

Abstract of Dissertation

Multi-criteria Decision Making for Energy System Evaluation

Author: Tobias Witt

Supervisor: Prof. Dr. Matthias Klumpp

Topics: Production and Logistics, Multi-criteria Decision Making

Multi-criteria decision making (MCDM) is a field of knowledge in Operations Research that can help decision-makers make transparent and auditable decisions in a logical manner. It offers methods that help to choose suitable decision alternatives from the set of available alternatives, via synthesis of objective information – specifying the expected consequences of a decision – and subjective information – specifying how much any single consequence matters. MCDM approaches can be used (1) to open up discussions among stakeholders, decision makers, and analysts by structuring complex decision problems, including a search for suitable alternatives as well as relevant evaluation criteria and uncertainties, and/or (2) to close down discussions by aggregating relevant information in a logical manner and ranking the alternatives accordingly.

One application area of MCDM is energy systems planning. One objective of energy systems planning is to reach sustainable energy supply systems, and thus, the sustainability of such systems needs to be evaluated in the planning process. The sustainability objective is usually operationalized with a wide range of economic, social, environmental, and technical criteria. Because these criteria are usually conflicting and measured in incommensurable units, formal decision support with MCDM approaches can be helpful. Energy scenario studies provide orientation for decision-makers in government and industry by offering relevant quantitative information on key figures such as system costs regarding various long-term strategies in the energy sector. The majority of energy scenario studies thus does not incorporate MCDM techniques, but is mainly based on quantitative energy system analysis.

While MCDM has already been applied to support decision-making in energy systems planning, varying forms of combining MCDM and energy systems planning hinder effective decision support. Therefore, the objective of this dissertation is to investigate how MCDM approaches can effectively support decision-making in energy systems planning. The contributions of this dissertation are arranged in four phases: First, a qualitative literature review on energy scenarios and energy systems analysis leads to the development of a morphological box of energy scenario studies. It serves as a means of structuring the different types of energy scenario studies and helped identify research gaps regarding the integration of MCDM and energy system analysis. Second, an approach, which allows the integrated development and evaluation of energy scenarios, is developed and applied to the transition of the power supply system in Lower Saxony, Germany. Third, the new and existing approaches for combining MCDM and energy system analysis are reviewed and investigated regarding their transparency and implications for decision support. Moreover, use cases for both approaches are derived. Fourth, the new approach is extended and applied to the multi-period evaluation of the power supply system in the bio-energy town Jühnde.

Zusammenfassung der Dissertation

Multi-criteria Decision Making for Energy System Evaluation

Autor: Tobias Witt

Betreuer: Prof. Dr. Matthias Klumpp

Themenfelder: Produktion und Logistik, multikriterielle Entscheidungsunterstützung

Die multikriterielle Entscheidungsunterstützung (engl.: Multi-criteria Decision Making, MCDM) ist ein Bereich des Operations Research, der Entscheidungsträgern helfen kann, transparente und nachvollziehbare Entscheidungen auf logische Weise zu treffen. Sie bietet Methoden, die dabei helfen, geeignete Entscheidungsalternativen aus der Menge der verfügbaren Alternativen auszuwählen, und zwar durch die Synthese von objektiven Informationen, welche die erwarteten Konsequenzen einer Entscheidung spezifizieren, und subjektiven Informationen, die die Bedeutung der einzelnen Konsequenzen für einen Entscheidungsträger angeben. MCDM-Ansätze können dabei unterstützen, (1) Diskussionen zwischen Interessenvertretern, Entscheidungsträgern und Analysten zu führen, indem komplexe Entscheidungsprobleme strukturiert werden, einschließlich der Suche nach geeigneten Alternativen sowie relevanten Bewertungskriterien und Unsicherheiten, und/oder (2) Diskussionen abzuschließen, indem entscheidungsrelevante Informationen auf logische Weise aggregiert und die Alternativen entsprechend geordnet werden.

Ein Anwendungsbereich von MCDM ist die Planung von Energiesystemen. Ein Ziel der Energiesystemplanung ist es, nachhaltige Energieversorgungssysteme aufzubauen, und dazu muss die Nachhaltigkeit solcher Systeme im Planungsprozess bewertet werden. Das Ziel der Nachhaltigkeit wird in der Regel mit einer Vielzahl an wirtschaftlichen, sozialen, ökologischen und technischen Kriterien operationalisiert. Da diese Kriterien in der Regel Zielkonflikte aufweisen und in inkommensurablen Einheiten gemessen werden, kann eine formale Entscheidungsunterstützung mit MCDM-Ansätzen hilfreich sein. Energieszenariostudien geben Entscheidungsträgern in Politik und Wirtschaft Orientierung, indem sie relevante quantitative Kennzahlen wie z. B. Systemkosten zu verschiedenen langfristigen Strategien im Energiesektor liefern. Die Mehrzahl der Energieszenariostudien verwendet allerdings keine MCDM-Techniken, sondern basiert hauptsächlich auf der quantitativen Energiesystemanalyse.

Obwohl MCDM bereits zur Entscheidungsunterstützung in der Energiesystemplanung eingesetzt wurde, behindern unterschiedliche Formen der Kombination von MCDM und Energiesystemanalyse eine effektive Entscheidungsunterstützung. Ziel dieser Dissertation ist es daher, zu untersuchen, wie MCDM-Ansätze die Entscheidungsfindung in der Energiesystemplanung effektiv unterstützen können. Die Beiträge dieser Dissertation gliedern sich in vier Phasen: Zunächst führt eine qualitative Literaturrecherche zu Energieszenarien und Energiesystemanalysen zur Entwicklung eines morphologischen Kastens von Energieszenariostudien. Er dient als Mittel zur Strukturierung der verschiedenen Arten von Energieszenariostudien und hilft bei der Identifizierung von Forschungslücken hinsichtlich der Integration von MCDM und Energiesystemanalyse. Zweitens wird ein Ansatz entwickelt, der die integrierte Entwicklung und Bewertung von Energieszenarien ermöglicht. Dieser wird auf die Transformation des Stromversorgungssystems in Niedersachsen angewendet. Drittens werden die neuen und bestehenden Ansätze zur Kombination von MCDM und Energiesystemanalyse gegenübergestellt und hinsichtlich ihrer Transparenz und Implikationen für die Entscheidungsunterstützung untersucht. Darüber hinaus werden Anwendungsfälle für beide Ansätze abgeleitet. Schließlich wird der neue Ansatz erweitert und zur mehrperiodigen Bewertung des Stromversorgungssystems im Bioenergieort Jühnde angewendet.