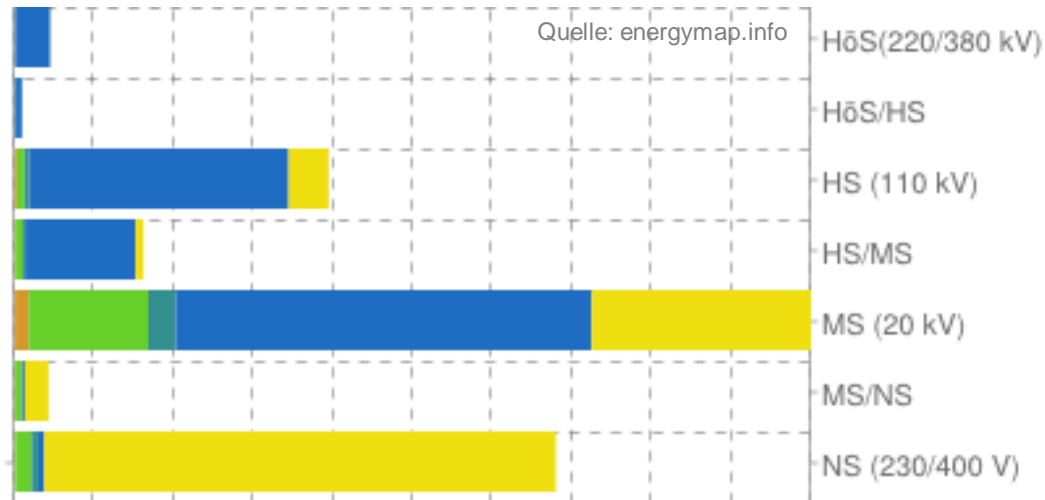

Der Netzanschluss nach dem EEG aus technischer Sicht

Prof. Dr.-Ing. Oliver Brückl

- Anschluss der EE in den einzelnen Netzebenen
- Hauptproblem der Integration von DEA im Verteilungsnetz
- Das Spannungsbandproblem und mögliche Lösungsansätze
- Technische und volkswirtschaftliche Fragwürdigkeiten der heutigen Anschlussregelung

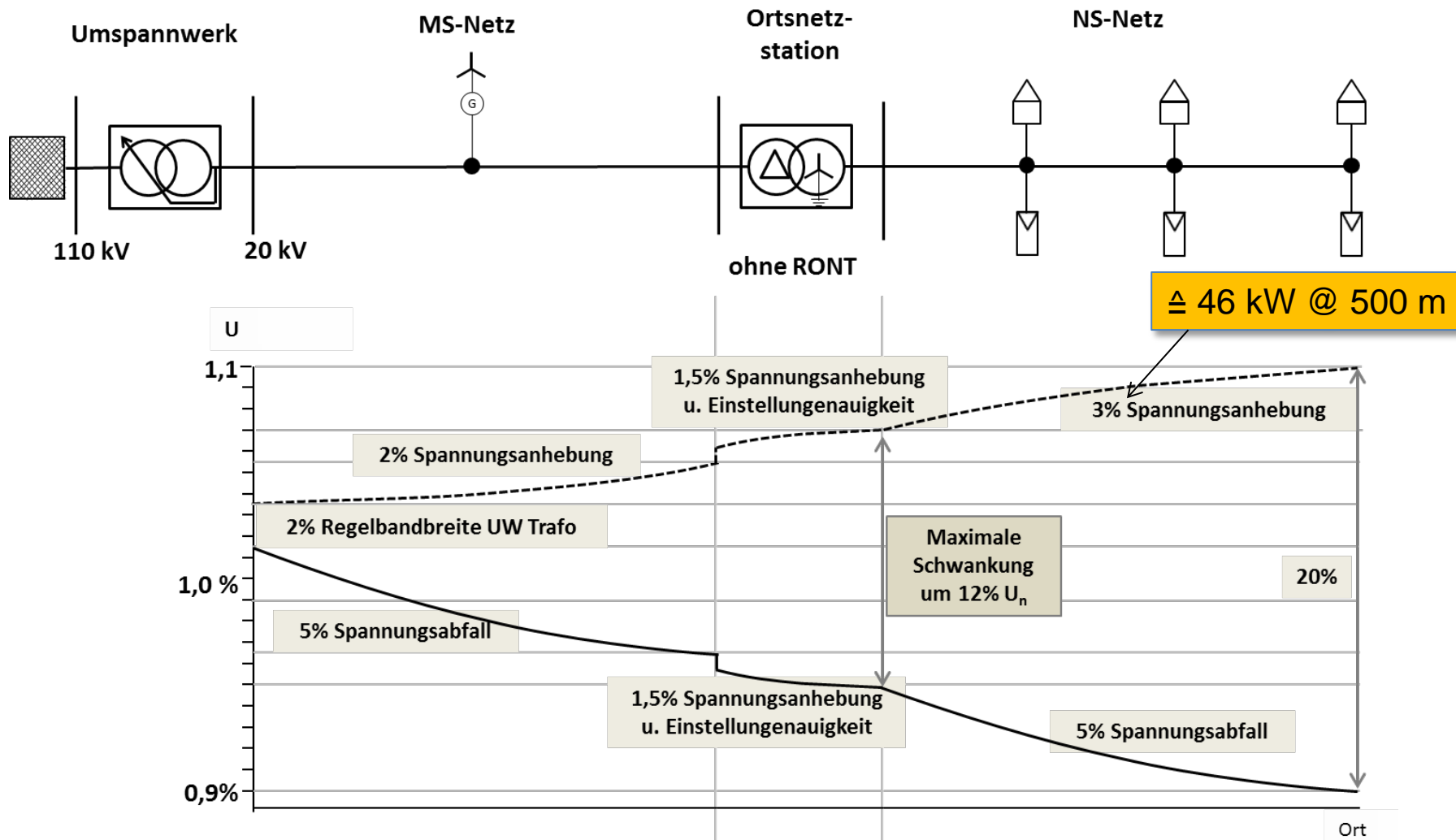
Aufteilung EE auf Netzebenen



installierte Leistung in der MS- und NS-Ebene:

- Biomasse: ca. 100 %
- Photovoltaik: ca. 95 %
- Windenergie: ca. 50 %
- Gesamt: ca. 80 %

Hauptproblem der Integration von DEA im Verteilungsnetz



Hauptproblem der Integration von DEA im Verteilungsnetz

Eine Spannungsanhebung um 3 % wird schon bei Einspeiseleistungen erreicht, die deutlich unter der Übertragungskapazität der MS- und NS-Leitungen liegen.

An einem NS-Kabel (500 m, 150 mm²) könnte man am Kabelende gerade mal 46 kW Einspeiseleistung anschließen, d. h. weniger als 25 % der Leistung, die über das Kabel dauerhaft transportiert werden könnte!

→ **Im Verteilungsnetz hauptsächlich Spannungsbandproblem**

→ **Stromproblem derzeit nur vereinzelt (in ca. 10 % der Fälle)**

Warum:

Früher nur Lastfluss von HS- über MS- in NS-Ebene

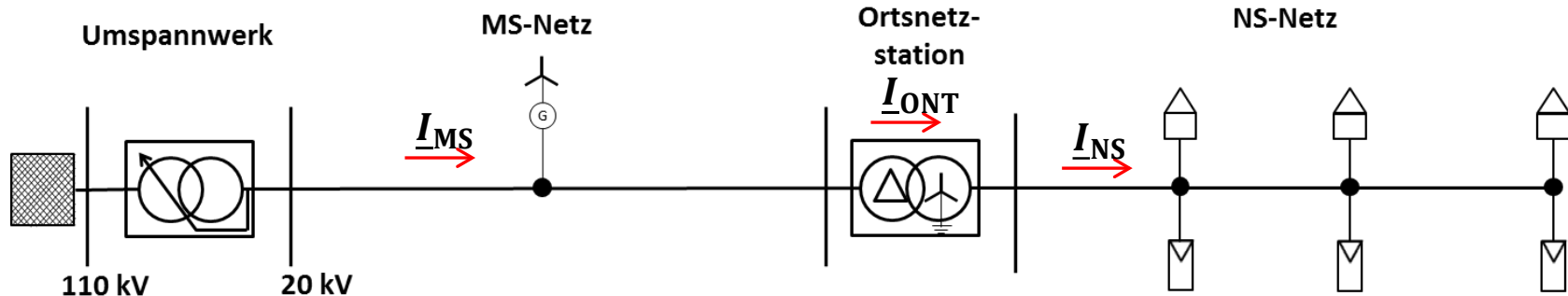
→ Spannungsabfall nur in eine Richtung

→ Aufteilung des verfügbaren Spannungsbandes ($\pm 10\%$) auf MS- und NS-Ebene und damit starre Spannungskopplung, d. h. Verzicht auf MS-NS-Regeltransformatoren möglich

Heute verstärkt Lastflussumkehr → Spannungsabfall auch in anderer Richtung, d. h.

Spannungsanhebung am Strangende → Spannungsband wird zum begrenzenden Faktor

Hauptproblem der Integration von DEA im Verteilungsnetz



Prinzipielle Spannungsgleichung:

$$\underline{U}_{\min} = \underline{U}_{S,UW} - 1/2 \underline{U}_{RB,UW} - \underline{I}_{MS} \cdot \underline{Z}_{MS} - \underline{I}_{ONT} \cdot \underline{Z}_{ONT} - \underline{U}_{Umst} - \underline{I}_{NS} \cdot \underline{Z}_{NS}$$

$$\underline{U}_{\min} = \underline{U}_{S,UW} - 1/2 \underline{U}_{RB,UW} - (\underline{I}_{W,MS} + j \underline{I}_{B,MS}) \cdot \underline{Z}_{MS} - \underline{I}_{ONT} \cdot \underline{Z}_{ONT} - \underline{U}_{Umst} - (\underline{I}_{W,NS} + j \underline{I}_{B,NS}) \cdot \underline{Z}_{NS}$$

Impedanzreduktion

Blindleistungsmanipulation

Wirkleistungsreduktion

Direkte Spannungsregelung im UW, im MS-Strang, im Ortsnetztrafo, im NS-Strang

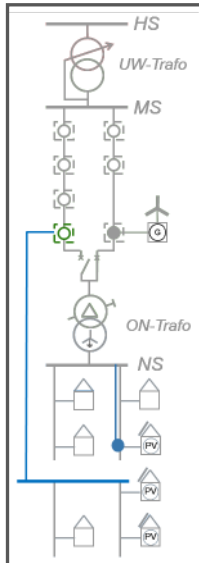
Kategorisierung der Lösungsmaßnahmen

Spannungsbeeinflussung durch Manipulation (Reduktion / Regelung) der:

Impedanz	Wirkleistung	Blindleistung	Spannung
Stationsdichte UW / ONS	Lastmanagement/ Demand-Side- Management	Q-fähige Erzeugungsanlage	Dynamische Sollwertanpassung UW-Transformator
Parallelverkabelung / Vermaschung MS / NS	Einspeise- management	eigene / fremde Kompensations- anlagen	Zwischen- transformation MS- / NS-Strang
Trafotausch ONT	Zwischen- speicherung	Q-fähige Speicher	Regelbarer Ortsnetz- transformator

Legende: UW: Umspannwerk
 ONS: Ortsnetzstation
 ONT: Ortsnetztransformator
 MS: Mittelspannung
 NS: Niederspannung
 Q: Blindleistung

Vor- und Nachteile der Lösungsmaßnahme Impedanzreduktion



allgemein

- 😊 dauerhaft geringere Leitungsverluste (auch ohne Einspeisung)
- 😊 bekannte Technik (für Netzplanung und –betrieb)
- ☹️ Gefährdung des rechtzeitigen Anschlusses von DEA durch zeitaufwendige Umsetzungsphase
- ☹️ „optimale“ Gestaltung nur für den betrachteten Zeitpunkt

Parallelverkabelung:

- ☹️ Straßenaufbruch und Verkehrsbeeinträchtigung

zusätzliche Ortsnetzstation:

- ☹️ zusätzliche Eisenverluste des Transformators
- ☹️ höhere Stationszahl (→ Inspektionsaufwand, IKT-Nachrüstung)

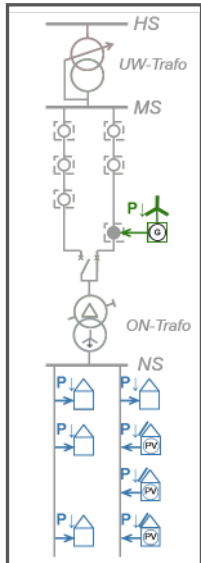
größerer Ortsnetztransformator:

- ☹️ höhere Eisenverluste & nur minimale Erhöhung der Aufnahmefähigkeit

Vermaschung von NS-Netzen:

- 😊 kostengünstig, falls möglich und sinnvoll
- ☹️ Anpassung des Netzschutzes

Vor- und Nachteile der Lösungsmaßnahme Wirkleistungsreduktion



Demand-Side-Management / Lastmanagement:

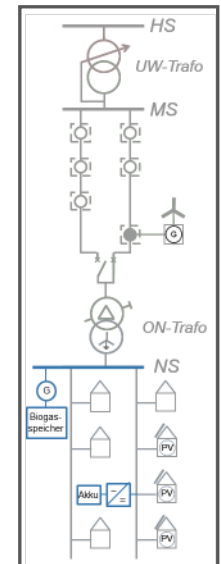
- 😊 Keine Effizienzeinbußen
- ☹️ i. d. R. geringes Potenzial
- ☹️ wirkt nur auf Lastseite

Einspeisemanagement (Abregelung):

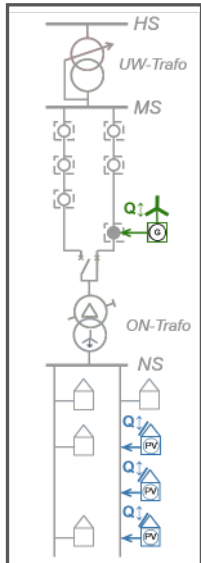
- 😊 Flexibel einsetzbar
- 😊 Großes Potenzial
- ☹️ Verluste durch Abregelung
- ☹️ IKT-Bedarf auch für kleine Anlagen

Speicher (Batterie, Biogas, ...):

- 😊 Möglichkeit für weitere Systemdienstleistungen (aber begrenzt!)
- 😊 Geringere Verluste im Vergleich zur Abregelung
- ☹️ Speicherverluste
- ☹️ Zusatzinvestition
- ☹️ Installationsort nahe der EZA
- ☹️ Konfliktpotenzial mit marktbasierendem Betrieb



Vor- und Nachteile der Lösungsmaßnahme Blindleistungsregelung



Dezentrale Erzeugungsanlage:

- 😊 Mittlerweile bekannte Technik
- 😊 Kostenlos für Netzbetreiber
- ☹️ Höhere Kosten für Anlagenbetreiber / Stromkunden (EEG-Umlage)
- ☹️ Hohe Systemverluste (Wechselrichter und Netzbetriebsmittel)

Kompensationsanlage:

- 😊 Flexibel einsetzbar
- ☹️ Zusatzinvestition

Speicher:

- 😊 Behandlung wie Erzeugungsanlagen möglich
- ☹️ Zusatzinvestition
- ☹️ hohe Systemverluste

Kostenaufteilung noch unklar

Vor- und Nachteile der Lösungsmaßnahme Spannungsregelung

Dezentrale UW-Regelung:

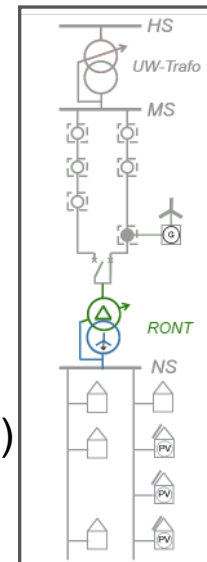
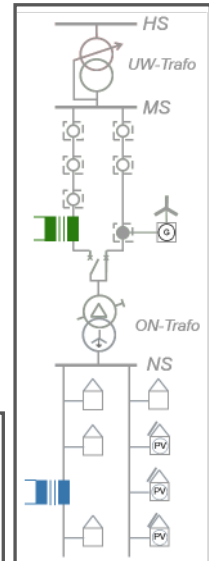
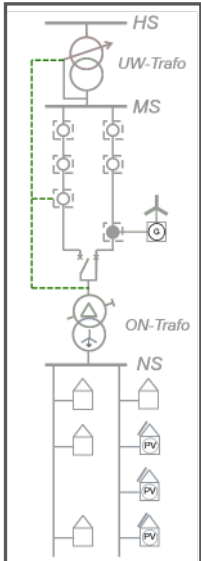
- 😊 kostengünstig
- 😞 begrenztes Integrationspotenzial
- 😞 Komplexität (Auslegung bzw. IKT)

Zwischentransformation (Einzelstrangregler):

- 😊 Flexibel einsetzbar
- 😞 Höhere Systemverluste durch zusätzliche Transformatoren
- 😞 Zusatzinvestition und zusätzlicher Platzbedarf
- 😞 Reduktion der Kurzschlussleistung

Regelbare Ortsnetztransformatoren (RONT):

- 😊 Größtes Integrationspotenzial und höchste Flexibilität
- 😊 Minimierung und Optimierung des Netzausbaus
- 😊 Einfache Netzplanung und -führung (Q-Management)
- 😊 Wirksam für Last- und Einspeisesituationen (E-Mobilität)
- 😊 Eigenes, aber noch unvertrautes Netzbetriebsmittel
- 😞 Kostenanerkennung



1. Unterschiedliche Kostenträger

Die Netzausbaukosten trägt

- bei Anlagen bis 30 kW der Netzbetreiber
- ansonsten der Anlagenbetreiber

⇒ solange die Kosten auf den Anlagenbetreiber und damit über die EEG-Vergütung abgewälzt werden können, werden oftmals nicht die volkswirtschaftlich günstigsten und technisch sinnvollsten Netzintegrationskonzepte gewählt

Wirklich im Einklang mit EnWG §1 (preisgünstige ... Versorgung) ?

Empfehlung 1:

Einen Kostenträger für alle Netzanschlüsse einführen!

Technische / volkswirtschaftliche Fragwürdigkeiten:

2. Wettbewerbsverzerrung der Technologien

Gemäß

- *Richtlinie für ... Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz*
- *VDE-Anwendungsregel „... Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz, ...“*
- *Systemdienstleistungsverordnung SDLWindV*

müssen dezentrale Erzeugungsanlagen Blindleistung für die statische Spannungshaltung zur Verfügung stellen.

- ⇒ „Überdimensionierung“ der Umrichter, Kostentragung über EEG-Vergütung
- ⇒ Wird nicht in großem Umfang eingesetzt und steht in Konkurrenz mit anderen Lösungen der statischen Spannungshaltung.

Wirklich im Einklang mit EnWG §1 (preisgünstige ... Versorgung) ?

Empfehlung 2:

Wettbewerbsverzerrung unter den Technologien auflösen!

Für Blindleistungsbereitstellung einen eigenen Q-Markt schaffen!

Technische / volkswirtschaftliche Fragwürdigkeiten:

3. Einspeisemanagement/ Wirkleistungsreduktion

PV-Anlagen bis 30 kW müssen die Einspeiseleistung bei Netzüberlastung reduzieren können oder alternativ am Verknüpfungspunkt die maximale Wirkleistungseinspeisung auf 70 Prozent der installierten Leistung begrenzen.

- ⇒ Die Menge der abschaltbaren Leistungen zur Aufhebung von Netzüberlastungen wirklich sinnvoll bzw. technisch notwendig?
- ⇒ Die alternative Wirkleistungsbegrenzung ist **irrelevant** zur Behebung von Netzüberlastungen! Nutzen nur für Verteilnetzbetreiber (Minimierung des ansonsten geforderten Netzausbaus, zudem liegt sie nur gering unter der energetisch sinnvollen Auslegung von PV-Anlagen (ca. 85 % der Peakleistung). Die Wirkleistungsbegrenzung stellt eine weitere Wettbewerbsverzerrung unter den Netzintegrationskonzepten und -Technologien dar
- ⇒ Aber: Passus ist wirkungslos, da als Bezugsgröße nicht eindeutig die Modulleistung genannt wird.

Empfehlung 3:

VNB vollständig für Netzanschluss verantwortlich machen!

Technische / volkswirtschaftliche Fragwürdigkeiten:

4. Ungesteuerter Zubau der DEA-Leistung

Die zeitliche und örtliche Entwicklung der Einspeiseleistungen der dezentralen Erzeugungsanlagen ist kaum vorhersehbar. Für die Wahl des Netzanschlusskonzeptes ist nur die Wirtschaftlichkeit des gegebenen Zeitpunktes ausschlaggebend, nicht die weitere (nicht absehbare) Entwicklung.

- ⇒ Optimaler Netzausbau (d. h. mit langfristig minimalen Kosten) nicht möglich
- ⇒ Bei PV- und Biogas-Anlagen ist eine Steuerung/Clusterung der installierten Leistung kaum möglich bzw. sinnvoll
- ⇒ Die Windenergie mit ihren relativ großen Anlagenleistungen könnte durch Clusterung einen wertvollen Beitrag für einen zukunftstauglichen Netzausbauplan leisten

Wirklich im Einklang mit EnWG §1 (preisgünstige ... Versorgung) ?

Empfehlung 4:

Regionale Ausbaukonzepte mit Clusterung der Windenergie erstellen!