

Programm

für die Tagung am 31. Januar und 1. Februar 2014

*der Wissenschaftlichen Kommission Operations Research im Verband der
Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e.V.
in Kooperation mit der TransnetBW GmbH*

zum Thema

**Modelle und Lösungsansätze des Operations Research
und Anwendungen im Energiesektor**

Freitag, 31.01.2014, Stuttgart, Geno-Haus:

- 9:00 Uhr: Prof. Dr. A. Kleine, Begrüßung
Dipl.-Ing R. Joswig, Begrüßung, Geschäftsführer TransnetBW GmbH
- 9:30 Uhr: Prof. Dr. K. Frauendorfer / Dr. D. Graeber / Dr. M. Gratwohl /
Dr. G. Haarbrücker / C. Liebenberger / J. Wolpert
*Kostensenkungspotential beim Handel mit Strom aus erneuerbaren
Energien durch mathematische Optimierungsmodelle*
- 10:15 Uhr: Dr. I. Nolte
*Der Netzentwicklungsplan: Herausforderungen für die Marktmodellierung
und ihre Bedeutung für die Energiewende in Deutschland*
- 11:00 Uhr: Kaffeepause
- 11:15 Uhr: Prof. Dr. J. Hurink
*New dynamics in the energy supply chain – a challenge for Operations
Research*
- 12:00 Uhr: Prof. Dr. W. Fichtner / Prof. Dr. D. Möst / Dr. V. Bertsch
Zur Berücksichtigung elektrischer Netze in Energiesystemmodellen
- 12:45 Uhr: Mittagspause
- 13:30 Uhr: Exkursion zur Hauptschaltleitung nach Wendlingen
(Führung ab 14.15, G. Zeitler, TransnetBW GmbH)
- 15:45 Uhr: Kaffeepause
- 16:15 Uhr: Prof. Dr. B. Werners / Dipl.-Ök. K. Schulz
Flexibilitätsinvestitionen zur Optimierung von KWK-Anlagen
- 17:00 Uhr: Dr. Armin Schmiegel / Prof. Dr. A. Kleine
*Optimierte Betriebsführungsstrategien von Solarstrom-Speichersystemen
unter Berücksichtigung einer zeitlich variablen Tarifstruktur*
- 17:45 Uhr: Rückfahrt nach Stuttgart
- 19:00 Uhr: Gemeinsames Abendessen im Restaurant Cube,
Stuttgart, Kleiner Schloßplatz 1

Samstag, 01.02.2014, Stuttgart, Geno-Haus:

- 9:00 Uhr: Prof. Dr. M. Breitner
ESME – Entscheidungsunterstützungssystem für das strategische Management der „Energiewende“
- 9:45 Uhr: Dr. C. Kellenbrink
Ressourcenbeschränkte Projektplanung für flexible Projekte
- 10:30 Uhr: Kaffeepause
- 10:45 Uhr: Jun.-Prof. Dr. M. Schneider
Granular Tabu Search for the Vehicle Routing Problem with Time Windows
- 11:30 Uhr: Dipl.-Wirt.-Math. M. Grunewald
Planung von Milkruns in der automobilen Beschaffungslogistik
- 12:15 Uhr: Kaffeepause
- 12:30 Uhr: Kommissionssitzung der WK OR
(nur für Kommissionsmitglieder)
Ende ca. 13:00 Uhr

Abstracts zu den Vorträgen

Kostensenkungspotential beim Handel mit Strom aus erneuerbaren Energien durch mathematische Optimierungsmodelle

Prof. Dr. K. Frauendorfer / Dr. M. Gratwohl. / Dr. G. Haarbrücker / C. Liebenberger (Universität St. Gallen) / Dr. D. Graeber / J. Wolpert (TransnetBW GmbH)

Die Volumendynamik offener Positionen im Intra-Day Handel wird primär beeinflusst durch die stochastische Einspeisung von Strom, der durch Windkraft oder Photovoltaik erzeugt wird. Im Mittelpunkt des Beitrags stehen mathematische Optimierungsmodelle für die kurzfristige, benchmarkorientierte Bewirtschaftung dieser offenen Positionen im Intra-Day-Handel auf Basis von sich kurzfristig ändernden Einspeiseprognosen und allfälliger Preisanomalien innerhalb der Intra-Day Produkte. Die numerischen Ergebnisse dokumentieren das Kostensenkungspotential in Abhängigkeit der Volatilitätsstrukturen für Volumina und Intra-Day-Preise in 1/4h-Granularität.

Der Netzentwicklungsplan: Herausforderungen für die Marktmodellierung und ihre Bedeutung für die Energiewende in Deutschland

Dr. Isabell Nolte (TransnetBW GmbH)

Deutschland geht neue Wege in der Energiepolitik. Die Stromnetze haben bei der Neugestaltung der Energielandschaft eine Schlüsselfunktion: Damit beim Ausbau und dem Einsatz alternativer Energien Versorgungssicherheit und hohe Netzstabilität auch weiterhin gewährleistet bleiben, sind die Modernisierung und der Ausbau der Stromnetze notwendig. Ein zukunftsfähiges und nachhaltiges Netz muss stärker, flexibler und schneller sein als das heutige. Dieses Netz der Zukunft wird gemeinsam von allen vier Übertragungsnetzbetreibern in Deutschland geplant und als Netzentwicklungsplan veröffentlicht.

Bei der Erarbeitung des Netzentwicklungsplans steht am Anfang eine Marktsimulation, die unter Berücksichtigung des europäischen Auslands die Energietransite sowie das Erzeugungs- und Verbrauchsgeschehen in Deutschland betrachtet. Die Ergebnisse dieser Marktsimulation bilden die Grundlage für anschließende Netzplanung und Technologieauswahl.

Vor diesem Hintergrund ergeben sich besondere Anforderungen und Herausforderungen für die Marktmodellierung, die im modelltheoretischen Teil des Vortrags beleuchtet werden. Weiterhin gibt der Vortrag Einblicke in die Ergebnisse der Marktsimulation des Netzentwicklungsplans und deren Bedeutung für die Entwicklung des Stromnetzes in Deutschland.

New dynamics in the energy supply chain – a challenge for Operations Research

Prof. Dr. J. Hurink (University of Twente, Enschede, The Netherlands)

Concerns about climate change, increasing energy prices and the dependability on energy supply ask for drastic changes in the energy supply chain. Current trends in energy consumption results in an increasing and more fluctuating electricity usage, causing a decreasing efficiency of conventional power plants and increasing requirements on the grid and generation capacity. Furthermore, in order to meet the CO₂ emission reductions aimed for in the European 20-20-20 agreements, at least a large part of the electricity should be generated by renewable sources which are to a large extent uncontrollable. This introduces even more challenges to maintain a reliable and affordable electricity supply. Therefore, new ways 1) to achieve a more efficient use of the generated electricity of existing power plants, 2) to facilitate the large scale introduction of renewable sources and 3) to allow a large scale introduction of new technologies for consumption and storage of energy, is required, while maintaining grid stability and ensuring a reliable and affordable supply.

To cope with these challenges, the concept of 'Smart Grids' or 'Smart Energy Systems' came up meaning that communication and intelligent control is added to the grid. To realize this concept in practice, totally new concepts for planning and control are needed. In this talk some of these planning and control related aspects and a concrete concept of a control methodology are presented.

Zur Berücksichtigung elektrischer Netze in Energiesystemmodellen

Prof. Dr. W. Fichtner (Karlsruher Institut für Technologie) / Prof. Dr. D. Möst (Technische Universität Dresden) / Dr. Bertsch (Karlsruher Institut für Technologie)

Elektrischen Netzen kommt im zukünftigen Energiesystem eine sehr wichtige Rolle zu – einerseits zum weiträumigen Transport elektrischer Energie in die Verbrauchszentren, andererseits zur Aufnahme dezentraler Einspeisungen. Im Rahmen des Vortrags sollen verschiedene Verfahren zur Modellierung elektrischer Netze in Energiemodellen beschrieben und anschließend ausgewählte Ergebnisse aufgezeigt werden. In den Ergebnissen soll vor allem auf Auswirkungen des Redispatch, die Notwendigkeit des Speicherzubaues und den modellendogenen Netzzubau eingegangen werden.

Flexibilitätsinvestitionen zur Optimierung von KWK-Anlagen

Prof. Dr. Brigitte Werners / Dipl.-Ök. Katrin Schulz (Ruhruniversität Bochum)

Die mit der Liberalisierung eingeleitete und durch die Förderung erneuerbarer Energien verstärkte Veränderung des deutschen Energiemarktes stellt Energieversorgungsunternehmen vor zunehmende Herausforderungen. Neben dem gestiegenen Wettbewerbsdruck steht insbesondere die Notwendigkeit zur Flexibilisierung konventioneller Erzeugungsanlagen im Vordergrund, was durch entsprechende Investitionen unterstützt werden kann. Energieversorgungsunternehmen, die ihre Kunden nicht nur mit Strom, sondern auch mit Fernwärme versorgen und dafür Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK-Anlagen) betreiben, sind aufgrund des gekoppelten Erzeugungsprozesses vor besondere Herausforderungen gestellt. Um eine sichere Versorgung der Kunden mit Strom und Fernwärme zu gewährleisten, ist die Fahrweise der KWK-Anlage auf die unsichere, jeweils aktuelle Nachfrage anzupassen. Zudem kommen sowohl ein Fernwärmespeicher als auch ein Elektrodenheizkessel als Flexibilitätsinvestition in Betracht, die sich jedoch grundlegend in ihrer Wirkungsweise unterscheiden: Während in einem Fernwärmespeicher heißes Wasser gespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt für die Fernwärmeversorgung eingesetzt werden kann, bietet der Elektrodenheizkessel die Möglichkeit, geringe Preise an der Strombörse kurzfristig für die Erzeugung von Fernwärme auszunutzen. Aufgrund der Strompreisschwankungen an der Strombörse und der vorrangigen Einspeisung von Strom aus KWK-Anlagen besteht in Abhängigkeit von den Strompreisen das Potenzial, zusätzliche Strommengen zu verkaufen bzw. zu kaufen. Die auf Basis einer Make-or-Buy-Entscheidung erzielten Einsparungen bzw. zusätzlichen Erlöse bestimmen maßgeblich die Wirtschaftlichkeit der Flexibilitätsinvestitionen. Diese können mit Hilfe eines Optimierungsmodells für den operativen KWK-Anlageneinsatz bestimmt werden, in dem zudem die optimalen Kapazitäten der zusätzlichen Anlagen für eine Investitionsentscheidung ermittelt werden können.

Optimierte Betriebsführungsstrategien von Solarstrom-Speichersystemen unter Berücksichtigung einer zeitlich variablen Tarifstruktur

Dr. A. Schmiegel (Bosch Power Tec GmbH) / Prof. Dr. A. Kleine (FernUniv. Hagen)

In den letzten Jahren hat ein Wandel in der Solarbranche begonnen: Stand in den Jahren zuvor stets der Verkauf von Solarstrom mit dem EEG als Renditegarant im Vordergrund, wandelt sich die Betrachtung mehr in Richtung Eigenverbrauch. Ziel ist es, möglichst viel Solarstrom zur Deckung des eigenen Strombedarfs zu verwenden und lediglich Überschüsse zu verkaufen. Für eine Bewertung der Investition muss somit sowohl der Ertrag aus verkauftem Solarstrom, als auch die reduzierten Energiekosten berücksichtigt werden.

Um den Anteil des selbstverbrauchten Solarstroms zu erhöhen, bieten verschiedene Hersteller Solarstrom-Speichersysteme an, die den überschüssigen Solarstrom zwischenspeichern. Diese Systeme unterscheiden sich in der technischen Umsetzung und der verwendeten Speichertechnologien. Die verwendete Betriebsführung beruht in der Regel auf der aktuell vorhandenen statischen Tarifstruktur: Eine Überproduktion von Solarstrom wird gespeichert und im Fall einer Unterversorgung abgerufen.

Es stellt sich jedoch die Frage, ob für die aktuelle, statische Tarifstruktur eine alternative, finanziell vorteilhaftere Betriebsführung existiert. Im Rahmen dieses Beitrages wird ein Ansatz vorgestellt, mit dem PV-Speichersysteme technologieunabhängig beschrieben werden können und diese Fragestellung in Form eines linearen Programms gelöst werden kann. Auf Basis dieses Ansatzes werden weiterhin für verschiedene, variable Tarifstrukturen optimale Betriebsführungen vorgestellt.

ESME – Entscheidungsunterstützungssystem für das strategische Management der „Energiewende“

Prof. Dr. M. Breitner (Leibniz Universität Hannover)

Der politisch und gesellschaftlich gewollte, grundlegende Systemwechsel des deutschen Energiesystems („Energiewende“) wird heute noch zu wenig integriert für die Energiesektoren Wärme/Kälte/Gebäude, Verkehr und Strom untersucht. Deutsche Energieverbrauchsziele, vor allem eine Kostenbegrenzung, werden nur ungenügend mit deutschen Klimaschutzzielen verbunden betrachtet. Trotz vieler Studien zu Einzelaspekten der „Energiewende“ mit diversen Handlungsempfehlungen fehlt ein systematisches, transparentes, „open source“ Entscheidungsunterstützungssystem für das strategische Management der deutschen „Energiewende“ für die Politik, für die Wirtschaft, für die Forschung und für Verbände und Organisationen.

Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines professionellen Entscheidungsunterstützungssystems für das strategische, mittel- und langfristige Management der „Energiewende“ (ESME). ESME ist webbasiert und mandantenfähig konzipiert und wird Entscheidern aus Politik, Wirtschaft, Forschung, Verbänden und Organisationen wichtige Basisszenarien bereitstellen, die individuell und einfach modifiziert werden können. ESME soll frei verfügbar („open source“), einfach bedienbar, hardware- und betriebssystemneutral nach neuesten Standards für Softwarequalität (ISO/IEC 25000 „SQUARE“) konzipiert, entwickelt, implementiert, evaluiert und dokumentiert werden. Aufwändige deterministische und ggf. auch probabilistische Szenarioanalysen können durch grob granulare Parallelrechnungen auf preiswerten Compute Clustern in Echtzeit er-

möglichst werden. Im Projekt wird auch untersucht, wie ESME langfristig nachhaltig betrieben und weiterentwickelt werden kann, z.B. durch staatlich grundfinanzierte Forschungseinrichtungen oder Universitäten, durch ein Bundesministerium, durch einen grundfinanzierten IT-Dienstleister oder eine stabile ESME Nutzer- und Entwickler-Community.

ESME basiert auf einem mathematischen Gesamtmodell der deutschen „Energiewende“ für die Energiesektoren Wärme/Kälte/Gebäude, Verkehr und Strom. Prognostizierte exogene Einflüsse, z.B. die Kosten fossiler Kraft- und Brennstoffe oder die Auswirkungen technologischer Entwicklungen, werden in Basisszenarien modelliert, die durch ESME Nutzer anpassbar sind. Steuervariablen für eine „Energiewende“-Strategie sind staatliche Subventionen, Steuern, Gebühren und Umlagen, z.B. auf Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen, sowie staatliche Regulierung. Für das strategische Management werden private, unternehmerische und staatliche Investitionen – also die Finanzierung der „Energiewende“ mit Investitionsanreizen und -sicherheit – und die Energieverbrauchsgesamtkosten betrachtet. Wichtige Marktmechanismen, die Energieangebot und -nachfrage überall und jederzeit ausgleichen, werden modelliert. Ferner ist eine Modellierung der Begrenzung technischer, wirtschaftlicher und rechtlicher Risiken der „Energiewende“ notwendig. Politisch gewollte Ziele, z.B. die Begrenzung der Treibhausgasemissionen, die zeitliche und volumenmäßige Begrenzung staatlicher Subventionen und Investitionen oder ein Mindestanteil der Wertschöpfung in Deutschland sowie deutsche, maximal mögliche Entwicklungs- und Ausbauszenarien, z.B. für Solar-, Wind- und Biomasseenergie, werden als Randbedingungen modelliert. Auf Basis von interdisziplinären, energiesektorübergreifenden Ursachen-Wirkung-Modelle wird eine beschränkte Optimierung, z.B. die Minimierung der Energieverbrauchsgesamtkosten, vorgenommen. Endogen können u.a. private, unternehmerische und staatliche Investitionen, die Wertschöpfung, Energieverbrauchskosten und Anpassungskosten für die Energieinfrastruktur sowie Treibhausgasemissionen visualisiert und analysiert werden. Daraus werden – jederzeit anpassbar – Handlungsstrategien für Politik, Wirtschaft, Forschung, Verbände und Organisationen abgeleitet. ESME unterstützt somit einen „Masterplan der Energiewende“ für ein lernendes Energiesystem.

Ressourcenbeschränkte Projektplanung für flexible Projekte

Carolin Kellenbrink (Leibniz Universität Hannover)

Flexible Projekte zeichnen sich dadurch aus, dass die Projektstruktur nicht exogen gegeben ist. Im Rahmen der ressourcenbeschränkten Projektplanung für derartige Projekte muss somit nicht nur der zeitliche Ablauf des Projekts geplant werden. Es muss auch festgelegt werden, welche Arbeitsgänge überhaupt ausgeführt werden sollen bzw. welche Projektstruktur realisiert werden soll. Dabei hängt es von den zur Verfügung stehenden Ressourcen und der Zielsetzung des Projekts ab, welche Projektstruktur im spezifischen Anwendungsfall optimal ist.

Für diese Planung flexibler Projekte wird im Vortrag ein Modellierungsansatz vorgestellt, welcher das Grundmodell der ressourcenbeschränkten Projektplanung um die Entscheidung über die flexible Projektstruktur erweitert. Als Lösungsansatz wird ein Genetischer Algorithmus präsentiert. Zudem wird ein Ausblick gegeben, wie bei diesem Ansatz qualitative Eigenschaften berücksichtigt werden können.

Granular Tabu Search for the Vehicle Routing Problem with Time Windows
Jun.-Prof. Dr. Michael Schneider (Technische Universität Darmstadt)

One way to improve the runtime of local-search based metaheuristics without compromising solution quality is the use of granular neighborhoods. So-called sparsification methods are applied to restrict the neighborhoods to include only elements which are likely to be part of high-quality solutions. The effectiveness of this approach has been shown in earlier works, e.g., for the Capacitated Vehicle Routing Problem.

We study the application of granular neighborhoods for the Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW). We develop a high-quality tabu search (TS) method and investigate the effectiveness of several sparsification methods. Here, both heuristic measures that trade off travel distance and waiting time as well as reduced cost measures based on solutions of different assignment problems and network relaxations are studied. Moreover, we analyze the impact of the granular neighborhood size, which is defined as a percentage of the complete neighborhood, on the solution quality and runtime of our method. Finally, we investigate how dynamically altering neighborhood sizes can be used to assist diversification and intensification of the search.

With the right combination of sparsification method and neighborhood size, our TS is able to find high quality solutions for the notoriously hard VRPTW test instances of Solomon, achieving the best-known vehicle number of 405. The solution quality in terms of traveled distance is only marginally worse compared to the TS with regular, complete neighborhood (the average gap is below 1%), while runtime is reduced three-fold. In this way, our average computation time for the 100-customer Solomon instances is below 10 seconds.

Planung von Milkruns in der automobilen Beschaffungslogistik
Dipl.-Wirt.-Math. Martin Grunewald (Technische Universität Braunschweig)

Unternehmen, die Milkruns einsetzen, stehen vor der Herausforderung kostengünstige Standardtouren zu definieren, die robust gegenüber Schwankungen in den Transportbedarfen sind. In der Beschaffungslogistik resultieren die Transportbedarfe aus den Bestellmengen der zu beschaffenden Teile, welche ihrerseits in Grenzen frei wählbare Entscheidungsgrößen des Unternehmens darstellen. Daher müssen Bestellmengen- und Tourenplanung bei der Planung von kostengünstigen Milkruns gesamthaft betrachtet werden. Ziel dieses Beitrages ist es einen Ansatz zur Planung von Milkruns zu entwickeln, der eine solche gesamthafte Betrachtung erlaubt. Hierzu wird eine nivellierende Bestellpolitik in ein stochastisches Tourenplanungsmodell integriert. Zur Lösung des Modells wird ein approximatives Dekompositionsverfahren vorgestellt. In einem Fallbeispiel, basierend auf realen Daten eines Automobilherstellers, wird die Vorteilhaftigkeit des neuen Ansatzes gegenüber Ansätzen aus der Literatur gezeigt.