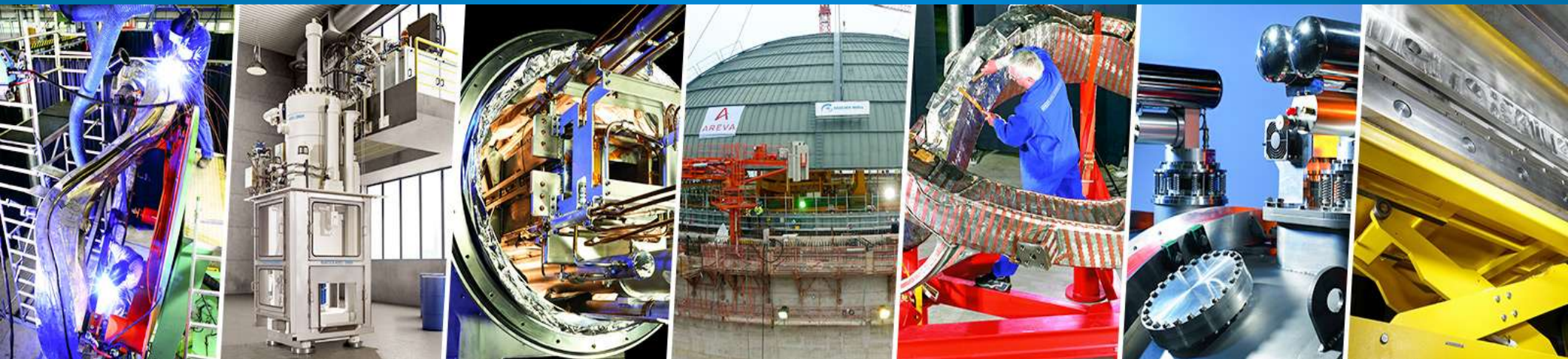




BILFINGER



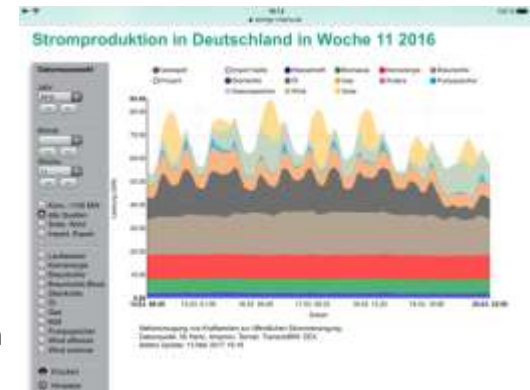
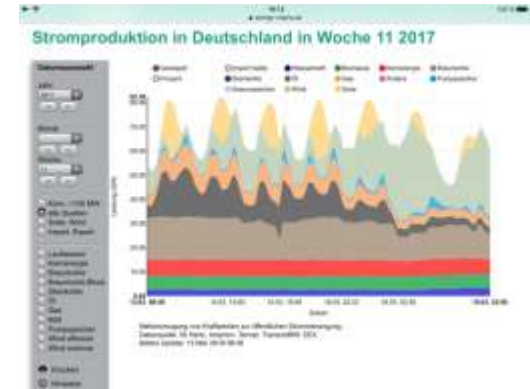
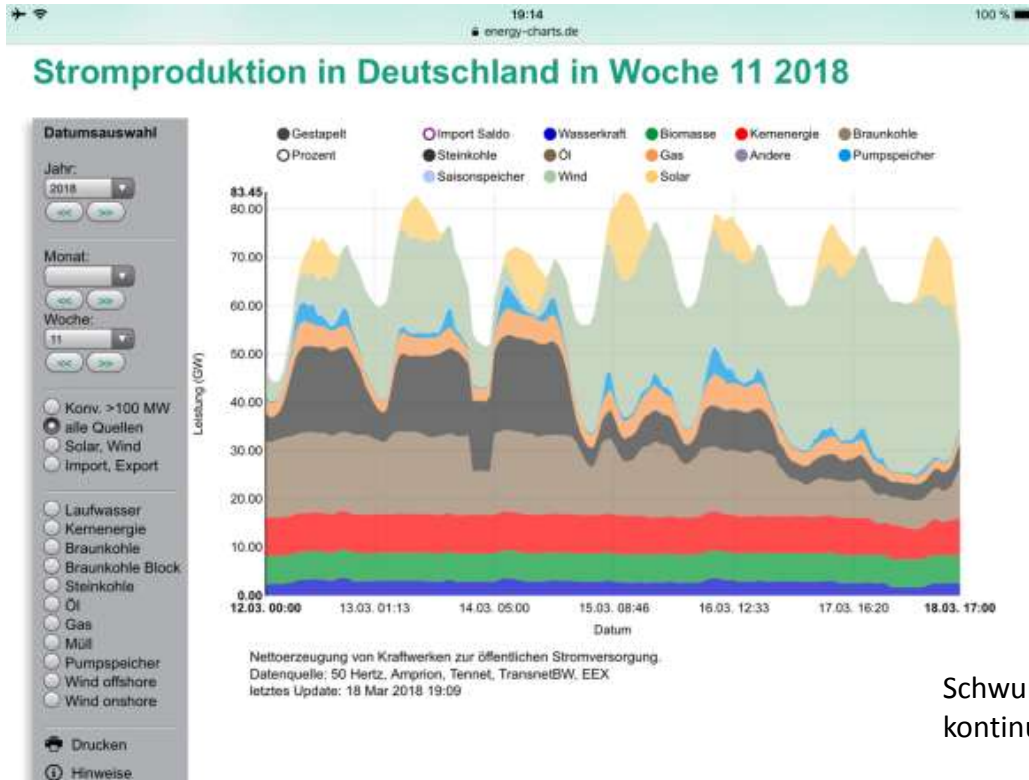
Netzstabilität mit supraleitenden Flywheel-Speichern

Dr. Ronald Hepper | ZIEHL VI - Berlin
20.03.2018

Schwankungen in der Stromproduktion

Netzstabilität durch supraleitende Schwungradspeicher

Schwankungen in der Stromproduktion nehmen kontinuierlich zu



Schwungmassen nehmen kontinuierlich ab

Systemsicherheit, Aspekte

Netzstabilität durch supraleitende Schwungradspeicher



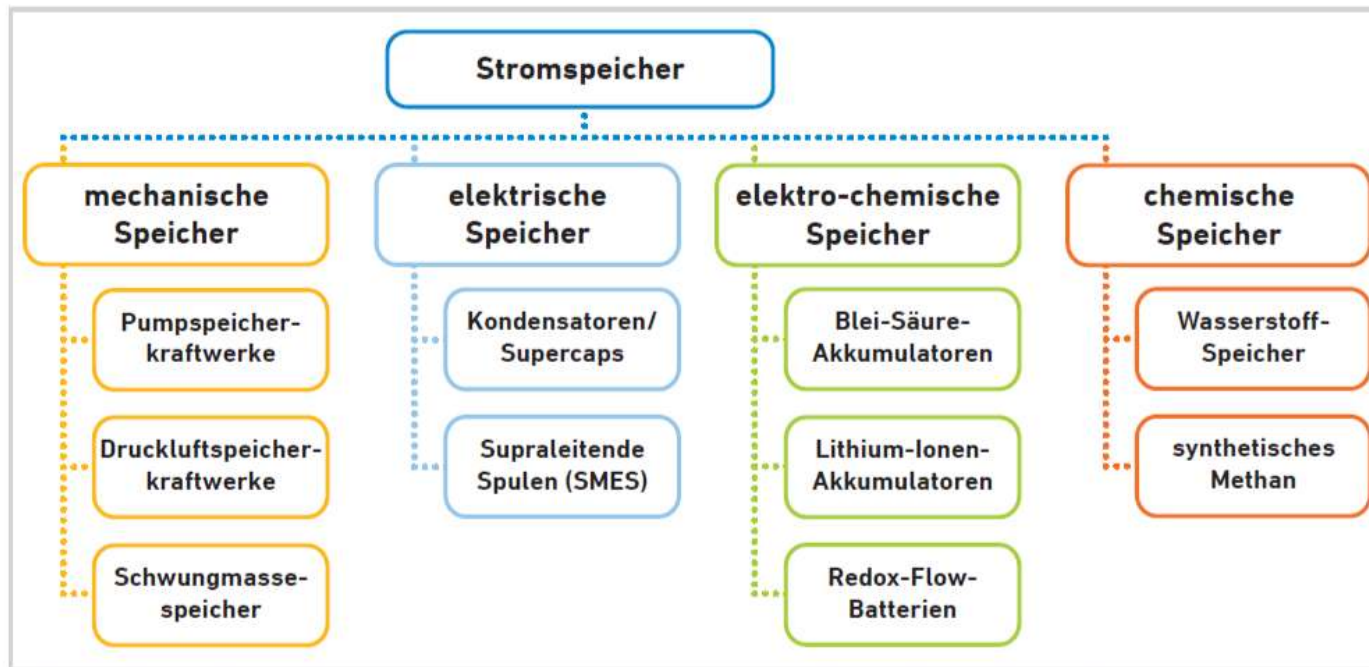
Quelle: eigene Darstellung nach Leprich 2012

Systemsicherheit
- in diversen Gesichtspunkten –
wird ein immer dominanteres Thema



Abbildung 5-3: Teilaspekte der Systemsicherheit. Quelle: Eigene Darstellung.

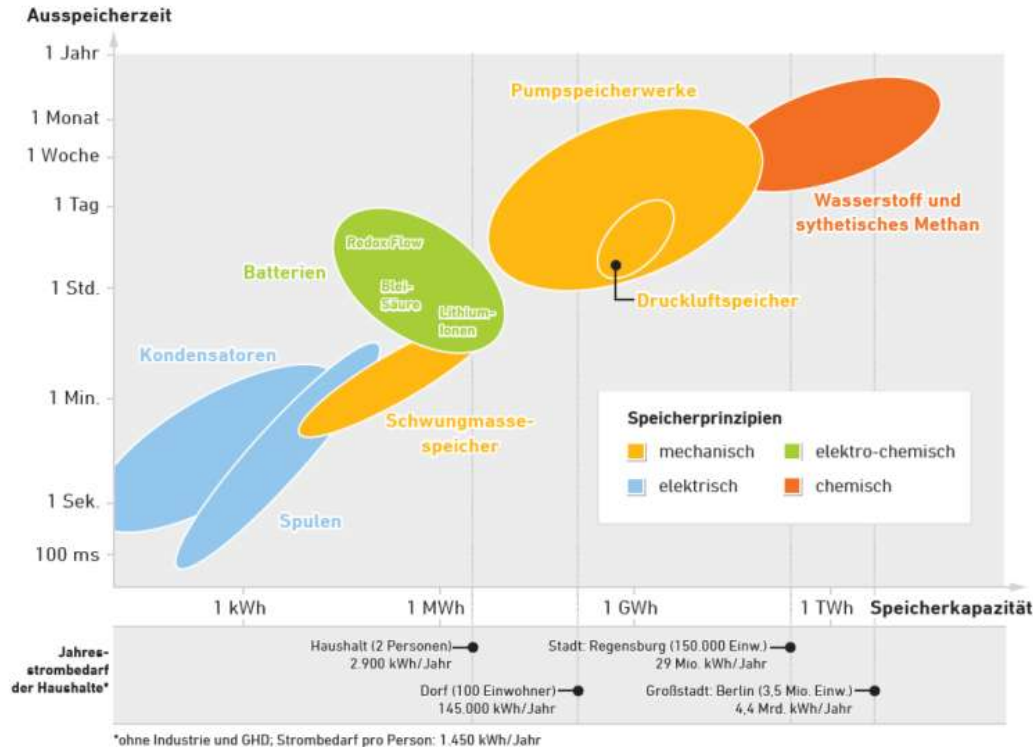
Elektrische Speicher existieren in verschiedensten Varianten



Stromspeicher, Einsatzschwerpunkte Netzstabilität durch supraleitende Schwungradspeicher

Speichertechnologien im Vergleich

Kapazität und Reichweite heute in Deutschland realisierter Anlagen



USV Flywheel

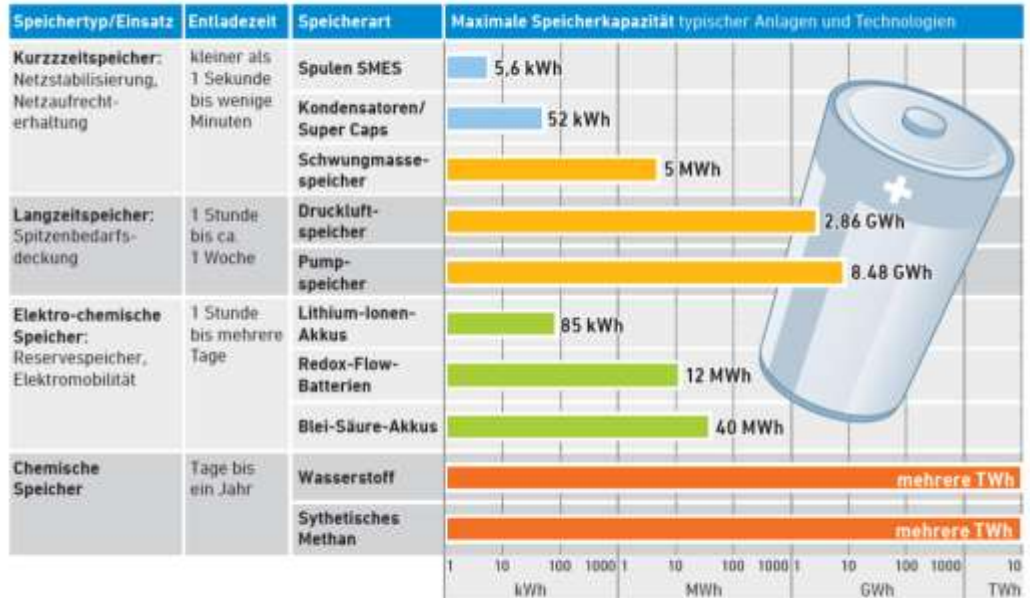
Quelle: Sterner 2013, S. 19

Stromspeicher, Kapazitäten und Wirkungsgrade

Netzstabilität durch supraleitende Schwungradspeicher

Speichertypen haben Einsatzpräferenzen

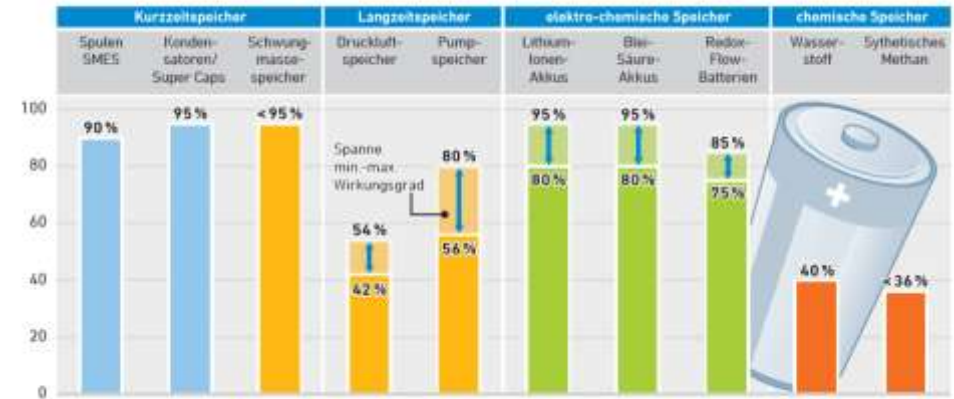
Kapazitäten verschiedener Stromspeicher



Quellen: EFZN, IFEU, TAB, Sauer, Tesla

Schwungradspeicher besitzen enorm hohem Wirkungsgrad

Wirkungsgrade verschiedener Stromspeicher



Quelle: EFZN 2013

Flywheel Speicher, Charakteristika

Netzstabilität durch supraleitende Schwungradspeicher

Wirkprinzip

- Mechanischer Speicher
- Motor beschleunigt Masse auf hohe Drehzahl
- Elektrische Energie wird in kinetischer Energie umgewandelt
- Generator wandelt kinetische Energie zurück in elektrische Energie und bremst dabei Masse

Merkmale

- Lade- bzw. Entladedauern liegen im Bereich von Sekunden und einigen Minuten
- Lade- und Entladezeiten weisen vergleichbare Charakteristik
- Transparenter Ladezustand
- Zyklentfestigkeit
- Emissionsfrei, geräuschlos, recyclebar



Flywheel Speicher, Anwendungsgebiete

Netzstabilität durch supraleitende Schwungradspeicher

Mögliche Anwendungsgebiete
(öffentliche Netze, Industrie, Transport, Inselnetzwerke usw.)

- Frequenzregulierung in Übertragungs- und Verteilnetzen (z.B. Momentanreserve und Primärregelleistung)
Unterstützung Lastmanagement (Verringerung der Volatilitäten bei Einspeisung und Last)
- Rekuperation von „Bremsenergie“ (Krane, PKW, Bahn, Strassenbahn usw.)
- Glättung Lastspitzen (Industrielle Anfahrprozesse, Forschungseinrichtungen, E-Mobilität)
- Unterbrechungsfreie Stromversorgung
- Pufferung regenerativer Energieerzeugung (Wind, Solar)



Supraleitung bei Schwungradspeichern

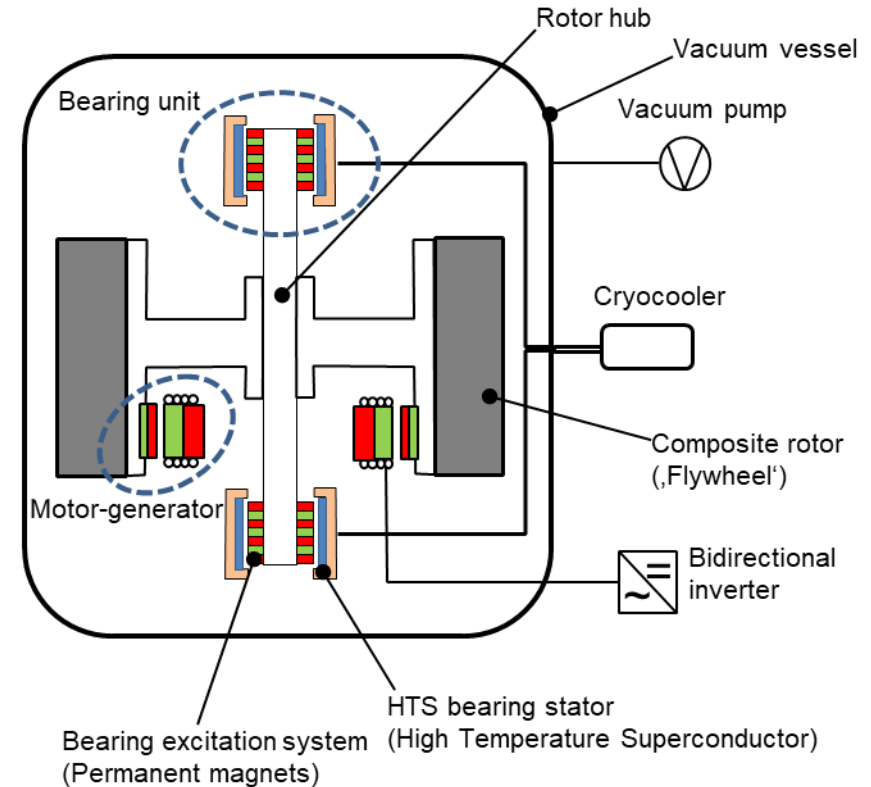
Netzstabilität durch supraleitende Schwungradspeicher

Supraleitende Lager

- berührungslos
- Passiv, selbststabilisierend (Levitation)
- Geringste Reibungsverluste
- Minimaler (kein) Wartungsaufwand

Randbedingungen

- Kühlung notwendig (wenigstens LN2)
- Supraleiter (HTS angestrebt)
- Vakuum



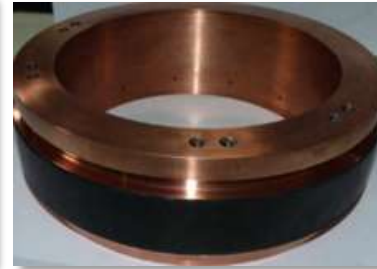
Supraleitendes Lager

Netzstabilität durch supraleitende Schwungradspeicher

Kenndaten Supraleitung:

Arbeitsbereich: $\leq 80\text{K}$

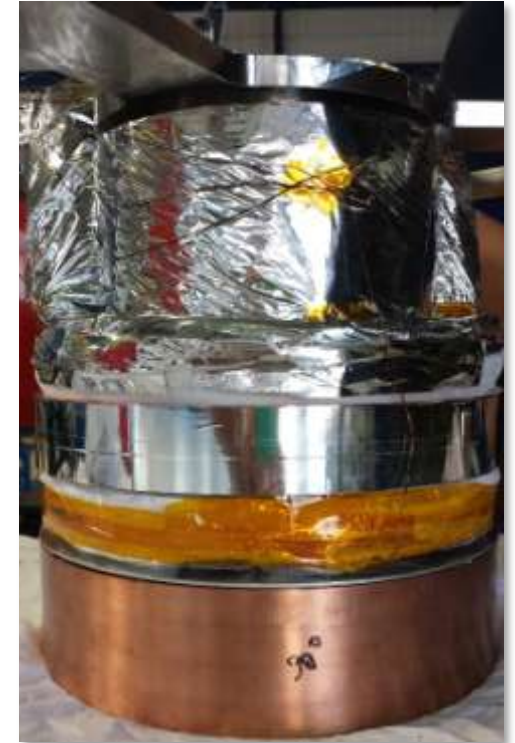
Bulkmaterial



Permanentmagnet HTS Stator



Lagerteststand



Stator, montiert

Flywheel Speicher, Charakteristika

Netzstabilität durch supraleitende Schwungradspeicher



Schwunmassespeicher	
Einsatzgebiet	PRIMÄRRESERVE, Stabilität der Netzspannung, Kurzzeitspeicherung, unterbrechungsfreie Stromversorgung, ELEKTROMOBILITÄT
Wirkungsgrad (in %) ⁱ⁾	< 95 %
Leistung ⁱⁱ⁾	1 kW - 100 MW
Stromspeicherkapazität ⁱⁱⁱ⁾	< 5.000 kWh
Energiedichte (in Wh/l) ^{iv)}	je nach Material 80 - 200 Wh/l
Anprechzeit/ Reaktionszeit ^{v)}	> 10 msec
Energie-zu-Leistungs-Verhältnis ^{vi)}	wenige Sekunden bis 15 min
Selbstentladrate (in % je Tag bzw. Stunde) ^{vii)}	5 - 15 %/h
Zyklenzahl ^{viii)}	mehrere Millionen, 15 Jahre Lebensdauer
Spezifische Investitionskosten ^{ix)}	1.000 Euro/kWh Speicherkapazität, 300 Euro/kW Leistung
Stromgestehungskosten (ct/kWh) ^{x)}	keine Angabe möglich
Marktstadium	marktreif
Entwicklungspotenzial	faserverstärkte Verbundmaterialien erhöhen Drehzahl und Energiedichte, serienmäßiger Einsatz in PKW

Quellen: i) EFZN 2013 ii) ISEA RWTH 2012 iii) EFZN 2013; Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag 2012 iv) ISEA RWTH 2012 v) ISEA RWTH 2012, EFZN 2013 vi) ISEA RWTH 2012; Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag 2012, Fraunhofer UMSICHT 2013 vii) ISEA RWTH 2012 viii) ISEA RWTH 2012; EFZN 2013 ix) ISEA RWTH 2012, EFZN 2013, IFEU 2009 x) DLR/Fraunhofer IWES/ IfnE 2010

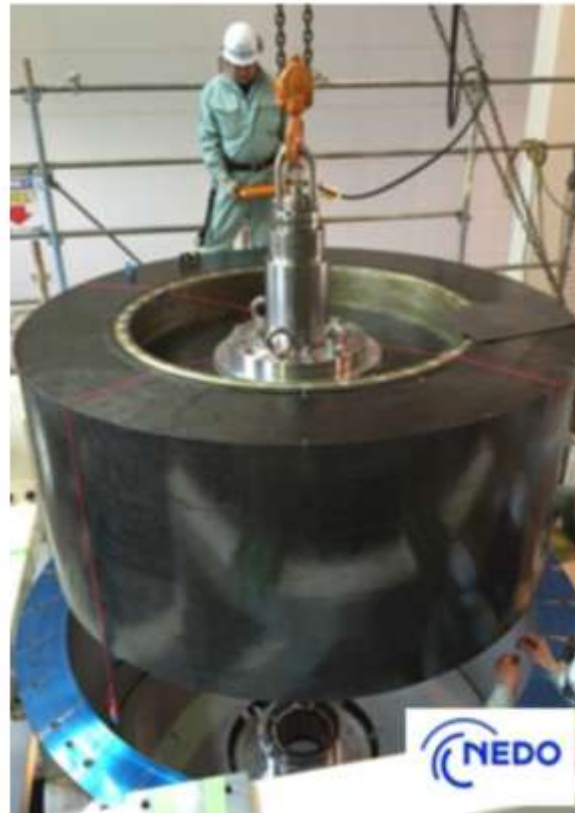
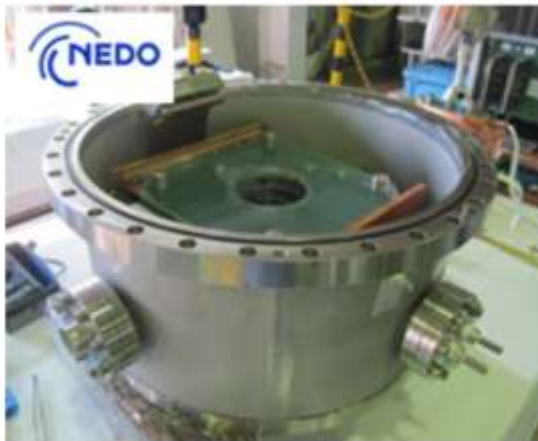
Einsatzbeispiele Schwungräder im Netz

Netzstabilität durch supraleitende Schwungradspeicher

RTRI: world's largest-class flywheel power storage system using a superconducting magnetic bearing.

300-kW output capability and 100-kWh storage capacity

(4t, 2md)



Kodiak Islands, Alaska



Mabon Inc.'s massive electric crane and the Pillar Mountain wind farm dominate the shoreline near the city of Kodiak. Photo by Margaret Kitz Hobson.



Situation

- Speicher werden aktuell als Letztverbraucher betrachtet
- Mehrfachbelastung gespeicherter Energie durch Abgaben und Umlagen

Forderung der Verbände

- Speicher sind zeitliche Verzögerungselemente und sollten als eine eigenständige vierte Säule des Energiesystems neben Erzeugung, Transport und Verbrauch anerkannt werden

Auswirkungen

- Etablierung neuer unterschiedlichster Geschäftsmodelle würde ermöglicht
- Investitionen in Speichertechnologien und Anwendungen würden freigesetzt werden
- Technologische Weiterentwicklungen könnten unterstützt werden

Fazit

- Schwungräder wichtiger „Freiheitsgrad“ zur Gestaltung der „Energie-Landschaft“
- Einsatzzwecke sind vielfältig und entwickeln sich kontinuierlich weiter
- Praxistauglichkeit ist nachgewiesen
- Supraleitende Schwungräder unterstützen die anwendungsorientierte Optimierung
- Schwerpunkte für die Weiterentwicklungen liegen insbesondere im Bereich der Lager, der Schwungmassen und der Motor / Generator Einheit
- Anwendungen sind noch im zahlenmässig kleinen Bereich
- Kosten / Nutzen Tauglichkeit ist mehrfach nachgewiesen

- Politik ist gefordert, um Rahmenbedingungen den Bedürfnissen der Energiewende nachzuführen

Supraleitung unterstützt zielorientierte Anwendungsoptimierung Netzstabilität durch supraleitende Schwungradspeicher

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit

