



# Traunsteiner Liste

## Ökonomisch Ökologisch Sozial

### Wie leistungsfähig und flexibel ist unser Stromnetz

Vortrag von Dr. Roland Hofer, E.ON Regensburg zur Integration großer Anteile regenerativ erzeugten Stromes in das Netz im Rahmen der Klimawoche Traunstein

Aula der Realschule Traunreut 29.4.2013, 18-20 Uhr.

Am 20.6.2013 neu verfasst mit Zusatzinfos vom Verfasser: Peter Blumenthal

#### Umspannwerk-Traunreut

Dem Vortrag vorangegangen ist eine Besichtigung des Umspannwerkes Traunreut (neben BSH und Siteco). Derzeit (Juni) wird das Umspannwerk grunderneuert und um einen dritten Trafo erweitert. Die beiden Umspanntrafos von 110kV auf das 20kV Mittelspannungsnetz reichen zeitweise nicht mehr aus. Nicht weil der Strombedarf von Traunreut steigt, sondern weil Spitzen bei der Photovoltaik die beiden Trafos in umgekehrter Richtung auslasten, also wenn sie von 20kV auf 110kV hochtransformieren. Bei der Planung der Anlage in den 70er Jahren war so etwas noch gar nicht vorstellbar. Da war die Leistungsrichtung nur von hoher zu niedrigerer Spannungsebene.

Mit drei Trafos ist auch ein Totalausfall des Umspannwerkes weniger wahrscheinlich. Dann würden Bezug oder Einspeisung auf andere Umspannwerke der Region verteilt werden, da alles vernetzt ist. Dieses Umspannwerk wie auch viele andere in Bayern werden von einem zentralen Lastverteiler aus ferngesteuert.

#### Vortrag Einführung durch Landrat

Es sind ca. 50 Personen, viele aus der Energiebranche gekommen. Landrat Steinmaßl betont in seiner Einführung den weiteren Ausbau der Wasserkraft, lobt den hohen PV-Anteil aber Windkraft nur dort wo es sinnvoll sei. Den Flächenbedarf für Biogas-Verstromung und Biosprit vergleicht er mit dem Nahrungsanbau früherer Zeiten für z.B. Zugpferde und daher schon damals für „Mobilität“.

Geothermie habe mit Blick auf die hinter den Erwartungen liegenden Bohrungen bei Traunreut noch keine Bedeutung und bei Netzanforderungen denkt er an den Kraftwerksverbund mit Österreich.

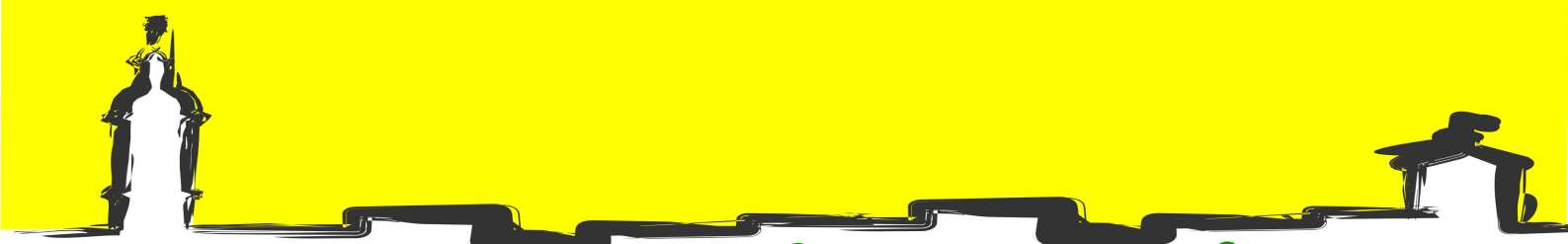
#### Vortrag Powerpoint Dr. Hofer

Leider war der Vortrag zu voll mit Folien, auf die teilweise gar nicht eingegangen werden konnte. Viele Grundlagen sowie das Wesen der Netzstabilität blieben leider unerwähnt. Stromversorger meiden dieses Thema, da es als ein Eingeständnis unsicherer Versorgungslage verstanden werden könnte.

#### Daten zum Stromnetz in D und Bayern

In Deutschland ist das Netz auf 4 Spannungsebenen wie folgt verteilt

Netz	Phasenspannung	km	Zweck
Höchstspannung	220kV/380kV	36.000	Austausch Länder und Regionen
Hochspannung	110kV (ohne Bahn)	76.000	Regional, Landkreise
Mittelspannung	20kV zunehmend Kabel	507.000	Städte Industrien Überland zu Dörfern
Niederspannung	400V fast nur Kabel	1164.000	Straßenzüge, Gebäude



# Traunsteiner Liste

## Ökonomisch Ökologisch Sozial

Seit Entstehen der Netze vor knapp 100 Jahren war eine zentrale Erzeugung und die Feinverteilung vor Ort das Strukturprinzip (**Verfasser**: die häufige regionale Klein-Wasserkraft hatte lange eigene Inselnetze oder nur Hausnutzung z.B. in Mühlen).

### Das Spannungsproblem

Neu ist seit wenigen Jahren hohe fluktuierende Einspeisung in das Nieder- und Mittelspannungsnetz beim ehemaligen Verbraucher.

Die Versorgungs-Trafos von Mittel- zu Niederspannung werden auch hier wie von Hoch- zu Mittelspannung immer häufiger zu Einspeisetrafos. Besonders auf dem Land mit großen Dachflächen voll PV. Dazu braucht man nicht nur größere Trafos und dickere Kabel, sondern auch neue regelbare Trafos an Einspeise-Schwerpunkten, die jetzt erst nach und nach zum Tragen kommen.

**Verfasser**: Die Leistungsrichtung, d.h. ob und wie viel ein Trafo versorgt oder einspeist kann durch das Übersetzungsverhältnis gesteuert werden. Das kann sich sehr schnell ändern, wenn z.B. plötzlich die Sonne durchbricht und die angeschlossenen Wechselrichter der PV-Module ein Vielfaches der Leistung von soeben einspeisen, obwohl kurz vorher noch Leistung vom Trafo bezogen wurde. Durch die plötzlich erhöhte Einspeisespannung gegenüber der Verbrauchsspannung wäre bei konstanter Übersetzung der Trafo sonst überlastet worden, wenn die Mittelspannung konstant bleibt.

Auch das kann sich ändern, denn Sonnenstrom in Bayern kann mittlerweile mehr Leistung als alle (incl. stillgelegten) bayerischen Kernkraftwerke liefern (10000 MW, davon 50% E.ON-Gebiet). Großräumiger Sonnenschein kann damit sogar der Hochspannungsebene Spannung aufprägen.

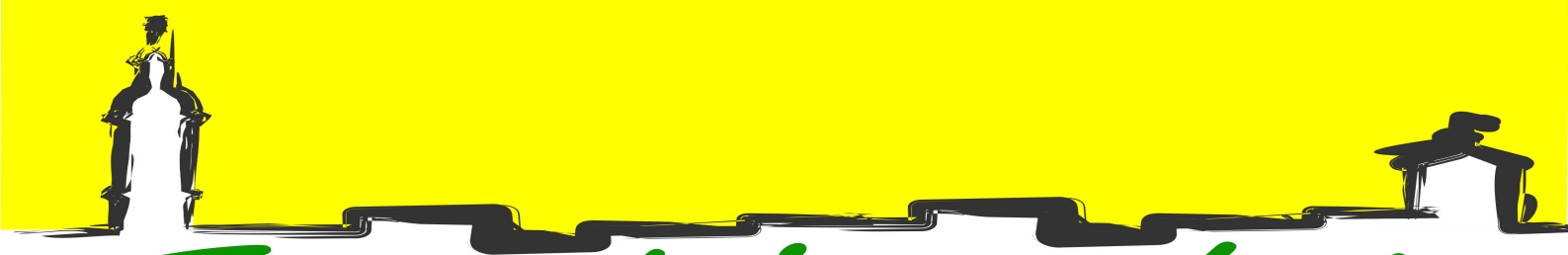
Der Anteil von regenerativem Strom soll in der Jahresbilanz bis 2020 auf 35% und jedes Jahrzehnt um weitere 15% steigen (2060 Voll-regenerativ). Strom-Einsparungen auf der Hausgeräteseite würden aber durch neu hinzukommende Verbraucher wie Informations-Technologien überkompensiert, also auch hier ein Anstieg. Wie E.ON darauf reagieren will kommt beim Punkt Investitionen.

Schließlich geht Hofer auf die bekannten Gründe für den PV-Boom besonders in Südbayern ein. Die Rendite stieg bis 2010 auf 2-stellige Verzinsung an, da die PV-Modulkosten mehr sanken als die EEG-Vergütung. Erst seit der EEG-Anpassung ist die Rendite rückläufig, was die Stromversorger und auch private Netzbetreiber wie Tennet TSO sehr begrüßen.

### Windenergie

Hier kommt nach Hofer zusätzlich die weite Entfernung von Erzeugung und Bedarf und die Konkurrenz von Kohlekraft im windreichen aber sonnenarmen Norden hinzu.

Zwar stieg die Ausbauleistung von 2000 auf 2010 von 5000 MW auf 15000 MW (größer als PV-Anteil), aber der Ausbau im Offshore-Bereich stockt (bisher 320 MW, aber bis 2030



# Traunsteiner Liste

## Ökonomisch Ökologisch Sozial

25000 MW geplant). Das brächte eine wichtige Grundlastkomponente, da an Land der Wind mehr schwankt als bei der PV.

### Investitionen E.ON-Bereich in den nächsten 5 Jahren wegen erneuerbare Energien-(EE) Zuwachs

- Neubau von 15 Umspannwerken → teilweise von Protesten begleitet
- 4000km Kabel im Nieder-/ Mittelspannungsbereich
- 2500 neue Trafostationen auf Niederspannung, meist in Wohngebieten → ebenfalls Proteste

### Lang- und mittelfristige Investitionen wegen EE-Zuwachs

Anpassung von Erzeugung und Verbrauch sowie Speichertechnologien:

Hofer nennt die bisherigen Konzepte die aber nicht ausreichen wie:

- Preisanreize Strom, aber kaum Einfluss auf Tageslastgang
- Erfassung und ggf. Abschaltung von Erzeugung und Verbrauch aber Eingriff in Autonomie und Datenschutz des Kunden
- Eigenverbrauch des Erzeugers nimmt keine Rücksicht auf Netzanforderungen z.B. bei Nachtstrom aus PV-Anlagen der zuvor in Akkus gespeist wurde
- Regelleistung durch Synchronmaschinen die als Phasenschieber am Netz mitlaufen (siehe hierzu Anhang vom Verfasser unten)

Hohe EE-Anteile lassen sich nur durch hohe Speicherkapazitäten realisieren, wobei Hofer von Schlagworten wie Smart-Grid und Virtuelle Kraftwerke nicht viel hält (ohne Begründung).

Da Akkus auf längere Sicht zu teuer sind, denkt er eher an Power to Gas, d.h. Wasserstoff wird mittels überschüssigen Elektrolyse-Strom erzeugt. Methan würde zur Umwandlung viel Wirkungsgrad kosten und wäre bei einer Rückverwandlung von Gas zu Strom auch nicht nützlich. Dennoch bleiben 50% des eingesetzten Stromes auf der Strecke. Gaskavernen zum Zwischenspeichern des Gases gäbe es in D genug.

Auch Blockheizkraftwerke die anstatt wärmegeführt, stromgeführt sind, wären ein Ausweg. Dazu bräuchte es große Wärmespeicher die immer noch billiger als Akkus sind.

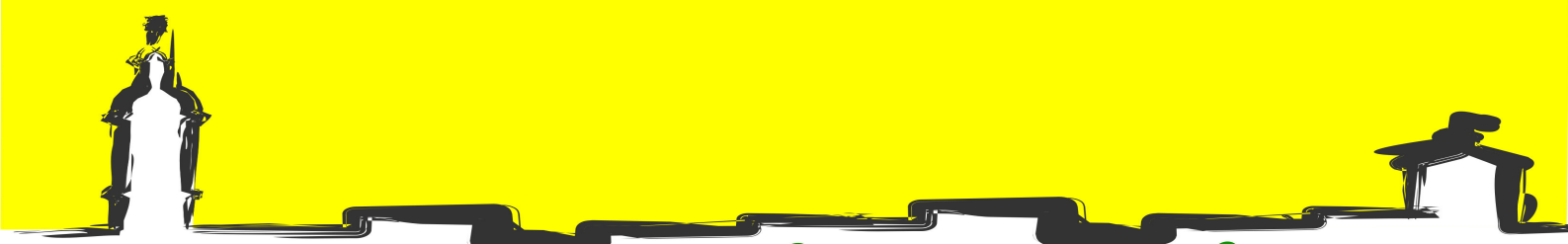
Trotz momentaner Vorbehalte ist auch eine direkte Verbrauchssteuerung über vorhandene BUS-Systeme wie LAN, WLAN oder EEBUS mit Smart-Meter wohl unvermeidbar.

Das hänge aber an Kundenerwartungen und Akzeptanz, sowie politischen Rahmenbedingungen wegen Datenschutz.

### Fragen (Auszüge)

Antriebs-Akkus von künftigen E-Autos sieht er als keine brauchbare Netzkapazität, da er deren Lebensdauer durch die erhöhten Zyklen gefährdet sieht und der Kunde die Restkapazität für Fahrten jeden Tag planen muss.

Pumpspeicherkraftwerke sind an wenige Standorte gebunden und stützen das Netz nur überregional auf der Hochspannungsebene. Für Speicherung regional unwirtschaftlich.



# Traunsteiner Liste

## Ökonomisch Ökologisch Sozial

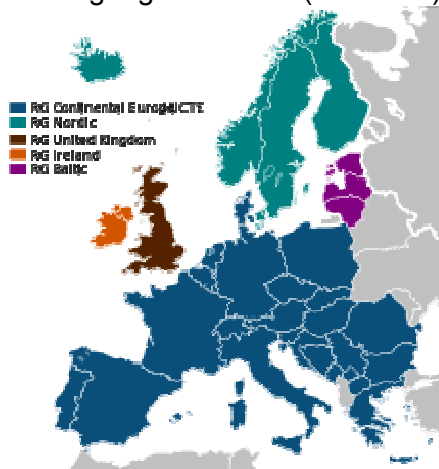
Eine dynamische Strompreisabrechnung als Verbrauchsanreiz kann nicht mehr nachvollzogen werden und der Kunde käme in Nachweisnöte.

PV-Wechselrichter können gestaffelt nach der Abschaltfrequenz und Wiedereinschaltfrequenz bei Netzstörungen viel leichter beherrscht werden als früher. Damit entfallen hohe plötzliche Leistungssprünge die besonders beim Hochfahren eines abgeschalteten Netzes störend wirken können.

### Anhang vom Verfasser

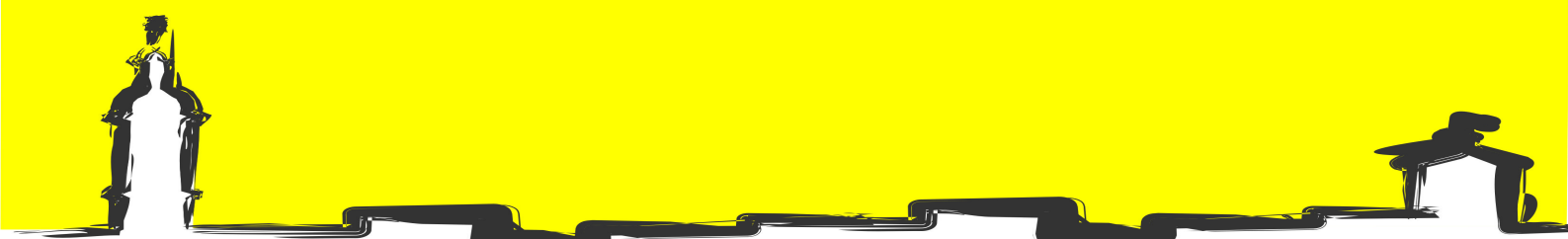
#### Netzstabilität bei Störungen und Einfluss von erneuerbaren Energien (EE) darauf

Aus Wikipedia (daher ohne Quellenangabe) zunächst in gleichen Farben alle europäischen Verbundnetze die eigenständig sind, also Synchronisation der Frequenz aufweisen. Deutschland liegt mitten in der größten Verbundzelle (blau). Alle Stromerzeugungsanlagen dort hängen über Trafos am Verbundnetz und tragen in Summe zu einer hohen Versorgungssicherheit (im Inland) bei.



Trotz Verbundnetz müssen mindestens 25% der Augenblicksleistung jedes Landes netzbildend sein, damit es stabil bleibt. Das können aus physikalischen Gründen derzeit nur möglichst große Synchrongeneratoren leisten, die hohe Kurzschlussleistung haben und Netzkennlinien-Regelung übernehmen und sich bedarfsgerecht steuern lassen. Ersteres vermeidet bei schweren Netzfehlern ein Einbrechen von Spannung, zweites von Spannung und Frequenz, beides Bedingungen die ein Verbundnetz historisch erst ermöglichten. Bedarf und Erzeugung von Strom müssen auch schnell ausbalanciert werden da es keine schnellen Speichergreife gibt. Auch das Netz selbst hat Steuerfunktion um Ausfälle zu umgehen oder mit anderen Versorgern oder dem Ausland Energie auszutauschen.

EE-Anlagen wie PV oder Wind brauchen dieses frequenz-stabile Netz, erschweren aber zunehmend dessen Steuerbarkeit, sind also weder „netzbildend“ noch regulierend wirksam.



# Traunsteiner Liste

## Ökonomisch Ökologisch Sozial

Bei einer schon knapp erreichten EE-Ausbauleistung in Deutschland von ca. 20% der installierten Gesamtleistung kann es bei viel Wind und Sonne am Wochenende sein, dass erneuerbare Energien den gesamten Strombedarf des Landes kurzfristig tragen könnten. Dann muss dennoch so viel EE vom Netz getrennt werden, dass Großkraftwerke ihre Aufgaben erfüllen können. Sonst kann es zu Leistungsbilanzstörungen und gefürchteten Frequenzpendelungen im Verbundnetz kommen, die unkontrolliert EE vom Netz nehmen und damit das Netz zusätzlich zum Schwingen anreizen. Durch selektive Einstellungen der Wechselrichter ist das heute schon entschärft. Windkraftanlagen sollten zudem besser in die Hochspannungsebene einspeisen aber keinesfalls frequenzselektiv abschalten, da sie Pendelungen dämpfen können.

Damit ist schon angesprochen dass derzeit kein Netz ohne Synchrongeneratoren stabil zu halten ist. Beim störungsbedingten Zerfall in Teilnetze (das Pendelungen übrigens wirksam behebt) würde gerade das PV-starke Bayern ohne die derzeitigen (nuklearen) Wärmekraftwerke keine sogenannte rotierende Reserve aufweisen. Die fehlende Kurzschlussleistung und evt. Frequenzabfall würde hohe Spannungseinbrüche verursachen bzw. weitere Last vom Netz nehmen. Ausweg wäre ein Vorhalten von Gasturbinen-Kraftwerken, die nur im Bedarfsfall schnell am Netz sind aber dadurch extrem teuren Strom erzeugen bis sich die EE wieder zuschalten können.

Zumindest können Wechselrichter mittlerweile kapazitive Blindleistung liefern, die von Motoren und Transformatoren aus dem Netz benötigt wird. Das belastet die Leitungen mit mehr Strom, vermeidet aber, dass Synchrongeneratoren das alleine schultern müssen und dadurch weniger (stabilisierende) Wirkleistung liefern.

Auch die vielgeschmähten Hochspannungs-„Autobahnen“ können netzregulierend helfen, da bei Netzerfall die Wahrscheinlichkeit einer intakten Verbindung in Regionen mit hoher rotierender Reserve im Norden steigt die wie eine Bluttransfusion die EE bei uns am „Leben“ halten kann. Also keine Notlüge um zentrale Stromerzeugung zu rechtfertigen, sondern im Gegenteil hohen EE-Anteil stabil halten zu können.

Als echten EE-Beitrag zur Netzstabilität werden nur Windparks mit Einspeisung in das Hoch-/Höchstspannungsnetz genannt. Obwohl nicht netzbildend, haben sie keinen negativen Einfluss auf die Kurzschlussleistung der Mittelspannungsebene und darunter, sondern dämpfen Störungen.

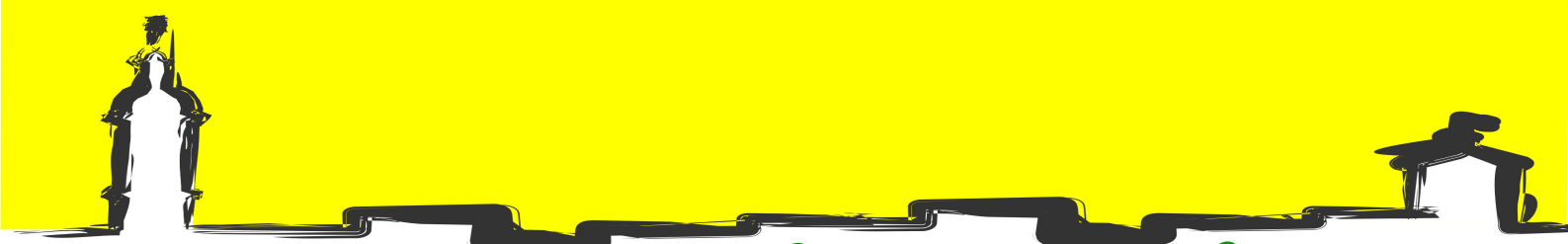
Das wäre eine Zusage an Offshore-Windparks.

### **Wie man dennoch (fast) 100% EE schaffen könnte**

Nun gibt es zu jeder Lösung ein passendes Problem wie man scherzhaft sagen könnte. Die Einschränkungen oben sind nicht in Stein gemeißelt und es dauert eben alles seine Zeit. Allerdings müssen sowohl Verbraucher als auch Erzeuger von Strom etwas von ihrer Unabhängigkeit abgeben.

Eine vollgenerative Welt würde dann etwa so aussehen:

EE- Anlagen (außer Grundlast wie Wasserkraft und Biogas-Verstromung) werden vom regionalen Energieversorger (Stadtwerke, kommunale Anbieter) und nicht vom Verbraucher oder der Netzstabilität beeinflusst. Das heißt dann ZEEE (Zeitgerecht Erbrachte Erneuerbare



# Traunsteiner Liste

## Ökonomisch Ökologisch Sozial

Energie) also so wie es das Netz braucht und nicht wie der Erzeuger (oder sein Bankkonto) es will. Das kann für alle gleichzeitig oder nach Regionen/ Orten gestaffelt erfolgen. Falls der Erzeuger in Batterien zum Eigenbedarf einspeist muss er entweder die Speicherverwaltung abgeben, was ihm Bonuspunkte im Vergleich zu speicherlos bringt oder eine Art Strafgebühr wegen „Netzverschmutzung“ zahlen. Gleiches gilt für BHKW und Mini-BHKW wenn man sich auf Stromführung statt Wärmevorrang einlässt.

Wenn schon Elektroautos, dann sehen die Ladebedingungen eine Verfügbarkeit des zuständigen Versorgers über Regelreserve zum Rückspeisen in das Netz und entsprechende Boni vor. Diese Akkus auf Rädern sollen nicht nur zum Fahren da sein sondern auch einen sinnvollen Beitrag beim Abstellen leisten. Autofahrer haben wie Car-Sharing Teilnehmer sich an andere zu richten oder für volle Autonomie eben mehr für die Ladung zu zahlen.

Es gibt keine zentralen Lastverteiler, sondern die Kommunen bauen regionale Leitsysteme auf, die aber nach Netzanforderungen von oben gesteuert werden. Bei Netztrennung steuern sie aber autonom weiter und halten Regelreserve für Spannung und Frequenz vor. Nachbarnetze bieten bei Bedarf Stützung an. Virtuelle Kraftwerke für bessere Lastnachführung gibt es nur noch kleinräumig da sie sonst bei Netzerfall unwirksam wären. Das europäische Verbundsystem würde als höchste Netzinstanz weiter bestehen.

Verbraucher müssen sich auch Lastabschaltungen gefallen lassen, zumindest zur Netzstützung.

Die Aufgabe heutiger Synchrongeneratoren als Netzbilder und Phasenschieber übernehmen statische synchrone Kompensatoren die ein Netz wie mit Synchrongeneratoren nachbilden und Leistungselektronik plus Spulen und Kondensatoren darstellen. Ob das reicht weiß derzeit keiner, denn das Netz bekommt seine regelmäßige Sinusspannung gerade durch die starren Synchrongeneratoren noch hin.

Dabei sind die Ströme durch immer mehr Wechselrichter und Schaltnetzteile zunehmend verzerrt und keineswegs mehr sinusförmig.

Verzerrte Spannungsverläufe hätten aber vielfache Störauswirkungen, die hier nicht behandelt werden können.

### **Fazit**

Ein Kraftakt, aber nach den Zielen der Bundesregierung (und von uns allen) unvermeidlich. Neue Trafos wie Herr Hofer sie liefert, sind da erst ein zaghafter Anfang. Die Welt (auch vieler Energiefachleute) schaut gespannt auf Deutschland.