

# Integrierte Optimierung zur Netzentwicklung und zum Übergang in neue Stromnetzstrukturen

## Projektleitung

Prof. Dr.  
Christoph Engels

## Kooperationspartner

RWE WWE,  
Recklinghausen;  
intulion solutions,  
Dortmund;  
entellegio, München;  
TU Dortmund;  
LS Energiesysteme und  
-wirtschaft

## Zeitraum

2011–2014

## Förderung

Bundesministerium  
für Wirtschaft und  
Technologie (BMWi)

## Kontakt

Prof. Dr.  
Christoph Engels  
Fachbereich Informatik  
Fachhochschule  
Dortmund  
Emil-Figge-Str. 42  
44227 Dortmund  
Tel.: 0231 755-6777  
E-Mail: christoph.engels  
@fh-dortmund.de

## Abstract

Betreiber von Transport- und Verteilnetzen stehen heute vor signifikanten Herausforderungen. Neben dem zunehmenden internationalen Stromhandel im Transportnetz belastet eine zunehmende volatile Wind- und Solareinspeisung die Stromnetze.

Das Projekt begegnet dieser Aufgabenstellung durch die Anwendung von robusten Prognose-, Simulations- und Optimierungsverfahren auf technischer sowie betriebswirtschaftlicher Ebene. Insbesondere werden Synergien zwischen Netzplanung und Netzinstandhaltung gefunden, die die Gesamtinvestitionen im Netzstrukturübergang minimieren.

## Einleitung

Innerhalb der Stromnetze zeichnet sich bereits jetzt ein Investitionsstau ab: So müssen die Windenergieanlagen-Betreiber in Norddeutschland ihre Turbinen immer öfter herunterregeln. Allein in Schleswig-Holstein passten 2009 etwa 50 Mio. kWh Windstrom nicht mehr in die Hochspannungsebene des Verteilnetzes [1]. Die EU schätzt einen Investitionsbedarf von 200 Mrd. Euro bis 2020 für den Ausbau der europäischen Netze. In den nächsten zwei Jahrzehnten ist allein in Deutschland mit Investitionen zur Bestandserhaltung von 60 Mrd. Euro zu rechnen [2].

Um dem gerecht zu werden, sind gravierende Anpassungen an der bestehenden Netzinfrastruktur erforderlich [3,4,5]. Die Netzstrukturen müssen einerseits die veränderten Einspeise-, Speichers- und Nachfrageszenarien abbilden, andererseits muss ein solcher Übergang unter wirtschaftlicher Betrachtung umsetzbar sein. Zur Definition einer Handlungsstrategie sind mehrere hundert Entscheidungsparameter über die Jahre festzulegen und regulatorische, betriebswirtschaftliche und technische Randbedingungen einzuhalten, vgl. Übersicht in Abb. 1.



Abbildung 1: Entscheidungsparameter und Randbedingungen für die Netzentwicklung

Bei dieser Komplexität ist die manuelle Suche nach optimalen Lösungen unmöglich, verbleibt aber als Aufgabe für den Planer bzw. Asset Manager [6,7,8,9,10].

Die Komplexität der Aufgabe steigt zusätzlich durch die Berücksichtigung der Unsicherheit der technischen und regulatorischen Anforderungen an die Netze. Eine erste Modellierung des Planungsrisikos konnte in [11] erfolgreich gezeigt werden. Eine Umsetzung dieser Anforderungen in die Praxis erfordert jedoch neben der grundlegenden realistischen Erweiterung der Modellierung, insbesondere speziell entworfene Optimierungswerkzeuge [14,15,16], die der Komplexität der Problemstellung gerecht werden.

## Methodik

Den Ausgangspunkt der Aufgabenstellung stellt die zukünftige nachfrage- und erzeugungsge-rechte Netzstruktur dar. Aufgrund der Komplexität der bislang manuell durchgeführten Simulation zum Asset-Management wird ein Ansatz gesucht, der den Anlagenneubau, -umbau und ersatzneubau handhabbar gestaltet. Das Projekt sieht zur Unterstützung des Übergangsprozesses folgende Teilschritte vor, die zur Gewinnung optimaler Umbaumaßnahmen führen (Abb. 2):

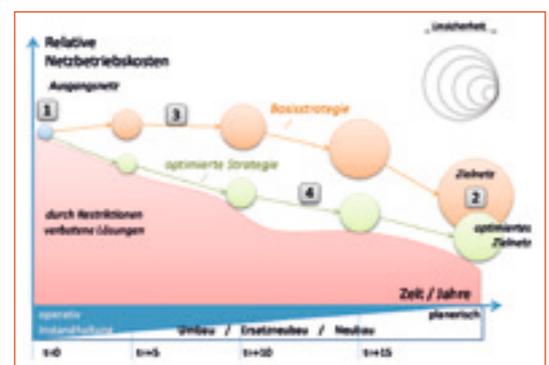


Abbildung 2: Optimierungs- & Übergangsprozess

1. Abbildung der bestehenden Netzinfrastruktur als Ausgangspunkt der Betrachtung.
2. Identifikation einer zukünftigen technischen und topologischen Soll-Struktur der Netze ausgehend von den zu erwartenden Erzeuger- und Verbraucherverteilungen.
3. Simulation verschiedener Übergangspfade von der bestehenden Anlagenstruktur im Ausgangsnetz in die künftige Soll-Struktur des Zielnetzes in unterschiedlichen repräsentativen Szenarien.
4. Identifikation einer optimalen Übergangsstrategie zu einem optimierten Zielnetz durch multikriterielle und robuste Optimierung.



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

Eine wesentliche Voraussetzung für die effektive Nutzung regenerativer Energieerzeugung stellt der Zugang zu einer benachbarten Verteilnetzlinie, der Bau unterirdischer Leitungsabschnitte und das Repowering [12] dar.

### Investitionssimulation und -optimierung

Ausgehend von den strategischen Maßnahmen erfolgt eine Definition der verschiedenen Szenarien. Die integrierte Sicht auf die Szenarien ermöglicht eine Umsetzung in wahrscheinlichkeitsbewertete betriebswirtschaftliche Kennzahlen, die einer Entscheidungsfindung über eine Simulationsrechnung zugänglich gemacht werden [13,17,18,19], siehe Abb. 3.

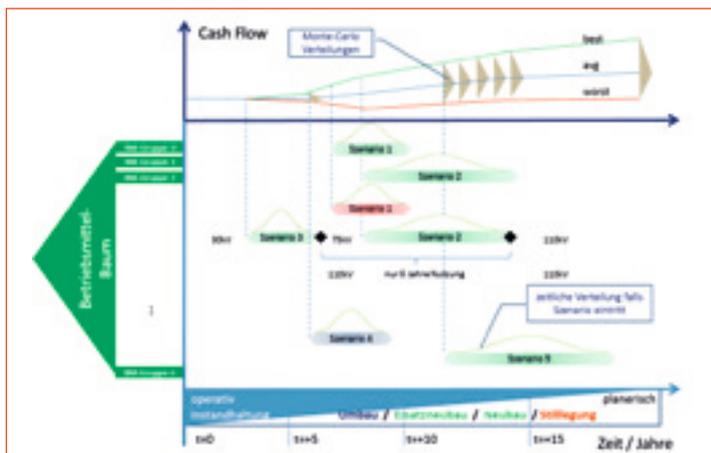


Abbildung 3: Zusammenspiel zwischen Szenarien und Kennzahlen

Der Aufbau des betriebswirtschaftlichen Modells leitet sich aus bestehenden Rechenschemata ab.

Ferner finden regulatorische Rahmenbedingungen wie die Berechnung der Erlösobergrenzen der Anreizregulierung (Rev-Cap) und Ausnahmegenehmigungen Eingang in die Betrachtung.

### Zusammenfassung & Ausblick

Die hier durchgeführte Entwicklung ermöglicht es, dass Netzbetreiber bestehende Investitionsstaus auflösen und ihre Investivmaßnahmen zielgerichtet einsetzen können. Unsicherheiten, die durch eine sich ändernde Versorgungsaufgabe, wie z.B. durch Solarförderung oder Elektromobilität, oder wechselnde regulatorische Rahmenbedingungen entstehen, können abgeschätzt werden. Somit trägt das Projekt zur Umsetzung klimapolitischer und wirtschaftlicher Ziele bei.

### Literatur

- [1] VDI nachrichten, Europäische Stromnetze werden zur Herausforderung, Berlin 4.2.11  
 [2] Röth, H. O., Energiepolitische Rahmenbedin-

gungen – Erfahrungen bei der Netzregulierung und zukünftige Treiber, Treffpunkt Netze, VDN, 2006.

[3] EWI / Prognos, „Energieszenarien für den Energiegipfel 2007“, 2007.

[4] EWI / EEFA, „Energiewirtschaftliches Gesamtkonzept 2030“, 2008.

[5] DLR, „BMU Leitszenario 2009“, 2009.

[6] Balzer, G.; Benz, T.; Schorn, C.; Spitzer, H.: „Integriertes Asset-Management bei Netzbetreibern – Ganzheitliche Betrachtung erforderlich“, in: BWK, Bd. (2005), Nr. 10, S. 62-65, 2009.

[7] Kallweit, T.; Schwarz, U.; Spitzer, H.: „Asset Strategy Planning – Simulation als Basis fundierter und nachhaltiger Asset Strategien“, in: „et“, 55. Jg. (2005), Heft 7, S. 488-489;

[8] Gaul, A. J.; Spitzer, H.: „Asset Simulation – an approach to predict the long term monetary consequences of maintenance and renewal strategies for electrical grids“, C I R E D, 19th, Wien, 21.-24.5.2007, Paper 0668.

[9] Jendernalik, L., Wohlfarth, H.: Assetmanagement im Netz – Schlagwort oder Hebel?, Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 09/2009.

[10] Dutz, A., Spitzer, H., Schulterchluss zwischen Techniker und Kaufmann, et ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE TAGESFRAGEN 59. Jg. (2009) Heft 4

[11] Spitzer, H., Engels, C., Dynamic Asset Simulation - Risk Management am Beispiel der Energieversorgung, Riskconf, München, 2009.

[12] Köppe, O., Schulze, K., KPMG Energy & Natural Resources – Onshore-Windenergie-Repowering-Potenziale in Deutschland – Marktstudie, 2009, [http://www.kpmg.de/docs/Repowering\\_Gesamt\\_web.pdf](http://www.kpmg.de/docs/Repowering_Gesamt_web.pdf).

[13] Blanco, G. Olsina, F. Garces, F. Rehtanz, C., Real Option Valuation of FACTS Investments Based on the Least Square Monte Carlo Method, IEEE Transactions on Power Systems, Issue 99, 6. Jan. 2011.

[14] Bäck, T., Engels, C., Gaul, A., Spitzer, H., Optimales Asset Management, Energiewirtschaftliche Tagesfragen 60. Jg. Heft 1/2, 2010.

[15] A. Gaul, H. Spitzer, C. Engels, E. Nockmann, Asset simulation and automatic asset optimization, CIRED Workshop, Lyon, 2010.

[16] Bäck, T.: Evolutionary Algorithms in Theory and Practice. New York: Oxford University Press, 1996.

[17] Mathews, S.: Valuing risky projects with real options. Research-Technology Management 52(5): 32-41, 2009.

[18] Collan, M., Fuller, R., Mezei, J.; Compound Real Options with the Pay-off Method: a Three-Stage R&D Case Illustration, IAMSR, Abo Akademi, Turku, Finland, 2009.

[19] Jaimungal, S., Lawryshyn, Y., Incorporating Managerial Information into Real Option Valuation, 2011, Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1730355>