

Seminar im Sommersemester 2025

Seminar Energiewirtschaft VI: Technologien und Strategien zur CO₂-Reduktion und Energiewende

Viktor Slednev, Uwe Langenmeier, Alexander Plarre

Kurzbeschreibung:

Das Seminar „Technologien und Strategien zur CO₂-Reduktion und Energiewende: Innovative Ansätze und Herausforderungen“ bietet eine tiefgehende Analyse der Schlüsseltechnologien und -strategien zur Bekämpfung des Klimawandels. Im Fokus stehen dabei insbesondere Technologien wie Direct Air Capture (DAC), CO₂-Speicherung (CCS/CCUS) und Negative Emission Technologies (NETs) sowie die Rolle von Wasserstoff und Power-to-X-Projekten (PtX) im zukünftigen Energiesystem. Das Seminar behandelt die technischen, ökonomischen und ökologischen Aspekte dieser Verfahren, untersucht die Markt- und Infrastrukturentwicklungen und beleuchtet die Herausforderungen in der praktischen Umsetzung. Es vermittelt ein fundiertes Verständnis der komplexen Wechselwirkungen zwischen Technologie, Wirtschaftlichkeit und politischen Rahmenbedingungen und bietet umfassende Einblicke in die Gestaltung einer nachhaltigen und resilienten Energiezukunft. Darüber hinaus bietet das Seminar die Möglichkeit, die wissenschaftliche Arbeitsweise der Studierenden weiterzuentwickeln.

Folgende Seminarthemen stehen zur individuellen Bearbeitung zur Verfügung:

Thema 1: Direct Air Capture (DAC): Forschungsstand und potenzielle Einsatzmöglichkeiten

Direct Air Capture (DAC) beschreibt Technologien, die CO₂ direkt aus der Umgebungsluft abscheiden. Da diese Verfahren noch in einem frühen Entwicklungsstadium sind, sollen in der Seminararbeit sowohl der aktuelle Forschungsstand als auch potenzielle Einsatzmöglichkeiten im Hinblick auf Klimaschutzziele untersucht werden. Dabei soll die Seminararbeit die Themenfelder Technische Verfahren, Energie- und Ressourcenbedarf, Wirtschaftlichkeit, Ökologie und Fördermechanismen abdecken.

Thema 2: Techno ökonomische und ökologische Aspekte der Speicherung von CO₂ (CCS/CCUS)

Ein zentrales Element vieler Klimaschutzstrategien ist die Abscheidung und Speicherung von CO₂ (Carbon Capture and Storage, CCS). Bei der Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS) wird das abgeschiedene CO₂ zudem als Ressource genutzt. Die Seminararbeit soll die technischen, ökonomischen und ökologischen Aspekte dieser Verfahren untersuchen. Dabei soll die Seminararbeit die Themenfelder Technische Verfahren, Energie- und Ressourcenbedarf, Wirtschaftlichkeit, Ökologie und Fördermechanismen abdecken.

Thema 3: Negative Emission Technologies im Vergleich

Negative Emission Technologies (NETs) zielen darauf ab, bereits in der Atmosphäre befindliches CO₂ dauerhaft zu binden. Hierzu zählen unter anderem Bioenergie mit CCS (BECCS), Enhanced Weathering, Wiederaufforstung oder die Nutzung von Biokohle (PyCCS). Die Seminararbeit soll einen systematischen Vergleich verschiedener Ansätze liefern und sowohl deren Wirksamkeit als auch Grenzen diskutieren. Dabei soll die Seminararbeit die Themenfelder Technische Verfahren, Energie- und Ressourcenbedarf, Wirtschaftlichkeit, Ökologie und Fördermechanismen abdecken.

Thema 4: Die Rolle des Wasserstoffs im zukünftigen Energiesystem: Nachfrage und Haupttreiber

Im Zuge der weltweiten Umstellung auf nachhaltige Energiequellen gewinnen Wasserstoff und seine Derivate als Schlüssel zur Dekarbonisierung immer mehr an Bedeutung. In diesem Seminar wird der prognostizierte weltweite Wasserstoffbedarf (2030, 2040, 2050) untersucht, wobei der Schwerpunkt auf den vier bis sechs Ländern mit dem höchsten erwarteten Verbrauch liegt. Darüber hinaus wird eine detaillierte Analyse des deutschen Wasserstoffbedarfs in verschiedenen Sektoren, einschließlich Industrie, Heizung, Mobilität und Stromerzeugung, vorgenommen. Potenzielle Anwendungen von Wasserstoff und seinen Derivaten werden untersucht, wobei ihre Rolle in schwer zugänglichen Sektoren hervorgehoben wird. Die Studie identifiziert auch die Haupttreiber für die Einführung von Wasserstoff, einschließlich der Klimapolitik, des technologischen Fortschritts und der wirtschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit. Wenn wir diese Trends verstehen, können wir den künftigen Einfluss von Wasserstoff auf die globale und nationale Energielandschaft einschätzen.

Thema 5: Die PtX-Projektlandschaft: Investitionen, Hemmnisse und Marktdynamik

Die Entwicklung von Power-to-X-Projekten (PtX) ist für die Verbreitung der Wasserstoffwirtschaft von entscheidender Bedeutung, doch stehen viele Projekte von der Konzeption bis zur Umsetzung vor erheblichen Herausforderungen. Dieses Seminar untersucht die aktuelle globale PtX-Projektlandschaft, einschließlich Projektankündigungen, Stornierungen, endgültige Investitionsentscheidungen und installierte Kapazitäten. Die Studie analysiert auch die finanziellen Strukturen hinter diesen Projekten und beleuchtet Investitionsquellen und Finanzierungsmechanismen. Darüber hinaus werden die Hauptgründe für das Scheitern von Projekten, wie regulatorische Hürden, wirtschaftliche Machbarkeit und technologische Barrieren, untersucht. Anhand einer Literaturrecherche werden typische Hindernisse für die Realisierung von Wasserstoffprojekten ermittelt, die ein umfassendes Verständnis der Herausforderungen vermitteln, die einer groß angelegten Einführung von Wasserstoff entgegenstehen.

Thema 6: Wasserstoff-Handelsrouten: Infrastruktur, Kosten und geopolitische Implikationen

In dem Maße, wie sich Wasserstoff als Schlüsselkomponente der globalen Energiewende herauskristallisiert, gewinnen die internationalen Handelswege für Wasserstoff und seine Derivate an strategischer Bedeutung. In diesem Seminar werden die bestehenden und geplanten Infrastrukturen für den Wasserstofftransport untersucht, darunter Pipelines, Flüssigwasserstofftransporte, Transporte auf Ammoniakbasis und LOHC (Liquid Organic Hydrogen Carriers), um nur einige zu nennen. In der Studie werden die Kostenstrukturen der verschiedenen Transportoptionen und ihre wirtschaftliche Machbarkeit analysiert. Darüber hinaus werden die geopolitischen Auswirkungen des Wasserstoffhandels untersucht und die wichtigsten Export- und Importländer, potenzielle Handelsallianzen und Risiken im Zusammenhang mit den Abhängigkeiten in der Lieferkette ermittelt. Das Verständnis dieser Dynamik ist für die Entwicklung eines widerstandsfähigen und kosteneffizienten globalen Wasserstoffmarktes von wesentlicher Bedeutung.

Thema 7: Einsatz künstlicher neuronaler Netze in der Einsatz- und Ausbauplanung von Strom- und Gasnetzen

Künstliche neuronale Netze (KNN) finden zunehmend Anwendung in der Planung und Optimierung von Strom- und Gasnetzen. Sie werden verwendet, um Vorhersagen über den Energiebedarf, die Netzlast und die Ausfallwahrscheinlichkeiten zu treffen, sowie um die Effizienz und Flexibilität der Netzinfrastruktur zu steigern. Die Integration von KNN in die Netzplanung ermöglicht eine dynamische Anpassung an sich ändernde Anforderungen und hilft, Engpässe frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden. Darüber hinaus spielen KNN eine zentrale Rolle bei der Integration erneuerbarer Energien und der optimalen Nutzung von Speichersystemen. Der Einsatz von KNN bei der Lösung nichtlinearer und/oder gemischtganzzahliger Optimierungsprobleme im Rahmen der Netzeinsatzplanung und Netzausbauplanung stellt eine weitere Anwendungsmöglichkeit dar und soll im Rahmen der Seminararbeit in Form einer Literaturrecherche näher untersucht werden.

Thema 8: Von der Kostenminimierung zur Profitmaximierung: Vergleich partieller und allgemeiner Gleichgewichtsmodelle in der Energiesystemoptimierung

In der Energiesystemoptimierung spielen partielle und allgemeine Gleichgewichtsmodelle eine zentrale Rolle bei der Analyse von nationalen Energiesystemen. Klassischerweise dominieren kostenminimierende bottom-up-basierte techno-ökonomische partielle Gleichgewichtsmodelle unter der Annahme von perfektem Wettbewerb die Literatur in Kontext der Pfadoptimierung von nationalen Energiesystemen. Bilevel-Modelle und Gleichgewichtsmodelle auf der anderen Seite erweitern die Betrachtung um Marktmechanismen, Wettbewerb und Profitmaximierung. Diese Modelle berücksichtigen die Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Akteuren im Energiemarkt und ermöglichen eine differenzierte Analyse der Marktdynamik. Allerdings stellt der Übergang von der Kostenminimierung zur Profitmaximierung eine zunehmende Komplexität dar. Ziel der Seminararbeit ist es, einen Überblick über die aktuelle Literatur hierfür mit einem Schwerpunkt auf die Anwendung beider Ansätze in der Analyse komplexer Multienergiesysteme zu erstellen.

Thema 9: Aspekte der Versorgungssicherheit in gekoppelten Energiesystemen

Die Versorgungssicherheit in gekoppelten Energiesystemen bezieht sich auf die Fähigkeit, eine kontinuierliche und zuverlässige Energieversorgung über verschiedene Sektoren hinweg (Strom, Gas, Wärme) zu gewährleisten. In solchen Systemen können Störungen in einem Bereich (z. B. Strom) Auswirkungen auf andere Sektoren (z. B. Gas oder Wärme) haben. Daher ist die ganzheitliche Betrachtung der Interdependenzen zwischen den Sektoren notwendig, um Resilienz und Flexibilität zu fördern. Hierbei kommen fortschrittliche Modellierungs- und Simulationstechniken zum Einsatz, um

mögliche Krisenszenarien zu analysieren und Lösungen zur Verbesserung der Versorgungssicherheit zu entwickeln. Ziel der Arbeit ist es, die verschiedenen Aspekte der Versorgungssicherheit (Generation Adequacy, Transmission Adequacy, ...) herauszuarbeiten und einen Literaturüberblick zu aktuellen Ansätzen hierfür zu erstellen.

Termine:

Seminarauftakt:	Di., 22.04.2025, 11:00 bis 12:00 Uhr (vor Ort: Seminarraum 017, IIP)
Zwischenpräsentation:	Di., 20.05.2025, 10:00 bis 12:00 Uhr (vor Ort: Seminarraum 017, IIP)
Abschlusspräsentation:	Di., 29.07.2025, 09:00 bis 12:00 Uhr (vor Ort: Seminarraum 017, IIP)

Die Teilnahme an allen Terminen ist obligatorisch.

Die Online-Anmeldung muss vor dem **07.04.2025, 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:

Viktor Slednev (viktor.slednev@kit.edu)

Uwe Langenmayr (uwe.langenmayr@kit.edu)

Alexander Plarre (alexander.plarre@kit.edu)