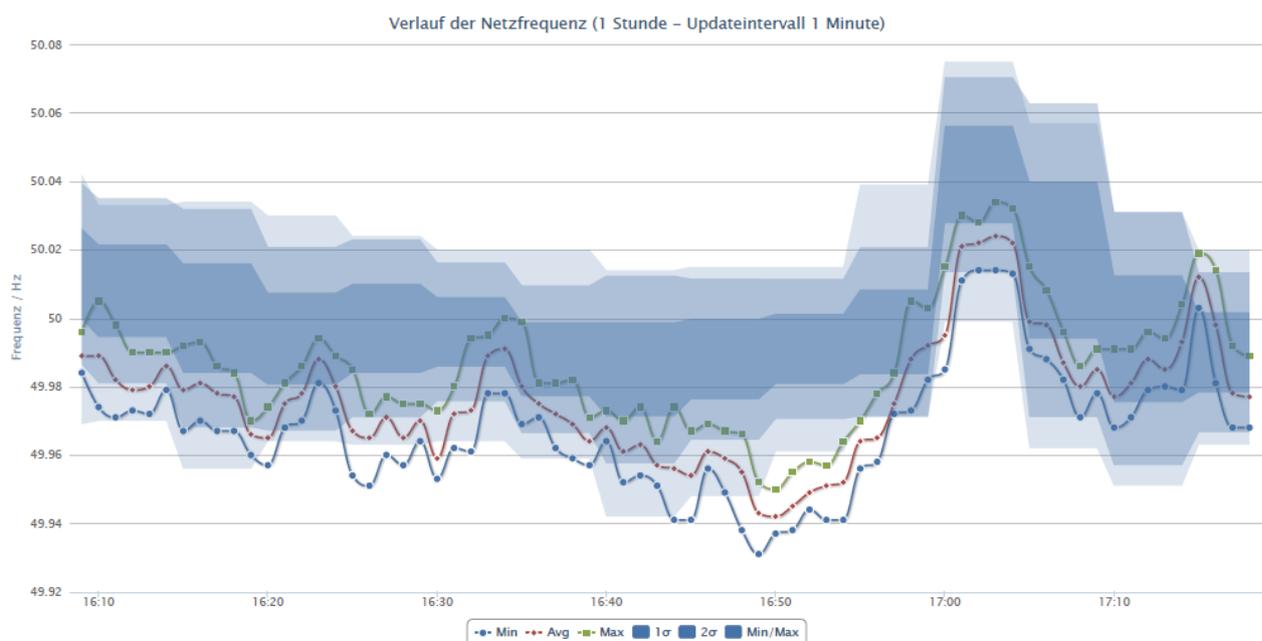


## Was war am 8.1.2021 ab 14:05:25,9 im europäischen Stromnetz los?

Ich habe nach dem offiziellen YCBS-Jänner-Clubabend 2021 versucht, den aktuellen Bericht der europäischen Netzagentur ENTSO-E zu erklären. Nach dem nicht mehr sehr viele online waren, und ich auch nicht so geübt im Präsentieren bin, gibt's nun auch was zum Nachlesen. Ich verwende hier einige Links aus externen Quellen, in denen gute Erklärungen, Berichte und Livedaten zu finden sind. Ich versuche mich dabei auf ‚gute‘ Quellen zu beschränken, die faktenbasierend, oder offiziell sind. Für den Inhalt diese Quellen sind dann die externen Quellen verantwortlich - weder der YCBS, noch ich, das kennt Ihr ja.

Ich möchte erst mal mit ein paar Grundlagen und Erklärungen zum komplexen Thema beginnen. Es gibt seit der Liberalisierung des Strommarktes in Europa zu beinahe jedem Wechsel der Viertelstunde (ja, auch da werden Glasen verwendet) merkbare Frequenzschwankungen. Sehr ausgeprägt sind die Schwankungen beim Stundenwechsel. Die Ursache ist, dass die Kraftwerke (Erzeuger), aber auch große Verbraucher an einer Strombörse die Energie viertelstundenweise verkaufen, und kaufen. So präzise kann ein Kraftwerk allerdings nicht gestartet und gestoppt werden, da gibt es immer wieder Überschneidungen oder Lücken, die ein Zuviel oder Zuwenig an Energie im Stromnetz widerspiegeln. Solche Ungleichgewichte spiegeln sich dann in der Netzfrequenz wider. Da ist es nun notwendig, eine Balance, ein Gleichgewicht zu finden - und das jede einzelne Sekunde. Es gibt nur eine geringe Speicherfähigkeit, die Masse der sich drehenden Turbinen und Generatoren stellt eine gewisse ‚Momentanreserve‘ dar, dazu aber später. Auch Ausfälle von Leitungen, Kraftwerken, großen Verbrauchern oder Teilen des Stromnetzes aus allen möglichen Gründen haben Auswirkungen auf die Netzfrequenz, wenn dadurch ein Ungleichgewicht entsteht.

Sehr gute Echtzeitwerte der Netzfrequenz und Erklärungen sind auf der Seite <https://www.netzfrequenz.info/verlauf-1-stunde-mit-daten-aus-den-vorjahren> zu finden. Hier ein Beispiel vom 28.1.2021 16:10 bis 17:20, die Änderungen sind um 17:00 recht deutlich ausgeprägt, und sind ‚Normalzustand‘.



**49.968 Hz | 49.977 Hz | 49.989 Hz**

Die Frequenz von 50 Hz ist im europäischen Stromnetz die Normalfrequenz. Auf diese Frequenz ist das Stromnetz, und alle Geräte, die wir anschließen, ausgelegt. Es gibt aber erlaubte Abweichungen, einen für die Regelung notwendigen Bereich (im nächsten Bild grün und gelb dargestellt), gewisse Grenzen, die nicht überschritten werden sollten, die dann im ersten Schritt manuelles Handeln erfordern, und ab gewissen Abweichungen auch vollautomatisches Handeln auslösen. Das geht dann bis zum vielzitierten ‚Blackout‘ als Schutz, auch als Selbstschutz, um die wertvolle Infrastruktur und die Geräte, die wir alle am Stromnetz betreiben, zu schützen.

Hier ein Link zu den Livedaten <https://www.netzfrequenz.info/aktuelle-netzfrequenz-full> mit sehr guten Erklärungen der Maßnahmen im Link.

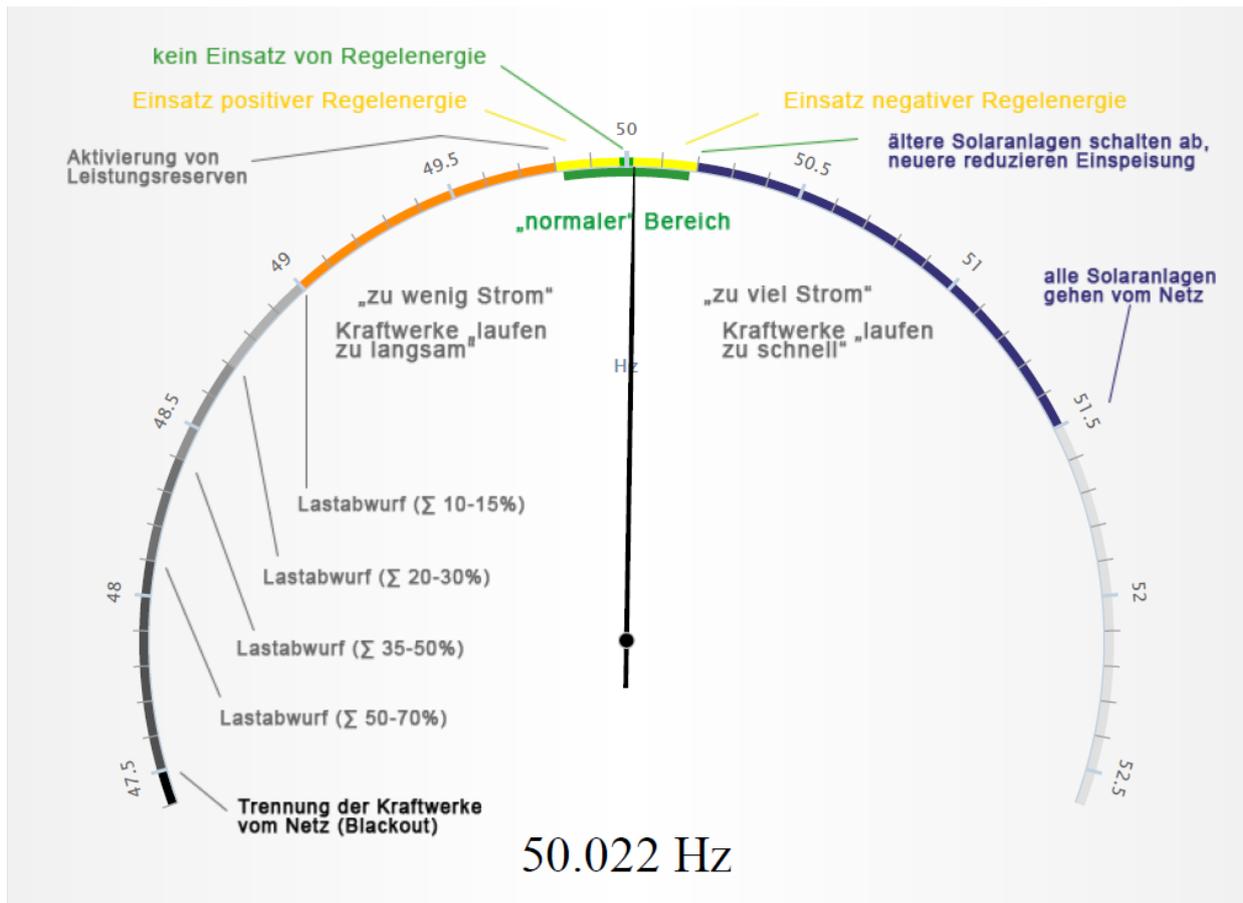


Bild 2 © netzfrequenz.info

Eine gute Seite mit ebenfalls guten Erklärungen, und Berichten ist auch <https://www.netzfrequenzmessung.de/#:~:text=Die%20aktuelle%20Netzfrequenz%20betr%C3%A4gt%2050.006%20Hz.>

Fast schon offiziell ist die Seite <https://gridradar.net/netzfrequenz.html> und die Schweizer Seite: <https://www.swissgrid.ch/de/home/operation/regulation/frequency.html>

Richtig offiziell ist die Seite: <https://www.entsoe.eu/>

Das ist die Seite des Verband Europäischer Übertragungsnetzbetreiber, hier nochmal zum Nachlesen wie die Organisation entstanden ist, und was die so macht:

[https://de.wikipedia.org/wiki/Verband\\_Europ%C3%A4ischer\\_%C3%9Cbertragungsnetzbetreiber](https://de.wikipedia.org/wiki/Verband_Europ%C3%A4ischer_%C3%9Cbertragungsnetzbetreiber)

Hier noch ein Link, der das Verteilerstromnetz darstellt, bitte ruhig mal links die Schaltflächen ‚extra Info‘ etc. benutzen. Auch ein zoomen auf unsere Gegend ist mal interessant:

<https://www.entsoe.eu/data/map/>

So, nun mal Schluss mit den Grundlagen, wenden wir uns jetzt mal den Ereignissen am 8.1.2021 zu:

Die ersten Berichte lauteten, dass es im Bereich Rumänien Stromausfälle gegeben habe, dass das Stromnetz in 2 Bereiche getrennt wurde, und ca. nach einer Stunde die beiden Teilnetze wieder synchronisiert, und zusammengeschaltet wurden. Es hat eine Kaskade von Vorfällen gegeben, die wie ein Dominoeffekt an verschiedenen neuralgischen Punkten zu einer Überlastung geführt haben.

Die ENTSO-E hat am 26.1.2021 auch einen Bericht (englisch) zu den Ereignissen am 8.1.2021 veröffentlicht. Hier der Link dazu. <https://www.entsoe.eu/news/2021/01/26/system-separation-in-the-continental-europe-synchronous-area-on-8-january-2021-2nd-update/>

Für diesen Bericht wurden die Protokolle der Umspannwerke, Kraftwerke usw. ausgewertet, und es konnte eine zeitliche Abfolge rekonstruiert werden. Es gab ein Ungleichgewicht, im südöstlichen Bereich wurde um 6,3 GW mehr Strom produziert, der in den Nordwesten geliefert und dort verbraucht wurde. Den Beginn nahm dann die Störung im Bereich des Umspannwerkes Ernestinovo in Kroatien, durch dass das Auslösen eines 400-kV-Sammelschienenkopplers um 14:04:25,9, einer Sicherung, wie wir sie etwas kleiner auch bei uns Zuhause kennen. Dies führte zu einer Entkopplung der beiden Sammelschienen im Umspannwerk Ernestinovo, wodurch die Stromflüsse im Nordwesten und Südosten des Umspannwerkes getrennt wurden.



Bild 3 © ENTSO-E

Wie in Bild 3 gezeigt, verbinden die Nordwest-Leitungen, die mit einer Sammelschiene verbunden blieben, Ernestinovo mit Zerjavinec (Kroatien) und Pecs (Ungarn), während Südost-Leitungen, die mit einer anderen Sammelschiene verbunden blieben, Ernestinovo mit Ugljevik (Bosnien-Herzegowina) und Sremska Mitrovica (Serbien).

Die Trennung der Ströme im Umspannwerk Ernestinovo führte zur Verlagerung der Stromflüsse auf die benachbarten Leitungen, die anschließend überlastet wurden. Um 14: 04: 48.9 Uhr, 23 Sekunden später, löste der Überstromschutz der Leitung Subotica - Novi Sad (Serbien) aus. Darauf folgte das weitere Auslösen von Leitungen aufgrund des Überstromschutzes, wie in Bild 4 unten zu sehen, was schließlich zur Trennung des Systems in zwei Teile um 14: 05: 08.6 Uhr führte. Die letzten Leitungen schalteten sich im 0,1-Sekunden-Takt aus, seit dem 1. Ereignis sind nun 42,7 Sekunden verstrichen.



Bild 4 © ENTSO-E

Das Ergebnis sind nun 2 getrennte Synchrongebiete, siehe Bild 5. Das führte zu einem Leistungsdefizit (ca. -6,3 GW) im Nordwesten (blau) und einem Leistungsüberschuss (ca. +6,3 GW) im Südosten (orange), was wiederum zu einem Frequenzabfall im Nordwestgebiet und einer Frequenzerhöhung im Südostgebiet führte.

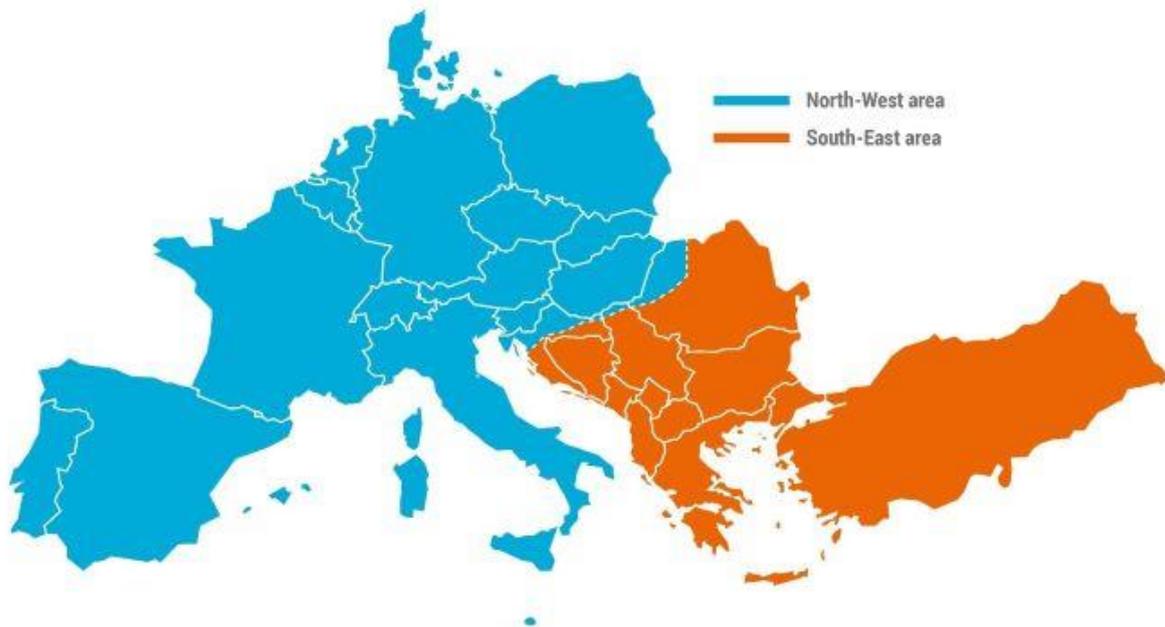


Bild 5 © ENTSO-E

Um ungefähr 14:05 Uhr MEZ sank die Frequenz im Nordwesten zunächst innerhalb eines Zeitraums von ungefähr 15 Sekunden auf einen Wert von 49,74 Hz (zur Erklärung siehe Bild 2), bevor sie schnell einen stationären Wert von ungefähr 49,84 Hz erreichte. Gleichzeitig stieg die Frequenz im Südosten zunächst auf 50,6 Hz an, bevor sie sich auf eine stationäre Frequenz zwischen 50,2 Hz und 50,3 Hz einstellte, wie in Bild 6 dargestellt:

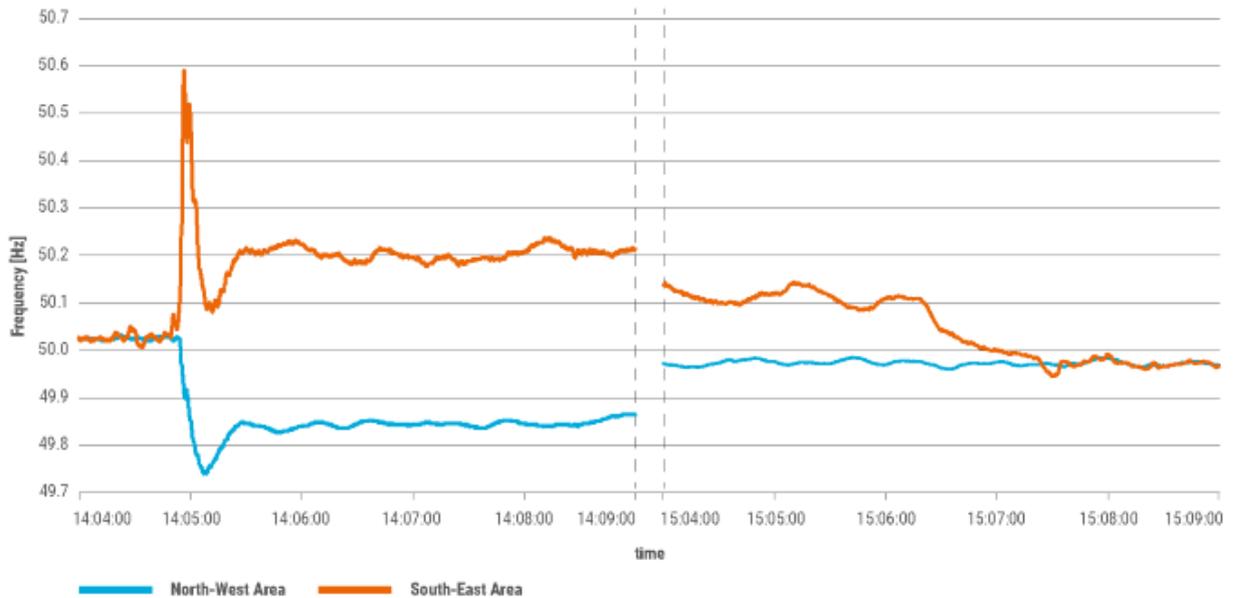


Bild 6 © ENTSO-E

Aufgrund der geringen Frequenz im Nordwesten wurden vertraglich vereinbarte unterbrechbare Dienste in Frankreich und Italien (insgesamt rund 1,7 GW) abgeschaltet, um die Frequenzabweichung zu verringern. Diese Dienste werden von Großkunden bereitgestellt, die von den jeweiligen Übertragungsnetzbetreibern (TSOs) beauftragt wurden, die Verbindung zu trennen, wenn die Frequenz unter einen bestimmten Schwellenwert fällt. Zusätzlich wurden automatisch 420 MW und 60 MW unterstützende Leistung aus den Synchrongebieten Nordic (Schweden und Norwegen) und Großbritannien aktiviert und eingespeist. Diese Gegenmaßnahmen stellten sicher, dass bereits um 14:09 Uhr MEZ die Frequenzabweichung vom Nennwert von 50 Hz im Nordwesten auf rund 0,1 Hz reduziert wurde (Bild 6). Zwischen 14:30 Uhr MEZ und 15:06 Uhr MEZ schwankte die Frequenz im Südostgebiet zwischen 49,9 Hz und 50,2 Hz, da das Südostgebiet, in dem auch mehrere Kraftwerke getrennt waren, relativ klein war (Bild 7). Während dieses Zeitraums schwankte die Frequenz im Nordwesten weit weniger und blieb aufgrund der relativ großen Ausdehnung des Nordwestgebiets nahe am Nennwert von 50 Hz.

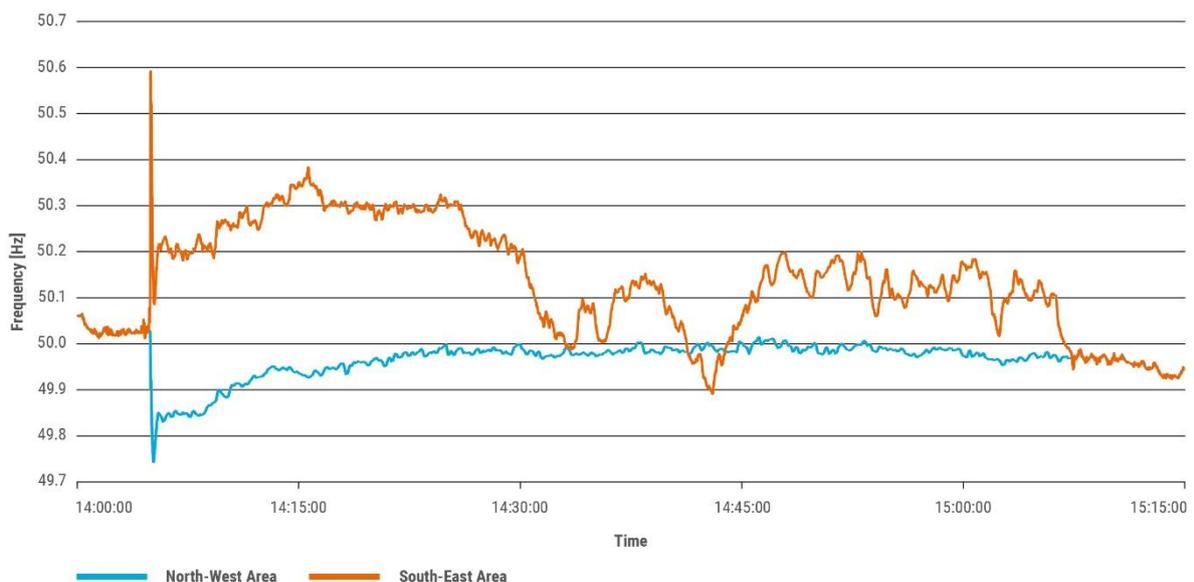


Bild 7 © ENTSO-E

Die automatische Reaktion und die koordinierten Maßnahmen der ÜNB in Kontinentaleuropa stellten sicher, dass die Situation in der Nähe des normalen Betriebs schnell wiederhergestellt wurde. Die vertraglich vereinbarten unterbrechbaren Dienste in Italien und in Frankreich wurden um 14:47 Uhr MEZ bzw. 14:48 Uhr MEZ wieder angeschlossen, bevor die Nordwest- und Südostgebiete um 15:08 Uhr MEZ neu synchronisiert und zugeschaltet wurden.

Soweit also die beinahe wörtliche Übersetzung des englischen Berichtes. Es wurde für ca. 15 Sekunden der normale Regelbereich von 49,8 Hz um 0,06 Hz unterschritten, das löste bereits umfangreiche Gegenmaßnahmen aus, die auch schnell Wirkung gezeigt haben. Und natürlich sind 15 Sekunden auch lange im Vergleich zu den 42,7 Sekunden, die diese Kaskade der Abschaltungen selbst gedauert hat. Es hätte auch eine weitere Kaskade an einer anderen Stelle geben können, es gab zu diesem Zeitpunkt glücklicherweise keine weiteren Überlastungen. Aber es gab in einigen Regionen Ausfälle bei Kunden in der Größenordnung von 70 MW im Nordwesten, und in der Größenordnung von 163 MW im Südosten. Das entspricht bei 70 MW einer Größenordnung von ca. dem Stromverbrauch von Wels, und 163 MW ist etwas weniger, als der Stromverbrauch von Linz, nur um ein Gefühl für den Umfang der Stromausfälle zu bekommen. Von gezielten Lastabwürfen oder einem ‚Blackout‘ waren wir noch sehr weit entfernt. Dazu müsste ein in etwa 5 x so großes Ungleichgewicht vorliegen, bis es zu automatischen Lastabwürfen kommt, siehe Bild 2. Einen wichtigen Beitrag zur Stabilisierung des Systems leisteten die zuvor vertraglich vereinbarten unterbrechbaren Dienste, die in Frankreich und Italien aktiviert wurden. Mit solchen Verträgen, die mit Kunden vereinbart wurden, kann der Netzbetreiber seinen Stromverbrauch je nach Situation mit dem Stromnetz in Echtzeit vorübergehend und automatisch senken. Man kann auch mit solcher Regelenergie an der Strombörse handeln. Dazu zählen Großkunden, aber auch der ganz normale Wärmepumpentarif bei uns zählt zu dieser Gruppe, nur bekommen wir als Endkunden dafür nichts bezahlt. Dadurch kann der Netzbetreiber in solchen Fällen die Leistung sehr schnell reduzieren, und dadurch das Netz stabilisieren.

Drei Vorfälle möchte ich noch erwähnen:

Immer wieder wird auf das Ereignis am 4.11.2006 Bezug genommen, und es hat auch ein wenig mit der Seefahrt zu tun. Eine der Trennlinien, die sich nach den Abschaltungen ergeben hat, hatte geografisch die gleichen Bereiche getrennt, wie der Vorfall am 8.1.2021 - siehe Bild 8 & 5:

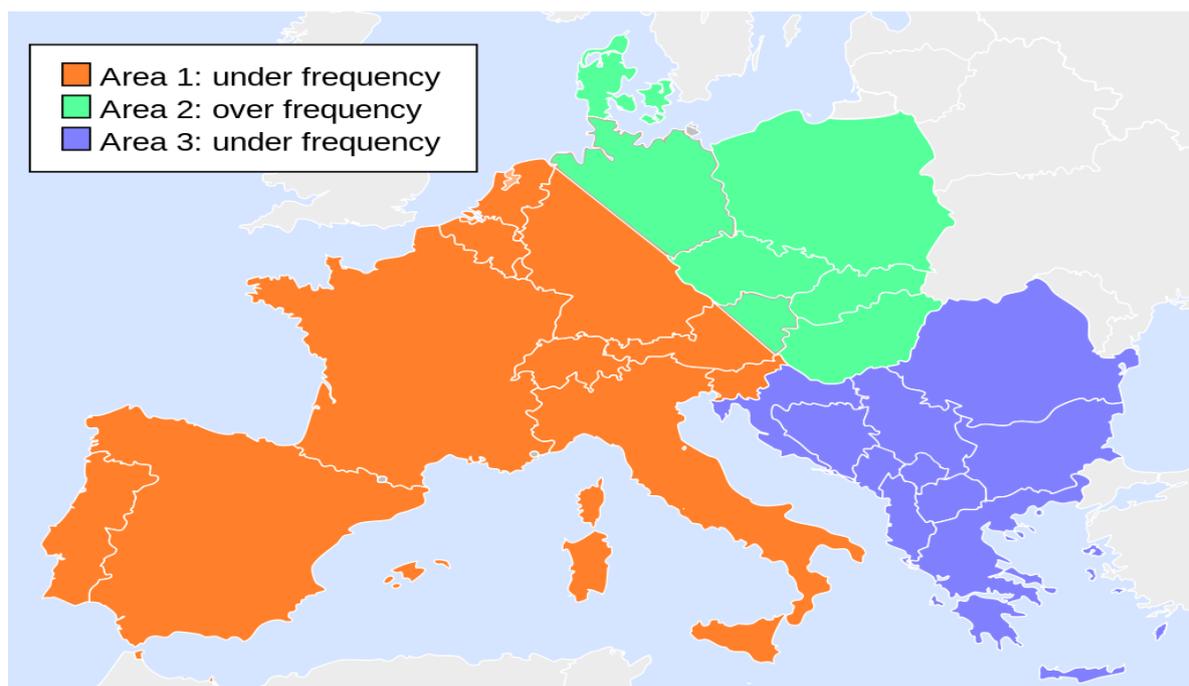


Bild 8 © Wikipedia

Eine der Trennlinien lief seinerzeit genau durch Österreich

Hier der Link dazu : [https://de.wikipedia.org/wiki/Stromausfall\\_in\\_Europa\\_im\\_November\\_2006](https://de.wikipedia.org/wiki/Stromausfall_in_Europa_im_November_2006)

Ich habe euch noch versprochen Infos über die Momentanreserve zu schreiben. Hier ein Vorfall, der auch noch nicht so lange her ist. Als am 29.12.2020 in Kroatien die Erde bebte, kam es zu einer RESA (Reaktor-Schnellabschaltung) in Slowenien - hier die Infos und Erklärungen dazu:

<https://gridradar.net/resa-kkw-krsko-erdbeben-20.12.2020.html>

Der 49,82 Hz Vorfall vom 23.07.2020 um 24 Uhr war ohne große Auswirkungen, hier der Link :

[https://gridradar.net/Unterefrequenzereignis\\_Juli\\_2020.html](https://gridradar.net/Unterefrequenzereignis_Juli_2020.html) ist von der Frequenzschwankung vergleichbar mit jener am 8.1.2021.

Und es gäbe noch viele erwähnenswerte Vorfälle, die sind alle in den Links zu finden.

Gridradar bringt generell sehr fundierte Berichte: <https://gridradar.net/news.html>

Hier ein Link zu einem Vortrag der APG (Austrian Power Grid) über Blackout – Vorsorge – und Wiedereinschaltung, Inselaufbau, allerdings sehr technisch:

[http://fwz.ph-noe.ac.at/fileadmin/\\_migrated/content\\_uploads/5d\\_Blackout-Vorsorge\\_Markovic.pdf](http://fwz.ph-noe.ac.at/fileadmin/_migrated/content_uploads/5d_Blackout-Vorsorge_Markovic.pdf)

Um den Wiederaufbau eines ausgefallenen Stromnetzes zu erklären, versuche ich das mal kurz zu beschreiben:

Im Allgemeinen wird versucht, rasch nach einem Ausfall die Stromversorgung wieder her zu stellen. Selbst bei einem totalen Blackout werden viele Kraftwerke noch laufen, und einige Inselbereiche noch mit Strom versorgt werden. Von jenen Kraftwerken, die komplett abgeschaltet haben, gibt es einige Kraftwerke die ‚schwarzstartfähig‘ sind, das bedeutet, dass sie ohne ein funktionierendes Netz ihren Betrieb wieder aufnehmen können, und dann ein Netz um das Kraftwerk bilden können. Es wird im Sinne der Krisenvorsorge versucht, immer mehr Kraftwerke schwarzstartfähig zu machen. Das sind z.B. auch alle Kraftwerke der ÖBB (die ÖBB hat ja ein eigenes Stromnetz, das mit 16 1/3 Hz arbeitet). Also ist zumindest das Zufahren prinzipiell mal schnell wieder möglich. Im Bereich der funktionierenden Kraftwerke werden nun Inseln aufgebaut. Gebiete um diese Kraftwerke sind damit schon mal versorgt. Diese Inseln werden dann nach und nach miteinander synchronisiert und zu größeren Gebieten zusammengeschaltet. Die Versorgungsgebiete werden dadurch größer und stabiler. Das wird fortgesetzt, bis das europäische Stromnetz wieder stabil läuft. Mit Synchronisation ist gemeint, dass die Bereiche ‚im selben Takt‘ laufen - hier eine ausführliche Erklärung dazu:

[https://de.qaz.wiki/wiki/Synchronization\\_\(alternating\\_current\)](https://de.qaz.wiki/wiki/Synchronization_(alternating_current))

Es gab immer wieder Vorfälle, und es wird sie auch in Zukunft geben, auch ein wirklicher Blackout ist durchaus möglich, da kommen dann eventuell auch Sonnenaktivitäten ins Spiel.

### **Ob wir uns auf einen Blackout vorbereiten sollten?**

Von mir dazu ein klares JA, es wird irgendwann (möglicherweise) passieren. Aus heiterem Himmel. Wie bekomme ich Wasser, funktioniert die Klospülung usw.? Da schadet es auch nicht, für ein paar Tage Vorräte Zuhause zu haben, um sie regelmäßig zu erneuern. Man kann ja mal etwas von den noch nicht abgelaufenen Vorräten zum Segeln mitnehmen. Sich einmal darüber Gedanken zu machen, welche Systeme wichtig sind (im Winter die Heizung, Kühlschränke, Radio ...), wäre sicher nicht falsch. Wie kann ich diese wenigstens ein paar Stunden täglich mit Notstrom oder mit Solarstrom versorgen?

Auch dazu gibt es einen Link:

<https://www.zivilschutz-ooe.at/hilfe-zum-selbstschutz/krisenfester-haushalt/bevorratung/>

Bitte nagelt mich nicht fest, oder schickt mir eure abgelaufenen Konservendosen. Ich hoffe, wir können die Dosen im Regal stehen lassen und werden sie nie für ein Blackout brauchen.

Es gibt auch den sehr gut recherchierten Roman „Blackout“ von Marc Elsberg zu diesem Thema.  
[https://www.thalia.at/shop/home/artikeldetails/ID33790317.html?utm\\_medium=psm&utm\\_source=www.billiger.de&ProvID=11018613](https://www.thalia.at/shop/home/artikeldetails/ID33790317.html?utm_medium=psm&utm_source=www.billiger.de&ProvID=11018613)

Zu guter Letzt noch die ersten Worte aus dem Buch Mose - Die Schöpfung: 1. Es werde Licht ...  
Da hatten Elektriker schon vorher die Leitungen verlegt.

LG

Euer Claus Schreiner