



Internationale Erfahrungen und Ausblick zum Einsatz von netzbildenden Wechselrichtern

Dr.-Ing. Thorsten Bülo, SMA Solar Technology AG
Abschlusskonferenz Netzregelung 2.0, 7. Juli 2022

Agenda



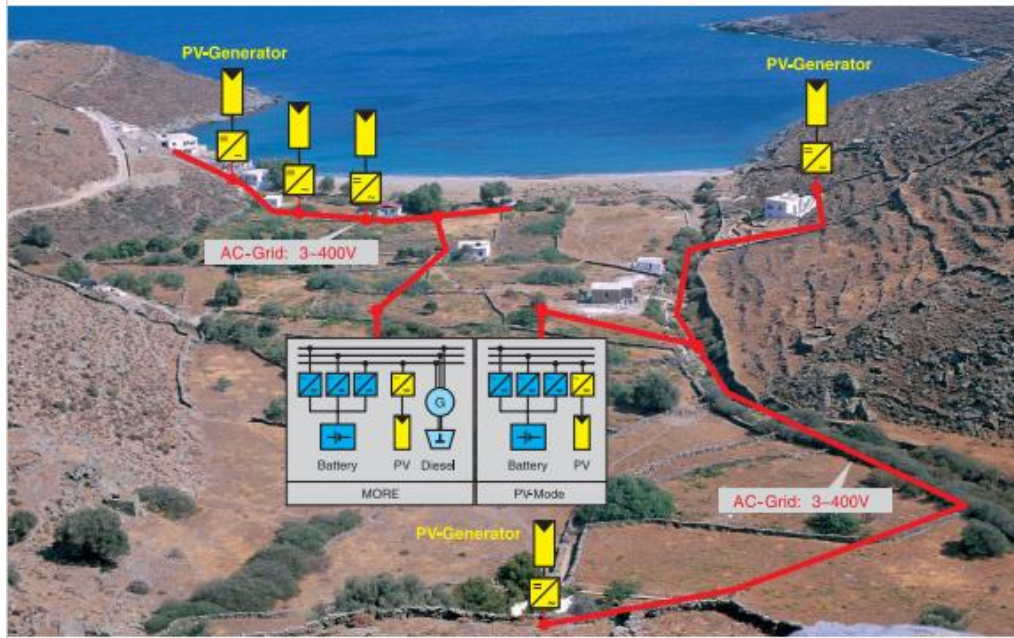
- 1** Anwendung netzbildender Stromrichter in Inselnetzen
- 2** Anwendung im Verbundnetz
- 3** Ausblick



Inselnetze

Kythnos Island

20 Years' Experience of System Technology for Renewable Energies



New Generation of
Modular Hybrid Power Supply
Based on AC-Coupling

2002

Diesel Off auf Kythnos

Strom aus Wind und Sonne auf der griechischen Insel Kythnos

Schon seit Anfang der 80er-Jahre ist SMA an Projekten zur Energieversorgung mit regenerativen Energiequellen auf der griechischen Insel Kythnos beteiligt. Der erste Windpark Europas und ein Solarpark mit jeweils 100 kW elektrischer Leistung wurden in dieser Zeit in das schwache Versorgungsnetz integriert, das bis dahin nur mit Dieselgeneratoren gespeist worden war. Im Sommer dieses Jahres wurde ein weiteres großes EU-gefördertes Projekt abgeschlossen, in dessen Rahmen die Energieversorgung der Insel um eine 500 kW Windenergieanlage und einen großen Batteriespeicher erweitert wurde. Erstmals ist es jetzt auch möglich, dass in Schwachlastzeiten bei entsprechendem Windangebot die Insel ganz ohne Dieselgeneratoren versorgt werden kann. Das von SMA implementierte neue Steuerungs- und Regelungssystem wählt in Abhängigkeit von Energieverbrauch und Angebot an regenerativen Energien vollautomatisch die optimale Systemkonfiguration und er-



Energieversorgung mit Hybridsystemen auf Kythnos

möglicht einen Anteil der regenerativen Energien von mehr als 50 %. Trotz des extrem hohen Anteils an regenerativen Energien konnte die Netzqualität auf der Insel mit dem neuen System deutlich verbessert werden.

Das Insel-Modell Kythnos

Die griechische Insel Kythnos gehört eher zu den unbekannteren unter den Kykladen-Inseln. Die rund 2000 einheimischen Einwohner der 3-Schiffsreise-Stunden von Athen entfernten Insel führen in den fünf kleinen Ortschaften ein recht geruhiges Leben. In Bezug auf die Energieversorgung der Insel kann Kythnos aber eine sehr bewegte Vergangenheit und Gegenwart mit mehreren Superlativen in diesem Bereich aufweisen. Die wichtigsten Stationen sind in der nachstehenden Tabelle zusammengestellt.

Die ersten Inselanlagen mit Sunny Island

Neben dem großen zentralen Hybridkraftwerk werden in einer abgelegenen Bucht der Insel, die nicht an das Stromversorgungsnetz angeschlossen ist, zurzeit drei Pilotanlagen für die Energieversorgung mit modularen Hybridsystemen im kleinen Leistungsbereich aufgebaut. Unser neues Produkt Sunny Island wird hier erstmals in einem Feldtest eingesetzt.

1982
Installation des europaweit ersten Windparks (5 x 20 kW)
1983
Installation des 100 kW Photovoltaikgenerators mit Batteriespeicher
1989
Austausch der Windturbinen (5 x 33 kW)
1992
Installation eines neuen Netzwechsellichters für den Photovoltaikgenerator
1998
Installation der 500 kW Windturbine
2000
Vollautomatischer Betrieb des zentralen

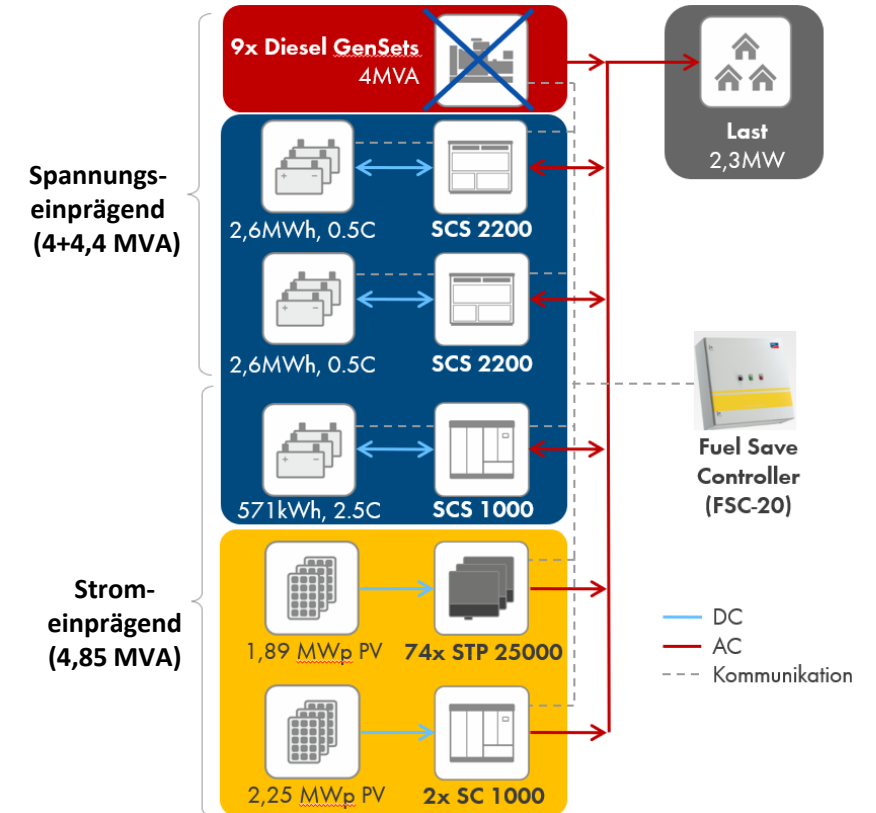
Zeitabfolge der Projekte auf Kythnos



PV-System mit 100 kWp

2003

Stromversorgung in Inselnetzen mit 100% regenerativer Erzeugung aus Photovoltaik und Batteriespeichern¹



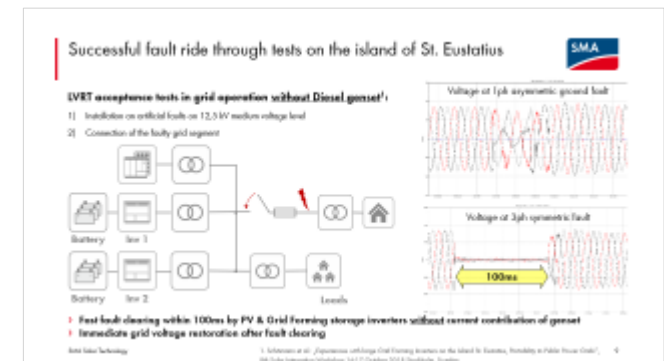
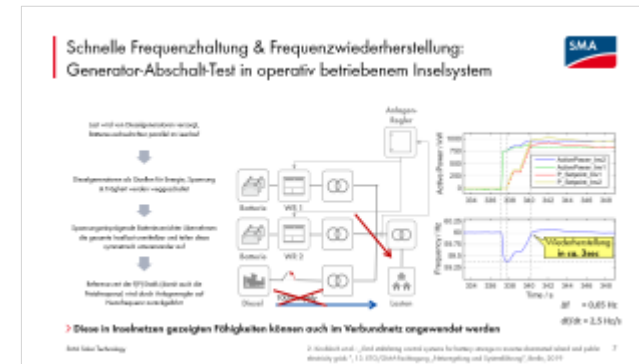
› Zuverlässiger, 100% stromrichterbasierter Netzbetrieb mit Photovoltaik & Batteriespeichern im Kraftwerks-Maßstab funktioniert für mehr als 10 Stunden am Tag ohne Schwungmasse von Synchrongeneratoren

Stabiler und sicherer Inselbetrieb durch Frequenzregelung und Bereitstellung von Kurzschlussstrom



Fokus bei netzbildenden Stromrichtern im Inselsystem mit Anlagenregler:

- Primär- und Sekundärregelung der Netzfrequenz für den Ausgleich von Laständerungen und Parallelbetrieb mit Synchron-Dieselmotor
- Durchfahren von Netzfehlern und Bereitstellung von Kurzschlussstrom zur Auslösung von Schutztechnik / Sicherungen
- Sicherstellung der geforderten Spannungsqualität





Anwendung im Verbundnetz

Netzbetreiber und Regulatoren arbeiten weltweit an Spezifikationen für einen stabilen Netzbetrieb mit Leistungselektronik-dominierter Stromerzeugung



Netzbildende Stromrichtersysteme am Verbundnetz: Anforderungen und Herausforderungen



Anforderungen: Charakteristik von „Klasse 3“-Umrichtern¹



- Bildet eine **Netzspannung**
- Leistet unmittelbaren **Fehlerstrom**beitrag
- Leistet Beitrag zur **Trägheit** / Momentanreserve
- Unterstützt **hohe Wirkleistungsdynamik in der ersten Netzperiode** bei System-Splits und im Netzwiederaufbau (schnelle Phasenwinkeländerungen)
- Regelung **beugt** destabilisierenden **Interaktionen** mit anderen Anlagen **vor**
- Agiert als **Senke** für **Harmonische** und **Unsymmetrien** in der Netzspannung

Rückwirkung auf Anlagen:



- **Batteriespeichersysteme** können diese Anforderungen (mit entsprechenden Entwicklungsaufwand) erfüllen
- Fundamental **neue** Betriebsweise für WEA/PV!
- **Rückwirkungen** auf „DC“-Seite (Batteriespeicher, PV-Feld, Antriebsstrang von WEA etc.) sind weniger vorhersehbar, da **Belastung** stärker **von AC-Seite dominiert**
- Je nach Ausprägung der Anforderungen werden **zusätzliche Energiespeicher** oder **Überdimensionierung** / **Abregelung** erforderlich

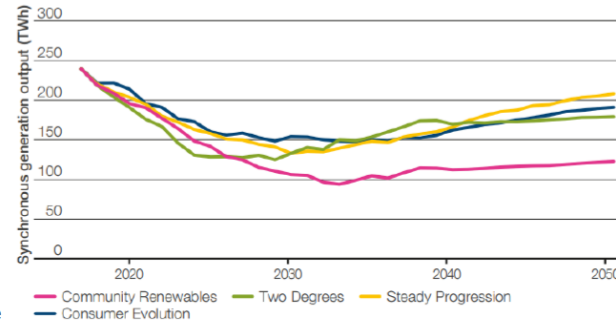
„Pilot“ Großbritannien: Rahmen für Einsatz netzbildender Stromrichter am Verbundnetz gelegt



What is the operability need in GB?

The generation background is changing

- Synchronous generation capacity and output is decreasing
- More converter based technologies are connecting to the system
- When seen in shorter terms (instantaneous power during the most exposed days/hours) rather than the annual average the fall is more extreme



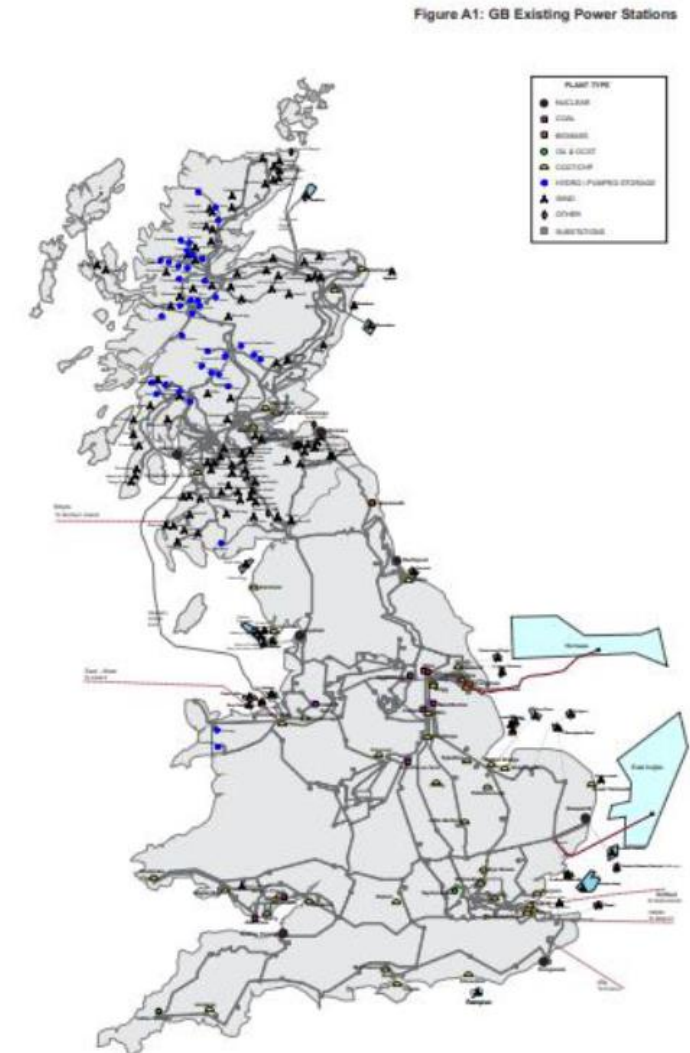
We need to find alternative approaches to ensure stable operation

- Synchronous generators inherently deliver stabilising capabilities which are not inherently delivered from converter based generators:
 - Inertia – instantaneous frequency management
 - Fault current – instantaneous current injection
 - Dynamic voltage support – instantaneous reactive power
 - Limiting effects of vector shift

4

nationalgridESO

In GB wurden vor dem Hintergrund sinkenden „synchronen“ Stromerzeugungsanteils vor ca. 2,5 Jahren die Erstellung einer Spezifikation für netzbildender Anlagen gestartet



„Stability Pathfinder“ Programm in Großbritannien (GB) Marktliche Beschaffung von Momentanreserve / Kurzschlussstrom



Ziel: Kostenreduktion → Konventionelle Kraftwerke sollen nicht mehr bei Minimallast gefahren werden müssen

Ausgeschriebene Services:

- Beitrag zu Netzkurzschlussleistung / Bereitstellung von **Kurzschlussstrom** ("Short Circuit Level")
- Bereitstellung von Momentanreserve / Trägheit ("**Inertia**")
- Spannungshaltung / **Blindleistung**

Phase I (abgeschlossen, GB):

Beschaffung von Stabilitätsdienstleistungen von **Synchrongeneratoren** bei 0% Wirkleistung (Phase 1 sorgt für die Bereitstellung der Momentanreserve von 5 Kohlekraftwerken)

Phase II (laufend, Schottland, insgesamt etwa 6GVA)

Scope prinzipiell wie Phase I (überarbeitete Spezifikation), Services gemeinsam ausgeschrieben

Explizit **offen für andere Technologien** als Synchrongeneratoren

Inbetriebnahme der Anlagen **spätestens 1.4.2024**; Service bis 2034

Phase III (laufend, England + Wales)

Gemeinsame Ausschreibung mit Vorzug auf kombinierter Bereitstellung von Momentanreserve und Kurzschlussstrom

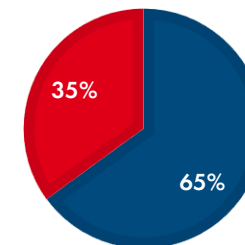
224 Projekt-Vorschläge
10 Gewinner

5 Projekte Netzbild. Batteriespeicher (BESS)

5 Projekte Synchronous Condenser (Synchromaschinen)

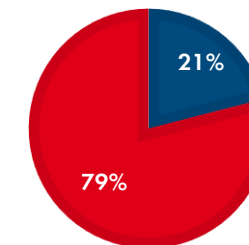
6,7 GVAs Inertia

■ BESS ■ SynCon



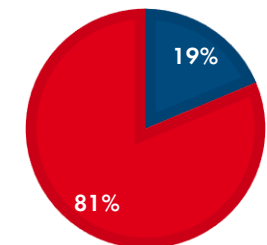
11,5 GVA SCL

■ BESS ■ SynCon

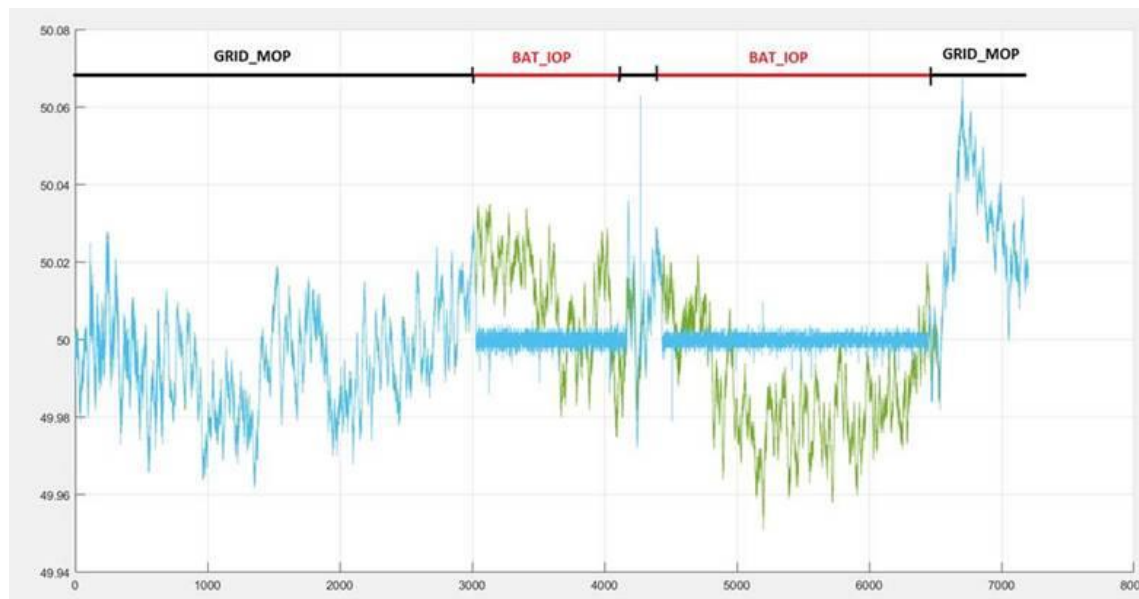
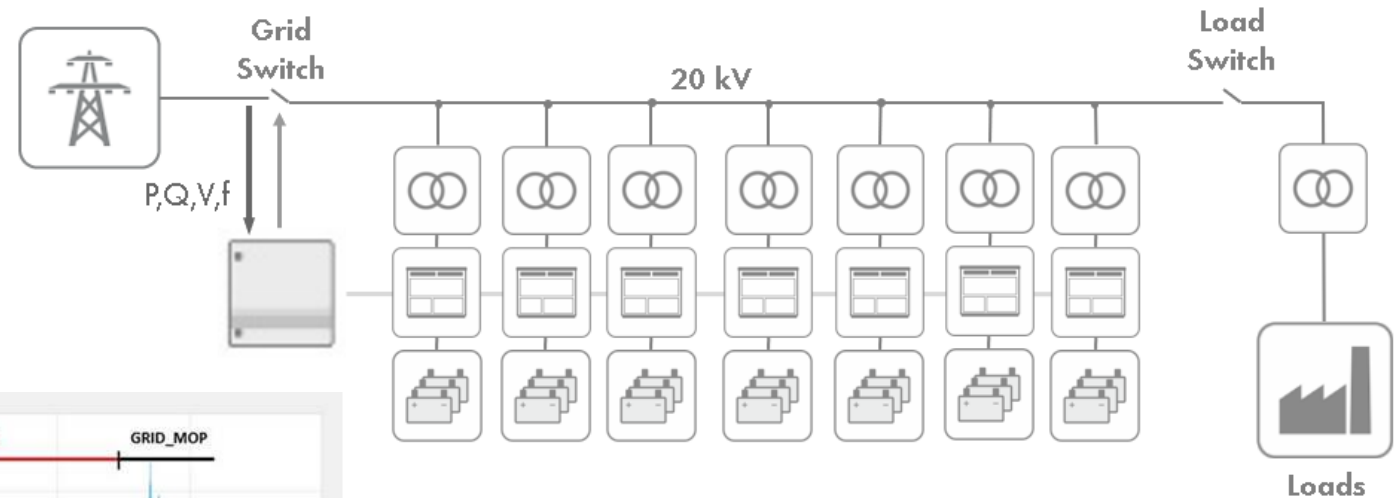


Kosten/a

■ BESS ■ SynCon



Anwendung Notstromversorgung für Verteilnetze: Bordesholm 10MW/15MWh Batteriespeichersystem



Erfolgreich getesteter Inselnetzbetrieb (2019)

- Unterbrechungsfreie Stromversorgung eines Verteilnetzes mit erneuerbaren Energiequellen in gewolltem Inselnetzbetrieb
- Bereitstellung der elektrischen Stromversorgung für >1h
- Netzwiederaufbau mit Schwarzstart der Anlage und Synchronisierung zum Netz (Inrush-Strom Limitierung)



Ausblick

Hemmnisse und Lösungsansätze zur Einführung von netzbildenden Stromrichtersystemen im Verbundnetz



Bisher **wenige Anreize/Gelegenheiten, Betriebserfahrung** am Verbundnetz zu erlangen

- Pilotprojekte oft aufwändig bzgl. Planung / Genehmigung / Finanzierung mit allen Akteuren

Netzparallelbetrieb ist mit „**netzfolgenden**“ Regelungen **technisch einfacher und etabliert**

- Bestehende Anschlussregeln durch netzbildende Regelungen nicht alle einfach umzusetzen / separate Zertifizierung notwendig
- Umsetzungsaufwand und techn. Risiken bei Wind / PV

Ungeklärte **technische Risiken** für **uneingeschränkten Einsatz im Verteilnetz**

- Insbesondere Inselnetzbildung / Netzschutz)

Wege finden, um **Erfahrung** in Praxis **zu sammeln** und **solidere Grundlage** für **Spezifikationen** zu haben

- (Finanzierung, regulatorische Wege und technische Regeln für Piloten mit Nutzungsperspektive im Netzbetrieb)

Mit **Großspeichern** starten

- im Anschluss Übertragbarkeit auf PV/Wind und niedrigere Spannungsebenen prüfen

Marktbasierte Beschaffung netzbildender **Eigenschaften**

- obere Spannungsebenen
- Kombination mehrerer Marktprodukte ermöglichen

Konzept für **netzbildende Anlagen** im **Verteilnetz**

- Anforderungen eines sicheren Verteilnetzbetriebs berücksichtigen
- Robuste Parametrisierung für Massengeschäft in der Niederspannung finden (Forschung)

Zusammenfassung: Einsatz netzbildender Stromrichter im Verbundnetz



Stand der Technik

Netzbildende Batteriestromrichter werden in Inselnetzen auch im Parallelbetrieb **erfolgreich eingesetzt** und bieten auch für Verbundnetze viele ungenutzte Potenziale

Herausforderungen

Die grundlegenden **Kriterien** und **Anforderungen** für den Betrieb im Verbundnetz müssen **technologieneutral** beschrieben werden.

Standardisierung

Erste Schritte zur Spezifizierung der Herausforderungen und Anforderungen wurden gegangen. Hinreichend, um zu **starten und zu lernen**.

Empfehlung

- **Regeln** für schnelle Anwendung netzbildender Batteriespeicher im Verbundnetz **erstellen**
- **Marktbasierte Anreize** schaffen
- **Herausforderungen** zur Anwendung in **Verteilnetzen** konzeptionell **lösen**



The background of the slide is a photograph of a sunlit field with tall grass and wildflowers. The sun is low on the horizon, creating a warm, golden glow and long shadows. The field is in the foreground, and there are trees on the left side. The overall scene is peaceful and natural.

**Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit**

Dr.-Ing. Thorsten Bülo
SMA Solar Technology AG

Sonnenallee 1
34266 Niestetal, Germany
Tel. +49 561 9522 -2587
www.SMA.de
Thorsten.Buelo@SMA.de