



TECHNISCHE HOCHSCHULE NÜRNBERG
GEORG SIMON OHM

Analyse des Potentials zur regenerativen Stromversorgung des Großraums Nürnberg

APREVN



Untersuchung des Einsatzpotentials erneuerbarer Energieträger für die Versorgung des Großraums Nürnberg durch Analyse des Energiewetters und Auslegung eines Versorgungskonzepts mit vertiefter Untersuchung von Windkraftanlagen



Fakultät Maschinenbau
und Versorgungstechnik

Projektskizze

Schwerpunkt: Energietechnik

Erstellt von:

Ferdinand Dunkes

E-Mail: fdunkes@gmail.com

Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Matthias Popp

Korrektor: Julian Eisenberger

Abgabe: Mittwoch, 17. Juni 2020

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildungsverzeichnis..... | II |
| Abkürzungsverzeichnis | II |
| 1 Einleitung..... | 3 |
| 1.1 Inhaltliche Kurzbeschreibung | 3 |
| 1.2 Ausführliche Projektbeschreibung..... | 3 |
| 2 Forschungsfragen..... | 5 |
| 3 Arbeitsprogramm | 6 |
| 4 Zeitplan | 7 |
| 5 Verwertungskonzept | 7 |
| 6 Kostenplan..... | 8 |
| 7 Literaturverzeichnis..... | 9 |
| 8 Bildquellenverzeichnis | 9 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|---|
| Abbildung 1: Mögliche Veränderung des Primärenergieverbrauchs..... | 4 |
| Abbildung 2: Projektplan | 7 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---------|---|
| NASA | National Aeronautics and Space Administration |
| Merra-2 | Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications |

1 Einleitung

Im Jahr 2019 wurden in Deutschland lediglich 14,8% des Primärenergieverbrauchs durch erneuerbare Energieträger gedeckt (Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, 2019). Für eine systemverantwortliche und nachhaltige Energieversorgung wird es in Zukunft nötig sein, andere Arten der Energiegewinnung zu erschließen. Eine Option ist das Nutzen ausschließlich regenerativer Quellen. Ob und wie das möglich ist, soll das im vorliegenden Bericht spezifizierte Projekt untersuchen.

1.1 Inhaltliche Kurzbeschreibung

Ziel des energietechnischen Projekts ist das Generieren belastbarer, reproduzierbarer Datensätze und Ergebnisse, um in einem weiteren Schritt ein zukunftsfähiges regeneratives Versorgungskonzept für ein im Voraus festgelegtes Gebiet auslegen zu können. Hierfür wird zunächst das Energiewetter der zu untersuchenden Region analysiert. Unter Berücksichtigung des Verbrauchs kann dann bewertet werden, inwiefern weiterhin Potential für den Ausbau der Nutzung regenerativer Energieträger besteht. Außerdem sollen verschiedene Speichersysteme in die Untersuchung einbezogen werden, sodass eine abweichungsfreie Deckung des Bedarfs, unabhängig von Wiedereinflüssen, gewährleistet werden kann. Die Analyse des Energiewetters bezieht sich auf globale Solarstrahlung und Wind. Dabei wird im Speziellen auf den aktuellen Stand der Technik sowie auf die Kosten der Windenergie eingegangen. Ferner werden Potentiale bei Laufwasser sowie gegebenenfalls Biomasse herausgearbeitet.

Der Mittelpunkt des zu untersuchenden Rastergebiets liegt bei 11.25°E, 49.50°N und umfasst den Bereich innerhalb der Städte Forchheim im Norden, Schwabach im Süden und Hersbruck im Osten, beziehungsweise Zirndorf im Westen, mit deren Umland. Dieser Bereich wird gemeinhin als Großraum Nürnberg bezeichnet.

1.2 Ausführliche Projektbeschreibung

Ressourcen konventioneller Energieträger, wie etwa Braunkohle oder Mineralöl sind begrenzt. Zusätzlich steigert die Verbrennung fossiler Materialien die Anreicherung von Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre um ein Vielfaches. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, Strom- und Wärmeerzeugung neu zu denken. Ein möglicher

Ansatz ist die rein regenerative Energieversorgung. Abbildung 1 veranschaulicht die mögliche Veränderung des Primärenergieverbrauchs von größtenteils konventionellen Energieträgern hin zu einer zukunftsfähigen erneuerbaren Energieerzeugung. Ob und wie dieser Ansatz funktionieren kann, soll im Rahmen des Projekts exemplarisch am unter 1.1 beschriebenen Gebiet untersucht werden.

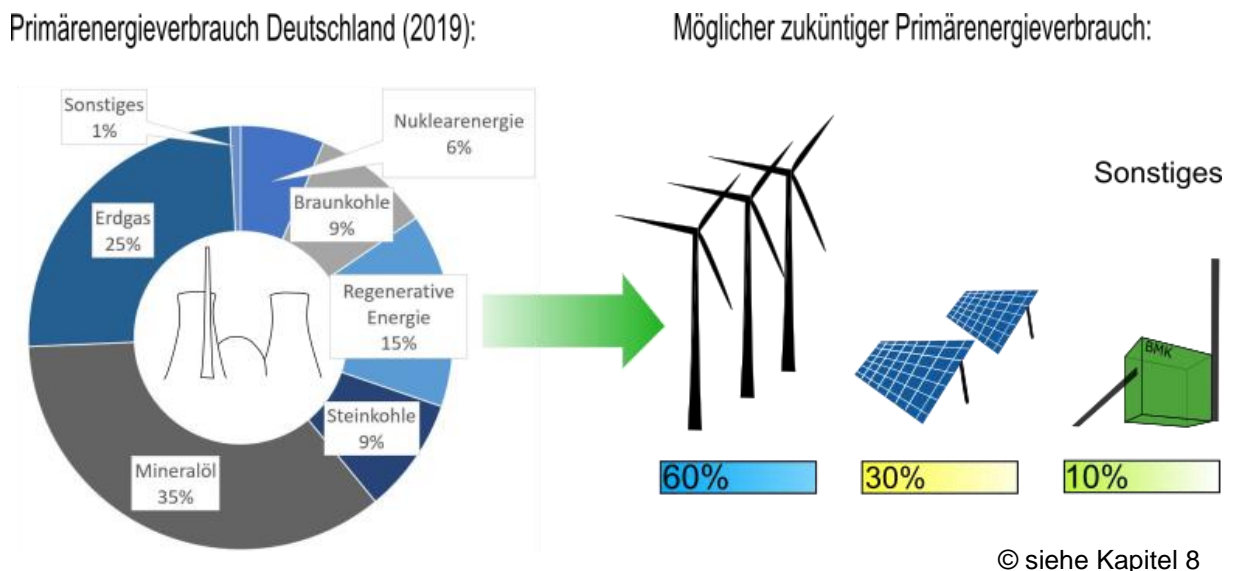


Abbildung 1: Mögliche Veränderung des Primärenergieverbrauchs

Für die Ausarbeitung werden zunächst Wetterdaten der Jahre 1980 bis 2019 aus der Merra-2-Datenbank der NASA aufbereitet und interpretiert. Diese Reanalyse-Datenbank beinhaltet unter anderem Aufzeichnungen zu Windgeschwindigkeiten und Solarstrahlungsangaben in stündlichen Schritten (NASA, 2017). Darüber hinaus müssen Zeitverläufe zu Laufwasser und Biomasse generiert werden. Die Höhe der Verbrauchszeitreihen für das Jahr 2018 wurde bereits in der Bachelorarbeit mit dem Titel *Aufbereitung realer Verbrauchsdaten zur Modellierung einer regenerativen elektrischen Vollversorgung in der Metropolregion Nürnberg* von Frau Katharina Will modelliert. Informationen zu zeitlichen Verläufen können zum Teil bei den Netzbetreibern erfragt werden.

Indem man an der versorgungskritischsten Energiewetterphase die aktuellen Verbrauchszahlen ansetzt, lässt sich aus dem daraus generierten Versorgungsverlauf ein Worst-Case-Szenario ableiten. In einem weiteren Schritt muss dann der offene Energiebedarf ermittelt werden, um benötigte Speicherkapazitäten in der Auslegung eines Versorgungskonzepts entsprechend berücksichtigen zu können. Hierfür ist es

außerdem notwendig, bestehende erneuerbare Energiekonzepte und -anlagen zu erfassen und diese in die Potentialanalyse einfließen zu lassen. Es sollte dann möglich sein, Aussagen zum weiteren Ausbau der Nutzung regenerativer Energieerzeugungsanlagen treffen zu können. Damit ist die Kernfrage des Projekts beantwortet.

Des Weiteren sollen insbesondere Kostenansätze erarbeitet und Technikempfehlungen für Windkraftanlagen gegeben werden. Diese Informationen fließen dann in die Auslegung eines kostenminimierten Versorgungskonzeptes für das Rastergebiet ein.

2 Forschungsfragen

Die Kernfrage, welche durch das Projekt beantwortet werden soll, lautet wie folgt:

- Kann der Großraum Nürnberg vollständig mittels regenerativer Energieerzeugung versorgt werden?

Zur Klärung dieser Fragestellung müssen zunächst weitere Parameter untersucht werden, die mit folgenden Fragen umrissen werden:

- Lässt sich aus den Wetterdaten der letzten 40 Jahre eine tendenzielle Entwicklung für die kommenden Jahre ableiten?
- Welche Energiewetterphase der vergangenen Jahre war die versorgungskritischste?
- Wie gestaltet sich der zeitliche Verlauf der anfallenden Laufwasserleistung aus den Abflussdaten der im Gebiet liegenden Flüsse?
- Wie groß ist der aktuelle Bestand an erneuerbaren Energieanlagen, von Speichersystemen und deren Netzeinspeisung?

Nachdem oben Aufgeführtes erarbeitet wurde, sind aus den gewonnenen Erkenntnissen abschließend noch folgende Fragen zu beantworten:

- Wie gestaltet sich der ideale Mix aus Windkraft- und Solaranlagen bei der Erhaltung des aktuellen Bestandes an Wasserkraft- und Biomasseanlagen?

- Welchen Einfluss haben die verwendeten Speichersysteme auf die ganzheitliche Auslegung des Versorgungskonzeptes?
- Mit welchen Anlagen ist eine rein regenerative, wirtschaftliche und autarke Stromversorgung realisierbar?

3 Arbeitsprogramm

Bis zum Erreichen des Projektziels ist die Durchführung der in Kapitel 1.2 beschriebenen Schritte notwendig. Diese werden nachfolgend in Arbeitspakete unterteilt und sind in chronologischer Reihenfolge aufgeführt.

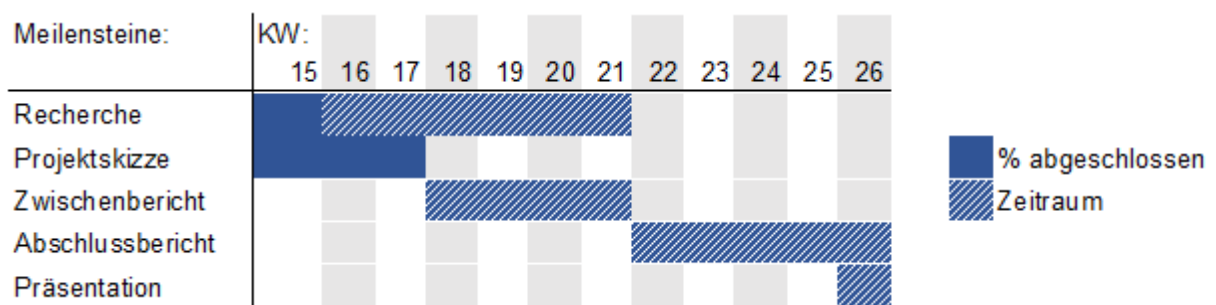
- Aufbereiten und Analysieren der Wetterdaten aus der Merra-2-Datenbank unter Verwendung eines vorgefertigten Berechnungstools.
 - o Feststellen der versorgungskritischsten Energiewetterphase.
 - o Abschätzen der tendenziellen, zukünftigen Entwicklung.
- Generieren einer synthetischen Laufwasserzeitreihe.
- Ermitteln des erwartbaren Energiebedarfs.
- Recherche des aktuellen Anlagenbestandes und deren jährlicher Einspeisemenge.
- Berechnung des Versorgungsverlaufs.
 - o Ermitteln des offenen Energiebedarfs.
 - o Abschätzen des Speicherbedarfs.
 - o Aussage über das Ausbaupotential regenerativer Anlagen.
- Auslegung eines regenerativen Versorgungssystems.
 - o Ermitteln des idealen Mixes.
 - o Recherche von Wirtschaftlichkeit und Technologiestand.

Für die oben aufgeführten Arbeitsschritte wird ein geringes Forschungsrisiko erwartet, da bereits jetzt umfassende Aufzeichnungen von den verantwortlichen Institutionen vorliegen. Für die nachfolgende Themenschwerpunkte ist jedoch die Zuarbeit von Dritten erforderlich:

- Aktuelle Technik und Kosten der Solarenergie
- Aktuelle Technik und Kosten der Laufwasserenergie
- Aktuelle Technik und Kosten der Energie aus Biomasse
- Aktuelle Technik und Kosten von Batteriespeichern
- Aktuelle Technik und Kosten geotechnischer Speichersysteme
- Aktuelle Technik und Kosten von Power to X to Power Speicherkonzepten
- Aktuelle Technik und Kosten von Übertragungsnetzen

4 Zeitplan

Abbildung 2 veranschaulicht den zeitlichen Ablauf des Projekts grafisch.



© siehe Kapitel 8

Abbildung 2: Projektplan

5 Verwertungskonzept

Die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse werden über die Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm in Form einer Studien- oder Projektarbeit publiziert und sind damit deutschlandweit abrufbar. Außerdem soll das erlangte Wissen der breiten Bevölkerung sowie Fachleuten im Rahmen einer Konferenz zugänglich gemacht

werden, um den Austausch von Informationen zu regenerativer Stromerzeugung zu intensivieren und so die Debatte über eine zukunftsfähige Energieversorgung weiter voranzutreiben. Konkrete Bedingungen konnten jedoch aufgrund der Planungsunsicherheit durch Covid-19 noch nicht vereinbart werden.

Vor allem die aufbereiteten Daten bezüglich des Energiewetters der letzten 40 Jahre können für weiterführende und detailliertere Forschung genutzt werden. Außerdem ist es möglich, das ausgelegte regenerative Versorgungssystem für den Großraum Nürnberg auf andere Gebiete Deutschlands zu projizieren und analog zu diesem Projekt zu erarbeiten. Hierzu kann die im vorliegenden Dokument beschriebene Projektarbeit herangezogen werden.

6 Kostenplan

Nachdem es sich um eine theoretische Analyse des Ausbaupotentials regenerativer Energieerzeugung handelt, werden außer Daten keine weiteren Ressourcen benötigt. Informationen zum Energiewetter können kostenfrei von der Weltraumbehörde NASA bezogen werden. Außerdem stehen die Inhalte der Bibliotheken der Technischen Hochschule Nürnberg entgeltlos zur Verfügung. Es kann unter Umständen nötig werden private Unternehmen als Informationsquellen einzubeziehen, jedoch werden auch hierfür keine Kosten erwartet.

Für die Berechnungen benötigte Softwaretools basieren auf Excelanwendungen von Prof. Dr.-Ing. Matthias Popp. Sowohl die Software als auch die darin vorprogrammierten Tools dürfen seitens der Lizenzgeber kostenlos genutzt werden.

7 Literaturverzeichnis

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2019). *Pressebericht zum Energieverbrauch 2019*. Abgerufen am 04. April 2020 von https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ageb_pressedienst_02_2020.pdf

NASA (2017). *The Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2 (Merra-2)*. Abgerufen am 22. April 2020 von <https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/JCLI-D-16-0758.1>

8 Bildquellenverzeichnis

Titelblatt:

Eigene Fotomontage unter Verwendung folgender, zur persönlichen und kommerziellen Wiederverwendung freigegebener und gekennzeichnete Bilder:

Windkraftanlage Winnberg (Deining), Foto: Ferdinand Dunkes

Solarpark Pölling (Neumarkt), Foto: Ferdinand Dunkes

Adda River Damm, Foto: Unbekannt, Aufgerufen am 17.06.2020 unter <https://www.piqsels.com/de/public-domain-photo-jjcmp>

Abbildung 1:

Eigene Erstellung

Abbildung 2:

Eigene Erstellung