

## 2 Strommarkt

### 2.1 Vergleich der Stromgestehungskosten konventioneller Erzeugungsanlagen

- (a) Berechnen Sie die langfristigen Stromgestehungskosten für die angegebenen Technologien unter den gegebenen Annahmen in Tabelle 1 nach einer Methode Ihrer Wahl mit einem Kalkulationszinssatz von 4%. Weitere technische Parameter können folgendermaßen angenommen werden:
- Heizwert:
    - Steinkohle: 7.8 kWh/kg
    - Erdgas: 10 kWh/m<sup>3</sup>
    - Biomasse: 5 kWh/kg
  - Brennstoffkosten:
    - Steinkohle: 0.1 EUR/kg
    - Erdgas: 0.3 EUR/m<sup>3</sup>
    - Biomasse: 0.25 EUR/kg
  - CO<sub>2</sub> Zertifikatskosten: 10 EUR/t CO<sub>2</sub>
- (b) Stellen Sie die Stromgestehungskosten graphisch in Abhängigkeit der Volllaststunden  $T \in \{0, 1, \dots, 8760\}$  dar.
- (c) Kommentieren Sie die Ergebnisse. Was sind die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Volllaststunden der einzelnen Kraftwerke?

Tabelle 1: Parameter zur Berechnung der Stromgestehungskosten

Technologie	Spezifische Investitionskosten $I$ [€/MW]	Fixe Wartungskosten [€/MW/a]	Variable Wartungskosten [€/MWh <sub>el</sub> ]	Wirkungsgrad $\eta$	Lebensdauer [a]	Brennstoff	Volllaststunden /a	Emissionsfaktor [tCO <sub>2</sub> /MWh <sub>prim</sub> ]
<b>Kohlekraftwerk</b>	1 950 000	57 200	2.0	38%	40	Steinkohle	7300	0.35
<b>GuD</b>	870 000	32 000	2.3	59%	35	Erdgas	3000	0.2
<b>Gasturbine</b>	600 000	-	2.4	41%	30	Erdgas	1500	0.2
<b>Biomassekraftwerk</b>	2 600 000	29 000	3.9	29%	30	Biomasse	8000	-
<b>Wasserkraftwerk</b>	4 500 000	14 000	-	-	50	-	6000	-

### 2.2 Merit-Order und Strompreis über einen Tag

In der Excel Datei „Tagesdaten und Kraftwerkspark.xlsx“ ist die stündliche Stromnachfrage für ein Marktgebiet und der bestehende Kraftwerkspark (ohne Speicher – diese werden in diesem Beispiel ignoriert) gegeben. Es wird angenommen, dass in diesem Marktgebiet ein vollkommener Wettbewerb besteht und keine Marktmacht ausgeübt werden kann. Entnehmen Sie die Kostenparameter der Kraftwerkstechnologien aus Tabelle 1 und dem obigen Beispiel 2.1.

- (a) Erstellen Sie eine Grafik, in der die Merit-Order (über die kurzfristigen Grenzkosten) für den Kraftwerkspark in diesem Marktgebiet dargestellt wird. Bilden Sie sowohl einen CO<sub>2</sub>-Preis von 10 EUR/t CO<sub>2</sub> als auch 100 EUR/t CO<sub>2</sub> ab. Was passiert durch den Anstieg des CO<sub>2</sub>-Preises? Ignorieren Sie dazu vorerst die installierte Leistung der Photovoltaikanlagen.
- (b) Welche Strompreise erwarten Sie über den Tagesverlauf für die jeweiligen CO<sub>2</sub>-Preise? Erstellen Sie dazu eine Grafik, die die jeweiligen Strompreise über den Tagesverlauf zeigt, unter Berücksichtigung einer installierten Leistung von 4000 MW<sub>peak</sub> an Photovoltaikanlagen.
- (c) Welchen Strompreis erwarten Sie für eine Nachfrage von 17 000 MW?
- (d) Nehmen Sie nun an, dass im Jahr 2020 wegen eines Lockdowns zur Eindämmung einer Pandemie die Nachfrage nach elektrischer Energie um 20% sinkt. Was ändert sich dadurch am Verlauf der Strompreise (CO<sub>2</sub>-Preis von 10 EUR/t CO<sub>2</sub>)? Stellen Sie die neue Merit-Order Kurve dar und vergleichen Sie diese mit dem ursprünglichem Verlauf.
- (e) Berechnen Sie nun die Deckungsbeiträge der einzelnen Kraftwerke für den ganzen Tag (Verlauf der Nachfrage wie in Punkt (b), CO<sub>2</sub>-Preis von 10 EUR/t CO<sub>2</sub>) und rechnen Sie diese schließlich für ein ganzes Jahr hoch! Anschließend sollen die Deckungsbeiträge mit den jährlichen Fixkosten (fixe jährliche Betriebskosten plus Annuität der Kapitalkosten ( $\alpha I_0$ )) verglichen werden. Was sagt das über die Rentabilität der Kraftwerke aus? Wie ändert sich die Rentabilität, wenn an  $x$  Wochen im Jahr ein Lockdown stattfindet (Annahmen wie in Punkt (d)). Nehmen Sie dazu einen Schätzwert für  $x$  an, an wie vielen Wochen sich das betrachtete Marktgebiet im Lockdown befindet.

## 2.3 Tarifierung eines Endkunden

- (a) Interpretieren Sie die Stromrechnung (PDF-Datei „Musterrechnung Strom aktuell.pdf“). Welchen Betrag erhält der Stromlieferant, welchen der Netzbetreiber und welchen Betrag erhält der Staat? Wie hoch sind der Verbrauchspreis sowie der Grundpreis des Stromlieferanten?
- (b) Ein Stromlieferant vergleicht zwei Preismodelle. Im ersten Modell besteht der Strompreis aus einem fixen Arbeitspreis (Verbrauchspreis aus Punkt (a)) und einer jährlichen Pauschale (Grundpreis aus Punkt (a)). Im zweiten Modell gibt der Stromlieferant die aktuellen Day-Ahead-Preise an den Kunden als Arbeitspreis weiter. Berechnen Sie, wie hoch in diesem Fall die jährliche Pauschale sein muss, damit der Stromlieferant den gleichen Ertrag wie im ersten Modell erzielt. Das stündliche Lastprofil des Kunden für ein Jahr Jahres sowie die Day-Ahead-Preise finden Sie in der Excel-Datei „Lastprofil.xlsx“ und „EXAA.Preise.xlsx“.
- (c) Welche Maßnahmen könnte der Endkunde ergreifen, um im zweiten Modell aus Punkt (b) einen niedrigeren Endbetrag zu erreichen? Annahme: konstante jährliche Pauschale, nutzen Sie also die zeitliche Variabilität des Arbeitspreises aus.

## Abgabe

Erstellen Sie ein Protokoll, in welchem Sie Ergebnisse und Lösungsweg dokumentieren. Achten Sie bei der Erstellung auf folgende Kriterien:

- Vermeiden Sie überflüssigen Text.
- Es wird auf eine wissenschaftliche Gestaltung und Erscheinungsbild Wert gelegt. Bei Nichteinhaltung können **bis zu 3 Punkte abgezogen** werden.
- Falls Sie einen Code (Matlab, Python, etc.) geschrieben haben, hängen Sie diesen im Anhang des Dokuments an.
- Eine L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Vorlage finden Sie im TUWEL (nicht verpflichtend).
- Für eine positive Gesamtbeurteilung beträgt die zu erreichende Mindestpunktzahl pro Übung 5 Punkte.
- Es müssen alle Übungen positiv ( $\geq 5$  Punkte) sein.

Laden Sie das Protokoll als **pdf Datei** bis zum *02.12.2020* in TUWEL hoch. Verspätete Abgaben werden nicht berücksichtigt und werden daher mit Null Punkten beurteilt.

## Fragen

Per Email an Marlene Sayer [sayer@eeg.tuwien.ac.at](mailto:sayer@eeg.tuwien.ac.at)