

# Entwicklung und Anwendungsmöglichkeiten Analytischer Kostenmodelle für deutsche Gas- und Stromversorgungsnetze

Untersuchung im Auftrag der Bundesnetzagentur

Beitrag zur Sitzung des  
Konsultationskreises Anreizregulierung

Bonn, 26.01.2006



Rechenzentrum für  
Versorgungsnetze



# Überblick

- **Untersuchungsauftrag und Stand der Bearbeitung**
- **Anwendungsmöglichkeiten und Auslandserfahrungen**
- **Grundlagen der Modellierung**
- **Kostentreiberanalyse – ausgewählte Ergebnisse**

# Untersuchungsauftrag

- **Entwicklung von Modellen und Tools**
  - Modellnetzanalyse (MNA) Strom und Gas
  - Vergleichsnetzanalyse (VNA) Strom und Gas
- **Untersuchungen und Beratung zu Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung der Modelle im Regulierungskontext**
- **Kostentreiberanalysen für die Gestaltung der Benchmarking-Methodik (schwerpunktmäßig mittels Modellnetzanalyse)**
- **Beispielhafte Untersuchungen mit der Vergleichsnetzanalyse**
- **Übergabe der Tools und Anwendungsschulung**

# Stand der Bearbeitung

## ● Bisherige Sitzungen mit der BNetzA

- 11.11.2005: Kick-off-Treffen
- 22.11.2005: Abstimmung der Modell-Spezifikationen
- 15.12.2005: Anwendungsfragen und Auslandserfahrungen
- 16.01.2006: Kostentreiberanalyse – erste Ergebnisse

## ● Weitere Schritte

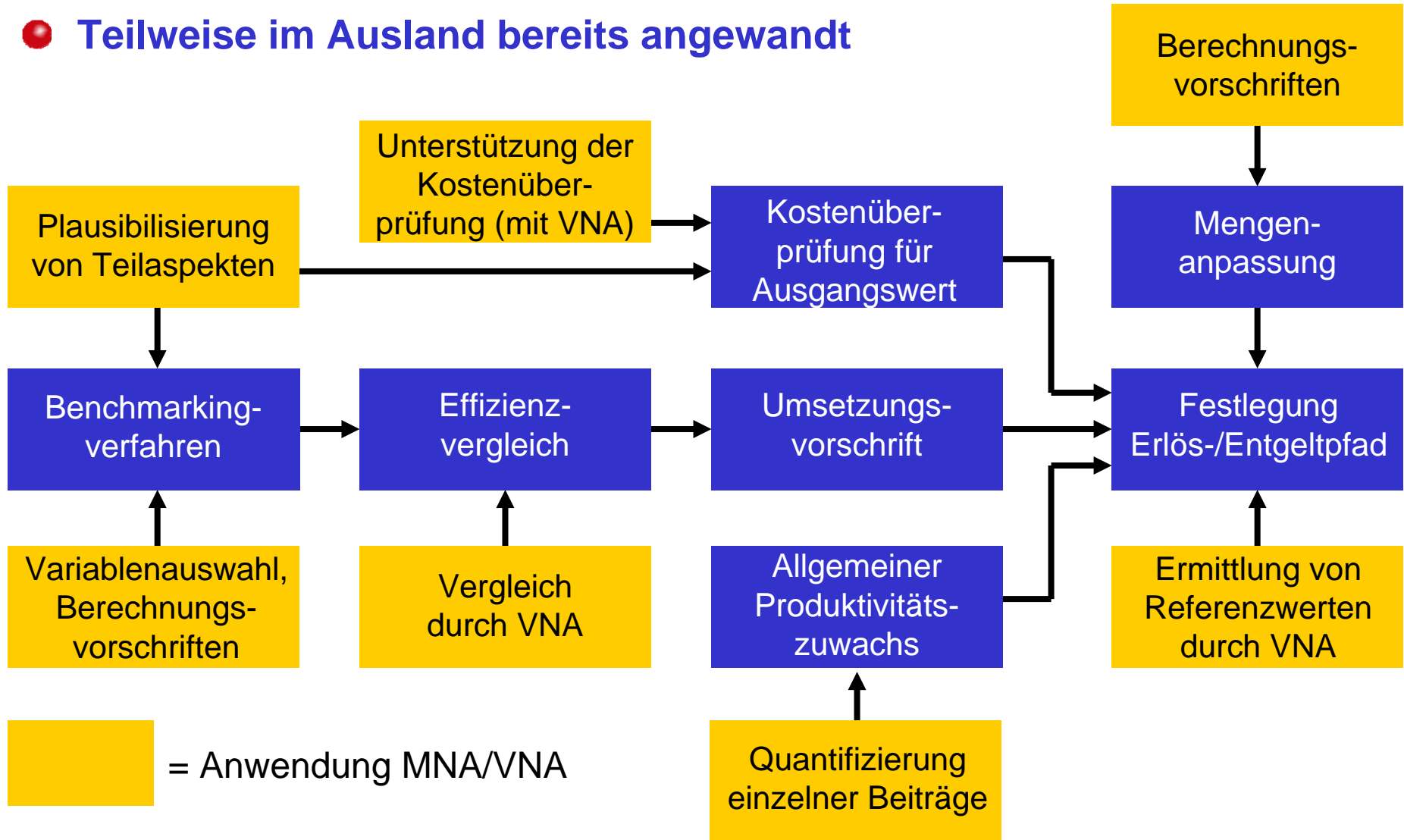
- Weiterführung der Kostentreiberanalyse
- Diskussion der Ergebnisse in AK/KK-Sitzungen und mit sonstigen Beratern der BNetzA (Schwerpunkte: Kostentreiber; Benchmarking)
- Durchführung beispielhafter Untersuchungen mit VNA
- Fertigstellung und Übergabe der Softwaretools
- Dokumentation

# Überblick

- Untersuchungsauftrag und Stand der Bearbeitung
- Anwendungsmöglichkeiten und Auslandserfahrungen
- Grundlagen der Modellierung
- Kostentreiberanalyse – ausgewählte Ergebnisse

# Anwendungsmöglichkeiten der MNA/VNA bei der Anreizregulierung (1)

- Mögliche, aber nicht ausschließliche Anwendungsmöglichkeiten
- Teilweise im Ausland bereits angewandt



# Anwendungsmöglichkeiten der MNA/VNA bei der Anreizregulierung (2)

- **Variablenauswahl für Benchmarking**
  - Analyse der Relevanz von Kostentreibern
  - Berechnungsvorschriften für Strukturvariablen
- **Effizienzvergleich**
  - Relativer Vergleich auf Basis von VNA-Ergebnissen
  - evtl. nur Vergleich von Anlagenbeständen, mit standardisierten Kostenansätzen bewertet
- **Allgemeiner Produktivitätsfortschritt**
  - Einfluss der Optimierung von Planungsgrundsätzen
- **Mengenanpassung**
  - Einfluss unterschiedlicher Beiträge zur Mengenänderung
  - Berechnungsvorschriften für Mengenanpassung

# Anwendungsmöglichkeiten der MNA/VNA bei der Anreizregulierung (3)

- **Plausibilisierung/Überprüfung von Teilaspekten für Kostenprüfung und/oder Effizienzvergleich**
  - Überprüfung des bestehenden Anlagen-Mengengerüsts
  - Analyse des Einfluss historischer Entwicklungen, z.B. bezüglich
    - Versorgungsaufgabe (Beispiel: „Umbau Ost“)
    - Netzstruktur und Wahl der Netzebenen
    - Lastrückgang an bestehenden Anschlüssen
    - eingesetzter Technologie
  - Einfluss der unvollständigen Gebietserschließung bei Gasnetzen
  - Relevanz der Substitutionsmöglichkeiten Capex/Opex
- **Ermittlung von Referenzwerten**
  - Absolute Beurteilung der wettbewerbsanalogen Kosten durch VNA (setzt hohe Ansprüche an Modellgenauigkeit und Parametrierung)



# Anwendung von Kostenmodellen im Ausland – Übersicht (1)

	Österreich	Schweden	Spanien
<b>Verwendung analytischer Kostenmodelle</b>	a) Identifikation von Kostentreibern; b) Messung von Kostenelastizitäten; c) Errechnen von Variablen für Benchmarking	Benchmarking Tool	Benchmarking Tool
<b>Vergleichsmaßstab</b>	Relativer Vergleich	Absoluter Vergleich	Relativer Vergleich
<b>Verwendetes AKM</b>	MNA	VNA	VNA
<b>Verglichene Kostenelemente</b>	Gesamtkosten, d.h. OPEX und CAPEX	Gesamtkosten, d.h. OPEX und CAPEX	Gesamtkosten, d.h. OPEX und CAPEX
<b>Verwendung der BM-Ergebnisse im Regulierungskontext</b>	Übersetzung der BM-Ergebnisse in Effizienzvorgaben nach fester, formaler Regel	Nutzung der Ergebnisse zur Schaffung eines Aufgreifstatbestands für weitere Untersuchungen	Übersetzung in Effizienzvorgaben nach fester, formaler Regel

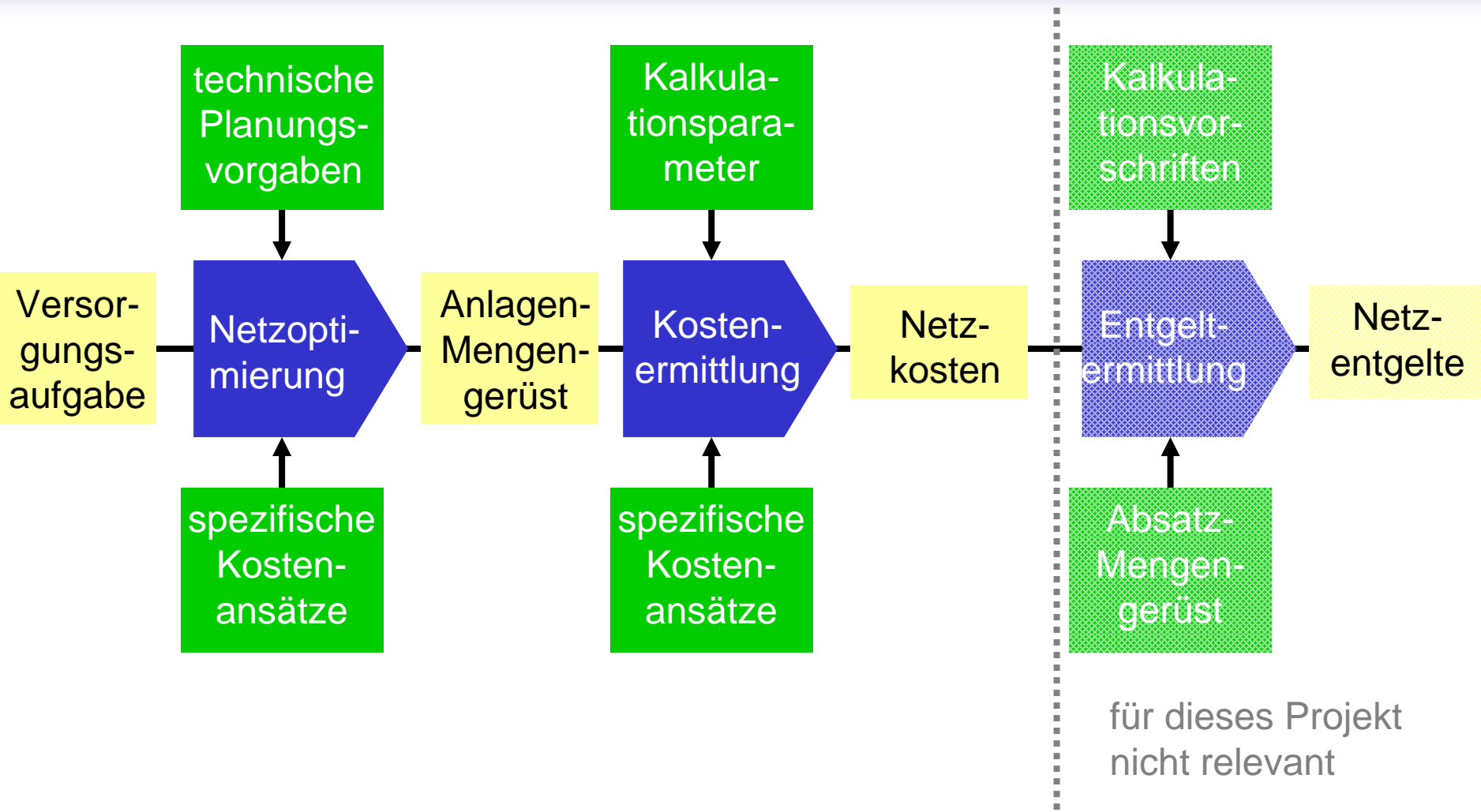
# Anwendung von Kostenmodellen im Ausland – Übersicht (2)

	Chile	UK (nur Betrachtung des PB Power-Modells)	Dänemark
<b>Verwendung analytischer Kostenmodelle</b>	Benchmarking Tool	Kenntnisse von Kostentreibern/Kosten werden verwendet, um optimale CAPEX-Neuinvestitionskosten für einen unternehmensindividuellen Kostenvergleich herzuleiten	Keine Verwendung eines AKM, sondern Gewichtung tatsächlicher Anlagenbestände mit durchschn. Kostenfaktoren
<b>Vergleichsmaßstab</b>	Absoluter Vergleich	Absoluter Vergleich	Relativer Vergleich
<b>Verwendetes AKM</b>	VNA	VNA (stark vereinfacht)	Keine Verwendung eines AKM
<b>Verglichene Kostenelemente</b>	Gesamtkosten, d.h. OPEX und CAPEX	Nur CAPEX für Neuinvestitionen	Gesamtkosten, d.h. OPEX und CAPEX
<b>Verwendung der BM-Ergebnisse im Regulierungskontext</b>	Übersetzung in Effizienzvorgaben nach fester, formaler Regel	Übersetzung in Effizienzvorgaben nach fester, formaler Regel	Übersetzung in Effizienzvorgaben nach fester, formaler Regel

# Überblick

- Untersuchungsauftrag und Stand der Bearbeitung
- Anwendungsmöglichkeiten und Auslandserfahrungen
- **Grundlagen der Modellierung**
- Kostentreiberanalyse – ausgewählte Ergebnisse

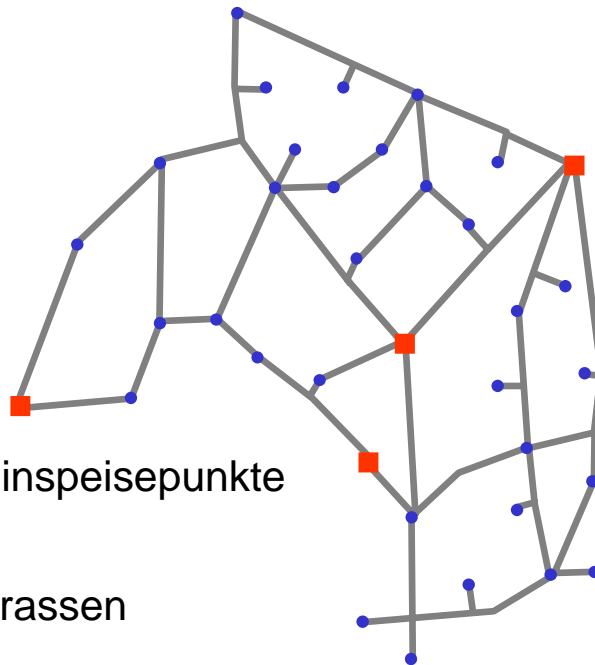
# Grundsätzliche Modellstruktur



# Modellierung der Versorgungsaufgabe

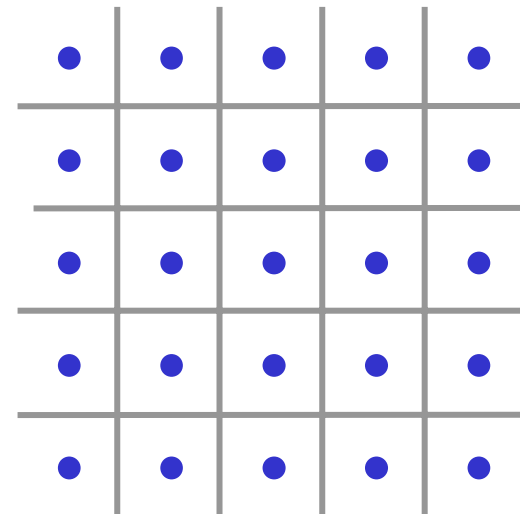
## ● Vergleichsnetzanalyse

- Vorgabe individueller Lastangaben und geogr. Koordinaten von Lasten und möglichen Trassen



## ● Modellnetzanalyse

- Annahme einer homogenen Laststruktur; Linien zwischen Grundstücksflächen stellen mögliche Trassen dar



# Anforderungen an die Modellierung

## ● Betrachtete Netzebenen

- VNA: alle Netzebenen; dabei oberste Ebene unter Vereinfachungen (Gas-Fernleitungsnetz bzw. Höchstspannungsnetz)
- MNA: alle Netzebenen außer oberster Ebene

## ● Eingangsgrößen

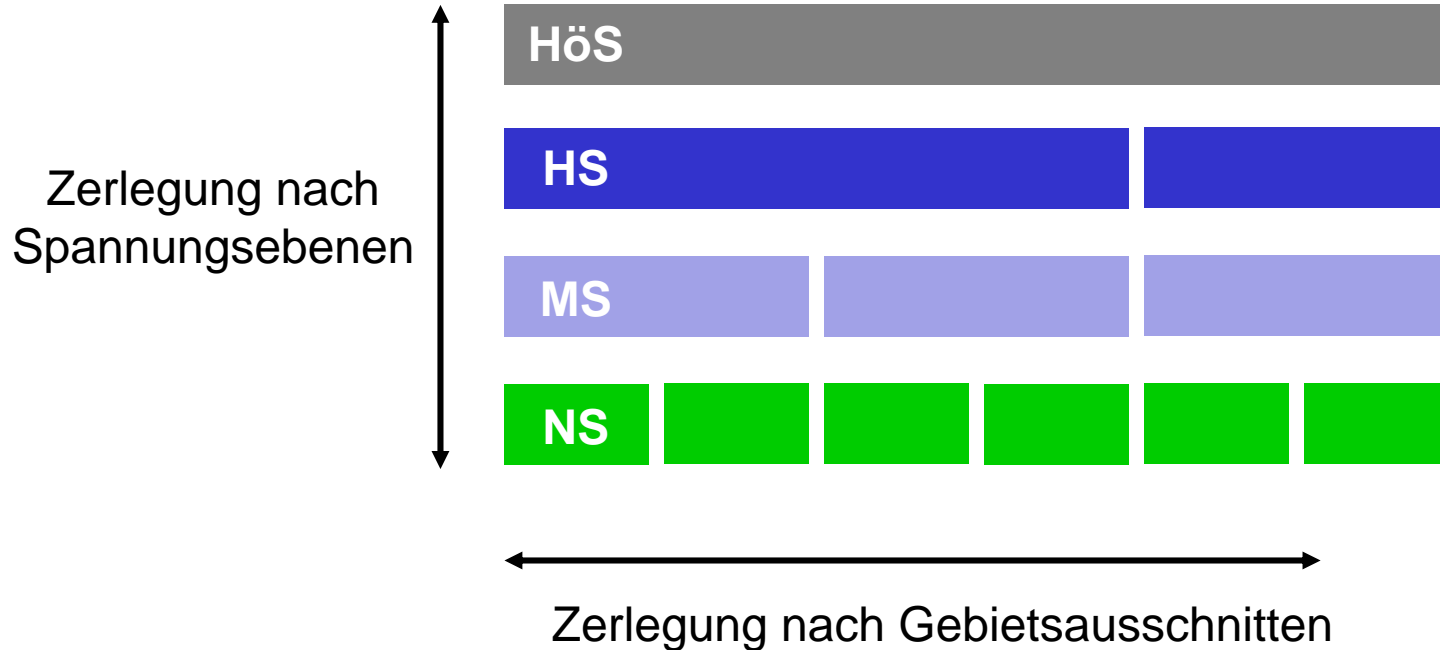
- *Versorgungsaufgabe* (Lasten, mögliche Trassen, etc.) – „exogen“
- *Planungsvorgaben* (Netzstruktur, Anlagentypen, etc.) – „endogen“

## ● Verfahrensansatz

- Ermittlung des kostenminimalen Anlagen-Mengengerüsts zur Erfüllung der Versorgungsaufgabe; „Grüne-Wiese-Ansatz“
- Untersuchungen z.B. zum Einfluss von Entwicklungspfaden durch Variantenanalyse möglich
- Die Modellierung setzt Näherungen/Vereinfachungen voraus, deren Auswirkungen bei der Anwendung zu berücksichtigen sind

# VNA: Ansatz zur Zerlegung der Optimierungsaufgaben

- Wegen der Komplexität der Zusammenhänge ist die maximale Größe des Betrachtungsbereichs bei der VNA grundsätzlich beschränkt
- Daher wird ein *Zerlegungsansatz* angewendet (z.B. Strom):



- Kopplungen zwischen den Ebenen können durch gegenseitige Vorgaben zwischen den Teilmodellen berücksichtigt werden, ggf. unter iterativer Anwendung

# Methodik der Kostenermittlung

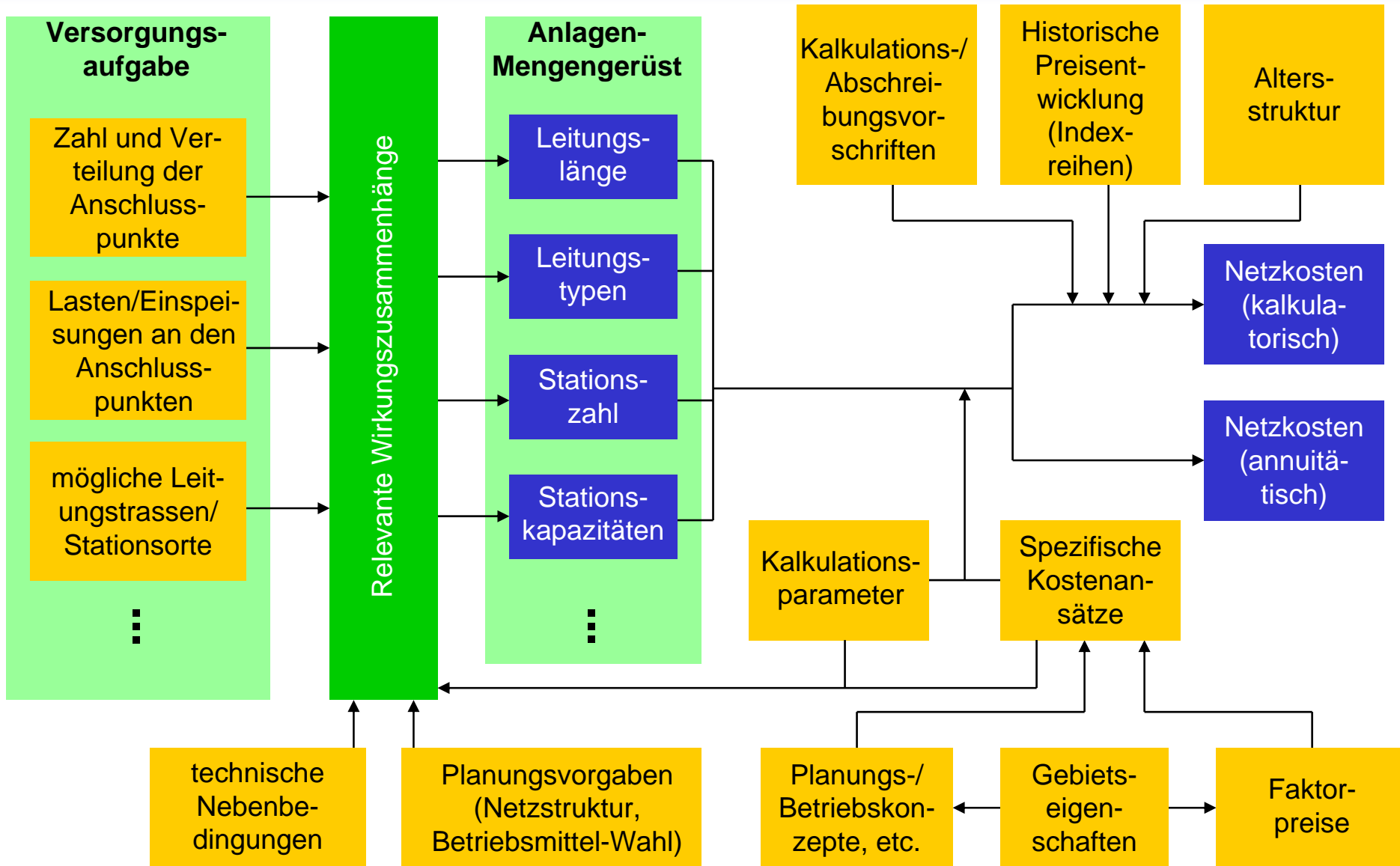
- **Die Modelle ermitteln annuitätische Netzkosten, d.h.**
  - langfristig durchschnittliche jährliche Kapital- und Betriebskosten,
  - basierend auf spezifischen Kostenansätzen je Anlagentyp,
  - bei jeweils zyklischer Erneuerung nach Ablauf der Nutzungsdauer.
  - Es werden nur direkt netzbezogene Kostenelemente berücksichtigt.
- **Diese Kosten können nicht direkt mit den kalkulatorischen Kosten verglichen werden, da diese von weiteren Faktoren abhängen, v.a.:**
  - Altersstruktur der Netzanlagen
  - Aktivierungspraxis
  - historische Entwicklung der spezifischen Kosten
- **Möglich ist jedoch ein Vergleich realer und modellierter Anlagen-Mengengerüste auf Basis der annuitätischen Kostenermittlung**



# Überblick

- **Untersuchungsauftrag und Stand der Bearbeitung**
- **Anwendungsmöglichkeiten und Auslandserfahrungen**
- **Grundlagen der Modellierung**
- **Kostentreiberanalyse – ausgewählte Ergebnisse**
  - Überblick
  - Anschlusszahl
  - Lasthöhe
  - Erschließungsstrategie
  - Inhomogenität der Versorgungsaufgabe
  - Stationsgröße
  - Dezentrale Erzeugungsanlagen
  - Schlussfolgerungen

# Übersicht: Kostentreiber und Wirkungszusammenhänge (vorläufige Darstellung; vereinfacht)



# Leitfragen bei der Kostentreiberanalyse

- Ist ein betrachteter Einflussfaktor ein signifikanter Kostentreiber?
- Auf welche Kostenelemente (v.a. welche Netzebenen) wirkt sich der Kostentreiber im wesentlichen aus?
- In welchem funktionalen Zusammenhang steht der Kostentreiber mit den davon im wesentlichen beeinflussten Kostenelementen?

# Übersicht zu untersuchender Kostentreiber

Aufstellung wesentlicher Kostentreiber	Bereits untersucht
<b>Eigenschaften der Versorgungsaufgabe („exogen“)</b>	
<b>Anschlusszahl</b>	<b>MNA (Gas, Strom), VNA (Strom)</b>
<b>Lasthöhe</b>	<b>MNA (Gas, Strom), VNA (Strom)</b>
<b>Erschließungsgrad</b>	<b>MNA (Gas)</b>
<b>Inhomogenität der Versorgungsaufgabe</b>	<b>MNA (Strom), VNA (Strom)</b>
<b>Dezentrale Einspeisung</b>	<b>VNA (Strom)</b>
<b>Geografische Besonderheiten</b>	
...	
<b>Einfluss von Planungsvorgaben („endogen“)</b>	
<b>Netzstruktur/Netzebenen</b>	<b>MNA (Gas)</b>
<b>Betriebsmittelwahl (Bsp.: Stationsgröße)</b>	<b>MNA (Strom)</b>
...	
<b>Einflüsse auf spezifische Kostenansätze (nicht mit MNA/VNA zu untersuchen)</b>	
<b>(z.B. Bodenversiegelung auf Grabungskosten)</b>	
...	

# Kostentreiberanalyse – Schlussfolgerungen

- **Ergebnisse bisheriger Untersuchungen zu Kostentreibern**
  - Die Anschlusszahl und Lasthöhe je Netzebene sowie deren Verteilung im Versorgungsgebiet (Inhomogenität) haben wesentlichen Einfluss auf Anlagen-Mengengerüst und Netzkosten
  - Im Hinblick auf die Erschließungsstrategie bei Gasnetzen ist zusätzlich die Kostenwirkung der Reservevorhaltung bei der Dimensionierung von Leitungen und Regelanlagen zu untersuchen
  - Dezentrale Erzeugungsanlagen haben Einfluss auf die Netzkosten, dessen quantitative Relevanz aber noch näher zu untersuchen ist
  - Auch Planungsvorgaben des Netzbetreibers wie die Stationsgröße beeinflussen die Kosten. Es ist zu diskutieren, ob und wie dies beim Effizienzvergleich zu berücksichtigen ist.
- **Diese Ergebnisse reflektieren den aktuellen Stand der modellbasierten Kostentreiberanalyse, die aber noch weiterzuführen ist**

# Überblick

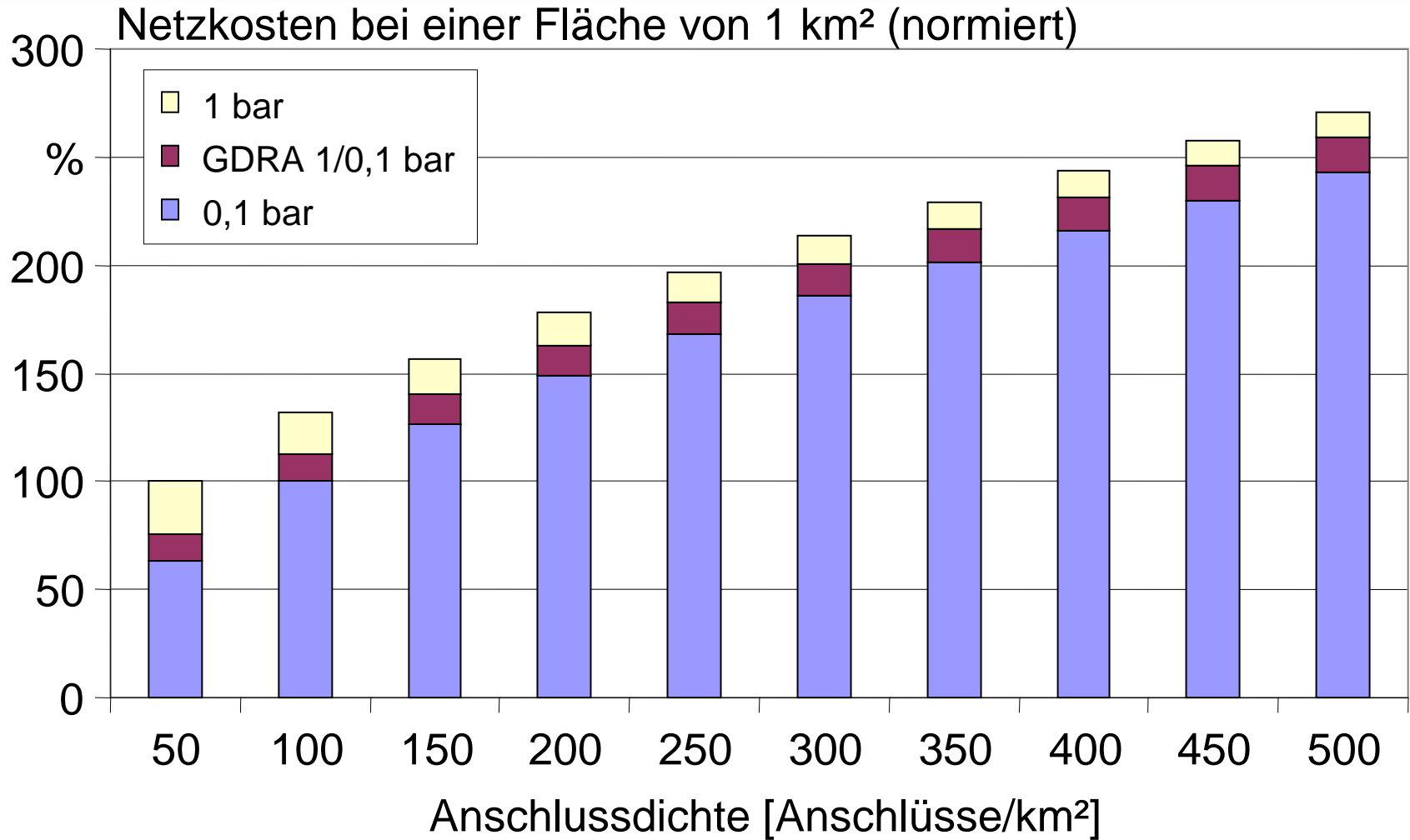
- **Untersuchungsauftrag und Stand der Bearbeitung**
- **Anwendungsmöglichkeiten und Auslandserfahrungen**
- **Grundlagen der Modellierung**
- **Kostentreiberanalyse – ausgewählte Ergebnisse**
  - Überblick
  - **Anschlusszahl**
  - Lasthöhe
  - Erschließungsstrategie
  - Inhomogenität der Versorgungsaufgabe
  - Stationsgröße
  - Dezentrale Erzeugungsanlagen
  - Schlussfolgerungen

# Untersuchung zur Anschlusszahl mittels MNA

- **Frage: Welchen Einfluss hat die Anschlusszahl für ein Gebiet mit konstanter Fläche (d.h. die Anschlussdichte<sup>1</sup>)?**
- **Untersuchung: Einfluss der Anschlussdichte in der ND- bzw. NS-Ebene auf die Kosten der unterschiedlichen Netzebenen bei**
  - konstanter Lasthöhe
  - konstanter Stationsdimensionierung
  - vollständiger Gebietserschließung

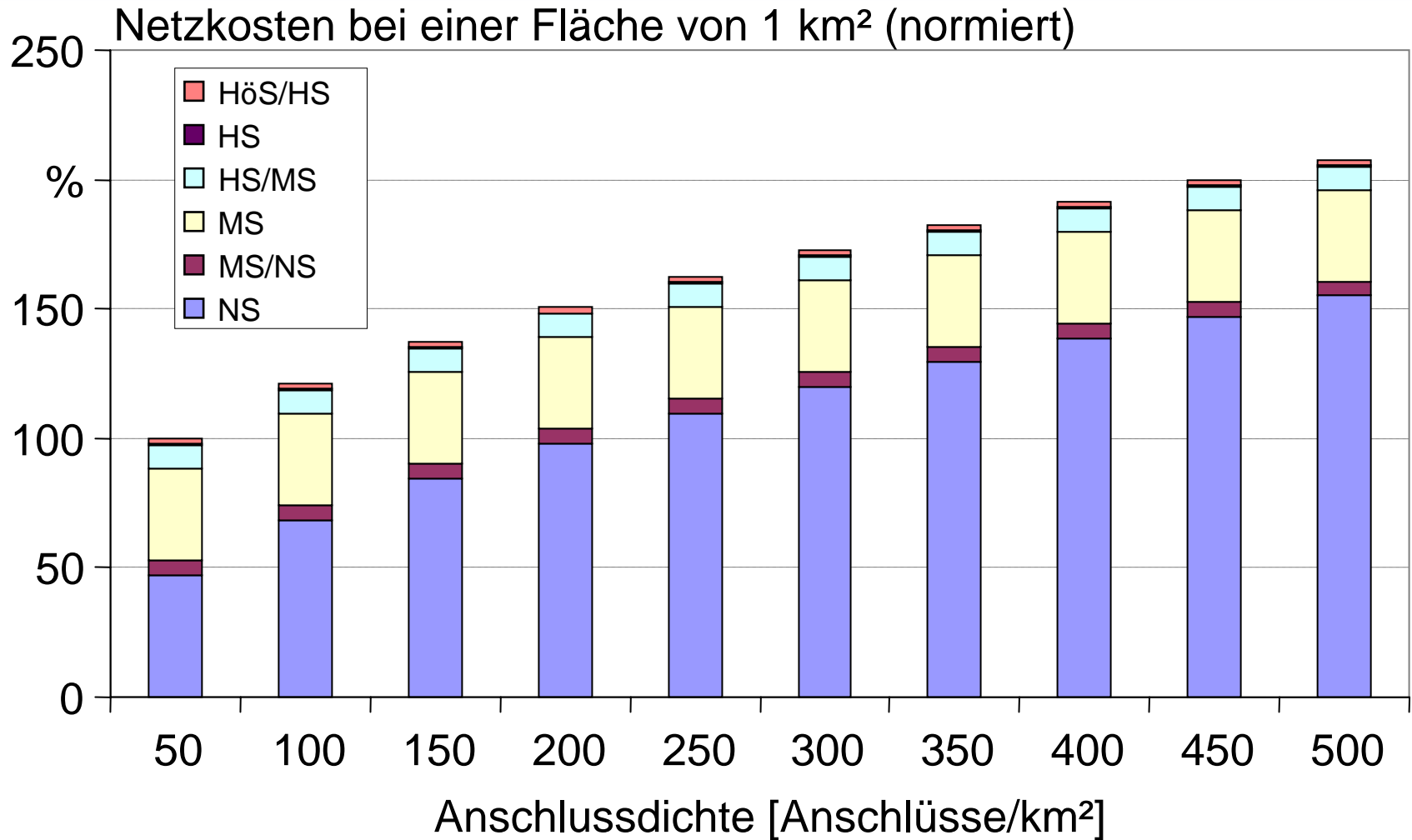
<sup>1</sup> *Anmerkung: Im Hinblick auf flächenbezogene Kenngrößen ist grundsätzlich zu untersuchen, welche Flächendefinition geeignet ist*

# Gas: Variation der Niederdruck-Anschlusszahl





# Strom: Variation der Niederspannungs-Anschlussdichte



# Bewertung des Einflusses der Anschlusszahl

- Die Anschlusszahl bei gegebener Fläche ist ein relevanter Kostentreiber aufgrund der mit steigender Anschlusszahl wachsenden *Leitungslänge* (und damit Leitungskosten)
- Die *Stationszahl* ist – bei gleichbleibender Gesamtlast – nicht nennenswert von der Anschlusszahl beeinflusst
- Es besteht ein unterproportionaler Zusammenhang zwischen der Anschlussdichte und der Leitungslänge: Die Leitungslänge ist ungefähr proportional der Quadratwurzel der Anschlussdichte

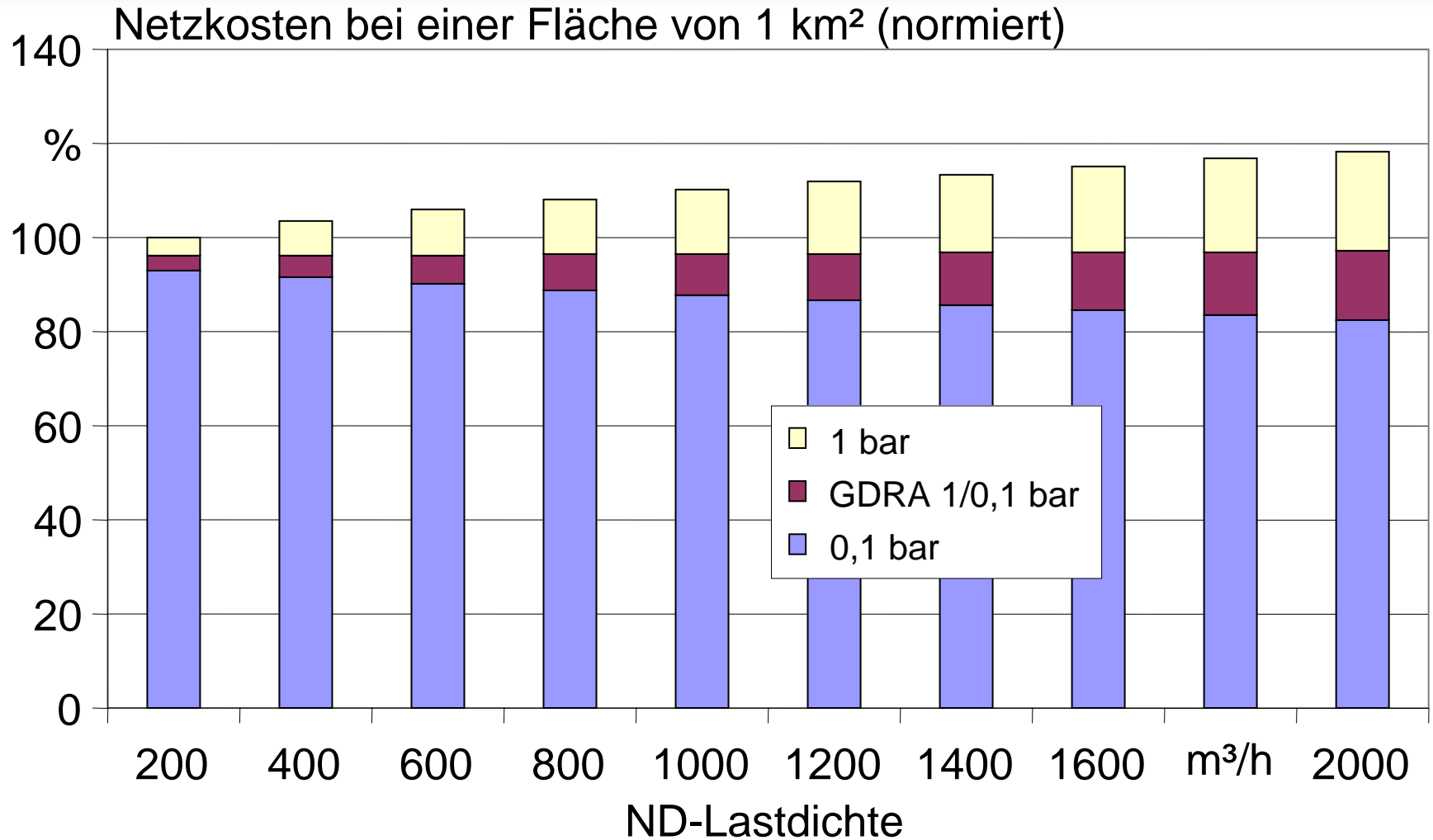
# Überblick

- **Untersuchungsauftrag und Stand der Bearbeitung**
- **Anwendungsmöglichkeiten und Auslandserfahrungen**
- **Grundlagen der Modellierung**
- **Kostentreiberanalyse – ausgewählte Ergebnisse**
  - Überblick
  - Anschlusszahl
  - Lasthöhe
  - Erschließungsstrategie
  - Inhomogenität der Versorgungsaufgabe
  - Stationsgröße
  - Dezentrale Erzeugungsanlagen
  - Schlussfolgerungen

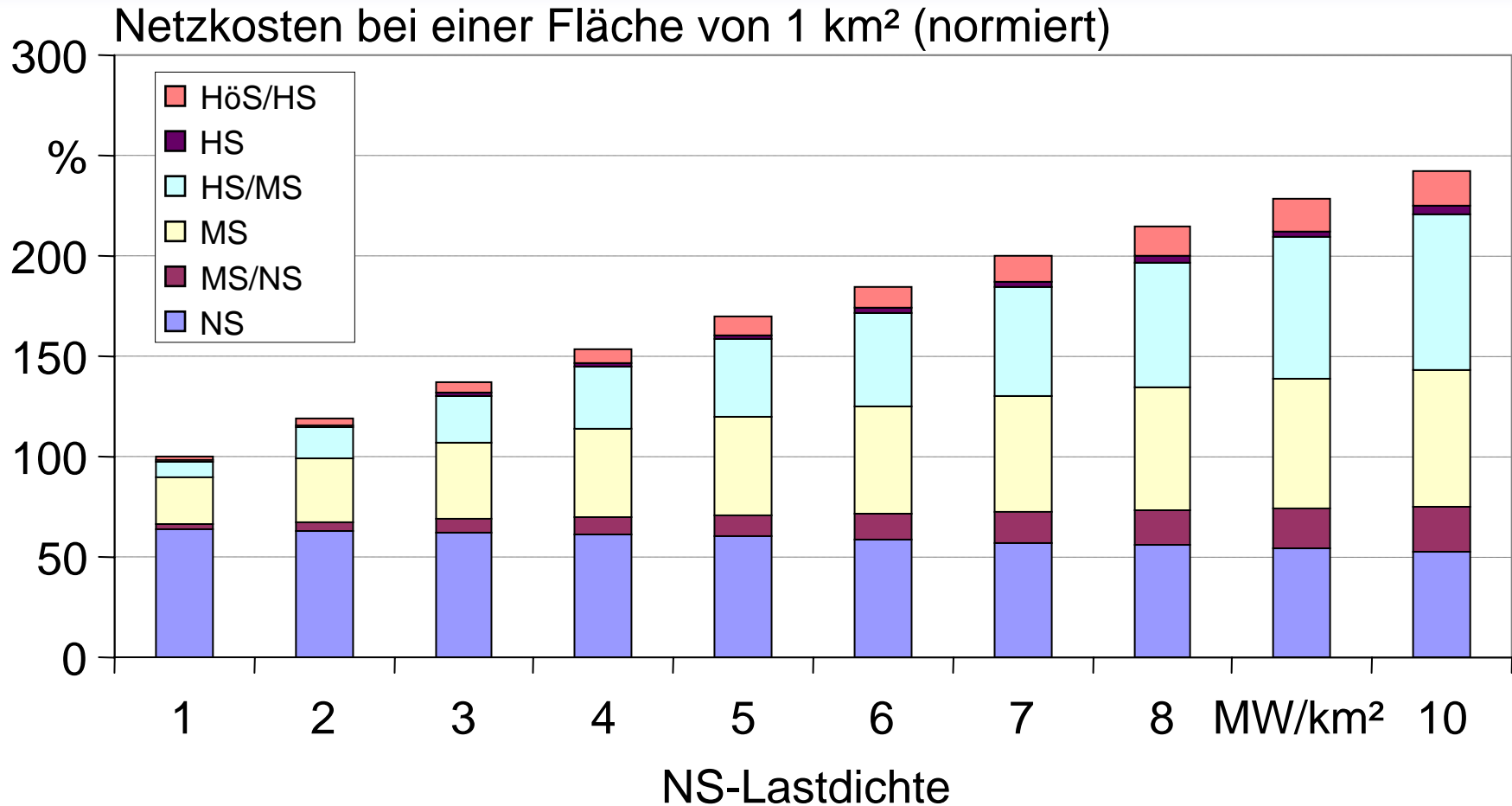
# Untersuchung zur Lasthöhe mittels MNA

- **Frage: Welchen Einfluss hat die Lasthöhe für ein Gebiet mit konstanter Fläche (d.h. die Lastdichte) bei konstanter Anschlusszahl?**
- **Untersuchung: Einfluss der Lastdichte in der ND- bzw. NS-Ebene auf die Kosten der unterschiedlichen Netzebenen bei**
  - konstanter Anschlusszahl
  - konstanter Stationsdimensionierung
  - variabler Stationszahl

# Gas: Variation der Niederdruck-Lasthöhe



# Strom: Variation der Niederspannungs-Lasthöhe



# Bewertung des Einflusses der Lasthöhe (1)

- Die **Leitungslänge** ist von der Lasthöhe abhängig, wobei
  - die Leitungslänge der ND- bzw. NS-Ebene sehr schwach und eher negativ korreliert ist,
  - die Leitungslänge der MD- bzw. MS-Ebene deutlicher und positiv korreliert ist
- Der **Anstieg des Leitungslängenbedarfs in überlagerten Ebenen resultiert aus dem Anstieg der Anschlusszahl in dieser Ebene**
  - Die *Stationszahl* steigt (bei der hier als konstant angenommenen Stationsgröße) proportional mit der Lasthöhe
  - Allerdings besteht in der Praxis ein Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen Stationsgröße und der Lasthöhe. Dadurch ist die Stationszahl eher unterproportional mit der Lasthöhe korreliert (vgl. spätere Untersuchung zum Einfluss der Stationsgrößen)

# Strom: Untersuchung zur Lasthöhe in der Hochspannungs-Ebene mittels VNA

## ● Untersuchtes HS-Netzgebiet:

- Größe des Versorgungsgebietes: 3000 km<sup>2</sup>
- Umspannstationen:
  - HöS / HS: 3
  - HS / MS: 36
- Variation der Lasthöhe (gleichmäßig skaliert):
  - Fall 1: Lastdichte = 0,2 MW/km<sup>2</sup> (100 %)
  - Fall 2: Lastdichte = 0,3 MW/km<sup>2</sup> (150 %)

## ● Bei der Untersuchung wurde unterstellt, dass die Stationszahl nicht variiert werden kann

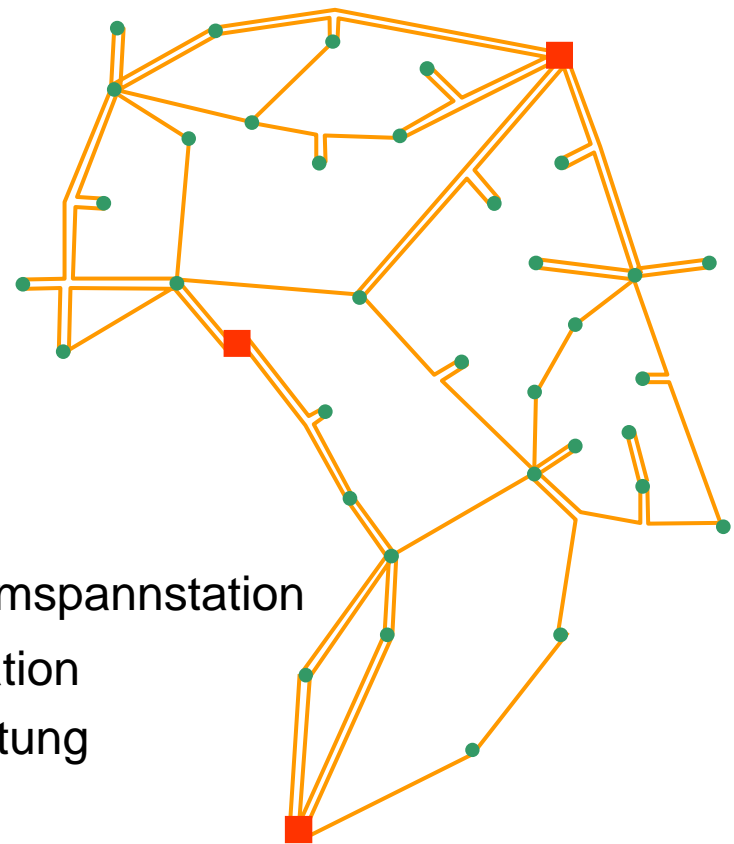
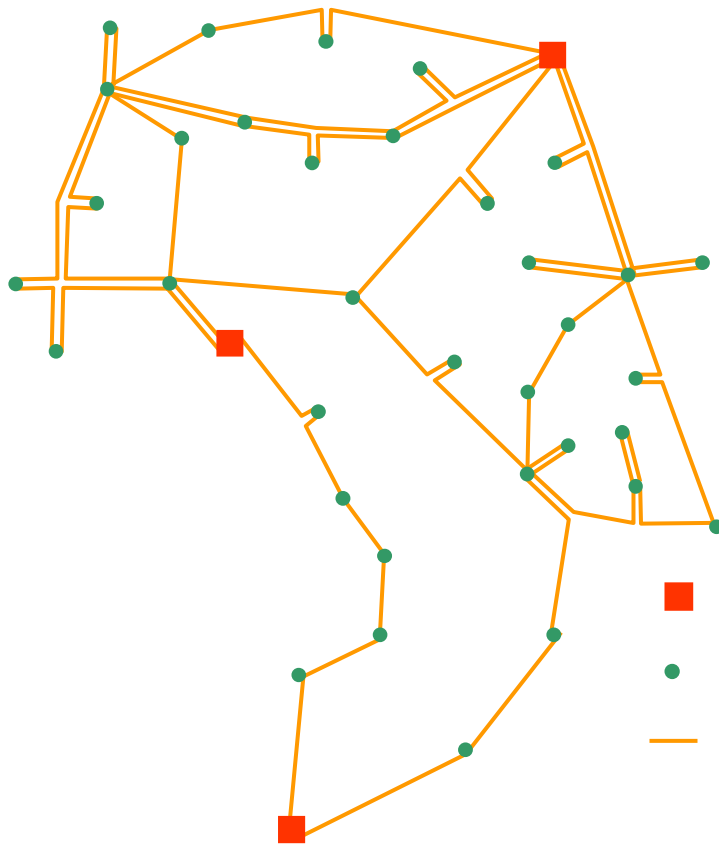


# Variation der Hochspannungs-Lasthöhe

## ● Kostengünstigste Netzstrukturen

Lastdichte = 0,2 MW/km<sup>2</sup>

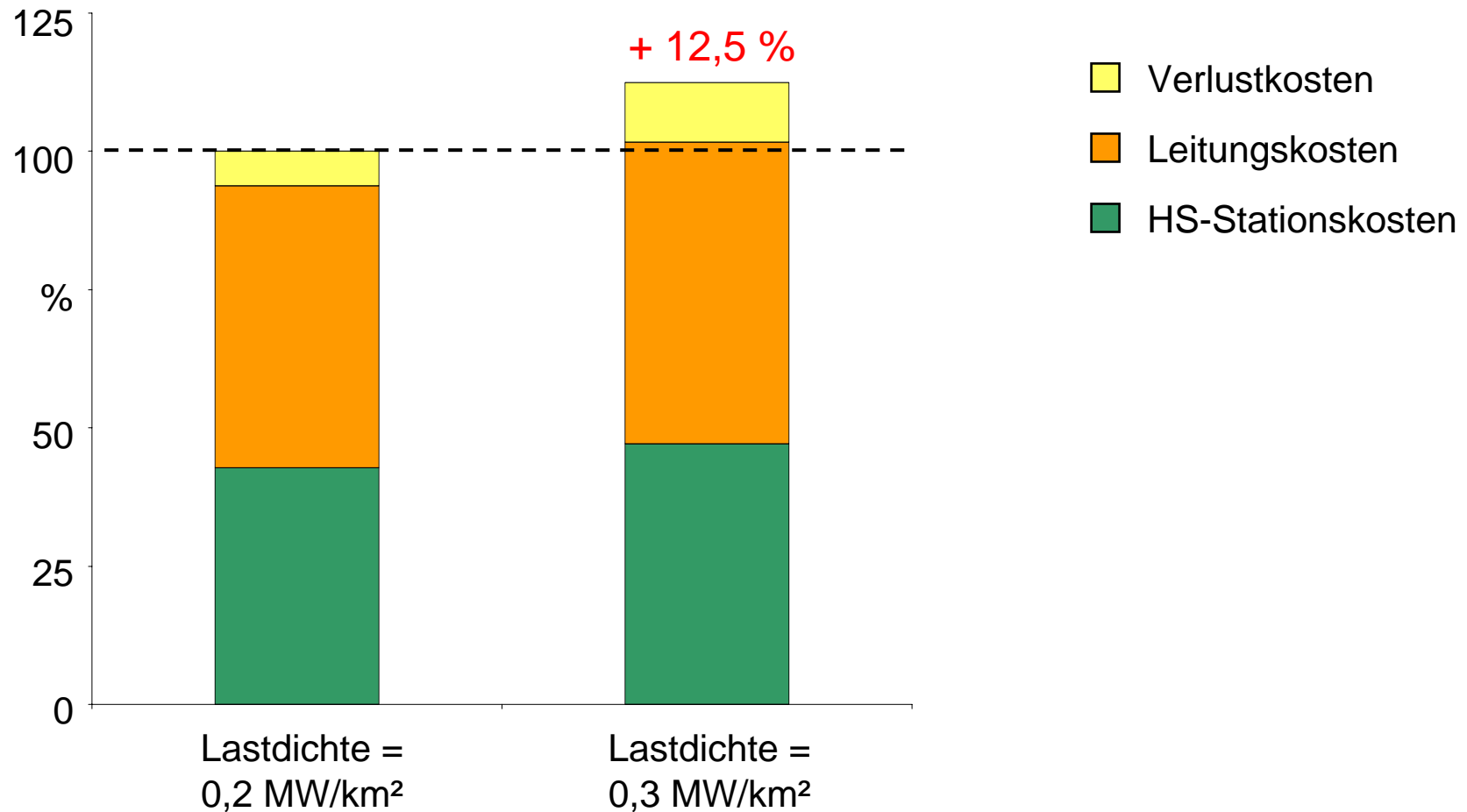
Lastdichte = 0,3 MW/km<sup>2</sup>



- HöS/HS-Umspannstation
- 110-kV-Station
- 110-kV-Leitung

# Variation der Hochspannungs-Lasthöhe

## ● Vergleich der annuitätischen Netzkosten



# Bewertung des Einflusses der Lasthöhe (3)

- **In HS-Netzen steigt auch die Leitungslänge der betrachteten Ebene an, da**
  - aufgrund der Prämisse einer konstanten Stationszahl alle bestehenden Leitungen höher ausgelastet werden
- **Der Zusammenhang zwischen Netzkosten und Gesamtlast ist**
  - nicht linear
  - im Einzelfall nicht stetig
- **Die allgemeine Lastentwicklung im Versorgungsgebiet ist eine planungsrelevante Unsicherheit**
- **Die Lasthöhe hat Auswirkungen auf**
  - Netzkosten
  - Netzstruktur

# Überblick

- **Untersuchungsauftrag und Stand der Bearbeitung**
- **Anwendungsmöglichkeiten und Auslandserfahrungen**
- **Grundlagen der Modellierung**
- **Kostentreiberanalyse – ausgewählte Ergebnisse**
  - Überblick
  - Anschlusszahl
  - Lasthöhe
  - **Erschließungsstrategie**
  - Inhomogenität der Versorgungsaufgabe
  - Stationsgröße
  - Dezentrale Erzeugungsanlagen
  - Schlussfolgerungen

# Einfluss der Erschließungsstrategie (Gas)

## ● Problematik:

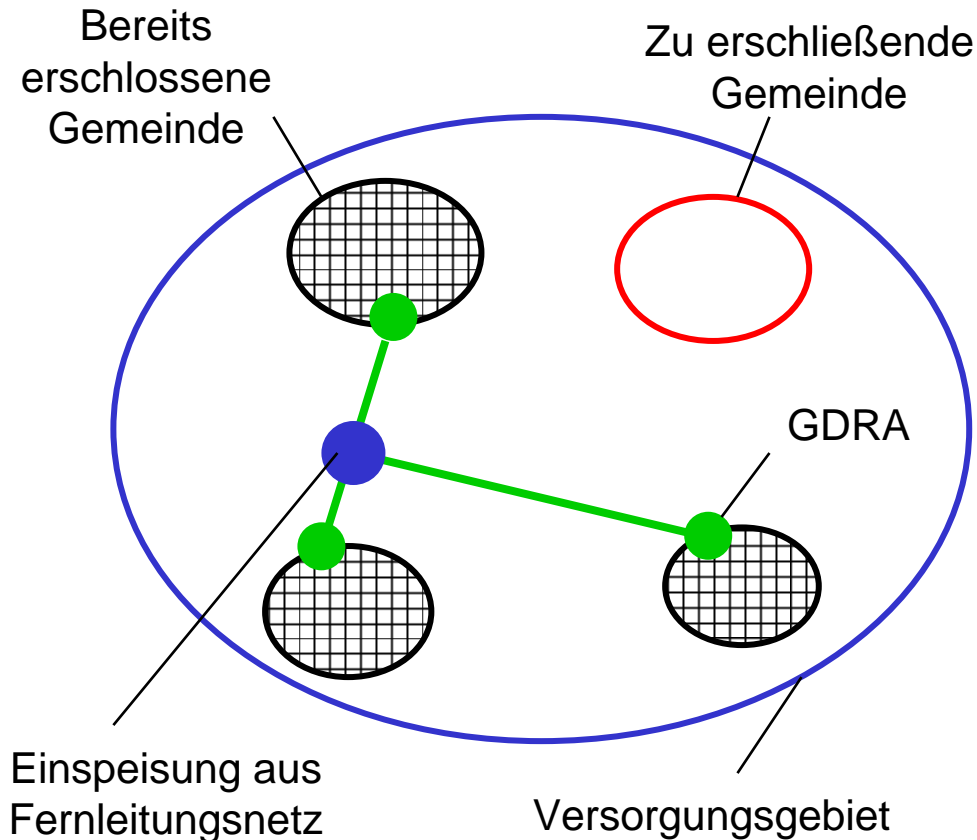
- Gebiete sind häufig nur teilweise durch Gasnetze erschlossen
- In erschlossenen (Teil-)Gebieten ist der Anschlussgrad (Anteil gasversorgter an vorhandenen Gebäuden) zumindest anfangs oft gering, kann aber später zunehmen, so dass evtl. vorausschauend Überkapazitäten vorgesehen werden
- Es ist zu untersuchen, ob und mit welchem Wirkungszusammenhang dies einen (eigenständigen) weiteren Kostentreiber darstellt

## ● These:

- Der Einfluss der Versorgungsaufgabe auf das notwendige Anlagen-Mengengerüst lässt sich dennoch aus Größen wie Anschlusszahl, Lasthöhe, Gebietsfläche etc. herleiten
- Dabei müssen die potenziell realisierbaren (und nicht nur die bereits realisierten) Anschlusspunkte als Versorgungsaufgabe betrachtet werden (d.h. die Gebäudezahl im erschlossenen Gebiet)

# Bsp.: Erschließung einer weiteren Gemeinde im Versorgungsgebiet (1)

## 1. Ausgangssituation

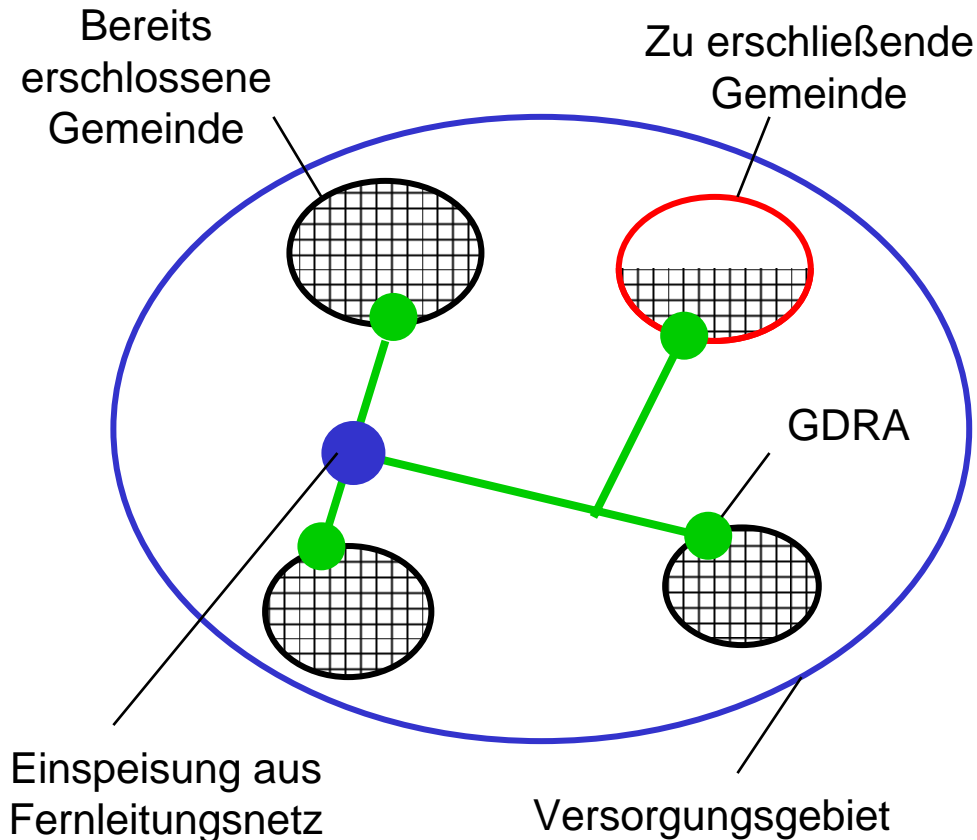


## ● Fragen zum Einfluss der Erschließung

- Wie ändert sich die Versorgungsaufgabe?
- Welche Betriebsmittel kommen hinzu?
- In welchen Kostentreibern spiegelt sich die veränderte Versorgungsaufgabe wider?

# Bsp.: Erschließung einer weiteren Gemeinde im Versorgungsgebiet (2)

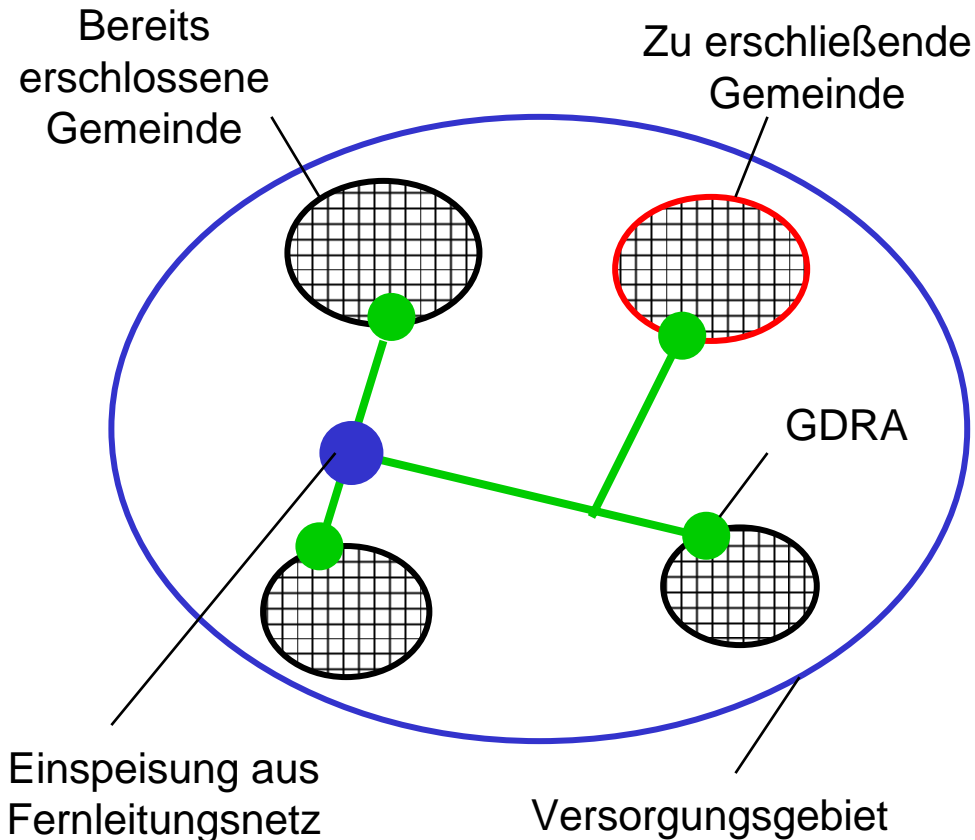
## 2. Teil-Erschließung



Veränderung gegenüber der Ausgangssituation		
	Obere Netzebene	Untere Netzebene
Versorgungsfläche	-	Teilgebiet der Gem.
Anschlusszahl	3 → 4	Gebäudezahl im Teilgebiet
Betriebsmittel	zusätzl. Leitung; zusätzl. GDRA	Leitungen im erschl. Teilgebiet

# Bsp.: Erschließung einer weiteren Gemeinde im Versorgungsgebiet (3)

## 3. Voll-Erschließung



Veränderung gegenüber der Teil-Erschließung		
	Obere Netzebene	Untere Netzebene
Versorgungsfläche	–	Restgebiet der Gem.
Anschlusszahl	–	Gebäudezahl im Restgebiet
Betriebsmittel	–	Leitungen im Restgebiet



# Bewertung des Einflusses der Gebietserschließung

- **Für die Erschließung eines neuen Gebiets fallen zunächst Kosten für den Anschluss des Gebiets an das vorgelagerte Netz an**
  - Der zusätzliche Bedarf an Leitungslänge und GDRA ergibt sich aus dem hinzukommenden Anschlusspunkt in der oberen Netzebene
- **Für die Erschließung innerhalb des neuen Gebiets fallen Kosten für die Versorgungsleitungen an**
  - In der Praxis erfolgt die Erschließung schrittweise; dies wird durch die Fläche des bereits erschlossenen Gebiets reflektiert
  - Leitungen werden auch an nicht anzuschließenden Gebäuden vorbei gelegt, so dass hier die Zahl der potenziellen Anschlüsse relevant ist
  - Lediglich Hausanschlussleitungen werden meist nur für die tatsächlich nachgefragten Anschlüsse errichtet
- **Ein *zusätzlicher* Kostentreiber ist die Berücksichtigung von Kapazitätsreserven bei der Wahl der Leitungs- und GDRA-Typen**
  - Diese Mehrkosten dürften im Durchschnitt relativ gering sein, müssen aber noch auf ihre Relevanz hin näher untersucht werden

# Überblick

- **Untersuchungsauftrag und Stand der Bearbeitung**
- **Anwendungsmöglichkeiten und Auslandserfahrungen**
- **Grundlagen der Modellierung**
- **Kostentreiberanalyse – ausgewählte Ergebnisse**
  - Überblick
  - Anschlusszahl
  - Lasthöhe
  - Erschließungsstrategie
- **Inhomogenität der Versorgungsaufgabe**
  - Stationsgröße
  - Dezentrale Erzeugungsanlagen
  - Schlussfolgerungen

# Einfluss von Inhomogenitäten

- **Frage: Welchen Einfluss hat die Inhomogenität der Anschluss- (und damit Last-) Verteilung auf die Netzkosten für ein Gebiet mit konstanter Fläche?**
- **Untersuchung: Einfluss der Inhomogenität auf die Kosten der unterschiedlichen Netzebenen bei**
  - konstanter Anschlusszahl und -last
  - konstanter Gebietsgröße
- **Betrachtung von unterschiedlichen Formen der Inhomogenität:**
  - *Mikroskopische Inhomogenität:* Zufallsverteilung der Anschlüsse innerhalb eines Gebietes (Untersuchung mittels VNA am Beispiel Strom)
  - *Makroskopische Inhomogenität:* Versorgungsgebiet mit Teilgebieten unterschiedlicher Anschlussdichte (Untersuchung mittels MNA am Beispiel Gas)

# Einfluss von mikroskopischer Inhomogenität (VNA, Strom)

- Analyse für zwei unterschiedliche Versorgungsaufgaben: Vorstadt ( $2 \text{ MW/km}^2$ ) und Land ( $0,4 \text{ MW/km}^2$ )
- Betrachtung eines Netzgebietes konstanter Fläche, Stationszahl und Gesamtlast

Berechnung der minimalen Leitungslänge bei homogener Lastverteilung



Zufallsgetriebene Generierung 50 inhomogener, realitätsnaher Versorgungsaufgaben



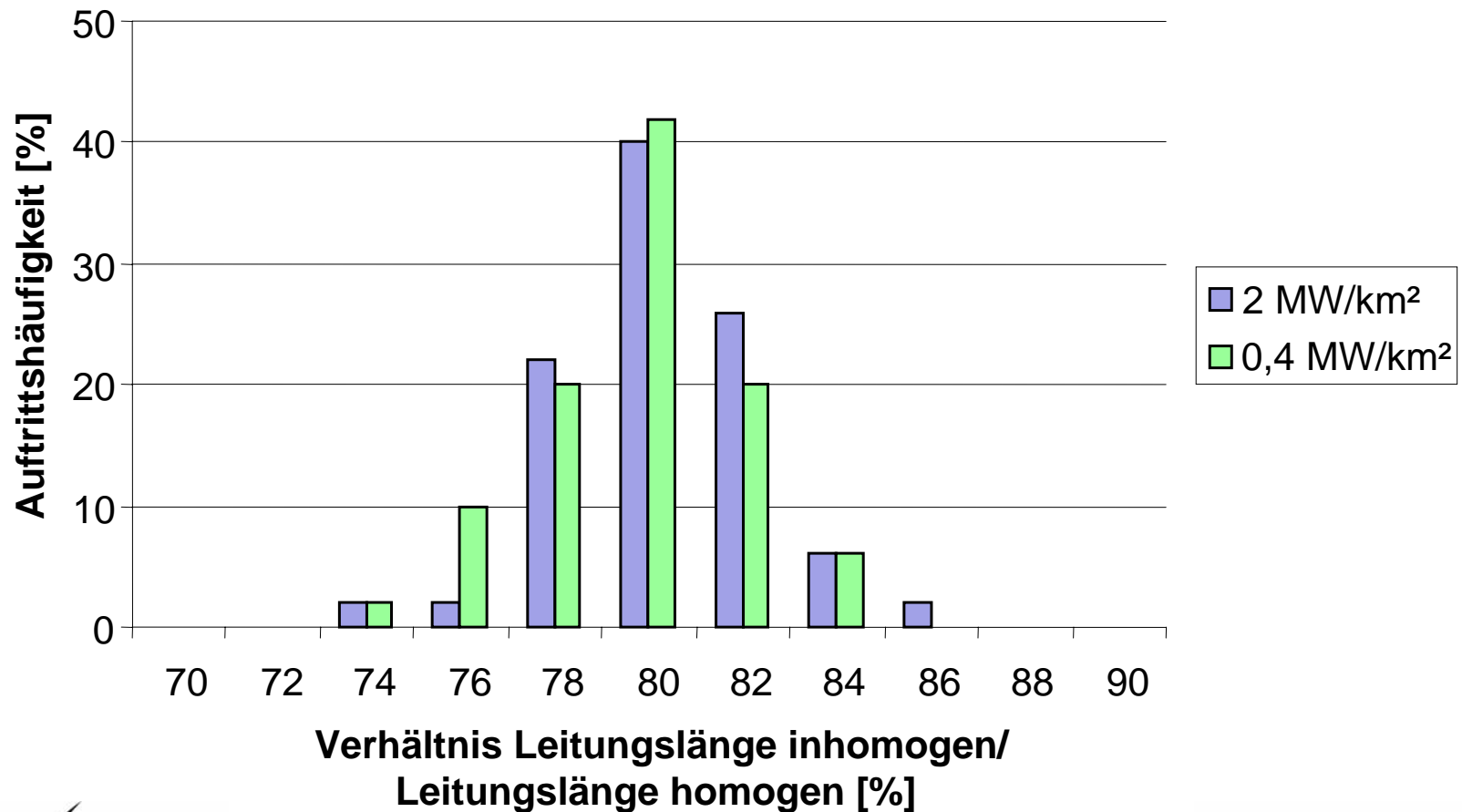
Ermittlung der jeweils minimal notwendigen Leitungslänge



Vergleich der ermittelten Leitungslängen mit Leitungslänge bei homogener Lastverteilung

# Untersuchungsergebnis zur mikroskopischen Inhomogenität

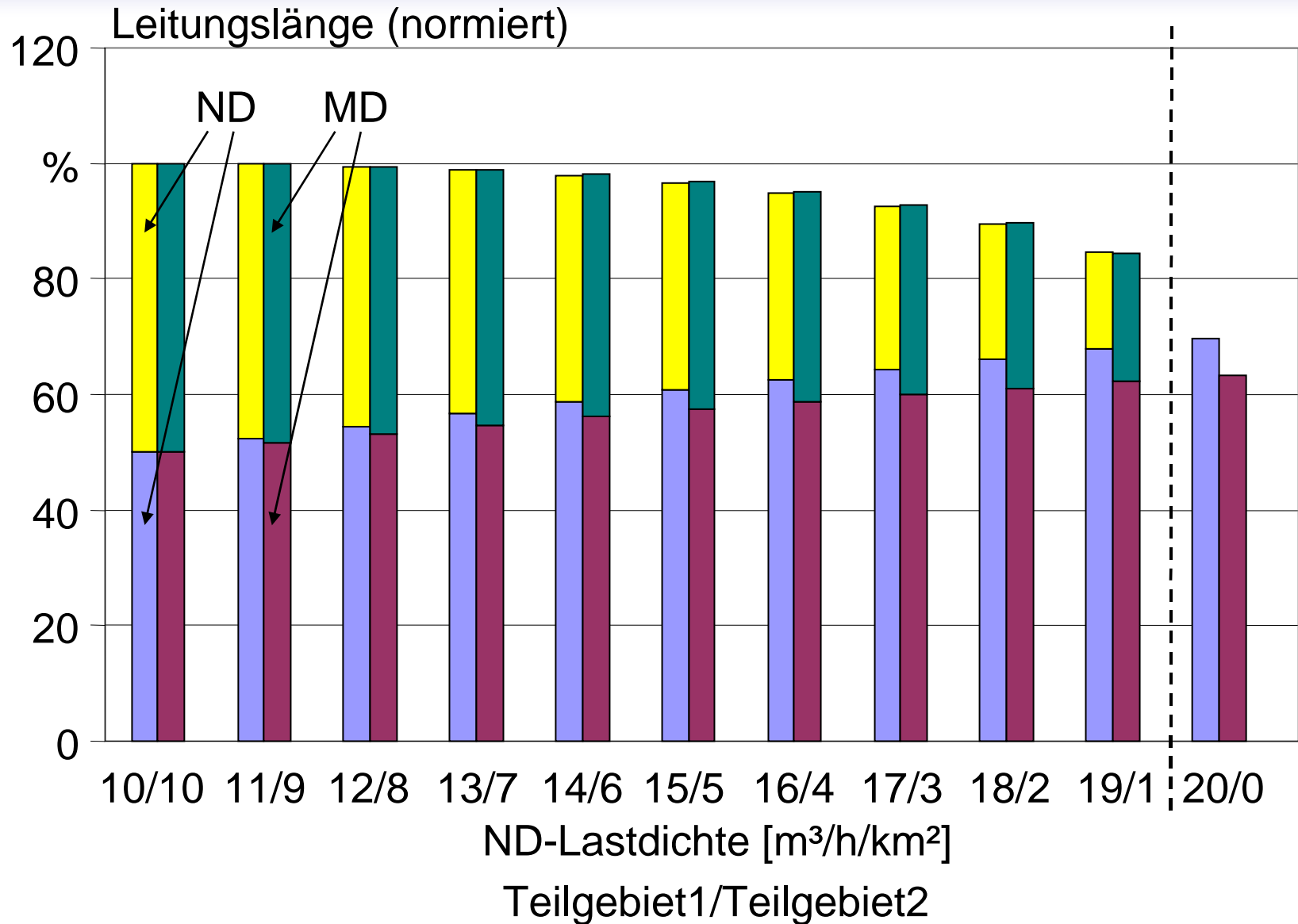
- Vergleich der Leitungslänge bei inhomogener Zufallsverteilung der Anschlusspunkte gegenüber homogener Verteilung



# Bewertung des Einflusses von mikroskopischer Inhomogenität

- **Einfluss unterschiedlicher inhomogener Verteilungen der Anschlüsse über das Versorgungsgebiet:**
  - Die Leitungslänge inhomogener Versorgungsaufgaben ist im Mittelwert ca. 20 % geringer als im homogenen Fall
  - Die auftretende Streuung ist sehr gering
  - Die Ergebnisse sind für die betrachteten Versorgungsaufgaben (städtisch, ländlich) qualitativ und quantitativ nahezu identisch
- **Aufgrund der Streuung ist die Inhomogenität bei realen (inhomogen strukturierten) Versorgungsaufgaben ein Kostentreiber mit moderater, aber berücksichtigungsrelevanter Signifikanz**

# Einfluss von makroskopischer Inhomogenität (MNA, Gas)



# Bewertung des Einflusses von makroskopischen Inhomogenitäten

- Inhomogene Lastverteilungen führen zu einer Reduktion der Gesamtleitungslänge
- Die Netzkosten sinken mit zunehmender Inhomogenität
- In einem weiten Bereich (bis etwa 15/5) liegen die Kostenunterschiede bei unter 5%. Im hier betrachteten Extremfall (19/1) beträgt der Kostenunterschied knapp 20% der Gesamtkosten
- Auch diese Form der Inhomogenität ist als relevanter Kostentreiber anzusehen
- Aufgrund der Nicht-Linearität des Zusammenhangs kann die Inhomogenität nicht einfach durch durchschnittliche Kenngrößen zur Beschreibung der Versorgungsaufgabe berücksichtigt werden



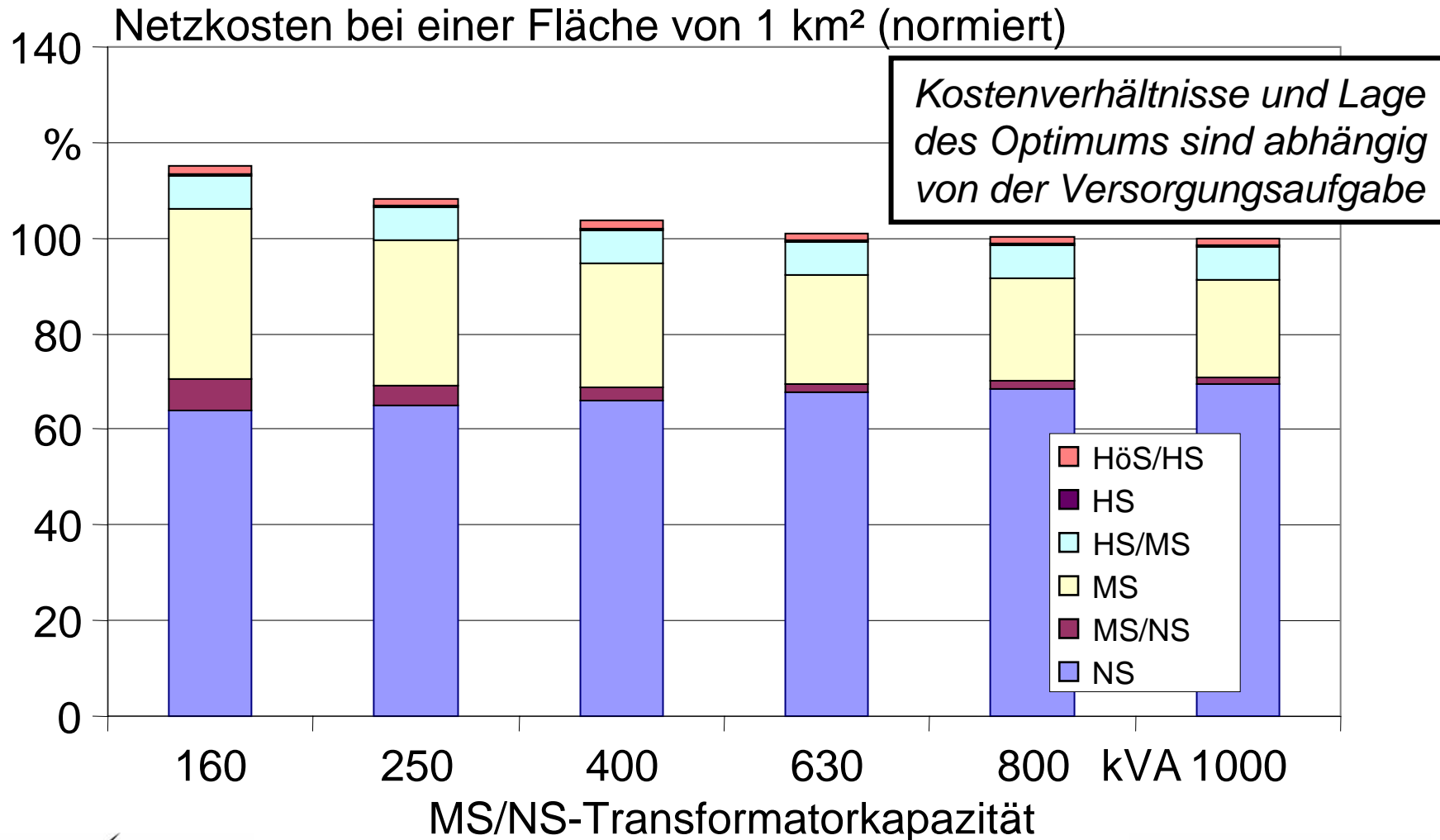
# Überblick

- **Untersuchungsauftrag und Stand der Bearbeitung**
- **Anwendungsmöglichkeiten und Auslandserfahrungen**
- **Grundlagen der Modellierung**
- **Kostentreiberanalyse – ausgewählte Ergebnisse**
  - Überblick
  - Anschlusszahl
  - Lasthöhe
  - Erschließungsstrategie
  - Inhomogenität der Versorgungsaufgabe
  - Stationsgröße
  - Dezentrale Erzeugungsanlagen
  - Schlussfolgerungen

# Einfluss der Stationsgröße

- **Frage: Welchen Einfluss hat die Stationsgröße für ein Gebiet mit konstanter Fläche?**
- **Untersuchung: Einfluss der Stationsgröße (hier in Stromnetzen) auf die Kosten der unterschiedlichen Netzebenen bei**
  - konstanter Lastdichte
  - konstanter Anschlussdichte
- ***Bemerkung:* Die Stationsgröße ist eine Planungsvorgabe und damit vom Netzbetreiber beeinflussbar**

# Variation der MS/NS-Transformatorgröße Einfluss auf die Gesamtkosten



# Bewertung des Einflusses der Stationsgröße

- **Stationsgrößenwahl ist ein Kostentreiber**
- **Die Wahl einer größeren Stationsdimension führt**
  - zu geringeren Kosten in den überlagerten Ebenen,
  - zu höheren Kosten in den unterlagerten Ebenen,
  - zu geringeren Kosten in der Umspannebene
- **Es existiert ein Kostenoptimum, dessen Lage jedoch stark von der Versorgungsaufgabe und den Planungsvorgaben abhängt**
- **Es kann plausibel sein, vom Kostenoptimum abzuweichen, da**
  - sich Kostenvorteile aufgrund standardisierter Stationsgrößen ergeben können
  - die Versorgungszuverlässigkeit bei kleineren Stationsgrößen tendenziell höher ist
- **Aus diesen Gründen ist zu erwarten, dass Netzbetreiber den Ermessensspielraum in der Nähe des flachen Kostenoptimums nutzen. Dies ist insbesondere dann zu berücksichtigen, wenn Kosten einzelner Ebenen betrachtet werden**

# Überblick

- **Untersuchungsauftrag und Stand der Bearbeitung**
- **Anwendungsmöglichkeiten und Auslandserfahrungen**
- **Grundlagen der Modellierung**
- **Kostentreiberanalyse – ausgewählte Ergebnisse**
  - Überblick
  - Anschlusszahl
  - Lasthöhe
  - Erschließungsstrategie
  - Inhomogenität der Versorgungsaufgabe
  - Stationsgröße
  - Dezentrale Erzeugungsanlagen
  - Schlussfolgerungen

# Dezentrale Erzeugungsanlagen (Strom)

- **Wirkungszusammenhänge zwischen dezentraler Erzeugung und Netzkosten:**
  - zusätzliche Anschlusspunkte, die ins Netz zu integrieren sind
  - erhöhte Anforderungen an die Spannungshaltung
  - u.U. zusätzlicher Netzkapazitätsbedarf für Leistungsabtransport
  - Entlastungswirkung durch geringeren Bezug aus überlagerter Ebene
- **Erste VNA-Ergebnisse: in der jeweiligen Anschlussebene können Mehrkosten in nicht vernachlässigbarer Höhe entstehen**
- **Ergebnisse einer Studie für E-Control (2005): in den überlagerten Ebenen (v.a. bei Umspannkapazitäten) tritt eine Entlastungswirkung auf, die aber sehr gering ist**
- **Eine eindeutige Aussage über die Kostenwirkung ist somit noch nicht möglich; der Einfluss muss weiter untersucht werden**

# Überblick

- **Untersuchungsauftrag und Stand der Bearbeitung**
  - **Anwendungsmöglichkeiten und Auslandserfahrungen**
  - **Grundlagen der Modellierung**
  - **Kostentreiberanalyse – ausgewählte Ergebnisse**
    - Überblick
    - Anschlusszahl
    - Lasthöhe
    - Erschließungsstrategie
    - Inhomogenität der Versorgungsaufgabe
    - Stationsgröße
    - Dezentrale Erzeugungsanlagen
- **Schlussfolgerungen**

# Kostentreiberanalyse – Schlussfolgerungen

- **Ergebnisse bisheriger Untersuchungen zu Kostentreibern**
  - Die Anschlusszahl und Lasthöhe je Netzebene sowie deren Verteilung im Versorgungsgebiet (Inhomogenität) haben wesentlichen Einfluss auf Anlagen-Mengengerüst und Netzkosten
  - Im Hinblick auf die Erschließungsstrategie bei Gasnetzen ist zusätzlich die Kostenwirkung der Reservevorhaltung bei der Dimensionierung von Leitungen und Regelanlagen zu untersuchen
  - Dezentrale Erzeugungsanlagen haben Einfluss auf die Netzkosten, dessen quantitative Relevanz aber noch näher zu untersuchen ist
  - Auch Planungsvorgaben des Netzbetreibers wie die Stationsgröße beeinflussen die Kosten. Es ist zu diskutieren, ob und wie dies beim Effizienzvergleich zu berücksichtigen ist.
- **Diese Ergebnisse reflektieren den aktuellen Stand der modellbasierten Kostentreiberanalyse, die aber noch weiterzuführen ist**