

# Sektorkopplung: Ein essenzieller Schlüssel in Richtung Dekarbonisierung

Patrik Meli  
Managing Director  
15. Dezember 2021



# Dekarbonisierung

erfordert eine **Sektorkopplung**

**Heizen und Kühlen verursachen \***

- 51% des globalen Energiekonsums
- 39% der CO<sub>2</sub> Emissionen

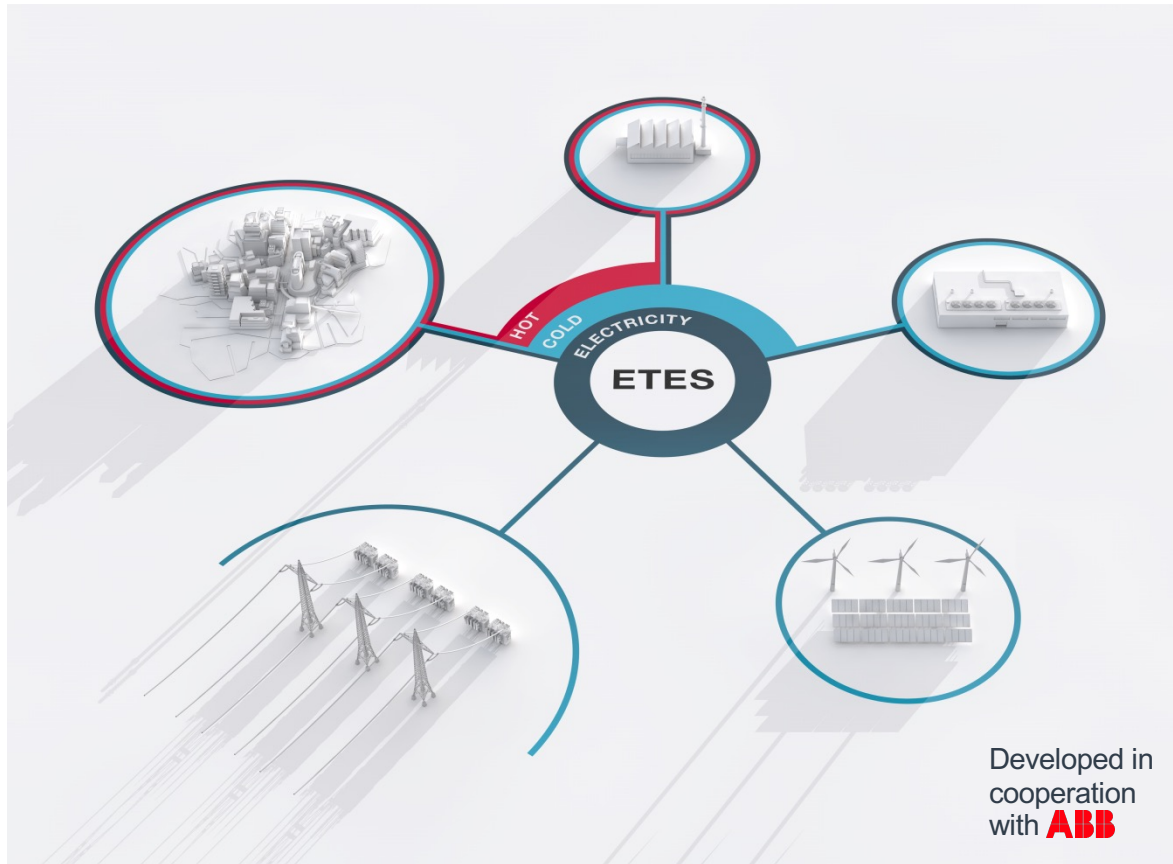
\* Quelle: REN21 Global Status Report 2020



# MAN's Beitrag zur Sektorkopplung



Electro-thermal energy storage – a multifunctional energy management system



ETES is based on the reversible conversion of electrical energy into thermal energy via storage in form of hot water and ice



Excess of energy can be stored either for electrical reconversion or distributed directly from the thermal storage e.g., for process cooling or district heating purposes

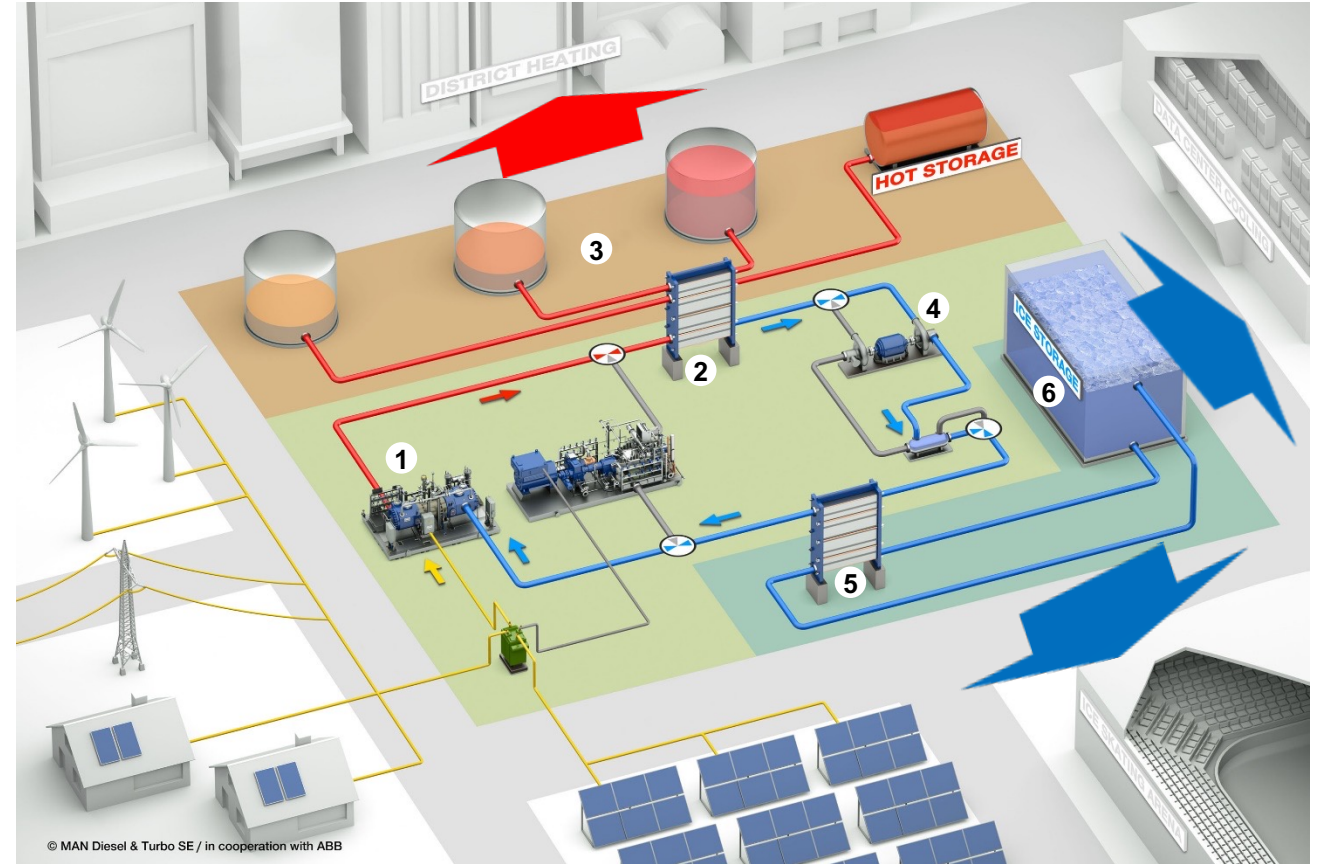
[Link to animation](#)

# MAN ETES: Ladezyklus = Wärme-/Kälte-Produktion & Speicherung

Effiziente Umwandlung von Strom in Wärme und Kälte. Thermischer Speicher.



- 1) Der Turbokompressor von HOFIM™ wird vorteilhaft mit (überschüssiger) Energie aus erneuerbaren Ressourcen betrieben und verdichtet CO<sub>2</sub> im Kreislauf, der auf bis zu 150°C erhitzt wird.
- 2) Das CO<sub>2</sub> wird in einen Wärmetauscher geleitet und erwärmt das Wasser in den Warmwassertanks.
- 3) Das Warmwasser wird in isolierten Tanks gespeichert, jeder auf einem separat definierten Temperaturniveau wenn nötig.
- 4) Noch unter hohem Druck aber bereits abgekühlt wird das CO<sub>2</sub> in einen Expander geleitet, der den Druck reduziert - das CO<sub>2</sub> wird verflüssigt und auf etwa -4° bis -6° Grad abgekühlt.
- 5) Das verflüssigte CO<sub>2</sub> wird erneut durch ein Wärmeaustauschsystem (6) gepumpt, diesmal auf der kalten Seite des Systems. Dem umgebenden Wasser wird Wärme entzogen, und es bildet sich Eis im Eisspeichertank.



Schematische und vereinfachte Darstellung. Komponenten nicht massstabgetreu.



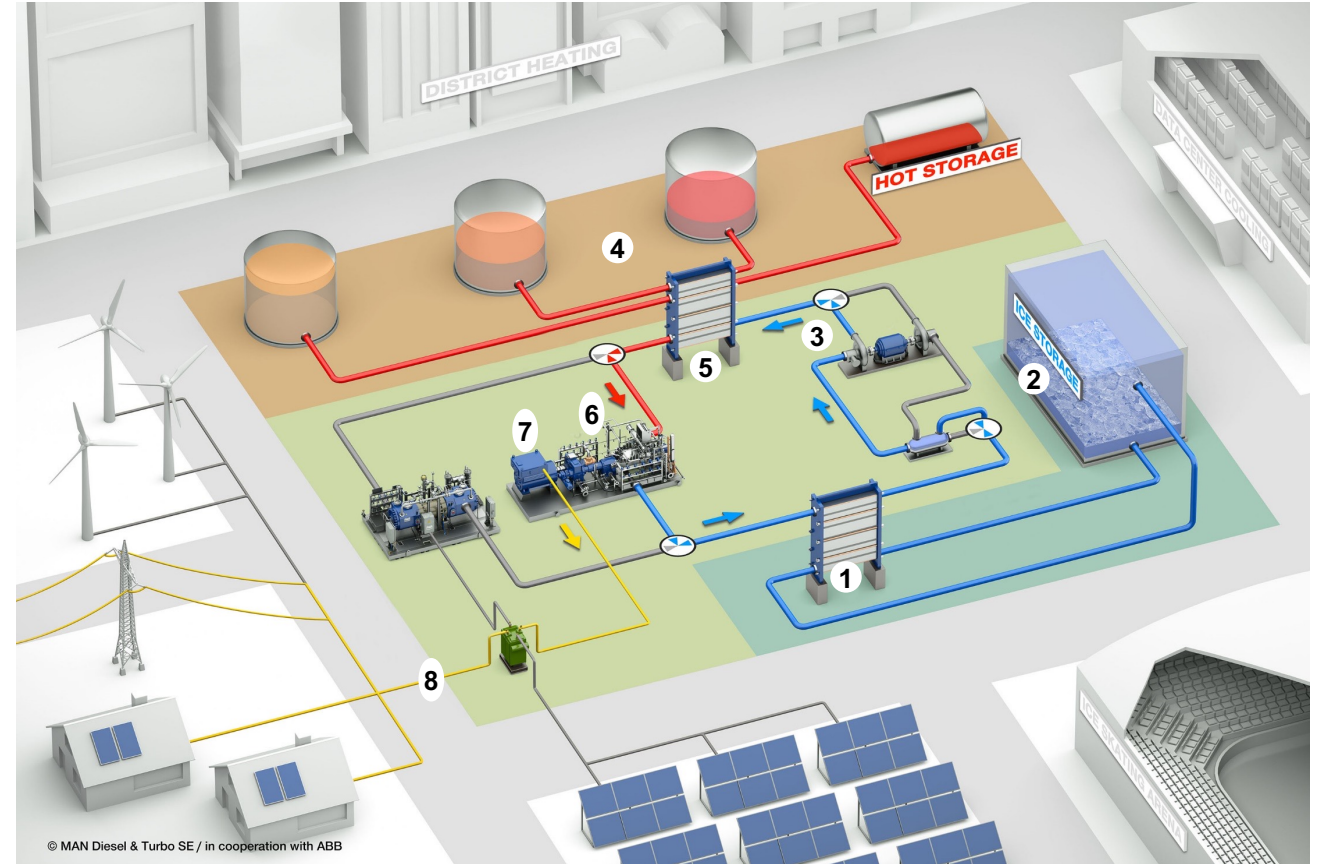


# MAN ETES: Entladeprozess = Stromerzeugung



Umwandlung thermischer Energie in Strom – Wärmekraftmaschine

- 1) Flüssiges CO<sub>2</sub> (1) gelangt auf der kalten Seite des Systems in den Wärmetauscher, wo es aufgrund der Kälte aus dem Eisspeicher kondensiert (2). Das Eis im Tank schmilzt.
- 2) Die CO<sub>2</sub>-Pumpe (3) erhöht den Druck des CO<sub>2</sub> wieder.
- 3) Das CO<sub>2</sub> durchläuft den Wärmetauscher (5) und wird durch das Wasser in den Warmwasserspeichern (4) erhitzt.
- 4) Die Wärme des erhitzten CO<sub>2</sub> wird in die Kraftturbine (6) geleitet, wo die Wärme über einen gekoppelten Generator (7) wieder in elektrische Energie umgewandelt wird.
- 5) Der Strom fließt in das Netz (8) und wird an die Verbraucher verteilt.



© MAN Diesel & Turbo SE / in cooperation with ABB

Schematische und vereinfachte Darstellung. Komponenten nicht massstabgetreu.





# Vorführung des Ladezyklus in voller Grösse am Escher-Wyss-Platz ist erfolgt



Prüfstand der MAN Energy Solutions in Zürich



Aufbau der Testanlage mit einem 5 MW hermetisch gekapselten Motorkompressor



# Esbjerg: Auftrag für 50MW Seawasser Wärmepumpe Weltweit grösste Wärmepumpe mit CO<sub>2</sub> als Kältemittel



Pressemitteilung Project Esbjerg Januar 2021  
DIN Forsyning und MAN ES

*Biomass boiler*

*Transformer house*

*Seawater heat pump building*





# Esbjerg auf einen Blick

Seewasser Wärmepumpe ersetzt Kohlekraftwerk

Wärmepumpe = Elektrifizierung von Wärme

Wärmepumpengebäude

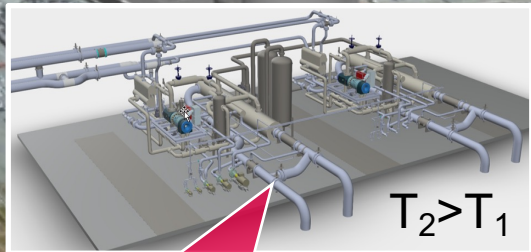


Grüner Strom

$T_1$

Wärme vom Meer

Fernwärme  
 $T_2$



$T_2 > T_1$

MAN-Wärmepumpenlieferumfang inkl. Montage & Inbetriebsetzung

Kohlekraftwerk  
Lieferant von Fernwärme  
Abschaltung 01.04.2023

Auf einen Blick:

- Fernwärme für 25'000 Haushalte
- CO<sub>2</sub> Einsparung: 100'000 t = ~55'000 Autos
- CO<sub>2</sub> Steuerersparnis = ~ 120 Mio € (18 Jahre)

Erfolgsfaktoren:

1. Umweltfreundliches Kühlmittel CO<sub>2</sub>
2. Kompakte, umweltfreundliche, zuverlässige, Technik aus der O&G Industrie
3. MAN als starker Partner (mit ABB)

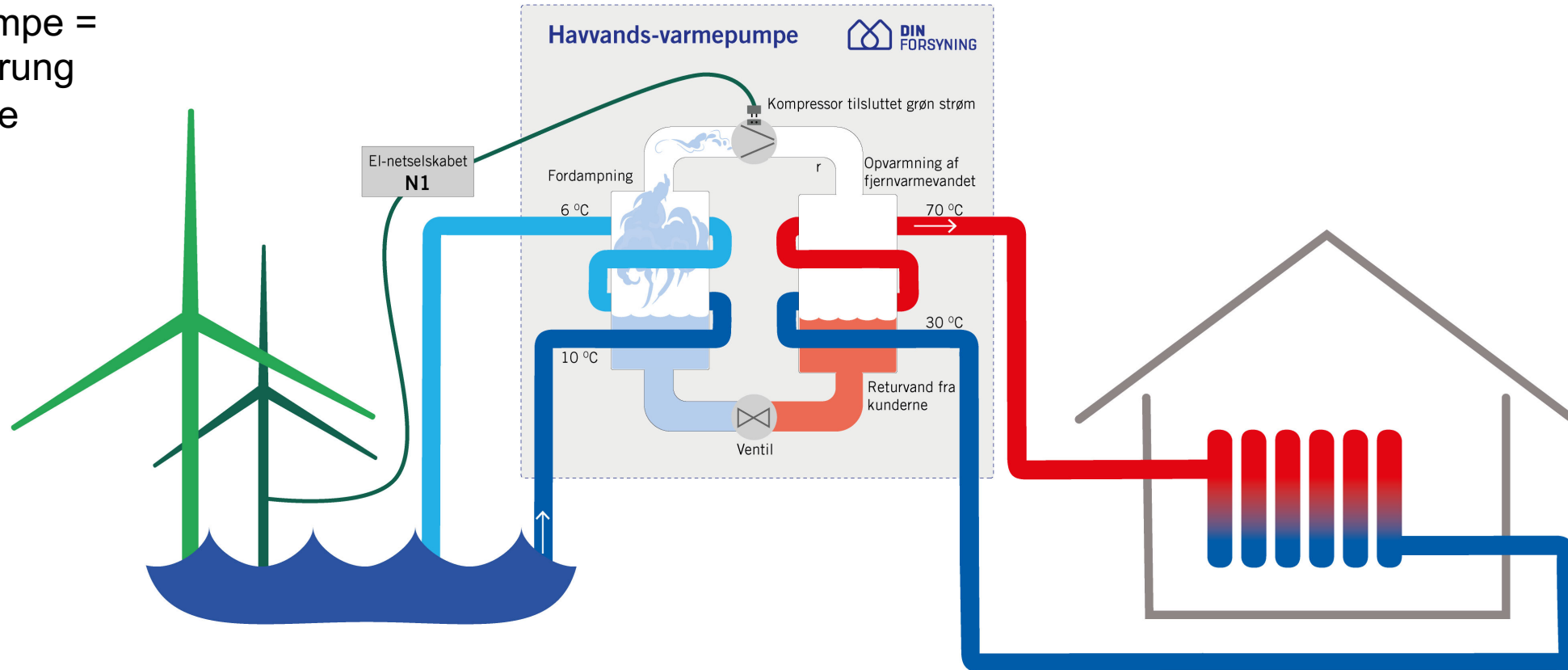


# Funktionsweise der grossindustriellen Wärmepumpe



Übertragung von Energie aus dem Meerwasser auf das Fernwärmewasser mit Hilfe von Strom aus dem Netz

Wärmepumpe =  
Elektrifizierung  
von Wärme



Source: <https://fremtidensfjernvarme.dk/da-dk/projekt-p%C3%A5-havnen/havvands-varmepumpe>

# Sektorenkopplung für die Integration erneuerbarer Energiequellen



- Kopplung der Strom erzeugenden Industrie mit den Energie verbrauchenden Sektoren
- Stromnetzstabilisierung mit Wärmepumpen
- Integration von Energiespeicher





# Kopplung von Wärme, Kälte und Strom mit ETES

Elektrothermischer Energiespeicher – ein multifunktionales Energiespeichersystem





# Dekarbonisierung im internationalen Umfeld mit Technologie aus Zürich



Patrik Meli  
patrik.meli@man-es.com  
044 278 31 74