

Lebenszyklusanalysen zukünftiger Stromerzeugungstechniken

Oliver Mayer-Spohn

Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung - IER

Tel.: 0711 7806138

Email: OM@ier.uni-stuttgart.de

Goal, Scope and Background

Nachdem sich die Ökobilanz im letzten Jahrzehnt als standardisiertes Werkzeug zur Ermittlung der Auswirkungen von Produkten, Produktionsstätten und Technologien auf Ressourcen und Umwelt etabliert hat, findet sie in den letzten Jahren auch verstärkt Anwendung als Simulationswerkzeug.

Bereits vor dem Einsatz neuer Technologien, der Einführung von Produkten oder der Errichtung neuer Produktionsstätten, können deren Auswirkungen mittels einer Bilanz von der Wiege bis zur Bahre analysiert werden.

Im Folgenden wird ein komponentenbasierter Ansatz für die Bilanzierung zukünftiger Stromerzeugungstechniken vorgestellt. Dabei werden Lebenszyklusinventare für zukünftige Stromerzeugungsanlagen ermittelt, die neben dem Stand der Technik auch neueste Forschungsergebnisse und Entwicklungsperspektiven mit einbeziehen.

Eine derartige Ökobilanz wird am Beispiel eines IGCC-Kraftwerks vorgestellt.

Method

Die zu bilanzierenden Stromerzeugungsanlagen werden in Bauteile und technische Komponenten unterteilt. Diese Komponenten, beim betrachteten IGCC-Kraftwerk beispielsweise die maschinentechnischen Komponenten Bekohlungsanlage, Luftzerlegungsanlage, Vergaser, Zyklone, Venturi-Wäscher, Denox-Anlage, Gasturbine, Generator, etc. werden an Fortschritts- und Entwicklungsperspektiven angepasst. Sie erhalten die für zukünftige Stromerzeugungstechniken erwarteten Dimensionierungen und Wirkungsgrade. Des Weiteren werden vorhandene Entwicklungsperspektiven zu Änderungen der eingesetzten Materialien sowie zu möglichen Prozessoptimierungen in die Module integriert.

Anschließend werden die modifizierten Kraftwerkskomponenten entsprechend einem Baukastenprinzip zu dem zu simulierenden zukünftigen Kraftwerk zusammengesetzt und gehen in die Ökobilanz ein.

Ebenso werden technologischer Fortschritt und potentielle Entwicklungen bei den Lebenszyklusinventaren aus den Vorketten berücksichtigt, wie beispielsweise bei der Kraftstoffbereitstellung und dem Strommix.

Results, Conclusions and Outlook

Abschließend werden die Ergebnisse der Ökobilanz für das IGCC-Kraftwerk mit Hilfe von Sensitivitätsanalysen diskutiert. Untersucht werden beispielsweise der Einfluss von Material- und Energieträger-Bereitstellungsketten sowie die Abhängigkeit der Ökobilanz-Ergebnisse von der Kraftwerksauslastung.

Das Werkzeug Ökobilanz ist in der Lage, zukünftige Technologien zu simulieren und für verschiedene Entwicklungsstadien abzubilden. Die Genauigkeit solcher Ökobilanz-Studien wird durch Qualität der gegenwärtigen Lebenszyklusinventare sowie der Prognosen für technischen Fortschritt und Entwicklung bestimmt.

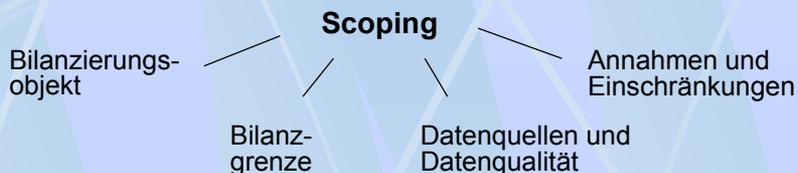
Bisher werden Ökobilanzen mit Lebenszyklusinventaren berechnet, die statisch auf einen Zeitpunkt bezogen sind. Für folgende Ökobilanz-Studien ist beabsichtigt, den Faktor Zeit stärker bei der Bilanzierung zu berücksichtigen. Es sollen Lebenszyklusinventare für verschiedene Zeithorizonte entwickelt und somit eine zeitlich aufgelöste Darstellung von Bau-, Betriebs- und Entsorgungsphase ermöglicht werden.

Ganzheitliche Bilanzierung zukünftiger Stromerzeugungstechniken

Oliver Mayer-Spohn, IER Universität Stuttgart

Wie kompliziert soll Ökobilanzierung sein?

Die Komplexität einer LCA wird im Wesentlichen bestimmt vom



Meine Meinung: „Die im Scoping festgelegte bzw. offen gelassene Komplexität der Ökobilanz sollte sich an folgenden Faktoren orientieren“

Erforderliche Erfassungsgenauigkeit

Einschätzung der Ergebnisrelevanz (Pragmatismus)

Gliederung des Vortrags

1. Projektbeschreibung und Motivation
2. Methode und Umsetzung
3. Ergebnisse
4. Ausblick

3

1. Projektbeschreibung und Motivation

Ganzheitliche Bilanzierung zukünftiger Stromerzeugungstechniken



- Bereitstellen von Informationen zu Technologien wie sie voraussichtlich in naher Zukunft zur Verfügung stehen werden
- Erstellen von Lebenszyklusdaten bereits vor dem Bau von Kraftwerken und Anlagen

4

1. Projektbeschreibung und Motivation

Ganzheitliche Bilanzierung zukünftiger Stromerzeugungstechniken

- Brennstoffzellen
 - Photovoltaik
 - Wind (offshore)
 - Biomasseverstromung
 - Gas- und Dampf - Kraftwerk
 - PFBC – Kraftwerk (Pressurized Fluidized Bed Combustion)
 - IGCC – Kraftwerk (Integrated Gasification Combined Cycle)
- } Fossile Primärenergieträger

5

2. Methode und Umsetzung



1. Auswahl von Kraftwerken zur Elektrizitätserzeugung mit derzeit eingesetzter Technologie (state of the art)
2. Unterteilung in Bauteile und technische Komponenten (Module)
→ Modulbaukasten

- Bekohlungsanlage
- Luftzerlegungsanlage
- Vergaser
- Zyklon
- Venturi-Wäscher
- Denox-Anlage
- Gasturbine
- Generator
- Kühlturm
- Schornstein
- etc.

6

2. Methode und Umsetzung

Ermittlung von Sachbilanzdaten eines IGCC-Kraftwerkes:



7

2. Methode und Umsetzung

Skalierung der Module:

Kategorie	Komponente	Skalierungsansatz	Erläuterung
Bautechnik	Pförtner- und Verwaltungsgebäude, Straßen, Werkstatt, Lager	Skalierungsfaktor 1, keine Änderung der Dimensionierung	Fixe Einrichtungen ohne nennenswerte Abhängigkeit von Leistungscharakteristika der Anlagen
Maschinentechnik	Dampferzeuger	Proportional zum Verhältnis der Feuerungsleistungen	Ansatz konstanter Wärmestromdichte in Verdampfer- und Überhitzerflächen
Bautechnik	Dampferzeugergebäude	Kubikwurzel aus Verhältnis der Feuerungsleistung	Die Oberfläche des Gebäudes/der Materialaufwand steigt unterproportional zum Volumen des Dampferzeugers
Maschinentechnik	Dampfturbosatz	Proportional zur Quadratwurzel aus dem Turbinenleistungsverhältnis	Ansatz konstanter Strömungsgeschwindigkeiten
Bautechnik	Kühlturm	Kubikwurzel aus dem Verhältnis der Kühlleistungen	Die Oberfläche des Kühlturms steigt unterproportional zum Volumen des Turms.
Maschinentechnik	Kühlturmeinbauten	Proportional zum Verhältnis der Kühlturmleistung	Ansatz konstanter Wärmestromdichten der Übertragerflächen (W/m^2)
Elektrotechnik	Generator, Transformator	Proportional zur Leistung	Ansatz konstanter Strom-dichten in den Leitern (A/mm^2)

8

2. Methode und Umsetzung

Skalierung der Module: Beispiel Kühlturm

Kühlleistung Referenzkühlturm: 500 kW_{el}
 Kühlleistung Kühlturm Kraftwerk 2010: 1000 kW_{el}

Skalierung Maschinentechnik Kühlturm: 1000 / 500
 $SF_{\text{Kühlturm2010,Maschinentechnik}}$

Skalierung Bautechnik Kühlturm: $(1000 / 500)^{1/3}$
 $SF_{\text{Kühlturm2010,Bautechnik}}$

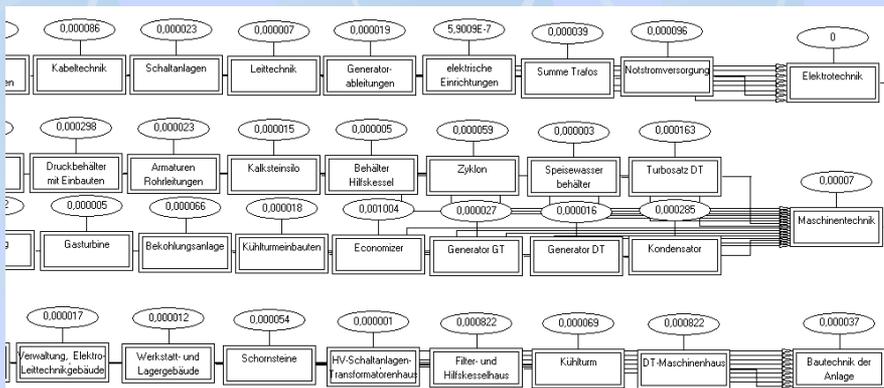
$\text{Kühlturm2010}_{\text{Bautechnik}} = \text{Kühlturm Referenz}_{\text{Bautechnik}} * SF_{\text{Kühlturm2010,Bautechnik}}$

$\text{Kühlturm2010}_{\text{Maschinentechnik}} = \text{Kühlturm Referenz}_{\text{Maschinentechnik}} * SF_{\text{Kühlturm2010,Maschinentechnik}}$

9

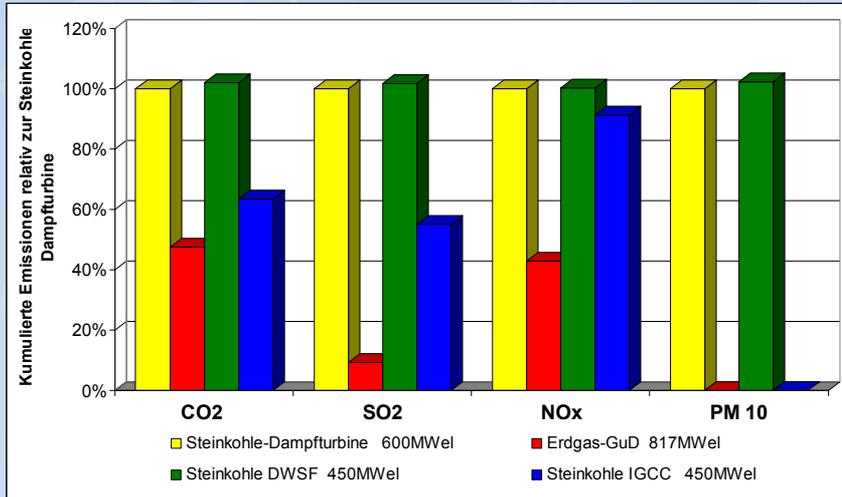
2. Methode und Umsetzung

Modulbausteine für ein IGCC-Kraftwerk (Zeithorizont 2010):



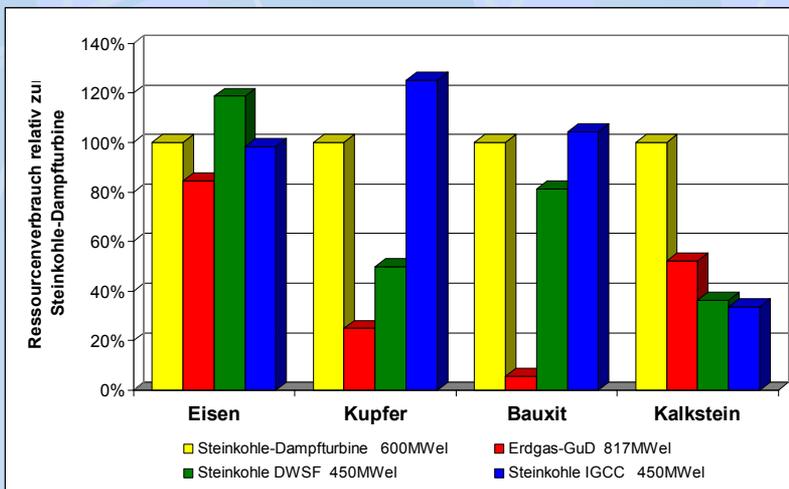
10

3. Ergebnisse – kumulierte Emissionen



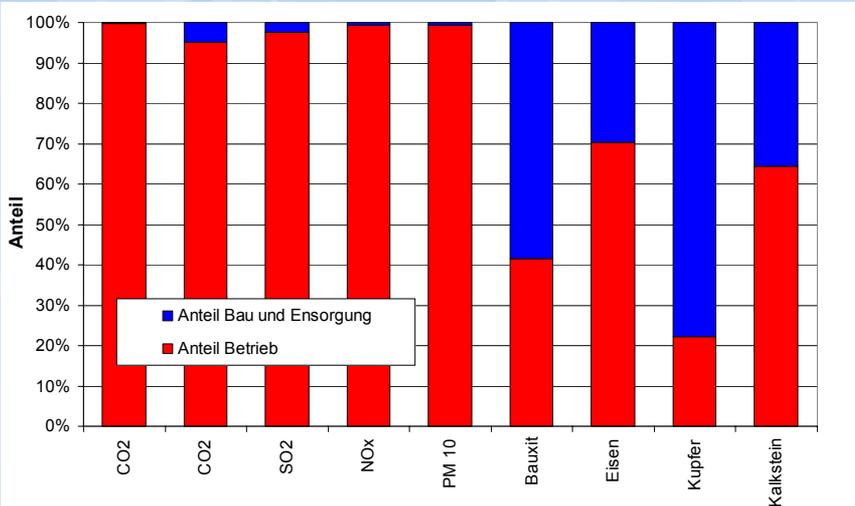
11

3. Ergebnisse - Ressourcenverbrauch



12

3. Ergebnisse – Lebenszyklusphasen IGCC



13

4. Ausblick

Parametrisierung der bilanzierten Stromerzeugungstechniken:

- Kraftwerke und Anlagen können über die Parameter Leistung, Wirkungsgrad, Auslastung, Lebensdauer etc. variiert werden
- Sensitivitätsanalysen, schnelle und einfache Bilanzierung
- Vergleichbarkeit zu anderen Studien (durch entsprechende Dimensionierung)
- Austauschbare Vorketten → Nutzung und Vergleich verschiedener Datenbestände möglich

14

Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit