

# ATLANTIS

## Modell der europäischen Elektrizitätswirtschaft

# ATLANTIS

## Model of the European Electricity Industry

Heinz Stigler, Christoph Gutschi, Udo Bachhiesl



Heinz Stigler studierte Elektrotechnik an der TU Wien sowie Betriebswirtschaftslehre an der WU Wien. Nach seiner Tätigkeit als Universitäts-Assistent am Institut für Energiewirtschaft der TU Wien wechselte Stigler in die Verbundgesellschaft. Im Jahr 2000 wurde Heinz Stigler als Universitätsprofessor für das Fach Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation an die TU Graz berufen.

Heinz Stigler studied electrical engineering at TU Vienna and economics at WU Vienna. After his engagement as research assistant at the Institute of Energy Economics at TU Vienna he worked at Verbundgesellschaft in Vienna. In 2000 Heinz Stigler was appointed Professor of Electricity Economics and Energy Innovation at Graz University of Technology.

**Am Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation (IEE) der TU Graz wurde ein Szenariomodell entwickelt, welches die Gewinnung wissenschaftlicher Erkenntnisse zur gedeihlichen langfristigen Entwicklung der europäischen Elektrizitätswirtschaft ermöglicht. Im Beitrag werden die Ausgangslage, der Modell-aufbau und -ablauf sowie mögliche Untersuchungsgegenstände dargestellt.**

Die europäische Energie- und Elektrizitätswirtschaft steht vor großen Herausforderungen: Der fortschreitende Klimawandel und die bedrohlich steigende Energieimportabhängigkeit erfordern konkrete gegensteuernde Strategien, wobei zahlreiche Maßnahmen bereits im Rahmen der aktuellen EU-Energiestrategie 2020 verfolgt werden. Für den Bereich der Elektrizitätswirtschaft stellt sich aufgrund der Besonderheiten der elektrischen Energie (z.B. nicht-Speicherbarkeit, Netzgebundenheit, Langlebigkeit und Kapitalintensität) die Frage, welche gesamtsystemischen Wirkungen diese Maßnahmen entfalten.

Seit sieben Jahren arbeitet das Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation an der realitätsnahen Abbildung der europäischen Elektrizitätswirtschaft in realwirtschaftlicher, nominalwirtschaftlicher und organisatorischer Dimension. Mit einem Einsatz von rund 21 Personenjahren aus den Disziplinen Energiewirtschaft, Elektrotechnik, Maschinenbau, Kraftwerkstechnik, Betriebswirtschaft, Volkswirtschaft, Operations Research, Informatik und Recht wurde ein umfassendes Modell der europäischen Elektrizitätswirtschaft erstellt.

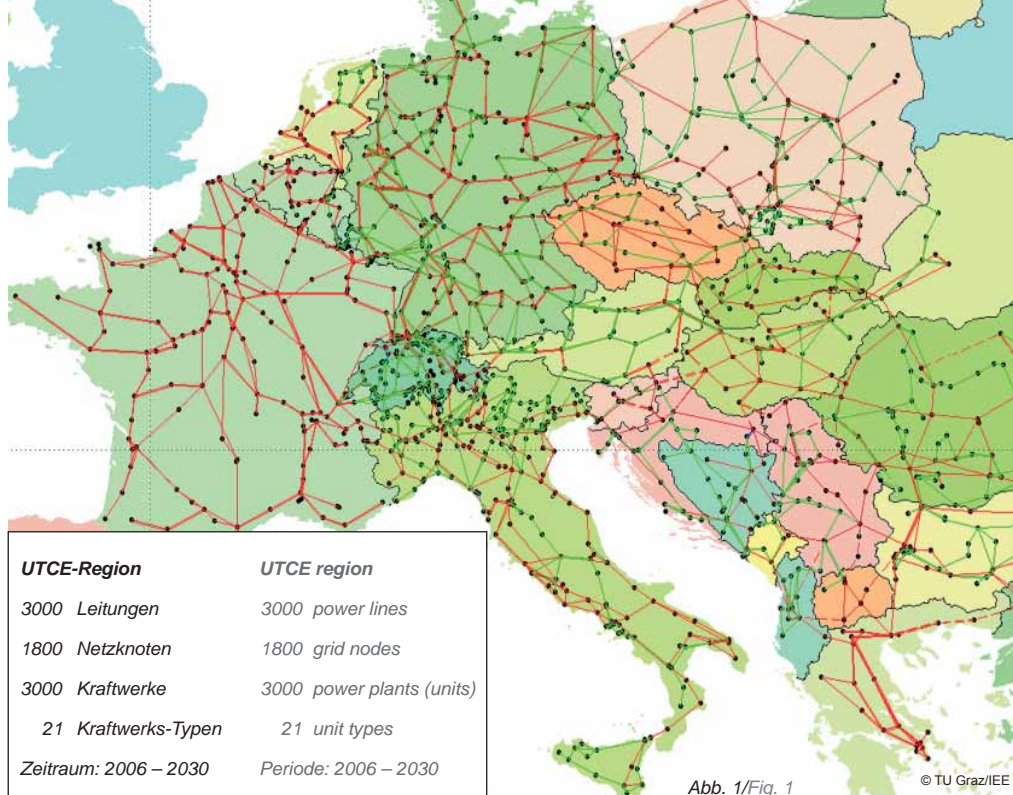
Das Szenarienmodell ATLANTIS bildet die gesamte Elektrizitätswirtschaft im UCTE-Gebiet (Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity) mit ihren grundlegenden Gegebenheiten und Systemzusammenhängen ab. Wesentliche Elemente der realwirtschaftlichen Seite des

**The Institute of Electricity Economics and Energy Innovation (IEE) of Graz University of Technology has developed a scenario model which allows scientific findings to be gained in order to contribute to a long-term positive development of the European electricity industry. This article explains the basic conditions, structure and function of the model as well as possible research areas.**

The European energy and electricity industry faces huge challenges. Ongoing climate change and an alarming increase of dependency on energy imports require tangible counteractive strategies, despite a number of measures having already been included in the present European energy strategy for 2020. Systemic impacts have to be investigated especially regarding the electricity industry because of the characteristics of electrical energy (e.g. non-storable, grid bound, longevity and capital intensity).

For seven years, the Institute of Electricity Economics and Energy Innovation has been working on a realistic model of the European electricity industry which covers all relevant aspects of real economy, nominal economy and organisation. About 21 person years have been invested in developing a comprehensive model of the European electricity industry by integrating many different disciplines, such as energy economics, electrical engineering, power engineering, business and administration, economics, operations research, informatics and law.

The scenario model ATLANTIS represents the whole electricity industry in the UCTE area (Union for Co-ordination of Transmission of Electricity), including the basic conditions and systemic interrelations. Important elements of the real economic part of the model are the European transmission network (400/220 kV level), the European power plant infrastructure and time series



Christoph Gutschi studierte an der TU Graz Verfahrenstechnik/Anlagentechnik und verfasste am IEE seine Dissertation zum Themengebiet „Interdisziplinäre Beiträge zur Effizienzsteigerung im Energiesystem durch Energiespeicherung und Kraft-Wärme-Kopplung“. Er ist derzeit wissenschaftlicher Assistent am IEE.

Christoph Gutschi studied process engineering at Graz University of Technology and wrote his dissertation on energy storage and CHP at the Institute of Electricity Economics. Currently he is engaged as research assistant and project manager at the Institute of Electricity Economics.

Modells sind der europäische Kraftwerkspark, das übergeordnete europäische Verbundnetz (400/220-kV-Ebene) sowie der regionalisierte Bedarf der Endkunden (siehe Abbildung 1).

Auf der nominalwirtschaftlichen Seite des Modells werden relevante europäische Elektrizitätsunternehmen mit ihren Bilanzen und Gewinn- und Verlustrechnungen abgebildet. Die modellrelevanten Informationen wurden mittels detaillierter Untersuchungen erhoben und in eine Datenbank integriert, welche das zentrale Element des Modells darstellt und sowohl der Verwaltung der Basisdaten als auch der Rechenergebnisse dient.

In Abbildung 2 (Seite 18) wird der schematische Ablauf von Simulationsrechnungen dargestellt. Nach der Definition eines konkreten Untersuchungsszenarios (Marktgebiete, Brennstoffpreise, Verbrauchszuwachsraten, Bauprojekte ...) wird zu Beginn jedes simulierten Jahres untersucht, ob das System für den Zeitpunkt der Jahreshöchstlast über ausreichende Kraftwerks- und Netzkapazitäten verfügt und gegebenenfalls entsprechender Ausbaubedarf aufgezeigt und berücksichtigt. Im nächsten Schritt erfolgt die Ermittlung der monatlichen Energiedeckung für die Peak- und Off-Peak-Periode und der Erzeugungskosten zur Deckung des Verbrauchs, wobei auch die saisonalen Besonderheiten dargebotsabhängiger Kraftwerke auf Basis erneuerbarer Energien berücksichtigt werden. Überschüssige Erzeugungskapazitäten der Elektrizitätsunternehmen werden an einer Börse angeboten, bzw. günstigere Kapazitäten zugekauft. Ergeben sich Engpässe im Übertragungsnetz, so werden diese mit Hilfe

of the power demand of end users with geographical breakdown (see figure 1).

In the nominal economic part of the model relevant European electricity utilities have been modelled including their balance sheets and income statements. The required data has been gathered in detailed investigations and has been integrated in a database which is the central element of the whole model and manages the basic data, calculations and simulation results.

Figure 2 (page 18) shows the flowchart of a simulation run. The simulation starts with the definition of the scenario parameters (market areas, fuel prices, demand growth rates, infrastructure projects,...). At the beginning of each simulated year a system adequacy analysis is performed to identify requirements for new power plants or lines. In the next step the energy balances for the peak and off-peak period of each month and the production costs of each unit are calculated, and fluctuating renewable energy sources are also considered. Additionally, a power exchange is simulated for the trade of electricity between the utilities. Congestions on transmission lines are handled by a power plant redispatch algorithm. With the resulting expenditures and revenues of the power plant operation, the income statement for each utility in the model can be calculated. The results of the calculations, like power plant dispatch, load flows, fuel consumption and carbon emissions of the utilities and development of the balance sheets, are depicted graphically, stored in the database and thus made available for interpretation and discussion.

Abb. 1: Modellhafte Abbildung des realwirtschaftlichen europäischen Elektrizitätssystems in ATLANTIS.

Fig. 1: Schematic representation of the technical part of the European electricity system in the ATLANTIS model.



Udo Bachhiesl studierte an der TU Graz Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbau im Studienzweig Energie- und Umwelttechnik, und verfasste seine Diplomarbeit zum Thema „Technoökonomische Analyse der Biomasse-Zufuhr in Großkraftwerken“. Als einer der ersten Assistenten am IEE dissertierte er im Bereich der Energieinnovation und befindet sich derzeit im Habilitationsstadium.

Udo Bachhiesl studied mechanical engineering and business economics in the branch of energy and environmental technology at TU Graz and wrote his master's thesis "Techno-economic analysis of biomass co-combustion in large power plants". As one of the first research assistants at IEE he wrote his dissertation in the field of energy innovation and is now working on his habilitation.

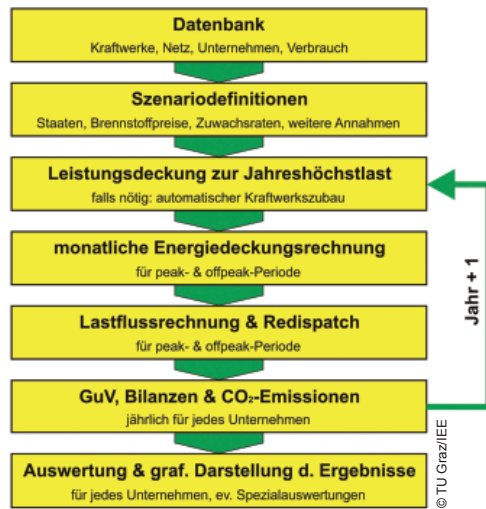


Abb. 2: Schematische Darstellung des Simulationsablaufes.

eines Kraftwerks-Redispatch aufgelöst. Die aus dem Kraftwerkseinsatz resultierenden Aufwendungen und Erträge werden in den Gewinn- und Verlustrechnungen der Erzeugungsunternehmen abgebildet. Die Ergebnisse wie beispielsweise Kraftwerkseinsatz, Lastflüsse, Brennstoffkosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen der Unternehmen, Entwicklung der Unternehmensbilanzen usw. werden abschließend grafisch dargestellt, als Szenario in der Datenbank gespeichert und stehen somit für Interpretationen und Diskussionen zur Verfügung. Mit ATLANTIS durchführbare Untersuchungen sind zum Beispiel die Entwicklung regionaler Strompreise, Quantifizierung des volkswirtschaftlichen Nutzens von Leitungs- und Kraftwerksbauten, Erfordernisse hinsichtlich Infrastrukturentwicklung, Szenarioanalysen für die Integration erneuerbarer Energien, Systemgrenzkosten erneuerbarer Energien, Stresstests zur Simulation von Energieverknappungen, Wirkungen von Power-Demand-Side-Management, Vorab-Analysen von verschiedenen Regulierungen und Marktorganisationen (z.B. neue Richtlinien, CO<sub>2</sub>-Regelungen) und vieles andere mehr. Das Simulationsmodell ATLANTIS wurde entwickelt, um basierend auf Szenarioanalysen, wissenschaftlich fundierte Aussagen treffen zu können und mit diesem Erkenntnisgewinn einen entsprechenden Beitrag zur gedeihlichen Entwicklung der europäischen Energie- und Elektrizitätswirtschaft zu leisten.

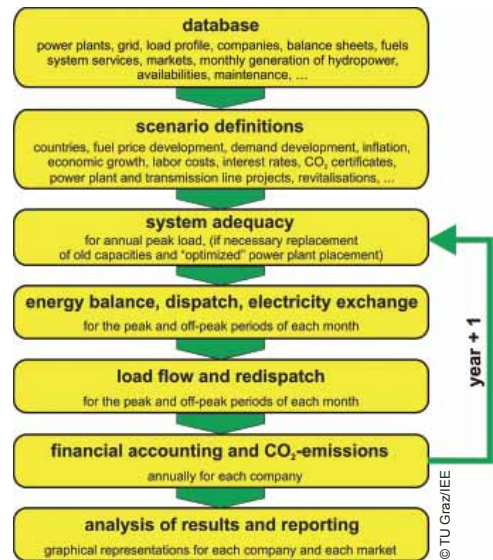


Fig. 2: Schematic flow chart of a simulation run.

ATLANTIS allows a wide variety of scientific investigations such as development of regional electricity prices, quantification of economic welfare due to new transmission lines and power plants, infrastructure development, scenarios for the integration of renewable energies, long run marginal costs of renewable energies, stress tests for fuel shortages, effects of power-demand-side-management, dry-run tests of different regulations and market design approaches (e.g. new directives, CO<sub>2</sub>-policies) and many others more. The ATLANTIS simulation model has been developed in order to achieve scientifically founded conclusions, based on scenario analyses, and can be used to make a contribution to a prosperous development of the European energy and electricity industry.