

# ENTWICKLUNG VON FÜNF ENERGIEVERSORGUNGSLEVEL FÜR HAUSHALTE ZUR BEWERTUNG VON RESILIENZ AUF QUARTIERSEBENE

Jakob BOEHM<sup>1\*</sup>, Christian DOETSCH<sup>2</sup>

## Resilienz im Energiesystem

Die Megatrends Energiewende und Digitalisierung führen zu starken Veränderungen in Energiesystemen, weg von zentraler top-down Versorgungs- und Regelungsstruktur hin zu einer äußerst dezentralen und auch zum Teil dezentral geregelten Energieversorgung. Hierdurch ergeben sich neue, weitergehenden Anforderungen an die Versorgungssicherheit, da die Systeme komplexer und störanfälliger werden. Außerdem kommen unvorhergesehene, dynamische Belastungen hinzu. Systeme, die diese Belastungen dynamisch abfangen können und wieder in einen stabilen Zustand zurückfinden, werden als resiliente System beschrieben.[1] Der Begriff Resilienz ist vielschichtig und wird in verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen schon seit weit über 100 Jahren verwendet, wie eine etymologische Begriffsbetrachtung von Alexander [2] zeigt. Seit Beginn der 2010er-Jahre steigt die Anzahl an Veröffentlichungen im Bereich von Energiesystemen mit Fokus auf Resilienz.[3]

In Abbildung 1 sind ein resilientes und ein unresilientes Systemverhalten) als Systemleistung  $y(t)$  über der Zeit  $t$  dargestellt. Zur Beschreibung des resiliente Systemverhaltens dienen fünf Phasen: (i) Normalbetrieb; (ii) Absorbierung der Störung; (iii) Stabilisierung; (iv) Wiederherstellung der Systemleistung und (v) der (verbesserte) Normalbetrieb. Das unresiliente System kollabiert in Folge des Störereignisses und es kommt zu einem Blackout.

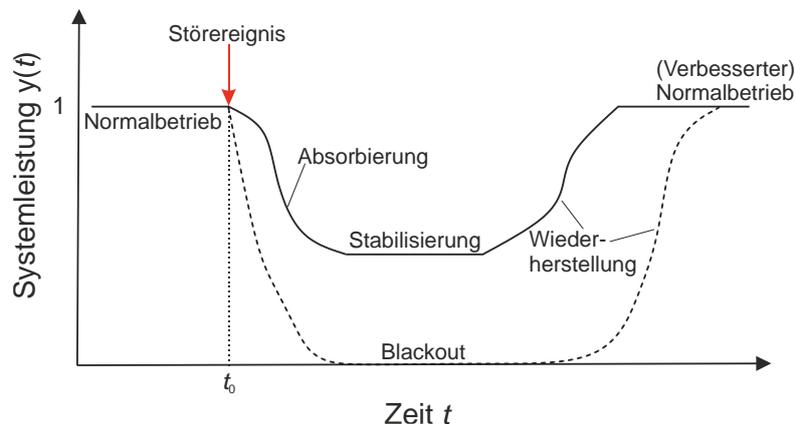


Abbildung 1: Übersicht Systemverhalten  $y(t)$  nach einem Störereignis: resilientes Verhalten (—) und unresilientes Verhalten (- - -).

Die Auswirkung von Störereignissen kann durch strukturelle Maßnahmen (Redundanz oder Robustheit, z. B. stabilere Strommasten) und strukturelle, reaktive Maßnahmen wie zusätzliche Speicher und/oder durch reaktive Regelungstechnische Maßnahmen wie Lastmanagement beeinflusst werden. Hier liegt der Fokus auf Lastmanagementstrategien der Haushalte des Quartiers. Nach Störereignissen wird überprüft, wie vordefinierte Versorgungslevel dazu beitragen können, die Auswirkungen auf die Systemleistung  $y(t)$  gering zu halten und eine schnelle Wiederherstellung ermöglichen.

## Definition der Versorgungslevel

Zur Vermeidung eines Blackouts werden, in Anlehnung an einen TAB-Bericht [4] in dem die Folgen eines großflächigen Stromausfalls beschrieben sind, fünf unterschiedliche energetische

<sup>1</sup> Ruhr-Universität Bochum Cross Energy Systems, Universitätsstraße 150 44801 Bochum, 0234/3226628., jakob.boehm@rub.de , <https://www.ruhr-uni-bochum.de/ls-ces/>

<sup>2</sup> Cross Energy Systems, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstraße 150 44801 Bochum, 0234/3226840., christian.doetsch@rub.de , <https://www.ruhr-uni-bochum.de/ls-ces/>

Versorgungslevel definiert. Sie dienen als Hilfsmittel, um die Störwirkung abzumildern und unterscheiden sich durch die jeweilige Verfügbarkeit spezieller Leistungen und in der maximal zulässigen Dauer. Die Level reichen von Notversorgung (Level 1) bis Vollversorgung (Level 5) und sind in Tabelle 1 aufgeführt. Das Level 1 dient als finale Möglichkeit einen Blackout zu verhindern. Durch die Sicherstellung der Kommunikationssysteme und Trinkwasserversorgung kann das System einfacher wiederaufgebaut werden. Ein gesondertes Level für einen Blackout wird nicht definiert.

Tabelle 1: Übersicht über die fünf Versorgungslevel mit verfügbaren Dienstleistungen und maximalen Dauern.

Level	Verfügbare Dienstleistungen	Max. Dauer
1	50 % Licht, IKT und anteilmäßig Quartiersaufwendungen (Trinkwasser & Kommunikation)	24 h
2	Licht, Kühlschrank, eingeschränkter Kochbedarf sowie Heizung und Warmwasser zu 25 %	48 h
3	Kleinverbraucher (Licht, IKT, etc.) zu 75 % nutzbar während Großverbrauch zu 50 % nutzbar	Bis 4 d
4	Kleinverbraucher vollständig nutzbar, Großverbraucher in ihrer Gleichzeitigkeit und Häufigkeit (75 %) reduziert sind	2 – 4 Wochen
5	Normalversorgung	

## Entwicklung der Lastprofile

Zur Erstellung von aktivitätsbezogenen Lastprofilen von Haushalten wird der LoadProfileGenerator 10.6 [5] verwendet. Dabei werden zunächst Einzellastprofile von 4 Basishaushalten (CHR01, CHR04, CHR17, CHR27) mit zeitlichen Auflösungen von 1 min. und 15 min. erstellt. Mit den 1 min.-Profilen werden zeitliche Verschiebungen durchgeführt, die anschließend aggregiert werden, während die 15 min.-Profile für nachfolgenden Simulationen benutzt werden. So werden verschiedene Haushalte des gleichen Typens abgebildet und die betrachtete Gesamtzahl an Haushalten des Quartiers steigt. Um spezifische Effekte des Jahresverlaufs zu analysieren, werden für alle Haushalte repräsentative Wochen im Winter, Sommer und der Übergangszeit ausgewählt und die entsprechenden Zeitreihen erstellt. Die Validierung des so erstellten generischen Quartiers erfolgt über einen Vergleich mit  $H_0$ -Standardlastprofilen. Level 5 stellt die Normalversorgung dar und ist der Ausgangspunkt der Berechnungen dar. Die weiteren Level sind Adaptionen davon.

## Förderhinweis

Dieses Projekt wird gefördert durch das Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen.

## Referenzen

- [1] IEA, Ensuring Energy Security. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.iea.org/areas-of-work/ensuring-energy-security> (Zugriff am: 12. Oktober 2021).
- [2] D. E. Alexander, „Resilience and disaster risk reduction: an etymological journey“, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., Jg. 13, Nr. 11, S. 2707–2716, 2013, doi: 10.5194/nhess-13-2707-2013.
- [3] B.-J. Jesse, H. U. Heinrichs und W. Kuckshinrichs, „Adapting the theory of resilience to energy systems: a review and outlook“, Energ Sustain Soc, Jg. 9, Nr. 1, S. 1, 2019, doi: 10.1186/s13705-019-0210-7.
- [4] T. Petermann, H. Bradke, A. Lüllmann, M. Poetzsch und U. Riehm, Was bei einem Blackout geschieht: Folgen eines langandauernden und großflächigen Stromausfalls, 2. Aufl. Berlin: Edition Sigma, 2013.
- [5] LoadProfileGenerator. 10.6, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.loadprofilegenerator.de/download/>