

Dr. Jürgen Reuter (drjreuter@web.de)

**Stromausfall in Spanien – Ursachen, Auswirkungen und Folgerungen
(Stand: 1. Mai 2025)**

INHALT

I. Ursachen des Stromausfalls

II. Konsequenzen des Blackouts

III. Weltweite Schlussfolgerungen

IV. Verhinderungsstrategien (in Stichpunkten)

V. Vorsorge und Notfallplanung (in Stichpunkten)

VI. Fazit

Ende April 2025 ereignete sich auf der Iberischen Halbinsel der wohl größte Stromausfall Europas seit Jahrzehnten: Am 28. April gegen 12:30 Uhr MESZ fiel die Stromerzeugung in Spanien binnen weniger Sekunden von rund 27 GW auf etwa 12 GW ab, was einen Kaskadeneffekt¹ im gesamten Netz auslöste und sich auf Portugal, Teile Frankreichs sowie Andorra ausweitete. Über 60 Mio. Menschen waren betroffen, u. a. aufgrund ausgefallener Bahnsysteme, Flughäfen, Ampeln und Mobilfunknetze sowie mehrerer Todesfälle, darunter durch Kohlenmonoxidvergiftung und Brände bei Kerzenlicht.

Spanien ist europaweit Vorreiter beim Ausbau erneuerbarer Energien. 2024 machten diese etwa 66 % der gesamten installierten Leistung aus. Photovoltaik allein trägt über 32.000 Megawatt zur Stromerzeugung bei – mehr als Windkraft. Rund ein Viertel der gesamten Energiekapazität entfällt mittlerweile auf Solarstrom, meldete Red Eléctrica im Februar 2025. Doch diese Entwicklung bringt Herausforderungen. Während die Stromproduktion aus Wind und Sonne zunimmt, ist das Stromnetz vielerorts nicht entsprechend mitgewachsen. Die Internationale Energieagentur (IEA) weist seit Jahren darauf hin, dass Strom – anders als fossile Energieträger – schwer zu handeln und zu transportieren ist. Länder brauchen dafür direkte Leitungsverbindungen, sogenannte Interkonnektoren (s.u.).

I. Ursachen des Stromausfalls

1. Plötzlicher Leistungsabfall im Solarbereich

Untersuchungen von Red Eléctrica de España (REE) ergaben, dass die Solarenergie innerhalb von Sekunden von 18 GW auf 5 GW einbrach. Diese extrem schnelle Leistungsschwankung überstieg die Fähigkeit des Netzes, die Frequenz stabil zu halten (nämlich bei 50 Hz), und führte zur zusätzlichen Abschaltung weiterer Kraftwerke

2. Mangel an Netzträgheit

Moderne Wind- und Solaranlagen liefern Strom über Wechselrichter ohne rotierende Massen, die in konventionellen Kraftwerken für Trägheit sorgen. Mit 70 % erneuerbarer Einspeisung fehlte es dem iberischen Netz an „natürlicher“ Trägheit, um Frequenzstörungen abzufangen. Dadurch verstärkte sich der Frequenzabfall dramatisch.

3. Veraltete Infrastruktur

Teile des spanischen Übertragungsnetzes stammen aus den 1950er Jahren. Die insuffiziente Wartung und fehlende Modernisierung der Hochspannungsleitungen und Umspannwerke machten das System anfälliger für großflächige Ausfälle trotz hoher Investitionen in erneuerbare Erzeuger.

¹ Moderne Versorgungsnetze sind hochkomplexe Systeme, die starke Abhängigkeiten von anderen (kritischen) Infrastrukturen aufweisen. Störungen in diesen Netzen können vielfältige Auswirkungen nach sich ziehen. Beispielsweise können Stromausfälle zu Problemen im Kommunikationsnetz oder der Wasserversorgung führen. Das Entstehen eines Vorfalls als Folge eines anderen nennt man Kaskadeneffekt. (<https://www.emi.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/sicherheit/forschung/analyse-von-kadeneffekten-in-versorgungsnetzen>)

4. Interkonnektivations-Störung

Der initiale Ausfall isolierte das iberische Netz kurzzeitig vom übrigen europäischen Netzwerk, u. a. von Frankreich, was die Wiederherstellung weiter erschwerte und Ausgleichsströme verhinderte.

II. Konsequenzen des Blackouts

1. Menschliches Leid und wirtschaftliche Schäden

Mindestens fünf Todesopfer in Spanien (u. a. durch Kohlenmonoxid, Ausfall von Medizin-Geräten, Kerzenunfälle) und Hunderte Verletzte durch Verkehrschaos. Bahn- und Flugverkehr lagen stundenlang brach, Hotels und Unternehmen meldeten Einnahmeverluste von insgesamt mehreren hundert Millionen Euro.

2. Infrastruktur-Ausfall

Krankenhäuser mussten auf Notstromaggregate umschalten, dennoch kam es zu Eingriffen in laufende Operationen. Ampel- und Straßenbahnausfälle führten zu kilometerlangen Staus. Mobilfunknetze waren stark überlastet, sodass Behörden auf Radio- und Satellitenkommunikation ausweichen mussten.

3. Vertrauenskrise

Das öffentliche Vertrauen in Netzbetreiber (Red Eléctrica und REN) und private Energieunternehmen litt. Verschwörungstheorien – von Cyberattacken bis zu geheimen Atomtests – verbreiteten sich rasch in sozialen Medien, obwohl diese bereits offiziell widerlegt wurden.

4. Politische Reaktionen

Spanien rief eine nationale Krisensitzung ein, Portugal aktivierte seinen nationalen Cyber-Notfallplan. Die EU-Kommission kündigte eine unabhängige Analyse mit technischem Bericht in sechs Monaten an; ein abschließendes Gutachten soll bis September 2026 erstellt sein.

III. Weltweite Schlussfolgerungen

1. Kritische Bewertung der Netzträchtigkeit

Netzbetreiber in Deutschland, Italien und UK prüfen nun verstärkt, ob ihr System ausreichend „inertia“ bietet. Sogenannte synchrone Kondensatoren oder gesteuerte Drehmassenspeicher werden als Ergänzung zu reinen Wechselrichter-Erneuerbaren diskutiert.

2. Dringender Handlungsbedarf bei Speichertechnologien

Länder wie Australien und die USA sehen im iberischen Ausfall eine Warnung, die Investitionen in Großbatteriespeicher und Power-to-X-Anlagen deutlich zu erhöhen, um schnelle Lastschwankungen puffern zu können.

3. Netzausbau und Interkonnektivität

Die EU plant beschleunigte Genehmigungsverfahren für grenzüberschreitende Hochspannungsleitungen, um im Notfall Strom schneller umlenken zu können. Auch Offshore-Windparks sollen via HVDC-Kabel flexibler mit dem Festlandnetz koppeln.

4. (Regulatorische Neuerungen)

Auf UN- und IEA-Ebene werden aktuell Empfehlungen erarbeitet, Mindestanforderungen an Netzstabilität und Frequenzhaltung festzuschreiben, die über nationale Standards hinausgehen.

IV. Verhinderungsstrategien (in Stichpunkten)

1. Technische Maßnahmen

- **Synthetische Trägheit** durch Breitbandwechselrichter mit Frequenz-Response-Funktion
- **Großspeicheranlagen** (Batterien, Pumpspeicherwerke) für Sekunden bis Stunden Ausgleich
- **Schnelle Primärregelung** automatischer Lastabwurf und Aufbau von Reservekapazitäten
- **Modernisierung** alter Leitungsnetze und Transformatoren, verbesserte Wartungszyklen.

2. Netzmanagement

- **Dezentrale Regelung** durch Microgrids bei kritischen Einrichtungen (Krankenhäuser, Städte)
- **Virtuelle Kraftwerke** zur Bündelung kleiner Erzeuger und Verbraucher für bessere Steuerbarkeit
- **Echtzeit-Monitoring** mittels Phasor-Messtechnik (PMU) für schnellere Erkennung von Netzininstabilitäten.

3. Cyber-Resilienz

- **Penetrationstests** und Simulation von Cyberangriffen
- **Segmentierung** sensibler Netzsektionen
- **Redundante Steuerungssysteme** und Offline-Notfallprotokolle

V. Vorsorge und Notfallplanung (in Stichpunkten)

1. Krisenkommunikation

- Schulungen für Bevölkerung im Umgang mit Langzeit-Stromausfällen (Notfall-Kits, lokale Info-Punkte)
- Automatisierte SMS/Radio-Warnungen bei Netzanomalien.

2. Notstromversorgung

- **Mobile Notstromaggregate** für kritische Infrastruktur wie Krankenhäuser und Rechenzentren

- **Erweiterte Diesel- und Batteriebackup-Systeme** in öffentlichen Gebäuden

3. **Übungen und Simulationen**

- Regelmäßige Großübungen („Blackout Drill“) auf nationaler wie EU-Ebene
- Verknüpfung mit Katastrophenschutz und Rettungsdiensten

4. **Versicherung und Risikomanagement**

- **Versicherungsmodelle** für Unternehmen gegen Stromausfall-Schäden
- **Stresstests** für Versorgungsunternehmen analog zu Bankenregulatorik

VI.Fazit

Der Blackout auf der Iberischen Halbinsel war ein Weckruf für die globale Energiebranche: Er verdeutlichte, dass der rasche Ausbau erneuerbarer Energien nur mit gleichzeitiger Modernisierung der Netzinfrastruktur, Erweiterung der Speicher- und Trägheitskapazitäten sowie einem robusten Notfallmanagement nachhaltig gelingen kann. Am Fraunhofer EMI werden Kaskadeneffekte in Versorgungsnetzen und Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Infrastrukturnetzen simulativ analysiert.² Im Rahmen des Projekts »Snowball« haben die EMI-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler das Softwaretool CAESAR (Cascading Effect Simulation in Urban Areas to Assess and Increase Resilience) entwickelt (Abbildung 1). Ziel von CAESAR ist es, durch ein gesteigertes Verständnis von Kaskadeneffekten Vorschläge für eine robustere, gekoppelte Infrastruktur zu liefern und so die Folgen von Ausfällen zu verringern. CAESAR kann verschiedene, voneinander abhängige Infrastrukturnetze (wie Stromnetz, Wassernetz, Mobilfunknetz) in einer Computersimulation einer fiktiven Naturkatastrophe aussetzen. Die Software CAESAR schätzt dabei den ersten Schaden ab, der durch die Naturkatastrophe verursacht wird (beispielsweise das Umknicken eines Strommasts). Die Simulation propagiert im Anschluss den Schaden durch die Versorgungsnetze. Hierbei werden zwei Arten von Kaskadeneffekten betrachtet: die Weitergabe des Ausfalls innerhalb desselben Netzes (beispielsweise kann das Umknicken eines Strommasts zur Unterbrechung der Stromversorgung eines Umspannwerks führen) und die Weitergabe eines Ausfalls über eine Versorgungsnetzgrenze hinaus (zum Beispiel könnte der Ausfall der Stromversorgung zum Ausfall einer Mobilfunkbasisstation führen). Basierend auf dieser Simulation werden neu entwickelte Methoden zur Resilienzsteigerung von Versorgungsnetzen angewandt. CAESAR schlägt mit dieser Methodik Strategien vor, um die Auswirkungen von Kaskadeneffekten insbesondere auf abhängige kritische Infrastrukturen zu verringern. Die Ergebnisse werden durch ein Geoinformationssystem (GIS) auf einer Website dargestellt.

Die kommenden Monate bis zum EU-Gutachten werden entscheidend sein, um Lehren daraus zu ziehen und systemische Schwächen zu beheben, bevor ähnliche Ereignisse andernorts zu wiederholten, womöglich noch gravierenderen Krisen führen.

² www.emi.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/sicherheit/forschung/analyse-von-kaskadeneffekten-in-versorgungsnetzen

Quellen: (DL 29.04.-1.05. 2025).

<https://www.washingtonpost.com/world/2025/04/29/spain-power-outage-cause-blackouts-travel-chaos>

<https://www.theguardian.com/world/2025/apr/29/spain-portugal-returning-normal-experts-cause-blackout>

<https://www.reuters.com/business/energy/dont-blame-renewables-spains-power-outage-bouso-2025-04-30>

<https://elpais.com/sociedad/2025-04-29/lo-que-se-sabe-y-no-del-apagon-masivo-red-electrica-niega-un-ciberataque-mientras-el-gobierno-se-resiste-a-descartar-nada>

<https://techxplore.com/news/2025-04-spain-portugal-power-responses-crisis>

<https://www.economista.es/actualidad/noticias/13337404/04/25/por-que-ocurre-un-gran-apagon-electrico-o-blackout-y-como-puede-afectar-a-espana>

https://www.elconfidencial.com/espana/2025-04-28/directo-cortes-luz-espana-portugal_4117946

<https://www.huffingtonpost.es/politica/sanchez-convoca-hoy-nuevo-consejo-seguridad-nacional-seguir-evaluando-situacion-apagon>

<https://es.euronews.com/my-europe/2025/04/29/esto-es-lo-que-sabemos-del-apagon-generalizado-que-afecto-a-espana-y-portugal>

<https://cadenaser.com/nacional/2025/04/28/espana-sufre-un-apagon-electrico-masivo-en-todo-el-pais-cadena-ser>

<https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/energie/stromausfall-in-spanien-und-portugal-was-steckt-dahinter>