Technische Universität Berlin
Fakultät III – Prozesswissenschaften
Institut für Energietechnik
Fachgebiet Energieverfahrenstechnik und Umwandlungstechniken regenerativer Energien

Masterarbeit

Abschlussarbeit mit Overleaf/LaTeX

Untertitel

Jane Doe
Energie- und Verfahrenstechnik
Matrikel-Nr. 111213

Berlin, 1.7.2025

Betreut von Prof. Dr. Katharina Herkendell und Dr.-Ing Mathias Hofmann
sowie John Doe (Import Export GmbH)

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne Hilfe Dritter und ausschließlich unter Verwendung der aufgeführten Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen die den benutzten Quellen und Hilfsmitteln wörtlich oder inhaltlich entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht.

Sofern KI-Tools verwendet wurden, habe ich Produktnamen, Hersteller, die jeweils verwendete Softwareversion und die Art der Nutzung (z.B. sprachliche Überprüfung und Verbesserung der Texte, systematische Recherche) benannt. Ich verantworte die Auswahl, die Übernahme und sämtliche Ergebnisse des von mir verwendeten KI-generierten Outputs vollumfänglich selbst.

Die Satzung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis an der TU Berlin vom 15. Februar 2023 habe ich zur Kenntnis genommen.[1]

Ich erkläre weiterhin, dass ich die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt habe.

Berlin, den 1.7.2025

Jane Doe

1 https://www.static.tu.berlin/.../Amtliches_Mitteilungsblatt_Nr._16_vom_30.05.2023.pdf

Angaben zur Nutzung von künstlicher Intelligenz (KI)

Bereich	Ja/Nein	Tool/Plattform	Kurzbeschreibung
Themenfindung, Ideensammlung			
Textarbeit (Formulierung, Stil)			
Übersetzung, Sprachkorrektur			
Programmierung, Datenanalyse			
Sonstiges: [BITTE EINTRAGEN]			

Reflexion zur Eigenständigkeit

Wie haben Sie sichergestellt, dass die inhaltliche Verantwortung Ihrer Arbeit bei Ihnen liegt? [ANTWORT]

Wie wurden Inhalte, die durch KI-Tools erzeugt wurden, kritisch überprüft und ggf. angepasst? [ANTWORT]

Welche Abschnitte der Arbeit spiegeln besonders Ihre eigene wissenschaftliche Leistung wider? [ANTWORT]

Zusammenfassung

deutsch

Abstract

englisch

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung **1**
1.1. Motivation . . . 1
1.2. Ziel der Arbeit . . . 2
1.3. Gliederung und Hinweise . . . 3

2. Nützliches für Abschlussarbeiten mit Overleaf/LaTeX **5**
2.1. Arbeiten mit LaTeX . . . 5
2.2. Verweise im Dokument . . . 6
2.3. Formeln . . . 6
2.4. Zahlen und Einheiten . . . 7
2.5. Chemische Formeln . . . 7
2.6. Molekülstrukturen . . . 7
2.7. Abbildungen . . . 8
2.8. Tabellen . . . 10
2.9. Literaturverweise . . . 11

Literatur **12**

Bildnachweis **14**

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis **15**

Abbildungsverzeichnis **17**

Tabellenverzeichnis **18**

Anhang **20**

A. Simulationen – Fließbilder und Vorgaben **20**
A.1. Fall 1 . . . 20

B. Kostenrechnung **22**

C. Ergebnisse **23**

1. Einleitung

1.1. Motivation

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift –

mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

1.2. Ziel der Arbeit

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert

der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

1.3. Gliederung und Hinweise

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

2. Nützliches für Abschlussarbeiten mit Overleaf/LaTeX

An dieser Stelle sind einige Hinweise zum Verfassen wissenschaftlicher Arbeiten mit LaTeX, insb. Abschlussarbeiten, zusammengefasst. LaTeX-Markup beschreibt den Inhalt und das Layout des Dokuments, im Gegensatz zum formatierten Text in WYSIWYG-Textverarbeitungsprogrammen wie Google Docs, LibreOffice Writer und Microsoft Word. Die schreibende Person verwendet Markup-Tagging-Konventionen, um die allgemeine Struktur eines Dokuments zu definieren, Text im gesamten Dokument zu stilisieren (z. B. fett und kursiv) und Zitate und Querverweise hinzuzufügen. Besonders leistungsstark ist LaTeX beim Satz von Formeln, Tabellen und der automatischen Erstellung von Verzeichnissen (Literatur, Inhalt), Verweisen und Nummerierungen.

2.1. Arbeiten mit LaTeX

Die einfachste Möglichkeit LaTeX-Dokumente zu bearbeiten sind Online-LaTeX-Editoren, wie zum Beispiel overleaf. Dies ist eine cloudbasierte Online-Plattform zur Erstellung, Bearbeitung und Zusammenarbeit an Textdokumente. Ein zentrales Merkmal von Overleaf ist die Echtzeit-Vorschau: Änderungen am Quelltext werden sofort in einem PDF-Dokument dargestellt. Damit ist der Arbeitsprozess sehr transparent, was insbesondere für Anfänger hilfreich ist. Außerdem können mehrere Personen gleichzeitig an einem Dokument arbeiten, wodurch Overleaf ideal für Teamprojekte, gemeinsame wissenschaftliche Arbeiten, Veröffentlichungen oder Studienarbeiten ist. Die integrierte Versionsverwaltung erlaubt es, frühere Bearbeitungsstände wiederherzustellen und Änderungen nachzuvollziehen. Darüber hinaus bietet Overleaf eine Vielzahl von Vorlagen, etwa für Abschlussarbeiten, Artikel in wissenschaftlichen Journalen, Präsentationen oder Lebensläufe. Viele davon entsprechen bereits den Formatvorgaben von Hochschulen oder Verlagen. Die Plattform unterstützt außerdem die Anbindung an GitHub, Dropbox oder Git, wodurch sich Overleaf auch gut in bestehende Workflows integrieren lässt.

Für die Arbeit mit LaTeX auf einem Windows-Rechner benötigen Sie eine Distribution wie zum Beispiel texlive. Sowie einen möglichst leistungsstarken LaTeX-Editor, zum Beispiel TeXstudio. Beides können Sie aus dem Internet herunterladen und installieren. Für Mac und Linux Benutzer sind ggf. andere Programme interessant.

Erweiterungen für LaTeX, wie das Einbinden von Formel, Setzen von Tabellen, Erstellen von Abbildungen und Diagrammen werden auf Grundlagen von sogennanten Paketen organisiert. Bei der Nutzung der im folgenden vorgestellten und in der Vorlage enthaltenen Pakete sollte immer auch die entsprechende Paketdokumentation zu Rate gezogen werden. Diese befinden sich auf dem CTAN Server, Beispielpaket siunitx.[1]

1 https://ctan.org/pkg/siunitx

2.2. Verweise im Dokument

Text mit Verweis auf Tabelle 2.1 oder Abb. 2.5 auf Seite 10. Mit dem Paket cleveref werden die Präfixe automatisch gesetzt. Der Verweis auf Gleichung (2.4) gelingt auch mit `\cref`. Die Klammern werden automatisch mit gesetzt.

Befehl	Ausgabe	Beispielausgabe
`\cref{Label}`	Objekt/Art und Nummer/Wert	Abschnitt 2.2
`\crefrange{Label1}{Label2}`	Objekt/Art von bis	Abschnitte 2.2 bis 2.9
`\cpageref{Label}`	Seitenzahl mit dem Wort Seite	Seite 6
`\cpagerefrange{Label1}{Label2}`	Seitenbereich	Seiten 6 bis 11
`\namecref{Label}`	Objekt/Art	Abschnitt
`\labelcref{Label}`	Nummer/Wert	2.2
`\labelcpageref{Label}`	Nur die Seitenzahl	6

2.3. Formeln

LaTeX eignet sich hervorragend zur Darstellung von Formeln. Mit dem Paket amsmath wird LaTeX noch leistungsstärker. Zahlreiche komplexe Darstellungen können einfach umgesetzt werden. Einige Beispiele:

Isentroper Wirkungsgrad

$$\dot{W}_{\mathrm{el}} = \dot{m} \cdot \Delta h_s \left(\eta_{\mathrm{m,el}} \cdot \eta_s\right)^{\alpha} \qquad \alpha = \begin{cases} 1 & \text{Turbinen} \\ -1 & \text{Pumpen, Verdichter} \end{cases} \tag{2.1}$$

Physikalische Exergie beim idealen Gas

$$\frac{e^{\mathrm{PH}}}{c_{\mathrm{p}} T_0} = \left[\frac{T}{T_0} - 1 - \ln\frac{T}{T_0}\right] + \ln\left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{(\kappa-1)}{\kappa}} \tag{2.2}$$

Exergievernichtung bei isobarer Wärmeübertragung

$$\dot{E}_{\mathrm{D}} = \sum_j \left[\int_{\mathrm{i}}^{\mathrm{e}} \left(1 - \frac{T_0}{T}\right) \mathrm{d}\dot{Q}\right]_j \tag{2.3}$$

Eine Kostenbilanz

$$\sum_i \left(c_i \dot{E}_i\right)_k + \underbrace{\frac{(CC_\ell + OMC_\ell)\, BMC_k}{\tau \sum_k BMC_k}}_{\dot{Z}_k = \dot{Z}_k^{\mathrm{CI}} + \dot{Z}_k^{\mathrm{OM}}} = \sum_e \left(c_e \dot{E}_e\right)_k + c_{\mathrm{w},k} \dot{W}_k + c_{\mathrm{q},k} \dot{E}_{\mathrm{q},k} \tag{2.4}$$

2.4. Zahlen und Einheiten

Mit dem Paket siunitx kann sowohl im Fließtext als auch in mathematischen Umgebungen Zahl und Einheit einfach gesetzt werden. Für alle SI-Einheiten und den daraus abgeleiteten Einheiten existieren Befehle oder Kurzbezeichnungen; siehe Paketdokumentation.

Befehl	Ausgabe
`\num{3,5}`	3,5
`\si{\meter}`	m
`\SI{3,5}{\meter}`	3,5 m
`\numlist{3;3,5;4,2}`	3, 3,5 und 4,2
`\numrange{3,5}{4,2}`	3,5 bis 4,2
`\SIlist{3;3,5;4,2}{\meter}`	3 m, 3,5 m und 4,2 m
`\SIrange{3,5}{4,2}{\meter}`	3,5 m bis 4,2 m

2.5. Chemische Formeln

Hier sollte das leistungsstarke Paket mhchem genutzt werden. Einfache Reaktionsgleichungen können direkt hingeschrieben werden.

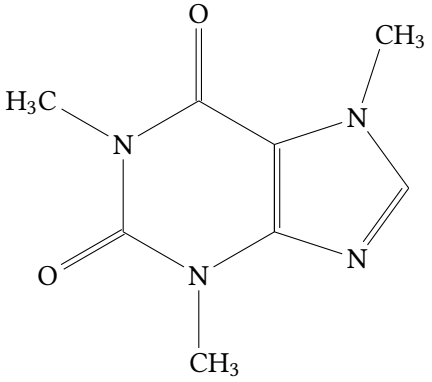
$$\mathrm{CH_4 + 2\,O_2 \longrightarrow 2\,H_2O + CO_2} \tag{2.5}$$

Aber auch komplexere Zusammenhänge und die Kombination mit Formeln ist möglich.

$$\overbrace{(c^*\cdot \mathrm{C} + h^*\cdot \mathrm{H} + o^*\cdot \mathrm{O} + n^*\cdot \mathrm{N} + s^*\cdot \mathrm{S})}^{m_{\mathrm{waf}}=1\,\mathrm{kg}} + \nu_{\mathrm{O_2}}\cdot \mathrm{O_2} \longrightarrow \nu_{\mathrm{CO_2}}\cdot \mathrm{CO_2} + \nu_{\mathrm{H_2O}}\cdot \mathrm{H_2O_{(l)}} + \nu_{\mathrm{N_2}}\cdot \mathrm{N_2} + \nu_{\mathrm{SO_2}}\cdot \mathrm{SO_2} \tag{2.6}$$

2.6. Molekülstrukturen

Das chemfig Paket kann dazu genutzt werden um einfache zweidimensionale chemische Strukturen und Schemata in LaTeX zu setzen. Zum zeichnen der Moleküle und der Strukturen wird TikZ verwendet. Unten ein Beispiel für die Molekülstruktur von Koffein, häufig Bestandteil bei der Anfertigung von Abschlussarbeiten.



(2.7)

2.7. Abbildungen

Grundsätzlich sind Vektorgraphiken (*.pdf, *.eps, *.svg) gegenüber Bitmapdarstellungen (*.jpg, *.png, *.tif) zu bevorzugen. Die Übernahme von Abbildungen ohne Genehmigung des Urhebers stellt eine Urheberrechtsverletzung dar. Fertigen sie eigene Darstellungen an, holen sie wenn nötig Genehmigungen ein oder verwenden sie Abbildungen mit entsprechenden Freigaben.

2.7.1. Diagramme

Diagramme können schnell und einfach mit TikZ erstellt werden. Anbei ein Beispiel optimiert für einen Ausdruck in s/w sowie kopierfähig, siehe Abb. 2.1. Darunter findet sich in Abb. 2.2 eine Darstellung eines Diagramms wie es für eine elektronische Abgabe verwendet werden kann. Die Erstellung mit TikZ erfolgt dort unter zu Hilfenahme externer Daten, dabei können z.B. *.dat oder *.csv Dateien verwendet werden.

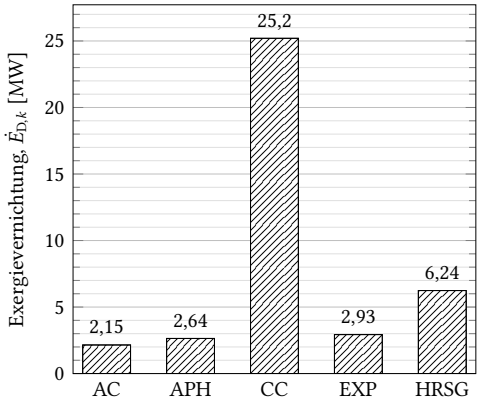


Abb. 2.1.: Bildunterschrift lang, ggf. mit Verweis auf Quelle

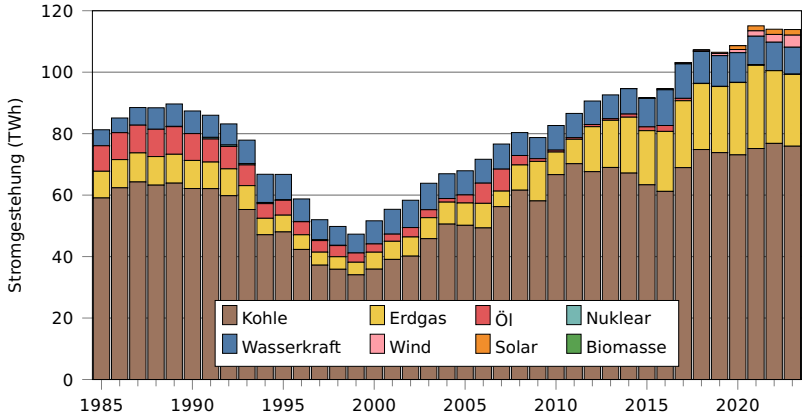


Abb. 2.2.: Stromgestehung Kazachstan 1985 bis 2023, Übernahme und Übersetzung aus [1]

2.7.2. Fließbilder

Können direkt innerhalb Latex mit dem Paket chemplants bzw. der Version chemplants-tub[2] (inkl. Erweiterungen für ISO-Komponentendarstellungen) oder auch Freihand mit Inkscape erstellt werden. Als Schriftart bietet sich die Dokumentschriftart Libertine oder die serifenlosen Arev oder Roboto an.

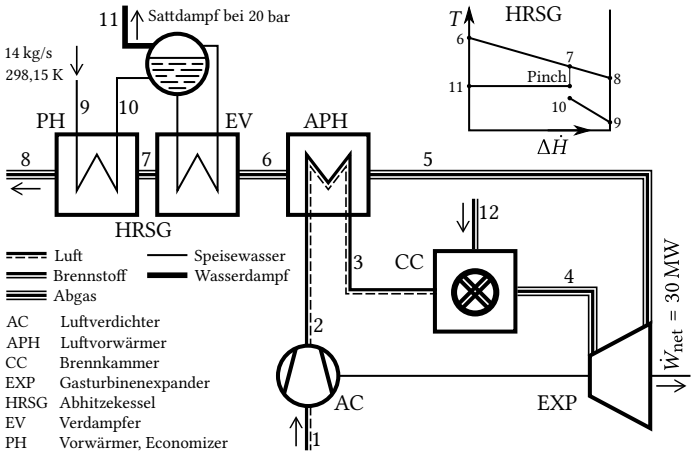


Abb. 2.3.: Fließbild CGAM-Prozess, inklusive Legende und Beschriftung, erstellt in Inkscape (unter Verwendung der Dokumentschriftart Libertine und des plugins tex-to-text)

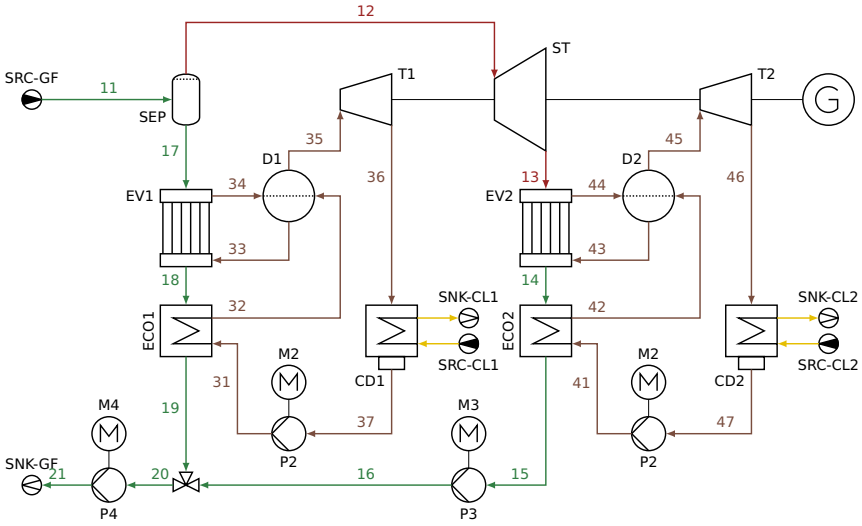


Abb. 2.4.: Fließbild Geothermie-Prozess mit vollständiger elektrischer Auskopplung unter Zuhilfenahme zweier nachgeschalteter ORC-Prozesse, erstellt mit chemplants-tub

2 https://github.com/tub-hofmann/chemplants-tub/

2.7.3. Bilder, Fotos

Sofern *.jpg oder ähnliche Dateien eingebunden werden müssen, achten sie auf eine möglichst hohe Auflösung. Überlegen Sie stets, ob eine schematische Darstellung bzw. eine s/w-Abbildung geeigneter ist.

Abb. 2.5.: Miniaturtrichter, 18. Jahrhundert, Französisch (Abbildung beschnitten)

2.8. Tabellen

Zur Erstellung von Tabellen wird das Paket booktabs genutzt. Auf senkrechte Linien in Tabellen sollte verzichtet werden. Hier ein Beispiel inkl. Tabellenfussnoten.

Tab. 2.1.: Parameter der ökonomischen Analyse

Parameter	Symbol	Einheit	Wert
Betriebsdauer, siehe [2]	n	a	40
Durchschn. nom. Steigerungsrate, universell[a]	$r_{\mathrm{n,uni}}$	%/a	1,5
Fixe Betriebs- und Wartungskosten, s. [3]	omc_{fix}	%/a	1,5
Variable Betriebs- und Wartungskosten	omc_{var}	€/$\mathrm{MWh_{el}}$	1,3[b]
Spezifische Emissionskosten[a]	ec	€/$\mathrm{tCO_2}$	20
Emissionsfaktor[c]	$k_{\mathrm{CO_2}}$	$\mathrm{tCO_2/MWh_{fuel}}$	0,34
Äquivalente Jahresvollbenutzungsstunden	τ	h/a	4500
Effektiver jährlicher Zinssatz	i_{eff}	%/a	5
Spezifische Brennstoffkosten	fc	€/GJ	1,9
Durchschn. nom. Steigerungsrate, Brennstoff	$r_{\mathrm{n,fuel}}$	%/a	2

[a] Annahme
[b] siehe [3]
[c] Basierend auf eigenen Berechnungen; Methodik siehe [4]

2.9. Literaturverweise

Mit biblatex und biber lassen sich schnell und einfach Literaturverweise anlegen. Die Optionen für biblatex werden in der Präambel übermittelt. Als Backend wird biber genutzt. Der Eintrag der Quellen erfolgt in einer *.bib Datei. Dazu können auch Literaturverwaltungsprogramme wie jabref (quelloffen) oder Citavi (kostenpflichtig, Lizenz über TU Berlin) genutzt werden.

2.9.1. Ein Beispiel mit Zitat

Die mathematische Beschreibung der stationären Kraftwerkssimulation entspricht sinnvollerweise einem impliziten Gleichungssystem. Statt $y = f(x)$ wird

$$F(x, y) = 0 \tag{2.8}$$

notiert.[3] Dies ist unter Umständen sogar zwingend erforderlich, da nach [6, S. 260] „die Bestimmungsgleichung nur schwer oder gar nicht explizit nach $y = f(x)$ auflösbar [ist]." Selbst ein einfaches Stoffwertpolynom wie die Darstellung der Entropie bei Referenzdruck nach Knacke et al. [7],

$$s^0 = \mathrm{S}^+ + \mathrm{a}\ \ln(T/\mathrm{K}) + \mathrm{b}\ y - \frac{\mathrm{c}}{2}\, y^{-2} + \frac{\mathrm{d}}{2}\, y^2 \qquad \text{mit} \quad y = 10^{-3}\, T/\mathrm{K} \tag{2.9}$$

also lediglich abhängig von der Temperatur, ist nicht analytisch nach T auflösbar.

2.9.2. Einfache Verweise auf Literaturquellen

Zoder et al. [8] kommen in ihrem wissenschaftlichen Artikel zu dem Ergebnis, dass der Einsatz exergiebasierter Methoden bei der Analyse von Energieumwandlungsanalgen hilfreich ist. Bei der Angabe von wissenschaftlichen Artikeln im Literaturverzeichnis ist möglichst immer eine DOI anzugeben.

Andere Autoren legen in ihren teils umfangreichen Publikationen ebenfalls interessante Ergebnisse vor, vgl. [9–13]. Wobei sogenannte *lumped references* vermieden werden sollten. Jede Literaturstelle ist einzeln zu würdigen und es ist zu beschreiben, was aus dieser Quelle übernommen wird bzw, welche Ansätze, Ideen, Erkenntnisse usw. daraus erwähnenswert sind.

Einige Autoren haben lesenswerte Bücher verfasst, darunter Baehr und Kabelac [14], Szargut [15] oder Moran et al. [16]. Nicht zu vergessen Müller [17] und die aktuelle Zusammenstellung der IEA [18].

Neben Büchern und wissenschaftlichen Artikeln, ist es auch möglich auf Buchbeiträge [13], Tagungsbände [19], Beiträge in Tagungsbänden [20, 21], Dissertationen [22, 23], wissenschaftliche Berichte [24, 25], Internetquellen [26–29] uvm. zu verweisen.

2.9.3. Literaturverweis mit Seitenangabe

Müller notiert dazu die thermische Zustandsgleichung nach van der Waals, siehe [17, S. 100].

3 vgl. [5, S. 147]

Literatur

[1] J. Carsten, M. Hofmann, P. Bertheau und F. Behrendt: „Transformation pathways to a carbon-neutral electricity system in Kazakhstan“. In: *Proceedings of ECOS 2025*. Paris, France, 2025.

[2] P. Markewitz: „Lebensdaueranalyse fossil gefeuerter Kraftwerke“. In: *Z. Energiewirtsch.* 40.3 (2016), S. 171–177.

[3] P. Konstantin: *Praxisbuch Energiewirtschaft*. 3. Aufl. Berlin: Springer, 2013.

[4] J. C. Quick: „Carbon Dioxide Emission Factors for U.S. Coal by Origin and Destination“. In: *Environ. Sci. Technol.* 44.7 (2010), S. 2709–2714.

[5] L. Papula: *Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler – Bd. 1*. 14. Aufl. Wiesbaden: Springer, 2014.

[6] T. Westermann: *Mathematik für Ingenieure*. 6. Aufl. Heidelberg: Springer, 2011.

[7] O. Knacke, O. Kubaschewski und K. Hesselmann, Hrsg.: *Thermochemical Properties of Inorganic Substances – I*. 2. Aufl. Berlin: Springer, 1991.

[8] M. Zoder, J. Balke, M. Hofmann und G. Tsatsaronis: „Simulation and Exergy Analysis of Energy Conversion Processes Using a Free and Open-Source Framework—Python-Based Object-Oriented Programming for Gas- and Steam Turbine Cycles“. In: *Energies* 11.2609 (2018). DOI: 10.3390/en11102609.

[9] H. D. Baehr: „Die Exergie der Brennstoffe“. In: *Brennstoff-Wärme-Kraft* 31 (1979), S. 292–297.

[10] R. Clausius: „Über die bewegende Kraft der Wärme und die Gesetze, welche sich daraus für die Wärmelehre selbst ableiten lassen“. In: *Annalen der Physik* 155.3 u. 4 (1850), 368-397 u. 500–524.

[11] N. Gašparović: „Fluide und Kreisprozesse für Wärmekraftanlagen mit großen Einheitsleistungen“. In: *Brennstoff-Wärme-Kraft* 21.7 (1969), S. 347–394.

[12] J. H. Keenan: „A steam chart for second-law analysis“. In: *Mech. Eng.* 54 (1932), S. 195–204.

[13] D. von Lojewski und H. Urban: „Der Zweistoff-Dampfprozeß mit Kalium-/Wasserdampfkreislauf“. In: *Jahrbuch der Dampferzeugungstechnik*. Hrsg. von VGB. 6. Essen: Vulkan, 1989, S. 79–101.

[14] H. D. Baehr und S. Kabelac: *Thermodynamik*. 15. Aufl. Berlin: Springer, 2012.

[15] J. Szargut: *Egzergia*. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2007.

[16] M. J. Moran, H. N. Shapiro, D. D. Boettner und M. B. Bailley: *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. 8. Aufl. Hoboken, NJ: Wiley, 2014.

[17] I. Müller: *Grundzüge der Thermodynamik*. 3. Aufl. Berlin: Springer, 2001.

[18] International Energy Agency, IEA, Hrsg.: *World Energy Outlook 2016*. Paris, 2016.

[19] H. Spliethoff, Hrsg.: *Flexibilitäts- und Effizienzsteigerung von Bestandskraftwerken*. Düsseldorf: VDI Wissensforum, 2010.

[20] A. Fraas: „Topping and bottoming cycles“. In: *9^{th} World Energy Conference*. Detroit, MI, Sep. 1974.

[21] A. Fraas: „Heat exchangers for high temperature thermodynamic cycles“. In: *ASME Winter Meeting*. Houston, TX, Nov. 1975.

[22] R. Ruegg: „Die Ausnutzungsmöglichkeit der Brennstoffwärme bei Kreisprozessen mit mittelbarer Wärmezufuhr“. Dissertation. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 1945.

[23] R. A. Gaggioli: „Thermodynamics and the non-equilibrium system“. Diss. University of Wisconsin-Madison, 1961.

[24] M. Gutstein, E. R. Furman und G. M. Kaplan: *Liquid-metal Binary Cycles for Stationary Power*. Techn. Ber. NASA TN D-7955. Washington, D.C.: National Aeronautics und Space Administration, 1975.

[25] H. E. Nichols, R. W. Fink und B. L. Moor: *Power train for three-stage potassium test turbine – Final design – Volume I*. Report prepared for NASA, contract NAS 3-10606 NASA CR-72411. Cincinnati, OH: General Electric, 1968.

[26] D. Medeiros, G. Reichert und G. León: *DWSIM documentation. Version 25.5.2018*. URL: http://dwsim.inforside.com.br/.

[27] D. G. Goodwin, H. K. Moffat und R. L. Speth: *Cantera: An Object-Oriented Software Toolkit For Chemical Kinetics, Thermodynamics, And Transport Processes. Version 2.3.0*. 2017. DOI: 10.5281/zenodo.170284.

[28] König-Brauerei: *König-Brauerei verringert CO2-Emissionen um bis zu 75 Prozent – Abwärme von thyssenkrupp Steel liefert Energie für Brauereiprozesse*. Zugriff am: 13. Januar 2025. 2024. URL: https://www.koenig.de/brauerei/nachhaltigkeit/abwaermeprojekt/.

[29] Kulmbacher Brauerei: *Umwelterklärung*. Zugriff am: 17. Januar 2025. 2023. URL: https://www.emas.de/fileadmin/user_upload/ue/reg/DE-106-00051_Kulmbacher-Brauerei-AG.pdf.

Bildnachweis

Abbildung 2.5: The Metropolitan Museum of Art,
https://www.metmuseum.org/art/collection/search/202901, (CC0 1.0)

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

Abkürzungen

AC	Air Compressor, Luftverdichter
APH	Air Preheater, Luftvorwärmer
CC	Combustion Chamber, Brennkammer
EXP	Expander
HRSG	Heat Recovery Steam Generator, Abhitzekessel

Lateinische Symbole

$\dot{C}$	Kostenstrom, €/h
c	Spezifische Kosten je Exergieeinheit, €/J_{ex}
CC	Kapitalgebundene Kosten, €
cf	Capacity factor, jährliche Auslastung, –
$\dot{E}$	Exergiestrom, W
e	Spezifische Exergie, J/kg
$\bar{e}$	Spezifisch molare Exergie, J/mol
f	Exergoökonomischer Faktor, –
FC	Brennstoffkosten, €
fc	Spezifische Brenstoffkosten, €/J
$\dot{H}$	Enthalpiestrom, W
h	Spezifische Enthalpie, J/kg
HHV	Brennwert, J/kg

Griechische Symbole

ε	Exergetischer Wirkungsgrad, –
η_s	Isentroper Wirkungsgrad, –
κ	Isentropenexponenten, –
λ	Luftzahl, –
ν	Stöchiometrischer Koeffizent, –

Operatoren

Δ	Differenz

Tiefgestelle Indizes

0	Referenzpunkt, Thermodynamische Umgebung
a	Average, mittlere
D	Destruction, Vernichtung
F	Fuel, Brennstoff, Aufwand
net	Netto

Hochgestelle Indizes

CI	Capital invest, kapitalgebundene Investitionen
OM	Operation and maintenance, Betrieb und Wartung
PH	Physikalisch

Abbildungsverzeichnis

2.1. Bildunterschrift kurz, für Abbildungsverzeichnis 8
2.2. Stromgestehung Kazachstan 1985 bis 2023 8
2.3. Fließbild CGAM-Prozess 9
2.4. Fließbild Geothermie-Prozess 9
2.5. Miniaturtrichter 10

A.1. Caption 21

Tabellenverzeichnis

2.1. Parameter der ökonomischen Analyse 10

Anhang

A. Simulationen – Fließbilder und Vorgaben

A.1. Fall 1

Abb. A.1.: Caption

B. Kostenrechnung

C. Ergebnisse