

## Siemens Power Generation

### Das Unternehmen in Kürze:

**SIEMENS**

Name: Siemens  
Power Generation

Branche: Elektrotechnik und  
Elektronik

Mitarbeiter: ca. 33.500 weltweit

Lösung mit TRIZ: Dichtung von Bauteilen  
in der Ringbrennkammer  
einer Gasturbine

TRIZ-Werkzeuge: Zwerge-Modellierung



### Ansprechpartner:

Dipl. Ing. (FH) Jan Pellinghoff studierte Maschinenbau/ Konstruktion an der Hochschule Wismar. Derzeit arbeitet Herr Pellinghoff bei der Siemens AG im Bereich Industrial Solutions and Services in Erlangen. Anwendung von TRIZ seit 1997.

## Siemens Power Generation

Mit ca. 461.000 Mitarbeitern und einem Umsatz von über 75 Milliarden Euro (Stand 2005) zählt die Siemens AG, mit Firmensitz in Berlin und München, zu einem der größten und erfolgreichsten Unternehmen der Elektronik und Elektrotechnik. Die traditionellen Stärken des Unternehmens sind seine Innovationskraft, Kunden- und Mitarbeiterorientierung und globale Präsenz.

Siemens unterstützt in über 190 Ländern der Welt seine Kunden mit innovativen Techniken und umfassendem Know-how bei der Lösung ihrer geschäftlichen und technischen Aufgaben. Das Geschäftsportfolio ist in folgende sechs Arbeitsgebiete gegliedert:<sup>1</sup>

- Information and Communication



<sup>1</sup> Vgl.

[http://www.siemens.com/index.jsp?sdc\\_p=cfi103165210mo1244571ps7uz3&sdc\\_bcpaht=1031325.s\\_7%2C%3A1328954.s\\_7%2C&sdc\\_sid=4601655761&sdc\\_m4r](http://www.siemens.com/index.jsp?sdc_p=cfi103165210mo1244571ps7uz3&sdc_bcpaht=1031325.s_7%2C%3A1328954.s_7%2C&sdc_sid=4601655761&sdc_m4r), vom 08.08.2006.

- Automation and Control
- Power
- Transportation
- Medical
- Lighting



Abb. 108: Geschäftsportfolio der

Siemens Power Generation ist dem Arbeitsgebiet Power zugeordnet, dessen Leistungen die ganze Palette energietechnischer Lösungen – von der Stromerzeugung bis zum Transport elektrischer Energie vom Kraftwerk bis zum Verbraucher – umfasst. Neben Power Generation beinhaltet das Arbeitsgebiet Power auch den Bereich Power Transmission and Distribution.<sup>2</sup> Mit etwa 33.500 Mitarbeitern ist Siemens Power Generation weltweit präsent und erwirtschaftete im Jahr 2005 einen Umsatz von über 8 Millionen Euro.<sup>3</sup>

### Problembeschreibung

Eine Gasturbine besteht prinzipiell aus einem Kompressor, einer Brennkammer und einer Turbine, wie Abbildung 109 verdeutlicht. Die Turbine wird hierbei einerseits als Bestandteil einer Gasturbine bezeichnet, andererseits aber auch umgangssprachlich für die Gasturbine als Ganzes verwendet.<sup>4</sup> Dies kann zu Verwirrungen führen. Im Folgenden wird daher immer von der Gasturbine als Ganzes gesprochen.

<sup>2</sup> Vgl. [http://www.siemens.com/index.jsp?sdc\\_p=cfi132849410mo1328494ps7uz1&sdc\\_bcpaht=1327903.s\\_7%2C1328971.s\\_7%2C1328494.s\\_7%2C&sdc\\_sid=20834708735&](http://www.siemens.com/index.jsp?sdc_p=cfi132849410mo1328494ps7uz1&sdc_bcpaht=1327903.s_7%2C1328971.s_7%2C1328494.s_7%2C&sdc_sid=20834708735&), vom 08.08.2006.

<sup>3</sup> Vgl. <http://www.powergeneration.siemens.com/de/company/index.cfm>, vom 08.08.2006.

<sup>4</sup> Vgl. [http://www.energiwelten.de/elexikon/lexikon/seiten/htm/0301\\_Funktionsweise\\_einer\\_Gasturbine.htm](http://www.energiwelten.de/elexikon/lexikon/seiten/htm/0301_Funktionsweise_einer_Gasturbine.htm), vom 08.08.2006

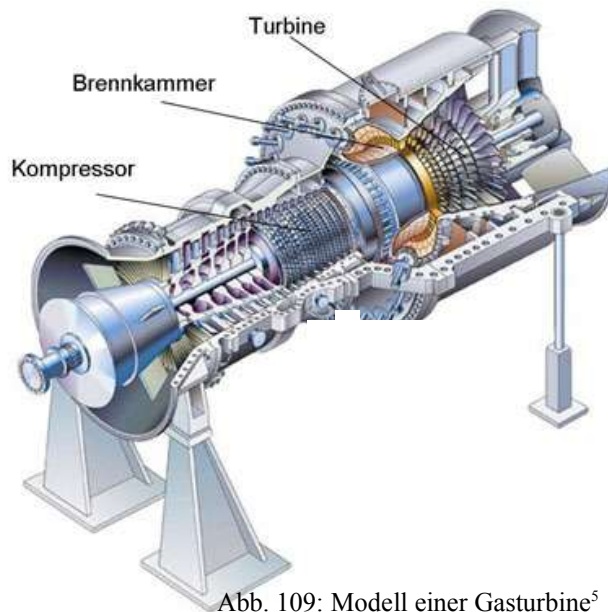


Abb. 109: Modell einer Gasturbine<sup>5</sup>

Ihren Namen erhält die Gasturbine von dem heißen Gasstrahl, der aus der Brennkammer entweicht und die Turbinenräder in Drehung versetzt. Als Brennstoff muss nicht zwingend Gas verwendet werden. Bei Düsenflugzeugen dient beispielsweise Kerosin als Brennstoff.<sup>6</sup>

### **Funktionsweise einer Gasturbine:**

Der Kompressor – auch Verdichter genannt – saugt aus der Umgebung Luft an, verdichtet sie und leitet sie anschließend unter enormen Druck in die Brennkammer weiter. Dort wird sie von Gasbrennern zusammen mit eingespritztem Brennstoff gemischt und entzündet. Die bei der Verbrennung entstandenen Verbrennungsgase, die eine Temperatur von bis zu 1500 °C haben, erhöhen den Druck in der Brennkammer noch weiter und strömen zusammen mit der Luft mit hoher Geschwindigkeit in die Turbine. Diese ist mit schaufel-ähnlichen Flügeln besetzt, welche durch die Strömungskraft in Drehung versetzt werden. Die Drehbewegung wird über eine Welle, auf der die Turbine gelagert ist, auf einen Generator übertragen, welcher wiederum die elektrische Energie in Strom umwandelt.<sup>7</sup>

Aufgrund der hohen Temperaturen ist die Brennkammer einer Gasturbine aus vielen einzelnen hochtemperaturbeständigen Keramikelementen – so genannten Linern – aufgebaut. Würde die Brennkammer aus einem einzigen umlaufenden Keramikelement bestehen, so würde dies

<sup>5</sup> <http://www.rwe.com/generator.aspx/rwe-power-icw/kw-erneuerungsprogramm/vorschaltgasturbine-weisweiler/wie-funktioniert-eine-gasturbine/language=de/id=272186/wie-funktioniert-eine-gasturbine.html>, vom 08.08.2006.

<sup>6</sup> Vgl. <http://www.udo-leuschner.de/basiswissen/SB105-06.htm>, vom 09.08.2006.

<sup>7</sup> Vgl. <http://www.rwe.com/generator.aspx/rwe-power-icw/kw-erneuerungsprogramm/vorschaltgasturbine-weisweiler/wie-funktioniert-eine-gasturbine/language=de/id=272186/wie-funktioniert-eine-gasturbine.html>, vgl. dazu auch [http://www.energiwelten.de/elexikon/lexikon/seiten/htm/0301\\_Funktionsweise\\_einer\\_Gasturbine.htm](http://www.energiwelten.de/elexikon/lexikon/seiten/htm/0301_Funktionsweise_einer_Gasturbine.htm) vom 09.08.2006.

bei Ausfall eine Erhöhung der Stillstandzeit nach sich ziehen. Sowohl der Ausfall wie auch die Beschaffung eines neuen Keramikelementes verursachen hohe Kosten. Mit der modularen Bauweise ist eine kurze Stillstandzeit der Gasturbine gewährleistet, da nur einzelne defekte Keramikelemente repariert oder ausgewechselt werden müssen. Der Nachteil dieser Konstruktion ist jedoch die Abdichtung aller Keramikelemente gegeneinander. Die Abdichtung ist notwendig, um einen stabilen und regelbaren Verbrennungsprozess des Gas-Luft-Gemisches in der Brennkammer der Turbine hinsichtlich des Wirkungsgrades und der Emissionen zu erreichen.

Die bis dahin eingesetzten Dichtungen erfüllten diese Aufgabe mit einer zu geringen Zuverlässigkeit. Die vom Kompressor der Gasturbine angesaugte und komprimierte Luft für den Verbrennungsprozess konnte durch Leckagen unkontrolliert in die Brennkammer gelangen. Dies hatte eine Erhöhung des Aufwands für die Verbrennungsregelung zur Folge. Aufgrund dieser Störeinflüsse und des damit verbundenen ständigen Neujustierens der Verbrennungsprozessparameter verschlechtern sich insbesondere die Emissionswerte.

Die folgende Grafik zeigt eine Siemens Gasturbine:



Abb. 110: Siemens Gasturbine V64 3A

Die hellen Quadrate kennzeichnen die Liner (Keramikelemente). Die schwarzen Punkte in der Mitte der Liner stellen die Befestigung der Liner am Gehäuse dar. Die Dichtungen sitzen zwischen den einzelnen Linern.

Aufgabe war es nun, ein neues Dichtungskonzept für die Ringbrennkammer einer Siemens-Gasturbine zu entwickeln, so dass über eine bestimmte Betriebsstundenzahl der Gasturbine zuverlässig die Luftleckage in der Brennkammer verhindert werden kann.<sup>8</sup>

## Anwendung von TRIZ

<sup>8</sup> Vgl. Pellinghoff, J. E-Mail vom 08.08.2006.

Im Februar 2003, nach Übernahme von Westinghouse<sup>9</sup>, wurde in den USA unter deutscher Projektleitung innerhalb einer Woche ein Workshop mit sechs Teammitgliedern durchgeführt. Zur Ideenentwicklung wurde neben anderen TRIZ-Werkzeugen auch die Zwergemodellierung angewandt. Vorteil dieses TRIZ-Werkzeuges ist die Nutzung der Empathie der einzelnen Teammitglieder zur Problemlösung durch das Hineinversetzen derselben als fühlende Personen an den Wirkort des auftretenden technischen Problems.

Die Teammitglieder versuchten sich in die Lage des zu verbessernden Systems hineinzuversetzen und jeder der sechs Teilnehmer konnte selbst auswählen, welchen Zwerg er repräsentieren möchte und welchen Platz er an der Dichtungsstelle der Brennkammer einnehmen möchte. Im Anschluss daran sollten die Teilnehmer beschreiben, wie sie sich fühlen und was sie tun würden, um das vorliegende Problem – das Verhindern der Luftleckage in der Brennkammer – zu lösen. Nachfolgende Abbildung soll dies Beispiel verdeutlichen:

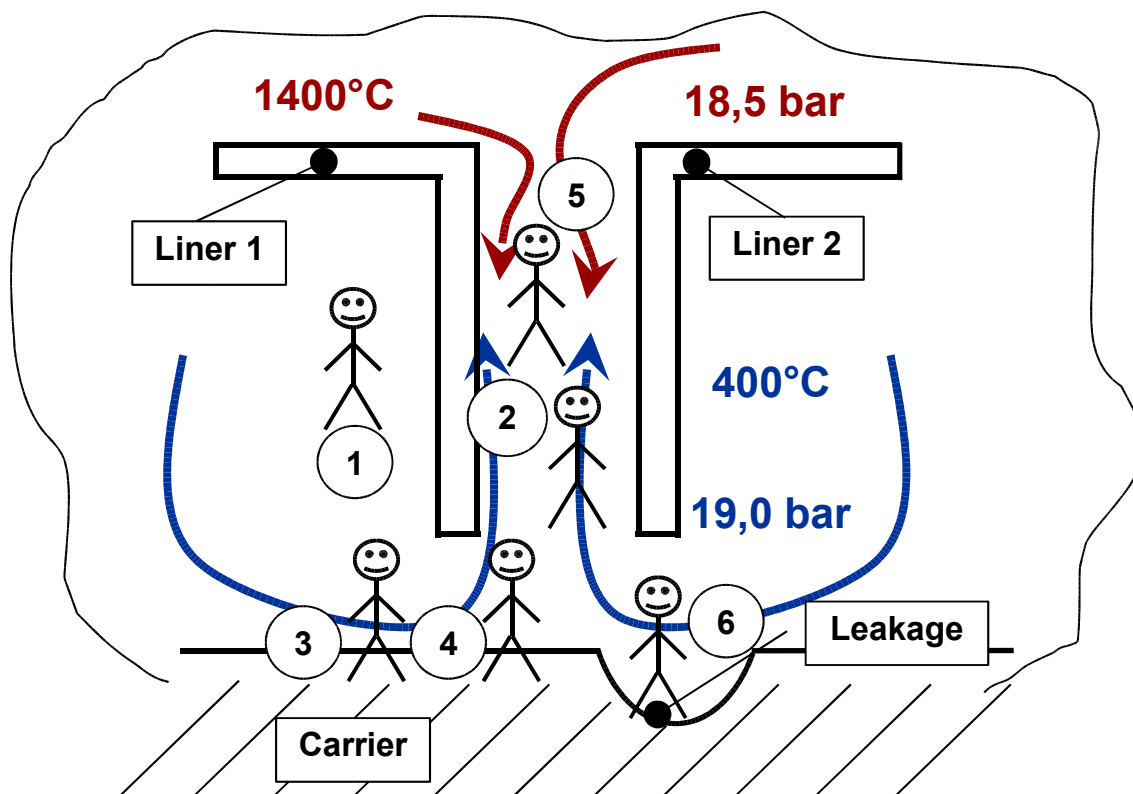


Abb. 111: Zwergemodellierung

### Zwerg 1:

- „Ich drücke die Liner zusammen oder decke die Öffnung zwischen den Linern mit einem Deckel ab.“
- „Ich installiere eine Luftperrre.“

<sup>9</sup> 1998: Kauf der US-amerikanischen Westinghouse Power Generation. Das in Pittsburgh/USA ansässige Forschungs- und Entwicklungszentrum von Siemens Westinghouse in ein Geschäftssegment von Siemens Power Generation.

- „Zwerg 2 würde durch meine Maßnahmen geopfert werden, er müsste von diesem Platz fliehen.“
- „Ich würde die Zwerge 2 und 3 über die Maßnahmen informieren.“

#### **Zwerg 2:**

- „Ich würde mich nach oben hin schützen, zum Beispiel mit einem Schirm.“
- „Zwerg 4, gib mir Luft!“
- „Ich möchte nicht davon fliegen. Ich würde meine Füße in die Liner haken.“
- „Über meinem Kopf tobt ein Tornado und ich habe nicht genug Zeit zum Reagieren.“
- „Ich traue Zwerg 4 nicht ganz. Ich frage mich, ob er mich an meinen Füßen festhalten würde.“

#### **Zwerg 3:**

- „Ich brauche einen Schutz, zum Beispiel ein Keramikschild, oder ich würde wegrennen.“
- „Ich brauche eine Düse, um die Flüssigkeit in die Brennkammer zu sprühen und mich so gegen die heißen Temperaturen zu schützen.“
- „Wir brauchen eine Keramikbahn, um viel Keramik zwischen die Liner zu bringen.“

#### **Zwerg 4:**

- „Ich mag dich, Zwerg 2, aber ich kann dir nicht vollständig vertrauen mit deinem löchrigen Schirm.“
- „Bitte haltet alle schädlichen Einflüsse weg von mir!“
- „Gebt mir Luft und haltet den Druck!“
- „Ich habe die Aufgabe, die anderen zu unterstützen und zu informieren.“
- „Ich kann Luft zu den anderen lassen.“
- „Ich muss den Liner auf meinen Schultern tragen.“

#### **Zwerg 5:**

Zwerg 5 wollte die oberste Position einnehmen (Zwerg 5 ist der Projektleiter. Er kam erst nach der Verteilung der anderen Personen dazu. Seine Aussage: „Ich möchte mein Team schützen!“)

- „Ich muss nur die Temperatur beachten.“
- „Ich beschütze die anderen.“
- „Zwerg 2 soll mich an den Füßen festhalten.“
- „Ich hätte mehr Sicherheit, wenn ich zusätzlich ein Halteseil hätte.“
- „Ich habe einen Hitzeschutzschild auf meinem Kopf, welcher mich vor den hohen Temperaturen schützt.“
- „Dieser Hitzeschild regeneriert sich selbst. Der Hitzeschild emittiert Partikel.“
- „Der Hitzeschild bewegt sich und bei Erwärmung hat er mit beiden Wänden der Liner Kontakt, um Wärme an die Wände abzugeben.“

- „Der Hitzeschild ist intelligent und führt die oben beschriebenen Funktionen selbst aus.“
- „Ich brauche Luft von den anderen Zwergen.“

### **Zwerg 6:**

- „Ich sitze in der Leckagestelle, um genug frische Luft zu bekommen.“
- „Ich will sehen, wo es den meisten Ärger gibt.“
- „Ich nehme die größeren Zwerge und stopfe damit die Leckagestelle.“
- „Die Zwerge sollen sich an die Hand nehmen und somit die Leckage beseitigen.“
- „Wenn ich die anderen Zwerge träfe, würde ich eine Neuordnung vorschlagen und diskutieren.“
- „Die anderen Zwerge helfen mir, nicht in das Leckage Loch zu fallen.“
- „Die Position von Zwerg 5 mag ich überhaupt nicht.“
- „Ich nutze die Leckagestelle als Tür.“<sup>10</sup>

## **Lösung**

Im Anschluss an die Lösungsfindung fand sich das Team am letzten Tag des Workshops zur Ideenbewertung zusammen. Im Rahmen einer Brainstorming-Sitzung, wurden zudem Patentrecherchen zur Absicherung der Ideen durchgeführt. Zehn Ideen konnten zur weiteren Betrachtung identifiziert werden. Hierbei sind sechs Erfindungsanmeldungen entstanden. Die Ideen bezogen sich beispielsweise auf die konstruktive Gestaltung der Dichtung, auf die Werkstoffe und Werkstoffpaarungen.<sup>11</sup>

Beispielsweise konnten mit Hilfe der Zwergemodellierung Parameter wie Temperatur oder Luftverbrauch optimiert werden. Eine hierbei entstandene Lösung verdeutlicht Abbildung 112. Die neue Befestigung der Liner sorgt dafür, dass weniger Luft durch die Leckagen in die Brennkammer gelangt.<sup>12</sup>

<sup>10</sup> Pellinghoff, J., TRIZ bei Siemens, 2006, S. 540 f.; vgl. dazu auch Pellinghoff, J. E-Mail vom 08.08.2006.

<sup>11</sup> Vgl. Pellinghoff, J. E-Mail vom 08.08.2006.

<sup>12</sup> Vgl. Hofmann, D.: (Telefonisches) Interview vom 19.09.2006.

Abb. 112: Designgrafik zur Befestigung der heissgasführenden Elemente

Abbildungen 113 und 114 zeigen die Gasturbine sowie die Befestigung der einzelnen Liner.<sup>13</sup>

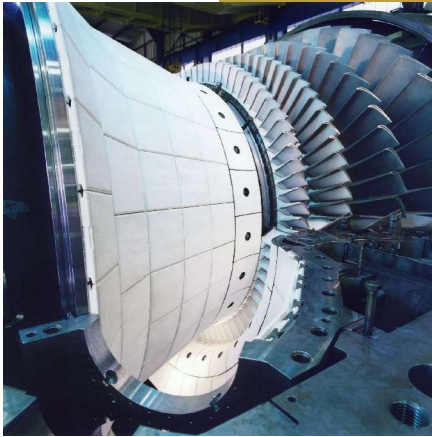


Abb. 113: Siemens Gasturbine



Abb. 114: Befestigung der Liner

## Fazit

Basierend auf technisch und qualitativ führenden Produkten ist es Siemens gelungen, sich erfolgreich von den Wettbewerbern zu differenzieren und ein positives Image aufzubauen. Die Arbeit des Innovationsmanagements bei Siemens hat zu erfolgreichen innovativen Produkten geführt. Verglichen mit den Wettbewerbern investiert Siemens in erheblichem Umfang in die Entwicklung innovativer Produkte.

Um an der Spitze des technologischen Fortschritts zu stehen, investierte Siemens im Jahr 2005 rund 5,2 Milliarden Euro in die Forschung und Entwicklung und beschäftigt in diesem Bereich knapp 47.000 Mitarbeiter. Dies sind mehr als 10 % aller Mitarbeiter. Von den rund 8.800 Erfindungen wurden im letzten Jahr zwei Drittel zum Patent angemeldet und Siemens ist somit der größte Patentanmelder in Deutschland. In Europa nimmt Siemens den Platz zwei ein und in USA gehört das innovationsorientierte Unternehmen zu den Top Ten.

Technologie- und Innovationsführerschaft prägen das Image von Siemens. Durch einen verstärkten Fokus auf TRIZ ist es Siemens Power Generation – und auch anderen Geschäftsbereichen der Siemens AG – gelungen die Innovationsaktivitäten zu intensivieren und den Grundstein für nachhaltigen Unternehmenserfolg zu legen.

Innovationen sind die Voraussetzung für die Zukunftssicherung eines Unternehmens. Für das Traditionsunternehmen Siemens gilt dies seit der Firmengründung vor über 155 Jahren.<sup>14</sup>

<sup>13</sup> Vgl. Hofmann, D.: E-Mail vom 19.09.2006.

<sup>14</sup> Vgl.

[http://www.siemens.com/index.jsp?sdc\\_p=f64t4ml0s7u20o1182521n1182521i1182517pFEcz2&sdc\\_sid=19039715738&](http://www.siemens.com/index.jsp?sdc_p=f64t4ml0s7u20o1182521n1182521i1182517pFEcz2&sdc_sid=19039715738&), vom 08.08.2006

---