

Seminar im Sommersemester 2026

Seminar Energiewirtschaft II: Sustainable Transformation of Energy Infrastructures

M. Sc. T. Sandmeier, M. Sc. K. Layer, M. Sc. S. Gutmayer

Kurzbeschreibung:

Energieinfrastrukturen bilden das Rückgrat der Energiewende und ermöglichen die Dekarbonisierung der gekoppelten Sektoren. Im Seminar Energiewirtschaft II wird das Thema Infrastruktur aus unterschiedlichen Blickwinkeln beleuchtet. 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.

Themen:

Thema 1: Intelligente Netzsteuerung mit Künstlicher Intelligenz auf Übertragungsnetzebene (KI-TSO)

Die steigende Komplexität des Stromsystems durch erneuerbare Energien, Elektrifizierung und Sektorkopplung stellt Übertragungsnetzbetreiber vor wachsende Herausforderungen in der Netzführung. Künstliche Intelligenz bietet neue Ansätze, um Prognosen zu verbessern, Engpässe frühzeitig zu erkennen und Netzbetriebsmittel effizienter zu steuern. Insbesondere auf der Ebene der Übertragungsnetze könnten KI-gestützte Systeme einen wichtigen Beitrag zur Stabilität und Nachhaltigkeit der Energieinfrastruktur leisten. Gleichzeitig ist der Einsatz solcher Systeme mit hohen Anforderungen an Transparenz, Nachvollziehbarkeit und Sicherheit verbunden.

In dieser Seminararbeit soll analysiert werden, in welchen Bereichen KI bereits heute oder perspektivisch in der Netzsteuerung von Übertragungsnetzbetreibern eingesetzt werden kann. Darüber hinaus sollen die Potenziale und Grenzen intelligenter Netzsteuerung im Hinblick auf eine nachhaltige Transformation der Energieinfrastrukturen kritisch bewertet werden.

Thema 2: Mikro-Netz-Architekturen als Baustein nachhaltiger Energieinfrastrukturen

Mikro-Netze sind lokal begrenzte Energiesysteme, die Erzeuger, Verbraucher und Speicher intelligent miteinander verknüpfen und sowohl netzgekoppelt als auch autark betrieben werden können. Sie gelten als vielversprechender Ansatz, um erneuerbare Energien effizient zu integrieren, Versorgungssicherheit zu erhöhen und die Resilienz von Energieinfrastrukturen zu stärken. Vor allem im Zuge der Dezentralisierung des Energiesystems gewinnen Mikro-Netz-Architekturen an Bedeutung, etwa in ländlichen Regionen, Industriearealen oder kritischen Infrastrukturen. Gleichzeitig stellen ihre Planung, Steuerung und wirtschaftliche Integration in bestehende Netze eine Herausforderung dar.

Ziel dieser Seminararbeit ist es, verschiedene Mikro-Netz-Architekturen und deren technische Ausgestaltung zu analysieren. Darüber hinaus sollen ihre Rolle im Kontext der nachhaltigen Transformation von Energieinfrastrukturen sowie bestehende Hemmnisse und Erfolgsfaktoren für ihre Umsetzung untersucht werden.

Thema 3: Elektrifizierung des Verkehrs und Vehicle-to-Grid als Flexibilitätsoption für nachhaltige Energieinfrastrukturen

Die Elektrifizierung des Verkehrs gilt als zentraler Baustein zur Dekarbonisierung des Energiesystems. Mit dem zunehmenden Ausbau der Ladeinfrastruktur entstehen jedoch neue Anforderungen an die Stromnetze, insbesondere auf der Verteilnetzebene. Gleichzeitige Ladevorgänge können lokale Lastspitzen verursachen und bestehende Netzkapazitäten überlasten. Damit stellt sich die Frage, in welchem Umfang Netzausbau erforderlich ist und welche Alternativen zur Begrenzung infrastruktureller Mehrbelastungen bestehen. In diesem Zusammenhang wird Vehicle-to-Grid (V2G) als mögliche Flexibilitätsoption diskutiert. Das Konzept sieht vor, dass Elektrofahrzeuge nicht nur Strom beziehen, sondern bei Bedarf auch wieder in das Netz einspeisen können. Theoretisch könnten Fahrzeugbatterien so zur Integration erneuerbarer Energien, zur Lastverschiebung oder zur Bereitstellung von Systemdienstleistungen beitragen. Allerdings befinden sich bidirektionale Ladeinfrastrukturen bislang überwiegend in Pilotprojekten, und ihre großflächige Umsetzung ist mit technischen, wirtschaftlichen und systemischen Herausforderungen verbunden, etwa hinsichtlich Standardisierung, Netzintegration, Batteriedegradation und Marktintegration.

In dieser Seminararbeit soll untersucht werden, welche Auswirkungen die Elektrifizierung des Verkehrs auf Verteilnetze hat und inwieweit Vehicle-to-Grid-Konzepte realistisch zur Entlastung der Energieinfrastrukturen beitragen können. Ziel ist es, das Spannungsfeld zwischen zusätzlicher Netzbelastung und potenzieller Flexibilitätsoption systematisch zu analysieren und die Rolle von Elektrofahrzeugen im Rahmen einer nachhaltigen Transformation kritisch zu bewerten.

Thema 4: Schwungradspeicher – eine Schlüsseltechnologie für die Netzstabilität im erneuerbaren Energiesystem?

Die Variabilität der Stromerzeugung aus Wind und Photovoltaik stellt das Stromsystem vor zunehmende Herausforderungen hinsichtlich der Netzstabilität. Verschiedene Energiespeicher mit unterschiedlichen Anwendungsbereichen sollen Abhilfe schaffen. Eine mögliche Technologie für die kurzfristige Stromspeicherung ist der Schwungradspeicher, der die Energie mechanisch speichern und schnell wieder bereitstellen kann.

In dieser Seminararbeit sollen zunächst die Chancen und Grenzen von Schwungradspeichern für die Netzstabilität und die Bedeutung für die Energiewende analysiert werden. Anschließend sollen die Verbreitung und das Technology Readiness Level dieser Technologie untersucht werden. Zuletzt sollen Alternativen zu Schwungradspeichern recherchiert werden und ein systematischer Vergleich durchgeführt werden, um den Nutzen von Schwungradspeichern für das Stromsystem abschließend diskutieren zu können. Dabei soll unter anderem auf ökonomische und ökologische Faktoren eingegangen werden.

Thema 5: Wetterbedingte Stromausfälle in Europa – zunehmendes Risiko im Energiesystem?

Extreme Wetterereignisse wie Stürme oder Hitzeperioden können für Stromausfälle sorgen. Das Wetter kann über die Temperatur nicht nur den Heizbedarf und damit die Last beeinflussen, sondern auch die Erzeugung, und zwar durch Niederschlagsmengen, Temperaturen, Wind und solare Einstrahlung. Die Variabilität der Stromerzeugung aus Wind und Photovoltaik stellt das Stromsystem hinsichtlich Wetterextremen vor zusätzliche Herausforderungen.

Ziel dieser Seminararbeit ist es, wetterbedingte Stromausfälle der letzten 15 Jahre in Europa zu recherchieren und systematisch zu untersuchen. Dabei sollen Ursachen, Häufigkeit, Ausmaß und Auswirkungen analysiert werden. Außerdem sollen Strategien zur Vermeidung und Bewältigung aus der Literatur diskutiert werden.

Thema 6: Chancen von Load Shifting für die Energiewende

Erzeugung und Last müssen im Stromsystem exakt übereinstimmen. Die Schwierigkeit liegt dabei darin, dass die Last weder konstant noch vorhersagbar ist. Auch die Stromerzeugung wird durch den Wechsel von konventionellen fossilen Kraftwerken hin zu erneuerbaren Energien, wie Wind und Photovoltaik, zunehmend variabler. Neben der Möglichkeit des Einsatzes von Speichern gibt es zudem das Konzept der Lastverschiebung, um diesen Problemen entgegenzuwirken. Bei der Lastverschiebung, auch Load Shifting, werden Lastspitzen zeitlich verschoben, um das Netz zu entlasten. Meist geschieht das durch finanzielle Anreize in Form von Strompreisen.

Ziel dieser Seminararbeit ist es, die Chancen und Grenzen des Load Shiftings für die Energiewende zu diskutieren. Dabei soll sowohl Load Shifting für Privathaushalte als auch Load Shifting für die Industrie behandelt werden. Auch auf die dafür benötigten Technologien, z.B. Smart Meter, soll eingegangen werden. Zuletzt soll die bisherige Umsetzung von Load Shifting in Europa beleuchtet werden.

Thema 7: Resilienz zukünftiger Energieinfrastrukturen

Die nachhaltige Transformation der Energiesysteme führt zu einer stark steigenden Komplexität der Infrastrukturen. Hohe Anteile wetterabhängiger Erzeugung, die zunehmende Elektrifizierung von Verkehr und Wärmeversorgung sowie die digitale Steuerung von Netzen erhöhen die Anfälligkeit für externe Störungen. Extreme Wetterereignisse, Cyberangriffe und systemische Risiken haben in den letzten Jahren gezeigt, dass zukünftige Infrastrukturen robust und widerstandsfähig gestaltet werden müssen. Resilienz, verstanden als die Fähigkeit eines Energiesystems, Störungen vorherzusehen, abzufedern und sich schnell davon zu erholen, wird damit zu einem zentralen Baustein der nachhaltigen Energieinfrastruktur.

In dieser Seminararbeit soll untersucht werden, welche technologischen, organisatorischen und regulatorischen Strategien sich am besten eignen, um die Resilienz zukünftiger Energiesysteme gegenüber Klima-, Cyber- und systemischen Risiken zu erhöhen. Die Arbeit basiert primär auf einer systematischen Literaturauswertung sowie einer konzeptionellen Analyse von Risikokategorien und passenden Resilienzmaßnahmen. Ergänzend können reale Störungsfälle und Extremereignisse als Beispiele dienen, um Schwachstellen und Lösungsansätze zu veranschaulichen. Abschließend werden Empfehlungen formuliert, wie Netzbetreiber und politische Entscheidungsträger Resilienz strategisch stärken können.

Thema 8: Rolle von AC-DC Hybridnetzen in zukünftigen Energiesystemen

Der Umbau des Energiesystems hin zu hohen Anteilen erneuerbarer Energien stellt neue Anforderungen an die Stromnetze. Während das heutige Übertragungsnetz weitgehend auf Wechselstrom (AC) basiert, gewinnen Hochspannungs-Gleichstromübertragung (HVDC) und hybride AC/DC-Netzstrukturen zunehmend an Bedeutung. HVDC-Verbindungen ermöglichen eine effiziente Übertragung großer Leistungen über lange Distanzen, insbesondere für Offshore-Windparks und internationale Interkonnectoren. AC/DC-Knoten mit modernen Umrichtern bieten zusätzliche Flexibilität, indem sie Leistungsflüsse gezielt steuern und so Engpässe reduzieren oder Systemstabilität unterstützen können. Gleichzeitig bringt die Integration solcher Technologien Herausforderungen mit sich, etwa bei Netzschutz, Regelungstechnik, Systemführung und regulatorischer Einbettung.

In dieser Seminararbeit soll untersucht werden, welche Chancen und Herausforderungen sich beim Ausbau von AC/DC-Hybridnetzen ergeben und welche Transformationspfade geeignet sind, um ihre systemische Rolle in zukünftigen, erneuerbaren Energiesystemen optimal auszuschöpfen. Dazu soll eine Literaturrecherche zu HVDC-Technologien, Betriebsführung hybrider Netze und aktuellen europäischen Pilotprojekten durchgeführt werden. Ergänzend kann ein Vergleich verschiedener internationaler Ansätze folgen.

Thema 9: Governance grenzüberschreitender Energieinfrastrukturen

Mit dem zunehmenden Ausbau erneuerbarer Energien und der stärkeren Integration europäischer Strommärkte gewinnt grenzüberschreitende Energieinfrastruktur immer mehr an Bedeutung. Interkonnectoren, gemeinsame Übertragungsnetze und koordinierte Systembetriebsprozesse sind entscheidend, um fluktuierende erneuerbare Einspeisung auszugleichen, die Versorgungssicherheit zu gewährleisten und Systemkosten zu reduzieren. Gleichzeitig sind grenzüberschreitende Projekte häufig durch komplexe Governance-Probleme geprägt: nationale Regulierungen unterscheiden sich erheblich, Interessen divergieren, Genehmigungsverfahren dauern lange, und die Aufteilung von Kosten und Nutzen ist umstritten. Vor dem Hintergrund der europäischen Klimaneutralitätsziele ist es daher zentral zu verstehen, wie Governance-Strukturen verbessert werden können, um den Ausbau und Betrieb gemeinsamer Infrastruktur zu erleichtern.

In dieser Seminararbeit soll untersucht werden, wie können Governance-Strukturen und regulatorische Rahmenbedingungen in Europa verbessert werden können, um die effiziente Planung, Finanzierung und den Betrieb grenzüberschreitender Strominfrastruktur zu unterstützen. Die Arbeit soll auf einer qualitativen Analyse politischer Dokumente, regulatorischer Rahmenwerke sowie aktueller wissenschaftlicher Literatur basieren. Ergänzend können ausgewählte Netzausbauprojekte herangezogen werden, um konkrete Herausforderungen zu illustrieren.

Termine:

- Kick-Off: 22.04.26, 14:00 - 15:00 Uhr
- Zwischenpräsentation: 20.05.26, 14:00 - 16:00 Uhr
- Abschlusspräsentation: 08.07.26, 14:00 - 17:30 Uhr

Alle Termine finden in Raum 017 am IIP (Geb. 06.33, Campus West) statt.

Die Teilnahme an allen Terminen ist obligatorisch.

Die Online-Anmeldung muss vor dem **23.03.2026, 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.