

# SYSTEMDIENSTLEISTUNGEN MIT SPEICHERN



Dr.-Ing. Matthias Resch

Teamleitung

Netzdienliche Betriebsführung von Energiesystemen

Abteilung Smart Grids

30 April, 2021

[www.ise.fraunhofer.de](http://www.ise.fraunhofer.de)

---

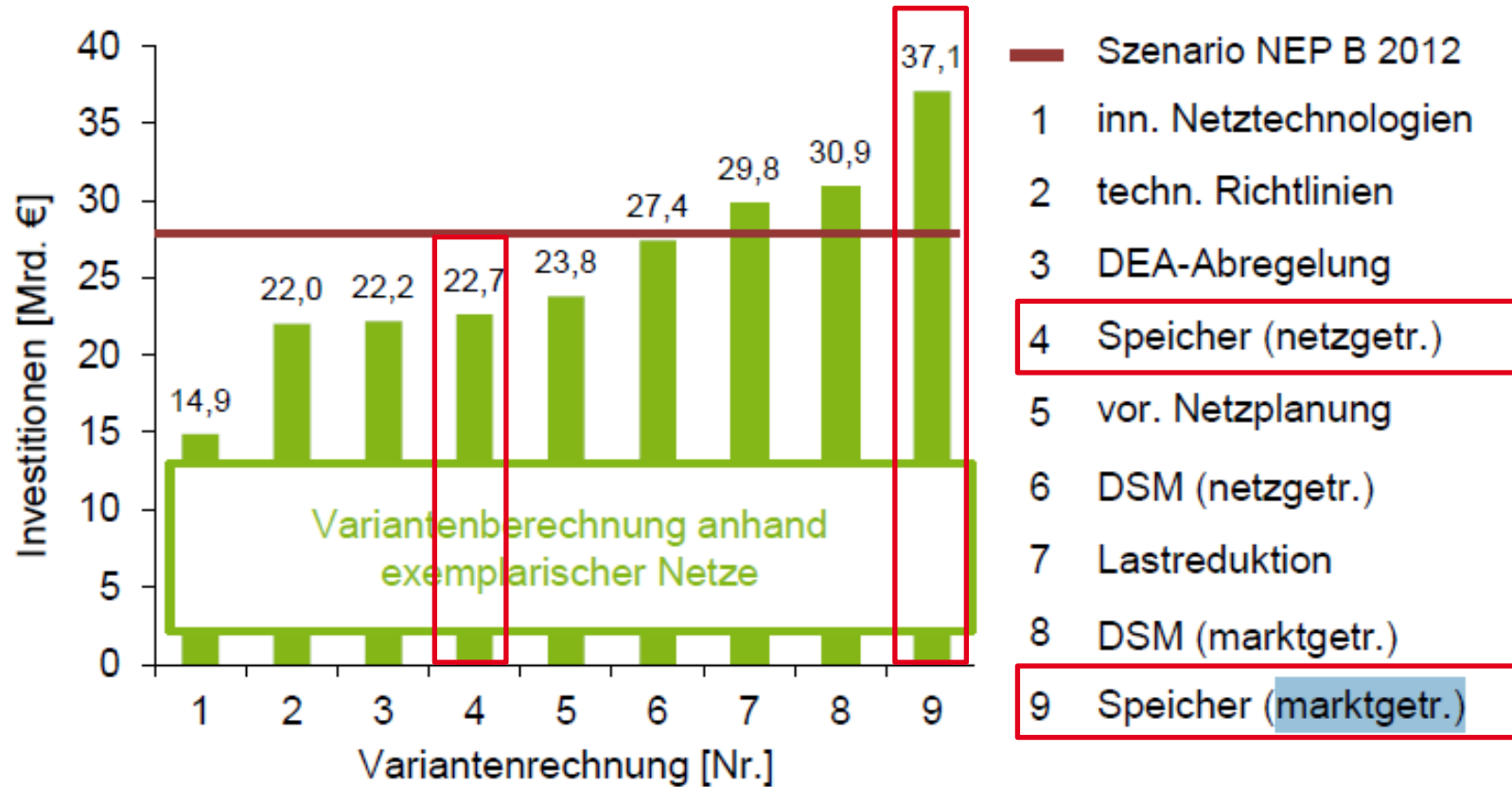
# AGENDA

---

- Motivation
- Einführung - SDL mit Speichern
- Volkswirtschaftlicher Wert von Blindleistungsregelung durch Batterien
- Zusammenfassung

# Motivation

# Netzgetrieben vs. marktgetriebenen Einsatz von Speichern Gegensatz oder nicht?

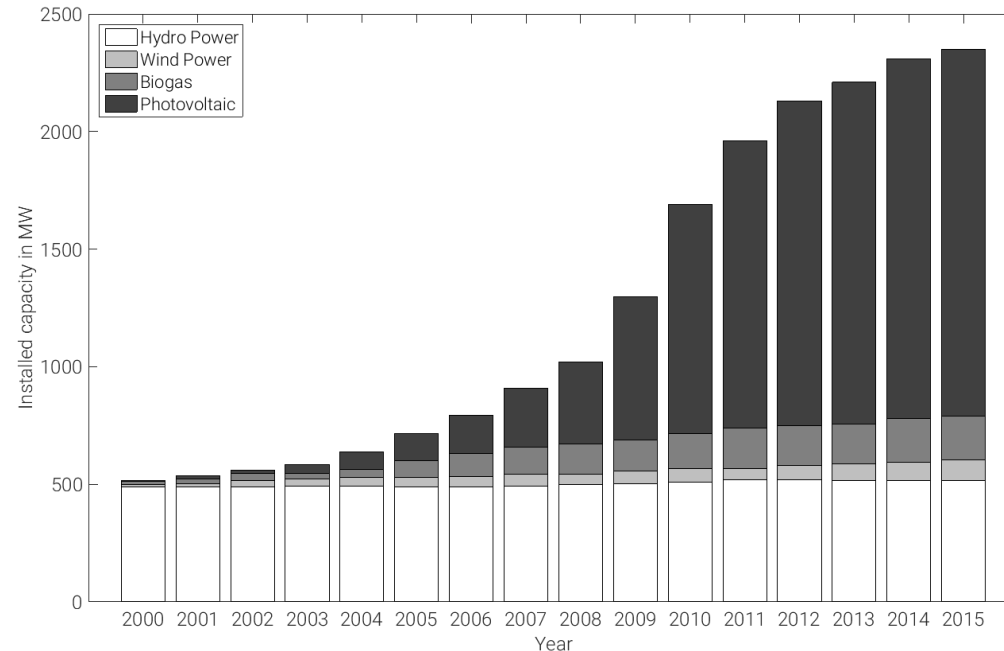


Frage 1:  
Kann ein Speicher marktgetrieben betrieben werden und trotzdem Netzausbaukosten verringern?

Quelle: dena, Verteilnetzstudie

# Wenn marktgetriebene Speicher Netzausbaukosten verhindern können, warum werden sie dafür nicht eingesetzt?

## Problembeschreibung



Netzausbaukosten 25 Mio. € p.a.

Netzausbau ist ein Geschäftsmodell der Netzbetreiber  
StromNEV §7: Eigenkapitalzinssätze vor Steuern ist 7,91 Prozent für Neuanlagen

Frage 2:

Können nf-SDL von marktgetriebenen Speichern kostengünstige Alternativen zum Netzausbau sein?

Frage 3:

Wie können mögliche preisgünstigere Alternativen zum Netzausbau zukünftig vom Netzbetreiber ebenfalls z.B. auf die Netznutzungsentgelte umgelegt werden?

# Einführung – SDL mit Speichern

# Systemdienstleistungen - allgemein



## Versorgungswiederaufbau

### Definition:

Bei Eintreten eines großflächigen Stromausfalls müssen die Übertragungsnetzbetreiber unter Mitwirkung der Verteilnetzbetreiber mittels Versorgungswiederaufbau in der Lage sein, innerhalb kürzester Zeit die Versorgung mit elektrischer Energie wiederherzustellen.

### Wesentliche Produkte und Prozesse:

- Schwarzstart- und Inselnetzfähigkeit
- Netzebenenübergreifende Koordinierung

Speicher können für alle genannten Systemdienstleistungen eingesetzt werden.

# Status quo für nf-SDL: Technische Anwendungsregeln (TAR) statt Markt

## Anforderungen an Generatoren (Batterien) für dessen Netzanschluss

### European Guidelines

#### Requirements for Generators (RfG)

- Dependent on nominal power
- Dependent on voltage level

### German Grid Connection Rules

- VDE-AR-N 4130 Ultra high voltage
- VDE-AR-N 4120 High voltage
- VDE-AR-N 4110 Medium voltage
- VDE-AR-N 4100 Low voltage
- VDE-AR-N 4105 Generators in low voltage

# Zukunft: Markt als Alternative und Ergänzung zu technische Anwendungsregeln

## Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz - EnWG) § 12h Marktgestützte Beschaffung nicht frequenzgebundener Systemdienstleistungen

(1) Betreiber von Übertragungsnetzen mit Regelzonenverantwortung und Betreiber von Elektrizitätsverteilernetzen sind verpflichtet, für ihr jeweiliges Netz in einem transparenten, diskriminierungsfreien und **marktgestützten** Verfahren folgende Systemdienstleistungen zu beschaffen:

1. Dienstleistungen zur Spannungsregelung,
- ~~2. Trägheit der lokalen Netzstabilität,~~ BK6-20-298
- ~~3. Kurzschlussstrom,~~ BK6-20-295
- ~~4. dynamische Blindstromstützung,~~ BK6-20-296
5. Schwarzstartfähigkeit und
- ~~6. Inselbetriebsfähigkeit.~~

Dabei darf die Beschaffung dieser Systemdienstleistungen nur erfolgen, soweit diese für einen sicheren, zuverlässigen und effizienten Netzbetrieb erforderlich sind.

Ein marktliches Beschaffungsverfahren für “Dienstleistung zur Spannungsregelung” durch Blindleistungsregelung kann in Teilbereichen effizient sein [Schlecht et al.].

# § 12h EnWG zur marktgestützten Beschaffung von sog. nicht-frequenzbezogenen Systemdienstleistungen

## Marktgestütztes Verfahren

- Die Elektrizitätsbinnenmarkt-Richtlinie und sonstiges Unionsrecht enthalten keine Definition für „marktgestützt“
- Weiter Ermessensspielraum der Mitgliedstaaten bei Umsetzung der Richtlinie
- Es bestehen verschiedene Auslegungen des Begriffs. Überschneidende Kriterien sind die die Freiwilligkeit der Marktteilnahme sowie eine kompensierende Vergütung für die zu erbringende Leistung.

## Stand der nationalen Umsetzung der Elektrizitätsbinnenmarkt-Richtlinie

- Einfügung von § 12h EnWG: Marktgestützte Beschaffung nicht frequenzgebundener Systemdienstleistungen, dieser enthält jedoch keine Spezifikationen der Beschaffung
- Keine Feststellung der wirtschaftlichen Ineffizienz eines marktlichen Beschaffungsverfahrens von Blindleistung durch BNetzA zum 31.12.2020

## Frage 3:

Wie können mögliche preisgünstigere Alternativen zum Netzausbau zukünftig vom Netzbetreiber ebenfalls auf die Netznutzungsentgelte umgelegt werden?

## Fazit:

In naher Zukunft muss die BNetzA (mit ÜNB und VNB ) die Spezifikationen für das Beschaffungsverfahren für Blindleistung und technischen Anforderungen festlegen und genehmigen.

„Die konkreten Modalitäten und Spezifikationen des **Beschaffungsverfahrens für Blindleistung** wurden in § 12h EnWG jedoch nicht festgelegt, sondern sind entsprechend § 12h Abs. 5 und Abs. 6 EnWG von der BNetzA bzw. von den ÜNB und VNB zu erarbeiten.“ **Entsprechende Ausarbeitungen liegen noch nicht vor.** (Stand: 23.4.2021)

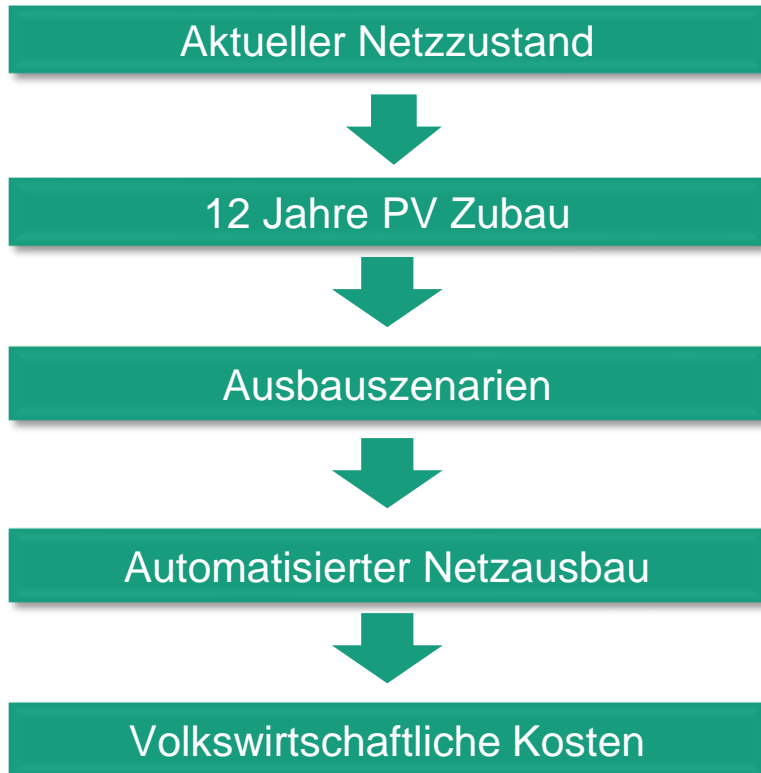
# Ziele der Blindleistungsbereitstellung und -regelung

- Eine bedarfsgerechte, technisch und wirtschaftlich sinnvolle Blindleistungsbereitstellung wird angestrebt, damit die **Transportkapazität** der Leitungen für den Wirkleistungsanteil maximal genutzt werden kann.
- Blindleistung wird – neben anderen Optionen – auch zur **Spannungssteuerung** genutzt. Ziel ist es, die Spannung in der Mittel- und Niederspannungsebene im zulässigen Spannungsband von +/- 10 Prozent der Nennspannung zu halten.
- Von allen möglichen Erbringungsoptionen für Blindleistung (beispielsweise Betriebsmittel der Netzbetreiber, konventionelle Kraftwerke, Wechselrichter von dezentralen Energieerzeugern, **Speicher**) wird die **volkswirtschaftlich günstigste** Option ausgewählt.
- Sowohl für **Anlagenbetreiber als auch für Netzbetreiber** sollte die Blindleistungsbereitstellung und -erbringung wirtschaftlich tragbar sein.

Diese drei Aspekte werden im folgenden Abschnitt anhand eines Feldversuchs und einer Simulation untersucht.

# Volkswirtschaftlicher Wert von Blindleistungsregelung durch Batterien (und PV-Anlagen)

# Methode



Reales Testnetz (Dorf mit 3 000 Einwhoner) mit ca. 2 MW Photovoltaik  
Keine Spannungs und Überlastungsprobleme

Zukünftiger PV-Zubau (von 2 MW auf 4 MW):  
schafft Spannungs und Überlastungsprobleme

Referenzszenario: Alle Probleme mit Netzausbau lösen  
4 verschiedene Ausbauszenarien, in denen PV und/ oder Batterien,  
eine Geschäftsmodell verfolgen und zusätzlich netzdienlich sind

Löst Spannungs- und Überlastungsprobleme für das jeweilige Szenario

volkswirtschaftlichen Kosten = Kosten VNB + Kosten Batteriebetreiber

Kosten VNB: Kosten für Netzausbau und Netzverluste

Kosten Batteriebetreiber: Blindleistungsregelung

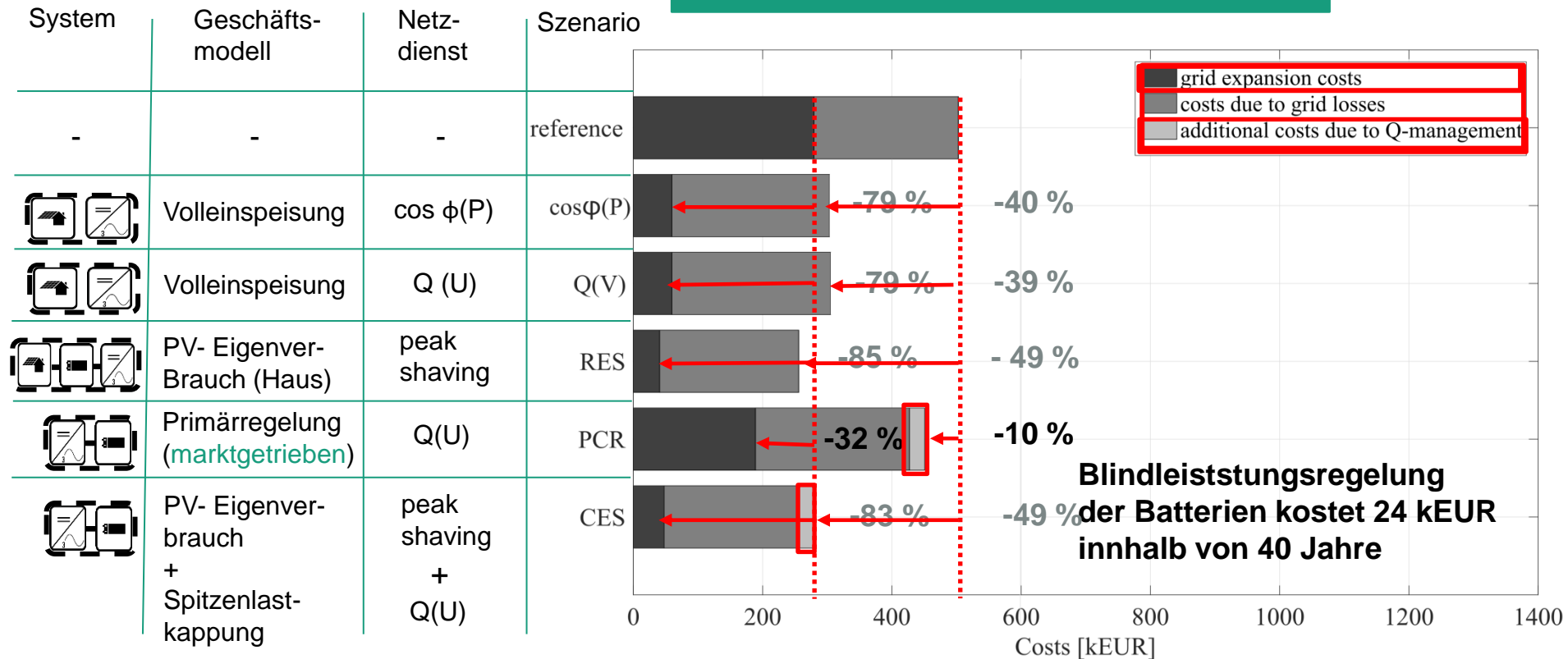
# Volkswirtschaftlicher Wert von Blindleistungsregelung durch Batterien (und PV-Anlagen)

## Fazit 1

Ja. Speicher können marktgetrieben betrieben werden und trotzdem Netzausbaukosten verringern. (um 32% im Beispielnetz)

## Fazit 2

Blindleistungsbereitstellung zur Spannungsregelung durch Industriespeicher kann eine volkswirtschaftlich sinnvolle Alternative zu Netzausbau sein. (10% geringe Kosten im Beispielnetz)



## Fazit 3

Noch nicht aber vielleicht in Zukunft?

# Zusammenfassung

### Frage 1:

Kann ein Speicher marktgetrieben betrieben werden und trotzdem Netzausbaukosten verringern?

- ❖ Speicher können marktgetrieben betrieben werden und trotzdem Netzausbau verringern.

### Frage 2:

Können SDL von marktgetriebenen Speicher kostengünstige Alternativen zum Netzausbau sein?

- ❖ Blindleistungsbereitstellung zur Spannungsregelung durch (Industrie-)Speicher kann eine volkswirtschaftlich sinnvolle Alternativen zu Netzausbau sein.

### Frage 3:

Wie können mögliche preisgünstigere Alternativen zum Netzausbau zukünftig vom Netzbetreiber ebenfalls auf die Netznutzungsentgelte umgelegt werden?

- ❖ In naher Zukunft muss die BNetzA (mit ÜNB und VNB ) die Spezifikationen für das Beschaffungsverfahrens für Blindleistung und technischen Anforderungen festlegen und genehmigen.

# Weiterführende Informationen

# § 12h EnWG zur marktgestützten Beschaffung von nicht-frequenzbezogenen Systemdienstleistungen

## Kontroverse Diskussionen/ Stellungnahmen

<https://www.vku.de/vku-positionen/kommunale-energieversorgung/stellungnahme-sdl-zukunft-bmwi-entwurf-12h-enwg/>

[https://www.bdew.de/media/documents/Stn\\_2\\_0200703\\_Gesetzesentwurf\\_Marktgestuetzte-Beschaffung-NF-SDL.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/Stn_2_0200703_Gesetzesentwurf_Marktgestuetzte-Beschaffung-NF-SDL.pdf)

[https://stiftung-umweltenergierecht.de/wp-content/uploads/2021/04/Stiftung\\_Umweltenergierecht\\_WueStudien\\_20\\_Neues-Beschaffungsverfahren-fuer-Blindleistung-durch-%C2%A7-12h-EnWG.pdf](https://stiftung-umweltenergierecht.de/wp-content/uploads/2021/04/Stiftung_Umweltenergierecht_WueStudien_20_Neues-Beschaffungsverfahren-fuer-Blindleistung-durch-%C2%A7-12h-EnWG.pdf)

## Projekte

### SDL-Zukunft

„Zukünftiger Bedarf und Beschaffung von Systemdienstleistungen“

<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/NetzeUndNetzausbau/netzbetrieb-und-systemsicherheit.html>

### NEW4.0

„Norddeutsche EnergieWende – Rechtliche Aspekte der Transformation des Energiesystems“

<https://www.new4-0.de/>

# Wert von Spannungshaltung (vom Vortragenden)

Resch M, Buhler J, et al. "Techno-economic Assessment of Flexibility Options Versus Grid Expansion in Distribution Grids," in *IEEE Transactions on Power Systems*, <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2021.3055457>

Resch M, "Large Scale Battery Systems in Distribution Grids," PhD thesis, Polytechnic University of Catalonia, 2019. <http://hdl.handle.net/2117/128857>

# Beschaffungsverfahren für Blindleistung durch § 12h EnWG?

## §12h EnWG

[http://www.gesetze-im-internet.de/enwg\\_2005\\_12h.html](http://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005_12h.html)



Halbig, Ein neues Beschaffungsverfahren für Blindleistung durch § 12h EnWG?, Würzburger Studien zum Umweltenergie recht Nr. 20 vom 23.04.2021.



# Multi-Use-Anwendungen (vom Vortragenden)

Resch M, Bühler J, et al. "Technical and economic comparison of grid supportive vanadium redox flow batteries for primary control reserve and community electricity storage in Germany." *Int J Energy Res* 2019; 43:337–57. <https://doi.org/10.1002/er.4269>



Berg K, Resch M, et al. "Economic evaluation of operation strategies for battery systems in football stadiums: A Norwegian case study." *J Energy Storage* 2021;34:102190. <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.102190>



# Noch Fragen?



Dr.-Ing. Matthias Resch  
Head of Smart Grid Integration  
Department Smart Grids  
Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE  
Heidenhofstr. 2, 79110 Freiburg, Germany  
Phone: +49 761 4588 2373  
matthias.resch@ise.fraunhofer.de

.....  
Lecturer at Polytechnic University of Catalonia  
Master degrees: Smart Energy, Enertronics  
Courses: grid analysis, PV power plant engineering

.....  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2095-2554>  
Web: <https://www.ise.fraunhofer.de/>

# Backup

# Systemdienstleistungen - allgemein

## Betriebsführung

### Definition:

Im Rahmen der Betriebsführung fallen den Netzbetreibern die Aufgaben zu, einen sicheren Netzbetrieb zu organisieren und das Stromnetz einschließlich der Erzeugung und (in bedingtem Umfang) der Last kontinuierlich bezüglich Grenzwertverletzungen (z. B. Stromflussüberlastungen) zu überwachen und zu steuern, sodass ein sicherer Betrieb des gesamten Stromversorgungssystems gewährleistet bleibt.

### Wesentliche Produkte und Prozesse:

- Einspeisemanagement
- Redispatch/Engpassmanagement
- Einsatz von Reservekraftwerken
- Betriebsplanung/Ausschaltplanung
- Datenaustausch und Informationsaustausch (z. B. Kaskade)
- Planung von Flexibilitätseinsätzen
- Steuerung von Flexibilitäten über Netzebenen hinweg

## Frequenzhaltung

### Definition:

Die Frequenzhaltung erfolgt durch die Übertragungsnetzbetreiber. Sie hat die Aufgabe, Stromerzeugung und -verbrauch jederzeit exakt im Gleichgewicht zu halten, und ist unabdingbare Voraussetzung für einen stabilen Netzbetrieb. Dafür nutzen die Übertragungsnetzbetreiber die (bisher) systeminherente Eigenschaft Momentanreserve und beschaffen sich Regelernergie über Ausschreibungen.

### Wesentliche Produkte und Prozesse:

- Momentanreserve<sup>1</sup>
- Primärregelleistung
- Sekundärregelleistung
- Minutenreserveleistung
- Zu-/abschaltbare Leistung

## Spannungshaltung

### Definition:

Im Hinblick auf die Spannungshaltung haben die Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber die Aufgabe, in ihrem jeweiligen Netzgebiet die Netzspannung in einem hinsichtlich der Spannungsqualität zulässigen Band zu halten.

### Wesentliche Produkte und Prozesse:

- Transformatorstufung und Umschaltungen
- Blindleistungsbereitstellung und -regelung
- Steuerung von Erzeugungsanlagen
- Schaltung von Netzbetriebsmitteln
- Kurzschlussstrombeitrag

## Versorgungswiederaufbau

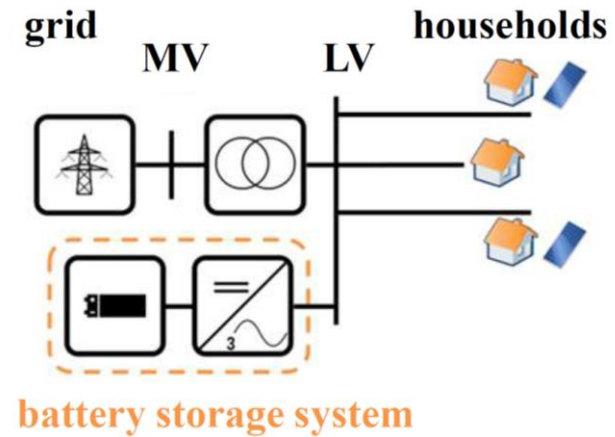
### Definition:

Bei Eintreten eines großflächigen Stromausfalls müssen die Übertragungsnetzbetreiber unter Mitwirkung der Verteilnetzbetreiber mittels Versorgungswiederaufbau in der Lage sein, innerhalb kürzester Zeit die Versorgung mit elektrischer Energie wiederherzustellen.

### Wesentliche Produkte und Prozesse:

- Schwarzstart- und Inselnetzfähigkeit
- Netzebenenübergreifende Koordinierung

# Battery Allocation

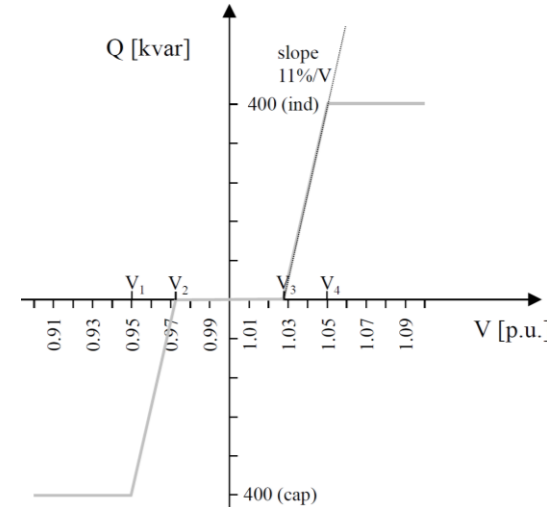


- ➔ Active power used to generate profit or reduce costs
- ➔ Reactive power control by the battery at the LV busbar solves voltage issues

# Grid Supportive and Market-based Battery Application

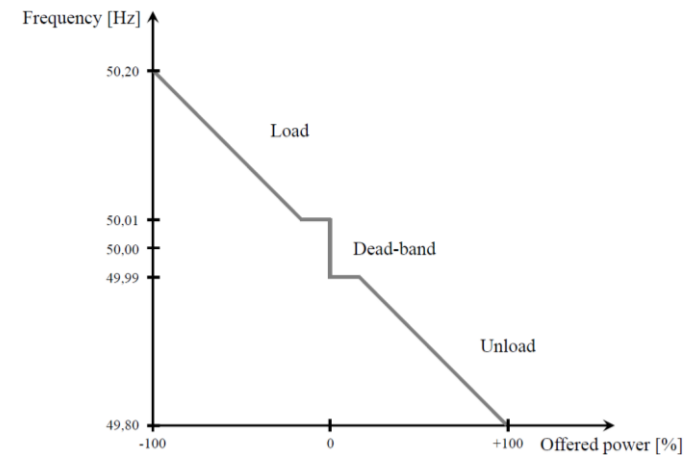
## Spannungshaltung

- Reactive power  $Q$ , as a function of the local grid voltage  $V$
- No reimbursement
- Aim: reduce future grid expansion costs



## Primary control reserve

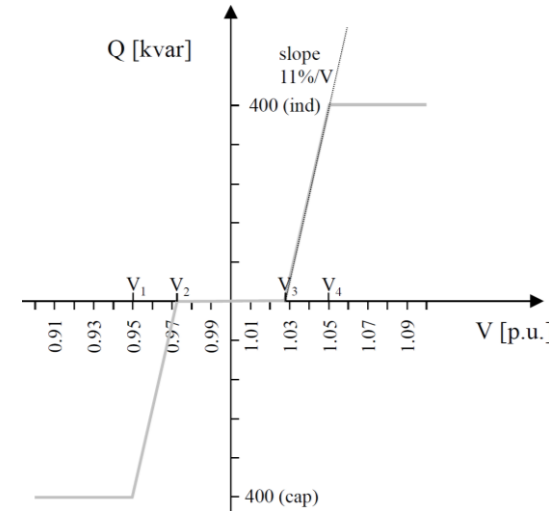
- Offered power  $P$ , as a function of the grid frequency  $f$
- Business case
- Aim: generate profit



# Grid Supportive and Cost-reduction Battery Application

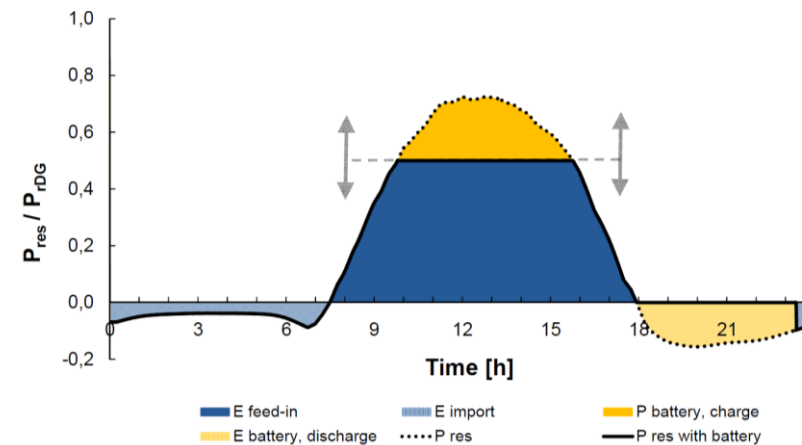
## Spannungshaltung

- Reactive power  $Q$ , as a function of the local grid voltage  $V$
- No reimbursement
- Aim: reduce future grid expansion costs

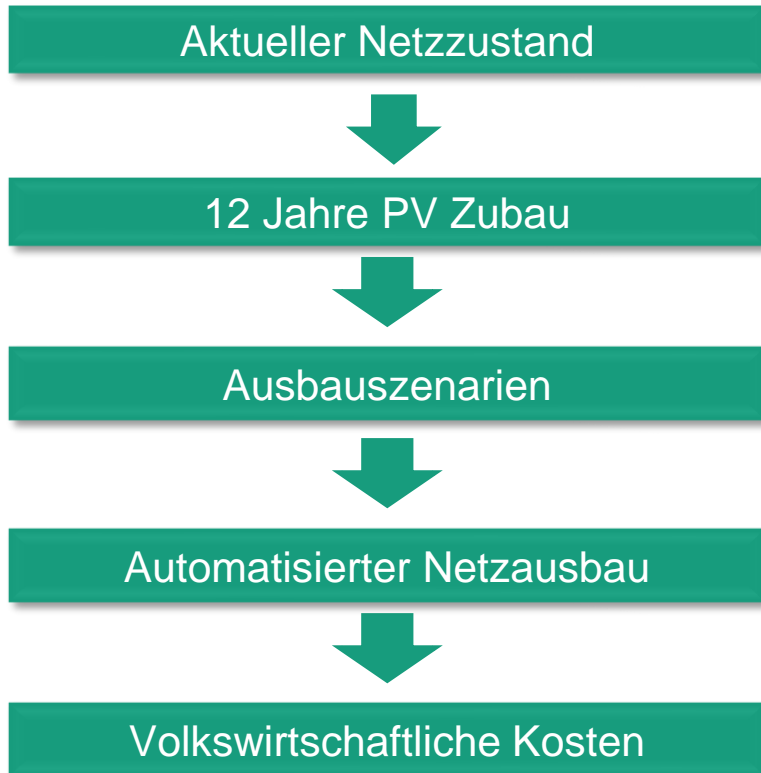


## Maximise self-consumption

- Forecast based control strategy
- Business case
- Aim: reduce electricity costs



# Methode



Reales Testnetz (Dorf mit 3 000 Einwhoner) mit ca. 2 MW Photovoltaik  
Keine Spannungs und Überlastungsprobleme

Zukünftiger PV-Zubau (von 2 MW auf 4 MW):  
schafft Spannungs und Überlastungsprobleme

Referenzszenario: Alle Probleme mit Netzausbau lösen  
4 verschiedene Ausbauszenarien, in denen PV und/ oder Batterien,  
eine Geschäftsmodell verfolgen und zusätzlich netzunterstützend  
integriert werden

Löst Spannungs und Überlastungsprobleme für das jeweilige Szenario

volkswirtschaftlichen Kosten = Kosten VNB + Kosten Batteriebetreiber

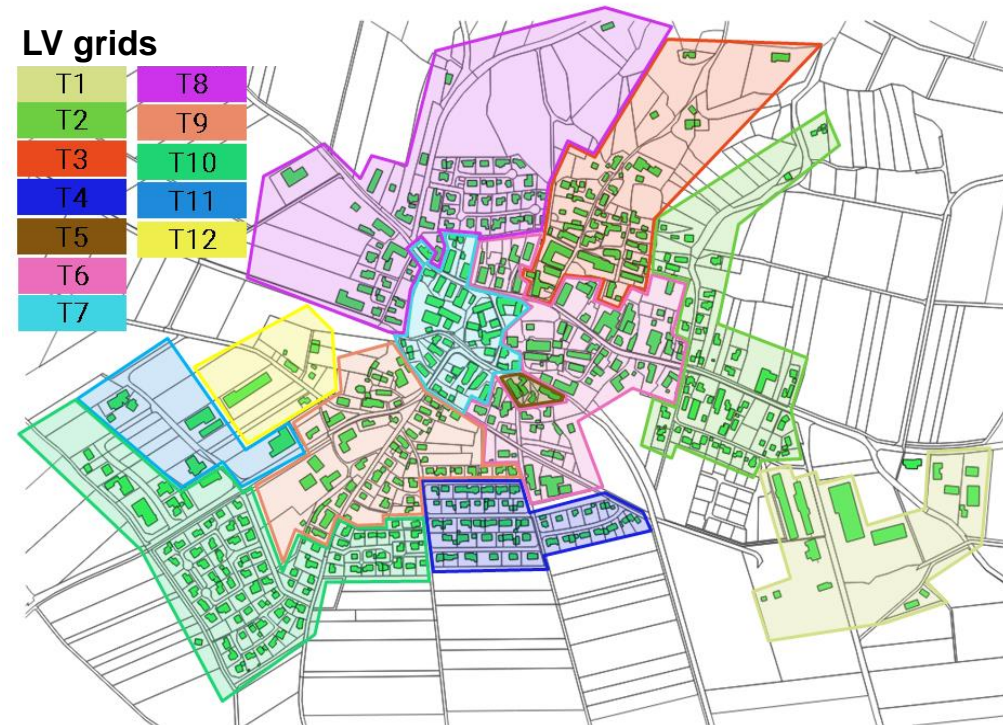
Kosten VNB: Kosten für Netzausbau und Netzverluste

Kosten Batteriebetreiber: Kosten für Abregelung und  
Blindleistungsregelung

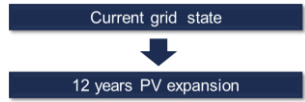
# Current grid state

## Pilot grid: status quo

- 12 LV grids
- 441 loads
- > 3.7 MWh/a
- 119 PV systems
- > 2.1 MW
- 0 batteries

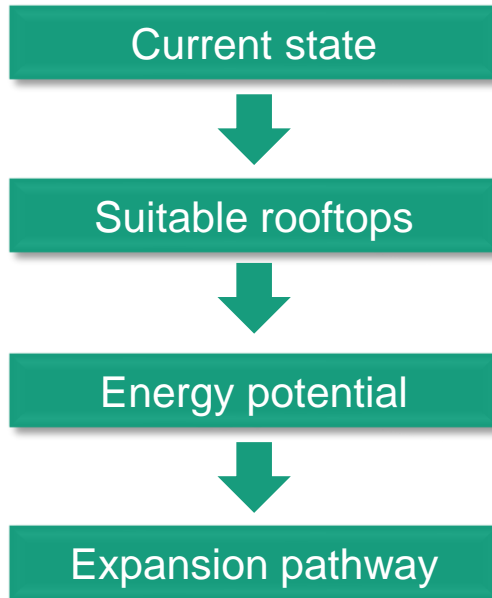


# 12-years PV expansion

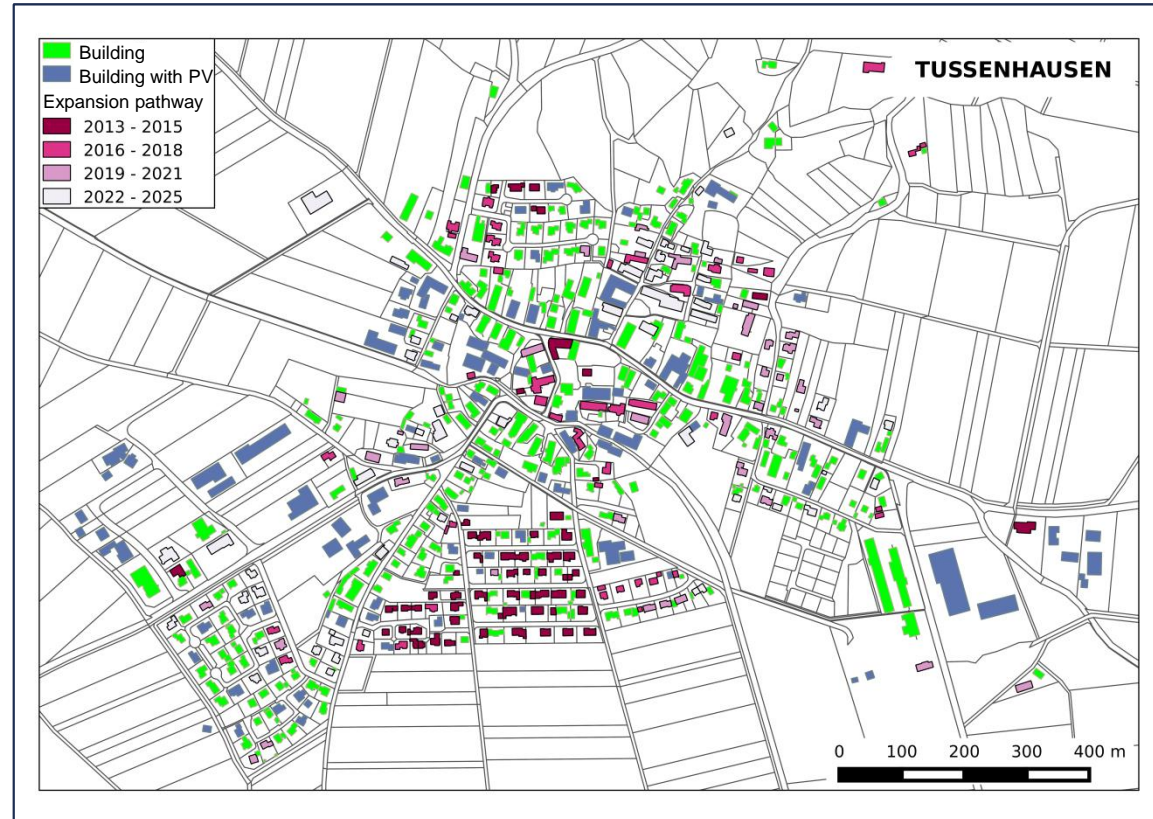


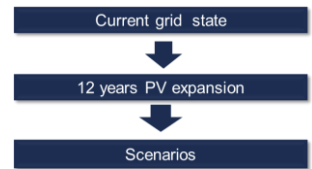
## Calculation of PV-expansion pathway for pilot grid

2.1 MW

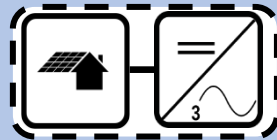


4.6 MW





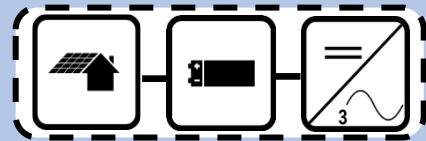
## Residential systems



### PV without residential storage

Reactive power control

- $\cos\phi(P)$
- $Q(V)$

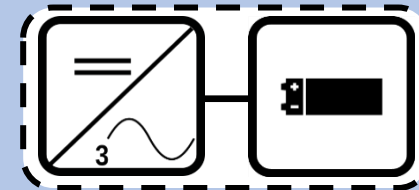


### PV with residential storage (RES)

Active power limitation

- Limit 50 % of nominal PV power

## Large scale battery



### Primary control reserve (PCR)

Reactive power control

- $Q(V)$

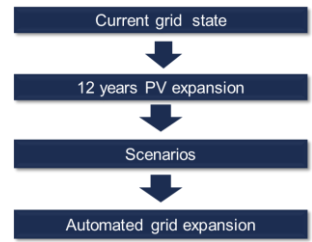
### Community electricity storage (CES)

Reactive power control

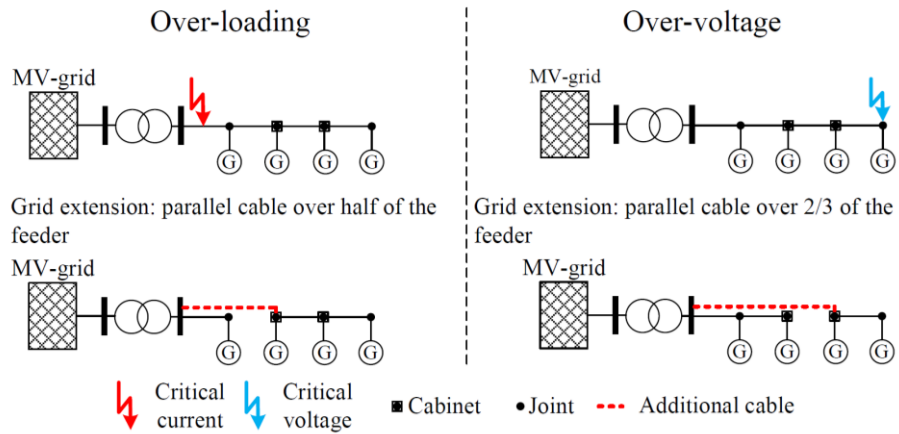
- $Q(V)$
- Active power limitation

- 50 % Limit of nominal battery capacity

# Automated Grid Expansion



## Additional cables



## Additional Transformer

