

LANGFRISTSZENARIEN FÜR DIE TRANSFORMATION DES ENERGIESYSTEMS IN DEUTSCHLAND

Zusammenfassung bisheriger Ergebnisse

20. September 2016, Berlin



Einleitung

Ziele des Projekts

- Wissenschaftliche Grundlage für den Transformationsprozess des Energiesystems
- Entwicklung von Szenarien für ein optimiertes, mit den klima- und energiepolitischen Zielen der Bundesregierung konformes Energiesystem mit hohen EE-Anteilen in Deutschland bis 2050
- Bewertungskriterien, insbesondere
 - Ökonomische Kriterien
 - Versorgungs- und Systemsicherheit
 - Ökologische Kriterien
- **Wichtig: Es gibt kein „Leitszenario“**
 - Erkenntnisse werden aus dem **Vergleich der Szenarien** abgeleitet

Einleitung

Untersuchungsgegenstand

- **Sektoren:**

- Systemischer Blick auf Strom, Wärme / Kälte, Verkehr
- Schwerpunkt: Stromsektor

- **Zeithorizont:**

- 2050
- Zwischenschritte für 2020, 2030, 2040

- **Vorgehen:**

- Stark modellbasiert
- Kostenminimierung

Einleitung

Überblick der Szenarien

Projekt „Langfristszenarien“

- Referenzszenario
- Restriktionsarmes Szenario
- **Basisszenario**
- Geringerer Ü-Netzausbau
- Regionale Verteilung EE
- EE-Technologiemix
- EE-Ausbautempo
- Verzögerte Flexibilität

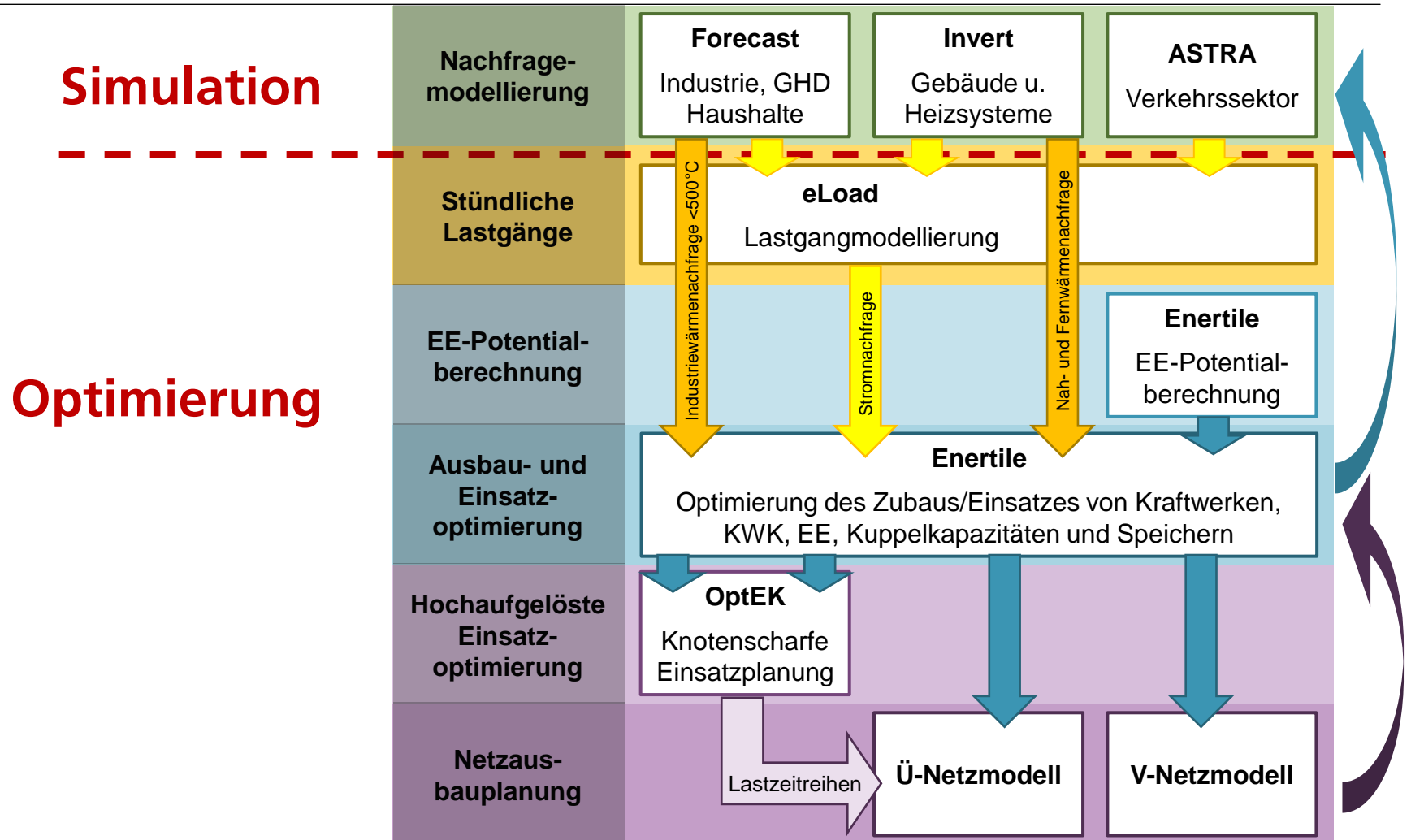
- Sensitivitäten

Projekt „Klimaszenarien“

- 95%-THG-Ziel
- Wasserstoffmobilität
- Biomassevariation
- Dezentrales System
- Geringe europäische Ambitionen

- Sensitivitäten

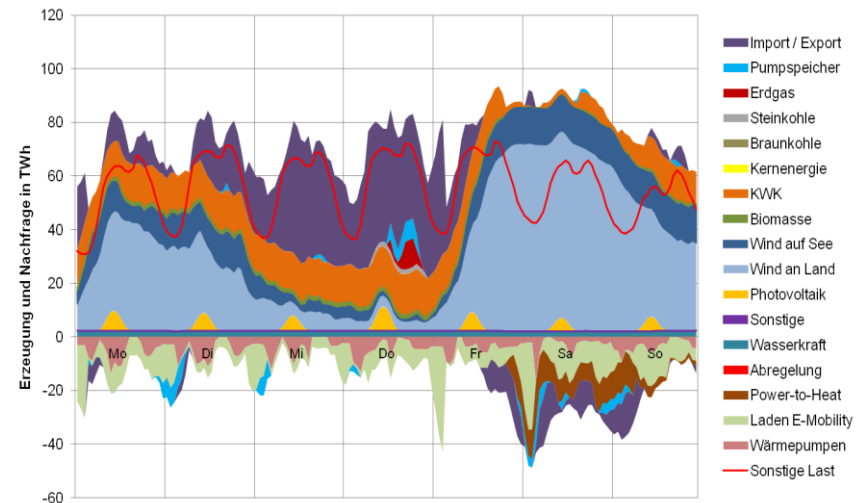
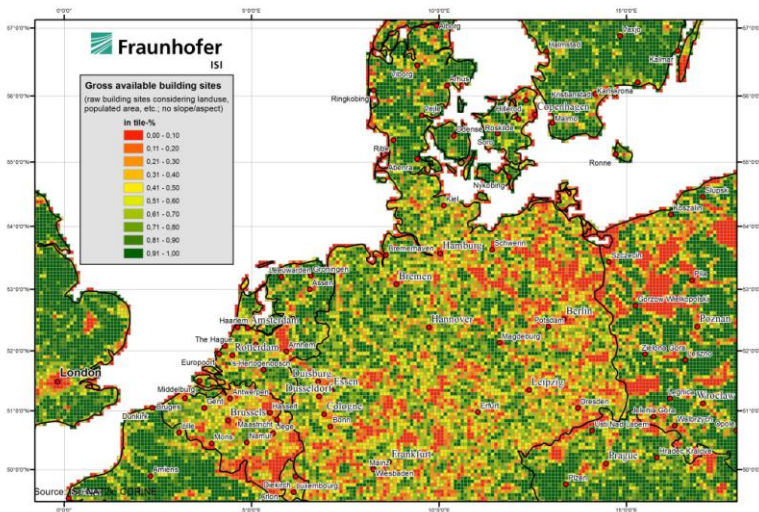
Einleitung Modellverbund



Einleitung

Optimiermodell Enertile

- Das Optimiermodell *Enertile* muss im Stromsystem Angebot und Nachfrage ausgleichen
- Hohe räumliche und zeitliche Auflösung erforderlich
- Abbildung der Berührungspunkte mit anderen Sektoren (Sektorkopplung)
- Berücksichtigung technischer und politischer Randbedingungen



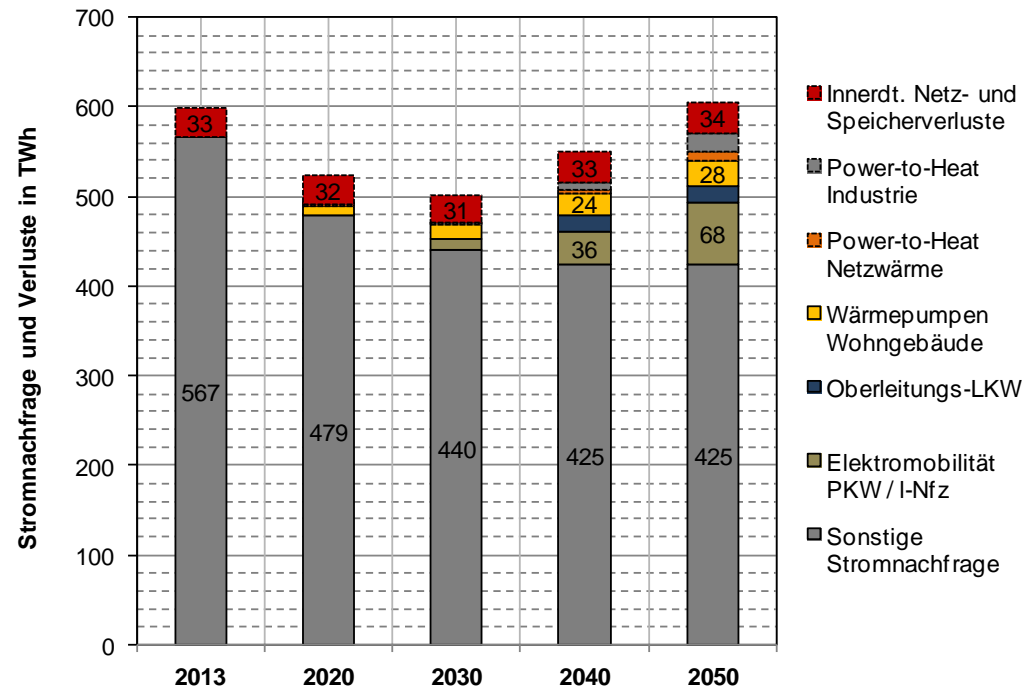
Einleitung

Basisszenario und Szenariovarianten

- Wichtiges Szenario, da die meisten anderen Szenarien Varianten auf Grundlage des Basisszenarios sind (In diesen: Vorgabe weiterer Restriktionen)
- Vorgabe der Mindestziele des Energiekonzepts im Bereich
 - THG-Reduktion
 - Energieeffizienz
 - Erneuerbare Energien:
 - Offshore-Ziel 2030, d.h. ab 2030 mind. 15 GW
 - PV: Mind. 52 GW und ca. $\frac{3}{4}$ Dachanlagen
- Ziel und Funktion der Szenarios:
 - Verständnis von Wirkungszusammenhängen und zentralen robusten Entwicklungen
 - Keine Entwicklung eines Leitszenarios
 - Keine Abbildung oder Prognose der Energiewelt in 2050
- „Harte“ Kostenoptimierung führt zu teilweise extremen Ergebnissen

Beispielsergebnisse Basisszenario Stromnachfrageentwicklung

- Starke Bedeutung von **Stromeffizienz** in allen Sektoren
- Sektorkopplung dient
 - der **Emissionsreduktion** in den Nachfragesektoren, z.B. durch
 - Elektromobilität
 - Wärmepumpen in Wohn- und GHD-Gebäuden
 - Industrierwärme
 - Power-to-heat in Nah- und Fernwärmenetzen
 - im Stromsektor teilweise als **Flexibilitätsoption**



Bisherige Schlussfolgerungen

Übergeordnete Erkenntnisse

- Die **energie- und klimapolitischen Ziele sind ambitioniert**. Das Emissionsreduktionsziel ist bereits eine Herausforderung, wenn die untere Grenze von 80% erreicht werden soll.
- **Energieeffizienz** ist eine wichtige Säule zur Erreichung der energiepolitischen Ziele.
- **Sektorkopplung** durch die Elektrifizierung von Wärme und Mobilität verdrängt fossile Brennstoffe. Neue Verbraucher sind vor allem:
 - Elektromobilität
 - Wärmepumpen
 - Industrierwärme
 - Power-to-Heat in Nah- und Fernwärmenetzen

Bisherige Schlussfolgerungen Stromerzeugung

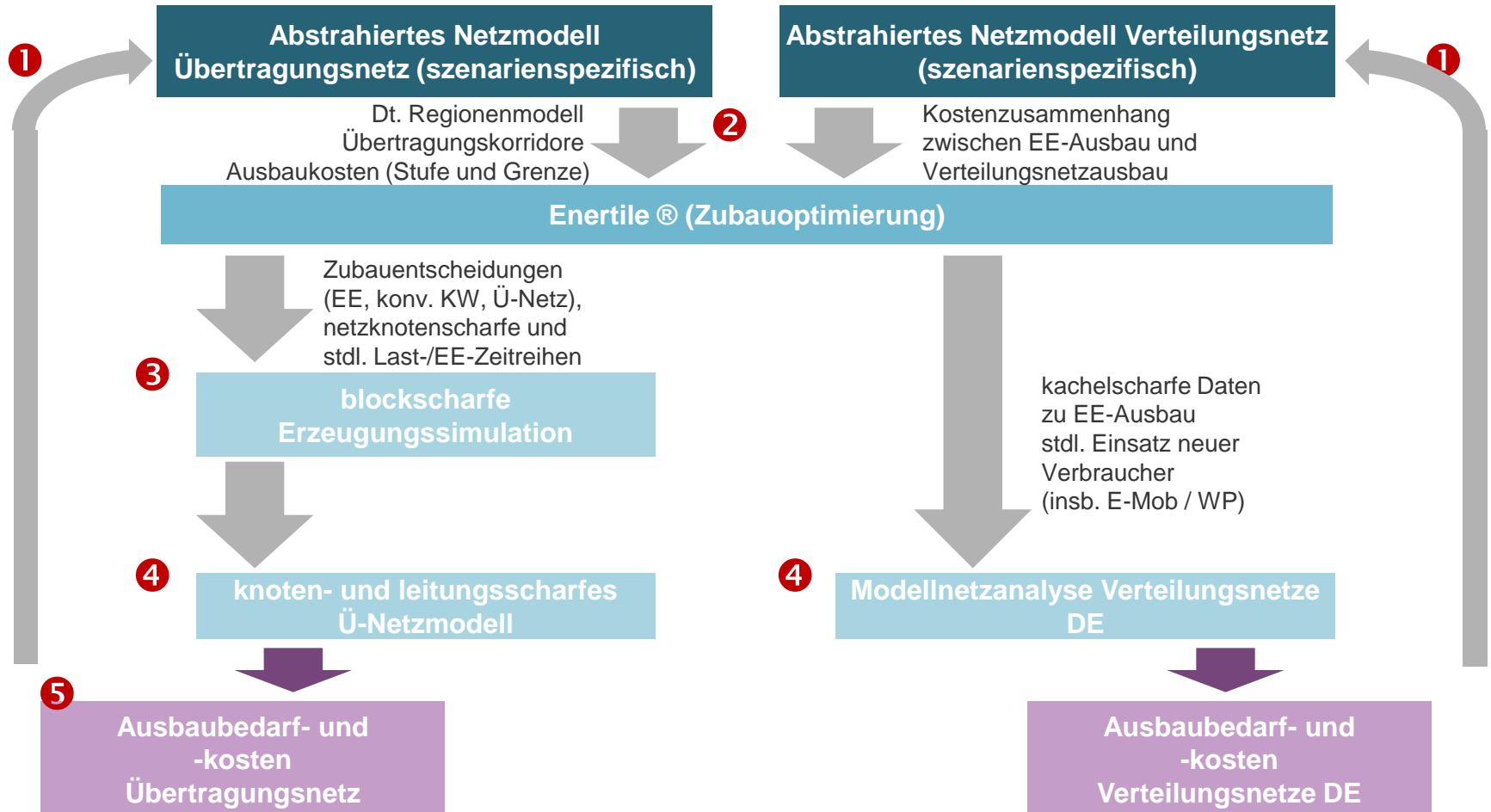
- Erneuerbare Energien werden **zentrale Säule der Stromerzeugung**, in Deutschland und in Europa (insbesondere Wind Onshore).
- Unter der Annahme von ambitionierten nationalen und europäischen Klimaschutzzielen ist der **Neubau von konventionellen Grund- und Mittellastkraftwerken nicht ökonomisch**.
- **Gaskraftwerke** werden zur Deckung des Leistungsbedarfs eingesetzt.
- Die **Rolle von KWK** ist abhängig von Entwicklung der anderen Flexibilitätsoptionen, der Sanierung des Gebäudebestandes und anderen Faktoren.

Bisherige Schlussfolgerungen

Systemische Effekte

- In den Zielszenarien sind **alle Komponenten stark aufeinander abgestimmt**. Dies erfordert bereits zeitnah ein sehr hohes Maß an **Kooperation und Abstimmung** innerhalb Deutschlands und darüber hinaus.
- Der **Einfluss Europas** muss berücksichtigt werden und hat deutliche Auswirkungen auf die optimale Strategie für Deutschland.
- Wenn Europa ebenfalls eine kostenoptimale Dekarbonisierung durchführt, sind langfristig **Nettostromimporte** aus dem Ausland für Deutschland wirtschaftlich.
- Neue stationäre **Speicher** (inklusive Power-to-Gas) sind (ohne zusätzliche, nicht modellierte Effekte) **nicht wirtschaftlich**, da andere Flexibilitätsoptionen günstiger sind.
- Bei entsprechenden EE-Anteilen ist **Power-to-Heat** in vielen Bereichen bzw. Anwendungen sinnvoll.

Netzmodellierung ermöglicht Optimierung der Gesamtsystemkosten



Rahmenannahmen* für die Übertragungs- und Verteilungsnetze

- Netzausbau erfolgt grundsätzlich unter Gesichtspunkten einer Gesamtkostenoptimierung
- Im Übertragungsnetz wird ein Mindestnetzausbau „gesetzt“
 - EnLAG und BBPIG (→ nur DE), TYNDP (→ gesamtes ENTSO-E Gebiet)
- Begrenzung des max. Netzausbaus je Dekade im Übertragungsnetz
- Berücksichtigung von Einspeise- und Lastmanagement in VN und ÜN
- Erdverkabelung (vollständig bei HGÜ, in erhöhtem Umfang bei Drehstrom)
- Verschiedene Szenarien adressieren direkt die Frage des notwendigen Ausbaubedarfs im Übertragungsnetz
 - *Regionalszenario* untersucht Auswirkungen einer veränderten regionalen Allokation des EE-Ausbaus
 - Szenario „*Geringer Ü-Netzausbau*“ untersucht Möglichkeiten zur Erreichung der Energie- und Klimaziele, wenn über o. g. Mindestnetzausbau hinaus weiterer Netzausbau im Übertragungsnetz nur noch sehr eingeschränkt möglich ist

*Anm.: Annahmen gelten für bisherige Szenarien, in anderen Szenarien ggf. abweichende Annahmen / Vorgaben

Schlussfolgerungen Netze (Basisszenario)

- Auch unter Berücksichtigung von Netzkosten werden primär kostengünstigste EE-Potentiale ausgenutzt
 - Kostennachteile „schlechterer“ Standorte überwiegen Netzausbaukosten
 - Dabei sind Kosten der Verkabelung berücksichtigt
- Im Basisszenario erheblicher Netzausbau in Deutschland bis 2050 erforderlich
 - in Übertragungs- und Verteilungsnetzen (dort v. a. in höheren Netzebenen)
 - im Übertragungsnetz auch deutlich über EnLAG und BBPIG hinaus
- Umfangreicher Netzausbaubedarf auch im Ausland notwendig
 - Voraussetzung für die Erschließung der Flexibilitätspotenziale durch geografische Differenzierung und Austausch
 - Umsetzung der Szenarien erfordert auch netztechnisch enge und zeitnahe Koordination mit Nachbarländern

Schlussfolgerungen Netze (weitere bisher vorliegende Szenarien)

- Andere regionale Allokation des EE-Ausbaus in DE reduziert Netzausbaubedarf im Übertragungsnetz, verändert ihn aber nicht grundsätzlich
 - vorherrschende Transportmuster im Übertragungsnetz bleiben erhalten (u. a. auch aufgrund internationalen Austauschs)
 - gleichzeitig steigt der Ausbaubedarf in den Verteilungsnetzen (Integration zusätzlicher EE-Leistung notwendig)
- Wenn Übertragungsnetzausbau *über angenommenen Mindestausbau* hinaus nicht signifikant möglich ist, ergeben sich grundsätzliche Änderungen im System
 - Günstige Flexibilitätsoption „internationaler Austausch“ fällt weg → Austausch war aber auch in signifikantem Maß für internen Netzausbaubedarf verantwortlich
 - Die verringerten Netzausbaukosten in den Übertragungsnetzen werden durch Mehrkosten in den Verteilungsnetzen nahezu kompensiert
 - Diese sind vor allem auf die Notwendigkeit zum Anschluss höherer EE-Leistungen zurückzuführen
 - Bedarf für Verstärkungsmaßnahmen (in bestehenden Trassen) bleibt erheblich

Herzlichen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!