

Supraleitende Gleichstromgeneratoren für kompakte und effiziente Windkraftanlagen

Florian Erb – 14.11.2013

Institute for Technical Physics (ITEP)

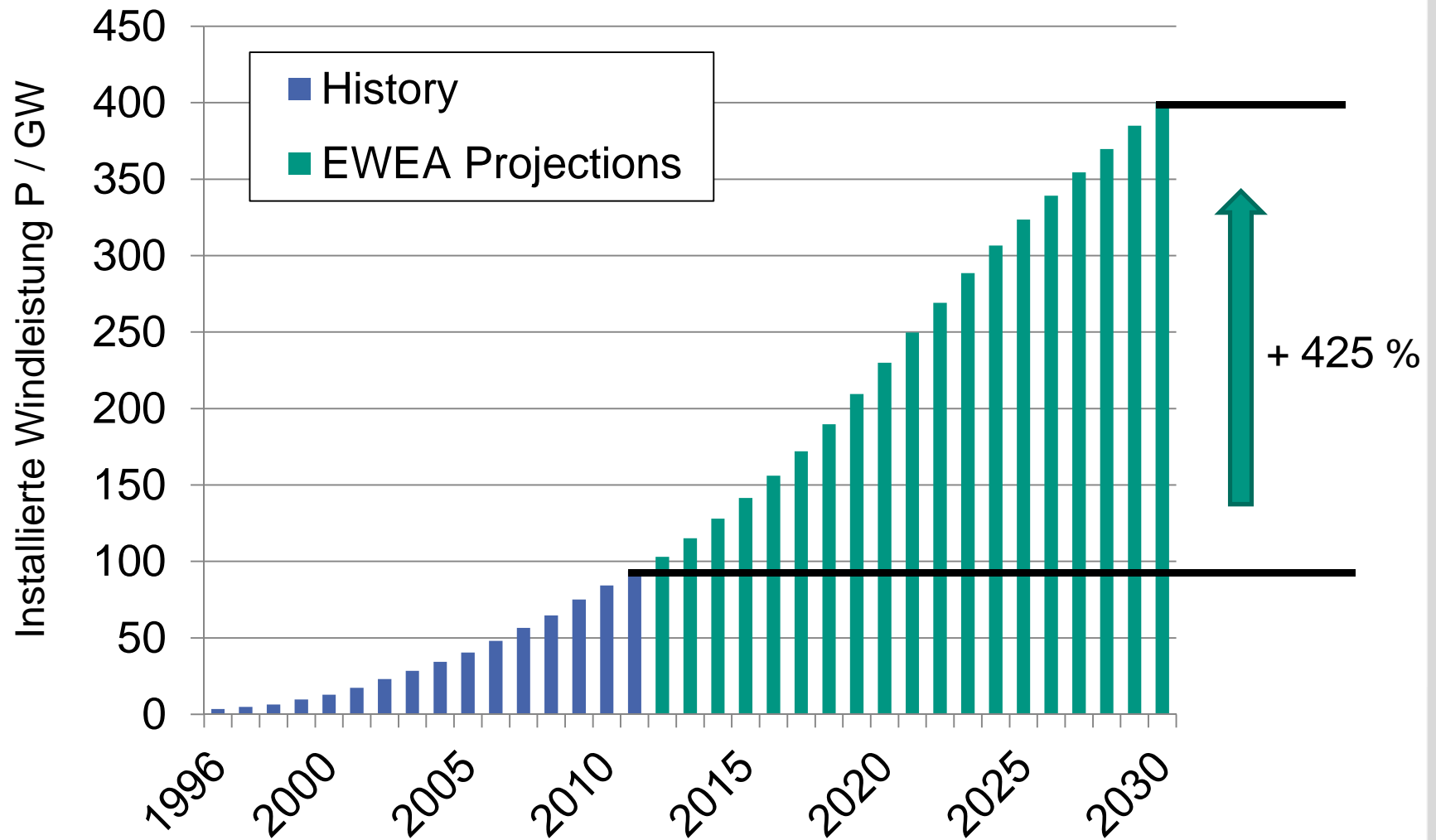


© BWE / Christian Hirsch

Inhalt

- Stand der Entwicklung und Trends im Bereich der Windenergie
- Supraleitende Generatoren für Windkraftanlagen
- Zusammenfassung

Installierte Windleistung in der EU



Quellen: European Wind Energy Association (EWEA); Wind in power: 2011 European statistics; 2012 European Wind Energy Association (EWEA); Pure Power – Wind energy targets for 2020 and 2030; 2012

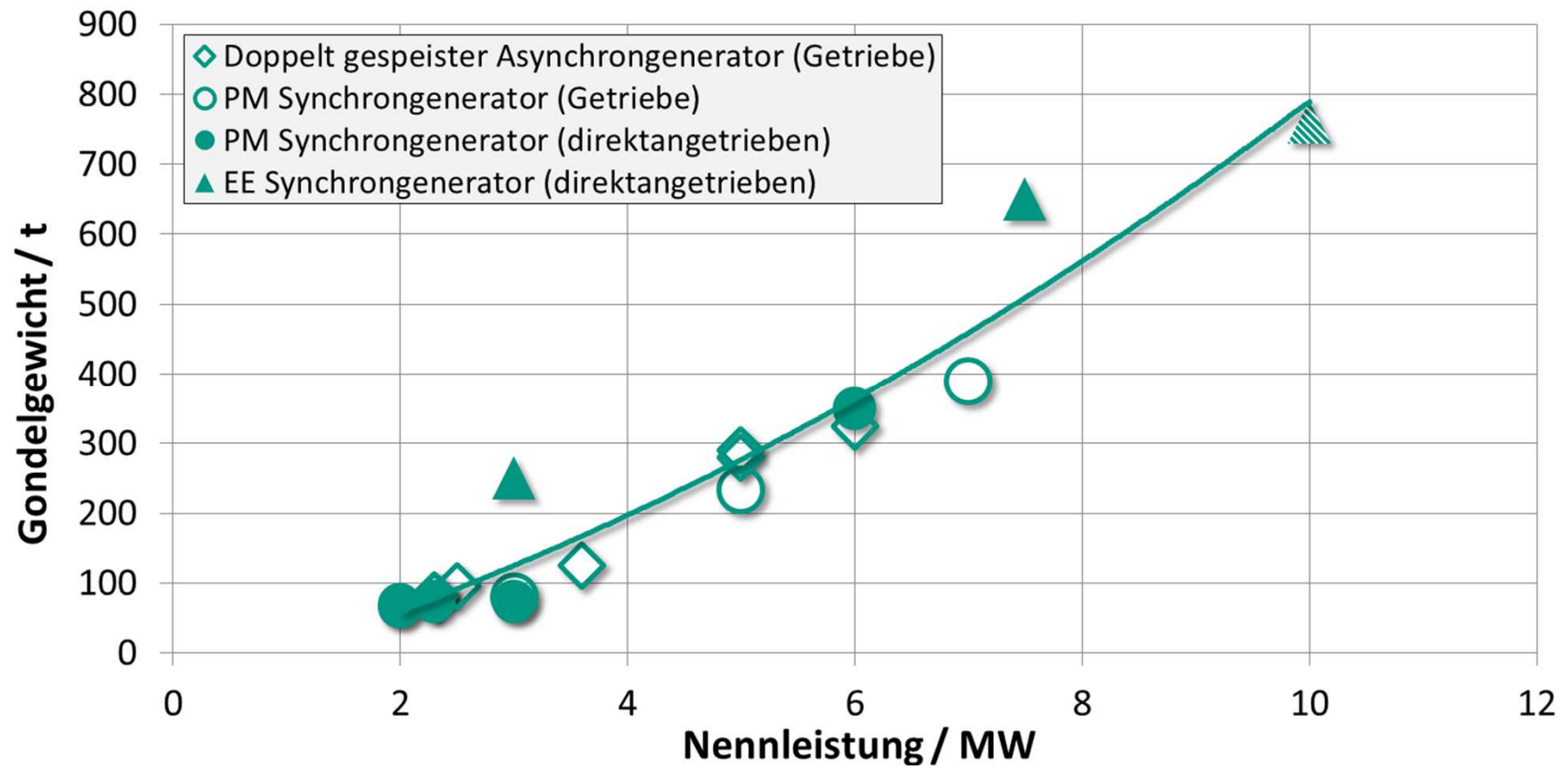
Windkraftanlagen mit mehr als 5 MW Leistung

Hersteller	Generator	Antriebsstrang	Nennleistung / MW
Alstom	PMSG	Direktantrieb	6.0
Enercon	EESG	Direktantrieb	7.5
REpower	DFIG	mit Getriebe	6.2
Siemens	PMSG	Direktantrieb	6.0
Goldwind	PMSG	Direktantrieb	6.0
Vestas	PMSG	mit Getriebe	7.0

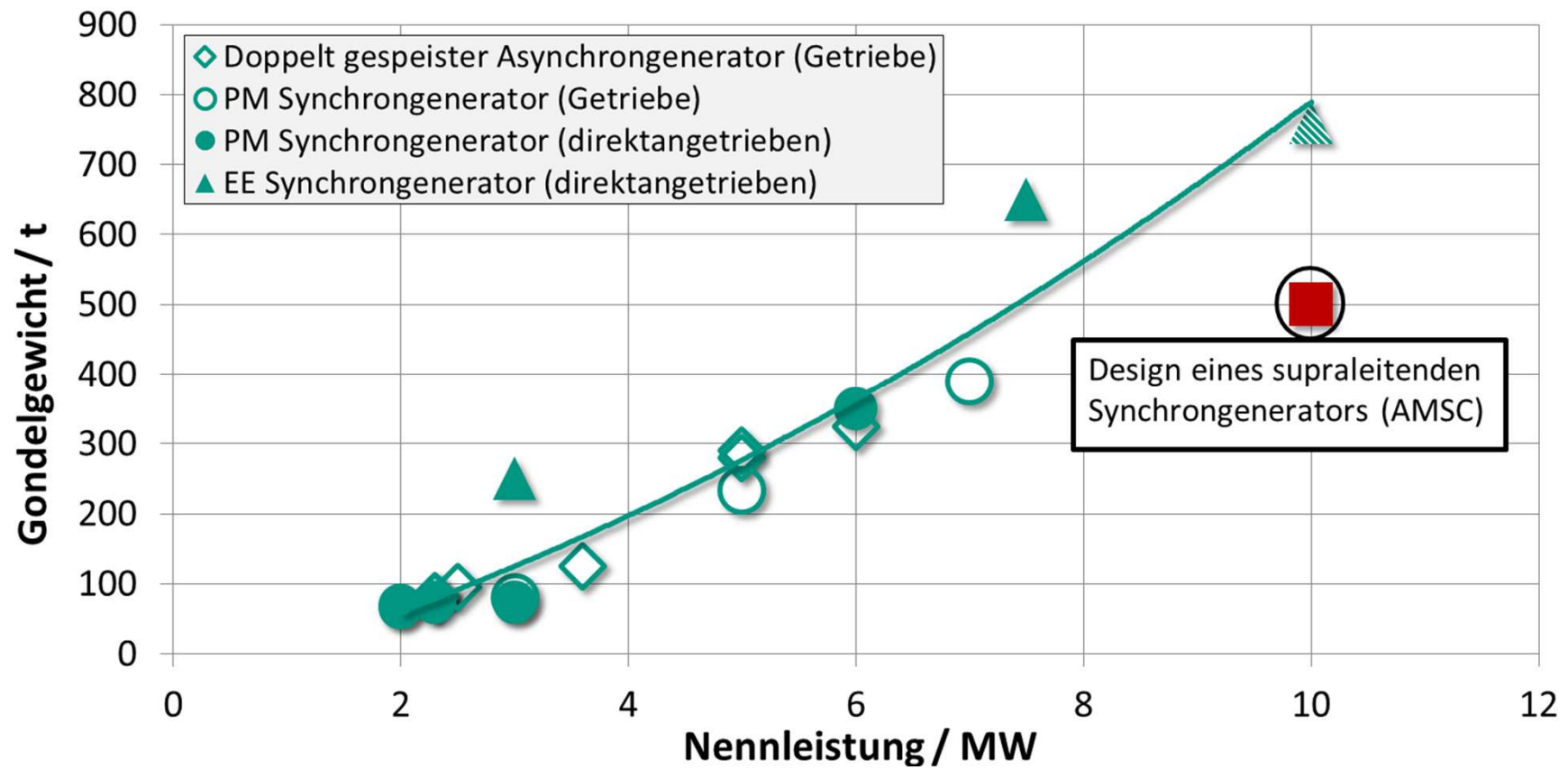
- Trend zu permanenterregten Synchrongeneratoren
- Trend zu direktangetriebenen Anlagen

PMSG Permanent erregter Synchrongenerator
EESG Elektrisch erregter Synchrongenerator
DFIG Doppelt gespeister Asynchrongenerator

Gondelgewicht von Windkraftanlagen

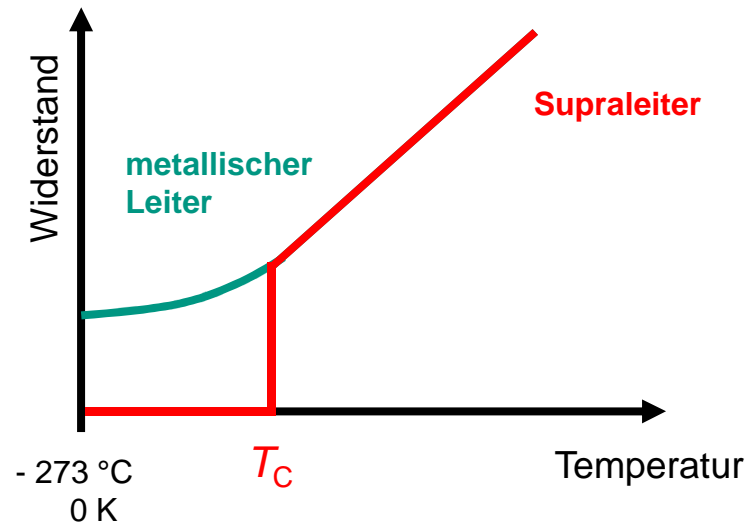


Gondelgewicht von Windkraftanlagen



Supraleitung

- Bei tiefen Temperaturen: vernachlässigbarer Widerstand

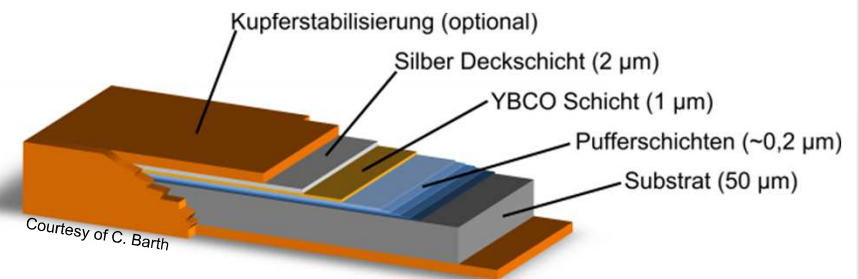


Kupfer: $\sim 5 \text{ A/mm}^2$

Supraleiter: $> 100 \text{ A/mm}^2$

- Supraleiter in der Energietechnik:

- Hochtemperatursupraleiter mit $T_C > 77,15 \text{ K}$
- Bandleiter aus Yttrium-Barium-Kupferoxid Verbindungen



Grundlegende Designgleichung elektrischer Maschinen

Leistung des Generators

Drehzahl

$$P = \pi^2 \cdot D^2 \cdot l_i \cdot \alpha_i \cdot A \cdot B_{\max} \cdot n$$

aktives Volumen

elektro-magnetischer Beitrag

α_i : Polbedeckungsfaktor

D : Ankerdurchmesser

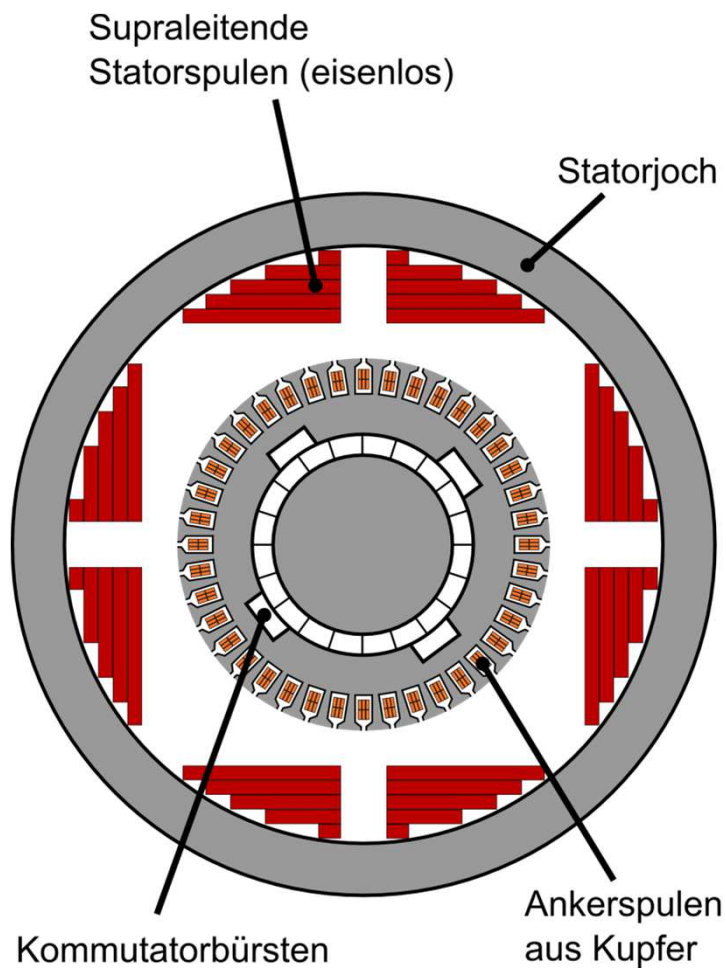
A : Strombelag

l_i : Ankerlänge

B_{\max} : magn. Flussdichte

n : Drehzahl

Entwurf eines supraleitenden Gleichstromgenerators

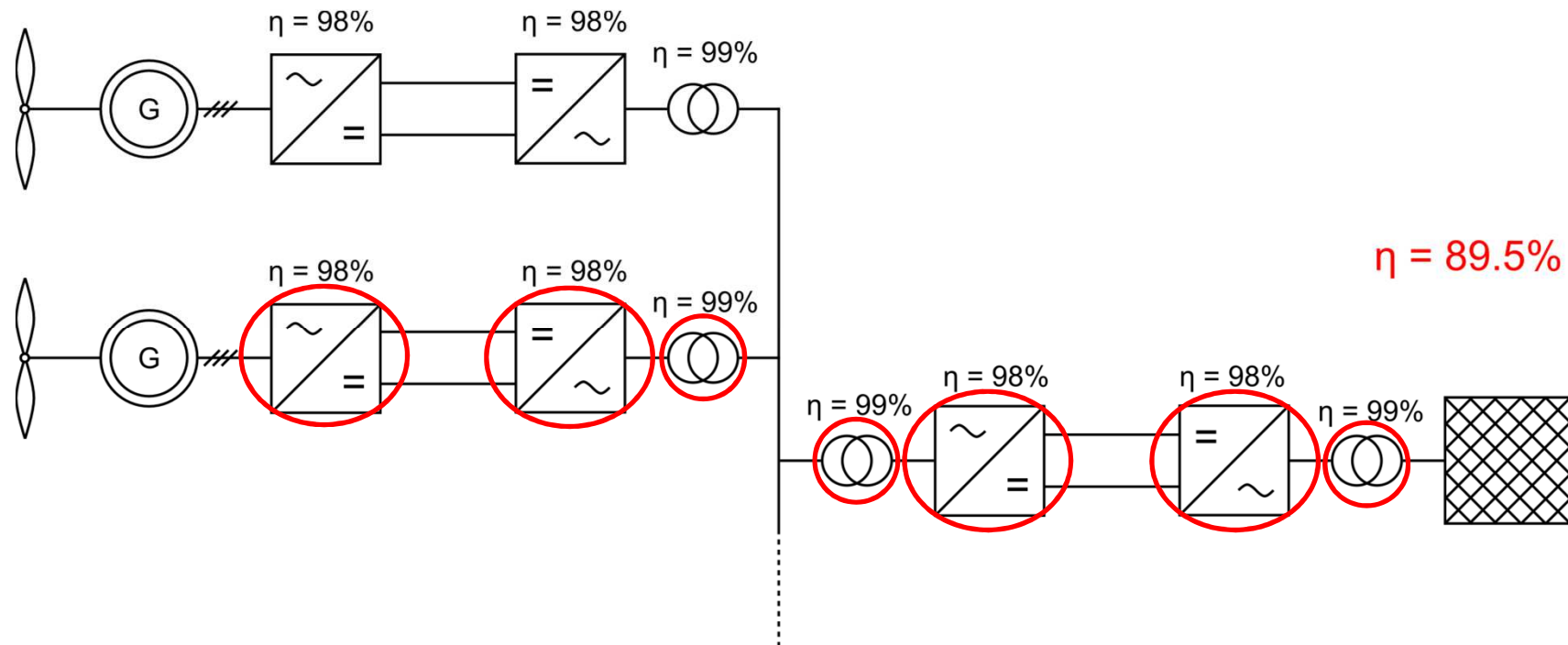


Konzeptionelles Design eines supraleitenden Gleichstromgenerators

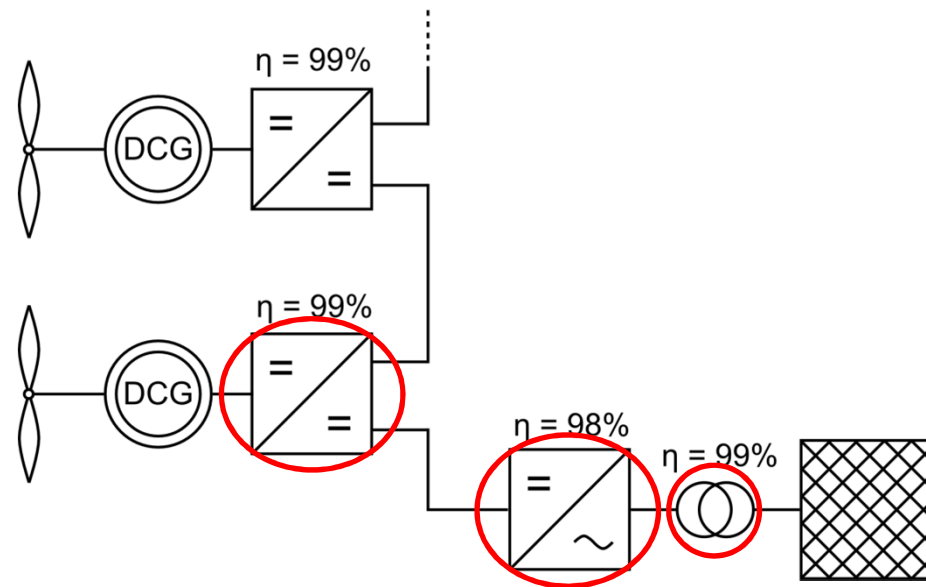
Nennleistung*	10 MW
Drehzahl*	15 rpm
Nennspannung*	1 kV
Nennstrom	10 kA
Luftspaltflussdichte	2 T
Polpaare	12
Ankerdurchmesser	4,23 m
Ankerlänge	2,5 m
Supraleiterlänge	~ 300 km

*Spezifikationen

Aktuelle Netzanbindung von Windparks



Mögliche Netzanbindung von Windparks mit Gleichstromgeneratoren



➡ Reduzierung der Umwandlungsschritte

➡ Steigerung des Wirkungsgrades

Zusammenfassung

- Steigende Nachfrage an direktangetriebenen Windkraftanlagen mit hohen Leistungen
 - Supraleitende Generatoren erlauben hohe Leistungen bei niedrigem Gewicht und Volumen
- ➔ Der vorgestellte supraleitende Gleichstromgenerator zeigt zusammen mit dem Netzanbindungskonzept einen neuartigen und aussichtsreichen Ansatz im Bereich der Windenergie.

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**