

Qualitätsanforderungen der Verbraucher an den Netzbetrieb

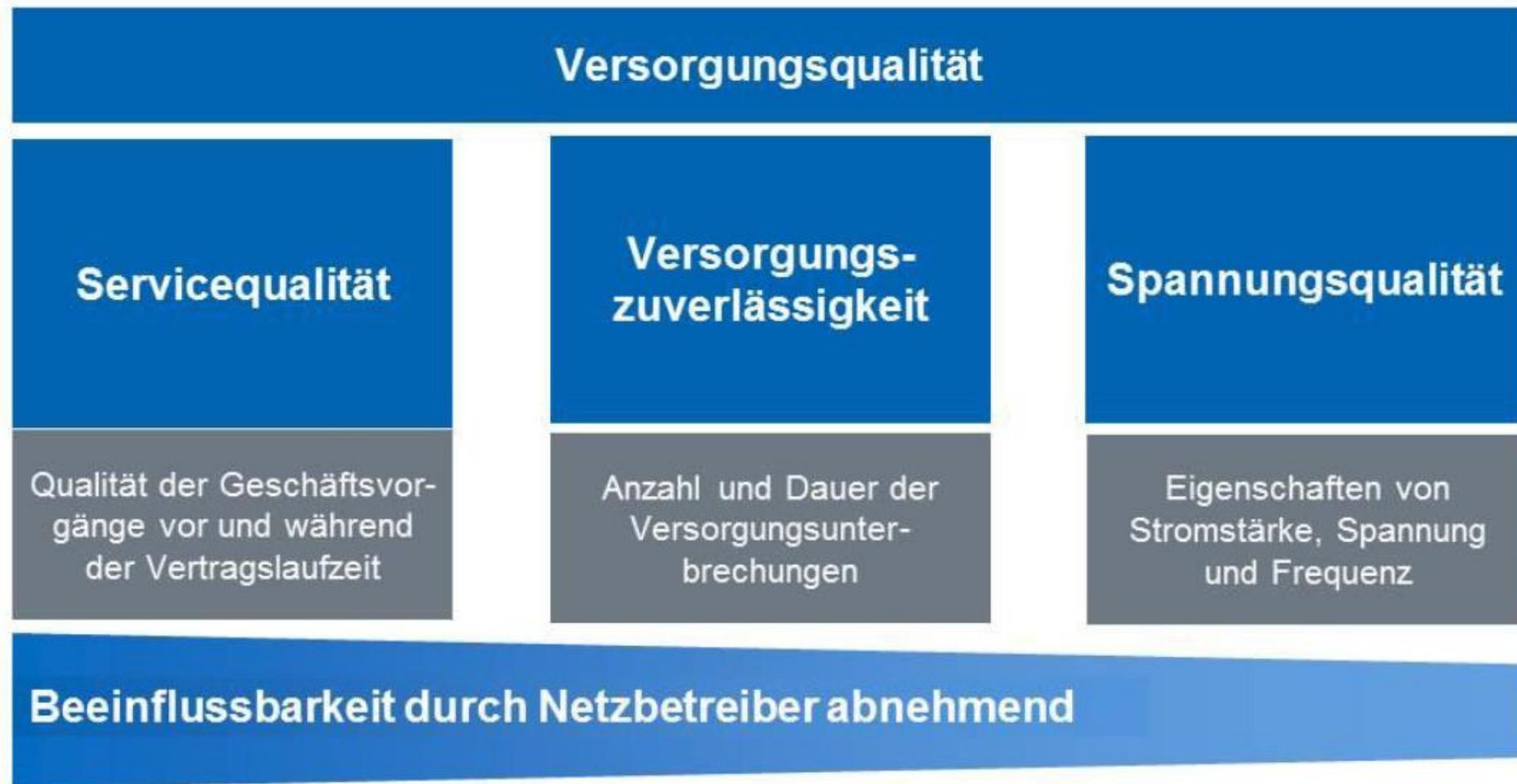
12. Göttinger Energietagung, 23. September 2021, Göttingen

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

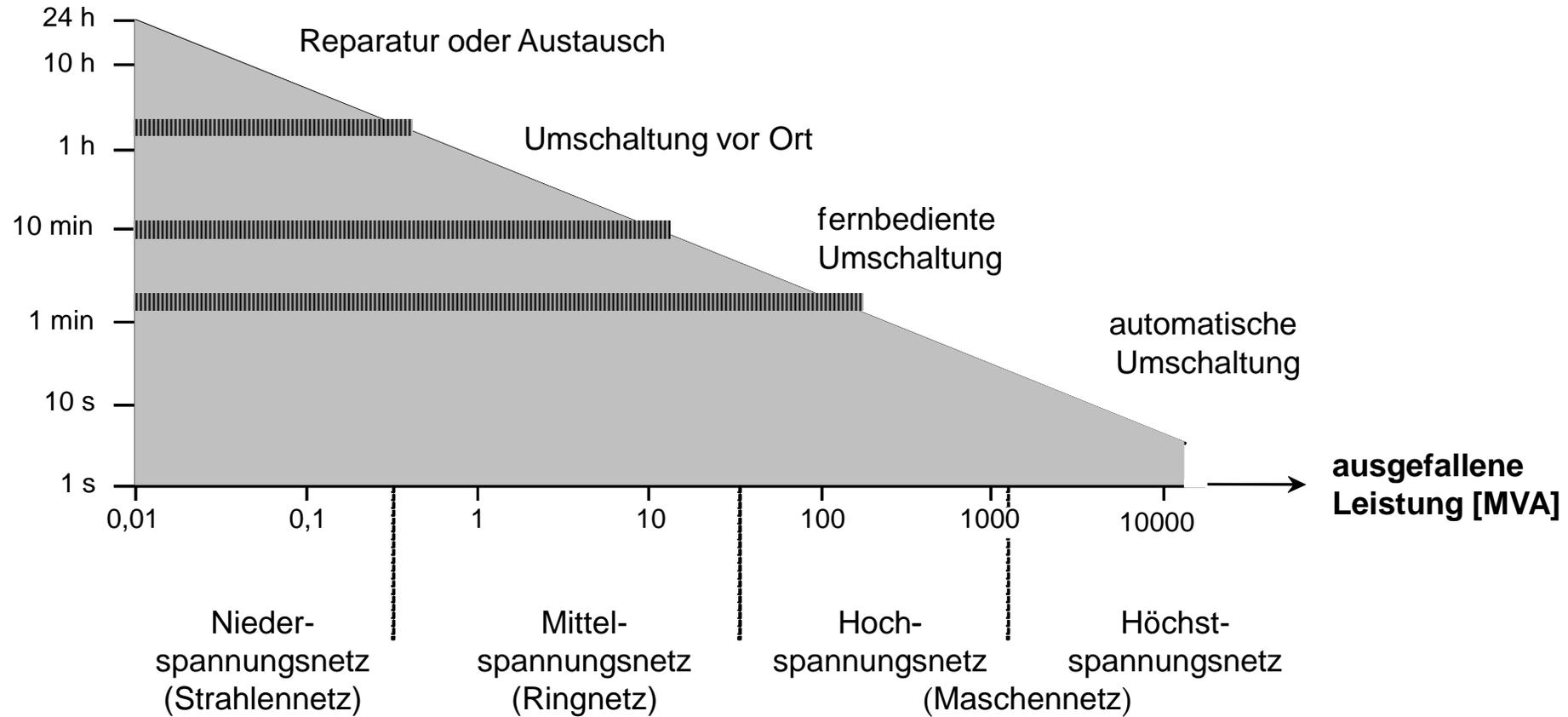


Quelle: FNN, 2016

Übersicht - Planungsgrundsätze zur Versorgungszuverlässigkeit

akzeptierte Dauer der Versorgungsunterbrechung

Quelle: K. Zollenkopf, CIGRE 1968



Übersicht - Spannungsqualität nach DIN EN 50160

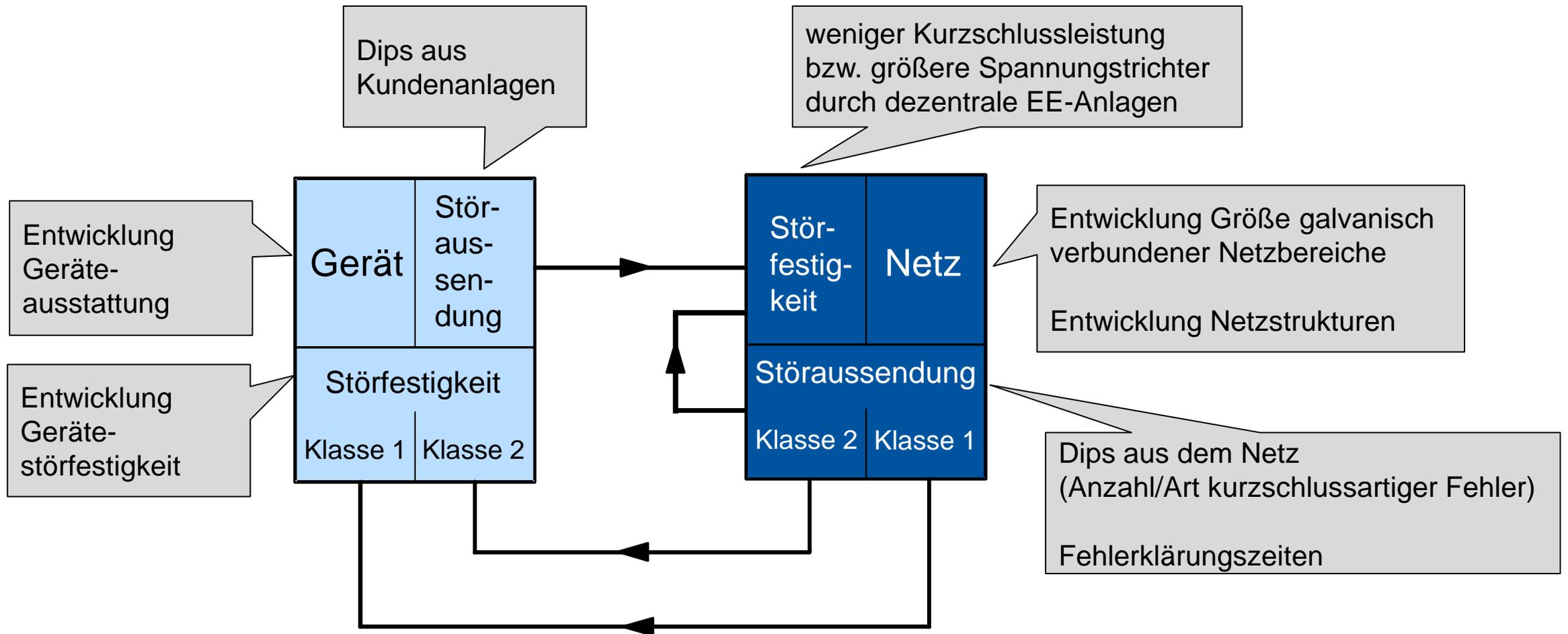
▪ Vorgesehene Grenzwerte

- 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)

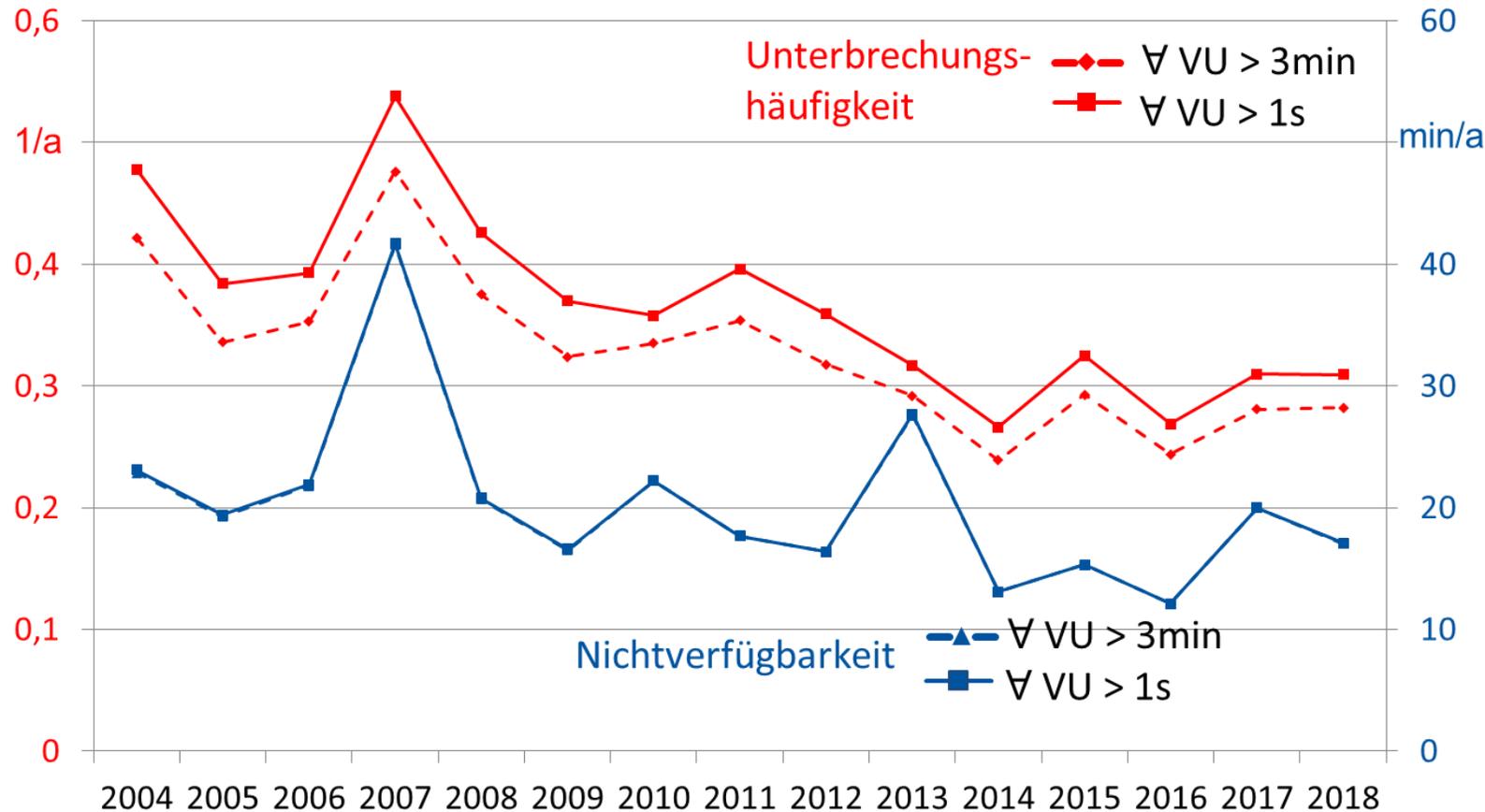
- kurze Spannungseinbrüche, „Dips“, ($5\% \leq U < 90\%$, $10 \text{ ms} \leq t \leq 1 \text{ min}$): einige 10 bis 1.000 pro Jahr, Mehrheit der Spannungseinbrüche mit $U < 60\%$ und $t < 1 \text{ s}$.
- kurze Versorgungsunterbrechungen ($U < 5\%$, $t < 3 \text{ min}$): einige 10 bis mehrere 100 pro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



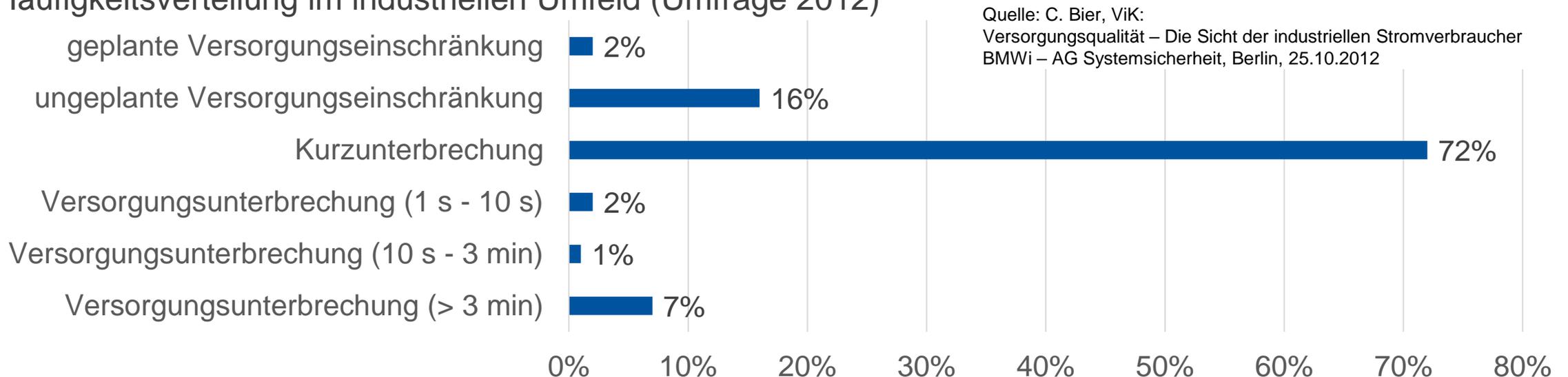
Quelle: FNN-Statistik,
Auswertung mit höherer Gewalt

- 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

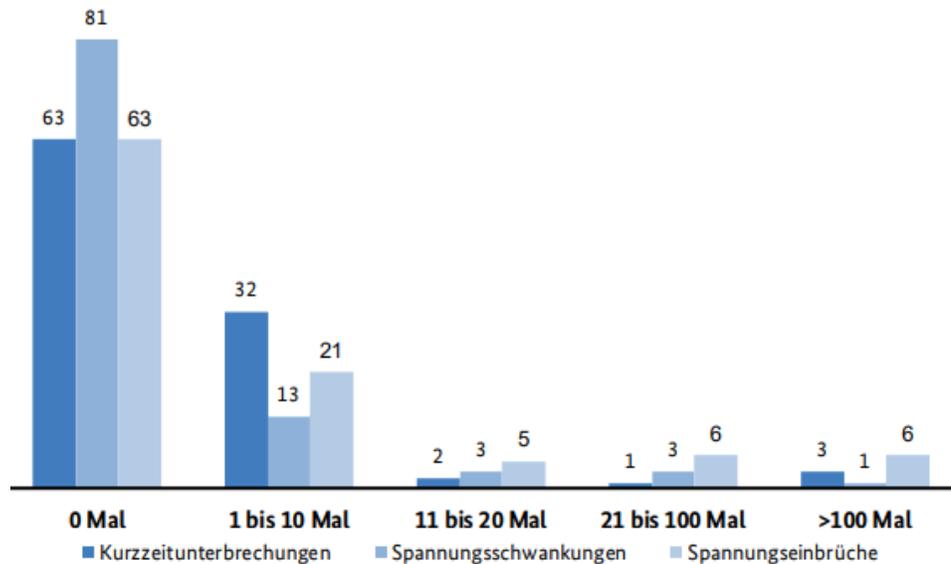
	Landwirtschaft	Industrie	Gewerbe	Haushalte
Ausfallkosten [$\frac{\text{€}}{\text{kWh}}$]	3,10	3,38	13,47	20,93

Quelle: e-bridge, ZEW, FGH, 2020

- Umfrage der BNetzA, 2020

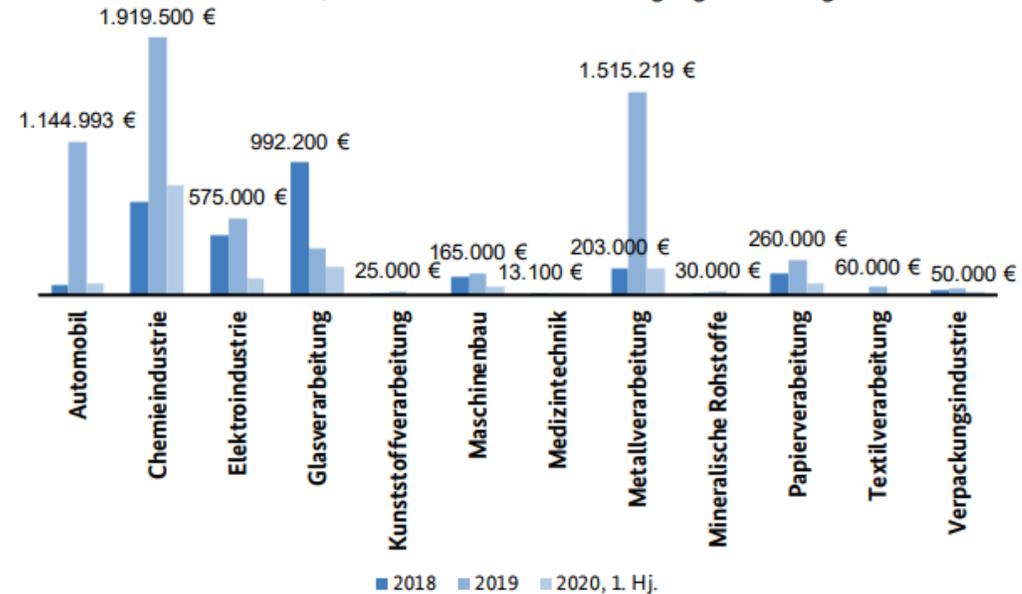
Häufigkeitsverteilung von ausgewählten Spannungsereignissen 2018 - 2020, 1. Hj.

Anzahl der Standorte



Entstandener Branchenschaden nach Jahren

Schadenssumme in Euro, exklusive Schäden der Versorgungszuverlässigkeit

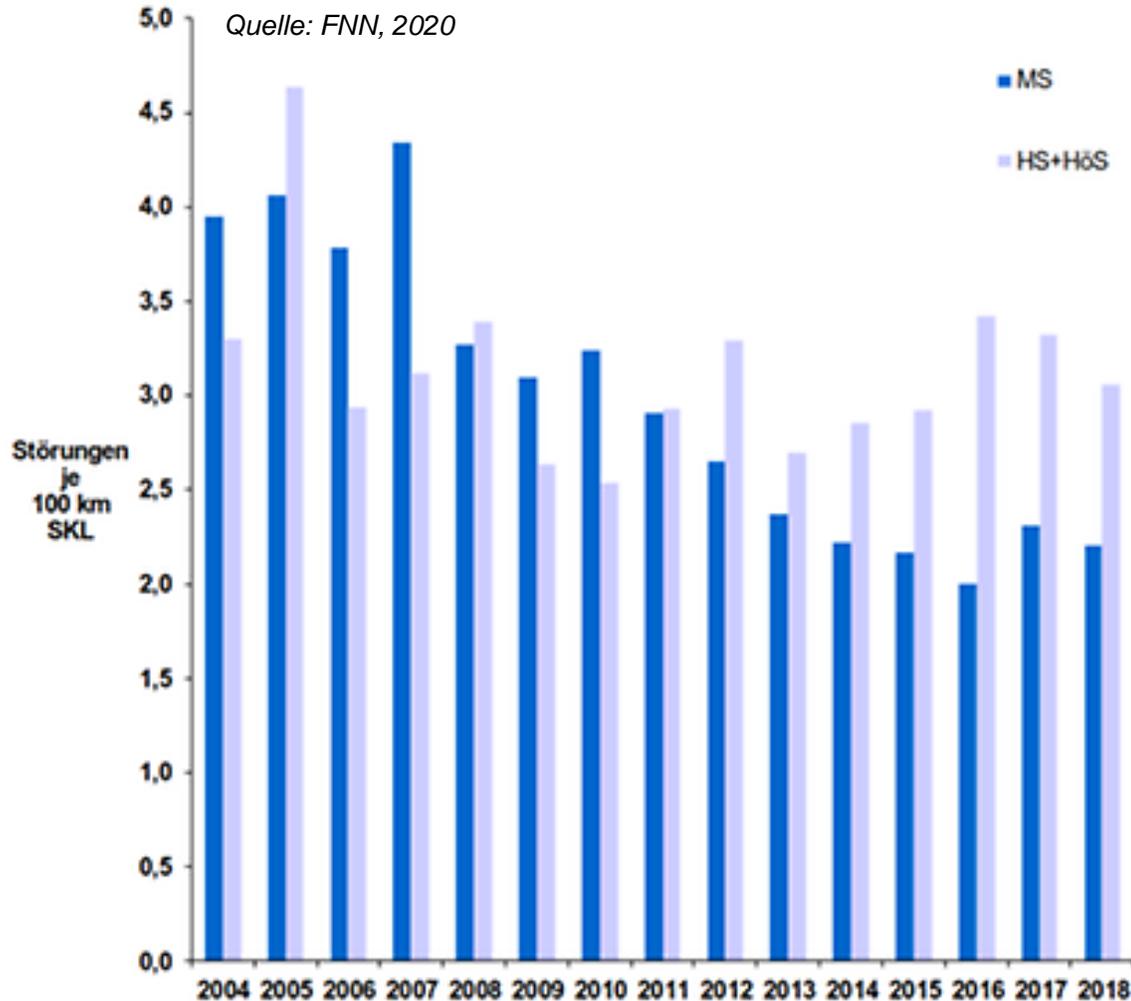


Quelle: BNetzA, 2020

Versorgungsunterbrechungen – Einfluss der Netzbetreiber

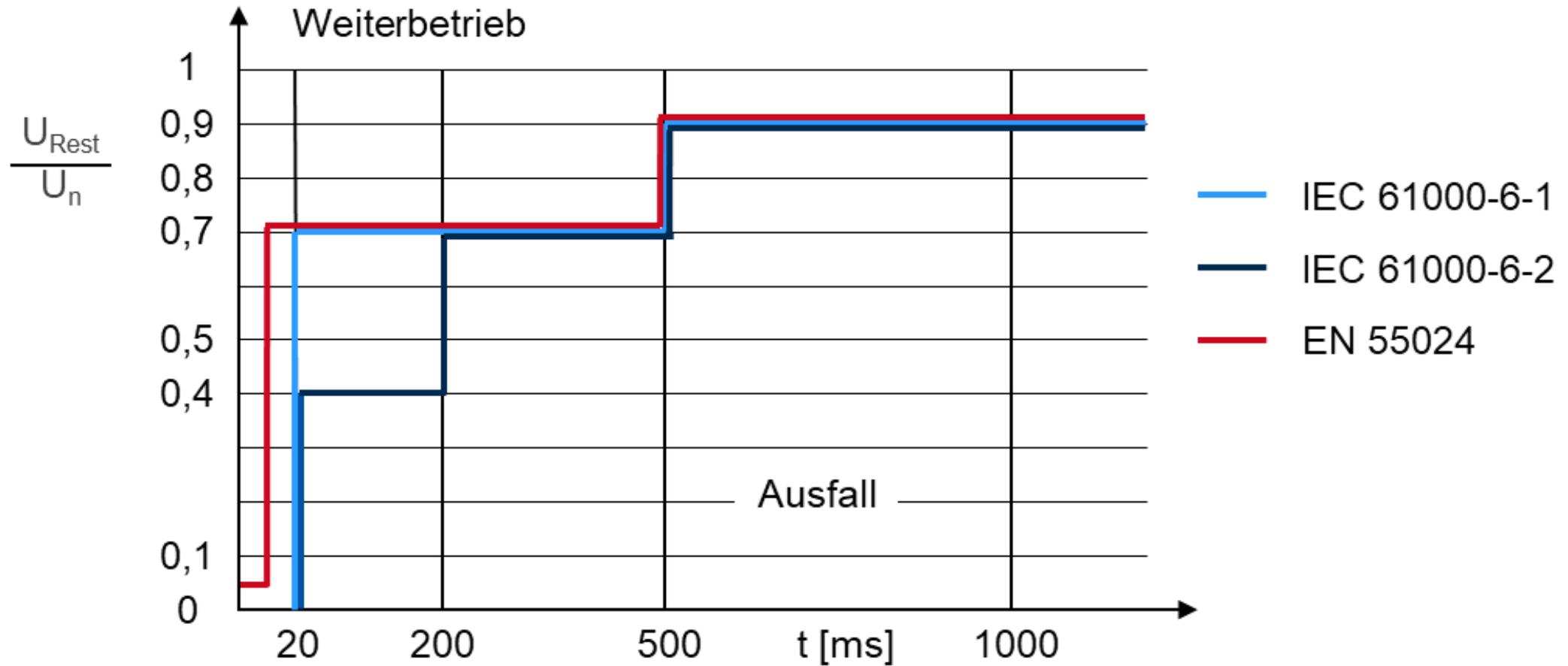
Zeit	Fehler mit Schutzauslösung im Abschaltbereich		stehender Erdschluss	
	Ablauf der Wiederversorgung	Erhöhung der Versorgungszuverlässigkeit	Ablauf der Wiederversorgung	Erhöhung der Versorgungszuverlässigkeit
$t \approx 10 \dots 20 \text{ ms}$ $t \approx 60 \text{ ms} \dots 2 \text{ s}$ (Sicherung/Schalter)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

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

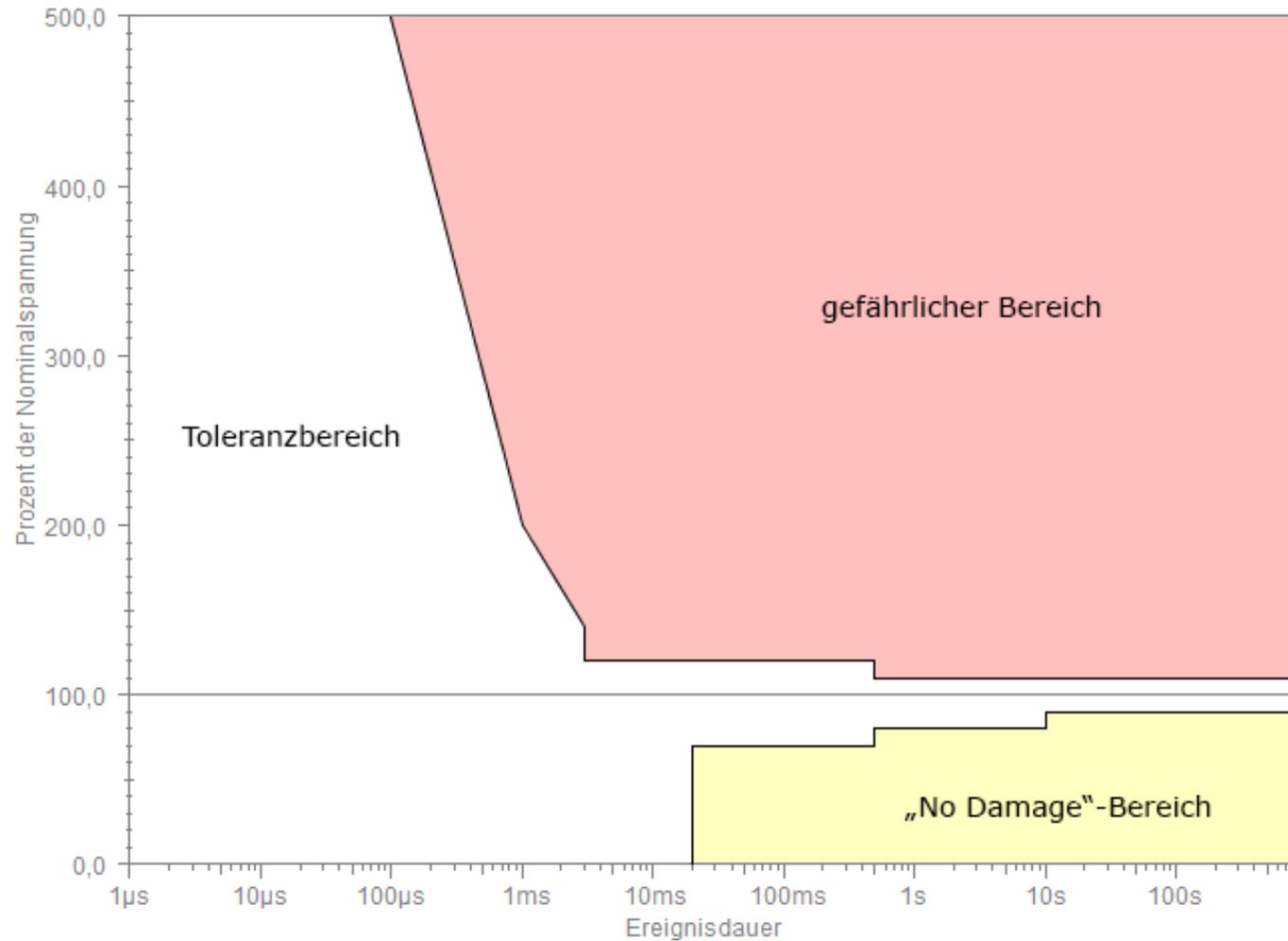


- Spannungseinbrüche durch Kurzschlüsse
 - im Übertragungsnetz/Hochspannungsnetz auch in unterlagerten Verteilnetzen
 - im Verteilnetz auch in benachbarten Abzweigen
- Einfluss auf Spannungseinbrüche durch Netzbetreiber
 - nicht beeinflussbar: atmosphärische, fremde und sonstige Einwirkungen
 - beeinflussbar: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

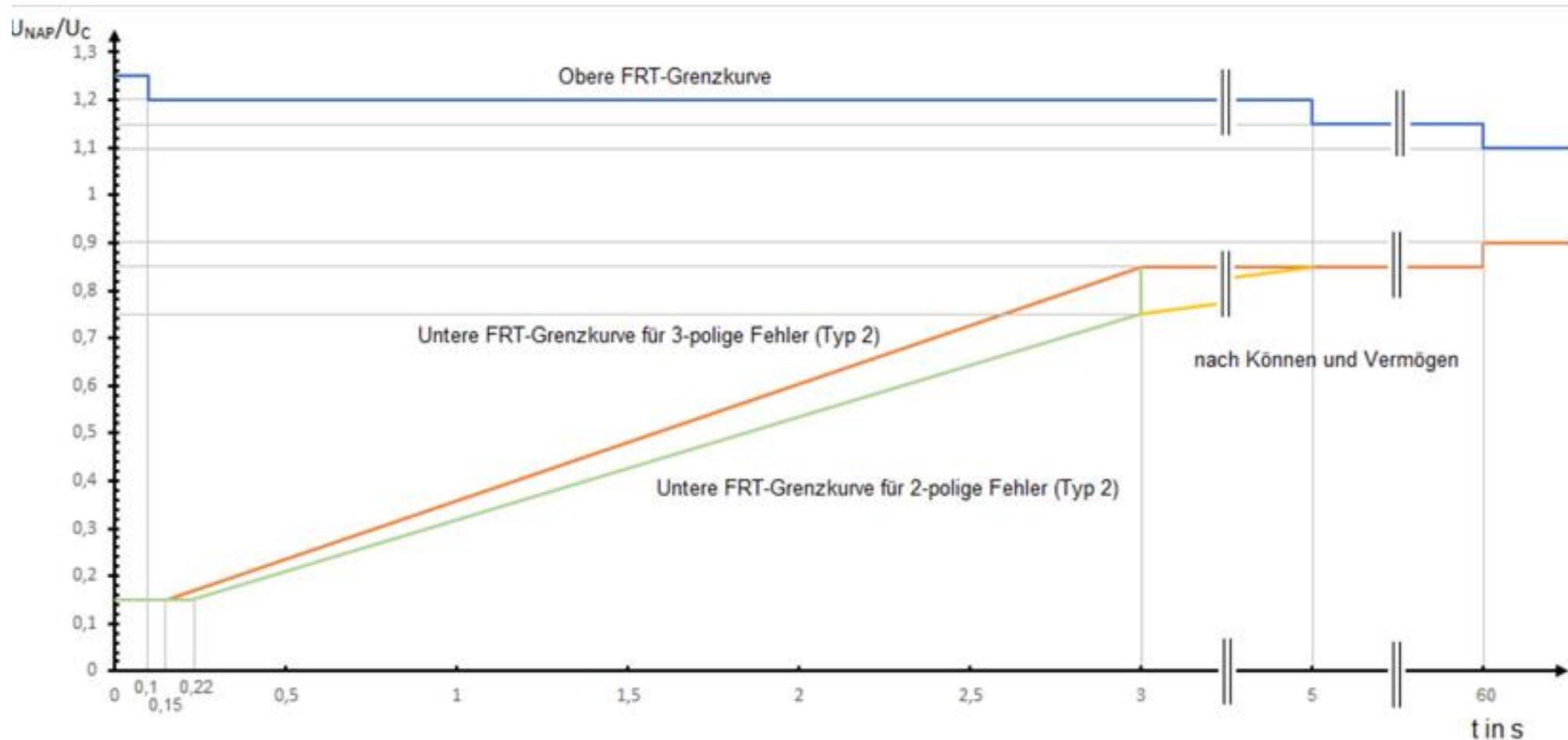
Störfestigkeiten von Geräten – EMV-Normen



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