



Projekt NAEAA+ 1. Ergebnis-Workshop

ETH Zürich
29. September 2023



Agenda

Projektübersicht

Hintergrund und Grundlagen

Auswahl von Störszenarien

Branchen-Umfragen

Relevante Normen

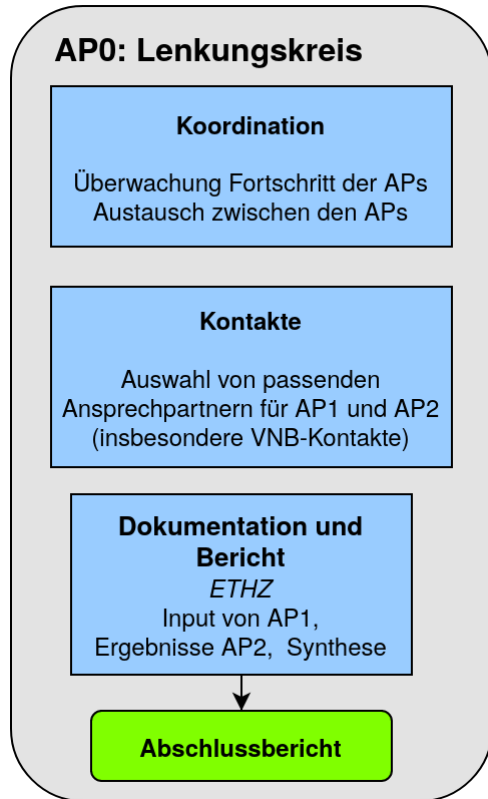
Untersuchungen: Fehleranalyse

Untersuchungen: Testprotokolle und Experimente

Untersuchungen: Simulation von Störszenarien

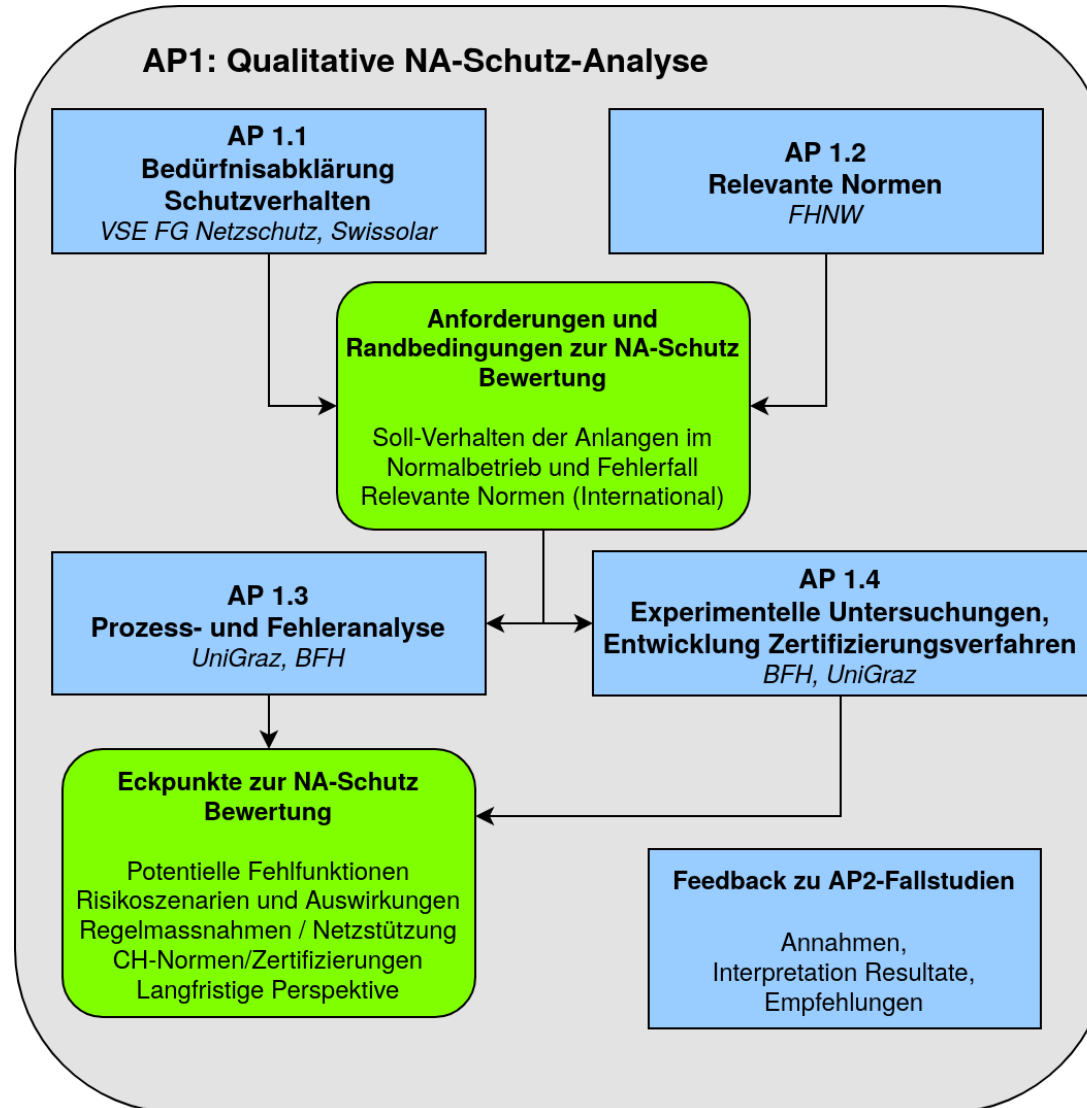
Projektstruktur

Koordination, strategische Entscheidungen



Kernfrage
Braucht es einen externen NA-Schutz?

Aufnahme und Auswertung aller Aspekte, Bedenken, Randbedingungen



Zeitplan

Phase 1: Ermittlung der NA-Schutz-Empfehlung

	2022				2023								2024		
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8-12	1-4	8	9
AP0 Lenkungskreis	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█		
AP1 Qualitative Analyse	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█		
AP1.1 Bedürfnisabklärung	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█		
AP1.2 Relevante Normen	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█		
AP1.3 Prozess- und Fehleranalyse	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
AP1.4 Experimente, Zertifizierungsverfahren				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
AP2 Quantitative Analyse	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█		
AP2.1 Modellierung und Szenariendefinition	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█		
AP2.2 Kriterien und Zielgrößen	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█		
AP2.3 Durchführung der Szenarienanalyse				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
AP2.4 Auswertung, Empfehlung							█	█	█	█	█	█	█	█	
AP3 Evaluation Akzeptanz														█	█
AP3.1 Erstellung Umfrage														█	
AP3.2 Erhebung Umfrage, Auswertung															█

Phase 2: Erstellung des Branchendokuments

→ ca 4/24 – 8/24 VSE-Prozess, nicht durch Projektteam NAEAA+

Phase 3: Evaluation der Akzeptanz des Branchendokuments (nach Publikation des Branchendokuments)

→ ca 7/24 – 9/24 AP3 im Projekt

Erfolgte Arbeiten und nächste Schritte

AP0 Leitungsausschuss, Schulungen

(Abschluss 70%)

AP1.1 Grundlegendokument

(Abschluss 20%)

AP1.1 Branchenumfrage

(VSE 100%, Swissolar 50%, VSEK 0%)

AP1.2 Dokument zu relevanten Normen

(Abschluss 100%)

AP1.3 Störszenarien und Fehleranalyse

(Abschluss 70%)

AP1.4 Testprotokolle und Experimente

(Abschluss 50%)

AP2 Simulation Störszenarien

(Abschluss 10%)

AP0 Synthese und Empfehlung

(Abschluss 0%)

Ziel Schlussbericht: 04/2024

Agenda

Projektübersicht

Hintergrund und Grundlagen

Auswahl von Störszenarien

Branchen-Umfragen

Relevante Normen

Untersuchungen: Fehleranalyse

Untersuchungen: Testprotokolle und Experimente

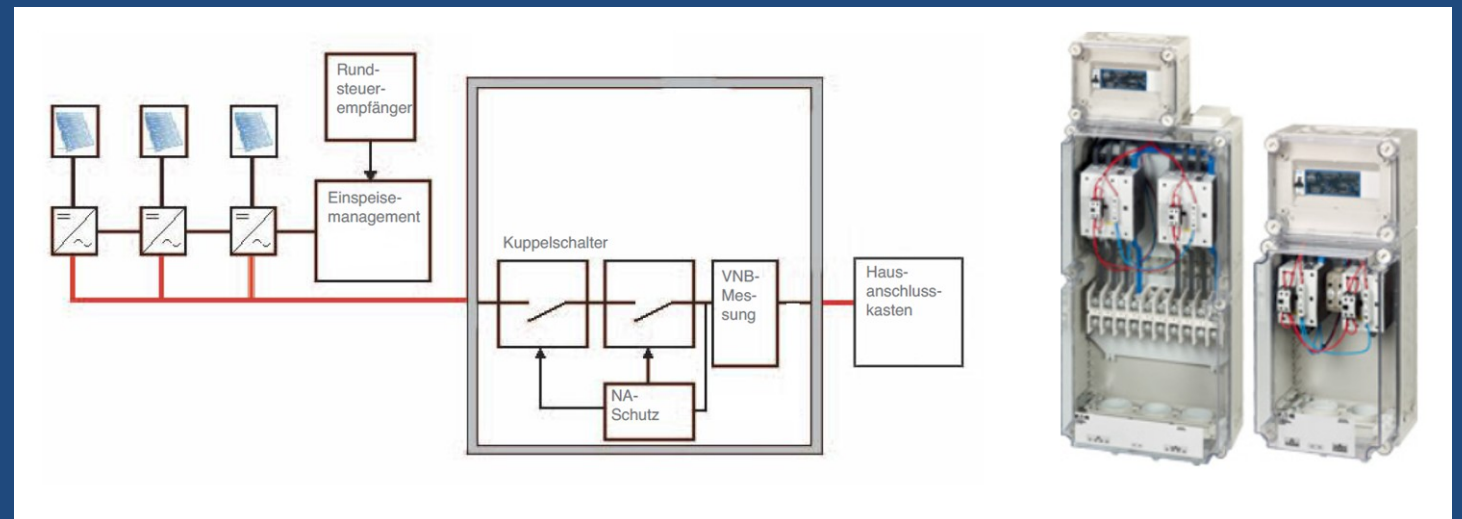
Untersuchungen: Simulation von Störszenarien

NAEEA+

AP1.1, Bedürfnisabklärung und Schutzverhalten

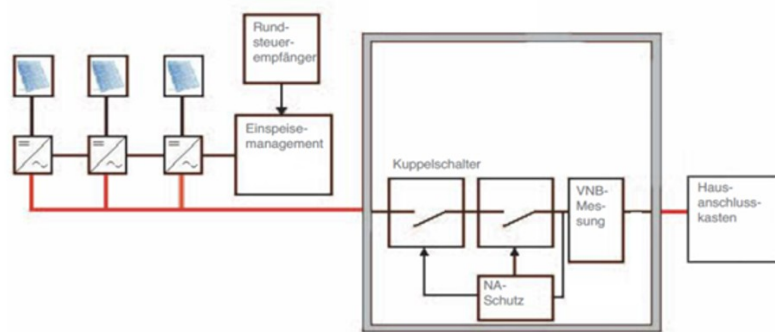
Zürich, den 29. Sept. 2023

- Thomas Hostettler (Swissolar)
- Bruno Wartmann

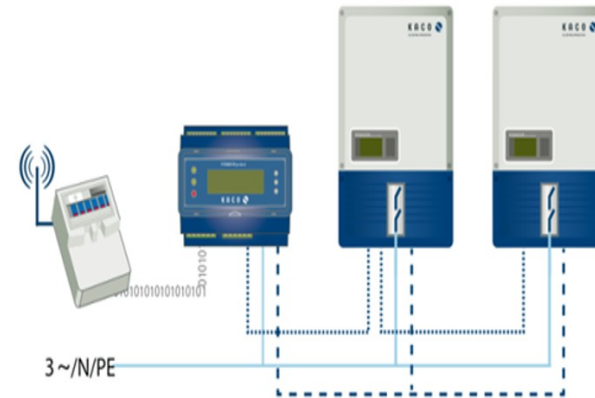


Um was geht es?

Zentraler NA-Schutz mit zentralem Kuppelschalter ab 30kVA (bis 2020)



Zentraler NA-Schutz mit integriertem Kuppelschalter



Und jetzt plötzlich so was



Teilnehmer

- Verteilnetzbetreiber aus CH, DE sowie AT
- Swisssolar
- VSE sowie VSEK
- Externe Berater sowie Lieferanten

Umfang des Arbeitspaketes

AP1.1 (Bedürfnisabklärung)

- **Leitung:** VSE FG Schutztechnik & Swissolar
- **Funktion:** Überblick potentieller Störungen, die durch die NA-Schutzfunktion abgedeckt werden (Frequenz und Spannungsbänder)
- Auswahl möglicher NA-Schutz-Konfigurationen und Massnahmen, Abschätzung der Zuverlässigkeit:
 - ↪ Interne NA-Schutz-Funktion des Wechselrichters
 - ↪ Zusätzlicher externer NA-Schutz
- Vorgehen startet vorraussichtlich mit Befragung der teilnehmenden Partner
- ...

Arbeitsumfang

- Glossar, Definitionen und Abgrenzungen
- Schulungen über interne und externe Schutzeinrichtungen
- Was ist n-1, ist es vorhanden
- Fragebogen mit Auswertungen
- Was wird bei den Kontrollen (VSEK) festgestellt, ist mehr immer besser? Fehlerquelle Mensch!
- Ist es möglich, Vertrauen zu schaffen?
- Was passiert in DE bzw. AT in nächster Zeit
- Gerätenorm bzw. Branchendokument am Netzanschlusspunkt (POC/HAK/AK/...)

Abgleich mit der neuen 4105 (noch in Bearbeitung)

- es geht um die NELEV-Anpassung 2023, die ab Januar 2024 für Erzeugungsanlagen bis max. 500 kW installiert und max. 270 kW PAV,E mit MS oder HS-Anschluss greift, mit der Vereinfachung, das kein Anlagenzertifikat und keine Konformitätserklärung mehr erforderlich sind.
- künftig schnelleren und anschiemigameren P(f)-Verhalten und der hohen ROCOF-Stabilität
- P(f) bis 52,5 Hz und $f \gg$ mit 52,5Hz/100ms ausgenutzt
- Deshalb in den WR Inselnetzerkennung ausschalten, aber mindestens im Leistungsbereich > 270 kW können Forderungen vom Netzbetreiber verlangt werden
- Vektorsprung ist verboten (mit Kombinationen mit andern Schutzfunktionen auch?)

Agenda

Projektübersicht

Hintergrund und Grundlagen

Auswahl von Störszenarien

Branchen-Umfragen

Relevante Normen

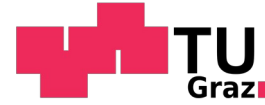
Untersuchungen: Fehleranalyse

Untersuchungen: Testprotokolle und Experimente

Untersuchungen: Simulation von Störszenarien

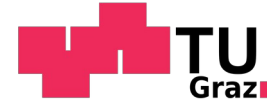
Vorgehensweise

AP1.3 interne Umfrage



- Haltung von 2 Meetings innerhalb von AP1.3
 - Meeting 1: Brainstorming und Grobentwurf der Umfrage
 - Dokument mit generellen Fragen von AP1.3 Leitung im Vorhinein erstellt, durch Inputs während des Meetings erweitert
 - Anwesenheit VNBs: 96%Anschließend:
 - Emailumlauf des Grobentwurfs und Einholung von Ergänzungen (teilweise per Email/mit persönlichen Meetings)
 - Meeting 2: Präsentation der überarbeiteten Version und Diskussion der Ergänzung
 - Anwesenheit VNBs: 85%Anschließend:
 - Erstellung der finalen Version und Versand
- Erhalt von 13 Antworten auf die Umfrage (86%)

Störszenarien-Auswahl



- **Überblick:**

- Szenario 1: “Netz ohne Schutzeinrichtungen”
- Szenario 2: “Netz mit Schutzeinrichtungen und unterschiedlicher netzbildender Quelle”
 - Variante A: Teilnetz mit SM
 - Variante B: Teilnetz mit ASM
 - Variante C: Teilnetz mit netzbildenden Umrichtern

In den folgenden Szenarien werden die EEA in verschiedenen NA-Schutz-Konstellationen untersucht. Dabei ergeben sich insgesamt sechs Fälle

- Beschreibung der Schutzfunktionalität:
 - “0” = nicht vorhanden (nur für externen NA-Schutz)
 - “R” = Richtige Funktion gemäss Ländereinstellung
 - “F” = **Falsche Funktion** (Fehlfunktion oder falsche Einstellung, z.B. Kennlinie, noch genau zu definieren)
- Resultierende Optionen für NA-Schutz-Konstellationen:
 - Option 1: extern 0, intern R
 - Option 2: extern 0, intern F
 - Option 3: extern R, intern R
 - Option 4: extern R, intern F
 - Option 5: extern F, intern R
 - Option 6: extern F, intern F

Untersuchung WR-Verhalten durch:

- 1) systematische Fehleranalyse (TU Graz)
- 2) Experimente (BFH)

Was ist eine NA-Schutz Fehlfunktion?

Untersuchung Interner /Externer NA-Schutz hinsichtlich Fehlverhalten
Jeweils Bewertung Wahrscheinlichkeit und Konsequenz

Einstellungen:

- Falscher Ländercode wird ausgewählt
- Kein Ländercode wird ausgewählt (Default-Setting)
- Einstellungen werden manuell manipuliert
- WR ersetzt und neues Gerät falsch eingestellt

Verkabelung

- “falsche Verkabelung” (z.B. Relais an falscher Stelle)
- Qualitätsfehler der Installation

Produktefehler

- Aufgrund eines fehlerhaften WR versagt der NA-Schutz

➤ **Gemeinsames Übersichtsdokument:**

Analyse der möglichen Fehlverhalten der
NA-Schutzfunktion

NAEEA+, Arbeitsdokument AP 1.3 und AP 1.4

Autor:innen: Christof Bucher, David Joss, Carina Lehmal, Alexander Fuchs

Einleitung

In den Störszenarien aus AP 1.3 wird zusammenfassend festgehalten, welche Störungen im Zusammenhang mit dem NA-Schutz von den Verteilnetzbetreibern antizipiert werden. Einige dieser Störszenarien basieren auf einer Fehlfunktion oder auf falschen Einstellungen des internen oder externen NA-Schutzes. In diesem Dokument wird analysiert, wie solche Fehlfunktionen auftreten können. Zudem wird die Auftretenswahrscheinlichkeit qualitativ bewertet, in dem die Ereignisse, die zum Auftreten eines Fehlers notwendig sind, durchgespielt werden.

Fehlverhalten durch falsche Einstellungen

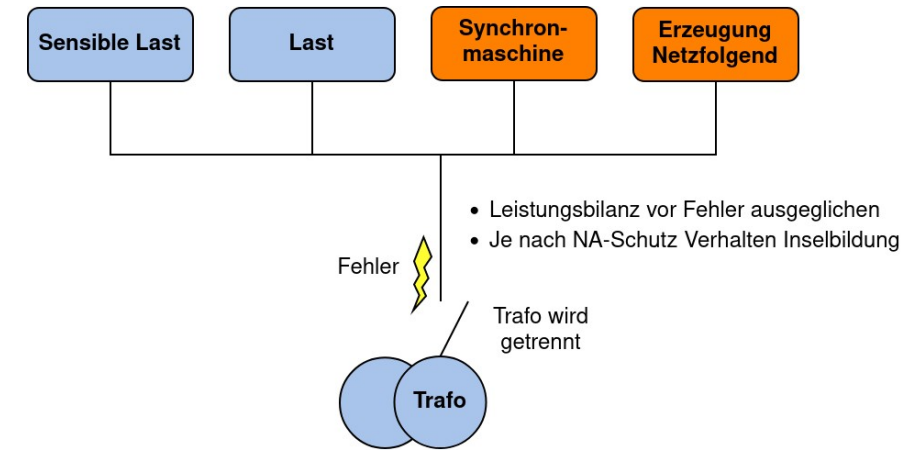
In der folgenden Tabelle wird aufgelistet, wie es zu falschen Einstellungen kommen kann, und was die möglichen Konsequenzen auf Geräteebene (nicht auf Netz-Ebene) sind.

Interner NA-Schutz

Fehlerbeschreibung	Wahrscheinlichkeit	Konsequenzen für den NA-Schutz
Falscher Ländercode wird ausgewählt	Wahrscheinlich. Einige Hersteller haben keine Schweizer Ländercodes implementiert. Einige Installateure sind sich gewohnt, die deutschen Ländereinstellungen zu wählen.	Die Auswirkungen sind gering, da die Schutzeinstellungen insb. in Deutschland (dürfte die häufigste Fehleinstellung sein) sehr ähnlich oder gleich sind.
Default-Settings werden ausgewählt (kein Land)	Nicht möglich, bei allen geprüften WR muss zur IBN ein Land ausgewählt werden.	Falls es ein WR gibt, der länderunabhängige Schutzeinstellungen aufweist, so dürften diese der EN 50549-1 angelehnt sein und damit weitgehend den Schweizer Einstellungen entsprechen

Szenario 2A

- Fragen/Sorgen der VNB:
 - Was passiert in einem Netzabschnitt, welches als zusätzliche Erzeugung eine SM integriert hat?
 - Vermutung 1: Blackout
 - Schutz der SM detektiert die Trennung und schaltet aus, NA-Schutz detektiert die Trennung und schaltet aus
 - Vermutung 2: **Ungewollte Inselnetzbildung**
 - Schutz der SM detektiert die Trennung nicht und bleibt am Netz, NA-Schutz detektiert die Trennung nicht, PV bleibt am Netz
 - Vermutung 3: Temporäres Inselnetz mit langsamem Blackout
 - Schutz der SM detektiert die Trennung nicht, NA-Schutz detektiert die Trennung, PV wird nach und nach abgeschaltet, bis dann auch SM abschaltet



**Simulation von Referenznetzen
NE5 bis NE7
(ETHZ)**
*Kann externer NA-Schutz
Inselnetzbildung vermeiden?*

Simulation:

- Dynamisches Modell des Netzes (Anzahl Knoten, Wechselrichter etc. muss gewählt werden)
- Wechselrichter-Verhalten beim Fehler (Inputs TU Graz, Holger Kühn und Matthias Dumke)
- Untersuchung der relevanten NA-Schutz-Konstellationen (Option 1 und 2)
- Outputs:
 - I, U, P, Q als Zeitverlauf, Oberwellen statistisch mit Angabe der Größenordnung
 - Oberwellen statistisch mit Angabe der Größenordnung
 - Vergleich der Kurven, Bewertung wie kritisch Szenario wäre

Hypothesenprüfung:

- Inputs Wechselrichter-Verhalten beim Fehler
- Prozessmodulation wann dieser Fehler auftreten kann

Praxistest:

- Experimentelle Prüfung was Umrichter, wenn kein Schutz vorhanden wäre, macht (wenn geht)

Agenda

Projektübersicht

Hintergrund und Grundlagen

Auswahl von Störszenarien

Branchen-Umfragen

Relevante Normen

Untersuchungen: Fehleranalyse

Untersuchungen: Testprotokolle und Experimente

Untersuchungen: Simulation von Störszenarien



Projekt NAEEA+

Resultate Umfrage Verteilnetzbetreiber

Patrick Bader
29. September 2023

Umfragezeitraum: 20. Juli bis 27. August 2023

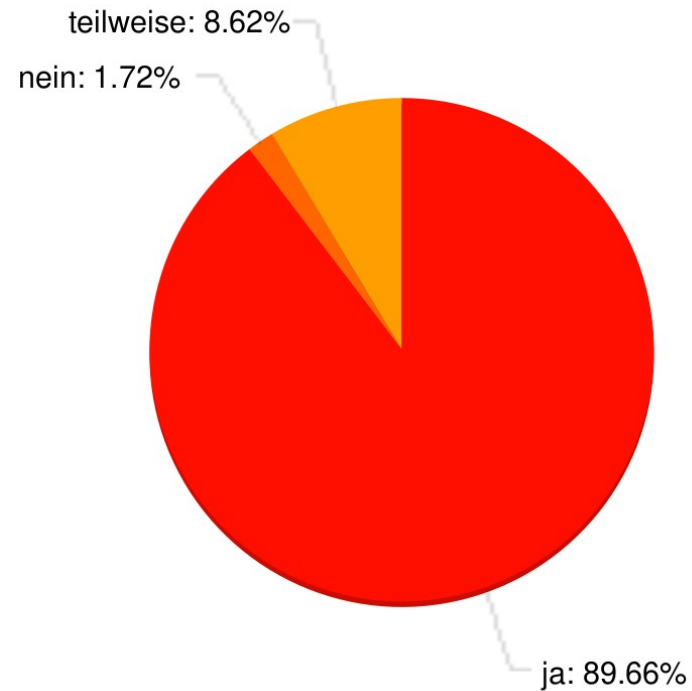
Anzahl Adressaten: 331

Anzahl Teilnehmende (absolut): 58 (47 DE, 7 FR, 4 IT)

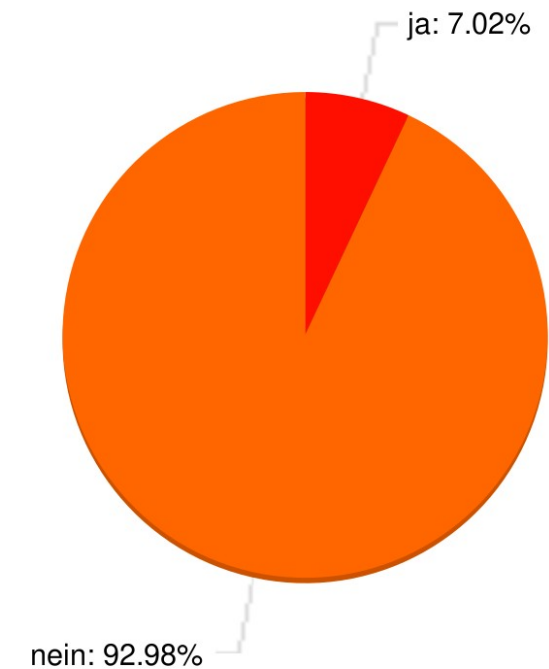
Anzahl Teilnehmende (relativ): 17.5 %

Qualitative und quantitative Ergebnisse

- Wird die **Branchenempfehlung des VSE** in ihrem Betrieb angewendet?



- Haben Sie **Verschärfungen** zur Branchenempfehlung vorgenommen?



- *Externer NA-Schutz wenn nur beim Neubau eine Leistung >30 kVA, bei Reiheneinfamilienhäusern, liegt die Summe oft höher*
- *Ob die Einstellungen vor Ort wirklich der Branchenempfehlung entsprechen kontrollieren wir nur bei grosse/heiklen Anlagen. Ob die Wechselrichter am Schluss wirklich das machen was sie sollen, bleibt häufig ein Rätsel.*
- *Für kleine EVU viel zu kompliziert*
- *Wir verzichten darauf, dass in unserem Versorgungsgebiet externe NA-Schutzgeräte eingebaut werden müssen.*
- *PV-Anlagen müssen auch aus tariflichen Gründen vom Netzbetreiber jeweils an einem Nachmittag abgeschaltet werden können.*

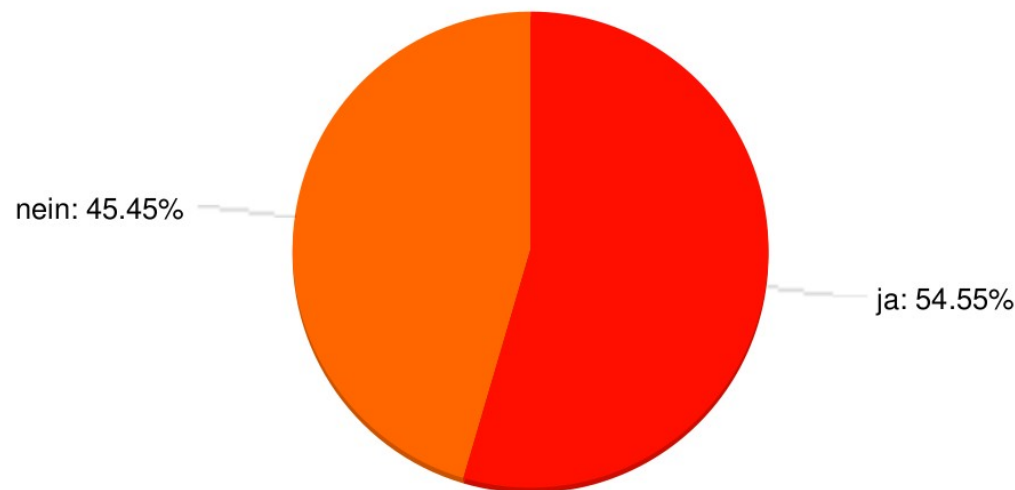
- **Überwiegende Umsetzung**
- Teilweise Verzicht auf NA-Schutz
- Teilweise Zusatzmassnahmen zur Steuerung

- Möchten Sie eine zukünftige **Vereinfachung bezüglich des externen NA-Schutzes** bzw. der externen Trennstelle vorsehen, sofern sie technisch möglich wäre?

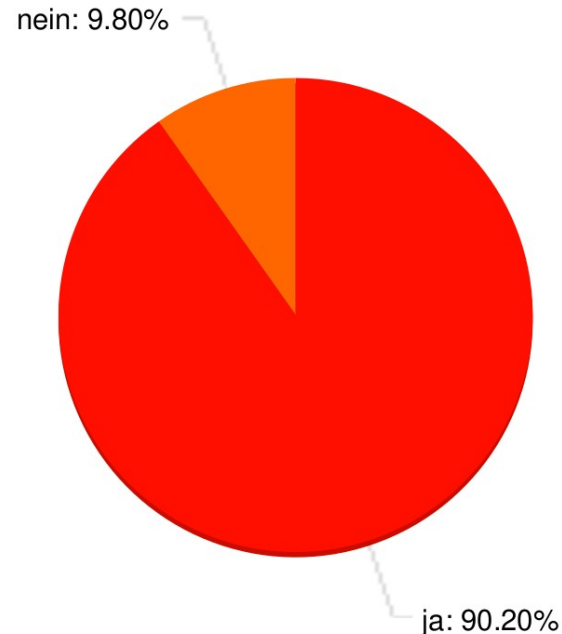
- Auf Mechanische Trennstelle (Schütz, Leistungschalter, odgl.) verzichten
- Prüfklemme welche es ermöglicht den WR einfach zu testen (siehe Österreich)

➤ **Idealerweise NA-Schutz direkt durch den Wechselrichter, muss aber funktionieren** (mehrfach)

- Fragwürdig, ob externer NA-Schutz notwendig ist (mehrfach)
- Einheitliche Regelung für die ganze Schweiz gewünscht
- Grenze von 30kVA sollte erhöht werden
- Parameter beim Wechselrichter müssen für die Werksabnahme einfach zugänglich sein, z.B. über Display

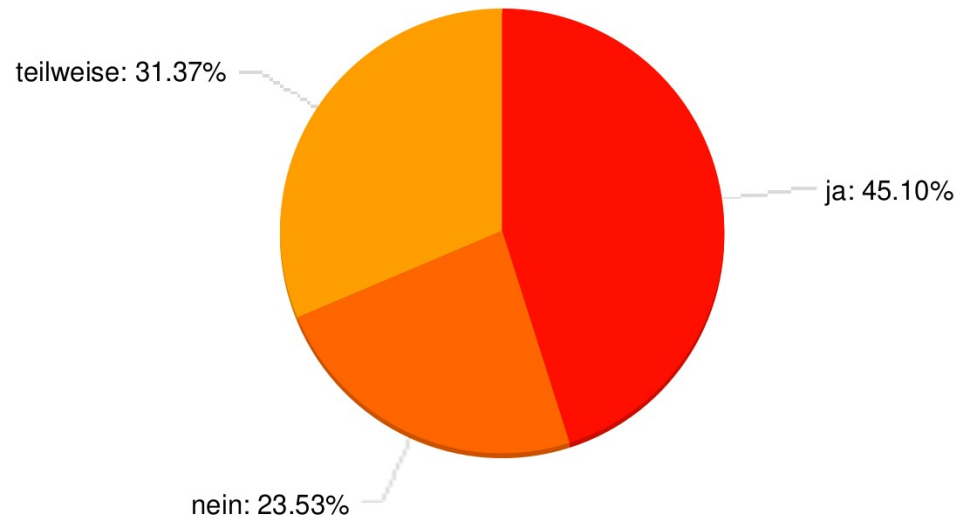


- Würden Sie als Verteilnetzbetreiber eine **zusätzliche Überprüfung** der Wechselrichtereinstellungen bei der Abnahmekontrolle resp. periodischen Kontrolle durch ein unabhängiges Kontrollorgan resp. eine akkreditierte Inspektionsstelle (z.B. Ländercode) **begrüßen**?



- Prüfkosten durch PV-Betreiber zu tragen.
- Schon heute Prüfungen oft mangelhaft durchgeführt, müssen geschult werden.
- **Ländereinstellungen** sollten bestätigt werden.
- Mindestens bei Abnahmekontrolle, **Intervalle der periodischen Kontrolle zu lange.**

- Führen Sie **Stichprobenkontrolle** bei PV-Anlagen durch?

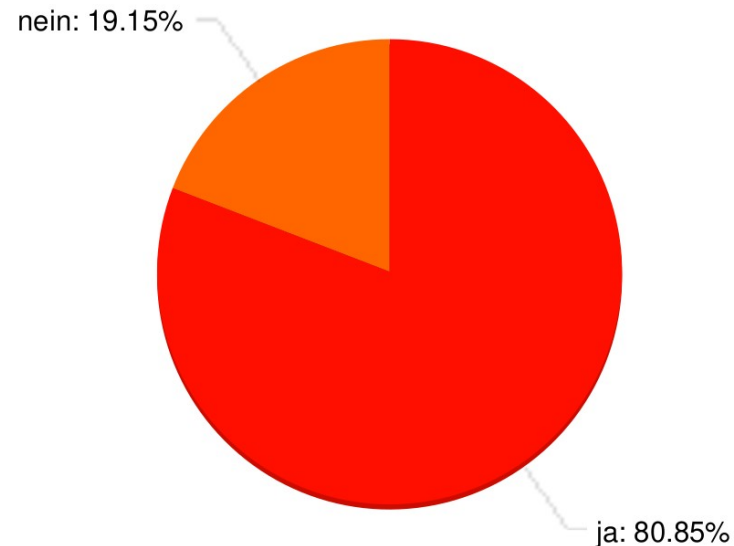


- *Nur Wechselstromseite*
- *Wirkleistungsbegrenzung, cosphi*
- *Ländercode, DC-Leitungen, Leerlaufspannung*
- *Warnhinweise und Aufkleber*
- *SiNA komplett?*
- *Erdung, Messung, Überspannungsschutz*
- *Reinigung der Panels*
- *Auslösung und Wiedereinschaltverfahren beim NA-Schutz*
- *Rückspeiseschutz*
- *Notstrombetrieb: galvanisch alle aktiven Leiter trennen*
- *Verdrahtung*

- **Keine systematischen periodischen flächendeckenden Prüfungen, Aufwand/Nutzen unklar**

- *WR Steuereingänge für die Leistungsbegrenzung und über eine Blindleistungssteuerung*
- *Steuerung der EEA muss einen Binäreingang aufweisen, über den der VNB im Notfall (z.B zur Verhinderung eines Netzzusammenbruchs) die Erzeugungsanlage abschalten kann.*
- *Regelbare EEA sollen mit einem Gradienten von 10% der Wirkleistung P maximal pro Minute steigen.*
- *Wenn ein Nachweis eines Wechselrichters erbracht werden kann dass er den NA Schutz integriert hat kann auf den Externen Schutz verzichtet werden.*
- *Problem Reiheneinfamilienhäuser*
- *Bitte Dokument kostenlos zur Verfügung stellen.*
- **Vereinfachen und kürzen**
- *Kapitel für Hybridwechselrichter (Hauskraftwerk). Diese werden immer häufiger eingesetzt (mit Speicher als Notstrombetrieb).*
- *Störung der Zählerdaten durch WR vermeiden (?)*
- *Einheitliche Regelung für alle VNBs bei Erweiterungen bei bestehenden Anlage*

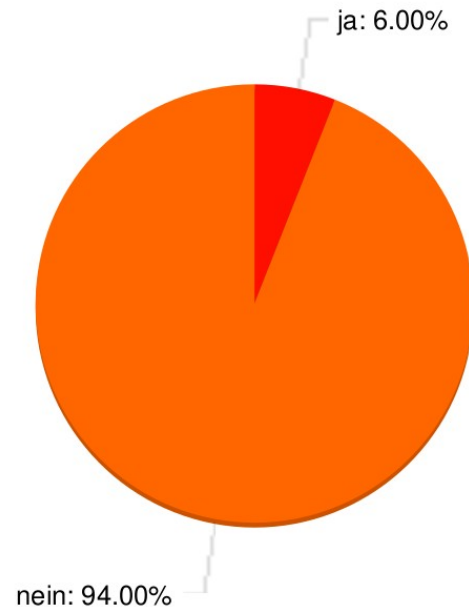
- *Wünschen Sie eine genormte Schnittstelle zum Wechselrichter, mit welcher z.B. die Schutzparameter ausgelesen werden könnten?*



- *Automatische Protokollierung was dem Prüf- und Messprotokoll angehängt werden kann.*
- *Einheitliche Schnittstelle zum Wechselrichter*
- **Umsetzung *sehr komplex. Kaum realisierbar.***
- *Schnittstelle zur Steuerung von Leistung / Blindleistung in kritischen Netzsituationen wäre toll.*
- *Wenn Einhaltung der Richtlinien bestätigt, genügt das. Weniger Aufwand ist besser.*
- *Zur Überprüfung der korrekten Parametereingabe.*

Fehlverhalten

- *Stellten Sie schon ein **Fehlverhalten von einer PV-Anlage** fest, bei welcher der interne/externe NA-Schutz bzw. die internen/externen Trennstellen nicht richtig gearbeitet haben?*



- *Ausfall des externen NA-Relais*
- *Falsche Verdrahtung. Der Externe NA Schutz gibt Aus-Befehl auf den Wechselrichter und dieser reagiert nicht.*

- **Keine Fehlverhalten durch Fehlfunktion interner NA-Schutz**

Agenda

Projektübersicht

Hintergrund und Grundlagen

Auswahl von Störszenarien

Branchen-Umfragen

Relevante Normen

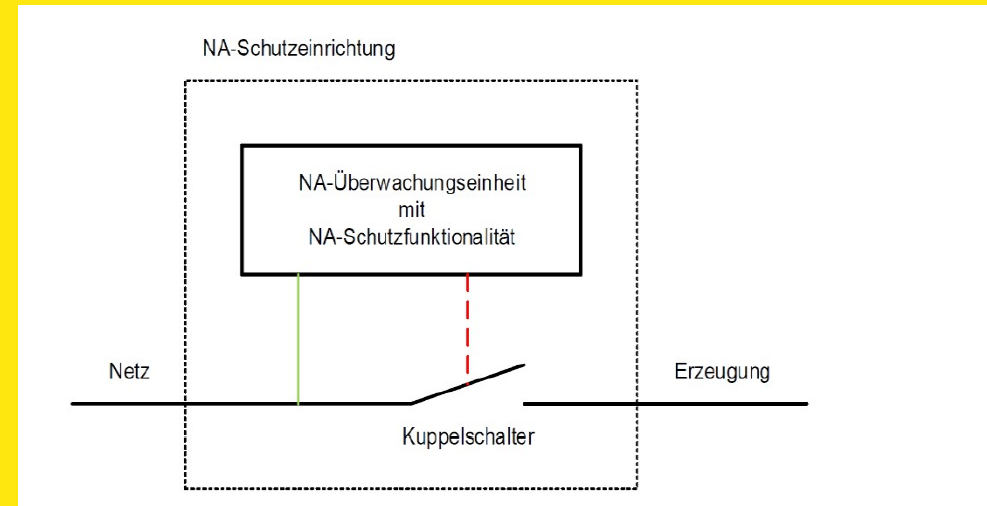
Untersuchungen: Fehleranalyse

Untersuchungen: Testprotokolle und Experimente

Untersuchungen: Simulation von Störszenarien

NAEEA

AP 1.2 Relevante Normen

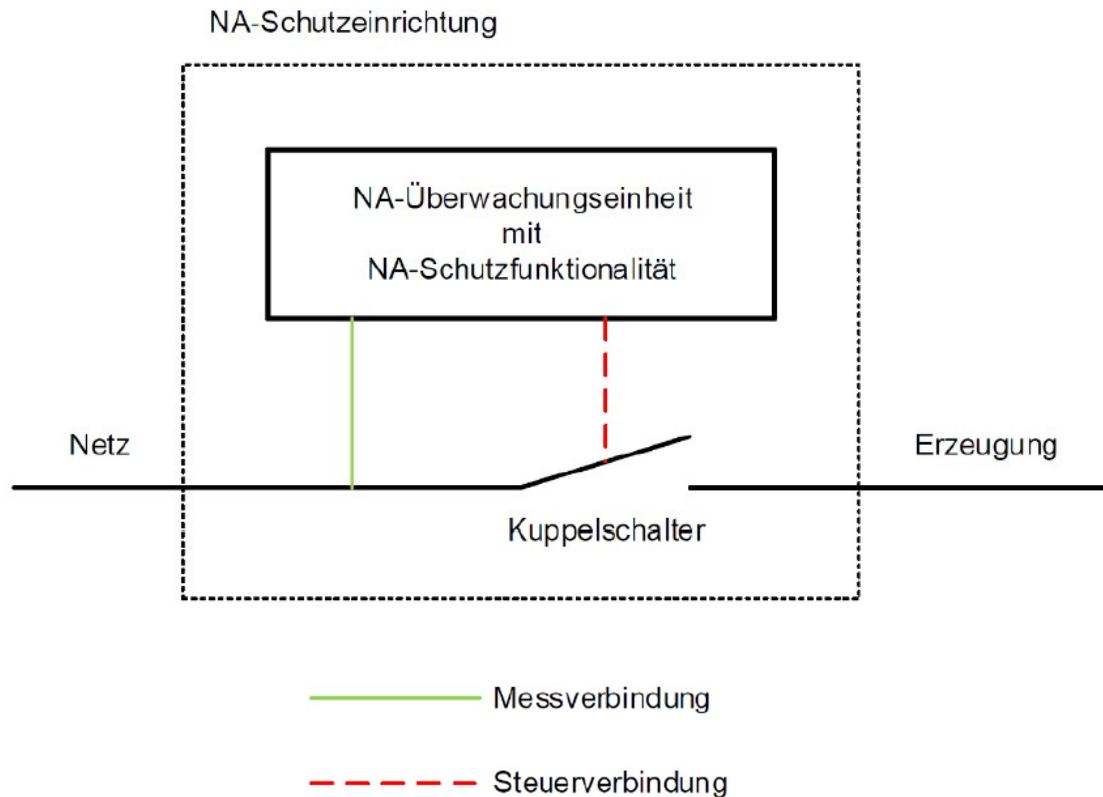


Quelle: NA/EEA-NE7 – CH 2020



Einleitung

Prinzipschema NA-Schutzeinrichtung



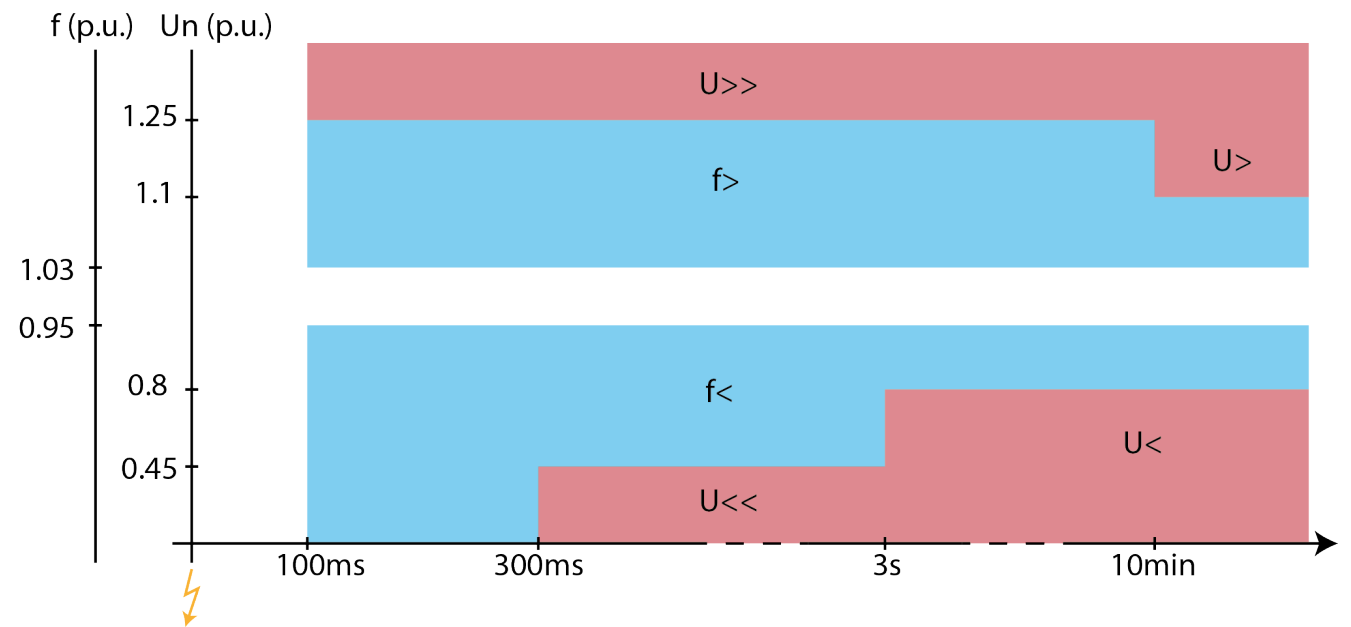
Grundsätzlich ist der NA-Schutz eine Schutzeinrichtung, an der Schnittstelle zwischen EEA und übergelagerten Verteilnetz, also ein Schnittstellenschutz.

Das wird erreicht, indem der NA-Schutz bei grossen Spannungs- und Frequenzabweichungen die EEA vom Netz trennt.

Quelle: NA/EEA-NE7 – CH 2020

Aufgaben des NA-Schutzes

Überspannungsschutz (10 min)	$U >$
Überspannungsschutz	$U >>$
Unterspannungsschutz	$U <$
Unterspannungsschutz	$U <<$
Überfrequenzschutz	$f >$
Unterfrequenzschutz	$f <$
Inselnetzerkennung	

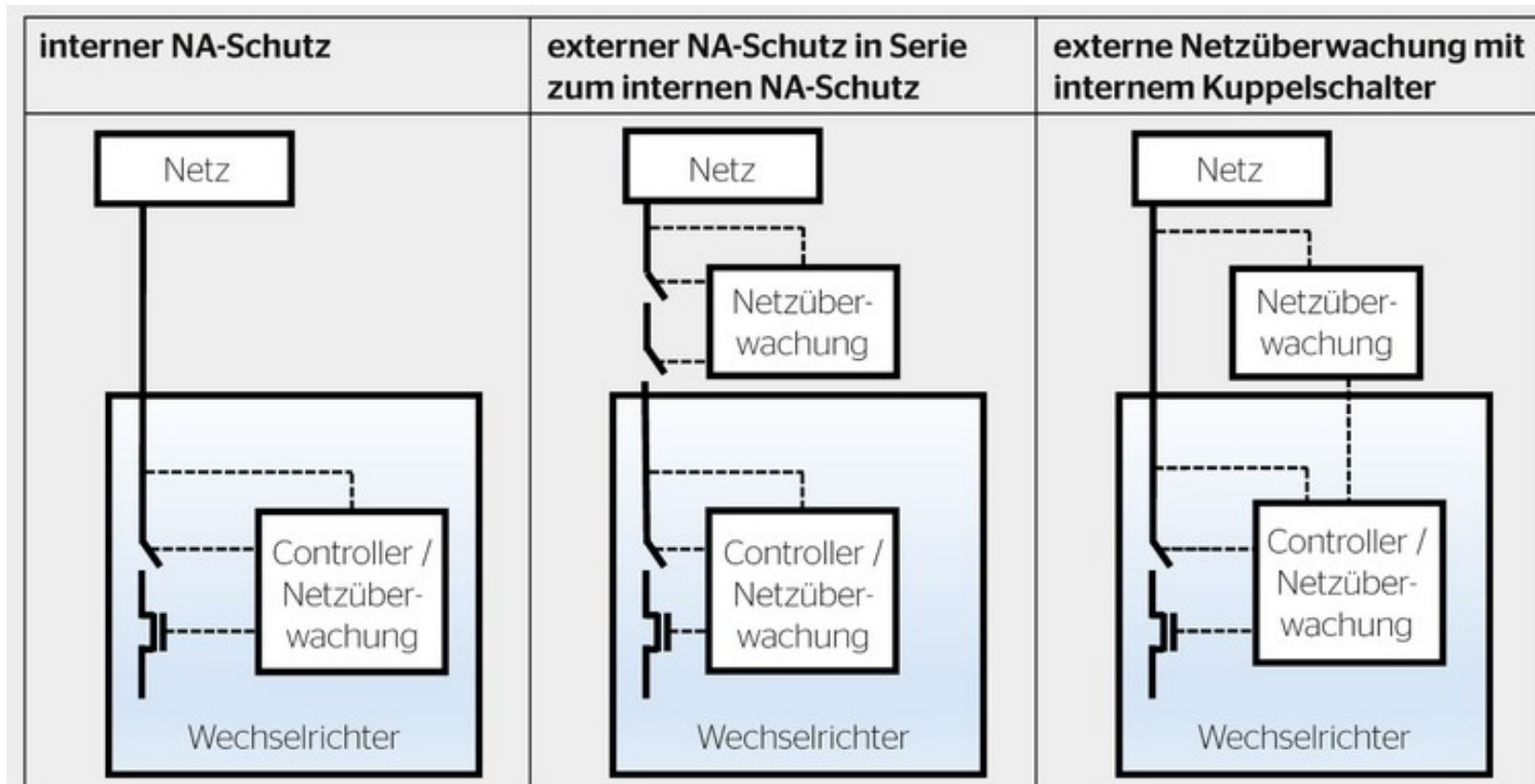


Einstellwerte für die Prüfung der Spannungs- /
Frequenzüberwachung für Umrichter, gemäß VDE-V-0124-100

Quelle: VDE-V-0124-100, 2018

Ausführungsformen

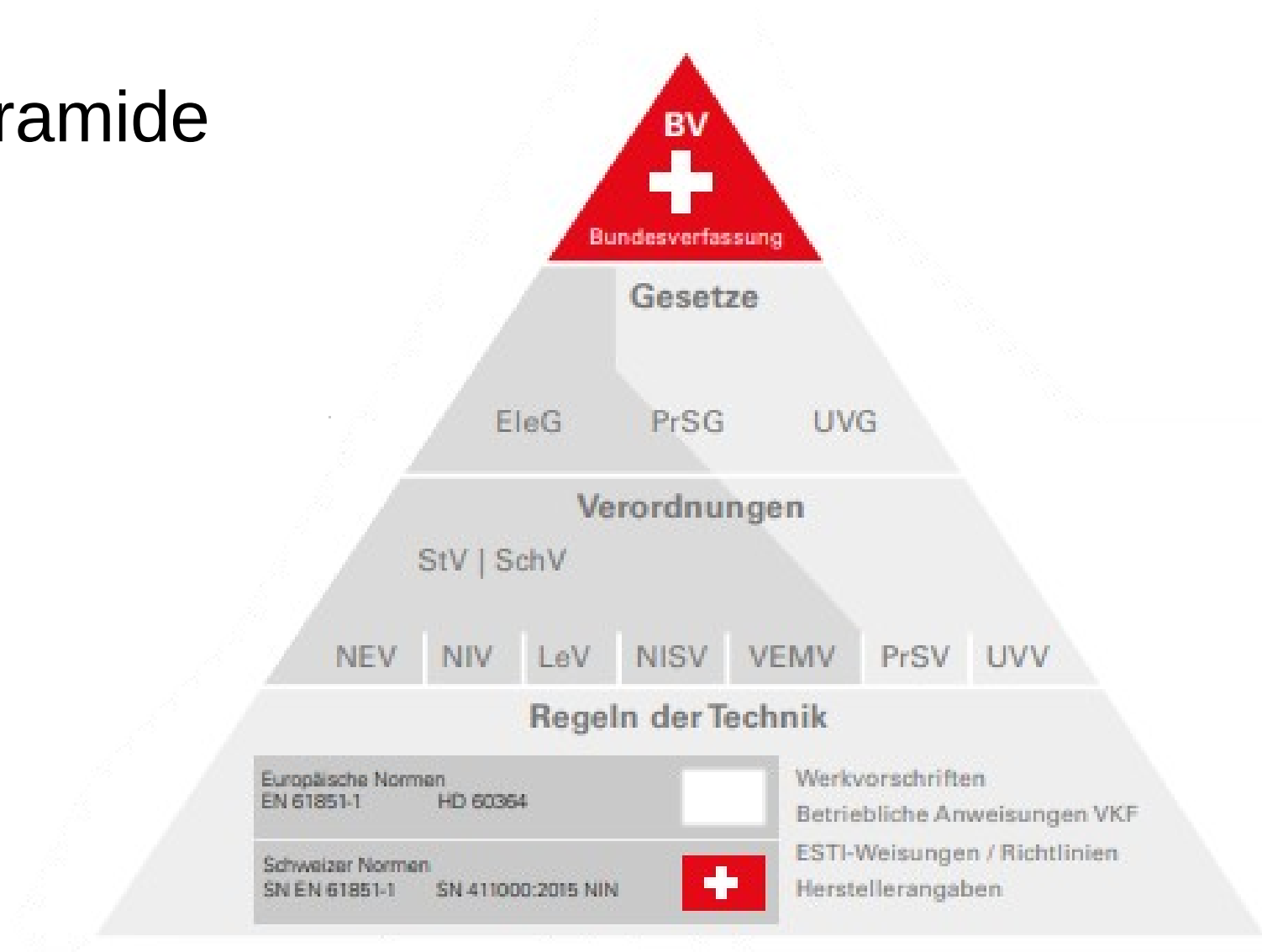
Ausführungsformen des NA-Schutzes



Quelle: C. Bucher, Netz- und Anlagenschutz bei PV-Anlagen, bulletin

Übersicht zu Verordnungen und Regeln der Technik zum NA-Schutz in Netzebene 7 in der DACH-Region

Gesetzespyramide



Internationale Normen

- IEC 61140: Schutz gegen elektrischen Schlag
- IEC 62109-1 / 2: Anforderungen an die Sicherheit von PV-Invertern
- IEC 62116: Testverfahren für Schutz gegen Inselnetzbildung
- EN 50549-1: Anschluss von Erzeugern an das Verteilnetz
- EN 50549-10: Anschluss von Erzeugern an das Verteilnetz->
Prüfanforderungen



Die internationalen Normen fordern:

- Eine EEA muss haben: ROCOF, UVRT, OVRT, Kuppelschalter
- Die Trennung muss 1-fach fehlersicher sein. -> Basischutz immer gewährleistet
- Bei Anlagen >16A kann der Netzbetreiber entscheiden, ob ein externes Gerät erforderlich ist
- Interner NA ist zulässig



CH-Normen

- NIN:
- ESTI Weisung 220:0621:
- ESTI Weisung 221:0621:
- VSE-Empfehlung NA/EEA – NE7
- Swissolar NA EEA PVNE7

Anforderungen an EEA

Meldepflicht bei Installationsbewilligungen



- Das ESTI verlangt einen NA-Schutz, verweist für die Ausführung auf die NA/EEA - NE7
- Nach NA/EEA - NE7 ist die Ausführung des NA-Schutz abhängig von der Leistung:

Beschreibung der Indexes: M = Muss K = kann (immer zulässig) - = Nein (nicht zulässig)	≤30 kVA	> 30 kVA und ≤ 100 kVA		> 100 kVA
		1 x EEE	> 1 x EEE	
Integrierte NA-Schutzfunktion mit integriertem Kuppelschalter im Stromrichter	M	M	M	M
Externes NA Schutzrelais (wirkt auf den integrierten Kup- pelschalter)	K	M	-	-
Externer Kuppelschalter	K	K	M	M
Externes NA Schutzrelais (wirkt auf den integrierten und ex- ternen Kuppelschalter)	K	K	M	M

- Swissolar vertritt den Standpunkt, dass jeder Inverter einen einfehlersicheren NA verbaut hat. Externe NA sind daher nicht notwendig



DE-Normen

- VDE-AR-N 4100 / 4105: Anforderungen an EEA am Niederspannungsnetz
- VDE-V-0124-100: Prüfanforderungen and EEA



Die Verwendung des NA Schutzes ist klar geregelt:

- Anlagen $>30\text{kVA}$ brauchen externen NA Schutz
- Anlagen $<30\text{kVA}$ können extern oder internen NA Schutz verwenden



AT- Normen

- TOR Verteilernetzanschluss: für die Mittelspannung
- TOR Netze: und Lasten mit Übertragungsnetzanschluss
- TOR Erzeuger: Anschluss und Parallelbetrieb von Stromerzeugungsanlagen
- OVE-Richtlinie R 25: Prüfanforderungen an Erzeugungseinheiten



Anforderungen an den NA-Schutz sind dieselben wie in Deutschland:

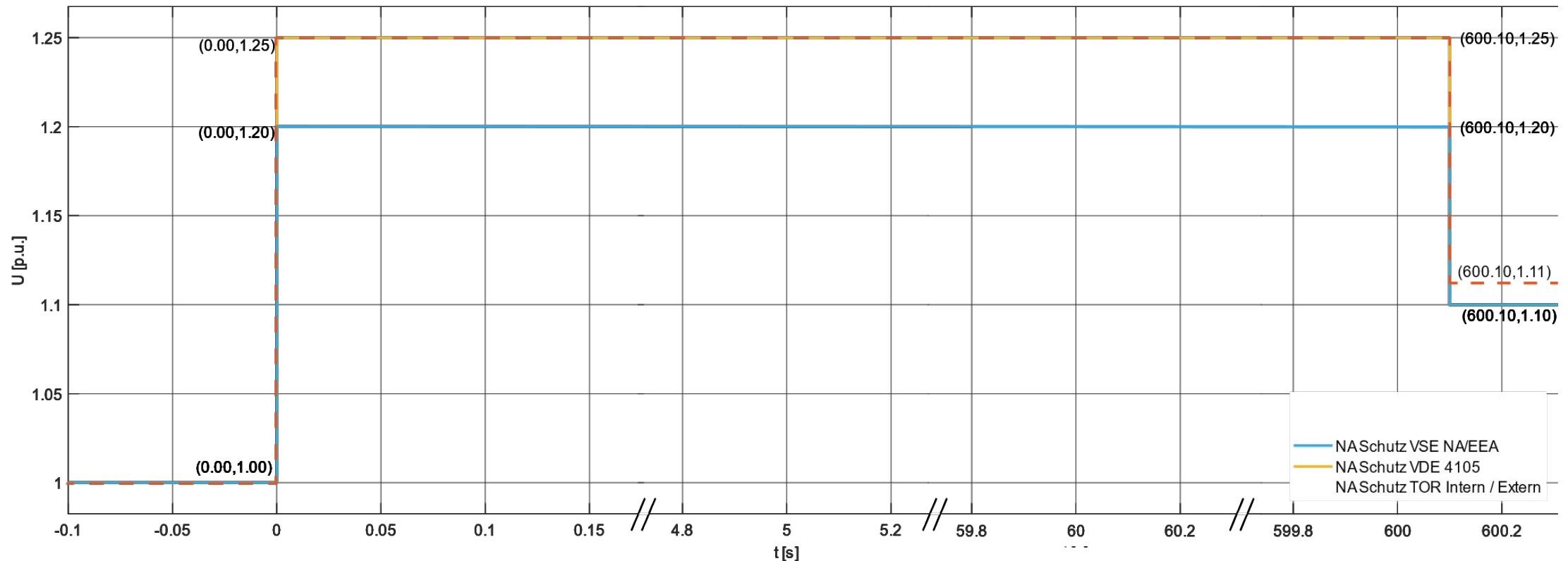
- Anlagen $>30\text{kVA}$ brauchen externen NA
- Anlagen $<30\text{kVA}$ können extern oder internen NA verwenden

Vergleich der Einstellwerte des NA-Schutzes in Netzebene 7 in der DACH-Region

Überspannungsschutz (10 min) $U >$

Überspannungsschutz $U >>$

NA-Schutzeinstellungen im Vergleich: Überspannung

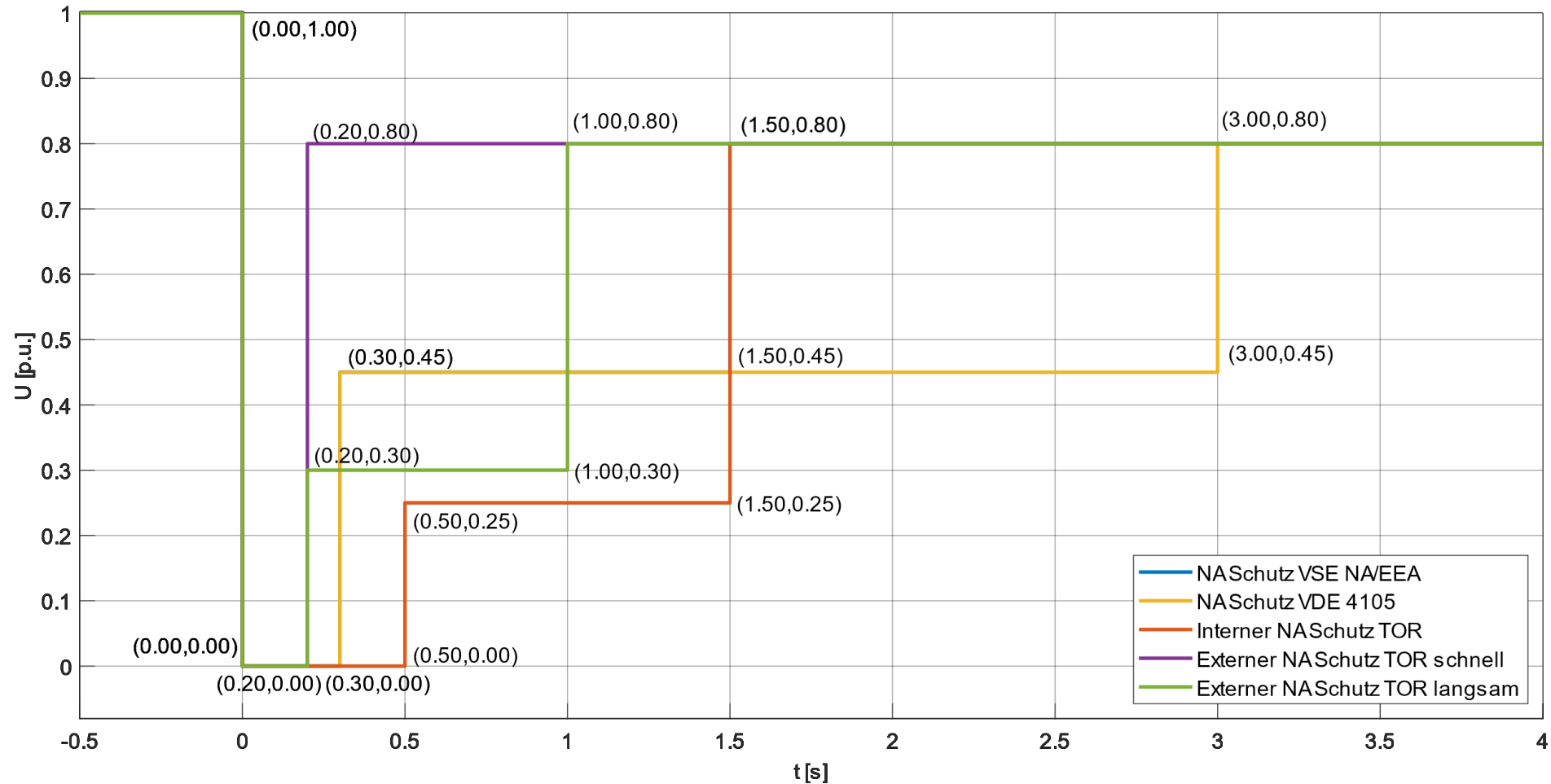


Unterspannungsschutz
Unterspannungsschutz

$U <$

$U < <$




NA-Schutzeinstellungen im Vergleich: Unterspannung



Überfrequenzschutz $f >$
Unterfrequenzschutz $f <$

Betriebsfrequenzbereich

In nachfolgender Tabelle sind die Frequenzbereiche aufgeführt, für die eine Anlage mit dem Netz verbunden sein muss

EN50549 4.4.2 Betriebsfrequenzbereich			 AT: TOR Anforderungen an die Frequenzhaltung:		 D: VDE4105/ VDE0124 Einstellwerte NA		CH: VSE NA-EEA  Frequenz- und Spannungsbereiche	
f [Hz]	Mindest- Anforderung	Strenge Anforderung	f [Hz]	Zeitraum	f [Hz]	Zeitraum	f [Hz]	Zeitraum
47.0-47.5	n. E	20s						
47.5-48.5	30 min	90min	47.5-48.5	60 min	47.5-49.0	>=30min	47.5-49.0	>=30min
48.5-49	30 min	90min	48.5-49	90min				
49-51	unbegrenzt	unbegrenzt	49.0-51.0	unbegrenzt	49.0-51.0	unbegrenzt	49.0-51.0	unbegrenzt
51-51.5	30min	90min	51.0-51.5	30 min	51.0-51.5	>=30min	51.0-51.5	>=30min
51.5-52.0	n. E	15min						

Zusammenfassung der Anforderungen an den NA-Schutz in der DACH-Region

Externer vs interner NA

	CH	DE	AT
Integrierter NA	Immer erforderlich	Für Anlagen >30kVA optional	Für Anlagen >30kVA optional
Externer NA + integrierter Schalter	Bei Anlagen >30kVA, <100kVA zwingend	Nicht vorgesehen	Nicht vorgesehen
Externer NA + externer Schalter	Wenn mehr als 1 Inverter oder >100kVA zwingend	Zwingend für EEA >30kVA	Zwingend für EEA >30kVA

Zusammenfassung

- Ein integrierter NA-Schutz ist in der Schweiz immer erforderlich.
- Auf internationaler Ebene spricht nichts dagegen nur den internen NA-Schutz zu verwenden.
- In D und AT gelten ungefähr dieselben Regeln.
- In der Schweiz kann ein externes NA-Realis auf den integrierten Kuppelschalter wirken.
- Einstellwerte der Überspannungsschutz und Unterspannungsschutz deutlich unterschiedlich in der DACH Region.
- Betriebsfrequenzbereich relative ähnlich in der DACH Region.

Agenda

Projektübersicht

Hintergrund und Grundlagen

Auswahl von Störszenarien

Branchen-Umfragen

Relevante Normen

Untersuchungen: Fehleranalyse

Untersuchungen: Testprotokolle und Experimente

Untersuchungen: Simulation von Störszenarien

Bedenken der Netzbetreiber

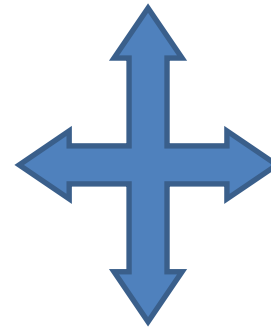
- Menschliche Fehlerquelle bei der Inbetriebnahme
 - Fehlendes Wissen bei Installateuren durch andere Funktionalität der Umrichter
 - Quantität an Umrichtern-Typen
 - Änderungen der Spezifikationen
- Größere Anzahl an Schutzgeräten bedeutet größere Anzahl an Fehlerquellen
 - Überprüfbarkeit der Schutzfunktion
 - Auswirkung von Firmwareupdates
- Ungewollte Inselnetzbildung
 - Gefahr für Menschen und Betriebsmittel
- Zukunft: Netzführende Umrichter
 - Out-of-Scope



Generell



Einstellungen?



Country/Region: China mainland

Service provider:

Plant type: Residential

Charging-only plant

Plant name:

Total string capacity (kWp):

Grid connection date:

Start date of safe running:

Plant address:

Plant time zone: (U1)

Basic info | Set Electricity Prices

17:21 | Photovoltaik-1

mäßiger Regenfall 16°C~24°C Anla

15,40 kWh Heutiger Energieertrag

1,2! Heutige Eri

167,52 kWh Energieertrag für diesen Monat

284,64 kWh Ertrag in diesem Jahr

28. Gesan

Normal

PV 2,096 kW

Batterie 14% 2,569 kW

Netz 3,447 kW

Last 8,112 kW

Überblick | Statistik | Anlagensicht | Gerätemanagement

Saerdnast | Photovoltaikforum

9:41 | Solar Italy

1.95 kWh Self-consumption

412.61 kWh Total yield

Energy management

Day | Month | Year

2020-08-10

Production: 30.91 kWh

Self-consumption: 10.70 kWh (34.62%)

Export: 20.21 kWh (65.38%)

Consumption: 12.95 kWh

Self-sufficiency: 10.70 kWh (82.63%)

Import: 2.25 kWh (17.37%)

Yield | Consumption | Self-consumption | Battery (charge) | Battery (discharge)

0 0.9 1.8 2.7 3.6 4.5 kW

00:00 02:50 05:40 08:30 11:20 14:10 17:00 19:50 22:40

Overview | Statistics | Plant layout

Produkt

- Sensibilisierung der Branche über Umrichter
 - Umrichter = Smartes System: Integration von funktionierenden Schutzmechanismen im Umrichter
 - Interner NA-Schutz, Überspannungsschutz etc. □ Richtiger Umgang und Einstellung
- Funktionsprüfungen von Herstellern
 - Erfüllung internationaler IEC Normen:
 - IEC 62109: Sicherheit von Wechselrichtern zur Anwendung in photovoltaischen Energiesystemen
 - IEC 62116: An das Stromnetz angeschlossene Photovoltaik-Wechselrichter - Prüfverfahren für Maßnahmen zur Vermeidung von Insellösungen
 - IEC 61727: Photovoltaik (PV)-Systeme - Merkmale der Schnittstelle zum Versorgungsunternehmen
 - EN 50549: Anforderungen für zum Parallelbetrieb mit einem Verteilnetz vorgesehene Erzeugungsanlagen
 - + entsprechende länderspezifische Normen

Installation

□ Branchenumfrage der Installateure – Einarbeitung ins Forschungsprojekt folgt

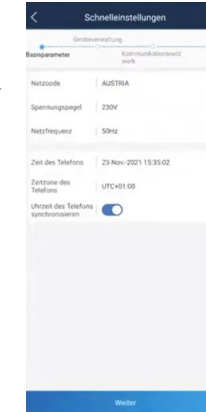
Generell stärkerer Fokus auf:

- Besuch von Schulungen von Umrichterherstellern
 - Erklärung der korrekten Inbetriebnahme
- Ergänzungen und Erweiterungen zu:
 - Prüfprotokoll
 - Erklärung zur Ausfüllung des Prüfprotokolls
 - Kontrolle der Prüfprotokolle von VNBs
 - Stichprobenkontrollen von VNBs zur Garantie eines funktionierenden Stromnetzes

Einstellungen

- Gridcode
 - Einstellung der Netzparameter entsprechend länderspezifischen Norm
 - Während erster Inbetriebnahme vom Installateur korrekt auszuführen
- Wirkleistungsregelung
 - Einstellung von Einspeisebegrenzungen
- Blindleistungsregelung
 - Regelung des Leistungsfaktors

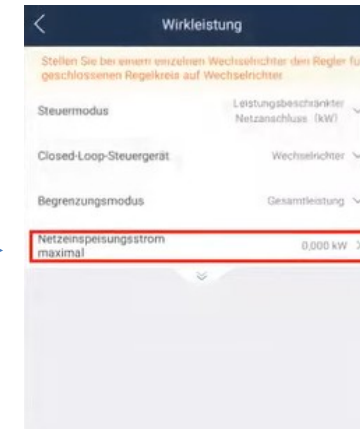
Laut Richtlinien



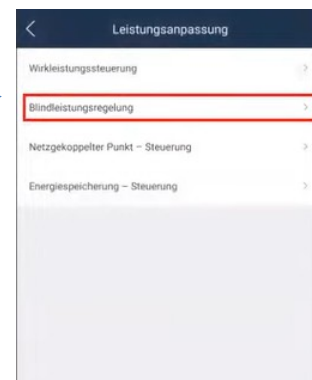
+
Kopplung
aller Betriebsmittel



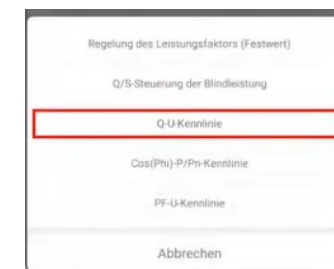
In Absprache
mit VNB



Laut Richtlinien

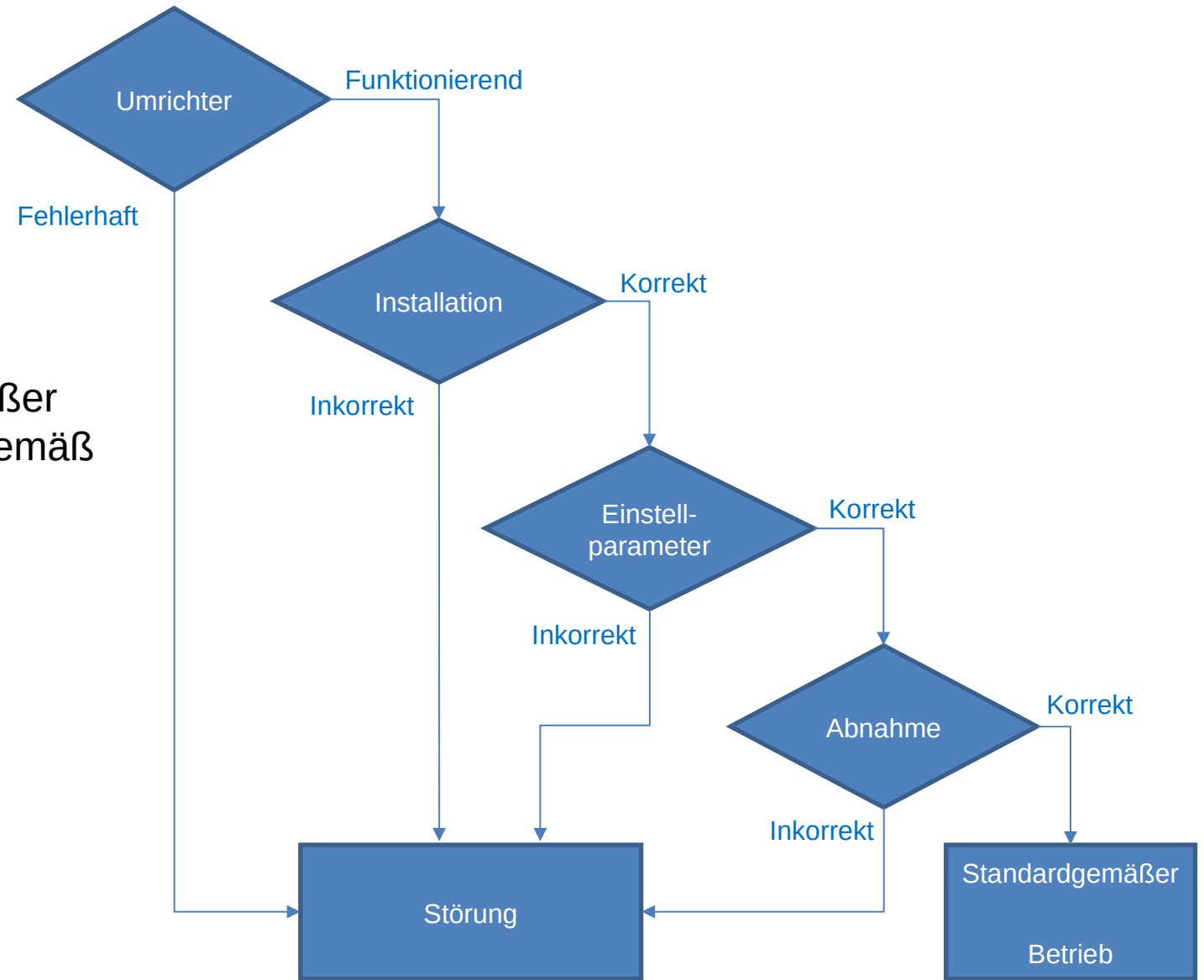


+
Auswahl der
richtigen Charakteristik



Zusammenfassend

- Größte Verantwortung:
 - EEA Installateur
 - EEA Abnehmer/Prüfer
- Große Menge an kleinen EEA führt zu großer Leistung, die im Fehlerfall nicht standardgemäß reagiert



Agenda

Projektübersicht

Hintergrund und Grundlagen

Auswahl von Störszenarien

Branchen-Umfragen

Relevante Normen

Untersuchungen: Fehleranalyse

Untersuchungen: Testprotokolle und Experimente

Untersuchungen: Simulation von Störszenarien



Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences

Folien Störszenarien

Test des NA-Schutzes:

Simulation (ETH)

- Auswirkungen von Fehlverhalten auf das Stromnetz

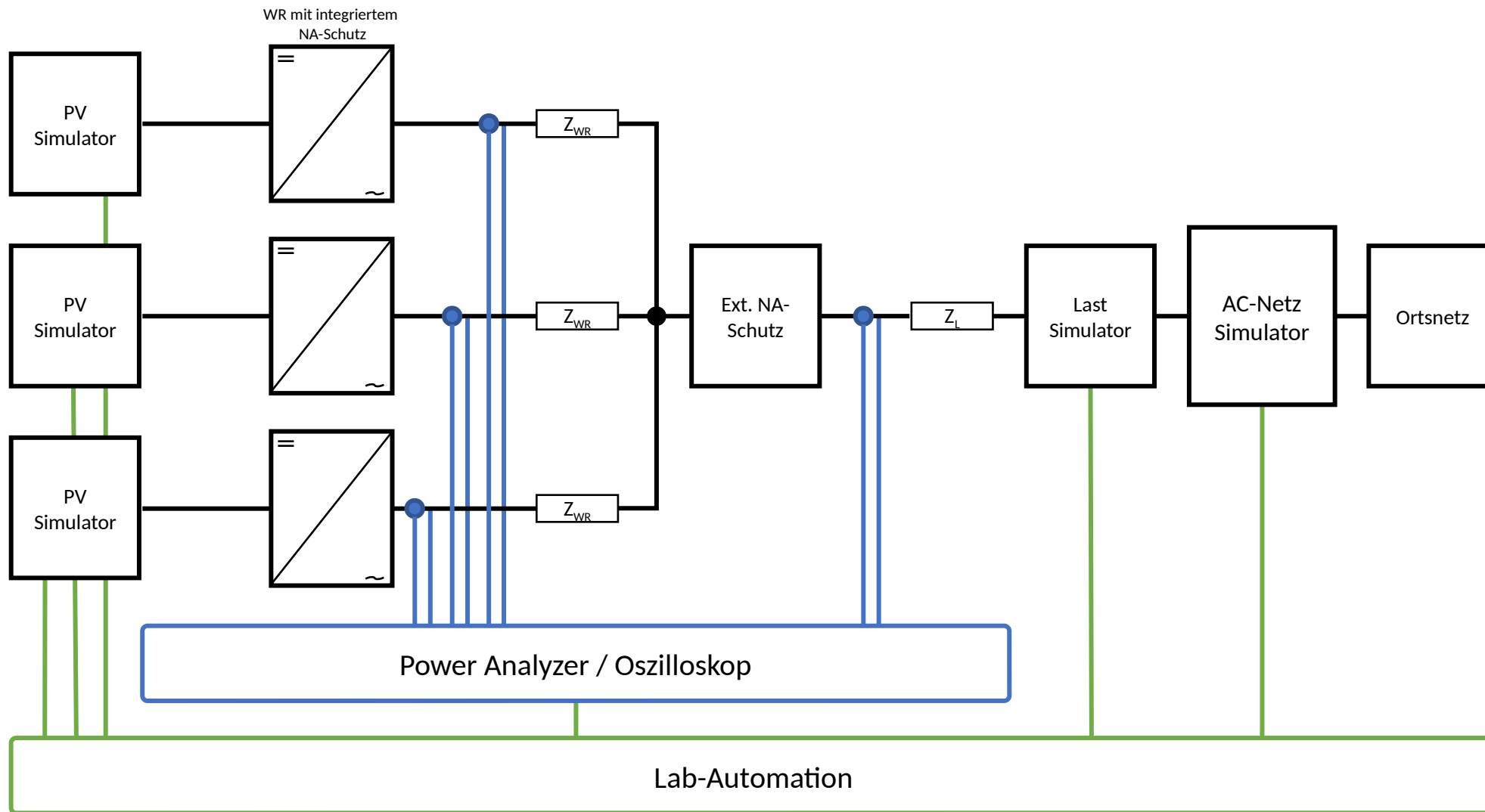
Literatur / Recherche / Normen

- Wechselrichter-Screening («Statistik» zu korrektem Verhalten von Wechselrichtern)
- Konformitätserklärung: Nachweis der Erfüllung von Normen (z. B. 1-Fehler-Sicherheit im WR / Redundanz der Schalter nach IEC 62109-1)

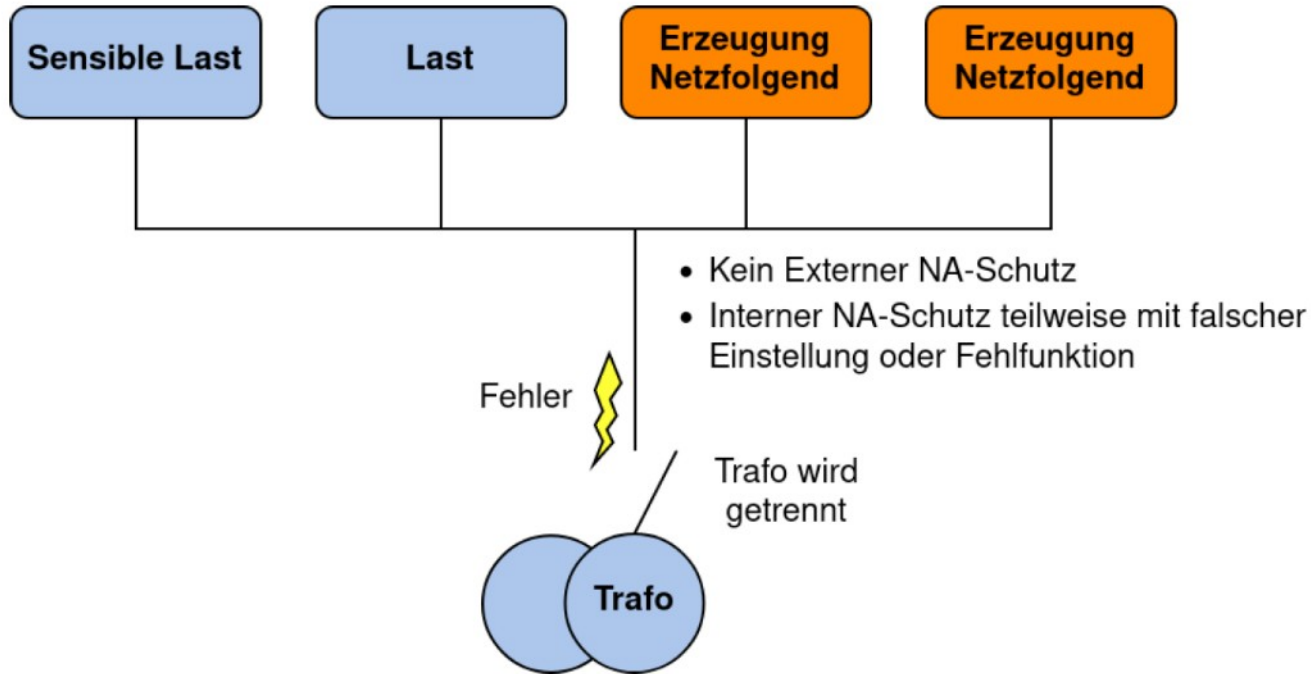
Labor (Burgdorf)

- Exemplarische Demonstration: Funktionsweise von 3 Beispiel-WR
- «Störschreiber»: Beobachtung transientes Verhalten von WR vs. Schützen

Testaufbau Generisch



Störszenarien im Labor



- Szenario 1: ohne ext. NA-Schutz
- Testprozeduren
 - Überspannung
 - Unterspannung
 - Überfrequenz
 - Unterfrequenz
- Szenario 2: mit ext. NA-Schutz
- Testprozeduren
 - Überspannung
 - Unterspannung
 - Überfrequenz
 - Unterfrequenz

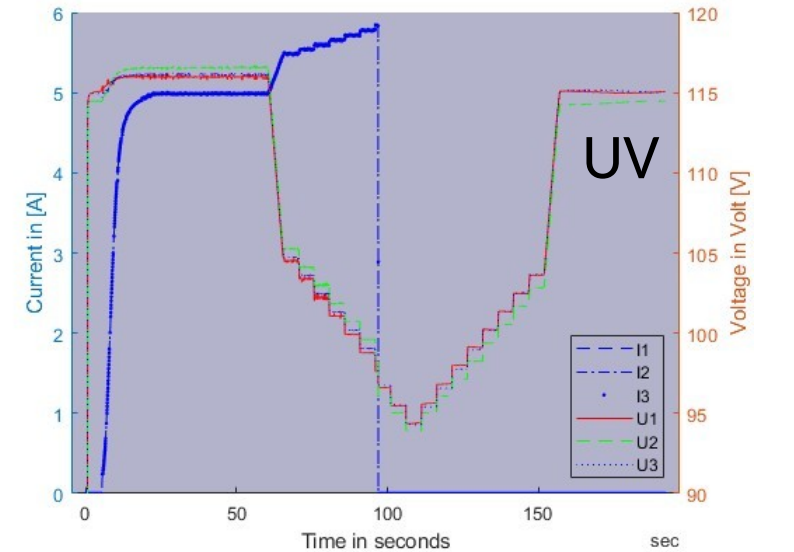
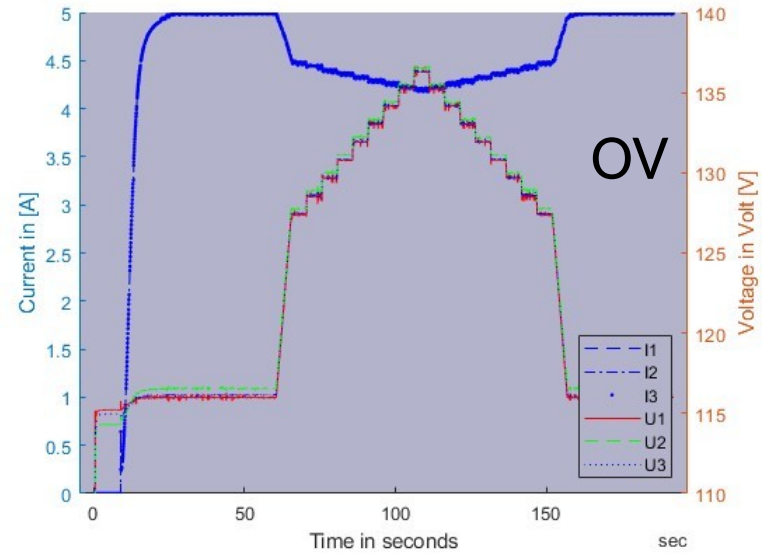
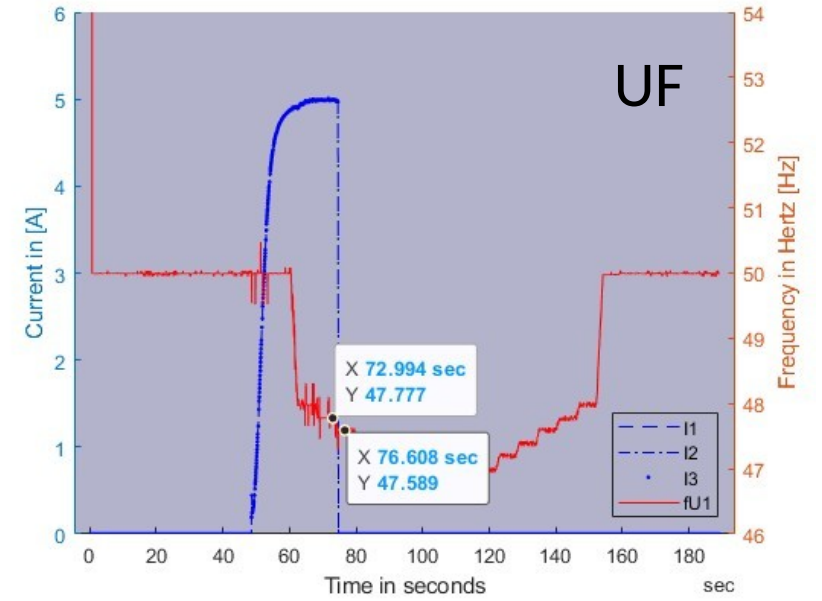
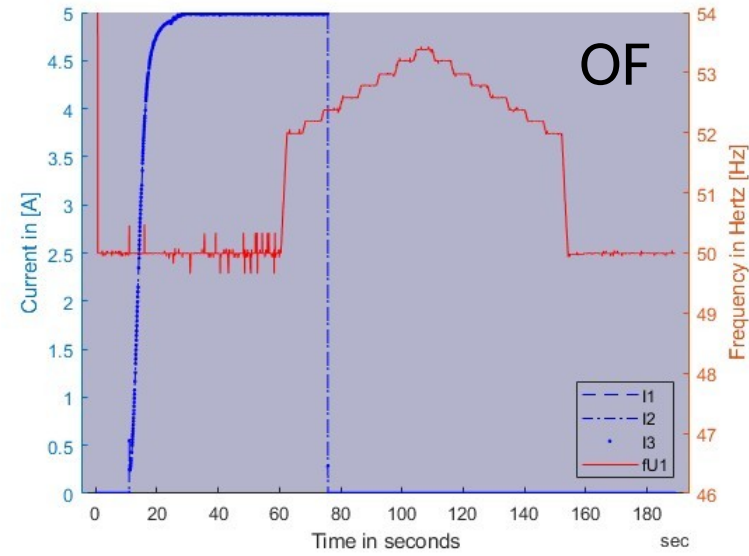
- Alle Testprozeduren erfolgen vereinfacht angelehnt an EN 50549-10
- Fokus auf transientem Verhalten des Gesamtsystems

Vorbereitungen Tests

▮ NA-Schutz für Test



Erste Ergebnisse



Nächste Schritte

- Systematische Tests im PV-Labor der BFH in Burgdorf
- Donnerstag, 14. Dezember 2023, nachmittags, Webinar Demonstration NA-Schutz (auf Englisch, in Kombination mit IEC 63409). Einladung folgt.

Agenda

Projektübersicht

Hintergrund und Grundlagen

Auswahl von Störszenarien

Branchen-Umfragen

Relevante Normen

Untersuchungen: Fehleranalyse

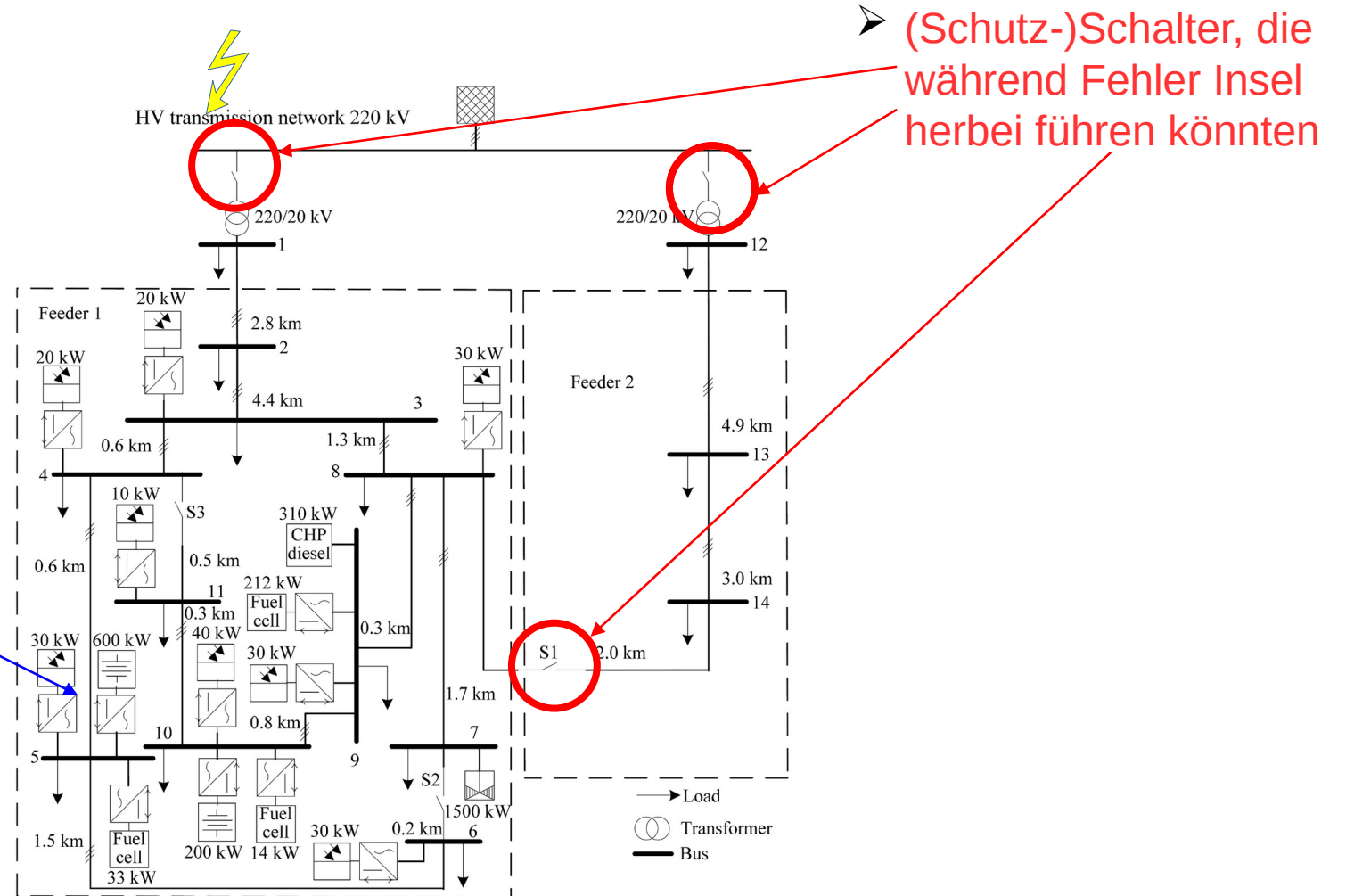
Untersuchungen: Testprotokolle und Experimente

Untersuchungen: Simulation von Störszenarien

Mittelspannungs-Benchmark Netz (CIGRE)

- Insel mit Netz-Formenden Elementen (Diesel; eventuell Wind, Solar, Brennstoffzelle mit VSM Umrichtern)

- Stabilität der Insel hängt davon ab, ob sich PV-Anlagen im Fehlerfall trennen oder am Netz bleiben.

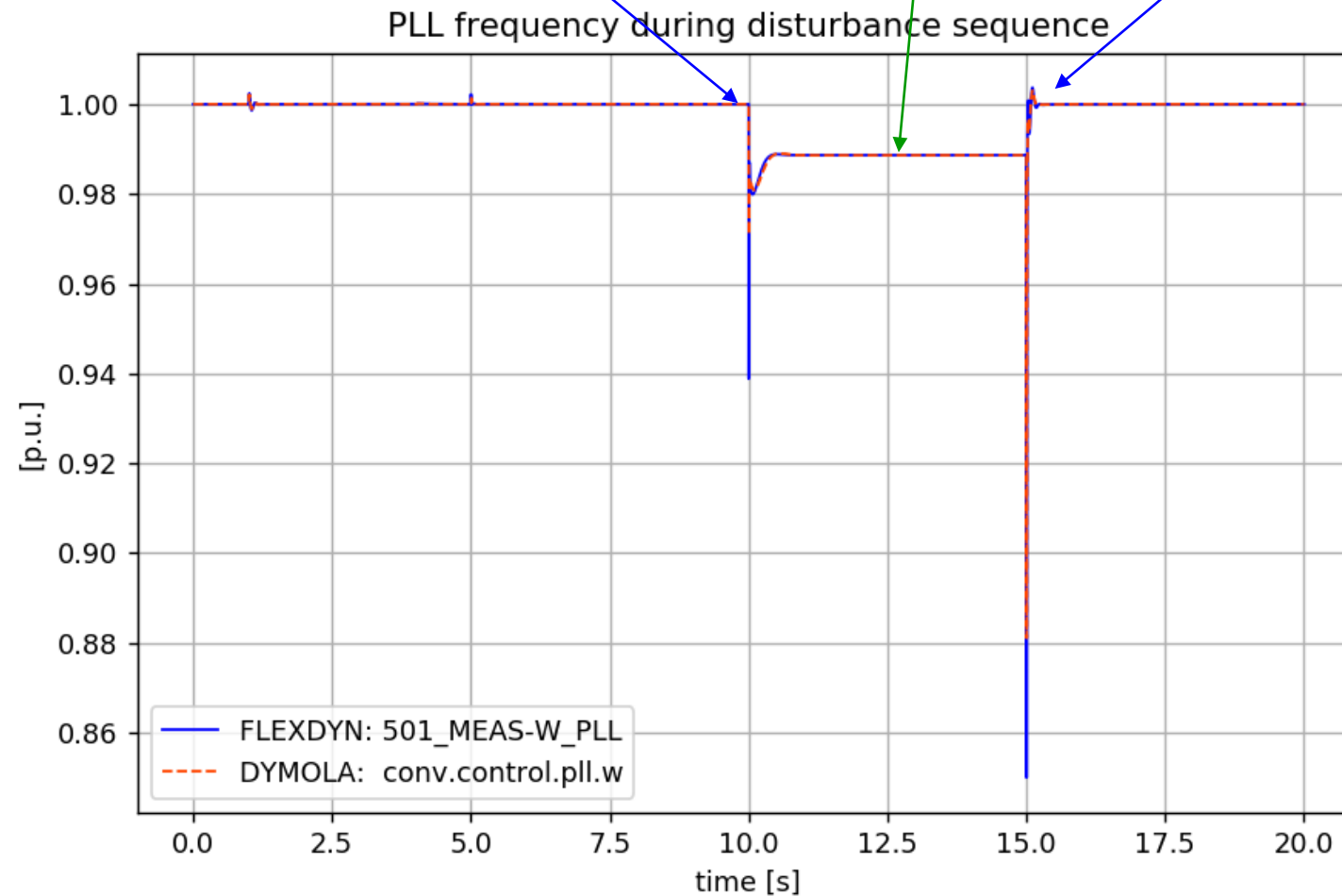


Frequenzverlauf während Inselszenario

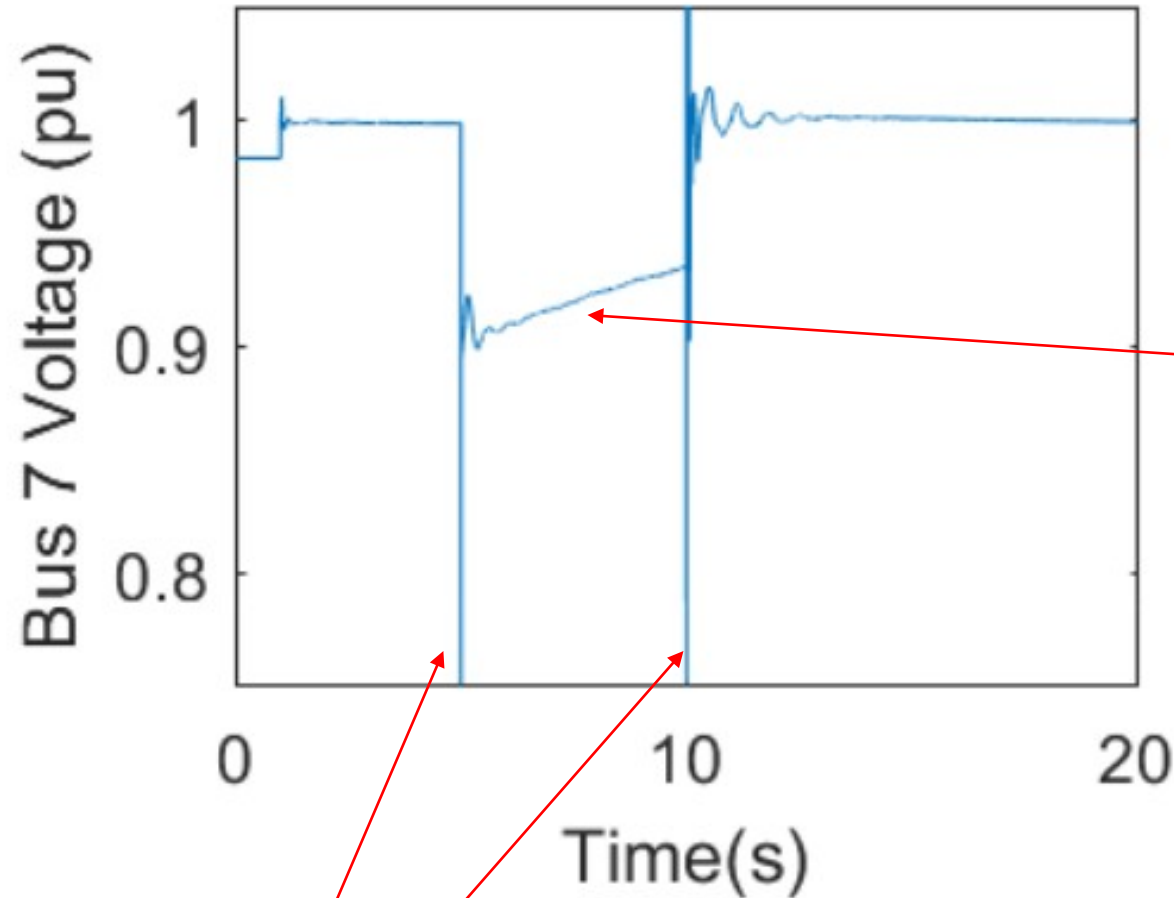
➤ MS-Insel bildet sich aus

➤ Frequenz wird durch MS-Erzeuger gebildet

➤ Wiederverbindung mit HS-Netz



Spannungsverlauf während Inselfzenario



➤ Einbruch während Schaltvorgängen

➤ Dauerhaft etwas niedrige Spannung während Inselbetrieb

➤ Reicht das für eine Abschaltung der EEA?

Fragen

- Ungewollte Inseln sollen vermieden werden.
 - Können Inseln nur mit der NA-Schutzfunktion vermieden werden (keine aktive Inselnetzerkennung)?
 - Was sind „typische“ Spannungsverläufe während einer Inselnetzbildung? (Abhängigkeit von Art und Standort der Netzformenden Anlage)
 - Welches Verhältnis von Last, Erzeugung (Netzformend und Netzfolgend) ist erforderlich um das Risiko einer Inselbildung zu erhöhen?
 - In welchen Konstellation stellt ein Fehlverhalten (Nicht-Auslösen) ein Risiko dar? Welcher Anteil der Wechselrichter müsste so ein Fehlverhalten aufweisen?
 - Wie hängt das Ergebnis von der Art der Netze ab? Untersuchung mit Netzen der VNB-Partner, in denen die Möglichkeit einer Insel gegeben ist.
- Ergänzende Frage (für qualitative Analyse):
 - Falsches Auslösen der Schutz-Elemente
 - Störungen im HS-Netz, ohne Inselbildung:
Erhöht sich die Gefahr, dass sich Anlagen mit „doppeltem“ NA-Schutz zu früh vom Netz trennen?

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!



Kühn – Netz und
Systemschutz

