Variantenvergleich

Bau eines Wärmespeichers in Nürnberg Sandreuth

Folgende Randbedingungen muss der Speicher bzw. das technische Konzept erfüllen:

- Druckhaltung im Fernwärmenetz mit min. 6,5 bar plus Sicherheitsaufschlag
- Speicherkapazität mindestens 1.500 MWh Wärme, um an Sommer-Wochenenden bei abgestelltem HKW die Fernwärmeversorgung aus dem Speicher sicherzustellen
- Maximal mögliche Speichertemperatur, idealerweise ≥ 110°C, um bei der Einspeisung ins Fernwärmenetz nicht bzw. geringst nötig nachheizen zu müssen.
- Vermeidung von Gefährdungspotentialen und damit verbundenen aufwändigen Sicherheitsauflagen bzw. hohen regelmäßigen Wartungs-/Prüfkosten und langen Ausfallzeiten.

1. Wärmespeicher mit einer Bauhöhe von 70 m, Investitionskosten rd. 12 Mio. €

Zur Abdeckung der oben genannten Parameter hat sich das Konzept mit einem Wärmespeicher von ca. 70 m Höhe und einem Volumen von rd. 33.000 m³ als sinnvollste und effizienteste Variante herausgestellt.
Die Investitionskosten belaufen sich auf rd.12 Mio. € (Anteil Speichereinheit ca. 6 Mio. €), optional kommen bei Ergänzung mit Elektroheizern noch Kosten von ca. 3 - 4 Mio. € hinzu.

Damit werden folgende Bedingungen erfüllt:

- **Atmosphärischer Speicher mit ausreichender Druckhaltung fürs Fernwärmenetz**
  Behälter ist drucklos, nur am unteren Ende entsteht der nötige Einspeisedruck durch stehende Wassersäule mit 70 m ~ sicheren 7 bar. Somit sind keine Rückschlageinrichtungen (z.B. Sicherheitsklappen) und zusätzliche Druckerhöhungspumpen erforderlich.
- **Hocheffizienz durch geringstes Nachheizen des Speicherwassers**
  Durch Höhe und möglichen Drücke, sind Temperaturen bis zu 113 °C möglich. Nachheizen, zur Einhaltung der notwendigen Einspeisetemperaturen ins FW-Netz, ist nicht mehr oder nur sehr selten erforderlich.
- **Abdeckung der erforderlichen Speicherkapazität bei niedrigsten Baukosten aufgrund geringstmöglichem Volumen**
  Durch mögl. Drücke bzw. Maximaltemperaturen, ergibt sich thermodynamisch ein erforderliches Volumen von 33.000 m³. Daraus leitet sich ein Durchmesser von ca. 26 m bzw. eine Grundfläche von ca. 530 m² ab. Diese Auslegung bietet im Variantenvergleich das optimalste Verhältnis von Höhe zu Durchmesser.
- **Maximal mögliche CO2-Einsparungen von bis zu 40.000 t/a**

2. Einsatz von Druckspeichertechnik für geringstmögliche Bauhöhe

In der vorab durchgeführten Machbarkeitsstudie wurde u.a. der Einsatz von Druckspeichertechnik (Behälter mit Überdruck von ~ 7 bar) untersucht. Dabei könnte die Bauhöhe auf bis zu 23 m abgesenkt und die erforderlichen bzw. gewünschten Parameter weitgehend erfüllt werden.

Gegen einen Einsatz von Druckspeichern spricht allerdings:

- **Zur Kapazitätsdeckung bedarf es ca. 60 Einheiten mit Durchmesser von je 4 m**
  Extrem hoher technischer Aufwand für strukturelle Verbindung, Verrohrungen und ein steigender Grundflächenbedarf auf ca. 1.400 m².
- **4-fache Investitionskosten für Speichereinheit gegenüber 70 m Variante, d.h. Investitionskosten von über 30 Mio. €**
- **Zusätzlicher Aufwand für regelmäßige Wartungen und wiederkehrende Prüfungen**
  Technischer Prüfaufwand (z.B. durch TÜV) aufgrund Betriebssicherheitsverordnung verursacht hohe Wartungskosten und betriebliche Einschränkungen (Stillstände).
- **Komplizierte verfahrenstechnische Einbindung in das FW-System**
  Komplexität und damit Beherrschbarkeit bzw. Steuerungsaufwand steigt. Dies bedeutet Zusatzaufwand bei Personal und für technische Qualifikationen.
- **Geringere CO2-Einsparungen durch zusätzlichen Energieeinsatz für Druckaufbau**
  Für den Aufbau des nötigen Überdrucks sind dementsprechende Einrichtungen (Pumpen, Verdichter, Dampfdruckpolster o.ä.) und zum Betrieb ein höherer Primärenergieeinsatz nötig.

Fazit:

Die Variante mit Druckspeichern wurde ausgeschlossen, da sie sich aufgrund der deutlich höheren Investitionskosten sowie den Folgekosten für den Betrieb wirtschaftlich nicht darstellen lässt. Zudem ist die Effizienz gegenüber der 70 m Variante deutlich geringer und damit auch die potentiellen CO2-Einsparungen.

3. Teilweise Absenkung eines 70 m Speichers in das Erdreich

Für eine optische etwas niedriger wirkende Bauhöhe wurde auch eine Absenkung des 70 m hohen Speichers in das Erdreich untersucht, mit folgendem Ergebnis:

- **Erforderliche Druckhaltung für das FW-Netz nicht mehr möglich**
  Absenkung in das Erdreich um z.B. 20 m heißt 2 bar Druckverlust, da das Wasser entsprechend wieder hoch gepumpt werden muss. Effektiver Ausgangsdruck auf 0 m Niveau zur Einspeisung ins FW Netz beträgt dann nur noch 5 bar.
- **Höhere Energieeinsatzkosten und damit verringerte CO2-Einsparungen**
  Druck muss technisch z.B. über Pumpen erhöht werden. Effizienz sinkt deutlich, Primärenergieeinsatz steigt, potent. CO2-Einsparungen erhebl. geringer (bis zu 20%).
- **Verringerte Standfestigkeit durch Gefahr von Korrosion**
  Dringendes Abraten der Speicherhersteller von einer Absenkung, da kritischer Fußbereich des Speichers verstärkt der Bodenfeuchtigkeit ausgesetzt ist.
- **Überdimensionale Baugrube mit speziellen technisch Anforderungen**
  Im Baufeld ab 5 m Tiefe Sandstein und Grundwasserspiegel. Für technische Errichtung (auf Grundplatte sitzende Fertigungsmaschinen, Behälter wird hydraulisch hochgestemmt und spiralförmig von unten angeschweißt) wird Grube mit ca. doppeltem Durchmesser benötigt. Erhebliche Mehraufwendungen für Aushub, bergmännischen Abbau bzw. Abtransport, Baugrubensicherung, Grundwasserhaltung, weiße Wanne etc.
  Geschätzte zusätzliche Baukosten von ca. 2 – 3 Mio. €.
- **Gefahr der Grundwassererwärmung über abstrahlende Bodenplatte**
  Bei entsprechender Absenkung kann sich über die Wärmeabstrahlung der (hochgedämmten) Bodenplatte des Speichers das Grundwasser erwärmen (Erfahrungen aus Referenzprojekten), im Gegensatz zur Gründung auf Oberflächenniveau.

Fazit:

Die Möglichkeiten der Absenkung des Wärmespeichers in das Erdreich sind begrenzt, daher lässt sich der optische Eindruck der Bauhöhe nicht wesentlich mindern. Darüber hinaus ist eine technisch risikoarme und wirtschaftliche Fahrweise mit dieser Variante nicht darstellbar.

4. Veränderung der Kubatur des Wärmespeichers mit geringerer Bauhöhe

Alternativ zur Absenkung des Wärmespeichers in das Erdreich wurde die Möglichkeit geprüft den Speicher niedriger zu bauen – ca. 50 m Bauhöhe -, dafür aber mit einem größeren Durchmesser.

Dabei ergibt sich folgendes Bild:

- **Natürliche Druckhaltung für FW-Netz nicht mehr möglich**
  Niedrigere Höhe bedeutet geringeren Ausgangsdruck (bei 50 m Höhe ~ 5 bar). Erforderlicher Druck im FW-Netz kann nicht erzeugt/gehalten werden bzw. versorgungs-/sicherheitstechnisch notwendiger Druck im FW-Netz ist höher als im Speicher. Aus Sicherheitsgründen ist daher eine hydraulische Trennung, d.h. ein zweiter Wasserkreislauf mit Zwischenschaltung eines Wärmetauschers erforderlich.
- **Verringerte Bauhöhe senkt Speicherleistung/-kapazität und führt zu deutlich größer erforderlichem Volumen**
  Ein niedrigere Höhe bedeutet geringer mögliche Drücke und Maximaltemperaturen im Speicher. Thermodynamisch sinkt damit die Speicherleistung und für äquivalente Kapazität wächst das nötige Volumen. Bei Speicherhöhe von 50 m ist für Kapazität von rd. 1.500 MWh dann ein Volumen von ca. 40.000 m³ erforderlich. Der Durchmesser steigt auf ca. 33 m und die Grundfläche auf ca. 860 m².
- **Deutlich höhere Investitionskosten**
  Aufgrund des zweiten Wasserkreislaufes mit Wärmetauscher, zusätzlichen Pumpen und zudem künstlicher Druckerhaltung sowie aufgrund des deutlich größeren Speichervolumens steigen die Investitionskosten für das Speicherkonzept auf über 20 Mio. €. Zudem sind die laufenden Betriebskosten deutlich höher.
- **Deutlich höhere Energieeinsatzkosten und geringere CO2-Einsparungen**
  Der Betrieb eines Zweikreislaufsystems (inkl. Übertragungsverlusten Wärmetauscher, zus. Pumpstrom etc.) erfordert wesentlich höheren Primärenergieeinsatz und analog sinken die potentiellen CO2-Einsparungen um ca. ein Viertel.
  Die Energieeffizienz sinkt gravierend!

Fazit:

Durch den erforderlichen Volumenanstieg (sinkende Kapazität durch ungünstiges Verhältnis Bauhöhe zu Durchmesser) und die zusätzlich notwendige Technik für einen zweiten hydraulisch getrennten Wasserkreislauf mit Wärmetauschersystem, erhöhen sich die Investitionskosten für das Speicherkonzept auf annähernd auf das Doppelte gegenüber der 70 m – Variante.
Die späteren Betriebskosten steigen massiv, die ökologischen Vorteile sinken deutlich.

⇨ *Ein wirtschaftlich akzeptabler Betrieb lässt sich mit dem WSP „reduzierte Höhe" nicht darstellen.*

5. Zusammenfassung

Im Betriebsgelände Sandreuth standen in der Vergangenheit bereits mehrere Gasspeicher unterschiedlicher Größe. Der letzte Gasspeicher mit einer Höhe von 95 m und einen Durchmesser von 58 m (Inhalt ca. 200.000 m³) wurde 1991 / 1992 abgerissen.

Im Zuge der Energiewende ergibt sich jetzt die Notwendigkeit kurzfristig Speicherkapazitäten zu schaffen, eine Wirtschaftlichkeit lässt sich trotz Förderung aber nur bei optimaler Auslegung bzw. Dimensionierung, d.h. in diesem Fall mit einer Bauhöhe von 70 m, darstellen.

Bei den meisten größeren kommunalen Energieversorgungsunternehmen laufen mittlerweile hierzu Planungen und Genehmigungsverfahren. In einigen Städten sind große Wärmespeicher bereits in Bau.

Insgesamt hat sich gezeigt, dass der geplante Wärmespeichers in Sandreuth mit der Bauhöhe von 70 m viele wichtige Eigenschaften hat:

- Besonders hoher Nutzen für die Energiewende
- Eine höchst effiziente Betriebsweise
- Geringstmöglicher Energie-Eigenverbrauch
- Höchste Reduktion des Primärenergieeinsatzes und damit CO_2-Einsparungen in einer Höhe von ca. 40.000 Tonnen pro Jahr