



RUB

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

ENTWICKLUNG VON FÜNF ENERGIEVERSORGUNGSLEVELS FÜR HAUSHALTE ZUR BEWERTUNG VON RESILIENZ

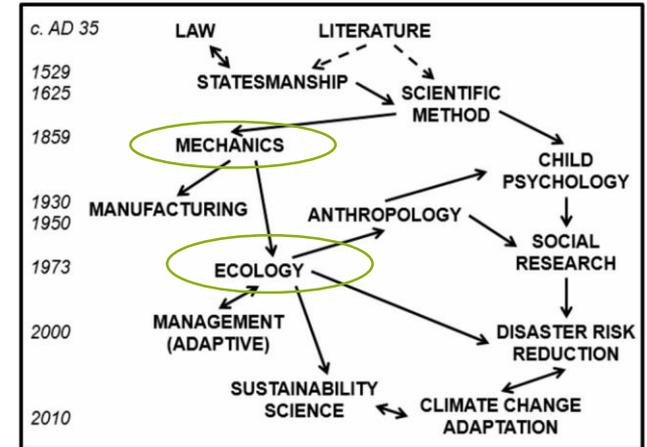
JAKOB BÖHM*, CHRISTIAN DOETSCH

17. SYMPOSIUM ENERGIEINNOVATION, 16.-18.02.2022 GRAZ/AUSTRIA



Definition Resilienz

- Resiliere (lat.) – zurückprallen, zurückspringen
- Etymologische Begriffsklärung durch Alexander (2013)
- 1859 W. Rankine nutzt Resilienz um das Verhalten von Stahlträgern
 - Zusammenspiel von Materialeigenschaften und Design
- 1973 C.S. Holling beschreibt ökologische Populationen mit Resilienz
- Seit Beginn der 2010er Jahre auf verstärkt mit Bezug auf das Energiesystem



[1] Alexander, David (2013)

Resilienz im Energiesystem

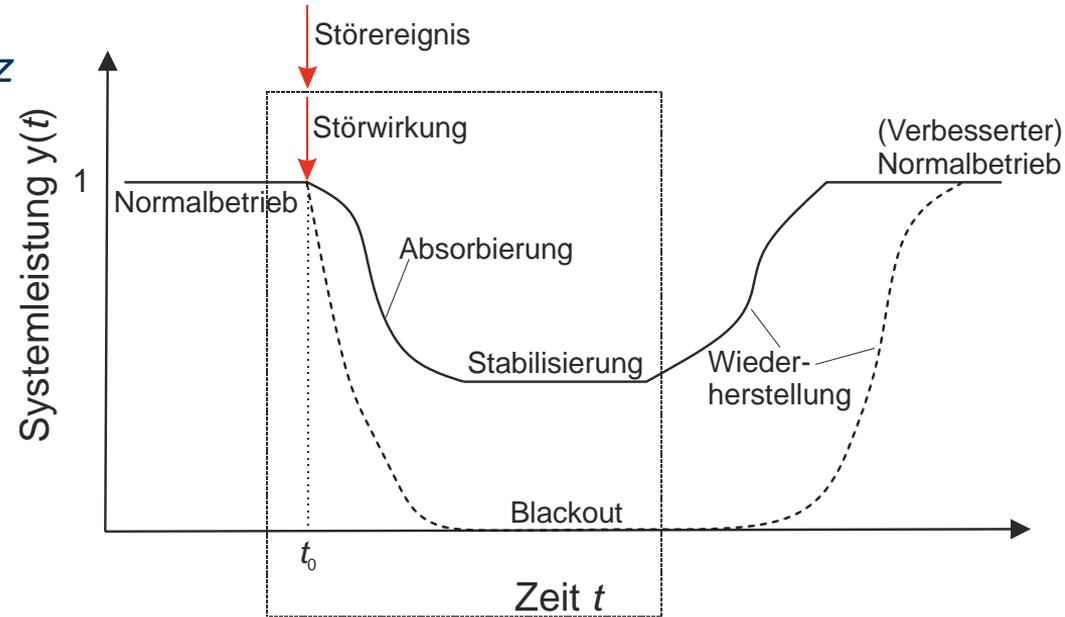
„Resilienz ist die Fähigkeit von technischen Systemen auf **ungünstige Bedingungen und/oder außergewöhnliche Beanspruchungen** vorbereitet zu sein, auf diese reagieren zu können und seine **wesentlichen Funktionen**, trotz einer möglichen **eingeschränkten Funktionalität**, aufrechterhalten zu können und innerhalb eines **akzeptierbaren Zeitintervalls** wieder in einen definierten Systemzustand zurückkehren zu können.“ (Fraunhofer IOSB)

- Dezentralisierung der Erzeugung und Digitalisierung der Systeme erhöhen die Komplexität und Störanfälligkeit

Kategorie	Störereignisse
Physisch-menschlich	Vandalismus, menschliches Versagen
Physisch-natürlich	Starkwetterereignisse, Solar Stürme
Cyber	Denial-of-Service, Bad Data
Technisch	Kaskadeneffekte

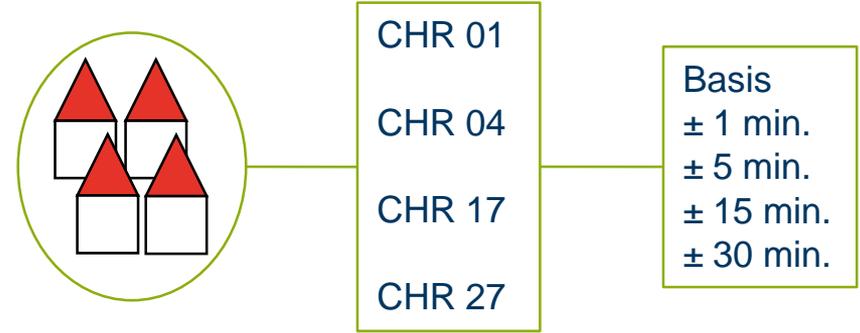
Resilienz im Energiesystem

- Unterscheidung *technischer Resilienz* und *ökologischer Resilienz*
- Resilienz durch Robustheit
- Resilienz durch (modulare) Redundanz
- Resilienz durch intelligente Funktionslimitierung



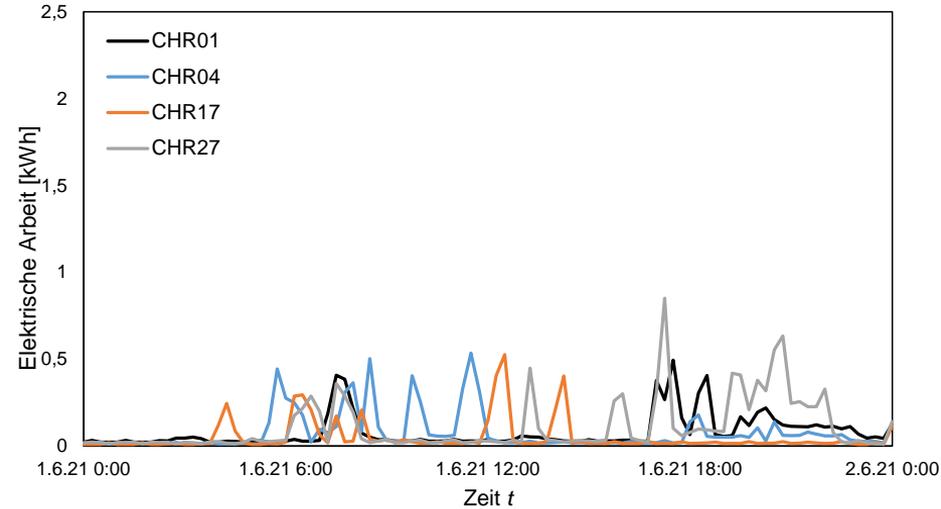
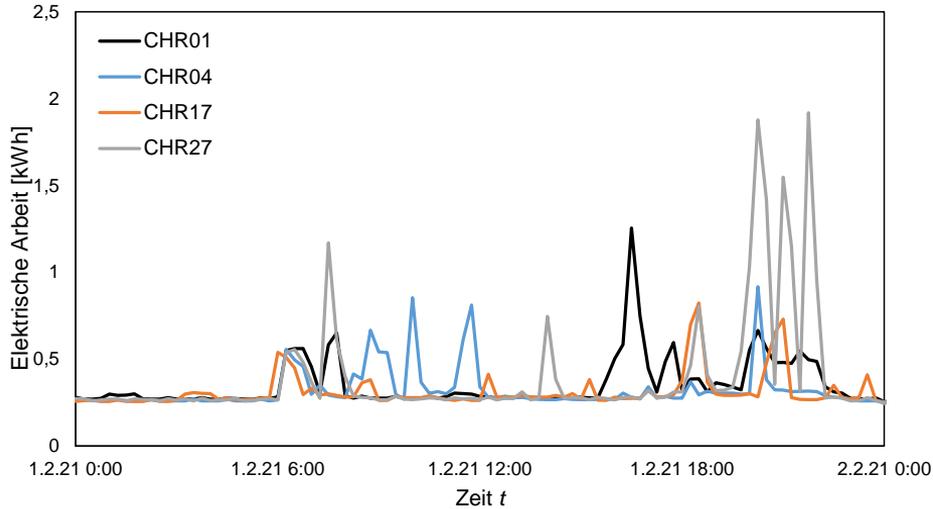
Lastprofile für Haushalte

- Aktivitätsbezogene Lastprofile mit LoadProfileGenerator 10.6
- Zeitliche Auflösung 1 min. und 15 min.
- Zunächst Betrachtung einer Winter- und eine Sommerwoche
- Wetterdaten für Hamburg
- Energiesparende Haushaltsgeräte
- 4 Basishaushalte im Haustyp HT 11



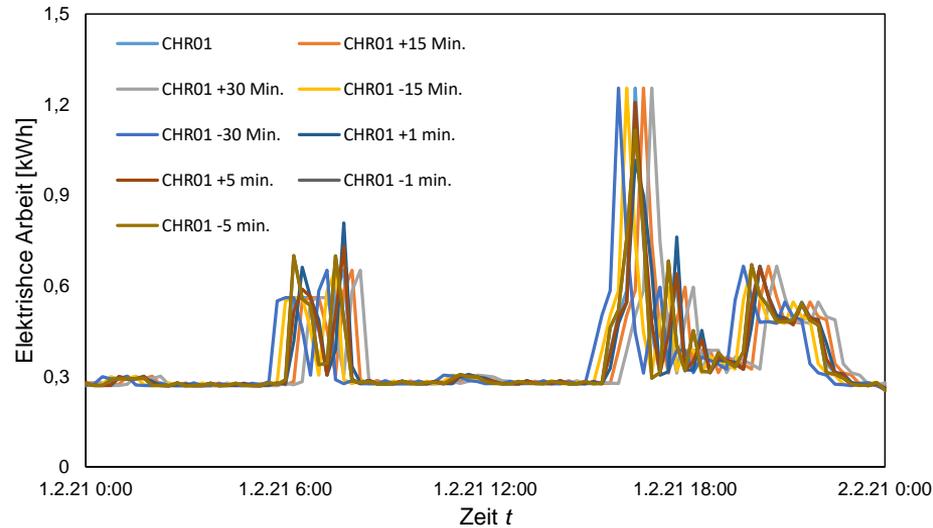
36 Haushalte = 4 Basishaushalte × 9 Zeitvariationen

Lastprofile für Haushalte



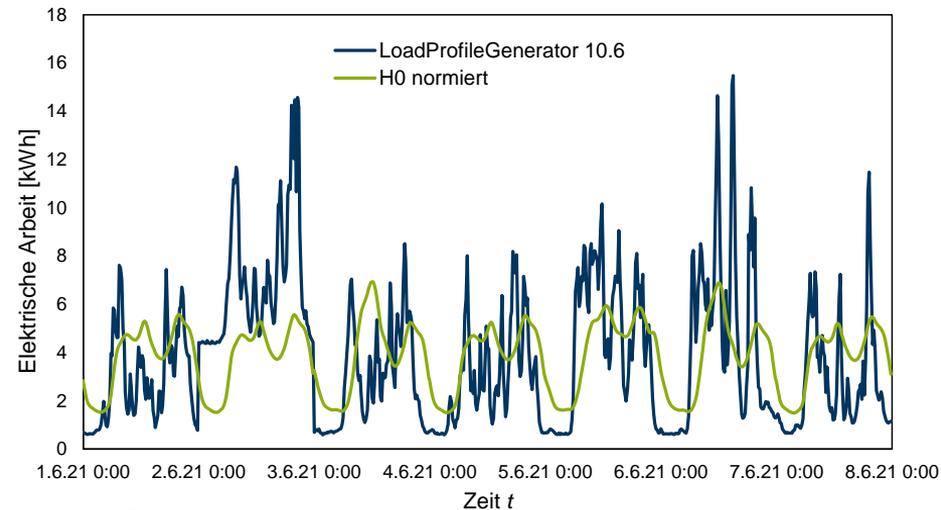
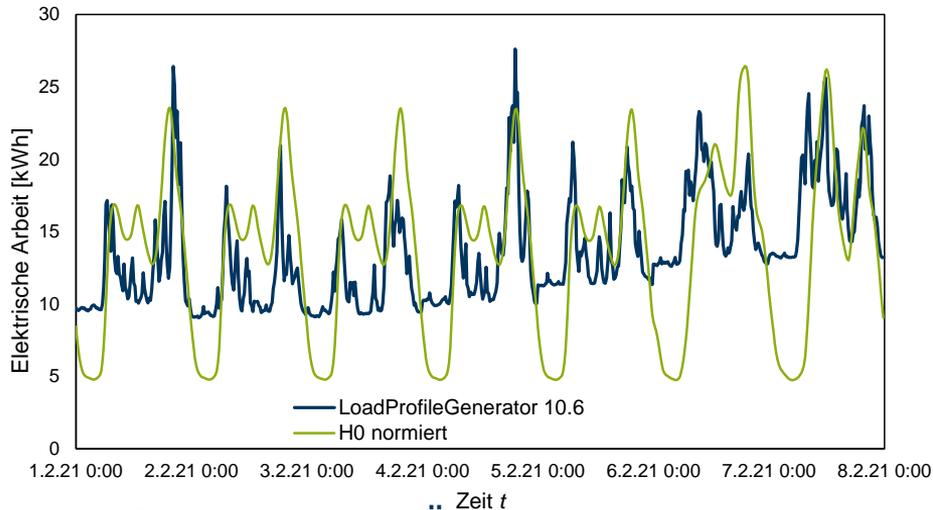
- Unterscheidbare Tagescharakteristika der einzelnen Haushaltstypen
- Im Winter dominiert durch die Nutzung der Wärmepumpe

Lastprofile für Haushalte



- 9 zeitliche Variationen der Lastprofile pro Haushaltstyp
- Spreizung der Hochpunkte am Morgen und Abend
- Darstellung unterschiedlicher Personen gleicher Haushaltstypen

Validierung der Lastprofile

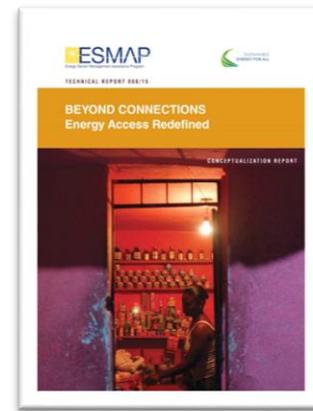


- Grundsätzliche Übereinstimmung von LoadProfileGenerator und Standardlastprofil
- Im Winter Abweichungen in den Nächten durch Normierung und Wärmepumpeneinsatz
- Mehr Spitzen und Senken durch LPG
- Abweichungen am 2.6.2021 durch bezogene Leistung der Wärmepumpen für alle Haushalte

Energetische Versorgungslevel für Haushalte

- Möglichkeit zur Umsetzung intelligenter Funktionslimitierung
- 5 Versorgungslevel mit unterschiedlichen Einschränkungen und Dauern

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



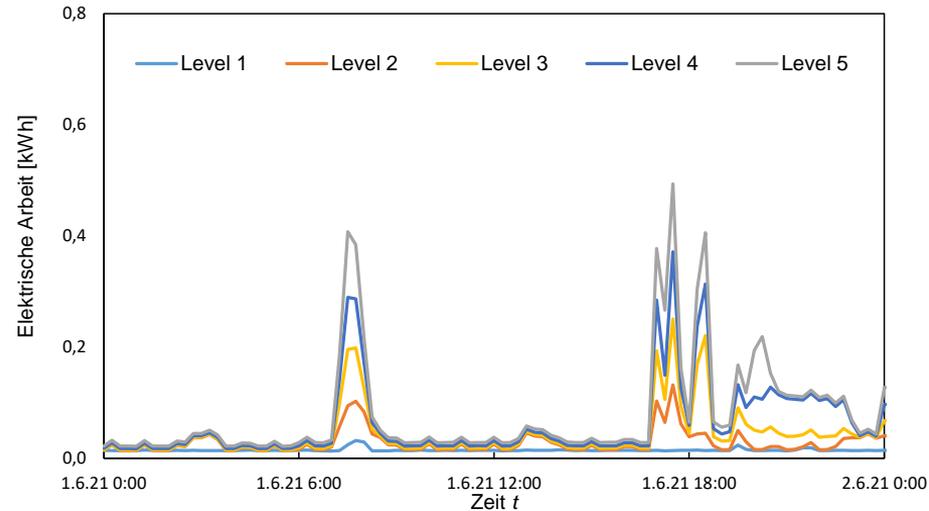
[2] Bhatia und Angelou (2015)



[3] Petermann et al. (2013)

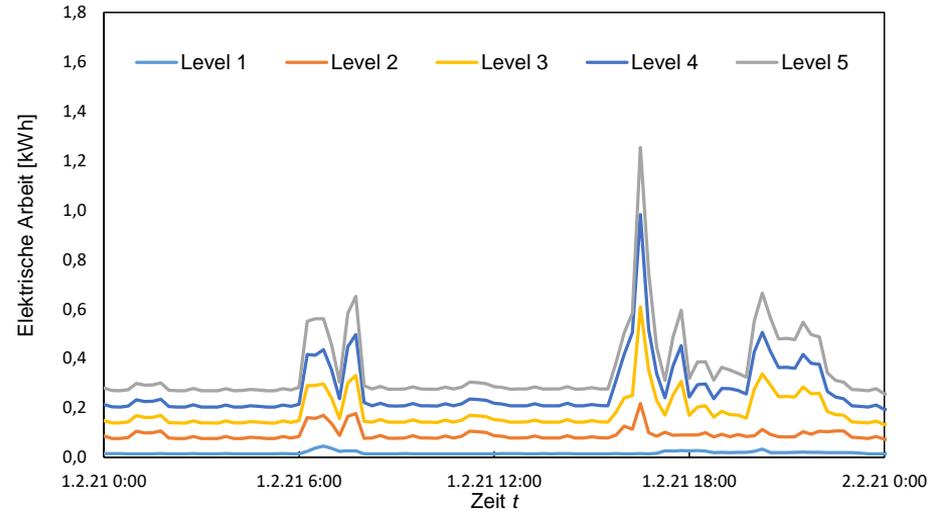
Lastprofile Versorgungslevel Sommer

- Beispielhaft am CHR 01
- Reduktion durch Skalierung der Wärmepumpe und Energie für Kochen am Morgen und Abend
- Unterscheidung bei Level 3 und 4 durch Einschränkung von Entertainment
- Reduktion in der Level 1 um 81,3%



Lastprofile Versorgungslevel Winter

- Beispielhaft am CHR 01
- Skalierung der Wärmepumpe mit größtem Effekt
- Abends Effekte durch Beschränkung der Waschmaschine
- Durch Ausschluss der Wärmepumpe Reduktion um 95% in Level 1



Fazit und Ausblick

- Energetische Versorgungslevel als Strategie zur Umsetzung von Resilienz durch intelligente Funktionslimitierung definiert
- Erste Lastprofile mit dem LoadProfileGenerator 10.6 erstellt

- Ergebnisse sollen für Simulationen genutzt werden
- Zusammenspiel von Redundanz und Funktionslimitierung untersuchen
- Bewertungsschema für Resilienz aufbauen
- Einteilung der Level kritisch hinterfragen und ggf. anpassen
- Elektromobilität einbauen in die Level

Quellen

- [1] Alexander, David (2013): *Resilience and disaster risk reduction: an ethymological journey*, doi: 10.5194/nhess-13-2707-2013
- [2] Bhatia und Angelou (2015): *Beyond Connections: Energy Access Redefined*. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/24368>
- [3] Petermann et al. (2013): *Was bei einem Blackout geschieht. Folgen eines langandauernden und großflächigen Stromausfalls*. doi: 10.5771/9783845270210
- [4] Pflugradt, Noah Daniel: *LoadProfileGenerator 10.6*, www.loadprofilegenerator.de/download

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit



Jakob Böhm

Lehrstuhl für Cross Energy Systems
Ruhr Universität Bochum
jakob.boehm@rub.de
+49 (0) 234 32 26628