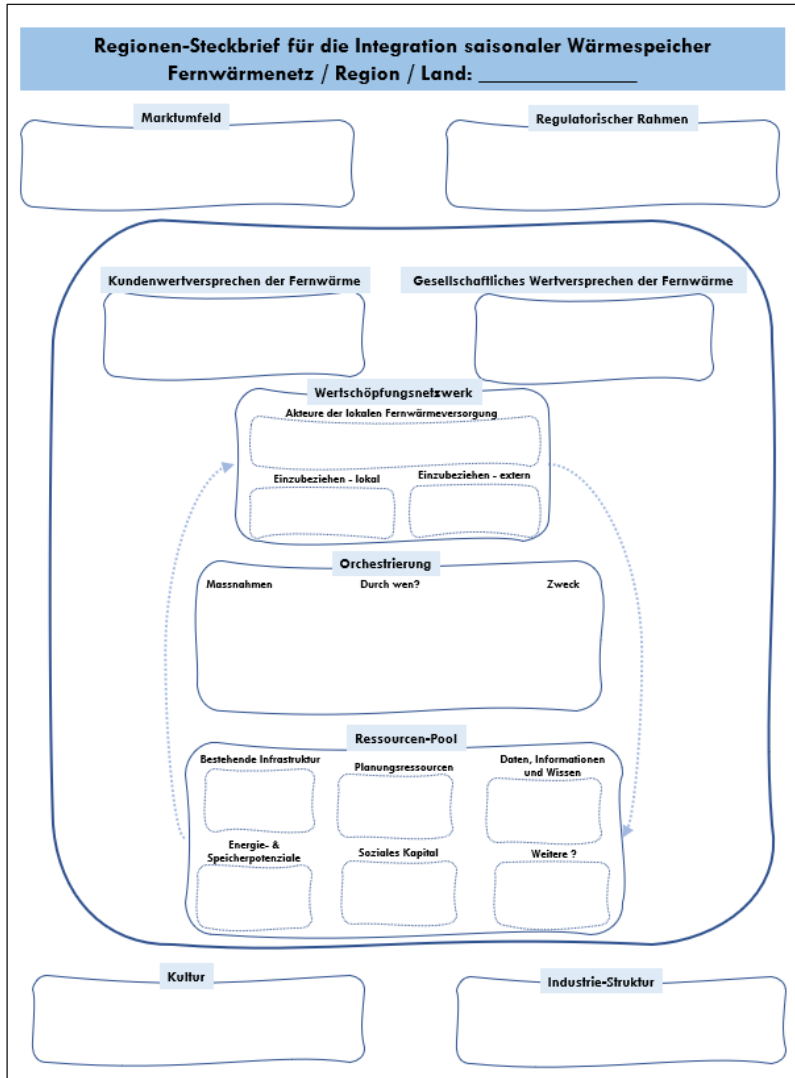
Wie schwierig (bzw. riskant) es ist, das Wertversprechen von STES zu realisieren, hängt stark von der machbaren / gewählten technologischen Lösung ab:

- Bei Lösungen im Untergrund (z.B. Geospeicher) besteht ein **Fündigkeitsrisiko** bezüglich geeigneter Schichten.
- Hinsichtlich **langfristiger Planbarkeit** unterscheiden sich solche Vorhaben also deutlich von oberflächennahen Lösungen.

Strukturen, Ressourcen und Randbedingungen

In diesem Teil des Workshops wurden die Teilnehmenden aufgefordert, in Gruppen von ca. 7 Personen die im Workshop vertretenen Gebiete zu charakterisieren. Grundlage dafür bildet der **Regionen-Steckbrief**, dessen Struktur auf folgender Folie beschrieben wird. In jeder Gruppe waren Behörden, Forschung und 2-4 Energieversorger vertreten.

Anschliessend wurden die Ergebnisse jeder Gruppe kurz im Plenum vorgestellt. Die Ergebnis-Folien am Ende dieses Abschnitts fassen die Erkenntnisse zu den verschiedenen Steckbrief-Dimensionen zusammen. Diese Folien stellen nicht die Situation an einem bestimmten Ort dar, sondern geben eine **Übersicht** der genannten Faktoren, die die Voraussetzungen für die Integration von TES beeinflussen.



Welche **Randbedingungen** (politisch / regulatorisch, ökonomisch, kulturell und strukturell) charakterisieren die Region?

Welches sind die ökonomischen und gesellschaftlichen **Wertversprechen** der Fernwärme?

Welche **Akteure** sind am Bau und Betrieb des Wärmenetzes beteiligt? Welche weiteren Akteure sollten für den Bau eines Grosswärmespeichers einbezogen werden?

Welche **Ressourcen** (z.B. Infrastruktur, potenzielle Standorte, Energieplan/-strategie, Datensätze) bilden die Ausgangslage für den Einsatz eines Grosswärmespeichers?

Wie und von wem wird das Zusammenspiel von Akteuren und Ressourcen **orchestriert**?

Welche Akteure sind an der lokalen Fernwärmeversorgung beteiligt, und welche Rolle spielen sie für die Integration von TES ?

Behörden (kommunal / kantonal): strategische Planung, Koordination, Bewilligung.

- Spezifische Fachkenntnisse zu TES sind nicht immer vorhanden → Hindernis bei Bewilligungsverfahren.

KVA-Betreiber

- Mögliche Zielkonflikte zwischen Abfall- und Energiewirtschaft (s. Folie 16).

Energieversorger

- Risikobereitschaft und –fähigkeit (v.a. bei Grossprojekten mit hohem Umsetzungsrisiko, z.B. Geospeicher).

Kunden

- Aus der Sicht eines Energieversorgers: technische und techno-ökonomische Zusammenhänge sind für viele Kunden nicht immer klar ersichtlich – dies erschwert die **Akzeptanz** von z.B. Preisanpassungen.

Welche zusätzlichen Akteure müssen für den Bau von TES mit einbezogen werden ?

Planungs- und Baufirmen mit spezifischen Kenntnissen.

Potenzielle Grosskunden und Abwärmelieferanten für thermische Netze, z.B. **Industriebetriebe** (s. Folie 17) und Betreiber von **Rechenzentren** (s. Folie 18).

- Anzahl, Energieverbrauch (Wärme/Kälte), Standort und Abwärmepotenzial.

Potenzielle **Partner** für die Nutzung von Synergien.

- Landwirtschaftsbetriebe (vertikal differenzierte Flächennutzung und Rückgewinnung von Wärmeverlusten, z.B. in Gewächshäusern).

Regionaler **Energieversorger** (Elektrizität).

KVA-Betreiber nehmen eine zentrale Rolle ein:

Ausgangslage und Trends in der Abfallwirtschaft:

- Abfallmenge wird **zunehmen** & **Qualität** ändert sich.
- **Saisonalität** bei Abfallmengen (weniger im Winter wegen eingeschränkter Bautätigkeit).

Die **saisonale Lagerung von Abfall** wird als Alternative zur thermischen Energiespeicherung diskutiert. Diese Option birgt jedoch auch Herausforderungen :

- Für die langfristige Lagerung von Abfall ist eine **Sortierung** notwendig.
- Bei biogenen Abfällen stellt sich das Problem der **Methanemissionen & Geruchsimmissionen**.
- Für zusätzliche Lagerflächen / -hallen wird **Platz** benötigt. Aufgrund von Erfahrungen mit der saisonalen Lagerung von Altholz werden sehr hohe **Lagerungskosten** für möglich gehalten.
- Folgende Lösungsansätze wurden thematisiert:
 - → **Pyrolyse** zur Verbesserung der Haltbarkeit?
 - → Kann die anfallende **Abfallmenge zeitlich gesteuert** werden (z.B. zeitlich variable Abfalltarife / Entsorgungsgutscheine)?

Schnittstelle zwischen Abfall- und Energiewirtschaft:

- Bei saisonal differenzierter Energieproduktion wäre ein **Ausbau der KVA-Kapazität** notwendig → Frage der Wirtschaftlichkeit / Auslastung.
- Generell müssen KVA-Betreiber die **Nutzung von Abwärme priorisieren** (zwischen Elektrizität, Wärme und in der Zukunft auch CCUS).

Die Rolle der **Industriebetriebe als potenzielle Abwärmelieferanten** wurde in der Plenardiskussion aufgegriffen – die Diskussion drehte sich dabei nicht ausschliesslich um Speicherung:

Die Nutzung industrieller Abwärme in thermischen Netzen birgt **Risiken für den Netzbetreiber wie auch für den Abwärmelieferanten**. Welche Risiken stehen im Vordergrund, wie wird damit umgegangen, und was könnte das Problem entschärfen?

- Aus der Sicht der Industriebetriebe besteht ein grosses Risiko in dem **wahrgenommenen Druck**, langfristig und möglicherweise immer mehr Energie liefern zu müssen. Infolgedessen ist bei vielen Betrieben die Bereitschaft, Abwärme zu liefern, gering.
- Für Energieversorger hätte der **Wegfall der Energiequelle** gravierende Folgen. Aufgrund dieses Risikos werden Abwärmequellen in der Energieplanung oftmals nicht berücksichtigt. Staatlich gedeckte Versicherungsmodelle könnten geschäftliche Risiken auffangen, aber wichtig ist auch, dass die Versorgungssicherheit gewährleistet ist.

Betreiber von Rechenzentren sind häufig noch nicht ins lokale Energiesystem eingebunden (hinsichtlich Rückgewinnung der Abwärme):

In den letzten Jahren fand ein **schnelles Wachstum von Rechenzentren** statt; es wird erwartet, dass dieses sich weiter fortsetzt.

Die Abwärme aus Rechenzentren fällt **ganzjährlich** an. Saisonale Speicher würden eine bessere Ausnützung dieser Energiequelle ermöglichen.

- Unsicherheit bezüglich der günstigsten **technologischen Variante**: soll die Wärme auf niedrigerem oder höherem Temperaturniveau gespeichert werden?

Die Ausgangslage ist anders als bei KVA: beim Bau von thermischen Netzen würde es sich um **Grüne-Wiese-Projekte** handeln.

- Thermische Netze können von Grund auf mit Speichern geplant werden.
- Eine **strategische Planung** der zukünftigen Standorte würde die Erschliessung dieser Abwärmequellen vereinfachen.

Welche **Beziehungen zwischen Akteuren** beeinflussen die Voraussetzungen für die Integration von TES ?

Eigentums- /Nutzerverhältnis bestimmt den Handlungsspielraum bzw. Koordinationsbedarf.

- KVA- und Netzbetrieb: alles aus einer Hand oder verschiedene Organisationen?
- Bei regionalen Netzen: Koordination zwischen mehreren Standortgemeinden und Stadtwerken notwendig.

Geschäftsmodell

- **Refinanzierung:** beim Preismodell muss man (gedanklich) flexibler werden.

Welche lokal / national verfügbaren Ressourcen sind kritisch für die Integration saisonaler Wärmespeicher ?

Bestehende Infrastruktur

- Das **Temperaturniveau** in bestehenden thermischen Netzen bestimmt die Anforderungen an TES (z.B. Einsatz von Wärmepumpen) und ist somit kritisch für die Machbarkeit / Wirtschaftlichkeit.

Potenzielle **Speicherstandorte**, z.B.:

- Stillgelegtes Kieswerk.
- Standorte für Doppelnutzung (→ Regulatorische Unsicherheit).
- Oberirdische Behälter (→ Platzknappheit).
- Untergrund (→ bedarf nach besseren Daten / Informationen; mit Kosten verbunden).
- See (z.B. Forschungsprojekt «Bubble-in-the-lake-storage» an der OST-SPF ?).

Know-how

- Techniker und Planer: Expertise z.T. am CH-Markt (aber: Fachkräftemangel), z.T. international (z.B. Bern: Bohrfirmen aus GB).
- Besondere Expertise: (Hydro-)Geologie.

Welche Randbedingungen begünstigen oder erschweren einen gewinnbringenden Einsatz saisonaler Wärmespeicher ?

Behörden (kommunal / kantonal) sind mit dem Thema **wenig vertraut**. Dies verzögert oder verhindert die Planung oder Realisierung von Projekten.

Aufwändige **Bewilligungsverfahren** halten Energieversorger davon ab, Projekte einzureichen.

- **Arbeitshilfen** für Bewilligungsbehörden (z.B. Checklisten) wären hilfreich, um diesen Prozess zu vereinfachen und zu beschleunigen.

Offene Frage (in Anschluss an das Fallbeispiel Hennigsdorf – siehe Anhang): Was bestimmt die **Häufigkeit, Ausprägung und den Erfolg** von STES-Bauvorhaben in verschiedenen Ländern (z.B. Deutschland, Dänemark, Schweiz) ? Verschiedene Faktoren wurden genannt (siehe unten), doch wie gross ist ihre Rolle ?

- Struktur der **Landnutzung und Bebauung** (bestimmt Energienachfrage und verfügbaren Platz).
- Zeitliche **Variabilität der Verfügbarkeit und des Preises von Energie**, in Abhängigkeit von den genutzten Primärenergiequellen (z.B. Windenergie).
- **Regulatorische Rahmenbedingungen** beeinflussen die **Wirtschaftlichkeit** von technologischen Optionen stark (z.B. Power-to-Heat).

→ Ein Vergleich von bestehenden TES in der Schweiz und in anderen Ländern wäre wertvoll (Erfolgsfaktoren, Hemmnisse, ...).

Welche Randbedingungen begünstigen oder erschweren einen gewinnbringenden Einsatz saisonaler Wärmespeicher ?

Die Problematik der **sozialen Akzeptanz** wurde von Teilnehmenden unterschiedlich eingeschätzt:

- Oft wird davon ausgegangen, dass insbesondere **oberirdische STES** (z.B. Behälter) auf geringe Akzeptanz stossen.
- Einige Teilnehmende **hinterfragten dies**, mit Hinweis auf andere Infrastruktur-Bauwerke mit hohem Platzbedarf, welche von der Bevölkerung gut akzeptiert werden (z.B. Eisenbahn, Pipelines, Speicherbecken für künstliche Beschneigung).
- Generell ist es wichtig, dass der **Mehrwert von STES** für die Bevölkerung **klar ersichtlich** ist und diese im Planungsprozess von Anfang an einbezogen wird.

→ **Da keine empirische Grundlage zur Akzeptanz von STES in der Schweiz vorliegt, kann der Widerstand für neue Projekte nicht abgeschätzt werden.** Diese Fragen werden aktuell im Forschungsprojekt SOTES (*Sociotechnical Breakthrough of Thermal Energy Storage*) behandelt (Universität Bern, HSLU, Interface).

Energiepreise

- Man kann nicht mehr von günstigem Erdgas ausgehen.
- Wärme wird teurer.

Erschliessung neuer Energiequellen

- Erschliessung von **Tiefengeothermie** führt möglicherweise zu weiterem Speicherbedarf – auch dort, wo aus heutiger Sicht STES nicht Teil der langfristigen Strategie sind (z.B. Genf)

Ausbau PV

- Hohe Unsicherheit, in welchem Ausmass in Zukunft PV ausgebaut wird.
- Es braucht eine Priorisierung; Roadmapping.

⇒ Wir sollten **in Szenarien denken**.

⇒ Es braucht eine **übergeordnete Vision** bis 2050.

Offene Fragen

Gesamtsicht auf die verfügbaren Ansätze zur saisonalen Energiespeicherung.

- Thermische Speicherung, Brennstoff-Lagerung, etc.: Was ist wo am Sinnvollsten?
- Welches sind die Chancen und Risiken der verschiedenen Optionen; wie können letztere minimiert werden?
- Nachdem alle anderen Möglichkeiten ausgeschöpft sind: welches Nutzenversprechen bleibt für thermische Speicher?

Wie wirken sich Tagesspeicher auf längerfristige (saisonale) Shifts aus?

- Saisonalität und Tageszyklen schliessen einander nicht aus.
- Welche **Betriebskonzepte oder Hybridlösungen** (Technologie-Mix) wären sinnvoll? Welche werden bereits erfolgreich angewendet (z.B. in DK, DE)?
- → Szenarien / Simulationen erstellen zur Bestimmung der Einflussfaktoren.

Die zukünftige **Entwicklung des Energiesystems**, und somit auch die Randbedingungen für thermische Speicher, sind mit grossen Unsicherheiten verbunden (z.B.: Wir sprechen davon, dass wir irgendwann zu viel PV haben werden, doch dies haben wir noch nicht). Es bräuchte eine **Vision 2050**:

- In welche Richtung sollte investiert werden?
- Welche Massnahmen sollten priorisiert werden?
- → Roadmapping, Richtlinien.

Wie viele saisonale Speicher braucht es, um das **Nutzenversprechen** auf Ebene des Energiesystems zu realisieren?

- Simulationen sollen dies für verschiedene Szenarien beantworten.
- Die Antwort hängt auch von grundsätzlichen Entscheiden ab (z.B: wie viel Strom wollen wir im Winter importieren?).

Bewilligungsverfahren

- Was sind die Erfolgsfaktoren? (Erkenntnisse aus bereits gebauten Projekten).
- Das Bewilligungsverfahren ist sehr aufwändig und schreckt Energieversorger davor ab, Gesuche einzureichen → Wie kann es vereinfacht werden (z.B. Checkliste für kommunale Behörden)?

Welches sind die rechtlichen Grenzen / Rahmenbedingungen der **Sektorkopplung**?

- Die richtige Energie zur richtigen Zeit zur Verfügung zu stellen.
- Datenschutz und –sicherheit.

Wo gibt es Potenzial für **Synergien** und wie können diese genutzt werden (z.B. Gewächshaus / Erdbeerkultur) ?

Wovon hängt die **Valorisierung** von verschiedenen technischen Wärmelösungen ab? z.B:

- Steuerung Wärmepumpe je nach Situation am Elektrizitätsmarkt.
- Temperaturniveau in Fernwärmenetzen.

Dringlichkeit saisonaler Wärmespeicher: steigert dies die Bereitschaft für Investitionen und politische Massnahmen?

- Ist die Technologie und der Markt schon bereit dafür?

Eine **Übersicht bestehender Speicher** (inkl. nicht realisierter oder erfolgloser Vorhaben) im In- und Ausland wäre hilfreich, um aus den gemachten Erfahrungen zu lernen:

- Vor-/Nachteile von verschiedenen technischen und geschäftlichen Ansätzen in ihrem jeweiligen Kontext.
- Lassen sich Archetypen / Muster definieren?
- Was lässt sich wo/wie machen?
- Lessons learned.
- Vor- und Nachteile von zentralen vs. dezentralen Speichern in thermischen Netzen.

Fazit

Das **vielfältige Wertversprechen** saisonaler thermischer Energiespeicherung wird in etlichen Masterplänen und langfristigen Strategien berücksichtigt. Folgende Dimensionen des Wertversprechens saisonaler TES werden als besonders wichtig angesehen:

- Verminderung der Winterstromlücke
- Inwertsetzung diverser Energiequellen
- Dekarbonisierung der Spitzenenergie
- Verbesserung der Versorgungssicherheit
- Unabhängigkeit von Energieimporten

Mit einem direkten preislichen Vorteil durch saisonale Wärmespeicherung wird hingegen nicht gerechnet.

Für die Umsetzung von STES bestehen erhebliche **Unsicherheiten**, welche die Transaktionskosten stark erhöhen. Die thematisierten Unsicherheiten betreffen verschiedene Dimensionen:

- Technologie: Welches sind die Vor- und Nachteile der verschiedenen Optionen zur saisonalen Verlagerung von Wärme am jeweiligen Standort?
- Zukünftige Entwicklung des Energiesystems.
- Regulatorische Rahmenbedingungen.

Die Wissenschaft kann dazu beitragen, die erwähnten Unsicherheiten zu reduzieren und somit die Transaktionskosten für die gewinnbringende Integration saisonaler thermischer Speicher zu senken. Dabei braucht es Beiträge von verschiedenen Disziplinen und Forschungsansätzen:

- **Technologische Forschung:** Bestimmung geeigneter Betriebskonzepte und Technologie-Kombinationen; neue Materialien.
- **Energiesystem-Modellierung:** Bestimmung der Wertigkeit verschiedener Ansätze zur saisonalen Energiespeicherung unter verschiedenen Szenarien.
- Empirische **sozio-technische Forschung:** Übersicht bestehender Speicher im In- und Ausland: Erfolgsfaktoren und lessons learned.
- **Regulatorische Rahmenbedingungen:** Welche regulatorischen Anpassungen ermöglichen einen gewinnbringenden Einsatz von saisonalen TES in der Schweiz?

Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften



ZHAW – Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Institut für Nachhaltige Entwicklung (INE)
Technoparkstrasse 2
Postfach
8401 Winterthur

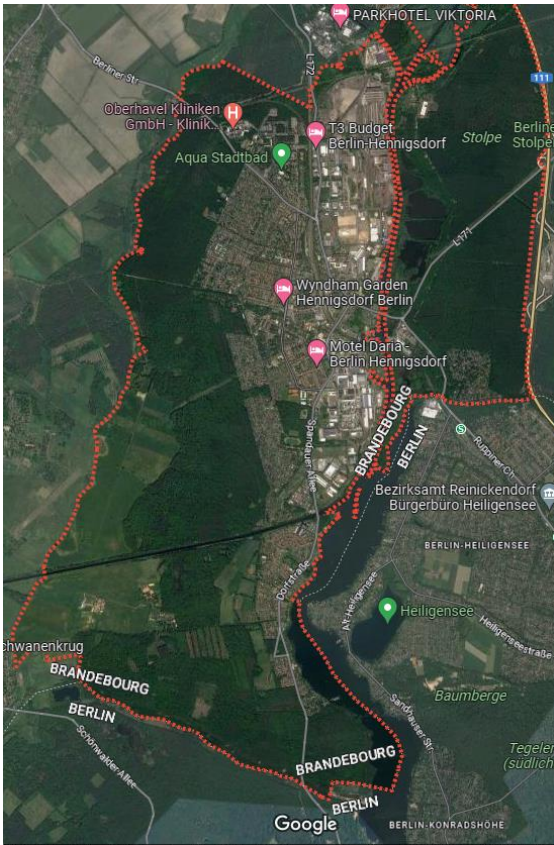
Matthias Speich
matthias.speich@zhaw.ch
+41 58 934 77 14

Silvia Ulli-Beer
silvia.ulli-beer@zhaw.ch
+41 58 934 47 34

Anhang: Fallstudie Hennigsdorf (DE)

Der nachfolgende Foliensatz wurde anlässlich des Workshops vorgestellt. Die deutsche Stadt Hennigsdorf tätigte in den vergangenen Jahren verschiedene Investitionen, um ihr Fernwärmenetz zu modernisieren und die Integration diverser Energiequellen zu ermöglichen. Zu diesen Investitionen gehört auch der Bau eines thermischen Energiespeichers.

Um diese Entwicklungen in ihrem langfristigen Kontext zu betrachten, deckt die Fallstudie die Entwicklung der Fernwärme in Hennigsdorf seit 1990 ab. Quellen dafür sind in erster Linie öffentlich verfügbare Dokumente (Fachbeiträge, Medienberichte, Kommunikationsmaterialien, Gesetzes- und Planungsdokumente, etc.).



Die deutsche Stadt Hennigsdorf (ca. 26'000 Einwohner) gilt als Pioniergemeinde bei der Dekarbonisierung der Fernwärme. Zu den aktuellen Projekten gehört der Bau eines Multifunktionsspeichers.

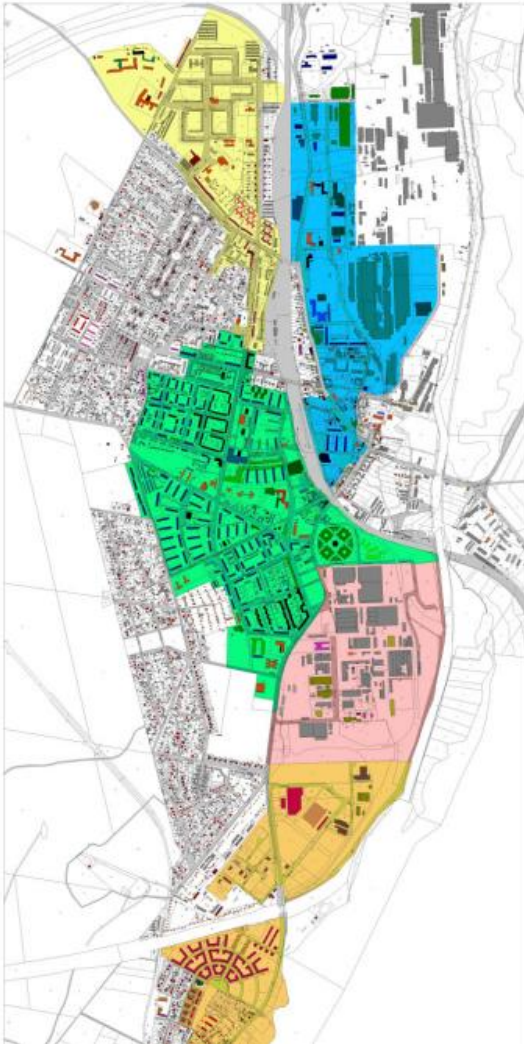
- Wie gliedert sich der Wärmespeicher in die **langfristige Entwicklung** des lokalen, soziotechnischen Energiesystems ein?
- Welche **Strukturen und Ressourcen** ermöglichten diese Entwicklung, und welche Änderungen wurden vorgenommen?



Die Stadtwerke Hennigsdorf wurden 1993 neu gegründet und übernahmen die bestehende Wärmeverbundinfrastruktur aus den 1960er Jahren.

Als **kommunales Unternehmen** tragen die Stadtwerke zur Umsetzung der städtischen Entwicklungspolitik bei. Zunächst lag die Priorität bei einer sozialverträglichen städtebaulichen Entwicklung.

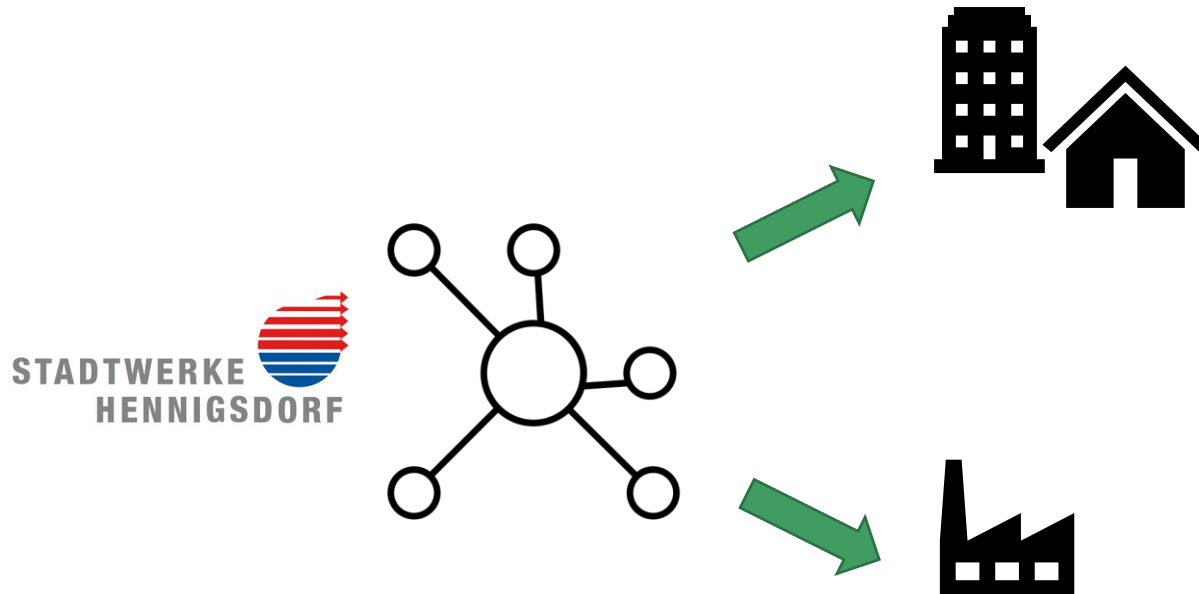
«Die Verantwortlichen der Hennigsdorfer Stadtpolitik erkannten bereits in den 1990er Jahren, dass eine **sichere, preiswürdige und umweltverträgliche Energieversorgung** zunehmend zum **bedeutenden Standort- und Imagefaktor** eines Stadtquartiers gehört, der dazu beiträgt, den Wohn- und Gewerbestandort zu sichern und zu entwickeln.» (Schulz & Hennings, 2012)



Ausgangslage: 4 voneinander unabhängige Netze (Braunkohle, Heizöl, Anthrazitkohle, Erdgas).

Entwicklung:

- **Anschlussgrad** steigt innert wenigen Jahren von 20% auf 80%.
 - Festlegung der Versorgungsgebiete mit Anschlusspflicht (Satzung) beschleunigt ab 1997 diese Entwicklung.
- **Modernisierung** der Netzinfrastuktur, erste Trassenverbindungen zwischen den einzelnen Teilnetzen.
- Neue **Energiezentralen** werden installiert, darunter ein BHKW und eine Solarkollektorenfläche.



Wohnpark: primär Mietwohnungen in **dicht bebauten Mehrfamilienhäusern** aus der Mitte des 20. Jahrhunderts.

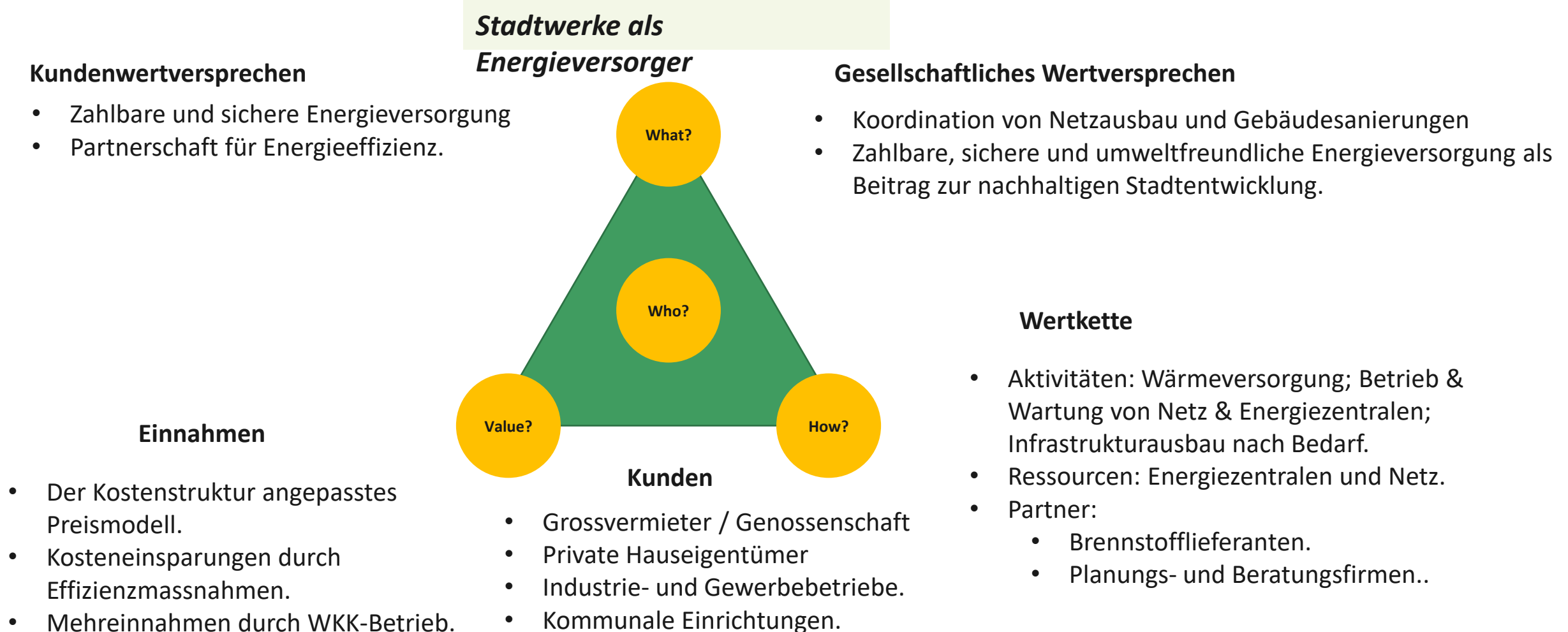
In Zusammenarbeit mit Stadt und Stadtwerken:

- **nahezu vollständige Sanierung** des Gebäudebestands.
- Sanierungen oft auf Quartiersebene geplant und durchgeführt.

Industriebetriebe: beziehen ebenfalls Wärme von den Stadtwerken.

- Besondere Rolle von Bombardier: 2003 übernehmen die Stadtwerke das Werksnetz sowie die Energiezentralen des Standortes.

In bilateralen Arbeitsgruppen erarbeiten die Stadtwerke Lösungen zur **Verbesserung der Energieeffizienz** in Industriebetrieben.



Zwischen 2000 und 2006 steigt der Fernwärmepreis um 68%:

- **steigende Brennstoffpreise.**
- steigende Instandhaltungskosten der Energiezentralen.

2006: technologieneutraler Wirtschaftlichkeitsvergleich für die Erneuerung einer Energiezentrale.

Optimale Variante punkto Preisstabilität, Liefersicherheit und Investitionskosten: **Holzsnitzel-HKW**. → Wird 2009 errichtet.

Stadtparlament beschliesst neue **Investitionsstrategie**: Ersatzinvestitionen sollen nur noch in THG-neutrale Technologien erfolgen.

Bau und Betrieb von Energiezentralen wird in die neue Tochtergesellschaft KPG ausgelagert.



<https://www.kpg-hennigsdorf.de/kraftwerke>

Technische Daten Biomasse-HKW

Technologie	Wärme- und Stromerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung nach dem ORC-Prozess
Feuerungs-Wärmeleistung	14.2 MW
Leistung der Wärmeabgabe	9.8 MW _{th}
Leistung der Stromerzeugung	2.2 MW _{el}
Jahresnutzungsgrad	84 %

Ein wirtschaftlicher Betrieb der neuen WKK-Anlagen erfordert, dass die Netze einen **hydraulischen Gesamtverbund** bilden.

Somit kann die Grund- und Mittellast im gesamten Verbund ganzjährig mit erneuerbaren Energien gedeckt werden.



Diese technischen Änderungen wirken sich in verschiedener Weise auf die Kundenattraktivität der Fernwärme aus:

- Bessere **Wirtschaftlichkeit** durch WKK-Betrieb.
- Höhere **Versorgungssicherheit** im Gesamtverbund.
- Durch den Einsatz erneuerbarer Energien sind Bezüger für **Förderbeträge** qualifiziert.
- **Preisstabilität und Kalkulierbarkeit** durch Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen.

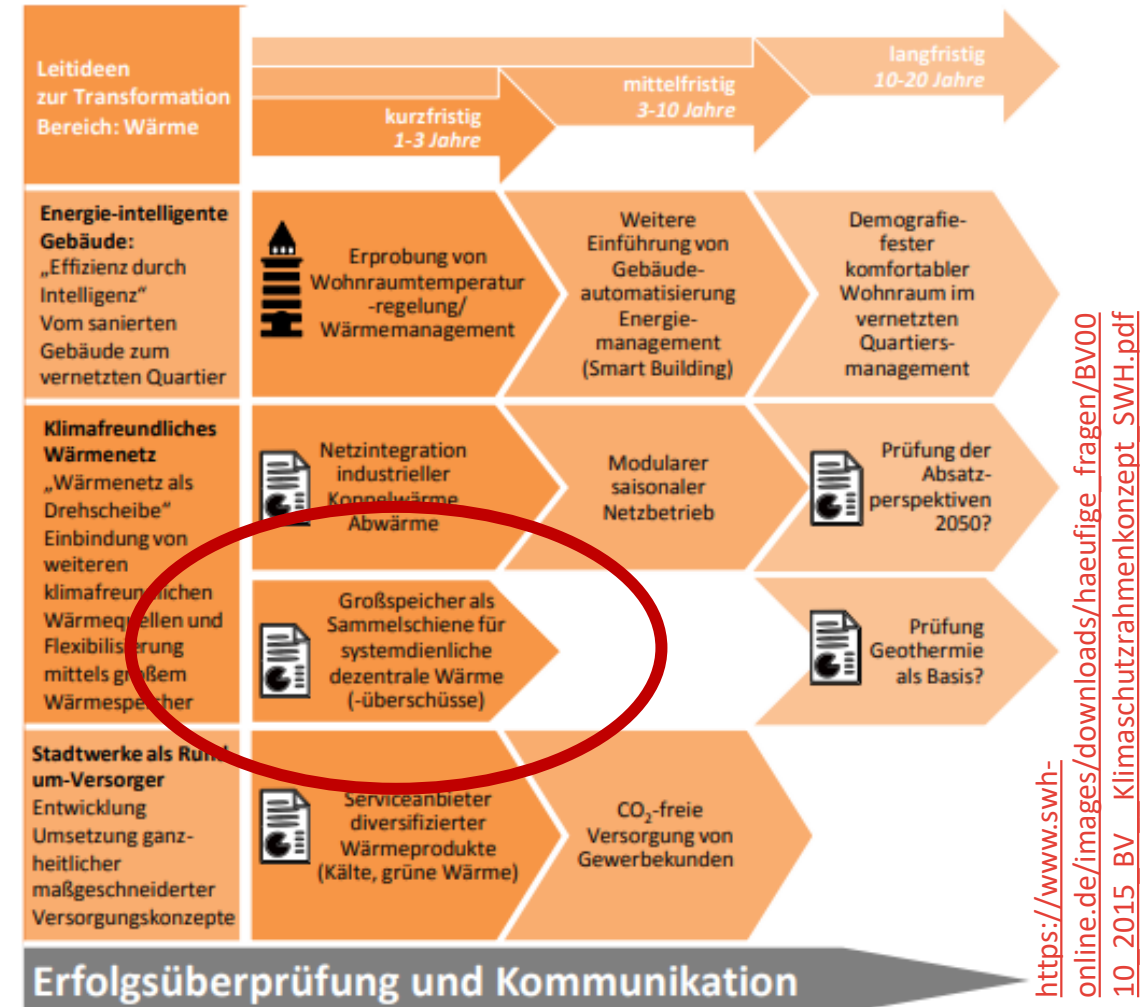
Dekarbonisierung wird zentral

2015: Stadtwerke geben die Ausarbeitung eines integrierten **Klimaschutzkonzeptes** in Auftrag.

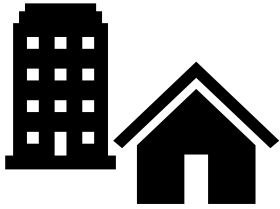
- Ziel: laufende Aktivitäten zu koordinieren und zukünftige Handlungsfelder festzulegen.

Zwischenziel: Anteil von 80% erneuerbarer Energie im Fernwärmenetz (damals 54%).

Erwartung, dass **Dekarbonisierung, Dezentralisierung und Sektorenkonvergenz** prägend sein werden.

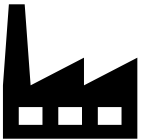


Die Aktivitäten der Stadtwerke im Bereich Energieeffizienz erhalten neue Schwerpunkte:



Gebäudebereich:

- Sanierungspotenzial bei der Gebäudehülle weitgehend ausgeschöpft.
- Für weitere Energieeinsparungen: «geringinvestive Massnahmen» wie **Energiemanagement**, unterstützt durch den Einsatz von Smart Metern.

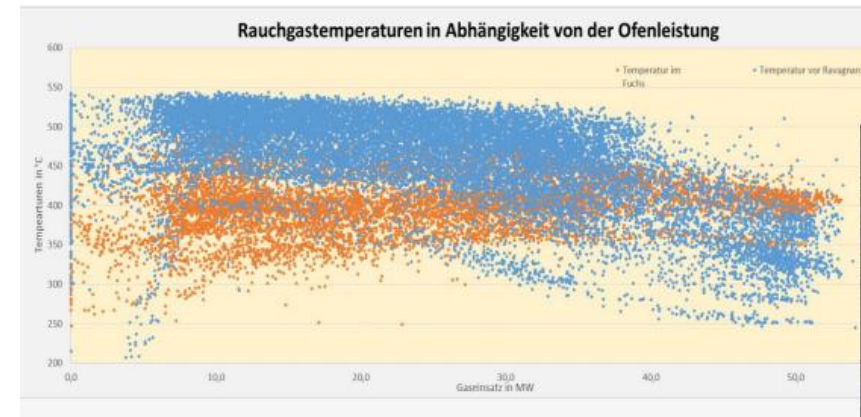


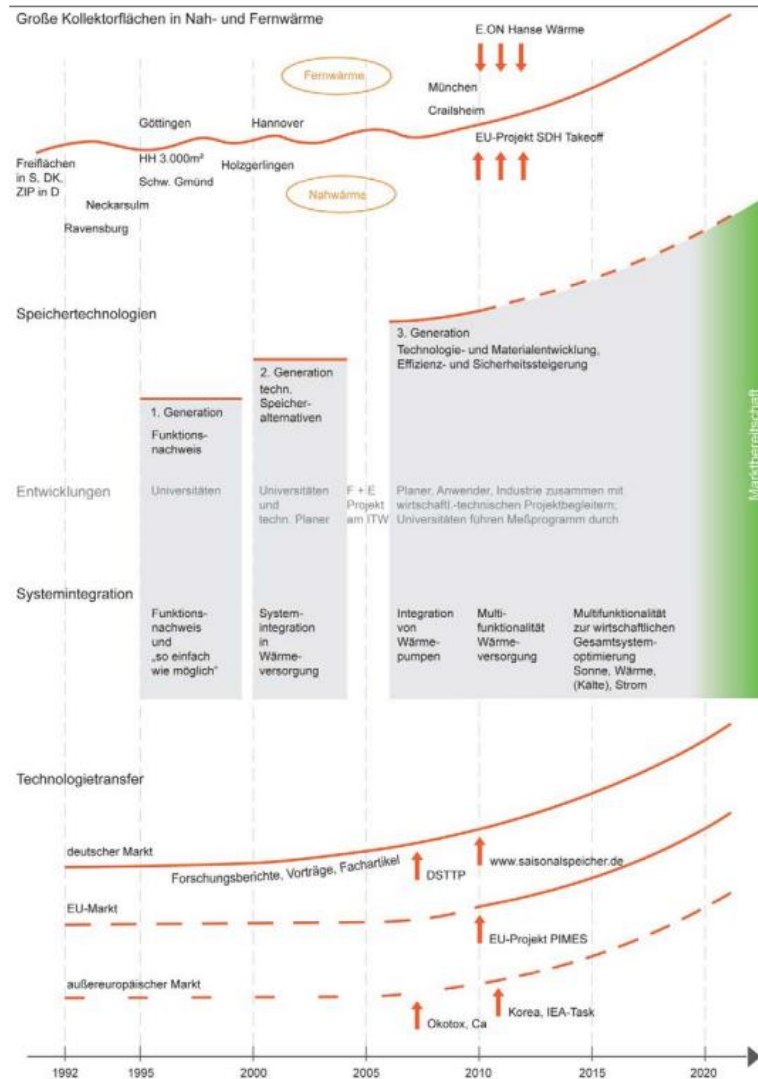
Industriebetriebe:

- In bilateralen Arbeitsgruppen werden **Energiekonzepte** geplant und umgesetzt.
- Dabei kann auch der grösste Energiekonsument (Elektrostahlwerk) eingebunden werden.

«Die Stadtwerke ... erwarten sich von der Aktivierung des Nutzerverhaltens zur Energieeinsparung langfristig **Informationen zum nutzerorientierten Wärmelastverlauf**, dessen Kenntnis die Möglichkeit zum optimierten Lastmanagement der Gas- oder Fernwärmenetze eröffnen.»

(Integriertes Stadtentwicklungskonzept (INSEK) Stadt Hennigsdorf, Fortschreibung 2013-2015)

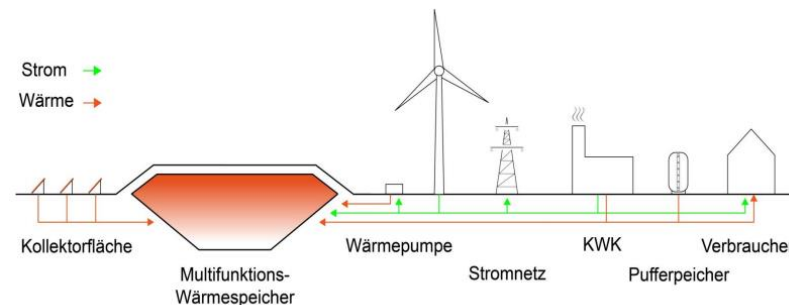




Solites (2012)

Entwicklung der Wärmespeicher-Technologie in Deutschland:

- Stark an Solarthermie gekoppelt.
- **Professionalisierung:** Führende Rolle der Praxis – Wissenschaftlich-technische Begleitung durch Forschungsinstitute.
- Bauweisen für Speicher anhand von (Pilot-)Projekten erprobt.
- Betriebskonzept: **Multifunktionsspeicher** (bessere Wirtschaftlichkeit durch Kombination von Kurz- und Langzeitspeicherung).



https://www.fernwaerme-schweiz.ch/fernwaerme-deutsch-wAssets/docs-Fernwaermeforum_2002-2015/Fachtagung_15/Praesentation_Thomas_Pauschinger_22012014_d.pdf

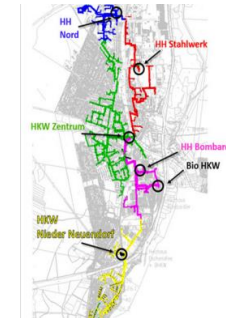
Solarthermie



Wärmespeicherung



Leittechnik



Abwärmenutzung Elektrostahlwerk



Power-to-Heat



Projektpartner:

- Stadtwerke Hennigsdorf & KPG
- Tetra Ingenieure GmbH
- Ruppin Consult GmbH
- Solites

Phase 1:

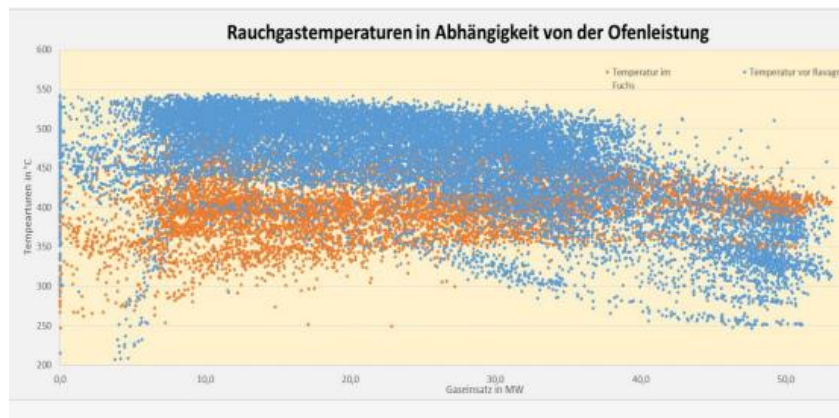
Wissenschaftlich-technische Untersuchungen; 2016-2017

Phase 2:

Projektumsetzung; 2027 - 2022

Investitionen:

Gesamtsumme
(Kostenrahmen): 22.1 Mio €.
Projektbezogene Förderung: ca.
3.75 Mio €.



Wärmeauskopplung aus den Rauchgasen des Hubbalkenofens

- Mittlere Leistung ca. 6-8 MW (**unregelmässig**).
- Geplante Abwärmennutzung: ca. 30 GWh/a (Absatz Fernwärme: 117 GWh/a)
- Vergütungsvereinbarung über 10 Jahre.

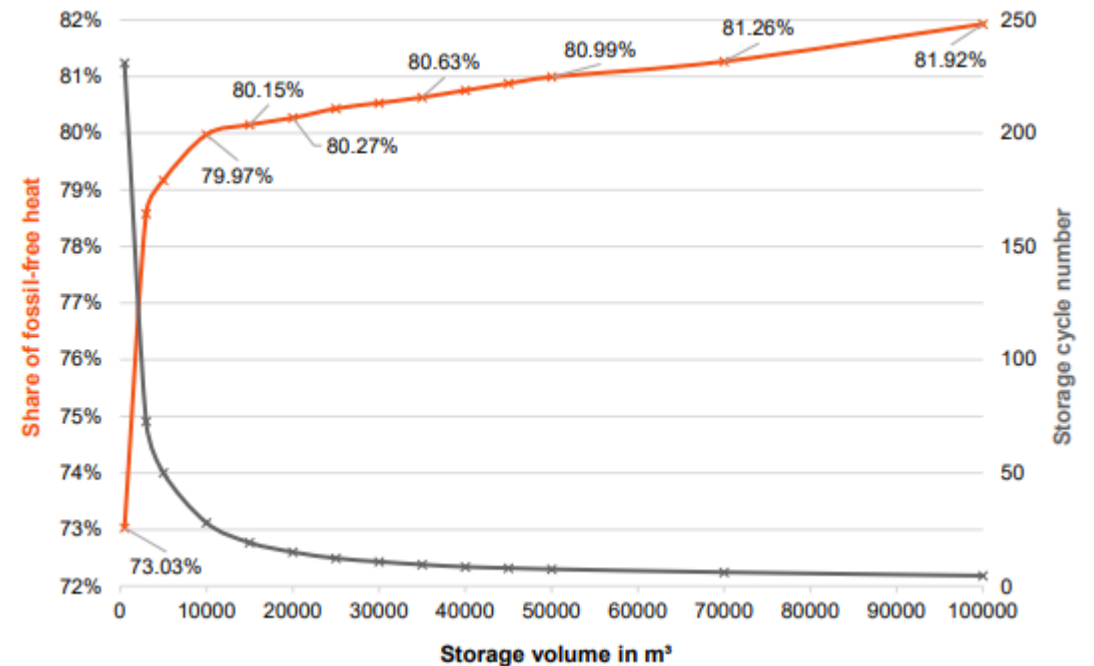
Realisierte Systemkomponenten:

- Gesamtanlage zur Abwärmennutzung (Abgaswärmetauscher, Wärmeübertragungsstation, neue Energiezentrale «Heizhaus Nord II»).
- Verbindungsleitung Stahlwerk - Energiezentrale (ca. 1 km).
- Ausbau der Transportleistung des Netzes.
- Monitoring-System.

Zweck: Ausgleich von kurzfristigen Lastspitzen und saisonale Speicherung von Wärme.

Auslegung:

- Sehr hoher Grundwasserstand → **oberirdischer** Speicher aus Stahlbeton-Fertigteilen (gleiche Bauweise wie bestehender Speicher in München).
- Kosteneinsparungen durch «schwimmendes Dach» (Konzept aus dänischen Speichern).
- Modellrechnungen: Speichervolumen von ca. 20'000 m³ ermöglicht 80% erneuerbare Wärme.



Berberich & Mangold (2020)

Stadtwerke als Betreiber einer «Wärmedrehscheibe»

Kundenwertversprechen

- Günstige und sichere Energieversorgung
- Partnerschaft für Energieeffizienz inkl. Energiemanagement / -monitoring.
- Neue Angebote: Kühlung, CO₂-freie Wärme

Gesellschaftliches Wertversprechen

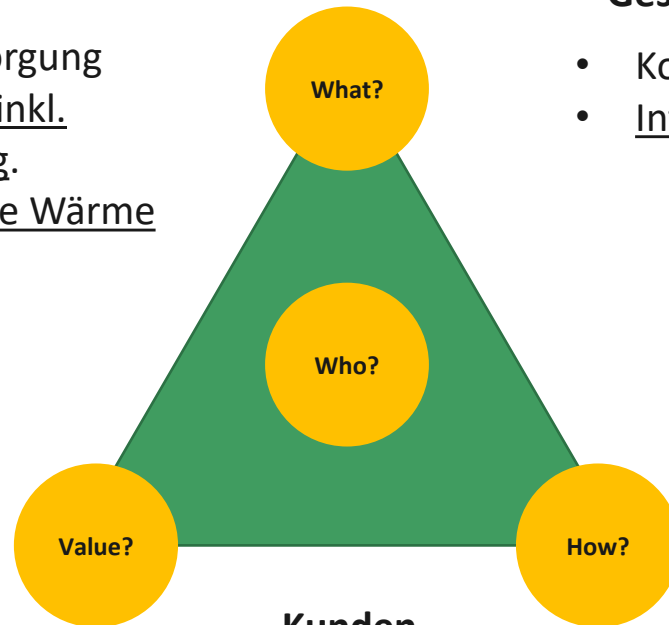
- Koordination von Netzausbau und Gebäudesanierungen.
- Integration verschiedener Energiequellen (Sektorkopplung).

Wertkette

- Aktivitäten: Wärmeversorgung; Betrieb & Wartung von Netz & Energiezentralen; Infrastrukturausbau nach Bedarf; strategische Planung.
- Ressourcen: Energiezentralen und Netz, Speicher, Leitsystem, Daten.
- Partner:
 - Brennstofflieferanten.
 - Energielieferanten (Abwärme, PtH, KPG).
 - Planungs- und Beratungsfirmen.

Einnahmen

- Der neuen Kostenstruktur angepasstes Preismodell.
- Kosteneinsparungen durch Effizienzmassnahmen.
- Mehreinnahmen durch WKK-Betrieb.
- Systemdienstleistungen.

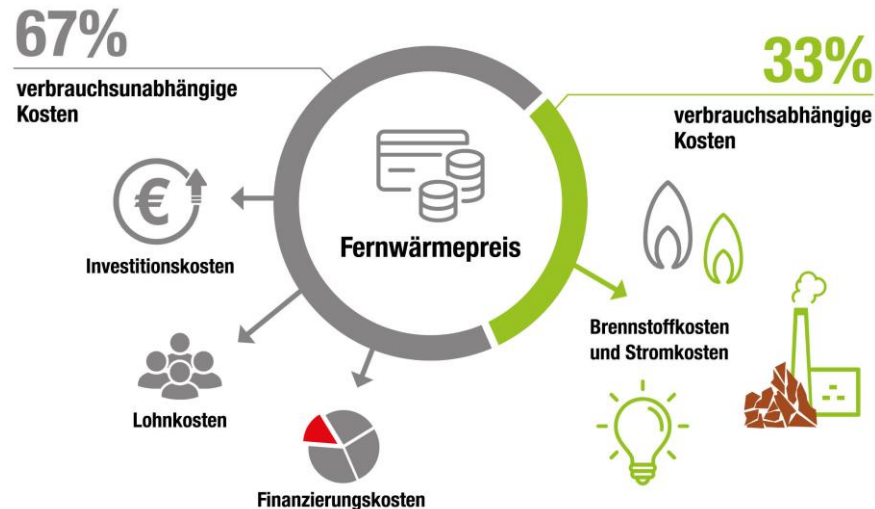


Kunden

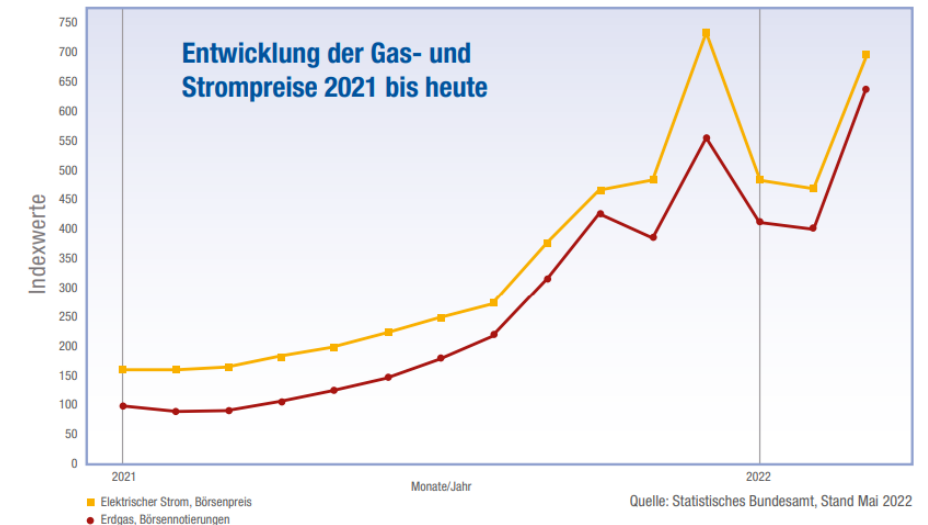
- Grossvermieter / Genossenschaft.
- Private Hauseigentümer.
- Industrie- und Gewerbebetriebe.
- Kommunale Einrichtungen.

Der Umbau der Versorgungsinfrastruktur verändert die Kostenstruktur der Stadtwerke. 2019 wird deshalb das **Preismodell überarbeitet**. Für Wohnkunden ergibt sich eine Preissteigerung von ca. 13%.

Durch den Anstieg der **Energie- und Rohstoffpreise** müssen per Anfang 2023 die Preise erneut stark erhöht werden. Während sich der Grundpreis diesmal kaum ändert, steigt der Arbeitspreis stark an.



<https://www.swh-online.de/faq>



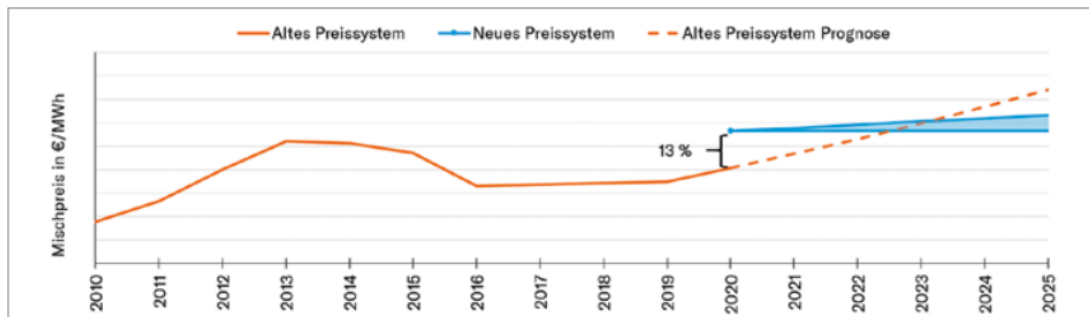
https://www.swh-online.de/images/downloads/SWH_Journal_22022_E-Paper.pdf

Kundenmehrwert des neuen Preismodells:

- Durch tiefen Anteil Arbeitskosten werden künftige Energiepreisschocks **abgemildert**.

Argumente dagegen:

- **Höhere Preise** im Vergleich zu anderen Städten.
- Tiefere Arbeitskosten: weniger **Handlungsspielraum** für Kunden zum Sparen.



Energiekrise und Fernwärme

Unternehmer aus Hennigsdorf protestieren gegen extrem steigende Preise der Stadtwerke

moz Nicht nur in den Familien wird gerechnet, ob die Preissteigerungen für die Energie das Budget sprengen. In Hennigsdorf betrifft das auch die Industrie. Die Stadtwerke langen für Fernwärme kräftig zu.

11. Dezember 2022, 06:00 Uhr · Hennigsdorf

Ein Artikel von **Roland Becker**

Wohnen in Hennigsdorf

Preis für Fernwärme explodiert - mit diesen Kosten müssen Mieter rechnen

moz Die Mieter der HWB trifft es bereits demnächst, die Genossenschaft WGH zieht nach: Die monatlichen Abschläge für die Fernwärme werden drastisch erhöht. Wird es in Hennigsdorf demnächst auch kälter in den Wohnungen?

10. Juli 2022, 06:00 Uhr · Hennigsdorf

Weitere Investitionen tätigen die Stadtwerke nur bedingt

„Die Investitionen in die Wärmedrehscheibe, die für eine zunehmend klimafreundliche Wärmeversorgung führen, haben für den relativ hohen Fernwärmepreis gesorgt“, gibt Schneider im Gespräch mit moz.de unumwunden zu. Der im Rahmen der Wärmedrehscheibe noch in diesem Jahr zu bauende Speicher für die Abwärme aus dem Stahlwerk sei im jetzigen Fernwärmepreis bereits enthalten, Sorge also nicht für eine erneute Preissteigerung. Künftig folgende Investitionen ins Fernwärmenetz stellt Schneider unter folgende Prämisse: „Die sind nur dann gerechtfertigt, wenn diese die Preise nicht erhöhen oder zur Senkung des Fernwärmepreises oder der Energiekosten beitragen.“

Nachdem 2023 die Preise erneut stark erhöht werden müssen, sehen die Stadtwerke die Grenze der **Sozialverträglichkeit** erreicht.

→ Künftige Investitionen in das Fernwärmenetz sollen nur noch getätigt werden, wenn sie den Preis senken oder stabilisieren.

Wärmespeicher als Baustein einer langfristigen Dekarbonisierungs-Strategie

Sozio-ökonomische Determinanten:

- Erkennen der **Chancen**, sowie der **vorhandenen und noch fehlenden Ressourcen** zu deren Erschliessung.
- **Flexibilität** in der Projektumsetzung für den Umgang mit **Unsicherheiten** (iteratives Lernen).

Tiefgreifende technische, aber auch sozio-ökonomische Anpassungen sind notwendig:

- Einbindung von (Ab-)Wärmelieferanten in das lokale **Wertschöpfungsnetzwerk**.
- Abbildung der veränderten Kostenstruktur im **Preismodell**.

