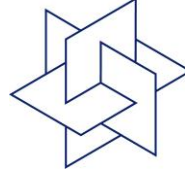




Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie



DFG-Forschungszentrum MATHEON
Mathematik für Schlüsseltechnologien



Untersuchung der technischen Kapazität von Gasnetzen

Dr. Thorsten Koch

Gefördert vom
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
in Zusammenarbeit mit der
Bundesnetzagentur und [Open Grid Europe](#)

Untersuchung der technischen Kapazität von Gasnetzen



Förderung: [Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie](#)

Laufzeit: 1.7.2009 bis 30.6.2012

Kooperation: Bundesnetzagentur
Open Grid Europe GmbH
DFG Forschungszentrum MATHEON

Projektpartner: [Zuse-Institut Berlin](#)
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Universität Duisburg Essen
Leibniz Universität Hannover
Technische Universität Braunschweig
Humboldt-Universität zu Berlin



**Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg**





1. Projektworkshop 8.11.2010



Untersuchung der technischen Kapazitäten von Gasnetzen

10:00	Die Rechtslage und daraus resultierende Fragestellungen Dr. T. Koch, Matheon / Zuse-Institut Berlin
10:40	Das Potential exakter Methoden Prof. Dr. A. Martin, Universität Erlangen-Nürnberg
11:20	Die Physik des Gases und ihre Konsequenzen Prof. Dr. M. Steinbach, Leibniz Universität Hannover
12:00	Mittagspause
13:00	Stochastische Eigenschaften des Abnehmerverhaltens Prof. Dr. W. Römisch, Humboldt-Universität zu Berlin
13:40	Was braucht man für eine robuste Gasversorgung? Prof. Dr. R. Schultz, Universität Duisburg-Essen
14:15	Pause
14:30	Zentrale Fragestellungen bei der Kapazitätsberechnung Prof. Dr. M. Pfetsch, Technische Universität Braunschweig
15:00	Diskussion

Verordnung über den Zugang zu Gasversorgungsnetzen

(Gasnetzzugangsverordnung - GasNZV)

vom 3.9.2010

§ 2 Begriffsbestimmungen



Technische Kapazität“ ist das **Maximum** an fester Kapazität, das der Netzbetreiber unter Berücksichtigung der **Systemintegrität** und der Erfordernisse des Netzbetriebs Transportkunden anbieten kann.

- Maximum → **Optimierungsproblem** → Prof. Martin
- Wie sagt man Systemintegrität voraus?
Stationäre oder dynamische Betrachtung?
Den stationären Zustand gibt es nie, der Dynamische hängt von einem (unbekannten) Anfangszustand ab.
Annahme: Dynamisch schließt stationär ein.
- Wenn der stationäre Zustand nicht vorkommt, wie genau muss dann die Physik abgebildet werden? → Prof. Steinbach
- Welche Annahmen muss/kann man noch machen?

§ 9 Ermittlung technischer Kapazitäten



- (1) Fernleitungsnetzbetreiber sind verpflichtet, die technischen Kapazitäten im Sinne des § 8 Absatz 2 zu ermitteln.
Sie ermitteln für alle Einspeisepunkte die Einspeisekapazitäten und für alle Ausspeisepunkte die Ausspeisekapazitäten.
- Bei den maximalen Einspeise- und Ausspeisekapazitäten handelt es sich um eine **Paretomenge** und folglich sind diese **nicht eindeutig**.
 - Die Summe der Kapazitäten hängt von der Wahl der Einspeise- bzw. Ausspeisepunkte ab.

§ 9 Ermittlung technischer Kapazitäten



§8 (2) Fernleitungsnetzbetreiber haben frei zuordenbare Kapazitäten anzubieten, die es ermöglichen, **gebuchte Ein- und Ausspeisekapazitäten ohne Festlegung eines Transportpfads zu nutzen. Transportkunden ist es zu ermöglichen, Ein- und Ausspeisekapazitäten unabhängig voneinander, in unterschiedlicher Höhe und zeitlich voneinander abweichend zu buchen.**

Die Rechte an gebuchten Kapazitäten (Kapazitätsrechte) berechtigen den Transportkunden, im Rahmen dieser Kapazitätsrechte Gas an jedem gebuchten Einspeisepunkt für die Ausspeisung an jedem gebuchten Ausspeisepunkt des betreffenden Marktgebiets bereitzustellen. [...]

- 5 mögliche Nominierungen an 2 Einspeisepunkten = 21 Möglichkeiten × passende Ausspeisenominierungen.
- 20 mögliche Nominierungen an 20 Einspeisepunkten = **137 Mrd.** Möglichkeiten × passende Ausspeisenominierungen.

§ 9 Ermittlung technischer Kapazitäten



- (2) Die erforderlichen Berechnungen von Ein- und Ausspeisekapazitäten in einem Marktgebiet erfolgen auf der Grundlage von **Lastflusssimulationen nach dem Stand der Technik**, die auch netz- und marktgebietsüberschreitende Lastflüsse berücksichtigen. Die Fernleitungsnetzbetreiber berücksichtigen dabei insbesondere die **historische und prognostizierte Auslastung der Kapazitäten sowie die historische und prognostizierte Nachfrage nach Kapazitäten** sowie Gegenströmungen auf Basis der wahrscheinlichen und realistischen Lastflüsse. [...]
- **Simulation kann NEIN nicht sicher feststellen.**
 - Annahme: Die Zukunft ist wie die Vergangenheit.
Für viele Ausspeisepunkte sicher annehmbar → Prof. Römisch.
 - Bei Einspeisepunkten und neu verkauften Kapazitäten schwierig.
 - **Ebenso in Bezug auf seltene Ereignisse.**
Wie sicher möchte man sich sein? → Prof. Schultz

§ 9 Ermittlung technischer Kapazitäten



(3) Führt die Berechnung der Ein- und Ausspeisekapazitäten nach Absatz 1 und 2 zu dem Ergebnis, dass sie nicht in ausreichendem Maß frei zuordenbar angeboten werden können, haben Fernleitungsnetzbetreiber wirtschaftlich zumutbare Maßnahmen zu prüfen, die das Angebot frei zuordenbarer Kapazitäten erhöhen. Sie haben insbesondere folgende Maßnahmen in der nachstehenden Reihenfolge zu prüfen:

§ 9 Ermittlung technischer Kapazitäten



1. vertragliche Vereinbarungen mit Dritten, die bestimmte Lastflüsse zusichern sowie geeignet und erforderlich sind, die Ausweisbarkeit frei zuordenbarer Ein- und Ausspeisekapazitäten zu erhöhen (**Lastflusszusagen**); der Umfang von Lastflusszusagen ist so gering wie möglich zu halten;
 2. das Angebot von Ein- und Ausspeisekapazitäten, die abweichend von § 8 Absatz 2 **mit bestimmten Zuordnungsaufgaben** verknüpft sind; diese Vorgaben sind so gering wie möglich zu halten;
 3. den **Ausschluss einzelner** Ein- und Ausspeisepunkte **von der freien Zuordenbarkeit**; diese Vorgaben sind so gering wie möglich zu halten. [...]
- (1) Fehlende Monotonie → Prof. Steinbach
 - (2) (3) sind situationsbezogen (dynamisch vs. stationär). Könnten sich bei einem weiteren Ausbau des Netzes ändern.
 - (1)(2)(3) verkomplizieren das theoretische Optimierungsproblem.

§ 9 Ermittlung technischer Kapazitäten



(4) Die Regulierungsbehörde genehmigt die Höhe der von den Fernleitungsnetzbetreibern nach Absatz 1 bis 3 ermittelten technischen Kapazität, [...] Bei der Genehmigung hat die Regulierungsbehörde insbesondere die in den Vorjahren ermittelte technische Kapazität und die in den Vorjahren ausgewiesenen Zusatzmengen im Sinne des § 10 Absatz 1 zu berücksichtigen. Die Fernleitungsnetzbetreiber haben der Regulierungsbehörde alle für eine Überprüfung der Ermittlung der technischen Kapazität erforderlichen Informationen, insbesondere zu den bei der Ermittlung der technischen Kapazität **verwendeten Annahmen**, zur Verfügung zu stellen und ihr Zugang zu den Kapazitätsberechnungssystemen zu gewähren. **Die zur Verfügung gestellten Daten müssen einen sachkundigen Dritten in die Lage versetzen, die Ermittlung der technischen Kapazität ohne weitere Informationen vollständig nachvollziehen zu können.**

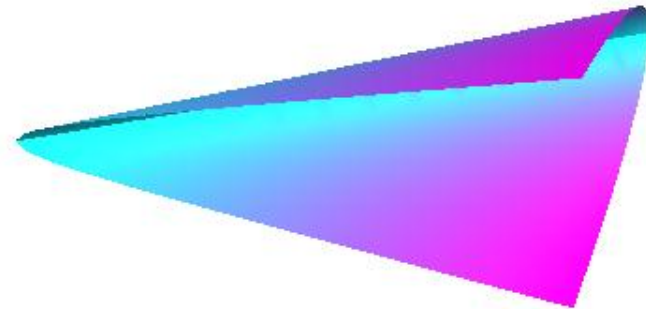
Nicht-linear nicht-konvex:

- ▷ Druckverlust in den Pipelines

$$p_u^2 - p_v^2 = cq_{uv}^2$$

- ▷ Kompressorleistung

$$f_{uv} = \gamma \left(\left(\frac{p_v}{p_u} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right) q_{uv} \leq f_{uv}^{\max}$$



Gemischt-Ganzzahlig:

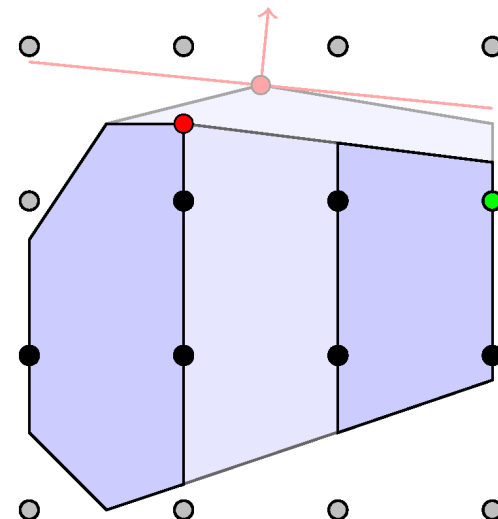
- ▷ Flußrichtung

$$s_{uv} = 0 \vee s_{vu} = 0$$

- ▷ Verknüpfungsbedingungen

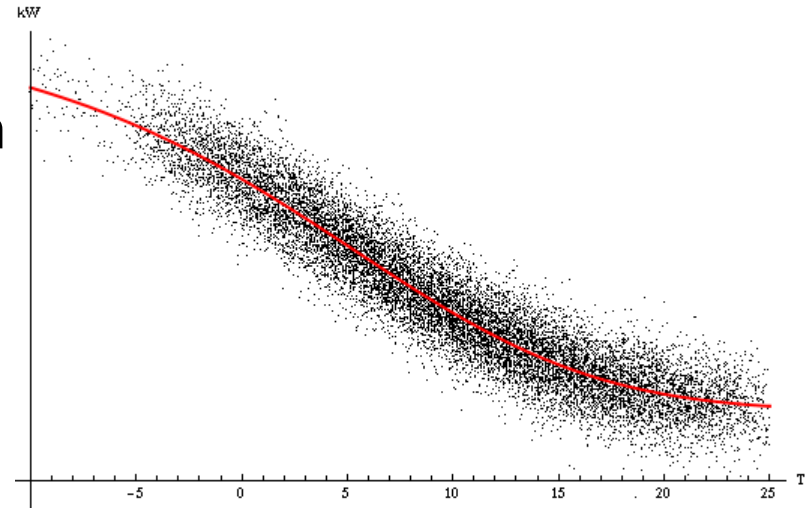
$$q_{uv} \leq q_{uv}^{\max} s_{uv}$$
$$p_u - p_v \leq Mr_e + \overline{d_e} s_{uv} - \underline{d_e} s_{vu}$$

- ▷ Kompressor an/aus



Stochastisch:

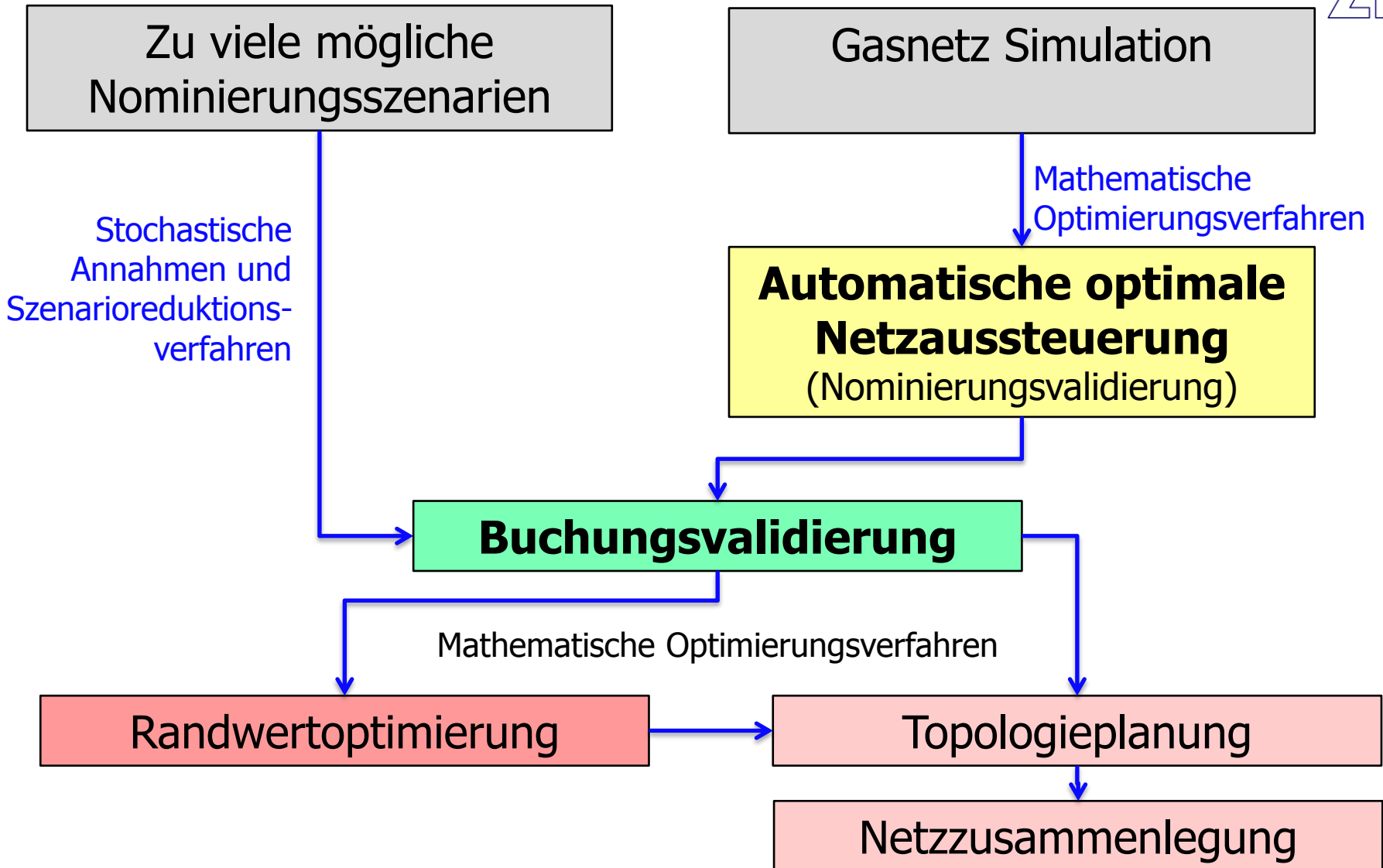
- ▷ Temperaturabhängige Nachfrage
- ▷ Stochastische Nominierungen an den Exits
- ▷ **Unbekannte** Nominierungen an den Entries



Stochastisches gemischt-ganzzahliges nicht-lineares Optimierungsproblem

Für diese Problemklasse gibt es keine einfache Nachprüfbarkeit von Lösungen.

Ablaufplan



- Die Berechnung der maximalen technischen Kapazität ist vom **theoretischen** Standpunkt aus allgemein **kaum lösbar**.
→ Prof. Steinbach, Prof. Schultz
- Das soll nicht heißen das man nicht **konkrete Aufgabenstellungen von einem praktischen Standpunkt aus befriedigend lösen** kann, auch mit Aussagen bzgl. der Güte der Lösungen.
→ Prof. Martin

hierfür sind zwei Dinge fundamental wichtig:

- **Die Aufgabenstellung muss möglichst präzise definiert werden.**
→ Prof. Pfetsch
- **und dafür muss man sich über die Annahmen verständigen, die man machen möchte.** → Prof. Römisch, Prof. Schultz

Vielen Dank!



Untersuchung der technischen Kapazität von Gasnetzen

10:00	Die Rechtslage und daraus resultierende Fragestellungen Dr. T. Koch, Matheon / Zuse-Institut Berlin
10:40	Das Potential exakter Methoden Prof. Dr. A. Martin, Universität Erlangen-Nürnberg
11:20	Die Physik des Gases und ihre Konsequenzen Prof. Dr. M. Steinbach, Leibniz Universität Hannover
12:00	Mittagspause
13:00	Stochastische Eigenschaften des Abnehmerverhaltens Prof. Dr. W. Römisch, Humboldt-Universität zu Berlin
13:40	Was braucht man für eine robuste Gasversorgung? Prof. Dr. R. Schultz, Universität Duisburg-Essen
14:15	Pause
14:30	Zentrale Fragestellungen bei der Kapazitätsberechnung Prof. Dr. M. Pfetsch, Technische Universität Braunschweig
15:00	Diskussion