



Stefan Reicherz

**Strategische Frühaufklärung**

Ein ganzheitlicher Ansatz als Leitfaden für Unternehmen

ISBN 978-3-86581-722-8

316 Seiten, 16,5 x 23,5 cm, 34,95 Euro

oekom verlag, München 2015

©oekom verlag 2015

[www.oekom.de](http://www.oekom.de)

### 3.2.3 Fallstudie 2 – CO<sub>2</sub>-Reduktion in der fossilen Energieerzeugung

Die ‚Fallstudie 2 – CO<sub>2</sub>-Reduktion in der fossilen Energieerzeugung‘ ist die erste Fallstudie aus der Bottom-up-Sicht<sup>259</sup> und gibt einen Überblick über die Aktivitäten und deren Entwicklung zur CO<sub>2</sub>-Reduktion und -Abscheidung (Carbon Capture and Storage (CCS)) in der fossilen Energieerzeugung der Division Fossil Power Generation.

Ziel der Fallstudie ist es, Best Practices und Learnings aus dem erfolgreichen Praxisbeispiel abzuleiten, Erkenntnisse aus der Innovationskultur des ehemaligen Siemens-Bereichs Power Generation bzw. später aus der Division Fossil Power Generation zu gewinnen und somit die Erkenntnisse aus der Analyse der bestehenden Literatur<sup>260</sup> und der übrigen Fallstudien<sup>261</sup> zu bestätigen, zu detaillieren und um neue Erkenntnisse zu ergänzen.

Der erste Abschnitt erläutert den Kontext der Fallstudie, hierzu gibt er einen Überblick über die Division Fossil Power Generation und den allgemeinen Markt für fossile Energie. Der nächste Abschnitt stellt die eigentliche Fallstudienbeschreibung dar, bevor zum Schluss die Einzelfallschlussfolgerungen und Erkenntnisse für die Entwicklung des ganzheitlichen Ansatzes abgeleitet und zusammengefasst werden.

Die Fallstudie beruht auf drei Interviews sowie umfangreichen unternehmensinternen Dokumenten, wie z. B. Präsentationen, unternehmensexternen Dokumenten, wie z. B. Publikationen des Unternehmens oder einzelner Mitarbeiter, und externen Sekundärquellen, wie z. B. Branchenreports. Die Gespräche wurden im Frühjahr / Sommer 2010 geführt und anschließend gemäß dem definierten Interviewprozess dokumentiert und von den Gesprächspartnern freigegeben.<sup>262</sup>

#### 3.2.3.1 Fallstudienkontext

Die Division Fossil Power Generation (E F) bündelt im Sektor Energy alle Produkte und Lösungen zur zuverlässigen und effizienten Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern. Zu dem breiten Produkt- und Lösungsportfolio gehören „Schlüsselkomponenten für hocheffiziente Gas- und Dampfkraftwerke sowie Kohlekraftwerke, wie Gas- und Dampfturbinen, Generatoren und Prozessleittechnik. [...] Hinzu kommen Produkte für eine CO<sub>2</sub>-arme Stromerzeugung mit fossilen Brennstoffen.“ (Siemens Energy 2011a) Abbildung 3.17 gibt einen detaillierten Überblick über das Lösungsportfolio.

---

259 Vergleiche hierzu auch Abschnitt 3.1.2 und Abbildung 3.2 auf Seite 142.

260 Vergleiche hierzu auch Abschnitt 2.4.

261 Vergleiche hierzu auch die Abschnitte 3.2.2, 3.2.4 und 3.2.5 sowie für die Cross-Case-Analyse Abschnitt 3.3.

262 Vergleiche hierzu auch den Interviewprozess und das allgemeine Vorgehen in Abschnitt 3.1.2.2.

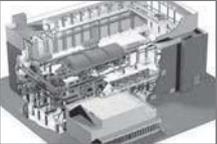
Simple Cycle Power Plant	Combined Cycle Power Plant	Steam Power Plant	Nuclear Conventional Island
			
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Typical size per train</b> 160 - 280 MW</li> <li>▪ <b>EPC volume</b> € 48 - 84 m</li> <li>▪ <b>Siemens component value</b> 55 - 65 %</li> <li>▪ <b>Installation time</b> ~18 - 24 months</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Typical size per train</b> 400 - 600 MW</li> <li>▪ <b>EPC volume</b> € 240 - 360 m</li> <li>▪ <b>Siemens component value</b> 30 - 40 %</li> <li>▪ <b>Installation time</b> ~24 - 36 months</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Typical size per train</b> 800 - 1,100 MW</li> <li>▪ <b>EPC volume</b> € 1,040 - 1,300 m</li> <li>▪ <b>Siemens component value</b> 8 - 15 %</li> <li>▪ <b>Installation time</b> ~50 months</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Typical size per train</b> 1,200 - 1,700 MW</li> <li>▪ <b>EPC volume</b> € 1,000 - 1,300 m</li> <li>▪ <b>Siemens component value</b> 20 - 30 %</li> <li>▪ <b>Installation time</b> ~84 months</li> </ul>

Abbildung 3.17: Portfolio der Division Fossil Power Generation (Suess 29.06.2010, S. 5 f.)

Organisatorisch unterteilt sich die Division in die drei Business Units ‚Energy Solutions‘ und ‚Instrumentation and Electrical‘ und die beiden Business-Segmente ‚Nuclear Power‘ und ‚New Technologies‘; Abbildung 3.18 fasst die wichtigsten Informationen zur Division Fossil Power Generation zusammen.<sup>263</sup>

Das Business-Segment ‚New Technologies‘ (E F NT) bündelt alle Aktivitäten der Division zu neuen Technologien, wie z. B. Carbon Capture and Storage (CCS), Brennstoffvergasung, Energiespeicherung, Brennstoffzellen, ...; die Abteilung E F NT CCS fasst hierbei die Aktivitäten und Produkte / Komponenten zur CO<sub>2</sub>-Abspaltung im Rauchgas zusammen und bündelt somit alle wichtigen Komponenten für CO<sub>2</sub>-arme Kraftwerke mit CO<sub>2</sub>-Speicherung.

### Marktübersicht

Der globale Stromverbrauch und damit auch der Kraftwerkstechnikmarkt wird voraussichtlich, u. a. durch verschiedene Megatrends<sup>264</sup> getrieben, stark in den kommenden Jahren wachsen (vergleiche hierzu auch Abbildung 3.19).

Schätzungen zufolge wird der jährliche weltweite Stromverbrauch von ca. 20.000 TWh im Jahr 2009 auf etwa 33.000 TWh im Jahr 2030 wachsen; hierbei werden fossile Energieträger weiterhin die Hauptlast im Energie-Mix stellen.

<sup>263</sup> Vergleiche auch Tabelle 3.3 auf Seite 159 für die finanzielle Eckdaten der Division.

<sup>264</sup> Vergleiche hierzu auch Abschnitt 3.2.1.1.

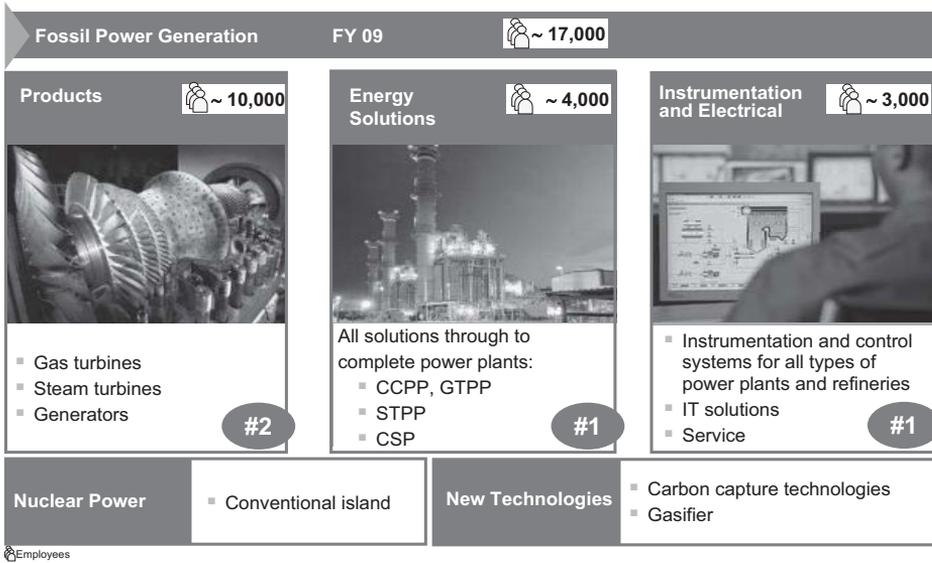


Abbildung 3.18: Überblick über die Division Fossil Power Generation (Suess 29.06.2010, S. 3)

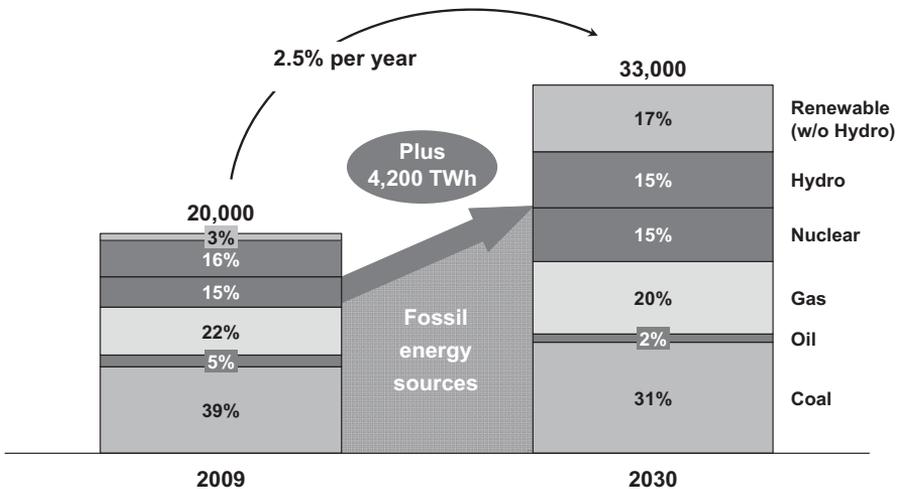


Abbildung 3.19: Entwicklung der Stromerzeugung nach Energieträger (in TWh) (Suess 29.06.2010, S. 9)

Mit der Zunahme fossil erzeugter Energie wird auch deren Einfluss auf die Klimaerwärmung immer größer; nach dem gegenwärtigen wissenschaftlichen Verständnis wird der natürliche Treibhauseffekt durch menschliches Handeln ,sehr wahrschein-

lich<sup>265</sup> verstärkt (IPCC 2007a). Die durch Menschen verursachte Erwärmung geht vor allem auf die Verbrennung fossiler Brennstoffe und die damit verbundene Erzeugung des Treibhausgases CO<sub>2</sub> sowie auf die Land- und Viehwirtschaft zurück<sup>266</sup>. Das Ziel der internationalen Klimapolitik ist, die globale Erderwärmung am Ende des Jahrtausends auf maximal 2 °C<sup>267</sup> gegenüber dem Niveau vor der Industrialisierung zu begrenzen.<sup>268</sup> Selbst um die Erderwärmung auf einen Wert zwischen 1,5 °C und 2,8 °C zu stabilisieren, müssen erhebliche Mengen an weltweiter CO<sub>2</sub>-Emission eingespart werden.<sup>269</sup>

Siemens betrachtet sein Energieerzeugungssportfolio als geeignet, um sowohl den Anforderungen der CO<sub>2</sub>-Reduktion als auch der Nachfrage nach verlässlicher Energieversorgung Sorge zu tragen (vergleiche hierzu auch Abbildung 3.20).

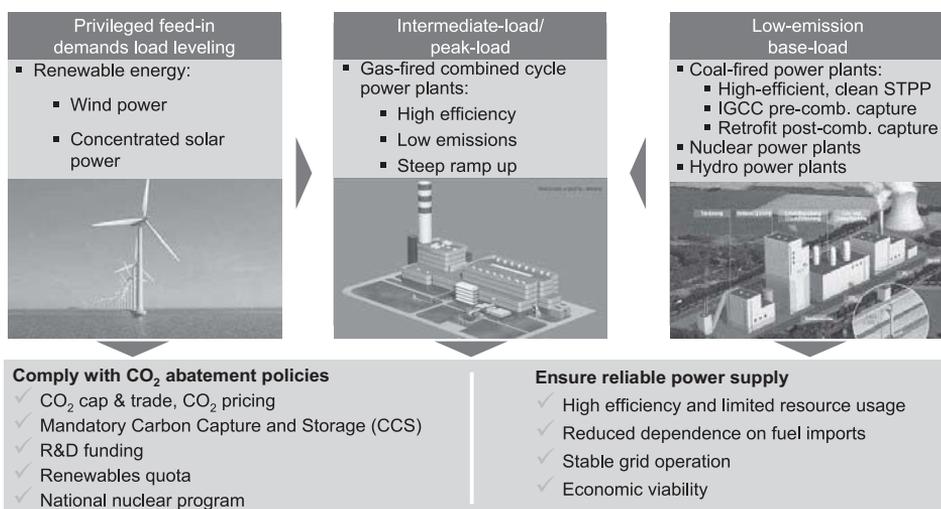


Abbildung 3.20: Technologieoptionen für einen künftigen CO<sub>2</sub>-armen Energiemix (Voges 21.-22.06.2007, S. 11)

Die folgende Fallstudie geht auf die Siemens-Aktivitäten zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -speicherung (Carbon Capture and Storage (CCS)) in der fossilen Energieerzeugung ein und klammert die CO<sub>2</sub>-Reduktion durch Effizienzsteigerung oder die komplette CO<sub>2</sub>-Einsparung durch erneuerbare Energiequellen<sup>270</sup> aus.

265 ‚Sehr wahrscheinlich‘ entspricht nach dem Sprachgebrauch des vierten IPCC-Reports einer Wahrscheinlichkeit von mindestens 90 % (IPCC 2007a).

266 Vergleiche hierzu auch IPCC (2007b, S. 4 ff.).

267 Das 2 °C-Ziel wird teilweise als zu wenig ambitioniert gehalten, sodass in internationalen Verhandlungen auch ein verschärftes 1,5°-C-Ziel gefordert wird.

268 Vergleiche hierzu auch WBGU – Globale Umweltveränderungen (2009) oder IPCC (2007a) für weitere Informationen.

269 Vergleiche hierzu auch IPCC (2007a) für weitere Informationen.

270 Vergleiche Fallstudie 3 – Offshore Wind Power in Abschnitt 3.2.4 zur Entwicklung des Siemens-Offshore-Windgeschäfts.

### 3.2.3.2 Fallstudie 2 – Entwicklung der Carbon-Capture-and-Storage-Aktivitäten in der fossilen Energieerzeugung

CO<sub>2</sub>-Emissionen der fossilen Energieerzeugung sind ein bedeutender Verursacher der Klimaerwärmung; insbesondere vor dem Hintergrund der weiteren Zunahme des weltweiten Bedarfs an Strom und des weiterhin großen Anteils fossiler Energieträger an dessen Erzeugung stellt die CO<sub>2</sub>-Reduktion hierbei einen wichtigen Aspekt dar.

Die vorliegende Fallstudie zeigt die Entwicklung der Siemens-Aktivitäten zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -speicherung (Carbon Capture and Storage (CCS)) in der fossilen Energieerzeugung von den ersten Überlegungen bis hin zu den ersten Pilot- und Demonstrationsanlagen; die Fallstudie adressiert hierbei nicht die Speicherung des abgeschiedenen CO<sub>2</sub>. Zum besseren Verständnis werden die Informationen chronologisch strukturiert.

#### Generelle Anmerkungen zu Carbon Capture and Storage (CCS)

Prinzipiell existieren drei unterschiedliche Technologiepfade für Carbon Capture and Storage (CCS):<sup>271</sup>

- Pre-Combustion (CO<sub>2</sub>-Abscheidung vor der Verbrennung)
- Oxyfuel (Integrierte CO<sub>2</sub>-Abscheidung)
- Post-Combustion (CO<sub>2</sub>-Abscheidung nach der Verbrennung)

Das *Pre-Combustion-Verfahren* trennt das CO<sub>2</sub> bereits vor der Verbrennung ab; hierzu wird durch einen Vergasungsprozess Kohle in ein Gemisch aus CO<sub>2</sub> und Wasserstoff umgewandelt, aus dem das CO<sub>2</sub> dann abgeschieden werden kann. Der Wasserstoff kann dann entweder weiterverwendet oder zur Stromerzeugung genutzt werden (E.ON AG 2009, S. 6).

Pre-Combustion stellt die am weitesten entwickelte CCS-Technologie dar; IGCC-Kraftwerke (Integrated Gasification Combined Cycle Plants) existieren als Pilotanlage seit den 70ern (z. B. Lünen, Deutschland) und seit den 90ern auch als reguläre Kraftwerke (z. B. Puertollano, Spanien).<sup>272</sup> Die Stärken des Verfahrens sind das einfachere CO<sub>2</sub>-Abtrennen als beim Post-Combustion-Verfahren, die weit entwickelte Technik und die Möglichkeit der anderweitigen Verwendung bzw. Speicherung des Wasserstoffs. Die größten Schwächen der Technologie liegen in der Komplexität der Anlage und der Prozesse sowie den Wirkungsgradeinbußen durch die Vergasung (E.ON AG 2011c).

Das *Oxyfuel-Verfahren* verbrennt Kohle mit nahezu reinem Sauerstoff anstelle von normaler Luft. Die Abgase bestehen daher fast ausschließlich aus Wasser und CO<sub>2</sub>, das dann abtransportiert und gespeichert werden kann (E.ON AG 2009, S. 6).

<sup>271</sup> Vergleiche auch IPCC (2005) für umfassendere Informationen zum Thema CCS, insbesondere auch zu Lagerung, Risiken und rechtlichen Rahmenbedingungen.

<sup>272</sup> In den beschriebenen IGCC-Kraftwerken wurde die Kohlevergasung realisiert, aber nicht die großtechnische CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -speicherung; für ausführlichere Informationen zu IGCC-Kraftwerken vergleiche auch Karg (2009).

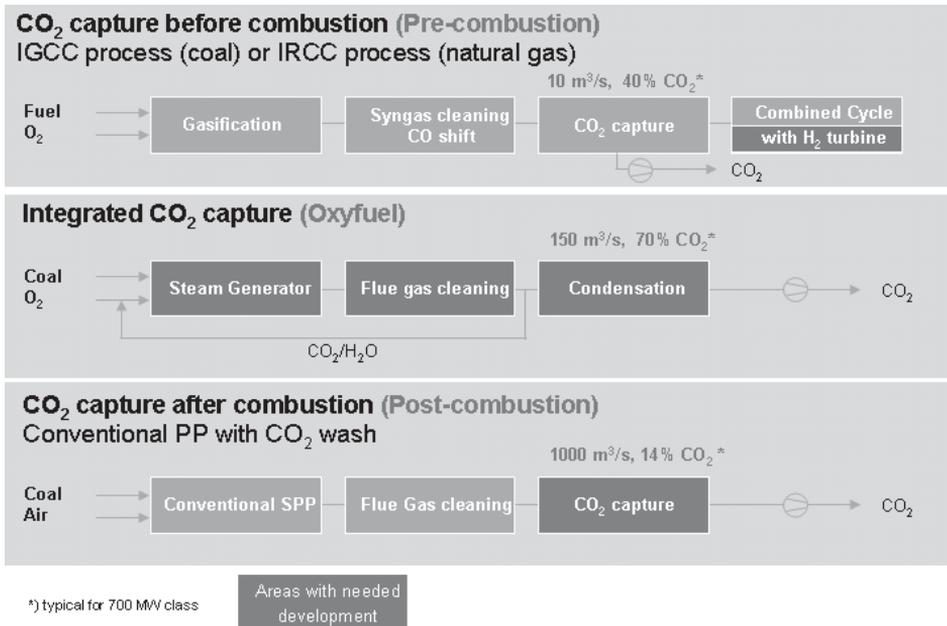


Abbildung 3.21: Generelle Technologiepfade für Carbon Capture and Storage (CCS) (Karg 2009, S. 6)

Das Oxyfuel-Verfahren liegt am weitesten zurück in der Entwicklungsphase. Das Verfahren setzt auf bekannten Technologien und Prozessen auf und benötigt Modifikationen primär auf der Rauchgasseite und belässt den Wasserdampf-Kreislauf unverändert; weitere Stärken sind der vergleichsweise geringe Platzbedarf und der nicht notwendige Einsatz von Waschmitteln. Schwächen sind vor allem der hohe Energiebedarf für die Luftzerlegung und die CO<sub>2</sub>-Aufbereitung (E.ON AG 2011a).

Das *Post-Combustion-Verfahren* fügt den nachgeschalteten Reinigungsprozessen der Rauchgase einen weiteren Schritt zur CO<sub>2</sub>-Abtrennung hinzu. Hierzu wird das Rauchgas durch eine flüssige Reinigungssubstanz geleitet, die das CO<sub>2</sub> aufnimmt. Für den Abtransport und die Speicherung wird das CO<sub>2</sub> durch Erhitzen der wässrigen Lösung anschließend wieder abgeschieden. Die Reinigungssubstanz ihrerseits wird in den Prozess zurückgeleitet, um einen kontinuierlichen Kreislauf zu erzeugen (E.ON AG 2009, S. 6).<sup>273</sup>

Die für das Post-Combustion-Verfahren notwendige CO<sub>2</sub>-Wäsche stellt zwar eine bewährte Technologie in der chemischen Prozessindustrie sowie in der Oil&Gas-Industrie dar, eine direkte Übertragung auf Kraftwerke ist jedoch nicht möglich. Für die Anwendung in Kraftwerken werden zum einen neue Waschmittel und

<sup>273</sup> Vergleiche auch Jockenhövel, Schneider und Rode (2008) oder Siemens Energy (2010b) für weitere Informationen zum Post-Combustion-Verfahren und diesbezüglichen Siemens-Aktivitäten.

zum anderen modifizierte Prozesse benötigt; das Verfahren wird aktuell in Pilot-/Demonstrationsanlagen getestet. Die Hauptstärke der Technologie liegt in der großen, bestehenden Flotte fossiler Kraftwerke, die ggf. nachgerüstet werden können,<sup>274</sup> darüber hinaus hat die Technologie geringe Auswirkungen auf die Verfügbarkeit des Kraftwerks. Die Schwächen der Technologie liegen in dem großen, zusätzlichen Platz- und Kühlwasserbedarf, den Wirkungsgradeinbußen und hohen Betriebskosten sowie dem Umfang und der Komplexität der notwendigen chemischen Prozesse (E.ON AG 2011b).

Das Pre-Combustion- und das Post-Combustion-Verfahren sind die von Siemens bevorzugten Technologien;<sup>275</sup> das Engagement im Bereich Oxyfuel ist beschränkt und umfasst vor allem die Beobachtung der Weiterentwicklung dieses Ansatzes (vergleiche auch Abbildung 3.22).

IGCC / Pre-combustion carbon capture	Post-combustion carbon capture		
<p><b>“Technology units proven or ready”, integration in new build IGCC plants</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gasification technology with multi-fuel capability</li> <li>▪ Scrubbing Technologies from oil &amp; gas</li> <li>▪ F-class LC Gas Turbine</li> <li>▪ Alternative route for chemical / fuel production / SNG and hydrogen economy</li> </ul> <p><b>Mastering technological / contractual complexity.</b></p>	<p><b>“Scalable” market introduction, for new build and retrofit power plants</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Enhancement potential for solvents, scrubbing process and for integration into the power plants</li> <li>▪ Siemens has developed proprietary process based on amino acid salt formulations (PostCap)</li> <li>▪ Preferred solution for CCS demo projects</li> </ul> <p><b>Mastering scale-up from pilot to demo plant.</b></p>		
 <p>Siemens Fuel Gasifier</p>	 <p>Siemens IGCC technology applied in Puertollano (E)</p>	 <p>Siemens scrubbing process test lab</p>	 <p>Post-Combustion carbon capture plant design</p>
<p><b>Siemens solutions are ready for the implementation in the upcoming CCS demonstration projects.</b></p>			

Abbildung 3.22: Status und Übersicht über die von Siemens bevorzugten CO<sub>2</sub>-Abtrennungstechnologien (Siemens Energy 2011e, S. 2)

### Entwicklung der Carbon-Capture-and-Storage-(CCS-)Aktivitäten bei Siemens

- *Vor 2004:* Keine expliziten Überlegungen zu Carbon Capture and Storage (CCS)

<sup>274</sup> Bei neueren Kraftwerken (CCS-ready) wird eine mögliche Nachrüstung bereits im Design berücksichtigt.

<sup>275</sup> Vergleiche hierzu auch Jockenhövel (2009) für weitere Informationen.

- In den Jahren vor 2004 erfolgten keine konkreten Aktivitäten zu CCS; implizit fanden einzelne Überlegungen im Rahmen anderer Projekten, z. B. IGCC-Projekten, statt.
- 2003: Im Rahmen des ‚Pictures of the Future: Energy‘-Projekts<sup>276</sup> die Kohlevergasung und die CO<sub>2</sub>-Abscheidung als langfristige Marktanforderung identifiziert (Siemens AG 2003).
- 2004: Erste interne Überlegungen zu Carbon Capture and Storage (CCS)
  - Erste interne Überlegungen und (Vor-)Studien zum Thema CCS im Bereich Power Generation; das Thema wird intern diskutiert, erscheint aber noch nirgendwo in Aufgaben oder Tätigkeitsbeschreibungen.
  - Finanzierung über einen allgemeinen Studientopf, über dessen Mittelverwendung die Fachabteilungen frei und selbstständig entscheiden können.
- 2005: Erste Berücksichtigung in der F&E-Planung zu Carbon Capture and Storage (CCS)
  - Fortsetzung der internen Überlegungen und Studien zu CCS.
  - Externe Vergabe von Teilstudien an Corporate Technology sowie an externe Institutionen, soweit das notwendige Know-how nicht intern vorliegt (z. B. Chemieprozesse).
  - Berücksichtigung des CCS-Themas in der F&E-Planung; hierdurch wird die Finanzierung des Themas teilweise sichergestellt, was wiederum zu einer gewissen Kontinuität führt.
- 2005 – 2006: Ausbau des Portfolios für Luftreinigungstechnologien
  - 2005: Übernahme von ‚Wheelabrator Air Pollution Control Inc.‘, Pittsburg, USA, und damit Erweiterung des Portfolios um Produkte und Systeme zur Überwachung und Verringerung der Emissionen von Stäuben, Schwefeldioxid, Stickoxiden und Quecksilber aus kohlebefeuelten Kraftwerken und industriellen Anwendungen (Siemens Power Generation 6.10.2005).
  - 2006: Übernahme von ‚Advanced Burner Technologies, Inc. (ABT)‘, Pluckemin, USA, und damit Erweiterung des Portfolios um Produkte und Systeme zu Low-NO<sub>x</sub>-Brenner und Kesseloptimierung, um so Emissionen bereits an der Entstehungsquelle zu reduzieren (Siemens Power Generation 2.06.2006). Abbildung 3.23 verdeutlicht nochmals die Siemens-Motivation für den Einstieg in den Markt für Luftreinigungstechnologien.<sup>277</sup>

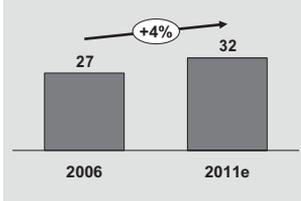
---

<sup>276</sup> Vergleiche hierzu auch Abschnitt 3.2.2.3 zur ‚Picture of the Future‘-Methode.

<sup>277</sup> Der Ausbau des Portfolios für Luftreinigungstechnologien hatte zwar keinen unmittelbaren Bezug zu CCS; die Portfolioverstärkung zeigt aber die zunehmende Bedeutung und die Wichtigkeit des Themas Umweltschutz in der fossilen Energieerzeugung.

## Air pollution control (APC) is gaining increasing importance – PG entered the market successfully

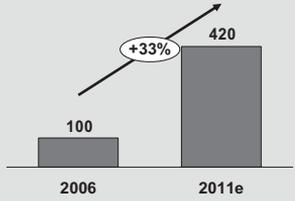
Global APC market  
in bn €



### Market, Technology

- Coal-fired power plants increasingly used for base load
- Air pollution has risen by 40% over the last 20 years
- Compliance with multi-pollutant emission regulation, especially in North America and Europe
- Strongly growing global market in the mid-term driven by impending legislation

PG sales within APC business  
indexed based on €



### Siemens PG activities

- Acquisition of US-based Advanced Burner Technologies (ABT) and Wheelabrator leads to strong position for extended environmental systems & services
- Front-end: Low NOx burners
- Back-end: Flue gas clean-up
- Focus on increasing market share in APC outside the US

Abbildung 3.23: Marktübersicht für Luftreinigungstechnologien und Motivation des Markteintritts (Voges 21.-22.06.2007, S. 15)

- 2006: Umfassende interne Diskussionen zu Carbon Capture and Storage (CCS) sowie erste Kundenanfragen
  - CCS wird intern umfassend diskutiert; in der Außenkommunikation wird es aber noch nicht aktiv beworben, sondern maximal als Randthema erwähnt.
  - Das CCS-Thema findet noch keine Berücksichtigung in der übergeordneten Marktbetrachtung.
  - Organisatorisch ist das Thema noch über verschiedene Abteilungen verteilt; insbesondere das Personal ist teilweise aus anderen Abteilungen (z. B. CT) entliehen.
  - Erste Kundenanfragen bestätigen die Marktrelevanz und ein Kundeninteresse.
  - Der Klimawandel gewinnt zusehends an politischer Bedeutung, so wurden z. B. auf EU-Ebene erste Reduktionsziele für Treibhausgase<sup>278</sup> oder

<sup>278</sup> Neben der Reduktion der EU-weiten Treibhausgase um 20 % gegenüber dem Stand von 1990 wurden auch der Handel mit CO<sub>2</sub>-Zertifikaten und der Ausbau erneuerbarer Energiequellen beschlossen; für weitere Informationen hierzu vergleiche auch European Commission (2010).

eine Nachrüstpflicht<sup>279</sup> für CO<sub>2</sub>-Abscheidetechnik in neuen Kraftwerken diskutiert; dies steigerte die Bedeutung von CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -vermeidung für das Kraftwerksgeschäft weiter.

- 2006: Erweiterung des CCS-Portfolio um eine Schlüsselkomponente des Pre-Combustion-Verfahrens
  - Übernahme des Kohlevergasungsgeschäfts der Schweizer Sustec-Gruppe in Freiberg, Deutschland (Siemens Power Generation (16.05.2006), Hannemann, Schingnitz und Zimmermann (2007, S. 4)).
  - Das Flugstrom-Vergasungsverfahren der Sustec-Gruppe kann sowohl verschiedene Kohlesorten als auch Biomasse, Petrolkoks und Raffinerierückstände zu Synthesegas umwandeln.
  - Die Vergasertechnologie ist sowohl eine Schlüsselkomponente für IGCC-Kraftwerke und das Pre-Combustion-Verfahren als auch für die kommerzielle Produktion von Chemikalien und synthetischen Kraftstoffen, wie Methanol oder Ammoniak.
  - Abbildung 3.24 zeigt die Geschäftsmöglichkeiten der Vergasung von Brennstoffen und die Siemens-Motivation für die Übernahme des Kohlevergasungsgeschäfts.

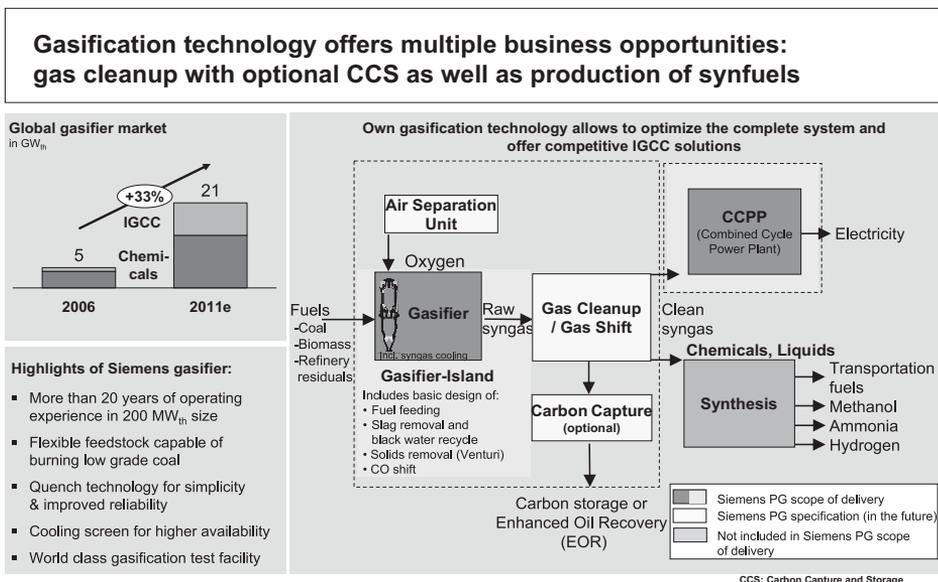


Abbildung 3.24: Geschäftsmöglichkeiten durch Vergasung von Brennstoffen (Voges 21.-22.06.2007, S. 16)

279 Der TÜV Nord hat hierzu zwischenzeitlich einen eigenen Standard definiert und vergibt ein ‚CCS ready‘-Zertifikat; vergleiche hierzu auch TÜV Nord Gruppe (2010).

- *2007*: Signifikante Entwicklung des Carbon-Capture-and-Storage-(CCS)-Themas
  - Organisatorische Abbildung der CCS-Aktivitäten als eigene Abteilung (PG E EIP – Innovative Plant Concepts).
  - Übernahme der beteiligten Personen aus anderen Organisationseinheiten sowie weiterer Personalaufbau.
  - Erste offizielle Berücksichtigung in der übergeordneten Marktbetrachtung.
- *Ab 2008*: Weiterentwicklung von Carbon Capture and Storage (CCS) im Hinblick auf Projekte
  - Weiterentwicklung insbesondere der Post-Combustion-Technologie mit dem Ziel diese in Pilot- / Demonstrationsanlagen gemeinsam mit Kunden zu testen.
  - Gemeinsam mit Kunden durchgeführte Pilot- / Demonstrationsprojekte haben mehrere Vorteile:
    - \* Fokussieren auf das Wesentliche und kein ‚Am Markt vorbei‘-Entwickeln bzw. Overengineeren
    - \* Nutzung und Einbringen des Wissens und der Expertise beider Seiten
    - \* Zusätzliche Finanzierungsquelle der Entwicklung
    - \* Referenzprojekte und Reputationsaufbau
- *2009*: Pilot- / Demonstrationsanlagen zu Carbon Capture and Storage (CCS) – insbesondere zum Post-Combustion-Verfahren
  - Errichtung und Inbetriebnahme einer Pilotanlage zum Post-Combustion-Verfahren am Kohlekraftwerk Staudinger, Deutschland, durch Siemens und E.ON (Siemens Energy (19.02.2009), Siemens Energy (18.09.2009)).
  - Entwicklung einer Studie zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung für GuD-Kraftwerke für den norwegischen Energieerzeuger Statkraft (Siemens Energy 23.03.2009).
  - Vereinbarung zur Zusammenarbeit zwischen Siemens und TNO, Niederlande, auf dem Sektor der CO<sub>2</sub>-Abscheidung bei fossil befeuerten Kraftwerken (Siemens Energy 24.06.2009).
  - Kooperation im Rahmen eines Demonstrationsprojekts zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -speicherung mit den beiden finnischen Energieversorgern Fortum und Teollisuuden Voima (TVO) (Siemens Energy 14.10.2009).
- *2010*: Weiterentwicklung der Technologien mithilfe der bestehenden Pilot- / Demonstrationsanlagen und Ausbau der Pilot- / Demonstrationsanlagen sowie der Forschungsk Kooperationen

- Auftrag über eine Prozessauslegungs-Studie für ein IGCC-Kraftwerk in Penwell, USA, sowie Lieferung der Kohlevergasungstechnologie und des Power Blocks. In der Anlage können bis zu 90 % des CO<sub>2</sub> abgeschieden werden; dieses wird dann zur besseren Ausbeutung von Erdöllagerstätten im Westen von Texas verwendet (Siemens Energy 19.07.2010b).
- Auftrag zum Bau und Betrieb einer ersten Pilotanlage zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus Kohlekraftwerken auf Basis von umweltfreundlichem Aminosäuresalz in Hillsborough County, USA (Siemens Energy 19.07.2010a).
- Praktische Bestätigung des entwickelten Post-Combustion-Capture-Verfahrens (PostCap) mit einer CO<sub>2</sub>-Abscheideleistung von mehr als 90 % und nahezu keiner Waschmittelemissionen in der Pilotanlage Staudinger, Deutschland (Siemens Energy 19.11.2010).

Die Entwicklung von Carbon Capture and Storage (CCS) zeigt den Umgang mit einem Thema, das noch sehr stark mit Unsicherheiten verbunden ist und das in seinen verschiedenen Dimensionen (Markt, Technologie, Politik, . . .) unterschiedlich weit entwickelt ist. Die Fallstudie ist somit ein gutes Beispiel dafür, dass Themen ganzheitlich betrachtet und alle Dimensionen berücksichtigt werden müssen und dass eine regionale Differenzierung ggf. sogar notwendig ist.

Aufgrund der Notwendigkeit, die weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren, gibt es einen potenziellen Markt für Carbon Capture and Storage (CCS) in der Zukunft. Die grundlegende Frage ist ‚nur‘, wann die CO<sub>2</sub>-Abscheidung weit genug fortentwickelt ist, dass sie sich auf dem Markt durchsetzt, und ob sie dann mehr als ein Nischenprodukt sein wird. Die Entwicklung hängt hierbei von mehreren wichtigen Faktoren ab: erstens von den gesetzlichen Rahmenbedingungen, zweitens vom CO<sub>2</sub>- und Gas-Preis und damit von der Wirtschaftlichkeit, drittens von der Entwicklung anderer Energiequellen (Erneuerbare Energiequellen, Kernkraft, . . .) und viertens von der Verfügbarkeit von CO<sub>2</sub>-Lagerstätten und deren Akzeptanz durch die Bevölkerung.<sup>280</sup> Die Faktoren müssen hierbei allerdings geografisch differenziert gesehen werden; so können z. B. in Deutschland der starke Ausbau erneuerbarer Energiequellen, gesellschaftliche Vorbehalte gegen CO<sub>2</sub>-Lagerstätten und rechtliche Schwierigkeiten bei der Genehmigung das Potenzial von CCS stark reduzieren, während in China aufgrund des hohen Kohleanteils an der Stromerzeugung und geringerer Vorbehalte ein großes Potenzial besteht.

Um der Unsicherheit, die noch mit dem Thema Carbon Capture and Storage (CCS) verbunden ist, zu begegnen, wurden unterschiedliche Ansätze genutzt, um Risiken zu minimieren:

---

<sup>280</sup> Vergleiche auch Viebahn, Fishedick und Vallentin (2009), Luhmann (2009) oder Höller, Vallentin und Esken (2010) zu den Einsatzmöglichkeiten von Carbon Capture and Storage (CCS), zu Problemen und Schwierigkeiten bei der Einführung und Umsetzung sowie zur Konkurrenz mit anderen Energiequellen.

- Zusammenarbeit mit externen Partnern im Rahmen von gemeinsamen Pilot- / Demonstrationsanlagen oder Forschungsk Kooperationen<sup>281</sup>
- Beobachten und Verfolgen unterschiedlicher Technologiestränge<sup>282</sup>
- Doppelverwendung von Technologien<sup>283</sup>
- Aufbau der notwendigen Expertise, um sowohl dem Markt etwas anbieten als auch schnell auf Veränderungen reagieren zu können.

Die Aktivitäten zu Carbon Capture and Storage (CCS) sowie der Einstieg und Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen<sup>284</sup> können auch als große Hedging-Strategie für das gesamte Power-Generation-Geschäft von Siemens zu Beginn der 2000er-Jahre gesehen werden. Zum einen wurden künftige Märkte erschlossen und entwickelt, und zum anderen wurde der Bereich Power Generation gegen jegliche Verschiebungen im Energie-Mix abgesichert. Mithilfe der CCS-Technologie wurden die damaligen Kernprodukte (Gas- und Dampfturbinen) gegen Unsicherheiten bei den Gas- und CO<sub>2</sub>-Preisen abgesichert (überzeichnete Darstellung):

- Niedriger CO<sub>2</sub>-Preis / hoher Gas-Preis: Dampfturbinen für Kohlekraftwerke sowie Gas- / Dampfturbinen für IGCC-Kraftwerke
- Niedriger CO<sub>2</sub>-Preis / niedriger Gas-Preis: Gas- / Dampfturbinen für GuD-Kraftwerke
- Hoher CO<sub>2</sub>-Preis / hoher Gas-Preis: Windkraftanlagen, Dampfturbinen für den konventionellen Teil von Kernkraftwerken sowie Dampfturbinen für Kohlekraftwerke in Verbindung mit CCS
- Hoher CO<sub>2</sub>-Preis / niedriger Gas-Preis: Gas- / Dampfturbinen für GuD-Kraftwerke sowie Windkraftanlagen

### 3.2.3.3 Zusammenfassung und Einzelfallschlussfolgerungen

Die ‚Fallstudie 2 – CO<sub>2</sub>-Reduktion in der fossilen Energieerzeugung‘ hat detailliert die Entwicklung der Siemens-Aktivitäten im Bereich von Carbon Capture and Storage (CCS) von deren Anfängen bis hin zu den ersten Pilot- / Demonstrationsanlagen beschrieben. Mithilfe dieses konkreten Praxisbeispiels konnten nicht nur Einblicke in die Innovationskultur des ehemaligen Siemens-Power-Generation-Bereichs / der

---

281 Vergleiche hierzu auch die zuvor aufgeführten Vorteile eine partnerschaftlichen Entwicklung.

282 Siemens investiert in die Weiterentwicklung der Pre-Combustion- und Post-Combustion-Verfahren, beobachtet parallel aber auch die technologische Entwicklung des Oxyfuel-Verfahrens, um auch auf Entwicklungen in diesem Technologiestrang reagieren zu können.

283 Die Vergasertechnologie ist eine Schlüsselkomponente für IGCC-Kraftwerke und das Pre-Combustion-Verfahren, kann aber auch als eigenständige Lösung zur Erzeugung von Chemikalien und synthetischen Kraftstoffen verkauft werden.

284 Vergleiche auch ‚Fallstudie 3 – Offshore Wind Power‘ in Abschnitt 3.2.4 zum Einstieg in das Windgeschäft und zum Ausbau der Offshore-Wind-Aktivitäten.

Division Fossil Power Generation, sondern auch Erkenntnisse und Learnings zu Ansätzen, Methoden, Strukturen, ... der Strategischen Frühaufklärung gewonnen werden.

Die vorliegende Fallstudie hat weniger Erkenntnisse zur ‚reinen‘ Identifikation geliefert, sondern vielmehr wertvolle Erkenntnisse und Informationen zum Umgang mit Unsicherheiten in der Anfangsphase eines Themas und deren Mitigation. Im Folgenden werden die wichtigsten Einzelfallschlussfolgerungen sowie weitere indirekte Erkenntnisse aus den Gesprächen noch einmal zusammengefasst.

### Erkenntnisse zum Prozess

- Eine *Struktur zur Organisation der Aktivitäten* zur Strategischen Frühaufklärung hat sich bewährt; neben der Identifizierung und Analyse von Themen sollte diese auch auf Entscheidungsfindung und Umsetzung fokussieren.
- Die *Struktur muss einfach sein und regelmäßig wiederholt werden*, sonst wird der Prozess nicht akzeptiert.
- Eine *zielgruppenorientierte und leicht verständliche Visualisierung* von Informationen und Ergebnissen sollte immer Teil der Struktur sein.
- Die *regelmäßige Überprüfung der Gültigkeit der gemachten Annahmen und der verwendeten Informationen* während der Umsetzung muss Teil der Struktur sein.
- Die Struktur muss versuchen, alle *relevanten Personen (frühzeitig) einzubinden*, um so die Akzeptanz der Ergebnisse zu steigern.

### Erkenntnisse zu Methoden

- Die *Nutzung aufwendiger Methoden ist nicht unbedingt notwendig*, viele Themen lassen sich mit gesundem Menschenverstand und kritischer Bewertung der Informationen identifizieren.
- Die *Verbindung von langfristigen Trends, Kunden-Input und vorhandenem eigenem Wissen* erlaubt es, wichtige Entwicklungen abzusehen und die hierfür notwendigen Schritte abzuleiten.
- Die *Überlagerung aus Bottom-up-Themensammlung in den Fachabteilungen und Top-down-Management-Input* hat sich zur Themenidentifizierung bewährt.
- Langfristige Trends können z. B. mithilfe der ‚Pictures of the Futures‘-Methode<sup>285</sup> identifiziert werden.
- *Berücksichtigung des Aufwands bei der Wahl der Methoden* (Abwägung der Ergebnisqualität vs. Ressourceneinsatz vs. weniger aufwendige Alternative).

---

285 Vergleiche hierzu auch Abschnitt 3.2.2.3.

- Alle Informationen und *Ergebnisse sollten von Personen mit Geschäftsverständnis und Zukunftsblick kritisch diskutiert und hinterfragt* werden.
- *Ein Business Case ist immer notwendig*; hierbei müssen unterschiedliche Veränderungen des Umfelds durchgespielt werden.

### Erkenntnisse zu Informationen und Wissen

- Eine *ganzheitliche Betrachtungen* eines Themas sollte immer durchgeführt werden; d. h. Technik, Markt, Wettbewerb, Kunden, Politik, Gesellschaft, ... sowie deren Wechselwirkungen sollten berücksichtigt werden.
- *Informationen und Trends müssen (wenn nötig) geografisch differenziert betrachtet* werden.
- Informationen können aus unterschiedlichen Quellen kommen:
  - *Kunden (Top-Management)*: Informationen können direkt aus Kundengesprächen auf Top-Management-Ebene, aus Vertriebsverhandlungen oder aus der Projektabwicklung gewonnen werden.
  - *Wettbewerberbeobachtung*: Hierbei dürfen nicht nur die unmittelbaren Wettbewerber beobachtet werden, sondern auch potenziell künftige aus anderen Branchen.
  - *Von dritten Parteien (Informations-Broker, Forschungsinstitute, NGOs, ...)*: Die Informationen müssen immer unter Berücksichtigung deren allgemeiner Motivation / Intention interpretiert werden.
- *Indikatoren für gute Ideen und deren Zeithorizont*:
  - Investments durch Venture-Capital-Firmen (aussagekräftiger als Government Spendings)
  - Existenz von Pilot- / Demonstrationsanlagen:  
 Falls ja, existiert ein möglicher Markt in drei bis sechs Jahren  
 Falls nein, existiert ein möglicher Markt in frühestens sechs bis zehn Jahren, oder das Thema ist ein Ladenhüter
  - Wurde das Produkt schon verkauft?
- *Viele Informationen oder Expertise liegen intern bereits vor*, diese müssen erschlossen werden; ein *regelmäßiger Austausch zwischen Kollegen auch über Abteilungsgrenzen hinweg* ist förderlich.

### Erkenntnisse zur Umsetzung

- Das *Treffen von Entscheidungen und deren Umsetzung* sind besonders wichtige Punkte der Strategischen Frühaufklärung.
- Nicht nur Erfolgsfaktoren sollten verfolgt werden, sondern auch *für identifizierte Hemmnisse oder Risiken sollten Mitigationen gesucht* werden.

- Risiken und Unsicherheiten können durch unterschiedliche Ansätze reduziert werden:
  - *Zusammenarbeit mit externen Partnern* im Rahmen von gemeinsamen Pilot- / Demonstrationsanlagen oder Forschungs Kooperationen
  - *Beobachten und Verfolgen unterschiedlicher Technologiestränge*
  - *Doppelverwendung von Technologien*
- *Annahmen, verwendete Informationen und getroffene Entscheidungen müssen immer wieder während der Umsetzung auf ihre weitere Gültigkeit überprüft werden.*
- Die *gezielte Auswahl von Referenzprojekten* in der Frühphase eines Marktes ist besonders wichtig für das Gewinnen weiterer Erfahrungen und den Aufbau von Reputation.

### **Erkenntnisse zu Organisation und Personen**

- Die *organisatorische und räumliche Zusammenlegung eines Teams* erhöht die Motivation, verbessert das Schnittstellenmanagement und den Wissensaustausch und klärt auch Verantwortlichkeiten.
- Ein *genereller Studientopf (Seed Money), der unbürokratisch durch die Fachabteilung verwaltet wird*, ist extrem hilfreich zur frühzeitigen Identifizierung von Zukunftsthemen.<sup>286</sup> Solche Studientöpfe müssen durch eine Kultur, die sowohl durch Vertrauen als auch durch Accountability geprägt ist, unterstützt werden.
- Die beteiligten *Personen sollten zum einen die Freiheit haben, Informationen kritisch zu überdenken, und zum anderen die Zeit haben, sich auch aus dem Tagesgeschäft zu lösen.*
- Das *Top-Management sollte frühzeitig eingebunden werden.*

### **Erkenntnisse zu Kultur und Umfeld**

- Die *Kultur muss sowohl durch Vertrauen als auch durch Accountability geprägt sein*, d. h. das Management muss zum einen den Mitarbeitern einen gewissen Freiraum für eigene Überlegungen und Projekte geben, und zum anderen müssen die Mitarbeiter auch langfristig für die von ihnen besetzten Themen stehen.

---

<sup>286</sup> Mittels eines solchen Topfes können Ideen in einem frühen Stadium ausprobiert oder vertieft werden, ohne dass die Bedeutung oder das finale Potenzial bereits bekannt ist.

- Man muss den *Mut haben, viele Themen zu starten, aber auch gleichzeitig den Mut haben, sie regelmäßig zu überprüfen und ggf. zu beerdigen*. Die Überprüfung von Forschungsthemen sollte mindestens jährlich durch ein Team erfolgen, dessen Teilnehmer die Themen und ihr Potenzial sowohl von einer technischen als auch von einer strategischen Seite bewerten können.