

Weiterentwicklung der Anforderungen an Erzeugungsanlagen: Statische Spannungshaltung

Studie im Auftrag des
Forums Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN)

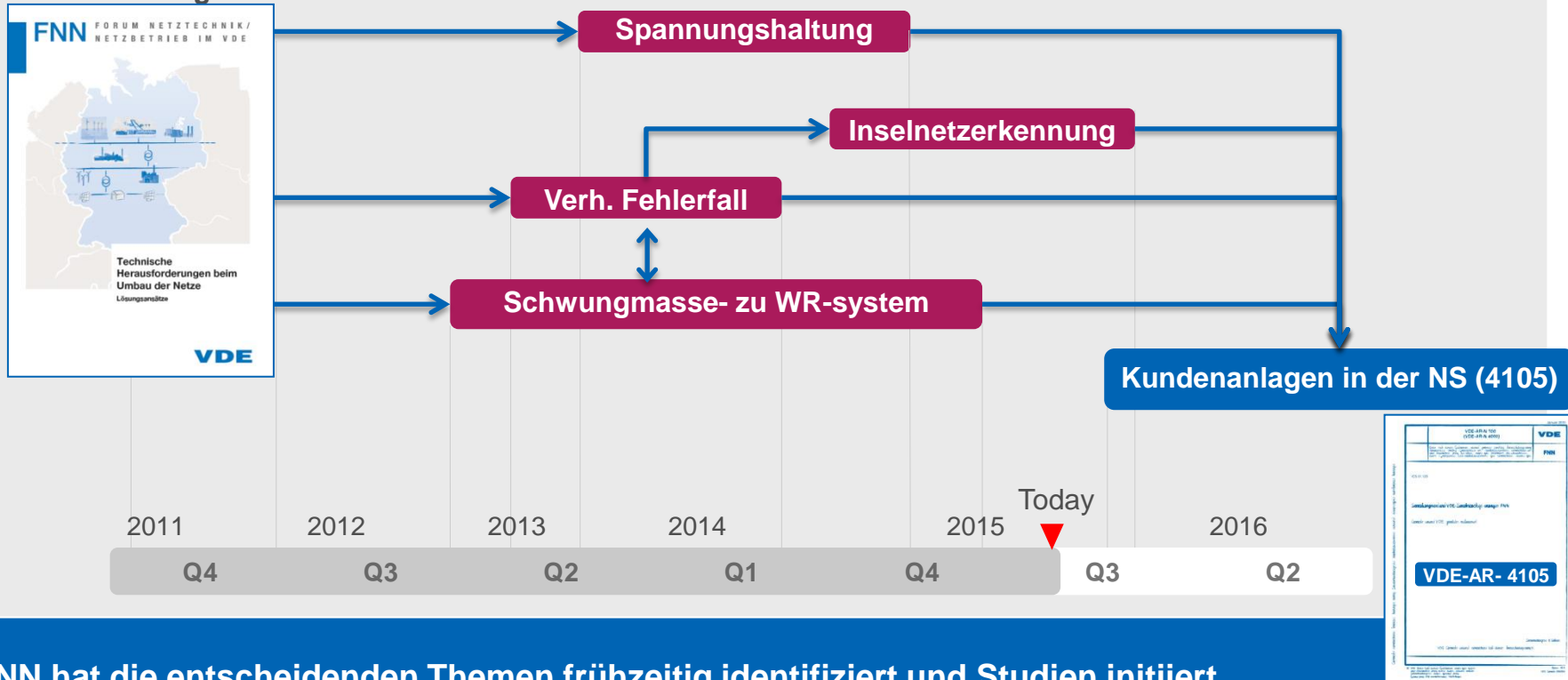
Forum Netztechnik/ Netzbetrieb (FNN) im VDE



BMWi Netzplattform AG Systemsicherheit am 11.05.2015

Roadmap zur Weiterentwicklung Verteilnetze: Grundlagen für zukünftige Anforderungen an Erzeugungsanlagen

Herausforderung beim Umbau
der Netze - Lösungsansätze



- FNN hat die entscheidenden Themen frühzeitig identifiziert und Studien initiiert
- Ergebnisse fließen als Grundlage für neue Anforderungen in VDE-Anwendungsregeln ein

FNN – Studie: Statische Spannungshaltung

Ausgangspunkt

- Status Quo
 - Die Einhaltung des Spannungsbands ist neben der Frequenz das wesentliche Merkmal der Versorgungsqualität
 - Der Beitrag von Erzeugungsanlagen zur Spannungshaltung wird durch die zunehmende Integration von wechselrichtergeführten Anlagen immer zentraler
 - VDE-AR-N 4150 fordert bereits die $\cos \varphi$ -Steuerung zur statischen Spannungshaltung
- Frage:
 - Ist die Q(U)-Regelung eine geeignete Vorgabe für die Überarbeitung der VDE-AR-N 4105?
- Ziel:
 - Wissenschaftliche Grundlage für zukünftige Anforderungen an wechselrichtergeführte Erzeugungsanlagen bezüglich der statischen Spannungshaltung
- Studie der TU Braunschweig in Zusammenarbeit mit der TU München, RWTH Aachen und der FGH GmbH im Auftrag des FNN
 - Ergebnisse Dezember 2014, Begleitet durch FNN Experten aus allen Fachkreisen

Vergleich der Effektivität und Wirtschaftlichkeit der vier Spannungshaltungskonzepte

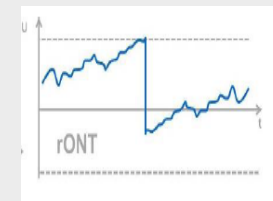
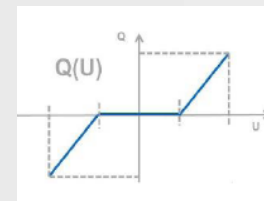
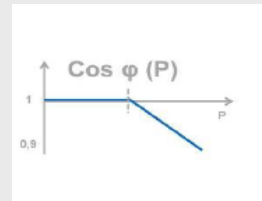
Grundlage

Maßnahmen zur Spannungshaltung

- $\cos \varphi$ (P)-Steuerung
- $Q(U)$
- rONT
- konventioneller Netzausbau

Netztypen

- Landnetze
- Dorfnetze
- Vorstadtnetze
- Werden jeweils als „normale“ und „extreme“ Netze betrachtet



Bewertungsmaß

- Integrationspotenzial als Maß für die Effektivität der eingesetzten Regelungsmechanismen

Vorgehen

- Schrittweise Erhöhung der Erzeugungsleistung bis zu einer Grenzwertverletzung der
- Knotenspannung (Ober- und Untergrenze)
- Betriebsmittelbelastung (Obergrenze)

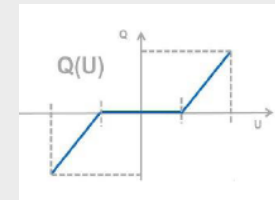
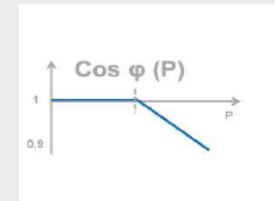
Vergleich der Effektivität und Wirtschaftlichkeit der vier Spannungshaltungskonzepte

Grundlage

Maßnahmen zur Spannungshaltung

- $\cos \varphi$ (P)-Steuerung und Q(U)

Dezentrale wechselrichtergeführte Erzeugungsanlagen können durch gezielte Blindleistungsab- bzw. aufnahme zur Spannungshaltung beitragen. Hierfür muss die Anlage und der Wechselrichter so ausgelegt sein, dass sie $\cos \varphi$ (P) oder Q(U) regelfähig ist.



Bewertungsmaß

- Integrationspotenzial als Maß für die Effektivität der eingesetzten Regelungsmechanismen

Vorgehen

- Schrittweise Erhöhung der Erzeugungsleistung bis zu einer Grenzwertverletzung der
- Knotenspannung (Ober- und Untergrenze)
- Betriebsmittelbelastung (Obergrenze)

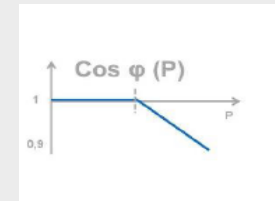
Vergleich der Effektivität und Wirtschaftlichkeit der vier Spannungshaltungskonzepte

Grundlage

Maßnahmen zur Spannungshaltung

- $\cos \varphi$ (P)-Steuerung

Die $\cos \varphi$ (P) - Steuerung legt hierbei den Wert der Blindleistungsabgabe durch einen festen Phasenverschiebungswinkel φ oder in Abhängigkeit der Leistung fest.



Bewertungsmaß

- Integrationspotenzial als Maß für die Effektivität der eingesetzten Regelungsmechanismen

Vorgehen

- Schrittweise Erhöhung der Erzeugungsleistung bis zu einer Grenzwertverletzung der
- Knotenspannung (Ober- und Untergrenze)
- Betriebsmittelbelastung (Obergrenze)

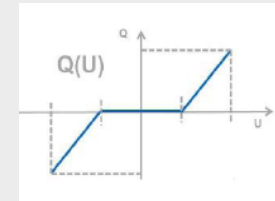
Vergleich der Effektivität und Wirtschaftlichkeit der vier Spannungshaltungskonzepte

Grundlage

Maßnahmen zur Spannungshaltung

- $Q(U)$

Der Regelansatz $Q(U)$ wirkt in Abhängigkeit der Netzspannung und speist somit bedarfsorientiert Blindleistung ein bzw. aus. Allerdings ist für die $Q(U)$ -Regelung eine Parametrierung des Wechselrichters notwendig.



Bewertungsmaß

- Integrationspotenzial als Maß für die Effektivität der eingesetzten Regelungsmechanismen

Vorgehen

- Schrittweise Erhöhung der Erzeugungsleistung bis zu einer Grenzwertverletzung der
- Knotenspannung (Ober- und Untergrenze)
- Betriebsmittelbelastung (Obergrenze)

Vergleich der Effektivität und Wirtschaftlichkeit der vier Spannungshaltungskonzepte

Grundlage

Maßnahmen zur Spannungshaltung

- rONT

Der regelbare Ortsnetztransformator regelt die Spannung, indem er das Übersetzungsverhältnis beim Umspannen verändert. So stellt er auch bei Spannungsschwankungen im Mittelspannungsnetz auf der Niederspannungsseite eine konstante Spannung bereit.



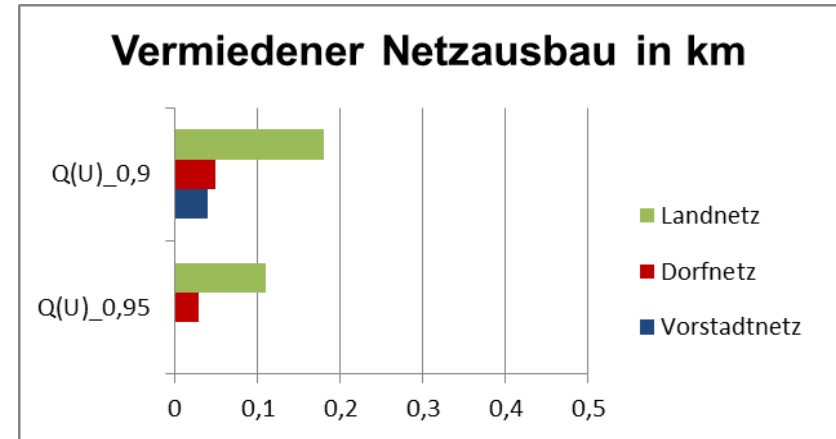
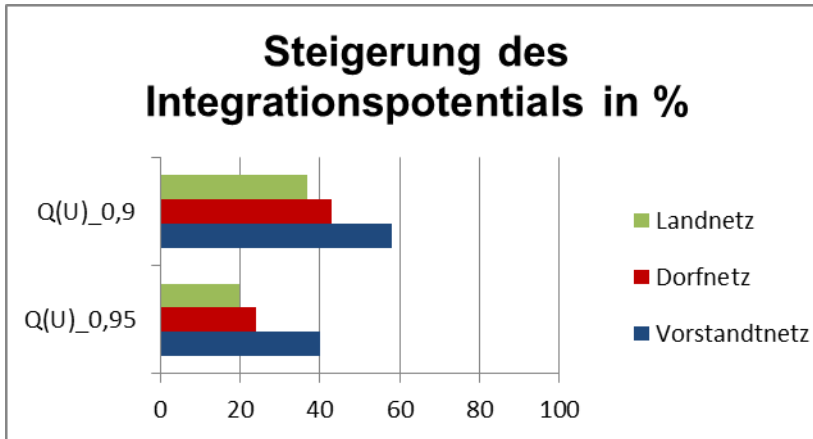
Bewertungsmaß

- Integrationspotenzial als Maß für die Effektivität der eingesetzten Regelungsmechanismen

Vorgehen

- Schrittweise Erhöhung der Erzeugungsleistung bis zu einer Grenzwertverletzung der
- Knotenspannung (Ober- und Untergrenze)
- Betriebsmittelbelastung (Obergrenze)

Ergebnis 1: Blindleistungskonzepte in Energieerzeugungsanlagen steigern die Integrierbarkeit von dezentralen Erzeugungsanlagen



(typische Netze, homogene Verteilung)

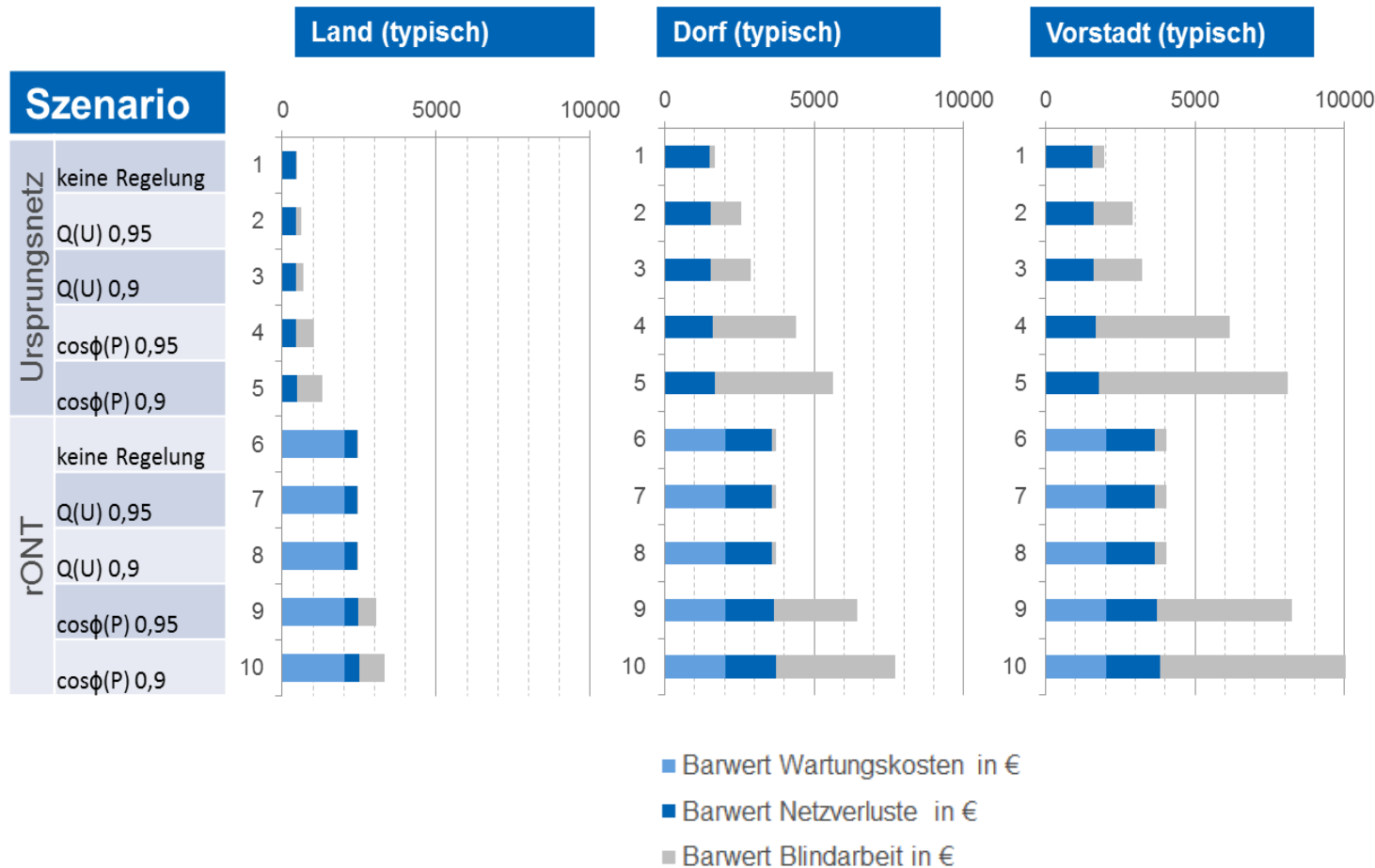
- Die Q(U)-Regelung erhöht das **Integrationspotential** um bis zu knapp 60%.
- Gegenüber der $\cos \varphi$ (P) - Steuerung kann die Blindenergie mit Q(U) um bis zu 80% vermindert werden.
- In Dorf- und Landnetzen ist der **vermiedene Netzausbau** deutlich höher als in Vorstadtnetzen.

Schlussfolgerungen

Blindleistungskonzepte ($\cos \varphi$ (P), Q(U)) steigern die Integrierbarkeit von EE-Anlagen immer, wenn auch unterschiedlich stark je nach Netz.

Sie sind dann auch kostengünstiger als die beiden anderen Maßnahmen, rONT und konventioneller Netzausbau

Ergebnisse 2: In Landnetzen sind $\cos(\varphi)$ und $Q(U)$ bis zu 4 mal kostengünstiger als der Netzausbau



Schlussfolgerungen

- Mit $Q(U)$ deutlich geringere Blindarbeit als mit $\cos \varphi (P)$.
- Sehr großer Kostenanteil der Blindarbeit, gerade bei $\cos \varphi (P)$ (bis 80%).
- Mit rONT hoher Wartungskostenanteil

Ermittlung der sicheren Parametrierung für $\cos(\varphi)$ und $Q(U)$

Grundlage

- Vier verschiedene Wechselrichter von vier verschiedenen Herstellern



Bewertungsmaß

- Vermeidung von sogenannten „schwingenden Netzsituationen“ als Maß für sichere Parametrierung
- Sichere Parametrierung soll in „normalen“ und „extremen“ Netzen „schwingende Netzsituationen“ vermeiden

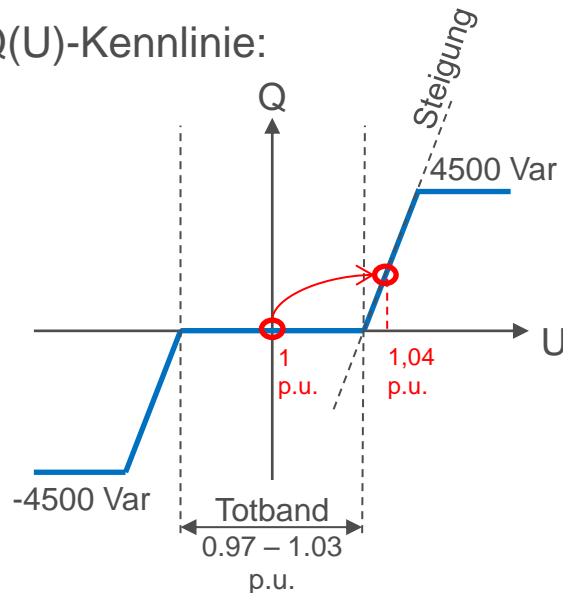
Vorgehen

- Vermessung der Wechselrichter bei anregenden Spannungssprüngen im Labornetz
- Numerische Auswertung der Ergebnisse und Empfehlung zur stabilen Parametrierung
- Verbundmessungen mit verschiedenen Parametrierungen eines rONT

Ergebnis 3: Sichere Parametrierung ist möglich

- Herausforderung: sichere Parametrisierung der Q(U)-Kennlinie zur Verhinderung von Spannungs- oder Leistungsschwingungen und Wechselwirkungen
- Die Studie hat in Begleitung von FNN Experten aus allen Fachkreisen eine sichere Parametrisierung gefunden, die selbst in „extremen“ Netzen Schwingungen und Wechselwirkungen verhindert

Q(U)-Kennlinie:



Ergebnis: Sichere Parametrierung:

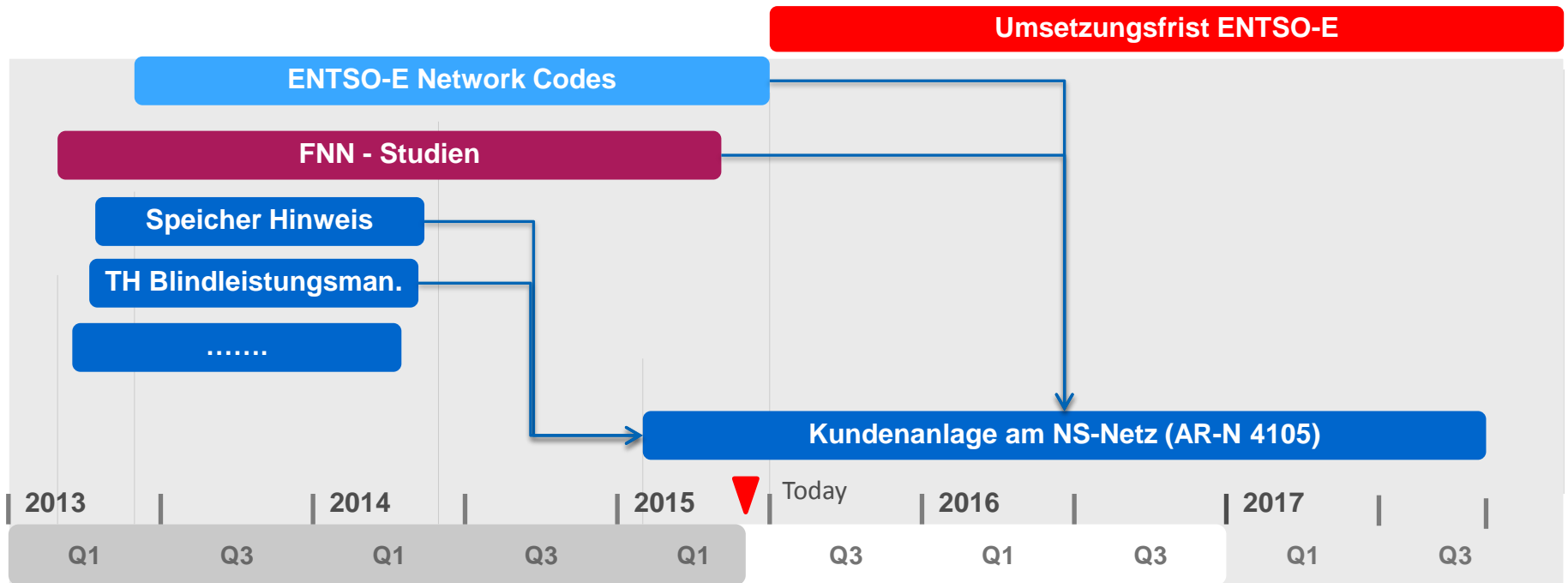
Kennliniensteilheit: $11\%/V$
 PT1-Zeitkonstante: $5-10s$
 PT1-Verstärkung: 1

Schlussfolgerungen:

Bei richtiger Parametrierung arbeiten die Spannungshaltungskonzepte auch in extremen Netzen stabil!

- ✓ Keine Instabilitäten
- ✓ Keine Schwingungen
- ✓ Keine Wechselwirkungen

Überführung der Ergebnisse in Anforderungen



Ergebnisse werden mit allen Fachkreisen diskutiert und unter Berücksichtigung der europäischen Vorgaben in Anforderungen überführt und in VDE-Anwendungsregeln festgeschrieben

Zusammenfassung – FNN Studie: Statische Spannungshaltung



Je ländlicher das Netz, desto größer die Steigerung des Integrationspotenzials durch Spannungshaltungskonzepte und **desto effektiver der rONT**

Spannungshaltungskonzepte arbeiten bei empfohlener Parametrierung auch in extremen Netzen **sicher und stabil**

In dichter besiedelten Netzen können **Blindleistungskonzepte das gleiche Integrationspotenzial wie ein rONT ermöglichen**

Empfehlung von **Q(U)** soll als **Standardeinstellung** für die Überarbeitung der **VDE-AR-N 4105** mit definiertem dynamischen Verhalten eingeführt werden. Prüfung der Eigenschaften durch Dritte.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

FNN – wir entwickeln Netze weiter

Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN)
Bismarckstraße 33
10625 Berlin



Quelle: Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE / FNN