Anlage 2

N-ERGIE Kraftwerke GmbH

Wärmespeicher in Sandreuth

Baustein der Energiewende

N-ERGIE Kraftwerke GmbH

Inhaltsverzeichnis

1. **Große Wärmespeicher als Komponenten der Energiewende**
2. **Warum ein Wärmespeicher in Sandreuth?**
3. **Auslegung und Dimensionierung des Wärmespeichers**
4. **Größen- und Leistungsvergleich von Wärmespeicher zu Erneuerbaren**

1. Große Wärmespeicher als Komponenten der Energiewende

- Voranschreitender Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland.
  Allein im Netzgebiet der N-ERGIE: > 38.000 Anlagen mit rd. 1.100 MW el.
- Regional steht in D zeitweise mehr Strom zur Verfügung als verbraucht wird oder abtransportiert werden kann.
  => EEG-Anlagen werden „bei voller Entschädigung" abgeregelt, mit einer Zusatzbelastung für die EEG-Umlage!
- Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK), wie z.B. das HKW Sandreuth, müssen gleichzeitig die Wärmeversorgung der Verbraucher sicherstellen und können nicht abgefahren werden.
- An sonnen- und windreichen Wochenenden liegen die Börsenpreise für Strom weit unter den Erzeugungskosten des HKW Sandreuth.
  Hier wird dann zunehmend mit wirtsch. Verlusten erzeugt, während parallel abgeregelter EEG-Strom voll entschädigt wird.
- An trüben/windarmen Tagen muss wegen fehlender Leistung dagegen die Produktion aus konventionellen Kraftwerke hochgefahren werden.

- In den Stromnetzen nimmt der Bedarf an hochflexibler Erzeugungskapazität, um Schwankungen der regenerativen Einspeisung auszugleichen und die Systemstabilität zu gewährleisten, stark zu => Sogenannte Residuallast.
- In Deutschland fehlt es großflächig an Energiespeichern, Transportnetz-kapazitäten und hochflexibler Kraftwerksleistung.
- KWK-Anlagen mit starrer Wärmekopplung sind zu unflexibel und werden aktuellen und künftigen Anforderungen nicht gerecht.
- Die fehlende Kostendeckung in den KWK-Anlagen auf der Stromseite, auf-grund fehlender Flexibilität, erhöht gleichzeitig zunehmend die Wärmerest-kosten und damit faktisch auch die Fernwärmepreise für die Verbraucher.
- Gemäß Untersuchungen sind die kurz-/mittelfristig günstigste und schnellst-möglich realisierbare Möglichkeit zur Integration von fluktuierender erneuer-barer Energien große Wärmespeicher in Kombination mit KWK und wirken äquivalent wie große Stromspeicher.

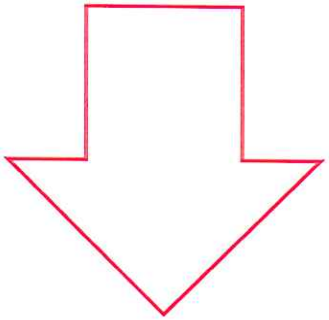
Rang 1 - Wärmespeicher kurz- bis mittelfristig als effektivste und günstigste Möglichkeit

prognos

Tabelle 3: Vergleich von Optionen zur Integration von Strom aus fluktuierenden erneuerbaren Energien

Technologie	Wärmespeichersysteme (in Verbindung mit KWK)	Druckluft-speicher	Pumpspeicher-kraftwerk	Wasserstoff / Methan	Batterien, Elektroautos	Lastmanagement (Industrie)	Lastmanagement (PHH, GHD)	Netzausbau (380 kV)
technischer Entwicklungsstand	verfügbar	überwiegend in Entwicklung[8]	verfügbar	überwiegend in Entwicklung	überwiegend in Entwicklung	verfügbar	Pilotphase	verfügbar
erwartete Marktreife	heute	2010 bis 2020	heute	2020 bis 2030	2015-2020	heute	2020	heute
Realisierungsdauer	2 bis 3 Jahre	3 bis 5 Jahre	10 Jahre	3 bis 5 Jahre	1 Jahr	1 bis 10 Jahre	1 Jahr	8 bis 10 Jahre
Anwendungspotenzial	2,2 bis 3,6 GW_{el} (positiv) 4 bis 18 GW_{el} (negativ)[9]	> 700 Kavernen[10]	2,7 GW_{el} (geplant)	unbegrenzt	3 GW_{el}[11]	2 GW_e	3 GW_e	-
typische Leistung (MWel)	20 bis 200	10 bis 1.000	100 bis 1.000	100 bis 1.000	3 kW	1 bis 1.000	0,5 kW bis 1 MW	-
Reichweite (in Stunden)	4 bis 24	8 bis 16	4 bis 8	Saisonal	1 bis 8	2 bis 8	1 bis 24	-
Wirkungsgrad (Strom zu Strom)	95% (Wärme zu Wärme)	Diabat: 50% Adiabat : 70%	70% bis 80%	30% bis 40%	75% bis 95%	-	-	-
Systemdienstleistungen								
Regelleistung	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	-
Blindleistungsbereitstellung	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	-
Kaltstartfähigkeit	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	-
Investitionskosten (EUR/kWel)	640 (positiv)[9] 120 bis 350 (negativ)	600 bis 1.000	1.000 bis 1.200	1.500 bis 3.000	1.000 bis 2.000	prozessabhängig	prozessabhängig	1.700 EUR/m
Lebendauer	40 bis 60 Jahre	40 Jahre	>100 Jahre	30 Jahre	3.000 Zyklen	-	-	50 Jahre
Akzeptanz	gut	mittel	gering bis mittel	mittel bis gut	gut	mitte	mittel	gering

Quellen: FFE 2011, VDE 2009c, dena 2010a, dena 2005, ecofys prognos 2011, KfW 2011, FhG IWES 2010, DLR 2010, Alstom et al 2007, LNUSH 2007



Aktuelles KWK-G (seit 01.07.2012)

Förderung von Warmwasserspeichern

in Verbindung mit KWK

mit 250 € pro m³ Speichervolumen

- **Über 30 existierende Warmwasserspeicher in Deutschland**
  - u.a. in Münster, Kassel, Braunschweig, Rosenheim etc.
  - Beispiel Saarlouis: Höhe 60 m und Durchmesser 22 m
- **Über 40 Warmwasserspeicher in der EU**, u.a.
  - Kalunborg, Dänemark, Höhe 68 m, Durchmesser 20 m
  - Linz, Österreich, Höhe 65 m, Durchmesser 26 m
  - Boras, Schweden, Höhe 70 m, Durchmesser 26 m
  - Krakow, Polen, Höhe 50 m, Durchmesser 23 m
- **Aktuelle Projekte in Deutschland**
  - Mannheim mit 45.000 m^3 und Halle mit 50.000 m^3
  - Konkrete Planungen in Duisburg, Hannover, München, Frankfurt, etc.

2. Warum ein Wärmespeicher in Sandreuth?

- Die Stromerzeugung im HKW Sandreuth ist derzeit zeitlich starr mit der Abnahme im Fernwärmenetz gekoppelt. Notwendige Flexibilität fehlt!
- Bedingt durch den Wärmebedarf wird mit deutlicher Kostenunterdeckung auch dann Strom erzeugt, wenn dieser im Stromnetz nicht benötigt wird.
- Bei geringer Einspeisung der Erneuerbaren bzw. attraktiven Strompreisen, kann das vorhandene Potential zur Stromerzeugung nicht ausgenutzt werden, weil u.a. die momentane Abnahme im Fernwärmenetz gering ist.

- Der Bau eines Wärmespeichers entkoppelt zeitlich die Möglichkeiten zur Stromerzeugung, schafft Flexibilität, deckt anteilig die Bedürfnisse des Gesamtsystems und erhöht die Einspeisemöglichkeiten der Erneuerbaren.
- Durch Verringerung des verworfenen und trotzdem vergüteten Stroms aus regenerativen Anlagen wird die weitere Erhöhung der EEG-Umlage gedämpft.
- Vermeidung von 40.000 t CO_2 pro Jahr durch EEG- statt KWK-Strom.
- Die möglichen Zusatzerlöse kompensieren anteilig die Verluste bei der Stromerzeugung und dämpfen die Fernwärmepreisentwicklung in Nürnberg.

Geringe Einspeisung aus PV und Wind

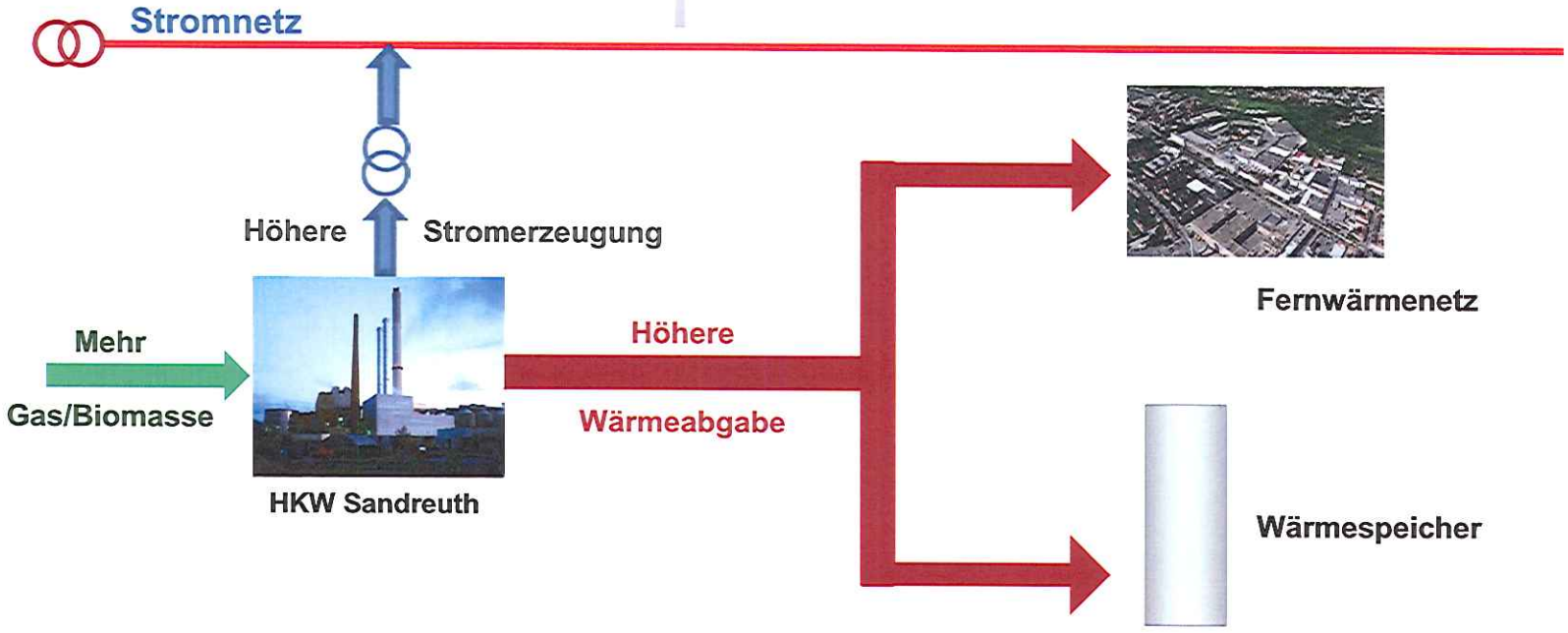
N-ERGIE Kraftwerke GmbH

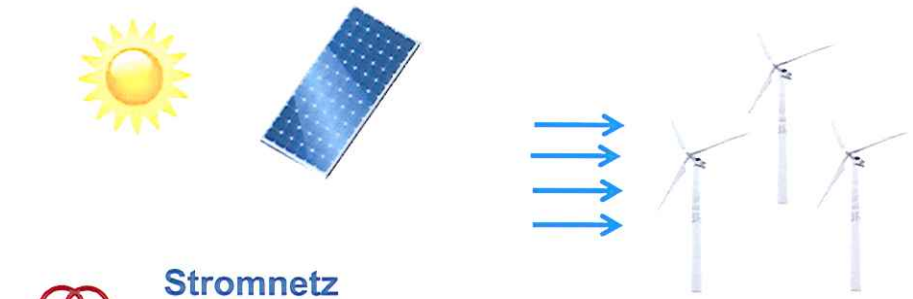


Szenario 1

Steigerung der Strom- und Wärmeproduktion bei geringer regenerativer Einspeisung

Notwendige Residualleistung im Stromnetz ist hoch, Wärmespeicher wird für KWK-Anlage als zusätzlicher Abnehmer eingesetzt, Stromproduktion wird erhöht.

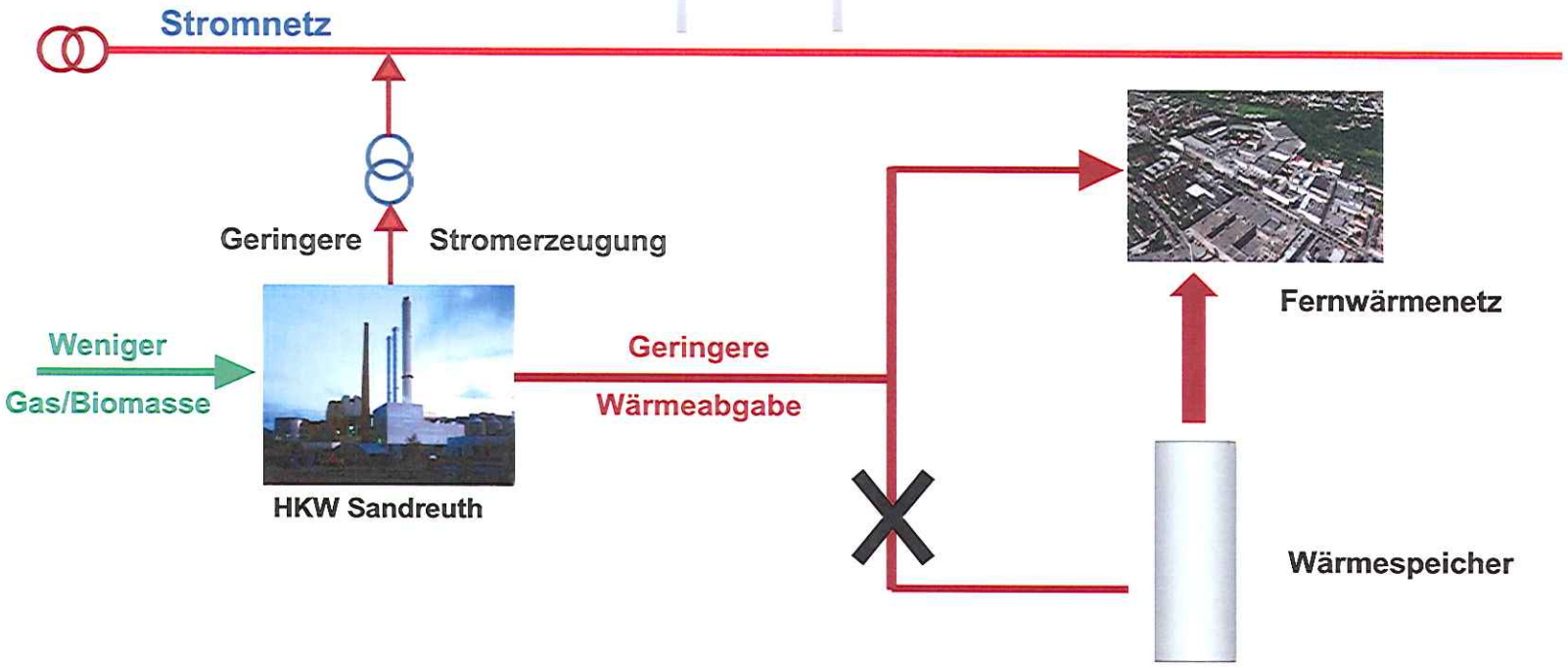




Szenario 2

Drosselung der Strom- und Wärmeproduktion bei Anstieg der regenerativen Einspeisung

Notwendige Residualleistung im Stromnetz sinkt, Bedarf an Fernwärme wird über den Speicher gedeckt, Stromproduktion wird heruntergefahren.



3. Auslegung und Dimensionierung des Wärmespeichers

- Der Speicher soll die Versorgung der Fernwärme übers WE übernehmen, wenn das Heizkraftwerk heruntergefahren wird.

  ➔ Notwendige Speicherkapazität hierfür sind rd. 1.500 MWh.

- Für die erforderliche Druckhaltung im Fernwärmenetz, müssen am unteren Ende des Speichers mindestens 6,5 bar sichergestellt sein. Inkl. Sicherheitsaufschlag ergibt sich eine Wassersäule von 70 Metern = 7 bar.

- Ein niedriger Speicher müsste als Druckbehälter mit min. 7 bar ausgeführt werden

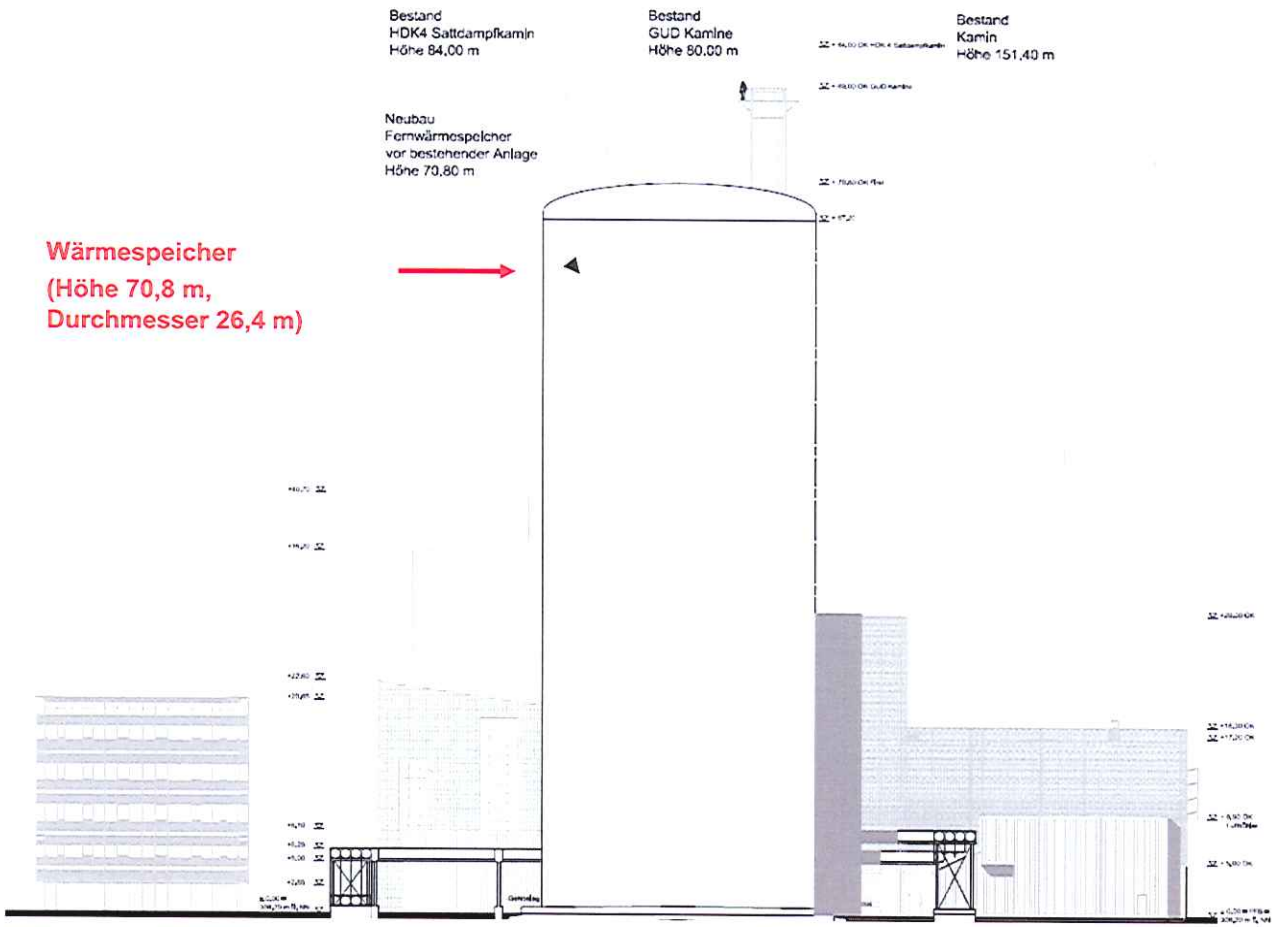
  ➔ 4 fache Investitionskosten und Gefährdungspotential!

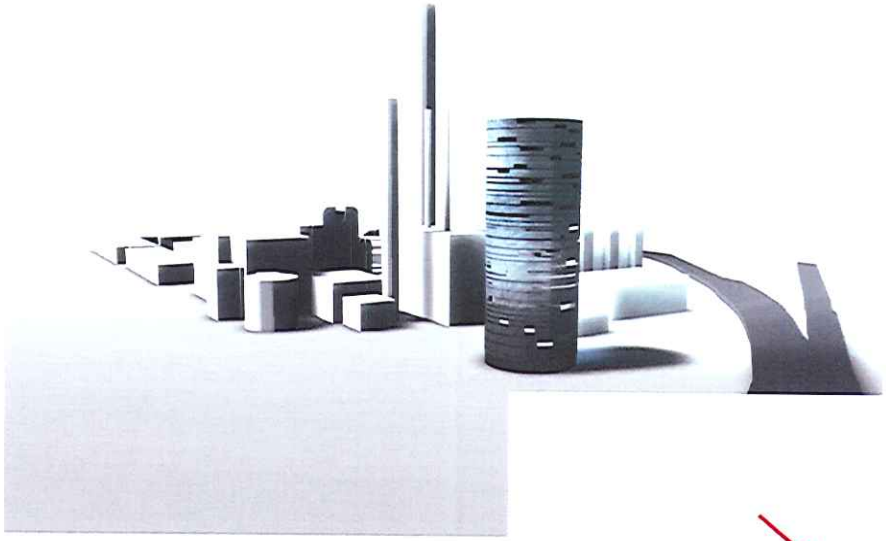
- Bei der Höhe und den sich einstellenden Drücken kann der Speicher mit effizientester Technik ausgeführt werden.
  Für die Kapazität von 1.500 MWh ergibt sich thermodynamisch ein Speichervolumen von 33.000 m³.
  Die 26 m Durchmesser ergeben sich aus Volumen durch Höhe.
- Niedrigerer Speicher bedeutet geringere Drücke und Temperaturen, Wasser für die FW-Einspeisung muss nachgeheizt werden.
  Speichervolumen für gleiche Kapazität wächst pro 10 m geringerer Höhe um +5.000 m³

  ➔ 2. Heizkreislauf, Wärmetauscher, zusätzliche Pumpstrom, doppelte Gesamtinvestition.

N-ERGIE Kraftwerke GmbH

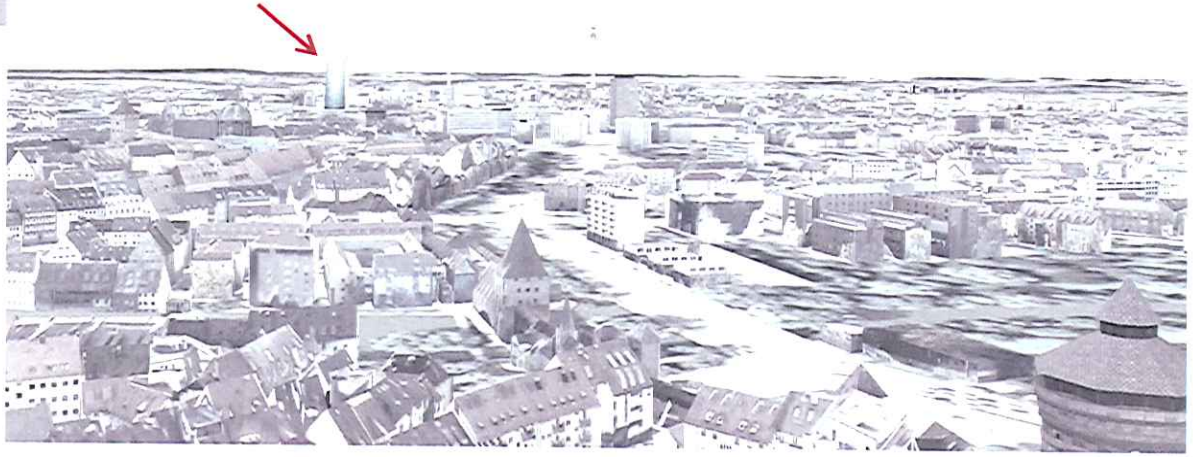
Ansicht von Norden





Neben dem HKW Sandreuth

Einfügung ins Stadtbild



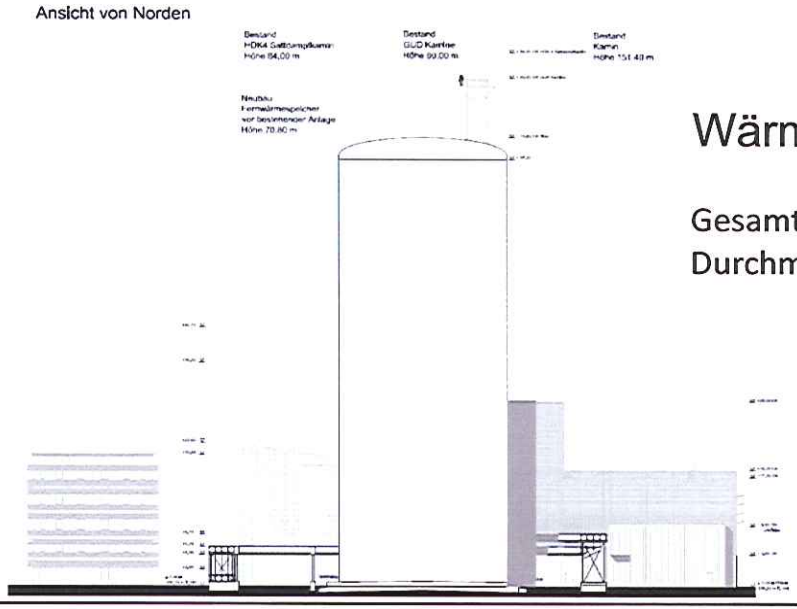
N-ERGIE Kraftwerke GmbH

4. Größen- und Leistungsvergleich von Wärmespeicher zu Erneuerbaren



Windkraftanlage in der Region

Nabenhöhe 130m
Rotordurchmesser 115m
Gesamthöhe 187 m



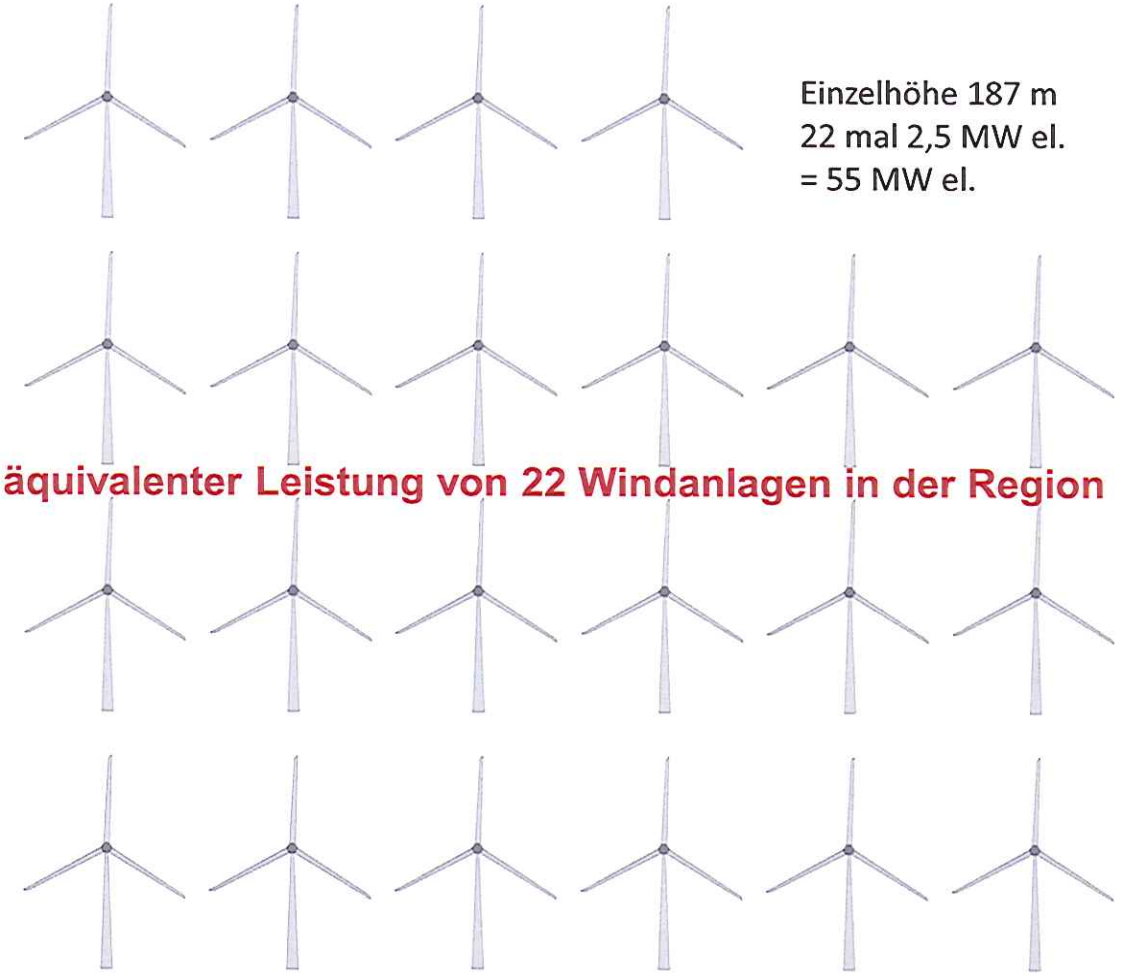
Wärmespeicher

Gesamthöhe 71m
Durchmesser 26m

Quelle f. Windenergieanlage: http://www.enercon.de/de-de/2004.htm_E-115

N-ERGIE Kraftwerke GmbH

Maßstabsgetreu



Einzelhöhe 187 m
22 mal 2,5 MW el.
= 55 MW el.

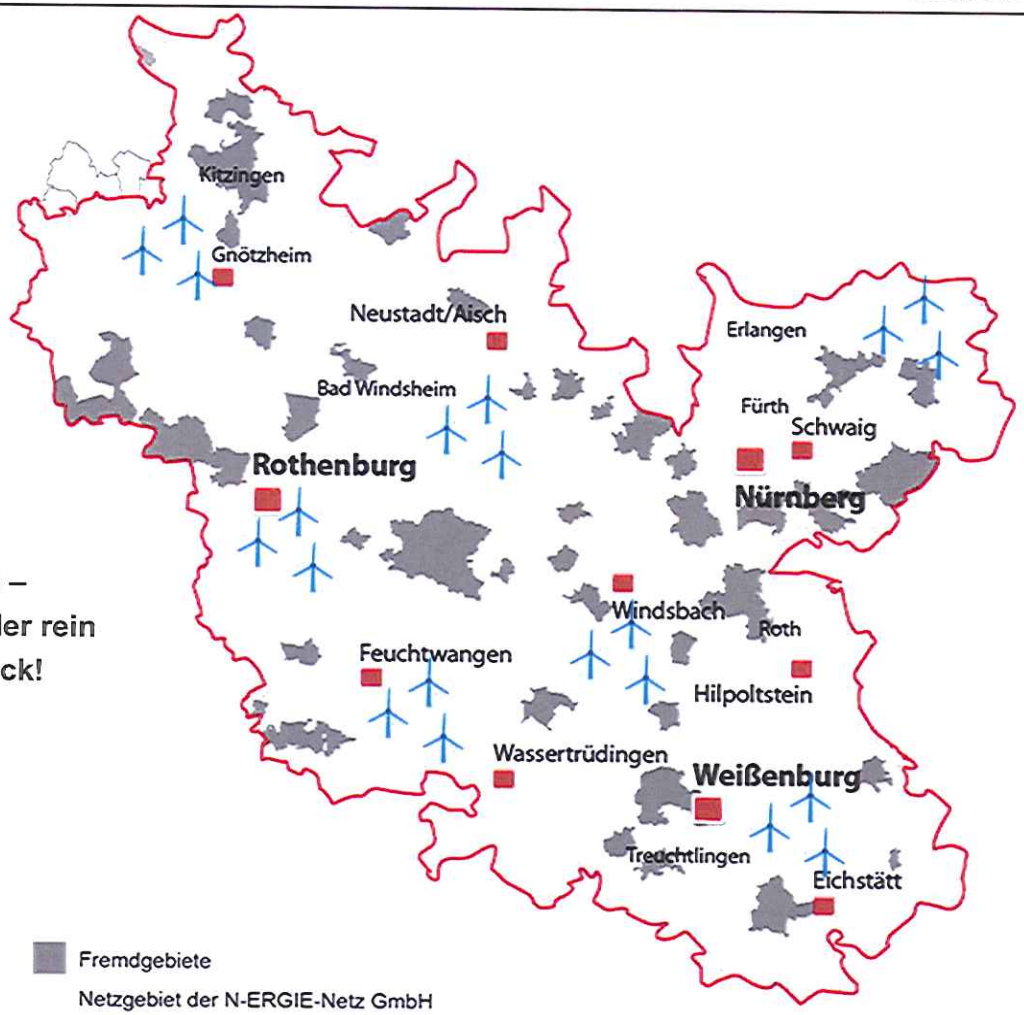
Wärmespeicher entspricht äquivalenter Leistung von 22 Windanlagen in der Region

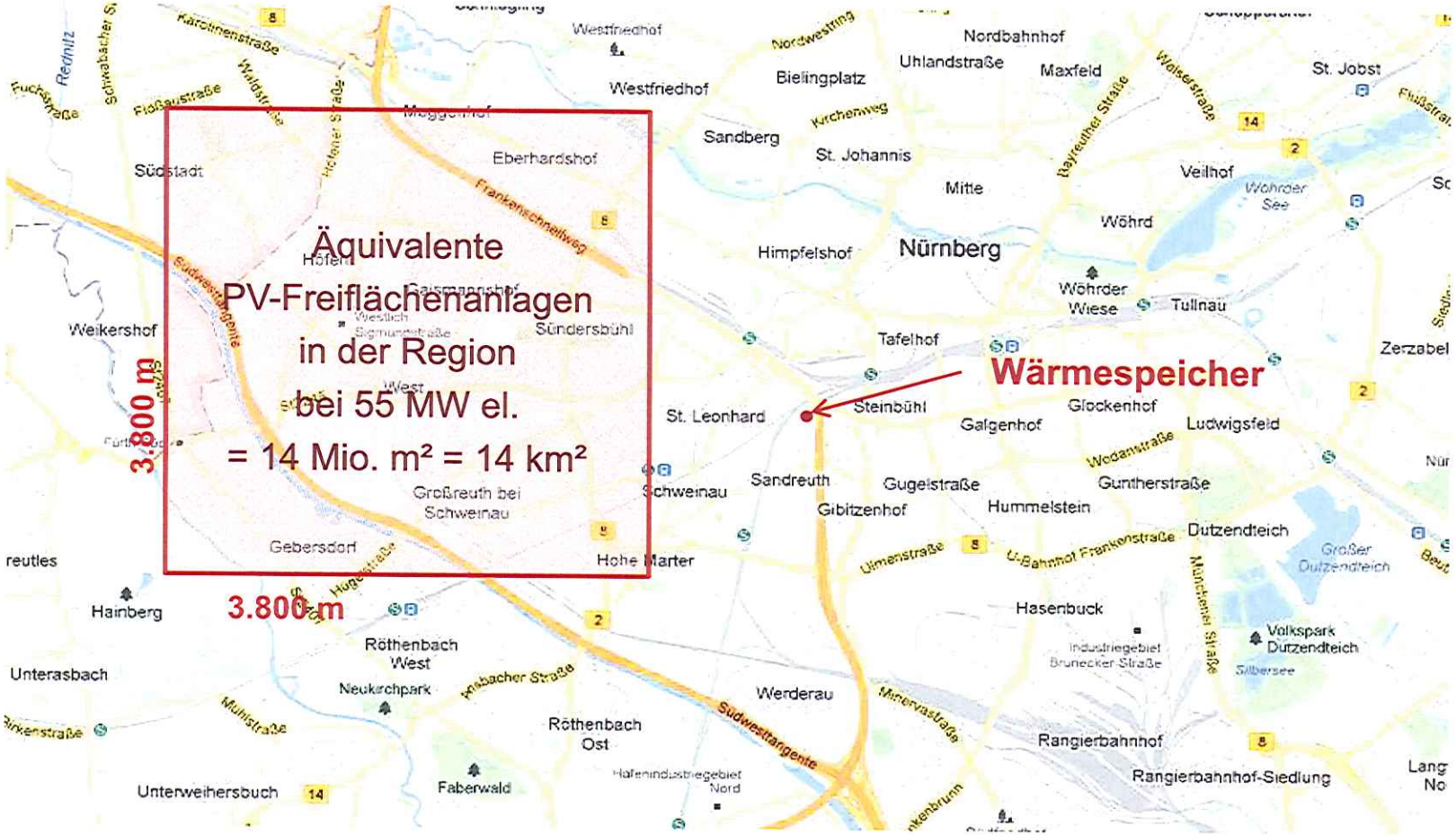
Gesamthöhe 71m
Äquivalent 55 MW el.



N-ERGIE Kraftwerke GmbH

Keine realen Standorte – Verteilung der Windräder rein zu anschaulichem Zweck!




Äquivalente
PV-Freiflächenanlagen
in der Region
bei 55 MW el.
= 14 Mio. m² = 14 km²
3.800 m
3.800 m
Wärmespeicher
Nürnberg
Westfriedhof
Nordbahnhof
Bielingplatz
Uhlandstraße
Maxfeld
St. Jobst
Sandberg
St. Johannis
Eberhardshof
Südstadt
Mitte
Veilhof
Wöhrd
Himpfelshof
Wöhrder Wiese
Tullnau
Tafelhof
Zerzabel
Weikershof
Sündersbühl
St. Leonhard
Steinbühl
Glockenhof
Galgenhof
Ludwigsfeld
Schweinau
Sandreuth
Gugelstraße
Guntherstraße
Gibitzenhof
Hummelstein
Dutzendteich
Großreuth bei Schweinau
Gebersdorf
Hohe Marter
Hasenbuck
Hainberg
Röthenbach West
Unterasbach
Neukirchpark
Werderau
Röthenbach Ost
Rangierbahnhof
Rangierbahnhof-Siedlung
Unterweihersbuch
Faberwald
Volkspark Dutzendteich
Silbersee
Wöhrder See
Großer Dutzendteich
Südwestumgehung
Frankenschnellweg
Nordwestring
Kirchenweg
Bayreuther Straße
Wolfsteinstraße
Fürther Straße
Ulmenstraße
U-Bahnhof Frankenstraße
Münchenbrunn