



Einbindung von Photovoltaik-Anlagen in Inselnetze auf Verteilnetzebene zur Unterstützung der Aufrechterhaltung kritischer Infrastrukturen während eines Blackouts

Giuseppe Puleo,
Maximilian Mütherig,
Markus Zdrallek,
Dirk Aschenbrenner

16.02.2024

EnInnov2024

18. Symposium Energieinnovation 2024 | 14.02.-16.02.2024



1. Einleitung
2. Einfluss einer Abregelung von Photovoltaik-Anlagen auf die Inselnetzstabilität
3. Modell zur Bestimmung der Zu- und Abschaltzeitpunkte für zusätzliche Lasten in einem Inselnetz
4. Simulationsergebnisse
5. Fazit und Ausblick



1. Einleitung
2. Einfluss einer Abregelung von Photovoltaik-Anlagen auf die Inselnetzstabilität
3. Modell zur Bestimmung der Zu- und Abschaltzeitpunkte für zusätzliche Lasten in einem Inselnetz
4. Simulationsergebnisse
5. Fazit und Ausblick



Das Forschungsprojekt SiSKIN

Großflächiger Stromausfall – Möglichkeiten zur Teilversorgung von kritischen Infrastrukturen

Motivation:

- Große gesellschaftliche Abhängigkeit von kritischen Infrastrukturen mit elektrischer Energieversorgung
- Verminderung schwerwiegender Folgen eines langandauernden großflächigen Stromausfalls

Ziel:

- Entwicklung von Konzepten für einen Teilnetzbetrieb von Verteilungsnetzen durch die Bildung von Inselnetzen
- Aufrechterhaltung und schnelle Wiederherstellung der elektrischen Versorgung kritischer Infrastrukturen



Die Landesregierung
Nordrhein-Westfalen



EVL
Energieversorgung
Leverkusen



WUPPERVERBAND
für Wasser, Mensch und Umwelt



RheinEnergie

WSWNETZ

AWG

Einbindung von PV-Anlagen in Inselnetze zur Unterstützung der Aufrechterhaltung von KRITIS während eines Blackouts
Giuseppe Puleo | Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik | EnInnov2024 | S. 4



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

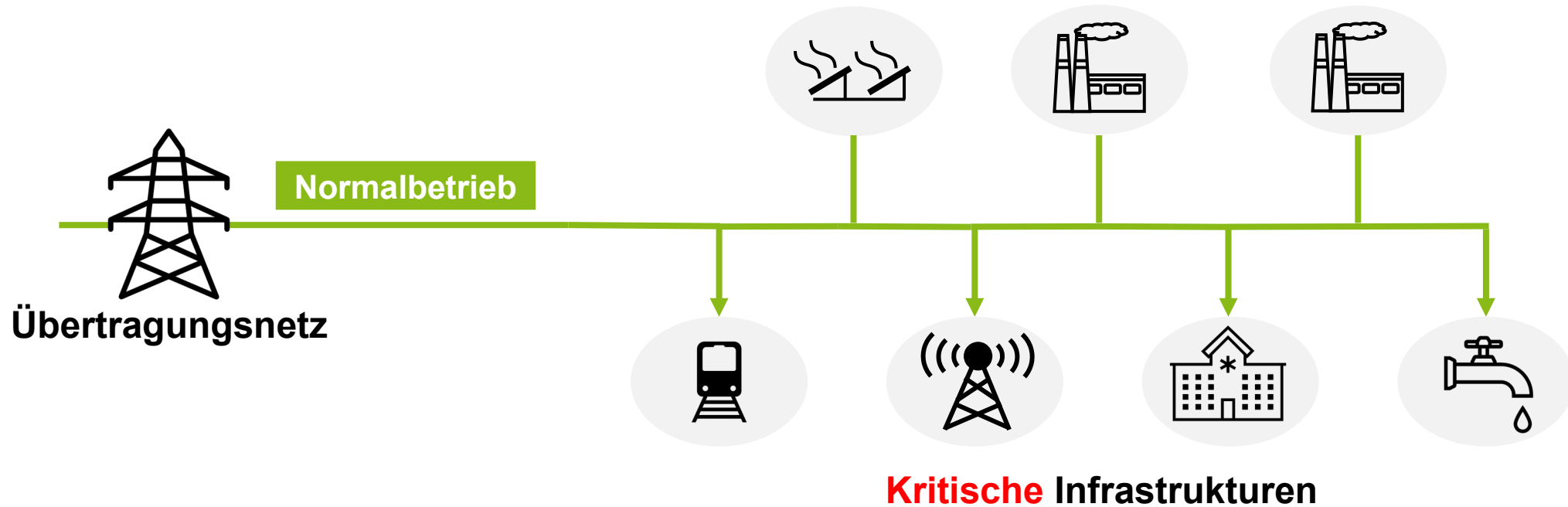
Das SiSKIN-Konzept

Einleitung

- Spezifizierung der Bottom-Up Strategie
- Netzwiederaufbau erfolgt auf Verteilnetzebenen über dezentrale Erzeugungseinheiten
- Fokus liegt auf der Aufrechterhaltung des Betriebs von KRITIS
- Konzept über Eingabewerte (Verbraucher- und Versorgerprioritäten sowie Netzdaten) auf verschiedene Verteilnetztopologien individualisierbar

Das SiSKIN-Konzept

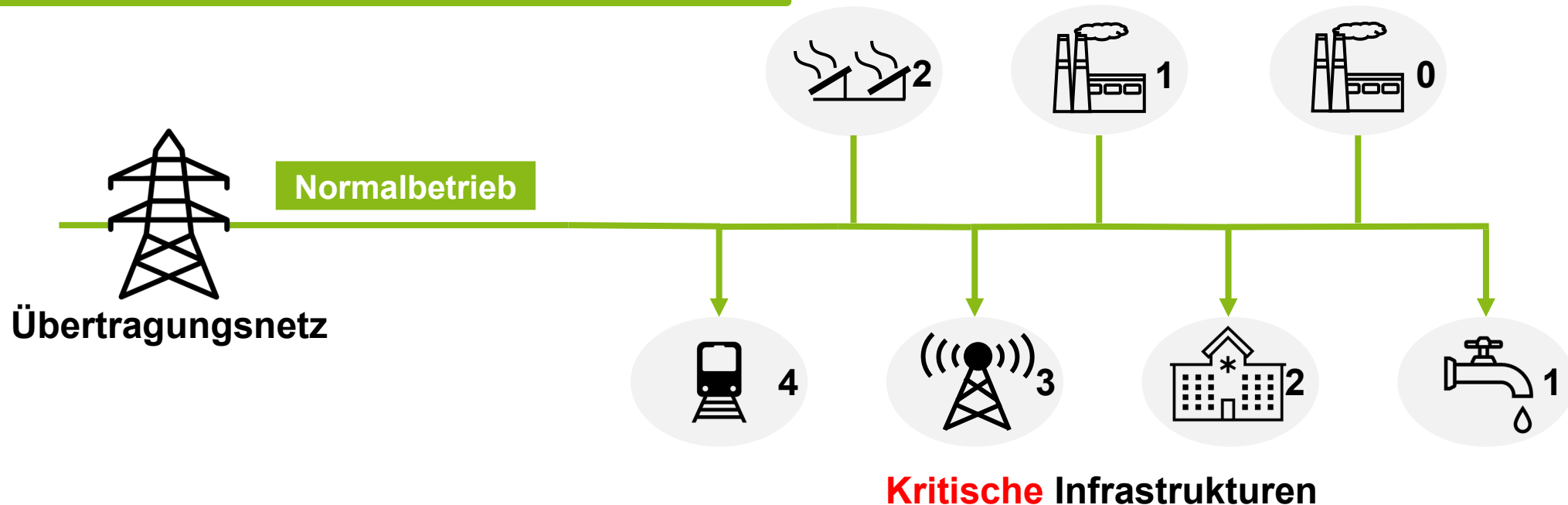
Einleitung



Das SiSKIN-Konzept

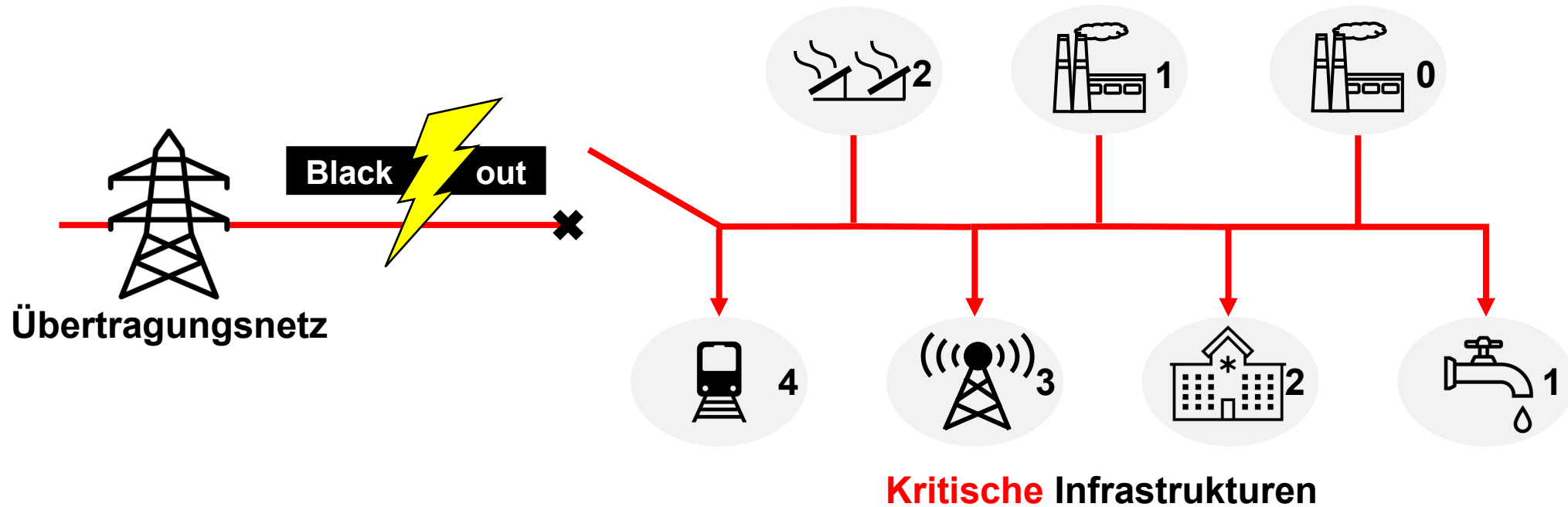
Einleitung

Verbraucher- und Erzeugerprioritäten müssen vor dem Krisenfall festgelegt werden



Das SiSKIN-Konzept

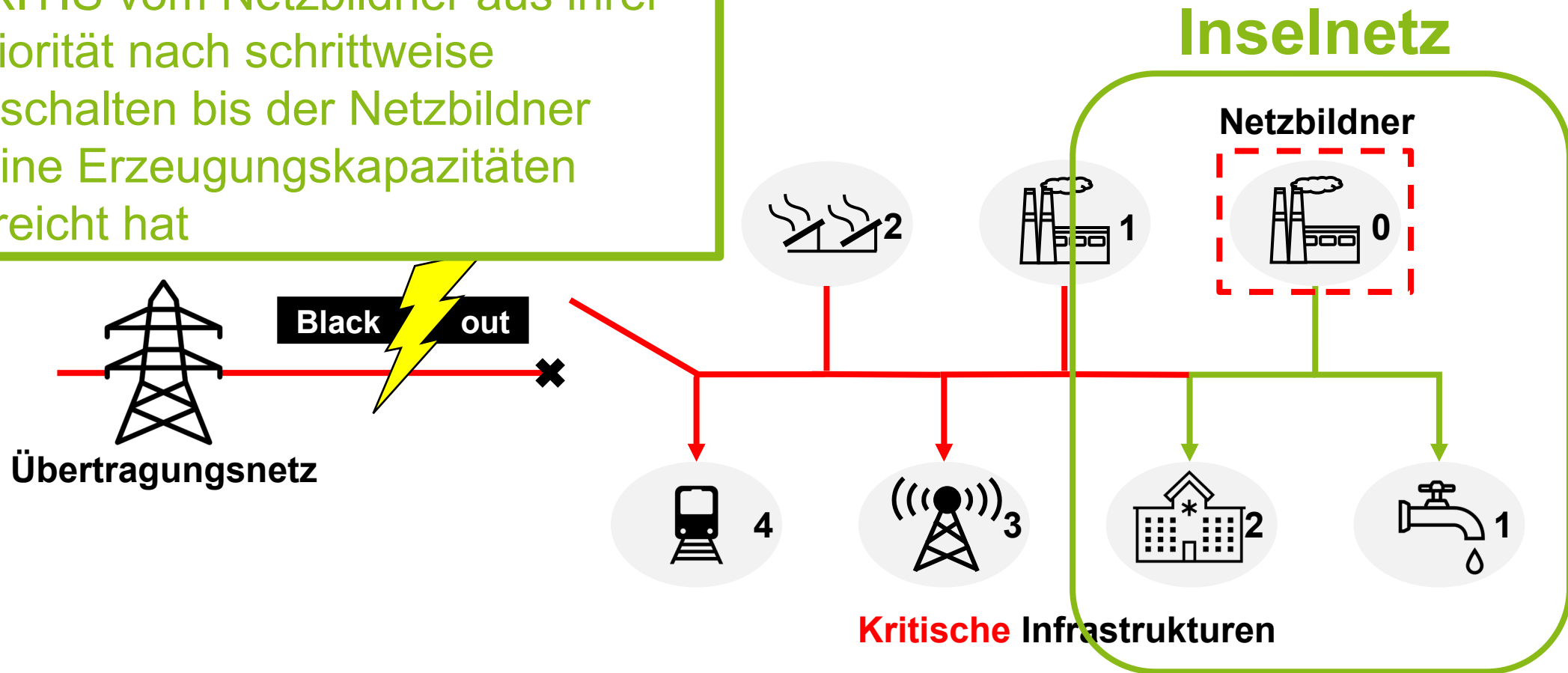
Einleitung



Das SiSKIN-Konzept

Einleitung

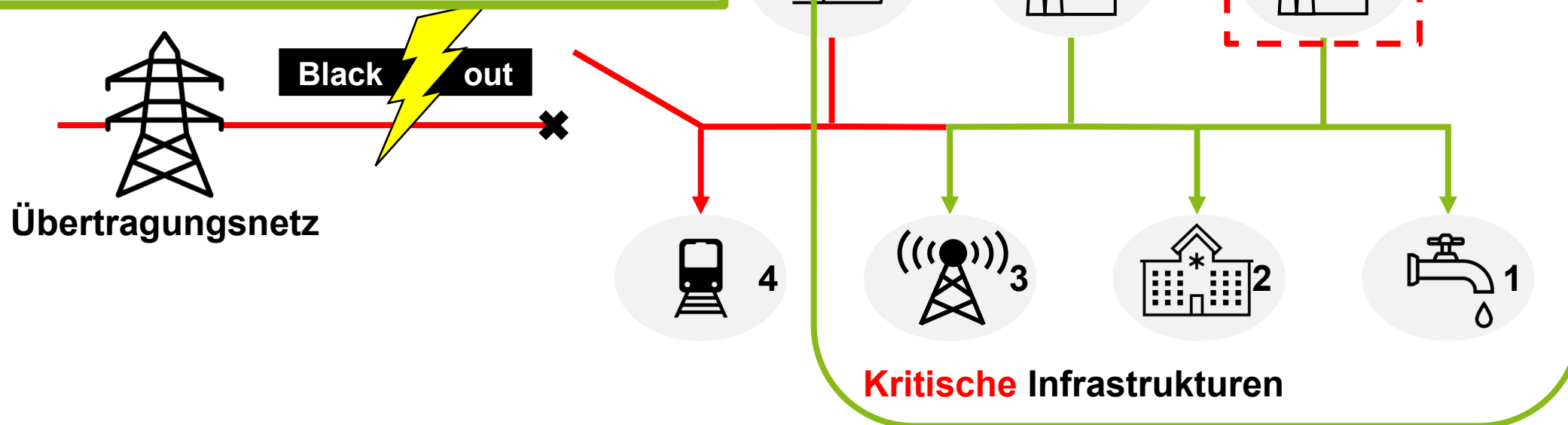
KRITIS vom Netzbildner aus ihrer Priorität nach schrittweise zuschalten bis der Netzbildner seine Erzeugungskapazitäten erreicht hat



Das SiSKIN-Konzept

Einleitung

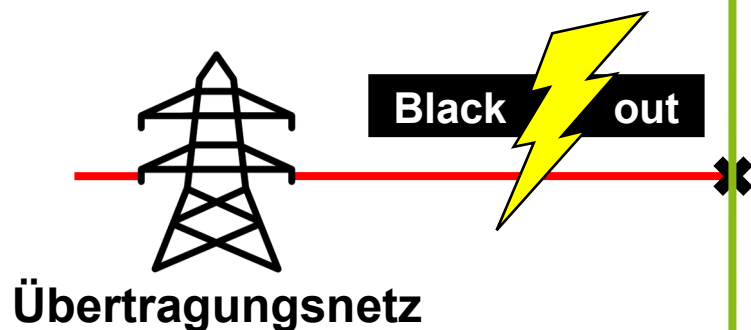
Weitere Erzeuger ihrer Priorität nach zuschalten, um den Netzbilder zu entlasten und um weitere Verbraucher in das Inselnetz zu implementieren



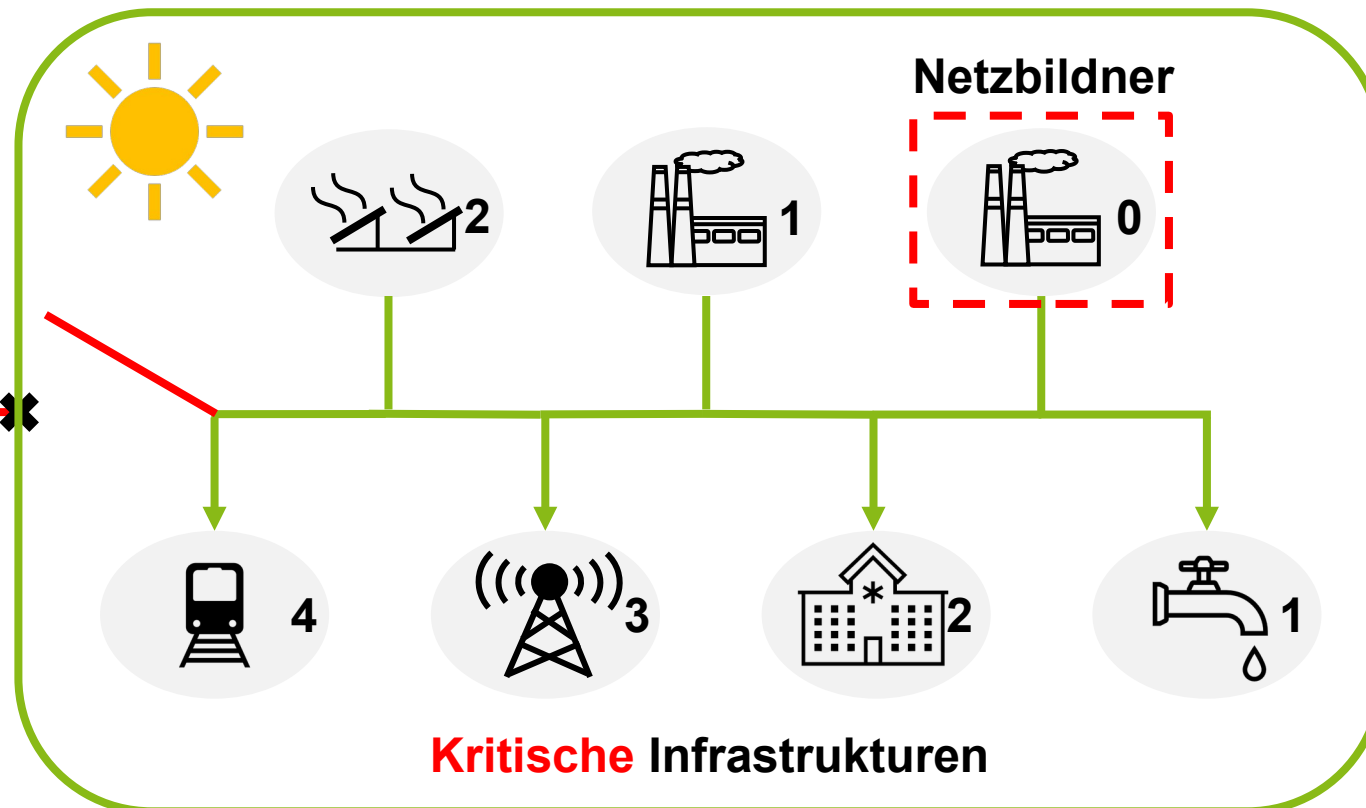
Das SiSKIN-Konzept

Einleitung

Inselnetz bei volatiler
Einspeisung zeitweise
weiter vergrößern



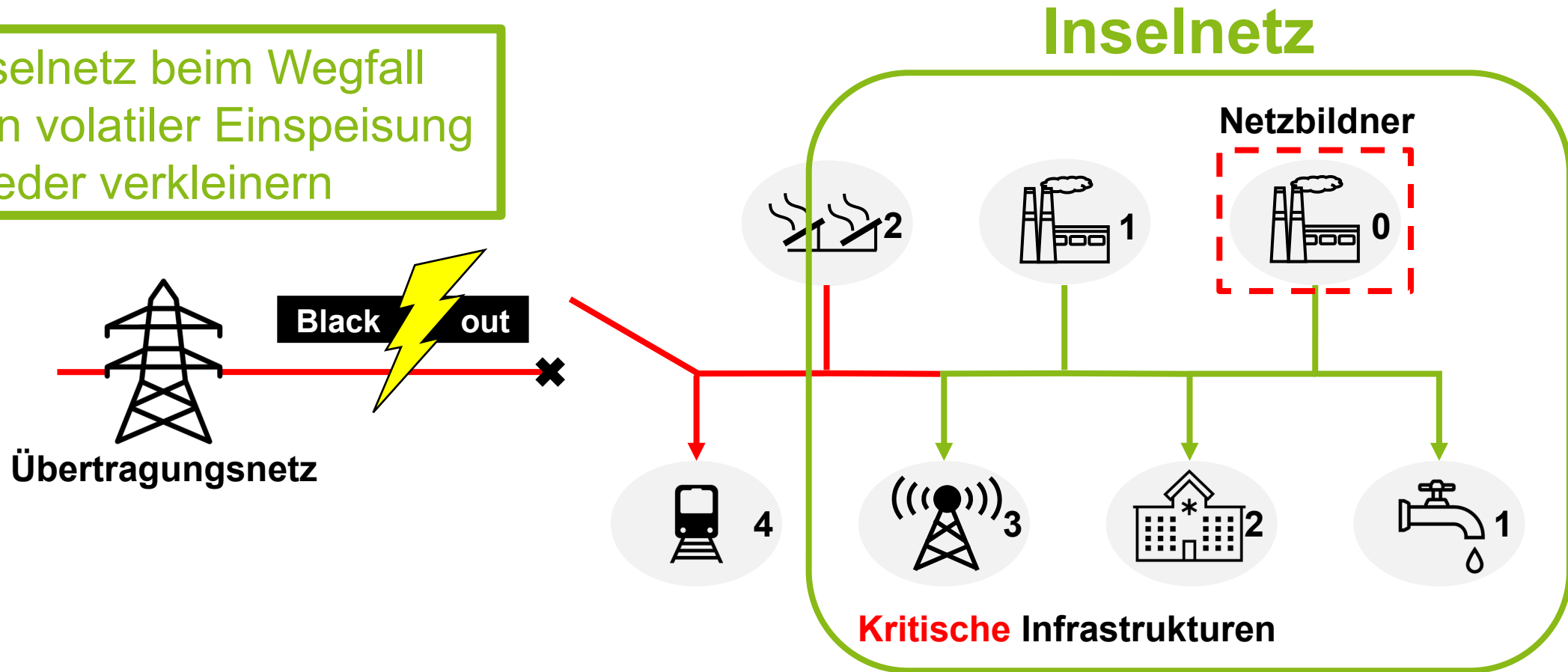
Inselnetz



Das SiSKIN-Konzept

Einleitung

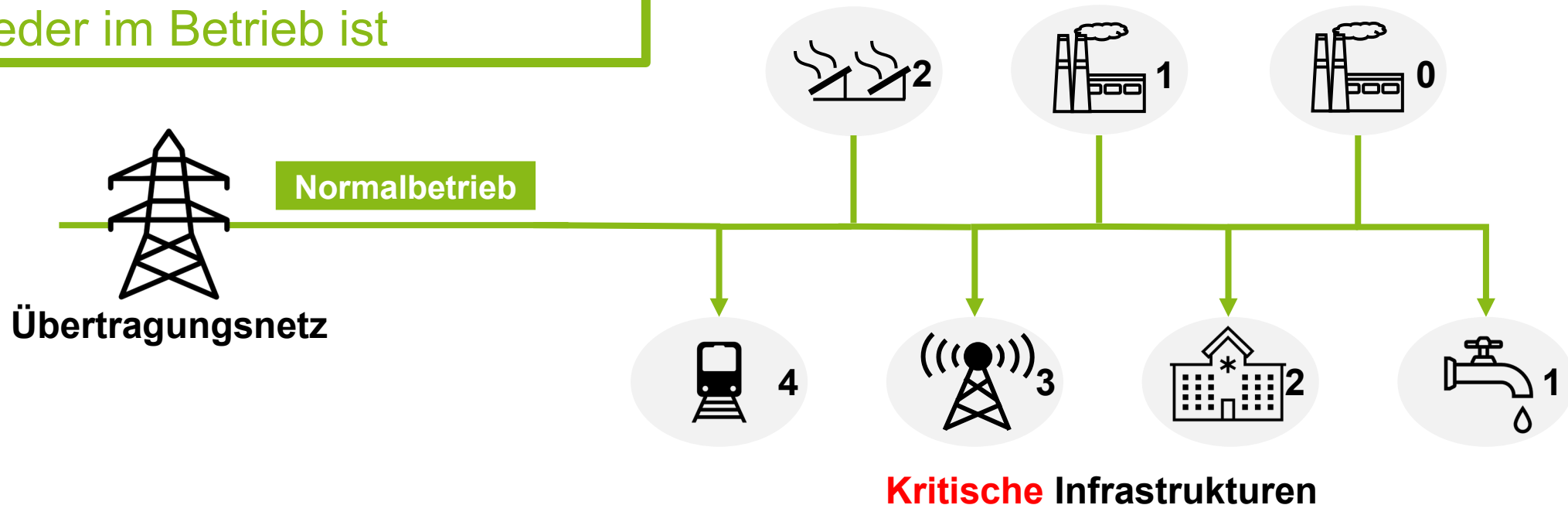
Inselnetz beim Wegfall von volatiler Einspeisung wieder verkleinern



Das SiSKIN-Konzept

Einleitung

Inselnetz mit dem überlagerten Netz synchronisieren sobald es wieder im Betrieb ist

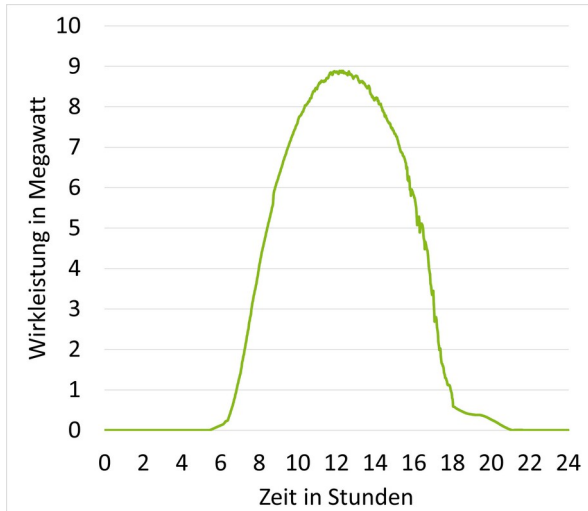


1. Einleitung
2. Einfluss einer Abregelung von Photovoltaik-Anlagen auf die Inselnetzstabilität
3. Modell zur Bestimmung der Zu- und Abschaltzeitpunkte für zusätzliche Lasten in einem Inselnetz
4. Simulationsergebnisse
5. Fazit und Ausblick



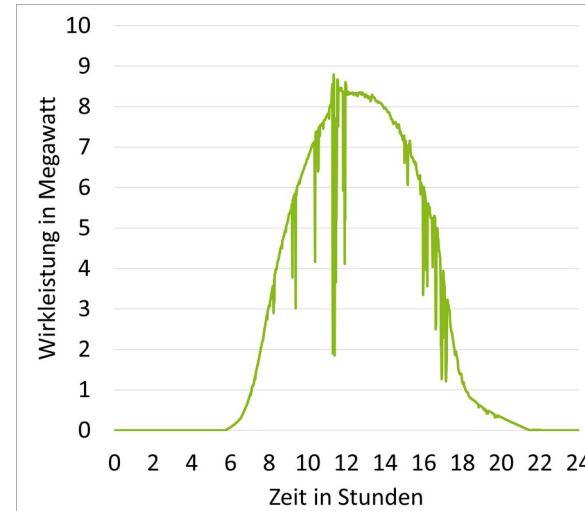
PV-Einspeisepprofile

Einfluss einer Abregelung von Photovoltaik-Anlagen auf die Inselnetzstabilität



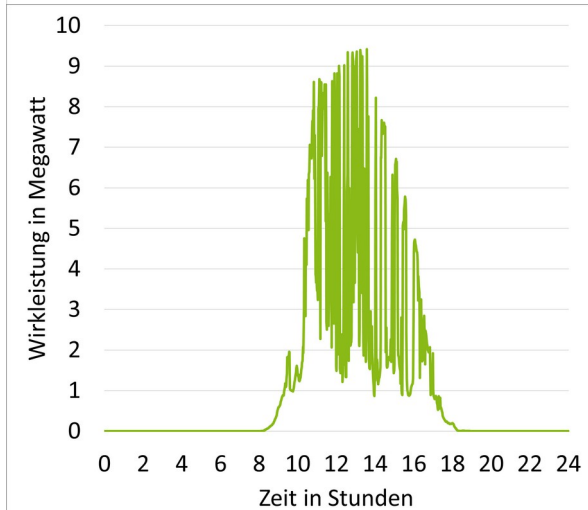
Profil P-1:

- Nahezu optimaler Verlauf
- Keine Verschattung der Module



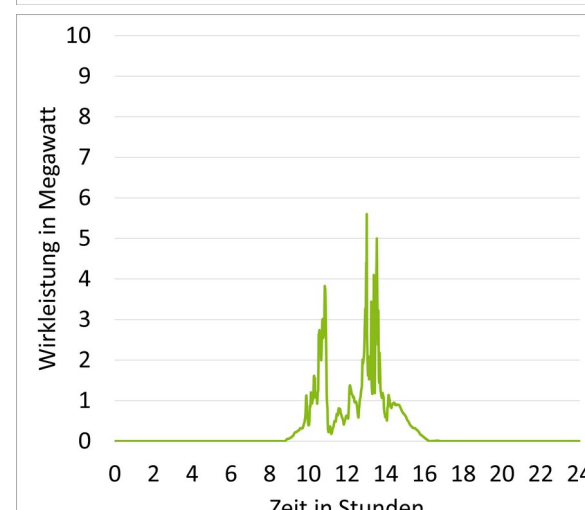
Profil P-2:

- Ähnelt Verlauf von P-1
- Seltene Verschattung der Module
- Einzelne starke Einbrüche der Wirkleistungseinspeisung



Profil P-3:

- Erreicht die maximale Wirkleistungseinspeisung von P-1
- Regelmäßige Verschattung der Module
- Viele hohe Einbrüche der Wirkleistungseinspeisung



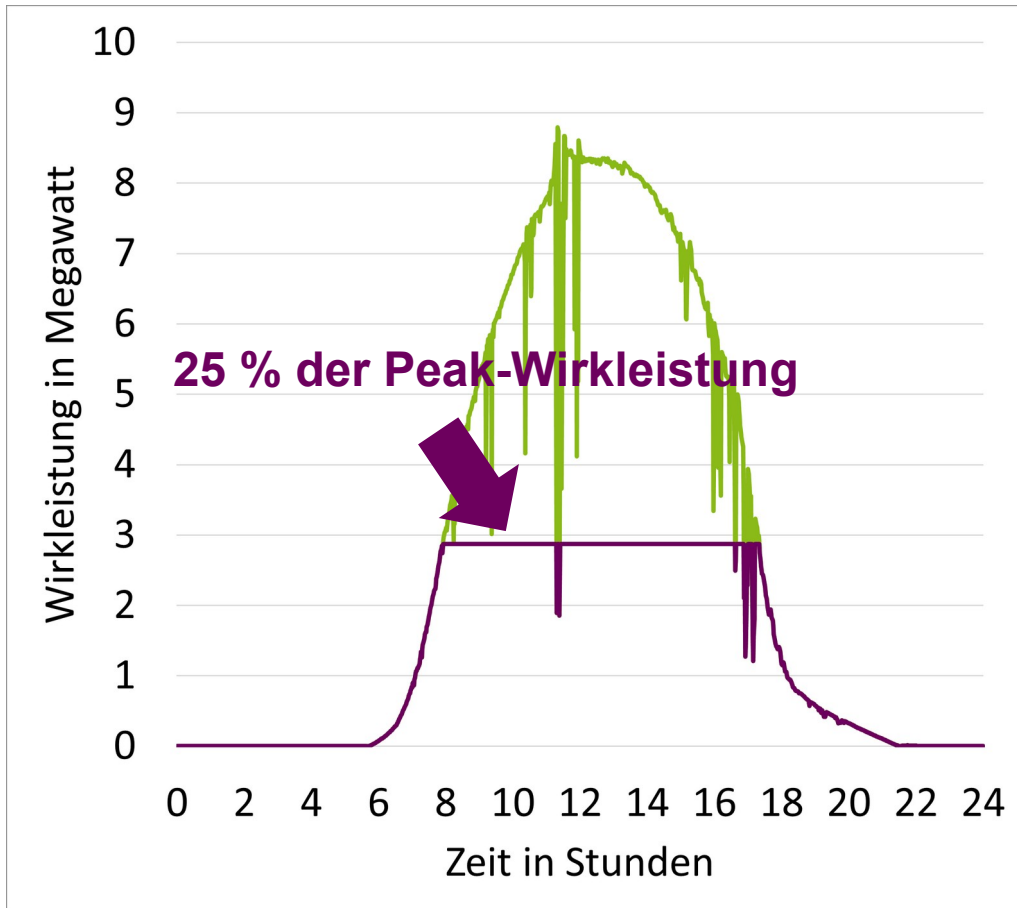
Profil P-4:

- Maximum der Wirkleistungseinspeisung viel geringer als bei den restlichen Profilen
- Regelmäßige Verschattung der Module
- Einbrüche geringer aufgrund niedrigerem Maximum

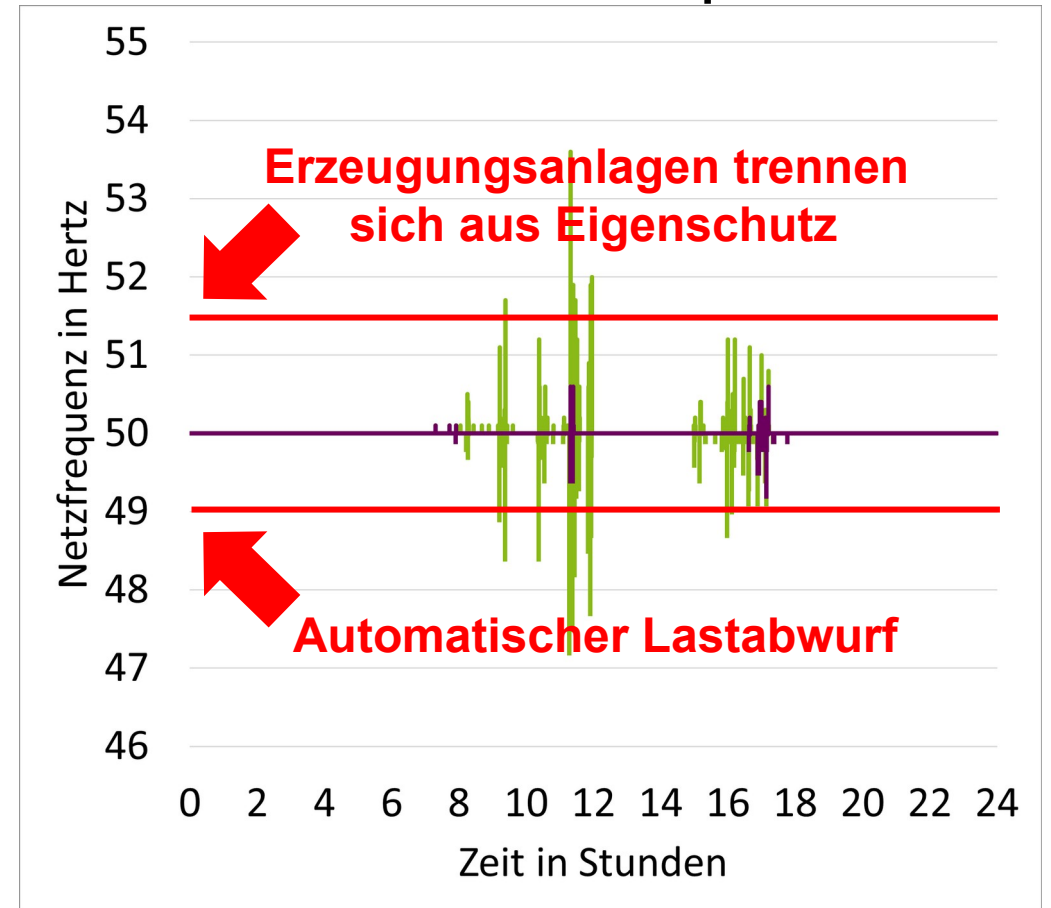
Abregelung von Profil P-2

Einfluss einer Abregelung von Photovoltaik-Anlagen auf die Inselnetzstabilität

Profil P-2



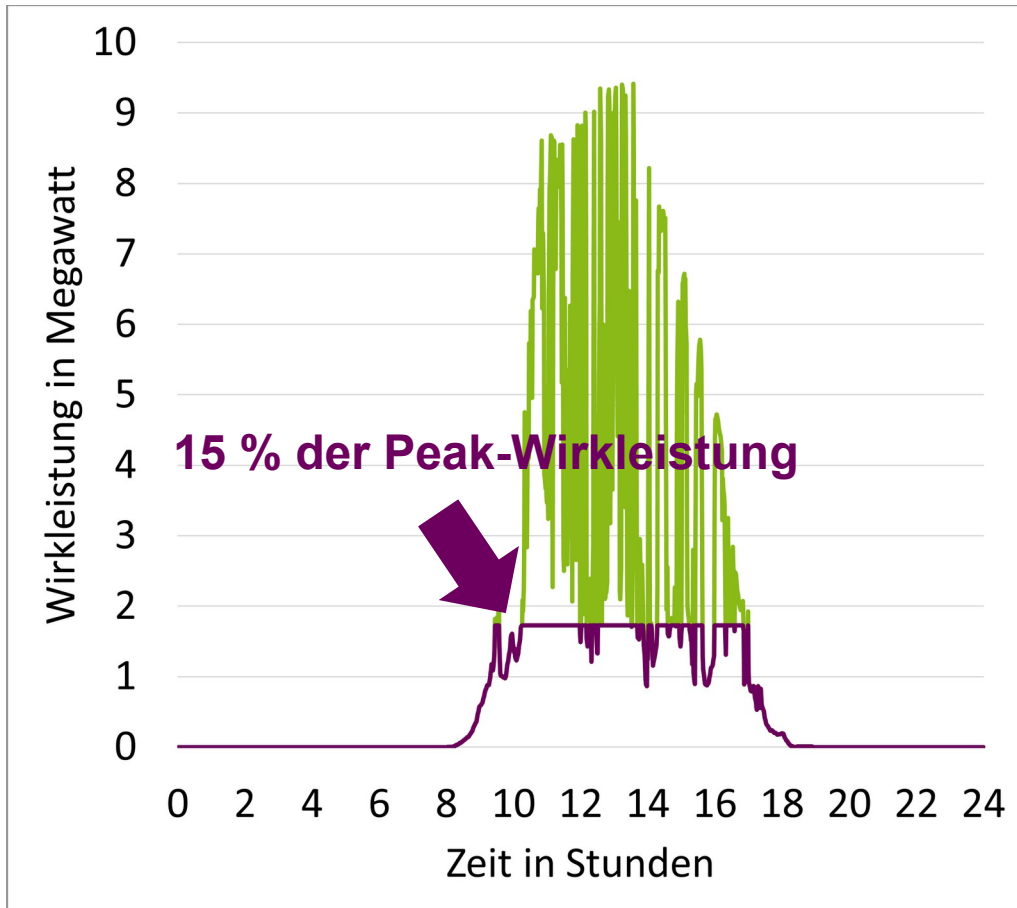
Auswirkung der Regelung des Netzbildners auf die Inselnetzfrequenz



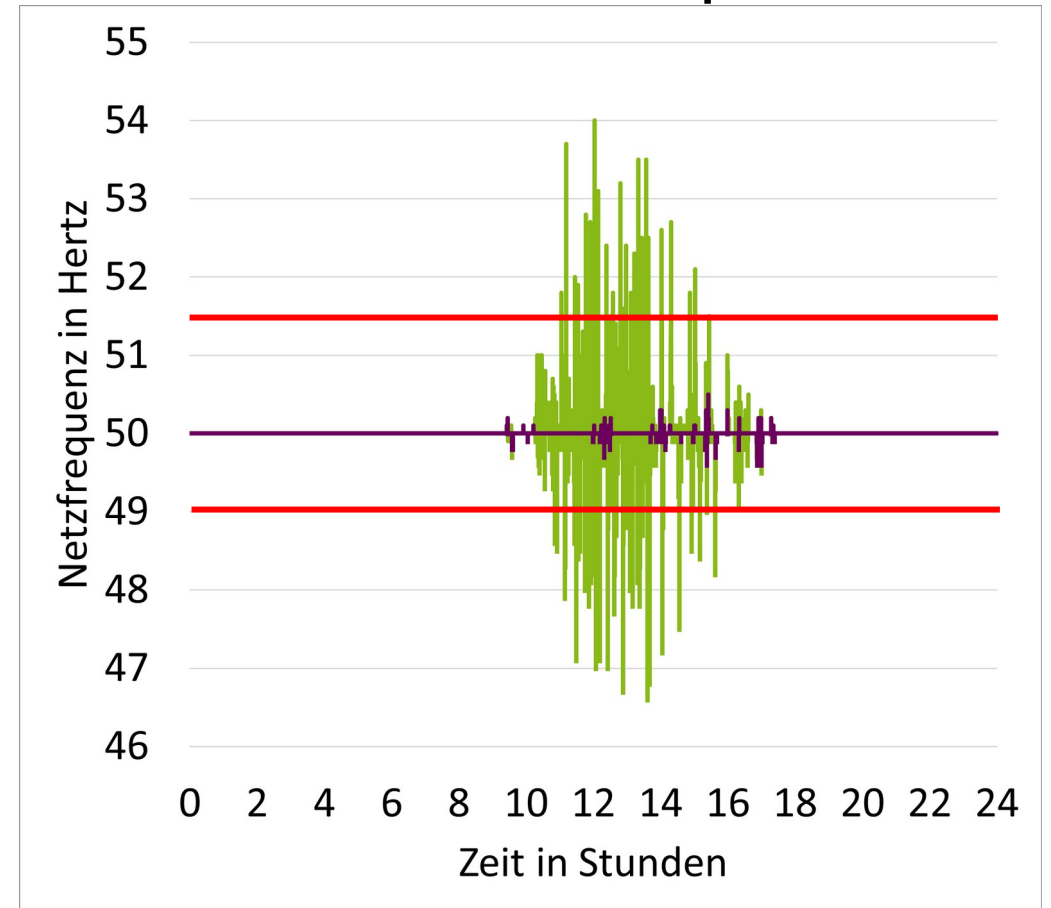
Abregelung von Profil P-3

Einfluss einer Abregelung von Photovoltaik-Anlagen auf die Inselnetzstabilität

Profil P-3



Auswirkung der Regelung des Netzbildners auf die Inselnetzfrequenz



1. Einleitung
2. Einfluss einer Abregelung von Photovoltaik-Anlagen auf die Inselnetzstabilität
3. Modell zur Bestimmung der Zu- und Abschaltzeitpunkte für zusätzliche Lasten in einem Inselnetz
4. Simulationsergebnisse
5. Fazit und Ausblick



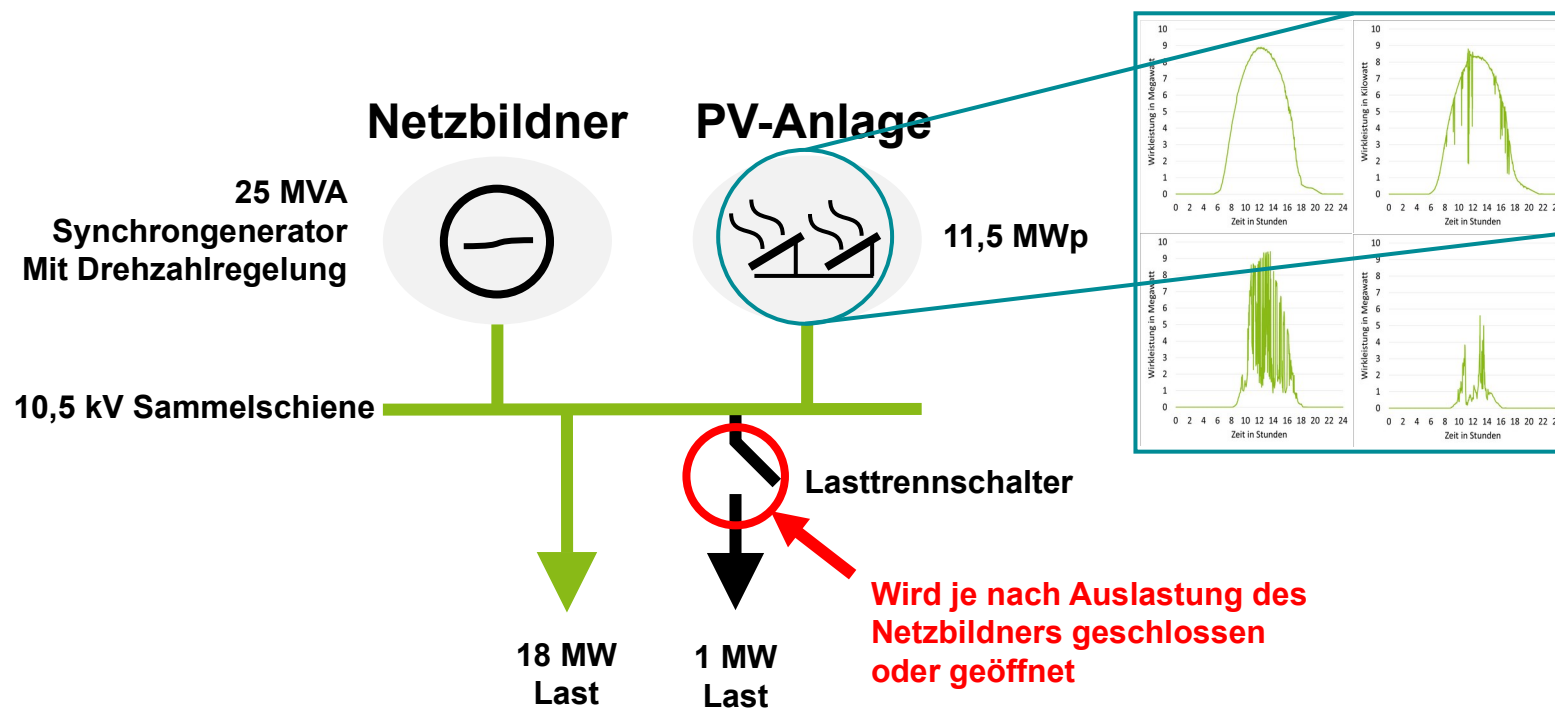
Definition der Variablen

Modell zur Bestimmung der Zu- und Abschaltzeitpunkte für zusätzliche Lasten in einem Inselnetz

Bezeichnung	Mathematische Formel
Maximal gewollte Wirkleistungsauslastung des Netzbildners	
Wirkleistungsauslastung des Netzbildners zum Zeitpunkt Null	
Freie Wirkleistungsreserven zum Zeitpunkt Null	
Peak-Wirkleistung der PV-Anlage	
Maximaler Wirkleistungsbedarf der Last	
Abregelungsfaktor der PV-Anlage	
Abgeregelte Peak-Wirkleistung der PV-Anlage	
Einbruchfaktor der PV-Anlage	
Betrag, um welchen die Wirkleistung der PV-Anlage plötzlich einbrechen könnte	
Wirkleistungserzeugung, die unterschritten werden muss, damit die Last zugeschaltet werden kann	
Wirkleistungserzeugung, bei der die Last getrennt wird sobald sie erreicht wird	

Das Simulations-Szenario

Modell zur Bestimmung der Zu- und Abschaltzeitpunkte für zusätzliche Lasten in einem Inselnetz



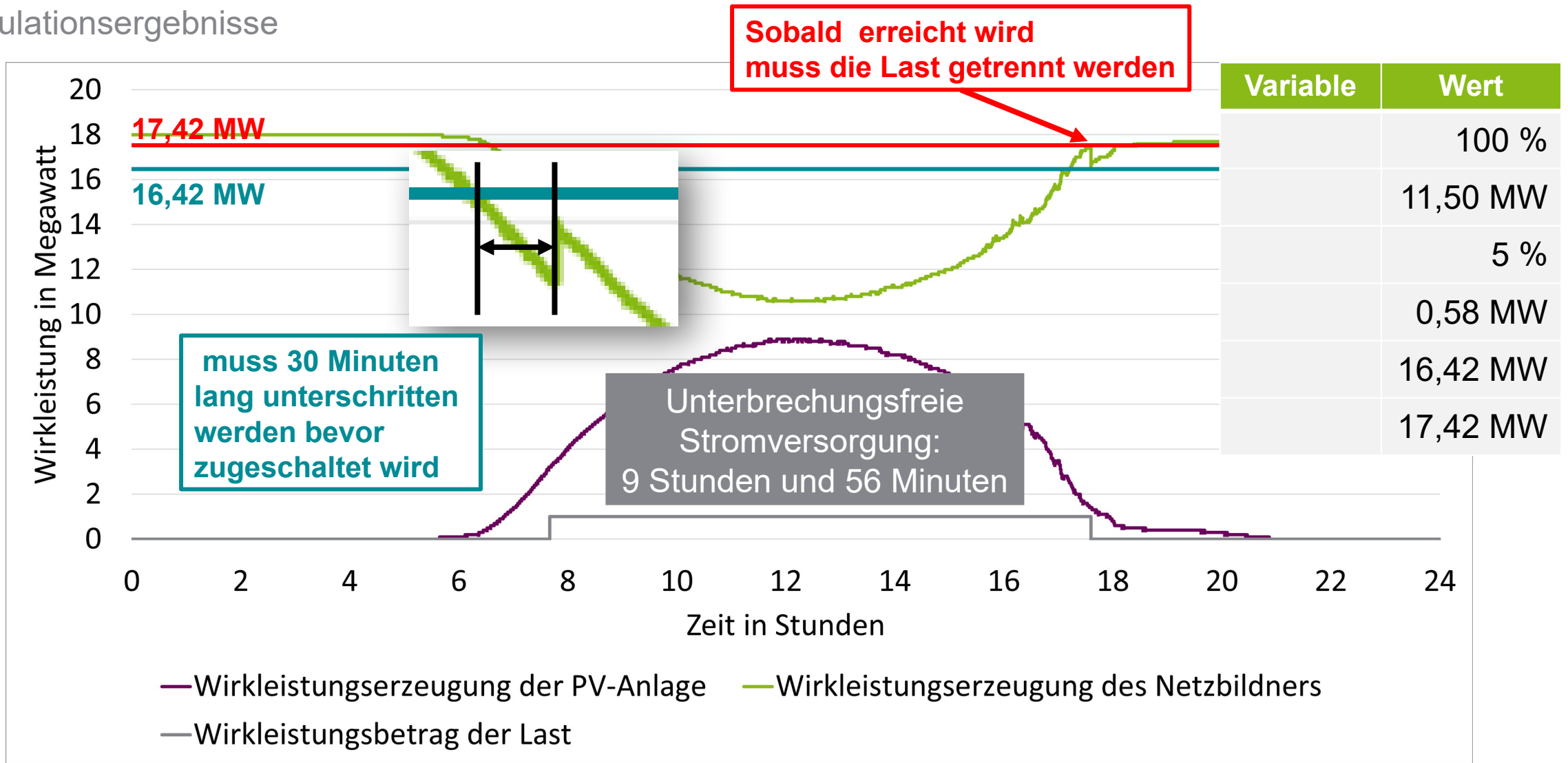
Variable	Wert
	18,0 MW
	18,0 MW
	0,0 MW
	11,5 MW
	1,0 MW

1. Einleitung
2. Einfluss einer Abregelung von Photovoltaik-Anlagen auf die Inselnetzstabilität
3. Modell zur Bestimmung der Zu- und Abschaltzeitpunkte für zusätzliche Lasten in einem Inselnetz
4. Simulationsergebnisse
5. Fazit und Ausblick



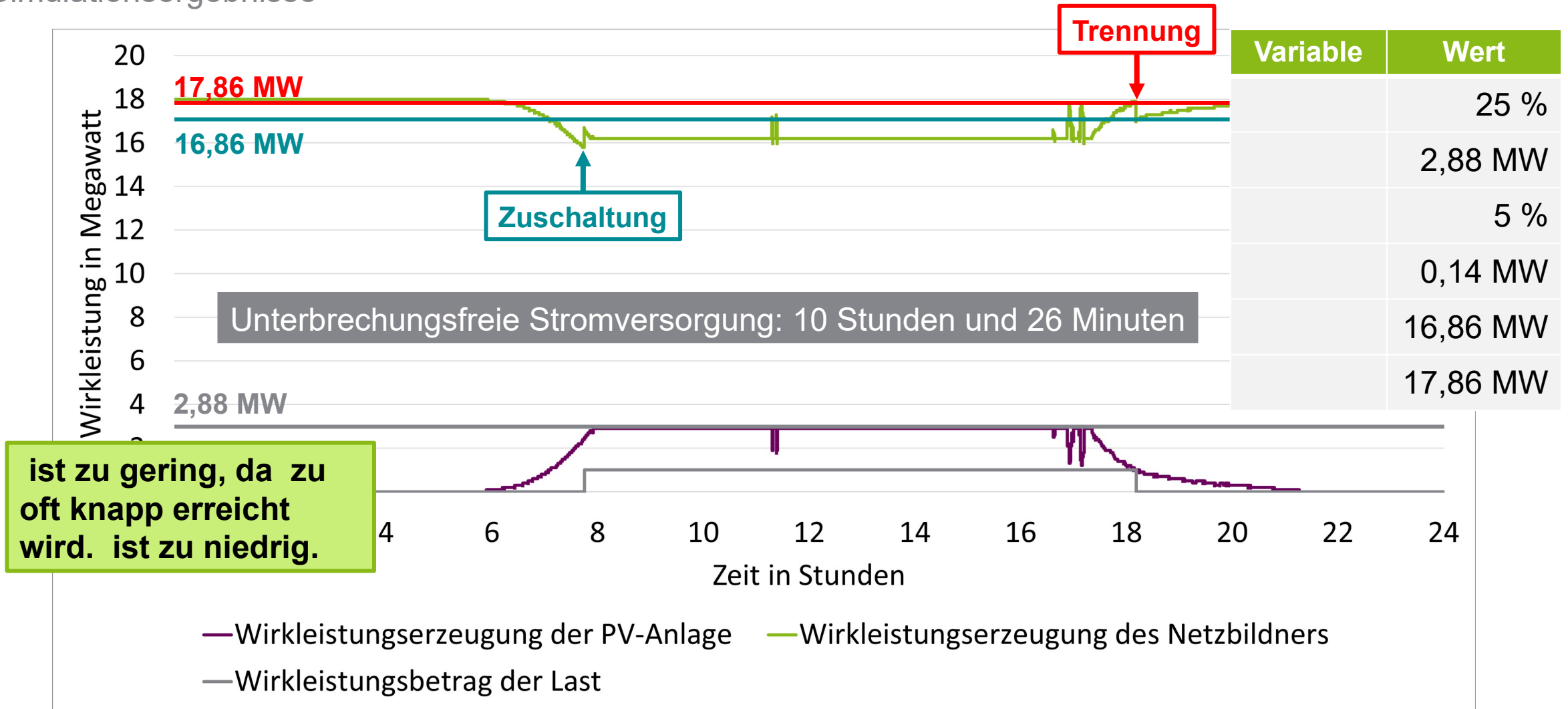
Simulation Profil P-1

Simulationsergebnisse



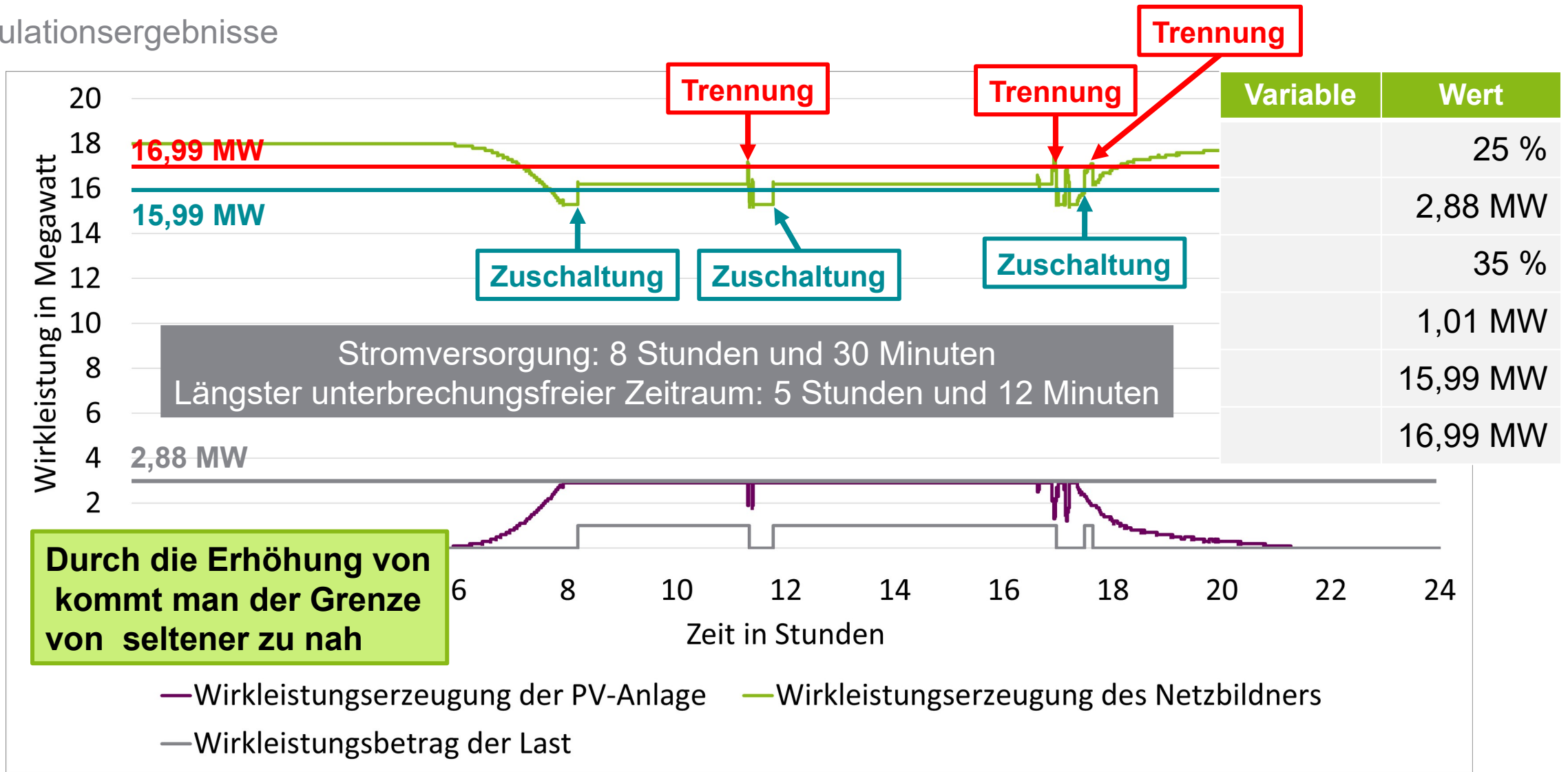
Simulation Profil P-2 Fall 1

Simulationsergebnisse



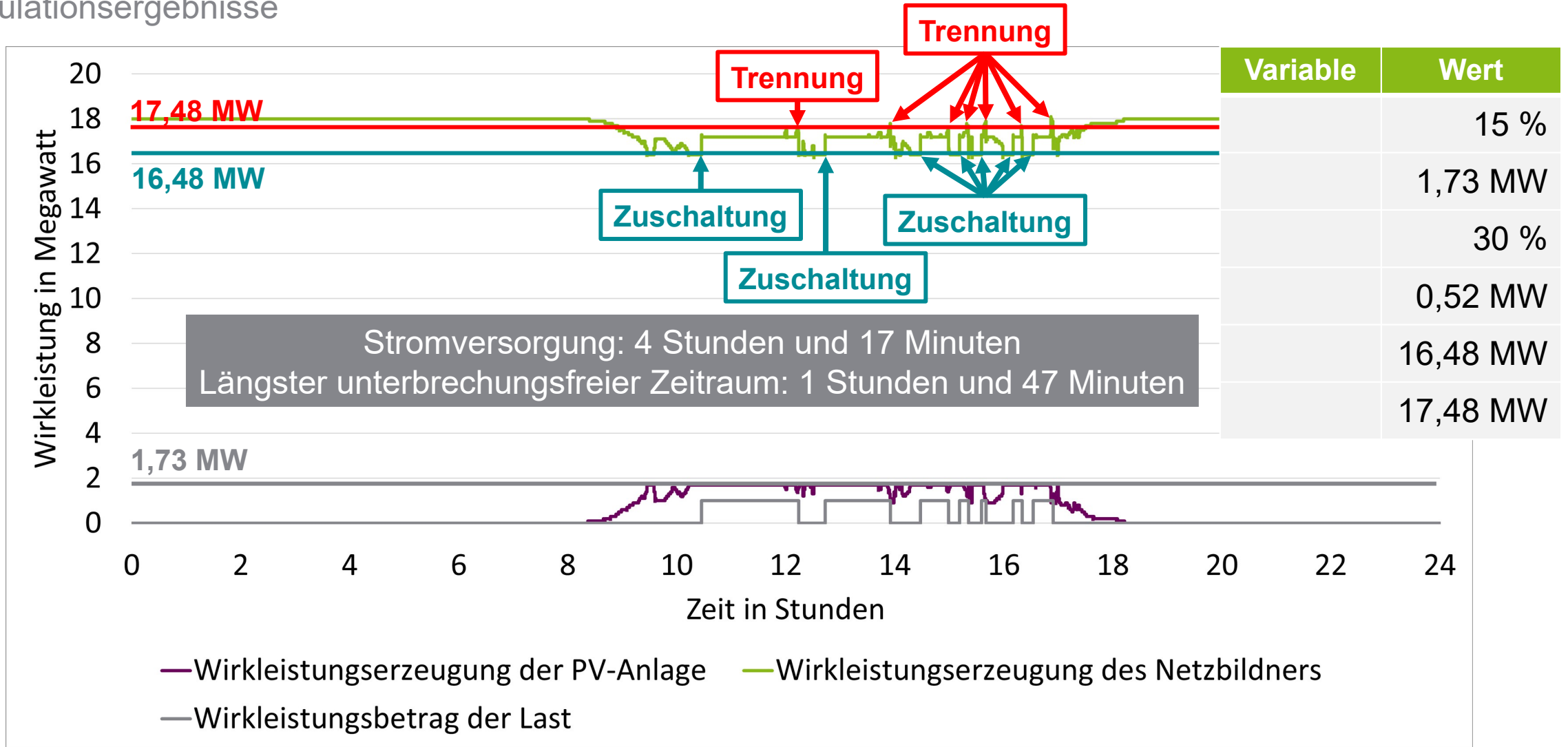
Simulation Profil P-2 Fall 2

Simulationsergebnisse



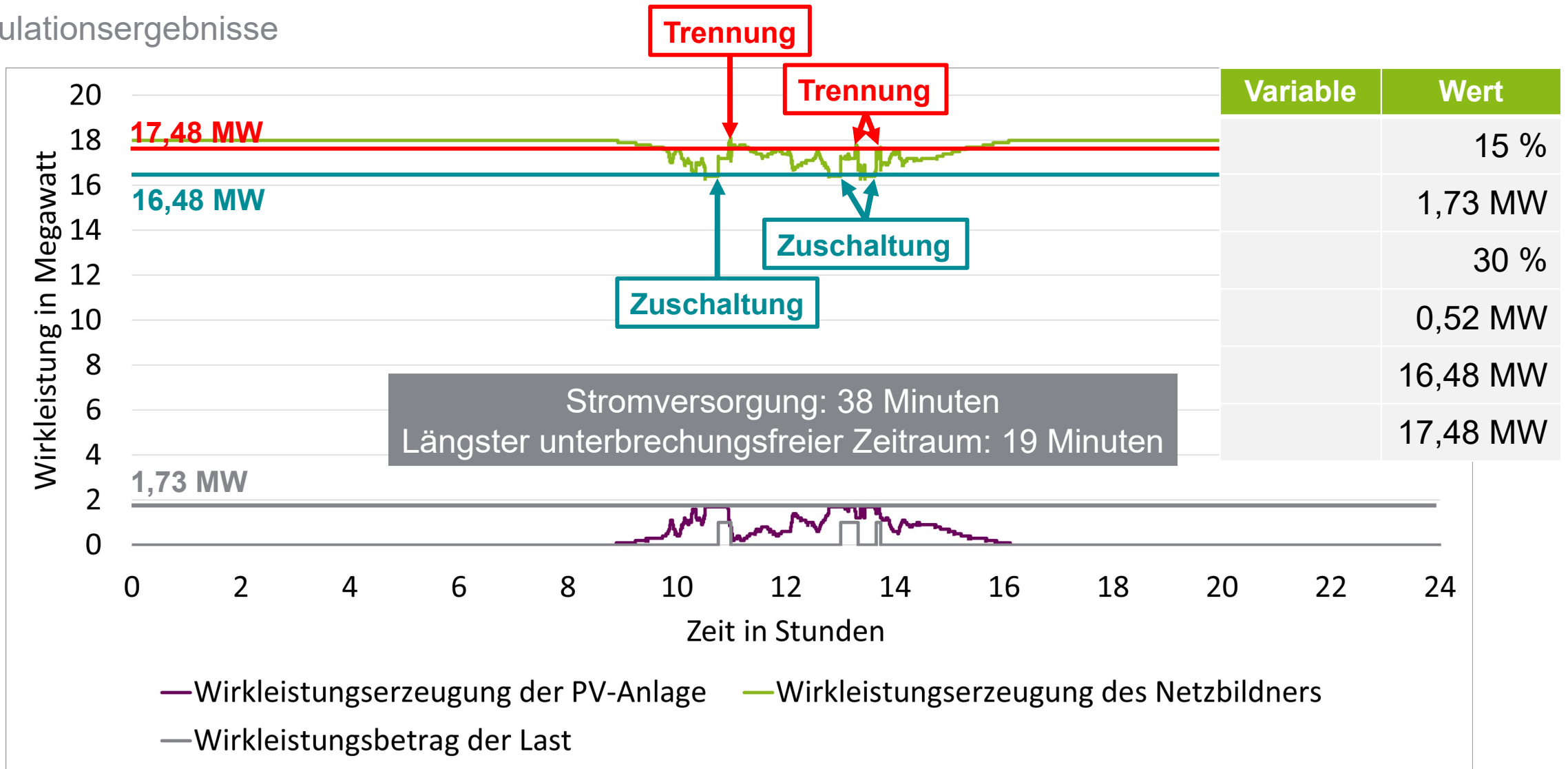
Simulation Profil P-3

Simulationsergebnisse



Simulation Profil P-4

Simulationsergebnisse



1. Einleitung
2. Einfluss einer Abregelung von Photovoltaik-Anlagen auf die Inselnetzstabilität
3. Modell zur Bestimmung der Zu- und Abschaltzeitpunkte für zusätzliche Lasten in einem Inselnetz
4. Simulationsergebnisse
5. Fazit und Ausblick



Erkenntnisse aus den Simulationen

Fazit und Ausblick



Die Abregelung von PV-Anlagen wirkt sich positiv auf die Frequenzstabilität im Inselnetz aus



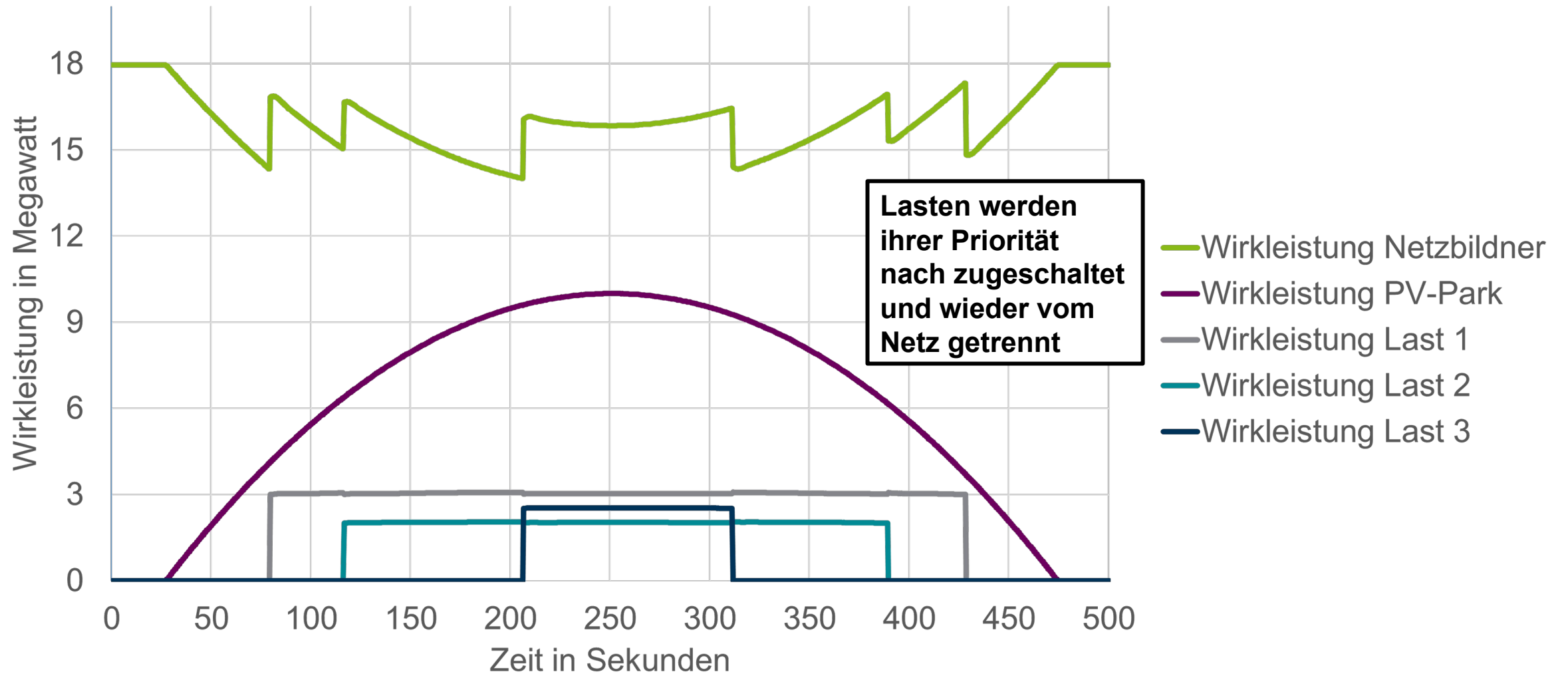
Mit Hilfe des Modells zur Bestimmung der Zu- und Abschaltzeitpunkte konnte eine zusätzliche Last zeitweise mit Hilfe der PV-Einspeisung in das Inselnetz integriert werden



Die zusätzliche Sicherheit durch den Abregelungsfaktor erlaubt es dem Netzbildner auch bei volatiler Einspeisung und zusätzlicher Last die Rückfallebene einzuhalten

Berücksichtigung mehrerer unterschiedlich großer Lasten

Fazit und Ausblick



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL