

# e-SolCar

## Eines der führenden e-mobility Projekte in Berlin und Brandenburg

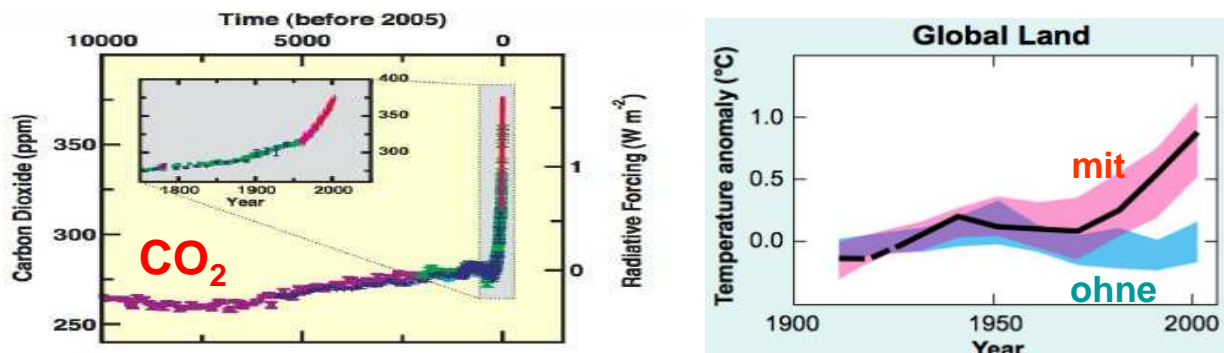
Prof. Dr.-Ing. Harald Schwarz  
Geschäftsführer  
CEBra – Centrum für Energietechnologie Brandenburg  
Brandenburgische Technische Universität (BTU), Cottbus

### Zusammenfassung

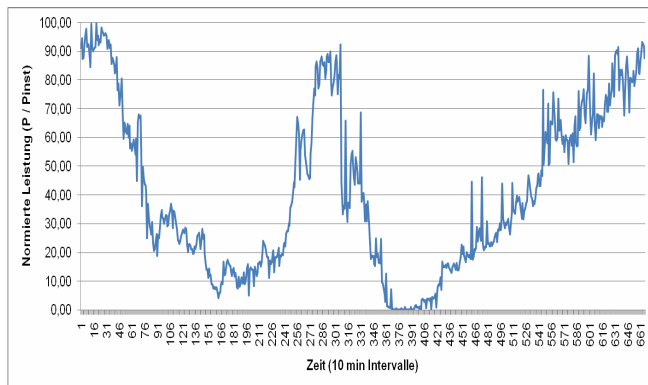
Der Nord-Osten von Deutschland ist weltweit eine der Regionen mit der höchsten Dichte installierter Leistung aus erneuerbaren Energien. Die Nachfrage der Verbraucher schwankt zwischen 4 GW bis 11 GW. Zu den konventionellen Kraftwerken von etwa 15 GW wurden in den letzten zehn Jahren weitere 12 GW aus erneuerbaren Energiequellen und 7 GW aus privaten PV- und KWK-Anlagen installiert. Es wird erwartet, dass diese Kapazität von insgesamt 34 GW im nächsten Jahrzehnt 50 GW überschreiten wird. Eine solch hohe Überkapazität, kombiniert mit einer begrenzten Transportkapazität von Übertragungs- und Verteilnetzen, wird eine echte Herausforderung für den Netzbetrieb darstellen. Gemeinsam mit dem Ministerium für Wirtschaft, den großen Netzbetreibern und den Betreibern von Windparks, erstellte die Brandenburgische Technische Universität Cottbus (BTU) im August 2006 eine große und detaillierte Studie (Download [www.tu-cottbus.de/cebra/](http://www.tu-cottbus.de/cebra/)), wie zur Verbesserung der Netzstruktur für diese künftigen Anforderungen beigetragen werden kann. Basierend auf diesen ersten Ergebnissen, konzentriert sich unsere Untersuchung nun auf der einen Seite auf verschiedene Speicherlösungen, z. B. auf die weit verbreitete Nutzung von (Elektro-)Autobatterien oder der Verwendung von Elektrolyseuren, um Energie im nationalen Gasnetz zu speichern. Vor allem die Motivation für das Projekt e-mobility E-SolCar und dessen Zusammenarbeit mit anderen Forschungsarbeiten bezüglich des Ablaufplanes zur gesamten Netzintegration von erneuerbaren Energien werden im folgenden Text beschrieben. Ebenso wird ein weiterer Schwerpunkt auf die berufliche Ausbildung von Leitwartenpersonal gesetzt. Zusammen mit der 50Hertz Transmission GmbH, dem ostdeutschen Netzbetreiber, wurde in den vergangenen zwei Jahren eines der mächtigsten Netz-, Forschungs- und Ausbildungszentren in Mitteleuropa aufgebaut.

### 1. Motivation zur Nutzung erneuerbarer Energien

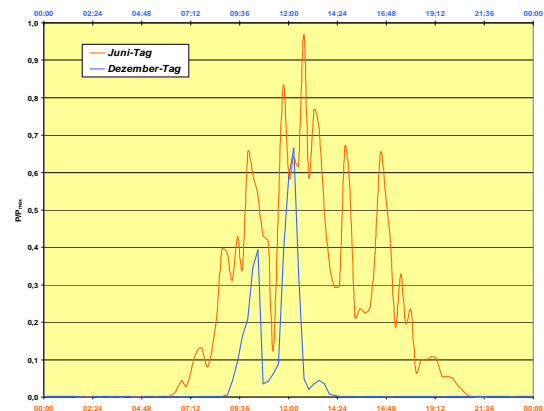
Während der letzten 100 Jahre ist eine signifikante Zunahme der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre nachweisbar, welche zu einer messbaren Erhöhung der globalen Temperatur führt.



Auf der Grundlage, dass in Deutschland etwa 24 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Stromerzeugung verursacht werden, beschloss die deutsche Bundesregierung alle Arten von Technologien, die zu geringeren CO<sub>2</sub>-Emissionen beitragen können, zu fördern. Dazu gehören verschiedene Lösungen wie CCS (Carbon Capture and Storage) in Kohlekraftwerken, sowie eine neue Debatte um die Lebensdauer der deutschen Kernkraftwerke und der Einsatz von neuen technischen Betriebsmitteln zur Verbesserung der Energieeffizienz. Basierend auf dem deutschen EEG (Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien) wird die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien wie Wasserkraft, Biomasse oder Biogas, Windkraft und Photovoltaik inklusive Solar- und Erdwärmesystemen in Zukunft stärker unterstützt werden. Besonders die Erzeugung von Energie aus Windkraftanlagen stieg in den letzten zehn Jahren erheblich an, gefolgt von einer erwarteten analogen Entwicklung der Photovoltaik.



Stromerzeugung aus Wind (Zeitraum 5 Tage)



Stromerzeugung aus PV (Zeitraum 1 Tag  
Sommer (rot) / Winter (blau))

Aufgrund der schwankenden Energieeinspeisung führen beide erneuerbaren Energiequellen zu einem dramatischen Wandel in der deutschen Stromversorgungsstruktur.

## 2. Netzeinschränkungen für die Einbindung erneuerbarer Energien

### a) Einschränkungen aus Sicherheitsgründen

Elektrischer Strom verursacht ohmsche Verluste in den Leitungen. Diese Verluste führen zu einer ansteigenden Leitertemperatur, wodurch sich die Freileitung in ihrer Länge ausdehnt und der Abstand zum Boden verringert wird. Höhere Temperaturen verursachen bei Kabelleitungen Schäden an der Isolierung. Überströme, z.B. verursacht durch hohe konventionelle oder erneuerbare Einspeisung, werden erkannt und automatisch abgeschaltet, um jedes Risiko für Mensch und Technik zu vermeiden. Abhängig von den tatsächlichen Umständen kann die automatische Abschaltung einiger Versorgungsleitungen einen großräumigen „black out“ im Netz verursachen, wie es in Italien im Jahr 2003, im Nord-Osten der USA im Jahr 2005 oder in Teilen Westeuropas im Jahr 2006 geschah.

### b) Bestimmungen für den Ausgleich von Erzeugung und Last

Mit der Ausnahme von Pumpspeicherkraftwerken ist es derzeit nicht möglich, große Speichereinheiten (mehrere hundert GWh) für elektrische Energie zu bauen. Deshalb muss die Erzeugung im Kraftwerk von Minute zu Minute der Nachfrage der Abnehmer angepasst werden. Der normale Netzbetrieb wird in einem 15 min Fenster geplant. Der Netzbetreiber ist dafür verantwortlich, Last und Erzeugung in Europa im Gleichgewicht in einem Bereich von 50 Hz +/- 0,1 Hz zu halten. Um dieses Toleranzband ein bisschen einfacher zu verstehen, sei

erwähnt, dass dies vergleichbar ist, ein Auto in den Bergen in einem konstanten Drehzahlbereich von  $3000 \text{ min}^{-1} \pm 6 \text{ min}^{-1}$  zu fahren.

### c) Einschränkungen durch politische Entscheidungen

Zwei politisch gesteuerte Veränderungen am deutschen Strommarkt haben weitreichende Auswirkungen auf den Netzbetrieb zur Folge. Als erstes ist die Liberalisierung des europäischen Strommarktes zu nennen. Energieerzeuger können nun ihren Strom in ganz Europa verkaufen, ohne auf die aktuelle Lastsituation des Netzes achten zu müssen. Die Netzbetreiber sind losgelöst von Stromerzeugern und müssen die Energie, welche benötigt wird um das Netz stabil zu halten, an der Strombörse kaufen.

Die zweite schwerwiegende Änderung ist das EEG-Gesetz in Deutschland. Aufgrund dieses Gesetzes kann Strom aus erneuerbaren Energien überall und jeder Zeit ohne Einschränkungen in das Stromnetz eingespeist werden. Nur um einem Netzzusammenbruch vorzubeugen kann in die Einspeisung eingegriffen werden. Die Betreiber bekommen die dadurch nicht eingespeiste Energie trotzdem vergütet.

### 3. Aktueller Stand der erneuerbaren Energien in Deutschland (Nord-Osten)

Der folgende Teil basiert auf Daten der Netzbetreiber im Nord-Osten von Deutschland. Dieses Gebiet wird durch die 50Hertz-Transmission GmbH (ehemals Vattenfall Europe Transmission) betrieben. Die Belastung in diesem Gebiet schwankt zwischen 4 GW und 11 GW, was normalerweise einer herkömmlichen Stromerzeugung von ca. 12 bis 13 GW und einer Pumpspeicherkapazität von ca. 2 GW entspricht.



Heute sind Erzeugungskapazitäten von rund 35 GW an das Netz angeschlossen, wobei diese laut Prognosen in den nächsten 10 bis 15 Jahren auf bis zu 50 GW ansteigen werden. Bei starken Windsituationen werden dadurch enorme Energieflüsse aus dieser Region nach Süden und Südwesten (manchmal über Polen und die Tschechische Republik) auftreten, wodurch die Kapazitäten der Versorgungsleitungen oft ihre Grenzen erreichen werden.

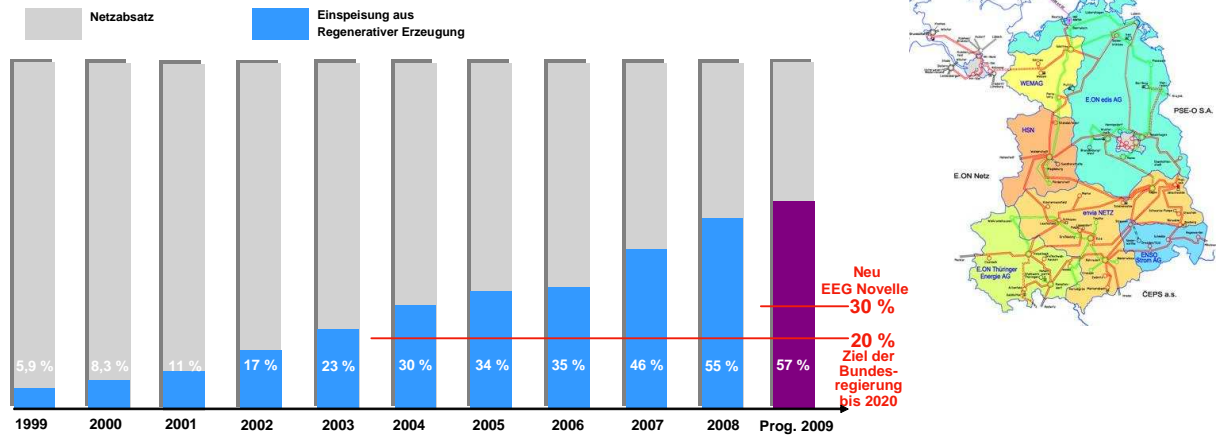


Power Plants in VE-T zone ( $P_{inst}$ in MW)	Voltage Level (kV)	
	380/220	$\leq 110$
Thermal	~ 12.860	~ 7.100
Pump storage	~ 2.400	~ 500
Wind enegy	~ 780	~ 9.700
Photovoltaic	0	~ 300
Biomass, others	~ 20	~ 1.200
<b>Total</b>	<b>~ 16.100</b>	<b>~ 19.000</b>
<b>Total</b>	<b>~ 35.000</b>	

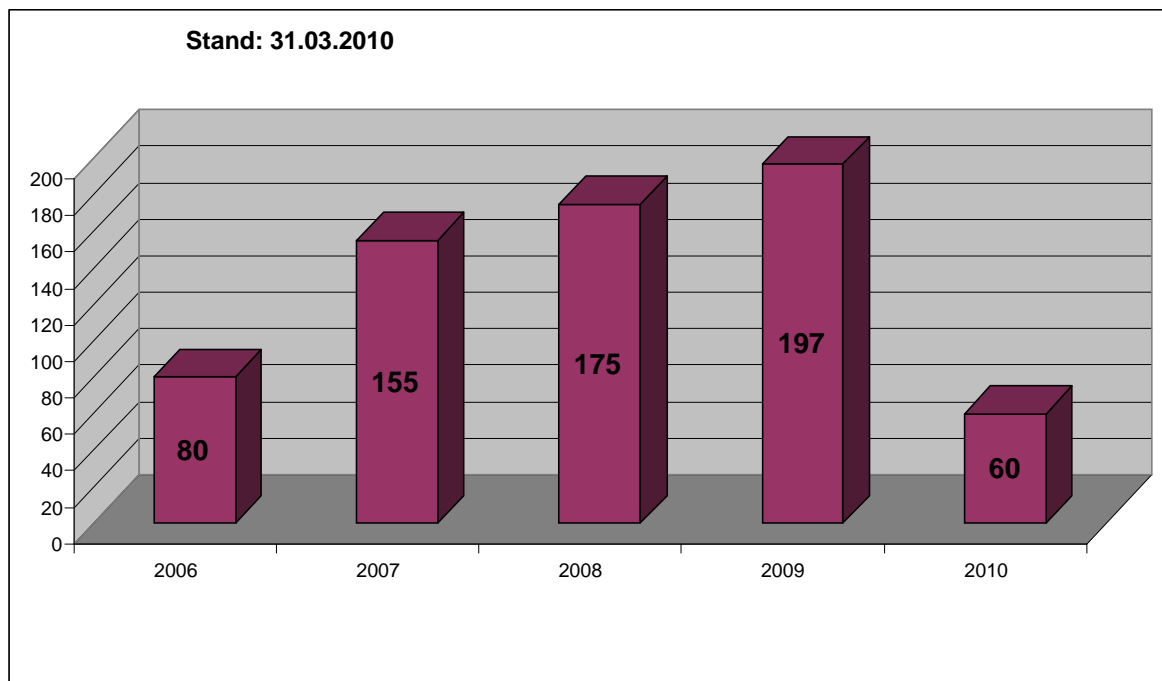
Der Anstieg der erneuerbaren Energien, insbesondere der Windenergie im Nordosten Deutschlands ist gut an der unteren Grafik zu erkennen.

### Anteil der regenerativen Energien im Netzgebiet der E.ON edis

(rechnerischer Anteil EEG zu Netzabsatz)



Die unerwarteten Stromschwankungen im Nord-Osten Deutschlands haben inzwischen Werte bis zu 4.000 MW pro Stunde (1.000 MW pro 15 Minuten) erreicht. Zum Schutz des deutschen Netzes gegen Instabilität, welche durch „regionale Überproduktion“ von Strom aus erneuerbaren Energien verursacht werden, überarbeitete die Bundesregierung das deutsche Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) und fügte einen neuen Absatz hinzu, der nun den Netzbetreibern ermöglicht, konventionelle Kraftwerke (unabhängige Stromerzeuger) zu zwingen, ihre Leistung entsprechend den Bedürfnissen des Netzes anzupassen. Letztendlich können nun auch die Produzenten von erneuerbare Energien gezwungen werden, ihre Einspeisung abzuschalten, obwohl das deutsche Gesetz über erneuerbare Energien (EEG) ihnen die Netzeinspeisung ohne Einschränkungen garantiert. Vor allem im Nord-Osten Deutschlands steigt die Anzahl dieser Eingriffe in den Normalbetrieb an.

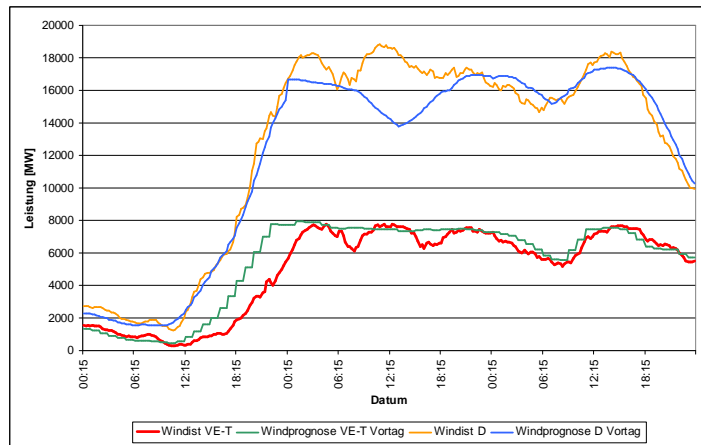


## 4. Wege zum Erfolg

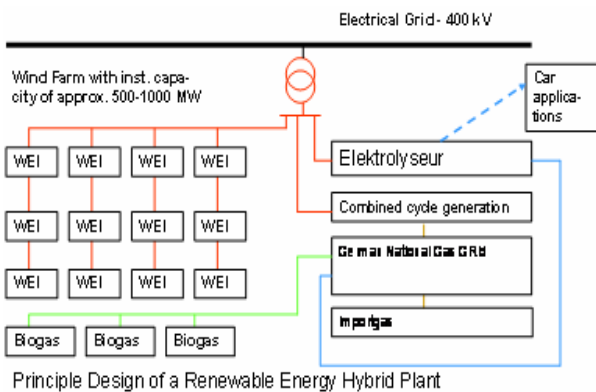
### a) Speicherung als Langstrecken-Strategie

In der folgenden Abbildung ist sowohl die Prognose, als auch die reale Einspeisung von Windenergie während einer starken Windperiode in Deutschland insgesamt (obere Kurven) und im Nord-Osten Deutschlands (untere Kurven) für eine Zeitspanne von etwa 60 Stunden dargestellt.

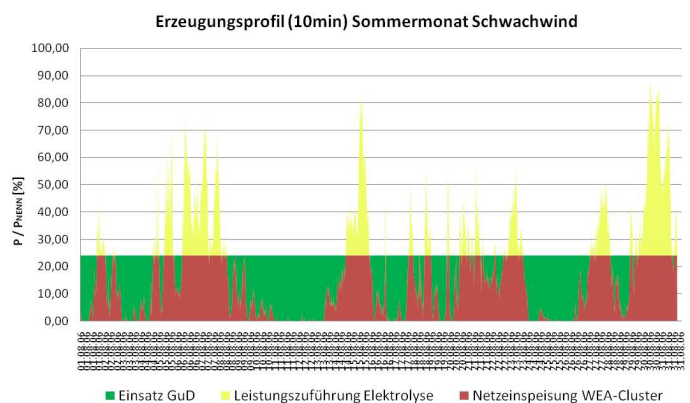
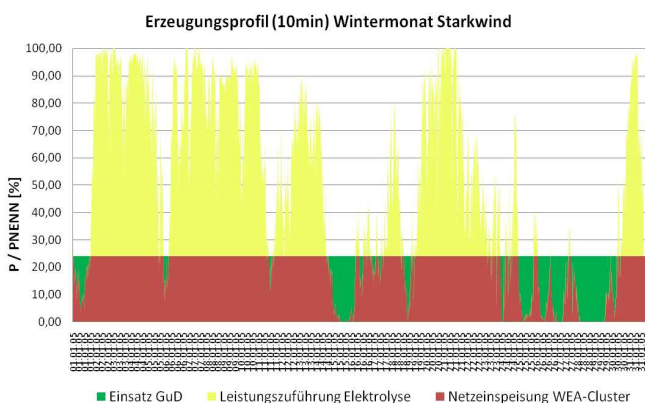
Circa 420 GWh wurden in das Netz von 50Hertz Transmission GmbH während diesem Sturm eingespeist. Ungefähr die Hälfte dieser Energie kann durch die Last aufgenommen werden. Der Rest muss entweder gespeichert oder in andere Regionen Deutschlands oder Europas übertragen werden. Das größte deutsche Pumpspeicherkraftwerk befindet sich im Nord-Osten Deutschlands mit einer Kapazität von 8 GWh. Die gesamte Speicherkapazität im 50Hertz Transmission GmbH-Einzugsgebiet beträgt 20 GWh, was nicht ausreicht, um diese riesige Menge von übererzeugter erneuerbarer Energie zu speichern. Eine Möglichkeit



zur Lösung dieses Problems ist der Aufbau "Erneuerbarer Hybrid-Kraftwerke", welche mehrere erneuerbare Energiequellen mit konventionellen, PV- und KWK-Anlagen und einem Elektrolyseur verbindet, um elektrische Energie in das nationale Gasnetz einzuspeisen. Die BTU Cottbus untersucht verschiedene Möglichkeiten für solche Hybridkraftwerke, um die Menge der dem Stromnetz zugeführten Energie unter Beachtung des Gasnetzes im Winter bzw. im Sommer zu optimieren. Eine



direkte Einspeisung von 25 % der Windenergie scheint nach ersten Untersuchungen ein geeigneter Wert zu sein, um eine vollständig erneuerbare Wirkungsweise der Hybrid-Anlage, gerechnet auf die jährliche Energieproduktion, zu realisieren.



Eine weitere Option für große Energiespeicher könnten die ans Netz angeschlossenen Elektrofahrzeuge werden (vollelektrisch, Hybrid oder Reichweitenverlängerung). Wenn z.B. alle acht Millionen Autos in Ost-Deutschland, Elektroautos wären - ausgestattet mit der heute typischen 20 kWh-Batterie - so könnte eine Speicherkapazität von 160 GWh geschaffen werden. Derzeit sind aber mehrere technische Lösungen für den Datenaustausch zwischen Netz und Autos sowie die benötigten bidirektionalen Ladegeräte noch nicht verfügbar. Darüber hinaus gibt es keine Erfahrung damit, wie viele dieser Autos wann ans Netz geschaltet werden und wie deren Batterieladezustand im Netzfehlerfall aussieht.

Zusammen mit

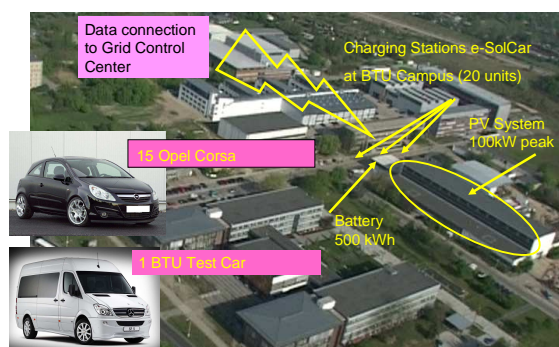
- Vattenfall Europe Generation,
- Vattenfall Europe NetCom,
- 50 Hertz Transmission GmbH,
- German-e-Cars und dessen kürzlich gegründete Tochtergesellschaft in Cottbus,
- Opel,
- Mercedes,
- DEKRA Teststrecke Lausitzring und
- verschiedenen Ministerien

startet die BTU im Herbst 2010 ein 3-Jahres-Projekt namens e-SolCar, um den Einfluss der Speicherung durch Elektroautos am Netz zu untersuchen.

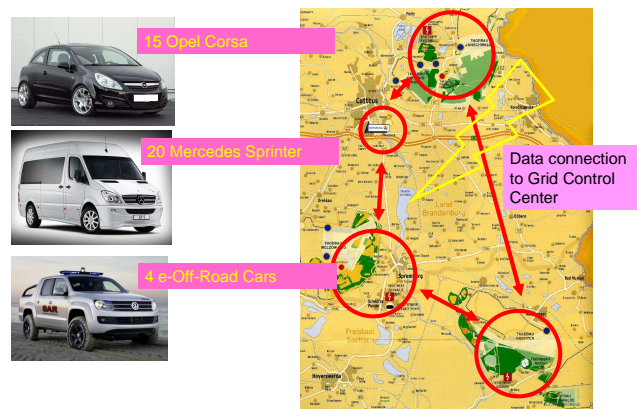
Dieses Projekt wird folgendes beinhalten:

- Die Entwicklung und Fertigung von 30 neu entworfenen Elektroautos basierend auf Opel Corsa,
- die Entwicklung und Fertigung von 17 neu gestalteten Nutzfahrzeugen auf Basis eines Mercedes Sprinter, entweder als reines Elektroauto oder ausgestattet mit Reichweitenverlängerung,
- die Entwicklung und Herstellung von 4 SUV`s auf der Grundlage einer Toyota Highlander,
- die Entwicklung und Herstellung von bidirektionalen Autoladegeräten inklusive Kommunikationsschnittstelle zwischen dem Batterie-Management und dem Stromnetz,
- die Entwicklung und Herstellung von Reichweitenverlängerungen,
- der Aspekt der innerstädtischen PV-Produktion und die Option, diese Art von erneuerbarer Energie direkt in Elektroauto-Ladestationen umzusetzen.

Part of the project at BTU-Campus



Part of the project in the Cottbus region



## b) Netzausbau als mittelfristiges Ziel

Zusammen mit mehreren Netzbetreibern sowie den Betreibern von großen Windparks und Biomassekraftwerken hat die BTU in den Jahren 2006 bis 2008 umfassende Untersuchungen für das Ministerium für Wirtschaft im Land Brandenburg durchgeführt, um den erforderlichen Netzausbau für zusätzliche erneuerbare Energien, welche bis zum Jahr 2020 prognostiziert wurden, abzuschätzen. Rund 4.000 MW Windkraft ist in diesem Bundesland rund um die Stadt Berlin mit einer Ausdehnung von ca. 300 km Nord-Süd und 200 km Ost-West installiert. Das politische Ziel ist, weitere 3.000 MW in dieser Region bis 2020 zu installieren. Damit die Netzbetreiber diese Mengen an erneuerbaren Energien aufnehmen, verteilen und in die Zentren weit entfernt im Süden von Deutschland oder irgendwo in Europa übertragen können, wird ein komplett neu gestaltetes Stromnetz auf 110 und 380 kV Ebene benötigt werden. Nach BTU Untersuchungen werden ca. 1.200 km neue Versorgungsleitungen auf 110-kV-Ebene benötigt werden. Zusätzlich werden bis zu 600 km neue 380-kV-Freileitungen in Brandenburg erforderlich sein. Geschätzte Gesamtkosten für diese Investitionen belaufen sich auf ca. eine Milliarde Euro. Leider kam im letzten Jahrzehnt eine bundesweite Debatte über die zukünftige Strom-versorgungsstruktur auf. In einigen Regionen demonstrieren Menschen gegen den Tagebau und Braunkohlekraftwerke, in anderen Regionen protestierten sie gegen große Windparks oder die unterirdische Speicherung von Kohlendioxid und auch die Errichtung von Hochspannungs-leitungen kann so bis zu 10 Jahre in Anspruch nehmen. Zusammen mit dem ständigen Zuwachs an erneuerbaren Energien, führt dies zu einer kritischen Kombination von nicht abschätzbaren Risiken für einen sicheren und zuverlässigen Netzbetrieb.



## c) Gute fachliche Ausbildung als kurzfristige Strategie

Um einen sicheren Betrieb des Stromnetzes in Europa zu gewährleisten, wird ein kontinuierliches professionelles Training für Angestellte in der Leitwarte immer wichtiger. Im Jahr 2008 entschied sich die 50Hertz Transmission GmbH, ein solches Trainingcenter an der BTU Cottbus aufzubauen.





Ein weltweites Netz von Zusammenarbeit mit Universitäten in China (5), Taiwan (1), Russland (3), Südafrika (2), Brasilien (3), Osteuropa (3) und Pakistan (1) wurde aufgebaut. Sogar drei Dual-Degrees mit kooperierenden Universitäten werden angeboten. Das mittelfristige Ziel an dieser Stelle sind fünf bis acht Dual-Degrees.

National und international tätige Unternehmen bieten verschiedene Arten von Unterstützung für Studierende in diesem Programm (Praktikum, Industrie betreute Masterarbeiten, teilweise oder vollständige Stipendien). Bis zu 25 Stipendien können derzeit angeboten werden, mittelfristiges Ziel sind hier 50 Stipendien anbieten zu können.