

# Qualitätsanforderungen der Verbraucher an den Netzbetrieb

12. Göttinger Energietagung, 23. September 2021, Göttingen

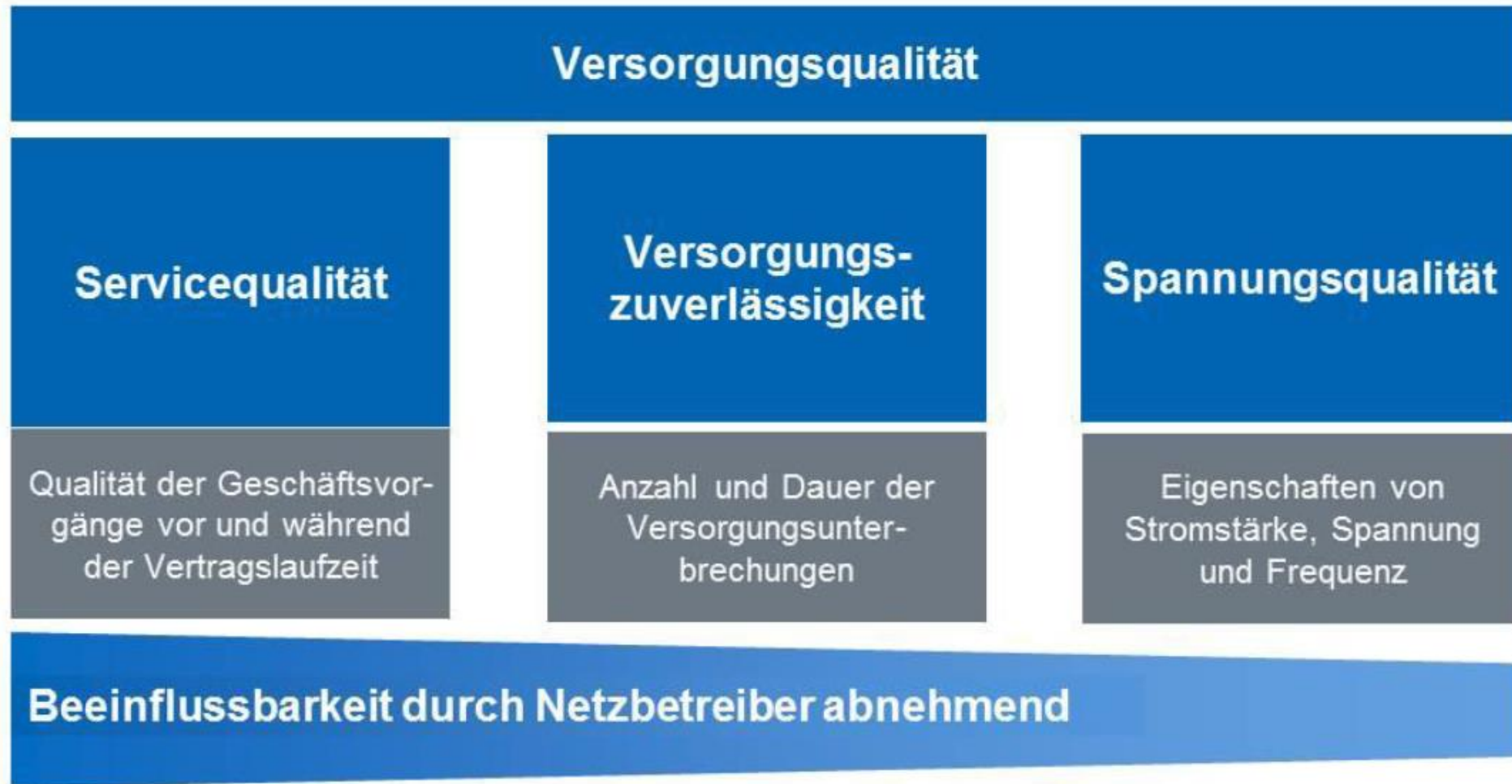
Name: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Albert Moser, RWTH Aachen

# Agenda

---

- Übersicht:  
Versorgungszuverlässigkeit, Spannungsqualität und Elektromagnetische Verträglichkeit
- Versorgungsunterbrechungen:  
Ursachen, Schäden und Einfluss der Netzbetreiber
- Störfestigkeit von Geräten:  
„Dips“, Normen und Abhilfemaßnahmen der Netznutzer
- Zusammenfassung

# Übersicht - Versorgungsqualität

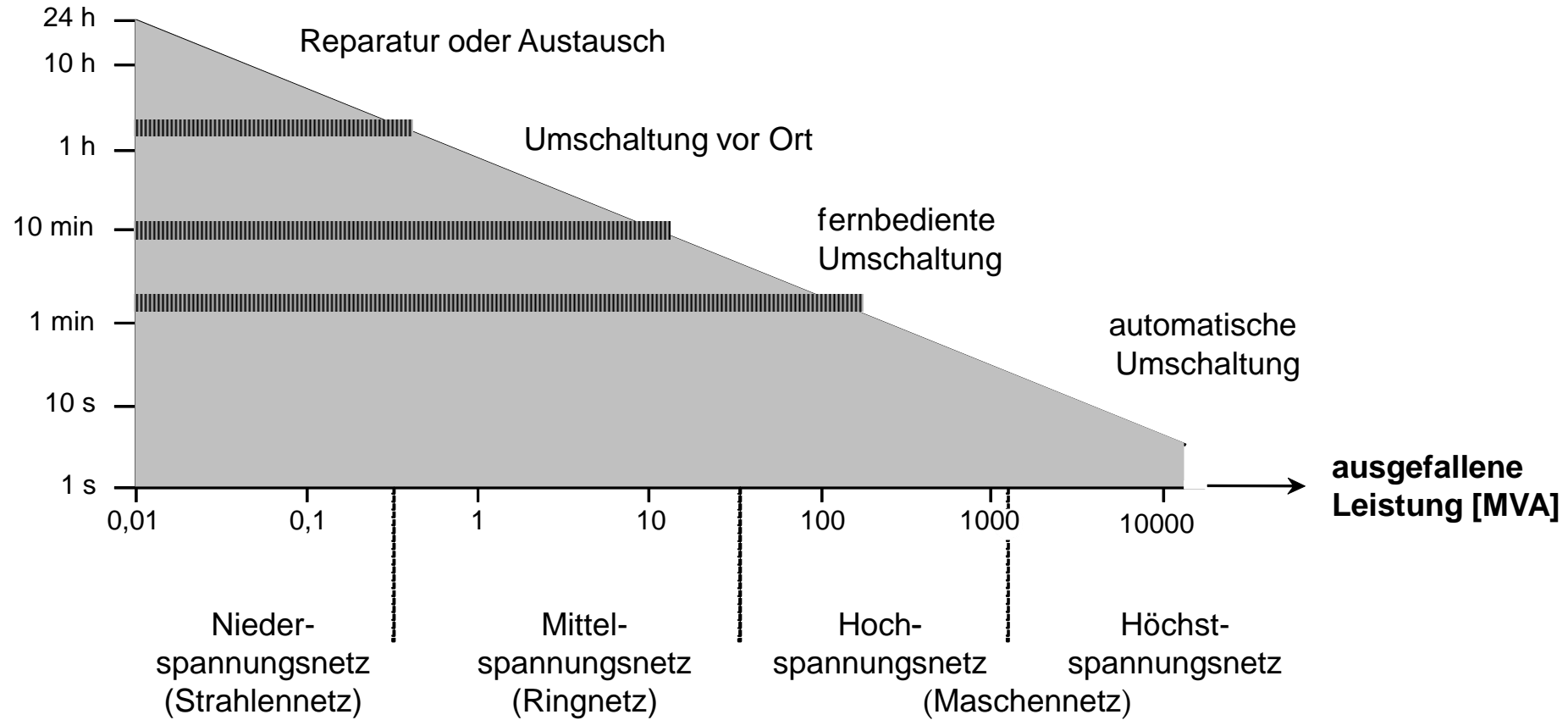


Quelle: FNN, 2016

# Übersicht - Planungsgrundsätze zur Versorgungszuverlässigkeit

## akzeptierte Dauer der Versorgungsunterbrechung

Quelle: K. Zollenkopf, CIGRE 1968



# Übersicht - Spannungsqualität nach DIN EN 50160

---

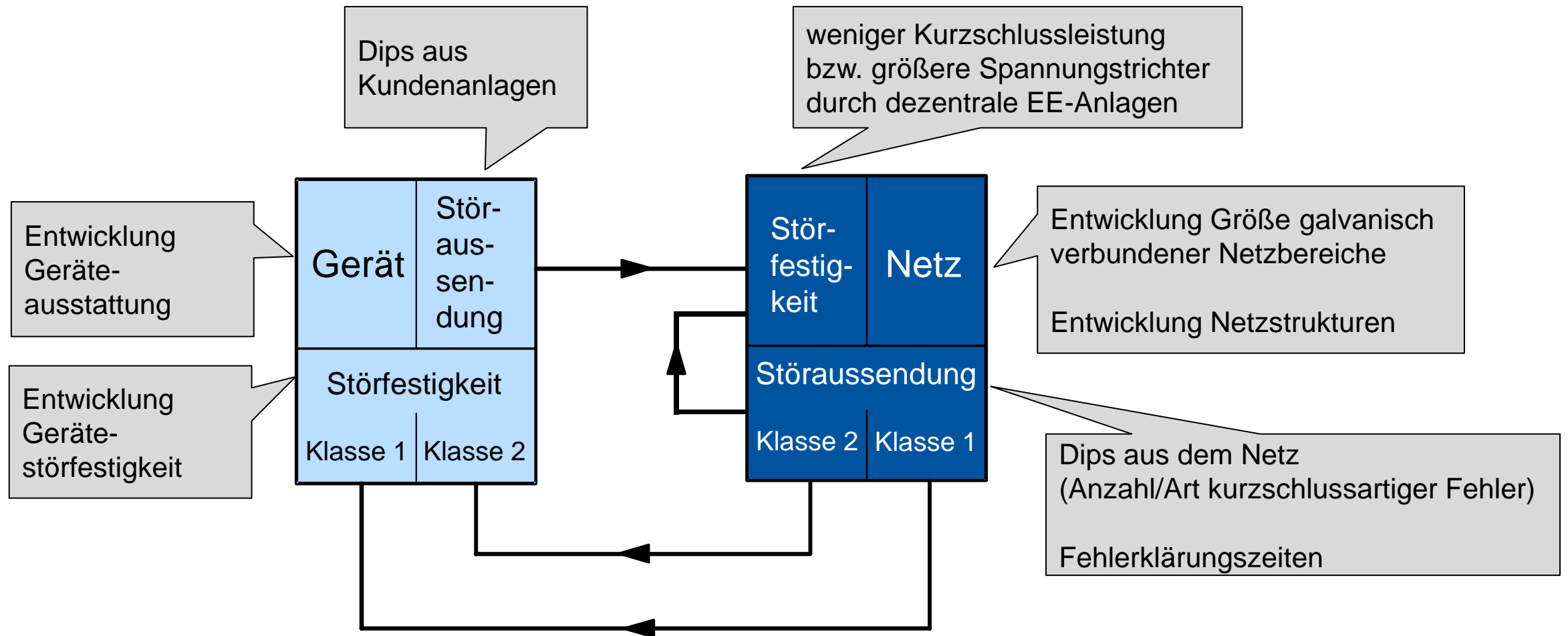
## ▪ Vorgesehene Grenzwerte

- Frequenz:  $\pm 1\%$  ...  $+4\%/-6\%$
- Spannungsbetrag:  $\pm 10\%$  ...  $+10\%/-15\%$  (MS:  $\pm 10\%$ )
- schnelle Spannungsänderungen:  $\pm 5\%$  ...  $\pm 10\%$  (MS:  $\pm 4\%$  ...  $\pm 6\%$ )
- Langzeitflickerstärke:  $Plt \leq 1$
- Unsymmetrie: Verhältnis von Gegen- zu Mitsystemspannung kleiner als  $2\%$  ...  $3\%$
- Oberschwingungen: Gesamtüberschwingungsgehalt THD kleiner als  $8\%$

## ▪ Indikative Werte (was zu erwarten ist)

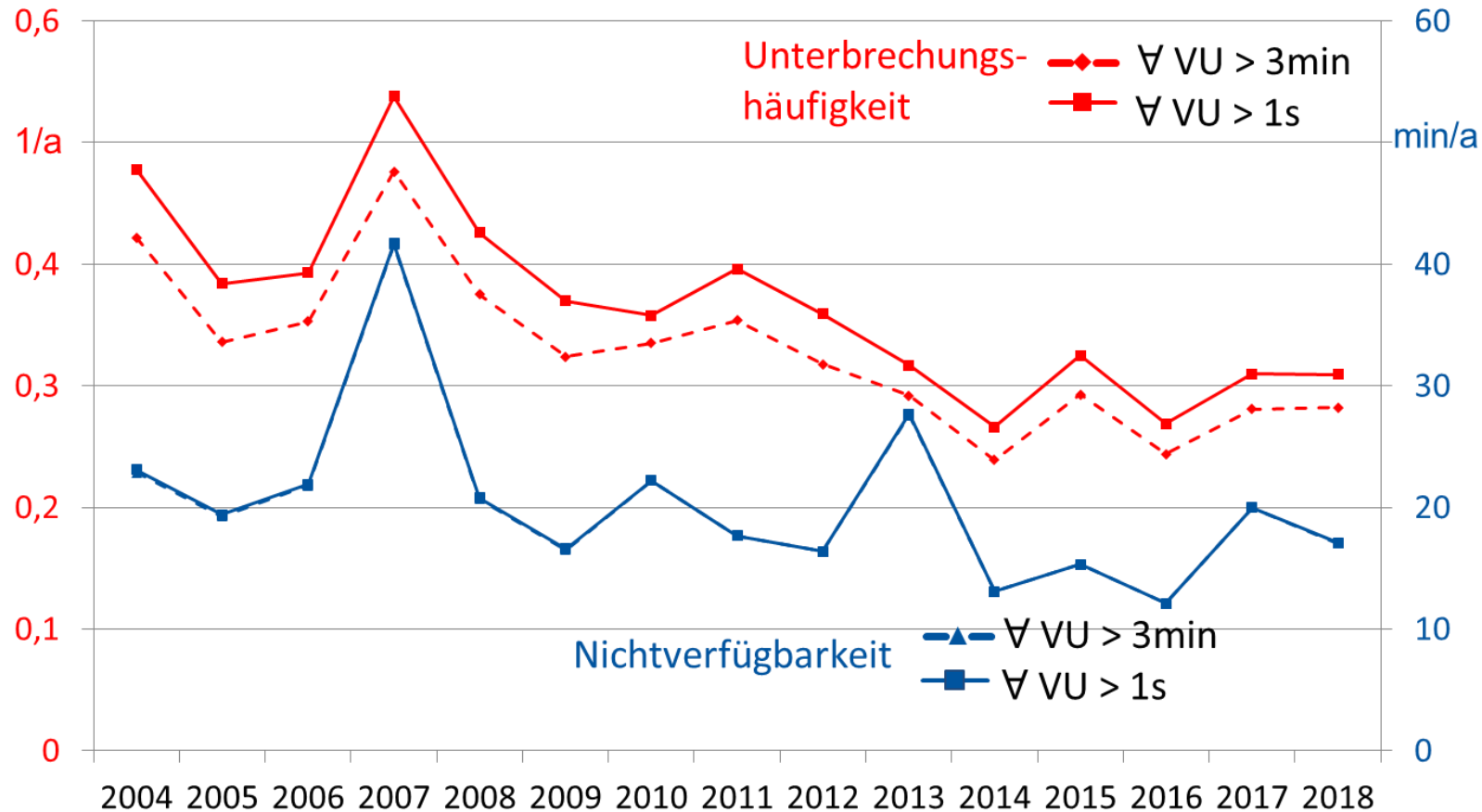
- kurze Spannungseinbrüche, „Dips“, ( $5\% \leq U < 90\%$ ,  $10 \text{ ms} \leq t \leq 1 \text{ min}$ ): einige 10 bis 1.000 pro Jahr, Mehrheit der Spannungseinbrüche mit  $U < 60\%$  und  $t < 1 \text{ s}$ .
- kurze Versorgungsunterbrechungen ( $U < 5\%$ ,  $t < 3 \text{ min}$ ): einige 10 bis mehrere 100 pro Jahr
- lange zufällige Versorgungsunterbrechungen ( $U < 5\%$ ,  $t \geq 3 \text{ min}$ ): einige 10 bis 50 pro Jahr

# Übersicht - Elektromagnetische Verträglichkeit



Quelle: FNN, 2016

# Übersicht - Versorgungszuverlässigkeit vs. Spannungsqualität



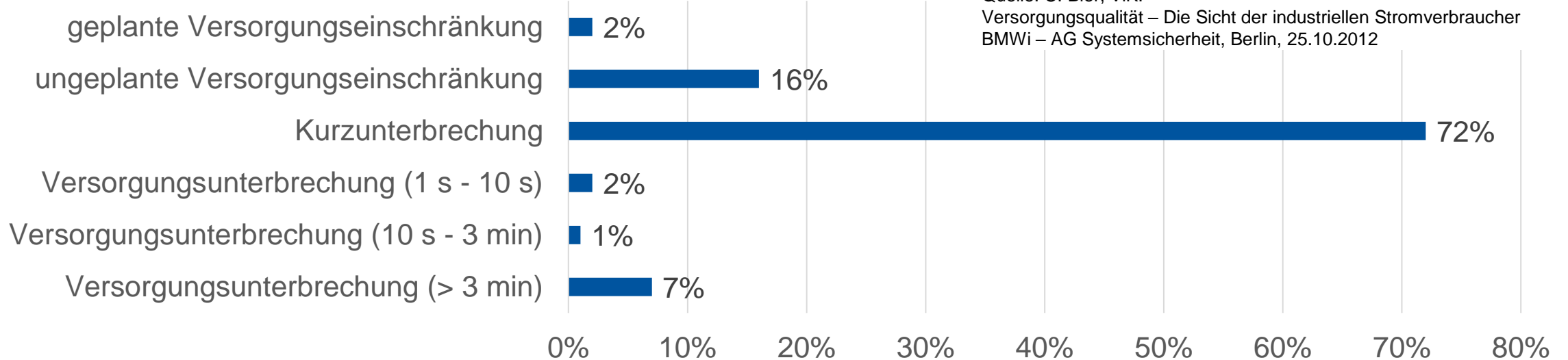
Quelle: FNN-Statistik,  
Auswertung mit höherer Gewalt

- Anteil kurzer Versorgungsunterbrechungen ca. 10 – 13% aller Versorgungsunterbrechungen
- Kurze Versorgungsunterbrechungen wirken sich quasi nicht auf SAIDI/ASIDI aus.
- Abgrenzung zwischen Versorgungszuverlässigkeit und Spannungsqualität bei Dauern von 1 s ... 3 min

# Versorgungsunterbrechungen – Ursachen

- Ursachen von Versorgungsunterbrechungen
  - Versorgungsunterbrechung wegen mangelnder Versorgungszuverlässigkeit des Netzes
  - Fehlfunktion/Ausfall von Geräten wegen unzulässiger Störaussendung aus dem Netz (mangelnde Spannungsqualität)
  - Fehlfunktion/Ausfall von Geräten wegen mangelnder Störfestigkeit der Geräte beim Netznutzer

- Häufigkeitsverteilung im industriellen Umfeld (Umfrage 2012)





# Versorgungsunterbrechungen – Ursachen und Schäden

- Makroökonomische Ansätze unter Vernachlässigung der Dauer der Versorgungsunterbrechung

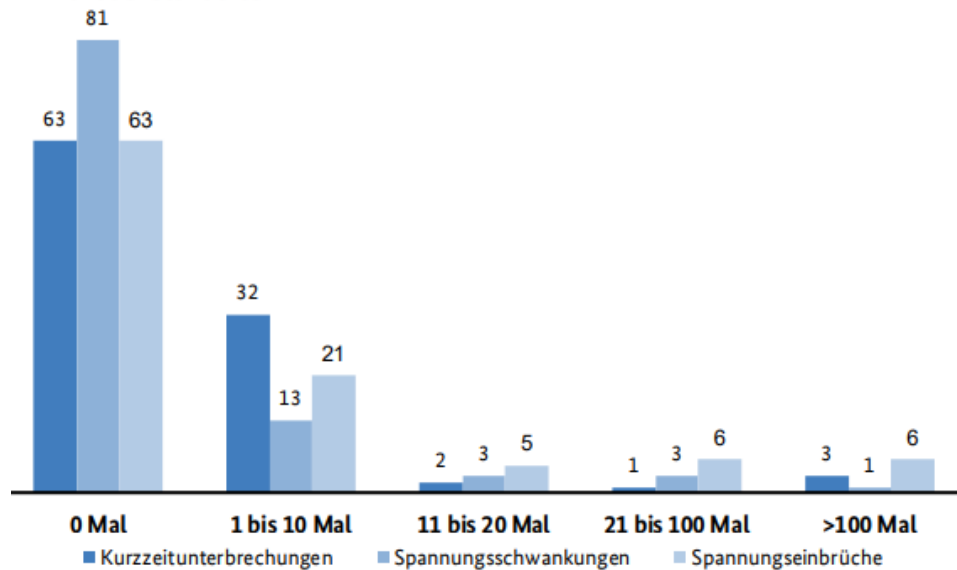
	Landwirtschaft	Industrie	Gewerbe	Haushalte
Ausfallkosten [ $\frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ ]	3,10	3,38	13,47	20,93

Quelle: e-bridge, ZEW, FGH, 2020

- Umfrage der BNetzA, 2020

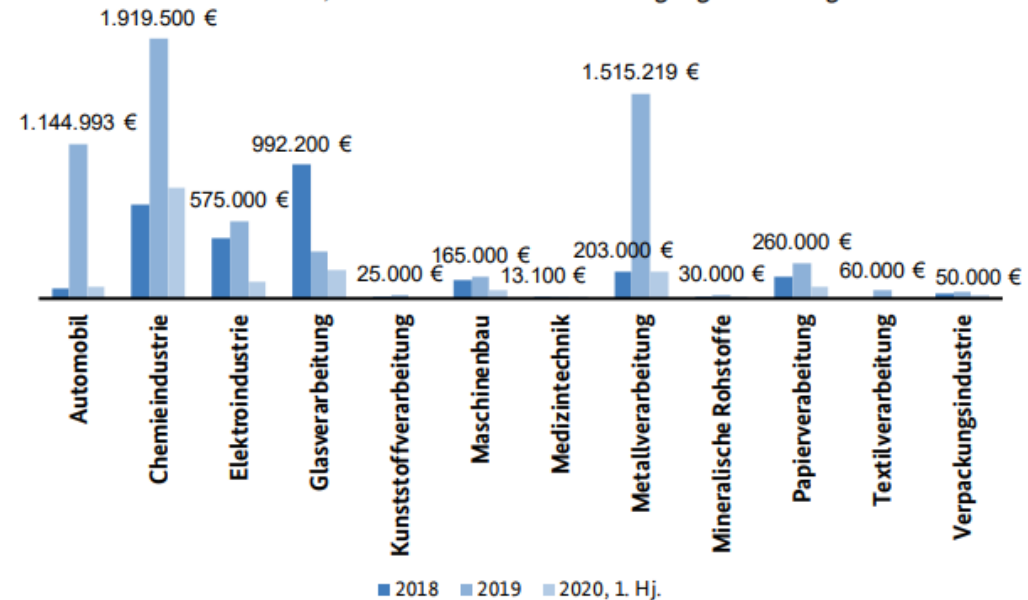
Häufigkeitsverteilung von ausgewählten Spannungsereignissen 2018 - 2020, 1. Hj.

Anzahl der Standorte



Entstandener Branchenschaden nach Jahren

Schadenssumme in Euro, exklusive Schäden der Versorgungszuverlässigkeit

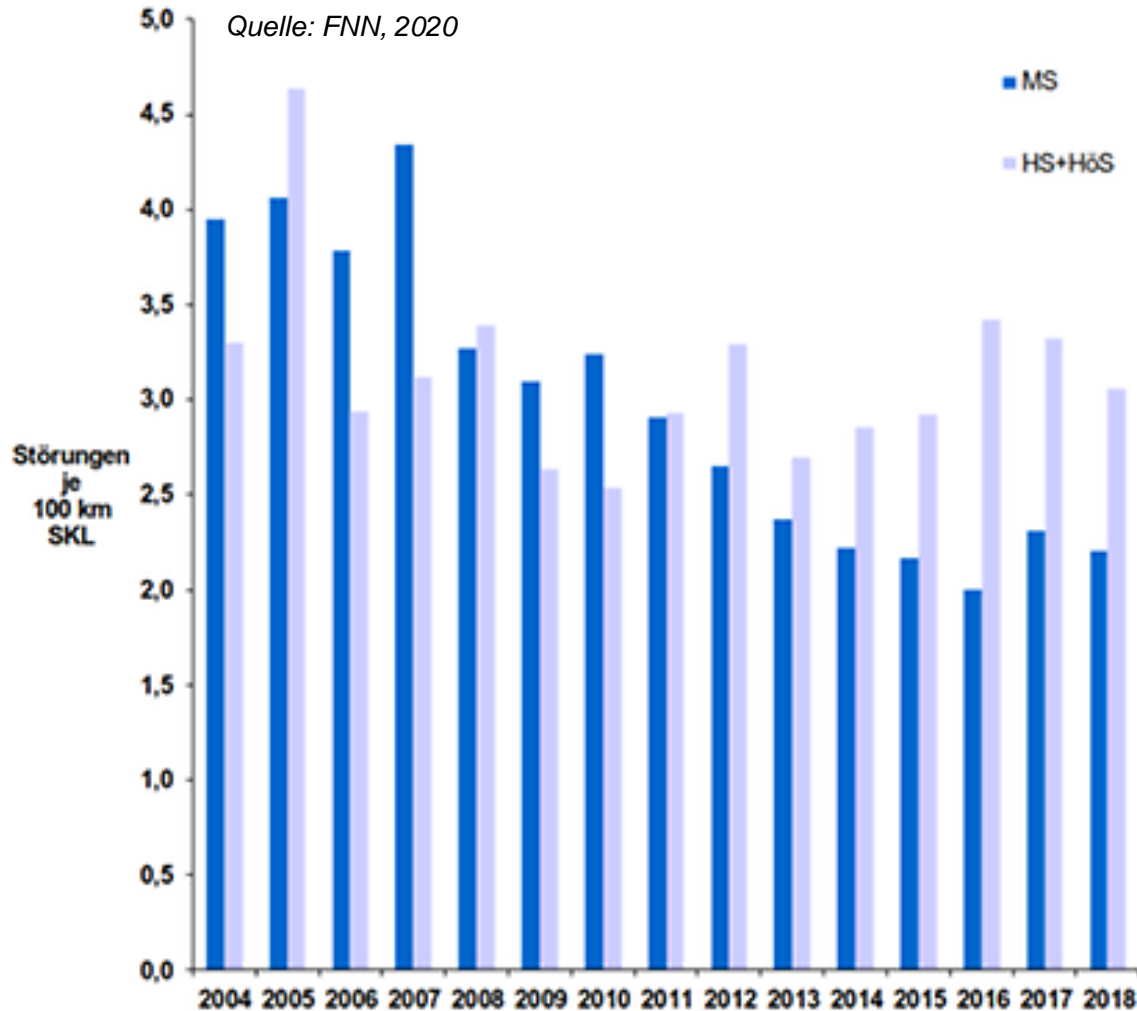


Quelle: BNetzA, 2020

# Versorgungsunterbrechungen – Einfluss der Netzbetreiber

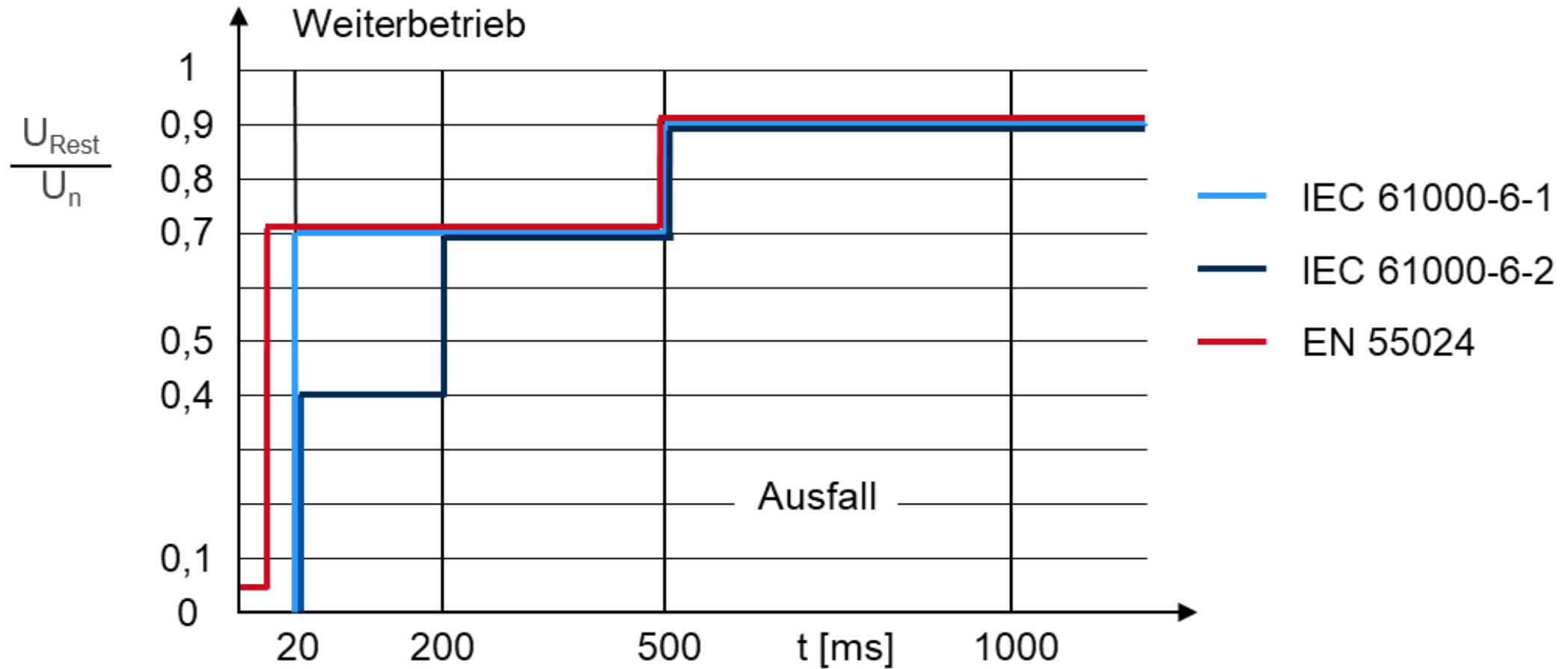
Zeit	Fehler mit Schutzauslösung im Abschaltbereich		stehender Erdschluss	
	Ablauf der Wiederversorgung	Erhöhung der Versorgungszuverlässigkeit	Ablauf der Wiederversorgung	Erhöhung der Versorgungszuverlässigkeit
$t \approx 10 \dots 20 \text{ ms}$ $t \approx 60 \text{ ms} \dots 2 \text{ s}$ (Sicherung/Schalter)	<b>Fehlerklärung</b>	kleine Abschaltbereiche, Sternpunktbehandlung, Verkabelung, Wartung		
$t < 3 \text{ s}$ $t < 3 \text{ min}$	<b>automatische Wiederversorgung</b> - automatische Wiedereinschaltung - schnelle Umschaltautomatiken - verzögerte Umschaltautomatiken (In-Rush-Effekte, Pausenschalter)	Netzautomatisierung	<b>Erdschlusssuchschaltungen</b>	Erdschluss-erfassung, Fernwirktechnik, Automatiken
$t < 10 \text{ min}$	<b>fernbediente Wiederversorgung</b>	Fernwirktechnik		
		Personal, Fernauslesung		
$t < 3 \text{ h}$	<b>Wiederversorgung vor Ort</b>	Vermaschung		
		Notstromaggregate		
$t < 24 \text{ h}$	<b>Wiederversorgung nach Reparatur</b>	Lagerhaltung		

# Störfestigkeit von Geräten - Entwicklung der kurzschlussartigen Fehler („Dips“)

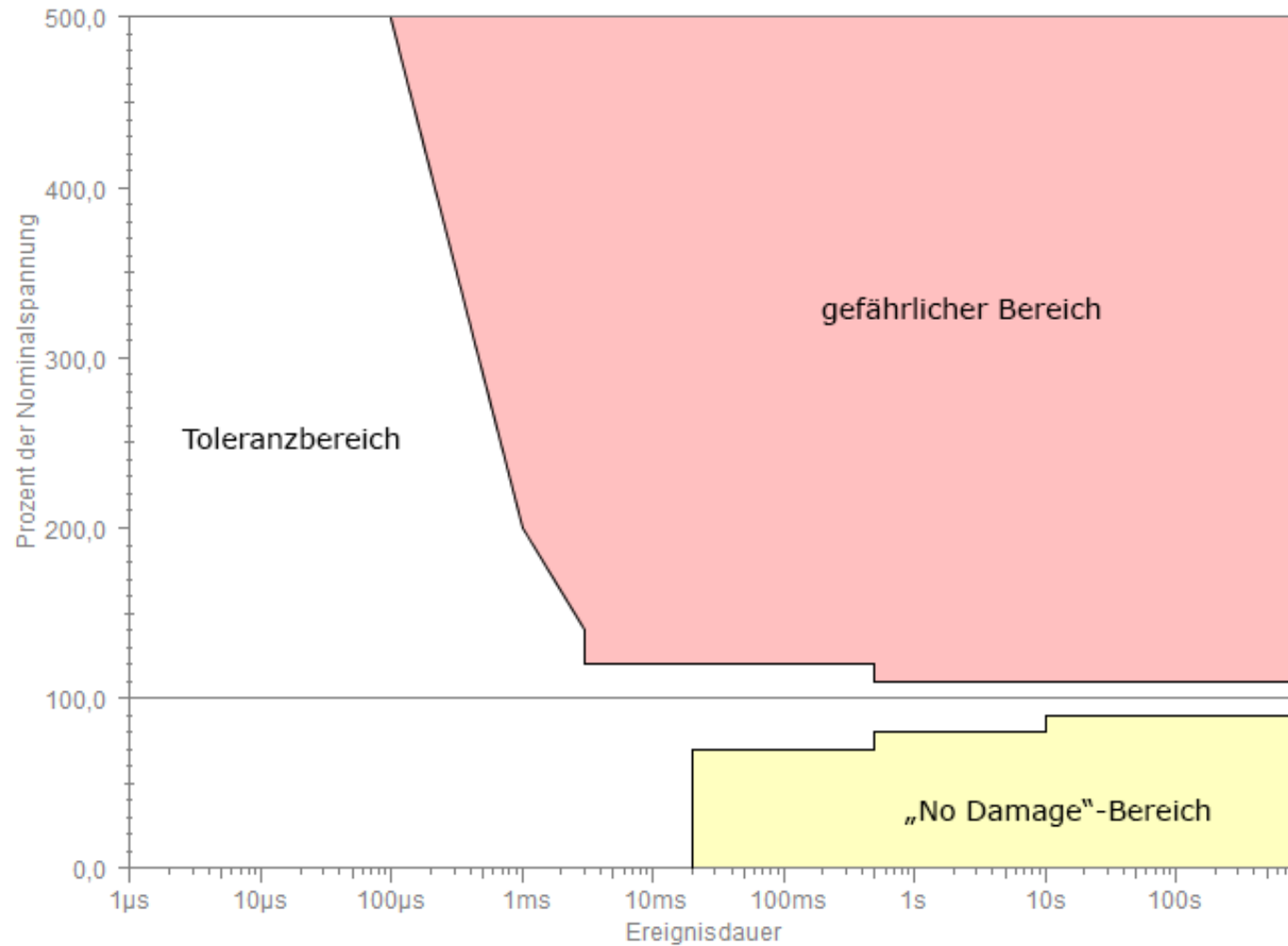


- Spannungseinbrüche durch Kurzschlüsse
  - im Übertragungsnetz/Hochspannungsnetz auch in unterlagerten Verteilnetzen
  - im Verteilnetz auch in benachbarten Abzweigen
- Einfluss auf Spannungseinbrüche durch Netzbetreiber
  - nicht beeinflussbar: atmosphärische, fremde und sonstige Einwirkungen
  - beeinflussbar: Kurzschlussleistung, Wartung und Instandhaltung, Verkabelung, Sternpunktbehandlung
- Spannungseinbrüche auch durch Kundenanlagen,
  - z.B. Schalten von großen Lasten (ASM), Kondensatoren und Transformatoren (In-Rush)

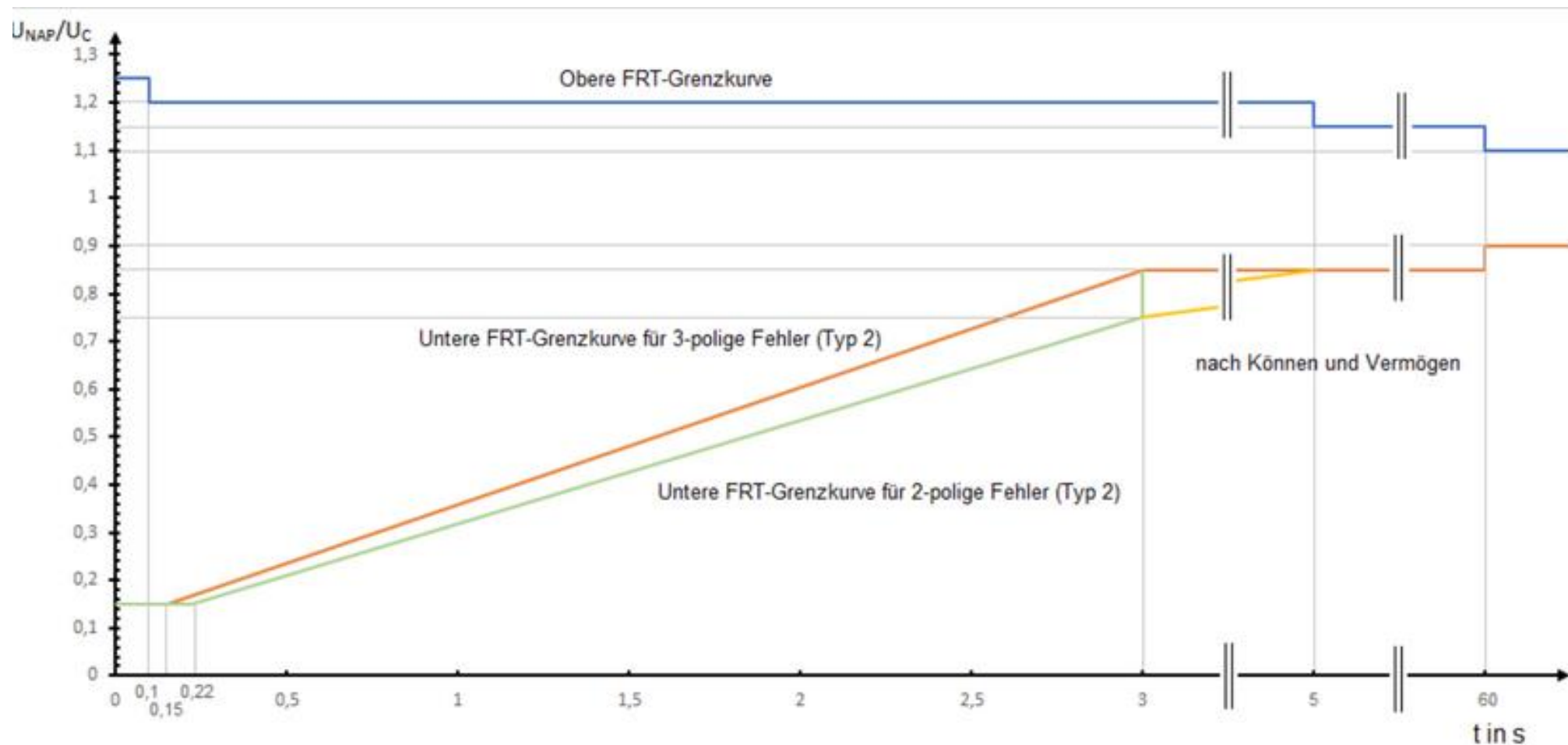
# Störfestigkeiten von Geräten – EMV-Normen



# Störfestigkeiten von Geräten – Information Technology Industry Council (ITIC)



# Störfestigkeiten von Geräten – Vergleich mit dezentralen Erzeugungsanlagen



Quelle: VDE-AR-N 4110 (TAR Mittelspannung)

# Störfestigkeit von Geräten - Abhilfemaßnahmen durch Netzkunden

---

- Geräte mit ausreichender Störfestigkeit nutzen (CE-Kennung oft nicht ausreichend)
- Netzteile mit geräteinterner Spannungspufferung
- Automaten bzw. Funktionen der Leittechnik: Umschaltungen, Wiederanlaufprozesse
- EMV-Filter für Umrichter
- aktive Spannungsregler (Dynamic Voltage Regulator), USV-Anlagen und Notstromaggregat
- Sensible SPS, Leitsysteme, Aktoren und Sensoren abpuffern durch USV

- Netzseite
  - Veränderungen in Netzen zur Reduktion kritischer kurzzeitiger Spannungseinbrüche (Häufigkeit, Einbruch, Dauer) sind oftmals kostenintensiv und wirken sich auch auf Versorgungszuverlässigkeit und andere technische Kriterien aus.
  - Einfluss aus vorgelagerten Netzen kaum reduzierbar.
- Geräteseite
  - Deutlicher Einfluss auch der Gerätestörfestigkeit:  
normative Forderungen für Geräte aktuell systematisch nicht mit effizient erreichbaren Fehlerklärungszeiten im Einklang
  - vgl. geforderte FRT-Eigenschaft von dezentralen Erzeugungsanlagen bis zu 150 ms für sehr tiefen Spannungseinbruch