



Modification of the Grid System for the Use of Renewable Energies

... and especially photovoltaics



Content

1. Step 1: Starting with decentralized renewable power systems
(present situation of Nicaragua)
2. Step 2: Decentralized renewable power systems display a considerable part of
the country's installed power capacity
(present situation of Germany)
3. Step 3: Renewable power systems go into direction to cover 100% of electricity
demand
(with a Nicaraguan perspective)



Step 1: Starting with decentralized renewable power Systems

Modifications needed:

None!



Step 1: Starting with decentralized renewable power Systems

Modifications needed: none, but...

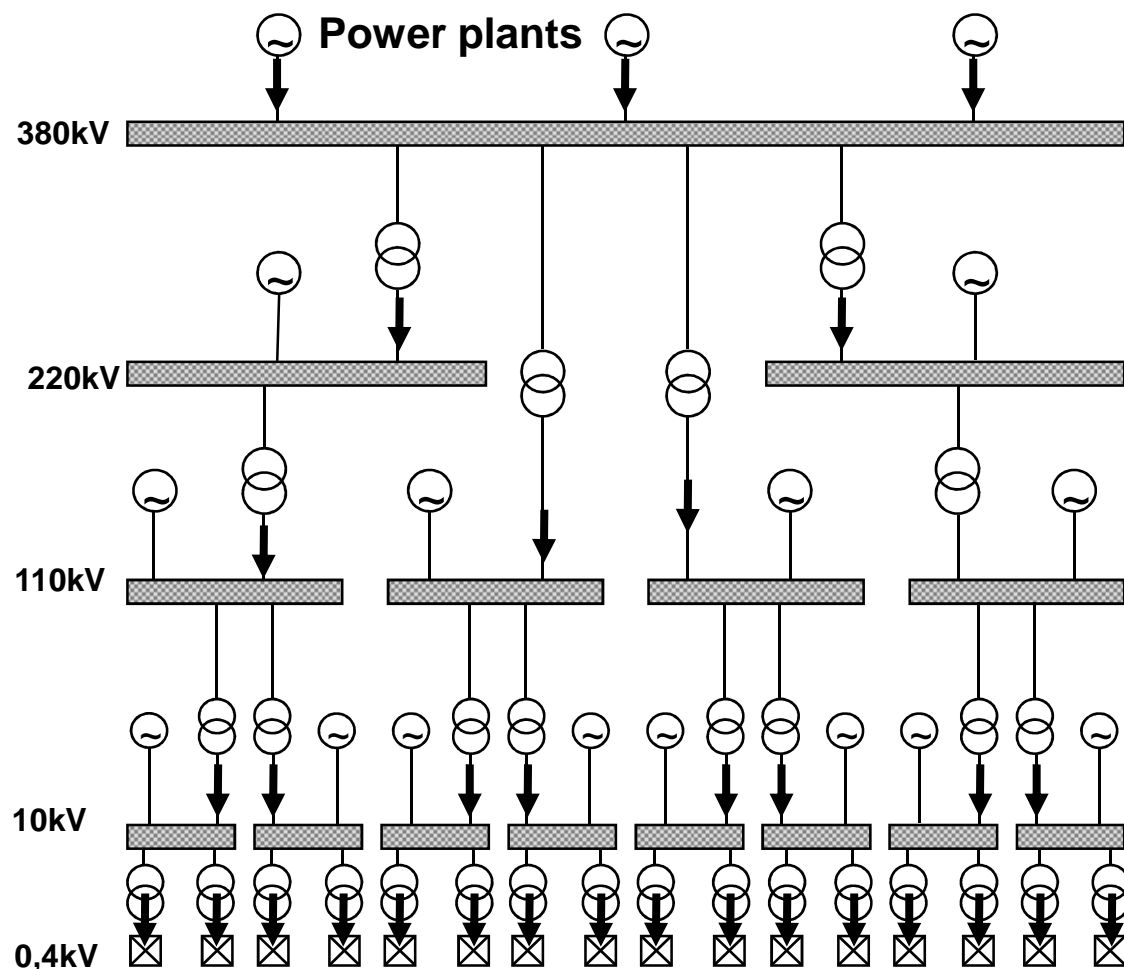
... there are prerequisites that e.g. PV power generation will become a success

... wherever decentralized power generation by PV started in the world grid operators have fear that grid will collapse.

- We need to take that fear
- Plenty of countries world-wide have shown that grids do not collapse with PV installations

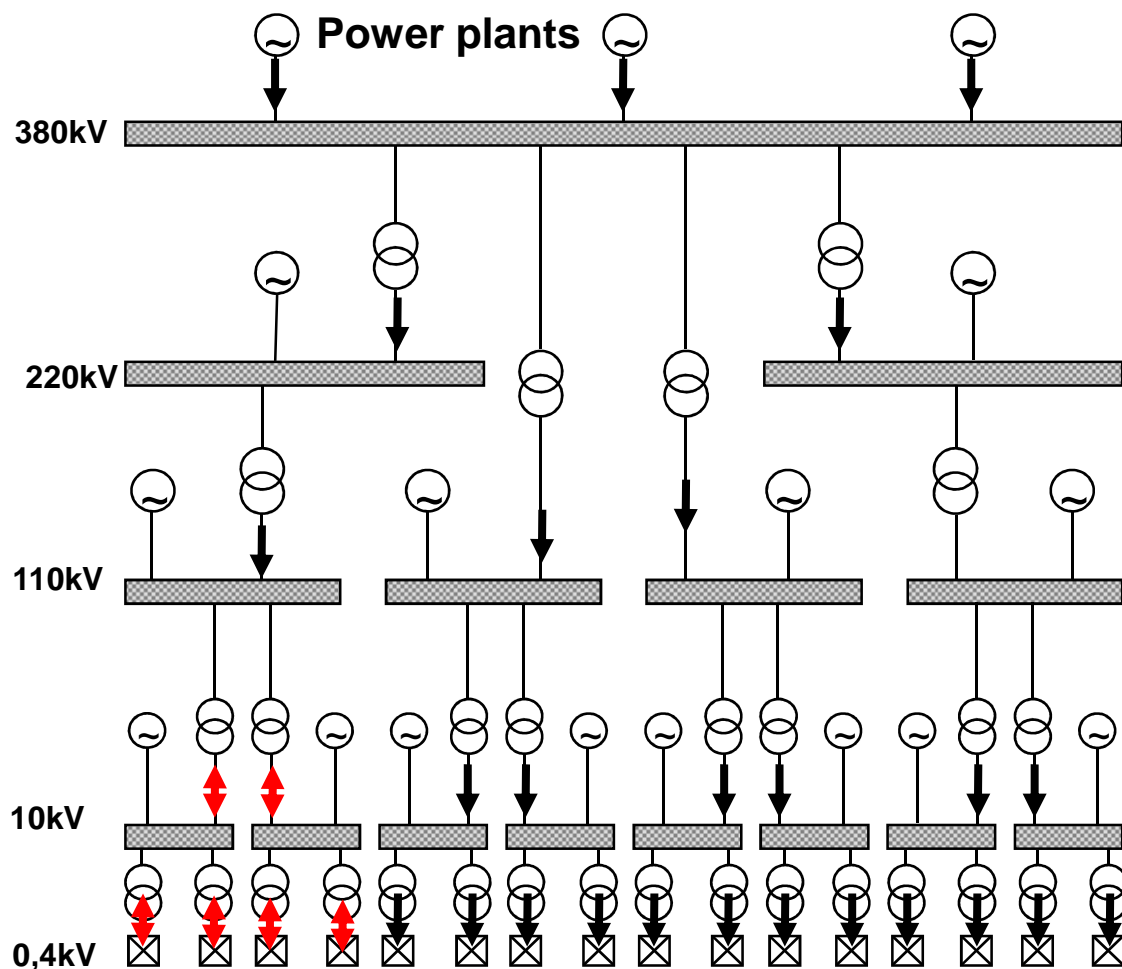


Electricity Transmission and Distribution, without PV





Electricity Transmission and Distribution, with PV



- Generally, decentralized power generation unburdens the system!
- Lower loading of transmission and distribution equipment results in lower power losses and therefore in lower costs for grid operators
- cables and transformers work in both directions without any problem!



General, safety for workers and devices

*APV system is not different from a refrigerator!
The one consumes, the other one generates electricity*

Recommendation 1: General rules, guidelines and laws (e.g. for electrical installations) rather should be derived from existing Nicaraguan procedures than adopting those from European or US examples.

Recommendation 2: Connectivity rules, guidelines and laws for connection to the low voltage grid rather should be derived from existing Nicaraguan procedures than adopting those from European or US examples.



Step 1: Starting with decentralized renewable power Systems

General recommendations derived from feed-in laws world-wide:

- System operators are entitled to the immediate and preferential connection of renewable energy systems by the grid operators.
- System operators are entitled against the grid operators to the purchase and transmit all electricity from renewable energy sources.



Step 1: Starting with decentralized renewable power Systems

... ok, there is a small difference between a PV systems and a refrigerator:

- disconnect the generation unit from the grid in case of forbidden voltage and frequency values
- assure safety of grid operator personnel who perform work at the grid assets
- Generation units are connected to the low voltage grid via an “always from grid operator personnel accessible switch with disconnection functionality” according to DIN VDE 0100-551.
- Especially for photovoltaic systems a unit for grid supervision with switching element according to E DIN VDE 0126 can replace a section switch and decoupling protection



Step 1: Starting with decentralized renewable power Systems

Recommendation 3: Generation units require a protection unit that interrupts power feed-in to the grid and allows safe maintenance work at grid assets. This protection device should be allowed to be an integral part of the generation system (inverter) in order to avoid unnecessary costs.



Step 1: Starting with decentralized renewable power Systems

Inverter connected	< 4,6 kVA	≤ 30 kVA	> 30 kVA
Protection devices	Sgl. phase ENS ³ or single phase voltage increase and three phase voltage decrease protection	three phase ENS or three phase voltage increase and voltage decrease protection	three phase voltage increase and voltage decrease protection plus switch with disconnection functionality

Germany

Inverter connected	≤30kW	>30kW
Protection devices	Automatic disconnection switch, anti-islanding protection required, ≤ 0.2s	

USA

Spain

Inverter connected	≤ 5 kW	> 5 kW
Protection devices	Automatic disconnection switch with voltage supervision, Anti-islanding according UNE EN 50438	Automatic disconnection switch with voltage supervision, Anti-islanding according UNE EN 50438

Italy

Inverter connected	≤ 6 kW	≤ 20 kW	> 20 kW
Protection devices	Automatic disconnection switch with intrinsic security, voltage supervision Might be integrated in converter	Automatic disconnection switch with intrinsic security, voltage supervision Might be integrated in converter	Automatic disconnection switch with intrinsic security, voltage supervision Must be an external device



Step 1: Starting with decentralized renewable power Systems

Power factor:

➤ So far inverter connected generators feed to the low voltage grid with a power factor of one.

$$\cos \varphi = 1$$

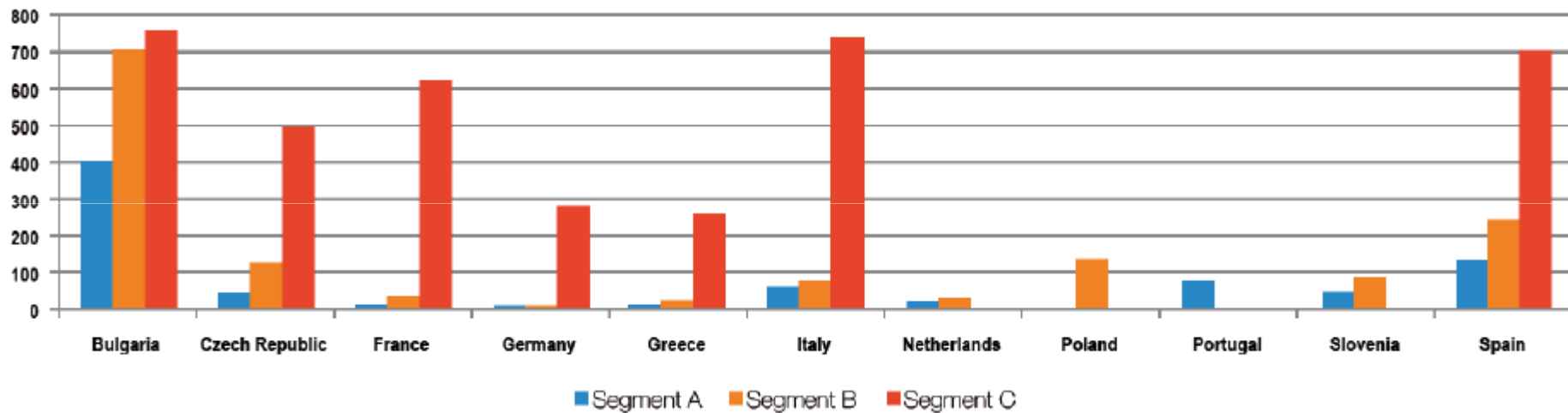


Step 1: Starting with decentralized renewable power Systems

Recommendation 4: Keep the administrative process as simple as possible! A process with only two steps is recommended.

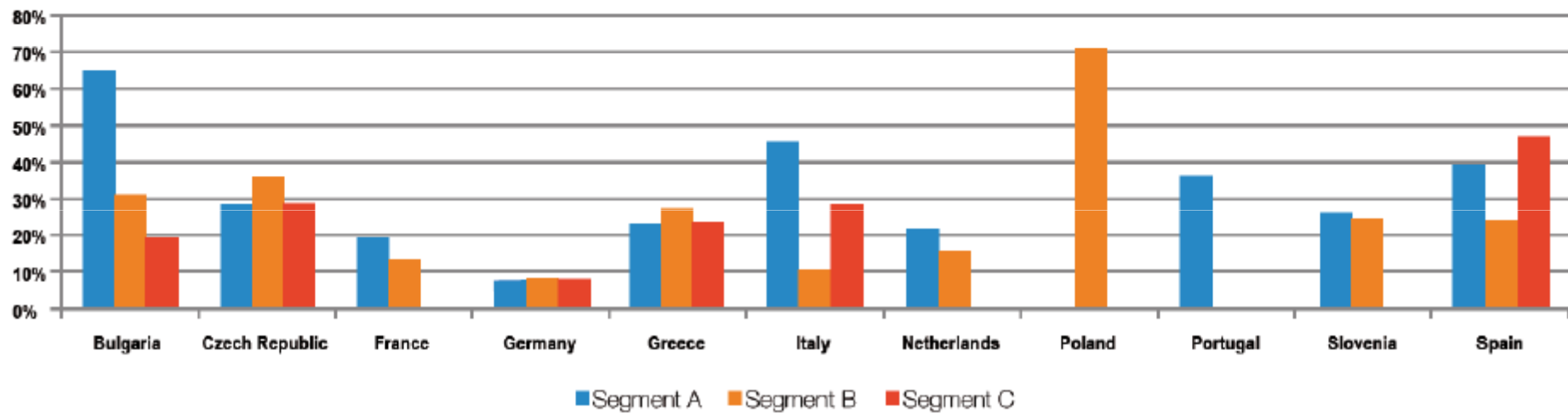


Administrative Procedure, labor [hours]





Administrative Procedure, admin costs [% of development costs]





Administrative Procedure

Recommendation 5: Administrative step 1: Provide a standardized form / fact sheet for grid operators.

Generation plant operator has to fill in the standardized form with specific information about the small scale power plant to be connected to the grid. On the bases of that information the grid operator needs to guarantee a reliable grid operation.



Standardized Form

- Name and address of plant operator, plant installer and electrician who will do the grid connection
- Address of the plant site
- Rated power of modules
- Rated power of inverter
- Connection to the grid already existing (yes/no)
- Several information related to the renewable energy act
- Signature of plant operator (and of land owner if different)

Drucken
Inhalte komplett verwenden

Anmeldung/Anschlussanfrage für eine Photovoltaikanlage

zur Einpeisung in das Netz des Netzbetreibers

Neuanlage
 Anlagenbetreiber:
 Herr/Frau/Firma

 Name

 Vorname

 Straße/Hausnummer

 PLZ Ort

 Telefon

 E-Mail

Anlagenerweiterung
 Anlagenbetreiber:
 Herr/Frau/Firma

 Name

 Vorname

 Straße/Hausnummer

 PLZ Ort

 Telefon

 E-Mail

Änderung des Anlagenbetreibers
 Elektro-Installationsunternehmen:
 Herr/Frau/Firma

 Name

 Vorname

 Straße/Hausnummer

 PLZ Ort

 Telefon

 E-Mail

Anlagenanschrift

Anlagedaten

Leistung

Geplante Einspeiseleistung (Gesamtleistung der Module) _____ kW _p	Gesamteinspeiseleistung (Wechselrichterennennleistung) _____ kW
Einspeiseleistung bereits in Betrieb _____ kW _p	(nur anzukreuzen wenn zur dem gelassen Grundstück oder über den gelassen Anschluss bereits eine Stromerzeugung vorhanden ist)

Die Anlage soll angebracht werden (entsprechendes bitte ankreuzen)

gemäß EEG § 33 ausschließlich an oder auf einem Gebäude oder einer Lärmschutzwand

gemäß EEG § 32 (z. B. Freiflächenanlage)

Module neu gebraucht

Anschluss

Ist das Gebäude bzw. das Grundstück auf dem die Erzeugungsanlage errichtet werden soll bereits an das Stromnetz angeschlossen? Ja Nein

Angaben zur beabsichtigten Messung/Vorrichtung

Volleinspeisung (Messkonzept 1)

Selbstverbrauch mit Überschusseinspeisung (Messkonzept 3)

Bemerkungen (z. B. zum Zählerplatz, Erstinbetriebnahme gebrauchter Anlage, abweichende Zustellanschrift)

Ort _____ Datum _____
 Unterschrift des Anlagenbetreibers _____

Ort _____ Datum _____
 Unterschrift des Grundstückseigentümers (wenn abweichend vom Anlagenbetreiber) _____

Gemäß den Vorgaben des Energieeffizienzgesetzes trägt die Verantwortlich für Herstellung und Betrieb der Gas- und Stromnetze mit dem Netzbetreiber den jeweiligen Netzbetreiber (NB). Die Rheinische Netzwerkeinheit (RNE) ist Netzbetreiber u. a. für die Stromnetze in den Städten/Gemeinden Köln, Bergisch Gladbach, Leichlingen, (Odenheim, Lohr, Bensheim, Kitzbühl). Die RWE Rhein-Ruhr Volleinspeisung (VPE) ist Netzbetreiber u. a. für die Stromnetze in den Stadtregionen Paderborn, Mönchengladbach, Barmen, Alfter, Wachtberg, Königswinter, St. Augustin, Neokassel, Lohrath, Moers und Langföhrde. Diese Netzbetreiber haben die RheinEnergie AG bzw. lokale GmbH mit der Erbringung der mit dem Netzbetreiber zusammenhängenden Dienstleistungen beauftragt. Diese werden im Rahmen der Maßnahme des Zustellens NB erbracht.

1/1



Administrative Procedure

Recommendation 6: In order to avoid unnecessary administrative delays it is recommended that the grid operator is given a maximum period for answering. This time span should not exceed three months.




Commissioning

Recommendation 7: Extensive and therefore expensive on-site test procedures to find out the compliance with technical connectivity standards must be avoided to have economic small-scale power generation. Therefore, system/component suppliers should guarantee the compliance with required standards in Nicaragua by a conformity declaration and the grid operator should be obliged to accept the declaration.




Test Certificate

Conformity Declaration



Bureau Veritas Consumer
Products Services
Germany GmbH
Businesspark A95
66442 Türkheim
Deutschland
+49 (0) 6245 969 0-0
cpe-tuerkheim@de.bureauveritas.com



Unbedenklichkeitsbescheinigung

Antragsteller: Kaco new energy GmbH
Carl-Zeiss-Str. 1
74172 Neckarsulm
Deutschland

Erzeugnis: Selbsttätige Schaltstelle zwischen einer netzparallelen
Eigenerzeugungsanlage und dem öffentlichen
Niederspannungsnetz


Modell: Powador 3200, Powador 4400, Powador 5300,
Powador 5300 supreme, Powador 5500, Powador 6600


Bestimmungsgemäße Verwendung:
Selbsttätige Schaltstelle mit einphasiger Netzüberwachung gemäß DIN V VDE V 0126-1-1:2006-02 für
Photovoltaikanlagen mit einer einphasigen Paralleleinspeisung über Wechselrichter in das Netz der
öffentlichen Versorgung. Die selbsttätige Schaltstelle ist integraler Bestandteil der oben angeführten
tafoelosen Wechselrichter. Diese dient als Ersatz für eine jederzeit dem Verteilungsnetzbetreiber (VNB)
zugängliche Schaltstelle mit Trennfunktion.

Prüfgrundlagen:
DIN V VDE V 0126-1-1 (VDE V 0126-1-1):2006-02 und „Eigenerzeugungsanlagen am
Niederspannungsnetz, 4. Ausgabe 2001, Richtlinie für Anschluss und Parallelbetrieb von
Eigenerzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz“ mit VDN Ergänzungen, Stand 2005 vom Verband
der Elektrizitätswirtschaft (VDEW) und vom Verband der Netzbetreiber (VDN).

Ein repräsentatives Testmuster der oben genannten Erzeugnisse entspricht den zum Zeitpunkt der
Ausstellung dieser Bescheinigung geltenden sicherheitstechnischen Anforderungen der aufgeführten
Prüfgrundlagen für die bestimmungsgemäße Verwendung.

Bericht Nummer: 101H03/6-VDE0126
Zertifikat Nummer: U11-142
Datum: 2011-02-21 **Gültig bis:** 2014-02-21


 Achim Hancken



Konformitätsnachweis für Erzeugungseinheiten zum „Technischen Hinweis Rahmenbedingungen für eine Übergangsregelung zur frequenzabhängigen Wirkleistungssteuerung von PV-Anlagen am NS-Netz“ (FNN März 2011)

**Name und Anschrift
des Herstellers:** KACO new energy GmbH
Carl-Zeiss-Straße 1
74172 Neckarsulm, Deutschland

Produktbezeichnung: Photovoltaik-Netzleispense-Wechselrichter

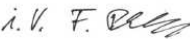
Typenbezeichnung	Methode A B	Beispiel Seriennummer
Powador 3200-6600	A	Gültig ab Seriennummer* xxxxxxx115333 Produktionsjahr 2011
Powador 7700-9600	A	
Powador 2002-6002	A	
Powador 2500xi-5000xi	A	Ausschluss: Dieser Nachweis gilt nicht für Geräte in dem Bereich xxxxxxx348000 bis xxxxxxx412000.
Powador 6400xi-8000xi	A	
Powador 25000xi-33000xi	A	
Powador TL3	B	
Powador TR3	B	

* Die Seriennummer der Geräte setzt sich zusammen aus einem gerätespezifischen Seriennummern-Präfix, hier mit
dem Platzhalter xxxxxx bezeichnet und einer fortlaufenden Nummer. Auf dem Typenschild Ihres Gerätes finden Sie
die komplette Seriennummer des Gerätes, z.B. 3.2X01118349 für einen Powador 3200.

Für die oben genannten Geräte wird hiermit bestätigt, dass sie ab der aufgeführten Seriennummer dem „Techni-
schen Hinweis Rahmenbedingungen für eine Übergangsregelung zur frequenzabhängigen Wirkleistungssteuerung
von PV-Anlagen am NS-Netz“ (FNN März 2011) entsprechen.

- Die Abschaltgrenze der Typen nach Methode A liegt im Bereich zwischen 50,3 Hz und 51,5 Hz und ist abhängig
von der Seriennummer definiert und gleichverteilt.
- Typen nach Methode B verwenden eine Wirkleistungskennlinie gemäß BDEW Technische Richtlinie
„Erzeugungseinheiten am Mittelspannungsnetz“ (BDEW Juni 2008) 2.5.3 und Bild 2.5.3-1.
- Neben den hier aufgeführten Punkten bleiben alle Eigenschaften der VDE 0126-1-1:2006-02 sowie der technischen
Richtlinie „Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz (VDEW, Ausgabe 2001 mit VDN-Ergänzung, Stand
September 2005) entsprechend der einschlägigen Unbedenklichkeitsbescheinigungen erhalten.
- Die Geräte entsprechen dem neuen Entwurf der VDE V 0126-1-1:2006 + E. A1:2011.

Neckarsulm, 6.5.2011
KACO new energy GmbH


 I.V. Dr. Frank Philippen
 Leiter Produktentwicklung

3000033-02-110506



Administrative Procedure

Recommendation 8: Administrative step 2: the second required administrative step is the plant commissioning. Again a standardized procedure with standardized forms is recommended. For small generation plants inspection of grid operator personnel is not required.

Commissioning Protocol

- Name and address of plant operator and electrician
- Address of plant site
- Rated module power
- Rated inverter power
- Electricity counter number
- Meter reading at time of commissioning
- Several information related to the renewable energy act
- Commissioning date
- Signature of responsible electrician

Drucken
Inhalte komplett verwerfen

Inbetriebnahmeprotokoll für eine Photovoltaikanlage

für den Parallelbetrieb mit dem Netz des Netzbetreibers

Neuanlage
Anlagenbetreiber:
(Name/Fachfirma)

Name _____
Vorname _____
Straße/Hausnummer _____
PLZ Ort _____
Telefon _____
E-Mail _____

Anlagenanschrift:

Anlagenverlängerung

Elektro-Installationsunternehmen:
Name _____
Verantwortliche Fachkraft _____
Straße/Hausnummer _____
PLZ Ort _____
Telefon _____ Mobil _____
E-Mail _____

Anlagendaten

Leistungs

Installierte Einspeiseleistung (Gesamtleistung der Module) _____ kW _p	Gesamteinspeiseleistung (Wechselrichterleistung) _____ kW
Bei Erwerb der Anlage waren bereits in Betrieb	
Zählnummer Z _e _____	Zählerstand Z _e _____ kWh

Die Anlage ist angebracht (entsprechendes bitte ankreuzen):
 gemäß EEG § 33 ausschließlich an oder auf einem Gebäude oder einer Lärmschutzwand
 gemäß EEG § 32 (z. B. Freiflächenanlage)

Die Module sind neu gebraucht

Der Aufbau der Messung erfolgt gemäß dem beiliegenden Messkonzept (Bitte immer beifügen!)

Wurde ein kundeneigener Zähler eingebaut ja nein

Vorgäng für den Selbstverbrauch gemäß § 33 Abs 2 EEG: ja nein

Zählernummer des Zählers für den Strombezug Z_{vZ}: _____

Die Anlage wurde am ____., ____., 201__ gemäß den Anforderungen des § 5 Abs 5 EEG in Betrieb genommen.
 Der Netzparallelbetrieb der Anlage darf erst nach Zustimmung des Netzbetreibers erfolgen!

Für die zuvor beschriebene Anlage bestätige ich hiermit die integrierte selbsttätige Freischaltstelle (mit Impedanzmessung, dreiphasige Spannungsüberwachung oder mit Selbstkreislauf gemäß DIN VDE 0120-1-1) in der o. g. Photovoltaikanlage mit den zuvor genannten Leistungsdaten auf ihre Funktionsfähigkeit gemäß VDEW/VDE Richtlinie „Eigenzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz“ überprüft zu haben.

Bei einer Anlagenleistung größer 30 kW wurde eine jederzeit zugängliche Schaltstelle mit Trennfunktion gemäß der VDEW Richtlinie „Eigenzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz“ eingerichtet.

Mit Unterzeichnung dieses Inbetriebnahmeprotokolls erklärt die verantwortliche Elektrofachkraft, dass sie anerkannten Regeln der Technik, wie z. B. die DIN/VDE-Richtlinien, die VDEW/VDE-Richtlinie „Eigenzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz“ mit dem ggf. ergänzenden Hinweisen, sowie die Technischen Anschlussbedingungen (TAB) etc. in der jeweils aktuell gültigen Fassung eingehalten werden.

Ort, Datum _____

Unterschrift der verantwortlichen Fachkraft und Übersigel des Elektro-Installationsunternehmens _____

1/2

Commissioning Protocol

- Module data
- Inverter data
- The form “Electricity commissioning”
- form “measurement concept”
- Circuit diagram of the installation
- Data sheet of modules
- Inverter: data sheet, conformity declaration
- Copy of Registration form for regulatory body database
- Photo of system
- In case not a meter from the grid operator is chosen:
 - Meter form
 - Photo that shows the meter reading at time of commissioning

Inbetriebnahmeprotokoll für eine Photovoltaikanlage

für den Parallelbetrieb mit dem Netz des Netzbetreibers

Daten der Module

Hersteller der Module	Typ	Anzahl	Leistungsbau	W_p

Wechselrichterdaten

Zur Inbetriebnahme benötigen wir zusätzlich:

- Standardformblatt „Inbetriebsetzung Strom“
- Darstellung des realisierten Messkonzeptes (Formblatt Messkonzepte)
- Übersichtsschaltplan der gesamten elektrischen Anlage. Aus dem Schaltplan muss u. a. hervorgehen, wie viele Wechselrichter eingesetzt werden sollen, wie sie auf die Außenleiter aufgeteilt sind.
- Technische Daten der Module, das Datenblatt
- ⇒ Für den Wechselrichter:
 - Konformitätserklärung
 - Unbedenklichkeitsbescheinigung der Berufsgenossenschaft für die selbsttätige Freischaltstelle
 - Das Datenblatt
- Kopie der Anmeldung bei der Bundesnetzagentur
- Foto der Photovoltaikanlage
- ⇒ Bei Einbau eines kundeneigenen Zählers (Privatzähler):
 - Bedingungen für die Bereitstellung von Elektrizitätszählern durch Einspeiser nach EEG
 - Foto der Zähleranlage und des Zählers mit dem Zählerstand und der Prüflapette zum Zeitpunkt des Einbaus

Für die Inbetriebnahme gemäß § 3 Abs. 5 EEG sind die Hinweise der Clearingstelle EEG zu beachten!

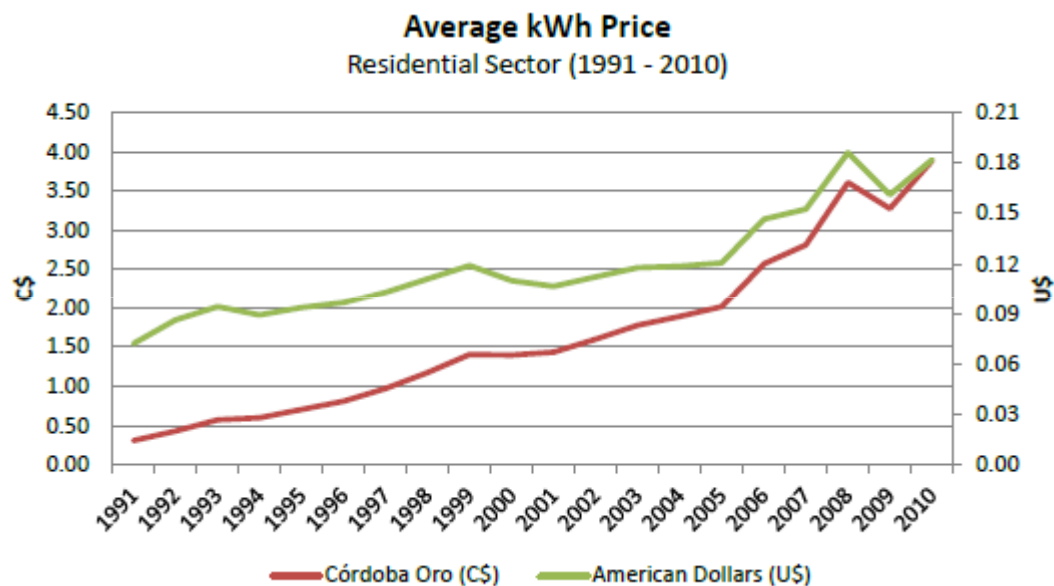
gemäß: MAS, Stand: 15.08.2010
Maßnahme als Antragsformular für die interaktive Fernabschreibung

Gemäß den Vorgaben des Energiewirtschaftsgesetzes obliegt die Verantwortung für Herstellung und Betrieb der Gas- und Stromnetze mit dem Netzbetreiber dem jeweiligen Netzbetreiber (NE). Die Rheinische Netzgesellschaft (RNG) ist Netzbetreiber u. a. für die Stromnetze in den Städten/Gemeinden Köln, Bergisch Gladbach, Leichlingen, Gierath, Lindlar, Derschlag, Hürth. Die RWE-Elia-Netz-Vertriebs-GmbH ist Netzbetreiber u. a. für die Stromnetze in den Städten/Gemeinden Pulheim, Frechen, Hüh, Wesseling, Bornheim, Afler, Weichling, Königswinter, St. Augustin, Niederkrähen, Lohmar, Mülrah und Langenfeld. Diese Netzbetreiber haben die Möglichkeit die RNG bzw. BSWW GmbH mit der Erbringung der mit dem Netzbetreiber zusammenhängenden Dienstleistungen beauftragt. Diese werden im Namen und für Rechnung des zuständigen NE abgerechnet.

2/2

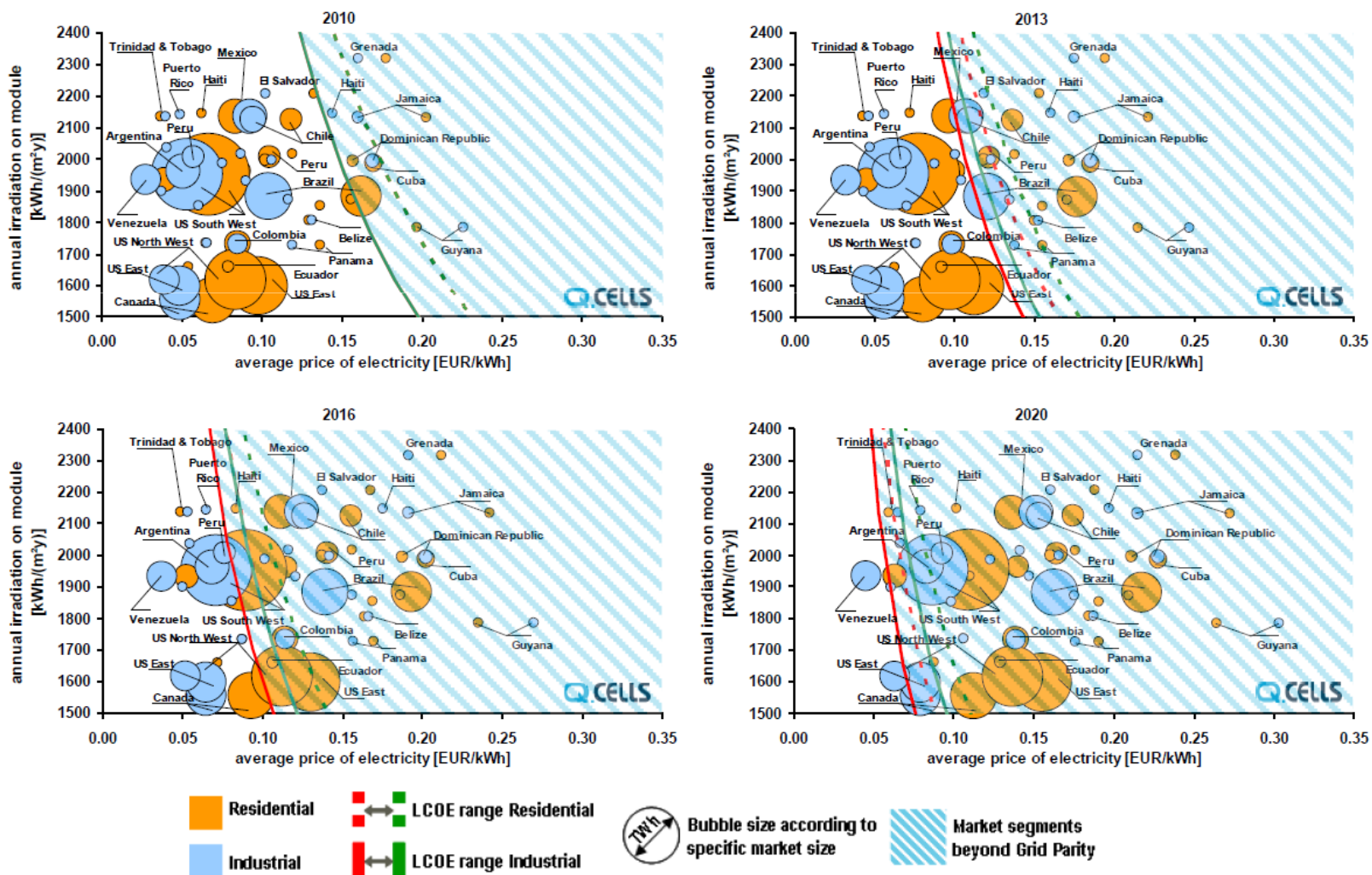


And why should a private investor invest in PV? The grid parity issue



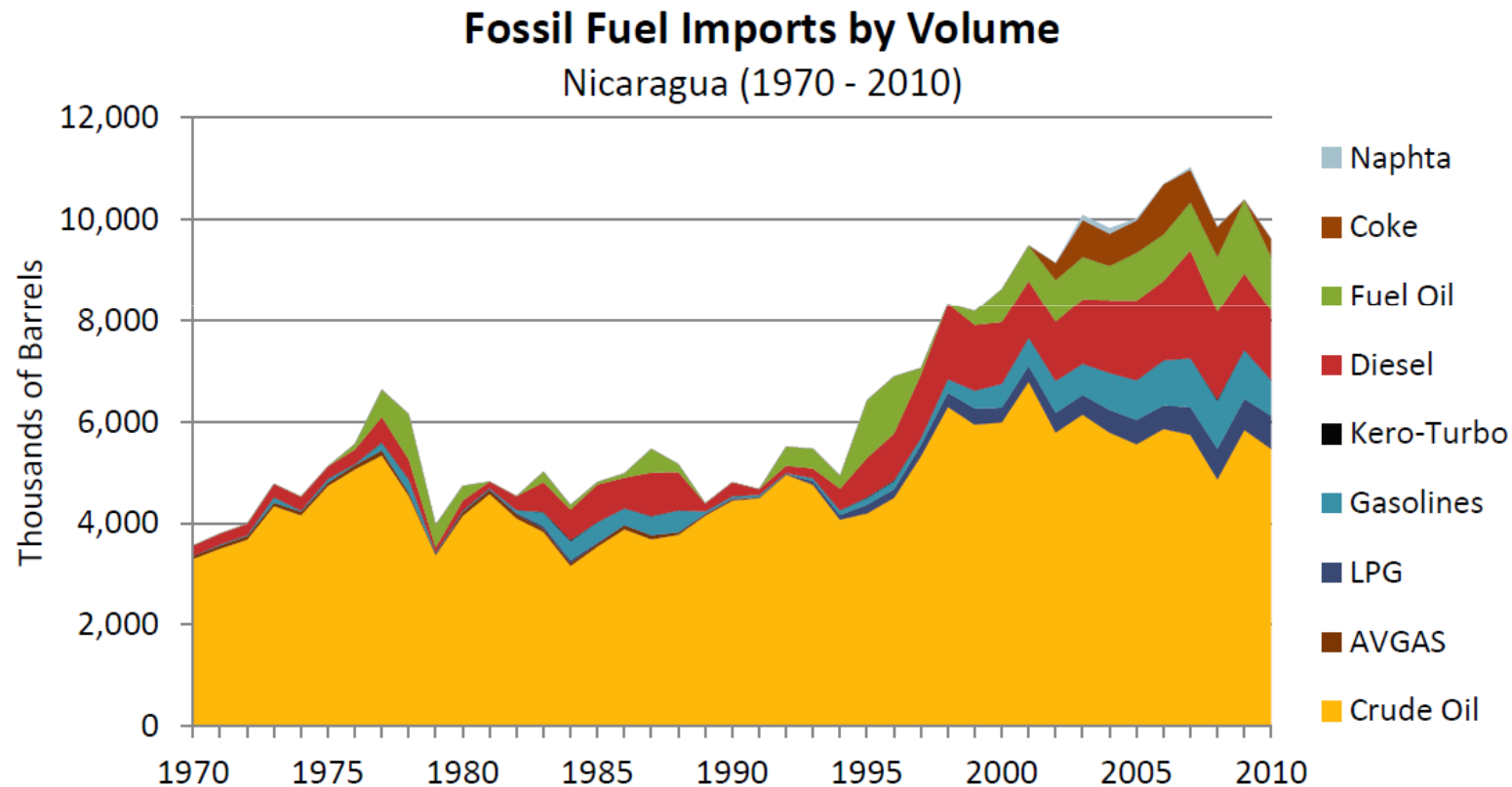


And why should a private investor invest in PV? The grid parity issue





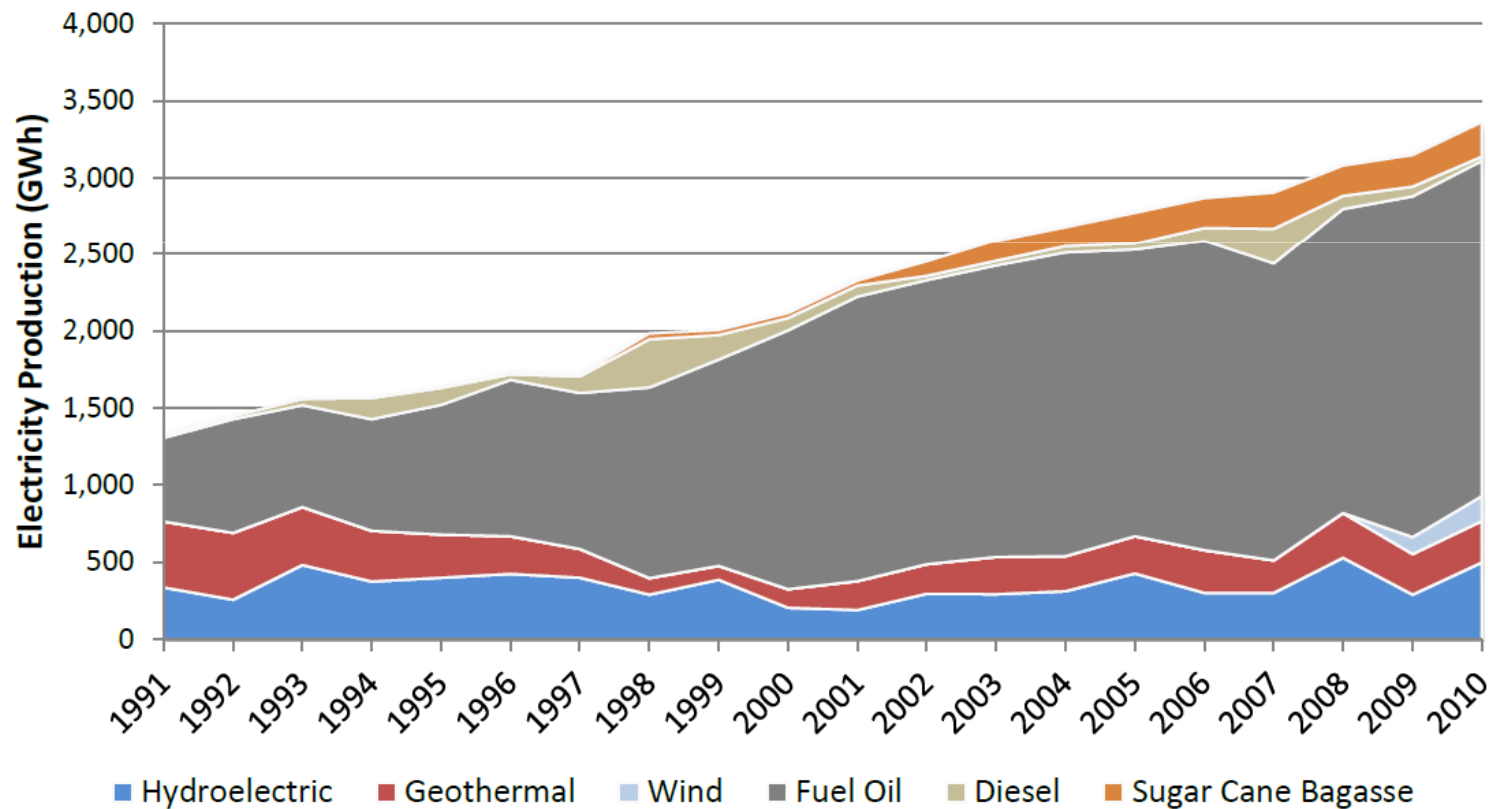
Is there a motivation for Nicaraguan state to invest in PV? The oil fuel prize parity issue





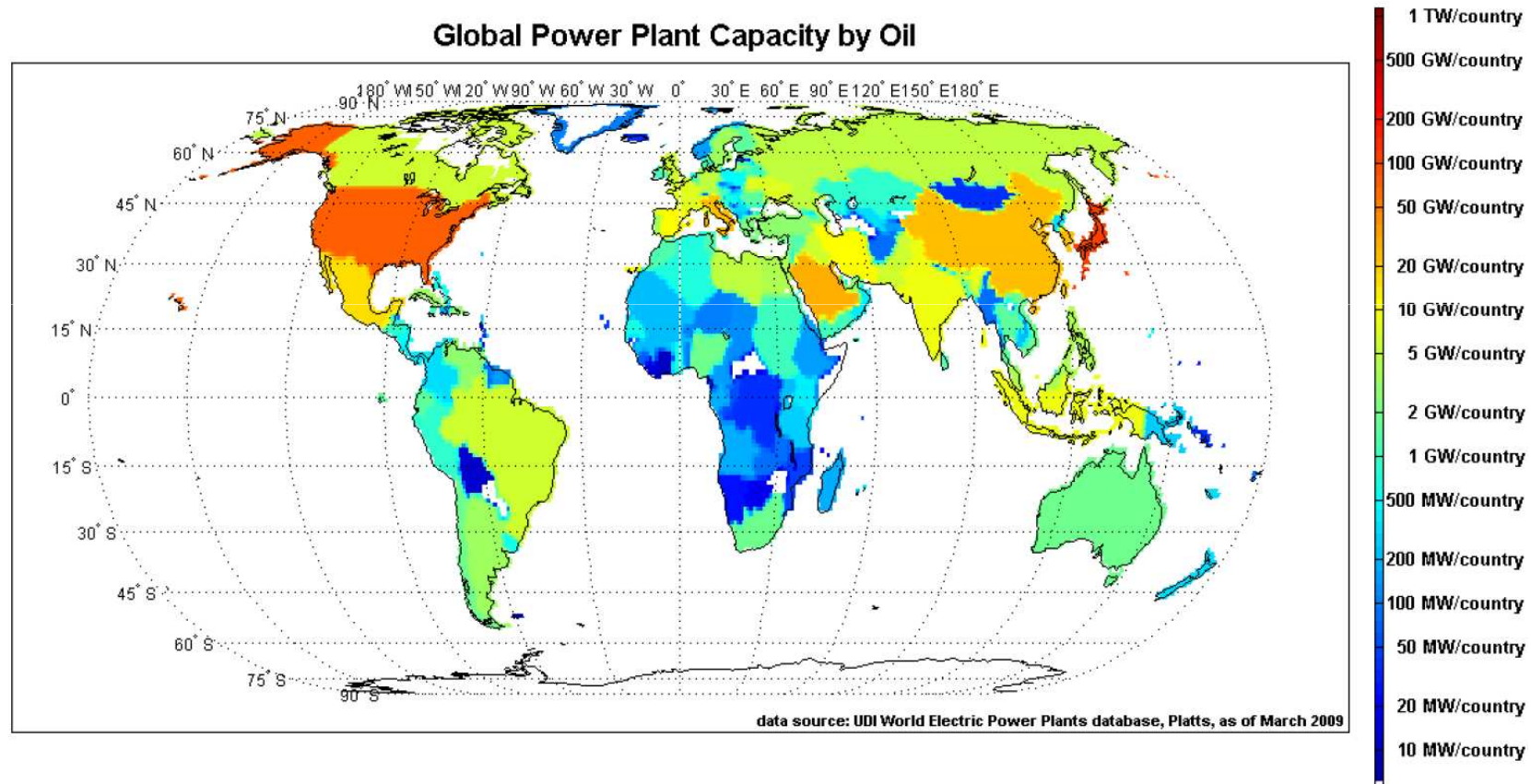
Is there a motivation for Nicaraguan state to invest in PV? The oil fuel prize parity issue

Net Electricity Generation
(1991-2010)



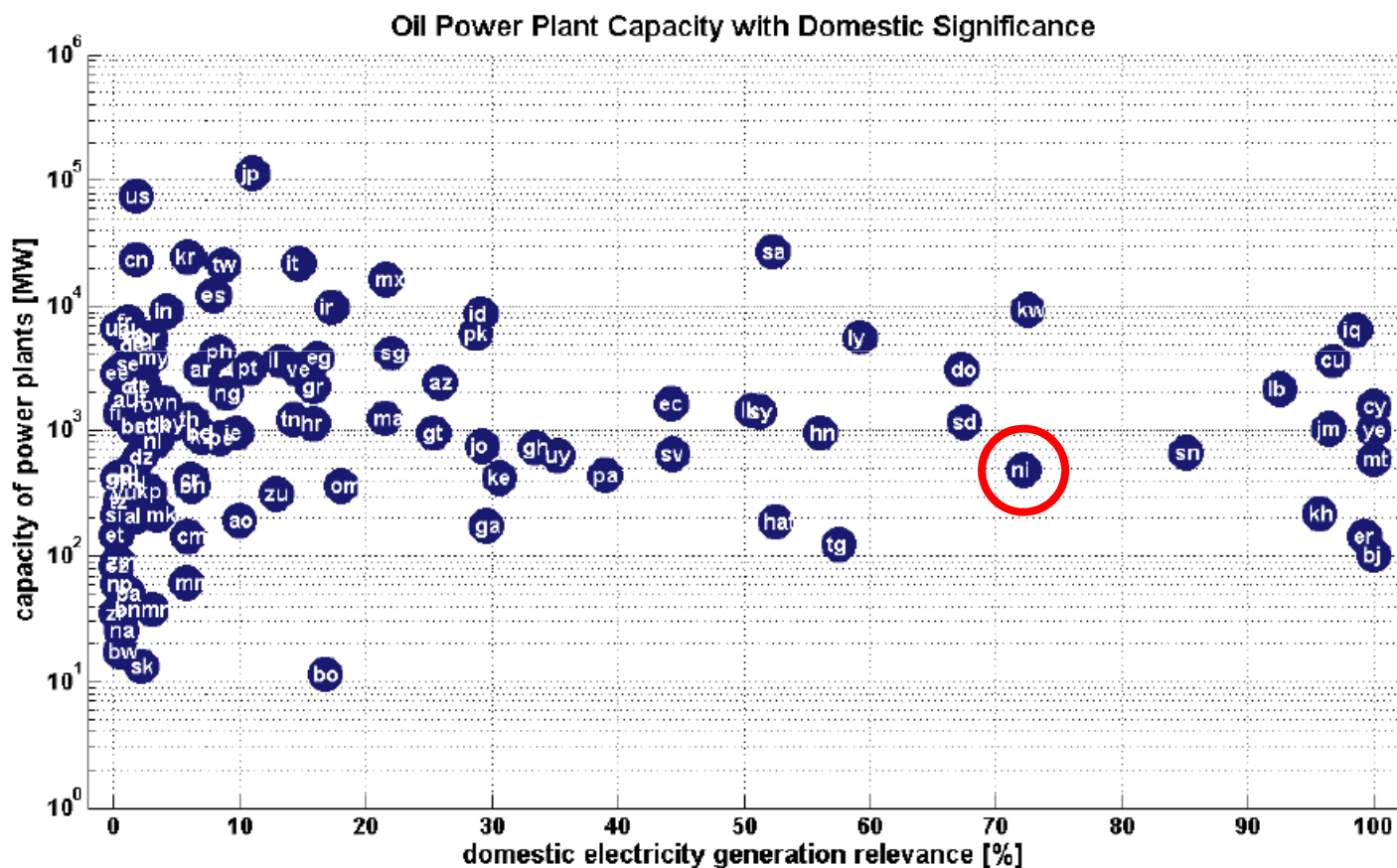


Is there a motivation for Nicaraguan state to invest in PV? The oil fuel prize parity issue



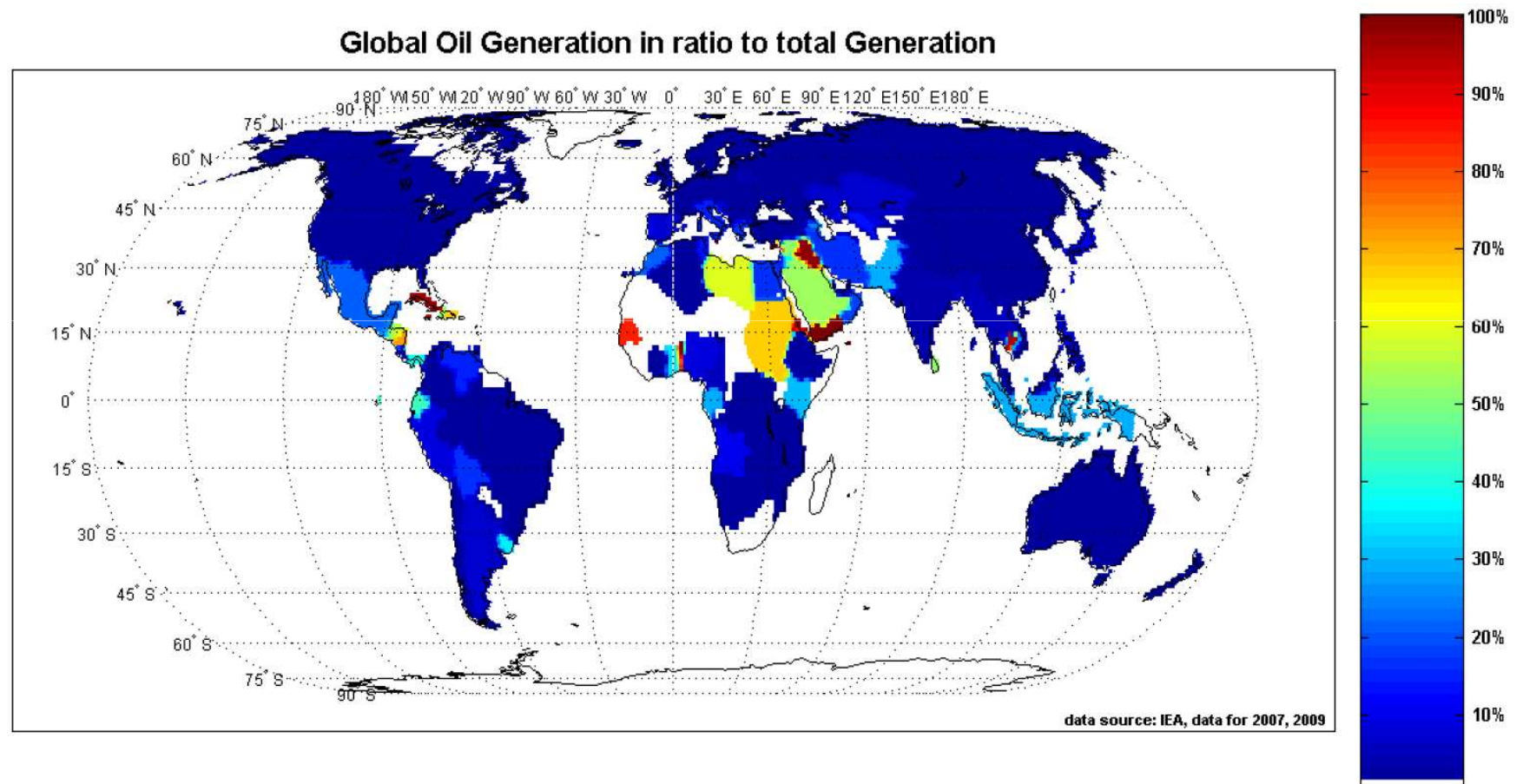


Is there a motivation for Nicaraguan state to invest in PV? The oil fuel prize parity issue



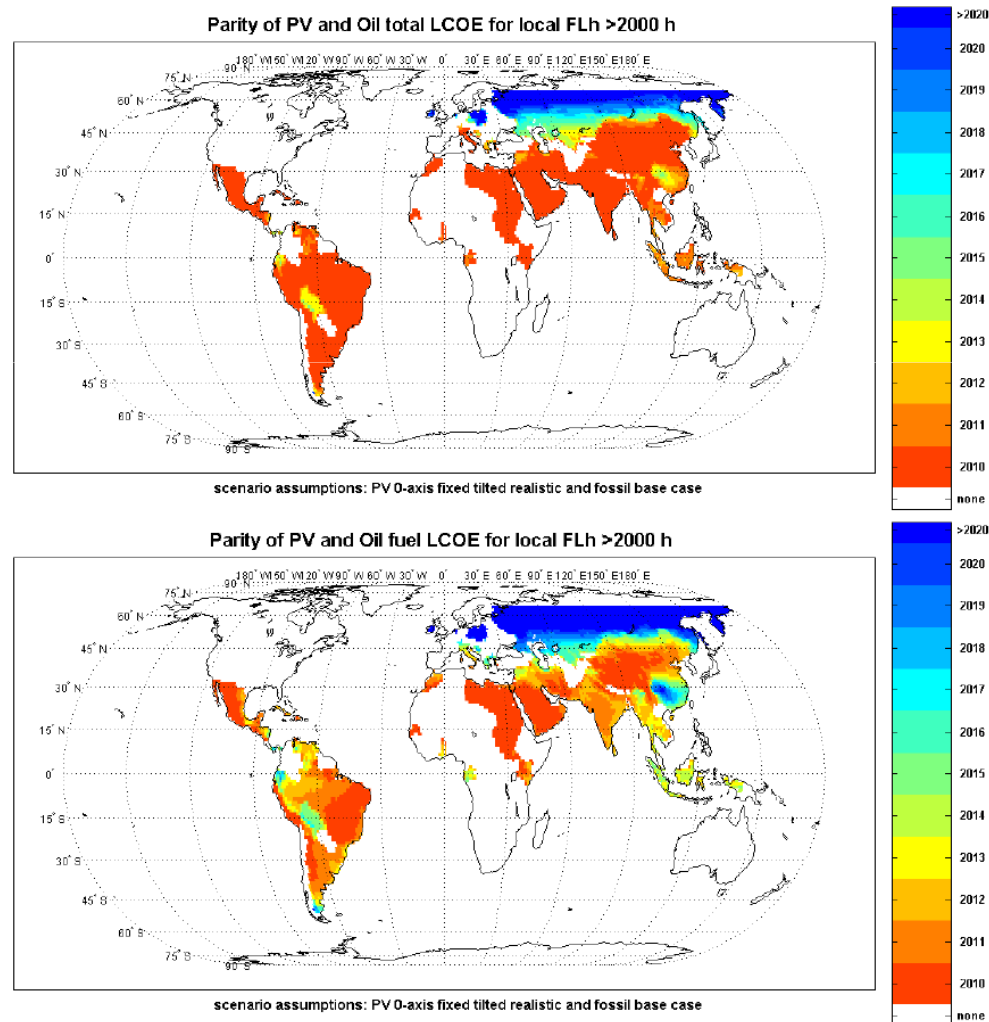


Is there a motivation for Nicaraguan state to invest in PV? The oil fuel prize parity issue





Is there a motivation for Nicaraguan state to invest in PV? The oil fuel prize parity issue





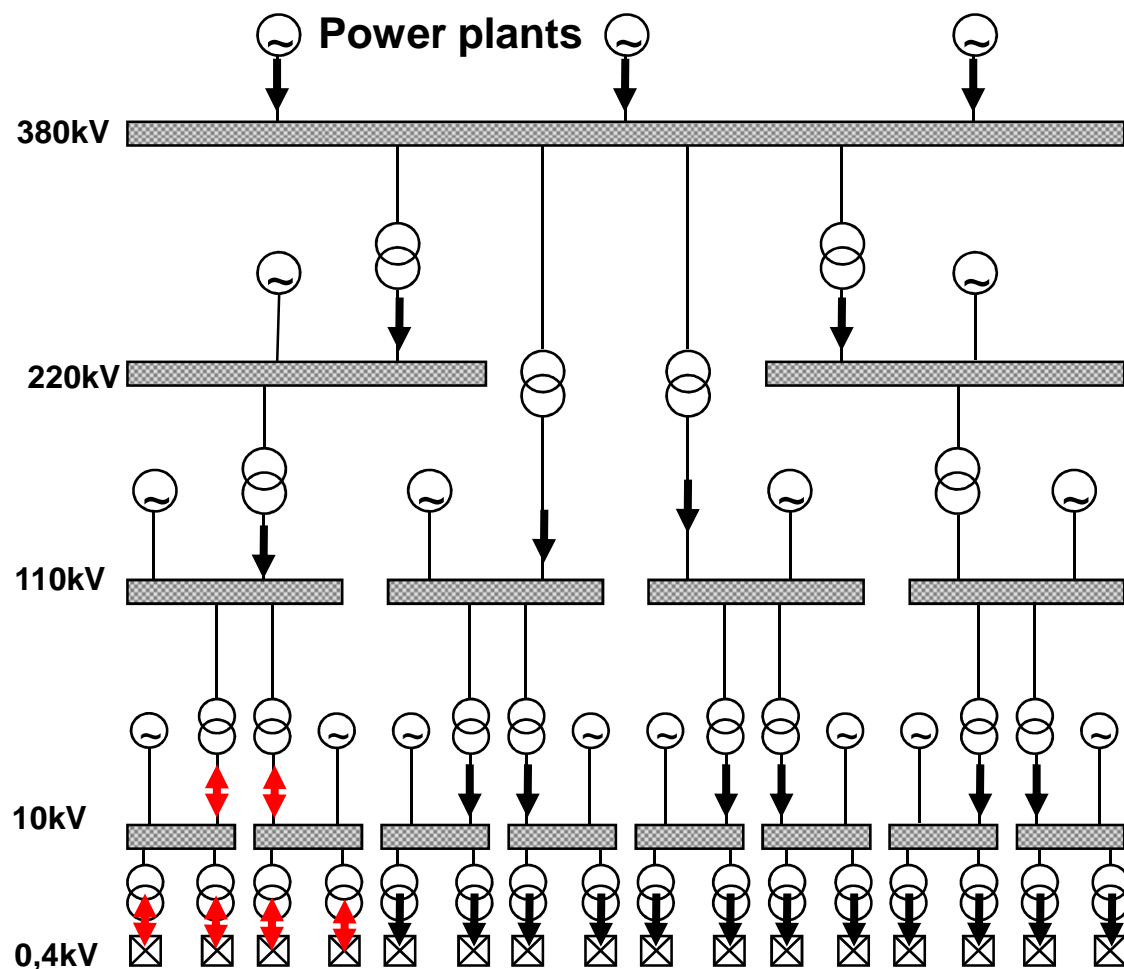
Step 2: PV becomes a considerable part of the country's installed capacity

Modifications needed:

- Not in grid infrastructure but in grid management



Step 2: PV becomes a considerable part of the country's installed capacity

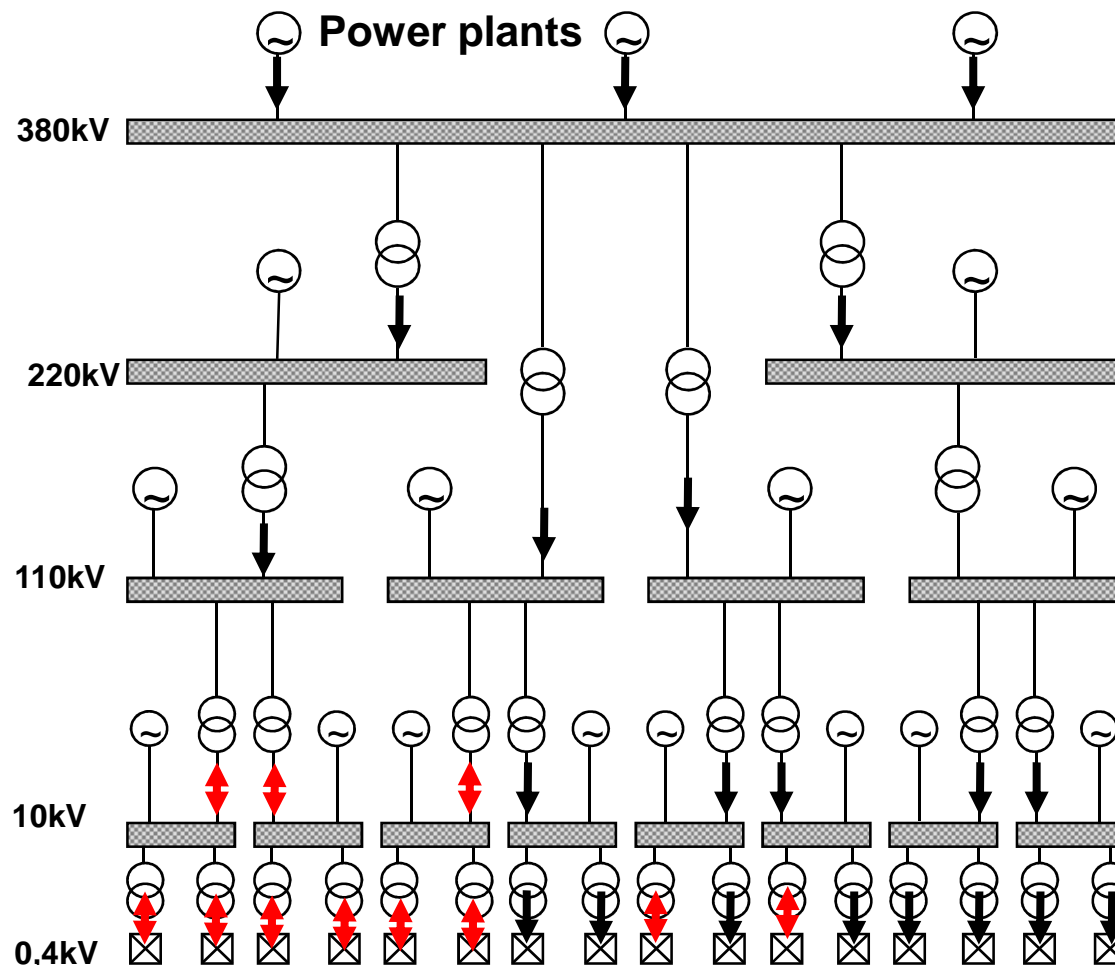


- Generally, decentralized power generation unburdens the system!
- Lower loading of transmission and distribution equipment results in lower power losses and therefore in lower costs for grid operators

Are there other problems with decentralized generation and feeding into distribution grids?



Step 2: PV becomes a considerable part of the country's installed capacity

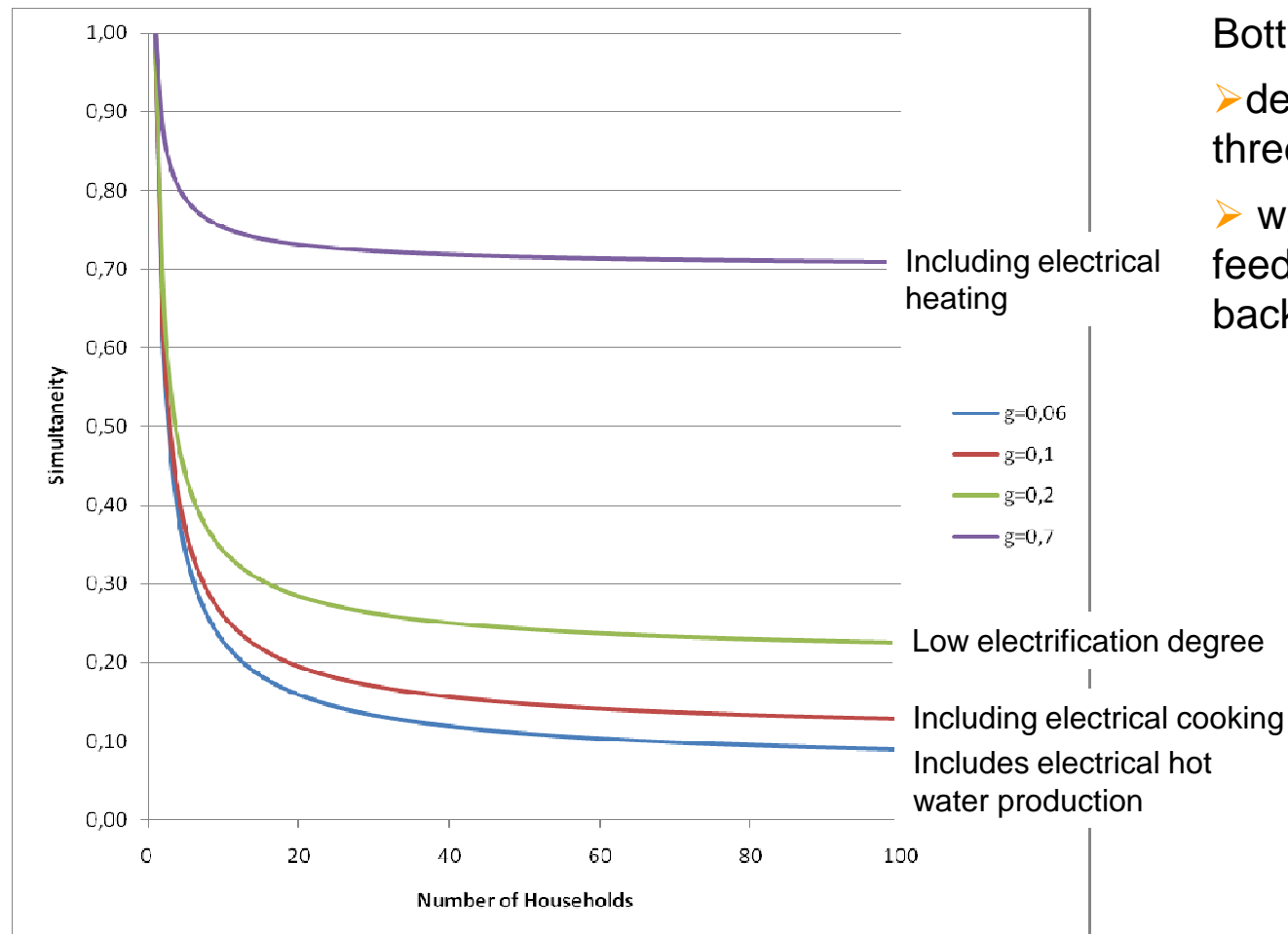


- Generally, decentralized power generation unburdens the system!
- Lower loading of transmission and distribution equipment results in lower power losses and therefore in lower costs for grid operators

Are there other problems with decentralized generation and feeding into distribution grids?



Step 2: PV becomes a considerable part of the country's installed capacity



Bottlenecks, simultaneity:

➤ detached house' fuse:
three phase 63 A

➤ why can not all houses
feed this power also
backwards to the grid?

Simultaneity of
Photovoltaic
Power Systems
is almost "1"
(in a restricted
area)



Step 2: PV becomes a considerable part of the country's installed capacity

Bottlenecks, simultaneity:

- Relevant assets are distribution transformers and cables
- A violation of defined loading limits either decreases the life time of the asset or even could destroy it.
- Electric currents cause losses in all assets and as a consequence they heat up.
- When the thermal load is too high aging is accelerated and life times decrease considerably (in case of short circuit currents to only few seconds).



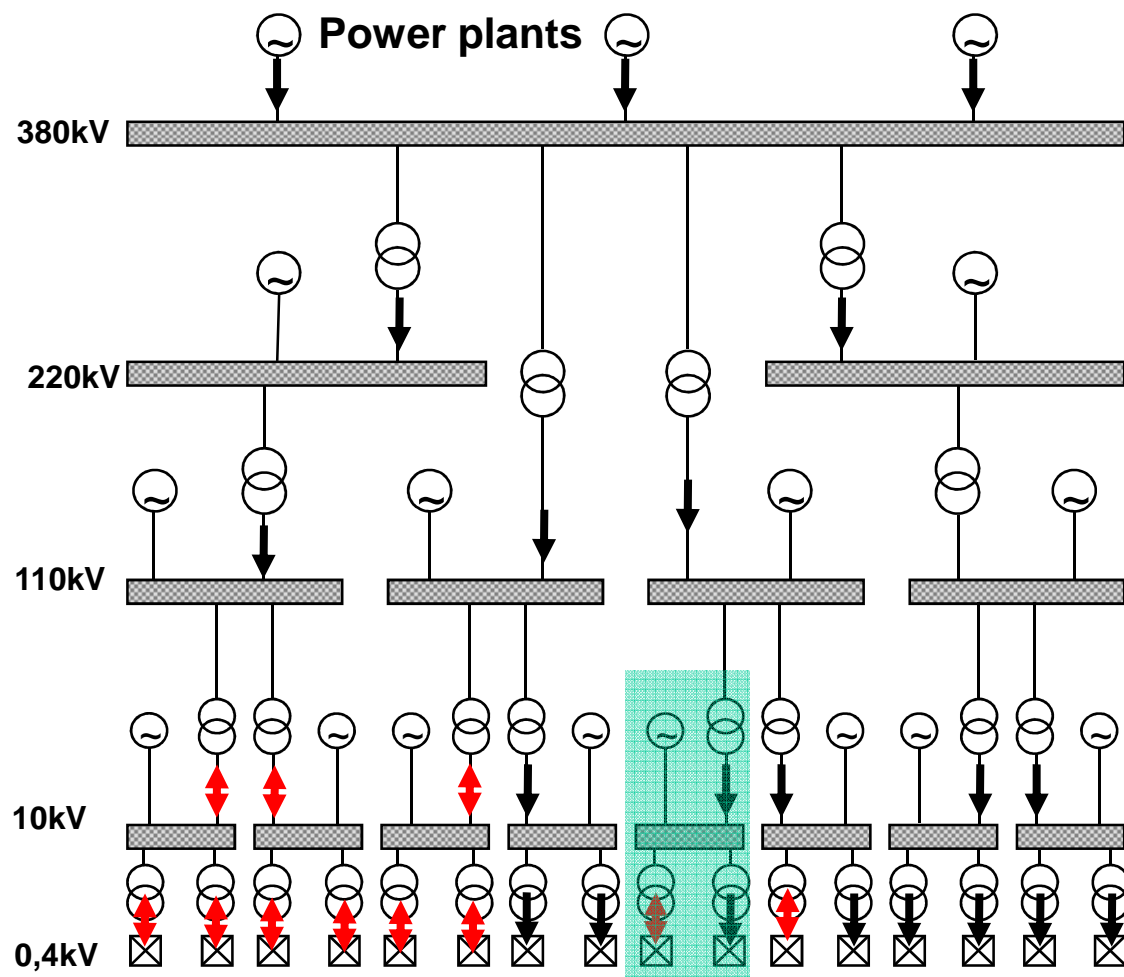
Step 2: PV becomes a considerable part of the country's installed capacity

Bottlenecks, Voltage Limitations

- The voltage has to be kept within a limit of $\pm 10\%$ of the rated voltage
- In order to guarantee those norms different bodies have established further guidelines.
 - VDEW guidelines for parallel operation of electricity generation units in the low voltage grid. Although the voltage band allowed in low voltage grids is $\pm 10\%$ the guideline limits the contribution of decentralized generation with the criterion of $\pm 2\%$.
 - in many other countries this is $\pm 3\%$

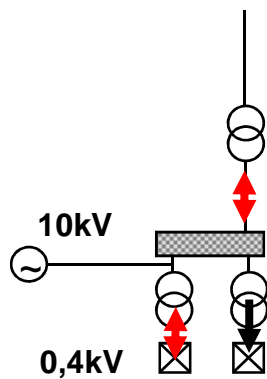


Step 2: PV becomes a considerable part of the country's installed capacity



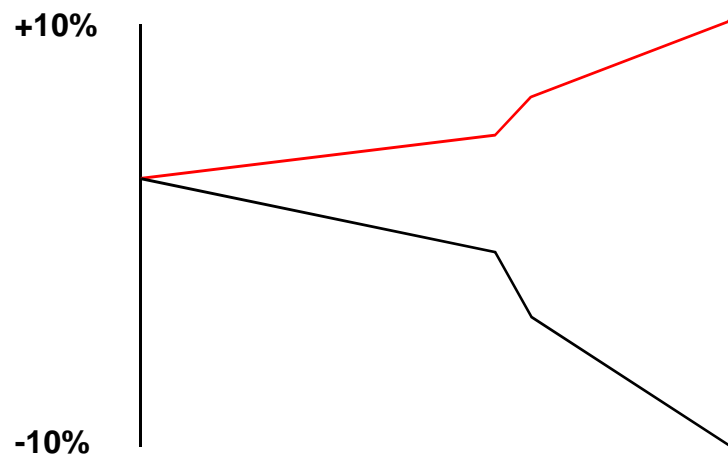
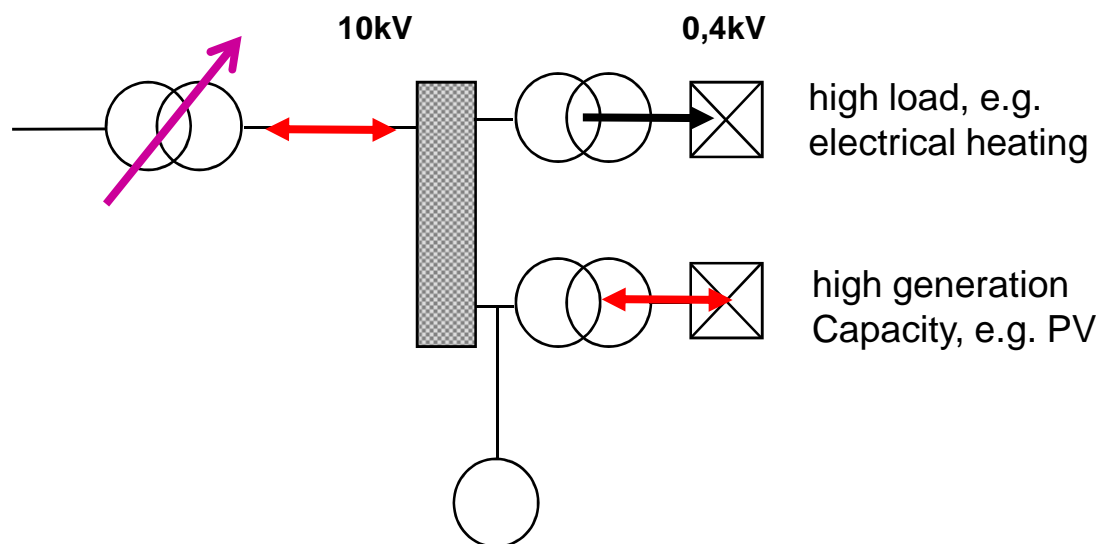


Step 2: PV becomes a considerable part of the country's installed capacity





Step 2: PV becomes a considerable part of the country's installed capacity



When high to medium voltage transformer is at 104% the $\pm 10\%$ is kept with:

Highly loaded string:

- 5 % voltage drop in the low voltage grid
- 3 % in the distribution system transformer
- 5 % in the medium voltage grid
- 1 % safety reserve.

High feed-in string:

- 3 % voltage drop in low voltage grid including transformer
- 2 % voltage drop in medium voltage grid
- 1 % reserve.



Technical solutions to overcome limitations, Voltage Violation

smart

Solution “Voltage Violation” 1: voltage and/or current are measured at every low voltage transformer. From this information one can draw conclusions on the line loading and take adjustments on the high voltage to medium voltage transformer stations in order to keep all areas within a grid in its required limits. Those transformers can change their transformation ratio on load whereas low voltage transformers only can be adapted under no load condition in fixed steps



Technical solutions to overcome limitations, Voltage Violation

smart

Solution “Voltage Violation” 2: Information about voltage can be gathered even from the distributed inverters of PV plants. On basis of that information again action can be taken in the medium voltage transformer station.

*not
smart*

Solution “Voltage Violation” 3: completely without communication the problem is solved decentralized by PV inverters themselves. For safety reasons PV inverters contain security devices that measure among other parameters grid voltage. When the $\pm 10\%$ criterion is violated they can automatically reduce power injection or switch off. Additional expenditure compared to today’s inverter design would be minimal.

A problem could be more the social compatibility because always those inverters need to reduce power injection first that are located at the end of a grid string.

Another problem is the legal boundary condition of the renewable energy act that guarantees that renewable electricity plant operators have the right to feed-in their generated electricity.



Technical solutions to overcome limitations, Voltage Violation

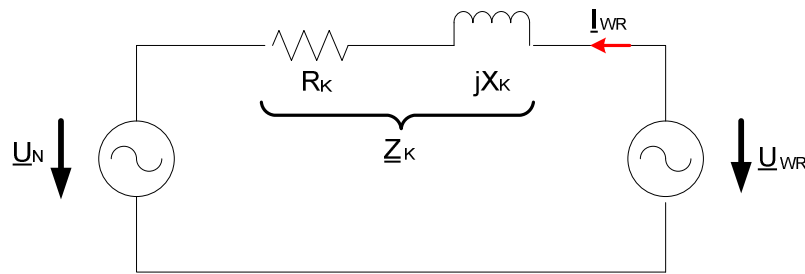
smart

Solution “Voltage Violation” 4: Not only in the low voltage grid but also in the medium voltage grid an increasing number of renewable energy generators are installed - mainly wind power generators. Those generators have excellent abilities in order to influence the voltage level in the medium voltage grid. According to “Systemdienstleistungsverordnung” those generators are obliged to perform voltage regulation. In advanced grid management structures this ability can be applied in order to also improve the voltage in low voltage grid.

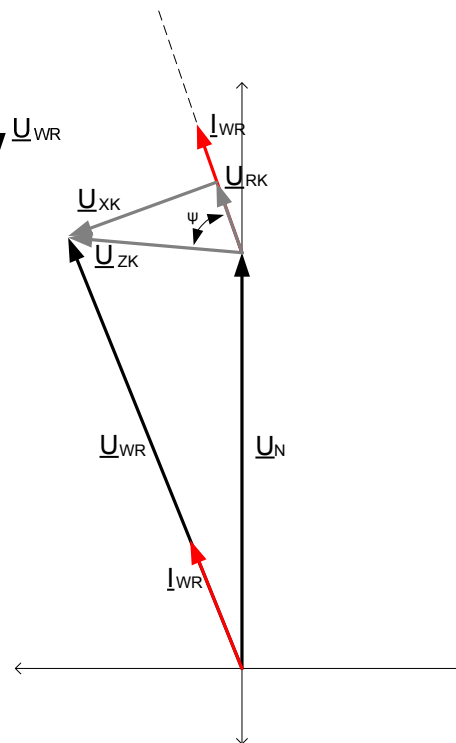


Technical solutions to overcome limitations, Voltage Violation

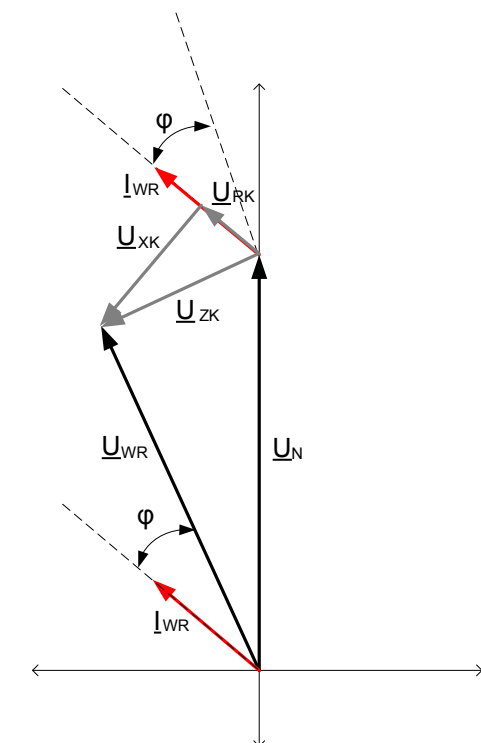
Solution "Voltage Violation" 5: PV inverters can inject reactive currents in order to influence voltage and keep within the $\pm 10\%$ limit.



smart
or
not smart



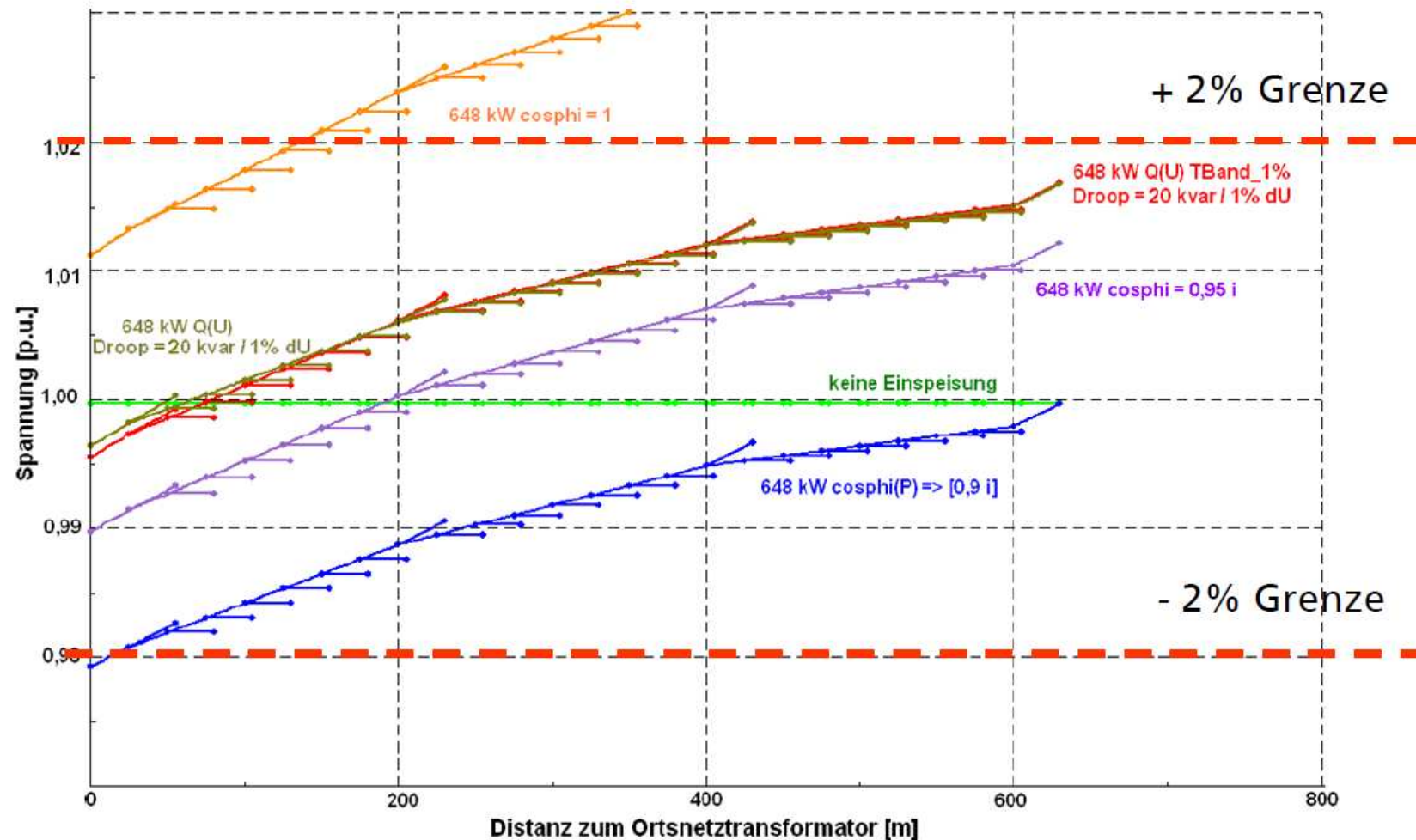
Active Power Feed-in



Reactive Power Feed-in



Technical solutions to overcome limitations, Voltage Violation





Power factor control, Stage 2

- Especially in rural grids problems are reported that the power quality requirements cannot any more be kept because of too high voltages. The revised guidelines (VDE-AR-N 4105) will contain similar requirements that already exist in the medium voltage grid:
 - PV generators < 3.68 kVA still can feed electricity to the grid with $\cos \varphi = 1$
 - PV generators between 3.68 kVA and 13.8 kVA feed electricity to the grid according to a characteristic curve with $\cos \varphi \geq 0.95$
 - PV generators above 13.8 kVA feed electricity to the grid according to a characteristic curve with $\cos \varphi \geq 0.9$
- Installation capacity of PV generators can almost be doubled.



Power Factor

Reactive power provision, actual

$$\cos \varphi = 0,9_{cap} \text{ to } \cos \varphi = 0,8_{md}$$

Reactive power provision, future

$$\cos \varphi = 1$$

(<3,68 kVA)

$$\cos \varphi \geq 0,95_{md}$$

(<13,8 kVA)

$$\cos \varphi \geq 0,9_{md}$$

(≥13,8 kVA)

Germany

USA

Spain

Italy

Reactive power provision

$$\cos \varphi \approx 1,0$$

Reactive power provision

$\cos \varphi \geq 0,8_{md}$ between 20% and 100% of nominal power,
normal operation is $\cos \varphi = 1$
Customer and grid operator can negotiate something different in case it is necessary for grid stability.



Technical solutions to overcome limitations, Asset Loading

not
smart

Solution “Asset Loading” 1: in case of a too small transformer a second one can be installed in parallel or it could be exchanged by one with a higher rated capacity.

In case the loading of cables is the problem it is not that easy just to lay a second cable as this action comes along with costly ground work apart from the pure cable cost. Therefore other actions need to be undertaken first.

smart

Solution “Asset Loading” 2: The current at the transformer could be measured. In case the current from the low voltage side to the medium voltage side is too high PV inverters could reduce power injection. This solution requires a communication infrastructure.

This measure could significantly increase the potential PV capacity as the theoretically assumed minimum load during maximum feeding-in is not very probable. And times with peak injection also are of short duration. Therefore, this measure probably only seldom need to be applied.

smart

Solution “Asset Loading” 3: grid load is generally of ohmic-inductive nature. When inductive power is provided via the low voltage transformer means an additional load also to the cables. PV inverters can supply a reactive power in order to make a decentralized compensation. This reduces the load on the line and additional active capacity could be installed. This also reduces line losses at the same time.



Technical solutions to overcome limitations, Asset Loading

„smart“

smart

Solution “Asset Loading” 4: Alternatively to the communication solution described beforehand power factor could be controlled decentralized to “1” at the injection point. Here, a communication with e.g. a smart meter would be necessary that measures $\cos(\varphi)$.

Solution “Asset Loading” 5: Again with communication at least with the low voltage transformer or even with PV inverters the medium voltage could be adopted in a way that low voltage is at its maximum allowed. With the same power injected the current is decreased when the voltage is increased.



Step 3: PV and other renewables go into direction of 100%

Modifications needed:

- Maybe also in grid infrastructure



Map 5: Nicaragua's national electricity grid

Source: (ENATREL, 2011)

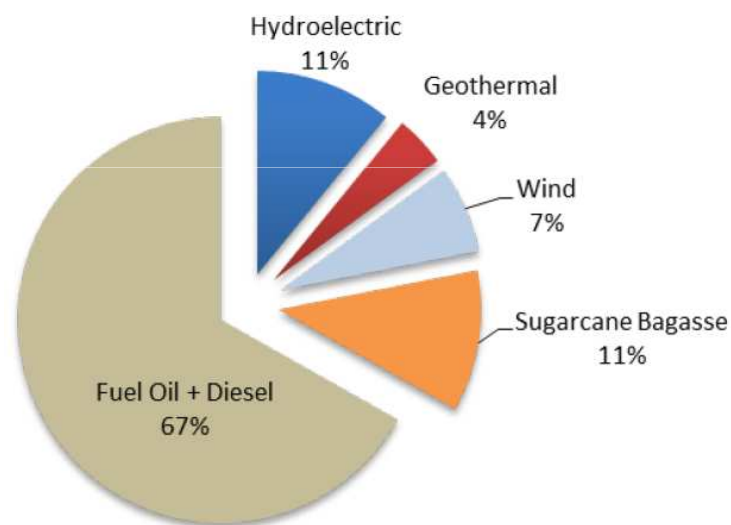


Disadvantage of oil power generation:

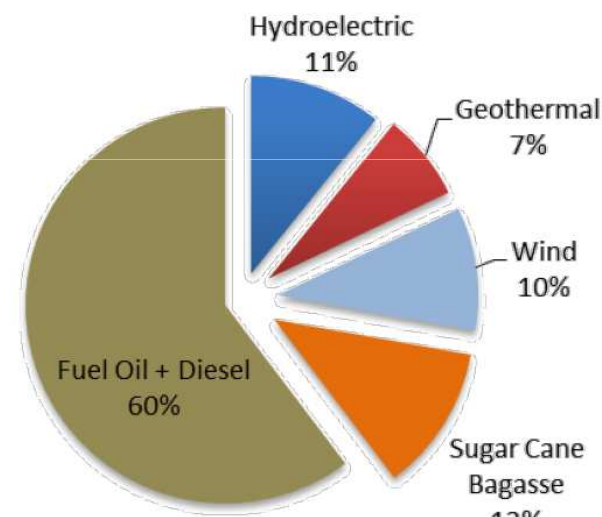
high prize

Advantage of oil power generation on the way to 100%:

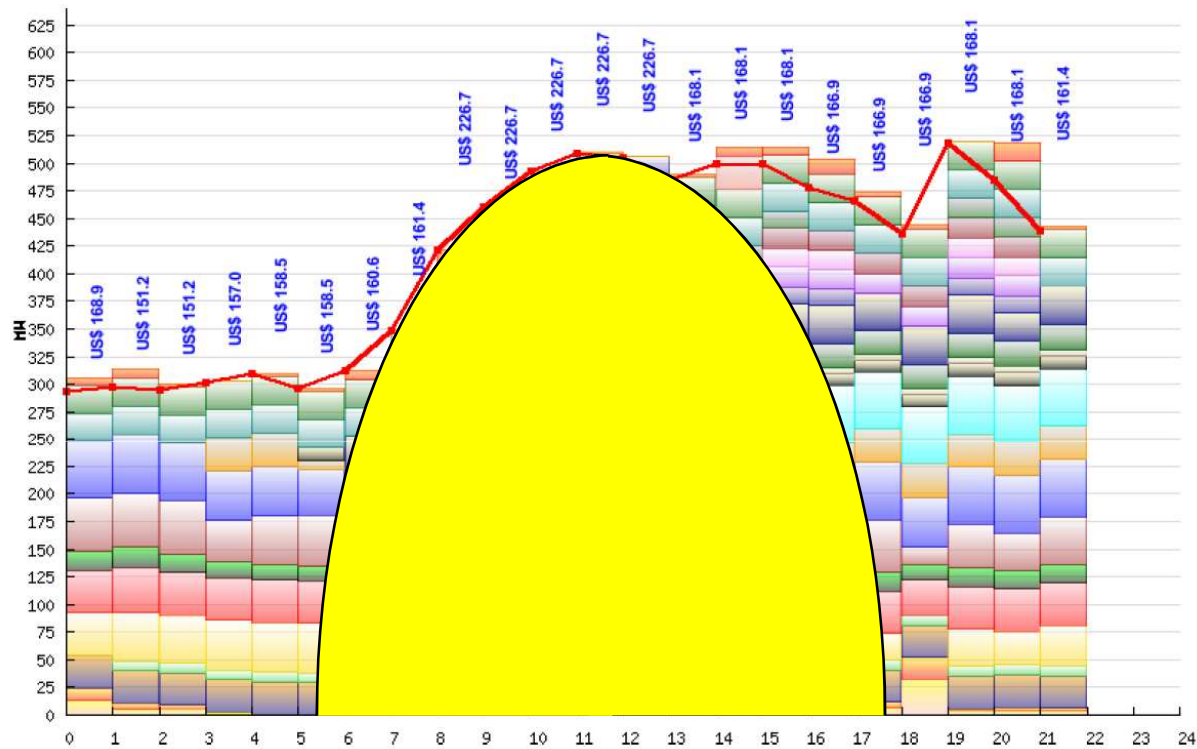
flexible in load following



Effective Installed Capacity, March 2011.



Net Generation (Jan – Mar 2011).

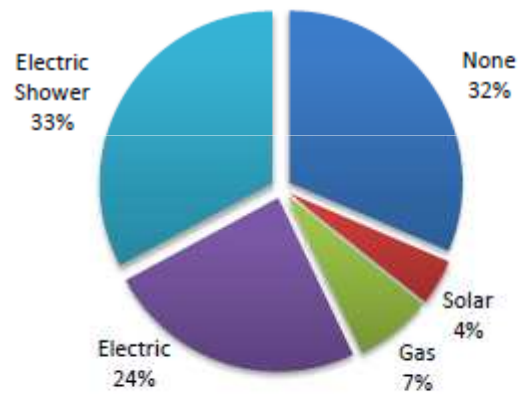


PV Contribution

Figure 7.2: Nicaragua's National Grid Load Curve (15/08/2011)



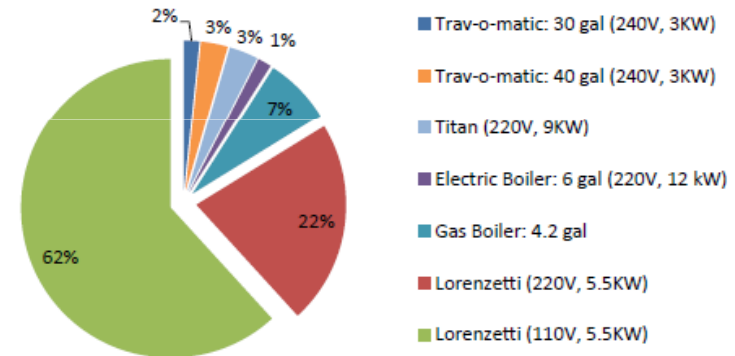
Water Heaters Used



Graphs 8.6: Survey Results

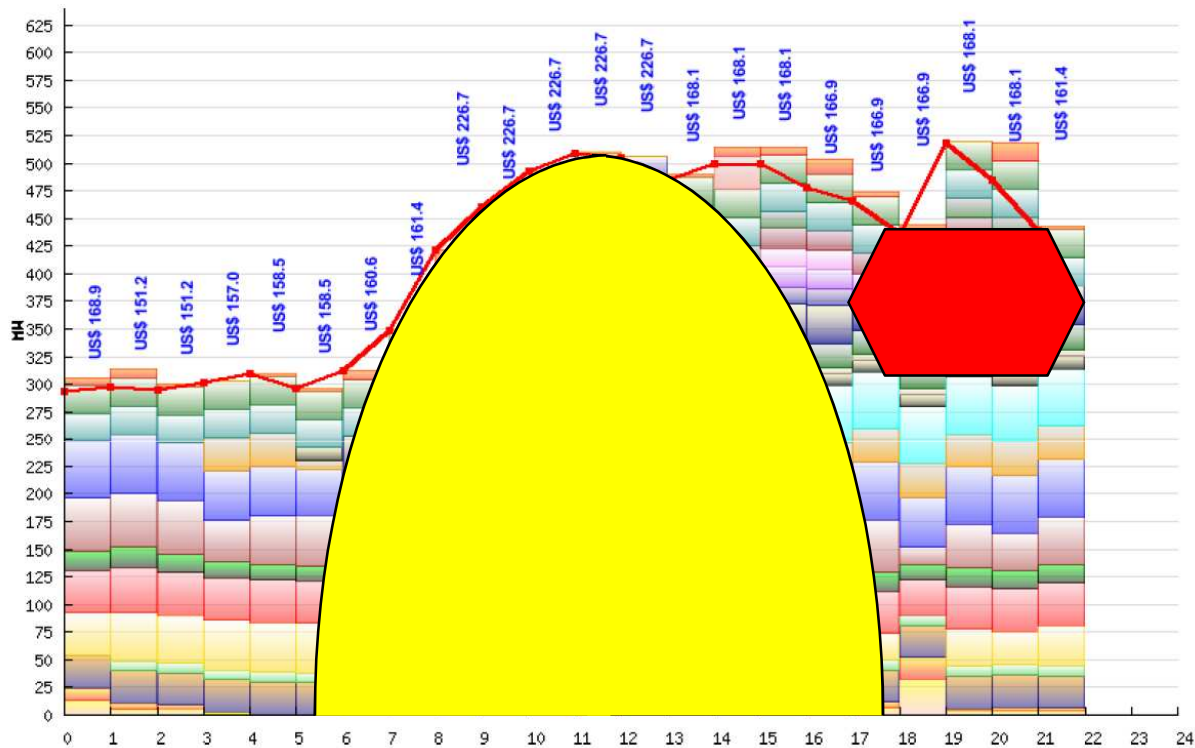
Water Heater Sales: 2010

Ferreteria Lugo



Graph 8.7: Ferreteria Lugo: Water Heater Sales 2010

Source: (Ferreteria Lugo, 2011)



PV Contribution

Solar thermal hot water

Figure 7.2: Nicaragua's National Grid Load Curve (15/08/2011)



Fachhochschule Köln
University of Applied Sciences Cologne

Institut für Elektrische
Energietechnik

Prof. Dr.-Ing. habil. Ingo Stadler

Thank you very much
for your attention