



Fakultät Maschinenbau/Verfahrenstechnik,

Fahrzeugtechnik

Konstruktive Weiterentwicklung eines modularen Batteriespeichers in 20'-Containerbauweise für PV - Hybridkraftwerke

Untertitel bzw. nähere Beschreibung des Themas oder der
Aufgabenstellung

Dresden, DATUM



Fakultät Maschinenbau/Verfahrenstechnik,

Studiengang Fahrzeugtechnik

ART DER ARBEIT (DIPLOMARBEIT)

Thema:	Konstruktive Weiterentwicklung eines modularen Batteriespeichers in 20'-Containerbauweise für PV - Hybridkraftwerke
Bearbeiter:	Michael Winzer
Matrikelnummer:	28563
Bearbeitungszeitraum:	TT.MM.JJ bis TT.MM.JJ
Ort, Datum der Abgabe:	Dresden, DATUM
Nummer:	XYZ
Betreuer:	Dipl. Ing. Lars Fallant
Verantw. Hochschullehrer:	Name des Hochschullehrers

Textseiten:	xx
Anlagen:	yy
Anhänge:	zz

Aufgabenstellung

Hier wird eine Kopie bzw. für das Bibliotheksexemplar das Original der ausgereichten Aufgabenstellung eingeordnet.

Sperrvermerk

Diese Diplomarbeit enthält vertrauliche Informationen, die der Geheimhaltung unterliegen. Sie dürfen nur für die interne Verwendung und zur Kontrolle durch den verantwortlichen Hochschullehrer genutzt werden. Eine, auch nur teilweise, Veröffentlichung der Belegarbeit darf nur mit Zustimmung der BELECTRIC GmbH, Zweigstelle Dresden, Industriestraße 65, 01129 Dresden erfolgen.

Dresden, 24. Januar 2015

Inhaltsverzeichnis

Sperrvermerk	4
Abkürzungsverzeichnis	III
Symbolverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VI
Einleitung	1
1 Grundlagen	4
1.1 Allgemeines	4
1.2 Einleitung	5
1.3 Bindung	6
1.4 Elektronische Form	6
1.5 Formatierung	7
1.5.1 Allgemeines	7
1.5.2 Abkürzungen und physikalische Größen	7
1.5.3 Absätze und Überschriften	8

1.5.4	Schriftgröße und Zeilenabstand	8
1.6	Rechtschreibung und Grammatik	8
1.7	Quellen und Zitate	8
1.8	Fussnoten	9
1.9	Abbildungen und Tabellen	9
1.10	Formeln	11
1.11	Veröffentlichung	11
1.12	Kommentare am rechten Blattrand	11
2	Betreuung des Studenten	12
3	Zusammenfassung und Ausblick	13
	Indizes	16
	Eidesstattliche Erklärung	17
	Anhang	18
	Datenträger	19

Abkürzungsverzeichnis

AG	Abgas
AP	Arbeitspaket
BS	Brennstoff
BK	Brennkammer
BKE	Brennkammerende
etc.	et cetera
f.	folgende
ff.	fortfolgende
u. a.	unter anderem
usw.	und so weiter
z. B.	zum Beispiel
ZWSF	Zirkulierende Wirbelschichtfeuerung

Symbolverzeichnis

Formelzeichen

A	m^2	Fläche
a	MPa	Kohäsionsdruck

Griechische Symbole

α	$\text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Wärmeübergangskoeffizient
γ	-	Aktivitätskoeffizient für die Flüssigphase

Abbildungsverzeichnis

0.0.1 Anforderung an Regelenergien	2
1.9.1 Logo Professur	10

Tabellenverzeichnis

1.1 Tabellenübersicht	10
---------------------------------	----

Einleitung

In den letzten Jahren ist die Energieversorgung mit Hilfe von erneuerbaren Energieträgern wie Wind, Sonne und Biomasse immer weiter in den Vordergrund gerückt. Um die endlichen fossilen Ressourcen zu schonen sind wir über kurz oder lang auf den Ausbau von regenerativen Energieerzeugern angewiesen. Mit dem Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien welches am 01.08.2014 in Kraft getreten ist wurden von der Bundesregierung klare Regelungen zum zukünftigen Ausbau der erneuerbaren Energien verfasst. Dort wird festgelegt, dass der „... Anteil des an erneuerbaren Energien erzeugten Stroms am Bruttostromverbrauch auf mindestens 80 Prozent bis zum Jahr 2050 ...“([1]EEG 2014, §1Abs.2) zu erhöhen ist. Jedoch würde dieser Ausbau eine steigende Volatilität im Übertragungsnetz mit sich bringen. Im europäischen Verbundnetz ist die Netzfrequenz von 50Hz mit einer zulässigen, maximalen Abweichung von 0,2 Hz genormt. Bei einem Überangebot von produziertem Strom würde die Netzfrequenz ansteigen, sowie sie bei überhöhter Last (Stromentnahme durch Verbraucher) sinken würde. Um diese Schwankungen so ausgleichen zu können, dass die Netzfrequenz innerhalb der festgesetzten

Toleranz bleibt, müssen Kraftwerke mit viel Aufwand, verbunden mit hohen Kosten, geregelt werden. Um nun also unvorhergesehene Lastschwankungen im Stromnetz ausgleichen zu können muss der ÜNB genügend Regelleistung vorhalten. Hierbei wird abhängig von Systemreaktionszeit und möglicher Einsatzdauer in Primärregelenergie, Sekundärregelenergie und Minutenreserve unterschieden.

Art der Regelenergie	Leistungsanforderungen		
	Systemreaktionszeit bis 100% Leistung	min. Leistung [P]	Speicher- kapazität
Primärregelenergie	$\leq 30s$	1 MW	4h · P
Sekundärregelenergie	$\leq 300s$	5 MW	
Minutenreserve	$\leq 900s$	5 MW	

Abbildung 0.0.1: Anforderung an Regelenergien

Ein wichtiger Punkt hierbei sind Energiespeichersysteme, welche genau für diese Anwendungsfälle Regelleistung bereitstellen können. Speziell für kurzzeitige Ausregelungen von Lastspitzen oder Einspeisungseinbrüchen von PV-Anlagen oder auch für die Bereitstellung von Primärregelleistung in Übertragungsnetzen erweisen sich Batteriespeicher als durchaus geeignetes Mittel. Mit Hilfe dieser Batteriespeichertechnologien können durch spezielle Regelalgorithmen PV-Kraftwerke wesentlich gleichmäßiger Energie in das Übertragungsnetz einspeisen. Die Belectric GmbH hat mittlerweile marktreife Konzepte entwickelt um PV-Kraftwerke gekoppelt mit Batteriespeichern (bezeichnet als Hybrid 1) oder auch PV-Kraftwerke gekoppelt mit Batteriespeichern und

Dieselfgeneratoren (bezeichnet als Hybrid 2) zu betreiben. Ein wesentlicher Vorteil dieser Hybridisierung von PV-Kraftwerken liegt darin, dass aufgrund der besseren Regelcharakteristik deutlich mehr Leistung installiert werden kann ohne die Übertragungsnetze zu überlasten, wodurch die Kosteneffizienz erheblich steigt.

1 Grundlagen

1.1 Allgemeines

Allgemein orientieren sich Aufbau und Gestaltung der Diplomarbeit an den Normen zur Gestaltung wissenschaftlicher Arbeiten, siehe DIN 1421, 1422, 1502, 5008. Die Diplomarbeit ist auf weißem Papier im Format A4 entsprechend den Richtlinien zur Textverarbeitung (DIN 5008, Duden) zu verfassen und zu binden. Beleg- und Diplomarbeiten sind wissenschaftlich technische Dokumentationen, die allgemeinen Anforderungen bezüglich Struktur und Form entsprechen müssen. Sie sollen sich durch Klarheit im Ausdruck, guten Stil und einwandfreie Orthografie auszeichnen. Formulierungen sind sorgfältig zu wählen. Das betrifft auch die Verwendung fremdsprachiger Begriffe. Die Arbeit ist logisch zu gliedern. Der Schreibende soll einen anspruchsvollen wissenschaftlich-technischen Inhalt verständlich vermitteln. Dazu ist es erforderlich, sich immer wieder in die Position des Lesers zu versetzen und die Darstellung in dieser Hinsicht zu hinterfragen. Das Bild, d. h. Prinzipskizze, Diagramm, Foto, Flussdiagramm, Tabelle etc., ist die „Sprache des Ingenieurs“ und sollte langen Erklärungen vorgezogen werden. Ergebnisse müssen rückverfolgbar sein. Dazu sind die ange-

wandten Methoden, Annahmen, Randbedingungen, experimentellen Einrichtungen und Programme sowie relevante Zwischenergebnisse zu nennen und in einem angemessenen Umfang zu erläutern. Auch Berechnungen sind so zu dokumentieren, dass der Gutachter ihre Richtigkeit überprüfen kann. Die Darstellung sollte sich auf das Wesentliche konzentrieren und frei von allgemein bekannten Abhandlungen und „Füllstoff“ sein, die nur vom Thema ablenken und den „roten Faden“ verlieren lassen. Der Arbeit ist eine schriftliche Erklärung beizufügen, dass sie selbständig angefertigt wurde und keine anderen als die angegebenen Unterlagen verwendet wurden.

Der Textteil der Arbeit besteht aus:

- Einleitung
- Zielstellung
- Lösungsweg
- Hauptteil mit Unterabschnitten

1.2 Einleitung

Die Einleitung beschreibt den Aufbau der Arbeit, die Motive zu Ihrer Erstellung, die wissenschaftliche Herangehensweise an die Problemstellung sowie formale technische und ggf. rechtliche Rahmenbedingungen.

1.3 Bindung

Die Arbeit ist an der Professur in zweifacher Ausfertigung in gebundener Form (Ringbindung, feste Bindung), ausgedruckt auf weißem Papier (80 g/m^2), Format DIN A4, abzugeben. Die eigentlichen Seiten sind bei Ringbindung mit zwei leeren Deckblättern ($> 120 \text{ g/m}^2$) zu umschließen.

Für Diplom-, Master- und Bachelorarbeiten ist eine feste Bindung vorgeschrieben. Bitte die Exemplare beschriften (Rücken [Beschriftung 2 cm ab unterem Rand beginnen] und Deckel) mit DA Nr., Name, Vorname.

Muster hierzu können im Zweifelsfall in der Professur eingesehen werden.

1.4 Elektronische Form

Der ausgedruckten und gebundenen Arbeit ist eine CD/ DVD in einer Tasche auf der letzten Seite der Arbeit beizulegen.

Darauf ist die Arbeit als Datei, z. B. Word-Datei, alle erstellten elektronischen Modelle, Simulationen, Programme, Zeichnungen, Fotos, Vorlagen, Rechnungen usw. jeweils in weiter bearbeitbaren Formaten (SolidWorks, AutoCAD, Corel, Cosmos, Fluent, ComSol, jpg, bmp, MathCAD, ...) und recherchiertes Material, das Ihnen in elektronischer Form vorliegt (Zeitschriftenartikel, Scans, Auszüge aus Büchern, e-books, ...), mit abzulegen.

Sämtliche Dateien sind unverschlüsselt abzuspeichern.

1.5 Formatierung

1.5.1 Allgemeines

Alle Formatvorlagen und Seitenformate sind dieser Vorlage zu entnehmen. Fertigen Sie sich eine Kopie dieser Datei an. Benennen Sie diese dann um und löschen vorsichtig, Absatz für Absatz die Texte. Behalten Sie die sich automatisch aktualisierenden Verzeichnisse und Nummerierungen bei. Das vereinfacht den Einstieg in die Arbeit.

1.5.2 Abkürzungen und physikalische Größen

Sämtliche Abkürzungen sind mit ihrer ersten Verwendung einzuführen und entsprechend im Abkürzungsverzeichnis aufzunehmen.

Die Auflistung im Abkürzungsverzeichnis gilt auch für “z. B” oder “etc.”. Abkürzungen, die für mehrere einzelne Wörter stehen. Mehrere einzelne Wörter wie “z. B.” oder “u. a.” sind auch in der Abkürzung durch ein Leerzeichen (empfohlen wird zur Vermeidung des “Auseinanderziehens” die Verwendung von <Backslash> <Komma> als Befehl für eine halbe Leerzeile) getrennt.

Genauso ist bei der Darstellung von Betrag und Einheit zu verfahren. (Beispiele: $5,67 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K}^4)$, $9,6 \text{ MJ/kg}$, $12,0 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$, 100°C , 26% , jedoch: 90°).

Physikalische Größen sind in Maßeinheiten des internationalen Einheitensystems (SI) anzugeben, d. h. bei Verwendung historischer oder anglo-amerikanischer Quellen mit Nicht-SI-Einheiten (z B. *atü*, *mmWS*, *Torr*, *psi*, $^\circ \text{F}$, *kcal*, *PS*, *ft*, ...) entsprechend umzurechnen. Die Um-

rechnung ist in jedem Fall in der Arbeit zu dokumentieren.

1.5.3 Absätze und Überschriften

Unter Hauptüberschriften der Ebene 1, die mit Überschriften der Ebene 2 weiter unterteilt werden, wird kein Text eingefügt. Es sind entsprechende “Einleitungs-Unterkapitel” einzufügen. Die maximale Gliederungstiefe für Diplomarbeiten beträgt 3 Ebenen. Entsprechend enthält das Inhaltsverzeichnis nur die Überschriften der Ebene 1 – 3.

Es ist der Blocksatz zu verwenden.

1.5.4 Schriftgröße und Zeilenabstand

In den jeweiligen Formatvorlagen sind die Schriftgröße (mind. 11) und der Zeilenabstand (1,5) geregelt.

1.6 Rechtschreibung und Grammatik

Die studentische Arbeit ist in der Regel in deutscher Sprache und dabei nach den Regeln der neuen deutschen Rechtschreibung anzufertigen.

1.7 Quellen und Zitate

Es ist ein Quellenverzeichnis zu führen. Wörtlich zitiert wird in Anführungszeichen mit einem Quellenverweis.

Beispiele:

Nach Meinung vom VERFASSEN wird “. . . wie hier zu sehen, wörtlich zitiert”.

Enthält das Zitat bereits einen abschließenden Satz-Schluss-Punkt, wird nach der schließenden Klammer der Quellenangabe kein Punkt gesetzt.

Die drei Punkte (...) werden in Zitaten verwendet, um alle Auslassungen zu kennzeichnen. Auch hier liefert der VERFASSTER mit der Forderung "... den bedingungslosem Einsatz ... der Punkte ... bei Auslassungen", ein gutes Beispiel.

Bei drei Punkten am Ende eines Zitates wird "... dringend der Punkt nach der Quellenangabe gesetzt ...".

Die Abkürzungen "f." und "ff." stehen für die Folgeseite bzw. die Folgeseiten. Verweise zu Quellen sind in eckigen Klammern auszuführen, wie beispielsweise nachstehend für die 37. BImSchV. [?]

1.8 Fussnoten

Kurzworte (z. B. REA¹), fremdsprachige (z. B. Betula pendula²) und fachgebietsfremde Fachbegriffe sowie Markennamen (z. B. PERSIL³) sind auf der Seite der ersten Nennung mittels einer Fußnote zu erklären.

1.9 Abbildungen und Tabellen

Platzieren Sie alle Abbildungen und deren Beschriftung in Tabellen "ohne Rahmen" (2 Zeilen und 1 Spalte, bei zwei Stück nebeneinander liegenden Bildern: 2 Zeilen und 2 Spalten).

¹REA: gebräuchliches Kurzwort für Rauchgasentschwefelungsanlage

²Betula pendula: lat. für Hänge-Birke

³PERSIL: Vollwaschmittel, eingetragene Marke der Henkel AG, Düsseldorf

Beschriften Sie alle Abbildungen mit Bildunterschrift und Tabellen mit Tabellenüberschrift.



Abbildung 1.9.1: Logo Professur

Am Ende der Arbeit wird je ein entsprechendes Verzeichnis eingefügt. Abbildungen aus dem Anhang werden hier nicht aufgeführt. Zentrieren Sie Ihre Grafiken und Tabellen.

Tabelle 1.1: Tabellenübersicht

Spalte 1	Spalte 2	Spalte 3
Text	Text	Text

Quelltexte und große Grafiken (im Format einer Seite) sollten in den Anhang verschoben werden, es sei denn der Lesefluss wird dadurch erheblich gestört. Dies ist z. B. der Fall, wenn die Grafik einen Abschnitt zusammenfasst.

1.10 Formeln

Verwendung Sie zur Darstellung der Formeln den Mathematikmodus von LaTeX. Die Nummerierung der Formeln sollte vorhanden sein.

$$\dot{Q}_{Strahl} = C_{1,2} \cdot A_1 \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \quad (1.1)$$

1.11 Veröffentlichung

Studentische Arbeiten sind als wissenschaftliche Arbeiten öffentlich zugänglich. Sollte die Arbeit vertrauliche Informationen enthalten, die nicht veröffentlicht werden können, so ist der Textteil zumindest so zu verfassen, dass wissenschaftlicher Hintergrund, Lösungsweg und grundsätzliche Aussagen vom Leser nachvollziehbar sind. Dies ist z. B. durch normierte Diagramme und Prinzipdarstellungen möglich. Vertrauliche Daten sind in diesem Fall in einem nicht öffentlichen Anlageteil beizufügen, der nur den Gutachtern zur Prüfung der Arbeit zugänglich ist. (aus [?])

1.12 Kommentare am rechten Blattrand

Alle Kommentare dieser Vorlage sind in der Endversion Ihrer Arbeit zu löschen.

2 Betreuung des Studenten

Eine Betreuung des Studenten ist insbesondere bei Diplomarbeiten unerlässlich. Um diese für beide Seiten möglichst effizient zu gestalten, ist es ratsam, folgende Punkte zu beachten:

- Vor jedem Gespräch ist ein Termin (telefonisch, E-Mail) zu vereinbaren.
- Die Fragen und Diskussionspunkte sind zuvor vom Studenten stichpunktartig schriftlich zu fixieren. Um Redundanzen zu vermeiden, ist es ratsam, auch die Ergebnisse zu notieren.
- Es sollte frühzeitig eine Gliederung erstellt werden, die mit dem Betreuer diskutiert werden kann.

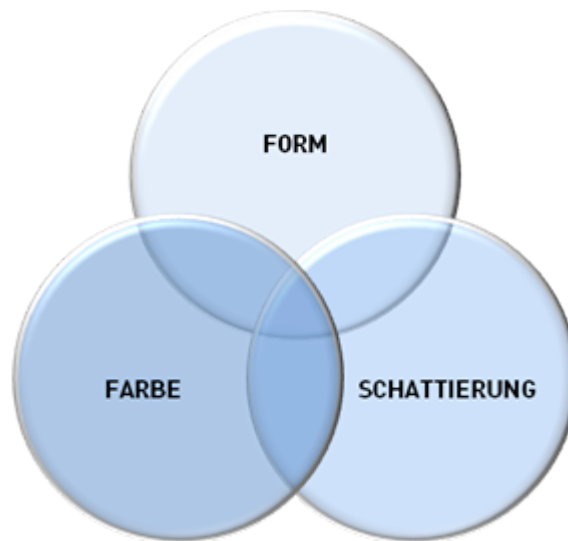
Die aktuell zu vergebenden Beleg- und Diplomarbeitsthemen können an der Professur erfragt werden (Dr.-Ing. Thomas Sander, 463 33097, thomas.sander@tu-dresden.de) und werden auf der Homepage der Professur publiziert.

3 Zusammenfassung und Ausblick

Die Arbeit wird durch eine Zusammenfassung und einen Ausblick abgeschlossen. Dieser bildet in diesem Sinne das Gegenstück zur Einleitung, d. h. hier werden die dort beschriebenen Ziele und der verwendete Weg kritisch beleuchtet.

Zum Schluss noch ein paar allgemeine Hinweise:

- **Legen Sie Wert auf den roten Faden!** Beschreiben Sie stets Ihren Weg durch das Thema so, dass er problemlos nachvollzogen werden kann. Die Einleitung bietet hier Raum für einen Überblick, sparen Sie nicht an einleitenden und zusammenfassenden Sätzen für Abschnitte der Ebene 1.
- **Verdeutlichen Sie komplexe Zusammenhänge grafisch!** Ohne in Marketing-Icons zu verfallen, hilft oft eine einfache Grafik, um komplexe Zusammenhänge zu verdeutlichen. Nutzen Sie zur Visualisierung Ihrer Ausführungen Programme mit vielfältigen Möglichkeiten (z. B. Inkscape oder Excel). Verwenden Sie die Formen, Farben und Schattierungen dezent!
- **Vergessen Sie nicht Ihre Unterschrift unter die Eidesstatt-**



liche Erklärung! Kontrollieren Sie sicherheitshalber jedes Exemplar vor der Abgabe!

- Kontrollieren Sie die **Vollständigkeit** der Exemplare! Achten Sie darauf, dass sich die Formatierung aufgrund von unterschiedlichen Druckern (Ihr Drucker und der Drucker im Copy-Shop) ändern kann.
- **Anzahl einzureichender identischer Exemplare:** zwei

Literaturverzeichnis

- [1] BUNDESTAG: *Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien: EEG 2014*. http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/eeg_2014/gesamt.pdf. Version: 21.07.2014

Indizes

A	Asche
AG	Abgas
BS	Brennstoff
BK	Brennkammer
el	elektrisch
FL	Falschluf
KÜHL	Kühlung
L	Luft
REZI	Rezirkulation
RG	Rauchgas
th	thermisch

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, *Vorname und Name des Studenten*, die vorliegende Arbeit selbständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der von mir angegebenen Quellen angefertigt zu haben. Alle aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche gekennzeichnet.

Die Arbeit wurde noch keiner Prüfungsbehörde in gleicher oder ähnlicher Form vorgelegt.

Dresden, DATUM

.....

Vorname und Name des Studenten

Anhang

Hier sind Ausdrücke von Quelltexten oder MathCAD-Dokumenten, große Grafiken und Diagramme und Fotoserien gut aufgehoben.

Datenträger

Hier ggf. ist die CD oder DVD in einer geeigneten Folienhülle stabil zu befestigen.