

**Eric Scheithauer**

Anwendung und Vermarktung von  
Hochtemperatur-Supraleitungsmaschinen.  
Produktinnovationen elektrischer  
Maschinen und deren Vorteil im globalen  
Wettbewerb

**Bachelorarbeit**

# BEI GRIN MACHT SICH IHR WISSEN BEZAHLT



- Wir veröffentlichen Ihre Hausarbeit, Bachelor- und Masterarbeit
- Ihr eigenes eBook und Buch - weltweit in allen wichtigen Shops
- Verdienen Sie an jedem Verkauf

Jetzt bei [www.GRIN.com](http://www.GRIN.com) hochladen  
und kostenlos publizieren



## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

## **Impressum:**

Copyright © 2013 GRIN Verlag  
ISBN: 9783668568969

## **Dieses Buch bei GRIN:**

<https://www.grin.com/document/378896>

**Eric Scheithauer**

**Anwendung und Vermarktung von Hochtemperatur-Supraleitungsmaschinen. Produktinnovationen elektrischer Maschinen und deren Vorteil im globalen Wettbewerb**

## **GRIN - Your knowledge has value**

Der GRIN Verlag publiziert seit 1998 wissenschaftliche Arbeiten von Studenten, Hochschullehrern und anderen Akademikern als eBook und gedrucktes Buch. Die Verlagswebsite [www.grin.com](http://www.grin.com) ist die ideale Plattform zur Veröffentlichung von Hausarbeiten, Abschlussarbeiten, wissenschaftlichen Aufsätzen, Dissertationen und Fachbüchern.

### **Besuchen Sie uns im Internet:**

<http://www.grin.com/>

<http://www.facebook.com/grincom>

[http://www.twitter.com/grin\\_com](http://www.twitter.com/grin_com)

Bachelorarbeit zur Erlangung  
des Grades eines Bachelor of Engineering  
im Studienschwerpunkt Internationaler Technischer Vertrieb  
des Studienganges Oberflächen- und Werkstofftechnik  
an der Hochschule Aalen

# **Anwendungen und Vermarktung von Hochtemperatur- Supraleitungsmaschinen**

Eingereicht von

Eric Scheithauer

Aalen, den 08.02.2013

***„Inmitten der Schwierigkeiten liegt die Möglichkeit.“***

Albert Einstein (1879 – 1955)

## **Abstract**

Die Arbeit befasst sich mit einer grundlegenden Produktinnovation im Bereich der elektrischen Maschinen. Diese bietet durch den richtungsweisenden Einsatz von HTS-Technologie einen wesentlichen Effizienzsprung und damit einen entscheidenden Vorteil im globalen Wettbewerb.

Ziel der Arbeit ist die Entwicklung einer Markteintritts- und Vertriebsstrategie aus Sicht des Herstellers an einem konkreten Beispiel des Schiffsmarktes. Die Relevanz dieser Innovation liegt im stetigen Wachstum dieses Logistikmarktes begründet, der für mehr als 90 % des Welthandels essentiell ist. Folglich besteht beträchtliches Potenzial zur Lösung globaler Probleme. Die Einführung im Schiffsmarkt ist eine Herausforderung, da Hürden wie besonders hohe Anforderungen an die Maschinen, spezielle Gegebenheiten und eine konservative Markthaltung, bestehen.

Die Analyse behandelt sukzessive technisch-physikalische Grundlagen, Unterschiede sowie Vor- und Nachteile der konventionellen und der HTS-Maschinen. Danach werden technisch und ökonomisch sinnvolle Anwendungsmöglichkeiten aufgezeigt. Die Voraussetzungen und Rahmenbedingungen zur Strategieentwicklung werden in Kapitel 5 erläutert. Nachfolgend wird diese an einem praxisnahen Beispiel entwickelt und gezeigt, welche Grundsatzentscheidungen wie zu treffen sind und wie mögliche Handlungsempfehlungen aussehen können.

Der Lösungsvorschlag besteht in der Kombination von einer Pionier- mit einer Nischenstrategie im Marktsegment der Energieerzeugungssysteme im Megawattbereich von neu gebauten Chemikaliertankern in Südkorea. Die Differenzierung erfolgt u.a. über die Effizienz der HTS-Maschinen und der resultierenden Betriebskostenminimierung als Wettbewerbsvorteil für Reeder. Der Direktvertrieb erfolgt regional organisiert zunächst an den Systemintegrator. Die Positionierung als Gesamtlösungsanbieter wird durch Vorwärtsintegration desselben erreicht. Essentiell für den Erfolg sind ein adäquat kommuniziertes kundenspezifisches Nutzenversprechen gemäß dem Life Cycle Costing (LCC) und die Beeinflussung anderer relevanter Parteien.

Die zukünftige Verbreitung in Onshore-Applikationen hängt u.a. vom Erfolg im Schiffsmarkt und dem Maßstab der industriellen Fertigung ab. Nebstdem sind weitere Effizienzsteigerungen durch den Einsatz von Hochtemperatur-Supraleitern der zweiten Generation zu erwarten.

## Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei den Personen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit sehr unterstützt haben.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Frank Richter und Herrn Dipl.-Phys. Roger Knecktys danke ich herzlich für die äußerst interessante und herausfordernde Themenstellung, die Ermöglichung dieser Arbeit, der ausgezeichneten und intensiven Betreuung sowie den Anregungen und kritischen Kommentaren. Außerdem möchte ich mich einerseits für die Übernahme der Gutachterfunktion und andererseits für die Freiheit und Flexibilität bei der Erstellung der Arbeit bedanken.

Ein sehr großer Dank geht an Herrn Prof. Dr. rer. nat. habil. Joachim Albrecht für die Beantwortung meiner Fragen zur Supraleitung und Hochtemperatursupraleitung sowie der vorangegangenen Ermutigung, ein Thema zu finden, welches neben betriebswirtschaftlichen auch technisch-physikalische Inhalte miteinander verbindet.

Ferner möchte ich den Firmen *MAN*, *General Electric*, *Rolls-Royce*, *Siemens*, *Volvo Penta*, *Wärtsilä* und *ZF Friedrichshafen* sowie allen Beteiligten danken. Ohne die Kooperation, den spannenden, hilfreichen und horizonterweiternden Diskussionen und der Bereitstellung von wertvollen Informationen, wäre das Gelingen dieser Arbeit in dieser Form nicht möglich gewesen.

Außerdem möchte ich meiner Familie und meinen Freunden großen Dank aussprechen für das entgegengebrachte Verständnis, die Zeit und der vorbehaltlosen Unterstützung.

Schließlich und keineswegs zuletzt gebührt der herzlichste Dank meiner Freundin. Sie hat nicht nur unermüdlich und akribisch Kapitel für Kapitel Korrektur gelesen, sondern wusste mich in den richtigen Momenten zu motivieren, war immer für mich da und hat stets an mich geglaubt.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abstract</b> .....	<b>I</b>
<b>Danksagung</b> .....	<b>II</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>III</b>
<b>Vorwort</b> .....	<b>VI</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>VII</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>VIII</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>X</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Aktuelle Problemstellungen und Herausforderungen im Markt .....	1
1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise .....	2
<b>2 Grundlagen</b> .....	<b>4</b>
2.1 Konventionelle Drehstrommaschinen (Drehfeldmaschinen) .....	4
2.1.1 Allgemein .....	4
2.1.1.1 Aufbau .....	4
2.1.1.2 Grundlegende Gleichungen.....	5
2.1.1.3 Funktionsweise.....	7
2.1.2 Die Asynchronmaschine .....	9
2.1.2.1 Aufbau .....	9
2.1.2.2 Grundlegendes Betriebsverhalten, Kennlinien und Zusammenhänge .....	10
2.1.2.3 Steuerung.....	15
2.2 Supraleitung.....	16
2.2.1 Allgemein .....	16
2.2.2 Hochtemperatur-Supraleitung.....	22

<b>3 Vergleichende Betrachtung der konventionellen elektrischen Maschinen mit den HTS-Maschinen .....</b>	<b>26</b>
3.1 Vergleich des konventionellen Maschinendesigns gegenüber dem mit Hochtemperatur-Supraleitern.....	26
3.2 Vorteile und Nachteile des Hochtemperatur-Supraleitungsmotors (HTS) gegenüber dem konventionellen Asynchronmotor (ASM).....	31
3.3 Der Kundennutzen abgeleitet aus den Vorteilen und Nachteilen des Hochtemperatur-Supraleitungsmotors .....	32
<b>4 Anwendungen von HTS-Maschinen .....</b>	<b>37</b>
<b>5 Vermarktungsstrategie einer grundlegenden Produktinnovation aus Herstellersicht .....</b>	<b>40</b>
5.1 Grundsatzvorüberlegung .....	40
5.2 Voraussetzungen .....	41
5.2.1 Antriebssysteme und –technologien in Schiffen .....	41
5.2.1.1 Allgemeine Anforderungen .....	41
5.2.1.2 Typologisierung .....	43
5.2.2 Der globale Schiffsmarkt.....	45
5.2.2.1 Überblick .....	45
5.2.2.2 Besonderheiten .....	50
5.2.3 Charakteristiken des organisationalen Beschaffungsprozesses von Investitionsgütern .....	53
5.2.4 Konstitutive Merkmale der Produktinnovation.....	56
5.3 Die Entwicklung der Vertriebsstrategie (B2B) .....	56
5.3.1 Definition des Strategiebegriffs.....	56
5.3.2 Grundlegende Anforderungen an eine professionelle Vertriebsstrategie .....	57
5.3.3 Problemstellung der Drehstrommaschinen AG und Festlegung der Rahmenbedingungen .....	59

5.3.4 Grundsatzentscheidungen sowie Handlungsempfehlungen im Rahmen der Strategieentwicklung und Positionierung .....	61
5.3.4.1 Definition, Abgrenzung und Segmentierung des Marktes.....	61
5.3.4.2 Identifikation des Kunden .....	64
5.3.4.3 Voice of the Customer (VoC).....	67
5.3.4.4 Wahl des Geschäftstypus .....	71
5.3.4.5 Art der Leistungserstellung.....	72
5.3.4.6 Markteintritt und Vertriebssystem .....	75
5.3.4.7 Zentralisierung vs. Dezentralisierung & Regionalisierung .....	77
5.3.4.8 Markteintrittsbarrieren und Hürden für die Vermarktung.....	79
5.3.4.9 Vermarktungsstrategie, Differenzierung und Wettbewerbsvorteile .....	82
5.3.4.10 Die VoC-spezifische Nutzenargumentation .....	86
<b>6 Schlussteil .....</b>	<b>92</b>
6.1 Fazit .....	92
6.2 Kritische Diskussion.....	94
6.3 Ausblick .....	95
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>97</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>110</b>

## Vorwort

Mehr als 140 Jahre sind vergangen, seitdem *Werner von Siemens* 1866 den revolutionären Grundstein legte, der heute in industriellen wie auch privaten Anwendungen weltweit von immenser Bedeutung ist. Der Elektromotor ist ein wichtiger Bestandteil unseres täglichen Lebens geworden, doch diese konventionelle Technik befindet sich seit fast 150 Jahren im Einsatz. Moderne Anwendungen, globale Trends und steigende Rohstoffkosten haben dafür gesorgt, dass der Fokus heute mehr denn je auf Effizienz und Ressourcenschonung liegt.

Auf die Entdeckung der Supraleitung 1911 durch *Heike Kamerlingh Onnes*, die widerstandslose und damit verlustfreie Energieübertragung versprach, folgten 100 Jahre intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeit. In dieser Zeit machten sich zahlreiche Forscher auf diesem Gebiet verdient und wurden dafür, neben dem Entdecker selbst, mit dem *Nobelpreis* ausgezeichnet. 1986 markierte dabei einen weiteren Meilenstein, indem *J. G. Bednorz* und *K. A. Müller* eine Entdeckung machten, die ebenfalls mit dem *Nobelpreis* honoriert wurde. Ihr Experiment zeigte, dass die Sprungtemperatur, ab der die Supraleitung auftritt, bei einigen Materialien signifikant höher sein konnte, als bisher angenommen. Diese Beobachtung wurde aufgrund dessen als Hochtemperatur-Supraleitung bezeichnet. Diese steht damit im Gegensatz zur konventionellen Supraleitung, die als Tieftemperaturphänomen gilt.

Nach Jahrzehnten intensiver Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten ist es nunmehr wie damals, 1866. Durch den Einsatz von revolutionärer Technologie steht der konventionellen Antriebstechnik ein signifikanter Effizienzsprung bevor. Nach zwölfjähriger Entwicklungszeit wurde die Hochtemperatur-Supraleitung mit konventioneller Maschinenteknologie kombiniert und so als Schlüsseltechnologie für moderne industrielle Anwendungen demonstriert. Im Jahr 2011, pünktlich zum 100-jährigen Bestehen der Supraleitung, konnte der erste Prototyp einer Maschine auf Basis dieser Hochtechnologie in den Feldtest übergehen.

## Abkürzungsverzeichnis

ASM	Asynchronmaschine, Asynchronmotor
BCS	Bardeen, Cooper & Schrieffer
B2B	Business-to-Business-Bereich, der für Beziehungen zwischen mindestens zwei Unternehmen steht.
EU	Europäische Union
GPa	Gigapascal = 1 000 000 000 Pa (Druck)
HTS	Hochtemperatursupraleitung
HTSL	Hochtemperatursupraleiter
Hz	Hertz [ $s^{-1}$ ]
IGBT	Insulated-gate bipolar transistor
K	Kelvin
kW	Kilowatt = 1000 Watt (Leistung von Motoren)
KW	Kundenwert (Customer Lifetime Value)
LTS	Low Temperature Superconductors (Niedrigtemperatursupraleiter)
M	Drehmoment [Nm]
MVA	Megavoltampere = 1 000 000 VA (Leistung von Generatoren)
MW	Megawatt = 1 000 000 W (Leistung von Motoren)
N	Windungszahl (Spulen)
n	Drehzahl [ $s^{-1}$ ]
$\Omega$	Ohm (Widerstand)
P	Leistung [W]
u.a.	unter anderem
vgl.	vergleiche

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Leistungsschild eines 1LA9 IE2 Asynchronmotors (Quelle: Siemens AG (2009b), S.37) .....	5
Abbildung 2: Sternschaltung zur Erzeugung eines Drehfeldes (Quelle: Fuest & Döring (2008), S.78).....	8
Abbildung 3: Schnittdarstellung einer Asynchronmaschine mit Käfigläufer (Quelle: Blessing (2012)) .....	10
Abbildung 4: Aufbau eines Asynchronmotors (Quelle: Siemens AG (2009b), S.15) .....	10
Abbildung 5: Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie einer Asynchronmaschine (Quelle: Fuest & Döring (2008), S.92).....	11
Abbildung 6: Einfluss der Läuferstabform auf den Drehmomentverlauf in Abhängigkeit von der Drehzahl (Quelle: Siemens AG (2009b), S.36).....	12
Abbildung 7: Ersatzschaltbild und Leistungsbilanz einer Asynchronmaschine (Quelle: Merz & Lipphardt (2008), S.278) .....	12
Abbildung 8: Heyland-Kreis der Asynchronmaschine (Quelle: Siemens AG (2009b), S.33) .....	14
Abbildung 9: Verlauf des Widerstands [ $\Omega$ ] in Abhängigkeit von der Temperatur [K] bei Quecksilber (Quelle: van Delft & Kes (2010), S.41) .....	17
Abbildung 10: Verdrängung der Feldlinien des äußeren magnetischen Feldes aus dem Inneren eines Supraleiters (Quelle: Mourachkine (2004), S.18).....	19
Abbildung 11: Levitation eines Permanentmagneten über einem abgekühlten Supraleiter (Quelle: Pereg-Barnea (2012)) .....	20
Abbildung 12: Phasendiagramme eines Supraleiters erster Art (links) und eines Supraleiters zweiter Art (rechts) (Quelle: Mourachkine (2004), S.34) .....	21
Abbildung 13: Möglicher Bereich der Supraleitung (grau) in Abhängigkeit der kritischen Größen (Quelle: Hering, Martin, & Stohrer (2007), S.836).....	22
Abbildung 14: Die charakteristische Perowskit-Struktur (Quelle: Buckel & Kleiner (2004), S.97) .....	23
Abbildung 15: Entwicklung der Supraleiter seit 1911 (Quelle: Coalition for the Commercial Application of Superconductors (2013)).....	25