



Dr. Jan-Henning Fabian, ABB Forschungszentrum Schweiz

# Technologie für 10-kV- Leistungshalbleiter Neue Hochleistungs-IGCTs

# Hochleistungshalbleiter in der Leistungselektronik

## Anwendungen

### Hochspannung

(> ~15 kV)

Beispiel:  
HVDC Light®



### Mittelspannung

(690 bis ~15 kV AC)

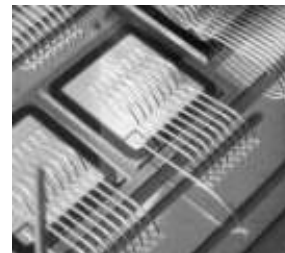
Beispiel:  
Wechselrichter für Wind



### Niederspannung

(bis 690 V AC)

Beispiel:  
Photovoltaik-Umrichter,  
drehzahlgeregelte Motorantriebe



# Globales ABB-Kompetenzzentrum Das "Leistungselektronik-Dreieck"



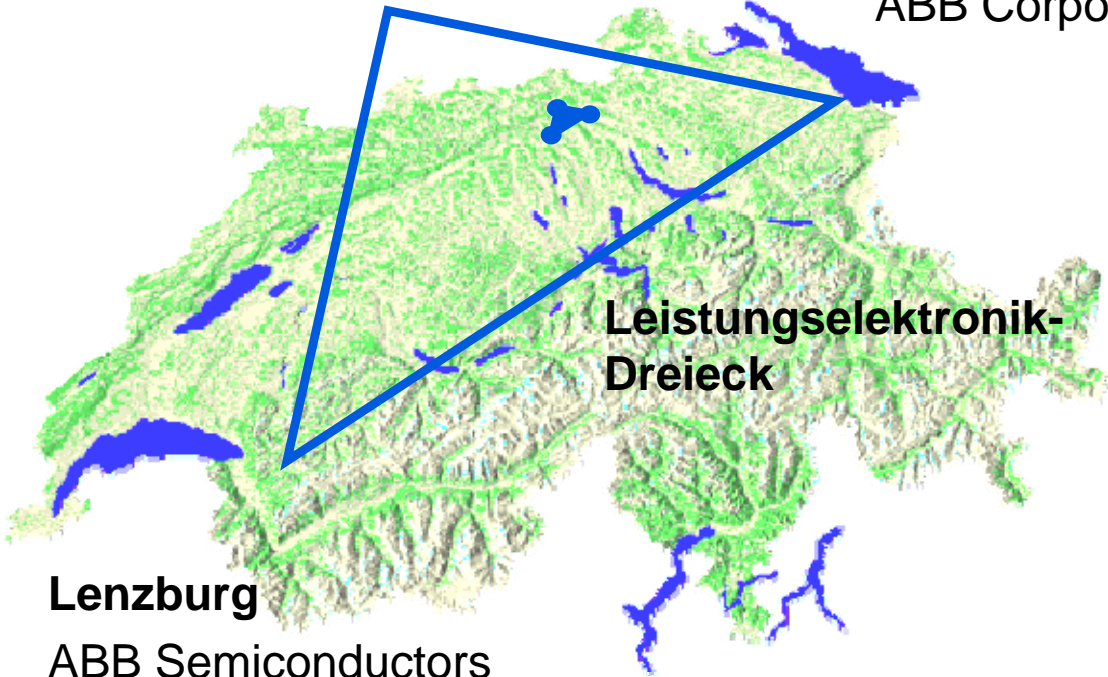
**Turgi**  
ABB Power Electronics  
ABB MV Drives



**Dättwil**  
ABB Corporate Research



**Lenzburg**  
ABB Semiconductors



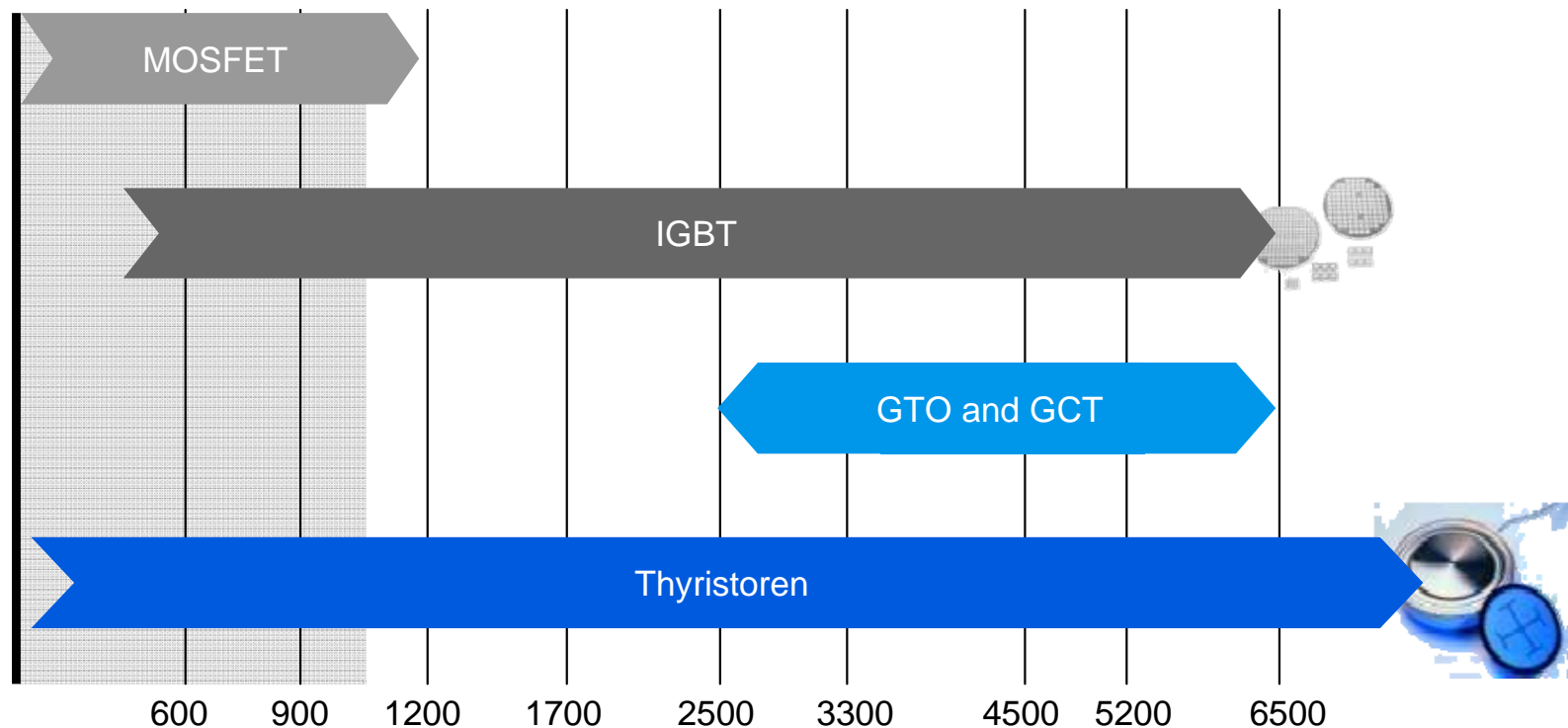
**~ 1.000 Mitarbeiter**



# Leistungshalbleiter im Hochspannungsbereich

## Die verschiedenen Bauteile

Spannungsklasse\* [V]



\* für Silizium basierte Leistungshalbleiter

# Leistungshalbleiter im Hochspannungsbereich Stand der Technik

Leistungs-  
halbleiter:

MOSFET



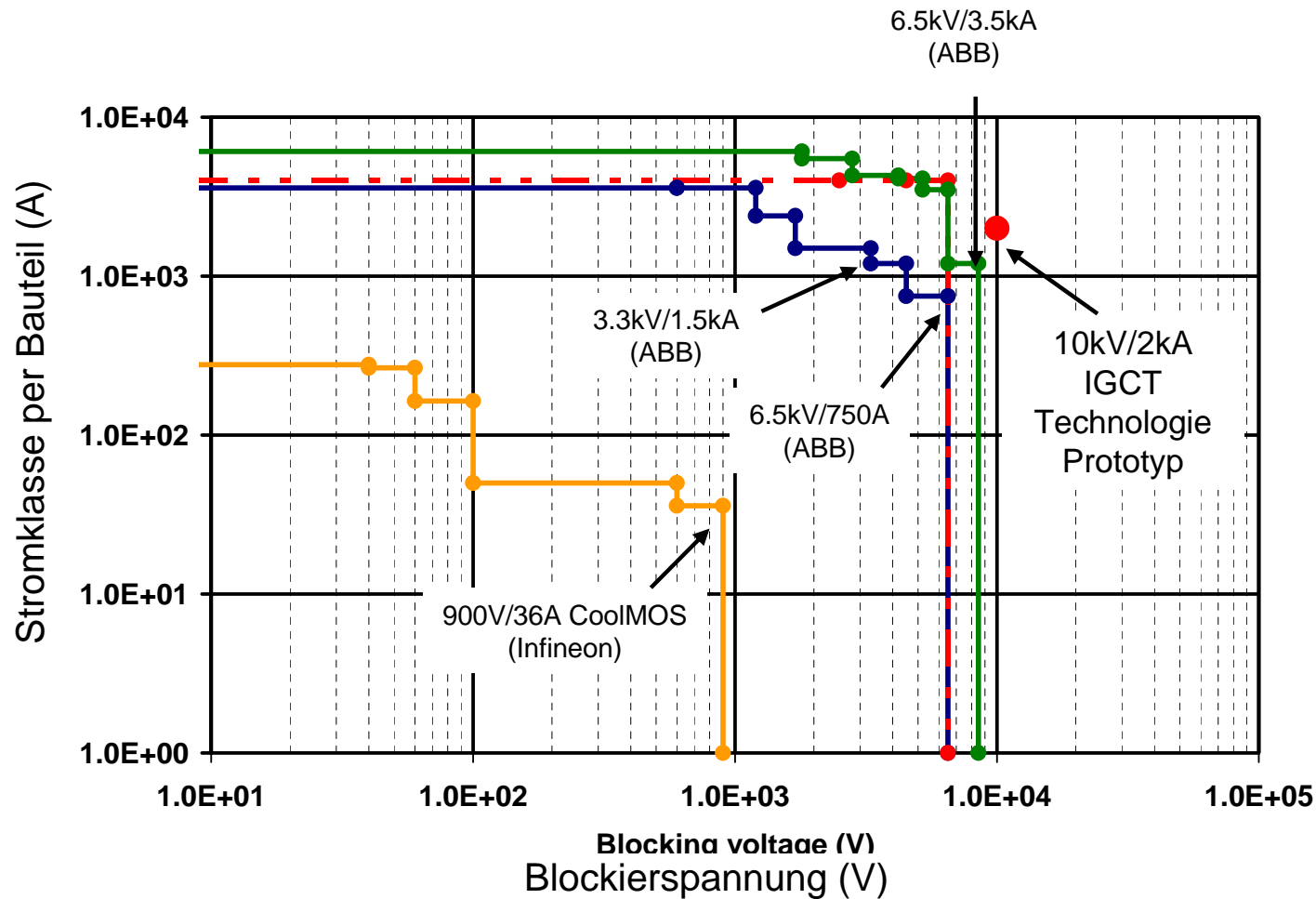
IGBT Modul



GTO/IGCT



Thyristor



# Bipolar-Halbleiter: IGCT als schaltbare Thyristoren

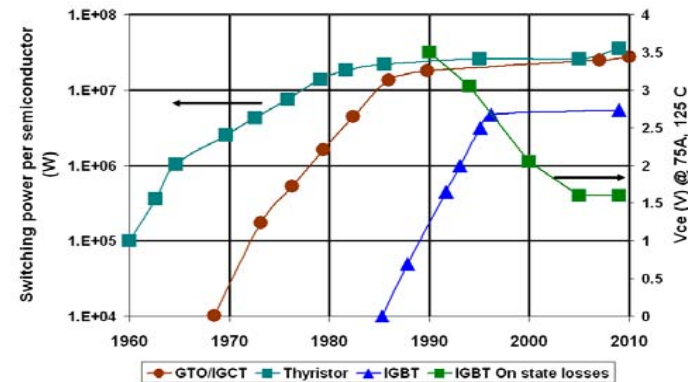
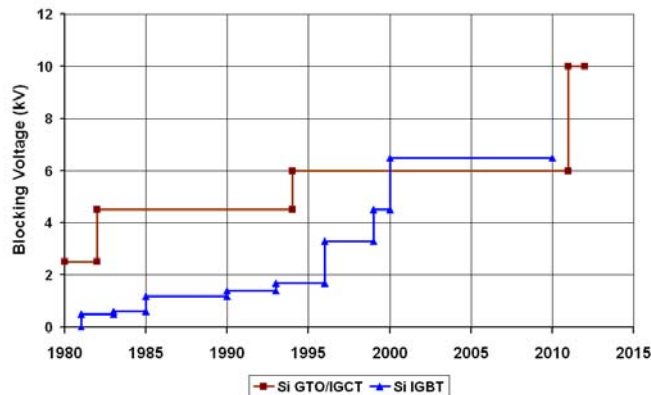
## Der “Integrated Gate-Commutated Thyristor” von ABB



- IGCT verbindet die Vorteile des Thyristors mit geringem Durchlasswiderstand mit den Abschalteigenschaften eines IGBT's
- Leistungsdaten
  - Spannungsklassen: 4500 - 6500 V
  - Stromklasse: 100s - 1000s of Amps
- Anwendungen
  - Industrielle Motorantriebe (Mittelspannung)
- Entwicklungstrends
  - größere IGCT Wafer
  - höhere Spannung und Ströme

# Hochleistungshableiter

## Wohin geht die Entwicklung?



### Leistung pro Halbleiter ↗

- Sperrspannung
- Stromleistung & Si-Fläche (4" zu 6" Si Wafern)
- höhere Temperaturen (bis 175°C)

### Durchlass- und Ausschaltverluste ↘

- Innovative neue Bauteil-Designs
- Halbleiter mit breiter Bandlücke (GaN, SiC)

# 10kV-IGCT-Leistungshalbleiter

## Die Forschungsergebnisse



10-kV-IGCT  
Einzel-Wafer

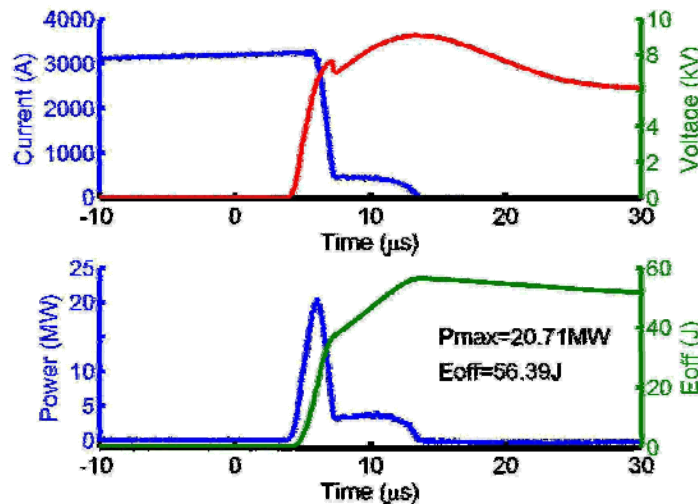
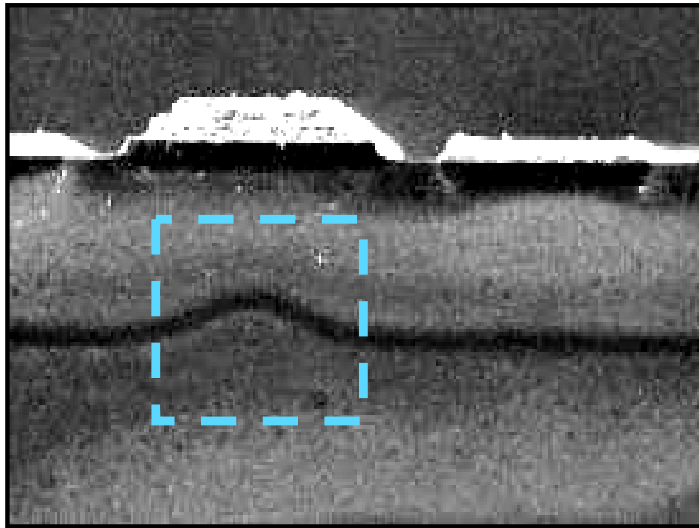
### Die Entwicklung:

- Integrated Gate-Commutated Thyristor (IGCT)
- Schnelle Freilaufdiode (FWD) mit sanfter Sperrverzögerung

### Unsere Herausforderung:

- 10-kV-IGCT mit möglichst niedriger Durchlass-Spannung bei möglichst robustem Sperrverhalten
- Zuverlässigkeit gegen kosmische Strahlung
- Stromtragfähigkeit
- Hochspannungs-Dioden-Design mit „sanftem“ Schaltverhalten

# 10-kV-IGCT-Technologie Status Halbleiterschalter

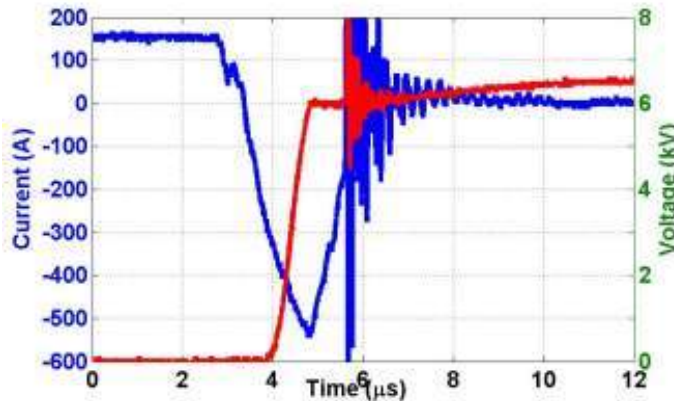


- Neues Bauteil Design: High Power Technology Plattform (HPT)
- Durchlasseigenschaften  
 $V_{on}: 5V @ 2kA, T_j = 125\text{ }^\circ\text{C}$
- Safe Operating Area (SOA):  
6 kV / 2000A bei  $T_j = 130\text{ }^\circ\text{C}$
- Maximale Leistungsaufnahme:  
300 kW/cm<sup>2</sup>
- Start der Produktentwicklung  
2010 in der Geschäftseinheit  
ABB Semiconductors
- Markteinführung für 2011  
geplant

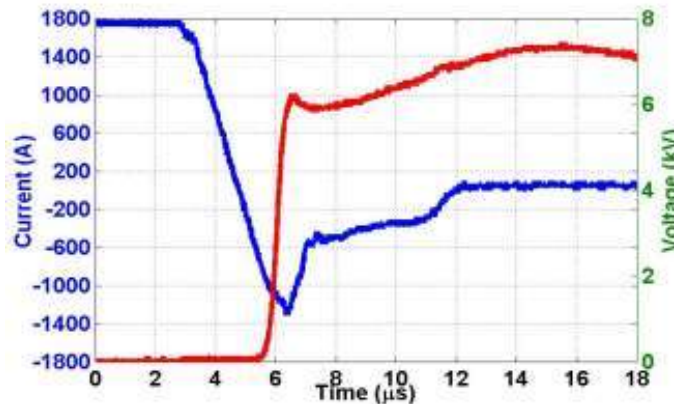
T. Wikstroem, I. Nistor et. Al., ISPSD, 2008

# 10-kV-IGCT-Technologie

## Status Freilaufdiode



Standard Diode Sperrverzögerung

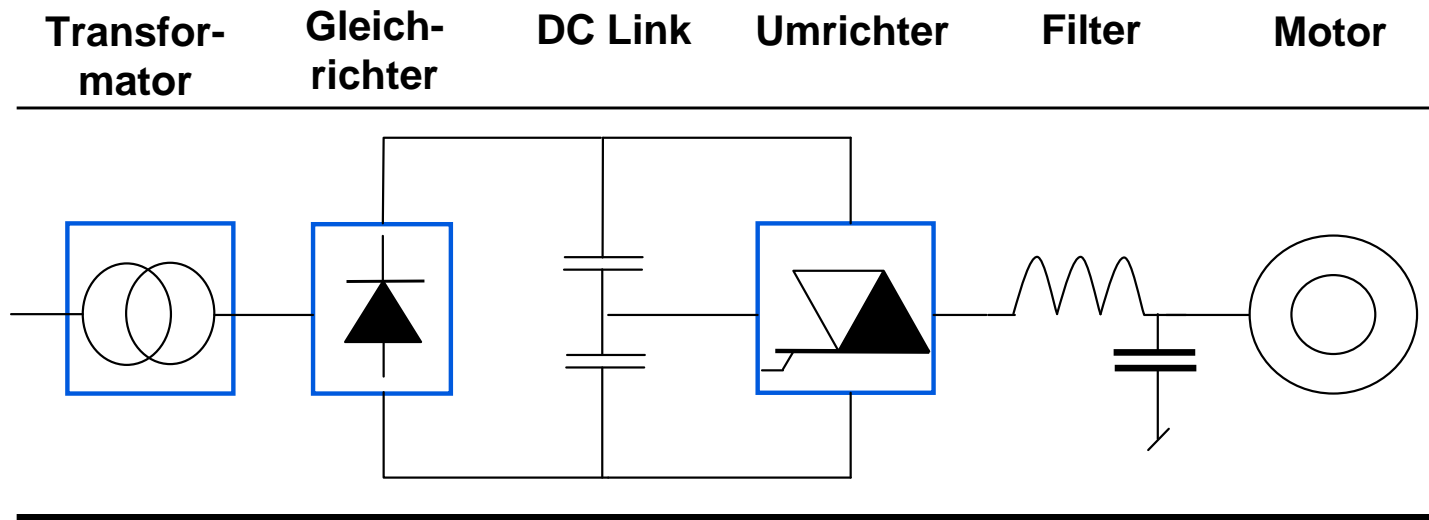


„Sanfte“ Dioden Sperrverzögerung

- Neues Dioden Design:  
„Field Charge Extraction“  
Kathode (FCE)
- Durchlasseigenschaften  
 $V_{on}$ : 6.5V @ 2kA,  $T_j = 125\text{ °C}$
- Safe Operating Area (SOA):  
6 kV / 4000A bei  $T_j = 115\text{ °C}$
- Sanfte Dioden  
Sperrverzögerung vermeidet  
hochfrequente  
elektromagnetische Störungen  
und gefährlich hohe  
Überspannungen

I.Nistor, T. Wikström et al.: An IGCT chipset for 7.2kV (RMS) VSI application, Proc. 20th ISPSD, 2008, Orlando, Florida

# 10 kV IGCT in der Anwendung Mittelspannungsfrequenzumrichter



- Einzel-Umrichterleistung erhöht sich von 5 MW auf 12 MW
- Netzspannung steigt von 4.16 kV auf 7.2 kV rms
- Ersetzt Reihenschaltung von IGCTs in den Standard-Aufbauten (3L-NPC Topologie bei spannungsgeführtem Umrichter)
- Anzahl der Komponenten -70 % in Standard-Topologie
- Erhöhte Festigkeit bezüglich kosmischer Strahlung: FIT-Rate 44 % im Vergleich zur Serienschaltung

# 10-kV-IGCT-Technologieentwicklung

## Zusammenfassung



- Kostengünstige und etablierte Si-Hochleistungshalbleiter-Technologie überschreitet **10.000-V**-Barriere
- Leistungselektronische Anwendungen profitieren von einem vereinfachten System-Design
  - Höhere Leistungsstufen mit
  - weniger Komponenten und
  - erhöhter Zuverlässigkeit

Power and productivity  
for a better world™

