

# Sicherheit in aktiven Verteilnetzen

Univ.-Prof. DI Dr. Lothar Fickert  
DI Clemens Obkircher  
DI Dr. Ernst Schmutzer



Technische Universität Graz

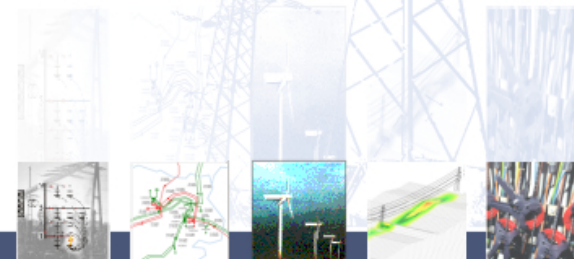


Institut für Elektrische Anlagen



Research and Teaching for the most precious Energy

# INSTITUTE OF ELECTRICAL POWER SYSTEMS



INSTITUTE OF ELECTRICAL POWER SYSTEMS  
www.ifea.tugraz.at  
Inffeldgasse 18 / I, 8010 Graz, Austria  
TEL: 0043/(0)316/873-7551 FAX:-7553

©IFEA July 2007

# Axiomensystem der Netzplanung

## Axiomensystem der Netzplanung

- **Es muss ständig ein Gleichgewicht zwischen den Einspeisungen und den Belastungen im betrachteten Netzteil herrschen.**

## Axiomensystem der Netzplanung

- **Es muss ständig ein Gleichgewicht zwischen den Einspeisungen und den Belastungen im betrachteten Netzteil herrschen.**
- **Abweichungen vom Gleichgewicht müssen ausgeglichen werden.**

## Axiomensystem der Netzplanung

- **Es muss ständig ein Gleichgewicht zwischen den Einspeisungen und den Belastungen im betrachteten Netzteil herrschen.**
- **Abweichungen vom Gleichgewicht müssen ausgeglichen werden.**
- **Das Netz muss eine einfache Betriebsführung im regulatorischen Rahmen gestatten.**

## Axiomensystem der Netzplanung

- **Es muss ständig ein Gleichgewicht zwischen den Einspeisungen und den Belastungen im betrachteten Netzteil herrschen.**
- **Abweichungen vom Gleichgewicht müssen ausgeglichen werden.**
- **Das Netz muss eine einfache Betriebsführung im regulatorischen Rahmen gestatten.**
- **Das betrachtete Netz muss eine hinreichende Spannungsqualität und Versorgungssicherheit bieten.**

## Axiomensystem der Netzplanung

- **Es muss ständig ein Gleichgewicht zwischen den Einspeisungen und den Belastungen im betrachteten Netzteil herrschen.**
- **Abweichungen vom Gleichgewicht müssen ausgeglichen werden.**
- **Das Netz muss eine einfache Betriebsführung im regulatorischen Rahmen gestatten.**
- **Das betrachtete Netz muss eine hinreichende Spannungsqualität und Versorgungssicherheit bieten.**
- **Die Wirtschaftlichkeit ist entsprechend zu berücksichtigen**



## Technische Verantwortung für die Netzspannungsqualität / Versorgungsqualität

POWER QUALITY Parameter	Einflussfaktoren	Technisch verantwortlich				DEA
		E	ÜN	VN	K	
Frequenz	Wirkleistungsbilanz	X				(?)
Spannungsniveau	Msp, Nsp: Transformatorstellung Hsp: Blindleistungsbilanz			X		(?)
Unsymmetrie	Unsymmetrische Belastung				X	(?)
Oberschwingungen	Oberschwingungsströme Unzulässige OS-Spannungen trotz zulässiger OS-Ströme		X	X	X	
Flicker	Unruhige Belastung				X	(?)
Transiente Überspannungen	Atmosphärische Überspannungen, Schalthandlungen		X	X		
Unterbrechungen	Fehler im Netz		X	X		(?)
Spannungseinbrüche	Fehler im Netz Fehler oder hohe Einschaltströme bei Kundenanlagen		X	X	X	(?)

### Power Quality

(Lt. IEC 61000-4-30)

The characteristics of the electricity at a given point on an electrical system, evaluated against a set of reference parameters.

### Spannungsqualität

Definiert und messbar gemäß Europeanorm EN 50160

### Versorgungssicherheit

Definiert und messbar gemäß Europeanorm EN 50160

UNIPEDA-Kennzahlen

## Das Netz muss eine **einfache Betriebsführung** im regulatorischen und gesetzlichen Rahmen gestatten

### Systemdienstleistungen von Netzbetreibern

- **Frequenzhaltung**
- **Spannungshaltung und Blindleistungsbereitstellung**
- **Beitrag zur Sicherung der Spannungsqualität, orientiert an EN 50160**
- **Betriebsführung inklusive Engpassmanagement**
- **Versorgungswiederaufnahme**
- **Netzschutz**
- **Ausbauplanung**
- **Instandhaltung**
- **Personenschutz**

## Freuquenzhaltung

Sicherstellung von Leistungsgleichgewicht durch Primärregelleistung und Vorhaltung von Sekundärregelleistung und Minutenreserve, auch zum Zeitpunkt der höchsten Belastung

Sicherstellung der Übertragungsmöglichkeit (Übertragungskapazität und Infrastruktur) der Primärregel-, Sekundärregel- und Minutenreserveleistung

**Primärregelung**

Aufteilung der nötigen Primärregelleistung auf die einzelnen Einspeiser gemäß

$$\delta(P / P_N) = K * \delta(f / f_N)$$

Zeitfenster für Primärregelung: 0 ... ca. 30 s ab Bedarf

Voraussetzung:

Umschalten der Regler von Leistungs-Regelung auf Frequenzregelung

Kriterium:

**Inselerkennung**

# Spannungshaltung und Blindleistungsbereitstellung

## Spannungshaltung

- Grundvoraussetzung für einen ordnungsgemäßen Netzbetrieb
- Angemessene Spannungsqualität für die Verbraucher
- Technische Erfordernis für den Netzbetrieb
  - Übertragungsvermögen
  - Stabilität
  - Isolationsbemessung
  - Netzschutzfunktionen auf Basis von Kurzschlussströmen (Kurzschlussleistung)

## Blindleistungshaushalt

der Netzanlagen (Leitungen und Transformatoren) ... Ausgleich durch Netzbetreiber durch  
Kompensation im Netz  
Bereitstellung durch Erzeugungsanlagen ( $\cos \varphi$ - vs. Blindleistungsregelung)  
Beitrag der Verbraucher ... Verpflichtung zu  $\lambda > 0,9$ , sonst Auflagen

## Voraussetzung:

Umschalten der Regler von  $\cos \varphi$ -Regelung auf Spannungsregelung

## Kriterium:

**Inselerkennung**

# Netzschutz

## Elektrischen Schutzeinrichtungen (Allgemein)

- schnelle und sichere Abschaltung von elektrischen Fehlern
- Selektivität und Kompatibilität zu den Netzschutzeinrichtungen
- Redundanz bei Leistungsschalter- und Schutzversagern
- Abstimmung der Schutzkonzepte an Kuppelstellen zur Minimierung von Störungsrückwirkungen

## Spezielle Schutzanforderungen bei Erzeugungseinheiten

- Reserveschutzfunktionen (Versagen anderer Schutzeinrichtungen) und Maßnahmen gegen Schalterversager
- Eigenschutz gegen gewisse Netzsituationen können zu Belastungen der Erzeugungseinheit führen, die nicht auf Dauer beherrschbar sind: Schiefast, Ständerüberlast und Läuferüberlast, Untererregung, Überfrequenz, Unterfrequenz, Asynchronlauf, Torsionsbeanspruchungen, Antriebsausfall (motorischer Betrieb), Stabilitätsprobleme.
- Systemschutzaufgaben (Schutz anderer Netzbenutzer vor dauernd unzulässigen Frequenz- und Spannungswerten bei zufälligem Inselbetrieb durch Frequenz- und Spannungsschutzfunktionen

• **Entkuppelungsstellen** zwischen Verteilernetz und Erzeugungsanlagen („Dezentrale Energieerzeugungsanlagen“) spezielle Schutzeinrichtungen zur Verhinderung von instabilen Versorgungsinseln

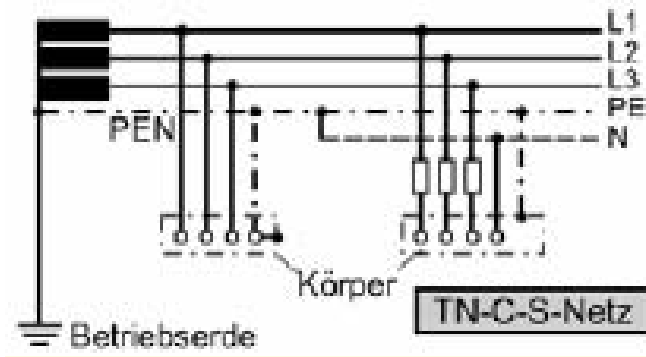
$$\text{Auslösung} = (U >) \quad \mathbf{V} \quad (U <) \quad \mathbf{V} \quad (f >) \quad \mathbf{V} \quad (f <)$$

## Personenschutz

### Schutz des Menschen vor gefährlichen Berührungsspannungen

- Niederspannung: TN-System (TT-System)
- Selektivität und Redundanz durch gestaffelte Sicherungen (u.U. Zusatzschutz – FI)
- Funktionsprinzip: bei (Erd-)Kurzschluss schmilzt die vorgelagerte Sicherung
- Voraussetzung: **Genügend großer** Strom für **ausreichend lange** Zeit

$I^2 \times t$  (Quelle) >  $I^2 \times t$  (Sicherung bzw. Niederspannungs-Leistungsschalter)



### Problemfelder:

Zu hohe Innen-Impedanzen der Quellen

Kippen von Wechselrichtern

Selbstschutz der Wechselrichter wegen eines kleinen  $I^2 \times t$  –Wertes des Wechselrichterschutzes

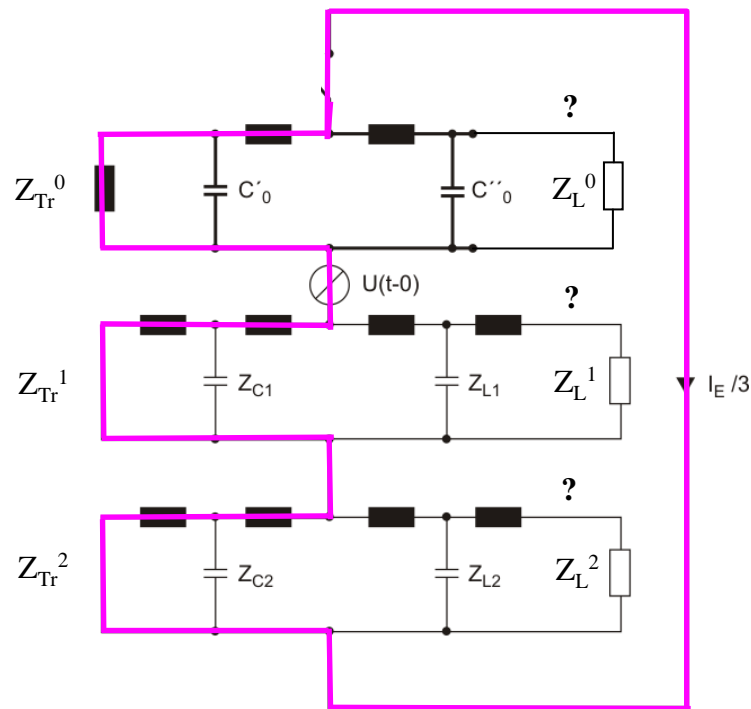
## (Erd-) Kurzschluss bei radialer Speisung ohne DEA



# (Erd-) Kurzschluss bei radialer Speisung ohne DEA



Symmetrische  
Komponenten



Lastfluss: →  
Kurzschlussstrom →  
Erdfehlerstrom →



## (Erd-) Kurzschluss bei radialer Speisung mit DEA



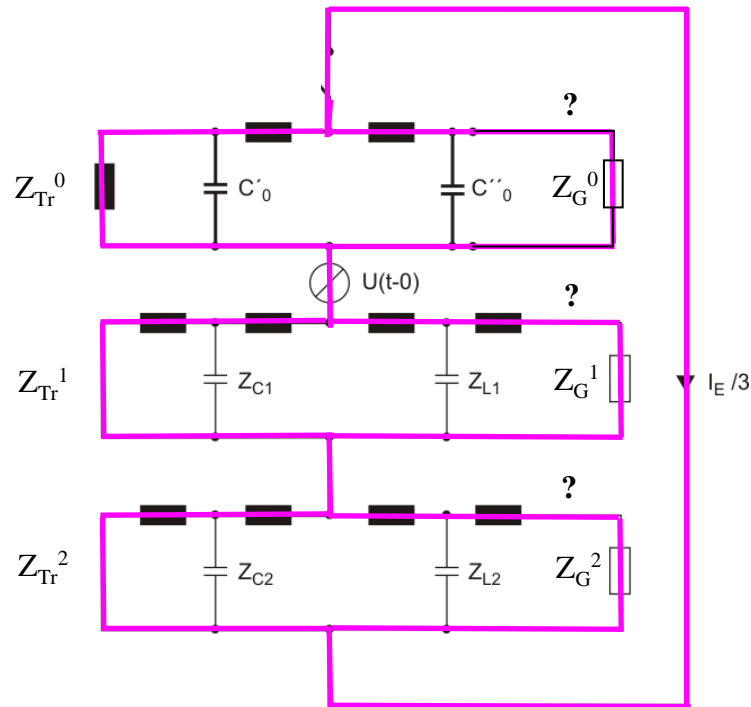
**Parallelbetrieb**

# (Erd-) Kurzschluss bei radialer Speisung mit DEA



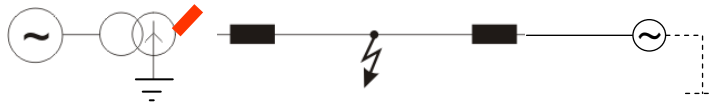
Parallelbetrieb

Symmetrische  
Komponenten



Lastfluss:             $\rightarrow + \leftarrow$   
 Kurzschlussstrom  $\rightarrow + \leftarrow$   
 Erdfehlerstrom      $\rightarrow + ?$

## (Erd-) Kurzschluss bei radialer Speisung mit DEA



**Inselnetzbildung Typ 1**

**(ohne EVU-Netztransformator)**

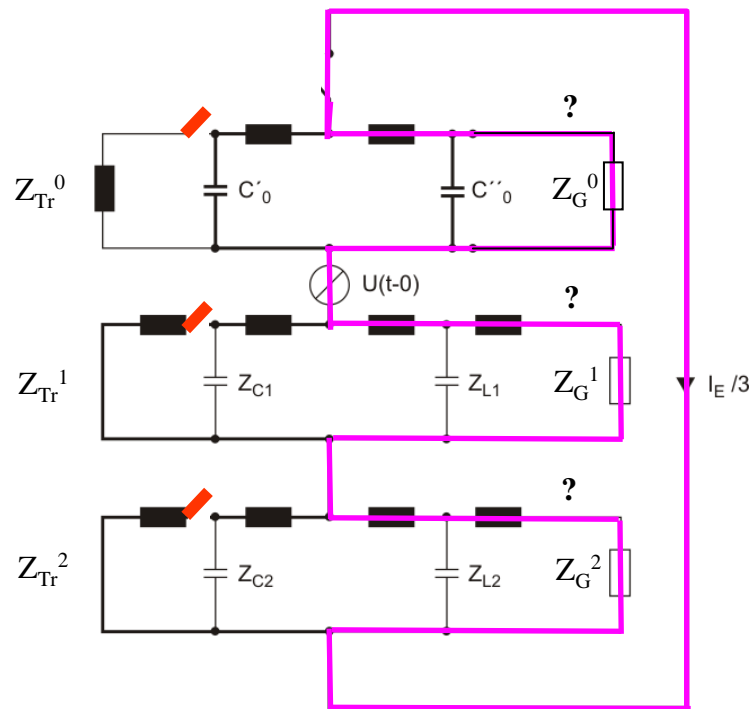
# (Erd-) Kurzschluss bei radialer Speisung mit DEA



## Inselnetzbildung Typ 1


(ohne EVU-Netztransformator)

Symmetrische  
Komponenten



Lastfluss: ←  
Kurzschlussstrom ←  
Erdfehlerstrom ???

**Gefahr!**  
TN  
-T  
IN



## (Erd-) Kurzschluss bei radialer Speisung mit DEA



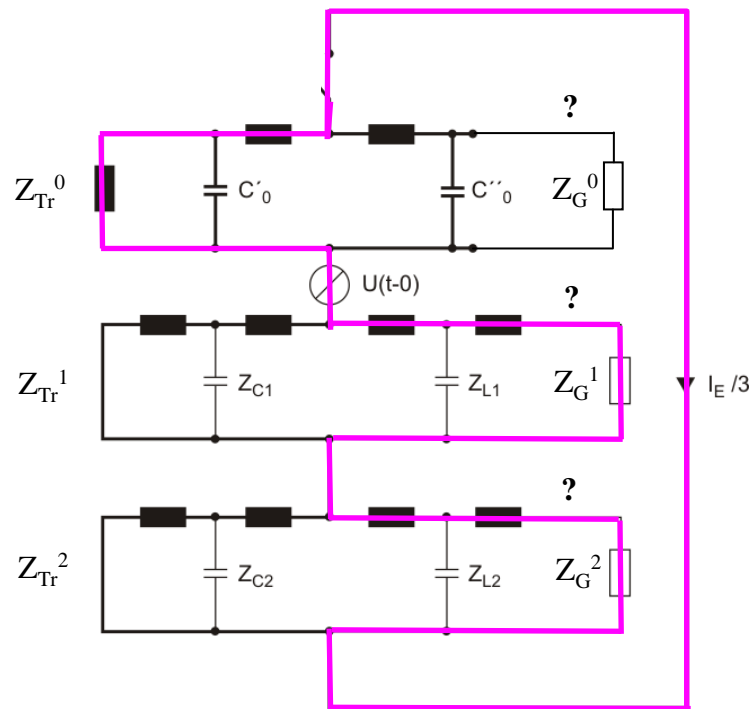
**Inselnetzbildung Typ 2**

**(mit passivem EVU-Netztransformator)**

# (Erd-) Kurzschluss bei radialer Speisung mit DEA



Symmetrische  
Komponenten



Inselnetzbildung Typ 2

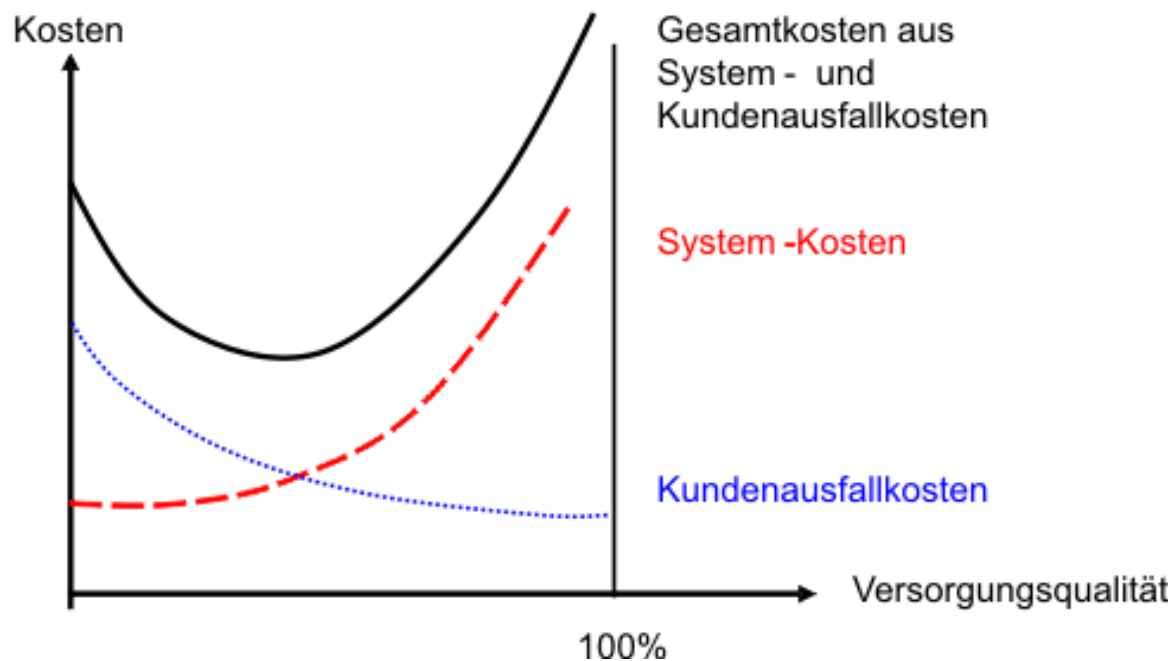
(mit passivem EVU-Netztransformator)

Lastfluss: ←  
 Kurzschlussstrom ←  
 Erdfehlerstrom →!!!!  
 („Bauch‘ches Paradoxon“)

## Wohlfahrtsökonomische Betrachtungen

Wirksame Gesamtkosten eines Energieversorgungssystems =  
 Elektroenergiesystemkosten + Kundenausfallkosten

Aufgabe: Optimierung der wirksamen Gesamtkosten eines  
 Energieversorgungssystems



# Sicherheit in aktiven Verteilnetzen

**Univ.-Prof. DI Dr. Lothar Fickert  
DI Clemens Obkircher  
DI Dr. Ernst Schmutzer**

GRAZ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY  
Institute for Electrical Power Systems  
Inffeldgasse 18-I / A-8010 Graz  
Tel. :++43/(0)316 / 873 7551  
Fax.:++43/(0)316 / 873 7553

<http://www.ifea.tugraz.at>