



Supraleitende Generatoren für den Windenergie-Massenmarkt ab 2 MW

ZIEHL IV-Workshop
Dr. Carsten Bühler
Bonn, den 12.03.2014

ECO 5: Wir entwickeln passgenaue Lösungen

- Die ECO 5 GmbH wurde 2011 mit energietechnischem Fokus gegründet
 - Elektrische Generatoren für erneuerbare Energie
 - Elektrische Antriebstechnik
 - Effiziente Prozesswärme für die Metallindustrie
 - Elektrische Netze – Schutz und Ausbau
 - Energietechnische Anwendungen der Supraleitung
 - Materialwissenschaften
- Unsere Kernkompetenz ist die hocheffiziente elektrische Energietechnik
- Besondere Leistungsmerkmale
 - Materialwissenschaftliches Hintergrundwissen im Einsatz für effiziente Energie- und Industrietechnik
 - Starker Kundenfokus und Branchenkenntnisse
 - Fokus auf Frühphasenentwicklung.

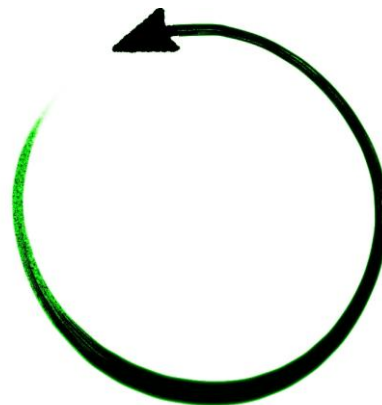


ECO 5: Bündelung breiter Expertise



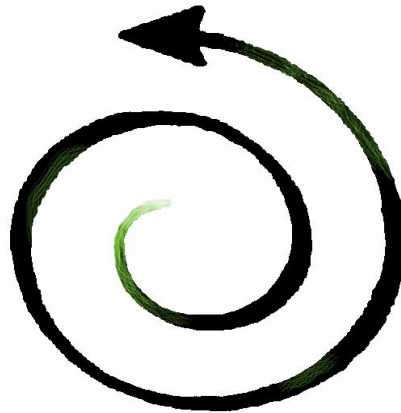
Marktakzeptanz für Supraleiter

- Wie steigern wir die Marktakzeptanz supraleitender Betriebsmittel?
 - Supraleiter bieten augenscheinlich extreme Vorteile
 - Die technische Umsetzbarkeit steht mittlerweile außer Frage—trotzdem wird genau das von Anwendern hinterfragt
 - Diese Anwenderfrage beantworten wir mit einem Demoprojekt
 - Eine wirtschaftliche Betrachtung auf Basis der Kostenstruktur und heutiger Preise des Demoobjektes zeigt keine Profitabilität
 - Supraleiter bieten augenscheinlich extreme Vorteile?
- Die Gefahr ist, dass wir uns im Kreis drehen.



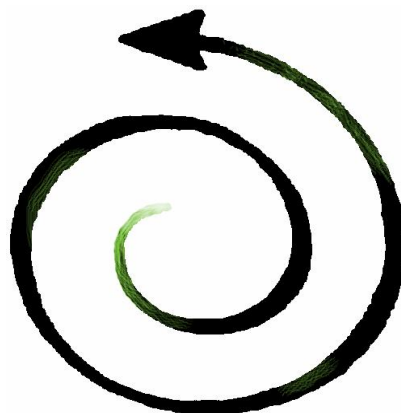
Marktakzeptanz für Supraleiter

- Wie steigern wir die Marktakzeptanz supraleitender Betriebsmittel?
 - Supraleiter bieten augenscheinlich extreme Vorteile
 - Die technische Umsetzbarkeit steht mittlerweile außer Frage—trotzdem wird genau das von Anwendern hinterfragt
 - Diese Anwenderfrage beantworten wir mit einem Demoprojekt
 - Eine wirtschaftliche Betrachtung auf Basis der Kostenstruktur und heutiger Preise des Demobjektes zeigt keine Profitabilität
 - Supraleiter bieten augenscheinlich extreme Vorteile?
- Die Gefahr ist, dass wir uns im Kreis drehen.



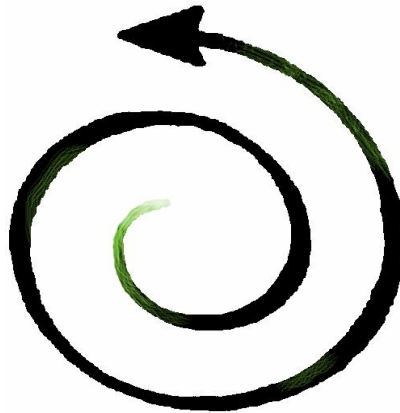
Marktakzeptanz für Supraleiter

- Wie steigern wir die Marktakzeptanz supraleitender Betriebsmittel?
 - Supraleiter bieten augenscheinlich extreme Vorteile
- Strukturierung für die frühe Markteinführung
 - Machbarkeitsdemonstration: „Funktioniert Supraleitung?“
 - Schärfung von Marktkriterien: „Was verkauft das Produkt?“
 - Konstruktives Kostenmanagement: „Wie geht es profitabler?“
 - Optimierung des Lieferantenmodells: „Wie werden Anbieter und Absatzmärkte synchronisiert?“



Marktakzeptanz für Supraleiter

- Schritte für die frühe Markteinführung könnten so strukturiert werden
 - Machbarkeitsdemonstration: „Funktioniert Supraleitung?“
 - Schärfung von Marktkriterien: „Was verkauft das Produkt?“
 - Konstruktives Kostenmanagement: „Wie geht es profitabler?“
 - Optimierung des Lieferantenmodells: „Wie werden Anbieter und Absatzmärkte synchronisiert?“
- Wesentlich für die Umsetzung sind
 - Fokussierung auf einen scharf definierten Primärnutzen
 - Sinnvolles Kosten/Nutzen-Verhältnis für alle relevanten Marktteilnehmer
 - Keine komplexen Rückverdienmechanismen.



Demonstration technischer Machbarkeit

Superconducting AC Cables
State-of-the-Art

Columbus LIPA

Neutral

Bi 2212 bulk

10 kV, 2.3 kA YBCO tapes

2011

2012

2013

Q: "Funktioniert Supraleitung überhaupt?"
A: "Ja, sogar recht problemlos!"

Schärfung von Marktkriterien: „Was verkauft das Produkt?“

- Der Windkraftbereich lässt sich fast diametral segmentieren:

Onshore	Offshore
<ul style="list-style-type: none">• Leistung derzeit < 5 MW• Massenmarkt mit großen Stückzahlen• Großer Preisdruck, geringe Margen• Argumentation über Preis (mühsam)• Große Bandbreite an existierenden Maschinen. Überschaubares Risiko der Technologieeinführung	<ul style="list-style-type: none">• Zielgröße 5...10 MW• Kommt es als Markt ?• Massiver Umlaufkapitalbedarf• Argumentation über Gewicht (leicht)• Warum sollte in diesem Umfeld eine neue Technik als zusätzliches Risiko eingeführt werden?

- Aufgrund der Stückzahlen haben Hersteller derzeit nur am *Onshore* Markt wirkliches Interesse
- Für HTS ist *Onshore* der Markttöffner für *Offshore*.

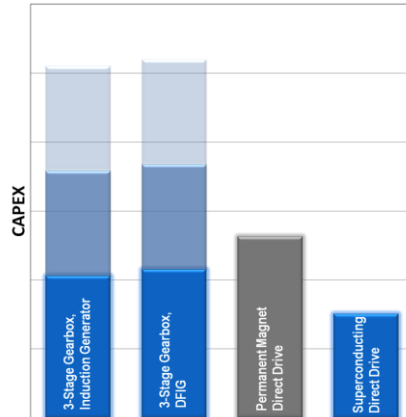


Was erwartet uns in der Windkraftindustrie eigentlich?

- „Never Change a Winning Team“-Haltung
 - Bekannte Technik ist einschätzbar (Risiko)
 - Bekannte Technik wird ebenfalls besser (Abstand)
 - Neue Technik muss Umstieg rechtfertigen (Wirtschaftlichkeit & Potential)
- Die praktisch einzige Kundenmotivation ist der Kostendruck
 - Investitionskosten sind herausragendes Entscheidungskriterium
 - Sekundärvorteile werden mitgenommen
 - Keine komplexen „Rückverdienmechanismen“
- Die Technik muss den Massenmarkt von heute und morgen bedienen können
- Haben Supraleiter das Potential, „low cost“-Technologie zu werden?
 - Erlauben sie Preisführerschaft im Onshore-Massenmarkt?
 - Erlauben sie Technologie- und Preisführerschaft bei Offshore-Turbinen?

Das Potential der Supraleiter

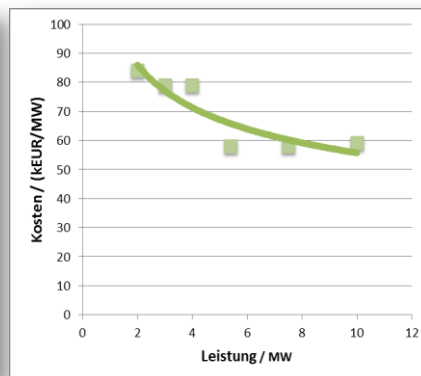
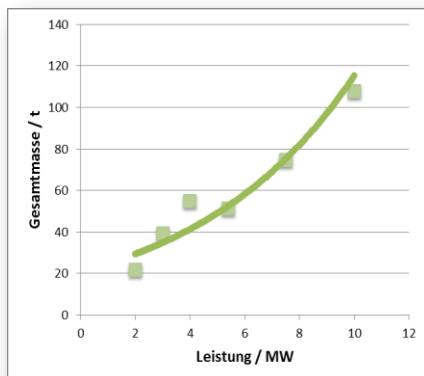
- Im Markt sind verschiedene Antriebsstränge etabliert
- Etwa 20% der Turbinenkosten liegen beim Generator
- Positionierung des supraleitenden Generators
 - Niedrigere Investition im Vergleich zu bestehenden Lösungen
 - Adressierter Markt ist Massenmarkt 2...5 MW
 - Geringere Abhängigkeit von Rohmaterialkosten am Weltmarkt.



Benchmarking am Beispiel des 3,5 MW ECO 5-Designs

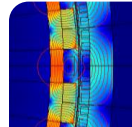
ECO 5 Generator designs unterschiedlicher Leistungsklassen 2...10 MW in Low-Cost-Szenarien

Leistung [MW]	2.0	3.0	4.0	5.4	7.5	10.0
Außendurchmesser [m]	4.0	4.0	4.0	5.4	6.5	6.5
Gesamtmasse [t]	21.8	39.2	55.0	51.3	74.5	107.6
Kosten [kEUR/MW]	84	79	79	58	58	59



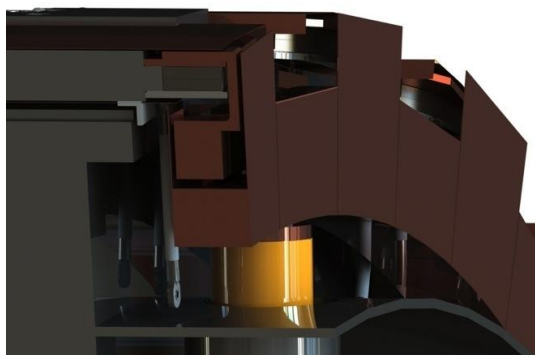
Konstruktives Kostenmanagement: „Wie geht’s profitabler?“

- Designregeln
 - So viele Standardbauteile wie möglich
 - Aufteilung von „Supraleitung“ und „Konventionell“ an logischen Punkten
 - Berücksichtigung vorgefertigter Baugruppen
 - Einfache Montage senkt Produktionskosten
 - Kleine Kaltmasse senkt die Einkühlzeit und erhöht den konventionellen Anteil
 - Optimierung des Supraleiternutzens durch gründliche FEM-Analyse
- Wirtschaftliche Analyse
 - Berücksichtigung eines Massenmarktes
 - Annahme von Serienfertigung.

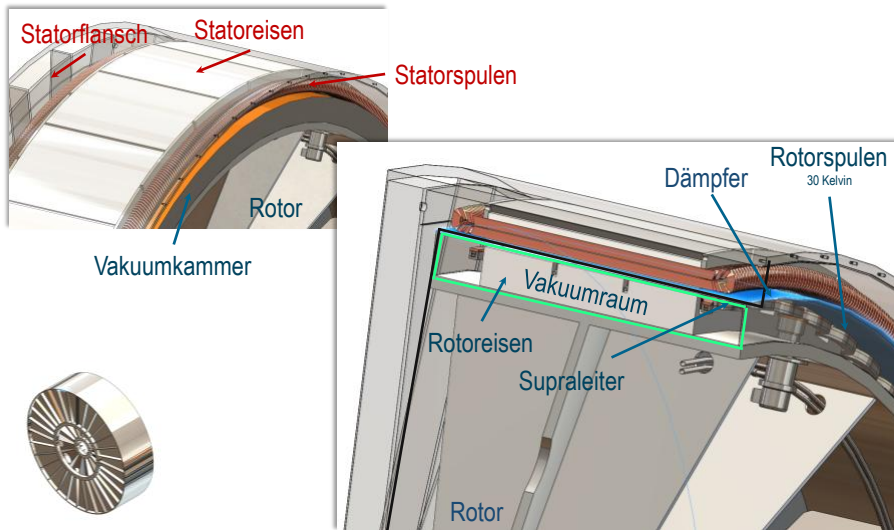


Kostenoptimierung Supraleitender Systeme

- Vielfältige Implikationen
 - Robuste metallische Leitungskühlung ohne kryogene Gase oder Flüssigkeiten
 - Rotierende Kaltköpfe und stationärer Kompressor
 - Arbeitsgas bei Raumtemperatur und industrietaugliche Drehdurchführung
 - Mehrfachnutzen von Bauteilen (z.B. Rotorjoch wird Kryostat-Rückwand)
 - Folgepolanordnung halbiert Spulenzahl.



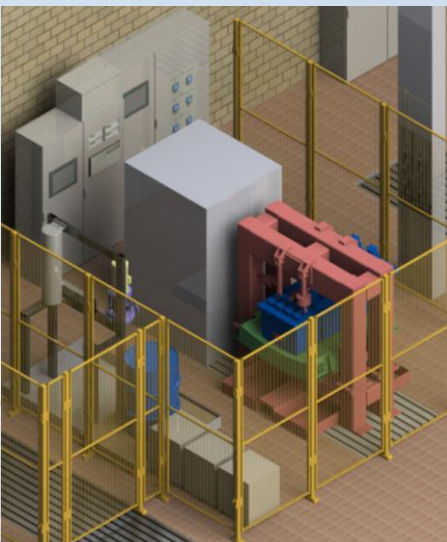
Schnitt in einen kostenreduzierten Supraleitenden Windkraftgenerator



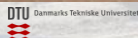
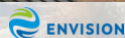
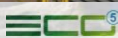
ZIEHL IV - 12.3.2014

15

De-Risking of Innovations: Full Size Test of a Pole



- Test segment of a full 2 MW DD generator
- Single full-sized HTS pole
- De-risking innovations in
 - stator cooling,
 - HTS coil support structures,
 - magnetic topology,
 - Dry cryo cooling
- Test scheduled for late 2014
 - Currently procuring components for assembly
- Project Partners:
 - Project Sponsor: Envision Energy Denmark
 - Science and Testing: DTU
 - Contracted Design: ECO 5 Team
 - Public Funding: Højteknologifonden.

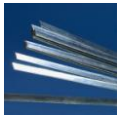


ZIEHL IV - 12.3.2014

16

Optimierung des Lieferantenmodells: „Wie werden Anbieter und Absatzmärkte synchronisiert?“

- Lieferkette – was bedeutet Optimierung?
 - Optimierung heißt:
 - Kosten senken
 - Passende Fertigungstechnologien wählen
 - Lieferanten auswählen
 - Optimierte wurde: Wenn die Kosten für ein Produkt niedriger sind als diejenigen für konkurrierende Produkte
- Aufteilung in Optimierung von:
 - Konventionellen Komponenten
 - dies ist „bekanntes“ Terrain
 - Konventionellen Komponenten in neuer Einbausituation
 - Evaluation auf Basis bekannter Lernkurven
 - Neue Komponenten – Analyse der Möglichkeiten Bottom up & Top down:
 - Was muss zur Zielerreichung passieren und wäre dies überhaupt möglich



ZIEHL IV - 12.3.2014

17

Supraleiter 2011-2013 zusammengefasst

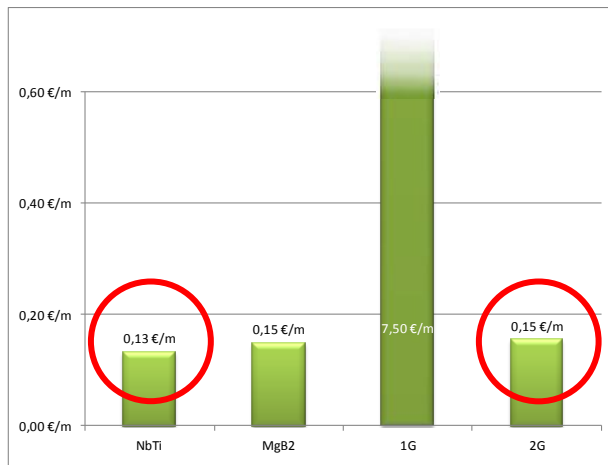
- Supraleiter sind noch im Prototypenstadium
 - Industrie hat geringe Fertigungskapazitäten
 - Draht ist derzeit zu teuer für Massen Anwendungen
 - Preise sind fallend mit steigendem Bedarf – Henne-Ei
 - Es stehen zwei Leitertypen zur Auswahl: MgB_2 & $YBaCuO$
- Industrielle Reifung erkennbar
 - Zahl der Hersteller steigend
 - Etablierte Großfirmen beteiligen sich an der Fertigung (BASF, Fujikura, Furukawa...)
- Zahl der Anwendungsprojekte nimmt spürbar zu
 - FCL und Kabel werden vermarktet z.B. Nexans, Inno ST)
 - Aktuelle R&D bis hin zu Roll-Outplänen: Acciona, AMSC, Baldor, DongFang, China Shipbuilding IC, Doosan Heavy, Teco, Siemens, u.a.m.)



ZIEHL IV - 12.3.2014

18

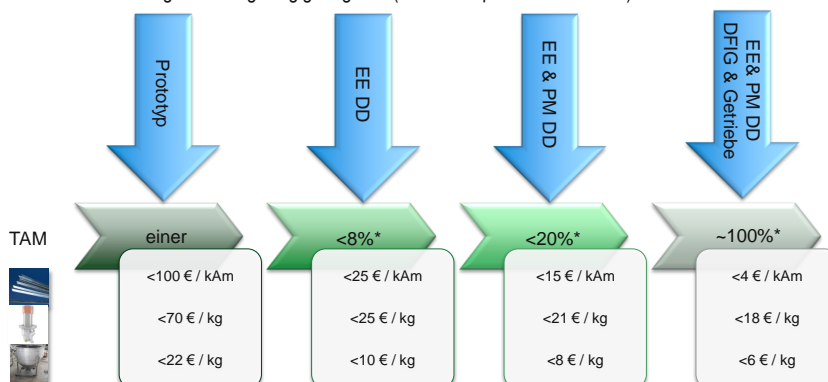
Die Rohmaterialkosten verschiedener Supraleiter (~1mm²) – 2G, MgB₂ und NbTi sind praktisch gleich*



* vgl.: Vortrag ZIEHL III Tagung Dr. J. Müller (2012), „Supraleitende Generatoren in der Nutzung regenerativer Energiequellen“

Welchen Markt kann Supraleitung erschließen?

- Umfangreiche *Bill-of-Material*-Analysen auf der Basis von Herstellerdaten zeigen
 - Gestaffelte Kommerzialisierung supraleitender Generatoren ist möglich (das ist gut für HTS)
 - Preiserwartung muss langfristig gering sein (das ist anspruchsvoll für HTS)



- Nebenbei: wenn das 10 Jahre dauert, fängt heute niemand die Umsetzung an (Henne-Ei-Gefahr)

* Quelle: JRC wind status report 2012, Roberto Lacal Arántegui et. al.

Welchen Markt kann Supraleitung erschließen?

- Umfangreiche *Bill-of-Material*-Analysen auf der Basis von Herstellerdaten zeigen
 - Gestaffelte Kommerzialisierung supraleitender Generatoren ist möglich (das ist gut für HTS)
 - Preiserwartung muss langfristig gering sein (das ist anspruchsvoll für HTS)



- Nebenbei: wenn das 10 Jahre dauert, fängt heute niemand die Umsetzung an (Henne-Ei-Gefahr)

* Quelle: JRC wind status report 2012, Roberto Lacal Arántegui et. al.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



ECO 5 Team of Rheinamic GmbH
 Bornheimerstraße 33b
 53111 Bonn
 Tel: +49 228 62961770
 Fax: +49 228 62961774
www.eco-5.de