

MILES – Model of International Energy Systems

Europäische Strommarkt- und Übertragungsnetzsimulationsumgebung

Research Group: Energy System Design & Transmission Grids / Forschungsgruppe: Transportnetzplanung und Energiemärkte
Institut für Energiesysteme, Energieeffizienz und Energiewirtschaft (ie³) der Technischen Universität Dortmund (TU Dortmund)

Aktuelle Funktionen der MILES-Werkzeugkette

The diagram illustrates the MILES toolchain process. It starts with 'Energiesystemmodell' (Energy System Model) involving 'Quantitative Szenariogenerierung' (Quantitative Scenario Generation) and 'Szenarien' (Scenarios), with an example of 'NEP Szenariorahmen' (NEP Scenario Framework) for determining the plant portfolio. This leads to 'Marktsimulationsumgebung' (Market Simulation Environment) for 'Regionalisierung dez. Anlagen' (Regionalization of decentralized plants), 'Zeitreihen-generierung' (Time series generation), and 'Strommarkt-simulation' (Power market simulation), which is used for 'Ableitung der Versorgungsaufgabe (Wo wann welche Leistung?)' (Derivation of the supply task). The final step is 'Netzsimulationsumgebung' (Network Simulation Environment) for 'Übertragungs-netzsimulation' (Transmission network simulation) and 'Engpass-management' (Congestion management), used for 'Bestimmung des Ausbaubedarfs (Wo warum welcher Ausbau?)' (Determination of expansion requirements).

Die Markt- und Netzsimulationsumgebung MILES ermöglicht techno-ökonomische Analysen des europäischen elektrischen Energiesystems und deckt dabei den gesamten Prozess der strategischen Netzentwicklung ab. Somit bildet MILES am ie³ die Grundlage für Untersuchungen zur ganzheitlichen Entwicklung und Bewertung von nachhaltigen Transportnetzstrukturen und Energiemarktdesigns.

Die Simulationsumgebung ist als modulare Werkzeugkette aufgebaut und umfasst als übergeordnete Prozessschritte die Regionalisierung sowie Generierung von Zeitreihen dezentraler Einspeiser und Lasten, die Ermittlung des resultierenden Kraftwerkseinsatzes, die Simulation realitätsnaher Betriebszustände des Übertragungsnetzes sowie die Bestimmung notwendiger Maßnahmen des Engpassmanagements.

Europäische Strommarktsimulation

Map of Europe showing net export/import in TWh/a. Legend: 750 kV, 500 kV, 380 kV, 300 kV, 220 kV, DC.

- Fahrpläne von konventionellen Kraftwerken und (Pump)Speichern
- Stromhandel zw. Marktgebieten
- Stromerzeugungskosten
- Nicht-verwertbare EE-Leistung
- Erwartete fehlende Energie / Lastunterdeckung

Europäische Übertragungsnetzsimulation

- Betriebsmittelauslastungen im Normalzustand und Fehlerfall
- Betriebspunkte von HGÜs und PSTs
- Betriebsmittelüberlastungen
- Engpassmanagement-Maßnahmen

Anwendungsbeispiel (Praxis)

Infrastrukturplanung

Two maps showing infrastructure planning for NEP B2030 V17 and acatech ESYS. A color scale indicates average annual utilization (n-0) in % from 0 to 50.

Durchschnittliche Jahresauslastung (n-0) im Referenz- und Innovations-szenario

- Analyse von vollständigen Zielnetzkonfigurationen und/oder einzelnen Netzausbaumaßnahmen
- Bewertung und Priorisierung von Maßnahmen

Anwendungsbeispiel (Forschung)

Monte-Carlo Simulationen zur Risikobewertung

Two line graphs showing Monte-Carlo simulations for Schleswig-Holstein and Norditalien (ITN1). The graphs plot Wind Generation (p.u.) and Hydro Generation (GWh per day) against the hour of historic weather year (1980-2019) and day of historic weather year (1982-2017) respectively. Percentiles (Pct 20, 40, 60, 80) and Median are shown.

→ Analyse der Robustheit der Netzplanung gegenüber fundamentalen Unsicherheiten

Ausgewählte Weiterentwicklungen zur Analyse eines integrierten Energiesystems

Flowchart of an integrated energy system. It shows the 'Verkehrsnetz' (Transport network) feeding into 'Lade-station' (Charging station) and 'V2G G2V'. The 'Stromnetz' (Power network) includes 'EE' (Renewable energy), 'Konv. KW' (Conventional power plants), 'Strom-speicher' (Energy storage), 'WP / PtH' (Heat pumps/Power-to-Heat), 'KWK' (CHP), and 'Wärme-speicher' (Heat storage). The 'Gasnetz' (Gas network) includes 'Gas-speicher' (Gas storage) and 'Gas Boiler'. 'Lokaler Ladebedarf' (Local charging demand), 'Lokaler Strombedarf' (Local power demand), and 'Lokaler Wärmebedarf' (Local heat demand) are shown at the bottom.

Weiterentwicklungen zur Modellierung der Verkehrswende (KonVeEn)

Zielstellung: Räumlich aufgelöste und zeitlich optimierte Stromnachfrage des Mobilitätssektors

Unter der Berücksichtigung von:

- Personen-, Güternah- und Schwerlastverkehr
- Individuelle Ankunfts- und Standzeiten sowie technische Parameter je Fahrzeugklasse
- Unterschiedlicher Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum z.B. an Autobahnen

Regionale Verteilung des Ladebedarfs (Regional distribution of charging demand).

Gesteuerte BEV Ladeprofile durch integrierte Strommarktsimulation (Controlled BEV charging profiles through integrated power market simulation). The graph shows residual load (MW) over time (h) for 'ohne BEV' (without BEV) and 'mit BEV' (with BEV). Annotations include: 'Verringerte Ladeleistung bei hoher Residuallast' (Reduced charging power at high residual load), 'Erhöhte Ladeleistung bei geringer Residuallast' (Increased charging power at low residual load), 'V2G nicht erlaubt' (V2G not allowed), and 'Maximaldauer ohne Ladeleistung durch minimale Standzeit begrenzt' (Maximum duration without charging limited by minimal standstill time).

Weiterentwicklungen zur Modellierung der Wärmewende (Forschungskolleg NEQ)

Zielstellung: Räumlich aufgelöste und zeitlich optimierte Stromnachfrage des Wärmesektors

Unter der Berücksichtigung von:

- Elektrifizierungsrate
- Wärmepumpen → Unmittelbare Kopplung
- Anschluss Wärmenetz
- Wechselwirkungen durch KWK, Groß-WP und Power-to-Heat (PtH)
- Sonstige Wärmezeugung

Regionale Verteilung: Anzahl EFH und MFH (Regional distribution: Number of single-family and multi-family dwellings).

Herleitung des zeitlichen Raumwärmebedarfs über thermische Gebäudesimulation (Derivation of the temporal spatial heat demand through thermal building simulation).

- Berücksichtigung des thermischen Verhaltens des Gebäudebestands (Speicherfähigkeit)
- Differenzgleichung als Nebenbedingung in Kraftwerkeinsatzoptimierung integrierbar
- Berücksichtigung zeitpunkt- und technologieabhängiger COP

Room Temperature / °C over Time / h. The graph shows a fluctuating temperature within a 'Zulässiger Temperaturbereich' (permissible temperature range).

Weiterentwicklungen zur Modellierung der Rohstoffwende (DYNAFLEX)

Zielstellung: Optimierte zeitlich und räumlich aufgelöste Stromnachfrage von Power-to-Gas (PtG)-Anlagen

Unter der Berücksichtigung von:

- Betriebskonzept der Elektrolyseure
- Einsatz im Strommarkt vs. Einsatz im Netzengpassmanagement durch ÜNB
- Standortidentifikation
- Politische Rahmenbedingungen
- Nationale Wasserstoffstrategie
- Strommarktdesign

Kombiniertes Modell der Strom- und Gas-Infrastruktur (Combined model of power and gas infrastructure).

Methodik zur Regionalisierung von Elektrolyseuren zur Produktion von grünem Wasserstoff (Methodology for regionalization of electrolyzers for the production of green hydrogen).

Five maps showing different regionalization methods: 'Absoluter EE-Anteil' (Absolute EE share), 'Einschneidlinie' (Cut-off line), 'EE-Pot. Flächen' (EE potential areas), 'Relativer EE-Anteil' (Relative EE share), 'Distanz Speicher' (Distance to storage), and 'Distanz Gasnetz' (Distance to gas network).

Herleitung des zeitlichen Einsatzes über Strommarkt- und Engpassmanagement-simulation (Derivation of the temporal use through power market and congestion management simulation).

- Berücksichtigung rein marktgetriebener PtG-Anlagen (ggf. mit Mindestzeugungsmengen), rein netzgetriebener PtG-Anlagen sowie Mischbetriebsformen umsetzbar