

# Aktuelle Herausforderungen und Trends im Verteilungsnetz

CERBERUS Anwendertreffen

Chemnitz, 6. November 2013

# Inhalt

- Energieversorgung im Wandel
- Herausforderungen für die Verteilungsnetze  
– Kupfer oder Intelligenz?
- Intelligente Ortsnetzstationen
- Verteilungsnetzautomatisierung
- Systemdienstleistungen aus den Verteilungsnetzen

# Wichtige energiepolitische Rahmenbedingungen

- 20/20/20-Agenda der Europäischen Union (bis 2020)
  - Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 20%
  - Steigerung der Energieeffizienz um 20%
  - Deckung des Energiebedarfs zu 20% aus regenerativen Energien
- Energiekonzept 2050 der Bundesregierung
  - 80% Stromerzeugung aus regenerativen Quellen
- Erneuerbare-Energien-Gesetz (seit 2000)
  - Förderung regenerativer Stromerzeugung (Wind, Sonne, Biomasse etc.)
- Aufgabe der Übertragungs- und Verteilungsnetze:

**Anschluss erheblicher Mengen regenerativer Einspeiser unter Beibehaltung der bestehenden (hohen) Versorgungsqualität bei möglichst geringen Netzausbaukosten**

# Energieversorgung im Wandel

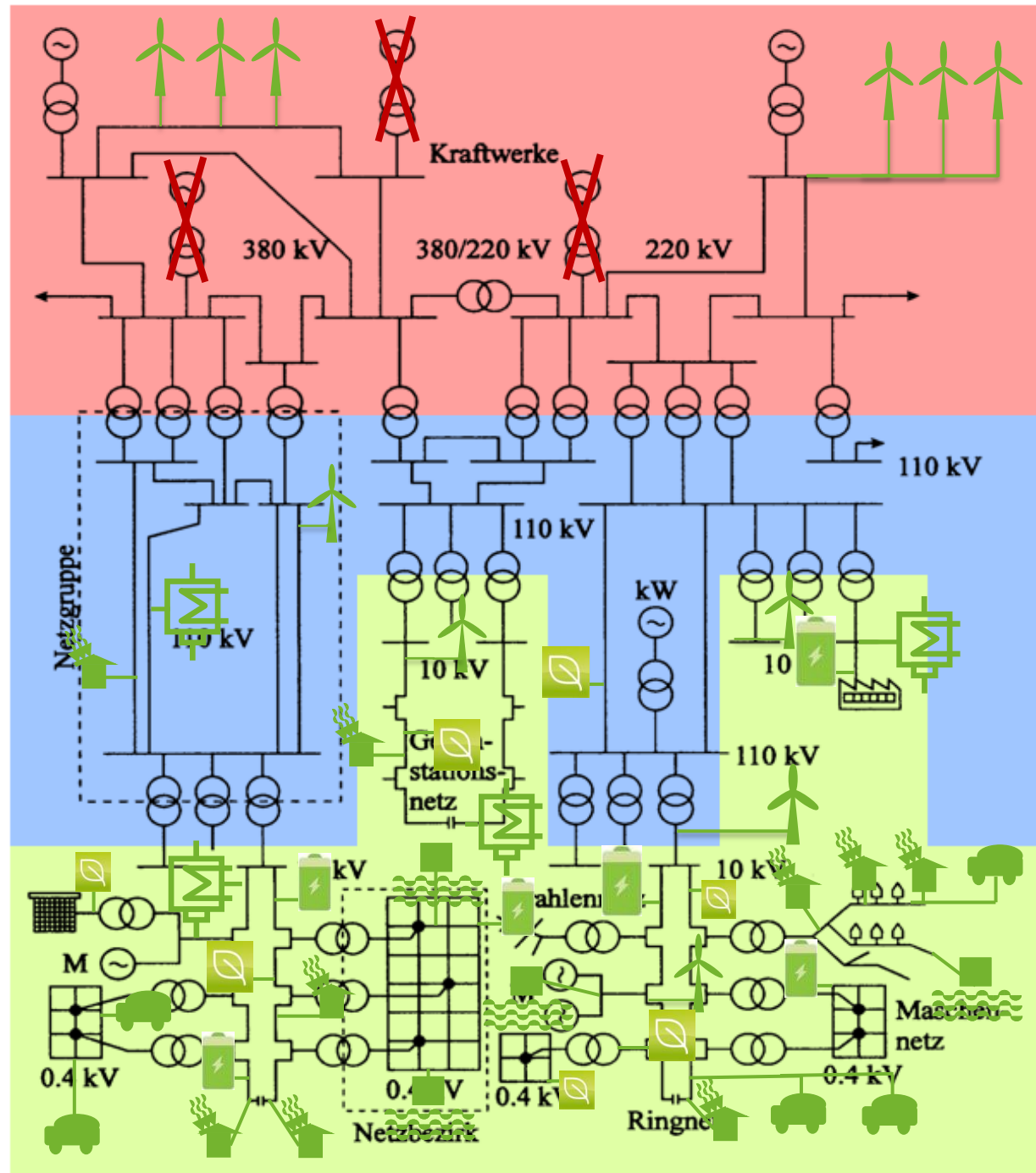
## Veränderte Einspeisung

- Windkraft
- Photovoltaik
- Kernenergie-Ausstieg
- Blockheizkraftwerke
- Biomasse

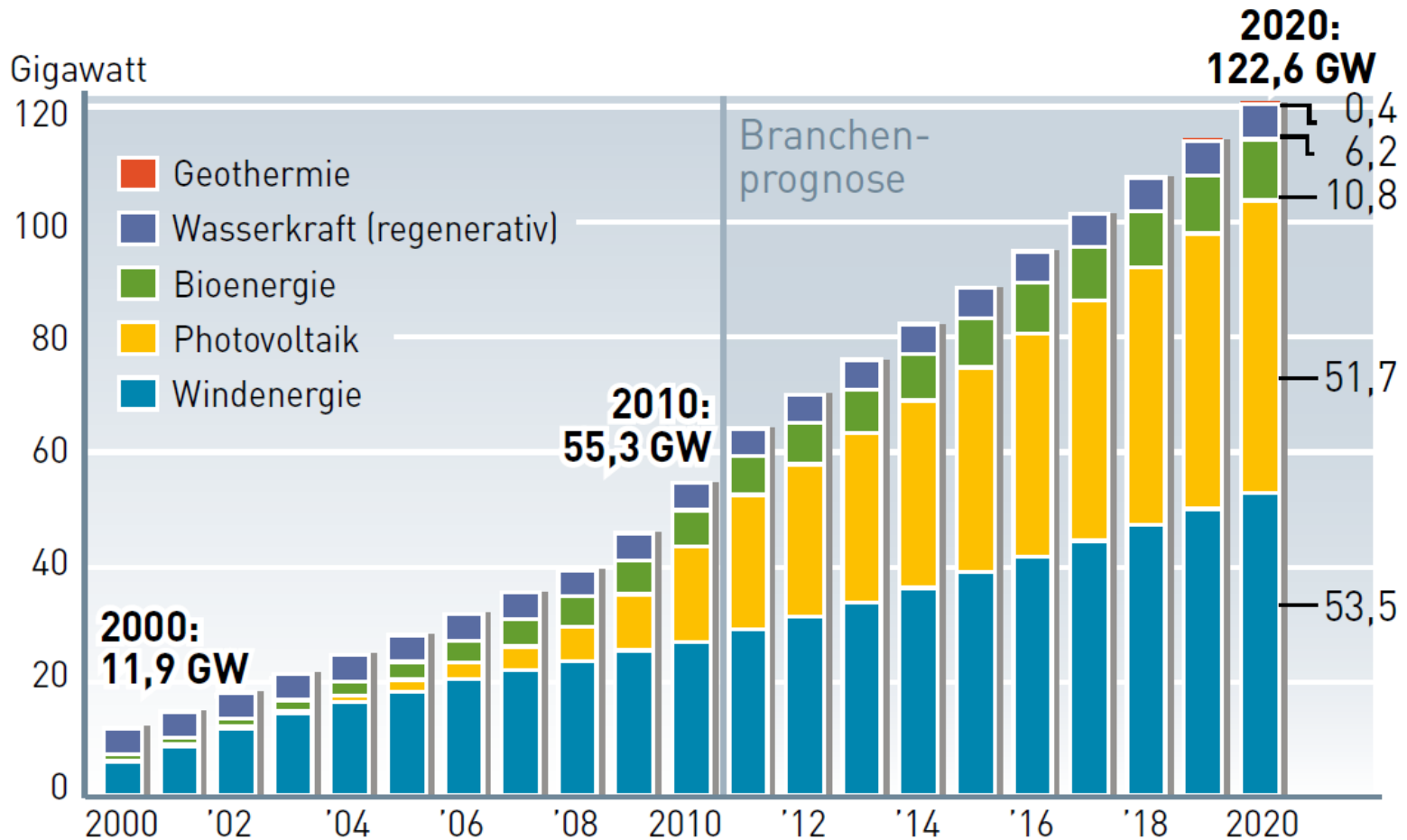
## Neue elektr. Verbraucher

- Elektrofahrzeuge
- Wärmepumpen

## Elektr. Speicher



# Installierte Leistung zur Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien in Deutschland bis 2020



Quelle: BMU/AGEE-Stat, BEE, Stand 03/2011, Grafik: Agentur für Erneuerbare Energien

# Bedeutung für den Energiemarkt

1

Durchschnittsverbrauch eines Haushalts an elektrischer Energie steigt auf 8.000 - 10.000kWh/a an

⇒ Erheblich größerer Verbrauch an elektrischer Energie

2

Große Menge regenerativer Stromerzeugung führt zu einer deutlich **größeren Volatilität** in der Einspeisesituation

⇒ Häufig erhebliche Abweichungen zwischen Angebot und Nachfrage an elektrischer Energie

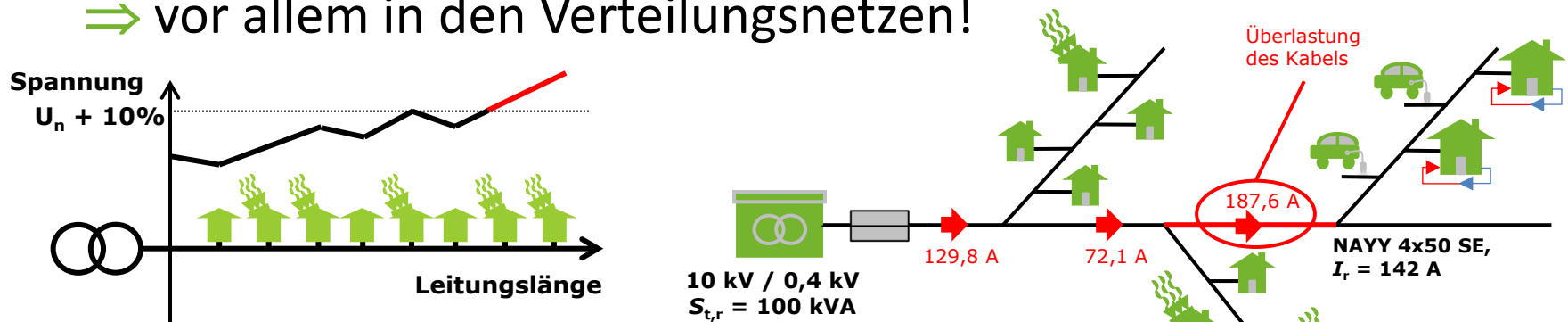
3

Große Abweichungen zwischen Angebot und Nachfrage führen zu **erheblichen Preisunterschieden**

⇒ „Strom-Happy-Hour“

# Auswirkungen auf die Netze

- Auslastung der Netze steigt
  - Die veränderte „Netznutzung“ führt zu neuen Herausforderungen für den Netzbetrieb:
    - Erhebliche Kapazitätsengpässe
    - Erhebliche Probleme der Spannungshaltung
- ⇒ vor allem in den Verteilungsnetzen!

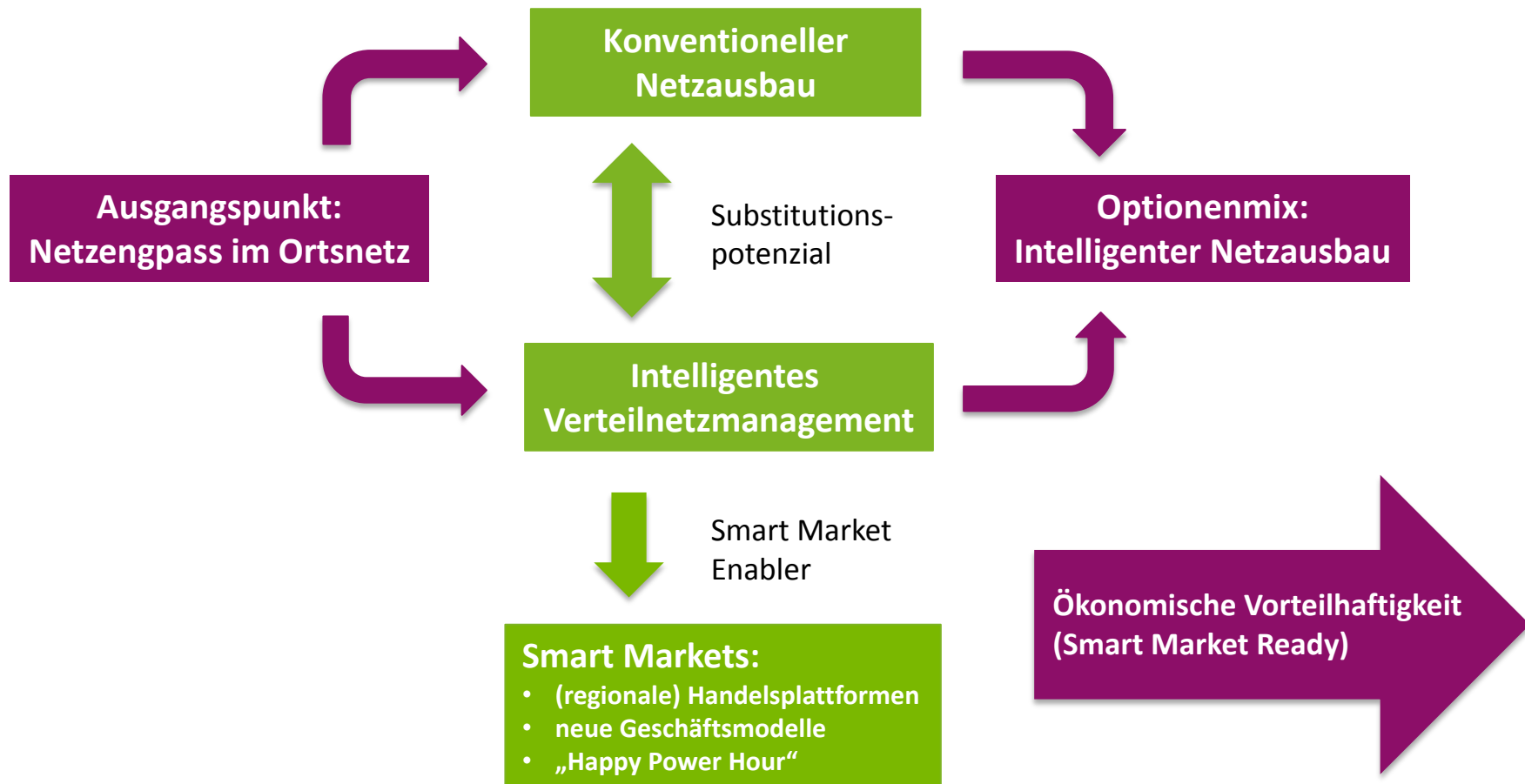


Erhebliche Investitionen in den Ausbau der Verteilungsnetze

Steuerungs- und Überwachungsintelligenz („Smart Grids“)

# Kupfer oder Intelligenz?

## Entwicklungen auf Verteilungsnetzebene





# Netzausbau im Verteilungsnetz (Beispiel)

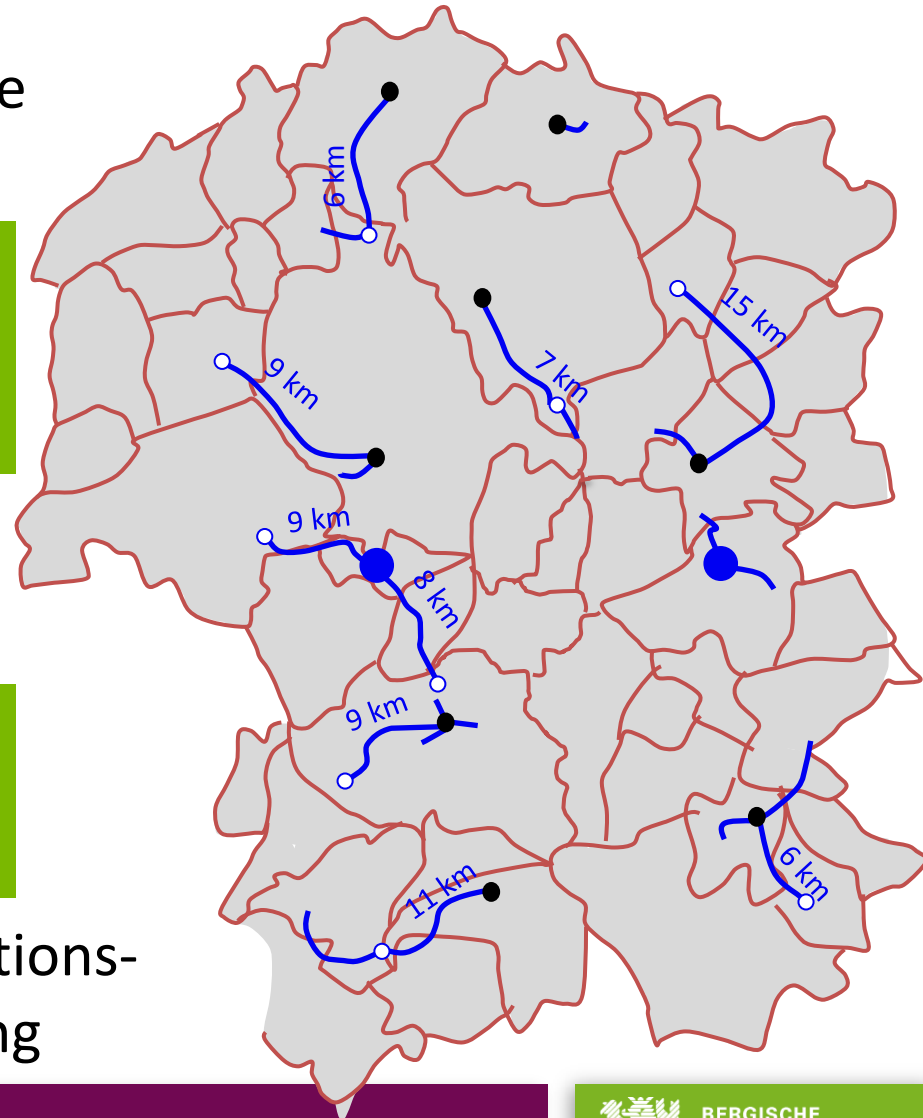
- Anpassung ländlicher MS-Netze an ihre neue Aufgabe:

Verteilungsnetze werden zu  
„Einsammelnetzen“  
von reg. Energie

- Erheblicher Investitionsbedarf bei „geschlossener“ Lösung:

Mind. 2 Mio. €/10.000 Ew.  
+  
„Intelligenz“

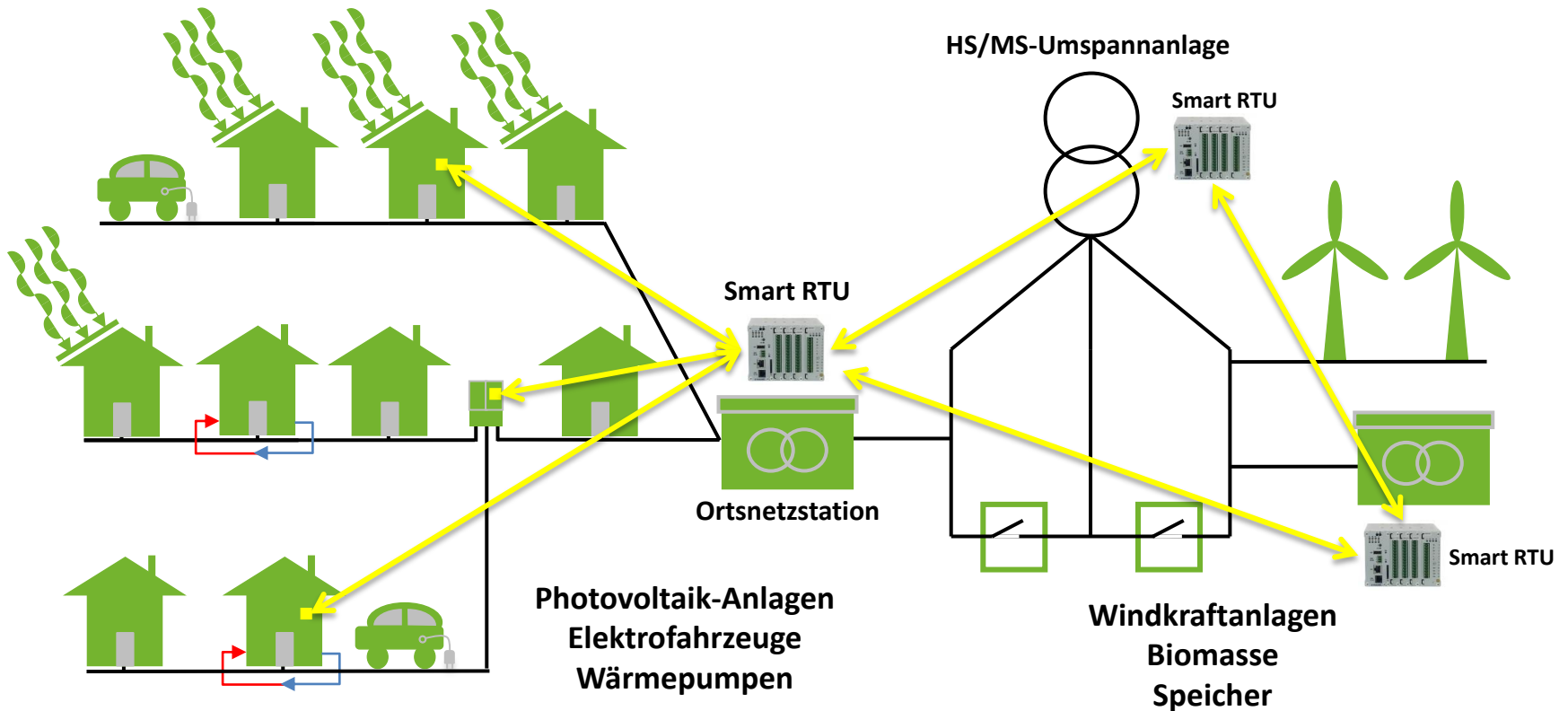
- Noch deutlich größerer Investitionsbedarf bei „kleinteiliger“ Lösung



# „Intelligente“ Verteilungsnetze

**Autarke Überwachung und Steuerung des NS-Netzes**

**Autarke Überwachung und Steuerung des MS-Netzes**



# Intelligente Ortsnetzstationen

## *Gateway* in intelligenten Netzen

Was müssen/können intelligente Ortsnetzstationen leisten?

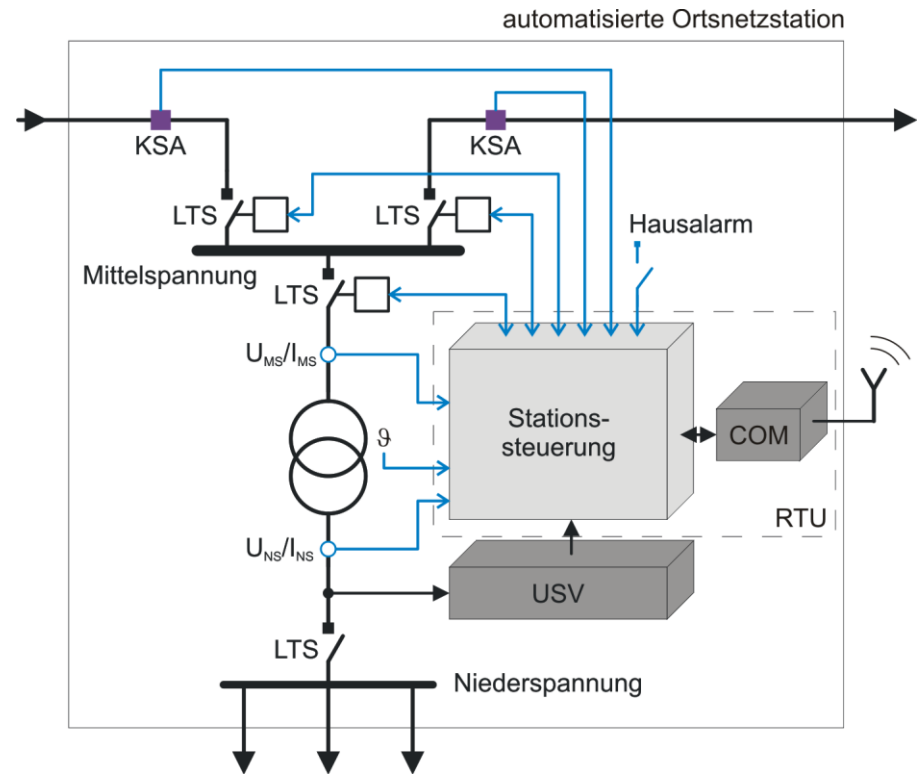
- (Mehr) Informationen aus den bisher nicht überwachten Ortsnetzstationen (Stationsmonitoring)
- Möglichkeit zum manuellen Eingreifen durch die Netzführung (z.B. Schaltungen durchführen)
- Automatische Rückmeldungen und Eingriffe durch die Station selbst (Stationsautomatisierung)
- Ansteuerung von Komponenten in den Mittel- und Niederspannungsnetzen (Netzautomatisierung)

➔ Intelligente Ortsnetzstationen benötigen Automatisierungstechnik!

# Intelligente Ortsnetzstationen

## Komponenten

- Stationssteuerung
- Messequipment
- elektronische Kurz-/ Erdschlussanzeiger
- ansteuerbare Schaltgeräte
- unterbrechungsfreie Stromversorgung
- regelbarer Transformator
- Kommunikationsanbindung



**Intelligente Ortsnetzstationen  
als Baustein von Smart Grids**

# Stationsmonitoring

## Erfassung und Überwachung von Messwerten

- Spannungs-, Strom- und Leistungsmessung auf Mittel- und Niederspannungsebene
  - Auslastung des Transformators und einzelner Abgänge
  - Erfassung von Kurz- und Erdschlüssen mit Richtungsanzeige
  - Spannungsqualität (THD, Ausfallzeiten, Asymmetrien)
  - *Condition Assessment/Condition Monitoring*
    - Messtechnik kann Rückschlüsse auf Zustand und Ausfallwahrscheinlichkeit liefern, z.B. Überwachung auf Teilentladungen etc.
- ➔ Früherkennung von Ausfallmöglichkeiten und Einleitung präventiver Maßnahmen

# Stationsautomatisierung

## Ansteuerung von Stationskomponenten

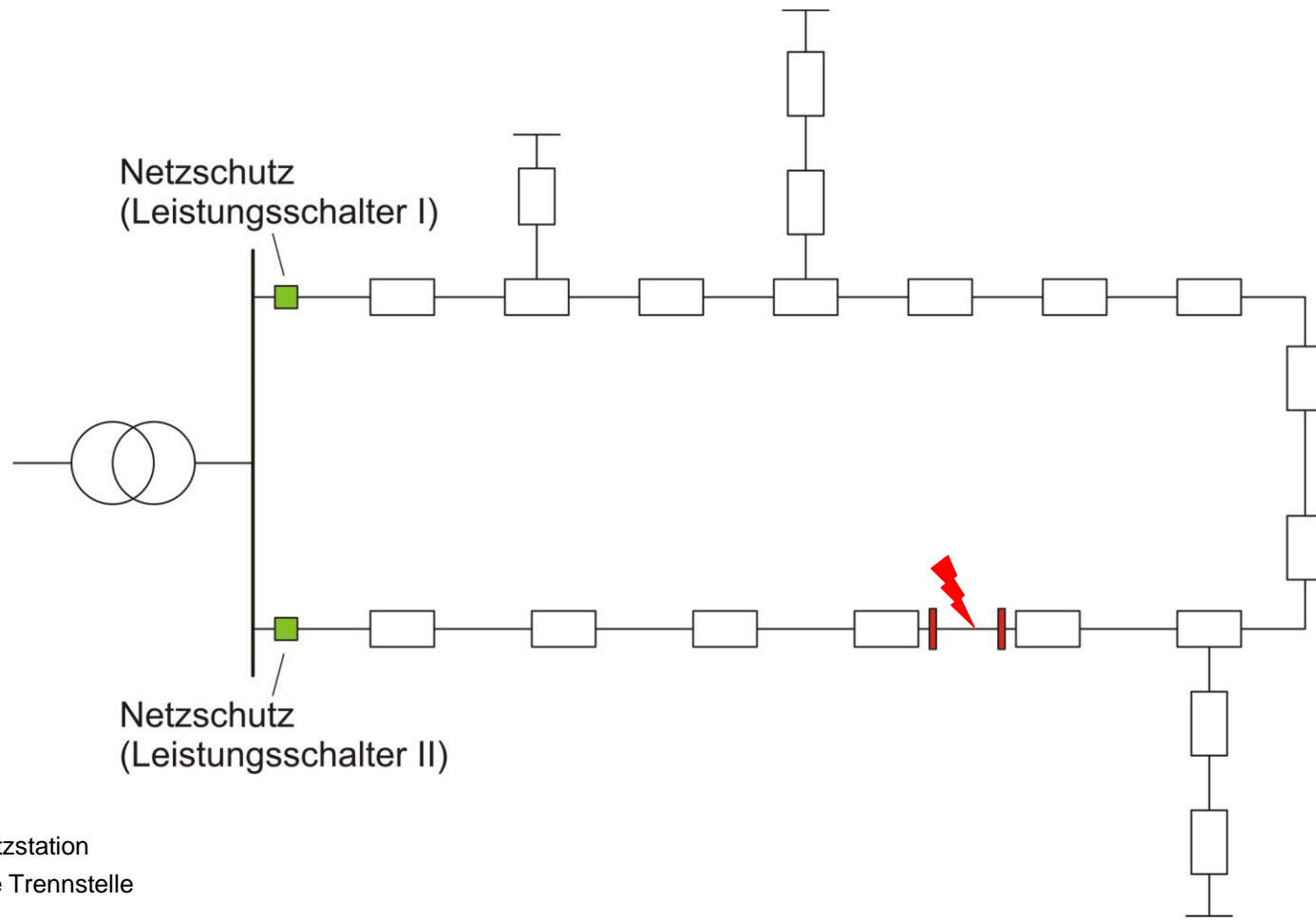
Ausrüstung einer Station mit Automatisierungstechnik bietet neue Möglichkeiten für den Netzbetrieb:

- Umschaltungen durch ansteuerbare Schaltgeräte, z.B. im Fehlerfall oder zur Optimierung der Netzauslastung (Engpassmanagement)
- Ansteuerung von regelbaren Transformatoren zur Einhaltung des Spannungsbands

Betriebsweisen:

- manuell durch die Netzführung
- automatisch durch Verknüpfung mit Messtechnik

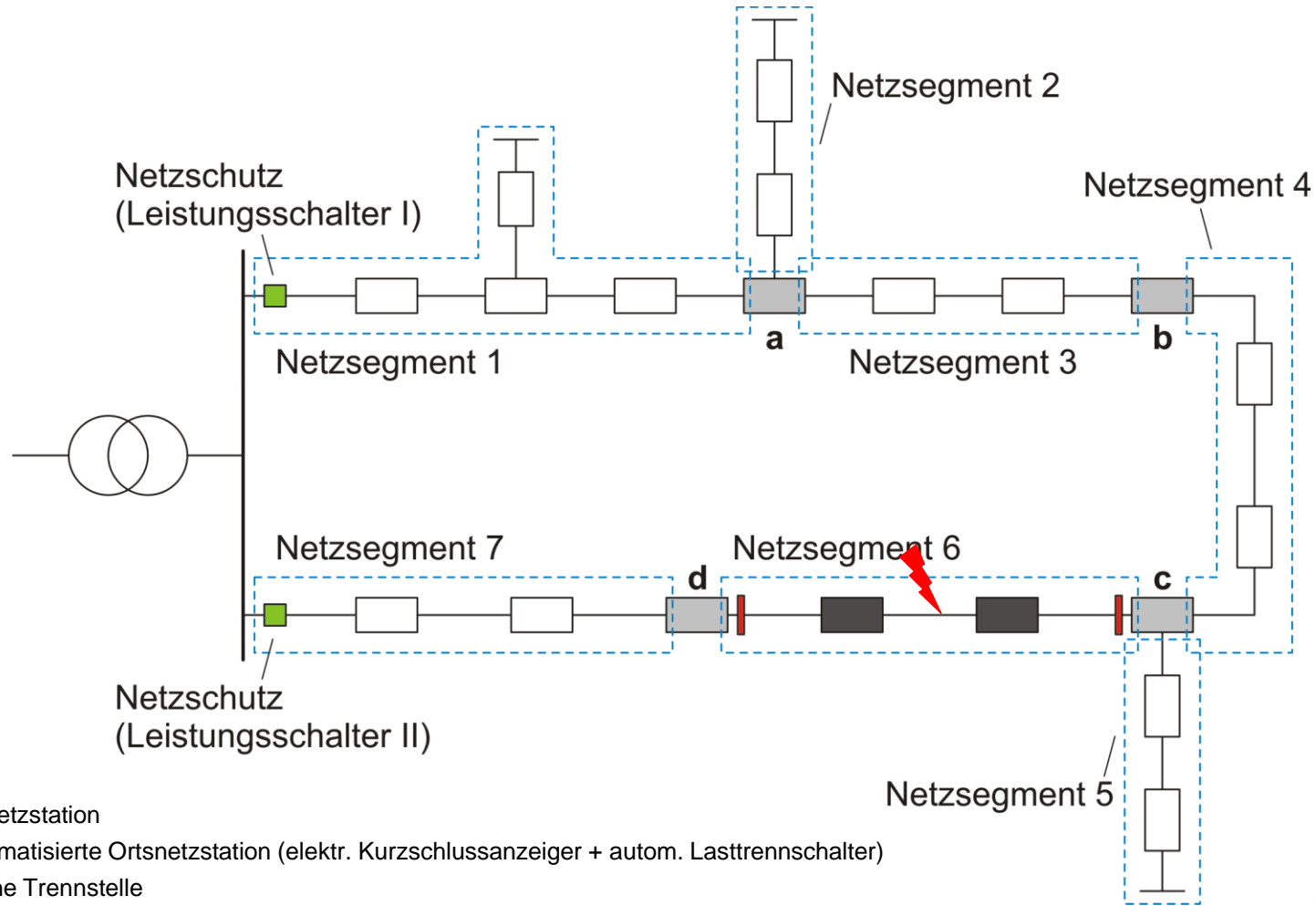
# Klassisches Entstörungsverfahren ohne intelligente Ortsnetzstation



- Ortnetzstation
- offene Trennstelle

# Intelligentes Störungsmanagement

## Self-healing Grid





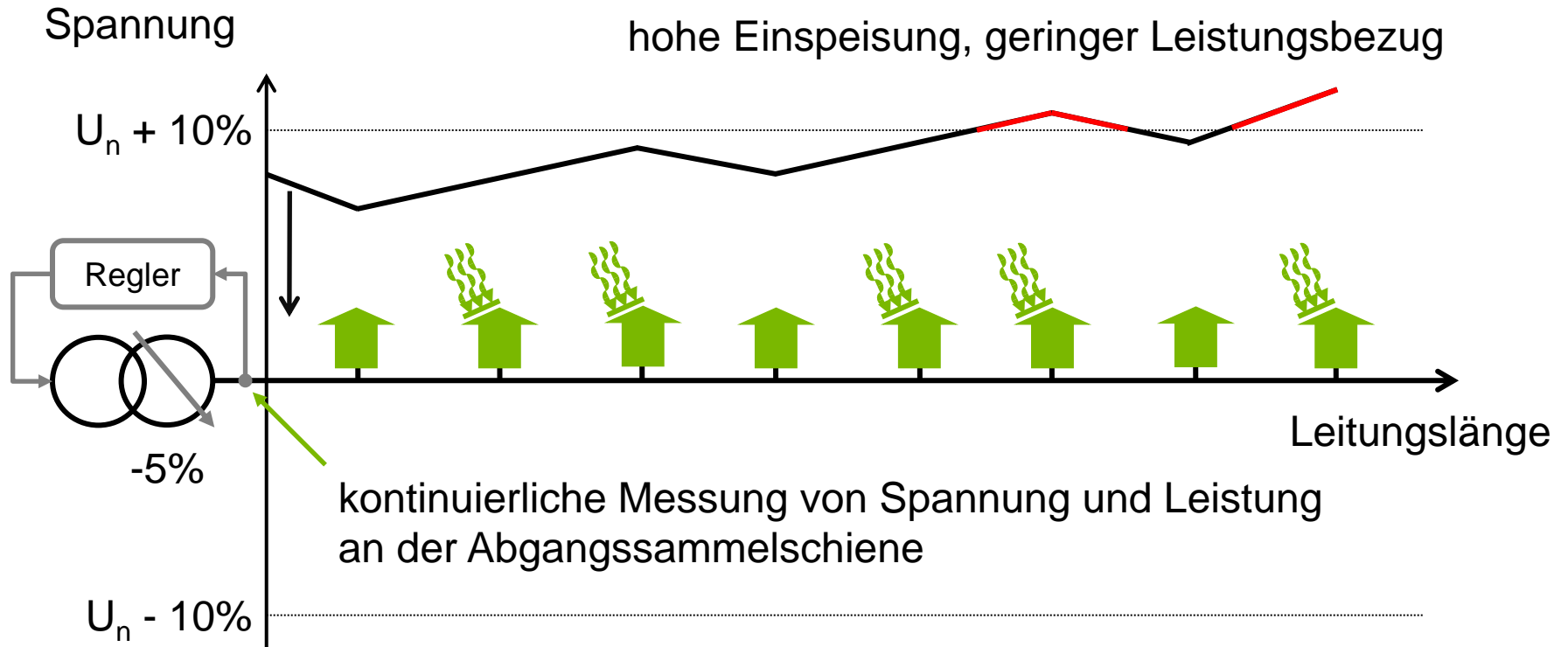
# Regelbare Ortsnetztransformatoren

## Einhaltung des Spannungsbands

- Regelbare Ortsnetztransformatoren (rONT) ermöglichen eine automatisierte Betätigung des Stufenschalters
  - Stufenschalter wird in Abhängigkeit der Spannung bzw. der Leistungsflussrichtung eingestellt:
    - niedrige Spannung/hoher Bezug: Stufung nach oben ( $U > U_n$ )
    - hohe Spannung/Einspeisung: Stufung nach unten ( $U < U_n$ )
- ➔ rONT erhöhen die Aufnahmekapazität des Netzes für erneuerbare Energien (bis zur Trafo-Kapazitätsgrenze)
- ➔ Entkopplung von Mittel- und Niederspannungsebene (der Niederspannungsebene steht quasi das gesamte zulässige Spannungsband (+/-10%) zur Verfügung)

# Regelbare Ortsnetztransformatoren

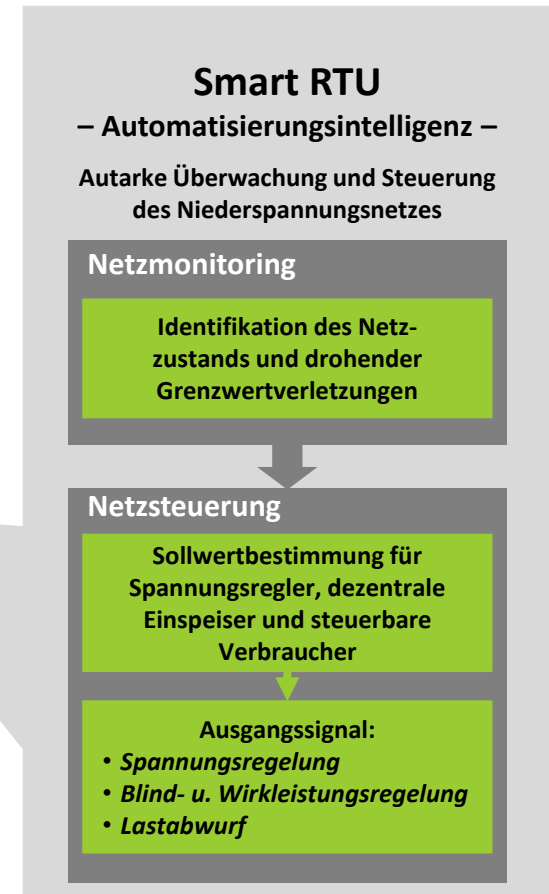
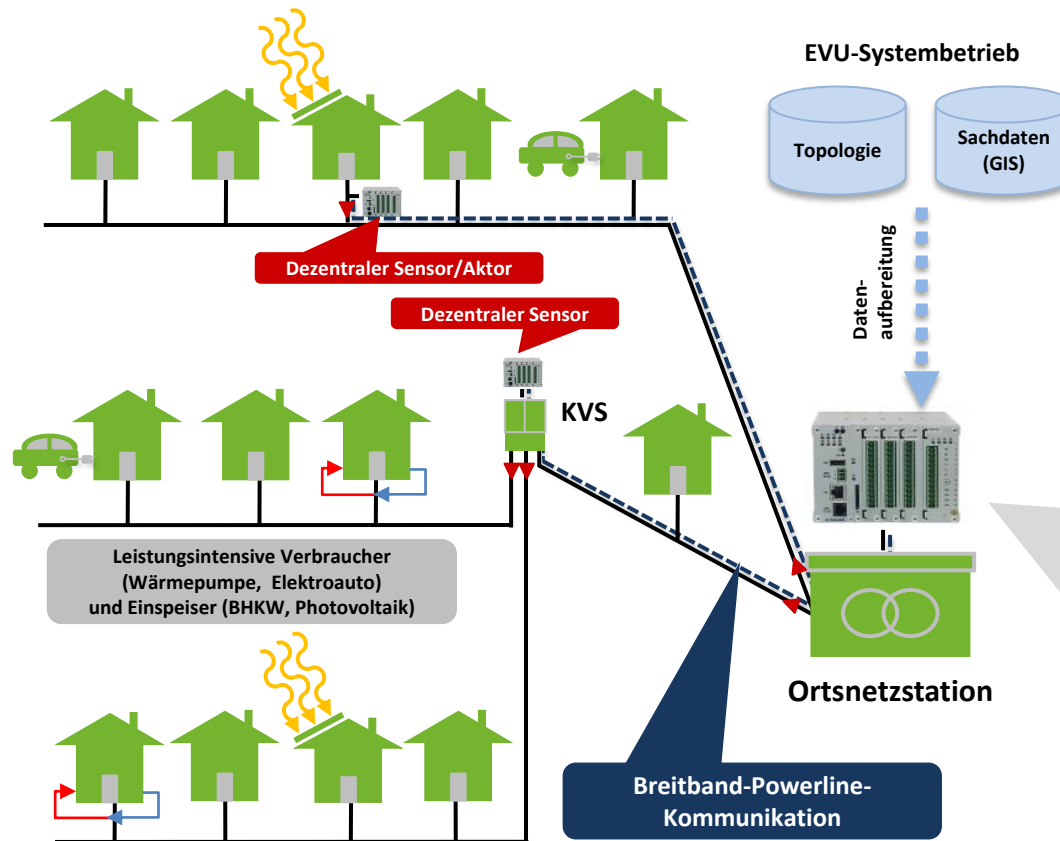
## Einhaltung des Spannungsbands



# Intelligente Niederspannungsnetze

- Auf Basis intelligenter Ortsnetzstationen können die unterlagerten Niederspannungsnetze zu intelligenten Netzen aufgerüstet werden
- Die Ortsnetzstation dient als „μNetzleitstelle“ für das unterlagerte Niederspannungsnetz
- Überwachung und Regelung des Netzzustands durch Messung von Spannung, Strom und Leistung im Netz sowie Ansteuerung von einzelnen Aktoren im Netz
  - regelbare Ortsnetztransformatoren, dezentrale Spannungsregler
  - Blind- und Wirkleistungsregelung einzelner Netzteilnehmer (Einspeiser, Verbraucher, Speicher)

# Konzept der dezentralen Netzautomatisierung



# Engineering-Herausforderungen

## Neue Technik – „alte“ Netze

- Erweiterungsarbeiten an bestehenden Trafostationen und Kabelverteilerschränken erforderlich
  - Umgebungsbedingungen beachten!
  - Schutz der Technik vor Vandalismus
- Erweiterung von dezentralen Einspeisern um Mess-/Steuerungstechnik
  - uneinheitliche Anlagen- und Anschlussgegebenheiten
  - z.T. noch keine Möglichkeit für Ansteuerung aller Einspeiser
- Aufbau einer Kommunikationsinfrastruktur



# Vorteile des dezentralen Ansatzes

- Hierarchie und Topologie des Verteilungsnetzes ideal für dezentralen Ansatz
- kurze Übertragungswege für Mess- und Sollwerte von Sensoren und Aktoren
- dedizierte und damit günstige Automatisierungsgeräte für einzelne Ortsnetze
- höhere Zuverlässigkeit und Ausfallsicherheit durch voneinander unabhängig arbeitende Systeme
- **vollständig autarker Betrieb möglich**
  - unabhängig von einer übergeordneten Netzleitstelle

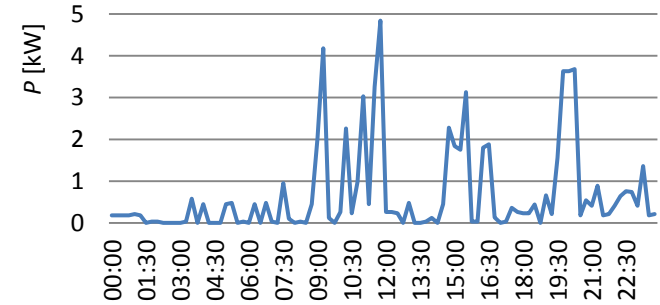
# Identifikation des Netzzustands

## Herausforderungen im Verteilungsnetz

- Aktuelle Situation im Mittel- und Niederspannungsnetz:  
Keine Messtopologie → „Blindflug“ durch Mittel- und Niederspannungsnetz, Netzzustand wird nicht überwacht!
- **Ziel:** Beendigung des Blindflugs durch Implementierung und Echtzeit-Einsatz eines Leistungsfluss-Algorithmus zur Ermittlung der gesuchten Zustandsgrößen → ausreichend genaues Netzabbild
- Netzzustandsüberwachung unter wirtschaftlichen Rahmenbedingungen: **Reduzierung** des Informationsbedarfs und damit **der Anzahl der erforderlichen Messwertgeber**

# Phasenkoppelte Ersatzwertbildung

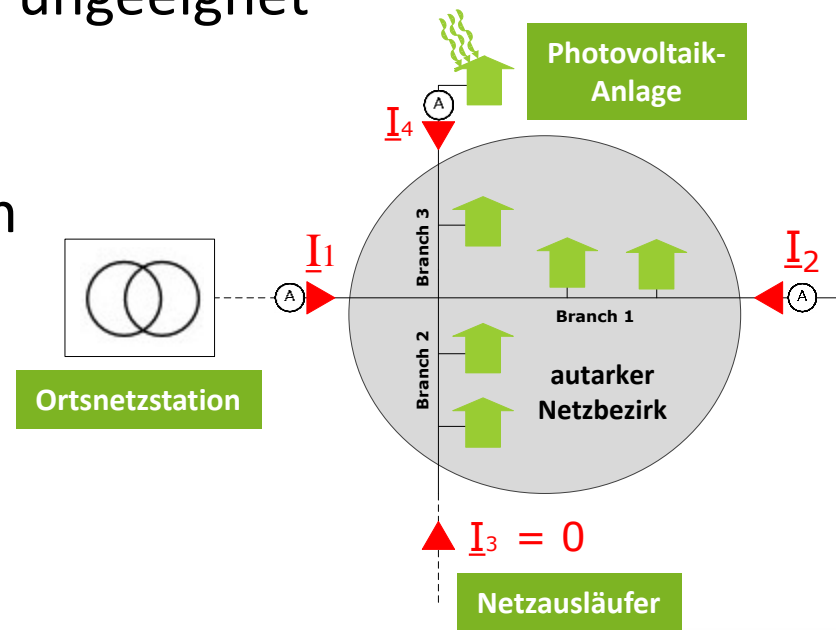
- Ableitung von Ersatzwerten aus Standardlastprofilen oder haushaltsindividuellen Lastprofilen sehr fehlerbehaftet
- Smart Meter aktuell als Sensoren ungeeignet



➔ Berechnung von Ersatzwerten anhand gemessener Zweiggrößen

## Herausforderung:

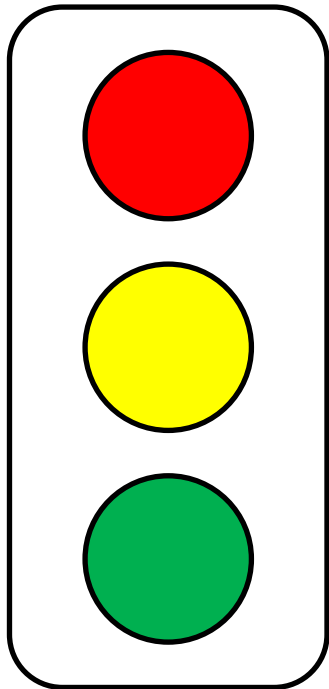
Geschickte Aufteilung der gemessenen Zweiggrößen auf die Lastknoten





# Zustandsinformationen für die Netzleitstelle

Beschränkung des Informationsumfangs auf ein übersichtliches Minimum → Netzkapazitätsampel als *Smart Market Enabler*



## Netzdominierter Bereich

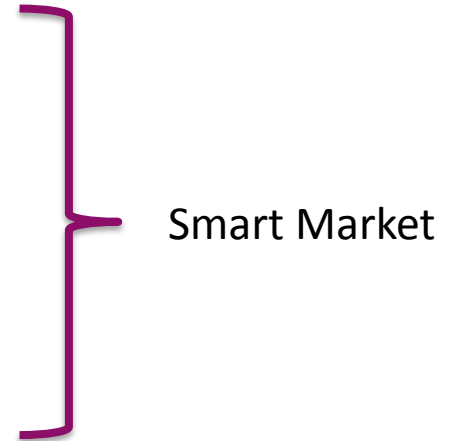
Der Netzzustand ist kritisch, die verfügbaren Gegenmaßnahmen können das Problem nicht lösen. Die Netzleitstelle muss kurzfristig eingreifen.

## Netzorientierter Bereich mit marktgetriebenen Prozessen

Der Netzzustand ist kritisch, die verfügbaren Gegenmaßnahmen können das Problem jedoch lösen.

## Marktgetriebener Bereich

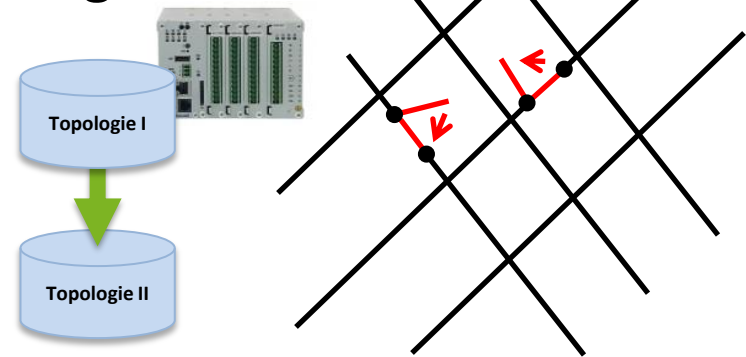
Der Netzzustand ist unkritisch. Der Stromhandel zwischen den Marktteilnehmern ist uneingeschränkt möglich.



# Automatische Topologieerkennung

- Während des Netzbetriebs können (geplante oder ungeplante) Umschaltungen erforderlich werden
- „Schalter“ in Niederspannungsnetzen sind häufig NH-Sicherungen, die nicht in der Netzleitstelle überwacht werden
- Ein intelligentes Netz soll Schalthandlungen automatisch erkennen können

➔ Algorithmus zur Topologieerkennung wählt ein der Realität am besten entsprechendes, vordefiniertes Topologie-modell aus



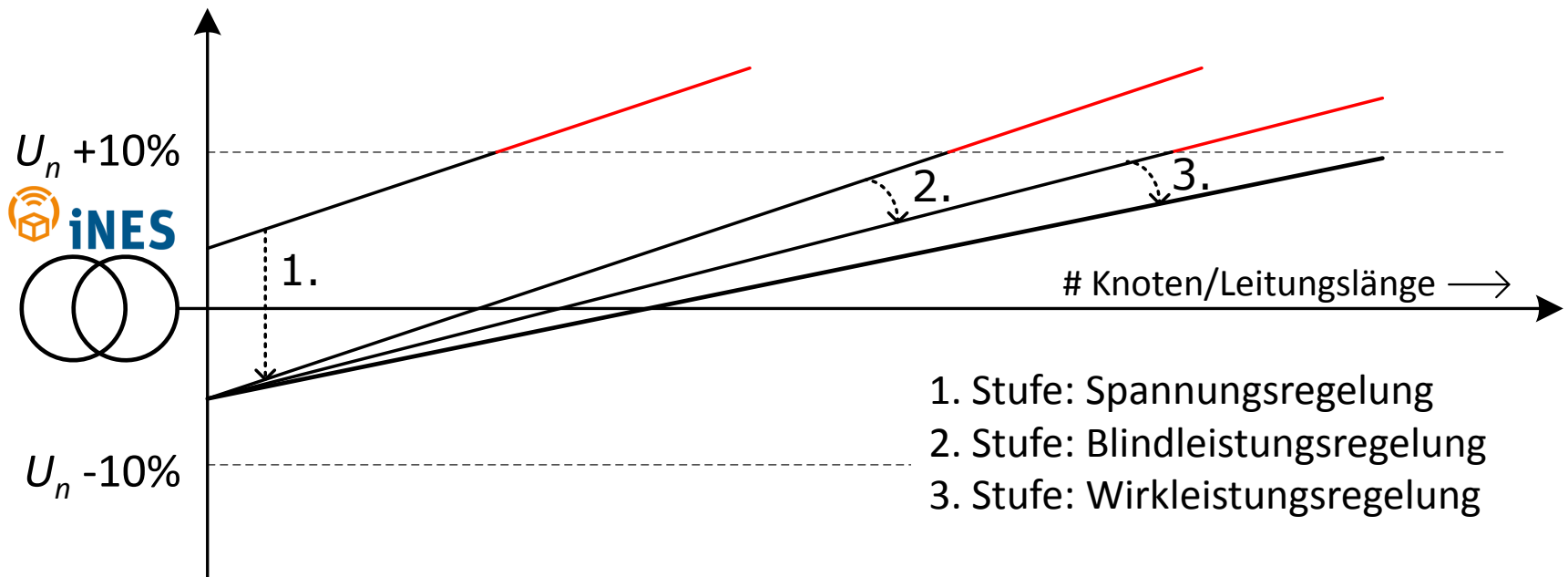
# Regelungsmöglichkeiten in Niederspannungsnetzen

- Spannungsregelung durch regelbare Ortsnetztransformatoren oder dezentrale Spannungsregler
  - direkte Beeinflussung des Spannungsniveaus im gesamten Niederspannungsnetz bzw. im Strang des dezentralen Spannungsreglers
- Leistungsregelung durch Netzteilnehmer
  - indirekte Beeinflussung des Spannungsniveaus (höchster Effekt am Punkt des Netzteilnehmers)
    - Blindleistungsregelung
    - Wirkleistungsregelung
  - direkte Beeinflussung der Betriebsmittelauslastung

# Regelung von Niederspannungsnetzen

- Kombination der einzelnen Regelungsmöglichkeiten in Niederspannungsnetzen in einem 3-stufigen Modell
  - ➔ Vermeidung von Wirkleistungsreduzierung so lange wie möglich

3-stufiges Regelungsmodell bei minimaler Last und maximaler Einspeisung

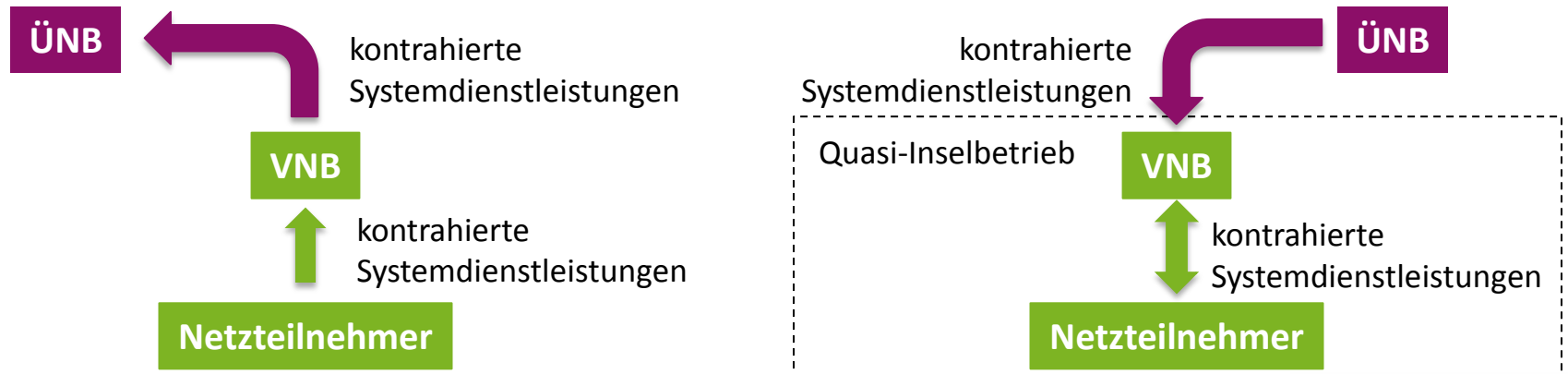


# Regelungsmöglichkeiten in Mittelspannungsnetzen

- Spannungsregelung durch UW-Transformatoren (110kV/MS)
  - direkte Beeinflussung des Spannungsniveaus im gesamten Mittelspannungsnetz und den unterlagerten Niederspannungsnetzen
  - sinnvoll als Weitbereichsregelung oder mit Netzzustandsidentifikation
- regelbare Ortsnetztransformatoren
  - Entkopplung von Mittel- und Niederspannungsnetzen
- Leistungsregelung durch Netzteilnehmer
  - indirekte Beeinflussung des Spannungsniveaus (höchster Effekt am Punkt des Netzteilnehmers)
    - Blindleistungsregelung
    - Wirkleistungsregelung
  - direkte Beeinflussung der Betriebsmittelauslastung

# Systemdienstleistungen aus den Verteilungsnetzen

- relativer Anteil der Erzeugungsleistung steigt in den Verteilungsnetzen und sinkt auf Übertragungsebene
- ➔ Verteilungsnetze müssen zukünftig auch die sogenannten Systemdienstleistungen zur Gewährleistung eines sicheren und zuverlässigen Netzbetriebs bereitstellen
- verschiedene Rollen von ÜNB und VNB denkbar:



# Zusammenfassung

- Die Energiewende beeinflusst den Energiemarkt und gerade die **Verteilungsnetze** in den nächsten Jahren nachhaltig
- Ländliche Netze tragen aktuell die „Last“ der Energiewende
- Städtische Netze sind bisher kaum betroffen – hier werden Engpässe auftreten, wenn viele E-Fahrzeuge genutzt werden
- Erhebliche Investitionen sind erforderlich:

## Ausbau der Verteilungsnetze

## Steuerungs- und Überwachungsintelligenz („Smart Grids“)

- Automatisierungstechnik (intelligente Ortsnetzstation) ist Voraussetzung für die darauf aufbauende Verteilungsnetzautomatisierung (für Mittel- und Niederspannungsnetze)

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

**Aktuelle Herausforderungen und Trends im Verteilungsnetz**  
Dipl.-Ing. Christian Oerter

S32