Karlsruher Institut für Technologie

Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion
Lehrstuhl für Energiewirtschaft
Prof. Dr. Wolf Fichtner

Hertzstr. 16, Geb. 06.33
76187 Karlsruhe

Seminar im Sommersemester 2024

Seminar Energiewirtschaft II: Nachhaltige Transformation der Energieinfrastrukturen

---

Rafael Finck, Christian Perau und Thorben Sandmeier

Kurzbeschreibung:

Energieinfrastrukturen bilden das Rückgrat der Energiewende und ermöglichen die Dekarboniserung der gekoppelten Sektoren. Im Seminar EW II wird das Thema Infrastruktur aus verschiedenen Blickwinkeln beleuchtet (Netze für Strom und Gase, Flexibilitätsbereitstellung, etc.). Inhaltliches Ziel des Seminars ist es, dass die Teilnehmenden sich einen vertieften Einblick in eines der Seminarthemen erarbeiten und diesen den anderen Studierenden im Rahmen von Präsentationen und anschließenden Diskussionen vorstellen. Das Seminar bietet darüber hinaus den Studierenden die Möglichkeit ihre wissenschaftliche Arbeitsweise zu verbessern.

Folgende Seminarthemen sind individuell von den Studierenden zu erarbeiten:

Thema 1: Energiewende ohne Infrastruktur? Analyse der Verzögerungen im deutschen Übertragungsnetzausbau

Zur Umsetzung der Klimaziele im Stromsektor ist eine fundamentale Veränderung der Stromerzeugung hin zu regenerativen Quellen notwendig. Neben der Stromerzeugung führt auch die zunehmende Sektorenkopplung durch grüne Wasserstoffproduktion, Wärmepumpen und Elektromobilität zu einer Herausforderung für den Stromtransport, die umfangreiche Veränderungen im Stromnetz notwendig macht. Während diese Notwendigkeit politisch bereits bekannt und durch die Netzentwicklungspläne Strom quantifiziert ist, sorgt fehlende lokale Akzeptanz auf der einen Seite und lange Projektierungsphasen auf der anderen Seite dafür, dass notwendige Ausbauprojekte häufig nicht innerhalb des initialen Zeitplans realisiert werden. In dieser Seminararbeit soll die Entwicklung von Ausbauprojekten aus dem Jahr 2017 bis zum heutigen Zeitpunkt analysiert und interpretiert werden. Aufbauend auf diesen Ergebnissen sollen Prognosen über die erwartete Verzögerung in der Umsetzung des Weiteren Netzausbaus abgeleitet sowie eine Analyse möglicher Wege zur zukünftigen verbesserten Umsetzung durchgeführt werden.

Thema 2: Kann ein Wasserstoffnetz in kurzer Zeit errichtet werden? Implikationen von Verzögerungen im Erdgasfernleitungsnetz auf das zukünftige Wasserstoffnetz

Um Treibhausgasemissionen zu vermeiden werden viele Sektoren in Zukunft zu großen Teilen elektrifiziert werden, um erneuerbare Energien aus Wind und PV direkt zu nutzen. Da Elektrifizierung in einigen Prozessen nur schwer angewendet werden kann, werden wir auch in Zukunft ein oder mehrere Transportnetze für Moleküle benötigen. Diese Moleküle können durch den Einsatz von grünem Strom und Power-to-X Technologien hergestellt werden. In Zukunft werden auf nationaler Ebene voraussichtlich zum größten Teil Wasserstoff und synthetisches Erdgas transportiert werden müssen.

Da es zurzeit noch kein Wasserstoffnetz gibt, stellt sich die Frage, ob der Bau eines solchen Netzes in Anbetracht des engen Zeitfensters bis zur Erreichung der Klimaneutralität überhaupt möglich ist. Anhand der Netzentwicklungspläne Gas ab dem Jahr 2015 soll analysiert werden, inwieweit Verzögerungen den Bau der bisherigen Gasinfrastruktur beeinflusst haben. Darauffolgend sollen Implikationen für ein zukünftiges Wasserstoffnetz abgeleitet werden und mögliche Wege zur zukünftigen Verbesserung der Planung und Umsetzung aufgezeigt und erörtert werden.

Thema 3: Stationäre Batteriegroßspeicher – können sie die zukünftig benötigte Flexibilität liefern?

Zum Erreichen der Klimaziele im Stromsektor ist die Abkehr von konventionellen Energieträgern wie Kohle oder Gas und der Ausbau von erneuerbaren Energien (EE), hauptsächlich Wind und Photovoltaik (PV), unabdingbar. Bei konventionellen Kraftwerken lässt sich die Generatorleistung relativ unkompliziert und schnell steuern. Damit war es in der Vergangenheit möglich, die Erzeugung zu jeder Zeit an die Stromnachfrage anzupassen. Dieses Gleichgewicht zwischen Stromerzeugung und -verbrauch ist wichtig, um die Stabilität des Stromnetzes aufrechtzuerhalten zu können. Bei Wind und PV wird die Stromerzeugung jedoch maßgeblich durch das Wetter bestimmt und kann nicht an die Nachfrage angepasst werden. Deshalb wird zukünftig Flexibilität benötigt, die das Ungleichgewicht zwischen Erzeugung und Nachfrage ausgleichen kann. Stationäre Batteriegroßspeicher können diese Flexibilität liefern. In Zeiten von hoher EE-Einspeisung werden die Batterien geladen, bei geringer EE-Einspeisung werden sie entladen und können somit die mangelnde Erzeugung ausgleichen. In dieser Seminararbeit soll zunächst der aktuelle Stand der Technik sowie die technischen und ökonomischen Potentiale, die sich Betreiber von dieser Technologie versprechen, analysiert werden. Anschließend folgt eine Recherche aktueller und geplanter Bauprojekte. Abschließen soll die Seminararbeit mit einer Diskussion über die mögliche Rolle von stationären Batteriegroßspeichern im zukünftigen Energiesystem.

Thema 4: Aktuelle Trends im Übertragungsnetzausbau

Um die Klimaziele im Stromsektor zu erreichen, ist eine grundlegende Umstellung der Stromerzeugung hin zu erneuerbaren Quellen notwendig. Neben der Stromerzeugung wird die zunehmende Sektorkopplung durch grüne Wasserstoffproduktion, Wärmepumpen und Elektromobilität auch zu einer Herausforderung für den Stromtransport führen, die umfangreiche Änderungen im Stromnetz erfordern wird. Ein verstärkter Ausbau des Übertragungsnetzes ist daher unabdingbar. Neben dem klassischen Ausbau von Wechselstrom (AC) Leitungen werden dabei immer häufiger auch andere Arten des Netzausbaus projektiert, wie z.B. der Bau von Hochspannungsgleichstrom (DC, HGÜ) Leitungen, flexiblen Netzelementen (FACTS), Phasenschiebertransformatoren (PST) oder großen Batteriespeichern. Anhand der Netzentwicklungspläne der Übertragungsnetzbetreiber soll in dieser Seminararbeit analysiert werden, welche Technologien zukünftig in welchem Ausmaß in das Übertragungsnetz implementiert werden sollen. Die Analysen sollen sich dabei zunächst auf Deutschland beziehen, im nächsten Schritt sollen aber auch die Ausbaupläne weiterer europäischer (Nachbar-)Länder analysiert werden.

Thema 5: „Die Energiewende findet im Verteilnetz statt“ – wie versuchen Netzbetreiber, den zukünftig steigenden Anforderungen im Verteilnetz zu begegnen?

Durch den Umstieg von konventionellen zu regenerativen Energieträgern im Stromsektor findet nicht nur eine Dekarbonisierung der Stromerzeugung, sondern auch ein Transformation weg von einer zentralen hin zu einer dezentralen Erzeugung statt. Das bedeutet, dass elektrische Energie zukünftig nicht mehr so sehr von einzelnen, großen Kraftwerken oder Kraftwerkparks erzeugt wird, sondern verstärkt durch dezentrale, kleine Erzeuger wie z.B. Photovoltaikanlagen auf Wohnhäusern. Dazu kommt, dass durch die Elektrifizierung des Verkehrs- und Wärmesektors (E-Fahrzeuge und Wärmepumpen) zukünftig ein deutlich erhöhter Strombedarf in Haushalten prognostiziert wird. Beides zusammen bedeutet enorme Herausforderungen für das Verteilnetz, in dem die Haushalte angeschlossen sind. Zum einen ist das Verteilnetz nicht für die steigende Stromnachfrage ausgelegt und zum anderen musste es in der Vergangenheit nur Energie in eine Richtung (von den höheren Netzebenen hin zu den Verbrauchern) liefern, durch die dezentralen Erzeugungsanlagen werden Verbraucher jedoch zu „Prosumern“ und das Verteilnetz muss die Energie nun auch in die andere Richtung, also von den Haushalten zu den nächsthöheren Netzebenen liefern können. In dieser Seminararbeit soll analysiert werden, wie Netzbetreiber zukünftig mit diesen neuen Herausforderungen umgehen können. Zum einen sollen hierzu wissenschaftliche Studien herangezogen werden, zum anderen aber auch Pläne, Studien, Projekte o.ä. von Verteilnetzbetreibern. Dabei sollen sowohl die technischen als auch die ökonomischen Hürden, Implikationen und Lösungsmöglichkeiten brachtet und diskutiert werden.

Thema 6: Wasserstoffproduktion an Offshore-Standorten – Eine Chance für die Energiewende?

Die Energiewende stellt eine der größten Herausforderungen unseres Jahrhunderts dar, und die Erzeugung von grünem Wasserstoff könnte dabei eine zunehmend wichtige Rolle spielen. In diesem Zusammenhang bietet die Wasserstoffproduktion an (Wind-) Offshore-Standorten ein enormes Potential. Diese Seminararbeit zielt darauf ab, die technischen, ökonomischen und ökologischen Aspekte der Wasserstoffproduktion in Offshore-Umgebungen zu analysieren und zu bewerten. In dieser Arbeit soll sich zunächst mit der Bedeutung der Wasserstoffproduktion für die Energiewende auseinandergesetzt werden. Anschließend sollen die technologischen Möglichkeiten und Herausforderungen, die mit der Wasserstoffproduktion an Offshore-Standorten verbunden sind, detailliert untersucht werden. Ein weiterer wichtiger Aspekt der Arbeit ist die Bewertung der wirtschaftlichen Machbarkeit, einschließlich einer Kosten-Nutzen-Analyse und der Betrachtung des erforderlichen Investitionsbedarfs. Zudem soll die Arbeit potentielle politische und rechtliche Rahmenbedingungen diskutieren, die die Entwicklung und Implementierung dieser Technologie beeinflussen könnten. Der/Die Studierende soll eine umfassende Literaturrecherche durchführen, um sich mit den aktuellen technologischen Entwicklungen, wirtschaftlichen Analysen und ggf. ökologischen Studien vertraut zu machen. Ergebnis ist die Seminararbeit als kritische Auseinandersetzung mit dem Thema und die Darstellung verschiedener Perspektiven.

Thema 7: Negative Emissionen – Technologien, Projekte und die Perspektive in Europa

Die Dekarbonisierung des Energie- und insbesondere Stromsektors nimmt in Europa beständig an Fahrt auf. Dennoch bleiben gewaltige Herausforderungen zum einen durch die wenige verbleibende Zeit bis zum Erreichen der Klimaziele als auch durch den Umfang der Transformation und nicht zuletzt durch die Langlebigkeit der emittierten Moleküle in der Atmosphäre. Einen zusätzlichen Beitrag könnten sogenannte negative Emissionen leisten, durch die Entnahme von Kohlendioxid aus der Atmosphäre (Direct Air Capture DAC) oder aus Prozessen (Carbon Capture and Storage CCS / Carbon Capture and Utilisation CCU) in Verbindung mit Biomasseverwertung. Die Arbeit soll einen Überblick über Technologien (inklusive Einordnung des Technology Readiness Levels) und Anforderungen an diese sowie konkrete (Forschungs-) Projekte in Europa liefern. Darauf aufbauend soll der mögliche Beitrag negativer Emissionstechnologien für das Gelingen der Europäischen Dekarbonisierung bis 2050 eingeordnet werden.

Thema 8: Transportinfrastruktur für CO_2 – Notwendig zur Erreichung der europäischen Net Zero Ziele?

Durch das in Zukunft weitgehende wegfallen fossiler CO_2-Quellen sowie der Notwendigkeit CO_2 aus Quellen in der Wirtschaft die schwierig oder sehr teuer zu dekarbonisieren sind aufzufangen entsteht die Notwendigkeit dieses CO2 direkt oder in gebundener Form zu transportieren. Überschüssiges CO_2 könnte bspw. transportiert werden um in ausgeschöpften Norwegischen Gasreservoirs eingelagert zu werden. Im Rahmen der Arbeit soll eine umfängliche Literaturrecherche zum Thema CO_2-(Transport-) Infrastruktur durchführen mit einem Fokus auf Europäische Perspektiven und (Forschungs-) Projekte. Ziel ist es einen Überblick über Technologiepfade, systemische Analysen und Projekte aufzubereiten und diese unter ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten zu diskutieren.

Thema 9: Bestandsaufnahme und Zukunft der regulatorischen Rahmenbedingungen zur Bereitstellung von Flexibilität durch Elektromobilität im Stromnetz

Die Bestrebungen zur drastischen Reduktion der Treibhausgasemissionen im Energiesektor führt zu einem fundamentalen Wandel von Erzeugung und Verbrauch. Durch den Wegfall vieler thermischer Kraftwerke und den steigenden Anteil volatiler, dargebotsabhängiger Erzeugung aus erneuerbaren Energien wird die Rolle von dezentraler Flexibilität immer wichtiger für die zukünftige Systemsicherheit. Elektromobilität kann aufgrund ihrer dezentralen Speicherfähigkeit und der Verschiebbarkeit von Lade- und Entladevorgängen einen maßgeblichen Beitrag zur Bereitstellung dieser Flexibilität leisten. Im Rahmen der Arbeit sollen die aktuellen regulatorischen Rahmenbedingungen zum Einsatz dieser Flexibilität als Stabilitätsbeitrag im Stromnetz untersucht werden, bestehende Hürden zur erfolgreichen Umsetzung herausgearbeitet und Veränderungsbedarf für die Zukunft benannt werden.

Termine:

Seminarauftakt: **Mi., 24.04.2024, 11:00 bis 12:00 Uhr (vor Ort: Seminarraum 017, IIP)**

Zwischenpräsentation: **Mi., 15.05.2024, 13:00 bis 15:00 Uhr (hybrid: Seminarraum 017, IIP oder MS Teams)**

Abschlusspräsentation: **Mi., 26.06.2024, 09:00 bis 13:00 Uhr (vor Ort: Seminarraum 017, IIP)**

Die Teilnahme an allen Terminen ist obligatorisch.

Die Online-Anmeldung muss vor dem 18.03.2024, 00.00 Uhr auf der Seite https://portal.wiwi.kit.edu erfolgen. Die Bestätigung des Seminarplatzes ist erst durch die verbindliche Anmeldung im Studierendenportal erfolgt (https://campus.studium.kit.edu/exams/registration.php).

WICHTIG: Bitte überprüfen Sie nach Ihrer Bewerbung regelmäßig Ihre E-Mails, um schnellstmöglich auf ein Seminarplatzangebot zu reagieren! Bei nicht fristgerechter Rückmeldung werden die Seminarplätze im Nachrückverfahren weitervergeben.

Bewerbungsunterlagen

- Aktueller Notenauszug (Bachelor **und** ggf. Master)
- Kurz-CV inkl. relevanter Vorkenntnisse (bitte kein Motivationsschreiben)

Ansprechpartner:

Rafael Finck (rafael.finck@kit.edu, +49 721 608-44468)

Christian Perau (christian.perau@kit.edu, +49-721-608-44577)

Thorben Sandmeier (thorben.sandmeier@kit.edu, +49 721 608- 44402)